

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه‌ی فناوری‌های موتورهای الکتریکی پیشرفته

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

✦ مهندس امیر دودابی‌نژاد

✦ مهندس امیر ذاکری

✦ مهندس پرویز سنگین

✦ مهندس محسن صادقی

✦ مهندس محمد علی طاهری‌پور

✦ دکتر جواد فیض

✦ مهندس فرامرز لطافتی

✦ دکتر مهدی معلم

✦ مهندس مهدی میرزاگل

✦ مهندس علی میرنژاد

✦ دکتر ابوالفضل واحدی

مجری طرح: مهندس سهراب امینی ولاشانی

مدیر پروژه: مهندس علیرضا قائم پناه

گروه پژوهشی ماشین‌های الکتریکی

راهبر: معاونت فناوری

ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر

سفارش‌دهنده: وزارت نیرو

ویرایش اول

۱۳۹۴

موتورهای الکتریکی در تمامی اجزای زندگی امروزه حضور دارند و نقش پر رنگی دارند؛ عضو مهمی در وسایل حمل و نقل مانند کشتی‌ها، قطارها، هواپیماها، خودروها هستند، خطوط تولید صنایع مختلف را به حرکت در می‌آورند، جریان انتقال انرژی و آب را در کل کشور برقرار می‌کنند و غیره. فناوری موتورهای الکتریکی با گذشت زمان تغییرات زیادی کرده است، منشا و عامل‌های اصلی محرک این تغییرات عبارتند از:

- نیاز به کاهش شدت مصرف انرژی

- نیاز به افزایش طول عمر و قابلیت اطمینان تجهیزات

با این توضیح فناوری‌های نوین موتورهای الکتریکی حداقل یکی از دو نیاز فوق را ارضاء می‌نماید و با توجه به این که صنایع موجود در کشور به دلیل قدیمی بودن، در هر دو موضوع فوق دچار مشکلات زیادی می‌باشند، لازم است که فناوری‌های نوین موتورهای الکتریکی در کشور مورد توجه قرار گرفته و برای به دست آوردن دانش فنی و توسعه کاربرد آنها سرمایه‌گذاری گردد. در این راستا با پیشنهاد ارسالی از طرف پژوهشگاه نیرو و تایید و ابلاغ وزارت نیرو، مقرر گردید که سند نقشه راه فناوری‌های موتورهای الکتریکی مورد نیاز صنعت برق کشور تدوین گردد. در راستای انجام پروژه فوق، گزارش حاضر با عنوان "تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند" برای بند ۱ از مرحله اول تعریف پروژه آماده شده است. این گزارش توسط آقایان مهندس علیرضا قائم پناه، مهندس ایمان صادقی و مهندس علیرضا رحیمی تهیه و تدوین شده و توسط آقای دکتر روح ا... شفائی داوری گردیده است.

فهرست مطالب

مقدمه	۱
۱- ادبیات موضوع ساختار توسعه فناوری	۳
۱-۱- مقدمه	۴
۱-۲- مرزبندی و شناخت سیستم	۴
۱-۲-۱- مرزبندی محتوایی	۴
۱-۲-۱-۱- کنش‌گران	۵
۱-۲-۱-۲- نهادها	۱۶
۱-۲-۱-۳- فناوری	۱۷
۱-۲-۱-۴- شبکه‌ها	۱۷
۲- قوانین و اسناد بالا دستی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی	۱۹
۲-۱- مقدمه	۲۰
۲-۲- سند نهایی چشم انداز ۲۰ ساله جمهوری اسلامی ایران	۲۱
۲-۳- قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران ۱۳۹۰ - ۱۳۹۴	۲۱
۲-۳-۱- بخش مربوط به صنعت برق	۲۱
۲-۴- سیاست‌های کلی نظام جمهوری اسلامی ایران درمورد "انرژی"	۲۲
۲-۴-۱- سیاست‌های کلی نفت و گاز	۲۲
۲-۵- سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف	۲۲
۲-۶- قانون ۷۵ ماده ای اصلاح الگوی مصرف	۲۳
۲-۶-۱- فصل سوم: ساختار و تشکیلات	۲۳
۲-۶-۲- فصل چهارم: معیار و استاندارد مصرف انرژی مشترکین، فرآیندها و تجهیزات انرژی بر	۲۴

- ۲۴-۲-۳- فصل ششم: مصرف‌کنندگان انرژی در صنایع ۲۴
- ۲۵-۲-۴- فصل هفتم: مصرف‌کنندگان انرژی در کشاورزی ۲۵
- ۲۶-۲-۵- فصل نهم: تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان انرژی ۲۶
- ۲۶-۲-۷- قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی ۲۶
- ۲۷-۲-۸- برنامه راهبردی وزارت نیرو ۱۳۹۰ ۲۷
- ۲۷-۲-۸-۱- مأموریت بخش برق و انرژی ۲۷
- ۲۷-۲-۸-۲- چشم انداز بخش برق و انرژی ۲۷
- ۲۷-۲-۸-۳- راهبردهای بخش برق و انرژی ۲۷
- ۲۹-۲-۹- سیاست‌های اقتصاد مقاومتی ۲۹
- ۳۰-۲-۱۰- نقشه جامع علمی کشور ۳۰
- ۳۱-۲-۱۱- قانون هدفمند نمودن یارانه‌ها ۳۱
- ۳۲-۲-۱۲- سند نقشه راه بهره‌وری انرژی الکتریکی ۳۲
- ۳۲-۲-۱۳- برنامه راهبردی وزارت صنعت، معدن، تجارت ۳۲
- ۳۲-۲-۱۴- برنامه راهبردی لوازم خانگی و اداری الکتریکی و الکترونیکی ۳۲
- ۳۵-۲-۱۵- برنامه راهبردی انرژی ۳۵
- ۳۶-۲-۱۶- برنامه راهبردی فولاد ۳۶
- ۳۶-۲-۱۷- راهبرد صنایع حمل و نقل ریلی ۳۶
- ۳۷-۲-۱۸- بیانیه طرح توسعه صنعت قطعه‌سازی کشور ۳۷
- ۳۸-۲-۱۹- جمع بندی ۳۸
- ۳۹-۳- ساختار نهادی و کنشگران فعال در فناوری موتورهای الکتریکی ۳۹
- ۴۰-۳-۱- مجلس ۴۰
- ۴۰-۳-۲- مجمع تشخیص مصلحت نظام ۴۰

- ۳-۳- شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف) ۴۱
- ۳-۴- معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری ۴۱
- ۳-۵- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور ۴۳
- ۳-۶- دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری ۴۴
- ۳-۷- وزارت علوم تحقیقات و فناوری ۴۴
- ۳-۸- وزارت صنعت، معدن و تجارت ۴۶
- ۳-۹- وزارت راه و شهرسازی ۴۷
- ۳-۱۰- وزارت نیرو ۴۸
- ۳-۱۱- وزارت نفت ۴۹
- ۳-۱۲- سازمان استاندارد ایران ۵۰
- ۳-۱۳- سازمان پدافند غیرعامل ۵۱
- ۳-۱۴- سازمان محیط زیست ۵۳
- ۳-۱۵- سازمان بهره‌وری انرژی ایران ۵۴
- ۳-۱۶- مرکز تحقیقات سیاست‌های علمی کشور ۵۵
- ۳-۱۷- سازمان گسترش و نوسازی صنایع کشور ۵۶
- ۳-۱۸- پژوهشگاه نیرو ۵۷
- ۳-۱۹- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو) ۵۸
- ۳-۲۰- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور ۶۰
- ۳-۲۱- صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران ۶۰
- ۳-۲۲- پارک‌های علم و فناوری ۶۱
- ۳-۲۳- دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی ۶۲

- ۳-۲۴- هیئت تنظیم بازار برق..... ۶۲
- ۳-۲۵- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (مرکز رشد پژوهشگاه نیرو)..... ۶۳
- ۳-۲۶- صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق..... ۶۴
- ۳-۲۷- انجمن لوازم خانگی..... ۶۵
- ۳-۲۸- شرکت فن ژنراتور..... ۶۸
- ۳-۲۹- شرکت توربوژنراتور..... ۷۰
- ۳-۳۰- شرکت جمکو (جوین)..... ۷۱
- ۳-۳۱- پارس ژنراتور..... ۷۱
- ۳-۳۲- شرکتهای سازنده سیم و کابل..... ۷۱
- ۳-۳۳- شرکت موتوژن..... ۷۲
- ۳-۳۴- ترسیم نگاشت نهادی..... ۷۴
- ۴- مرزبندی فنی فناوری موتورهای الکتریکی..... ۷۷
- ۴-۱- اساس کارکرد موتورهای الکتریکی..... ۷۸
- ۴-۲- انواع موتورهای الکتریکی..... ۷۹
- ۴-۲-۱- موتورهای دی‌سی..... ۸۰
- ۴-۲-۲- موتورهای القایی..... ۸۱
- ۴-۲-۳- موتورهای جریان متناوب تکفاز..... ۸۳
- ۴-۲-۴- موتورهای سنکرون..... ۸۴
- ۴-۲-۴-۱- موتورهای سنکرون روتور سیم‌پیچی..... ۸۴
- ۴-۲-۴-۲- موتورهای سنکرون آهنربای دائم..... ۸۵
- ۴-۲-۴-۳- موتورهای سنکرون رلوکتانسی..... ۸۷
- ۴-۲-۵- موتورهای دی‌سی بدون جاروبک..... ۸۷

- ۸۷..... ۴-۲-۶- موتورهای سوئیچ رلوکتانس
- ۸۸..... ۴-۲-۷- موتورهای Flux Switching
- ۸۹..... ۴-۳- موتورهای یکپارچه
- ۸۹..... ۴-۴- موتورهای ابرسانا
- ۹۰..... ۴-۵- سیستم‌های تنظیم سرعت (ASD)
- ۹۰..... ۴-۶- Written Pole موتورهای
- ۹۱..... ۴-۷- محدوده بررسی سند

فهرست اشکال

- شکل ۳-۱: نگاشت نهادی فناوری موتورهای الکتریکی ۷۶
- شکل ۴-۱: تعیین جهت نیروی مغناطیسی بر اساس قانون دست چپ فلمینگ ۷۸
- شکل ۴-۲: نیروی الکترومغناطیسی وارد شده بر دو هادی حامل جریان، تولید گشتاور بر روی روتور می‌نماید ۷۹
- شکل ۴-۳: روتور یک موتور دی‌سی ۸۰
- شکل ۴-۴: سطح مقطع موتور القایی دو فاز دو قطب ۸۲
- شکل ۴-۵: منحنی‌های معمول مشخصه عملکرد موتور سه‌فاز القایی با توان ۱۰۰ اسب بخار ۸۳
- شکل ۴-۶: سطح مقطع یک موتور سنکرون قطب برجسته سه‌فاز، ۴ قطب و ۳۶ شیار ۸۵
- شکل ۴-۷: سطح مقطع موتور آهنربای دائم سه‌فاز و ۲۴ شیار ۸۶
- شکل ۴-۸: سطح مقطع یک موتور سوئیچ رلوکتانس ۸۸
- شکل ۴-۹: روتور یک موتور FS قبل و بعد از skew [۲] ۸۹
- شکل ۴-۱۰: در سیستم یکپارچه تمامی قسمت‌ها در یک پوشش قرار می‌گیرند ۸۹
- شکل ۴-۱۱: ساختار ماشین written-pole ، ۱- استاتور ۲- رتور ۳- کلاف تحریک ۴- لایه فرومغناطیس ۹۱

فهرست جداول

- جدول ۱-۲: مستندات مرتبط با لزوم توسعه ماشین‌های الکتریکی ۲۰
- جدول ۲-۲: حوزه مدیریت وزارت صنعت، معدن و تجارت با طبقه بندی آیسیک، ویرایش ۴ ۳۳
- جدول ۳-۲: اولویت مصرف خانوار ۳۴
- جدول ۴-۲: اولویت پژوهش در زنجیره تامین لوازم خانگی و اداری و الکترونیکی ۳۵
- جدول ۵-۲: اولویت ایجاد و تکمیل کارگاه‌ها در زنجیره تامین تجهیزات ریلی ۳۷
- جدول ۱-۳: ماتریس نهاد کارکرد صنعت موتورهای الکتریکی ۷۴

مقدمه

تجهیزات موجود در صنایع کشور و از جمله آنها موتورهای الکتریکی مورد استفاده در این صنایع، غالباً قدیمی و فرسوده هستند و یا از فناوری‌های قدیمی در آنها استفاده می‌گردد و کمتر از فناوری‌های جدید و یا محصولات با کیفیت در آنها استفاده می‌شود؛ این امر موجب می‌گردد که مصرف انرژی الکتریکی به مقدار قابل ملاحظه‌ای بالاتر از صنایع مشابه در کشورهای پیشرفته صنعتی باشد. به عنوان مثال فناوری موتورهای الکتریکی القایی سه فاز، که بیشترین مصرف را در صنایع کشور دارند، همچنان قدیمی است و از موتورهای القایی بازده بالا (Premium Efficiency) هیچ استفاده‌ای در کشور نمی‌گردد. در حالی که در کشور آمریکا استفاده از موتورهای القایی بازده بالا مدت زیادی است که رواج یافته است و موتورهای با فناوری قدیمی (به دلیل مصرف انرژی بیشتر) مطرود گشته‌اند. بنابراین لازم است که برای کاهش مصرف انرژی الکتریکی در بخش موتورهای الکتریکی و همچنین افزایش کیفیت و طول عمر آنها، از موتورهای الکتریکی با فناوری جدید که بازدهی بالاتری نسبت به موتورهای الکتریکی موجود در کشور دارند، استفاده شود. طبق بررسی‌های انجام شده بیش از ۶۰ درصد انرژی الکتریکی مصرفی در بخش صنعت و همچنین حجم قابل توجهی از انرژی الکتریکی مصرفی در بخش خانگی (در لوازم خانگی مانند جاروبرقی، یخچال، ماشین لباسشویی و ...) توسط موتورهای الکتریکی مصرف می‌شوند. این امر بیانگر آن است که پتانسیل زیادی در بخش موتورهای الکتریکی برای کاهش مصرف انرژی وجود دارد و کشور نیازمند توجه ویژه‌ای به بحث موتورهای الکتریکی و داشتن یک برنامه مدون در این زمینه می‌باشد.

از آنجایی که فناوری‌های موجود در کشور در رابطه با ساخت موتورهای الکتریکی قدیمی است و همچنین تنوع زیادی در زمینه موتورهای الکتریکی جدید و کاربردهای آنها وجود دارد، دستیابی به دانش فنی همه این موتورها و عملیاتی کردن استفاده از آنها نیاز به برنامه‌ریزی و زمان‌بندی دارد؛ به عبارت دیگر نیاز است که نقشه راه دستیابی به دانش فنی و استفاده عملیاتی از موتورهای الکتریکی، با هدف افزایش بازدهی انرژی و کاهش مصرف انرژی، تدوین گردد و بر اساس این برنامه هزینه‌های مربوطه انجام گیرد.

در این گزارش ابتدا ادبیات موضوع توسعه فن آوری ارایه شده است. سپس اسناد بالادستی و قوانین مصوب کشوری در حوزه موتورهای الکتریکی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در فصل سوم نیز بازیگران فعال در حوزه موتورهای الکتریکی مورد توجه قرار

گرفته و نقشه نگاشت فناوری موتورهای الکتریکی با توجه به نقش بازیگران آن در حوزه های سیاست گذاری، تسهیل گری، تنظیم گری و ارایه کنندگان خدمات آموزشی و پژوهشی ایفا می کنند، تهیه شده است.

۱- ادبیات موضوع ساختار توسعه

فناوری

۱-۱- مقدمه

ساختار صنعت را از روش‌ها و الگوهای متفاوتی می‌توان بررسی نمود. در این گزارش با استفاده از مفهوم مرزبندی به شناسایی سیستم مورد مطالعه پرداخته و اجزای نظام توسعه فناوری معرفی می‌گردد.

۱-۲- مرزبندی و شناخت سیستم

سیستم یک مفهوم نظری قابل پیاده‌سازی در زمینه‌های کاربردی مختلف است. بر این اساس، تعریف سیستم در هر زمینه کاربردی ضروری است. یکی از اصیل‌ترین راه‌های تعریف یک سیستم، مرزبندی آن است. مرزبندی محیط توسعه فناوری باعث می‌گردد تا سیستم از محیط اطراف خود جدا شده و تحلیل از قابلیت کنترل بالاتری در ارائه نتایج برخوردار باشد. اهمیت مرزبندی سیستم از این جهت است که نتیجه آن بر خروجی مراحل بعدی اثرگذار بوده و دشواری آن نیز از سبب این است که روش واحدی برای آن وجود ندارد. مرزبندی بر دو قسم است مرزبندی توصیفی و محتوایی. مرزبندی توصیفی با مشخص نمودن واحد تحلیل، عمق و گستردگی سیستم تحت مطالعه را معین می‌کند. در طرف مقابل، مرزبندی محتوایی اجزای درون سیستم مانند کنش‌گران، نهادها، فناوری‌ها و شبکه‌ها را مورد شناسایی قرار داده و از این طریق حوزه عملکرد سیستم معین می‌گردد.

۱-۲-۱- مرزبندی محتوایی

مرزبندی محتوایی برای جدایی سیستم از محیط و تشخیص عوامل داخلی اثرگذار بر توسعه فناوری از عوامل خارجی آن ضروری است. هر سیستم از مؤلفه‌ها و روابط مختلفی تشکیل شده است. مرزبندی محتوایی با این فرض که تعاملات میان اجزای سیستم قوی‌تر از تعاملات موجود با محیط است، به شناسایی اجزای ساختاری درون یک سیستم می‌پردازد. با داشتن نگاهی سیستمی، نظام توسعه فناوری از چهار جزء کنش‌گران^۱، نهادها^۲، شبکه‌ها^۳ و فناوری‌ها^۴ تشکیل شده است.

^۱Actors

^۲Institutions

۱-۲-۱-۱- کنش‌گران

کنش‌گران یکی از سه مؤلفه‌ی ساختاری در توسعه فناوری می‌باشد که با انجام فعالیت، بر فرایند خلق، انتشار و بهره‌برداری از نوآوری اثر می‌گذارد. در توسعه فناوری، کنش‌گر را می‌توان مترادف با ذینفع در برنامه‌ریزی راهبرد سازمانی قلمداد نمود. بر این اساس، کنش‌گر، عبارت است از فرد، گروه و یا سازمانی که می‌تواند بر ورودی‌ها (منابع) و یا برون‌دادهای یک سیستم تأثیر بگذارد و یا از خروجی‌ها و برون‌دادهای آن (خدمات، محصولات، پیامدها و ...) تأثیر پذیرد. کنش‌گران یک سیستم به دو دسته کلی کنش‌گران داخلی و کنش‌گران خارجی تقسیم می‌شوند.

هر کنش‌گر موجود در نظام توسعه فناوری بر اساس راهبرد خود، در چارچوب نهادهای پیرامون، و با صرف منابع لازم، به انجام فعالیت‌های نوآورانه می‌پردازد. با به‌انجام رسیدن فعالیت‌ها، کارکردهای مختلفی برآورده می‌گردد. مجموع کارکردهای برآورده شده توسط فعالیت‌های کنش‌گران مختلف، عملکرد نهایی سیستم را تعیین خواهد نمود. بنابراین با شناسایی و تحلیل توسعه فناوری از زاویه کنش‌گران می‌توان در درجه اول سهم بالقوه و بالفعلی که هر کنش‌گر در برآوردن کارکردها و تامین عملکرد سیستم دارد مشخص نمود و در درجه دوم نیز آلترناتیوهای ساختاری که منجر به ایجاد عملکرد بالا در سیستم می‌شود را شناسایی کرد.

برای شناسایی کنش‌گران، روش‌های مختلفی مانند استفاده از جداول داده- ستاده و آمارهای عضویت موجود در اتحادیه‌ها و صنایع، استفاده از پتنت‌های ثبت شده و شناخت بنگاه‌های مرتبط با آن‌ها و استفاده از قاعده گلوله برف^۵ (شناخت کنش‌گران پیرامون یک واحد تحلیل از روی ارتباطات با سایر کنش‌گران) توصیه شده است.

در این گزارش کنش‌گران به پنج دسته تقسیم می‌شوند.

الف) سیاست‌گذار^۶

^۳Networks

^۴Technologies

^۵Snowball method

یک سیاست‌گذار نهادی است که برنامه‌هایی که باید توسط دولت، کسب و کارها و غیره دنبال شود را تعیین می‌کند. سیاست‌گذاری به صورت فرآیندی تعریف شده است که به واسطه آن دولت به منظور ارائه پیامد (تغییرات مطلوب در دنیای واقعی)، چشم‌انداز سیاسی خود را به برنامه و عمل تبدیل می‌کند. لذا سیاست‌گذاری، کارکرد اصلی هر دولت می‌باشد. به طور کل، سیاست می‌تواند شکل‌های مختلفی به خود بگیرد مانند سیاست‌های غیر مداخله‌ای، تنظیم، تشویق تغییرات داوطلبانه (مانند کمک‌های مالی) و ارائه خدمات عمومی. لذا به نظر می‌رسد بررسی ویژگی‌های فرآیند سیاست‌گذاری مناسب، مفید واقع شود. در ادامه، ده ویژگی برای فرآیند مذکور آورده شده است:

۱. نگاه رو به جلو^۶: واضح است که فرآیند سیاست‌گذاری، پیامدهایی که سیاست برای دستیابی به آن طراحی شده است را تعریف می‌کند. لذا به طور معمول، در این فرآیند باید نگاهی بلند مدت (حداقل پنج ساله) بر اساس روندهای آماری و پیش بینی‌های اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و فرهنگی وجود داشته باشد. نکات زیر رویکرد نگاه رو به جلو را واضح‌تر می‌سازد:

- بیان پیامدهای مطلوب در مراحل اولیه
- طراحی سناریو یا پیشامدهای احتمالی
- لحاظ کردن استراتژی بلند مدت اجرایی
- استفاده از برنامه آینده‌نگاری^۸ و یا دیگر روش‌های پیش‌بینی

۲. نگاه بیرون‌گرا^۹: فرآیند سیاست‌گذاری تاثیر عوامل را در سطوح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی در نظر می‌گیرد و از تجارب دیگر مناطق یا کشورها استفاده می‌کند. نکات زیر رویکرد بیرون‌گرایی را نشان می‌دهد:

^۶ - policy-maker

^۷ - looking forward

^۸ - foresight program

^۹ - outward looking

- استفاده از مکانیسم‌های سازمان همکاری اقتصادی و توسعه و غیره
- استفاده از تجارب دیگر کشورها در برخورد با مسئله‌ای خاص
- تشخیص نوسانات در کشور

۳. نوآور، منعطف و خلاق: فرآیند سیاست‌گذاری در برخورد با مسائل منعطف می‌باشد و ایده‌های نوین را تشویق می‌کند. ریسک‌ها شناسایی می‌شوند و به طور فعال مدیریت می‌شوند. نکات زیر یک رویکرد خلاق، نوآور و منعطف را نشان می‌دهد:

- استفاده از جایگزین‌ها برای روش‌های معمولی کاری (مانند جلسات طوفان فکری)
- تعریف موفقیت بر حسب پیامدهای شناسایی شده
- ارزشیابی و مدیریت هوشیارانه ریسک

▪ حرکت به سمت ایجاد ساختارهای مدیریتی که ایده‌های جدید و کارهای گروهی را ارتقا می‌دهند

۴. مبتنی بر شواهد^{۱۰}: توصیه‌ها و تصمیمات سیاست‌گذاران بر اساس بهترین شواهد موجود و حوزه وسیعی از منابع می‌باشد که تمامی ذینفعان کلیدی در مراحل اولیه دخالت داده می‌شوند. نکات کلیدی رویکرد مبتنی بر شواهد در سیاست‌گذاری شامل:

- مرور تحقیقات موجود
- انجام تحقیقات جدید
- مشاوره با متخصصین مربوطه و/ یا استفاده از مشاورین داخلی و خارجی
- لحاظ کردن دامنه وسیعی از گزینه‌های ارزیابی شده و مناسب

^{۱۰} - evidence-based

۵. فراگیر^{۱۱}: فرآیند سیاست‌گذاری، میزان اثرگذاری سیاست و سهم آن در برآورده‌سازی نیازهای مردم به طور مستقیم و

یا غیر مستقیم را در نظر می‌گیرد. یک رویکرد فراگیر، ممکن است شامل جنبه‌های زیر باشد:

- رایزنی با مسئولین پیاده ساز / ارائه‌کننده خدمت
- رایزنی با موجودیت‌های تأثیرپذیر از سیاست
- انجام ارزشیابی اثر
- گرفتن بازخورد از دریافت‌کنندگان یا ارائه‌دهندگان

۶. پیوسته و کل نگر^{۱۲}: فرآیند، نگاهی جامع دارد و فراتر از مرزهای سازمانی حرکت می‌کند. از اینرو، اهداف استراتژیک

اداری را در نظر می‌گیرد. در کل می‌توان بیان کرد که هدف عمده، ایجاد پایه‌ای اخلاقی و قانونی برای سیاست

می‌باشد و ملاحظات ساختارهای سازمانی و مدیریت صحیح در نظر گرفته می‌شود. نکات زیر، رویکرد کل نگر و

پیوسته را نشان می‌دهند:

- تعریف اهداف افقی^{۱۳} در مراحل اولیه
- تعریف واضح از تنظیمات کاری مشترک با دیگر بخش‌ها
- شناسایی دقیق موانع این رویکرد به انضمام استراتژی‌های غلبه بر آن

۷. یادگیری از تجربیات^{۱۴}: به معنای کسب تجربه از روش‌هایی است که کارآمد شناخته شده‌اند و یا عدم کارایی‌شان به

اثبات رسیده است. رویکرد یادگیری برای بهبود سیاست شامل جنبه‌های زیر می‌باشد:

- جمع‌آوری اطلاعات درباره نمونه‌های عملی منتشر شده

^{۱۱} - inclusive

^{۱۲} - joined-up

^{۱۳} - cross-cutting objectives

^{۱۴} - learn lessons

▪ تمیز دادن میان شکست سیاست برای اثرگذاری بر مشکلات و شکست عملیاتی / مدیریتی پیاده‌سازی سیاست

۸. ارتباطات: فرآیند سیاست‌گذاری، چگونگی ارتباط سیاست با مردم را در نظر می‌گیرد. موارد زیر در ایجاد ارتباط مؤثر سیاست سهم قابل توجهی دارند:

▪ آماده‌سازی و پیاده‌سازی استراتژی ارتباطات / ارائه

▪ ارائه خدمات اطلاعاتی اجرایی از مراحل اولیه

۹. ارزیابی: ارزیابی سیستماتیک اثربخشی سیاست در فرآیند سیاست‌گذاری وجود دارد. رویکردهای سیاست‌گذاری که تعهد به ارزیابی را نشان می‌دهند، شامل:

▪ تعریفی واضح از هدف ارزیابی مجموعه

▪ تعریف معیارهای موفقیت

▪ تعیین ابزارهای ارزیابی از مراحل اولیه

▪ استفاده از آزمایشات^{۱۵} به منظور اثرگذاری بر پیامد نهایی

۱۰. بازنگری^{۱۶}: سیاست‌های موجود باید به طور مستمر بازنگری شوند چرا که سیاست‌های طراحی شده برای حل مشکلات، باید کارایی خود را در طول زمان حفظ کنند. جنبه‌های رویکرد بازنگری برای سیاست‌گذاری شامل:

▪ برنامه بازنگری مستمر با شاخص‌های عملکرد متنوع و معنادار

▪ مکانیسم‌هایی برای فراهم کردن بازخورد از سیاست‌های تنظیم شده

▪ دور انداختن سیاست‌های شکست خورده!

(ب) تنظیم‌کننده^{۱۷}

^{۱۵} - pilots

^{۱۶} - review

تنظیم مجموعه گوناگونی از ابزارهاست که به واسطه آن دولت نیازمندی‌های شرکت‌ها و مردم را تنظیم می‌کند. کارکردهای تنظیم‌کننده بنا به دلایل گوناگونی به وجود آمده‌اند از جمله:

- تعیین حقوق و مسئولیت‌های هر یک از موجودیت‌های جامعه به منظور تحقق اهداف توسعه پایدار
- تنظیم استانداردهای صنعتی
- جمع‌آوری مالیات‌ها و دیگر درآمدها و ...

به منظور درک بهتر کارکردهای تنظیم‌کننده، بررسی انواع روش‌های تنظیمی مفید خواهد بود.

انواع تنظیمات

- فرمان و کنترل^{۱۸}: تنظیم دستور و کنترل نوعاً وضع/تحمیل استانداردهای حمایت شده توسط مصوبات قانونی است، هرگاه استانداردها سازگار نباشند. بنابراین، قانون به عنوان منع یا اجبار فعالیت‌های معینی به کار می‌رود. استانداردها می‌تواند از طریق قانون‌گذاری یا تنظیم‌کنندگانی که به واسطه فرآیند تنظیم برای تعریف قانون مشروعیت دارند، تنظیم شود.

نقاط قوت چنین رویکرد مستقیمی در تنظیم این است که اغلب به طور سریع پیاده‌سازی می‌شوند، محدودیت‌های تعریف شده به طور واضح تنظیم می‌شود، و نشان می‌دهد که تنظیم‌کننده یا دولت قاطعانه عمل می‌کند. از سویی دیگر، این رویکرد می‌تواند برای فعالیت‌های تنظیمی پیچیده باشد. مشکلاتی که ممکن است به واسطه این رویکرد رخ بدهد، در دسته‌های زیر قرار می‌گیرند:

^{۱۷} -regulator

^{۱۸} -command and control

- تسخیر شدن در فرآیند تنظیم^{۱۹}: رویکرد مذکور نیازمند این است که تنظیم‌کننده و تنظیم‌شونده^{۲۰}، به ویژه برای تضمین در فراهم آوردن اطلاعات مورد نیاز تنظیم‌کننده، با یکدیگر مشارکت داشته باشند. این ارتباط نزدیک ممکن است به تسخیر شدن تنظیم‌کننده توسط تنظیم‌شونده منتهی شود و در نتیجه آن قوانینی که به نفع یک مجموعه خاص است در نظر گرفته شود نه قوانینی که رفاه عمومی را در بر گیرد.
- افراط در قانون^{۲۱}: این رویکرد اغلب به صورت پیچیده، غیر منعطف و مداخله‌گر به تصویر کشیده شده است. تدبیر در قوانین دقیق، به ویژه زمانی که یک اقتصاد در حال تغییر است، می‌تواند مشکل باشد. به علاوه، درگیری مستقیم سیاست‌گذاران می‌تواند به معنی ایجاد قوانینی در پاسخ به موقعیت‌ها یا زمینه‌های خاص باشد که اغلب در مقیاس‌های زمانی کوتاه در نظر گرفته می‌شود. لذا می‌توان بیان نمود که رویکرد مذکور همواره مؤثر و جلوتر از زمان نمی‌باشد.
- تنظیم کردن استانداردها: گاهی اوقات تنظیم یک استاندارد مناسب، به عنوان مثال تعیین یک سطح معین از آلودگی یا کارایی واقعی اهداف برای سیستم‌های توزیع و انتقال، پیچیده است.
- تنفیذ: پیچیدگی قوانین و این امکان که طراحی انجام شده ممکن است تمامی فعالیت‌ها را در بر نگیرد، تنفیذ را برای تنظیم‌کننده مشکل می‌کند.
- خود-تنظیمی^{۲۲}: این رویکرد می‌تواند به عنوان نوعی از نسخه خود انجامی^{۲۳} رویکرد دستور و کنترل تلقی شود. در این مورد، اغلب انجمن‌های تجاری یا کسب و کار تشکیل شده که قوانین عملکرد را ایجاد، کنترل و اجرا می‌کنند. به عنوان یک قانون، خود تنظیمی اغلب به عنوان یک روش کسب و کار دیده می‌شود که اقدام انحصاری به منظور

^{۱۹} -regulatory capture

^{۲۰} -regulatee

^{۲۱} -legalism

^{۲۲} -self-regulation

^{۲۳} do-it-yourself

جلوگیری از مداخله دولت انجام می‌دهد. مزایای این رویکرد شامل سطح بالای تعهد کسب و کارها و ماهیت جامع قوانین تنظیم شده می‌باشد. به علاوه، این رویکرد منعطف‌تر از رویکرد دستور و کنترل بوده چرا که به قانونگذاری نیازی ندارد. از سویی دیگر، خود تنظیمی می‌تواند به صورت یک رویکرد غیردموکراتیک، محدود به بررسی دقیق بیرونی و در معرض سوءاستفاده توسط کسانیکه با اهداف مختلف قوانین را تنظیم می‌کنند، دیده شود. در کمترین سطح، خود تنظیمی همواره در معرض چالش‌های منتج شده از علاقه‌های بیرونی کسانیکه فکر می‌کنند استانداردها و قوانین به سمت کاهش تأثیر فعالیت‌های غیر مطلوب تنظیم نشده است، قرار دارد.

- تنظیم مبتنی بر تشویق^{۲۴}: یک تشویق، سیاست، قانون، مکانیسم قیمت، یا رویه‌ایست که به دنبال تعدیل رفتار افراد یا شرکت‌ها به واسطه تغییر در هزینه‌ها یا سودهای حاشیه‌ای مرتبط با تصمیم یا فعالیت خاص می‌باشد. از یک سو، می‌توان گفت که تمامی تنظیمات بر مبنای تشویق است چرا که تنظیم از طریق مفهوم پایه جریمه برای رفتارهای "بد" و پاداش برای رفتارهای "خوب" عمل می‌کند. تنظیم مبتنی بر تشویق سعی دارد به منظور کاهش هزینه‌ها و بهبود خدمات، برنامه سودمند با سودهای زیاد را پاداش دهد. هدف عمده این است که تنظیم‌شونده فعالیت‌های غیر مطلوب خود را از طریق تحمیل/ وضع مالیات و کمک‌های مالی محدود یا متوقف کند. برای به کارگیری این رویکرد، گام‌های اصلی شامل انتخاب واحدهای اندازه‌گیری، تعیین خط مبنا، انتخاب اهداف برای بهبود و/ یا نگهداری و سپس اجرای تشویق‌ها و جریمه‌ها می‌باشد. یکی از انواع تنظیمات مبتنی بر تشویق، تنظیم مبتنی بر عملکرد^{۲۵} (PBR) است که تشویق‌ها ملزم به بهبود در عملکرد مطلوب، کاهش قیمت و بهبود در کیفیت خدمات می‌باشد. به علاوه، PBR بیشتر به استانداردهای عملکرد خارجی متکی است و کمتر به فعالیت‌های خاص شرکت حساس است. مزایای PBR این است که به بهبود در بهره‌برداری شرکت‌ها، کاهش هزینه‌های نگهداری و عملیات و بهبود در پایداری سیستم کمک می‌کند. طرح تنبیه و تشویق به صورت مکانیکی عمل می‌کند. بنابراین کاهش در حوزه صلاحیت تنظیمی، در مقابل

^{۲۴} -incentive-based regulation

^{۲۵} -Performance-based regulation

امکان تسخیر در فرآیند تنظیم را کاهش می‌دهد. به علاوه این رویکرد، انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری شرکت، که آیا از قانون تبعیت کند یا جریمه بپردازد، را فراهم می‌کند. اگرچه به عنوان یکی از معایب این روش، می‌توان به ایجاد قوانین بسیار پیچیده و غیر منعطف که واقعیت‌های بازار در آن لحاظ نشده است، اشاره کرد. از مفروضات اصلی این رویکرد، عقلانیت اقتصادی است که لزوماً در همه موارد یافت نمی‌شود. همچنین، گاهی اوقات پیش‌بینی تأثیر این نوع رویکرد مشکل است. به عنوان مثال، رفتار "بد"، مانند آلودگی، می‌تواند پاداش بگیرد اگر که قوانین به طور صحیح تنظیم نشده باشند.

- مکانیسم‌های مبتنی بر بازار^{۲۶}: حوزه وسیعی از مکانیسم‌های مبتنی بر بازار وجود دارند که می‌توانند برای تنظیم فعالیت‌ها مورد استفاده قرار بگیرد. تنظیمات مبتنی بر بازار می‌تواند اثربخشی هزینه‌ای را ثابت کند و مداخلات تنظیمی در عملیات روزانه شرکت‌ها را کمینه کند. انواع مکانیسم‌های معمول مبتنی بر بازار در زیر بررسی می‌شوند.
 - قوانین رقابتی^{۲۷}: قوانینی هستند که برای کنترل رفتار شرکت‌ها ایجاد می‌شوند تا تضمین کند بازار، خدمات را با محدود کردن فعالیت‌های غیر مطلوب مانند قیمت‌گذاری تهاجمی، کمک مالی^{۲۸}، تحویل می‌دهد. قانون رقابتی می‌تواند به تنظیم از طریق دستور و کنترل ترجیح داده شود چرا که کمتر در امور شرکت‌ها مداخله می‌کند، برای سرمایه‌گذاری عمومی ارزانتر است.
 - تنظیم به واسطه قرارداد^{۲۹}: دولت می‌تواند از قدرت خرید خود برای تعیین شرایط قراردادها با کسب و کارهای خارجی استفاده کند. شرایط قراردادی برای هدایت اهداف اجتماعی مطلوب، مانند نسبت معینی از انرژی تجدیدپذیر در تولید کالاها، می‌تواند استفاده شود. این رویکرد، گاهی به عنوان راه حل کوتاه‌مدت، در

^{۲۶} - market-based regulation

^{۲۷} -competitive laws

^{۲۸} -cross-subsidization

^{۲۹} -regulation by contract

نظر گرفته می‌شود و زمانی ارزشمند است که هدف افزایش سریع استواری فرآیند تنظیم و در زمان کوتاه است. اگرچه ترجیحاً باید تقویت شود و در نهایت با شاخص‌های تنظیمی پایداری جایگزین شود. افزایش تنظیم به واسطه قرارداد، نباید به عنوان یک جایگزین برای عامل‌های تنظیمی موجود لحاظ شود، بلکه باید به عنوان یک روش متمم با بهبود در اثربخشی و اعتبار تنظیم‌کننده در نظر گرفته شود. تحت رژیم تنظیم به واسطه قرارداد، یک تنظیم‌کننده به طور بالقوه باید در مذاکرات مجدد قرارداد درگیر شود و از این رو، نقش تنظیم‌کننده به طور فزاینده‌ای یک کارگزار امین یا یک بازیگر بیطرف می‌شود که بر روی ایجاد راه حل‌ها و ایجاد اجماع میان تأمین‌کنندگان خدمات، سرمایه‌گذاران و دولت متمرکز می‌شود.

○ مجوزهای قابل فروش^{۳۰}: این رویکرد در محدود کردن انتشار دی‌اکسیدکربن بسیار مهم است. سطح معینی از انتشار قابل قبول توسط دولت تعیین شده، و به صاحبان بنگاه‌های اقتصادی فوق‌العاده‌هایی^{۳۱} تا حد مجاز واگذار می‌شود. در مقابل صاحبان بنگاه‌های اقتصادی می‌توانند سطح انتشار را از حد تخصیص داده شده پایین‌تر قرار دهند و فوق‌العاده‌های اضافی را مبادله کنند و یا حاضر به پرداخت جریمه شوند. از لحاظ سیاسی، این رویکرد یک مکانیسم جذاب است چرا که شرکت‌ها را در تصمیم‌گیری آزاد می‌گذارد. اگرچه، موفقیت این طرح به حدودی که دولت تعیین می‌کند بستگی دارد.

○ تنظیم بر اساس افشاگری^{۳۲}: این رویکرد نیازمند این است که تولیدکنندگان، منابع یا گنجایش محصولاتشان را بیان می‌کنند. به علاوه، این مکانیسم به مشتریان اجازه می‌دهد تا منبع مقدم را انتخاب کنند. اگرچه، در این روش فرض بر این است که مشتریان برای رسیدن به هدف مطلوب، می‌توانند انتخاب صحیح را انجام بدهند.

^{۳۰} -tradable permits

^{۳۱} -allowance

^{۳۲} -disclosure regulation

ج) تسهیل‌کننده

سازمان‌های محلی یا بین‌المللی هستند که معمولاً توسط دولت سرمایه‌گذاری می‌شوند و هدف آن توسعه و بهبود بازار خدمات می‌باشد. یک تسهیل‌کننده، تأمین‌کنندگان خدمات را از طریق ایجاد محصولات خدماتی جدید، ارتقاء تجارب مفید و ایجاد ظرفیت حمایت می‌کند. به علاوه، تسهیل‌کننده می‌تواند بر طرف تقاضا از طریق آموزش صنایع کوچک درباره مزایای خدمات یا فراهم کردن محرک‌هایی برای امتحان آن‌ها نیز متمرکز شود. کارکردهای دیگر یک تسهیل‌کننده شامل ارزیابی خارجی تأثیر تأمین‌کنندگان خدمات، تضمین خدمات و حمایت برای محیط سیاسی بهتر می‌باشد. عمل تسهیل، کارکردی است که به طور معمول توسط سازمان‌های توسعه‌گرا انجام شده و می‌تواند شامل سازمان‌های غیر دولتی، انجمن‌های صنعتی و کارفرمایان و عامل‌های دولتی باشد.

در این راستا، ذکر نکته‌ای لازم به نظر می‌رسد که تفکیک نقش‌های تسهیل‌کنندگان و ارائه‌کنندگان برای خدمات توسعه کسب و کار^{۳۳} ضروری است. در بسیاری از برنامه‌های توسعه‌ای، یک سازمان نقش تأمین‌کننده (ارائه مستقیم خدمات به بنگاه‌های اقتصادی) و نقش تسهیل‌کننده (تشویق دیگر شرکت‌ها برای عرضه خدمات به بنگاه‌های اقتصادی) را توأماً ایفا می‌کند. این مسئله اغلب تناقضی برای تأمین‌کنندگان رقابتی به وجود می‌آورد، چرا که تسهیل‌کنندگان معمولاً اهداف توسعه‌ای داشته و تأمین‌کنندگان اهداف تجاری و لذا ترکیب نقش‌ها ممکن است به برنامه‌های ناکارآمد و استفاده نامناسب از سرمایه منجر شود. به علاوه، چنانچه تسهیل‌کنندگان به صورت دولتی سرمایه‌گذاری شده باشند، هنگامی که بازار توسعه پیدا می‌کند و تأمین‌کنندگان و دیگر بازیگران دائمی بازار بر کارکردهای خود مسلط شدند، باید از صحنه بازیگران بازار حذف شود. تنها حالت استثنایی زمانی است که تسهیل‌کننده فعالیت‌های خود را از طریق فروش خدمات به تأمین‌کنندگان از نظر مالی تأمین کند و در نتیجه به یک بازیگر دائمی و پایدار در بازار تبدیل شود.

د) ارائه‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی

^{۳۳} - business development services

تأمین‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی شامل دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مؤسساتی هستند که در زمینه آموزش و پژوهش در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی فعالیت می‌کنند.

ه) ارائه‌کننده خدمات صنعتی

شامل شرکت‌هایی می‌شود که در زمینه طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی فعالیت می‌کنند. این شرکت‌ها ممکن است سازنده تمام قطعات نبوده و ترکیبی از عملیات طراحی، ساخت و مونتاژ موتورهای الکتریکی را انجام دهند و یا ارائه‌کننده محصول یا خدمتی به سازندگان موتورهای الکتریکی باشند.

۱-۲-۱-۲- نهادهای

نهادهای قواعد بازی هستند. نهادهای در توسعه فناوری، مجموعه‌ی قوانین و مقررات، قواعد، نرم‌ها و استانداردهایی می‌باشد که یا به‌شکل بازدارنده و یا به‌صورت تحریک‌کننده، به رفتارهای اجتماعی-اقتصادی-صنعتی شکل می‌دهد. تفاوت بین نهادهای با کنش‌گران در این است که کنش‌گران به اجرا و دنبال کردن فعالیت‌ها می‌پردازند، درحالی که قواعد تنها تعاملات بین آن‌ها را تعریف کرده و چارچوبی برای انجام فعالیت‌ها ایجاد می‌نمایند. بدین وسیله نهادهای موجب کاسته شدن از عدم تعین موجود در مسیر رشد فناوری شده و نوعی پایداری در مجموعه حاکم می‌کند. نهادهای را می‌توان به دو دسته کلی رسمی و غیررسمی تقسیم‌بندی نمود. نهادهای رسمی از سوی سازمان‌ها صادر شده و دارای ضمانت اجرایی از نوع قانون می‌باشند. درطرف مقابل، نهادهای غیررسمی در جریان طبیعی تعاملات اجتماعی باب شده و دارای ضمانت اجرایی از نوع تعهد اجتماعی هستند. از بعد نوع نیز نهادهای به سه دسته‌ی تنظیمی^{۳۴}، هنجاری^{۳۵}، و شناختی^{۳۶} تقسیم می‌شوند. نهادهای تنظیمی مجموعه قواعد رسمی هستند که مجاز بودن یا مجاز نبودن انجام فعالیت‌ها را از طریق داشتن ضمانت اجرایی قانونی مشخص می‌نمایند. نهادهای هنجاری قواعدی غیررسمی هستند که به تعیین درست و یا غلط بودن فعالیت‌ها از طریق ارزش‌های قابل قبول در جامعه می-

^{۳۴}Regulative

^{۳۵}Normative

^{۳۶}Cultural cognitive

پردازد. در نهایت، نهادهای شناختی نیز قواعدی غیررسمی هستند که با شکل‌گیری در محدوده‌ی ذهنی هر فرد، بر مجموعه رفتارها و تصمیم‌گیری‌های فرد اثرگذار می‌شود.

۱-۲-۱-۳- فناوری

شناخت فناوری منجر به تعیین مرزهای دانشی شده و فناوری‌های مرتبط با فناوری موردنظر را مشخص می‌نماید. در ادبیات راه‌های مختلفی مانند تعیین نزدیکی میان حوزه‌های فناورانه با اندازه‌گیری فاصله‌ی فناورانه^{۳۷}، استفاده از نظر خبرگان و تحلیل‌های کتاب‌سنجی^{۳۸} و پتنت، برای شناسایی فناوری‌های مرتبط با فناوری مورد مطالعه استفاده می‌گردد. این بخش در گزارش درخت فناوری به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۲-۱-۴- شبکه‌ها

روابط موجود در یک گروه از کنش‌گران، نهادها و فناوری‌ها می‌تواند از روابط موجود در خارج از گروه، قوی‌تر باشد. در صورتی که این مؤلفه‌های ساختاری باعث ایجاد یک پیکربندی متراکم گردند، می‌توان آن را یک ساختار شبکه‌ای یا یک شبکه نامید. شبکه‌ها روابط میان سازمانی کنش‌گرانی هستند که به دنبال دستیابی به اهداف مشترکی می‌باشند. در حقیقت، یک سیستم توسعه‌دهنده فناوری شبکه‌هایی از کنش‌گران، نهادها، فناوری‌ها و روابط میان آن‌ها محسوب می‌گردند. اتحادهای راهبردی^{۳۹}، اتحادیه‌های گروه‌های کاری^{۴۰}، کمیته‌های فنی^{۴۱}، شبکه‌های پروژه^{۴۲}، شبکه‌های منطقه‌ای و شبکه‌های سیاسی همگی از انواع شبکه‌ها میان کنش‌گران هستند. شبکه‌ها در حالت کلی در دو صورت رسمی (در راستای برآوردن اهدافی راهبردی، عضویت خودآگاه کنش‌گران) و غیررسمی (عدم وجود هدف برنامه‌ریزی شده، عدم مرزبندی مشخص در عضویت و یا عدم عضویت

^{۳۷}Technological distance

^{۳۸}Bibliometric

^{۳۹}Strategic alliance

^{۴۰}Working group association

^{۴۱}Technical committee

^{۴۲}Project networks

کنش‌گران) شکل‌گیری پیدا می‌کنند. در یک دسته‌بندی دیگر، شبکه‌ها را از بعد هدفمندی و میزان درهم‌تنیدگی به چهار دسته - ی شبکه‌های زنجیره تأمین، شبکه‌های سنتی، شبکه‌های راهبردی، و کالج‌های نامشهود^{۴۳} تقسیم می‌کنند. به‌طور کلی شبکه‌ها دارای پنج کارکرد اصلی تبادل اطلاعات و ایجاد دانش، انتشار دانش، ارتباطات، اعمال نفوذ و ساختارسازی هستند. هدف از شناسایی شبکه‌های موجود در توسعه فناوری، ایجاد ارتباط میان سطوح خرد و میانی سیستم تحت مطالعه و کشف ارتباط اقدامات کنش‌گران در مسیر توسعه فناوری است. برای شناسایی شبکه‌های موجود، می‌توان از طریق شش معیار بنیان- گذار/سال تأسیس، تمرکز فنی شبکه، کنش‌گران اصلی درگیر در شبکه، مأموریت شبکه، نوع شبکه (اتحادهای راهبردی، اتحادیه‌های گروه‌های کاری، کمیته‌های فنی، شبکه‌های پروژه، شبکه‌های منطقه‌ای و شبکه‌های سیاسی)، و کارکرد شبکه، به شناسایی این جزء ساختاری پرداخت.

در فصل بعد ابتدا به شناسایی بازیگران اصلی صنعت موتورهای الکتریکی و نقش هر کدام در آن بخش پرداخته می‌شود و سپس نگاهی نهادی فناوری موتورهای الکتریکی ارائه می‌گردد. در ادامه و در فصل سوم نهادها (قوانین و مقررات) موجود در حوزه موتورهای الکتریکی معرفی می‌گردد.

۲- قوانین و اسناد بالا دستی توسعه

فناوری موتورهای الکتریکی

مقدمه

در این فصل کلیه سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب نهادهای حاکمیتی و صنایع مختلف که به شکل مستقیم یا غیر مستقیم با مساله "لزوم توسعه فناوری‌های مربوط به موتورهای الکتریکی" ارتباط دارند گردآوری شده‌اند. بدین منظور کلیه قوانین و اسناد بالادستی کشور که در به صورت مستقیم و یا غیر مستقیم روی فناوری موتورهای الکتریکی تاثیر دارند، در ابتدا با جستجوی اینترنتی شناسایی گردید و پس از بحث در کمیته راهبری از لحاظ جامعیت این اسناد مورد تایید قرار گرفت. عناوین این مستندات در جدول (۱-۲) آورده شده است. لازم به ذکر است با توجه به سند چشم انداز بیست ساله کشور و همچنین با در نظر گرفتن سایر اسناد افق برنامه‌ریزی در این سند نیز ۱۴۰۴ در نظر گرفته شده است که در گزارشات آتی به این بحث بیشتر پرداخته خواهد شد.

جدول ۱-۲: مستندات مرتبط با لزوم توسعه ماشین‌های الکتریکی

ردیف	عنوان سند	تاریخ تصویب
۱	سند نهایی چشم انداز ۲۰ ساله جمهوری اسلامی ایران	۱۳۸۲
۲	قانون برنامه پنجساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران ۱۳۹۰ - ۱۳۹۴	۱۳۸۹
۳	سیاست‌های کلی نظام جمهوری اسلامی ایران در مورد "انرژی"	۱۳۷۹
۴	سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف	۱۳۸۹
۵	قانون ۷۵ ماده ای اصلاح الگوی مصرف	۱۳۸۹
۶	قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی	۱۳۸۹
۷	برنامه راهبردی وزارت نیرو	۱۳۹۰
۸	سیاست‌های اقتصاد مقاومتی	۱۳۹۲
۹	نقشه جامع علمی کشور	۱۳۸۹
۱۰	قانون هدفمند نمودن یارانه‌ها	۱۳۸۸
۱۱	سند نقشه راه بهره‌وری انرژی الکتریکی	-
۱۲	برنامه راهبردی وزارت صنعت، معدن، تجارت	۱۳۹۲
۱۳	برنامه راهبردی لوازم خانگی و اداری الکتریکی و الکترونیکی	۱۳۹۲
۱۴	برنامه راهبردی انرژی	۱۳۹۲
۱۵	برنامه راهبردی فولاد	۱۳۹۲
۱۶	راهبرد صنایع حمل و نقل ریلی	۱۳۹۲
۱۷	بیانیه طرح توسعه صنعت قطعه‌سازی کشور	۱۳۹۳

۱-۲- سند نهایی چشم انداز ۲۰ ساله جمهوری اسلامی ایران [۱]

سند چشم انداز به طور مستقیم وارد بحث انرژی و تجهیزات الکتریکی نشده است؛ ولی در موضوعات مختلف به آن اشاره دارد و یا می‌توان برداشت نمود که در حوزه مرتبط با توسعه فناوری‌های مربوط به طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی تاثیرگذار است که در ادامه به طور خلاصه ذکر می‌گردد:

- کسب فن آوری، به ویژه فن آوری های نو، شامل ریز فناوری و فناوری‌های زیستی، اطلاعات و ارتباطات، زیست محیطی، هوافضا و هسته‌ای

- ایجاد ساز و کار مناسب برای رشد بهره وری عوامل تولید (انرژی، سرمایه، نیروی کار، آب، خاک و ...); فناوری ساخت موتورهای الکتریکی به عنوان یکی از فناوری‌های پایین دستی است که مرتبط با فناوری‌های هوا و فضا و هسته‌ای است.

۲-۲- قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران ۱۳۹۰ - ۱۳۹۴

قانون برنامه پنج ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران مصوب جلسه علنی مورخ ۸۹/۱۰/۱۵ مجلس شورای اسلامی می‌باشد. در زیر به بخش‌هایی که به صورت مستقیم مرتبط با توسعه موتورهای الکتریکی است، اشاره می‌شود:

۱-۲-۲- بخش مربوط به صنعت برق

- در ماده ۱۳۳ قانون برنامه پنج ساله پنجم، به منظور تنوع در عرضه انرژی کشور به بهینه‌سازی تولید و افزایش بازده نیروگاه‌ها، کاهش اتلاف و توسعه تولید همزمان برق و حرارت اشاره می‌شود.

- در ماده ۱۳۴ نیز به منظور اعمال صرفه‌جویی، تشویق و حمایت از مصرف‌کنندگان در راستای منطقی کردن و اصلاح الگوی مصرف انرژی و برق، حفظ ذخایر انرژی کشور و حفاظت از محیط زیست به وزارتخانه‌های نیرو، نفت و صنایع و معادن اجازه داده می‌شود براساس دستورالعملی که حداکثر تا پایان سال اول برنامه به تصویب شورای اقتصاد می‌رسد نسبت به اعمال مشوق‌های مالی جهت رعایت الگوی مصرف و بهینه‌سازی مصرف انرژی، تولید محصولات کم‌مصرف و با استاندارد بالا اقدام نمایند. منابع مالی مورد نیاز اجرای این ماده از محل وجوه حاصل از اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها، منابع داخلی شرکتهای تابعه وزارتخانه‌های نفت، نیرو و صنایع و معادن و یا فروش نیروگاه‌ها و سایر داراییها از جمله اموال منقول و غیرمنقول، سهام و سهم‌الشرکه وزارت نیرو و سایر شرکت‌های تابعه و وابسته و بنگاه‌ها در قالب بودجه سنواتی تأمین می‌شود.

تبصره ۱- کلیه محصولات و تجهیزات انرژی بر وارداتی مشمول رعایت استاندارد اجباری مصوب می‌باشند. وزارت بازرگانی و گمرک جمهوری اسلامی ایران موظف به رعایت مفاد این ماده هستند.

تبصره ۲- به دستگاه‌های اجرائی اجازه داده می‌شود، برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی با حفظ و عدم کاهش میزان بهره‌مندی قبلی، نسبت به انعقاد قرارداد با بخش‌های خصوصی و تعاونی اقدام نمایند. مبلغ قرارداد فقط از محل صرفه‌جویی ناشی از کاهش مصرف به شرح قرارداد در قالب موافقت نامه متبادله با معاونت قابل تأمین و پرداخت است [۲].

۲-۳- سیاست‌های کلی نظام جمهوری اسلامی ایران در مورد "انرژی" [۳]

مصوب مورخ ۱۳۷۷/۱۰/۲۳ که در تاریخ ۱۳۷۹/۱۱/۳ توسط مقام معظم رهبری تایید و ابلاغ گردیده است. با توجه به موارد مطرح شده در خصوص اصلاح الگوی مصرف و بهینه‌سازی مصرف انرژی این قوانین به صورت غیر مستقیم بر لزوم توسعه موتورهای الکتریکی در جهت افزایش بازده انرژی آنها اشاره می‌کند. در زیر سیاست‌های کلی نفت و گاز و سایر منابع انرژی اشاره می‌شود.

۲-۳-۱- سیاست‌های کلی نفت و گاز

سیاست‌های کلی نفت و گاز موارد زیر را در بر می‌گیرد:

- اتخاذ تدبیر و راهکارهای مناسب برای گسترش اکتشاف نفت و گاز و شناخت کامل منابع کشور

- افزایش ظرفیت تولید صیانت شده نفت متناسب با ذخایر موجود و برخورداری کشور از افزایش قدرت اقتصادی و امنیتی و

سیاسی

- افزایش ظرفیت تولید گاز، متناسب با حجم ذخایر کشور به منظور تأمین مصرف داخلی و حداکثر جایگزینی با فرآورده‌های

نفتی

- گسترش تحقیقات بنیادی و توسعه‌ای و تربیت نیروی انسانی و تلاش برای ایجاد مرکز جذب و صدور دانش و خدمات فنی -

مهندسی انرژی در سطح بین‌الملل و ارتقاء فن‌آوری در زمینه‌های منابع و صنایع نفت و گاز و پتروشیمی

- بهینه‌سازی مصرف و کاهش شدت انرژی

۲-۴- سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف [۴]

سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف سال ۱۳۸۹ توسط مقام معظم رهبری ابلاغ شد. در این قانون به صرفه‌جویی در مصرف انرژی با اعمال مجموعه‌ای متعادل از اقدامات قیمتی و غیرقیمتی به منظور کاهش مستمر «شاخص شدت انرژی» کشور به حداقل دو سوم میزان کنونی تا پایان برنامه پنجم توسعه و به حداقل یک دوم میزان کنونی تا پایان برنامه ششم توسعه اشاره دارد. همچنین بر اجرای سیاست‌های زیر نیز تأکید شده است:

- اولویت دادن به افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی در ایجاد ظرفیت‌های جدید تولید انرژی.
- انجام مطالعات جامع و یکپارچه سامانه انرژی کشور به منظور بهینه‌سازی عرضه و مصرف انرژی.
- تدوین برنامه ملی بهره‌وری انرژی و اعمال سیاست‌های تشویقی نظیر حمایت مالی و فراهم کردن تسهیلات بانکی برای اجرای طرح‌های بهینه‌سازی مصرف و عرضه انرژی و شکل‌گیری نهادهای مردمی و خصوصی برای ارتقاء کارایی انرژی و همچنین پایش شاخص‌های کلان انرژی با ساز و کار مناسب.
- بازنگری و تصویب قوانین و مقررات مربوط به عرضه و مصرف انرژی، تدوین و اعمال استانداردهای اجباری ملی برای تولید و واردات کلیه وسایل و تجهیزات انرژی بر و تقویت نظام نظارت بر حسن اجرای آنها و الزام تولیدکنندگان به اصلاح فرآیندهای تولیدی انرژی بر.
- اصلاح و تقویت ساختار حمل و نقل عمومی با تأکید بر راه آهن درون شهری و برون شهری به منظور فراهم کردن امکان استفاده سهل و ارزان از وسایل حمل و نقل عمومی.
- افزایش بازدهی نیروگاه‌ها، متنوع‌سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و نوین.
- گسترش تولید برق از نیروگاه‌های تولید پراکنده، کوچک مقیاس و پربازده برق و تولید همزمان برق و حرارت.
- بهبود روش‌های انتقال حامل‌های انرژی، از جمله حداکثرسازی انتقال فرآورده‌های نفتی از طریق خط لوله و راه آهن.

۲-۵- قانون ۷۵ ماده‌ای اصلاح الگوی مصرف [۵]

به دنبال ابلاغ سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف توسط مقام معظم رهبری، مجلس شورای اسلامی در سال ۱۳۸۹ قانون ۷۵ ماده‌ای اصلاح الگوی مصرف را به تصویب رساند. برخی از فصل‌های آن که به صورت مستقیم و غیر مستقیم مرتبط با لزوم توسعه موتورهای الکتریکی است، در ادامه آورده می‌شود.

۲-۵-۱- فصل سوم: ساختار و تشکیلات

در فصل سوم (ماده ۶)، وزارتخانه‌های نیرو، نفت، کشاورزی و صنایع و معادن موظفند که کلیه فناوری‌های مورد نیاز برای عرضه و مصرف انرژی در بیست سال آینده را در حیطه تخصصی خود شناسایی و تمهید کنند و امکان طراحی و بهبود آنها برای به‌کارگیری توسط سازندگان و تولیدکنندگان داخلی را فراهم نمایند.

۲-۵-۲- فصل چهارم: معیار و استاندارد مصرف انرژی مشترکین، فرآیندها و تجهیزات انرژی‌بر

در ماده ۱۰ این فصل، وزارتخانه‌های نفت و نیرو در چهارچوب قانون بودجه سالانه و قانون هدفمندکردن یارانه‌ها موظفند با همکاری وزارتخانه‌های مرتبط و مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و توجه به شرایط اقلیمی، فرهنگ و عادات مصرفی، فناوری مورد استفاده در بخش‌های صنعت، معدن و کشاورزی الگوی مصرف ماهانه حامل‌های انرژی را برای بخش‌های خانگی، تجاری، عمومی و مصرف ویژه انرژی صنایع (از جمله صنایع نفت و نیرو)، معادن، صنایع معدنی، کشاورزی و پمپاژ آب را تعیین کرده و به تصویب هیأت وزیران برسانند.

در ماده ۱۵، کلیه دستگاه‌های اجرائی، نهادها، مؤسسات، شرکت‌ها و واحدهای صنعتی دولتی و همچنین نیروهای نظامی و انتظامی موظفند تجهیزات و ماشین‌آلات مورد نیاز خود را براساس بهترین الگوی مصرف سطوح انرژی‌بری خریداری نمایند. آیین‌نامه اجرائی این ماده توسط شورای عالی انرژی ضمن رعایت تبصره ذیل ماده (۵) این قانون با رعایت قانون حداکثر استفاده از توان فنی و مهندسی تولیدی و صنعتی و اجرائی کشور در اجرای پروژه‌ها و ایجاد تسهیلات به منظور صدور خدمات مصوب ۱۳۷۵/۱۲/۱۲ تهیه و به تصویب هیأت وزیران می‌رسد. کلیه وزارتخانه‌ها و دستگاه‌های ذی‌ربط موظفند نسبت به حسن اجراء این ماده نظارت نمایند.

در ماده ۱۶، تخصیص هرگونه اعتبار برای بازسازی و توسعه صنایع منوط به رعایت معیارها و مشخصات فنی و رعایت موازین زیست محیطی و پس از اخذ مجوز لازم از مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران است.

۲-۵-۳- فصل ششم: مصرف‌کنندگان انرژی در صنایع

در ماده ۲۴ از فصل ششم، کلیه مصرف‌کنندگان انرژی با مصرف سالانه سوخت بیش از پنج میلیون متر مکعب گاز و یا سوخت مایع معادل آن و تقاضای (دیماند) قدرت الکتریکی بیش از یک مگاوات موظفند با ایجاد واحد مدیریت انرژی از طریق صرفه‌جویی یا استفاده از امکانات بخش خصوصی و یا بدون گسترش تشکیلات دولتی نسبت به انجام ممیزی انرژی و

بهینه‌سازی مصرف انرژی و اجرای راهکارهای لازم جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی به منظور دستیابی به معیارهای موضوع ماده (۱۱) این قانون اقدام نمایند.

در ماده ۲۵ نیز وزارتخانه‌های نفت و نیرو را مکلف می‌کند تا پس از دریافت گزارش از مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، واحدهای صنعتی مشمول مقررات استاندارد اجباری را که در حد معیارهای تعیین‌شده در استاندارد نیستند مطابق ماده (۲۶) جریمه نمایند. در صورتی که تدوین و ابلاغ استانداردها توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به تعویق افتد، وزارتخانه‌های نفت و نیرو می‌توانند رأساً و یا از طریق مشاوران طرف قرارداد براساس نمونه‌گیری تصادفی یا روش‌های دیگر مندرج در استانداردهای مصوب، بازرسانی را برای نظارت بر نحوه فعالیت‌های واحدهای انرژی و ارائه مشاوره و راهنمایی به واحدهای صنعتی موضوع ماده (۲۴) این قانون اعزام نمایند.

در ماده ۲۶، واحدهای صنعتی در صورت عدم رعایت معیارها و مشخصات فنی و استانداردهای مصرف انرژی با تشخیص وزارتخانه‌های نفت، نیرو و صنایع و معادن، از سال شروع اصلاح الگوی مصرف براساس شرایط اقلیمی و فنی به صورت درصدی از قیمت فروش حامل‌های انرژی جریمه خواهند شد. وجوه اخذ شده به حساب درآمد عمومی نزد خزانه‌داری کل کشور واریز شده و در اجرای راهکارهای بهینه‌سازی بخش صنعت موضوع این قانون هزینه خواهد شد.

۲-۵-۴- فصل هفتم: مصرف‌کنندگان انرژی در کشاورزی

در ماده ۲۸، وزارتخانه‌های نیرو و نفت موظفند با همکاری وزارت جهاد کشاورزی، سازمان محیط‌زیست و مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران معیار و استاندارد مصرف انرژی برای هر واحد سطح زیرکشت زراعی و باغی را بر حسب شرایط اقلیمی، استحصال مجاز آب و با توجه به نوع محصول و با استفاده از شیوه‌های پربازده استحصال آب و روش‌های نوین آبیاری تدوین نمایند. مصرف‌کنندگان انرژی در بخش کشاورزی که معیار و استاندارد فوق را رعایت نمایند، قیمت انواع انرژی را با تشخیص وزارتخانه‌های نفت و نیرو تا دو برابر قیمت حامل‌های انرژی می‌پردازند. مبالغ مازاد بر قیمت آزاد به حساب درآمد عمومی نزد خزانه‌داری کل کشور واریز می‌شود و در اجرای راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش کشاورزی موضوع مواد این فصل هزینه می‌گردد.

در ماده ۲۹، وزارتخانه‌های جهاد کشاورزی و صنایع و معادن موظفند سالانه حداقل بیست درصد (۲۰٪) از پمپ‌های آب و ماشین‌های کشاورزی خودکشی فرسوده و پرمصرف را از رده خارج و به همان نسبت به تأمین پمپ‌های آب و ماشین‌های

جدید با مصرف انرژی استاندارد و بهینه اقدام نمایند. منابع لازم جهت اجرای این ماده در بودجه سالانه پیش‌بینی و تأمین می‌شود.

در ماده ۳۰، وزارت صنایع و معادن با هماهنگی وزارت جهاد کشاورزی موظف است تا پایان برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه نسبت به اصلاح ماشین‌آلات و تجهیزات انرژی‌بر کشاورزی تولید داخل با بهره‌گیری از فناوری‌های جدید مطابق با معیارها و مشخصات فنی مصرف سوخت موضوع ماده (۱۱) این قانون اقدام نماید. وزارت بازرگانی موظف به رعایت استاندارد مذکور برای کلیه تجهیزات و ماشین‌آلات کشاورزی وارداتی است.

۲-۵-۵- فصل نهم: تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان انرژی

در ماده ۵۱، وزارتخانه‌های نیرو و نفت حسب مورد موظفند طرح‌های مرتبط با افزایش بازده انرژی موضوع این فصل از قانون را متناسب با میزان افزایش بازده از حمایت‌های مقرر در این قانون که به‌صورت عمومی اعلام می‌شود بهره‌مند سازند.

در ماده ۵۴، کلیه واحدهای نیروگاهی، پالایشگاهی و پتروشیمی در چهارچوب بودجه سالانه موظفند نسبت به استقرار واحدهای مدیریت انرژی و انجام ممیزی انرژی اقدام و کلیه اقدامات بدون هزینه، کم هزینه و پرهزینه را به ترتیب اولویت زمان بازگشت سرمایه اجراء کنند. واحدهای فوق‌الذکر موظفند هر سه سال یک‌بار به تجدید ممیزی انرژی اقدام نمایند. وزارتخانه‌های نیرو و نفت حسب مورد موظفند بر حسن اجرای این ماده نظارت کنند و نتایج حاصله را به هیأت وزیران و مجلس شورای اسلامی گزارش نمایند.

در ماده ۵۹، دولت مکلف است با استفاده از منابع حاصل از صادرات نفت کوره مازاد بر مصرف داخلی، تأمین مالی از طریق فاینانس، مشارکت بخش خصوصی و یا از محل منابع عمومی در چهارچوب بودجه‌های سنواتی نسبت به ارتقاء فناوری و تکمیل زنجیره پالایش نفت خام پالایشگاه‌ها به‌گونه‌ای اقدام کند که سالانه با کاهش تولید حداقل دو درصد (۲٪) نفت کوره، ظرف پانزده سال متوسط تولید نفت کوره پالایشگاه‌ها را به حداکثر ده درصد (۱۰٪) نفت خام تحویلی برساند و فرآورده‌های بنزین، نفت‌گاز، نفت سفید، گاز مایع، نفت کوره و سایر فرآورده‌ها برابر استاندارد جهانی تولید شود.

در ماده ۶۰ نیز دولت مکلف شده تا هر ساله نسبت به کاهش مصرف ویژه انرژی بخش‌های صنعت، کشاورزی، حمل و نقل عمومی، تجاری و خانگی اقدام نماید و به‌صورت سالانه اطلاع‌رسانی کند.

۲-۶- قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی [۶]

در ماده ۲۴ قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی، وزارت نفت مکلف است همه ساله مبالغ ریالی صرفه‌جویی سوخت ناشی از برقی کردن چاه‌های آب کشاورزی را به حسابی که در خزانه‌داری کل افتتاح می‌گردد، واریز نماید تا جهت برقی کردن چاه‌های کشاورزی اختصاص یابد و به مصرف برسد. وزارت نیرو و شرکت‌های توزیع برق استانی موظفند با درخواست جهاد کشاورزی شهرستان‌ها، برق چاه‌ها را تأمین نمایند.

۲-۷- برنامه راهبردی وزارت نیرو ۱۳۹۰ [۷]

۲-۷-۱- مأموریت بخش برق و انرژی

وزارت نیرو در بخش‌های برق و انرژی عهده دار سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان انرژی و ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای برق و حفظ کیفیت آن در راستای توسعه پایدار و امنیت عرضه انرژی کشور می‌باشد. وزارت نیرو در این بخش با سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، سازماندهی، هدایت، نظارت، تدوین ضوابط و مقررات و لوابیح مرتبط، بسترهای لازم را برای ایجاد هماهنگی بین نقش‌آفرینان، فعالیت بخش‌های خصوصی، تعاونی و عمومی را در تمامی عرصه‌ها فراهم نموده و با حمایت از بهینه‌سازی مصرف، رونق بخشی به فضای کسب و کار در عرصه ملی و فراملی بخش برق و انرژی، حقوق کلیه ذینفعان خود شامل آحاد جامعه، بخش‌های صنعت، کشاورزی، خدمات، دولت و نهادهای قانون‌گذار را رعایت می‌کند. وزارت نیرو در این بخش با ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، افزایش خوداتکایی و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند.

۲-۷-۲- چشم انداز بخش برق و انرژی

وزارت نیرو در بخش برق با استفاده از منابع متنوع و در دسترس انرژی، مدیریت تقاضا، تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصین توانمند و خلاق به گونه‌ای عمل می‌کند تا کشور در عرضه برق مطمئن و پایا و با کیفیت مناسب (در حد استانداردهای جهانی) سرآمد کشورهای منطقه گردد و با ایجاد بسترهای لازم، دسترسی آزاد به شبکه و رقابت منصفانه در بازار برق را میسر نموده و جمهوری اسلامی ایران به عنوان مرکز راهبری شبکه برق در منطقه تثبیت گردد.

۲-۷-۳- راهبردهای بخش برق و انرژی

موارد مطرح شده در زیر، از بخش راهبردهای برق و انرژی مرتبط با لزوم توسعه فناوری موتورهای الکتریکی می‌باشد:

۱- بهبود فضای کسب و کار، توسعه خصوصی سازی و گسترش مشارکت و ارتقاء توانمندی بخش‌های خصوصی و تعاونی در حوزه برق و انرژی؛

۱-۱- ارتقاء بهره‌وری در فرآیند خصوصی سازی

۱-۲- حمایت از توسعه صادرات کالا و خدمات فنی-مهندسی برق

۱-۳- استقرار ساز و کار اقتصادی- تجاری برای استفاده از قابلیت‌ها و فرصتهای و نظایر آن در صنعت برق

۲- بهبود فرآیند سیاست گذاری در بخش برق و انرژی:

۱-۲- تهیه و تدوین برنامه جامع انرژی کشور

۳- ارتقاء و توسعه نظام مدیریت تقاضا و اصلاح الگوی مصرف انرژی در بخشهای مختلف با رویکرد کاهش شدت انرژی در

کشور:

۳-۱- توسعه شرکتهای خدمات انرژی غیردولتی در جهت بهینه سازی مصرف

۳-۲- حمایت از توسعه حمل و نقل برقی

۳-۳- توسعه و ارتقاء سطح استانداردهای مصرف برق و تولید تجهیزات برقی

۳-۴- حمایت از مراکز پژوهشی و صنایع مرتبط به منظور توسعه فناوریهای جدید در راستای کاهش مصرف انرژی

۳-۵- اصلاح ساختار موجود جهت اعمال مدیریت تقاضا و کاهش شدت انرژی

۴- ارتقاء سطح تحقیق و توسعه و فناوری بخش برق و انرژی:

۴-۱- هدایت و حمایت از مراکز تحقیقاتی داخلی و شرکتهای تحقیقاتی و یا مشاورهای غیردولتی

۴-۲- شناسایی و بررسی فرصت‌ها و مزیت‌های بخش

۴-۳- شناسایی، انتقال و بومی سازی فناوریهای نوین و سازگار با محیط زیست

۴-۴- افزایش سطح تعامل بخش برق و انرژی با مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی و خارجی توانمند و نهادینه سازی آن

۴-۵- مطالعه و بررسی کاربرد رو شهای نوین انتقال و ذخیره سازی برق از جمله سیستم‌های انتقال برق فشار ، ابررسانا، سیستم‌های انتقال برق با ولتاژ خیلی بالا ، سیستم‌های انتقال برق متناوب انعطاف پذیر، سیستم‌های انتقال برق فشار قوی با جریان مستقیم

۶- توسعه ظرفیت‌های تولید، انتقال و توزیع برق متناسب با نیازهای مصرف مدیریت شده و نوسازی و بهینه‌سازی آنها
۷- افزایش بهره وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها:

۷-۱- توسعه کاربرد نیروگاه‌های با بازده بالاتر و اعمال هزینه های واقعی سوخت و هزینه های زیست محیطی در مناسبات مالی تولید و عرضه برق

۷-۲- استقرار ساز و کار اقتصاد- تجاری در بهینه سازی نیروگاه‌ها

۷-۳- استفاده از فناوری نوین و تجهیزات با بازده بالا

۸- ارتقاء توانمندی در تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر:

۸-۱- تمرکز بر تحقیق و پژوهش و بومی سازی فناوری در فعالیتهای مربوط به تولید برق از انرژی خورشیدی و بادی در کشور

۸-۲- تخصیص درصد معین و فزاینده از اعتبارات تحقیقاتی به بومی سازی فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های نو و تجدیدپذیر

۹- تقویت قدرت بازدارندگی و کاهش آسیب پذیری بخش با رویکرد استمرار ارائه خدمات:

۹-۱- طراحی و پیاده سازی نظام‌های پدافند غیرعامل و مدیریت بحران و خطرپذیری

۹-۲- تنوع بخشی به منابع اولیه انرژی و فناوریهای تولید برق

۲-۸- سیاست های اقتصاد مقاومتی [۸]

سیاست های اقتصاد مقاومتی با هدف تأمین رشد پویا و بهبود شاخص های مقاومت اقتصادی و دستیابی به اهداف سند چشم انداز بیست ساله، با رویکردی جهادی، انعطاف پذیر، فرصت ساز، مولد، درون زاء، پیشرو و برون گرا توسط مقام معظم رهبری ابلاغ شده است.

- پیشتازی اقتصاد دانش بنیان، پیاده سازی و اجرای نقشه جامع علمی کشور و ساماندهی نظام ملی نوآوری به منظور ارتقاء جایگاه جهانی کشور و افزایش سهم تولید و صادرات محصولات و خدمات دانش بنیان و دستیابی به رتبه اول اقتصاد دانش بنیان در منطقه
- استفاده از ظرفیت اجرای هدفمند سازی یارانه ها در جهت افزایش تولید، اشتغال و بهره وری، کاهش شدت انرژی و ارتقاء شاخص های عدالت اجتماعی
- مدیریت مصرف با تأکید بر اجرای سیاست های کلی اصلاح الگوی مصرف و ترویج مصرف کالاهای داخلی همراه با برنامه ریزی برای ارتقاء کیفیت و رقابت پذیری در تولید
- برنامه ریزی تولید ملی متناسب با نیازهای صادراتی، شکل دهی بازارهای جدید، و تنوع بخشی پیوند های اقتصادی با کشورها به ویژه با کشورهای منطقه.
- افزایش ارزش افزوده از طریق تکمیل زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز، توسعه تولید کالاهای دارای بازدهی بهینه (براساس شاخص شدت مصرف انرژی) و بالا بردن صادرات برق، محصولات پتروشیمی و فرآورده های نفتی با تأکید بر برداشت صیانتی از منابع.

۲-۹- نقشه جامع علمی کشور [۹]

نقشه جامع علمی کشور در چارچوب رهنمودهای رهبر کبیر انقلاب اسلامی (ره)، مقام معظم رهبری و قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران بوده و با پیشبینی سازوکارهای لازم بروز رسانی، توانایی تبیین ساحت علمی الگوی اسلامی - ایرانی پیشرفت را دارا می‌باشد.

بخش ۱-۱ سند: ارزش‌های بنیادین نقشه جامع علمی کشور؛ علم و فناوری کمال آفرین، توانمندساز، ثروت آفرین و هماهنگ با محیط زیست و سلامت معنوی، جسمی، روانی و اجتماعی آحاد جامعه؛

بخش ۲-۲ سند: اهداف کلان نظام علم و فناوری کشور؛ دستیابی به جایگاه اول علم و فناوری در جهان اسلام و احراز جایگاه برجسته علمی و الهام بخشی در جهان؛

بخش ۳-۲ سند: اولویتهای علم و فناوری کشور؛ اولویت‌ها به ترتیب در سه سطح الف، ب و ج تبیین شده اند. منظور از این نوع دسته‌بندی، تفاوت شکل و میزان تخصیص منابع اعم از مالی و انسانی و توجه ویژه مدیران و مسؤولان است، به این معنا که

حصول اطمینان از رشد و شکوفایی در برخی از اولویت‌ها نیازمند توجه، هدایت و پشتیبانی در سطوح کلان مدیریتی کشور است و در برخی دیگر رشد و توسعه با پشتیبانی مدیریت‌های میانی و تخصیص غیرمتمرکز منابع حاصل خواهد شد.

- اولویتهای الف شامل موارد زیر می‌باشد که مرتبط با توسعه موتورهای الکتریکی است:

در فناوری: فناوری هوافضا، فناوری اطلاعات و ارتباطات فناوری هسته‌ای، فناوری‌های نانو و میکرو، فناوری‌های نفت و

گاز و فناوری زیستی

در علوم پایه و کاربردی: ماده چگال، سلول‌های بنیادی و پزشکی مولکولی، گیاهان دارویی، بازیافت و تبدیل انرژی،

انرژی‌های نو و تجدیدپذیر رمزنگاری و کدگذاری؛

بخش ۴-۱ سند: راهبردهای کلان توسعه علم و فناوری در کشور

راهبرد کلان ۲؛ توجه به علم و تبدیل آن به یکی از گفتمان‌های اصلی جامعه و ایجاد فضای مساعد، شکوفای و مولد علم و

فناوری بر مبنای آموزه‌های اسلامی از طریق توسعه و تعمیق و بکارگیری مؤلفه‌های فرهنگی، اجتماعی و سیاسی.

۲-۱۰- قانون هدفمند نمودن یارانه‌ها [۱۰]

در اجراء اصل یکصد و بیست و سوم (۱۲۳) قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران قانون هدفمندکردن یارانه‌ها که با عنوان

لایحه به مجلس شورای اسلامی تقدیم شده و در جلسه علنی مورخ ۸۸/۱۰/۱۵ تصویب و به تأیید شورای محترم نگهبان رسیده

است.

در ماده ۱ تبصره بند ج قیمت تمام شده برق، مجموع هزینه‌های تبدیل انرژی، انتقال و توزیع و هزینه سوخت با بازده حداقل

سی و هشت درصد (۳۸٪) نیروگاه‌های کشور و رعایت استانداردها محاسبه می‌شود و هر ساله حداقل یک درصد (۱٪) به بازده

نیروگاه‌های کشور افزوده شود به طوری که تا پنج سال از زمان اجراء این قانون به بازده چهل و پنج درصد (۴۵٪) برسد و

همچنین تلفات شبکه‌ها یا انتقال و توزیع تا پایان برنامه پنجساله پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی

ایران به چهارده درصد (۱۴٪) کاهش یابد.

در ماده ۸، الف: بهینه‌سازی مصرف انرژی در واحدهای تولیدی، خدماتی و مسکونی و تشویق به صرفه‌جویی و رعایت الگوی

مصرف.

در ماده ۸، ب: اصلاح ساختار فناوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره‌وری انرژی، آب و توسعه تولید برق از منابع تجدید پذیر

۱۱-۲- سند نقشه راه بهره‌وری انرژی الکتریکی [۱۱]

سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا) در اردیبهشت ماه ۱۳۸۹ نسبت به تهیه و تدوین سند نقشه راه بهره‌وری انرژی الکتریکی بر اساس قوانین بالا دستی اقدام نموده است. در این سند چگونگی نیل به اهداف کمی تعیین شده در بخش بهینه سازی مصرف انرژی تبیین شده است. این سند در دو بخش بهره‌وری در بخش تأمین و مصرف انرژی تدوین شده است که سیاستهای آن به شرح زیر است:

- حمایت از کولرهای گازی برقی خورشیدی

- حمایت از فعالیت شرکت‌های خدمات انرژی ESCO

- اصلاح شبکه‌های توزیع به منظور کاهش تلفات شبکه

۱۲-۲- برنامه راهبردی وزارت صنعت، معدن، تجارت [۱۲]

برنامه راهبردی وزارت صنعت، معدن و تجارت سال ۱۳۹۲ تهیه شده و در آن همه فعالیت‌های اقتصادی بر اساس استاندارد بین المللی طبقه‌بندی فعالیت‌ها (آیسیک، ویرایش ۴) ارایه و رشته کلیه فعالیت‌های در حوزه مأموریت وزارت صنعت، معدن و تجارت مشخص شده است. برای طراحی برنامه راهبردی، این بخش به ۶۲ زنجیره تأمین و ۱۴ موضوع عمومی تفکیک شده است. طبق جدول (۲-۲)، ساخت محصولات الکتریکی مطابق نیاز کشور و در صورت امکان صادرات آن به خارج از کشور، به عنوان بخشی از راهبرد کلان وزارت صنعت، معدن و تجارت مطرح شده است. از منظر فوق توسعه موتورهای الکتریکی به عنوان یکی از پر مصرف‌ترین محصولات الکتریکی و دستیابی به فناوری‌های جدید ساخت و طراحی آنها باید مورد توجه قرار گیرد.

۱۳-۲- برنامه راهبردی لوازم خانگی و اداری الکتریکی و الکترونیکی [۱۳]

یکی از بخش‌های مهم که در برنامه راهبردی وزارت صنعت، معدن و تجارت به آن پرداخته شده است، برنامه راهبردی مربوط به بخش لوازم خانگی و اداری است. در این خصوص میزان مصرف انرژی مدل‌های تولیدی کشور در سه محصول یخچال،

ماشین لباسشویی و کولر طبق آخرین گزارش سازمان ملی استاندارد ایران پیرامون وضعیت گرید انرژی محصولات انرژی بر ارزیابی شده است. بر اساس این گزارش، اولویت مصرف خانوار در جدول (۲-۳) معرفی شده اند.

جدول ۲-۲: حوزه مدیریت وزارت صنعت، معدن و تجارت با طبقه بندی آیسیک، ویرایش ۴

حوزه مأموریت وزارت صنعت، معدن و تجارت	سطح دوم	سطح اول	پیش شماره	گروه
✘	کشاورزی، جنگلداری و شیلات		۳ تا ۱	A
✔	معدن کاری زغال سنگ ولینیت	معدن کاری و استخراج سنگ	۵	B
✘	استخراج نفت خام و گاز طبیعی		۶	
✔	معدن کاری کانه‌های فلزی		۷	
✔	سایر فعالیت‌های معدن کاری و استخراج سنگ		۸	
✔	فعالیت‌های خدمات پشتیبانی معدن کاری		۹	
✔	تولید فراورده‌های غذایی	ساخت	۱۰	C
✔	تولید فراورده‌های آشامیدنی		۱۱	
✔	ساخت محصولات از توتون و تنباکو		۱۲	
✔	ساخت منسوجات		۱۳	
✔	ساخت پوشاک		۱۴	
✔	ساخت چرم و محصولات مرتبط		۱۵	
✔	ساخت چوب و محصولات چوبی و چوب‌پنهای، غیر از مبلمان		۱۶	
✔	ساخت کاغذ و محصولات کاغذی		۱۷	
✔	تکثیر رسانه‌های ضبط شده		۱۸	
✔	ساخت کک و فراورده‌های حاصل از تصفیه نفت		۱۹	
✔	ساخت مواد شیمیایی و محصولات شیمیایی		۲۰	
✔	ساخت محصولات دارویی پایه‌ای و آماده سازی‌های دارویی		۲۱	
✔	ساخت محصولات لاستیکی و پلاستیکی		۲۲	
✔	ساخت سایر محصولات کانی غیر فلزی		۲۳	
✔	ساخت فلزات اساسی		۲۴	
✔	تولید محصولات فلزی فابریکی به جز ماشین‌آلات و تجهیزات		۲۵	
✔	ساخت محصولات رایانه‌ای، الکترونیکی و نوری		۲۶	
✔	ساخت محصولات الکتریکی		۲۷	
✔	ساخت ماشین‌آلات و تجهیزات		۲۸	
✔	ساخت وسایل نقلیه موتوری، تریلر و نیم تریلر		۲۹	
✔	ساخت سایر تجهیزات حمل و نقل		۳۰	
✔	ساخت مبلمان		۳۱	
✔	سایر ساخت‌ها		۳۲	
✔	تعمیر و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات		۳۳	

جدول ۲-۳: اولویت مصرف خانوار

ردیف	محصول	واحد	۱۳۸۹	۱۳۹۴	۱۴۰۴
۱	کولر گازی	سهام از مصرف خانوار به عنوان وسیله سرمایشی (جایگزینی از رواج مصرف کولرگازی و جایگزینی کولر آبی)	۳۵٪	۳۰٪	۳۰٪
۲	لوازم خانگی (الکتریکی)	سهام برندهای داخلی از مصرف خانوار	۵۵٪	۶۵٪	۷۰٪

با توجه به آن که عمده کولرهای گازی مورد استفاده در کشور وارداتی بوده و همچنین استفاده از این محصول انرژی بسیار بیشتری نسبت به کولرهای آبی دارد و از طرفی شرایط آب و هوایی بیشتر مناطق کشور مناسب استفاده از کولر آبی است می‌بایست جلوی گرایش روزافزون به استفاده از این محصول گرفته شده و بجای آن استفاده از کولرهای آبی رواج داده شود. لازم به ذکر است به دلیل بومی بودن فناوری کولر آبی، این محصول وابستگی ناچیز به واردات دارد. لذا توسعه فناوری های مربوط به طراحی و ساخت این گونه از موتورها می‌تواند نقش مهمی در اصلاح مصرف دارا باشد.

لذا با توجه به موارد گفته شده یکی از مهمترین راهبردهای میانی برای دستیابی به اهداف زنجیره تامین لوازم خانگی و اداری الکتریکی و الکترونیکی، اصلاح مصرف، ایجاد و تکمیل ظرفیت‌های تولید و گسترش پژوهش است. با توسعه فناوری ساخت موتورهای الکتریکی و افزایش بازده آنها می‌توان وضعیت مصرف انرژی را در حوزه لوازم خانگی بهبود بخشید.

در این سند دو راهبرد تاثیر گذار بر روی اصلاح مصارف معرفی شده است :

الف) راهبرد میانی ؛

- گسترش پژوهش : اولویت‌های پژوهش در جدول (۲-۴) ارایه شده است. که موارد ۱ و ۲ در ارتباط با توسعه فناوری‌های مربوط به موتورهای الکتریکی است.

- تقویت برندها

ب- راهبرد نهایی؛

- تنظیم اطلاعات : اطلاع رسانی درباره ویژگی های محصولات جایگزین و مشخصه های کیفی آنها

جدول ۲-۴: اولویت پژوهش در زنجیره تامین لوازم خانگی و اداری و الکترونیکی

ردیف	موضوع	توضیح
۱	ارتقای فناوری کولرهای آبی	رفع کاستی‌های این محصول به منظور جلب بازارهای جدید از قبیل کاهش مصرف آب و انرژی، رفع مشکلات بهداشتی و ... (به منظور دستیابی بدین امر در بخش راهبردهای نهایی، راهکارهایی در حوزه تأمین منابع و تنظیم شرایط ارائه شده است.)
۲	بهینه‌سازی مصرف انرژی الکترونیکی در لوازم خانگی پر مصرف	لوازم خانگی به دلیل گستردگی مصرف، سهم قابل توجهی از مصرف برق بخش خانگی را به خود اختصاص می‌دهد. به گونه‌ای که مصرف سرانه برق و بهره‌مندی خانوار از لوازم خانگی به عنوان شاخص‌هایی برای تعیین سطح رفاه عمومی در کشورهای مختلف مطرح گردیده است. در میان لوازم خانگی یخچال و فریزرهای خانگی، کولرهای آبی و گازی و ماشینهای لباسشویی از جمله پرمصرفترین لوازم به شمار می‌روند.
۳	فناوری‌های آینده در ساخت پنل‌های تلویزیونی	انجام پژوهش در جهت دستیابی به فناوری‌های آینده این صنعت (فناوری‌هایی از قبیل FED, DLP, LCoS, QLED, OLED و ...) می‌تواند راهی برای جبران فاصله فناوری کشور با فناوری روزجهان بوده و حضور فعال کشور در عرصه رقابتی آینده این صنعت را موجب شود.

۲-۱۴- برنامه راهبردی انرژی [۱۴]

در این سند متوسط مصرف انرژی کشور با دنیا مقایسه می‌شود و با توجه به اختلاف آنها، راهبردهایی برای کاهش مصرف انرژی و نزدیک کردن آن به مقادیر جهانی در قالب راهبردهای میانی و نهایی ارائه شده است. راهبردهای میانی رویکرد حل مساله و دستیابی به اهداف را مشخص می‌کند و بیشتر بر عهده بنگاههای اقتصادی و خانوارهاست. حاکمیت با استفاده از راهبردهای نهایی، آگاهی، انگیزه و توانایی عوامل را به گونه‌ای تنظیم می‌کند تا رفتارهای عوامل در راستای اجرای راهبردهای میانی قرار گرفته و به صورتی غیر متمرکز اما یکپارچه فعالیت‌های لازم برای دستیابی به اهداف انجام گیرد. مهمترین راهبردهای میانی برای دستیابی به اهداف این زنجیره تامین عبارتند از:

- اصلاح مصارف

- ایجاد و تکمیل ظرفیت‌های تولید

همچنین در این سند انجام اقداماتی در خصوص اصلاح مصرف و بهینه سازی مصرف انرژی توصیه شده است:

۱- تهیه و ارتقای استانداردهای مصرف انرژی و نظارت دقیق بر اجرای آن

۲- تدوین الگوی مصرف فعلی و مطلوب

۳- ارتقای فرهنگ مصرف

۴- اطلاع رسانی به مصرف کنندگان

که مباحث فوق به طور غیر مستقیم مرتبط با طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی پر پازده و کم مصرف است.

۲-۱۵- برنامه راهبردی فولاد [۱۵]

در این سند به طور مستقیم اشاره‌ای به لزوم توسعه موتورهای الکتریکی نشده است، اما به لزوم توسعه و احداث نیروگاه‌های برق تا ۸۲۵۰ مگاوات توسط واحدهای تولیدی فولاد و یا بخش خصوصی اشاره می‌کند. همچنین ائتلاف انرژی به عنوان یکی از مهمترین چالش‌های این صنعت معرفی شده است؛ به طوری که یکی از راهبردهای صنعت فولاد اصلاح الگوی مصرف و افزایش بازدهی انرژی تجهیزات الکتریکی است.

۲-۱۶- راهبرد صنایع حمل و نقل ریلی [۱۶]

مهمترین راهبردهای میانی برای دستیابی به اهداف زنجیره تامین ریلی عبارتند از:

- اصلاح مصارف

- ایجاد و تکمیل کارگاه‌ها

- گسترش پژوهش

- گسترش همکاری بین بنگاه‌ها

در جدول (۲-۵) نیز اولویت ایجاد و تکمیل کارگاه‌ها در زنجیره تامین مالی تجهیزات ریلی آورده شده است. یکی از مهمترین این اولویت‌ها مربوط به سرمایه گذاری در تولید تجهیزات الکتریکی واگن و لوکوموتیو شامل الکتروموتورها و ژنراتورها است. که به طور مستقیم مرتبط با توسعه فناوری‌های موتورهای الکتریکی است.

جدول ۲-۵: اولویت ایجاد و تکمیل کارگاه‌ها در زنجیره تامین تجهیزات ریلی

ردیف	موضوع سرمایه‌گذاری	اولویت الف ب	شرایط احراز اولویت		
			حد اقل ظرفیت	شهرستان محل استقرار	سایر شرایط
۱	تولید لکوموتیو	*			ظرفیت مورد نیاز کشور (تولید در سال ۱۴۰۴)
۲	تولید واگن	*			۴۰۰ دستگاه
۳	تولید ریل و اتصالات	*			۳۰۰۰۰۰ تن (سالیانه) ۲۰۰۰ کیلومتر ریل مورد نیاز می‌باشد
۴	تجهیزات الکتریکی واگن و لکوموتیو (الکتروموتور، ژنراتور، و ...)	*			
	ترمز و ...	*			
	تجهیزات خط برقی	*			
	پاور الکترونیک (اینورتر و ...)	*			
۵	تجهیزات الکترونیکی خطوط (علائم و ارتباطات) و ناوگان	*	قابلیت تجهیز ۱۰۰۰ کیلومتر خط و ناوگان ما به ازاء آن	توسعه واحدهای موجود	توسعه روز افزون زیرساخت ریلی برقی و ناوگان برقی ریلی
۶	ناوگان پشتیبانی و امداد	*	مجاورت یکی از بنادر خشک در مرکز جغرافیایی کشور		۵۰ دستگاه

۲-۱۷- بیانیه طرح توسعه صنعت قطعه سازی کشور [۱۷]

در این بیانیه به نقش صنایع استراتژیکی همچون نفت و گاز، صنایع هوایی، ریلی، خودرو و دریایی، صنعت نیرو (لزوم سرمایه گذاری ۵۰ میلیاردی در این صنعت طی هشت سال آتی) و صنایع لوازم خانگی اشاره شده و توسعه صنایع مذکور را مستلزم عواملی دانسته که زنجیره تامین قطعات و تجهیزات، از جمله مهمترین آنهاست؛ چرا که قطعات و تجهیزات دست کم ۵۰ درصد از ارزش افزوده این صنایع را در سطح سازندگان اصلی قطعات (OEM)^۱ تشکیل می‌دهند.

هدف اصلی این طرح، توانمندسازی و توسعه مناسب و متناسب زنجیره تامین رشته صنعت های ذیل "صنعت قطعه سازی" کشور (نظیر نفت، گاز، خودرو، ریلی، هوایی، دریایی، نیرو و لوازم خانگی) است. با توجه به اینکه موتورهای الکتریکی در طیف

^۱Original Equipment Manufacturer

وسیع‌تری از صنایع فوق‌الذکر به کار می‌روند، طراحی و ساخت آنها به صورت مستقیم مرتبط با این سند است. از آثار اجرای این طرح می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- اشتغال‌زایی
- صرفه‌جویی ارزی با بی‌نیاز شدن از واردات تجهیزات
- افزایش بهره‌وری صنعت قطعه‌سازی و صنایع پایین‌دستی آن
- تحقق اهداف سند چشم‌انداز

۲-۱۸- جمع‌بندی

در جستجو و مطالعه اسناد بالادستی کشور و برنامه راهبردی صنایع مختلف که مرتبط با حوزه انرژی الکتریکی هستند، آن‌گونه که انتظار می‌رفت به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر توسعه فناوری‌های الکتریکی تأکید دارند، به صورتی که می‌توان آنها را در چهار حوزه زیر طبقه‌بندی کرد:

- ۱- افزایش بازده و اصلاح مصرف
- ۲- اشتغال‌زایی
- ۳- عدم وابستگی به واردات
- ۴- تحقق اهداف سند چشم‌انداز

۳- ساختار بازیگران و کنشگران فعال در

فناوری موتورهای الکتریکی

در این فصل به شناسایی بازیگران صنعت موتورهای الکتریکی پرداخته می‌شود و بر اساس نقشی که در سطح کلان یا خرد ایفا می‌کنند به دو بخش محیط بیرونی و درونی تقسیم شده و در انتها نداشت نهادی ترسیم شده ارائه می‌گردد.

در این بخش به معرفی نهادهای فعال در حوزه فناوری‌های موتورهای الکتریکی، شرح مأموریت آن‌ها، ساختار و نحوه سازماندهی آن‌ها پرداخته، سپس نداشت نهادی مجموعه این نهادها و روابط آن‌ها با یکدیگر با استفاده از روش جستجوی اینترنتی و انجام مکاتباتی با شرکت‌های فعال ارائه می‌گردد. در انتها نیز با توجه به نظرات کمیته راهبری این بخش تکمیل گردید و در انتها، ساختار و برهم کنش بازیگران مختلف در نداشت نهادی نشان داده شده است.

۳-۱- مجلس

مجلس در نظام جمهوری اسلامی ایران از اهمیت ویژه و والایی برخوردار بوده و محور بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها، قانونگذاری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها است و چراغ هدایت دولت و ملت را به دست دارد. مجلس پایگاه اساسی نظام و مردم و مایه حضور و مشارکت واقعی مردم در تصمیم‌گیری‌ها و مظهر اراده ملی است. با توجه به نقش مؤثر و مهم مجلس در نظام کشور، وظایف عمده مجلس در دو بخش خلاصه می‌گردد:

- قانونگذاری
- نظارت

در جهان امروز، طرح پرسش‌های نو و مسائل پیچیده و چندوجهی در حوزه‌های مختلف، نهادهای قانونگذاری را ناگزیر از تأسیس مراکز علمی و پژوهشی ساخته تا با اتکا به تخصص‌ها و مطالعات فراهم آمده در آن مراکز و بهره‌گیری از آن‌ها، به شناخت کارشناسانه مسائل و پاسخگویی به نیازهای نو در تدوین قوانین توفیق یابند.

۳-۲- مجمع تشخیص مصلحت نظام

در سال ۱۳۶۸ و در جریان بازنگری قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، این مجمع رسماً به صورت یکی از نهادهای رسمی کشور درآمد و وظیفه اصلی آن حل اختلاف بین مجلس شورای اسلامی و شورای نگهبان است.

وظایف مجمع تشخیص مصلحت نظام:

- مجمع تشخیص مصلحت نظام، مسئولیت تصمیم‌گیری در سیاست‌های کلان داخلی و خارجی ایران و حل اختلاف میان قوای سه‌گانه را برعهده دارد و همچنین ناظر بر فعالیت‌های آنان است.

- این مجمع، وظیفه تدوین برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله (از ۱۳۸۴ تا ۱۴۰۴) و نظارت بر اجرای آن را بر عهده دارد.
 - همچنین از سال ۱۳۸۵ رهبر جمهوری اسلامی، اختیار نظارت بر عملکرد قوای سه گانه را که از اختیارات رهبر است، به این مجمع واگذار کرد.
- مجمع تشخیص مصلحت نظام بالاترین رکن سیاستگذاری کلان در کشور می‌باشد زیرا تدوین سیاست‌های کلی نظام در حوزه های علم و فناوری و پژوهش در قالب سند چشم‌انداز ۲۰ ساله از وظایف این نهاد می‌باشد.

۳-۳- شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)

بر اساس ماده ۹۹ قانون برنامه سوم توسعه فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی کشور، وزارت فرهنگ و آموزش عالی به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تغییر نام داده و مأموریت‌های جدی و جدیدی در حوزه پژوهش و فناوری به وزارت محول شده است. بر همین اساس قانون اهداف، وظایف و تشکیلات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در شهریورماه ۱۳۸۳ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده است. بر اساس مواد ۳ و ۴ این قانون، تشکیل شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری با هدف ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در سیاستگذاری کلان اجرایی در حوزه علوم، تحقیقات و فناوری پیش‌بینی شده است.

شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری در جهت ارتقای کیفیت سیاستگذاری در زمینه‌های مختلف علوم، تحقیقات و فناوری و راهبری توسعه فناوری‌های دارای اولویت ملی، اقدام به تشکیل کمیسیون‌های دوازده‌گانه نموده است. از مهمترین وظایف این کمیسیون‌ها می‌توان به اولویت‌بندی و پیشنهاد اجرای طرح‌های اجرائی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های آموزشی، پژوهشی و فناوری و همچنین بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری اشاره کرد. [۱۸]

وظایف شورای عالی علوم تحقیقات و فناوری به شرح زیر می‌باشد:

- اولویت‌بندی و انتخاب طرح‌های اجرائی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های آموزشی و پژوهشی و فناوری
- بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری
- مجلس شورای اسلامی در بند ۲۶ قانون بودجه سال ۱۳۸۸، کلیه دستگاه‌های اجرایی را مکلف به گزارش‌دهی از عملکرد بودجه‌های پژوهشی خود نموده و وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نیز موظف است گزارشات مزبور را جمع‌بندی و به شکل جامعی به مجلس ارائه نماید.

در واقع با توجه به بند اول وظایف این شورا، می‌توان این شورا را جزء سیاستگذاران پژوهشی کشور قلمداد نمود.

۳-۴- معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری در ۱۵ بهمن سال ۱۳۸۵ به دستور ریاست جمهور وقت و با استناد به اصل ۱۲۴ قانون اساسی تشکیل گردید. معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری زیر نظر رئیس جمهور قرار دارد و به منظور هماهنگی و هم-افزایی امور علمی و فناوری در کل کشور تشکیل شده است که از وزارتخانه‌ها و سایر دستگاه‌های اجرایی کشور مجزا می‌باشد و از ۵ معاونت تشکیل شده که عبارتند از: معاونت سیاستگذاری و ارزیابی راهبردی، معاونت توسعه فناوری، معاونت نوآوری و تجاری‌سازی، معاونت امور بین‌الملل و تبادل فناوری و معاونت توسعه مدیریت و منابع. دفتر سیاستگذاری معاونت سیاستگذاری و ارزیابی راهبردی نقش سیاستگذار را بر عهده دارد.

اهداف معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری عبارتند از:

- ارتقای اقتدار ملی، تولید ثروت و افزایش کیفیت زندگی مردم از طریق افزایش توانمندی‌های فناوری و نوآوری در کشور
- ارتقای «نظام ملی نوآوری» و تکمیل مؤلفه‌ها و حلقه‌های آن
- توسعه «اقتصاد دانش‌بنیان» از طریق هماهنگی و هم‌افزایی بین‌بخشی و بین دستگاهی
- ارتقای ارتباط «دانش» با «صنعت» و «جامعه» و تسهیل تبادلات بین بخش‌های عرضه و تقاضای فناوری و نوآوری
- تجاری‌سازی دستاوردهای فناوری و نوآوری و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان
- توسعه فناوری‌های راهبردی و اولویت‌دار ملی مطرح در نقشه جامع علمی کشور
- اعتلای ارتباطات بین‌المللی علمی، فناوری و نوآوری و توسعه دیپلماسی علمی و فناوری

وظایف اساسی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری عبارتند از:

- سیاستگذاری و برنامه‌ریزی تأمین منابع مالی در نظام علم، فناوری و نوآوری کشور
- هدفمندسازی، هدایت و توسعه پژوهش‌های کاربردی، تقاضا محور و مأموریت‌گرا و کمک به تجاری‌سازی نتایج آنها
- توسعه دیپلماسی علم و فناوری و ارتباطات بین‌المللی و توسعه سرمایه‌گذاری خارجی در طرح‌های دانش بنیان، هدایت سرمایه‌های انسانی و مالی ایرانیان خارج از کشور و توسعه شبکه‌های بین‌المللی علم و فناوری به ویژه در جهان اسلام با هماهنگی و همکاری دستگاه‌های ذیربط
- توسعه سازوکارهای سرمایه‌گذاری خطر پذیر و تأمین مالی لازم در اقتصاد دانش بنیان

- تحریک تقاضا، بازارسازی و تضمین بازار برای تولیدات داخلی و بازاریابی و صادرات کالاها و خدمات دانش‌بنیان
- رصد فرصت‌های بین‌المللی بمنظور توسعه فناوری به ویژه شناسایی و کسب فناوری‌های نوظهور با هماهنگی و همکاری دستگاه‌های ذیربط
- انجام اقدامات لازم جهت توسعه اولویت‌های علم و فناوری نقشه جامع علمی کشور

۳-۵- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

به منظور پیشبرد اهداف و انجام وظایف معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهوری کارگروه‌های تخصصی به شرح زیر وجود دارد:

- کارگروه برنامه‌ریزی تحول اداری
- کارگروه زیربنایی و عمران
- کارگروه آب کشاورزی و منابع طبیعی
- کارگروه صنعت و معدن
- کارگروه بهینه‌سازی مصرف سوخت
- کارگروه شهرسازی و معماری
- کارگروه آمایش و محیط‌زیست
- کارگروه گردشگری و میراث فرهنگی
- کارگروه اشتغال و سرمایه‌گذاری
- کارگروه توسعه صادرات
- کارگروه پژوهش، آمار و فناوری اطلاعات
- کارگروه آموزش و پرورش
- کارگروه اجتماعی
- کارگروه بهداشت، درمان و تأمین اجتماعی
- کارگروه فرهنگ، هنر و تربیت بدنی

که در آن وظایف کارگروه‌های مربوطه به شرح زیر می باشد.

- حمایت از تولیدکنندگان بخش صنعت از طریق توسعه مشارکت مردمی، فراهم آوردن امکانات زیربنایی، تسهیلات اعتباری و واگذاری با هدف اصلاح ساختار صنعتی
- جهت‌گیری سرمایه‌گذاری‌های جدید در بخش صنعت با توجه به پتانسیل‌ها و قابلیت‌ها
- تدوین اولویت‌های پژوهشی در امور آمایش و محیط‌زیست و بهداشت و درمان و پیشنهاد آن به کارگروه مربوطه [۱۹].

۳-۶- دفتر همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری

معاونت پژوهش و برنامه‌ریزی دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری در سال ۱۳۷۷ جهت پاسخگویی به نیازهای دفتر در شش بخش پژوهش، برنامه‌ریزی و نظارت، حقوقی و قراردادها، ارزیابی تکنولوژی، اطلاع‌رسانی داخلی و آموزش کارکنان ایجاد گردید.

وظایف و برنامه‌های این معاونت در بخش‌های مختلف به شرح زیر می‌باشد:

• پژوهش

مطالعه در زمینه سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه کشورهای موفق، مطالعه و پژوهش در زمینه عوامل مؤثر در توسعه و پیشرفت کشور، کمک به فرهنگ‌سازی در عرصه تکنولوژی، مطالعه و پژوهش در مبانی تکنولوژی، تدوین مفاهیم و روش‌های مناسب انتقال تکنولوژی، مطالعه وضع موجود تکنولوژی‌های کشور، پیش‌بینی روند توسعه تکنولوژی‌های داخل کشور و سایر کشورها، بالاخص در زمینه تکنولوژی‌های مورد نیاز کشور، کمک به تشکیل و راه‌اندازی کانون‌های تحلیلی‌گری و ایجاد ارتباط با مجموعه‌های فکری موجود در داخل و خارج از کشور، ایجاد ارتباط بین محققین و تحلیلگران در عرصه تکنولوژی

• ارزیابی تکنولوژی

بکارگیری ابزارهای مدیریت تکنولوژی و روش‌های مهندسی صنایع جهت بررسی و ارزیابی طرح‌های تکنولوژیکی و تکنولوژی‌های منتخب از نظر میزان تناسب با نیازهای مشخص شده، ارزیابی میزان موفقیت در جذب تکنولوژی‌ها و رسیدن به اهداف تکنولوژیکی و مطالعه امکان‌سنجی فنی - اقتصادی پروژه‌ها.

وظایف و فعالیت‌های دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری

• تسهیل و کمک به انجام پروژه‌های مشترک با سورس‌های خارجی

• ارتباط با ایرانیان مقیم خارج از کشور و تبادل اطلاعات در زمینه فناوری‌های نوین [۲۰].

۳-۷- وزارت علوم تحقیقات و فناوری

حدود اختیارات و مأموریت‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به صورت ذیل می‌باشد:

۱- در زمینه انسجام امور اجرایی و سیاستگذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فناوری

- شناسایی مزیت‌های نسبی، قابلیت‌ها، استعدادها و نیازهای پژوهش و فناوری کشور بر مبنای آینده‌نگری و آینده‌پژوهی و معرفی آن به واحدهای تولیدی، تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و تحقیقاتی جهت بهره‌برداری
- بررسی اولویت‌های راهبردی تحقیقات و فناوری با همکاری یا پیشنهاد دستگاه‌های اجرایی ذی ربط و پیشنهاد به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری
- حمایت از توسعه تحقیقات بنیادی و پژوهش‌های مرتبط با فناوری‌های نوین بر اساس اولویت‌ها
- برنامه‌ریزی برای تدارک منابع مالی و توسعه فناوری کشور و مشارکت در ایجاد، توسعه و تقویت فناوری ملی و حمایت از توسعه فناوری‌های بومی
- اتخاذ تدابیر لازم به منظور افزایش کارایی و اثر بخشی تحقیقات کشور و توسعه تحقیقات کاربردی با همکاری دستگاه‌های ذی ربط.
- اتخاذ تدابیر و تهیه پیشنهادهای لازم درخصوص انتقال فناوری و دانش فنی و برنامه‌ریزی به منظور بومی کردن فناوری‌های انتقال یافته به داخل کشور و ارایه آن‌ها به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری
- ایجاد زمینه‌های مناسب برای عرضه فناوری در داخل و خارج کشور و حمایت از صدور فناوری‌های تولید شده در کشور و کمک به ایجاد انجمن‌ها و شرکت‌های غیر دولتی علمی، تحقیقاتی و فناوری
- اتخاذ راهکارهای مناسب برای کمک به توسعه پژوهش و فناوری در بخش‌های غیر دولتی

۲- در زمینه اداره امور دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی تحت پوشش وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

- تعیین راهکارهای لازم و برنامه‌ریزی و حمایت از ایجاد و گسترش دانشگاه‌ها، موسسات آموزش عالی، مراکز تحقیقاتی و فناوری و دیگر مراکز فعالیت‌های علمی - پژوهشی همانند شهرک‌های تحقیقاتی، آزمایشگاه‌های ملی، موزه‌های علوم و فنون با استفاده از منابع دولتی و غیردولتی و مشارکت‌های مردمی متناسب با نیازها و ضرورت‌های کشور
- برنامه‌ریزی اجرایی، آموزشی و تحقیقاتی متناسب با نیازها و تحولات علمی و فنی در جهان
- نظارت بر فعالیت‌های دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی و تحقیقاتی کشور

در مجموع این وزارتخانه هم نقش نظارت بر دانشگاه‌های کشور را بر عهده دارد که وظیفه معاونت آموزشی این وزارتخانه می‌باشد و هم نقش سیاست‌گذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فناوری را بر عهده دارد که وظیفه مرکز برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری پژوهشی در معاونت پژوهش و فناوری این وزارتخانه است. [۲۱]

۳-۸- وزارت صنعت، معدن و تجارت

اهداف کلی وزارت صنایع به شرح زیر می‌باشد:

- تدوین استراتژی توسعه صنعتی و معدنی.
 - تعیین سیاست‌ها، برنامه و ضوابط کلی بخش صنعت و معدن کشور.
 - نظارت بر فعالیتهای صنعتی و معدنی و هدایت و حمایت از آنها.
 - برنامه‌ریزی برای افزایش بازدهی و بهره‌وری بخش صنعت و معدن کشور.
 - تدوین و تعیین سیاست‌های توسعه صادرات محصولات صنعتی و فراورده‌های معدنی و خدمات فنی مهندسی در چارچوب سیاست‌های صادراتی کشور.
 - حمایت از اقدامات مربوط به رشد بهره‌وری مدیریت و نیروی انسانی و توسعه کارآفرینی بخش صنعت و معدن کشور.
 - صدور مجوز تأسیس و بهره‌برداری واحدهای تولیدی صنعتی و معدنی با رعایت مقررات زیست‌محیطی.
- هیأت وزیران در اجرای ماده ۲ قانون تمرکز امور صنعت و معدن و تشکیل وزارت صنایع و معادن و به منظور تحقق مأموریت‌ها و اختیارات موضوع ماده یک قانون مذکور بنا به پیشنهاد مشترک سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و وزارت صنایع و معادن شرح وظایف تفصیلی آن وزارت را به شرح زیر تصویب نمود:

- تدوین استراتژی‌ها (راهبردها) سیاست‌ها، خط‌مشی‌ها و برنامه‌های توسعه صنعتی و معدنی کشور در چارچوب سیاست-

های اقتصادی کشور.

- تهیه و تدوین و اجرای برنامه‌های خاص و استراتژیک صنعتی و معدنی در بخش دولتی.

- ارائه راهبرد سیاست‌ها، تدوین مقررات استانداردها و شاخص‌های بهره‌برداری از معادن و صنایع کشور.

• نظارت بر روند فعالیت‌های صنعتی و معدنی در جهت تحقق سیاست‌ها هدف‌ها و اجرای برنامه‌های توسعه اقتصادی اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران.

• تنظیم و تدوین ضوابط و مقررات لازم به منظور تشویق و حمایت سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی بخش صنعت و معدن .

• انجام بررسی‌های علمی و فنی و تهیه و تدوین شاخص‌ها و استانداردهای لازم به منظور گسترش و نوسازی و افزایش بهره‌وری واحدهای صنعتی و معدنی و شناخت و انتقال فناوری نو و استفاده از آن در واحدهای مذکور.

• انجام مطالعه و تنظیم ساز و کارهای لازم برای تأثیرگذاری بر رشد فناوری در واحدهای موجود و همچنین اشاعه فناوری‌های نو در واحدهای صنعتی و معدنی.

• زمینه‌سازی و سیاستگذاری مناسب برای اداره علمی و تخصصی واحدهای صنعتی و معدنی.

• مطالعه و بررسی برای دستیابی به صنایع نوین و پیشرفته و انجام اقدامات لازم به منظور ایجاد و توسعه واحدهای صنعتی و معدنی.

با توجه به کاربردهای وسیع موتورهای الکتریکی در صنایع مختلف کشور و نیز با توجه به وظیفه وزارت صنایع در شناخت و انتقال فناوری‌های نوین، این وزارتخانه پتانسیل لازم جهت سیاستگذاری در این حوزه را داراست.

۳-۹- وزارت راه و شهرسازی

وزارت راه به عنوان یکی از وزارتخانه‌های زیربنایی کشور وظیفه تامین راه‌های کشور اعم از زمینی (راه و راه‌آهن) و راه‌های دریائی و هوائی را دارد. یکی دیگر از وظایف مهم آن توسعه، تجهیز، گسترش و نگاهداری تاسیسات زیربنائی کشور با توجه به مقتضیات توسعه اجتماعی، اقتصادی، عمرانی است.

از دیگر وظایف اساسی این وزارتخانه شامل موارد زیر است :

• مطالعه، تهیه و تنظیم برنامه‌های جامع و هماهنگ به‌منظور تعیین خط‌مشی‌های اجرائی در زمینه ترابری کشور و اجرای آنها

• احداث، توسعه، بهره‌برداری و نگاهداری راه‌ها، راه‌آهن، بنادر و فرودگاه‌ها

- تهیه و تنظیم ضوابط و معیارهای لازم برای احداث و نگاهداری تاسیسات زیربنائی با توجه به مقتضیات و پیشرفت‌های وسائل ترابری و نظارت بر اجرای آنها
 - بررسی روش‌های ساختمان، نگاهداری و بهره‌برداری راه‌ها، راه‌آهن، بنادر و فرودگاه‌ها
 - طبقه‌بندی کلیه تاسیسات زیربنائی و تعیین مشخصات فنی و مهندسی آنها و همچنین تعیین تشکیلات و دستگاه‌هایی که باید از هر یک از آنها نگاهداری نمایند
 - تعیین مشخصات مجاز وسائل ترابری در بهره‌برداری از تاسیسات زیربنائی ترابری و جلوگیری از بهره‌برداری وسائل ترابری خارج از مشخصات مذکور در استفاده از تاسیسات مزبور
 - بررسی نیازمندی‌ها و شناسائی مجموع توان و ظرفیت ترابری کشور اعم از راه‌ها، راه‌آهن، راه‌های آبی، راه‌های هوائی و خطوط لوله بمنظور تهیه برنامه‌ها و ارائه توصیه‌های لازم به سازمان‌های مربوط .
 - تشکیل واحدهای مطالعاتی و تحقیقاتی لازم برای انجام وظایف بالا
- با توجه به کاربردهای وسیع موتورهای الکتریکی در صنایع ریلی و نیز با توجه به وظیفه وزارت راه در توسعه سیستم‌های حمل و نقل و استفاده از فناوری‌های نوین، این وزارتخانه پتانسیل لازم جهت سیاستگذاری در این حوزه را داراست.

۳-۱۰- وزارت نیرو

وزارت نیرو یکی از مهمترین وزارت خانه‌های اقتصادی دولت محسوب می‌شود. میزان اعتبارات سالیانه این وزارت خانه به طور طبیعی چند برابر برخی از وزارت خانه‌ها است. اهمیت تامین و توزیع آب و برق با کیفیت مطلوب که از حیاتی‌ترین نیازهای جامعه است، مهمترین هدف این وزارت خانه محسوب می‌شود. اما می‌توان مهمترین اهداف وزارت نیرو را به شرح زیر در چند محور ذکر کرد:

- ۱- حفاظت، نگهداری، بهره‌برداری و بهبود کمی و کیفی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی.
- ۲- رضایت و اقناع مردم با تامین، تصفیه و توزیع مناسب آب بهداشتی سالم و دائمی برای انواع مصارف.
- ۳- بالابردن بهداشت محیط شهرها و روستاها با طراحی و اجرای شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه خانه‌های فاضلاب.
- ۴- تامین نیازهای انرژی با کیفیت مطلوب و تمام وقت برای انواع مصارف شهروندان

۵- دیدگاه بلند مدت (دورنگر) به صیانت از منابع آب و انرژی و انتقال آن به نسل های آینده

وظایف و مأموریت‌های این وزارتخانه در بخش برق شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، اجرا و توسعه طرح‌های تولید، انتقال و توزیع انرژی برق در شهرها و روستا‌های سراسر کشور

۲- بررسی و تدوین پیشنهادهای لازم در زمینه راهبردها، سیاست‌ها، برنامه‌ها، قوانین و آیین‌نامه‌های صنعت برق و تعرفه‌های

بهای مصرف و اشتراک برق به طور سالیانه جهت ارایه به دولت و مجلس و اجرای آنها

۳- برنامه‌ریزی جهت انجام طرح‌های تحقیقاتی و پژوهشی مرتبط با فعالیت شرکت و هماهنگی و برنامه‌ریزی آموزشی

بمنظور ارتقاء سطح علمی کارکنان صنعت برق کشور

۴- جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی و ایجاد زمینه‌های لازم برای مشارکت بخش خصوصی در اجرای طرح‌های تولید و انتقال

برق در سراسر کشور.

۵- عضویت در کمیته و کنوانسیون‌های جهانی انرژی و کسب و تبادل اطلاعات لازم به منظور استاندارد کردن و ارتقاء فعالیت

های صنعت برق کشور

۶- هدفمند کردن میزان مصرف برق و یارانه‌ها برابر استانداردهای جهانی

۷- سیاست‌گذاری، نظارت و هماهنگی بین شرکت‌های زیرمجموعه به منظور اجرای به موقع طرح‌های برق در راستای

پیشبرد اهداف کلان صنعت برق کشور

۳-۱۱- وزارت نفت

صنعت نفت به عنوان پیشران اقتصاد کشور دارای جایگاه ویژه‌ای است که داشتن نقش اساسی در تحقق اهداف کلان اقتصاد

ملی در افق چشم‌انداز ۲۰ ساله، موتور محرکه اقتصاد ملی، پیشبرد دیپلماسی اقتصادی جمهوری اسلامی ایران و تضمین

امنیت ملی کشور از طریق توسعه همکاری‌ها و تعاملات منطقه‌ای و بین‌المللی از آن جمله است. ضمن آنکه سهم ۲۸

درصدی در تولید ناخالص داخلی کشور، سهم ۸۴ درصدی از درآمد ارزی کشور، سهم بیش از ۹۵ درصدی در تامین انرژی اولیه

مورد نیاز کشور غیرقابل انکار است.

صنعت نفت یکی از اصلی‌ترین مزیت‌های اقتصاد ایران به شمار می‌رود به طوری‌که بخش عمده‌ای از بودجه کل کشور از بخش نفت تأمین می‌شود. سیاست‌های کلی ابلاغی مقام معظم رهبری در بخش نفت و گاز به عنوان راهگشای صنعت نفت و گاز ایران به شرح زیر در سرلوحه برنامه‌های بلندمدت وزارت نفت قرار دارد:

- اتخاذ تدابیر و راهکارهای مناسب برای گسترش اکتشاف نفت و گاز و شناخت کامل منابع کشور؛
- افزایش ظرفیت تولید صیانت‌شده نفت، متناسب با ذخایر موجود و برخورداری کشور از افزایش قدرت اقتصادی، امنیتی و سیاسی؛
- افزایش ظرفیت تولید گاز متناسب با حجم ذخایر کشور به منظور تأمین مصرف داخلی و حداکثر جایگزینی با فرآورده های نفتی؛
- گسترش تحقیقات بنیادی و توسعه‌ای و تربیت نیروی انسانی متخصص و تلاش برای ایجاد مرکز جذب و صدور دانش و خدمات فنی و مهندسی انرژی در سطح بین‌المللی و ارتقای فناوری در زمینه‌های منابع و صنایع نفت، گاز و پتروشیمی؛
- تلاش لازم و ایجاد سازماندهی قانونمند برای جذب منابع مالی مورد نیاز داخلی و خارجی در امر نفت و گاز در بخش‌های مجاز قانونی؛
- بهره‌برداری از موقعیت منطقه‌ای و جغرافیایی کشور برای خرید و فروش، فرآوری و پالایش و معاوضه و انتقال نفت و گاز منطقه به بازارهای داخلی و جهانی؛
- بهینه‌سازی مصرف و کاهش شدت انرژی؛
- جایگزینی صادرات فرآورده‌های نفت، گاز و پتروشیمی به جای صدور نفت خام و گاز طبیعی.

با توجه به کاربرد وسیع موتورهای الکتریکی در صنعت نفت و گاز کشور این وزارتخانه پتانسیل لازم جهت سیاستگذاری در این حوزه را داراست.

هدف سازمان استاندارد ایران تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) و نظارت بر اجرای آنها و همچنین انجام تحقیقات مربوطه می‌باشد.

فعالیت‌های اساسی این سازمان در حوزه‌های زیر می‌باشد:

- تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) به عنوان تنها مرجع رسمی این وظیفه در کشور
- انجام تحقیقات به منظور تدوین استاندارد، بالا بردن کیفیت کالاهای تولید داخلی، کمک به بهبود روش‌های تولید و کارایی صنایع
- ترویج استانداردهای ملی
- نظارت بر اجرای استانداردهای اجباری
- کنترل کیفی کالاهای صادراتی مشمول استاندارد اجباری و جلوگیری از صدور کالاهای نامرغوب به منظور فراهم نمودن امکانات رقابت با کالاهای مشابه خارجی و حفظ بازارهای بین‌المللی
- کنترل کیفیت کالاهای وارداتی مشمول استاندارد اجباری به منظور حمایت از مصرف‌کنندگان داخلی و جلوگیری از ورود کالاهای نامرغوب خارجی
- راهنمایی علمی و فنی تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان انواع کالاها
- آزمایش و تطبیق نمونه کالا با استانداردهای مربوط، اعلام مشخصات و اظهار نظر مقایسه‌ای و صدور گواهینامه‌های لازم [۲۲].

۳-۱۳- سازمان پدافند غیرعامل

پایه رسالت سازمان پدافند غیرعامل حفظ و پایدارسازی و کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های کشور، حفاظت از مردم، استمرار خدمات ضروری دستگاه‌ها در برابر تهدیدات خارجی بنا نهاده شده است.

سازمان پدافند غیرعامل کشور در اعمال تدابیر دفاع غیرعامل و حاکمیت اصول آن در زیرساخت‌های اساسی جامعه به ثمر رسانده و کشور را در افق پنج ساله در بعد پدافند غیرعامل واجد ویژگی‌های زیر خواهد نمود:

- توانمند در تأمین حداکثر ایمنی و پایداری و به حداقل رساندن آسیب پذیری زیرساخت های مرتبط در مقابل تهدیدات دشمن.
 - توانمند در تأمین حداکثر ایمنی و پایداری زیرساخت های مرتبط با مردم در مقابل تهدیدات دشمن .
 - دارای زیرساخت ها، نظام خدمات رسانی امن در برابر تهدیدات
 - برخوردار از نظام یکپارچه، هماهنگ و کارآمد پدافند غیرعامل کشور با قابلیت تعامل سازنده و پیشبرنده با دولت، نیرو های مسلح و مردم در زمینه اعمال تدابیر دفاعی امنیتی در بخش های مختلف.
- شرح وظایف این سازمان عبارت است از :
- ایجاد و حفظ هماهنگی نزدیک بین آژانس های عهده دار حفاظت و نجات مردم و دارایی ها ؛
 - به تاسیس و توسعه ی سازمان پدافند غیر عامل در کشورهای که در آن ها این چنین سازمانی وجود ندارد (مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه) و برای کمک کردن به کشورها در رابطه با درخواست آن ها مبنی بر
 - ایجاد و توسعه تبادل اطلاعات، تجربیات، کارکنان و کارشناس ها میان کشورهای مختلف در زمینه محافظت و نجات جمعیت مردم و دارایی ها؛
 - پوشش در خواست کمکهای فنی مورد نیاز اعضا، شامل طرحهای سازمانی، آموزشیارها، کارشناسها، تجهیزات و مصالح ضروری؛
 - ایجاد و ارائه خدمات فنی مورد نیاز شامل مستندسازی، مطالعات، تحقیقات و تجهیزات و غیره.
 - گردآوری و فراهم کردن اطلاعات مربوط به حفاظت سازمانی و اصول عملیاتی با توجه به خطرات تهدیدآمیز جمعیت، مانند سیل، زمین لرزه، بهمن، آتش سوزی بزرگ، طوفان، از هم پاشیده شدن سدها و انواع دیگر ویرانی های ایجاد شده از آلودگی هوا، زمین و یا حمله با وسایل مدرن جنگی؛
 - مطالعه و کمک به تبادل دانش و تجربیات برای پیشگیری مناسب از حوادث بد و ویرانیهای ناشی از آنها.
 - انگیزش تحقیقات مرتبط با حفاظت و نجات جمعیت و دارایی از طریق اطلاعات و انتشار مطالعات یا طرق مناسب دیگر.

ماموریت های سازمان پدافند غیر عامل به شرح زیر می باشد:

- کاهش آسیب پذیری و افزایش ایمنی زیرساخت های ملی و مراکز حیاتی، حساس و مهم کشور در مقابل تهدیدات خارجی و با تأکید بر ایجاد عزم ملی و باور عمومی جامع از طریق فرهنگ سازی، سیاست گذاری، طرح ریزی، برنامه ریزی راهبردی، تدوین ضوابط، دستورالعمل های تخصصی، افزایش آستانه تحمل ملی در برابر تهدیدات و افزایش هزینه تهاجم دشمن با قابلیت هدایت بخش های کشوری و لشکری در جهت رعایت اصول پدافند غیرعامل و نظارت بر اجرای آن.
- اداره امور مردم و تداوم خدمات در شرایط جنگ و تسهیل کننده و استمرار بخش خدمات عمومی در شرایط تهدید دشمن.
- تعامل سازنده و پیشبرنده با بخش های کشوری و لشکری در خصوص اعمال تدابیر دفاعی امنیتی و نهادسازی دکترین پدافند غیرعامل مدیریت بحران و دفاع غیرنظامی و نظارت و حصول اطمینان از اجرا.
- بررسی شناخت محیط و تدوین راهبرد ها، سیاست ها، خط مشی ها و ضوابط و دستورالعمل های عمومی و تخصصی در زمینه پدافند غیرعامل و نظارت بر اجرای آن مدیریت بحران ناشی از جنگ.
- برآورد تهدیدات و احصاء آسیب پذیری های زیرساخت های کشور.

با توجه به وظیفه سازمان پدافند غیر عامل در زمینه خودکفایی در زمینه تجهیزات استراتژیک، این سازمان پتانسیل لازم جهت سیاستگذاری در این حوزه را داراست.

۳-۱۴- سازمان محیط زیست

تحقق اصل پنجاهم قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران به منظور حفاظت از محیط زیست و تضمین بهره مندی صحیح و مستمر از محیط زیست بنحوی که ضمن حفظ تعادل مناسبات زیستی موجبات توسعه پایدار و بهبود، رشد و اعتلای کیفی انسان ها فراهم آید. سازمان حفاظت از محیط زیست، سازمانی دولتی است که بر امور مربوط به حفظ محیط زیست ایران نظارت دارد. این سازمان وابسته به ریاست جمهوری ایران است.

وظایف اساسی سازمان به شرح زیر می باشد:

- حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی کشور و ترمیم اثرات سوء گذشته در محیط زیست
- پیشگیری و ممانعت از تخریب و آلودگی محیط زیست
- ارزیابی ظرفیت قابل تحمل محیط در جهت بهره‌وری معقول و مستمر از منابع محیط زیست.
- نظارت مستمر بر بهره‌برداری از منابع محیط زیست.
- برخورد فعال با زمینه‌های بحرانی محیط زیست شامل آلودگی‌های بیش از ظرفیت قابل تحمل محیط.
- بررسی، مطالعه و تحقیق به منظور دستیابی یا حصول شناسائی در زمینه‌های زیر:
 - عوامل آلوده‌کننده و مخرب محیط زیست در زمینه آب، هوا، خاک، مواد زائد، آفت‌کشها، کودهای شیمیائی، سرو صدا و نظایر آنها.
 - چگونگی استقرار پدیده‌های عمرانی و توسعه کشور مانند واحدهای صنعتی، نیروگاهها، سدها، مجتمع‌های کشاورزی و عمرانی و سکونت‌گاه‌های انسانی و نظایر آن.
 - استفاده از تکنولوژی سازگار با محیط

۳-۱۵- سازمان بهره‌وری انرژی ایران

سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا) با هدف ارتقاء و بهبود کارائی انرژی تشکیل گردیده است. این سازمان وظیفه خود میداند تا با تمام توان در راستای تحقق موضوع فعالیت خود که عبارتست از توسعه مدیریت تولید، تقاضا و مصرف انرژی جهت استفاده کارآمد و بهینه از منابع انرژی در سراسر کشور، کنترل و کاهش آلودگی محیط زیست، از طریق انجام مطالعات، تحقیق توسعه، آموزش، انتشارات و ارائه خدمات مطلوب علمی، فنی و تخصصی گام برداشته و جهت رسیدن به اهداف مورد نظر و اجرای آن تمامی تلاش خود را بکار ببندد.

وظایف این سازمان عبارتند از :

- ۱- توسعه مدیریت انرژی به منظور استفاده کارآمد و بهینه از منابع انرژی، از طریق انجام مطالعات، تحقیق و توسعه، آموزش و آگاه‌سازی، انتشارات، طراحی، مشاوره و اطلاع‌رسانی، مدیریت ساخت و اجراء، حمایت‌های فنی و اقتصادی و ظرفیت‌سازی به ویژه در بخش‌های غیردولتی.

- ۲- مدیریت طرحها و پروژه‌های مرتبط با هدف و موضوع فعالیت شرکت.
- ۳- همکاری و اشتراک مساعی با شرکت‌ها و موسسات در جهت تحقق موضوع فعالیت و هدف شرکت.
- ۴- انجام اموری که شرکت مادر تخصصی توانیر انجام آن را به شرکت در حوزه فعالیت آن محول نماید.
- ۵- انجام هرگونه عملیات و معاملات که علاوه بر رعایت صرفه و صلاح، برای مقاصد شرکت ضروری و مرتبط باشد.

۱۶-۳- مرکز تحقیقات سیاست‌های علمی کشور

این مرکز به عنوان کانون تفکر در زمینه سیاست پژوهی و سیاست‌سازی علم، پژوهش و فناوری در سطح ملی و به صورت فرابخشی در کنار شورای مذکور ایفای نقش می‌کند. مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، سازمانی پژوهشی است که با اجرای پژوهش‌های بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای در سطح ملی و فرابنگاهی به منظور توسعه فرآیندها و برون‌دادهای سیاست‌گذاری علم و فناوری کشور، ارائه خدمات پژوهشی و مشاوره‌ای به سازمان‌های تصمیم‌گیر و سیاست‌گذار در حوزه علم و فناوری و نیز اشاعه نتایج پژوهشی در جهت ترویج تفکر علمی و توجه به پژوهش در جامعه فعالیت می‌کند. از اهداف این مرکز می‌توان به توسعه و گسترش و پژوهش‌های مورد نیاز وزارت در زمینه سیاست‌گذاری علمی و پژوهشی کشور و همچنین زمینه‌سازی مناسب فرهنگی برای گسترش فعالیتهای علمی و پژوهشی در سطح جامعه اشاره کرد.

وظایف مرکز تحقیقات سیاست‌های علمی کشور به شرح زیر می‌باشند:

- بررسی و شناسایی نیازهای پژوهشی در زمینه سیاست‌گذاری علمی و توسعه فعالیتهای علمی کشور.
- اجرای طرحهای پژوهشی بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای به منظور تحقق اهداف مرکز.
- مطالعه در مورد سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی فرهنگ ترویج علم در جامعه.
- ارائه خدمات مشاوره علمی، فنی و مدیریتی در زمینه سیاست‌گذاری علمی.
- فراهم آوردن امکانات لازم و متناسب با فعالیتهای پژوهشی مرتبط.
- ایجاد تعامل سازنده با نیروهای متخصص و ملسه‌های علمی و پژوهشی در داخل و خارج کشور به منظور تحقق اهداف مرکز در چارچوب قوانین و مقررات.
- ترویج و انتشار نتایج مطالعات و پژوهش‌های انجام شده به صورت مجله علمی، کتاب، محملهای الکترونیکی و نظایر آن برابر ضوابط و مقررات کشور.

- ارائه دستاوردهای پژوهشی در قالب کارگاه‌های آموزشی کوتاه مدت بدون اعطای مدرک رسمی دانشگاهی.
- برنامه ریزی و برگزاری همایش‌های علمی در زمینه‌های مرتبط در سطوح محلی، ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی برابر ضوابط و مقررات کشور.
- برنامه ریزی و برگزاری جشنواره‌های ترویج علم در جامعه.
- اجرای فعالیت‌های اداری، مالی و معاملاتی مرتبط با وظایف مرکز برابر ضوابط و مقررات کشور ارائه خدمات مالی.

۳-۱۷- سازمان گسترش و نوسازی صنایع کشور

در برنامه سوم پیش از انقلاب اسلامی، سیاست بر این بود که با اجرای همزمان اصلاحات ارضی و با انتقال سرمایه زمین داران، اولین هسته‌های سرمایه گذاری صنعتی شکل گیرد. از آن جایی که سرمایه داران نوپا با مفاهیم مدیریت صنعتی آشنا نبودند، سازمان مدیریت صنعتی برای جدا کردن مدیریت از مالکیت و بانک توسعه صنعتی برای کمک به منابع مالی و تقویت بنیانهای تشکیل سرمایه ایجاد شدند. در جریان اجرای برنامه سوم ضرورت وجود مجلسه ای توانمند و فراگیر برای توسعه بخش صنعت و تسریع در صنعتی شدن مورد توجه قرار گرفت. لذا در تیرماه ۱۳۴۶ سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران تاسیس شد. گسترش و نوسازی صنایع کشور در جهت رقابت پذیری در عرصه جهانی از راه فراهم آوردن ملزومات توسعه صنعتی با هدف تأمین منافع ذینفعان و پیشگام در جهانی سازی صنایع ایران را می توان به عنوان ماموریت سازمان گسترش و نوسازی صنایع کشور برشمرد.

وظایف سازمان گسترش و نوسازی صنایع کشور شامل موارد زیر است :

- تهیه و انتشار نشریه های صنعتی
- استفاده از ظرفیت های خالی صنعت در صنایع نظامی
- اتخاذ تصمیم نسبت به خریداری یا اداره کارخانه های موضوع قانون تمرکز امور صنعت و معدن
- تصویب پیشنهادات مربوط به فروش یا وثیقه گذاردن سهام سازمان در شرکتهای صنعتی معدنی
- تصویب طرحهایی که در زمینه بررسی های علمی و صنعتی
- اتخاذ تصمیم و تصویب وامها یا اعتباراتی برای سرمایه گذاری در صنایع
- طراحی و پیاده سازی نظام ملی نوآوری و گسترش صنایع نوین.

- حمایت از نهادهای توسعه و بهسازی کننده صنایع
- حمایت مالی از شرکت های دانش بنیان
- حمایت از متقاضیان سرمایه گذاری بخش غیردولتی در مناطق کمتر توسعه یافته
- ساماندهی فعالیت های کارآفرینی و اشتغال زایی کوچک و متوسط تولیدی در روستاها
- آموزش فنی و حرفه ای روستائیان و مرزنشینان در صنعت به منظور ارتقاء درآمد و کیفیت زندگی آنان.
- حمایت از متقاضیان سرمایه گذاری بخش غیردولتی در طرح های حائز اولویت
- توسعه و گسترش کشاورزی صنعتی، صنایع روستایی و خدمات نوین
- ساماندهی فعالیت های کارآفرینی و اشتغال زایی کوچک و متوسط تولیدی در روستاها
- تقویت مزیت های رقابتی و توسعه صنایع مبتنی بر منابع تبدیلی و تکمیلی
- تشکیل شرکتهای صنعتی و معدنی و یا شرکتهای واحدهای خدمات و یا مشارکت در این قبیل شرکتهای
- خریداری تمام یا قسمتی از کارخانه هایی که در معرض تعطیل قرار می گیرند.
- فروش یا وثیقه گذاردن سهام متعلق به خود در شرکتهای تابعه.

۳-۱۸- پژوهشگاه نیرو

به منظور تحقق بخشی از وظایف پژوهشی وزارت نیرو و نیز ارتقاء کیفی امور آن وزارتخانه، پژوهشگاه نیرو وابسته به وزارت نیرو تاسیس گردید. پژوهشگاه نیرو سازمانی دولتی که مسئولیت راهبری تحقیقات وابسته به صنعت برق و انرژی ایران برگزار می کند. پژوهشگاه نیرو در سال ۱۳۷۶ با اخذ مجوز سه پژوهشکده "برق"، "تولید نیرو" و "انتقال و توزیع نیرو" از شورای گسترش آموزش عالی بطور رسمی کار خود را آغاز و در سال ۱۳۷۷ با اخذ دو مجوز جدید پژوهشکده های "انرژی و محیط زیست" و "کنترل و مدیریت شبکه" را نیز به مجموعه خود افزود و در ادامه با ایجاد مراکز شیمی و مواد، "توسعه فناوری توربین های بادی" و "آزمایشگاه های مرجع فعالیت های خویش را توسعه بخشید.

با توجه به نقش زیر بنایی صنعت برق در رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور، پژوهشگاه نیرو با انجام پروژه های بنیادی، کاربردی و توسعه ای به منظور پاسخگویی بهتر و بیشتر به نیازهای صنعت برق و رفع مشکلات آن و دستیابی به فناوریهای نوین اقدام به تعریف پروژه برنامه استراتژیک خود همراستا با خواسته ها و برنامه های استراتژیک وزارت نیرو و برنامه توسعه

پنجم کشور نموده و در سال ۱۳۸۷ پس از تبیین بیانیه‌های ماموریت، چشم‌انداز و ارزشهای سازمانی با تحلیل محیط داخلی و خارج و همچنین مطالعات تطبیقی در عرصه بین‌المللی استراتژی‌ها و اهداف پژوهشگاه را تدوین و در سال ۱۳۸۹ با استفاده از متدولوژی کارت امتیازی متوازن (BSC) با اجرای برنامه‌ها و دستیابی به اهداف کمی راه رسیدن به چشم‌انداز را هموار نموده است.

فلسفه وجودی ماموریت پژوهشگاه نیرو شامل ارتقاء فناوری، توسعه پژوهش و نوآوری جهت افزایش توانمندی، رقابت‌پذیری و بهره‌وری صنعت برق و انرژی کشور است.

محصولات و خدمات این ماموریت تکمیل چرخه مدیریت نوآوری و فناوری صنعت برق و انرژی از طریق:

- انجام تحقیقات توسعه‌ای و کاربردی و بنیادی در حوزه صنعت برق و انرژی
- اجرای مطالعات و تحقیقات راهبردی، کلان، بلندمدت و با ریسک بالای صنعت برق و انرژی
- مدیریت تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای صنعت برق و انرژی
- آینده‌نگاری، سیاست‌پژوهی و برنامه‌ریزی فناوریهای نوین در عرصه صنعت برق و انرژی
- اکتساب فناوریهای نوین در عرصه صنعت برق و انرژی
- تجاری‌سازی نتایج تحقیقات و بکارگیری در صنعت برق و انرژی
- تهیه استانداردها و ارائه خدمات آزمایشگاهی و ارزیابی کیفیت تجهیزات و سیستمهای صنعت برق و انرژی
- طراحی و توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز جهت ایجاد مراکز و شرکت‌های نوآور در حوزه صنعت برق و انرژی
- ایجاد و توسعه شبکه فناوری میان دانشگاهها، مراکز پژوهشی و قطب‌های علمی پژوهشی داخل و خارج کشور -
- در حوزه صنعت برق و انرژی

۱۹-۳- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی)

وزارت نیرو

در معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو، دفتری تحت عنوان دفتر استانداردهای فنی و مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی شکل گرفته است که با رویکرد حاکمیتی و با بهره‌گیری از دستاوردهای گذشته، به این مهم بپردازد. بطور کلی نتایج نهایی فعالیت‌های صنعت برق از طریق کارآمدی و اثربخشی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و درازمدت آشکار می‌شود و جامعه و مسئولین آن را از دو طریق درک می‌نمایند:

۱. تاثیرگذاری مثبت بر کیفیت زندگی مردم

۲. تاثیرگذاری مثبت بر توسعه پایدار ملی.

برای دستیابی به این نتایج، امور برق و انرژی وزارت نیرو در موارد زیر بر صنعت برق و تعاملات آن نظارت عالییه داشته و اعمال حاکمیت می‌نماید:

۱. حفاظت از حقوق متقابل مشتریان و بخش عرضه برق

۲. حفظ پایایی و امنیت سیستم قدرت کشور

۳. بهره‌وری بخش عرضه برق

۴. مدیریت تقاضای برق

۵. تعاملات صنعت برق با محیط‌زیست

۶. خوداتکایی علمی و فنی صنعت برق

۷. بازرگانی برق (بازرگانی داخلی و خارجی)

۸. توازن و پایداری اقتصادی صنعت برق

ابزار معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو برای نظارت عالییه و اعمال حاکمیت عبارتند از: سیاست‌گذاری‌ها، برنامه‌ریزی‌های ملی، مقررات، استانداردها، ضوابط فنی، نقشه‌های راه فناوری، نظامنامه‌ها، آیین‌نامه‌ها، دستورالعمل‌ها، ایجاد شرایط مناسب ملی و بین‌المللی.

دفتر استانداردهای فنی و مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی، به عنوان یک دفتر از معاونت امور برق و انرژی، مسئولیت تدوین استانداردها و مقررات فنی، مدیریت ظرفیت‌سازی برای استقرار و تحقق و نیز نظارت بر اجرا و بهبود مداوم آنها را، در تمامی موارد هشت‌گانه فوق، با اثرگذاری مستقیم و یا با واسطه، بر عهده دارد.

ذکر این نکته ضروری است که دستیابی شهروندان، صنایع و سازمان‌ها به برق، الزاماً از طریق شبکه سراسری انجام پذیرد بلکه استفاده از شبکه‌ها و ظرفیت‌های محلی و خصوصی نیز می‌تواند کاربرد داشته باشد که در این زمینه‌ها نیز استانداردها و مقررات فنی کاربرد گسترده‌ای دارند.

۳-۲۰- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور

هدف از تأسیس صندوق، شکوفایی امور تحقیقاتی در راستای تولید علم، فناوری و تجاری‌سازی و بهره‌مند شدن مردم از نتایج آن‌ها، از طریق ارائه کمک‌ها و خدمات حمایتی و مادی و معنوی به پژوهشگران و فناوران حوزوی و دانشگاهی ایرانی اعم از حقیقی و حقوقی می‌باشد.

در صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور پروژه‌های تحقیقاتی مورد حمایت قرار می‌گیرند که بر اساس نیازها و مزیت‌های کشور توصیف شده باشند.

انواع حمایت‌های مادی و معنوی از پژوهشگران و فناوران به صورت زیر می‌باشد:

- کمک به اجرای طرح‌های تحقیقاتی
- حمایت از دوره‌های پسادکتر
- حمایت از طرح‌های تحقیق و توسعه
- اعطای کرسی پژوهشی
- کمک به ثبت بین‌المللی اختراعات
- حمایت از ایجاد و توسعه زیرساخت‌های پژوهشی
- ثبت ایده‌ها و طرح‌ها (برخورداری صاحبان ایده‌ها و طرح‌ها از منافع حقوقی آنها)
- گرنت
- کمک برای به ثمر رساندن نوآوری‌ها و خلاقیت‌های منجر به تولید
- و دیگر فعالیت‌های حمایتی

۳-۲۱- صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران

صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران در سال ۱۳۷۴ از تغییر نام صندوق مالی حمایت از محققین و مخترعین شکل گرفت. هدف اصلی صندوق عبارت است از تأمین منابع مالی مورد نیاز طرح‌های مبتنی بر دانش و فناوری و کارآفرینان فناور، محققین و مخترعین نوآور (اعم از حقیقی و حقوقی) به منظور نیل به خودکفایی و استقلال اقتصادی کشور و رهایی از وابستگی و توسعه بازار داخلی و خارجی خدمات و محصولات مبتنی بر دانش و فناوری کشور. اولویت‌های صندوق در حوزه‌های زیر می‌باشد:

۱. بیو تکنولوژی
۲. صنایع پایین‌دستی پتروشیمی مبتنی بر فناوری
۳. مواد پیشرفته
۴. نانو تکنولوژی
۵. تجهیزات و سیستم‌های پیشرفته الکترونیکی و مخابراتی
۶. تجهیزات پیشرفته پزشکی
۷. صنایع شیمیایی و فرایندی پیشرفته [۲۳].

۳-۲۲- پارک‌های علم و فناوری

یک "پارک علمی" سازمانی است که بوسیله متخصصین حرفه‌ای مدیریت می‌شود و هدف اصلی آن افزایش ثروت در جامعه از طریق ارتقاء فرهنگ نوآوری و رقابت در میان شرکت‌های حاضر در پارک و مؤسسه‌های متکی بر علم و دانش است. اهداف پارک‌های علم و فناوری در ذیل تشریح شده است.

۱. گسترش و تقویت روح پژوهش و تفکر علمی در جامعه
۲. تلاش منظم و مستمر به منظور رویارویی با نیازهای حال و آینده
۳. کمک به توسعه هماهنگ بخش‌های مختلف از جمله دانشگاه‌ها و صنایع از طریق برقراری ارتباط سازمان یافته
۴. رشد و پرورش خلاقیت‌ها و ایجاد روحیه کارآفرینی در فارغ‌التحصیلان
۵. زمینه‌سازی مناسب جهت تجاری نمودن تحقیقات

وظایف آن نیز به شرح ذیل می‌باشد:

۱. سازماندهی امکانات تحقیق و توسعه برای ایجاد پیوند بین منابع و مهارت‌های دانشگاه‌ها و مراکز علمی و فناوری و

۲. جهت دادن مؤثر جامعه علمی کشور به سوی تحقیق در رشته‌های مورد نیاز
۳. برنامه‌ریزی و ایجاد زمینه مناسب به منظور کاربردی و تجاری کردن نتایج تحقیقات
۴. ایجاد فضای مناسب علمی و پژوهشی برای جذب دانشمندان و متخصصان داخل و خارج از کشور
۵. ارتقاء دانش فنی متخصصین برای بروز خلاقیت‌ها و نوآوری‌ها در زمینه فناوری
۶. دستیابی به آخرین اطلاعات و دانش فنی مورد نیاز به منظور کسب و ایجاد فناوری برتر به منظور رقابت در جامعه جهانی
۷. اشاعه فرهنگ و سازماندهی فعالیت‌های جمعی تحقیقاتی و فناوری و استفاده از امکانات پارک‌ها
۸. ایجاد بستر مناسب برای فعالیت واحدها و مؤسسه‌های علمی و فناوری غیردولتی و دولتی در پارک [۲۴].

۳-۲۳- دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی

تقریباً همه دانشگاه‌های کشور در زمینه موتورهای الکتریکی فعالیت می‌کنند که می‌تواند ارایه کننده خدمات آموزشی و پژوهشی باشند.

۳-۲۴- هیئت تنظیم بازار برق

دبیرخانه هیات تنظیم بازار، به‌عنوان بازوی عملیاتی هیات تنظیم انجام کلیه امور و مسوولیت‌های مرتبط در دامنه وظایف خود - از جمله انجام مطالعات، تدوین پیش نویس رویه‌ها، ارایه گزارشها، تسلیم پیشنهادهای و سایر امور دبیرخانه ای - را بر عهده دارد. دبیرخانه هیأت تنظیم بازار برق ایران از اوایل کار هیأت تنظیم بازار برق تشکیل و برابر با وظایف و شرایط مندرج در آیین‌نامه اجرایی هیأت تنظیم تا کنون به فعالیت خود ادامه داده است. هم اکنون دبیرخانه هیأت تنظیم بازار برق به عنوان یکی از زیر مجموعه‌های معاونت امور برق وزارت نیرو از دو واحد طراحی بازار و پایش بازار - مستقر در دفتر خصوصی‌سازی صنعت برق - تشکیل شده است.

از جمله وظایف دبیرخانه بر اساس ماده ۸ آیین نامه اجرایی هیات تنظیم بازار برق می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- بررسی و تهیه گزارش در باره طرح‌ها، سؤالات و سایر موضوعات ارجاعی به هیأت و همچنین تدوین "متن پیشنهادی

برای تصویب درباره موارد مندرج در دستورجلسات هیأت؛

- ایجاد ارتباط و همکاری با فعالین بازار، موسسات علمی و پژوهشی و متخصصین امر به منظور جلب مشارکت آنان برای اظهار نظر و ارائه طرح‌ها و پیشنهادات
 - تبادل اطلاعات با نهادهای مسوول در حوزه فعالیت‌های هیات ایجاد نظام اطلاع رسانی در حوزه فعالیت‌های هیات.
 - انجام امور تحقیقاتی، آموزشی، انتشاراتی و فرهنگ سازی در حوزه فعالیت‌های هیأت و حمایت از انجام این امور توسط متخصصین و موسسات علمی و پژوهشی؛
 - بررسی عوامل درونی و برونی تاثیرگذار بر بازار برق، تهیه و تدوین برنامه‌های گسترش دامنه بازار برق و ارائه گزارش ادواری به هیأت؛
 - تهیه طرح برای اصلاح و تکمیل آیین‌نامه‌های بازار برق، تدوین طرح‌های لازم در زمینه رویه‌های اجرائی، رفع ابهام از آیین‌نامه‌های بازار برق و پیشنهاد آن به هیأت برای تایید؛
 - بررسی درخواست متقاضیان اخذ مجوز شرکت در بازار برق و تنظیم گزارش لازم برای اخذ تاییدیه هیأت و صدور مجوز براساس رویه‌های مصوب هیأت؛
 - ایجاد سیستم نظارت به منظور حصول اطمینان از رعایت آیین‌نامه‌های بازار، رویه‌های اجرائی و سایر مصوبات هیأت توسط فعالین بازار برق؛
 - تدوین تعرفه‌ها و دامنه نرخ‌های بازار و پیشنهاد به هیأت برای تایید؛
- با توجه به مفاد ماده ۱۲ قانون سازمان برق ایران، کلیه فعالان بازار موظفند اطلاعاتی را که دبیرخانه هیات تنظیم بازار برق بمنظور حصول اطمینان از صحت عملیات در بازار برق و در چارچوب رویه‌های مصوب هیات درخواست می‌نماید، در اختیار دبیرخانه مزبور قرار دهند و دبیرخانه هیات تنظیم بازار موظف است کلیه آیین نامه‌ها و مقررات مربوط به بازار برق را در اختیار فعالان بازار برق قرار دهد.
- این دبیرخانه، در سال ۱۳۸۵ و در پی تشکیل دفتر خصوصی سازی صنعت برق، در ساختار این دفتر ادغام شد و وظایف دبیر خانه، توسط دو گروه از گروه‌های چهارگانه این دفتر - تحت عنوان واحد پایش و واحد طراحی، پیگیری و انجام می‌شود.

اهداف و مأموریت‌های مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی:

از جمله اهداف و مأموریت‌های مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی، میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

- رفع مشکلات و نیازهای فنی صنعت برق کشور از طریق جذب، پذیرش و حمایت از شرکتهای فناور مستعد
- فراهم نمودن زمینه ارتقاء کمی و کیفی آنها در جهت تکمیل چرخه توسعه فناوری آنها
- حاکمیت دیدگاه کاربردی، تفکر تجاری سازی و حرکت نتیجه محور در فعالیت های علمی و پژوهشی
- استقرار چهارچوب های مدیریتی و اقتصادی در پروژه ها و طرح های فنی
- استفاده از پتانسیل صنعت برق و انرژی کشور در بخش های دولتی و خصوصی، به ویژه پژوهشگاه نیرو
- روان سازی مقررات و تسهیل فرآیند های کاری و مدیریتی مربوط
- ایجاد و راهبری شبکه ملی مراکز رشد مرتبط باحوزه برق و انرژی
- هموار نمودن مسیر توسعه کسب و کار بین المللی
- کمک به راه اندازی و مدیریت صندوق های حمایت مالی ریسک پذیری

۳-۲۶- صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق

صندوق در تاریخ ۱۳۸۳/۱۱/۴ بر اساس مجوز ماده ۱۰۰ قانون برنامه سوم توسعه بصورت موسسه غیر تجاری تاسیس و تحت شماره ۱۷۷۱۳ به ثبت رسیده است. سرمایه صندوق توسط واحدهای فعال در زمینه های مختلف صنعت برق بشرح زیر تامین شده است:

- شرکت مادر تخصصی مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر)
- شرکت مادر تخصصی مدیریت تهیه و ساخت کالای آب و برق (ساتکاب)
- شرکت مدیریت پروژه های نیروگاهی ایران (مپنا)
- شرکت سرمایه گذاری صنایع برق و آب (صبا)
- شرکت ایران ترانسفو

هدف صندوق عبارتست از حمایت از فعالیت های محققین و طرحهای تحقیقاتی بخش غیردولتی صنعت برق بمنظور:

• تولید و توسعه دانش فنی.

• ارتقاء سطح فناوری.

• جذب، انتقال و بومی سازی فناوری های نوین جهان.

انواع حمایت‌ها:

• اعطای تسهیلات اعتباری (بصورت عقود اسلامی) جهت اجرای طرحهای تحقیقاتی.

• اعطای یارانه سود برای طرحهای تحقیقاتی که از سایر منابع مالی و اعتباری کشور تسهیلات دریافت داشته اند.

• صدور ضمانتنامه و تضمین برای بازپرداخت تسهیلات دریافتی طرحهای تحقیقاتی از سایر منابع مالی و اعتباری کشور.

• مشارکت، سرمایه گذاری و تامین سرمایه خطرپذیر بمنظور اجرای طرحهای تحقیقاتی.

شروط کلی:

• برخورداری از حمایتهای صندوق مشروط به رعایت اولویتهای بخش برق کشور و احراز صلاحیتهای لازم از جمله اثبات

توجیه پذیری طرح و توانایی مجریان می باشد.

اولویتهای اصلی در پذیرش طرح ها:

• طرح های پژوهشی کاربردی.

• طرح های تدوین دانش فنی.

• طرح های تولید نمونه آزمایشگاهی.

• طرح های تولید نمونه نیمه صنعتی.

• طرح های پژوهشی توسعه ای.

• توسعه و بومی سازی فناوری های نوین

۳-۲۷- انجمن لوازم خانگی

• صنعت لوازم خانگی یکی از رشته‌های شتاب دهنده توسعه صنعتی است. صنعتی متنوع با کاربردهای گوناگون که

به‌صورت گسترده علاوه بر استفاده وسیع خانگی و تأمین‌کننده نیاز ضروری و غیر قابل اجتناب خانواده‌ها، در

بخش‌های اداری و تجاری کاربرد دارد و سهم بسیار وسیعی از بازار را به خود اختصاص داده است.

صنعتی که برای صنایع فولاد، پتروشیمی، مس و... ارزش افزوده ایجاد می‌کند. وظایف این انجمن موارد زیر را در بر می‌گیرد:

۱. بررسی، تحقیق و شناخت دائم و مستمر مسائل مختلف جاری و آینده واحدهای تولیدکننده لوازم خانگی و صنایع وابسته به آن از طریق اخذ گزارشات لازم و بازدید .
۲. تهیه آمارهای دقیق و مستمر از ماشین‌آلات، نیروی شاغل و مورد نیاز، ظرفیت تولیدی موجود و بالقوه، مواد اولیه و کالاهای نیمه ساخته و قطعات مورد مصرف، نوع و میزان تولید هر یک از مصنوعات، و دیگر موارد لازم به تفکیک در هر واحد .
۳. بررسی، تحقیق و شناخت نیازهای جامعه و طبقه‌بندی انواع مختلف لوازم خانگی، مورد نیاز هماهنگ با الگوی مصرف .
۴. بررسی و تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات گردآوری شده .
۵. تشکیل آرشیو آمار و اطلاعات به منظور استفاده در برنامه‌ریزی‌ها و تهیه طرح‌های لازم .
۶. بررسی و تحقیق برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در تولید و استفاده از لوازم خانگی و تهیه دستورالعمل یا طرح‌های لازم در این زمینه .
۷. تقویت واحدهای تحقیق و توسعه در صنایع لوازم خانگی .
۸. ارائه اطلاعات و آخرین روش‌ها در زمینه تولید لوازم خانگی .
۹. همکاری همه جانبه و مؤثر با کانون فن‌آوری لوازم خانگی انرژی بر وابسته به معاونت علمی و فن‌آوری نهاد ریاست جمهوری در جهت تحقق اهداف کانون .
۱۰. همکاری با ستاد ویژه توسعه فن‌آوری نانو وابسته به نهاد ریاست جمهوری .
۱۱. عضویت انجمن در تشکل‌های مهم صنایع لوازم خانگی دنیا و بهره‌گیری از عضویت و ارتباط با آنان برای توسعه کمی و کیفی انجمن صنایع لوازم خانگی .

۱۲. تلاش برای ساماندهی صادرات و بهبود کیفیت خدمات دهی اعضا .
۱۳. کسب اطلاعات مربوط به عرضه و تقاضا، قیمت، بازارهای مصرف و تولید، برای ارائه به اعضا با بهره‌گیری از آخرین رهیافت‌های جهانی جهت نیل به اهداف توسعه صادرات .
۱۴. مطالعه و شناخت حدود و انواع وظایف و تکالیف سازمان‌های ذیربط و برقراری ارتباط مستمر با آنها در حد نیاز و برنامه‌ریزی و انجام اقدامات لازم به‌منظور جلب همکاری در جهت حمایت از لوازم خانگی و ایجاد تفاهم و هماهنگی لازم .
۱۵. تهیه و تدوین استانداردهای کارخانه‌ای مورد نیاز صنایع تحت پوشش .
۱۶. همکاری با سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در تهیه و تدوین و بازنگری استانداردهای ملی .
۱۷. بررسی نتایج آزمون لوازم خانگی و قطعات وابسته و تهیه گزارشات ادواری و راهنمایی واحدهای عضو در جهت رفع موارد مغایر با استاندارد . تبصره: در صورت اعتراض واحدها نسبت به نتایج آزمون، انجمن موضوع را به کمیته کارشناسی مربوطه ارجاع خواهد کرد .
۱۸. حفظ و حراست از مصالح حرفه‌ای واحدهای عضو و بهبود شرایط تولید آنان .
۱۹. سعی و تلاش برای جستجوی راه‌حل‌های مناسب و عملی برای مقابله با مسائل و مشکلات واحدهای عضو و ارائه پیشنهادات و توصیه‌های عملی به اعضا در جهت رفع کمبودها و نارسایی‌های آنان و کمک به بهسازی دائمی کارخانجات در ابعاد مختلف .
۲۰. ایجاد و اشاعه فرهنگ لازم به‌منظور بالا نگهداشتن کیفیت محصولات لوازم خانگی در سطح کشور در حد استانداردهای مطلوب داخلی و بین‌المللی .
۲۱. کمک به واحدها در زمینه کاهش هزینه‌ها، بهبود روش‌ها، ظرفیت‌سنجی، بالابردن راندمان و بهره‌وری نیروی کار .
۲۲. مطالعه عوامل قیمت تمام شده محصولات و راهنمایی‌های لازم به‌منظور کاهش هزینه‌ها .

۲۳. ایجاد و اشاعه فرهنگ لازم برای استفاده بیشتر از متخصصین و به‌طور کلی ترویج مدیریت صحیح و علمی در بین واحدهای عضو و آگاه کردن اعضاء و ترغیب آنان برای به‌کاربردن روش‌های علمی و عملی بهتر و استفاده بیشتر از تکنولوژی‌های جدید .
۲۴. تشکیل دوره‌های آموزشی برای مدیران، مسئولان و دیگر کارکنان واحدهای صنعتی در کلیه رشته‌ها و موضوعات مورد نیاز .
۲۵. برگزاری دوره‌های آموزشی فنی - حرفه‌ای برای کارگران شاغل در صنایع لوازم خانگی بمنظور ارتقاء مهارت آنها و افزایش بهره‌وری .
۲۶. برنامه‌ریزی و تعمیم برنامه‌های آموزشی و ایمنی برای مصرف‌کنندگان لوازم خانگی .
۲۷. ترویج و توسعه فرهنگ استفاده مردم از تولیدات ملی .
۲۸. ارائه پیشنهادات سازنده و مناسب در زمینه‌های مختلف به‌دستگاه‌های مسئول ذیربط و اعزام نماینده برای شرکت در جلسات و مشارکت در بررسی و تدوین ضوابط مربوط به‌صنعت لوازم خانگی و صنایع وابسته به‌آن .
۲۹. همکاری با مسئولین ذیربط در بررسی برنامه‌های توسعه واحدهای موجود و کمک به‌مطالعه پروژه‌های مربوط به‌تأسیس یا تغییر ظرفیت‌های متناسب با نیازمندی‌های مناطق مختلف کشور و اظهار نظر نسبت به آنان .
۳۰. همکاری با دانشگاه‌ها، مؤسسات علمی، تحقیقاتی، آموزشی و صنعتی کشور به‌منظور تکوین و تعمیم تکنولوژی جدید و گسترش فرهنگ صنعتی در سطح کشور .

۳-۲۸- شرکت فن ژنراتور

- شرکت فن ژنراتور از اولین و مهم‌ترین مراکز ساخت و ارائه خدمات ماشینهای الکتریکی است که در سال ۱۳۶۳ تاسیس شده است. این شرکت با صناعی مختلف از جمله صنایع نیروگاهی، صنایع نفت و گاز و پتروشیمی، پروژه‌های آبرسانی، صنایع فولاد و لاستیک و سیمان در ارتباط بوده و نیازهای آنها را برطرف کرده است. این حجم گسترده ارتباطات با صنایع مختلف تجربیات زیادی را برای این شرکت در زمینه طراحی، ساخت و تعمیرات اساسی ماشینهای الکتریکی فراهم کرده است. توانایی‌های این شرکت به صورت خلاصه در زیر گردآوری شده است:

- تولید موتورهای الکتریکی فشار قوی آسنکرون
 - تولید ژنراتورهای الکتریکی آسنکرون بادی با همکاری وایرالکتریک آلمان
 - تولید موتورهای الکتریکی آسنکرون فشار ضعیف برای مصارف صنعتی
 - تولید انواع شینه‌های ترانسپوزر برای ژنراتورهای نیروگاهی
 - تولید انواع کویل سیم‌پیچی برای موتورها و ژنراتورها
 - تولید سیم تخت مسی عایق‌دار و بدون عایق
 - همکاری با شرکت ANSALDO برای تولید الکتروموتورهای پروژه مپنا
 - بازسازی انواع موتورها و ژنراتورهای فشار ضعیف، جریان متناوب و جریان مستقیم
- از جمله نکات مثبت شرکت فن ژنراتور تجربه این شرکت در ساخت مشترک ژنراتورهای آسنکرون برای توربین‌های بادی با شرکت WIER ELECTERIC آلمان است. در این راستا، شرکت فن ژنراتور تعداد ۳۵ دستگاه ژنراتور ۶۶۰KW و ۶۹۰V برای سازمان انرژی‌های نو ایران ساخته است. شرکت فن ژنراتور همچنین تجربه ساخت الکتروموتورهای ۲۳۵۰/۲۵۰۰/۲۸۰۰ کیلووات به همکاری شرکت ABB را در پروژه آبرسانی به مشهد در سد دوستی دارد. به علاوه الکتروموتورهای فشار قوی در رنج توانی ۹۷۰-۱۶۰ کیلووات تحت لیسانس زیمنس آلمان در این شرکت تولید می‌شود.
- سایر الکتروموتورهای ساخته شده در این شرکت و نزدیک به نیازمندیهای توربین بادی:
- ۱- طراحی و ساخت ۷ دستگاه الکتروموتور ۱۳۱۰ کیلووات به سفارش شرکت نفت
 - ۲- طراحی و ساخت الکتروموتور ۲۶۰۰ کیلووات شرکت نفت با ولتاژ نامی ۶kV و سرعت ۳۰۰۰ rpm
- با توجه به سوابق ساخت ماشینهای القایی با رنج توانی مرتبط (۲۸۰۰-۱۳۰۰ کیلووات) ولتاژ ۶۰۰۰ ولت، توانایی ساخت ژنراتور ۲MW ، ۱۵۰۰ rpm و با سطح ولتاژ ۶۹۰V توسط این شرکت کاملاً بديهی به نظر می‌رسد.
- البته باید توجه داشت که کلیه ماشینهای القایی از نوع قفس سنجابی هستند. در نتیجه ذکر ۲ نکته ضروری است:
- ۱- از آنجا که در ماشینهای القایی قفس سنجابی، توان انتقالی به روتور از طریق فاصله هوایی به صورت حرارت در مقاومت میله‌های روتور تلف می‌شود، توان ماشین قفس سنجابی کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر اگر یک ژنراتور القایی

قفس سنجابی را تبدیل به یک ژنراتور القایی روتور سیم‌پیچی شده تغذیه دوگانه کنیم، چون در این حالت تلفات مسی روتور کاهش می‌یابد و توان از طریق مبدل به شبکه منتقل می‌شود، توان ژنراتور حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش می‌یابد و یک ژنراتور ۱۵۰۰ کیلووات تبدیل به یک ژنراتور ۱۶۰۰ الی ۱۸۰۰ کیلووات خواهد شد.

۲- امکانات این شرکت برای تولید ژنراتور روتور سیم پیچی شده باید بررسی گردد. به نظر می‌رسد این شرکت تنها دانش ساخت روتورهای قفس سنجابی را دارد.

توانایی ساخت اجزاء مختلف:

الف) هسته استاتور

این شرکت تجربه زیادی در بازسازی و ساخت استاتور ماشینهای AC دارد. دامنه توانی استاتورهای مورد بازسازی از ۵۵۰ تا ۱۳۴۴۰ کیلووات را در برمی‌گیرد. در ضمن توانایی ساخت هسته استاتورهای توان بالا در این شرکت نیز با توجه به مطالب گفته شده در بالا مشخص است. با توجه به این موارد، توانایی این شرکت در برش و نصب ورقه‌های استاتور ژنراتور ۲MW بسیار خوب ارزیابی می‌شود.

ب) روتور

در رزومه شرکت فن ژنراتور سابقه تولید روتور AC و ۳۱۵۰ کیلووات نیروگاه منتظری اصفهان به چشم می‌خورد. البته مشخص نیست که این روتور از نوع قفس سنجابی و یا روتور سیم‌پیچی شده است.

ج) ساخت شینه

شرکت فن ژنراتور با احداث یک کارگاه مستقل به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع که مجهز به ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نیاز ساخت شینه‌های معمولی و خنک‌شونده با آب است، توانایی ساخت انواع شینه‌ها را دارد.

د) توانایی ساخت ماشینهای با قطر خارجی استاتور بالا و تعداد قطب زیاد

این شرکت هیچ تجربه‌ای در زمینه ماشینهای با تعداد قطب بالا ندارد و بنابراین برای ساخت ژنراتور سنکرون با تحریک مغناطیس دائم مناسب نیست.

۳-۲۹- شرکت توربوژنراتور

شرکت توربوژنراتور در سال ۱۳۶۹ به منظور تعمیر و بازسازی انواع ماشینهای الکتریکی تاسیس شده است. این شرکت در حال سرویس‌دهی به صنایعی همچون پتروشیمی، پالایشگاه‌ها، راه‌آهن، فولاد، مس، سیمان، چوب و کاغذ و قند و شکر و لاستیک است. دامنه فعالیت‌های این شرکت شامل موارد زیر است:

— انواع الکتروموتورهای فشار قوی

— انواع الکتروموتورهای جریان مستقیم

— انواع کوئل و شینه ژنراتورها

— انواع ماشینهای الکتریکی با تحریک مغناطیس دائم

این شرکت دارای دو کارخانه است که یکی در شاهرود و دیگری در ایوانکی قرار دارد.

عمده فعالیت‌های شرکت بر بازسازی و تعمیر استوار است و تجربه کمتری در زمینه طراحی و ساخت در آن دیده می‌شود.

۳-۳۰- شرکت جمکو (جوین)

شرکت جوین از شرکتهای تابع سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران می‌باشد و در سال ۱۳۶۹ تاسیس شده است.

تولیدات این شرکت شامل انواع الکتروموتور و ژنراتورهای سه فاز صنعتی از ۱۵۰ تا ۲۰۰۰ کیلووات است.

شرکت سابقه ساخت ماشینهای القایی ۱۸۰۰ کیلووات روتور سیم‌بندی شده را نیز دارد. این ماشین در صورت استفاده به عنوان

ژنراتور تغذیه دوگانه توانایی تولید توان بیش از ۲ MW را نیز خواهد داشت. ولتاژ این ژنراتور ۶ کیلوولت است و در نتیجه

شرکت جمکو قادر خواهد بود ژنراتور فشار ضعیف ۶۹۰ ولت نیز تولید کند.

۳-۳۱- پارس ژنراتور

این شرکت یکی از زیر مجموعه‌های گروه مپنا است که در زمینه تولید ژنراتورهای نیروگاهی فعالیت می‌کند. تولید

ژنراتورهای واحدهای آبی و گازی از مهم‌ترین تولیدات این شرکت به شمار می‌رود.

۳-۳۲- شرکتهای سازنده سیم و کابل

یکی از تامین‌کنندگان قطعات صنعت موتور، تولیدکنندگان سی و کابل می‌باشند که مهمترین آنها عبارتند از:

- شرکت سیمکات

- سیم و کابل مشهد
- سیم و کابل آمل
- سیم و کابل ابهر
- و ...

۳-۳۳- شرکت موتوژن

شرکت موتوژن یکی از شرکت‌های تولیدکننده الکتروموتور است که در سال ۱۳۵۲ با نام گلد الکتریک تاسیس شد و در سال ۱۳۵۴ به موتوژن تغییر نام داد و در حال حاضر بیش از ۲ میلیون دستگاه انواع الکتروموتورهای تک فاز و سه فاز با کاربردهای صنعتی و خانگی را مطابق با استانداردهای جهانی نظیر IEC و NEMA و DIN تولید و به بازارهای مصرف ایران، اروپا، آسیا و آفریقا عرضه می‌کند. طرح‌های تحقیقاتی که در خصوص موتورهای الکتریکی در این شرکت انجام شده شامل موارد زیر است:

- بهینه‌سازی و توسعه الکتروموتورهای تکفاز کولری با کوپل تسمه‌ای با هدف تنوع تولیدات و بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق افزایش راندمان.
- بهینه‌سازی و توسعه الکتروموتورهای تکفاز و سه‌فاز صنعتی بمنظور افزایش رنج تولیدات سه‌فاز تا ۴۰۰ کیلووات، توانایی پاسخ به افزایش تقاضای بازار در مورد انواع الکتروموتورهای تکفاز، تلاش برای تنوع محصولات از طریق طراحی الکتروموتور با فریم اکستروود، الکتروموتورهای آسانسور، گیربکس و الکتروموتورهای سویچ رلوکتانس (SR).
- تولید الکتروموتورهای ضد انفجار (تیپ‌های EEX-d, EEX-e, EEX-n بمنظور استفاده در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، نساجی، مواد غذایی و معادن).

۱. نمایندگی فروش کلیه الکتروموتورهای ضد انفجار ولتاژ پایین شرکت ABB در ایران

۲. ارائه خدمات سرویس، تعمیر و نگهداری و خدمات پس از فروش کلیه الکتروموتورهای ضد انفجار ولتاژ پایین

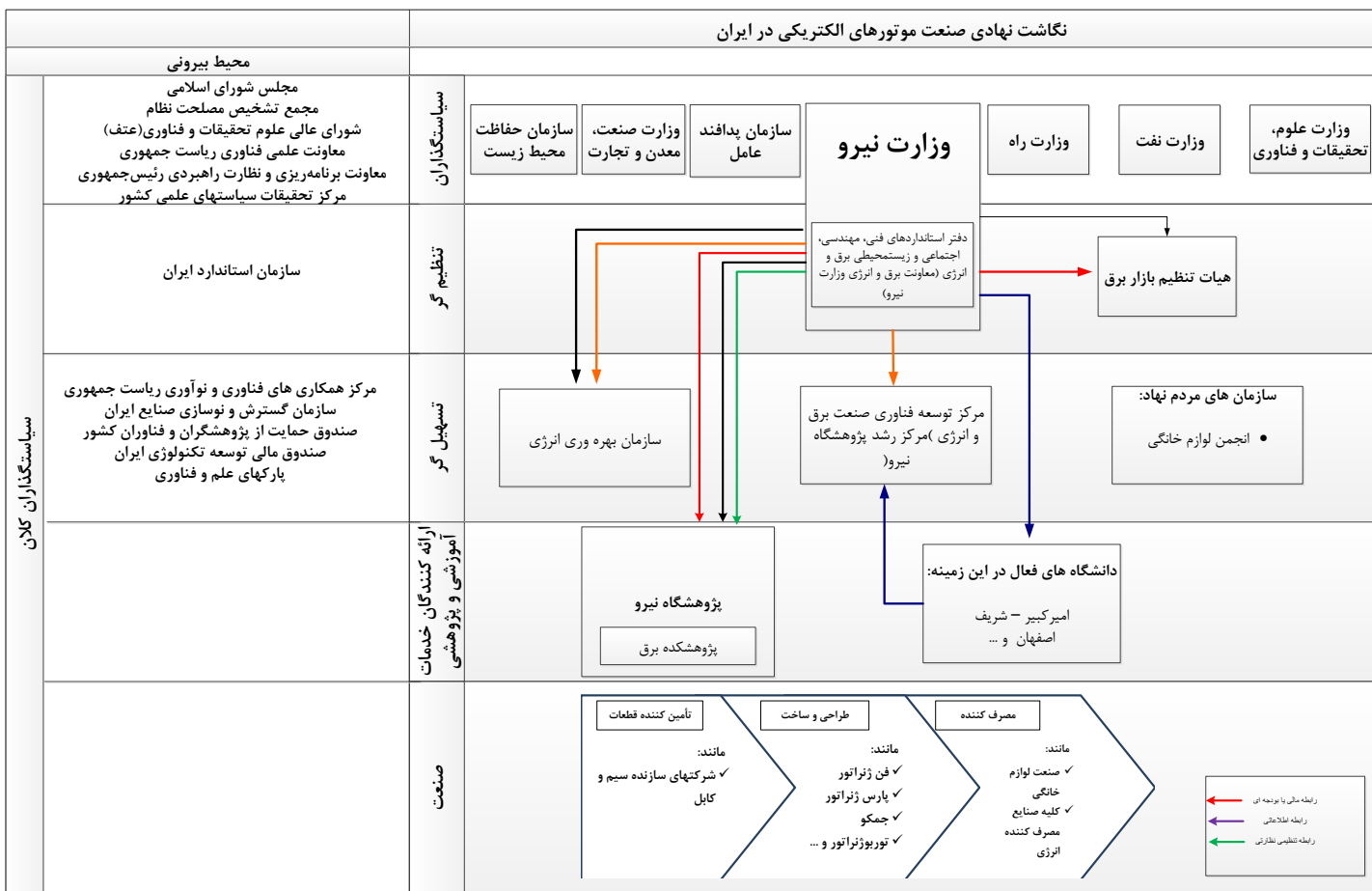
۳. تولید الکتروموتورهای ضد انفجار ولتاژ پایین EEX-d تحت لیسانس شرکت ABB

- تولید الکتروموتورهای DC خودرو شامل دینام، استارت، برف‌پاک‌کن، شیشه‌بالابر، فن رادیاتور و تهویه و موارد مشابه
بدلیل تقاضای زیاد بازار به خودرو و همچنین اتوماسیون خودروها و استفاده از الکتروموتورهای DC خودرو .

۳-۳۴- ترسیم نگاهت نهادی

جدول ۳-۱: ماتریس نهاد کارکرد صنعت موتورهای الکتریکی

ارائه کالا و خدمات			تسهیل- گری	تنظیم‌گری	سیاست‌گذاری	کارکرد نهاد
صنعتی	پژوهشی	آموزشی				
					*	مجلس شورای اسلامی
					*	مجمع تشخیص مصلحت نظام
					*	شورای عالی علوم تحقیقات و فناوری (عتف)
					*	معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
					*	معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهوری
			*			دفتر همکاری های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
					*	وزارت نیرو
					*	وزارت علوم، تحقیقات و فناوری کشور
					*	وزارت راه
	*					پژوهشگاه نیرو
					*	سازمان پدافند غیرعامل
					*	سازمان حفاظت محیط زیست
					*	سازمان بهره‌وری انرژی
					*	مرکز تحقیقات سیاست‌های علمی کشور
				*		سازمان ملی استاندارد
					*	وزارت صنعت و معدن و تجارت
			*			سازمان گسترش و نوسازی صنایع



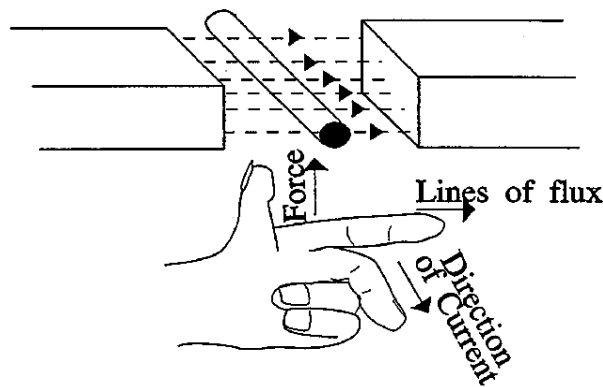
شکل ۳-۱: نگاشت نهادی فناوری موتورهای الکتریکی

۴- مرزبندی فنی مطالعات

در این فصل انواع فناوری‌های مرتبط با حوزه کاربرد موتورهای الکتریکی بررسی می‌گردد و محدوده مطالعات سند نقشه راه فناوری موتورهای الکتریکی مشخص می‌گردد. در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی در کشور پتانسیل بسیار بالایی در زمینه طراحی و ساخت انواع موتورهای الکتریکی وجود دارد و شرکت‌هایی در این زمینه فعالیت می‌کنند. یکی از دغدغه‌های سیاستگذاران ساخت موتورهای الکتریکی با بازده بالاتر و سرمایه گذاری روی موتورهای با گسترده‌تری کاربرد بیشتر می‌باشد.

۴-۱- اساس کارکرد موتورهای الکتریکی

اساس کار تمامی موتورهای الکتریکی که با استفاده از میدان مغناطیسی تولید نیرو و گشتاور می‌کنند یکسان است؛ از برهم کنش شار مغناطیسی که در فاصله هوایی جاری می‌گردد و جریانی که (از نظر فازی) عمود بر شار مغناطیسی فاصله هوایی است و در یک سیم‌پیچی جاری است، نیرو و گشتاور الکترومغناطیسی تولید می‌گردد. همان طور که در شکل ۴-۱ نشان داده شده است، این نیرو و گشتاور عمود بر جهت شارش شار مغناطیسی و جریان سیم‌پیچی می‌باشد.



شکل ۴-۱: تعیین جهت نیروی مغناطیسی بر اساس قانون دست چپ فلمینگ

اندازه این نیرو به شدت جریان سیم‌پیچی، شار فاصله هوایی و طول برهم‌کنش میدان مغناطیسی و جریان سیم‌پیچی بستگی دارد [۲۵].

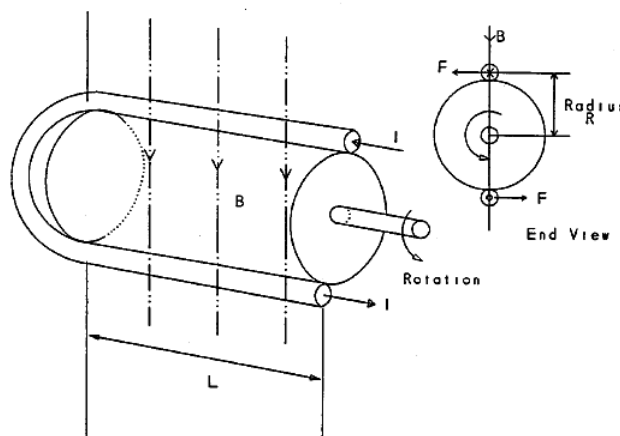
$$F_{(\text{newtons})} = B_{(\text{tesla})} \times I_{(\text{amperes})} \times L_{(\text{meters})} \quad ۴-۱$$

مکانسیم کارکرد موتوری بر اساس قانون فوق در شکل ۴-۲ نشان داده شده است. گشتاور خالص وارد شده به روتور در این حالت برابر است با حاصل ضرب نیروی وارد بر هر هادی ضرب در طول بازوی گشتاور (R) [۲۵].

$$T_{(\text{newton meters})} = 2 \times B \times I \times L \times R_{(\text{meters})} \quad ۲-۴$$

این گشتاور باعث می‌شود که موتور شروع به چرخش نماید. وقتی زاویه چرخش به ۹۰ درجه برسد، جریان سیم‌پیچی و شار مغناطیسی، بنا بر توضیحات فوق، دیگر نمی‌توانند گشتاور تولید کنند؛ بنابراین یا باید (مانند موتورهای دی‌سی) جریان در سیم‌پیچی دیگری که در یک موقعیت دیگر قرار دارد جاری گردد و یا (مانند موتورهای جریان متناوب) جهت و یا موقعیت شار مغناطیسی تغییر نماید. در صورت چرخش مداوم روتور با سرعت زاویه‌ای ω ، توان مکانیکی تولید شده برابر می‌شود با:

$$P_{(\text{watts})} = \omega \times T \quad ۳-۴$$



شکل ۲-۴: نیروی الکترومغناطیسی وارد شده بر دو هادی حامل جریان، تولید گشتاور بر روی روتور می‌نماید.

بنابر رابطه ۳-۴، توان خروجی موتور با افزایش سرعت و یا افزایش گشتاور موتور، افزایش می‌یابد. توان الکتریکی مصرفی موتور برای تولید این مقدار توان مکانیکی را به صورت حاصل ضرب جریان سیم‌پیچی در ولتاژ داخلی موتور ($E \cdot I$) می‌توان بیان کرد. با فرض برابر بودن توان ورودی و خروجی موتور (صرف نظر کردن از تلفات) رابطه زیر برای ولتاژ داخلی موتور، از برابر قرار دادن توان ورودی و خروجی موتور، به دست می‌آید [۲۵]:

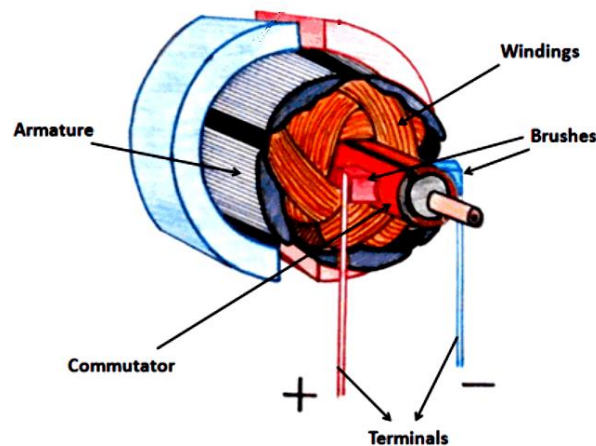
$$E_{(\text{volts})} = 2 \times B \times L \times \omega \times R \quad ۴-۴$$

۲-۴- انواع موتورهای الکتریکی

موتورهای الکتریکی را از دیدگاه‌های مختلف می‌توان دسته‌بندی کرد؛ یکی از این دیدگاه‌ها، نحوه تولید گشتاور الکترومغناطیسی است؛ از این دیدگاه، ساختارهای مختلف موتورهای الکتریکی مبنای دسته‌بندی آنها قرار می‌گیرد.

۴-۲-۱- موتورهای دی‌سی

در موتورهای دی‌سی شار مغناطیسی در فاصله هوایی با استفاده از یک دسته سیم‌بندی موسوم به سیم‌بندی تحریک به وجود می‌آید. سیم‌بندی تحریک بر روی قسمت ثابت موتور موسوم به استاتور پیچیده می‌شود. در با جاری شدن جریان در سیم‌بندی آرمیچر این موتورها، گشتاور الکترو مغناطیسی، همان طور که در قسمت ۴-۱ توضیح داده شد، تولید می‌شود. سیم‌بندی آرمیچر بر روی بخش گردان موتور موسوم به روتور قرار دارد. برای تغذیه سیم‌بندی‌های آرمیچر در این موتورها، به دلیل این که بر روی قسمت گردان موتور قرار گرفته است، نیاز به استفاده از جاروبک^۱ و تیغه‌های مسی^۲ است. در شکل ۴-۳ روتور یک موتور دی‌سی و اتصال جاروبک‌ها به تیغه‌های مسی آن، نشان داده شده است.



شکل ۴-۳: روتور یک موتور دی‌سی

^۱ Brush

^۲ Commutator

تقسیم‌بندی‌های مختلف موتورهای دی‌سی به دلیل روش‌های مختلف تولید شار در فاصله هوایی و یا نحوه تغذیه سیم‌بندی تحریک، که شار فاصله هوایی را تولید می‌کند، به وجود می‌آید. این تقسیم‌بندی‌ها عبارت است از:

۱- موتورهای دی‌سی تحریک مستقل؛ موتورهایی هستند که سیم‌بندی تحریک جداگانه و بدون اتصال به سیم‌بندی آرمیچر (سیم‌بندی‌ای که با جاری شدن جریان در آن، گشتاور تولید می‌گردد) از یک منبع تغذیه خارجی تغذیه می‌گردند.

۲- موتورهای دی‌سی شانت؛ موتورهایی هستند که سیم‌بندی تحریک به صورت موازی به سیم‌بندی آرمیچر متصل است و هر دو از یک منبع تغذیه می‌گردند.

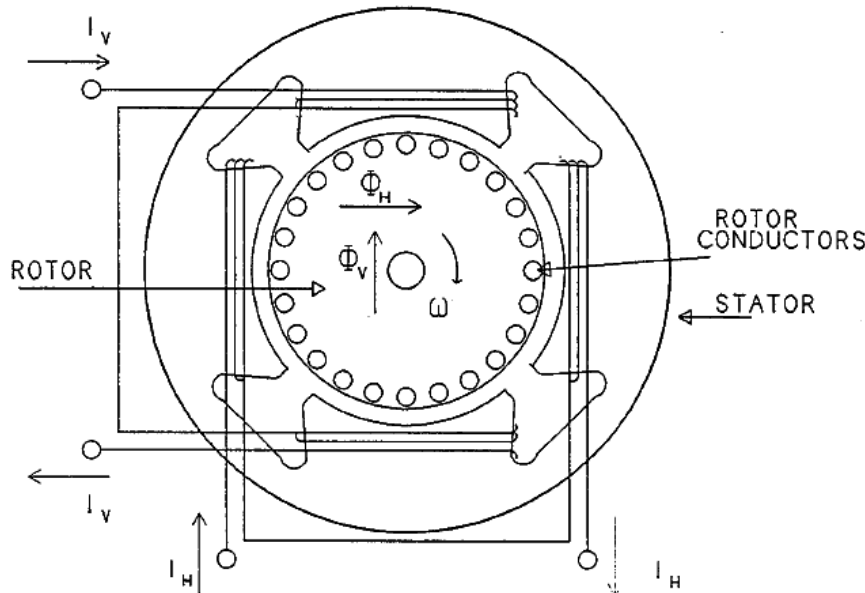
۳- موتورهای دی‌سی سری؛ موتورهایی هستند که سیم‌بندی تحریک با سیم‌بندی آرمیچر به صورت سری قرار می‌گیرند.

۴- موتورهای دی‌سی کمپوند؛ موتورهایی هستند که هم سیم‌بندی تحریک سری و هم سیم‌بندی تحریک شانت دارند. این موتورهای خاصیتی بین موتورهای دی‌سی تحریک سری و دی‌سی تحریک شانت دارند.

۵- موتورهای دی‌سی آهنربای دائم؛ موتورهایی هستند که سیم‌بندی تحریک ندارند و میدان مغناطیسی توسط آهنرباهایی که به بدنه استاتور متصل است تولید می‌گردد.

۴-۲-۲- موتورهای القایی

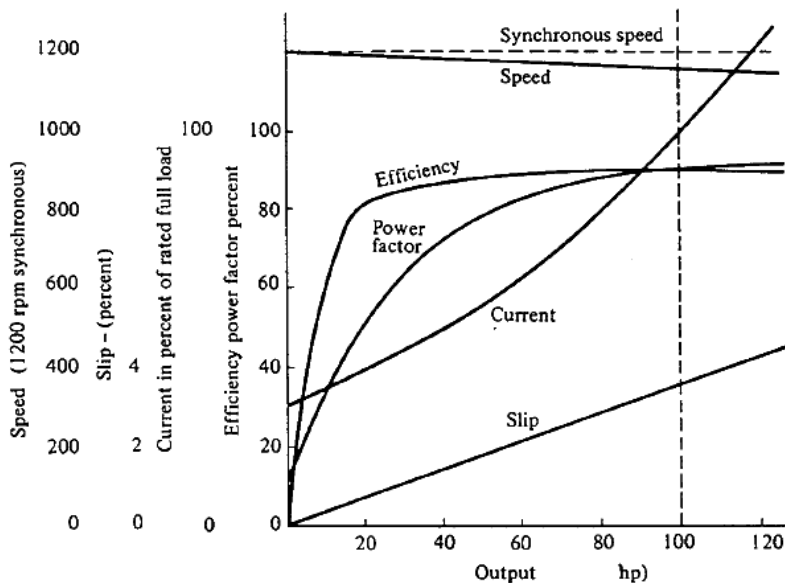
اساس کار موتورهای القایی تغییر جهت شار فاصله هوایی به گونه‌ای است که موتور حرکت پیوسته داشته باشد. برای رسیدن به درک بهتر از عملکرد موتورهای القایی، در شکل ۴-۴ سطح مقطع دو بعدی یک موتور القایی دو فاز و دو قطب نشان داده شده است که سیم‌بندی‌های استاتور به صورت متمرکز پیچیده شده است.



شکل ۴-۴: سطح مقطع موتور القایی دو فاز دو قطب

همان طور که در این شکل نشان داده شده است، یک دسته از سیم‌بندی‌های استاتور که با جریان I_V تغذیه می‌شوند، شار عمودی Φ_V را تولید می‌کند. همچنین دسته دیگر سیم‌بندی استاتور که با جریان I_H (هم‌فراکانس جریان I_V است و 90° درجه اختلاف فاز با آن دارد) تغذیه می‌گردد، شار افقی Φ_H را تولید می‌کند. این اختلاف زاویه بین Φ_H و Φ_V باعث می‌شود که برآیند آنها تشکیل یک موج مغناطیسی با دامنه ثابت دهد که جهت آن با سرعت ثابت در طول فاصله هوایی می‌چرخد؛ در حقیقت شار فاصله هوایی چرخان تشکیل می‌گردد.

در هادی‌های اتصال کوتاه شده روتور، در اثر برخورد با شار چرخان فاصله هوایی، ولتاژ القا می‌گردد و در نتیجه جریان در آنها جاری می‌شود. از برهم‌کنش جریان روتور و شار چرخان فاصله هوایی گشتاور تولید می‌گردد که این گشتاور، موجب حرکت پیوسته موتور می‌شود. سرعت چرخش موتورهای القایی کمی پایین‌تر از سرعت چرخش شار فاصله هوایی است و هرچه بار مکانیکی موتور بیشتر شود، اختلاف سرعت موتور و شار چرخان فاصله هوایی بیشتر می‌شود. در شکل ۴-۵ منحنی‌های مشخصه عملکرد یک موتور القایی سه‌فاز ۱۰۰ اسب بخار نشان داده شده است.



شکل ۴-۵: منحنی‌های معمول مشخصه عملکرد موتور سه‌فاز القایی با توان ۱۰۰ اسب بخار

۴-۲-۳- موتورهای جریان متناوب تکفاز

موتورهای القایی تکفاز و موتورهای یونیورسال در این دسته از موتورها قرار می‌گیرند. موتورهای یونیورسال همان ساختار موتورهای دی‌سی سری را دارند و از آنجایی که در این نوع موتور، گشتاور تولیدی به جهت جریان موتور ارتباط ندارد، امکان کارکردن موتور دی‌سی سری با جریان متناوب نیز وجود دارد. به همین دلیل؛ یعنی توانایی کارکردن با ولتاژ دی‌سی و متناوب، این موتور، موتور یونیورسال نامیده شده است. بیشتر موتورهای یونیورسال در توان‌های کسری از اسب بخار ساخته می‌شوند و در لوازم خانگی بیشتر استفاده می‌شوند.

از موتورهای القایی تکفاز در وسایل خانگی بزرگ و متوسط مانند هواسازها، کمپرسورها، پمپ و غیره استفاده می‌شود. بر خلاف موتورهای القایی سه‌فاز، شار فاصله هوایی در موتورهای القایی تکفاز چرخان نیست، ولی با فرکانس منبع تغذیه نوسان می‌کند. برای تحلیل عملکرد این موتورها، فرض می‌شود که شار فاصله هوایی متشکل از دو موج مغناطیسی گردان است که یکی در جهت عقربه‌های ساعت و دیگری در خلاف جهت آن می‌چرخند و برآیند آنها همان شار ساکن فاصله هوایی موتور است. بنابراین موتور القایی تکفاز مانند دو موتور القایی سه‌فاز است که به هم کوپل مکانیکی شده‌اند و گشتاور خروجی موتور برابر است با حاصل جمع برداری این دو موتور سه‌فاز. در حالتی که روتور ساکن است و نمی‌چرخد، گشتاور تولیدی از میدان چرخان

در جهت عقربه ساعت و میدانی که در جهت خلاف عقربه‌های ساعت می‌چرخد برابر است؛ به عبارت دیگر، گشتاور راه‌اندازی موتور القایی تکفاز صفر است و این موتور نیاز به راه‌انداز دارد.

برای راه‌اندازی موتور، نیاز به سیم‌پیچی جداگانه‌ای بر روی استاتور می‌باشد که با میدان سیم‌پیچی اصلی اختلاف فاز داشته باشد؛ اگر این اختلاف فاز در حدود ۱۰ درجه نیز باشد، برای راه‌اندازی موتور کافی است. برای ایجاد اختلاف فاز بین جریان سیم‌بندی اصلی و سیم‌بندی راه‌انداز، سه روش وجود دارد که عبارتند از:

۱- راه‌انداز منشعب از فاز^۱؛ در این حالت مقاومت سیم‌پیچی، حداقل میزان اختلاف فاز مورد نیاز برای راه‌اندازی موتور را ایجاد می‌نماید. این روش کمترین گشتاور راه‌اندازی را برای موتور ایجاد می‌کند.

۲- راه‌انداز خازنی؛ جریان سیم‌بندی راه‌انداز به دلیل استفاده از خازن (با ظرفیت مناسب) در مدار آن، نسبت به جریان سیم‌بندی اصلی پیش‌فاز می‌شود. بعد از راه‌اندازی، خازن و سیم‌بندی راه‌انداز از مدار تغذیه موتور خارج می‌گردد.

۳- راه‌انداز خازن دائم؛ مانند راه‌انداز خازنی است، با این تفاوت که پس از راه‌اندازی موتور خازن و سیم‌بندی راه‌انداز از مدار خارج نمی‌شوند. در صورت طراحی صحیحی سیم‌پیچی راه‌انداز و انتخاب مناسب خازن، موتور تکفاز به صورت موتور دوفاز کار می‌کند و در نتیجه بازدهی و سایر مشخصات عملکرد این موتور، از سایر موتورهای القایی تکفاز بهتر خواهد بود.

۴-۲-۴- موتورهای سنکرون

۴-۲-۴-۱- موتورهای سنکرون روتور سیم‌پیچی

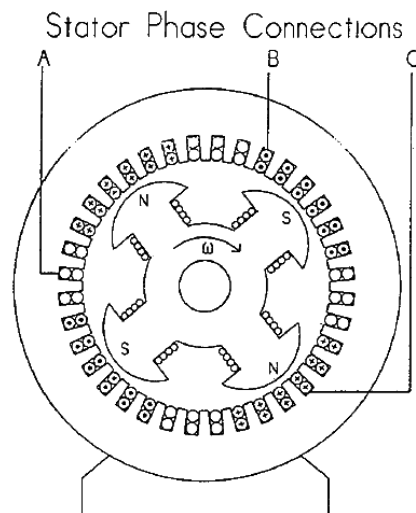
^۱ Split Phase

در موتورهای سنکرون، شار چرخان فاصله هوایی (مانند موتورهای القایی) توسط سیم‌بندی استاتور ایجاد می‌گردد. عبور جریان از سیم‌پیچی روتور باعث تولید شار مغناطیسی دیگری می‌گردد که در نتیجه برهم‌کنش آن دو بر خلاف موتورهای القایی، رتور با این شار چرخان استاتور سنکرون می‌گردد. با چرخش روتور، چگالی شار ناشی از سیم‌بندی‌های تحریک که روی روتور قرار دارند، با سیم‌بندی‌های استاتور برخورد می‌کند و در آنها ولتاژ القا می‌کند. فرکانس ولتاژ القا شده در سیم‌پیچی‌های استاتور، دقیقاً برابر فرکانس چرخش روتور است [۲۵].

$$f_0 = n \frac{\omega}{2\pi} \quad ۵-۴$$

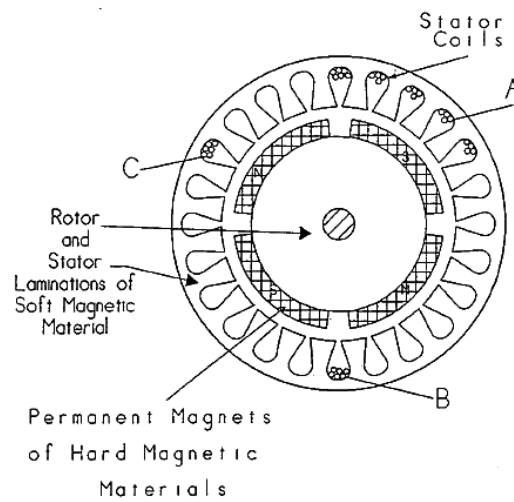
که n تعداد جفت قطب‌های روی روتور است.

سطح مقطع دو بعدی یک موتور سنکرون چهار قطب که روتور آن به صورت قطب برجسته است، در شکل ۴-۶ نشان داده شده است. در این موتورها به دلیل این که سیم‌پیچی‌های روتور ثابت نیستند، نیاز به استفاده از جاروبک برای تغذیه آنها وجود دارد. موتورهای سنکرون روتور سیم‌پیچی به دو دسته دیگر تقسیم‌بندی می‌شوند؛ موتور سنکرون با روتور قطب برجسته و موتور سنکرون با قطب صاف.



شکل ۴-۶: سطح مقطع یک موتور سنکرون قطب برجسته سه‌فاز، ۴ قطب و ۳۶ شیار

در صورتی که سیم‌پیچی‌های روتور در موتورهای سنکرون با آهنربای دائم جایگزین گردند؛ به این معنی که شار روتور به جای استفاده از سیم‌پیچی، توسط آهنرباها تولید گردد، ساختار موتور سنکرون آهنربای دائم به دست می‌آید که سطح مقطع یک نمونه از این موتورها در شکل ۴-۷ نشان داده شده است.



شکل ۴-۷: سطح مقطع موتور آهنربای دائم سه‌فاز و ۲۴ شیار

اگر آهنرباها، مانند شکل ۴-۷ بر روی سطح روتور چسبانده شوند، موتور آهنربای دائم سطحی^۱ نامیده می‌شود. اگر آهنرباها درون یوغ روتور تعبیه شده باشند، موتور آهنربای دائم داخلی^۲ نامیده می‌شود. موتورهای آهنربای دائم داخلی، رلوکتانس کمتری نسبت به نوع سطحی دارند و امکان ترکیب آنها با میله‌های قفسه سنجاب- مانند موتورهای القایی- وجود دارد و می‌تواند خاصیت خود راه‌انداز (برای اتصال مستقیم به برق شهر) به موتور آهنربای دائم بدهد. موتورهای سنکرون آهنربای دائم، در غیر این صورت نیاز به درایو الکترونیکی برای راه‌اندازی دارند.

^۱ Surface Mounted

^۲ Interior

۴-۲-۳- موتورهای سنکرون رلوکتانسی^۱

اگر روتور موتور سنکرون نشان داده شده در شکل ۴-۶ با سرعت سنکرون بچرخد، حتی اگر جریان روتور صفر گردد نیز موتور به چرخش خود در سرعت سنکرون ادامه می‌دهد. این ساختار، موتور سنکرون رلوکتانسی نامیده می‌شود. از آنجایی که رلوکتانس مسیر شار مغناطیسی، به دلیل قطب برجسته بودن روتور، متغیر است و یکسان نیست، روتور تمایل پیدا می‌کند که خود را با شار مغناطیسی گردان ناشی از جریان سیم‌بندی‌های استاتور هم‌محور نماید.

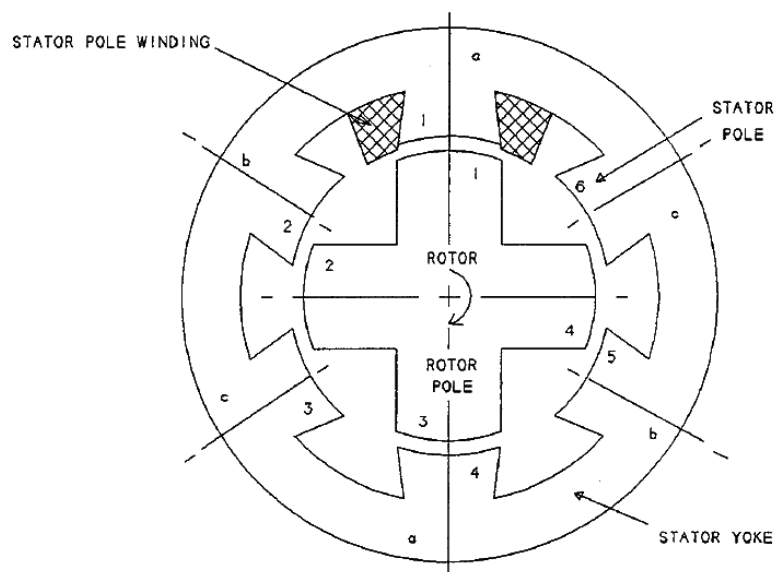
۴-۲-۵- موتورهای دی‌سی بدون جاروبک

با انتخاب چینش مناسب شکل و ابعاد آهنرباها و همچنین سیم‌بندی استاتور در ساختار موتورهای آهنربای دایم، ولتاژ داخلی القا شده در سیم‌پیچی‌های استاتور می‌تواند به صورت سینوسی و یا به صورت دوزنقه‌ای (به صورت تابعی از زمان) تبدیل گردد. در هر دو حالت، فرکانس ولتاژ داخلی سیم‌پیچی‌های استاتور، دقیقاً برابر فرکانس چرخش روتور است. در حالتی که ولتاژ داخلی صورت دوزنقه‌ای شکل دارد، موتور آهنربای دایم با ساختار دی‌سی بدون جاروبک به دست می‌آید. در موتورهای دی‌سی بدون جاروبک، همان طور که در شکل ۴-۷ نشان داده شده است، (مانند موتورهای سنکرون آهنربای دایم) آهنربای دایم در فضای روتور نصب می‌گردد و استاتور آن به صورت سه‌فاز (یا چند فاز) سیم‌پیچی می‌شود. از این جهت این نوع موتور، موتور دی‌سی خوانده می‌شود که مشخصه گشتاور - سرعت آن مشابه مشخصه گشتاور - سرعت موتورهای دی‌سی است. البته در عمل، این موتورها ماهیت متناوب دارند و غیر دی‌سی دارند؛ زیرا جریان سیم‌پیچی‌های استاتور و ولتاژ داخلی القا شده در آن متناوب است.

۴-۲-۶- موتورهای سوئیچ رلوکتانس

^۱ Synchronous Reluctance Motors

در شکل ۴-۸ سطح مقطع نوع دیگری از موتور رلوکتانس نشان داده شده است. این ساختار که در آن هم روتور و هم استاتور قطب برجسته است، موتور سوئیچ رلوکتانس نامیده می‌شود. در این شکل استاتور دارای ۶ قطب و روتور دارای ۴ قطب می‌باشد. البته تعداد قطب‌های دیگر برای استاتور و روتور نیز ممکن است و این قطب‌ها باید به گونه‌ای انتخاب گردند که امکان چرخش پیوسته موتور فراهم گردد.



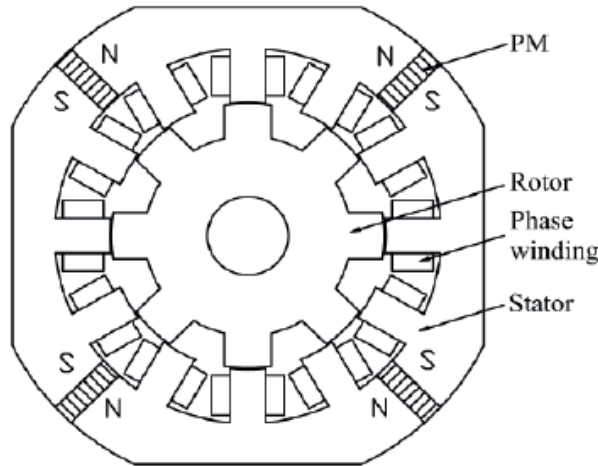
شکل ۴-۸: سطح مقطع یک موتور سوئیچ رلوکتانس

سیم‌پیچی تحریک در این موتورها فقط به دور قطب‌های استاتور پیچیده می‌شود و روتور سیم‌پیچی ندارد. برای روشن و خاموش کردن جفت قطب‌های استاتور، لازم است که از تجهیزات الکترونیک قدرت استفاده گردد و در صورت درایو صحیح، موتور سوئیچ رلوکتانس می‌تواند بازده بالایی، مستقل از میزان سرعت موتور، داشته باشد. نویز صوتی زیاد موتور سوئیچ رلوکتانس، یکی از مهم‌ترین معایب این نوع موتور است.

۴-۲-۷- موتورهای Flux Switching

موتورهای Flux Switching دارای استاتور و روتور قطب برجسته مانند روتور موتور سوئیچ رلوکتانس هستند. در این موتورها سیم‌پیچی تحریک و آرمیچر بر روی استاتور قرار گرفته است، بر روی روتور هیچ گونه سیم‌پیچی، آهنربای دائم و جاروبکی وجود ندارد. همچنین در ساختار استاتور این موتورها، همانطور که در شکل ۴-۹ یکی از ساختارهای ممکن این موتور نشان

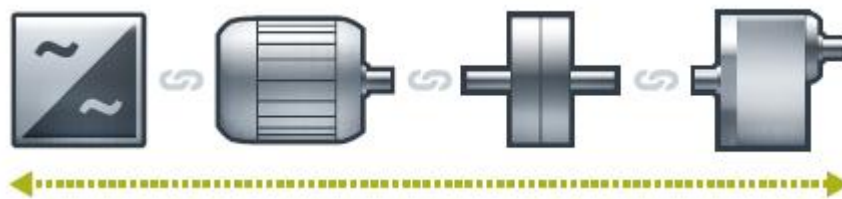
داده شده است، آهنربای دایم وجود دارد که باعث می‌شود این موتور هم مزایای موتورهای سوئیچ رلوکتانس و هم مزایای موتورهای آهنربای دایم را به صورت همزمان داشته باشد.



شکل ۴-۹: روتور یک موتور FS قبل و بعد از skew

۴-۳- موتورهای یکپارچه

موتورهای یکپارچه به معنی قرار گرفتن موتور، درایو الکترونیکی و احتمالاً گیربکس خروجی موتور، همانطور که در شکل ۴-۱۰ نشان داده شده است، در یک بسته و پوشش خارجی می‌باشد.



شکل ۴-۱۰: در سیستم یکپارچه تمامی قسمت‌ها در یک پوشش قرار می‌گیرند.

۴-۴- موتورهای ابررسانا

موتورهای ابررسانا انواع مختلفی از ساختارهای موتورهای الکتریکی را که در بالا بررسی شد را در بر می‌گیرد، با این تفاوت که از هادی‌های ابررسانا در سیم‌پندی‌های آنها استفاده می‌شود. با این کار تلفات موتورهای الکتریکی و حجم آنها به مقدار قابل

توجهی کاهش پیدا می‌کند. توسعه فناوری هادی‌های ابررسانا در آینده، زمینه را برای استفاده فراگیر از این فناوری فراهم می‌نماید.

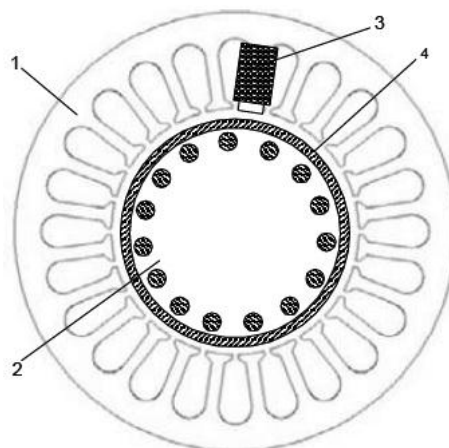
۴-۵- سیستم‌های تنظیم سرعت ('ASD)

غالب موتورهای الکتریکی مورد استفاده در بخش صنعت کشور از نوع موتورهای القایی سه‌فاز سرعت ثابت هستند. در صورت نیاز به سرعت متغیر لازم است از تجهیزات الکترونیک قدرت برای تغذیه موتور استفاده گردد که به سیستم‌های تنظیم سرعت (ASD) موسومند. استفاده از سیستم تنظیم سرعت به همراه موتور الکتریکی سرعت ثابت در برخی موارد نیاز ضروری می‌باشد؛ مانند مواقعی که از موتور القایی برای به حرکت درآوردن قطارها و مانند آن استفاده می‌شود. در بسیاری از موارد استفاده از این ترکیب نیاز ضروری نیست؛ مانند موتورهای الکتریکی که برای به حرکت درآوردن پمپ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این حالت هر چند استفاده از سیستم تنظیم سرعت ضروری نیست، ولی استفاده از آن باعث کاهش مصرف انرژی مجموعه موتور و پمپ می‌گردد؛ به همین دلیل امروزه به استفاده از سیستم تنظیم سرعت رو آورده شده است.

۴-۶- موتورهای Written Pole

ساختار موتورهای Written Pole در شکل ۴-۱۱ نشان داده شده است. در این موتورها سیم‌پیچی استاتور به صورت سه فاز یا تکفاز داخل شیارها توزیع می‌شود. رتور از سیم‌پیچی نوع قفسه‌سنجابی با مقاومت بالا برای تولید گشتاور آسنکرون تشکیل شده است. علاوه بر این، سطح فعال رتور با یک ماده مغناطیسی پوشیده شده که می‌تواند در طول عملکرد ماشین توسط سیم‌پیچی تحریک که روی یکی از دندانه‌های استاتور پیچیده می‌شود، آهنربا شود. بر روی این لایه مغناطیسی هر الگویی از قطب‌های مغناطیسی قابل اعمال است. ضخامت این لایه که از جنس فریت است، بسته به اندازه موتور، بین ۱۵ تا ۳۰ میلی‌متر است. در طراحی این موتور، امکان تنظیم پارامترهای راه‌اندازی به صورت مستقل از پارامترهای عملکردی وجود دارد.

^۱ Adjustable Speed Drives



شکل ۴-۱۱: ساختار ماشین *written-pole*، ۱- استاتور ۲- رتور ۳- کلاف تحریک ۴- لایه فرومغناطیس

این موتورها نیاز به درایو الکترونیکی برای عملکرد خود ندارند و بر خلاف قطب‌های مغناطیسی موتورهای آهنربایی دائم رایج که موقعیت آنها ثابت است، در موتورهای *written-pole* قطب‌ها تغییر می‌کنند. با عبور جریان از کلاف تحریک قرار گرفته روی استاتور، قطب‌های مغناطیسی بر روی لایه مغناطیسی که بر سطح رتور کشیده شده است، ایجاد می‌شوند. اگر فرکانس جریان کلاف تحریک برابر ۶۰ هرتز باشد، قطب‌های مغناطیسی ۶۰ بار در ثانیه بر روی لایه مغناطیسی نوشته شده و پاک می‌شوند. بدین معنی که مثلاً ابتدا قطب N ایجاد شده سپس پاک می‌شود و قطب S ایجاد می‌گردد. تغییر تناوبی قطب‌ها روی روتور باعث افزایش سرعت روتور تا رسیدن به سرعت سنکرون می‌شود.

۴-۷- محدوده بررسی سند

موتورهای الکتریکی که در این فصل به صورت مختصر ساختار آنها بررسی گردید، کاربردهای مختلفی در صنایع و تجهیزات صنعتی، تجاری و خانگی دارد و هر ساختار از موتورهای الکتریکی، با توجه به ویژگی‌های خاص آن، در یکی از این کاربردها استفاده می‌شود؛ به عنوان مثال از موتورهای القایی تکفاز بیشتر در کاربردهای تجاری و خانگی مانند یخچال، پمپ آب، سیستم‌های تهویه هوا استفاده می‌شود که در این سیستم‌ها ساعات کارکرد موتور قابل ملاحظه است. موتورهای یونیورسال در بسیاری از وسایل خانگی، مانند یخچال، آبمیوه‌گیری، جاروبرقی، ماشین لباسشویی و غیره استفاده می‌شوند. موتورهای یونیورسال مورد استفاده در لوازم خانگی، با توجه به تنوع زیاد لوازم خانگی، تنوع زیادی در محدوده توان مصرفی و سرعت

چرخش دارند؛ به عنوان مثال توان مصرفی موتورهای جاروبرقی، که به صورت مستقیم به کمپرسور آن وصل هستند، بیش از ۱۰۰۰ وات و سرعت آن بسیار بالا (تا ۳۰،۰۰۰ دور در دقیقه) است. در مقابل، توان مصرفی موتورهای الکتریکی چرخ گوشت کمتر از ۲۰۰ وات و سرعت آن چند هزار دور می‌باشد.

از آنجایی که بیش از ۶۰ درصد مصرف انرژی در بخش صنعت و بخش عمده‌ای از مصرف انرژی بخش خانگی، انرژی الکتریکی مصرفی توسط موتورهای الکتریکی مصرف می‌شود [۲۶]، لذا بحث بهینه‌سازی و افزایش بازده انرژی موتورهای الکتریکی نیاز به توجه ویژه‌ای در کشور دارد؛ به خصوص این که اغلب تجهیزات مورد استفاده در صنایع کشور فرسوده و قدیمی هستند و در نتیجه تلفات انرژی در آنها زیاد می‌باشد. لذا با توجه به این که از دیدگاه کلان و ملی، مساله مهم و اصلی، کاهش مصرف انرژی است، بهتر است که تدوین سند نقشه راه فناوری موتورهای الکتریکی، شامل ساختارها و کاربردهایی از موتورهای الکتریکی گردند که بیشترین سهم مصرف انرژی در مقایسه با سایر ساختارها را دارا می‌باشند. به همین دلیل در تدوین این سند، موتورهای الکتریکی گردان، با ساختار استوانه‌ای، مطابق با لیست زیر، مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱- موتورهای القایی (القایی پربازده)

۲- موتورهای آهنربای دائم

۳- موتورهای سرعت بالا

۴- موتورهای سنکرون رلوکتانسی

۵- موتورهای سوئیچ رلوکتانس

۶- موتورهای Flux Switching

۷- موتورهای یکپارچه

۸- موتورهای ابرسانا

۹- موتورهای Written Pole

۱۰- سیستم‌های تنظیم سرعت (ASD)

نتیجه گیری

در این گزارش ابتدا ادبیات موضوع توسعه فن آوری بررسی و ارایه گردید. سپس اسناد بالادستی شامل قوانین مصوب مجلس شورای اسلامی، سیاست‌های مصوب مجمع تشخیص مصلحت نظام، مصوبات هیئت دولت و تفاهم نامه‌های بین وزارتخانه‌های در حوزه‌های مرتبط با موتورهای الکتریکی مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه بازیگران موثر و فعال کشور در حوزه موتورهای الکتریکی مورد توجه قرار گرفته و نقشه نگاشت فناوری موتورهای الکتریکی با توجه به نقش بازیگران آن در حوزه‌های سیاست گذاری، تسهیل گری، تنظیم گری و ارایه کنندگان خدمات آموزشی و پژوهشی ایفا می کنند، تهیه شد. در پایان مروری بر انواع فناوری‌های موتورهای الکتریکی صورت گرفت و محدوده مطالعات سند مشخص شد.

مراجع

- [۱] سند نهایی چشم انداز ۲۰ ساله جمهوری اسلامی ایران، شورای تشخیص مصلحت نظام، ۱۳۸۲
- [۲] قانون برنامه پنجساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران ۱۳۹۰ - ۱۳۹۴، مجلس شورای اسلامی، ۱۳۸۹
- [۳] سیاست‌های کلی نظام جمهوری اسلامی ایران در مورد "انرژی"، ۱۳۷۹
- [۴] سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف، دفتر مقام معظم رهبری، ۱۳۸۹
- [۵] قانون ۷۵ ماده ای اصلاح الگوی مصرف، مجلس شورای اسلامی، ۱۳۸۹
- [۶] قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی، مجلس شورای اسلامی، ۱۳۸۹
- [۷] برنامه راهبردی وزارت نیرو، وزارت نیرو، ۱۳۹۰
- [۸] سیاست‌های اقتصاد مقاومتی، دفتر مقام معظم رهبری، ۱۳۹۲
- [۹] نقشه جامع علمی کشور، شورای عالی انقلاب فرهنگی، ۱۳۸۹
- [۱۰] قانون هدفمند نمودن یارانه ها، مجلس شورای اسلامی، ۱۳۸۹
- [۱۱] سند نقشه راه بهره وری انرژی الکتریکی، وزارت نیرو
- [۱۲] http://www.bsmt.ir/print.php?page_id=۳۷۷۹
- [۱۳] http://www.bsmt.ir/print.php?page_id=۳۸۲۱
- [۱۴] http://www.bsmt.ir/print.php?page_id=۱۵۷
- [۱۵] http://www.bsmt.ir/print.php?page_id=۸۰۳
- [۱۶] راهبرد صنایع حمل و نقل ریلی، ۱۳۹۲
- [۱۷] بیانیه طرح توسعه صنعت قطعه سازی کشور، ۱۳۹۳

[۱۸] <http://www.atf.gov.ir/>

[۱۹] www.spac.ir/

[۲۰] www.tco.ir/

[۲۱] قانون اهداف، وظایف و تشکیلات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (مصوب ۸۳/۰۵/۱۸ مجلس شورای اسلامی)

[۲۲] مجموعه هدف، وظایف و پست‌های سازمانی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مورد تأیید سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی

کشور، مرداد ۱۳۸۵

[۲۳] <http://itdf.ir/fa/>

[۲۴] www.hitechpark.com/index.php?m=news&cat=۷&pageNum_Recordset\=۷۸۶&totalRows_Recordset\=۸۰۱

[۲۵]. S.J. Chapman, "Electrical Machinery Fundamentals", McGraw-Hill Company, ۱۹۸۷.

[۲۶]. P. Walde, C.U. Brunner, " Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems", International energy agency, ۲۰۱۱.

فهرست مطالب

۱	مقدمه.....
۲	۱- بررسی کاربردها و میزان مصرف انرژی موتورهای الکتریکی.....
۳	۱-۱- کاربردهای موتورهای الکتریکی.....
۵	۲-۱- میزان مصرف انرژی الکتریکی.....
۱۰	۱-۲-۱- منابع تلفات انرژی الکتریکی.....
۱۲	۳-۱- مصرف انرژی سیستم‌های محرکه الکتریکی به تفکیک کشورها و کاربردها.....
۱۶	۴-۱- دسته‌بندی انواع موتورهای الکتریکی بر اساس اندازه، تعداد و مصرف انرژی.....
۱۶	۱-۴-۱- موتورهای کوچک.....
۱۷	۲-۴-۱- موتورهای متوسط.....
۱۸	۳-۴-۱- موتورهای بزرگ.....
۲۱	۲- بررسی توجیه پذیری اقتصادی و زیست محیطی تدوین سند نقشه راه فناوری موتورهای الکتریکی.....
۲۲	۱-۲- بهینه سازی مصرف انرژی و ایجاد اشتغال.....
۲۴	۱-۱-۲- اثرات زیست محیطی.....
۲۶	۲-۱-۲- بهینه سازی مصرف انرژی موتورهای الکتریکی و میزان اشتغال ایجاد شده در داخل کشور.....
۲۷	۲-۲- بررسی بازار موتورهای الکتریکی.....
۲۷	۱-۲-۲- بازار جهانی موتورهای الکتریکی.....
۲۹	۲-۲-۲- بررسی آمار واردات موتورهای الکتریکی.....

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: دیاگرام عمومی جریان انرژی در صنایع تولیدی و معدنی ۶
- شکل ۲-۱: مقایسه صنایع تولیدی و معدنی مختلف از نظر میزان سوخت و توان مصرفی در امریکا ۷
- شکل ۳-۱: سهم مصرف‌کننده‌های نهائی از میزان انرژی کلی مصرفی در ایالات متحده ۱۰
- شکل ۴-۱: توزیع مصرف و تلفات انرژی در فرآیندهای مختلف در صنایع ایالات متحده ۱۱
- شکل ۵-۱: پروفایل انرژی مصرفی و تلف شده در سیستم‌های موتوری در صنایع تولیدی و معدنی آمریکا ۱۲
- شکل ۶-۱: دیاگرام توزیع مصرف انرژی الکتریکی توسط تجهیزات مختلف-۲۰۰۶ ۱۳
- شکل ۷-۱: دیاگرام میزان مصرف انرژی الکتریکی جهانی به تفکیک کاربرد-۲۰۰۹ ۲۰
- شکل ۱-۲: مقایسه بازگشت سالیانه طرح‌های بهینه سازی مصرف انرژی بر روی تجهیزات مختلف با درآمدهای
بنگاه‌های مالی دیگر در امریکا ۲۳
- شکل ۲-۲: روند مصرف انرژی الکتریکی در بخش صنعت ۲۷

فهرست جداول

- جدول ۱-۱: انواع موتورهای الکتریکی و رابطه آن با نوع کاربردها ۴
- جدول ۲-۱: درصد تلفات انرژی در برخی از تجهیزات صنعتی ۶
- جدول ۳-۱: نگاه کلی به وضعیت انرژی و تلفات در صنایع تولیدی و معدنی کشور آمریکا (Trillion Btu) ۷
- جدول ۴-۱: مقایسه مصرف سوخت و انرژی الکتریکی در صنایع در ایالات متحده ۸
- جدول ۵-۱: مقایسه صنایع از نظر درصد انرژی الکتریکی و سوخت مصرفی در آمریکا ۹
- جدول ۶-۱: میزان انرژی مصرفی و تلف شده در فرآیندهای مختلف صنعتی در ایالات متحده ۱۰
- جدول ۷-۱: تخمین مصرف انرژی الکتریکی (TWh) در بخش‌های مختلف-۲۰۰۶ ۱۳
- جدول ۸-۱: میزان انرژی الکتریکی مصرفی جهانی به تفکیک بخش‌های مختلف-۲۰۰۶ ۱۳
- جدول ۹-۱: انرژی الکتریکی مصرفی جهانی توسط EMDS در بخش‌های مختلف-۲۰۰۶ ۱۴
- جدول ۱۰-۱: میزان انرژی الکتریکی مصرفی در بخش‌های مختلف در ۵۵ کشور و سهم الکتروموتورها -۲۰۰۶ ۱۵
- جدول ۱۱-۱: انرژی الکتریکی مصرفی تخمین زده شده برای سه دسته عمده از موتورهای الکتریکی-۲۰۰۹ ۱۹
- جدول ۱۲-۱: میزان تخمین زده شده انرژی الکتریکی مصرفی جهانی به تفکیک کاربرد الکتروموتورها در بخش‌های مختلف-۲۰۰۶ ۱۹
- جدول ۱-۲: هزینه اجتماعی تولید برق در بازار برق منطقه ای اصفهان (MWh / ریال) ۲۵
- جدول ۲-۲: تعداد برخی از انواع سیستم‌های موتوری به فروش رفته در صنایع آمریکا -۲۰۰۳ ۲۸
- جدول ۳-۲: سیستم‌های موتوری به فروش رفته در اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۵ ۲۸
- جدول ۴-۲: توزیع کاربری موتورها در بخش صنعت در آمریکا - ۱۹۹۷ ۲۹
- جدول ۵-۲: داده‌های مربوط به موتورهای موجود در سه کاربرد مختلف در اتحادیه اروپا-۲۰۰۵ ۲۹
- جدول ۶-۲: اطلاعات موتورهای الکتریکی وارداتی به کشور در طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲ ۲۹

مقدمه

موتورهای الکتریکی در گستره وسیعی از کاربردهای مسکونی، تجاری، کشاورزی، حمل و نقل و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند و از مهمترین مصرف‌کننده‌های انرژی الکتریکی هستند. بر اساس گزارش سازمان‌های بین‌المللی موتورهای الکتریکی در سال ۲۰۰۵ در حدود ۴۳٪ تا ۴۶٪ از کل انرژی الکتریکی مصرفی دنیا را مصرف کرده‌اند که منجر به تولید بیش از ۶۰۴۰ مگاتن گاز CO₂ شده است. این میزان فزاینده مصرف انرژی در صورت عدم تدوین سیاست‌ها و معیارهای موثر بهینه‌سازی مصرف انرژی، پیش‌بینی می‌گردد که تا سال ۲۰۳۰، میزان مصرف انرژی الکتریکی توسط موتورهای الکتریکی، به عدد ۱۳۳۶۰ TWh در هر سال و میزان انتشار گاز CO₂ به عدد ۸۵۷۰ Mt افزایش یابد.

برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی با هدف جلوگیری از افزایش شدت مصرف انرژی و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی اجرا می‌شوند. همچنین از آنجایی که بعد از گذشت مدتی از اجرای طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، این طرح‌ها مانند سایر طرح‌های اقتصادی به سود دهی می‌رسند، با پخش دوباره درآمدهای ناشی از اجرای این طرح‌ها در جامعه، اشتغال جدید تولید می‌شود. سیاست‌ها و برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در سراسر دنیا در بخش‌ها و تجهیزات پرمصرف اعمال می‌شوند که این امر سابقه‌ای نزدیک به ۳۰ تا ۴۰ سال دارد. به عنوان مثال برنامه بهینه‌سازی مصرف انرژی در آمریکا از دهه ۱۹۷۰ میلادی و متعاقب بحران نفتی شروع شد و امروزه با سرمایه‌گذاری و توجه بیشتری ادامه دارد.

در این گزارش که در دو فصل تهیه شده است، کاربردها، بازار جهانی موتورهای الکتریکی، میزان مصرف و صرفه‌جویی انرژی، میزان تولید اشتغال، آثار زیست محیطی و صرفه‌جویی‌های اقتصادی در صورت توسعه فناوری‌های نوین موتورهای الکتریکی بررسی گردیده است.

۱- بررسی کاربردها و میزان مصرف

انرژی موتورهای الکتریکی

موتورهای الکتریکی در گستره وسیعی از کاربردهای مسکونی، تجاری، کشاورزی، حمل و نقل و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند. موتورهای الکتریکی و سیستم‌های محرکه (EMDS)^۱، از مهمترین مصرف‌کننده‌های انرژی الکتریکی هستند که مصرف انرژی آنها، بیش از دو برابر انرژی مصرفی توسط سیستم‌های روشنایی است. سازمان بین‌المللی انرژی (IEA) مصرف انرژی الکتریکی سیستم‌های محرکه در سال ۲۰۰۵ را در کل جهان، در حدود ۷۲۰۰ TWh تخمین زده است که در حدود ۴۳٪ تا ۴۶٪ از کل انرژی الکتریکی مصرفی دنیا است و منجر به تولید بیش از ۶۰۴۰ مگاتن گاز CO₂ می‌گردد. در صورت عدم تدوین سیاست‌ها و معیارهای موثر بهینه‌سازی مصرف انرژی، پیش‌بینی می‌گردد که تا سال ۲۰۳۰، میزان مصرف انرژی الکتریکی توسط موتورهای الکتریکی، به عدد ۱۳۳۶۰ TWh در هر سال و میزان انتشار گاز CO₂ به عدد ۸۵۷۰ افزایش یابد. در حال حاضر، مصرف انرژی الکتریکی توسط مصرف‌کننده نهائی در حدود ۵۶۵ میلیارد دلار آمریکا است که پیش‌بینی می‌گردد این رقم تا سال ۲۰۳۰ به مبلغ ۹۰۰ میلیارد دلار آمریکا افزایش یابد [۱].

۱-۱- کاربردهای موتورهای الکتریکی

محرکه‌های الکتریکی^۲ مجموعه‌ای شامل بار مکانیکی (مانند انواع پمپ‌ها، فن‌ها و غیره)، موتور الکتریکی، واسطه انتقال توان از موتور به بار (کوپلینگ، گیربکس، تسمه و غیره) و درایو الکترونیکی موتور است که وظیفه آن تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی است. کاربردهای مختلف موتورهای الکتریکی و سیستم‌های محرکه در جدول ۱-۱ آورده شده است و در ادامه به اختصار توضیح داده می‌شود. لازم به ذکر است با توجه به این که اطلاعات قابل استنادی در مورد تعداد و توزیع موتورهای الکتریکی در کشور منتشر نشده است در این گزارش بیشتر بر گزارشات بین‌المللی و به ویژه کشور آمریکا استناد شده است [۲].

¹ Electric Motor Driven Systems

² Electrical Drives

جدول ۱-۱: انواع موتورهای الکتریکی و رابطه آن با نوع کاربردها

Electric motors		Pumps	Drinking water	Water/refrigerant	Sewage	Oil	
Rotating machines		Closed loop	Closed water supply system	Heating, cooling and chilling system	Pressure sewage system	Hydraulic pumps	
		Open pipe	Water supply system	Irrigation, cooling tower	Sewage system	Pipeline	
	Application	Fans	Air	Gas			
			Room air supply and exhaust, blowers	Natural gas systems			
		Compressors	Refrigerant	Air	Gas		
			Cooling machines for air conditioning and commercial freezers, refrigerators and freezers	Compressed-air storage and distribution system, pneumatic systems	Liquification systems		
		Rotating/mix/stir		Roller, rotors	Extruder	Textile handling	Mixers, stirring
			Solid	Metal, stone, plastics	Aluminium, plastics	Weaving, washing, drying	Food, colour, plastics
			Liquid				Food colour, plastics
		Transport		People	Goods	Vehicles	
Vertical			Passenger elevator	Goods elevator, cranes, hoists			
Inclined			Escalator	Conveyor	Cog wheel train, cable car, ropeway		
	Horizontal	Conveyor	Conveyor	Train, tram, trolley, cars, buses, electric cars, bikes and bicycles			
Linear motors		Open/close	Sort	Grab and place			
Back and forth movement		Valve		Robot			
Stepper motor		Open/close	Position				
Angular position		Valve	Servo				

- در بخش مسکونی؛ موتورهای الکتریکی در کاربردهایی نظیر سیستم تهویه، پمپ، پخت و پز، شست و شو، نظافت، فضای

سبز و ... به کار گرفته می شود.

- در بخش تجاری؛ موتورهای الکتریکی دارای کاربردهایی نظیر سیستم گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع، پمپ، انواع سیستم

های آسانسوری، شست و شو و نظافت است.

- در بخش کشاورزی؛ کاربردهایی نظیر پمپ و نقل و انتقال تجهیزات برای موتورهای الکتریکی وجود دارد.

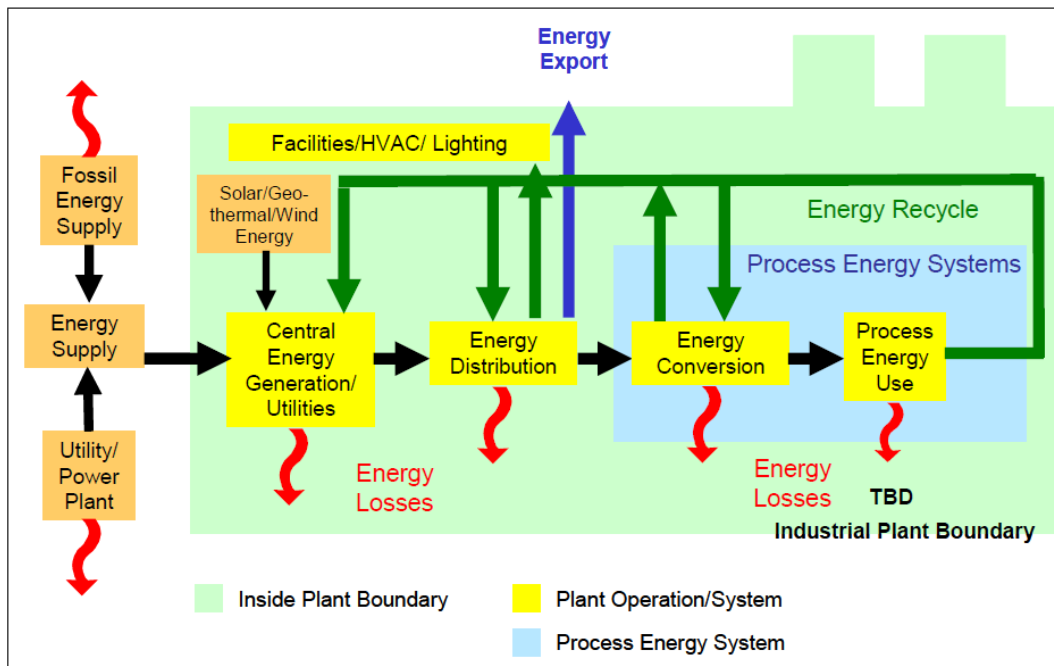
- در بخش حمل و نقل؛ موتورهای الکتریکی برای فعالیت‌های نظیر واگن‌های برقی، ماشین‌های سنگین، سیستم سرمایه‌گذاری و گرمایش ماشین‌ها و ...، تهویه مطبوع و تجهیزات وابسته، پمپاژ مواد در ماشین‌ها، قطارها و ...، سرو مکانیزم در هواپیماها و ...، به کار گرفته می‌شود.

- بخش صنعت به عنوان بالاترین مصرف کننده انرژی الکتریکی در سیستم‌های موتوری، از این تجهیزات در کاربردهایی مانند پمپاژ، فن‌ها، نقل و انتقال مواد (نقاله) و دیگر عملیات‌های فرآوری تجهیزات، استفاده می‌کند. در تمامی موارد یاد شده، موتورهای الکتریکی تنها بخشی از یک سیستم الکترومکانیکی را تشکیل داده و تلفات ایجاد شده در سیستم کلی الکترومکانیکی، عمدتاً در بخش‌های مکانیکی آن که وظیفه تبدیل انرژی و انتقال آن را بر عهده دارد، صورت می‌گیرد.

۱-۲- میزان مصرف انرژی الکتریکی

در شکل ۱-۱ نمودار عمومی جریان انرژی در صنایع تولیدی و معدنی نشان داده شده است. تلفات انرژی - در تمام طول بازه دریافت، توزیع، تبدیل و به کارگیری انرژی - به دلایل مختلف؛ نظیر محدودیت‌های گرمایی و مکانیکی، پرمصرف بودن قطعات و تجهیزات، خارج شدن سیستم از ناحیه بار کامل و غیره ایجاد می‌شود. در جدول ۱-۲ برخی از منابع تلفات انرژی و میزان آن، در صنایع مختلف مورد اشاره قرار گرفته است.

در جدول ۱-۳ خلاصه‌ای از برآوردهای صورت گرفته در رابطه با انرژی مصرفی و تلفات در صنایع تولیدی و معدنی در کشور آمریکا آورده شده است. مقادیر ثبت شده با رنگ قرمز در این جدول، نشان‌دهنده میزان تلفات است.



شکل ۱-۱: دیاگرام عمومی جریان انرژی در صنایع تولیدی و معدنی

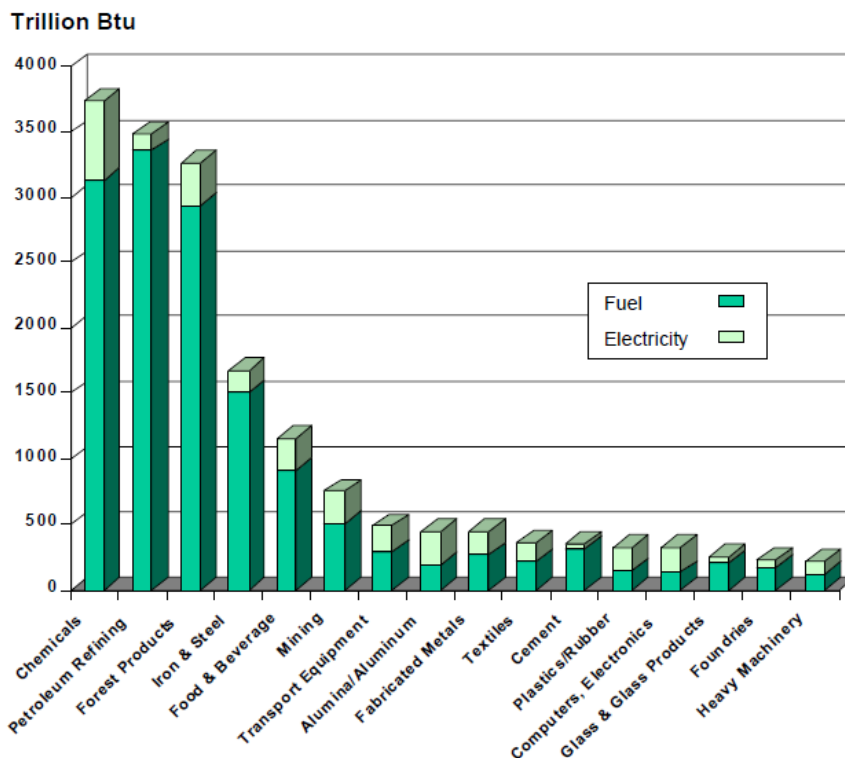
جدول ۱-۲: درصد تلفات انرژی در برخی از تجهیزات صنعتی

Energy System	Percent Energy Lost
Steam systems	Boilers – 20% Steam pipes and traps - 20% Steam delivery/heat exchangers – 15%
Power generation	Combined heat and power – 24% (4500 Btu/kWh) Conventional power – 45% (6200 Btu/kWh)
Energy distribution	Fuel and electricity distribution lines and pipes (not steam) – 3%
Energy conversion	Process heaters – 15% Cooling systems – 10% Onsite transport systems – 50% Electrolytic cells – 15% Other – 10%
Motor systems	Pumps – 40% Fans – 40% Compressed air – 80% Refrigeration – 5% Materials handling – 5% Materials processing (grinders) – 90% Motor windings – 5%

جدول ۱-۳: نگاه کلی به وضعیت انرژی و تلفات در صنایع تولیدی و معدنی کشور آمریکا (Trillion Btu)

Category	Manufacturing	Mining	TOTAL
Primary Energy Use	24658	1273	25931
Offsite Losses	6884	520	7404
Fuel & Electricity	17774	753	18527
Onsite Losses	5591	311	5902
Steam Generation	1233	1	1234
Power Generation	166	16	182
Energy Distribution	1330	13	1443
Energy Conversion	2862	281	3143
Facilities Energy	1405	neg	1405
Energy Exported	79	~0.01	79
Energy Delivered to Processes	10699	442	11141

بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، گاز طبیعی، با حدود ۳۸٪، بزرگترین سهم از انرژی خریداری شده در بخش صنعت و معدن آمریکا را به خود اختصاص داده است. پس از آن انرژی الکتریکی با ۱۷٪ و زغال سنگ، محصولات پتروشیمی و دیگر مواد سوختی با ۱۳٪، در رده‌های بعدی قرار دارند. بخش قابل توجهی از انرژی نیز به محصولات جانبی نظیر گازهای سوختی فسیلی، چوب و ... با ۳۲٪ اختصاص دارد.



شکل ۱-۲: مقایسه صنایع تولیدی و معدنی مختلف از نظر میزان سوخت و توان مصرفی در آمریکا

یک معیار دقیق برای بررسی وضعیت صنایع از نظر میزان انرژی مصرفی، مقایسه میزان مصرف سوخت و انرژی الکتریکی است. در این معیار، سوخت و انرژی الکتریکی خریداری شده به همراه محصولات جانبی تولیدی در محل واحد صنعتی و توان تولیدی در آن واحد (از منابعی نظیر انرژی خورشیدی) در نظر گرفته می‌شود. در شکل ۱-۲ و جدول ۱-۴ صنایع تولیدی و معدنی مختلف کشور آمریکا، از نظر میزان کل انرژی الکتریکی و سوخت مصرفی مقایسه و رتبه‌بندی گردیده‌اند.

جدول ۱-۴- مقایسه مصرف سوخت و انرژی الکتریکی در صنایع در ایالات متحده

Sector	Total		Fuel Use		Electricity	
	TBtu	Rank	TBtu	Rank	TBtu	Rank
Chemicals	3729	1	3127	2	602	1
Petroleum Refining	3478	2	3355	1	123	12
Forest Products	3263	3	2936	3	327	2
Iron & Steel Mills	1672	4	1509	4	163	10
Food & Beverage	1156	5	915	5	241	5
Mining	753	6	510	6	243	4
Transportation Equipment	488	7	293	8	195	6
Alumina & Aluminum	441	8	195	12	246	3
Fabricated Metals	441	9	265	9	176	9
Textiles	359	10	218	10	141	11
Cement	355	11	316	7	39	16
Plastics & Rubber	327	12	144	14	183	8
Computers, Electronics	321	13	127	15	194	7
Glass & Glass Products	254	14	200	11	54	15
Foundries	233	15	170	13	63	14
Heavy Machinery	213	16	117	16	96	13

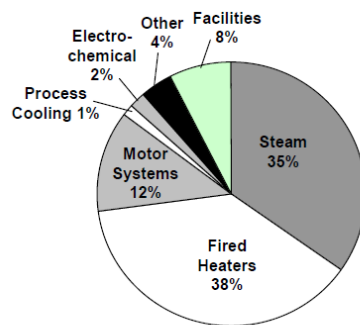
علاوه بر مقایسه و رتبه‌بندی صنایع از نظر میزان کل انرژی، انرژی الکتریکی و سوخت مصرفی به تفکیک، یک معیار مناسب دیگر برای مقایسه، تعیین درصد مصرف انرژی الکتریکی و سوخت در صنایع مختلف است. این معیار، فاکتور مناسبی جهت تعیین آسیب‌پذیری صنایع مختلف نسبت به قیمت انرژی و یا نوسانات منابع است که در جدول ۱-۵ آورده شده است.

جدول ۵-۱: مقایسه صنایع از نظر درصد انرژی الکتریکی و سوخت مصرفی در امریکا

Sector	%Fuel	%Electric
Chemicals	84	16
Forest Products	90	10
Alumina/Aluminum	44	56
Mining	68	32
Food & Beverage	79	21
Transportation Equipment	60	40
Computers, Electronics	40	60
Plastics and Rubber	44	56
Fabricated Metals	60	40
Iron and Steel Mills	90	10
Textiles	61	39
Petroleum Refining	96	4
Heavy Machinery	55	45
Foundries	73	27
Glass and Glass Products	79	21
Cement	89	11

جدول ۵-۱ از یک نگاه دیگر نیز برای استفاده در داخل کشور کاربردی‌تر از جداول دیگر است؛ در جداول و شکل‌هایی که پیش از این ارائه گردید، اعداد و ارقام تماماً مرتبط با حوزه انرژی در صنایع تولیدی و معدنی کشور آمریکا است که ممکن است سبب صنایع و نوع آنها نسبت به ایران دارای انحراف زیادی باشد. ولی، درصد ارائه شده در جدول ۵-۱ تا حد بسیار زیادی از نوع و سبب صنایع به دور بوده و مرتبط با نوع فرآیند است که عموماً در تمامی کشورها به شکل مشابهی پیاده‌سازی می‌گردد.

انرژی ورودی به هر صنعت، شامل سوخت و انرژی الکتریکی، برای کاربردهای مختلفی نظیر فرآیندهای حرارتی، راه‌اندازی الکتروموتورها و غیره به کار گرفته می‌شود. سهم هریک از این بخش‌ها در میزان مصرف انرژی در شکل ۱-۳ نشان داده شده است. همان گونه که ملاحظه می‌شود، فرآیندهای گرمایش و سرمایش در صنایع مختلف با حدود ۷۴٪ بزرگترین منابع مصرف‌کننده انرژی می‌باشند. پس از آن، الکتروموتورها با حدود ۱۲٪ از کل انرژی مصرفی در رده دوم قرار دارند.



Total Delivered Fuel and Electricity: 18527 TBtu

شکل ۱-۳: سهم مصرف‌کننده‌های نهائی از میزان انرژی کلی مصرفی در ایالات متحده

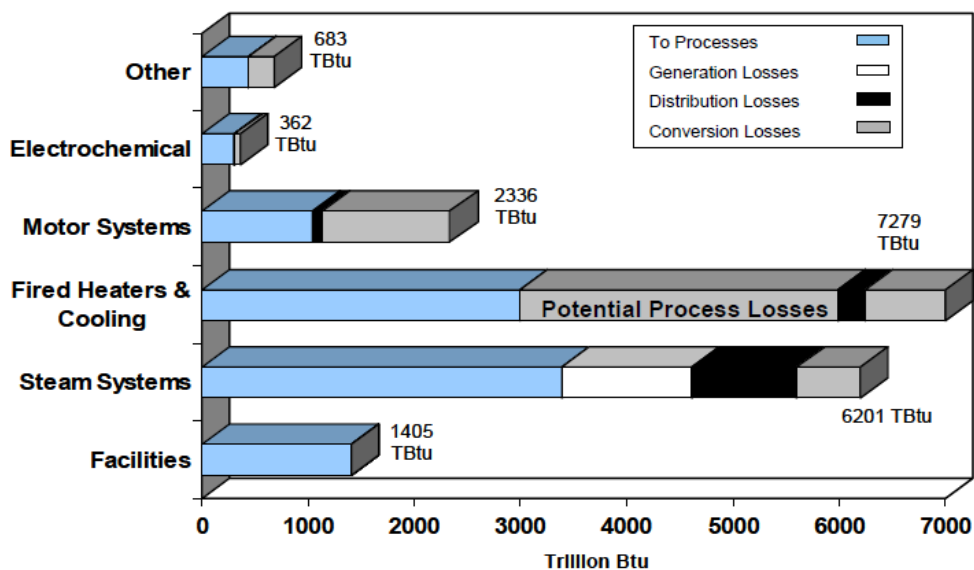
درصدهای استخراج شده مرتبط با مجموع کلیه صنایع بوده و ممکن است از یک صنعت به صنعت دیگر، تفاوت فاحشی مشاهده شود [۱].

۱-۲-۱- منابع تلفات انرژی الکتریکی

شناسایی منابع تلفات انرژی در صنایع، در استخراج برنامه‌های صرفه‌جویی انرژی بسیار موثر خواهد بود. به این منظور، سهم منابع تلف‌کننده انرژی در صنایع مختلف، در شکل ۱-۴ و جدول ۱-۶ ارائه شده است. مطلب قابل توجه در این اطلاعات، مرتبط بودن میزان تلفات انرژی با انرژی وارد شده به فرآیند و پیش از پردازش است. در هر فرآیند و پس از انجام کار نیز بخشی از انرژی می‌تواند تلف گردد. این بخش از تلفات، برای مثال، بخار یا هوای گرم به هدر رفته را شامل می‌شود.

جدول ۱-۶: میزان انرژی مصرفی و تلف شده در فرآیندهای مختلف صنعتی در ایالات متحده

	To Process/ End Use	Generation Losses	Distribution Losses	Conversion Losses	Total Onsite Losses	Total
Facilities	1405	na	na	na	na	1405
Steam Systems	3382	1234	987	598	2819	6201
Fired Heaters and Cooling Systems	5983	na	256	1040	1296	7279
Motor Systems	1047	na	85	1204	1289	2336
Electrochemical	295	na	15	52	67	362
Other Uses	434	na	na	249	249	683
Onsite Power	*(482)	182	na	na	182	182
Export of Power	79	na	na	na	na	79
TOTALS	12625	1416	1343	3143	5902	18527

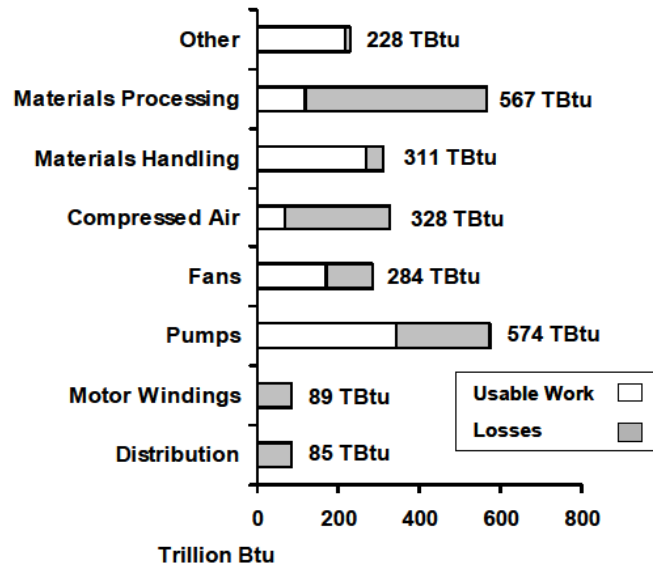


*Onsite generated power has been distributed among end-uses and is not included in the total.

شکل ۱-۴: توزیع مصرف و تلفات انرژی در فرآیندهای مختلف در صنایع ایالات متحده

در شکل ۱-۵ میزان کل انرژی مصرفی و تلفات سیستم‌های محرکه در صنایع تولیدی و معدنی آمریکا به نمایش گذاشته شده است. همان گونه که این شکل نمایش می‌دهد، بخش الکتریکی موتورها با حدود ۹۵-۹۰٪ بازدهی، کمترین میزان تلفات را به خود اختصاص داده است. در مقابل، بخش اعظم تلفات، ناشی از سیستم‌های مبدل انرژی به کار گرفته شده در سیستم‌های موتوری است. برای مثال، در سیستم‌های موتوری پردازش مواد، نظیر خردکن‌ها، مخلوط‌کن‌ها و ...، میزان تلفات کل سیستم به حدود ۹۰-۸۰٪ می‌رسد [۱].

¹ material processing



شکل ۱-۵- پروفایل انرژی مصرفی و تلف شده در سیستم‌های موتوری در صنایع تولیدی و معدنی آمریکا

۱-۳- مصرف انرژی سیستم‌های محرکه الکتریکی به تفکیک کشورها و کاربردها

مطالعات صورت گرفته بر روی میزان مصرف انرژی الکتریکی در سال ۲۰۰۶ توسط آژانس بین‌المللی انرژی^۱، نشان می‌دهد که میزان مصرف انرژی الکتریکی در موتورها در حدود ۷۲۰۰ TWh در دنیا بوده است. جدول ۱-۷ میزان مصرف سیستم‌های الکتریکی مهم در بخش‌های مختلف را نمایش می‌دهد.

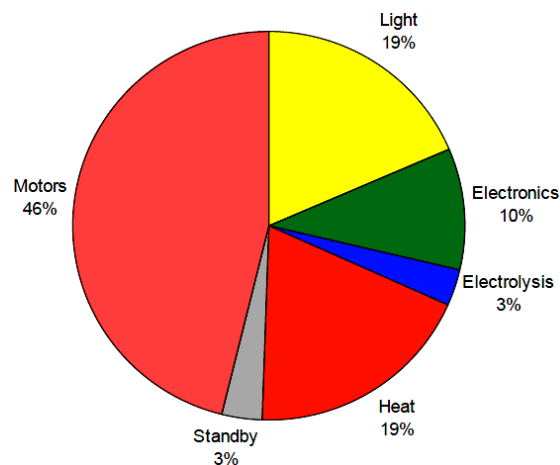
همان گونه که در جدول ۱-۷ و شکل ۱-۶ نمایش داده شده است، الکتروموتورها با مصرف حدود ۴۶٪ از کل انرژی الکتریکی جهانی، بزرگترین مصرف‌کننده‌های این نوع انرژی هستند از این‌رو، بررسی وضعیت عملکرد آن‌ها بیش از دیگر تجهیزات الکتریکی موجود، حائز اهمیت خواهد بود.

میزان مصرف انرژی الکتریکی به تفکیک بخش‌های مختلف در سال ۲۰۰۶، در جدول ۱-۸ ارائه گردیده است.

¹ International Energy Agency-IEA

جدول ۱-۷: تخمین مصرف انرژی الکتریکی (TWh) در بخش‌های مختلف-۲۰۰۶

Sector	All	Light	Electronics	Electrolysis	Heat	Standby	Motors
Industry	6 500	500	200	500	800	100	4 400
Transport	300	100	0	0	0	0	200
Residential	4 300	900	700	0	1 600	200	900
Commercial and public services	3 700	1 300	500	0	300	200	1 500
Agriculture, forestry and fishing	400	0	100	0	200	0	100
Others	500	100	100	0	200	0	200
Total	15 700	2 900	1 600	500	2 900	500	7 200
Share of total (%)		18.6%	10.0%	3.2%	18.7%	3.3%	46.2%



شکل ۱-۶: دیاگرام توزیع مصرف انرژی الکتریکی توسط تجهیزات مختلف-۲۰۰۶

جدول ۱-۸: میزان انرژی الکتریکی مصرفی جهانی به تفکیک بخش‌های مختلف-۲۰۰۶

بخش	مصرف انرژی الکتریکی (TWh)
صنعت	۶۵۱۰
حمل و نقل	۲۷۰
مسکونی	۴۳۱۰
تجاری و خدمات عمومی	۳۶۹۰
کشاورزی، جنگل کاری و ماهیگیری	۴۱۰
غیره	۴۸۰
مجموع	۱۵۶۵۰

بر اساس آمار استخراج شده، بیشترین میزان مصرف انرژی الکتریکی توسط الکتروموتورها، به ترتیب در بخش‌های صنعتی، تجاری، مسکونی و حمل و نقل و کشاورزی است. از طرف دیگر، درصد انرژی الکتریکی مصرف شده توسط الکتروموتورها در هر بخش، نسبت به دیگر مصرف‌کننده‌های الکتریکی در همان بخش، در ستون چهارم جدول ۹-۱ ارائه گردیده است.

جدول ۹-۱: انرژی الکتریکی مصرفی جهانی توسط EMDS در بخش‌های مختلف-۲۰۰۶

بخش	مصرف انرژی الکتریکی	درصد از مصرف کل سیستم‌های محرکه	درصد از بخش انرژی
صنعت	۴۴۸۸ Twh/year	٪ ۶۴	٪ ۶۹
تجارت	۱۱۴۲ Twh/year	٪ ۲۰	٪ ۳۸
خانگی	۹۴۸ Twh/year	٪ ۱۳	٪ ۲۲
حمل و نقل و کشاورزی	۲۶۰ Twh/year	٪ ۳	٪ ۳۹

جدول ۱-۱: میزان انرژی الکتریکی مصرفی در بخش‌های مختلف در ۵۵ کشور و سهم الکتروموتورها - ۲۰۰۶

Country	National electricity demand (TWh/year)	Electricity demand for all kinds of electric motors by sector (TWh/year)							Motor's share of national total
		Industry	Commercial	Agricultural	Transport	Residential	Total motors		
1 United States	3 722	632	498	0	4	297	1 431	38.4%	
2 EU-27	2 813	787	282	13	44	177	1 303	46.3%	
3 China	2 317	1 092	50	24	13	72	1 251	54.0%	
4 Japan	981	221	138	0	11	62	432	44.1%	
5 Russia	681	244	43	4	52	25	367	53.9%	
6 Canada	499	141	51	2	3	33	229	45.9%	
7 India	506	157	15	24	6	24	226	44.7%	
8 Korea, South	371	131	46	1	2	12	191	51.4%	
9 Brazil	375	126	34	4	1	19	184	49.0%	
10 South Africa	198	78	11	1	3	8	102	51.4%	
11 Australia	210	65	19	0	2	14	99	47.3%	
12 Mexico	199	77	8	2	1	11	98	49.4%	
13 Taiwan	207	70	11	1	1	9	92	44.4%	
14 Ukraine	130	47	8	1	6	6	68	52.3%	
15 Turkey	141	46	14	1	0	8	68	48.4%	
16 Thailand	128	41	16	0	0	6	62	48.8%	
17 Iran	151	36	10	4	0	11	62	41.1%	
18 Norway	108	34	8	0	1	7	51	47.3%	
19 Indonesia	113	30	10	0	0	10	49	43.8%	
20 Argentina	99	33	9	0	0	6	48	48.6%	
21 Saudi Arabia	143	9	16	1	0	19	44	31.0%	
22 Venezuela	81	28	7	0	0	5	40	49.7%	
23 Pakistan	73	15	4	2	0	7	28	38.2%	
24 Switzerland	58	13	6	0	2	4	26	44.3%	
25 Vietnam	49	16	2	0	0	5	22	45.9%	
26 Israel	46	8	6	1	0	3	18	38.6%	

Country	National electricity demand (TWh/year)	Electricity demand for all kinds of electric motors by sector (TWh/year)						
		3	0	0	3	17	43.2%	
27 New Zealand	38	10	3	0	0	3	17	43.2%
28 Bangladesh	22	6	1	0	0	2	9	42.8%
29 Costa Rica	8	1	1	0	0	1	3	38.1%
Total (55 countries)	14 465	4 193	1 324	89	153	862	6 621	45.8%
Share of motor electricity	100%	29%	9%	1%	1%	6%	46%	
Rest of World	1 195	295	88	12	6	86	487	
World	15 660	4 488	1 412	101	159	948	7 108	45.4%
55 countries share of world	92%	93%	94%	88%	96%	91%	93%	
Sector share of total		68.9%	38.3%	25.0%	60.0%	22.0%		

تخمینی از میزان انرژی الکتریکی مصرفی در بخش‌های مختلف، در ۵۵ کشور جهان و درصد مصرف انرژی الکتریکی توسط موتورها در هر کشور، در جدول ۱-۱ ارائه شده است. از مجموع این آمار این گونه بر می‌آید که موتورهای الکتریکی با مصرف حدود ۴۶٪ از کل انرژی الکتریکی جهانی بزرگترین مصرف‌کننده‌های انرژی الکتریکی بوده و در این میان، الکتروموتورهای موجود در بخش صنعت، با اختصاص حدود ۶۴٪ از کل انرژی الکتریکی مصرفی توسط موتورها، بزرگترین مصرف‌کننده از میان تمامی الکتروموتورهای موجود در بازار است. به عبارت دیگر، الکتروموتورهای موجود در بخش صنعت، در حدود ۳۰٪ از مصرف کل انرژی الکتریکی جهانی را به خود اختصاص داده‌اند.

۱-۴- دسته‌بندی انواع موتورهای الکتریکی بر اساس اندازه، تعداد و مصرف انرژی

موتورهای موجود در بازار، از نظر اندازه و توان به سه دسته موتورهای کوچک (کمتر از ۰/۷۵ kW)، متوسط (۰/۷۵ kW - ۳۷۵ kW) و بزرگ (بیشتر از ۳۷۵ kW) تقسیم‌بندی می‌گردند.

۱-۴-۱- موتورهای کوچک

بخش عمده موتورهای الکتریکی در حال کار از نظر تعداد، شامل موتورهای کوچک با توان کمتر از ۰/۷۵ kW است که در بسیاری از کاربردهای تجاری و مسکونی به کار گرفته می‌شود.

- این موتورها از نظر تعداد، در حدود ۹۰٪ بازار موتور (در حدود دو میلیارد موتور) و از نظر میزان مصرف انرژی، تنها در حدود ۹٪ از کل انرژی الکتریکی مصرفی توسط موتورها و، در حدود ۴٪ از کل انرژی الکتریکی مصرفی جهانی را، به خود اختصاص می‌دهند.
- این موتورها عموماً به شکل پکیج شده و انبوه تولید گردیده و دارای کاربردهایی نظیر کمپرسور یخچال‌ها، فن‌ها، درایوهای کامپیوتر و ... است. بسیاری از این کاربردها از سیاست‌های مربوط به سیستم‌های پکیج شده پیروی نموده و چندان به موتور الکتریکی به عنوان یک جزء توجه نشده است.
- در اتحادیه اروپا و تا سال ۲۰۱۰، تنها ۳۸٪ از موتورهای الکتریکی در حوزه مصارف خانگی و تجاری از استانداردهای مصرف بهینه پیروی نموده‌اند.

۱-۴-۲- موتورهای متوسط

بخش اعظم و عمده مصرف انرژی الکتریکی، به موتورهای یا اندازه متوسط (۳۷۵ kW - ۰/۷۵) باز می‌گردد.

- این موتورها در حدود ۶۸٪ از کل انرژی الکتریکی مصرفی توسط موتورهای الکتریکی و حدود ۳۰٪ از کل انرژی الکتریکی جهانی را، به خود اختصاص داده‌اند.
- موتورهای با سایز متوسط با تکنولوژی‌های متفاوتی تولید شده ولی، موتورهای القائی آسنکرون بیشترین حجم تولید و مصرف انرژی را در این بخش به خود اختصاص داده‌اند.
- موتورهای با سایز متوسط به شکل تولید انبوه و برای ارائه به کارخانه‌های سازنده تجهیزات پکیج شده، و یا به شکل تک ساخت تولید می‌گردند.
- موتورهای با سایز متوسط، بیش از همه در صنایع و پس از آن، در بخش‌های تجاری و زیربنایی و به ندرت در بخش مسکونی به کار گرفته می‌شود.
- کاربرد عمده موتورهای با سایز متوسط در تولید فن‌ها، پمپ‌ها و کمپرسورها است.
- در حال حاضر، بسیاری از سازندگان موتورهای با سایز متوسط، استانداردهای اقتصادی بهینه‌سازی انرژی را در مورد موتورهای آسنکرون القائی، به عنوان یک قطعه مجزا، اعمال نموده‌اند. با این وجود، تا کنون استانداردهای بهینه‌سازی انرژی بر روی موتورهای با اندازه متوسط غیر از آسنکرون، و موتورهای آسنکرون پکیج شده وجود ندارد.

۱-۴-۳- موتورهای بزرگ

موتورهای با اندازه بزرگ، دارای توان های بیش از ۳۷۵ kW بوده و عمدتاً از موتورهای AC ولتاژ بالا تشکیل یافته است.

- این موتورها، به شکل تک ساخت و پکیج نشده تولید می گردد.
- از نظر تعداد، این موتورها تنها ۰/۰۳٪ از کل تعداد موتورهای موجود را تشکیل داده ولی، حجم مصرف آن معادل با ۲۳٪ مصرف کلیه موتورهای الکتریکی و ۱۰/۴٪ از کل انرژی مصرفی جهانی است.
- در هیچ کجای دنیا، این موتورها تا کنون تحت استانداردهای بهینه سازی مصرف در نیامده است.
- در حال حاضر تنها یک سوم از کشورهای جهان، استانداردهای بهینه سازی انرژی را بر روی موتورهای بخش صنعتی اعمال نموده اند.
- در صورتی که تمامی کشورها، استانداردهای بهینه سازی انرژی بر روی موتورهای بخش صنعتی را تدوین نمایند، تخمین زده می شود که تا سال ۲۰۳۰، میزان صرفه جویی در انرژی الکتریکی به ۳۲۲ TWh و حجم کاسته شده از گاز CO₂ به ۲۰۶ Mt در سال افزایش یابد.

میزان انرژی مصرفی تخمین زده شده برای سه دسته موتور معرفی شده، در جدول ۱-۱۱ خلاصه گردیده است.

- در جدول ۱-۱۲ میزان مصرف انرژی الکتریکی انواع موتورهای الکتریکی در بخش‌های مختلف، در سال ۲۰۰۶، ارائه گردیده است. مطابق با این جدول، کمپرسورها و الکتروموتورهای به کارگرفته شده برای ایجاد حرکتها (جابجایی‌ها) مکانیکی، بزرگترین مصرف کننده‌های انرژی الکتریکی جهانی و بخش صنعت، می‌باشند.

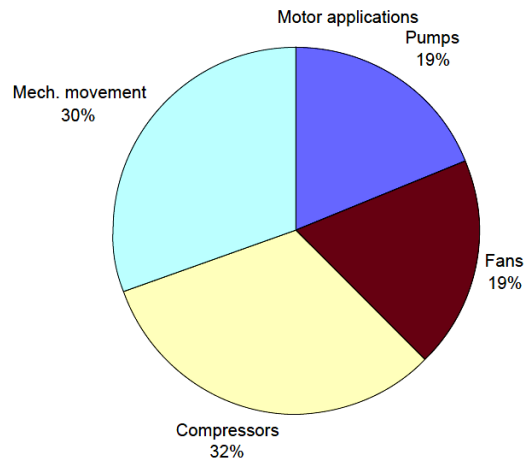
جدول ۱-۱: انرژی الکتریکی مصرفی تخمین زده شده برای سه دسته عمده از موتورهای الکتریکی-۲۰۰۹

Motor size	Output size, P_m (kW)				Operation		Number of running stock (millions)	Life-time (years)	Sales (millions/year)	Motor efficiency		Power (P_e) Total GW_e	Electricity demand (TWh/year)
	Min	Max.	Median	Total GW_m	Hours/year	Load factor				Nominal	Mean		
Small	0.001	0.75	0.16	316	1 500	40%	2 000	6.7	300	40%	30%	422	632 (9.1%)
Medium	0.75	375	9.5	2 182	3 000	60%	230	7.7	30	86%	84%	1 559	4 676 (67.6%)
Large	375	100 000	750	450	4 500	70%	0.6	15.0	0.04	90%	88%	358	1 611 (23.3%)
Total				2 948			2 231	6.8	330		79%	2 338	6 919 (100%)

جدول ۱-۱۲: میزان تخمین زده شده انرژی الکتریکی مصرفی جهانی به تفکیک کاربرد الکتروموتورها در بخش‌های

مختلف-۲۰۰۶

Sectors	Total demand of electric motors (TWh/year)	Pumps		Fans		Compressors		Mechanical movement	
		Demand (TWh/yr)	Sector motor share	Demand (TWh/yr)	Sector motor share	Demand (TWh/yr)	Sector motor share	Demand (TWh/yr)	Sector motor share
Industry	4 488	942	21%	718	16%	1 122	25%	1 705	38%
Commercial	1 412	223	16%	339	24%	603	43%	247	18%
Agricultural	101	20	20%	20	20%	20	20%	40	40%
Transport	159	16	10%	16	10%	48	30%	80	50%
Residential	948	142	15%	237	25%	474	50%	95	10%
Total	7 108	1 344	18.9%	1 330	18.7%	2 267	31.9%	2 167	30.5%



شکل ۱-۷: دیاگرام میزان مصرف انرژی الکتریکی جهانی به تفکیک کاربرد-۲۰۰۹

۲- بررسی توجیه پذیری اقتصادی و

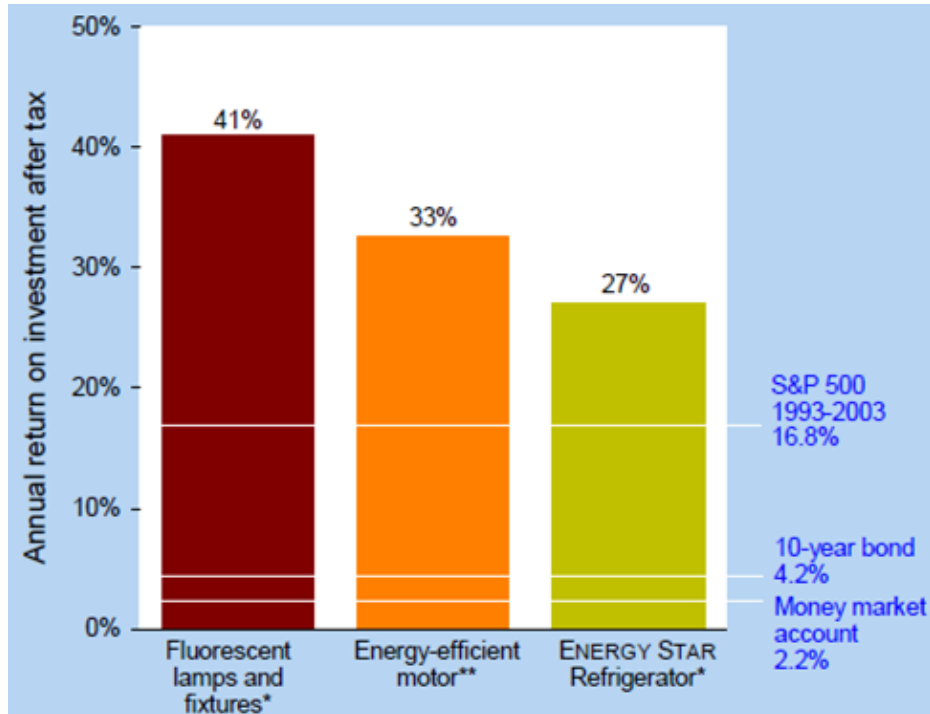
زیست محیطی تدوین سند نقشه راه

فناوری موتورهای الکتریکی

۱-۲- بهینه‌سازی مصرف انرژی و ایجاد اشتغال

برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی با هدف اصلی جلوگیری از افزایش شدت مصرف انرژی و اهداف جانبی همچون کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و در برخی موارد افزایش قابلیت اطمینان سیستم‌ها تعریف و اجرا می‌شوند. رسیدن به اهداف بهینه‌سازی مصرف انرژی نیازمند تغییر در نگرش یا تغییر در سیستم‌های مصرف کننده و تولید کننده انرژی است؛ به عنوان مثال جهت کاهش مصرف انرژی در سیستم‌های محرکه الکتریکی، از یکی از دو روش به کارگیری تنظیم کننده سرعت (ASD) و یا تغییر در خود ساختار موتور (مانند تغییر جنس بخشی از روتور یا استاتور موتور) امکان پذیر است.

بعد از گذشت مدتی از اجرای طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، این طرح‌ها مانند سایر طرح‌های اقتصادی به سود دهی می‌رسند. در اولین نگاه به این برنامه‌ها، چنین به نظر می‌رسد که اجرای این دست برنامه‌ها فقط منجر به مصرف کمتر انرژی شده و بنابراین نیاز به نیروی انسانی کمتر و در نتیجه اشتغال کمتر می‌شود. ولی با در نظر گرفتن اثرات اقتصادی این طرح‌ها به صورت کلان و پخش دوباره درآمدهای ناشی از اجرای این طرح‌ها در جامعه، اشتغال جدید تولید می‌شود؛ برای اجرای این طرح‌ها نیاز به افرادی برای ساخت تجهیزاتی جهت استفاده در مراحل اجرایی طرح‌ها و همچنین نفراتی جهت پیاده‌سازی آنها است. از طرف دیگر با کاهش هزینه‌های شرکت‌ها و کارخانجات تولیدی از محل کاهش مصرف انرژی، منابع مالی صرفه‌جویی شده از محل طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، آنها می‌توانند این منابع را برای گسترش کار و طرح‌های جدید خود استفاده کنند که این امر نیز خود باعث ایجاد اشتغال می‌شود. در شکل ۱-۲ میزان درآمد ناشی از اجرای طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی بر روی تجهیزات مختلف با میزان سود دهی سایر بنگاه‌های اقتصادی در کشور آمریکا نشان داده شده است. همچنان که از شکل مشهود است، میزان سود حاصل از طرح‌های بهینه‌سازی بر روی موتور الکتریکی در طی یک سال تقریباً دو برابر سود سهام ارزشمندی همچون S&P در طی ۱۰ سال می‌باشد [۳].



شکل ۱-۲: مقایسه بازگشت سالیانه طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی بر روی تجهیزات مختلف با درآمدهای بنگاه‌های

مالی دیگر در امریکا

سیاست‌ها و برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در سراسر دنیا در بخش‌ها و تجهیزات پرمصرف اعمال می‌شوند که این امر سابقه‌ای نزدیک به ۳۰ تا ۴۰ سال دارد. به عنوان مثال برنامه بهینه‌سازی مصرف انرژی در آمریکا از دهه ۱۹۷۰ میلادی و متعاقب بحران نفتی شروع شد و امروزه با سرمایه‌گذاری و توجه بیشتری ادامه دارد. بر طبق پیش‌بینی‌های انجام شده، برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی تا سال ۲۰۳۰ منجر به کاهش ۴۳۰ میلیارد تراوات ساعت - که معادل ۱۲ درصد از کل مصرف انرژی الکتریکی در بخش خانگی در همان سال است - می‌گردد. این عدد معادل ۹،۳ درصد از مصرف انرژی الکتریکی در کشور آمریکا است. میزان سرمایه‌گذاری شرکت‌های برق در برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در آمریکا در حدود ۰/۷ درصد تا ۳ درصد از کل درآمد آن شرکت‌ها است. بر طبق آخرین گزارش موسسه CEE^۱ در طی برنامه "وضعیت برنامه‌های

1 US and Canadian consortium of gas and electric efficiency program administrators

بهینه‌سازی صنعت^۱، میزان سرمایه‌گذاری سالیانه در این زمینه ۵٫۴ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۰ بوده که نسبت به سال ۲۰۰۹ افزایش ۴۴ درصدی داشته است. نتایج یک تحقیق در زمینه برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ایالت کالیفرنیا (CEC, 2005) نشان می‌دهد که برنامه‌های فوق منجر به کاهش مصرف انرژی الکتریکی به میزان ۴۰ هزار گیگاوات ساعت و ۱۲ هزار مگاوات ساعت در زمان پیک مصرف برق شده که این مقدار معادل ۲۴۵۰۰ مگاوات است.

یکی از مهم‌ترین نتایج اجرای برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی همان‌طور که قبلاً نیز به آن اشاره شد ایجاد اشتغال پایدار در جامعه می‌باشد. به عنوان نمونه با به کارگیری این برنامه‌ها، پیش‌بینی می‌گردد که در آمریکا تا سال ۲۰۲۰ مبلغ ۱/۲ تریلیون دلار صرفه جویی شود. اجرای برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی تا سال ۲۰۱۰، ۳۴۰ هزار شغل، به میزان ۰/۲ درصد از کل شغل‌های کشور آمریکا، را ایجاد کرده است. میزان اشتغال ایجاد شده در اثر سرمایه‌های آزاد شده در اثر بهینه‌سازی مصرف انرژی، تا سال ۲۰۲۰ حدود ۷۵۰ هزار شغل و تا سال ۲۰۳۰ حدود ۱/۵ میلیون نفر در آمریکا خواهد بود. بخش عظیمی از این اشتغال با جایگزینی تجهیزات کم مصرف اتفاق می‌افتد. طی این برنامه‌ها در سال ۲۰۱۰، مبلغ ۳۴ میلیارد دلار، در سال ۲۰۲۰ مبلغ ۶۴ میلیارد دلار و در سال ۲۰۳۰ مبلغ ۶۸ میلیارد دلار در هزینه‌های مصرف انرژی، صرفه جویی می‌شود.

در کشور آمریکا به ازای هر یک میلیون دلار سرمایه‌گذاری در بخش تولید و توزیع انرژی، برای ۷ نفر اشتغال‌زایی می‌شود. در حالی که با به کارگیری طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی و جلوگیری از هزینه جهت تولید انرژی بیشتر و به کارگیری سرمایه‌های آزاد شده به ازای هر یک میلیون دلار، برای ۱۷ نفر شغل ایجاد می‌شود. همچنین سرمایه‌گذاری در ساخت نیروگاه‌های با سوخت زغال سنگ به ازای هر یک تراوات ساعت، به میزان ۱۱۰ نفر شغل ایجاد می‌کند؛ در حالی که اجرای برنامه‌های کاهش مصرف انرژی به همان مقدار فوق‌الذکر، برای ۳۸۰ نفر شغل ایجاد می‌کند [۳].

۲-۱-۱- اثرات زیست محیطی

بر اساس داده‌های وزارت انرژی آمریکا، انجمن سازندگان الکتریکی (NEMA) تخمین زده است که با استفاده از موتورهای الکتریکی بازده بالا (NEMA Premium efficiency) به جای استفاده از موتورهای با استاندارد برنامه EPAct، در طی ۱۰

¹ State of the Efficiency Program Industry

سال آینده به میزان ۵۸۰۰ گیگاوات ساعت در مصرف انرژی الکتریکی صرفه‌جویی می‌شود و از انتشار آلاینده‌های زیست محیطی به میزان ۸۰ میلیون تن جلوگیری می‌شود. در اتحادیه اروپا میزان مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در سال ۲۰۰۰ بالغ بر ۶۱۴ تراوات ساعت، معادل ۲۴ درصد از کل مصرف انرژی الکتریکی این اتحادیه بوده است [۴].

تلفات انرژی در موتورهای الکتریکی را می‌توان با راهکارهایی همچون افزایش قطر سیم پیچی‌های مسی و کاهش مقاومت سیم‌پیچی‌ها، استفاده از مواد مغناطیسی با کیفیت بالاتر، بهبود آیرودینامیک موتور و استفاده از روش‌های تولید با دقت بالا، کاهش داد و بازده آنها را به مقدار ۲ تا ۸ درصد بهبود بخشید. این میزان بهبود در عملکرد موتورهای الکتریکی باعث صرفه‌جویی در انرژی الکتریکی به مقدار ۲۰۲ میلیون مگاوات ساعت در سال و جلوگیری از انتشار آلاینده‌های زیست محیطی به میزان ۱۰۰ میلیون تن دی اکسید کربن در سال می‌شود.

همانطور که در جدول ۱-۲ نشان داده شده است، علاوه بر هزینه‌های مستقیم در تولید برق در نیروگاه‌های با استفاده از سوخت فسیلی، این امر هزینه‌های غیر مستقیم که ناشی از انتشار آلاینده‌های زیست محیطی همچون SO_2 ، NO_x و CO_2 است، به همراه دارد که معمولاً در هنگام محاسبه هزینه‌های تولید برق با استفاده از سوخت‌های فسیلی، محاسبه نمی‌گردد. با اجرای سیاست‌های کاهش مصرف انرژی موتورهای الکتریکی، میزان انتشار آلاینده‌های زیست محیطی در محل تولید کمتر می‌شود و همین‌طور با جلوگیری از خطرات زیست محیطی همچون آلودگی هوا، از هزینه‌های اعمال شده در بخش‌های اجتماعی از قبیل مشکلات سلامتی ناشی از آلودگی هوا کاسته می‌شود [۵].

جدول ۱-۲: هزینه اجتماعی تولید برق در بازار برق منطقه ای اصفهان (MWh/ریال)

هزینه زمان	هزینه اجتماعی نهایی با قیمت سوخت بارانه‌ای	هزینه اجتماعی نهایی با قیمت خارجی
پرباری	۲۱۱۲۳۲	۸۱۳۵۴۸
بارمبانی	۱۶۵۶۵۵/۴۵	۶۳۴۶۲۴/۵۴
کم‌باری	۱۵۵۹۳۴/۲۵	۵۹۷۸۰۷/۱۲

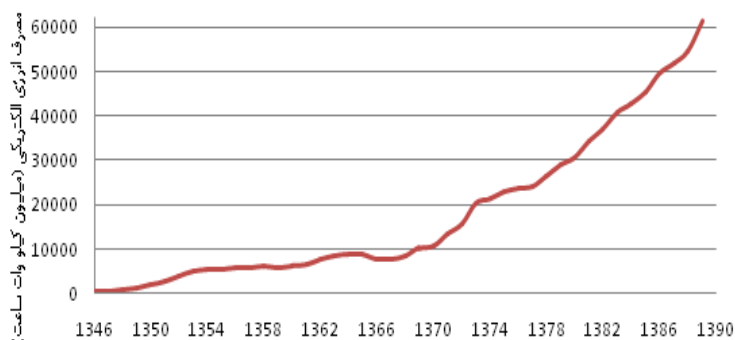
۲-۱-۲- بهینه سازی مصرف انرژی موتورهای الکتریکی و میزان اشتغال ایجاد شده در داخل کشور

طبق آمار استخراج شده از تراز نامه انرژی کشور در سال ۱۳۹۱، میزان تولید انرژی اولیه کشور معادل ۲۲۱۹/۱ میلیون بشکه نفت خام بوده است. کل مصرف انرژی کشور به میزان ۱۰۵۸/۶ میلیون بشکه نفت خام بوده که ۹/۹۳ درصد از کل انرژی مصرفی (معادل ۱۰۵/۸ میلیون بشکه نفت خام) توسط انرژی الکتریکی تامین شده است. نیروگاه‌های با سوخت فسیلی اعم از نیروگاه‌های بخار، گازی، سیکل ترکیبی و دیزل نزدیک به ۸۵ درصد از کل برق مصرفی کشور را تولید می‌کنند. بازده انرژی کلی این نوع نیروگاه‌ها در حدود ۳۶ درصد است و در حدود ۳/۴ درصد از تولید ناویژه برق در داخل نیروگاه‌ها مصرف می‌شود. همچنین ۱۵/۲ درصد نیز در خطوط انتقال، فوق توزیع و توزیع تلف می‌گردد. با در نظر گرفتن این تلفات انرژی و میزان بازدهی انرژی نیروگاه‌ها و خطوط انتقال و توزیع، محاسبات نشان می‌دهد که تقریباً ۴۰۰ میلیون بشکه نفت خام در سال برای تولید برق استفاده می‌شود. مصرف برق در بخش صنعت معادل ۳۴/۴ درصد از کل مصرف برق کشور است. همچنین بطور تقریبی ۶۵ درصد از کل مصرف برق کشور در بخش موتورهای الکتریکی مصرف می‌شود [۶].

بنابراین با توجه به تولید و مصرف نهایی انرژی در کشور و سهم برق تولیدی از این میزان و سهم مصرفی موتورهای الکتریکی از کل مصرف برق در بخش صنعت، کل مصرف سالانه موتورهای الکتریکی در کشور هزینه‌ای تقریبی معادل ۱۰۰ میلیون بشکه نفت خام به بار می‌آورد. بنابراین به ازای یک درصد بهبود در بازدهی موتورهای الکتریکی در کشور، تقریباً یک میلیون بشکه نفت خام در سال صرفه‌جویی می‌شود که معادل رقمی در حدود ۱۰۰ میلیون دلار در سال است. با در نظر گرفتن ۳۰۰۰ تومان به ازای هر دلار، در صورت بهبود بازدهی انرژی موتورهای الکتریکی به اندازه یک درصد، ۳۰۰ میلیارد تومان در مصرف انرژی موتورهای الکتریکی صرفه‌جویی اقتصادی می‌شود. با توجه به هزینه ایجاد شغل پایدار در کشور معادل ۱۰۰ میلیون تومان، با رقم حاصل از صرفه‌جویی در مصرف برق موتورهای الکتریکی سالانه برای ۳۰۰۰ نفر شغل از این محل ایجاد نمود. به عنوان مثال، بنابر مطالعات سازمان بهره‌وری انرژی ایران، پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در صورت راه‌اندازی خط تولید موتور BLDC کم مصرف کولر آبی (این موتورهای الکتریکی نسبت به موتورهای القائی معمولی مورد استفاده در کولرهای آبی، ۲۰ درصد بازده بالاتری دارند) و تولید ۲۰۰ هزار عدد از این موتورها، معادل ۳۴/۵ گیگاوات ساعت در سال (معادل با صرفه‌جویی سالانه در حدود ۶۲/۴ هزار بشکه نفت خام) است.

با اجرای سیاست‌های بهینه‌سازی از ساخت نیروگاه‌های فسیلی جدید در کشور که به ازای هر مگاوات هزینه‌ای بالغ بر ۳ میلیارد تومان هزینه در پی دارد، جلوگیری می‌شود و علاوه بر کاهش هزینه‌های مصرف سوخت در نیروگاه‌ها یا به اصطلاح خام سوزی، می‌توان از ظرفیت‌های ایجاد شده در توسعه اقتصادی و اشتغال در کشور استفاده نمود. همچنین جهت اجرای برنامه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی و احداث خطوط تولید موتورهای الکتریکی پربازده برای جایگزینی با موتورهای معمول مورد استفاده، نه تنها اشتغال مستقیم ایجاد می‌گردد، بلکه از خروج ارز از کشور جلوگیری می‌شود.

با در نظر گرفتن افزایش سالانه مصرف انرژی الکتریکی در بخش صنعت که نمودار آن در شکل ۲-۲ نشان داده شده است [۷]، اجرای سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش صنعت و علی‌الخصوص صنعت موتورهای الکتریکی، موجب مهار این روند مصرف در افق‌های کوتاه مدت و بلند مدت می‌شود.



شکل ۲-۲: روند مصرف انرژی الکتریکی در بخش صنعت

۲-۲- بررسی بازار موتورهای الکتریکی

۲-۲-۱- بازار جهانی موتورهای الکتریکی

یکی از دلایل توجیه‌پذیری و ضرورت توسعه هر فناوری بررسی بازار داخلی و بین‌المللی پیش‌روی آن فناوری جهت استفاده در داخل و صادرات محصول است. در زمینه موتورهای الکتریکی نیز با توجه به این که بازار بسیار بزرگی چه در داخل و چه در خارج از کشور در این زمینه وجود دارد، توسعه این فناوری در داخل می‌تواند فوایدی زیادی برای کشور داشته باشد. در ادامه بازارهای پیش‌روی فناوری موتورهای الکتریکی تبیین گردیده است.

به دلیل کم بودن منابع اطلاعاتی، مطالعات صورت گرفته توسط آژانس بین‌المللی انرژی بر روی بازار موتورها در کشور آمریکا و اتحادیه اروپا، چهارچوب کلی از وضعیت موتورهای مختلف را ارائه می‌نماید. آمار موجود در دیگر کشورها نیز، به جز استثنائاتی نظیر تایوان و ژاپن، تقریباً مشابه با وضعیت اروپا و ایالات متحده می‌باشد.

وضعیت سهم موتورهای به فروش رفته بر اساس کاربری نهائی در آمریکا، به نظر به طور کامل با وضعیت آن در اتحادیه اروپا متفاوت است. در آمار استخراج شده برای آمریکا در بخش پمپ‌ها، تنها شامل مقادیر موجود در صنایع بوده و پمپ‌های بخش مسکونی و تجاری را در بر نمی‌گیرد. آمار کمپرسورها نیز تنها شامل کمپرسورهای ایستا می‌باشد. به این ترتیب، داده‌های استخراج شده برای این بخش در سال ۲۰۰۳ در این کشور، تنها شامل سه کاربرد یاد شده است [۸ و ۹].

جدول ۲-۲: تعداد برخی از انواع سیستم‌های موتوری به فروش رفته در صنایع آمریکا - ۲۰۰۳

	Pumps	Vacuum pumps	Compressors	Total
No. of units (thousands)	12 143	200	1 301	13 645
Sales value (USD millions)	2 637	103	1 534	4 275

جدول ۳-۲: سیستم‌های موتوری به فروش رفته در اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۵

	Pumps	Circulators	Fans	Total
No. of units (millions)	1 800	14 000	8 927	24 727
Market share	7%	57%	36%	100%

بررسی توزیع انواع موتورهای موجود در صنایع در ایالات متحده تا سال ۱۹۹۷، نشان می‌دهد که بخش عمده (حدود ۴۰٪) از موتورهای صنعتی با کاربری عمومی، برای راه‌اندازی فرآیندهای مواد به کار گرفته شده است. پس از آن، کاربردهایی نظیر پمپ‌ها، کاربردهای به کارگیری مواد، کمپرسورها (کمپرسورهای هوا و سردخانه‌ها) و فن‌ها، دیگر سهم‌های کاربری موتورها را تشکیل می‌دهند.

جدول ۲-۴: توزیع کاربری موتورها در بخش صنعت در آمریکا - ۱۹۹۷

	Pumps	Fans	Compressed air	Refrigeration	Material handling	Material process	Other	All
Share of stock	19.7%	11.2%	5.1%	0.8%	16.8%	42.2%	4.2%	100.0%

در آمار مربوط به اتحادیه اروپا، سیرکولاتورها تنها محدود به سیرکولاتورهای تک ساخت بزرگ و فن‌ها نیز شامل تهویه ساختمان‌ها می‌باشد. به این ترتیب و با این جامعه آماری محدود، فن‌ها بزرگترین سهم از بازار الکتروموتورها در اتحادیه اروپا را به خود تخصیص داده‌اند. بر این اساس، با توجه به تفاوت‌های عمده موجود بر روی داده‌های موجود از بازار در اتحادیه اروپا و آمریکا، امکان انجام یک نتیجه‌گیری کلی فراهم نمی‌باشد.

جدول ۲-۵: داده‌های مربوط به موتورهای موجود در سه کاربرد مختلف در اتحادیه اروپا - ۲۰۰۵

	Pumps	Fans	Circulators	Total
No. of units (millions)	17	104	10	131
Share of stock	13%	79%	8%	100%

۲-۲-۲- بررسی آمار واردات موتورهای الکتریکی

در جدول ۲-۵ آمار و اطلاعات مربوط به واردات موتورهای الکتریکی در طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲ آورده شده است. در این جدول دیده می‌شود که طی چهار سال گذشته هر ساله حجم واردات موتورهای الکتریکی در توان‌های مختلف کاهش چشم‌گیری داشته است؛ به نحوی که وزن آن در سال ۱۳۹۲ به مقدار ۳۳ درصد وزن موتورهای الکتریکی وارداتی در سال ۱۳۸۹ و ارزش اقتصادی آن نیز به میزان ۵۸ درصد ارزش واردات در سال ۱۳۸۹ کاهش یافته است.

جدول ۲-۶: اطلاعات موتورهای الکتریکی وارداتی به کشور در طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۲

ردیف	سال	وزن (کیلو گرم)	ارزش (دلار)
۱	۱۳۸۹	۱۴،۷۷۰،۳۰۰	۳۲،۱۸۲،۸۸۰
۲	۱۳۹۰	۱۱،۹۹۹،۰۵۴	۲۶،۵۴۳،۸۵۴
۳	۱۳۹۱	۶،۶۵۱،۶۲۰	۱۹،۲۴۶،۰۵۱

ردیف	سال	وزن (کیلو گرم)	ارزش (دلار)
۴	۱۳۹۲	۴,۸۵۵,۴۵۵	۱۸,۸۴۶,۱۸۲

به کمک این تحلیل و با در نظر گرفتن ثابت بودن و یا حتی کاهشی بودن تولید داخل، این گونه می‌توان برداشت کرد که حجم واردات موتورها به یک سوم کاهش پیدا کرده است و از طرف دیگر، این موتورهای الکتریکی با قیمت بالاتر خریداری شده است؛ زیرا کاهش ارزش مالی متناسب با کاهش حجم واردات نبوده است. از آنجایی که موتورهای الکتریکی نقش مهمی در به حرکت درآوردن خطوط تولید، سیستم‌های حمل و نقل و سایر محصولات صنعتی و خانگی بر عهده دارد، می‌توان نتیجه گرفت که صنایع کشور در این قسمت‌ها دچار مشکلات بزرگی می‌باشد و نیاز است که یک طرح جامع برای بررسی دقیق نیازهای کشور در این زمینه تهیه و زمینه برای دستیابی به دانش فنی موتورهای الکتریکی مورد نیاز کشور فراهم گردد.

نتیجه گیری

عنوان گردید که بر اساس مطالعات صورت گرفته موتورهای الکتریکی در سال ۲۰۰۵ در حدود ۴۳٪ تا ۴۶٪ از کل انرژی الکتریکی مصرفی دنیا را مصرف کرده‌اند که منجر به تولید بیش از ۶۰۴۰ مگاتن گاز CO₂ شده است. این میزان فزاینده مصرف انرژی در صورت عدم تدوین سیاست‌ها و معیارهای موثر بهینه‌سازی مصرف انرژی، پیش‌بینی می‌گردد که تا سال ۲۰۳۰، میزان مصرف انرژی الکتریکی توسط موتورهای الکتریکی، به عدد ۱۳۳۶۰ TWh در هر سال و میزان انتشار گاز CO₂ به عدد ۸۵۷۰ Mt افزایش یابد.

در این گزارش که در دو فصل تهیه گردیده است که در فصل اول کاربردها، بازار جهانی موتورهای الکتریکی و در فصل دوم میزان مصرف و صرفه‌جویی انرژی، میزان تولید اشتغال، آثار زیست محیطی و صرفه‌جویی‌های اقتصادی در صورت توسعه فناوری‌های نوین موتورهای الکتریکی بررسی شد.

مراجع

- [1]. Michael A. McNeil, Nicholas Bojda, et. al., "Business Case for Energy Efficiency in Support of Climate Change Mitigation, Economic and Societal Benefits in the United States", Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, June 2, 2011.
- [2]. Casey J. Bell, "Energy efficiency job creation: real world experiences", October 2012, ACEEE.
- [3]. "The Business Case for Electrical Energy Efficiency in the United States", International Copper Association.
- [4]. "A report brought together by Ecofys and Philips for the Climate Week NYC 2013", New York City, USA, September 23 – 30, 2013.
- [۵]. رحمان خوش اخلاق، علیمراد شریفی، حامد پاروند، "ارائه الگویی جهت محاسبه هزینه اجتماعی نهایی کوتاه مدت تولید برق، مطالعه موردی نیروگاه‌های شهید محمد منتظری و اسلام آباد اصفهان"، فصل نامه تحقیقات مدل سازی اقتصادی، شماره ۱۰ زمستان ۱۳۹۱.
- [۶]. سازمان بهره وری انرژی ایران، آمار و اطلاعات انرژی، بخش صنعت، ۱۳۹۱.
- [۷]. تراز نامه انرژی کشور سال ۱۳۹۱، معاونت برق و انرژی، دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی، بهار ۱۳۹۳.
- [8]. Rachel gold, Steven Nadel, John a., "Appliance and equipment efficiency standards: A money maker and job creator", January 2011, ASAP-8/ACEEE-A111.
- [9]. "The Case for Electrical Energy Efficiency in the European Union", International Copper Association.

فهرست مطالب

۱- موتورهای القایی سه فاز.....	۳
۱-۱- مقدمه.....	۴
۲-۱- ساختار موتور القایی سه فاز.....	۷
۳-۱- کاربردهای موتورهای القایی سه فاز.....	۱۱
۴-۱- تحقیقات مرتبط با موتورهای القایی سه فاز.....	۱۲
۱-۴-۱- کشور آمریکا.....	۱۲
۲-۴-۱- آلمان.....	۱۵
۳-۴-۱- انگلستان.....	۱۵
۲- موتورهای آهنربای دائم.....	۱۷
۱-۲- مقدمه.....	۱۸
۲-۲- ساختار موتور آهنربای دائم.....	۲۳
۳-۲- کاربردهای موتورهای آهنربای دائم.....	۲۵
۱-۳-۲- موتورهای سنکرون آهنربای دائم.....	۲۶
۲-۳-۲- موتورهای دی‌سی بدون جاروبک.....	۲۷
۴-۲- تحقیقات مرتبط با موتورهای آهنربای دائم.....	۳۰
۱-۴-۲- تحقیقات مرتبط با انواع آهنرباها.....	۳۰
۲-۴-۲- تحقیقات مرتبط با موتورهای آهنربای دائم.....	۳۲
۳- موتور سوئیچ رلوکتانس.....	۳۸
۱-۳- مقدمه.....	۳۸

- ۳-۲- ساختار موتورهای سوئیچ رلوکتانس ۴۱
- ۳-۳- کاربردهای موتورهای سوئیچ رلوکتانس ۴۵
- ۳-۴- تحقیقات مرتبط با موتور سوئیچ رلوکتانس ۵۴
- ۳-۴-۱- اتحادیه اروپا ۵۵
- ۳-۴-۲- پروژه ساخت موتور سوئیچ رلوکتانس در انگلستان ۵۵
- ۳-۴-۳- تحقیقات در رابطه با استفاده از موتور سوئیچ رلوکتانس در خودروهای برقی ۵۶
- ۴- موتور سنکرون رلوکتانسی ۶۲
- ۴-۱- مقدمه ۶۳
- ۴-۲- ساختار موتور سنکرون رلوکتانسی ۶۴
- ۴-۳- کاربردهای موتور سنکرون رلوکتانسی ۶۵
- ۴-۴- تحقیقات مرتبط با موتورهای سنکرون رلوکتانسی ۶۶
- ۵- موتور Flux-Switching ۶۸
- ۵-۱- مقدمه ۶۸
- ۵-۲- ساختار موتور Flux-Switching ۷۰
- ۵-۳- کاربردهای موتور Flux-Switching ۷۵
- ۵-۴- تحقیقات مرتبط با موتور Flux-Switching ۷۹
- ۶- موتورهای ابررسانا ۸۵
- ۶-۱- مقدمه ۸۶
- ۶-۱-۱- مفهوم ابررسانایی ۸۶
- ۶-۱-۲- موتورهای ابررسانا ۸۷
- ۶-۲- ساختار موتورهای ابررسانا ۸۹
- ۶-۳- کاربردهای موتور ابررسانا ۹۰

- ۹۴-۶-۴- تحقیقات مرتبط با موتورهای ابرسانا..... ۹۴
- ۹۴-۶-۴-۱- ایالات متحده آمریکا..... ۹۴
- ۹۵-۶-۴-۲- ژاپن..... ۹۵
- ۹۷-۶-۴-۳- آلمان..... ۹۷
- ۹۷-۶-۴-۴- اتحادیه اروپا..... ۹۷
- ۹۸-۶-۴-۵- کره جنوبی..... ۹۸
- ۹۸-۶-۴-۶- دانمارک..... ۹۸
- ۹۸-۶-۴-۷- انگلستان..... ۹۸
- ۹۹-۷- سیستم های تنظیم سرعت..... ۹۹
- ۹۹-۷-۱- مقدمه..... ۹۹
- ۱۰۱-۷-۲- ساختار سیستم های تنظیم سرعت..... ۱۰۱
- ۱۰۴-۷-۳- کاربردهای سیستم های تنظیم سرعت..... ۱۰۴
- ۱۰۶-۷-۴- تحقیقات مرتبط با سیستم های تنظیم سرعت..... ۱۰۶
- ۱۰۹-۸- موتورهای الکتریکی سرعت - بالا..... ۱۰۹
- ۱۱۰-۸-۱- مقدمه..... ۱۱۰
- ۱۱۰-۸-۲- موتورهای الکتریکی سنکرون مغناطیس دائم سرعت- بالا..... ۱۱۰
- ۱۱۰-۸-۳- موتورهای الکتریکی القایی سرعت- بالا..... ۱۱۰
- ۱۱۱-۸-۴- استفاده از موتورهای الکتریکی سرعت - بالا در کمپرسورها..... ۱۱۱
- ۱۱۳-۸-۵- تحقیقات مرتبط با موتورهای الکتریکی سرعت - بالا..... ۱۱۳
- ۱۱۵-۹- موتورهای الکتریکی با فناوری written-pole..... ۱۱۵
- ۱۱۶-۹-۱- مقدمه..... ۱۱۶
- ۱۱۶-۹-۲- ساختار و نحوه عملکرد موتور الکتریکی با فناوری written-pole..... ۱۱۶

- ۱۱۸.....۳-۹ راه‌اندازی.....
- ۱۱۹.....۴-۹ مزایای موتور الکتریکی written-pole.....
- ۱۱۹.....۱-۴-۹ جریان راه‌اندازی پایین.....
- ۱۲۰.....۲-۴-۹ راندمان بالا و ضریب توان نزدیک به واحد.....
- ۱۲۰.....۳-۴-۹ توانایی راه‌اندازی و سنکرون شدن در شرایط اتصال به باری با اینرسی بالا.....
- ۱۲۱.....۴-۴-۹ توانایی کار موتور با وجود تغییرات ۲۰ درصدی در ولتاژ ورودی.....
- ۱۲۱.....۵-۹ معایب موتور الکتریکی written-pole.....
- ۱۲۱.....۱-۵-۹ پایین بودن میزان تحمل اضافه بار.....
- ۱۲۱.....۲-۵-۹ ناپایداری دینامیکی.....
- ۱۲۱.....۳-۵-۹ cogging گشتاور.....
- ۱۲۱.....۴-۵-۹ ابعاد محور.....
- ۱۲۱.....۶-۹ کاربردهای موتور الکتریکی نوع written-pole.....
- ۱۲۴.....۷-۹ پروژه‌های انجام شده در راستای بکارگیری موتورهای written - pole و مؤسسات حامی.....
- ۱۲۹.....۱۰- موتورهای یکپارچه.....
- ۱۳۰.....۱-۱۰ مقدمه.....
- ۱۳۱.....۲-۱۰ کاربرد.....
- ۱۳۴.....۳-۱۰ تحقیقات در رابطه با فناوری موتورهای یکپارچه.....
- ۱۳۶.....۱۱- درخت فناوری موتورهای الکتریکی.....
- ۱۳۸.....۱۲- چرخه عمر فناوری‌های موتورهای الکتریکی.....

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱) موتور القائی دو فاز ساخته شده توسط نیکولا تسلا ۴
- شکل (۲-۱) اولین موتور القائی قفس سنجابی ۵
- شکل (۳-۱) استانداردهای مختلف ارتقا بازده انرژی موتور القائی ۶
- شکل (۴-۱): برشی از یک موتور القائی واقعی ۷
- شکل (۵-۱): نقشه گسترده موتور القائی به همراه متعلقات آن ۷
- شکل (۶-۱) روتور موتور القائی قفس سنجابی ۹
- شکل (۷-۱) روتور سیم پیچی شده موتور القائی قفس سنجابی ۹
- شکل (۸-۱) روتور سیم پیچی شده به همراه مقاومت های راه انداز متصل به حلقه های لغزان روتور ۹
- شکل (۹-۱): استاتور موتور القائی ۱۰
- شکل (۱۰-۱): سطح مقطع موتور القایی دو فاز دو قطب ۱۰
- شکل (۱۱-۱): منحنی های معمول مشخصه عملکرد موتور سه فاز القایی با توان ۱۰۰ اسب بخار ۱۱
- شکل (۱-۲): سطح مقطع موتور آهنربای دائم سه فاز و ۲۴ شیار ۱۸
- شکل (۲-۲): روند توسعه استفاده از آهنرباها در سالهای مختلف ۲۰
- شکل (۳-۲): مقدار نیاز آهنرباهای نئودیمیوم به عنصر Dy در دماهای مختلف ۲۲
- شکل (۴-۲): سطح مقطع یک موتور سنکرون قطب برجسته سه فاز، ۴ قطب و ۳۶ شیار ۲۳
- شکل (۵-۲): برخی از انواع ساختارهای روتور موتورهای سنکرون آهنربای دائم و دی سی بدون جاروبک ۲۵
- شکل (۶-۲): مقایسه بازدهی موتورهای سه فاز آهنربای دائم و القایی ۲۷
- شکل (۷-۲): موتور دی سی بدون جاروبک ۲۸
- شکل (۸-۲): نمونه ای از موتور BLDC به همراه مدارات الکترونیکی درایو در کنار یک موتور یونیورسال ۲۹
- شکل (۹-۲): نمونه ای از موتور BLDC به همراه Impeller (Dyson digital motor) V2 در کنار یک موتور یونیورسال ۲۹

- شکل (۲-۱۰): نمونه ای از جارو برقی دستی ساخت شرکت Dayson با موتور BLDC ۳۰
- شکل (۳-۱): سطح مقطع یک موتور سوئیچ رلوکتانس ۳۹
- شکل (۳-۲): منحنی تغییرات گشتاور سرعت موتورهای سوئیچ رلوکتانس ۴۱
- شکل (۳-۳): بخشهای مختلف موتور سوئیچ رلوکتانس ۴۲
- شکل (۳-۴): نحوه سیم بندی و محل قرارگیری سیم پیچی آرمیچر ۴۳
- شکل (۳-۵): روتور نوعی یک موتور سوئیچ رلوکتانس ۴۳
- شکل (۳-۶): نحوه ارتباط موتور و درایو کنترل در موتورهای سوئیچ رلوکتانس ۴۵
- شکل (۳-۷): میزان استفاده از انواع موتورها در مقاصد کنترل دور در سالهای ۱۹۹۱ و ۲۰۰۱ ۴۶
- شکل (۳-۸): نمونه ای از محصولات شرکت SR drives انگلستان ۴۷
- شکل (۳-۹): خودروی الکتریکی با مقاصد دفاعی ۴۷
- شکل (۳-۱۰): موتور خودروی هیبریدی با موتور سوئیچ رلوکتانس ۴۸
- شکل (۳-۱۱): موتور اتوبوسهای شهری هیبریدی ۴۹
- شکل (۳-۱۲): لودر با موتور ترکشن سوئیچ رلوکتانس ۵۰
- شکل (۳-۱۳): موتور ضد انفجار SR drives مورد استفاده در معادن زغال سنگ ۵۰
- شکل (۳-۱۴): خودرو برای جابجایی کارکنان در معادن زغال سنگ با استفاده از موتورهای سوئیچ رلوکتانس شرکت SR drives ۵۱
- شکل (۳-۱۵): سانتریفیوژهای سری Avanti™ J ۵۱
- شکل (۳-۱۶): برخی از محصولات حول و نقل سبک تولید شرکت SRdrives ۵۲
- شکل (۳-۱۷): در های اتوماتیک مدل EMD3000 ۵۲
- شکل (۳-۱۸): کمپرسور هوای شرکت CompAir ۵۳
- شکل (۳-۱۹): نمونه ای از وسایل خانگی با موتور سوئیچ رلوکتانس ۵۳
- شکل (۳-۲۰): نمونه ای از دستگاههای نساجی با موتور سوئیچ رلوکتانس ۵۴

- شکل (۳-۲۱): موتورهای الکتریکی در نقشه راه ایالات متحده آمریکا در مورد خودروهای الکتریکی ۵۷
- شکل (۳-۲۲): بر گرفته از نقشه راه DOE و Freedom car در مورد خودروهای برقی APEEM ۵۷
- شکل (۳-۲۳): موضوع موتورهای الکتریکی در نقشه راه اتحادیه اروپا در مورد خودروهای الکتریکی ۵۸
- شکل (۳-۲۴): موضوع موتورهای الکتریکی در نقشه راه کشور بریتانیا در مورد خودروهای الکتریکی ۵۹
- شکل (۳-۲۵): نقشه راه کشور انگلستان برای موتورهای (الف) زیر ۴۰ کیلووات و (ب) زیر ۱۰۰ کیلووات مورد نیاز در خودروهای برقی ۶۰
- شکل (۴-۱): نمای شماتیک رتور اولین موتور سنکرون رلوکتانسی ۷۰
- شکل (۴-۲): سطح مقطع یک روتور موتور SynRM و جهت محورهای d و q ۶۴
- شکل (۴-۳): ساختارهای مختلف روتور موتورهای SynRM (a- قطب برجسته صلب b- لایه لایه شدن در راستای شعاعی c- لایه لایه شدن در راستای محوری ۶۵
- شکل (۴-۴): مقایسه عملکرد موتورهای SynRM و IM در کاربردهای پمپ و فن ۶۶
- شکل (۴-۵): نمایی از ساختار روتور موتورهای PMSynRM ۶۷
- شکل (۵-۱): اولین موتور FSPM تک فاز معرفی شده در سال ۱۹۵۵ ۶۹
- شکل (۵-۲): نمای یک ماشین DSP ۷۰
- شکل (۵-۳): روتور یک موتور FS قبل و بعد از skew ۷۰
- شکل (۵-۴): نمای یک نمونه موتور PMFS و یک نمونه DCEFS ۷۱
- شکل (۵-۵): انواع ساختارهای تحریک در موتورهای FS هیبریدی ۷۲
- شکل (۵-۶): یک نمونه موتور FS قبل و بعد از سیم پیچی استاتور (نوع هسته U شکل نوع موتور هیبرید) ۷۳
- شکل (۵-۷): توزیع میدان مغناطیسی در یک موتور FSPM در موقعیتهای مختلف روتور ۷۴
- شکل (۵-۸): انواع ساختارهای موتور FS ۷۵
- شکل (۵-۹): مقایسه انواع موتورهای پیشرفته ۷۷
- شکل (۵-۱۰): نمای انفجاری یک موتور FSPM ۷۷

- شکل (۵-۱۱): نمای یک موتور خطی از نوع PMFS با اولیه کوتاه و ثانویه بلند..... ۷۸
- شکل (۵-۱۲): دو ساختار از ماشین FS شار- محوری..... ۷۸
- شکل (۵-۱۳): ساختار یک موتور PMFS با روتور خارجی..... ۷۹
- شکل (۵-۱۴): نمای یک خودرو الکتریکی با موتور در چرخ موتور در چرخ Indirect Drive..... ۷۹
- شکل (۶-۱): روند تکاملی موتورهای الکتریکی HTS..... ۸۹
- شکل (۶-۲): موتور/ ژنراتور ابرسانا دما بالا به همراه قسمت های مختلف آن..... ۹۰
- شکل (۶-۳): نمودار جرم- توان موتورهای سنکرون با فناوری HTS و موتورهای با فناوری متعارف..... ۹۱
- شکل (۶-۴): گستره کاربردهای ماشین های الکتریکی با سرعت، توان و کاربردهای مختلف..... ۹۱
- شکل (۶-۵): افزایش راندمان ماشین الکتریکی بالای ۹۹ درصد با فناوری HTS..... ۹۲
- شکل (۶-۶): طرح افزایش بازده موتور 4 MVA شرکت زیمنس..... ۹۳
- شکل (۶-۷): مقایسه بازده موتور سنکرون HTS با موتور سنکرون و القایی معمولی در بارهای مختلف..... ۹۳
- شکل (۶-۸): تصاویر استاتور، روتور و مشخصات موتور الکتریکی HTS یک مگاوات جهت استفاده در رانش کشتی..... ۹۶
- شکل (۷-۱): روند افزایش توابع عملکردی ASD در ۳۵ سال اخیر..... ۱۰۰
- شکل (۷-۲): روند کاهش سایز و وزن ASD در ۳۵ سال اخیر..... ۱۰۰
- شکل (۷-۳): اجزای کلی یک VSD..... ۱۱۶
- شکل (۷-۴): یک مدار نوعی ASD..... ۱۰۲
- شکل (۷-۵): ساختارهای متداول برای درایوهای توان متوسط و توان پایین..... ۱۰۳
- شکل (۷-۶): اتصال یک موتور سه فاز به شبکه تک فاز..... ۱۰۳
- شکل (۷-۷): دوازده ساختار رایج مدار کانورتر..... ۱۰۴
- شکل (۷-۸): اثر استفاده از ASD در کاهش مصرف انرژی موتور القایی در سیستم تهویه..... ۱۰۵

- شکل (۹-۱): ساختار ماشین written- pole ، الف- رتور بیرونی ب- رتور درونی، ۱- استاتور ۲- رتور ۳- کلاف تحریک ۴- لایه فرومغناطیس روی رتور..... ۱۱۸
- شکل (۹-۲): مشخصه گشتاور- سرعت موتور written- pole..... ۱۱۹
- شکل (۹-۳): جدول مشخصات برخی از موتورهای written-pole ساخته شده توسط شرکت precise power..... ۱۲۰
- شکل (۹-۴): شمای سیستم موتور - ژنراتور written - pole با موتور احتراق داخلی..... ۱۲۳
- شکل (۹-۵): پلاک مشخصات یک نمونه موتور تکفاز written - pole ساخته شده توسط شرکت Precise Power..... ۱۲۶
- شکل (۹-۶): موتور تکفاز نوع written- pole مورد استفاده جهت آبیاری به همراه پمپ آب..... ۱۲۷
- شکل (۹-۷): موتور تکفاز نوع written- pole مورد استفاده جهت آبیاری به همراه پمپ آب، کنتور برق، و تابلو برق..... ۱۲۸
- شکل (۱۰-۱): یک نمونه سیستم یکپارچه طراحی شده در شرکت زیمنس..... ۱۳۰
- شکل (۱۰-۲): در سیستم یکپارچه تمامی قسمت‌ها در یک پوشش قرار می‌گیرند..... ۱۳۰
- شکل (۱۰-۳): کاربرد موتورهای یکپارچه در سیستم‌های چند درایوه..... ۱۳۲
- شکل (۱۰-۴): کاربرد موتورهای یکپارچه در سیستم‌های نقاله در معادن..... ۱۳۲
- شکل (۱۰-۵): مقایسه حجم و ابعاد موتور یکپارچه با موتور و درایو مجزا..... ۱۳۳
- شکل ۱-۱۱: درخت فناوری موتورهای الکتریکی..... ۱۳۷

فهرست جداول

- جدول (۱-۱): پروژه‌های تحقیقاتی انجام شده با حمایت موسسه EPSRC..... ۱۵
- جدول (۱-۲): طرح‌های مورد حمایت موسسه ARPA-E برای تدوین دانش فنی آهنرباهای جدید..... ۳۱
- جدول (۲-۲): فعالیت‌های تحقیقاتی ژاپن در زمینه ساخت آهنرباهای جدید..... ۳۲
- جدول (۳-۲): تحقیقات انجام شده در رابطه با موتورهای آهنربای دائم در کشور انگلیس..... ۳۵
- جدول (۴-۲): تحقیقات انجام شده در رابطه با موتورهای آهنربای دائم در کشور آمریکا..... ۳۷
- جدول (۱-۳): اسامی شرکت‌های همکار در پروژه موتور سوئیچ رلوکتانس اتحادیه اروپا..... ۵۵
- جدول (۲-۳): اسامی شرکت‌های همکار در پروژه موتور سوئیچ رلوکتانس کشور انگلستان..... ۵۶
- جدول (۳-۳): نقطه هدف موتور ترکشن در نقشه راه اتحادیه اروپا..... ۵۸
- جدول (۴-۳): پروژه‌های مرتبط با موتورهای الکتریکی در خودروهای هیبریدی در کشور بریتانیا..... ۶۱
- جدول (۵-۳): نقش موتورهای الکتریکی در نقشه راه‌های آمریکا و ژاپن در مورد خودروهای الکتریکی..... ۶۱
- جدول (۱-۵): انواع ساختارهای موتور FS..... ۷۴
- جدول (۲-۵): لیست مقالات در مورد FS..... ۸۰
- جدول (۱-۶): روند استفاده از فناوری HTS در موتورهای الکتریکی..... ۸۸
- جدول (۲-۶) میزان برآوردی صرفه جویی انرژی با استفاده از فناوری HTS..... ۹۴
- جدول (۳-۶) میزان برآوردی کاهش انتشار آلاینده‌های زیست محیطی با استفاده از فناوری HTS..... ۹۴
- جدول (۱-۸): مقایسه هزینه نگهداری و تعمیرات سالیانه در کمپرسورهای ایستگاههای خطوط لوله سوخت با محرکه‌های مختلف در کشور آمریکا در سال ۱۹۹۷..... ۱۱۲
- جدول (۱-۹): مشخصات موتور تک فاز نوع written - pole ساخته شده توسط شرکت Precise power..... ۱۲۵
- جدول (۱-۱۰): موتورهای یکپارچه تولیدی شرکت دانفوس دانمارک..... ۱۳۳
- جدول (۲-۱۰): موتورهای یکپارچه تولیدی شرکت دانفوس دانمارک..... ۱۳۴
- جدول ۱-۱۲: وضعیت کاربردی هر یک از فناوری‌های موتورهای الکتریکی..... ۱۳۹



ک

سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی انواع موتورهای مورد نیاز

در صنعت برق

ویرایش اول، فروردین ۱۳۹۴

فاز ۲: هوشمندی فناوری

جدول ۱۲-۲: میزان سرمایه گذاری کشورهای پیشرفته صنعتی در زمینه انواع فناوری‌های موتورهای الکتریکی..... ۱۴۰

جدول ۱۲-۳: چرخه عمر فناوری موتورهای الکتریکی..... ۱۴۱

مقدمه

بیش از ۶۰ درصد انرژی الکتریکی بخش صنعت اغلب کشورها توسط موتورهای الکتریکی مصرف می‌شوند. موتورهای الکتریکی در بخش‌های مختلف از خطوط تولیدی صنایع گرفته تا وسایل حمل و نقل و انواع وسایل خانگی و تجاری استفاده می‌شود و بهینه سازی مصرف انرژی آنها می‌تواند تاثیر زیادی در کاهش مصرف انرژی، کاهش هزینه‌ها، کاهش آلاینده‌گی و افزایش اشتغال داشته باشد. به عنوان مثال در بررسی انجام شده در کشور ژاپن مشخص گردیده است که در صورتی که موتورهای الکتریکی مورد استفاده در لوازم معمولی مورد استفاده در منازل، مانند جاروبرقی، یخچال، آبمیوه‌گیر و غیره، فقط یک درصد افزایش بازده انرژی داشته باشند، سالانه به اندازه انرژی تولیدی یک نیروگاه ۵۰۰ مگاواتی در مصرف انرژی الکتریکی صرفه جویی می‌شود.

در این گزارش به ده فناوری مختلف مرتبط با حوزه موتورهای الکتریکی، مشتمل بر فناوری‌های زیر، پرداخته شده است.

۱- موتورهای القایی سه فاز و پربازده

۲- موتورهای آهنربای دائم

۳- موتورهای سوئیچ رلوکتانس

۴- موتورهای سنکرون رلوکتانسی

۵- موتورهای Flux Switching

۶- موتورهای ابرسانا

۷- سیستم‌های تنظیم سرعت (ASD)

۸- موتورهای سرعت بالا

۹- موتورهای Written pole

۱۰- موتورهای یکپارچه

بررسی این فناوری‌ها به این صورت انجام گرفته است که ابتدا به صورت اجمالی ساختار فناوری و اجزای آن معرفی شده‌اند و در ادامه کاربردهای آن فناوری بررسی گردیده است. در آخر روند تحقیقات صورت گرفته در مورد هر فناوری و بودجه‌ها و

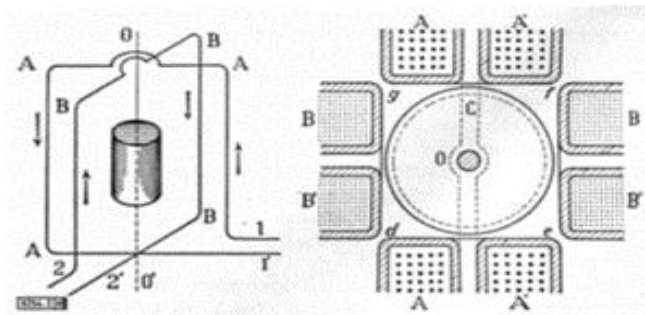
اعتبارات دولتی و خصوصی که برای توسعه کاربرد هر یک از این فناوری‌ها در کشورهای مختلف هزینه شده بود، بررسی گردید. به این ترتیب زمینه برای پیش‌بینی میزان احتمالی کاربردهای آینده هر فناوری، میزان نیاز کشور به هر فناوری و الویت بندی پرداختن به فناوری‌های مرتبط با موتورهای الکتریکی فراهم می‌گردد.

لازم به ذکر است که در بررسی‌های انجام شده در رابطه به تحقیقات مرتبط با فناوری‌های فوق‌الذکر، به تحقیقاتی توجه شده که از حمایت‌های مشخص دولتی و یا خصوصی برخوردار بوده است؛ زیرا فقط این نوع اطلاعات به تدوین صحیح سند کمک می‌کند و اطلاعات دقیقی در رابطه با آینده پژوهی هر فناوری در اختیار قرار می‌دهد.

۱- موتورهای القایی سه فاز

۱-۱- مقدمه

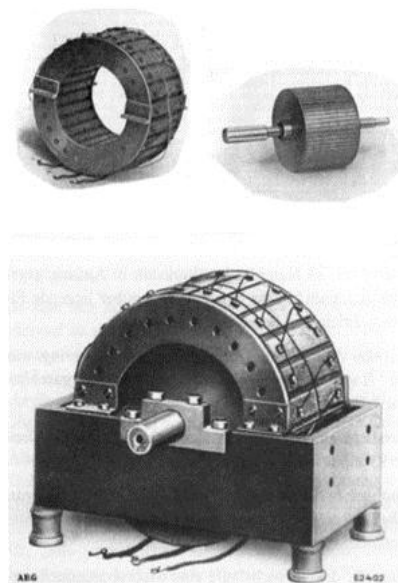
در سال ۱۸۸۲ نیکولا تسلا اصول میدان مغناطیسی دوار را پایه‌گذاری نمود و راه را برای استفاده از میدان دوار به عنوان یک نیروی مکانیکی باز کرد. در سال ۱۸۸۳ او از این اصول برای طراحی یک موتور القایی دو فاز که در شکل (۱-۱) نشان داده شده است، استفاده نمود. در سال ۱۸۸۵ گالیلو فراریس^۱ اولین موتور القایی را ساخت که همانند تسلا او نیز از سیستم ۲ فاز استفاده کرده بود. باور اشتباه فراریس بر این بود که بازده این گونه موتورها از ۵۰ درصد تجاوز نمی‌کند.



شکل (۱-۱) موتور القایی دو فاز ساخته شده توسط نیکولا تسلا

قبل از اختراع موتورهای جریان متناوب به وسیله تسلا موتورها به وسیله حرکت دائم یک هادی در میان میدان مغناطیسی ثابت به حرکت در می‌آمدند. تسلا به این نکته اشاره کرد که می‌توان کلکتورهای موتور را حذف کرد به طوریکه موتور به وسیله میدانی دوار به حرکت درآید. مایکل دویل دوبروسکی اولین موتور القایی قفس سنجابی را ساخت که امروزه بطور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اوایل سال ۱۸۸۹ اولین موتور القایی که تصویری از آن در شکل (۲-۱) نشان داده شده است، مورد بهره‌برداری قرار گرفت. علاوه بر این، موتور القایی با حلقه لغزشی و مقاومت راه انداز نیز توسط او ابداع گردید.

² - Galileo Ferraris

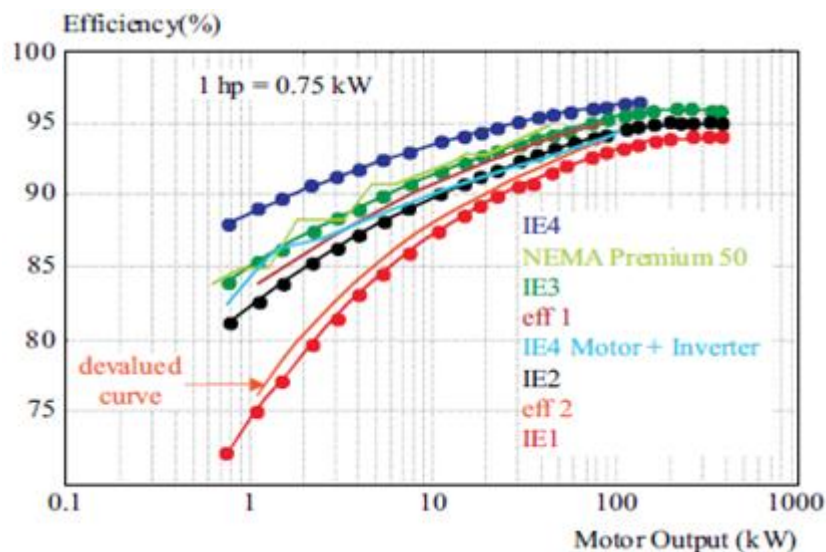


شکل (۱-۲) اولین موتور القائی قفس سنجابی

پیشرفت‌های فنی در زمینه تولید این موتورها تا جایی ادامه یافت که در سال ۱۹۷۶ موتور القائی با قدرت خروجی ۱۰۰ اسب بخار (با حجمی برابر موتور ۷/۵ اسب بخاری تولید شده در سال ۱۸۹۷) ساخته شد. عمده فعالیت‌های انجام شده در آن زمان در حوزه موتور القائی بر روی کم کردن حجم موتور، افزایش قدرت آن و ملاحظات عایقی انجام می‌شد [۱]. متعاقب بحران نفتی دهه ۱۹۷۰ میلادی، سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در کلیه بخش‌های شبکه الکتریکی مورد توجه ویژه قرار گرفت. در سال ۱۹۹۲ کنگره آمریکا سیاست ارتقا بازده انرژی موتور القائی موسوم به EPAct را صادر نمود [۲]. این سیاست قرار بود تا سال ۱۹۹۷ اجرا شود و طی آن حداقل بازده موتورهای القائی با کلاس خاص تعیین گردد. در سال ۱۹۹۴ استاندارد برای موتورهای القائی توسط انجمن ملی سازندگان تجهیزات برقی در آمریکا تحت عنوان NEMA تهیه شد [۲]. جهت استفاده گسترده از موتورهای الکتریکی بر اساس استاندارد مذکور، دپارتمان انرژی آمریکا هزینه‌ای بالغ بر ۳۵۰ میلیون

¹ - National Electrical Manufacturers Association

دلار را به این امر اختصاص داد. در سال ۱۹۹۶ کنسرسیوم بازده انرژی^۱ برنامه موتورهای Premium Efficiency را آغاز نمود. هدف این برنامه افزایش راندمان موتورهای الکتریکی به میزان ۰/۸ تا ۴ درصد بالاتر از استاندارد برنامه EPAct بود. در اروپا نیز در سال ۲۰۰۰ اولین اقدامات در راستای استانداردسازی مصرف انرژی موتورهای القائی شد که در آن اتحادیه اروپا با همکاری اتحادیه سازندگان ماشین‌های الکتریکی و ادوات الکترونیک قدرت (CEMEP) طبقه بندی بازده را ارائه نمود. در سال ۲۰۰۱، استاندارد جدیدی توسط NEMA با عنوان استاندارد NEMA PremiumTM ارائه گردید. طبق این استاندارد تلفات موتورهای الکتریکی بایستی به ۲۰ درصد کمتر از موتورهای برنامه EPAct می‌رسید [۲]. در شکل (۱-۳) استانداردهای مختلف ارتقاء بازده انرژی برای موتورهایی با کلاس‌های مختلف آورده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده است هدف از ارائه استانداردهای مذکور در هر دوره افزایش تدریجی بازده نسبت به استانداردهای قبلی برای هر موتور القائی مشخص، بوده است.



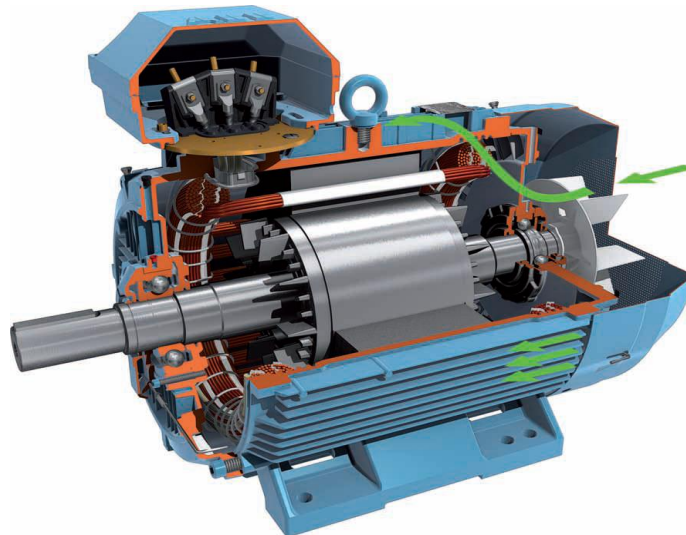
شکل (۱-۳) استانداردهای مختلف ارتقا بازده انرژی موتور القائی [۲]

^۱ - Consortium for Energy Efficiency

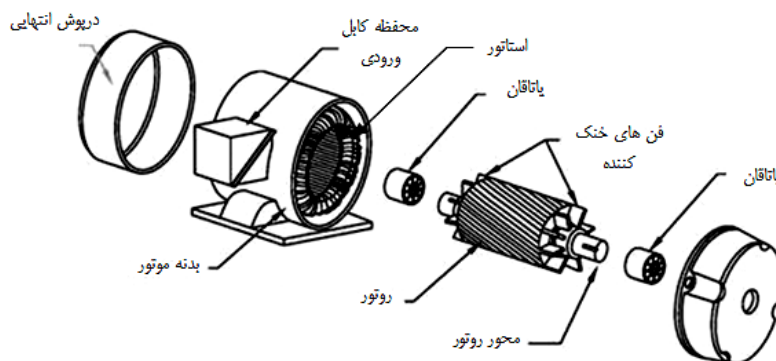
در سال ۲۰۰۱، سازمان ملی سازندگان آمریکا استاندارد جدید جهت ارتقا بازده موتورهای الکتریکی به اندازه ۲۰ درصد بالاتر از برنامه EPAct ارائه نمود [۲]. جهت افزایش بازده موتورهای القائی، پروژه‌های مختلفی انجام شده که هر کدام از آنها بر روی بخش خاصی از موتور تمرکز کرده و سعی در حداقل نمودن تلفات در آن بخش را دارد.

۱-۲- ساختار موتور القایی سه فاز

برشی از یک موتور القایی سه فاز برای مشاهده اجزای درونی آن در شکل (۱-۴) نشان داده شده است. همچنین در شکل (۱-۵) بخش‌های مختلف داخلی یک موتور القائی به طور گسترده نشان داده شده است.



شکل (۱-۴): برشی از یک موتور القائی واقعی



شکل (۱-۵): نقشه گسترده موتور القائی به همراه متعلقات آن.

همان طور که در شکل‌های (۴-۱) و (۵-۱) دیده می‌شود موتور القائی سه فاز، مانند سایر موتورهای الکتریکی، یک قسمت ثابت بیرونی به نام استاتور و یک قسمت دوار در داخل آن به نام روتور دارد و بین استاتور و روتور فاصله هوایی وجود دارد. سایر اجزای مهم موتور القایی سه فاز که در نقشه شکل (۵-۱) دیده می‌شوند عبارتند از:

- یاتاقان‌ها؛ برای حفظ فاصله هوایی بین روتور و استاتور

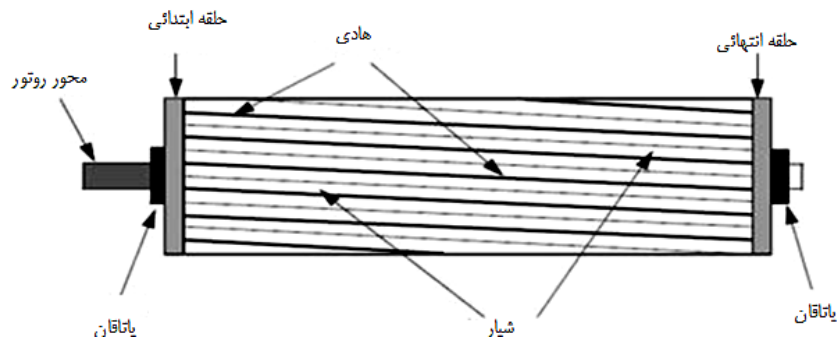
- فن؛ برای خنک کردن موتور که در موتورهای توان پایین معمولاً استفاده می‌شود و بر روی روتور قرار دارد.

- شفت روتور؛ که مجموعه اجزای روتور بر روی آن سوار است و با قرار گرفتن دو طرف آن در یاتاقان‌ها فاصله هوایی بین روتور و استاتور حفظ می‌شود.

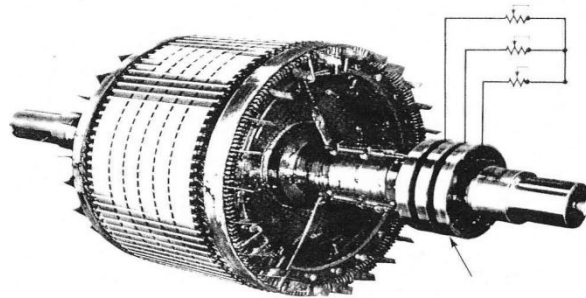
- عایق سیم‌پیچی‌ها؛ این عایق‌ها برای جلوگیری از اتصال کوتاه بین هادی‌های یک کلاف و یا حلقه‌های یک کلاف استفاده می‌شود.

اجزای توضیح داده شده در این قسمت در تمامی موتورهایی که در این گزارش بررسی می‌شود، وجود داشته و تفاوت آنها، ساختارهای مختلف موتورهای الکتریکی را به وجود آورده است.

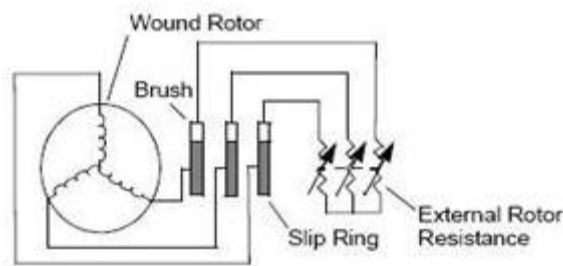
۱- روتور: روتور موتورهای القائی از ورقه‌های فولادی یک شکل تشکیل شده است که به صورت یک استوانه متشکل از چندین شیار کنار هم قرار می‌گیرند که سیم‌پیچی‌های روتور درون شیارهای آن قرار می‌گیرد. سیم‌پیچی‌های روتور می‌تواند، مطابق شکل (۶-۱)، از نوع قفسه سنجایی باشد که در آن درون شیارها با استفاده از روش ریخته‌گری، آلومینیوم و یا مس ریخته می‌شود و در دو انتهای هسته، به کمک دو حلقه به روش ریخته‌گری اتصال کوتاه می‌شوند. نوع دیگر سیم‌پیچی روتور موتور القایی به این صورت است که کلاف‌های متشکل از هادی‌های مسی که از قبل آماده شده اند، درون شیارهای روتور قرار می‌گیرند. نمونه‌ای از این نوع روتور در شکل (۷-۱) نشان داده شده است. در این حالت برای تغذیه سیم‌پیچ روتور، یا برای اضافه کردن مقاومتها و خازنهای خارجی به مدار روتور و یا اتصال کوتاه کردن آنها از حلقه‌های لغزان، مطابق شکل (۸-۱)، استفاده می‌شود. به کمک این مقاومت‌های خارجی و یا تغذیه جداگانه سیم‌پیچی روتور می‌توان گشتاور مورد نیاز برای راه‌اندازی موتور و یا نقطه کار مناسب بار مکانیکی را تامین نمود.



شکل (۱-۶) روتور موتور القائی قفس سنجابی

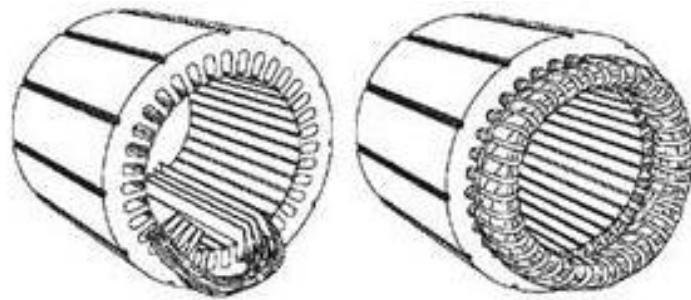


شکل (۱-۷) روتور سیم پیچی شده موتور القائی قفس سنجابی



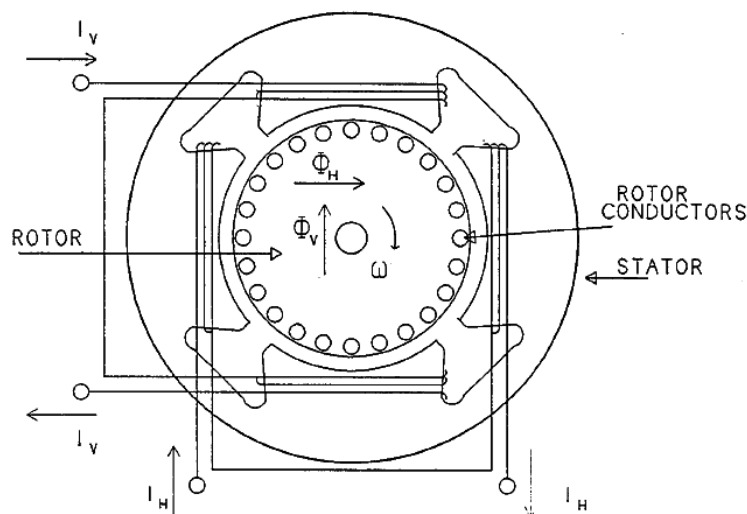
شکل (۱-۸) روتور سیم پیچی شده به همراه مقاومت های راه انداز متصل به حلقه های لغزان روتور

۲- استاتور: استاتور موتور القائی که نمای آن در شکل (۱-۹) نشان داده شده است، ورقه های فولادی ساخته می شود. این قطعات بصورت یک استوانه تو خالی به هم وصل شده و محکم می شوند. سیم پیچ های روکش دار در شیارهای استاتور جای می گیرند. هر دسته از کلاف های سیم پیچی با هسته ای که آن را فرا گرفته، یک آهنربای مغناطیسی تشکیل می دهد. تعداد قطب های یک موتور القائی به اتصال درونی کلاف های استاتور بستگی دارد. با اعمال ولتاژ به کلاف های سیم پیچ استاتور یک میدان مغناطیسی دوار در شکاف هوایی شکل می گیرد.



شکل (۹-۱): استاتور موتور القایی

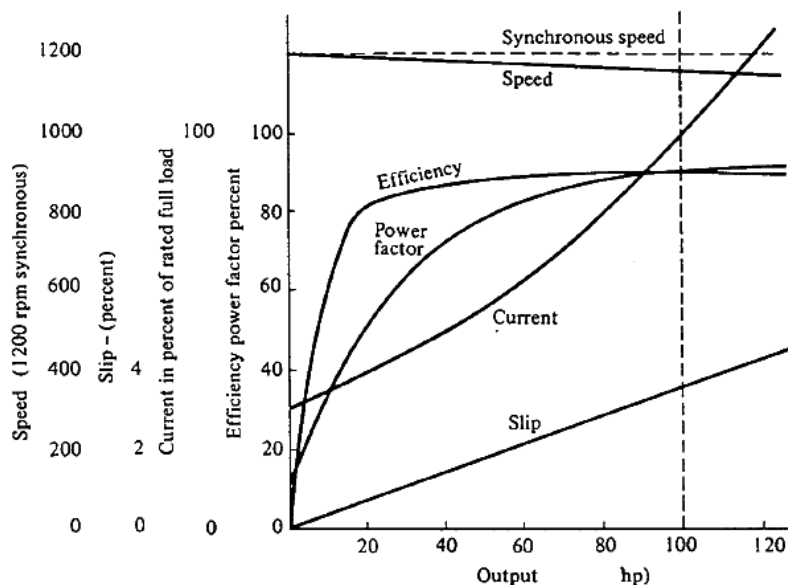
اساس کار موتورهای القایی تغییر جهت شار فاصله هوایی به گونه‌ای است که موتور حرکت پیوسته داشته باشد. برای رسیدن به درک بهتر از عملکرد موتورهای القایی، در شکل (۱۰-۱) سطح مقطع دو بعدی یک موتور القایی دو فاز و دو قطب نشان داده شده است که سیم‌بندی‌های استاتور به صورت متمرکز پیچیده شده‌اند.



شکل (۱۰-۱): سطح مقطع موتور القایی دو فاز دو قطب

همان طور که در شکل نشان داده شده است یک دسته از سیم‌بندی‌های استاتور که با جریان I_V تغذیه می‌شوند، شار عمودی Φ_V را تولید می‌کند. همچنین دسته دیگر سیم‌بندی استاتور که با جریان I_H (هم‌فراکانس جریان I_V است و 90° درجه اختلاف فاز با آن دارد) تغذیه می‌گردد، شار افقی Φ_H را تولید می‌کند. وجود اختلاف زاویه بین Φ_H و Φ_V باعث تشکیل یک موج مغناطیسی با دامنه ثابت شده که با سرعت ثابت در طول فاصله هوایی می‌چرخد؛ در حقیقت شار فاصله هوایی گردان تشکیل می‌گردد.

در هادی‌های اتصال کوتاه شده روتور، بر اثر برخورد با شار گردان فاصله هوایی، ولتاژ القا می‌گردد که برقراری جریان در این هادی‌ها را به دنبال خواهد داشت. از برهم‌کنش جریان روتور و شار گردان فاصله هوایی گشتاور تولید می‌گردد که این گشتاور، موجب حرکت پیوسته موتور می‌شود. سرعت چرخش موتورهای القایی کمی پایین‌تر از سرعت چرخش شار فاصله هوایی است و هرچه بار مکانیکی موتور بیشتر شود، اختلاف سرعت موتور و شار چرخان فاصله هوایی بیشتر می‌شود. در شکل (۱۱-۱) منحنی‌های مشخصه عملکرد یک موتور القایی سه‌فاز با توان ۱۰۰ اسب بخار نشان داده شده است.



شکل (۱۱-۱): منحنی‌های معمول مشخصه عملکرد موتور سه‌فاز القایی با توان ۱۰۰ اسب بخار

۱-۳- کاربردهای موتورهای القایی سه‌فاز

موتورهای القایی امروزه در بازه توانی چند ده وات تا چند مگاوات تولید می‌گردند و پرکاربردترین موتور مورد استفاده از نظر تنوع کاربرد می‌باشند. از مزایای مهم موتورهای القایی که موجب تنوع زیاد کاربردهای آن شده، عبارتند از:

۱- سادگی ساختار و هزینه پایین تولید

۲- تغذیه با اتصال مستقیم به شبکه برق و عدم نیاز به تجهیزات الکترونیک قدرت برای عملکرد

همان‌طور که قبلاً گفته شد موتورهای القایی سه‌فاز به دو دسته روتور قفسه‌سنجابی و روتور سیم‌پیچی شده تقسیم می‌شوند. موتورهای القایی با روتور سیم‌پیچی شده در صنعت بیشتر در مواقعی که به گشتاور راه‌اندازی بالا نیاز هست مورد استفاده قرار

می‌گیرند. این نوع موتور القایی در مقایسه با نوع قفس سنجابی، گشتاور راه اندازی بالاتر، شتاب آرام تحت بارهای سنگین، قابلیت تنظیم سرعت و مشخصه‌های دینامیکی خوبی دارد و در کاربردهایی از قبیل بالابرها، جرثقیل‌ها، نقاله و غیره - که نیاز به گشتاور راه‌اندازی بالا دارند - مورد استفاده قرار می‌گیرد. موتورهای قفس سنجابی ساختاری مقاوم و محکم داشته و هزینه ساخت آنها نیز پایین‌تر از نوع روتور سیم‌پیچی می‌باشد و به همین دلیل در اغلب کاربردهای صنعتی از قبیل ماشین‌های تراشکاری، تجهیزات حفاری، پمپ‌های آب صنعتی و کشاورزی و سایر محرکه‌های صنعتی استفاده می‌شوند.

در سال‌های اخیر از موتورهای القایی در حوزه خودروهای هیبریدی نیز استفاده شده است و یکی از زمینه‌های تحقیقاتی و تجاری در سال‌های اخیر بوده است؛ این کاربرد جدید به دلیل ساختار ساده و ارزان قیمت بودن این موتورها می‌باشد. یکی از کاربردهای جدید موتورهای القایی از لحاظ تحقیقاتی و تجاری، در کاربردهای سرعت بالا مانند استفاده از این موتورها در کمپرسورهای گریز از مرکز می‌باشد. یکی دیگر از زمینه‌های تحقیقاتی نوین در حوزه موتورهای القایی، موتورهای القایی توان بالا (بالای ۱۰۰ مگاوات) در حوزه کشتیرانی و حمل و نقل می‌باشد.

با توجه به توضیحات فوق، کاربردهای موتورهای القایی را به صورت زیر می‌توان دسته‌بندی نمود:

۱- کاربردهایی مانند بالابرها، جرثقیل‌ها، نقاله و پمپ‌های توان بالا (نوع روتور سیم‌پیچی شده).

۲- کاربردهای عمومی تجهیزات صنعتی از قبیل ماشین‌های تراشکاری، تجهیزات حفاری، فن‌ها و کمپرسورهای صنعتی و پمپ‌های آب صنعتی و کشاورزی.

۳- سیستم‌های حمل و نقل:

- در قطارها برای به حرکت درآوردن چرخ‌های قطار

- محرک کشتی‌ها و تجهیزات دریایی بزرگ

- در خودروهای هیبریدی به صورت اتصال مستقیم به چرخ (In wheel) و یا اتصال به محور چرخ‌ها

۱-۴- تحقیقات مرتبط با موتورهای القایی سه فاز

۱-۴-۱- کشور آمریکا

در کشور آمریکا همان طور که قبلا به آن اشاره شد، از دهه ۱۹۹۰ تحقیقات بر روی افزایش کارایی موتورهای القائی انجام شده است که هدف از این تحقیقات عمدتاً مربوط به افزایش بازده موتورهای القائی بوده است. در سال‌های اخیر نیز با توجه به کاربردهای نوین موتورهای القائی در حوزه‌هایی چون خودروهای هیبریدی، کاربردهای نظامی- دریایی و کاربردهای سرعت بالا، تحقیقاتی در این زمینه‌ها نیز انجام شده که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد.

- پروژه‌ای با عنوان "افزایش بازده موتور با دای کست مس در روتور موتور القائی" که در آن هدف ارتقا بازده موتور قفس سنجابی با به کارگیری ریخته‌گری مس در روتور بجای آلومینیوم بود، تلفات اهمی به اندازه ۴۰ درصد و تلفات ماشین به اندازه ۲۰ درصد کاهش پیدا کرد [۳]. این پروژه با حمایت مالی موسسه بین‌المللی مس^۱ و وزارت انرژی آمریکا و با همکاری موسسات تحقیقاتی و دانشگاهی مختلف از جمله دانشگاه MIT، شرکت‌های مختلفی از صنایع همچون سازندگان موتور، صنایع ریخته‌گری تجهیزات دما بالا، موسسه تحقیقاتی تهویه مطبوع انجام گرفت. با استفاده از نتایج این پروژه، شرکت‌های متعدد در سراسر دنیا اقدام به ساخت موتورهای القائی با این فناوری نمودند که از جمله آنها می‌توان به زیمنس آلمان و شرکت چینی Yunnan Copper Die-Casting اشاره نمود [۳]. این شرکت چینی در سال ۲۰۰۶ از این فناوری در محصولات شرکت خود استفاده کرده و اولین نمونه محصول خود با این فناوری را در سال ۲۰۱۲ روانه بازار نمود. پروژه فوق‌الذکر در سال ۱۹۹۴ شروع و پس از ۳ سال مطالعات آن تمام شد. البته پروژه‌های متعدد دیگری نیز در این ارتباط با حمایت موسسه بین‌المللی مس، مراکز علمی، شرکت‌های صنعتی از جمله زیمنس، شرکت Baldor، تسلا موتورز و کنسرسیوم سازندگان موتور انجام شده است. موسسه بین‌المللی مس مبلغ ۱۲ میلیون دلار از دهه ۹۰ به بعد در این زمینه سرمایه‌گذاری مالی انجام داده است [۴].

- در پروژه‌های دیگر قسمت دیگری از تلفات موتور القائی با عنوان تلفات سرگردان توسط محققان دانشگاه MIT در پروژه‌ای با عنوان "بهبود بازده موتور القائی با کاهش تلفات سرگردان" مورد بررسی قرار گرفت. حمایت مالی این پروژه را دفتر تحقیقاتی نیروی دریایی آمریکا انجام داده بودند [۵].

¹- International Copper Association

- شرکت جنرال الکتریک با همکاری وزارت انرژی آمریکا جهت بهبود عملکرد موتورهای القائی و آهنربای دائم پروژه‌های تحت عنوان "روش‌های نوین ساخت موتورهای القائی و مغناطیس دائم پرقدرت" از سال ۲۰۱۱ تا سال ۲۰۱۴ اجرا کرده‌اند. هزینه پروژه توسط شرکت GM به مبلغ ۱/۳ میلیون دلار و DOE به مبلغ ۱/۲۲۵ میلیون دلار تامین شده است. مجری پروژه مذکور موسسه تحقیقاتی Pacific Northwest National Laboratory بوده و اهداف پروژه شامل کم نمودن وزن موتور، بهبود عملکرد ماشین و کم نمودن هزینه‌های ساخت می باشد [۶].

- شرکت جنرال موتورز آمریکا نیز مبلغ حدود ۲۴۶ میلیون دلار در خصوص تحقیق بر روی موتورهای الکتریکی سرمایه‌گذاری کرده است. عمده تحقیقات انجام شده در این مورد، بر روی موتورهای الکتریکی آهنربای دائم و موتور القائی برای استفاده در تجهیزات کشنده است. به عنوان مثال پروژه‌های تحت عنوان "ساخت و آنالیز هزینه برای موتورهای القائی با روتور مسی و آلومینیومی" با مشارکت واحد تحقیق و توسعه جنرال موتورز، دانشکده مواد دانشگاه آریزونا و دانشکده مواد دانشگاه MIT در سال ۲۰۰۹ انجام شده است [۷].

- شرکت Remy آمریکا که یکی از بزرگترین تولید کنندگان موتور الکتریکی در آمریکا می باشد و عمده موتورهای الکتریکی خودروهای هیبریدی مورد نیاز شرکت‌های خودروسازی GM، BMW و Mercedes را می سازد، ۶۰/۲ میلیون دلار گرانت تحقیقاتی جهت شتابدهی به توسعه موتورهای خودروهای برقی از دپارتمان انرژی آمریکا در قالب پروژه ای با عنوان "American Recovery and Reinvestment Act—Electric Drive Vehicle Battery and Component Manufacturing Initiative" گرفته است [۸].

- موسسه USCAR آمریکا در سال ۲۰۰۶ با همکاری وزارت انرژی آمریکا و شرکت‌های دیگری از قبیل Chrysler، Ford، GM، BP، Chevron، ExxonMobil، Tesla Motors، Southern California Edison، DTE Energy، EPRI طرح تهیه نقشه راه تجهیزات الکتریکی مورد استفاده در خودروی هیبریدی از جمله ماشین‌های الکتریکی مورد استفاده در آن از جمله موتور القایی با هدف کاهش هزینه ساخت، افزایش بازده انرژی و بهبود عملکرد موتور القائی و افزایش نسب توان-سرعت به مقدار ۸:۱ را بر عهده گرفته است [۹].

- دفتر بهینه‌سازی و انرژی‌های نو وزارت انرژی آمریکا در سال ۲۰۰۷ گرانتی به مبلغ ۱۷،۳۵۸،۰۰۰ دلار به پروژه ای تحت عنوان "بهینه‌سازی موتورهای الکتریکی جهت استفاده در خودروهای برقی" اختصاص داد [۱۰].

– گروه سیستم های قدرت سازمان دریایی آمریکا نیز با تامین مالی وزارت دفاع آمریکا در سال ۲۰۰۷ یکی از اهداف نقشه راه فناوری دریایی خود را طراحی ماشین های القایی پر قدرت تا توان ۱۰۰ مگاوات با بازده و سرعت بالا قرار داده است [۱۱].

۱-۴-۲- آلمان

شرکت زیمنس آلمان پروژه‌های جهت بهینه سازی مصرف انرژی موتور القائی با اعمال روش‌هایی از جمله استفاده از مس، ورقه بندی، بهینه سازی فاصله هوایی، کاهش تلفات سیم پیچی، مقاومتی و اصطکاک را در برنامه کاری خود دارد [۱۲].

۱-۴-۳- انگلستان

در این کشور اغلب پروژه‌های انجام شده در حوزه موتورهای القائی توسط شورای تحقیقاتی علوم مهندسی و فیزیک (EPSRC) حمایت شده اند و مجری این پروژه ها دانشگاهها و موسسات تحقیقاتی این کشور می باشند. در ادامه لیست پروژه های انجام شده با حمایت مالی این موسسه در جدول (۱-۱) آمده است [۱۳].

جدول (۱-۱): پروژه‌های تحقیقاتی انجام شده با حمایت موسسه EPSRC

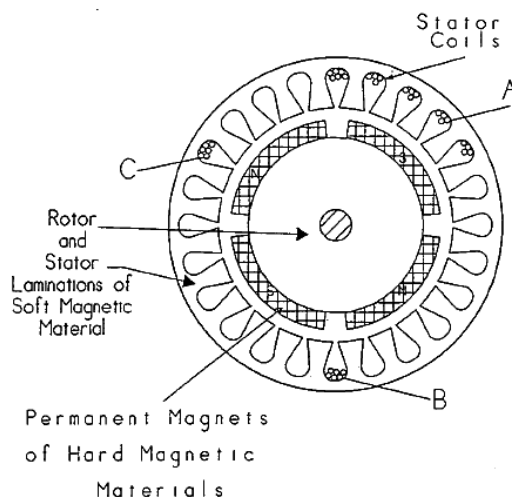
عنوان پروژه	سال انجام	مجری	همکاران پروژه	مبلغ پروژه (پوند)	نتیجه پروژه
ترکیب جدید اینورتر جهت استفاده در درایو موتور القائی با خروجی حداکثر ضریب توان	۱۹۹۳ تا ۱۹۹۵	دانشگاه ناتینگهام	-	68,212	-
کنترل گشتاور موتور القائی کم سرعت	۱۹۹۴ تا ۱۹۹۷	دانشگاه نیوکاسل	-	106,787	با این روش نیاز به نصب سنسور شفت که در مواردی که نیاز به کنترل گشتاور در سرعت های پایین لازم می شد، حذف گردید.
روش کنترل برداری جدید با عملکرد بالا جهت استفاده در موتور القائی	۱۹۹۲ تا ۱۹۹۵	دانشگاه ناتینگهام	-	98,082	-
تعیین پارامترهای مدار معادل موتور القائی با استفاده از روش المان محدود	۱۹۸۹ تا ۱۹۹۱	دانشگاه کمبریج	-	36,887	-
کنترل تطبیقی مقاوم موتور القائی	۱۹۹۴ تا ۱۹۹۷	دانشگاه بریستول	-	172,898	بررسی نظری و عملی بکارگیری روش کنترلی جدید بر روی موتور القائی
بررسی حالت ماندگار موتور القائی با استفاده از المان محدود سه بعدی	۱۹۹۳ تا ۱۹۹۶	دانشگاه کمبریج	-	136,487	توسعه مدل سه بعدی برای تحلیل حالت ماندگار
جنبه های طراحی سیستم داریو سرعت متغیر موتور القائی		دانشگاه ناتینگهام	Eurotherm Invensys Pre Drives PLC Group Nexu Ltd Headquarters Migration Transtech Ltd		-
بررسی عملکرد موتور- درایو بدون سنسور	۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵	دانشگاه هریوت وات	Alstom Group	148,273	کنترل دقیق سرعت و گشتاور با حذف سنسور مکانیکی محور موتور

عنوان پروژه	سال انجام	مجری	همکاران پروژه	مبلغ پروژه (پوند)	نتیجه پروژه
بررسی موتور - درایو چند فازه	۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴	دانشگاه منچستر	-	243,486	بررسی افزایش عملکرد موتور القایی با افزایش فازهای آن بیشتر از ۳ فاز که باعث افزایش بازده، کاهش گشتاور ضربانی و درجه تحمل بالا در خطای احتمالی
بررسی تلفات stray در موتور القایی	۲۰۰۱ تا ۲۰۰۴	دانشگاه منچستر	Invensys	324,879	استخراج تست استاندارد جهت بررسی تلفات stray در موتور القایی

۲- موتورهای آهنربای دائم

۱-۲- مقدمه

در موتورهای بدون جاروبک دی‌سی، همان طور که در شکل (۱-۳) نشان داده شده است، آهنربای دائم در فضای روتور نصب می‌گردد و استاتور آن به صورت سه‌فاز (یا چند فاز) سیم‌پیچی می‌شود. از این جهت این نوع موتور، موتور دی‌سی خوانده می‌شود که مشخصه گشتاور - سرعت آن مشابه مشخصه گشتاور - سرعت موتورهای دی‌سی است. البته در عمل، این موتورها ماهیت متناوب و غیر دی‌سی دارند؛ زیرا جریان سیم‌پیچی‌های استاتور و ولتاژ داخلی القا شده در آن متناوب است. موتورهای سنکرون آهنربای دائم نیز همین ساختار را دارند.



شکل (۱-۲): سطح مقطع موتور آهنربای دائم سه‌فاز و ۲۴ شیار

در این ساختار موتور، شار چرخان فاصله هوایی توسط سیم‌بندی استاتور ایجاد می‌گردد و روتور با این شار چرخان سنکرون می‌باشد. با چرخش روتور، چگالی شار ناشی از آهنرباها با سیم‌بندی‌های استاتور برخورد می‌کند و در آنها ولتاژ القا می‌کند. با انتخاب چیدمان مناسب، شکل و ابعاد آهنرباها و همچنین سیم‌بندی استاتور، ولتاژ داخلی القا شده در سیم‌پیچی استاتور می‌تواند به صورت سینوسی و یا به صورت دوزنقه‌ای (به صورت تابعی از زمان) تبدیل گردد. در هر دو حالت، فرکانس ولتاژ داخلی سیم‌پیچی استاتور دقیقاً برابر فرکانس چرخش روتور است.

$$f_0 = n \frac{\omega}{2\pi} \quad (1-2)$$

که n تعداد جفت قطب‌های روی روتور است.

موتورهای آهنربای دائم نیاز به تغذیه الکترونیکی برای راهاندازی آن دارند. اگر آهنرباها، مانند شکل (۲-۱)، بر روی سطح روتور چسبانده شوند، موتور آهنربای دائم سطحی^۱ نامیده می‌شود. اگر آهنرباها درون یوغ روتور تعبیه شده باشند، موتور آهنربای دائم داخلی^۲ نامیده می‌شود. موتورهای آهنربای دائم داخلی، رلوکتانس کمتری نسبت به نوع سطحی داشته و امکان ترکیب آنها با میله‌های قفسه سنجاب- مانند موتورهای القایی- وجود دارد و می‌تواند خاصیت خود راهانداز (برای اتصال مستقیم به برق شهر) به موتور آهنربای دائم بدهد.

تاریخچه و تغییرات فناوری موتورهای آهنربای دائم، با تغییرات فناوری آهنرباهای دائم تغییر یافته است. آهنرباهای اولیه که از مدت‌ها پیش در طبیعت وجود داشته و در بیشتر مناطق یافت می‌شود، از جنس اکسیدهای آهن (Fe_3O_4) است. نسل بعدی آهنرباها، آهنرباهای Alnico هستند که اولین بار در سال ۱۹۳۰ به صورت رسمی مطرح شدند. این آهنرباها متشکل از عناصر اصلی آلومینیوم (Al)، نیکل (Ni) و کبالت (Co) و همچنین عناصر فرعی مس (Cu)، تیتانیوم (Ti) و سیلیس (Si) هستند. این آهنرباها در سال‌های مختلف در انواع مختلف ساخته شده است و بیشینه انرژی (BH_{max}) آنها در حدود 40 kJ/m^3 تا 40 kJ/m^3 است. ۵۶

در ادامه آهنرباهای موسوم به هگزاferit (Hexaferrite) توسط یک شرکت آمریکایی در سال ۱۹۵۲ عرضه گردید. این آهنرباها برخلاف آهنرباهای سری Alnico رسانا نیستند و از اکسیدهای آهن و ترکیبات باریم (Pb) تشکیل شده اند. بیشینه انرژی این آهنرباها کمتر از آهنرباهای سری Alnico هستند، اما در مقابل قیمت آنها پایین تر است، واکنش شیمیایی کمتری نشان می‌دهد و در نتیجه برای کاربردهای تجاری مناسب‌ترند.

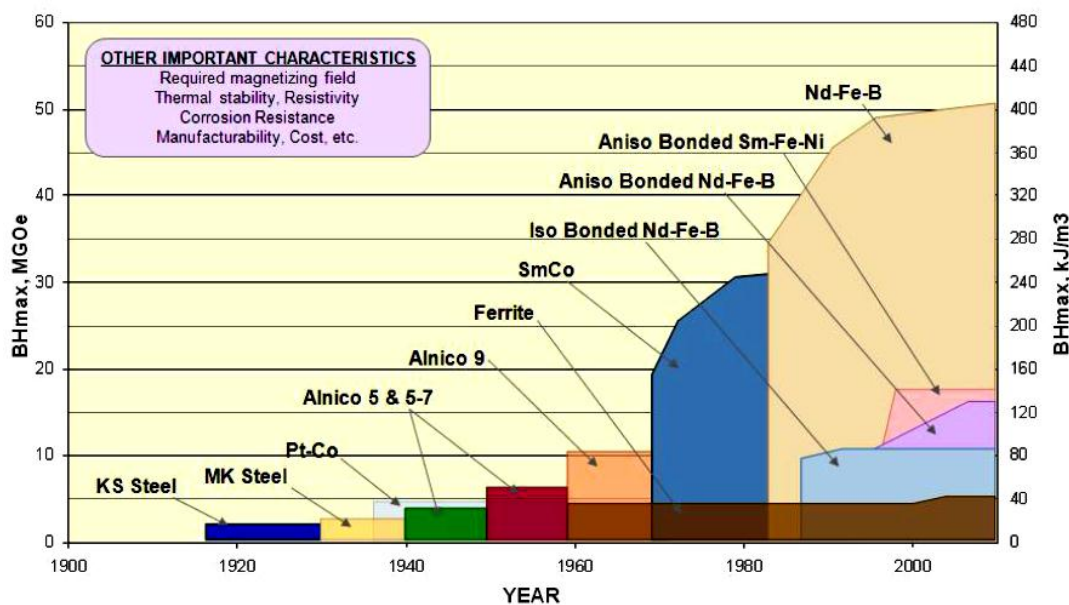
استفاده‌های عملی از آهنرباهای نایاب حاکی از جنس ساماریوم- کبالت (SmCo) در سال ۱۹۶۰ میلادی در صنایع نظامی آمریکا آغاز گردید. در سال ۱۹۷۲ میلادی نوع جدیدی از این آهنرباها تولید شدند که بیشینه انرژی آنها به مراتب بیش از نمونه‌های قبلی (به صورت تئوری چیزی در حدود $477,5 \text{ kJ/m}^3$) بود. با توجه به مشخصات مغناطیسی خوب و از آنجایی که

¹ Surface Mounted

² Interior

دمای کاری آهنرباهاس ساماریوم- کبالت بازه وسیعی را شامل می‌شود، امروزه این آهنرباها اولین انتخاب برای کاربردهای دما بالا هستند.

در اواخر دهه ۷۰ میلادی به علت نا آرامی‌های سیاسی در کشور کنگو (زئیر سابق) که یکی از تامین کنندگان عمده کبالت در دنیا بود، قیمت این ماده به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرد. در نتیجه آن، تحقیقات در مورد نسل جدید آهنرباها آغاز گردید. در اواسط دهه ۸۰ میلادی سه مرکز تحقیقاتی شامل شرکت جنرال موتورز^۱، شرکت سامیتومو^۲ و مرکز تحقیقات نیروی دریایی آمریکا^۳ نسل جدیدی از آهنرباها، موسوم به آهنرباهای سری NdFeB را تولید و عرضه نمودند. دمای کاری این آهنرباها چیزی در حدود ۱۵۰ درجه سانتیگراد است و بیشینه انرژی آنها (به صورت تئوری) چیزی در حدود 400 kJ/m^3 است. قیمت نسبتاً مناسب و مشخصات مغناطیسی خوب باعث شده است که استفاده از آهنرباهای NdFeB گسترش زیادی پیدا کند و در موتورهای الکتریکی تولیدی شرکت‌های بزرگ مانند جنرال موتورز به صورت گسترده استفاده شود [۱۴]. در شکل (۲-۲) روند توسعه استفاده از آهنرباها، با گذشت زمان نشان داده شده است [۱۵].



شکل (۲-۲): روند توسعه استفاده از آهنرباها در سالهای مختلف [۱۵]

¹ General Motors (GM)

² Sumitomo

³ Naval Research Laboratory (NRL)

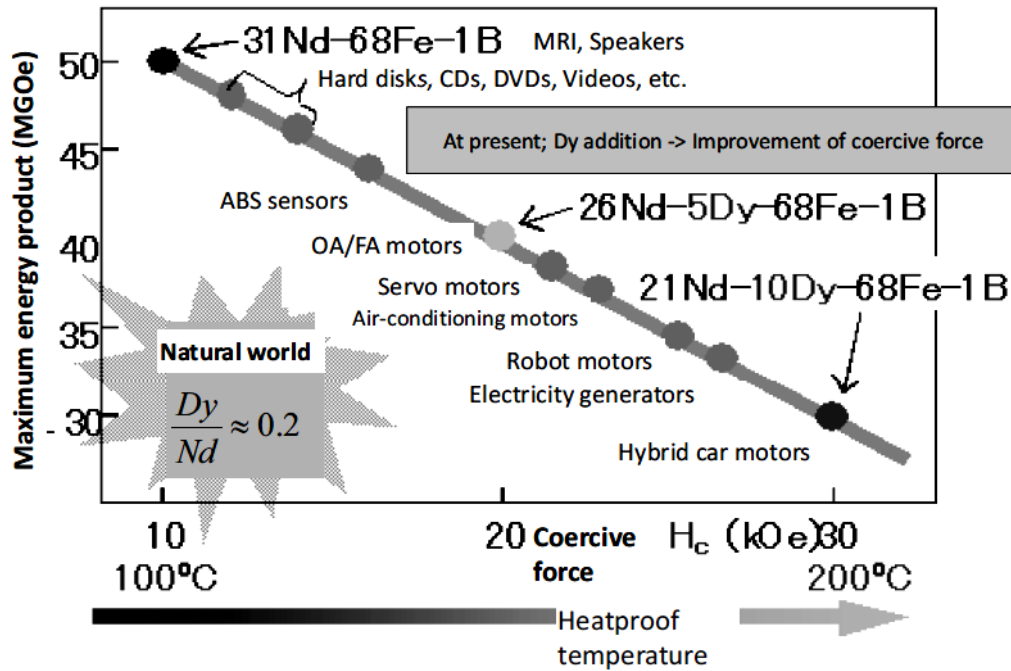
آهنرباهای نئودیمیوم یا NIB، از ترکیب نئودیمیم، آهن و بورون $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ساخته شده است. آهنرباهای نئودیمیوم (یا آنطور که در صنعت شناخته شده‌اند "نئو") از لحاظ قدرت از N24 تا N54 درجه‌بندی شده‌اند. عدد پس از N نشان دهنده حاصل ضرب انرژی مغناطیسی برحسب مگاگوس ارستد (MGOe)^۱ است. N48، دارای میدان مغناطیسی استاتیک پسماند ۱/۳۸ تسلا و H (شدت میدان مغناطیسی) ۱۳۰۰۰ ارستد (1.0MA/m) می‌باشد.

از آنجایی که غالباً از موتورهای آهنربای دائم نئودیومی در خودروهای هیبریدی و برقی استفاده می‌شود، نیاز به تولید بیشتر این نوع آهنرباها در آینده افزایش بیشتری می‌یابد.

در شکل (۲-۳) رابطه بین دمای کاری و ترکیبات مختلف آهنرباهای نئودیومی نشان داده شده است. در کاربردهای آینده آهنرباها در خودروها، دمای کاری به چیزی حدود 200°C می‌رسد. از آنجایی که آهنرباهای نئودیومی به دما حساس هستند، نیروی مغناطیس زدای آنها با افزایش دما، کاهش زیادی می‌یابد. بنابراین برای افزایش نیروی مغناطیس زدا در دماهای بالا، ماده نایاب خاکی Dy^2 به آنها اضافه می‌شود که در شکل (۲-۳) مقدار نیاز آن برای هر کاربرد نشان داده شده است. با این وجود در کاربردهای آینده خودرویی این آهنرباها، به دلیل وجود همین ماده Dy، تا ۴۰ درصد انرژی آهنرباها کاهش می‌یابد. اما مساله مهم تر، وجود معادن نئودیوم است که بیشتر آنها در کشور چین واقع شده است که با توجه به افزایش تقاضا برای آهنرباهای نئودیومی در آینده، نگرانی‌های زیادی در مورد نحوه و میزان عرضه این مواد وجود دارد. بنابراین امروزه جهت گیری تحقیقات در زمینه آهنرباها، در راستای تولید آهنرباهایی با مقدار مورد نیاز کمتر از عنصر Dy و یا تولید آهنرباهایی بدون نیاز به این عنصر است.

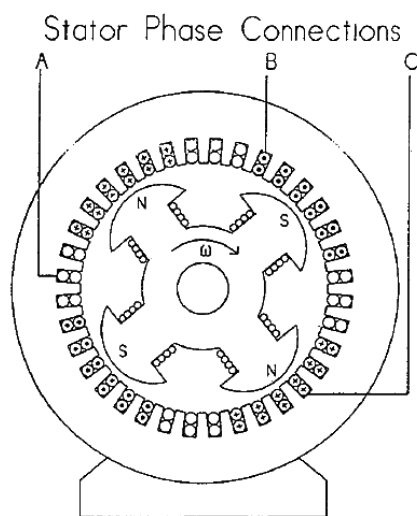
¹ $1\text{MGOe} = 7/958\text{ T.KA/m} = 7/958\text{ kJ/m}^3$

² Dysprosium



شکل (۲-۳): مقدار نیاز آهنرباهای نئودیومی به عنصر Dy در دماهای مختلف

به جای آهنربا در قطب‌های روتور موتورهای سنکرون، می‌توان از سیم‌بندی تحریک، همان‌طور که در شکل (۲-۴) نشان داده شده است، نیز استفاده نمود. در این حالت برای تغذیه هادی‌های روتور به جاروبک نیاز می‌باشد. این نوع از موتورها را، موتور سنکرون روتور سیم‌پیچی می‌نامند. موتورهای سنکرون روتور سیم‌پیچی شده نیز به دو دسته دیگر تقسیم‌بندی می‌شوند؛ موتور سنکرون با روتور قطب برجسته و موتور سنکرون با قطب صاف.



شکل (۲-۴): سطح مقطع یک موتور سنکرون قطب برجسته سه‌فاز، ۴ قطب و ۳۶ شیار

۲-۲- ساختار موتور آهنربای دائم

موتورهای آهنربای دائم از لحاظ نحوه عملکرد به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- موتورهای سنکرون آهنربای دائم

- موتورهای دی‌سی بدون جاروبک

- موتورهای دی‌سی جاروبک دار

موتورهای دی‌سی جاروبک دار موضوع بررسی این گزارش نمی‌باشد. ساختار موتورهای سنکرون آهنربای دائم و موتورهای

دی‌سی بدون جاروبک مشابه هم است:

۱- بخش ثابت بیرونی که استاتور نام دارد. ساختار استاتور این موتورها مانند ساختار استاتور موتورهای القایی سه فاز می‌باشد.

۲- بخش متحرک و گردان درونی که روتور نام دارد. روتور موتورهای سنکرون آهنربای دائم و موتورهای دی‌سی بدون

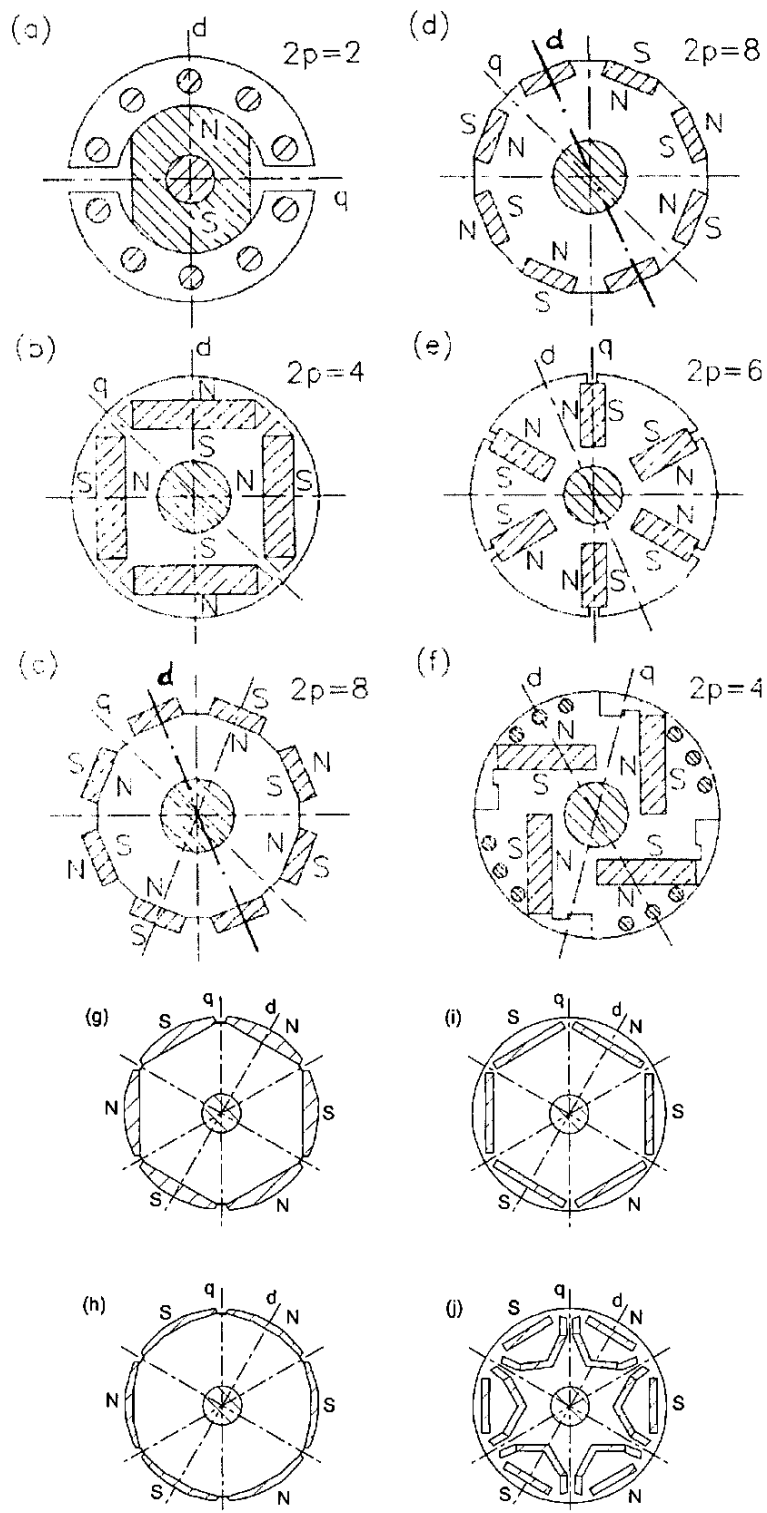
جاروبک ساختاری مشابه هم دارند و بسته به کاربرد موتور و سرعت آن، آهنربای دائم به اشکال مختلف به روتور متصل

می‌شود. به عنوان مثال برای کاربردهای سرعت بالا معمولاً آهنرباها را بر روی سطح خارجی روتور می‌چسبانند که به ساختار

Surface mounted مشهور است. در شکل (۲-۵) برخی از انواع ساختارهای روتور موتورهای سنکرون آهنربای دائم و

دی‌سی بدون جاروبک نشان داده شده است [۱۶].

سایر اجزای موتورهای الکتریکی آهنربای دائم مشابه موتورهای القایی سه فاز می‌باشد. لازم به ذکر است که موتورهای آهنربای دائم، بر خلاف موتورهای القایی، برای عملکرد خود نیاز به تغذیه الکترونیکی دارند که نوع سیستم تغذیه برای موتورهای سنکرون آهنربای دائم و دی‌سی بدون جاروبک متفاوت است.



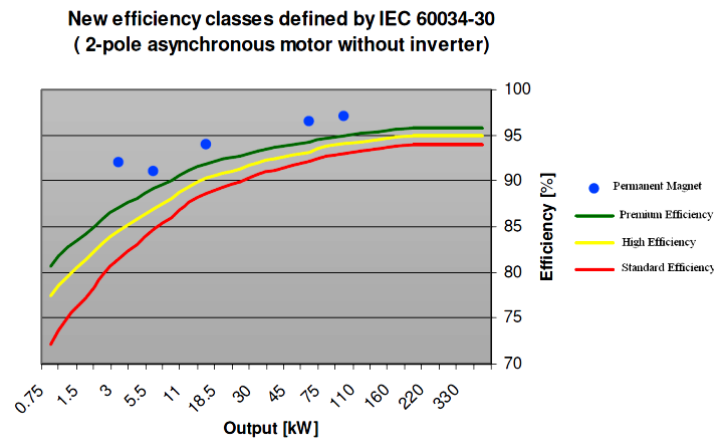
شکل (۲-۵): برخی از انواع ساختارهای روتور موتورهای سنکرون آهنربای دائم و دی‌سی بدون جاروبک

۲-۳- کاربردهای موتورهای آهنربای دائم

۲-۳-۱- موتورهای سنکرون آهنربای دائم

از موتورهای سنکرون آهنربای دائم به عنوان جایگزین موتورهای القایی، در همه کاربردهایی که این موتورها مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توان استفاده نمود. موتورهای سنکرون آهنربای دائم بازدهی انرژی بالاتری نسبت به موتورهای القایی با بالاترین بازده انرژی (IE4) دارند. با این حال با توجه به این که قیمت موتورهای القایی بسیار پایین‌تر از موتورهای سنکرون آهنربای دائم است، این جایگزینی به صورت کامل صورت نگرفته است؛ استفاده از موتور سنکرون آهنربای دائم به جای موتور القایی در مواردی صورت گرفته است که برای تغییر سرعت موتور القایی (افزایش و یا کاهش) نیاز به استفاده از گیربکس به همراه موتور بوده و یا این که بحث کاهش مصرف انرژی بسیار مهم بوده است. با این توضیح می‌توان گفت که امروزه به صورت صنعتی از موتورهای سنکرون آهنربای دائم در سرعت‌های بالا و نیز در سرعت‌های پایین استفاده می‌شود. کاربرد دیگر این موتورها در خودروهای هیبرید و یا برقی و همچنین قطارها برای به حرکت در آوردن چرخ‌های آنها است؛ به دلیل بالا بودن بازده موتورهای سنکرون آهنربای دائم، این موتورها یکی از اصلی‌ترین گزینه‌ها برای استفاده در این زمینه هستند.

موتورهای سنکرون آهنربای دائم مزایایی مانند چگالی توان بیشتر و حجم کوچک‌تر در مقایسه با موتورهای القایی دارند و در سال‌های اخیر به عنوان جایگزینی برای موتورهای القایی در صنعت جهت به حرکت درآوردن انواع فن، پمپ، کمپرسور و غیره مورد توجه قرار گرفته‌اند. هرچند هزینه اولیه موتورهای آهنربای دائم بیشتر از موتورهای القایی است، ولی در مطالعات صورت گرفته در کشورهای پیشرفته، این جمع‌بندی به دست آمده است که بازدهی موتورهای آهنربای دائم از موتورهای القایی معمول در صنعت و حتی از موتورهای القایی پربازده نیز بیشتر است [۱۷]. این تفاوت در بازدهی با کاهش توان موتور، همان طور که در شکل (۲-۶) دیده می‌شود، افزایش خواهد یافت؛ در موتورهای با توان چند صد کیلووات، بازدهی موتورهای آهنربای دائم در حدود ۲ درصد بیشتر از موتورهای القایی دارای بیشترین بازده انرژی است. همچنین به دلیل ساده‌تر شدن سیستم کنترل، هزینه بخش الکترونیک و کنترل آن نیز کاهش محسوسی می‌یابد. شایان ذکر است کاهش قابل توجه جریان راه‌اندازی این موتورها نسبت به موتورهای القایی باعث می‌شود که فشار کمتری به شبکه وارد شده و در نتیجه کیفیت توان در شبکه افزایش یابد.



شکل (۲-۶): مقایسه بازدهی موتورهای سه‌فاز آهنربای دائم و القایی

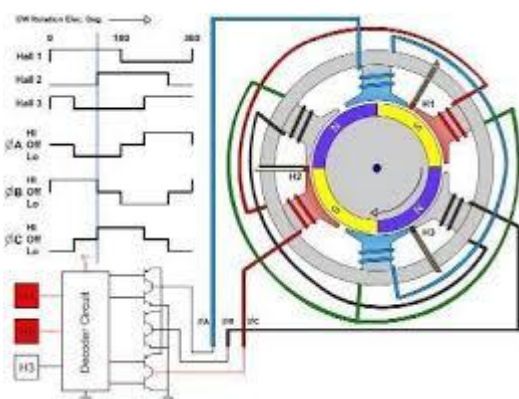
در بیشتر کاربردهای صنعتی و نیروگاه‌ها، استفاده از موتور القایی نیازمند به کار بردن گیربکس برای کاهش سرعت می‌باشد؛ در این حالت (به خصوص در توان‌های بالا) تلفات انرژی گیربکس قابل ملاحظه است و جایگزینی موتور آهنربای دائم با سرعت پایین به جای موتورهای القایی می‌تواند باعث حذف گیربکس گردد که در نتیجه باعث افزایش بازدهی انرژی کل سیستم و همچنین افزایش قابلیت اطمینان آن می‌شود [۱۷]. این روش اتصال موتور به بار که به Direct Drive معروف است، امروزه در صنعت به دلیل مزایای زیادی که به همراه دارد به شدت مورد توجه قرار گرفته است. در تمامی این کاربردها موتورهای آهنربای دائم مورد استفاده قرار می‌گیرند.

شرکت‌های ABB، Siemens و Ansaldo از جمله شرکت‌هایی هستند که به تولید این نوع از موتورها در محدوده ۱۰۰ کیلووات تا چند مگاوات اقدام نموده اند. از موتورهای آهنربای دائم به عنوان محرک فن و پمپ‌های آب در نیروگاه‌ها می‌توان استفاده نمود. همچنین در بارهایی که به دلیل تغییرات زیاد در میزان بار، نیاز به کنترل سرعت موتور القایی با استفاده از ادوات الکترونیک قدرت (سیستم‌های تنظیم سرعت یا ASD) باشد، موتور آهنربای دائم جایگزین مناسبی برای موتور القایی خواهد بود؛ زیرا موتور آهنربای دائم سیستم کنترل ساده‌تری نسبت به موتور القایی دارد و همچنین صرفه‌جویی انرژی در آن (مخصوصاً در بارهای کمتر از مقدار نامی موتور) به صورت قابل ملاحظه‌ای بیشتر از موتور القایی است.

به دلیل این که بازدهی انرژی موتورهای دی‌سی بدون جاروبک بیشتر از موتورهای القایی تک فاز و یونیورسال است، امروزه به عنوان جایگزینی برای این موتورها در وسایل خانگی و تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال در یخچال‌ها و ماشین لباسشویی این جایگزینی توسط بسیاری از شرکت‌ها انجام شده است و در سیستم‌های تهویه (HVAC) نیز از این موتورها استفاده می‌شود. پیش‌بینی می‌گردد که استفاده از این موتورها در آینده توسعه بیشتری پیدا کند. همچنین تلاش‌های زیادی برای استفاده از این موتورها به عنوان محرک پمپ‌های آب صورت گرفته است.

۳-۲-۱- استفاده از موتورهای دی‌سی بدون جاروبک (BLDC) در جاروبرقی

موتورهای یونیورسال (موتورهای DC با جاروبک) تا چندی پیش بهترین گزینه برای جاروهای برقی بودند. اما هم‌اکنون با رشد فناوری و معرفی موتورهای BLDC در برخی از کاربردهای تغذیه شده با باتری، از این نوع موتورها استفاده می‌شود. در موتورهای BLDC جاروبک و کموتاتور وجود ندارد؛ در نتیجه، اصطکاک و دمای ناشی از آن کاهش یافته و بنابراین راندمان نسبت به موتورهای یونیورسال بیشتر خواهد بود. همچنین با توجه به عدم وجود جاروبک، هزینه‌های ناشی از تعمیر این موتورها بسیار کاهش می‌یابد و همچنین از آنجاییکه گرد کربن ناشی از سایش زغال جاروبک نیز وجود ندارد فیلترهای هوای خروجی جارو برقی نیز با هزینه کمتری ساخته می‌شوند. شکل (۲-۷) یک نمونه موتور BLDC را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۷): موتور دی‌سی بدون جاروبک

با توجه به راندمان بالای موتورهای BLDC، این موتورها برای جاروهای برقی که از باتری تغذیه می‌شوند مانند جاروهای برقی Handheld و یا ربات‌های جاروبرقی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به آنکه این نوع موتورها نیاز به زمان بندی

دقیق جهت تزریق توان به سیم‌پیچ موتور دارند، مدارات الکترونیکی پشتیبان نیز برای موتور بعنوان درایو مورد نیاز خواهد بود. در شکل (۸-۲) نمونه ای از موتور BLDC به همراه یک نمونه موتور یونیورسال جهت مقایسه نشان داده شده است.



شکل (۸-۲): نمونه ای از موتور BLDC به همراه مدارات الکترونیکی درایو در کنار یک موتور یونیورسال

شرکت Dyson که یکی از شرکتهای پیشرو در زمینه جاروهای برقی می باشد یک نمونه موتور BLDC و یک نمونه موتور سوئیچ رلوکتانس برای جاروبرقی طراحی کرده است. با توجه به افزایش سرعت موتورهای BLDC (سرعتی در حدود ۱۰۰ هزار دور بر دقیقه) نسبت به موتورهای یونیورسال (سرعتی در حدود ۱۰ تا ۲۰ هزار دور بر دقیقه) امکان طراحی بسیار کوچک Impeller وجود خواهد داشت. شکل (۹-۲) نمونه ای از یک Impeller ساخت شرکت Dyson در کنار یک موتور و Impeller با سرعت متداول را نشان می دهد. هر دو این موتورها برای جاروهای برقی دستی طراحی و ساخته شده اند [۱۸].



شکل (۹-۲): نمونه ای از موتور BLDC به همراه Impeller (Dyson digital motor) V2 در کنار یک موتور یونیورسال

موتور بدون جاروبک نشان داده شده در شکل (۲-۹) در جارو برقی دستی مدل DC34 شرکت دایسون استفاده شده است. سرعت این موتور ۱۰۴۰۰۰ دور بر دقیقه بوده و دارای قطر ۵۵،۸ میلیمتر و وزن ۱۳۹ گرم است. با توجه به راندمان بالاتر، نیاز به شارژ مجدد باطری‌های این جارو برقی کاهش پیدا کرده است. یک نمونه جاروبرقی دستی با بهره‌گیری از موتور BLDC ساخته شده توسط شرکت Dyson در شکل (۲-۱۰) نشان داده شده است.



شکل (۲-۱۰): نمونه ای از جارو برقی دستی ساخت شرکت Dayson با موتور BLDC

۲-۴- تحقیقات مرتبط با موتورهای آهنربای دائم

۲-۴-۱- تحقیقات مرتبط با انواع آهنرباها

۳-۴-۱-۱- کشور آمریکا

با همکاری چهار دانشگاه University of Delaware، Virginia Commonwealth University، NorthEastern و Ames Laboratory و آزمایشگاه دولتی Ames Laboratory و شرکت Electron و University of Nebraska-Lincoln و Energy Corporation و با حمایت DOE ARPA-E^۱ برنامه‌ای با عنوان "High-Energy Permanent Magnets for Hybrid Vehicles and Alternative Energy Uses" اجرا شده است که هدف آن تولید آهنرباهایی با عناصر کمیاب خاکی کمتر برای استفاده در موتورهای الکتریکی مورد استفاده در خودروهای برقی و یا هیبریدی است.

^۱ The Advanced Research Projects Agency-Energy

در جدول (۱-۲) سایر تحقیقات مورد حمایت این مرکز در رابطه با فناوری آهنرباهای نوین آورده شده است. در تمامی طرح‌هایی که در این جدول آورده شده، علاوه بر مجری اصلی که در ستون سوم به آن اشاره شده، شرکای دیگری هم وجود دارد که شامل چند دانشگاه و شرکت بزرگ سازنده است [۱۹]. در تمامی این برنامه‌ها اهداف اصلی آنست که اولاً: استفاده از مواد نایاب حاکی کاهش یابد و ثانیاً: هزینه تولید آهنربا نیز به مقادیر خاصی کاهش یابد.

جدول (۱-۲): طرح‌های مورد حمایت موسسه ARPA-E برای تدوین دانش فنی آهنرباهای جدید

ردیف	موسسه مجری	نام طرح	زمان	مبلغ پروژه \$	هدف طرح
۱	University of Delaware	High-Energy Composite Permanent Magnets	۲۰۱۳-۲۰۱۰	۴,۴۷۵,۴۱۷	تولید آهنرباهایی با عناصر نایاب حاکی کمتر و با انرژی دو برابر قوی‌ترین آهنرباهای موجود جهت استفاده در موتورهای خودروهای برقی و هیبریدی
۲	University of Minnesota	Iron-Nitride-Based Magnets	۲۰۱۵-۲۰۱۲	۴,۲۰۰,۹۳۱	تولید آهنرباهای آهن - نیتريد برای استفاده در موتورهای خودروهای برقی و ژنراتورهای مورد استفاده در انرژی‌های نو
۳	GE Global Research	Nanocomposite Magnets	۲۰۱۳-۲۰۱۰	۲,۲۴۹,۹۸۰	استفاده از فناوری نانوکامپوزیت‌ها برای تولید آهنرباهایی با عناصر نایاب حاکی کمتر از آهنرباهای موجود
۴	PNNL	Manganese-Based Magnets	۲۰۱۵-۲۰۱۲	۵,۳۸۸,۰۹۱	استفاده از فناوری نانوکامپوزیت‌های منگنز برای تولید آهنرباهایی با هزینه کمتر برای خودروهای برقی و توربین باد
۵	Ames Laboratory	Cerium-Based Magnets	۲۰۱۵-۲۰۱۲	۳,۰۶۲,۹۲۲	استفاده از مواد پایه سربومی برای تولید آهنرباهایی با هزینه کمتر برای خودروهای برقی و توربین باد
۶	Dartmouth College	Manganese-Aluminum-Based Magnets	۲۰۱۳-۲۰۱۲	۳۹۷,۴۳۳	ساخت آهنربا با استفاده از الیاژهای خاص که خواص بهتری از آهنرباهای نایاب حاکی فعلی داشته باشند. در توربین باد و خودروهای هیبرید بیشتر کاربرد خواهند یافت.
۷	University of Alabama	Rare-Earth-Free Nanostructure Magnets	۲۰۱۳-۲۰۱۲	۸۲۲,۹۳۳	ساخت آهنربا با استفاده از مواد پایه فریتی و منگنزی. در توربین باد و خودروهای هیبرید بیشتر کاربرد خواهند یافت.
۸	Northeastern University	Iron-Nickel-Based Supermagnets	۲۰۱۳-۲۰۱۲	۲,۳۰۳,۳۴۳	ساخت آهنربا با استفاده از آهن - نیکل. در توربین باد و خودروهای هیبرید بیشتر کاربرد خواهند یافت

۳-۴-۱-۲- کشور ژاپن

با هدف حل معضلات آهنرباهای نئودیومی، سه پروژه مطابق جدول (۲-۲) در کشور ژاپن در حال اجرا می‌باشد [۲۰]. لازم به ذکر است که ساختار تحقیقاتی در کشور ژاپن به این صورت است که تحقیقات کاربردی از طرف METI^۱ و NEDO^۲ (سازمانی است زیر مجموعه METI) و تحقیقات بنیادی از طرف MEXT^۳ حمایت می‌شوند [۱۶].

جدول (۲-۲): فعالیتهای تحقیقاتی ژاپن در زمینه ساخت آهنرباهای جدید

ردیف	نام طرح	موسسه حامی	سال شروع	هدف طرح
۱	Development of Technology to Reduce Dysprosium Used in Rare Earth Magnets	METI NEDO	۲۰۰۷	ساخت آهنرباهای نئودیومی با عنصر Dy کمتر نسبت به آهنرباهای موجود برای استفاده در محیطهای گرم
۲	Project for High Performance Anisotropic Nanocomposite Permanent Magnets with Low Rare-Earth Content	MEXT	۲۰۰۷	هدف تولید آهنرباهای جدید نانوکامپوزیتی با ترکیبات فریتی است.
۳	Development of New Permanent Magnets Substituting for Nd-Fe-B Magnets	METI NEDO	۲۰۰۹	ساخت آهنرباهای سبک به جای آهنرباهای نئودیومی برای استفاده در موتورهای الکتریکی بسیار سبک

۲-۴-۲- تحقیقات مرتبط با موتورهای آهنربای دائم

تحقیقات در مورد موتورهای آهنربای دائم در دو حوزه حمل و نقل و همچنین جایگزینی سیستمهای محرکه صنعتی موجود با هدف افزایش بازدهی کل سیستم محرکه، در جریان است. در ادامه به نتایج بررسیهای انجام شده در چند کشور در این رابطه پرداخته می‌شود.

۲-۴-۱-۲- کشور سوئد

تحقیقات در زمینه موتورهای آهنربای دائم در کشور سوئد بیشتر در زمینه استفاده از این موتورها در خودروهای برقی - هیبریدی و قطارها است. کشور سوئد علی‌رغم کوچک بودن آن دارای دو شرکت بزرگ سازنده خودروهای کشنده^۱ و دو شرکت

¹ Ministry of Economy, Trade and Industry

² New Energy and Industrial Technology Development Organization

³ Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

سازنده خودروهای بزرگ می‌باشد که صادرات محصولات این شرکت‌ها بیشترین حجم صادرات این کشور را تشکیل می‌دهد و در ایجاد فرصت‌های شغلی و کسب درآمد در این کشور نقش بسزایی بر عهده دارد. با توجه به این مزیت اقتصادی، برنامه‌های زیادی برای تقویت صنعت خودرو در کشور سوئد به اجرا درآمده است. در سال ۱۹۹۴ دولت و شرکت‌های خودروساز برای اعطای بودجه‌های تحقیقاتی در زمینه‌های خاص خودرو و تشکیل انجمنی برای تحقیقات مرتبط با خودروها توافق کردند و در سال‌های بعد دو برنامه با عنوان "خودروی سبز"^۱ در این راستا تدوین گردید [۲۱]. در راستای این برنامه، تحقیقات مختلفی در دانشگاه‌های کشور سوئد صورت گرفت مانند پروژه دکتری در دانشگاه LUND که موضوع آن ساخت یک نمونه موتور سنکرون آهنربای دائم برای استفاده در خودروهای برقی- هیبریدی است که در سال ۲۰۱۴ انجام گرفته است. این پروژه توسط آژانس انرژی سوئد حمایت و تامین مالی شده است [۲۲]. علاوه بر این، پروژه ای نیز به منظور استفاده از موتورهای PMSM در خودروهای هیبرید، با حمایت سازمان ملی توسعه فنی و صنعتی کشور سوئد (NUTEK) در دانشگاه مذکور انجام شد [۲۳]. برنامه دیگر کشور سوئد در رابطه با قطارها می‌باشد که موسوم به "قطار سبز"^۲ است. این برنامه علمی و تحقیقاتی با مشارکت وزارت حمل و نقل، دانشگاه KTH، شرکت بهره‌بردار قطارها و یک شرکت تجاری به نام Bombardier تدوین گشته است و هدف آن مطالعه و بررسی نسل آینده قطارهای مسافری در کشورهای اسکاندیناوی است که مصرف انرژی بسیار پایینی داشته باشند و سرعت آنها تا ۲۵۰ کیلومتر بر ساعت و در مراحل بعدی با اصلاحات بیشتر آیرودینامیکی به ۳۰۰ کیلومتر بر ساعت افزایش یابد [۲۴-۲۶]. در همین راستا در دانشگاه KTH پایان نامه‌هایی برای طراحی و ساخت موتورهای آهنربای دائم سنکرون رلوکتانس^۴ (با حمایت آژانس انرژی سوئد) و همچنین آزمایش میدانی این موتورها (با مشارکت شرکت Bombardier) انجام گرفته است [۲۷ و ۲۸].

همچنین در این کشور با حمایت مرکز EKC2^۵، برنامه‌های با عنوان مخفف HPD^۶ در خلال سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۲ اجرا شده است که هدف از آن افزایش دانش در رابطه با طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی است که عملکرد عالی برای

¹ Truck

² Green Car

³ Green Train

⁴ Permanent Magnet Synchronous Reluctance Motor

⁵ Center of Excellence in Electric Power Engineering

⁶ High Performance Electrical Machines and Drives

مجموعه‌ای از کاربردهای مختلف داشته باشند. در این برنامه تلاش می‌گردد پدیده‌هایی که (شامل مواد و فرایند تولید) بر عملکرد ماشین و درایو الکترونیکی آن تاثیر می‌گذارند شناسایی شده، مدل طراحی و بررسی عملکرد ماشین‌های الکتریکی به دست آید و نمونه موتورهای ساخته شده با این مدل‌ها، با همکاری صنعت مورد آزمایش و بررسی عملی قرار گیرند [۲۹]. در این راستا پروژه دکتری در دانشگاه KTH و با حمایت EKC2 در رابطه با طراحی و ساخت یک نمونه موتور سنکرون سرعت پایین (با توان ۴،۵ کیلووات) برای جایگزینی موتور القایی و گیربکس آن در یک همزن برقی انجام شده است [۳۰]. همچنین پروژه دیگری نیز در این دانشگاه قبلاً با اهداف مشابه انجام گرفته است که از جمله آن می‌توان به مرجع [۳۱] اشاره نمود که در خلال سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ انجام گرفته و هدف از آن بررسی امکان جایگزینی محرکه‌های القایی با محرکه‌های آهنربای دائم بوده است. حامیان این پایان نامه آژانس انرژی سوئد و چندین شرکت تجاری شامل ABB، Atlas Copco، Sura Magnets و غیره بوده است.

۲-۴-۲-۲- کشور فنلاند

یکی از پروژه‌های انجام شده در کشور فنلاند در خلال سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۳ موسوم به Analysis and control of vibrations in electrically driven machine systems بوده است. این برنامه توسط آکادمی فنلاند^۱ که یک موسسه مدیریت تحقیقات در این کشور در این دوره بوده مورد حمایت قرار گرفته است. این موسسه یک برنامه کلی با عنوان آینده مهندسی مکانیک را در سال ۲۰۰۰ آغاز نمود که شامل ۱۳ پروژه بوده و پروژه فوق یکی از این ۱۳ پروژه می‌باشد و اجرای پروژه فوق ۴ پروژه دکتری را به همراه داشت [۳۲] که به دو مورد آن در مراجع [۳۳ و ۳۴] اشاره شده است؛ در این پایان نامه‌ها در رابطه با موضوع کاهش ریبیل موتورهای الکتریکی که با ASD تغذیه می‌شوند (به خصوص موتورهای سنکرون آهنربای دائم) و همچنین موضوع کنترل بدون حسگر موتورهای سنکرون آهنربای دائم تحقیق شده است. این پایان نامه‌ها با حمایت موسسه دولتی TEKES (موسسه دولتی تامین اعتبار پروژه‌های تحقیقاتی در کشور فنلاند)، شرکت‌های تجاری ABB و Metso و ... و در دانشگاه LUT^۲ و دانشگاه صنعتی Tampere انجام شده است.

۲-۴-۲-۳- کشور انگلیس

¹ Academy of Finland

² Lappeenranta University of Technology

تحقیقات در زمینه موتورهای آهنربای دائم در کشور انگلیس بیشتر توسط موسسه دولتی اعتباردهی موسوم به EPSRC^۱ حمایت مالی شده و در برخی موارد نیز با مشارکت شرکت‌های تجاری صورت می‌گیرد. این تحقیقات در دو بخش متمرکز است؛ خودروهای برقی - هیبریدی و جایگزینی موتورهای الکتریکی مورد استفاده در تجهیزات و خطوط تولید صنعتی و لوازم خانگی. به عنوان مثال می‌توان به قرارداد شرکت تجاری Beko (شرکت انگلیسی سازنده وسایل خانگی) با گروه الکترونیک قدرت، محرکه و ماشین دانشگاه نیوکاسل (در سال ۲۰۱۴) برای افزایش بازدهی انرژی و وسایل خانگی اشاره نمود [۳۵]. در جدول (۲-۳) برخی دیگر از این تحقیقات اشاره شده است.

جدول (۲-۳): تحقیقات انجام شده در رابطه با موتورهای آهنربای دائم در کشور انگلیس

ردیف	موسسه مجری	نام طرح	موسسه حامی	زمان	مبلغ پروژه £	هدف طرح
۱	Newcastle university	NOVEL CALORIMETER FOR DEVELOPING HIGH-EFFICIENCY PERMANENT-MAGNET MACHINES AND POWER CONVERTERS	EPSRC	۲۰۱۳-۲۰۱۴	۳۶۷،۲۲۵	طراحی و ساخت کالری متر (وات متر) بسیار دقیق برای اندازه‌گیری تلفات موتورهای آهنربای دائم و مبدل‌های الکترونیکی آن. به این وسیله زمینه برای ساخت و توسعه استفاده از محرکه‌های با بازدهی بالا و در کاربردهای مختلف فراهم می‌گردد.
۲	Queen's University of Belfast	NOVEL CALORIMETER FOR DEVELOPING HIGH-EFFICIENCY PERMANENT-MAGNET MACHINES AND POWER CONVERTERS (NovCHEPM)	EPSRC & Dyson Appliance Ltd (as project partner)	۲۰۱۴-۲۰۱۶	۲۶۵،۷۳۸	طراحی و ساخت کالری متر (وات متر) بسیار دقیق برای اندازه‌گیری تلفات موتورهای آهنربای دائم و مبدل‌های الکترونیکی آن. به این وسیله زمینه برای ساخت و توسعه استفاده از محرکه‌های با بازدهی بالا و در کاربردهای مختلف فراهم می‌گردد.
۳	Newcastle university	Underpinning Power Electronics - Integrated Drives	EPSRC	۲۰۱۳-۲۰۱۷	۲،۰۴۱،۱۲۲	این موضوع شامل تحقیقاتی است که از مجتمع کردن فیزیکی محرکه تا ساخت اجزا را شامل می‌شود. هدف نهایی این تحقیق، بررسی و انتخاب بین چالش‌های زیر است: افزایش بازده، افزایش چگالی توان، افزایش استحکام، کاهش تشعشعات مغناطیسی، کاهش هزینه عملکرد و ...
۴	Newcastle university	Integrated Vehicle Electric Systems (VESI)	EPSRC	۲۰۱۱-۲۰۱۵	-	برای عمومی شدن فناوری خودروهای برقی نیاز است که چگالی توان محرکه‌های الکتریکی افزایش و هزینه‌های آن کاهش یابد. در بررسی‌های این پروژه، بر هر دو قسمت موتور و الکترونیک قدرت تمرکز شده است.
۵	Newcastle university	Electric Vehicle Hub Motors (PhD Studentship)	Protean Technologies	۲۰۱۰-۲۰۱۳	-	در این پایان نامه طراحی و ساخت موتور گشتاور بالا که مستقیماً به چرخ خودرو متصل می‌گردد، انجام شده

¹ Engineering and Physical Sciences Research Council

ردیف	موسسه مجری	نام طرح	موسسه حامی	زمان	مبلغ پروژه £	هدف طرح
						است.
۶	University of Sheffield	Modular Permanent Magnet Brushless Machines	EPSRC	۲۰۰۲-۲۰۰۱	۶۱،۲۵۸	در این پروژه متغیرهای موثر بر عملکرد ماشین‌ها آهنربای دائم بدون جاروبک با جزئیات بررسی شده است. این پروژه شامل ایجاد روش طراحی عمومی، تحلیل و انتخاب روش بررسی اثر عدم تعادل فازها بر جریان گردابی القا شده در آهنرباهای نوین و تشعشعات الکترومغناطیسی بوده است.
۷	Alstom Group Brook Hansen Large IND Motors - Eurotherm Drives Ltd - Semikron Ltd	FULLY INTEGRATED MOTOR DRIVE USING DIRECT CONVERTER TECHNOLOGY	Alstom Group Brook Hansen Large IND Motors - Eurotherm Drives Ltd - Semikron Ltd	۲۰۰۴-۲۰۰۰	۲۰۲،۱۷۰	این پروژه در رابطه با موتورهای مجتمع و بررسی عملکرد این موتورها و مدل‌سازی حرارتی بوده است. در این پروژه تلاش شده است که مشکلات مجتمع سازی مانند استفاده از ساختار مبدل الکترونیکی مناسب برای محیط‌های پرتنش مانند محیط‌های با دما و لرزش و نوین بالا بررسی و رفع گردد. هدف نهایی توسعه امکان استفاده از موتورهای مجتمع در توان‌های تا ۱۰۰ کیلووات بوده است.

۲-۴-۲-۴-کشور آمریکا

تحقیقات در زمینه موتورهای آهنربای دائم در کشور آمریکا بیشتر در زمینه خودروهای برقی متمرکز است و تقریباً تمامی آنها از طرف وزارت انرژی آمریکا (DOE) حمایت مالی شده‌اند. در این زمینه برنامه‌ای وجود دارد که تا سال ۲۰۲۲ کشور آمریکا اولین کشوری باشد که به صورت گسترده از فناوری خودروهای برقی با قابلیت اتصال مستقیم به شبکه برق^۱ (برای شارژ کردن خودرو)، استفاده می‌نماید [۳۶]. در حال حاضر بیشتر از موتورهای آهنربای دائم با استفاده از مواد کمیاب خاکی برای به حرکت درآوردن چرخ‌های خودرو استفاده می‌شود و سازمان انرژی آمریکا از تحقیقات برای جایگزین کردن این موتورها (به دلیل نبود مواد نایاب خاکی در آمریکا) حمایت مالی می‌نماید. به عنوان مثال از قراردادهای در زمینه خودروهای برقی، می‌توان به قراردادی که بین شرکت UQM Technologies و شرکت CODA Automotive در سال ۲۰۰۹ و به مدت ۱۰ سال منعقد شده اشاره نمود که مقرر شد شرکت UQM Technologies تعداد ۲۰،۰۰۰ سیستم محرکه با توان بیشینه ۱۰۰ کیلووات تحویل دهد [۲۴]. در جدول (۲-۴) برخی از پروژه‌های حمایت شده از طرف DOE آمده است.

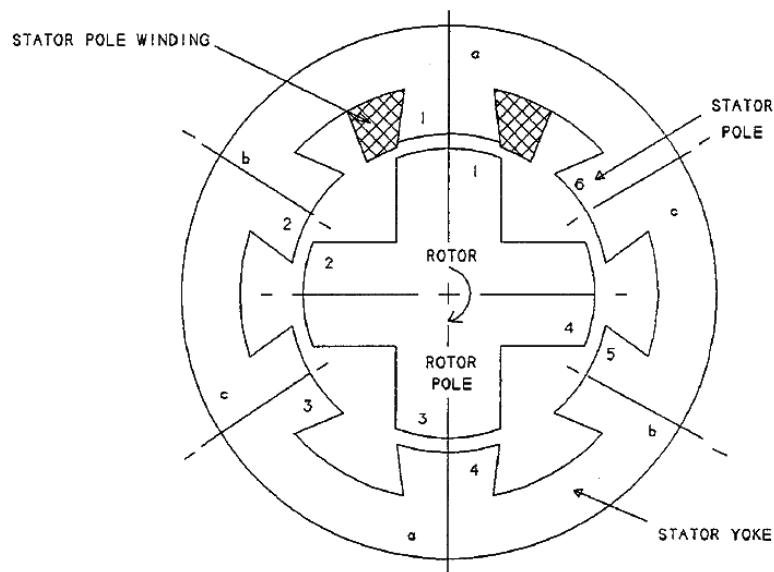
¹ Plug-in Electric Vehicle

جدول (۲-۴): تحقیقات انجام شده در رابطه با موتورهای آهنربای دائم در کشور آمریکا

ردیف	موسسه مجری	نام طرح	موسسه حامی	زمان	مبلغ پروژه \$	هدف طرح
۱	UQM Technologies, Inc.	-	DOE	-	۳,۰۲۴,۵۹۲	هدف دست یابی به دانش فنی موتورهای آهنربای دائم از مواد غیر نایاب خاکی است که زمینه را برای استفاده از فناوری آهنرباهای کم انرژی فراهم می‌کند.
۲	Electron Energy Corporation	High Performance Permanent Magnets for Advanced Motors	DOE	-	۳,۰۰۰,۰۰۰	ساخت (نمونه‌سازی و تجاری کردن) موتورهای آهنربای دائم با استفاده از آهنرباهای با مقاومت الکتریکی بالا برای استفاده در خودروهای الکتریکی و توربین‌های بادی.
۳	-	Permanent Magnet Development for Automotive Traction Motors	DOE, Baldor, GM, GE and UQM	۲۰۰۱- ۲۰۱۵	۱۲,۹۵۰,۰۰۰	در کنار برنامه‌ریزی برای تولید آهنرباهای مناسب و با استفاده کمتر از مواد کمیاب خاکی برای ساخت موتورهای آهنربای دائم جهت استفاده در خودروهای برقی، برای رسیدن به چگالی توان موتورهای آهنربای دائم ساخته شده در این پروژه به چگالی توان بیش از ۱,۴ کیلووات بر کیلوگرم هدف گذاری شده است.
۴	-	Novel Manufacturing Technologies for High Power Induction and Permanent Magnet Electric Motors	DOE and GM		۲,۵۳۱,۰۰۰	ساخت موتورهای القایی و آهنربای دائم سبک‌تر، با کارایی بالاتر و قیمت پایین‌تر برای استفاده در خودروهای برقی - هیبریدی

۳- موتور سوئیچ رلوکتانس

در شکل (۱-۳) سطح مقطع یک موتور الکتریکی نشان داده شده است. این ساختار که در آن هم روتور و هم استاتور قطب برجسته است، موتور سوئیچ رلوکتانس نامیده می‌شود. در این شکل استاتور دارای ۶ قطب و روتور دارای ۴ قطب می‌باشد. البته تعداد قطب‌های دیگر برای استاتور و روتور نیز ممکن است و این قطب‌ها باید به گونه‌ای انتخاب گردند که امکان چرخش پیوسته موتور فراهم گردد.



شکل (۱-۳): سطح مقطع یک موتور سوئیچ رلوکتانس

برای روشن و خاموش کردن جفت قطب‌های استاتور، لازم است که از تجهیزات الکترونیک قدرت استفاده گردد و در صورت تغذیه صحیح، موتور سوئیچ رلوکتانس می‌تواند بازده بالایی، مستقل از میزان سرعت موتور، داشته باشد. نویز صوتی زیاد موتور سوئیچ رلوکتانس، یکی از مهم‌ترین معایب این نوع موتور است که مانع از گسترش کاربرد آن، مخصوصاً در لوازم خانگی شده است.

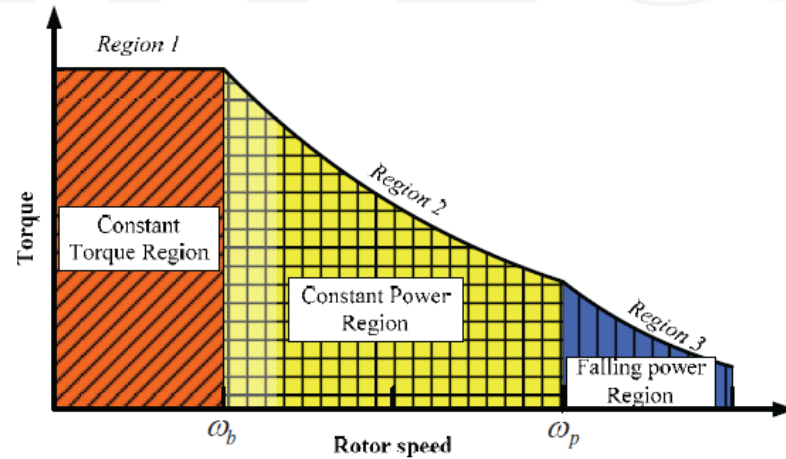
موتور سوئیچ رلوکتانس یکی از قدیمی‌ترین ساختارهای موتور الکتریکی است. این موتور توسط داویدسون از اسکاتلند در سال ۱۸۳۸ اختراع شده است. در آن زمان تجهیزات الکترونیکی مناسب این نوع موتورها موجود نبوده است. در سال ۱۹۲۰ والکر موتورهاى Variable reluctance را که ایده‌های جدیدی برای موتورهاى SR بوجود می‌آورد، اختراع نمود.

در سال ۱۹۷۱ Bedford و Hoft اولین patent را در مورد موتورهای سوئیچ رلوکتانس مدرن در کشور آمریکا (به شماره های US3678352 • US3679953) ثبت نمودند.

اولین بار کمپانی HP از این نوع موتورها در سالهای ۱۹۸۸ و در محصول DraftMaster Plotter خود استفاده نمود و اکنون کمپانی‌های زیادی از این نوع موتور تولید و یا در محصولات خود استفاده می‌کنند.

همانطور که در بالا بیان شد توجه به موتورهای سوئیچ رلوکتانس از اوایل دهه ۹۰ میلادی آغاز گردید و فعالیت‌های تحقیقاتی زیادی در رابطه با درایو این موتورها صورت گرفت. در این دوره به دلایلی مانند بازده بالا در بازه وسیعی از سرعت موتور، سرعت عملکرد ماکزیمم عملکرد چهار محوری، عملکرد خوب در مورد نسبت گشتاور به اینرسی، سادگی ساختار، محدوده وسیع اندازه توان و سرعت و قابلیت اطمینان بالای [۳۷] موتورهای سوئیچ رلوکتانس انتظار می‌رفت که این موتورها جایگزین سایر موتورهای موجود در کاربردهای صنعتی و خانگی گردد و لذا تحقیقات زیادی بر روی آنها انجام گرفت. اما به دلیل نویز صوتی زیادی که موتورهای سوئیچ رلوکتانس دارند، عملاً کاربرد این موتورها، مطابق با تصورات اولیه، گسترش چندانی نیافت. فناوری این موتورها جزو فناوری‌های ساده محسوب می‌گردد و بیشتر در محصول نهایی استفاده می‌گردند؛ امروزه از موتورهای سوئیچ رلوکتانس برای کاربردهایی مانند درایو کمپرسورهای سرعت بالا، که ذاتاً بارهای پر سر و صدایی هستند، استفاده می‌گردد. همچنین با توجه به تحقیقات صورت گرفته و کم نمودن نویز صوتی استفاده از این تجهیزات در کاربردهای صنعتی دیگر که نیاز به کنترل سرعت دارند رو به افزایش است. در این کاربردها به دلیل مزایایی که در بالا گفته شد، این موتورها جایگزین خوبی برای موتورهای القایی هستند.

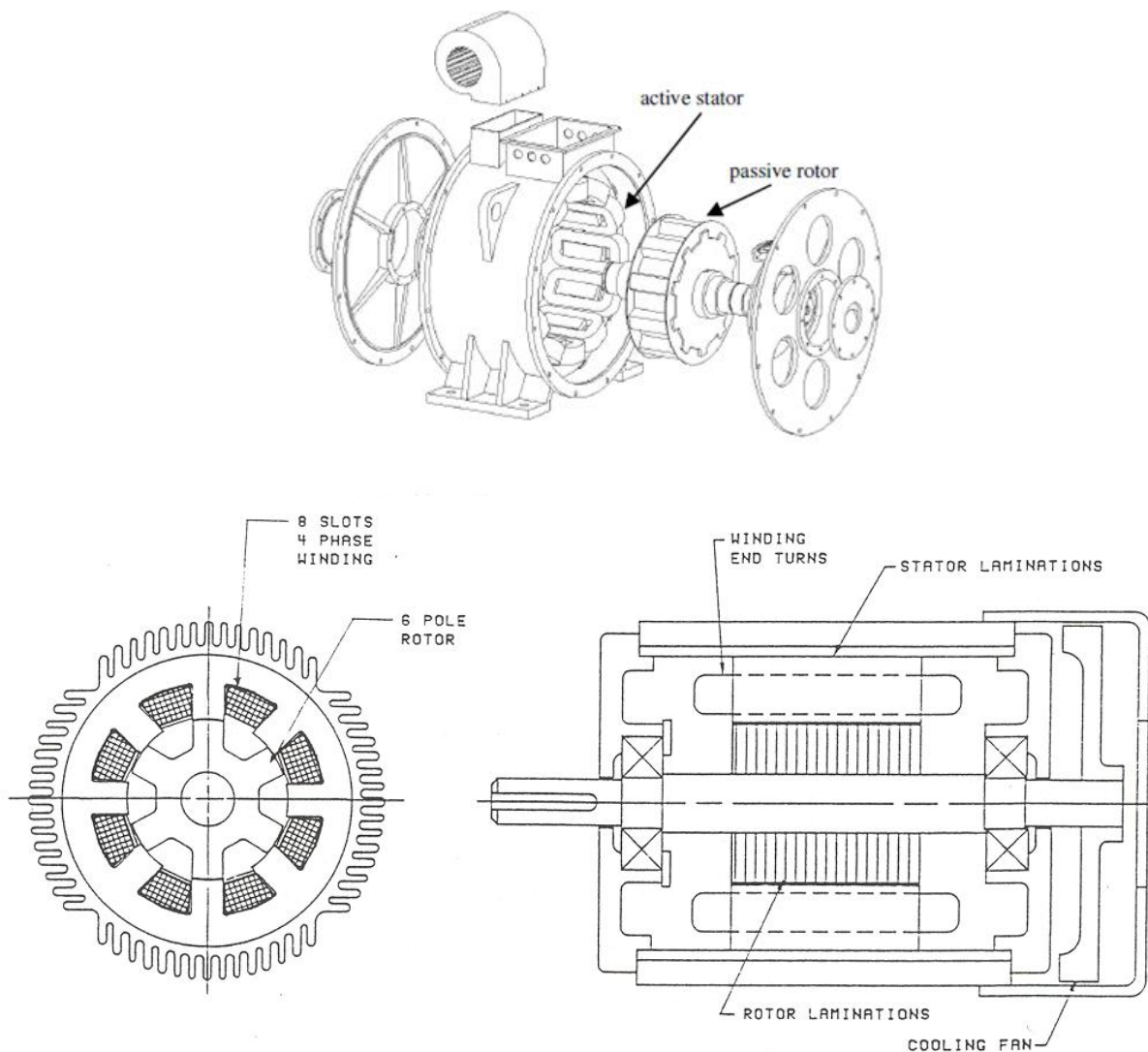
همزمان با پیشرفت صنعت الکترونیک قدرت، ساخت درایو این موتورها نیز موضوع تحقیقات روز بشمار می‌آید و از آنجایی که عملکرد ماشین بسیار به کنترل آن وابسته است هر روزه روش‌های کنترلی جدیدی در مقالات مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. بطور مثال روش‌های کنترل گشتاور این نوع موتورها موضوعی است که در سال‌های ۲۰۰۶ به بعد مقالات بسیاری در این مورد می‌توان یافت. منحنی گشتاور سرعت این موتورها در شکل (۳-۲) نشان داده شده است.



شکل (۲-۳): منحنی تغییرات گشتاور سرعت موتورهای سوئیچ رلوکتانس

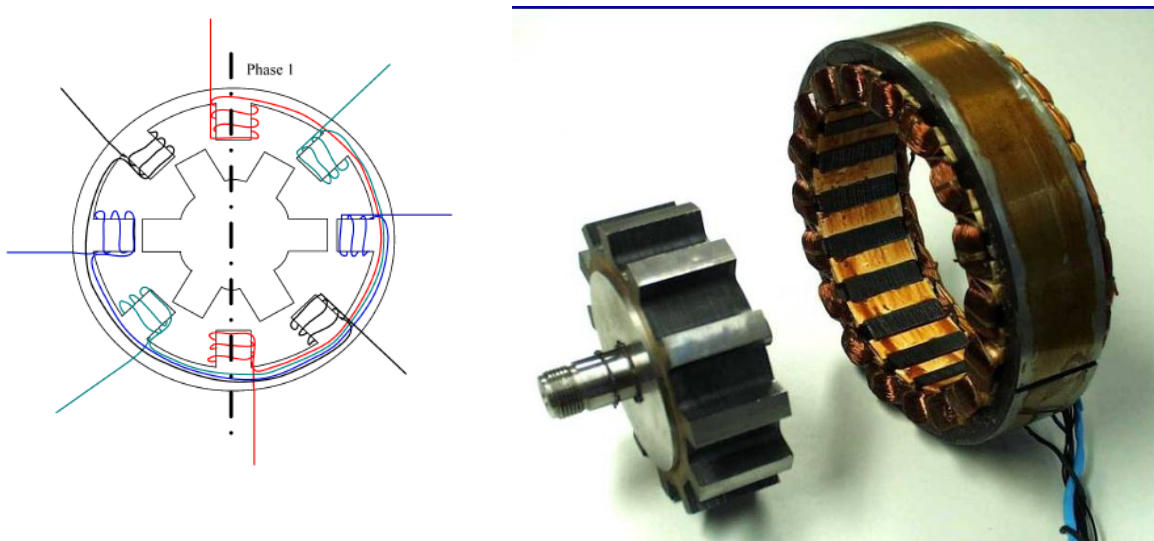
۲-۳- ساختار موتورهای سوئیچ رلوکتانس

این موتور نیز مانند دیگر موتورهای الکتریکی از دو بخش اصلی استاتور و روتور تشکیل شده است. هسته استاتور و روتور از ورق‌های فولاد الکتریکی که در تمامی ماشین‌های الکتریکی کاربرد دارد ساخته می‌شود. سیم‌پیچی آرمیچر در اغلب موارد بر روی بخش ثابت ماشین که استاتور نامیده می‌شود قرار می‌گیرد. در شکل (۳-۳) بخش‌های مختلف این ماشین نشان داده شده است [۳۸].



شکل (۳-۳): بخش‌های مختلف موتور سوئیچ رلوکتانس

شکل (۳-۴) محل قرار گیری سیم‌پیچی آرمیچر نشان داده شده است. همانطور که مشهود است عدم وجود همپوشانی فازهای مختلف باعث ساده تر شدن عایق بندی و همچنین کوتاه شدن طول اورهنگ و در نتیجه کم شدن حجم ماشین و یا بعبارتی افزایش چگالی انرژی این ماشین ها می‌شود.



شکل (۳-۴): نحوه سیم بندی و محل قرارگیری سیم پیچی آرمیچر

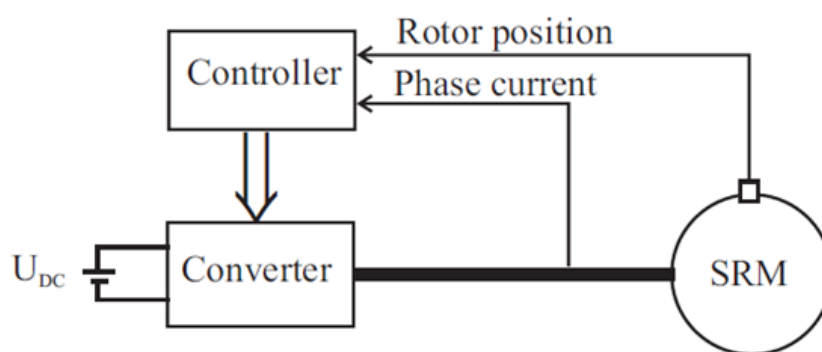
در این موتورها مانند ماشینهای القائی تحریک وجود ندارد و این موضوع باعث ساده‌تر شدن ساختار این ماشین نسبت به ماشین‌های سنکرون می‌شود. از طرف دیگر، سادگی بیشتر این ماشینها نیز از آن جهت است که برخلاف موتورهای القائی در روتور این موتورها سیم‌پیچی و یا میله‌های سیم‌پیچی قفس سنجابی نیز وجود ندارد. در نتیجه ساختار آن بسیار ساده است. در حقیقت عدم وجود آهنربا، سیم‌پیچی و یا میله‌های روتور و همچنین حلقه لغزان و جاروبک بر روی روتور باعث سادگی بسیار و همچنین کم شدن نرخ خرابی و در نتیجه پائین آمدن هزینه تعمیرات و نگهداری می‌شود. در شکل (۳-۵) نمونه ای از روتور این نوع موتورها نشان داده شده است.



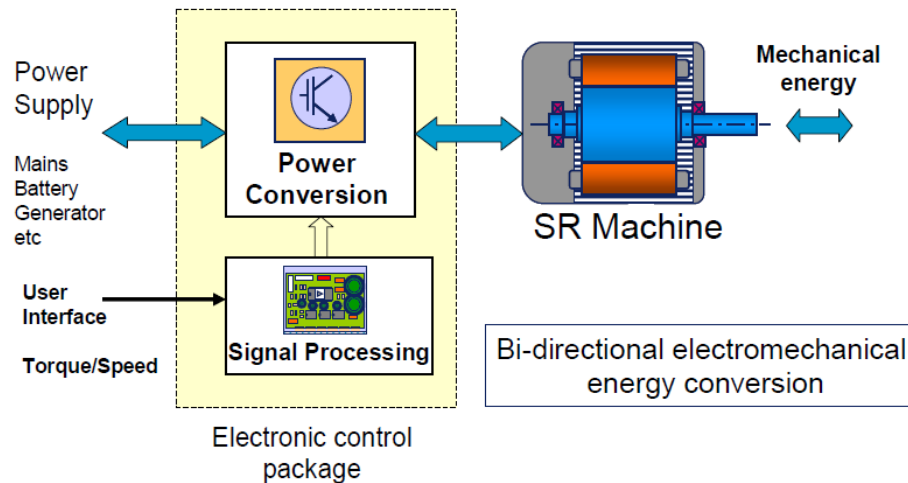
شکل (۳-۵): روتور نوعی یک موتور سوئیچ رلوکتانس

با توجه به کم شدن تلفات در روتور و همچنین ساختار این نوع روتور که به مانند یک فن سانتریفیوژ عمل می‌کند، نیاز به نصب فن خنک کننده در توان مشابه با یک موتور القائی از بین می‌رود و این موضوع نیز علاوه بر کم کردن حجم ماشین باعث افزایش بازده موتور نیز خواهد شد.

ساختار نشان داده شده در سمت چپ شکل (۳-۴)، اولین ساختار کاربردی موتور سوئیچ رلوکتانس است. در این ساختار با تحریک یک فاز از چهار فاز، روتور این موتور به میزان یک هشتم دور کامل، جا به جا می‌شود. برای ادامه حرکت باید تحریک فاز اول قطع شود و فاز بعدی برق‌دار گردد. این موضوع باعث می‌شود با افزایش فرکانس تغییرات فاز، سرعت چرخش روتور افزایش یابد. موتورهای سوئیچ رلوکتانس کلاسیک بر اساس کاربرد و ملاحظات از قبیل راه اندازی و ریپل گشتاور و همچنین هزینه‌ها از بین موتورهای یک فاز، دو فاز، سه فاز و چهار فاز انتخاب می‌شوند. این موضوع لزوم به کارگیری حتمی از دو بخش درایو و کنترل را نشان می‌دهد. شکل (۳-۶) بخش‌های مختلف کنترل این موتور را نشان می‌دهد. در شکل (۳-۶ الف) نحوه ارتباط این سه بخش با یکدیگر قابل مشاهده است. بر اساس موقعیت روتور، کانورتر و یا همان درایو الکترونیکی موتور، یکی از فازهای استاتور را تحریک می‌کند. همچنین در صورت نیاز به کنترل گشتاور، میزان جریان موتور نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.



(الف)



(ب)

شکل (۳-۶): نحوه ارتباط موتور و درایو کنترل در موتورهای سوئیچ رلوکتانس

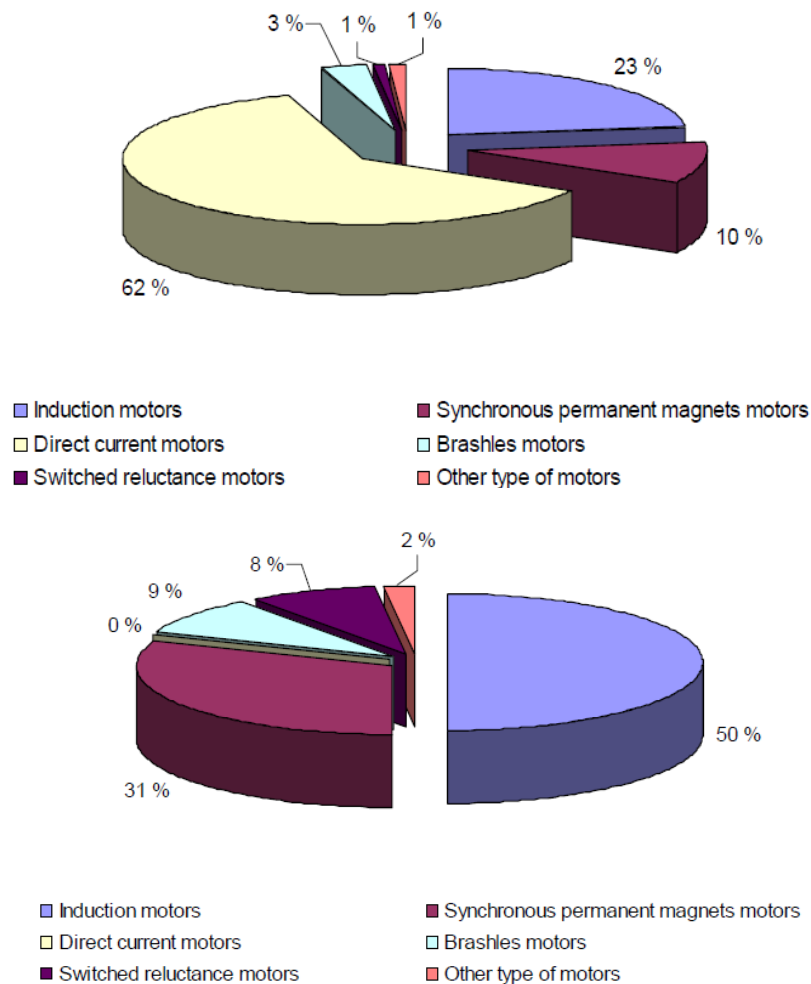
همان طور که در شکل (۳-۶) نیز مشاهده می‌شود، با استفاده از یک درایو الکترونیکی مناسب می‌توان از این نوع موتورها به عنوان ژنراتور نیز استفاده کرد و توان مکانیکی ورودی به شفت موتور را به توان الکتریکی تبدیل نمود. در نهایت هر سه بخش بالا برای هر کاربرد خاص می‌بایست بصورت یکپارچه طراحی و ساخته شود.

کاربرد سرعت متغیر موتورهای این ضرورت را ایجاد می‌کند که ماشین در چهار بخش عملکرد مطلوبی داشته باشد. این ماشین‌ها در حالت‌های موتوری و ترمزی در دو جهت چپگرد و راستگرد فعالیت می‌کنند.

در سالیان اخیر تحقیقات زیادی در مورد ساختارهای جدید این ماشین انجام شده است بطور مثال موتورهای سوئیچ رلوکتانس بدون تلفات هیستریزیس و یا موتورهای سوئیچ رلوکتانسی که عملکرد نرم تری داشته باشند و همچنین از نويز کمتری نیز برخوردار باشند.

۳-۳- کاربردهای موتورهای سوئیچ رلوکتانس

این نوع موتور یکی از ساختارهای مناسب برای کاربردهایی است که نیاز به کنترل سرعت دارند. در شکل (۳-۷) مقایسه‌ای بین میزان استفاده از انواع موتور در سالهای ۱۹۹۱ و ۲۰۰۱ برای مقاصد کنترل دور آورده شده است که می‌توان رشد میزان استفاده از موتورهای سوئیچ رلوکتانس را به وضوح در آن دید [۳۹].



شکل (۳-۷): میزان استفاده از انواع موتورها در مقاصد کنترل دور در سالهای ۱۹۹۱ و ۲۰۰۱

همانطور که دیده می‌شود کاربرد موتورهای سوئیچ رلوکتانس در حال افزایش می‌باشد و با توجه به مزایای زیاد آن، پتانسیل خوبی برای استفاده در تمامی کاربردهای صنعتی دارد. در ادامه به نمونه‌هایی از استفاده‌های عملی که از این موتور در برخی شرکت‌های صنعتی انجام شده است اشاره می‌گردد.

در شکل (۳-۸) نمونه‌ای از محصولات شرکت SR drives انگلستان جهت نمونه آورده شده است. همان طور که در این شکل نیز دیده می‌شود، این موتورها اکنون به صورت صنعتی در بازه وسیعی از توان مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل (۳-۸): نمونه ای از محصولات شرکت SR drives انگلستان

در زیر به برخی از موارد استفاده از این موتورها اشاره شده است. شرکت SR drives انگلستان یکی از مهمترین شرکتهای تولید کننده موتور سوئیچ رلوکتانس است و در اغلب موارد از موتورهای این شرکت در کارهای تحقیقاتی و صنعتی استفاده شده است. این شرکت همچنین تحقیقاتی در مورد استفاده از این موتورها در انواع مقاصد صنعتی بالاخص خودرو انجام داده که در زیر به آنها اشاره خواهد شد.

۱- خودروهای هیبریدی: شرکت SR Drives موتورهای سوئیچ رلوکتانس را در تولیدات خودروهای دفاعی آزمایش کرده است. این خودرو که برای شرکت لندروور ساخته شده، در نمایشگاه ژنو سال ۲۰۱۳ نمایش داده شده است. در این خودرو از یک موتور ۷۰ کیلووات و باتری ۳۰۰ کیلووات ساعت استفاده شده است.

Nidec SR Drive® motors power new Land Rover



شکل (۳-۹): خودروی الکتریکی با مقاصد دفاعی

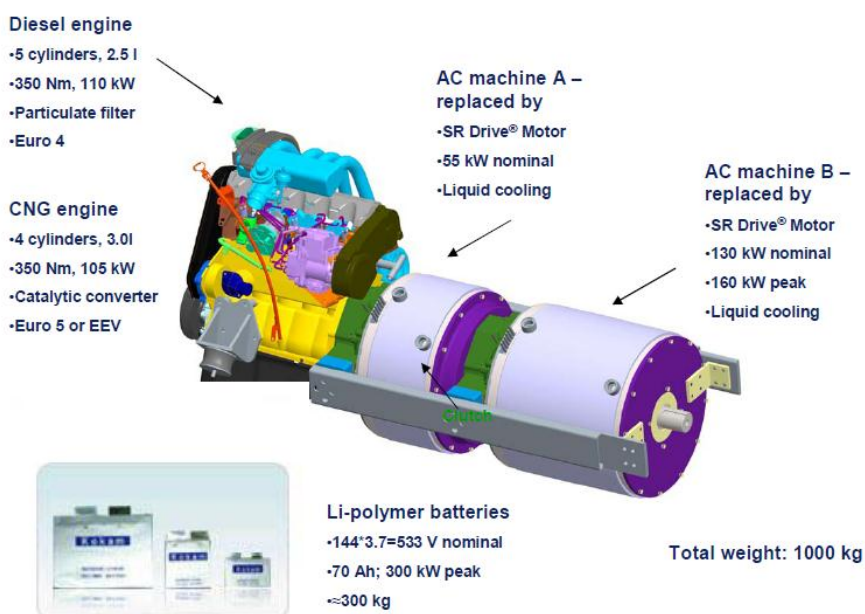
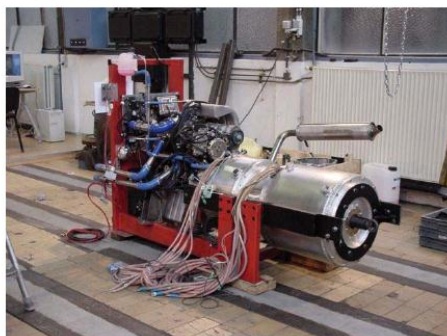
همچنین شرکت punchpower از موتورهای هیبریدی با موتور سوئیچ رلوکتانس استفاده نموده و محصول نشان داده شده در شکل (۳-۱۰) را تولید نموده است. این شرکت در قالب پروژه FP7 اتحادیه اروپا این پروژه را انجام داده است.



شکل (۳-۱۰): موتور خودروی هیبریدی با موتور سوئیچ رلوکتانس

همچنین شرکت Cobham Technical Services با همکاری شرکت‌های Jaguar Land-Rover و engineering consultancy Ricardo UK در قالب یک پروژه تحقیقاتی به مبلغ ۱،۶ میلیون پوند موتور سوئیچ رلوکتانس با توان ۸۰ کیلووات را طراحی و ساخته است. این پروژه یکی از پروژه‌هایی است که بمنظور تولید خودروهای با آلودگی کم (هیبریدی و الکتریکی) از طرف Technology Strategy Board تعریف شده و مبلغ کل پروژه در حدود ۱۰۰ میلیون پوند بوده است [۴۰].

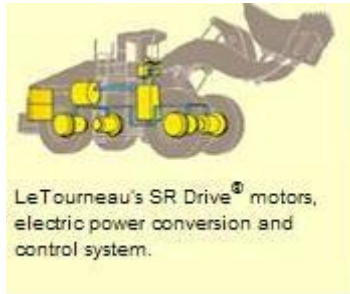
۲- تراموای برقی: این طرح بر روی چند دستگاه تراموا در شهر Blackpool کشور اوکراین و توسط شرکت SR drives انجام شده است. در این تراموا از چهار موتور که به هریک از اکسلها وصل شده استفاده شده است که به صورت کامل به موتورهای SR drives متصل شده و تست ۱۵۰۰۰ مایل آن با موفقیت همراه بوده است. در شکل (۳-۱۱) موتور این ترامواها نشان داده شده است. این موتورها باعث کاهش ۳۰ درصدی سوخت نسبت به موتورهای کلاسیک شده و همچنین حجم موتور از ۷،۵ لیتر به ۲،۵ لیتر کاهش پیدا کرده است.



شکل (۳-۱۱): موتور اتوبوسهای شهری هیبریدی

۳- خودروهای برقی سنگین: شرکت آمریکایی letorneau Inc از محصولات شرکت SR drives در ۵۰ سری از لودرهای دیجیتال خود استفاده نموده است. اولین محصول از این سری مدل L-1350 است که از چهار موتور Traction مدل B40 در هر چرخ استفاده کرده است. این موتورها با سایز $\frac{2}{3}$ موتورهای DC و با توان ۳۰۰ کیلووات پیوسته کار می‌کنند. در

شکل (۳-۱۲) این لودر نمایش داده شده است.



شکل (۳-۱۲): لودر با موتور ترکشن سوئیچ رلوکتانس

۴- لوکوموتیو: با استفاده از موتورهای سوئیچ رلوکتانس در لوکوموتیوها بصورت هیبرید می‌توان مصرف سوخت را کاهش داد. این مطالعات اولیه در شرکت SR drives انجام شده است و بیانگر کاربرد بسیار مفید این نوع موتورها بعنوان موتور ترکشن در لوکوموتیوها می‌باشد.

۵- ضد انفجار: این شرکت رنج محصولات وسیعی برای استفاده در محیط‌های پر خطر و صنعتی و بصورت ضد انفجار نیز دارد نمونه ای از این موتورها با توان ۳۵ تا ۳۰۰ کیلووات در معادن زغال سنگ انگلستان مورد استفاده قرار گرفته است. شکل (۳-۱۳) همچنین از سال ۱۹۹۰ نیز استفاده از خودروهای برقی برای حمل و نقل کارگران در محیط زیر زمین نیز مورد نظر معادن زغال سنگ انگلستان بوده است. خودروی نشان داده شده در تصویر (۳-۱۴) نمونه‌ای از محصولات شرکت SR drives است که برای این منظور ساخته و جایگزین خودروهای دیزلی با آلودگی بسیار در معادن شده است.



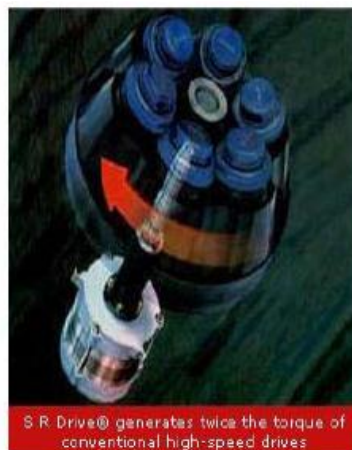
شکل (۳-۱۳): موتور ضد انفجار SR drives مورد استفاده در معادن زغال سنگ

Underground battery operated transport vehicle



شکل (۳-۱۴): خودرو برای جابجایی کارکنان در معادن زغال سنگ با استفاده از موتورهای سوئیچ رلوکتانس شرکت SR drives

۶- سانتریفیوژهای آزمایشگاهی: شرکت bekman در سانتریفیوژهای سری J Avanti™ خود از موتور سوئیچ رلوکتانس شرکت SR Drives بجای موتور یونیورسال استفاده کرده است.



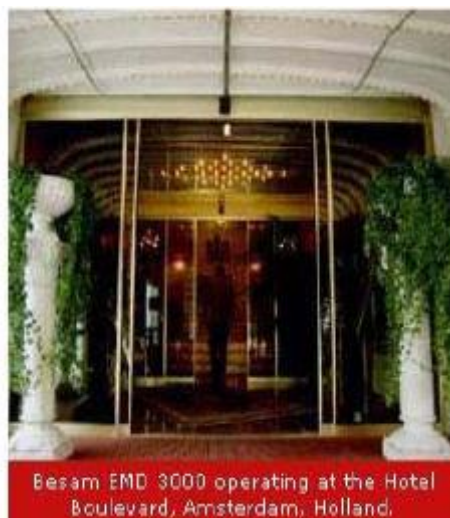
شکل (۳-۱۵): سانتریفیوژهای سری J Avanti™

۷- وسایل حمل بار: همچنین شرکت SR drives در برخی از وسایل حمل و نقل بار در کارخانه‌ها نیز از موتورهای سوئیچ رلوکتانس استفاده نموده است. در شکل (۳-۱۶) برخی از این کاربردها نشان داده شده است.



شکل (۳-۱۶): برخی از محصولات حول و نقل سبک تولید شرکت SRdrives

۸- درهای اتوماتیک: شرکت besam از موتور سوئیچ رلوکتانس در دربهای اتوماتیک مدل EMD 3000 خود استفاده نموده است.



شکل (۳-۱۷): درهای اتوماتیک مدل EMD3000

۹- کمپرسور هوا: شرکت Compair در کمپرسور هوای دور متغیر خود مدل Cyclon 475SR از یک موتور ۷۵ کیلووات شرکت SRdrives و در مدل‌های L30-L132 نیز از موتور سوئیچ رلوکتانس آن شرکت استفاده کرده است. این موضوع باعث کاهش هزینه انرژی مصرفی به میزان ۲۵ درصد شده است [۴۱].



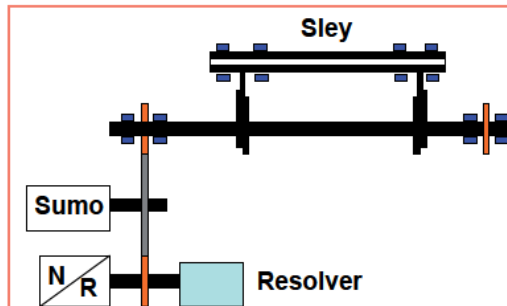
شکل (۳-۱۸): کمپرسور هوای شرکت CompAir

۱۰- وسایل برقی خانگی: شرکت Maytag از موتور سوئیچ رلوکتانس در ماشینهای لباسشویی سری nypton خود و شرکت smallfry industrial design نیز در غذاسازهای خود از این نوع موتور استفاده کرده اند. همچنین شرکت Ametek از این موتور بعنوان موتور جارو برقی استفاده کرده است [۳۹].



شکل (۳-۱۹): نمونه ای از وسایل خانگی با موتور سوئیچ رلوکتانس

۱۱- وسایل نساجی: شرکت picanol از این نوع موتور در دستگاههای نساجی خود بعنوان Sumo motor استفاده کرده است



شکل (۳-۲): نمونه ای از دستگاههای نساجی با موتور سوئیچ رلوکتانس

۳-۴- تحقیقات مرتبط با موتور سوئیچ رلوکتانس

همان طور که قبلاً نیز بدان اشاره شده است، ریپل گشتاور و نویز صوتی بالا از نقاط ضعف موتور سوئیچ رلوکتانس است که همچنان در راستای برطرف نمودن این مسائل فعالیت تحقیقاتی انجام می‌شود. با بررسی مقالات مرتبط با موضوع مشاهده می‌شود که مجموعه این فعالیتها در قالب پروژه‌های فوق لیسانس و دکترا در دانشگاهها و در برخی موارد نیز توسط بخش R&D شرکتهای موتور ساز انجام شده است که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود. بخش‌های مختلف تحقیقات انجام شده بر روی موتورهای سوئیچ رلوکتانس عبارتند از:

۱- فعالیت در مورد ساختار کنترلی؛ هر ساله مدل‌های کنترلی جدیدی برای کنترل درایو موتورهای سوئیچ رلوکتانس ایجاد می‌شود.

۲- فعالیت تحقیقاتی در مورد ساختار درایو الکترونیکی؛ با توجه به افزایش دانش الکترونیک قدرت در دنیا و تغییرات و بهینه شدن اقتصادی سوئیچهای الکترونیک قدرت هر چند سال سطح توانی جدیدی برای این موتورها تعریف می‌شود. هم اکنون امکان ساخت این نوع موتورها تا توان ۵ مگاوات نیز فراهم شده است.

۳- خودروهای برقی و هیبریدی؛ استفاده از موتورهای سوئیچ رلوکتانس در خودروهای برقی از سال‌های حدود ۲۰۰۵ مورد توجه مراکز تحقیقاتی دنیا قرار گرفته است و با توجه به قیمت و هزینه‌های موتورهای آهنربای دائم، استفاده از این موتورها در

خودروهایی برقی بررسی شده است. در همین راستا مراکز تحقیقاتی در اروپا، آمریکا، روسیه و کانادا بر روی این موضوع سرمایه‌گذاری نموده اند که اطلاعات برخی از این پروژه‌ها در ادامه گزارش آورده شده است.

در زیر به برخی از سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در رابطه با موضوعات فوق با معرفی سرمایه‌گذار و مجری آن اشاره شده است.

۳-۴-۱- اتحادیه اروپا

اتحادیه اروپا در قالب برنامه FP7 مبلغی معادل ۴،۱۶ میلیارد یورو را با هدف ایجاد سیستم‌های حمل و نقل ایمن، سبز و هوشمند در اتحادیه اروپا سرمایه‌گذاری کرده است. یکی از زیر بخش‌های این طرح کلان، پروژه ای است با عنوان ARMEVA (Advanced Reluctance Motors for Electric Vehicle Applications) که در این پروژه مبلغی معادل ۲،۲ میلیون یورو در اختیار هفت شرکت و مرکز تحقیقاتی اروپایی قرار گرفته است. هدف از این پروژه رسیدن به چگالی توان مشابه با موتورهای دیگر و عملکرد NVH (Noise, vibration, and harshness) با هزینه کمتر و قابل رقابت با موتورهای آهنربای دائم بوده است. تمرکز اصلی بر روی سه تیپ موتور سوئیچ رلوکتانس، موتورهای سنکرون رلوکتانس متغیر و موتورهای DC exited flux-switching بوده است. همچنین از اهداف علمی این پروژه می‌توان به توسعه مدل‌های شبیه‌سازی چند بعدی از موتورهای رلوکتانسی پیشرفته و انتخاب بهینه‌ترین موتور برای خودروهای برقی آینده و همچنین توسعه یک درایو بهینه برای این نوع موتورها بوده است. این هفت شرکت در جدول (۳-۱) آورده شده است.

جدول (۳-۱): اسامی شرکت‌های همکار در پروژه موتور سوئیچ رلوکتانس اتحادیه اروپا

کشور	نام شرکت	ردیف
Germany	TeKshift GmbH TeKshift GmbH	۱
Belgium	PUNCH POWERTRAIN NV	۲
The Netherlands	PRODRIVE BV	۳
France	LMS Imagine	۴
The Netherlands	LMS INTERNATIONAL BV	۵
Romania	UNIVERSITATEA TEHNICA CLUJ-NAPOCA	۶
The Netherlands	TECHNISCHE UNIVERSITEIT EINDHOVEN	۷

پروژه‌ای با عنوان Rapid Design and Development of a Switched Reluctance Traction Motor توسط ۳ شرکت انگلیسی با بودجه ۱،۵ میلیون پوندی انجام شده است. بخشی از این پروژه در دانشگاه نیوکاسل انجام شده و در این راستا یک موتور ۸۰ کیلووات طراحی شده است. این پروژه بخشی از یک پروژه بزرگتر با مبلغ ۱۰ میلیون پوند است که در جهت تولید خودروهای برقی با آلودگی کم و یا سبز، می باشد و توسط Technology Strategy Board انگلستان تامین اعتبار شده است. نام این شرکتها در جدول (۲-۳) آورده شده است.

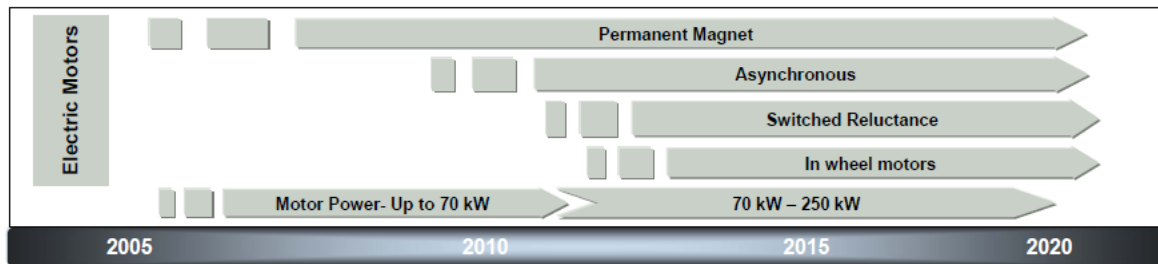
جدول (۲-۳): اسامی شرکتهای همکار در پروژه موتور سوئیچ رلوکتانس کشور انگلستان

ردیف	نام شرکت
۱	Cobham Technical Services (leader)
۲	Jaguar Land-Rover
۳	engineering consultancy Ricardo UK

۳-۴-۳- تحقیقات در رابطه با استفاده از موتور سوئیچ رلوکتانس در خودروهای برقی

بطور خاص هیچ کشوری در مورد تولید موتورهای سوئیچ رلوکتانس نقشه راهی ترسیم ننموده است اما می توان به نقشه راه مسائل دیگر که در آنها نقش موتورهای الکتریکی دیده شده است اشاره نمود. به طور مثال در نقشه راه کشور آمریکا برای خودروهای برقی، فرایند نشان داده شده در شکل (۲۱-۳) برای استفاده عملیاتی از موتورهای الکتریکی آورده شده است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، استفاده از موتورهای سوئیچ رلوکتانس در خودروهای برقی برای سالهای ۲۰۱۳ به بعد برنامه‌ریزی شده است [۴۲].

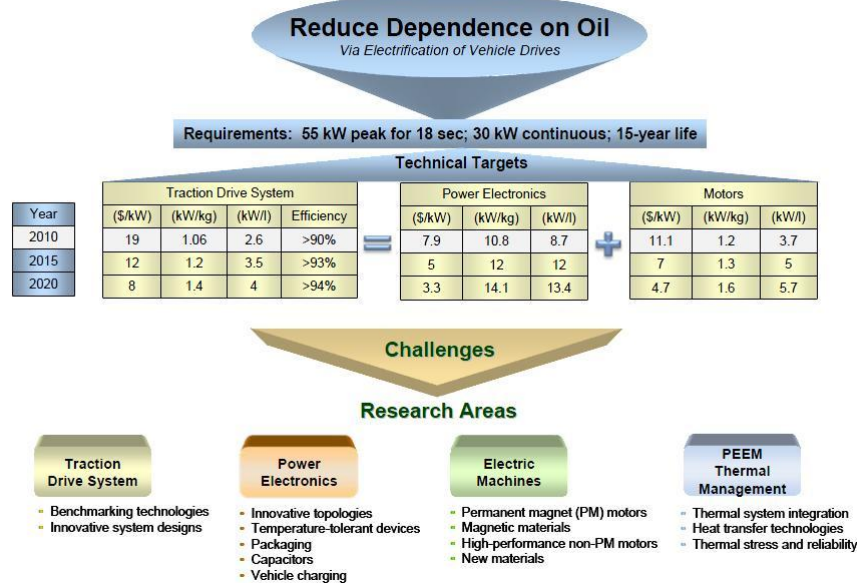
انجمن خودروسازان آزاد آمریکا متشکل از چندین شرکت خودروسازی بزرگ نیز با همکاری DOE نقشه راهی برای صنایع خودروسازی و الزاماتی که می‌بایست رعایت شود، تدوین نموده‌اند که در شکل (۲۲-۳) خلاصه ای از این فعالیتها آورده شده است. همان طور که در این شکل دیده می‌شود یکی از زمینه‌های فعالیت تحقیقاتی، موتورهای بدون آهنربای دائم است که موتور سوئیچ رلوکتانس نیز از این نوع می باشد [۴۳].



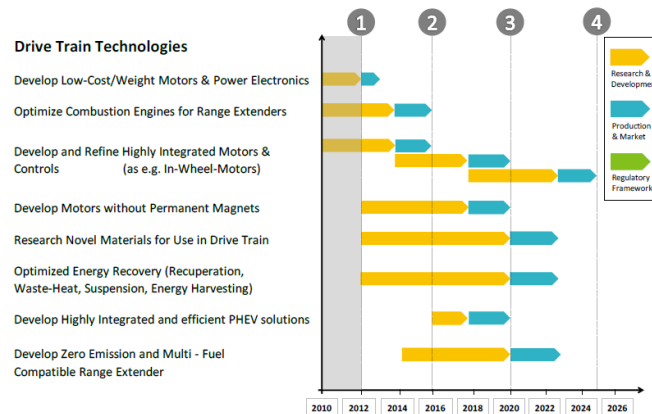
شکل (۳-۲۱): موتورهای الکتریکی در نقشه راه ایالات متحده آمریکا در مورد خودروهای الکتریکی

برنامه موتورهای الکتریکی در نقشه راه اتحادیه اروپا در مورد الکتریکی کردن حمل و نقل در شکل (۳-۲۳) نشان داده شده است. در این نقشه راه بر تولید موتورهای با بازده بالا و ابعاد کوچک تاکید شده است [۴۴].

APEEM Research Targets



شکل (۳-۲۲): بر گرفته از نقشه راه DOE و Freedom car در مورد خودروهای برقی APEEM



	Milestone 1	Milestone 2
Drive Train Technologies	Concepts of Drive Train components optimized for efficient use and recovery of energy. First implementation in prototypes.	Manufacturing of range extenders & update of electric motors and power electronics for optimized use of materials and functionality.

شکل (۳-۲۳): موضوع موتورهای الکتریکی در نقشه راه اتحادیه اروپا در مورد خودروهای الکتریکی

جدول (۳-۳): نقطه هدف موتور ترکشن در نقشه راه اتحادیه اروپا [۴۵]

	2015 ^a	2020 ^a
Cost, \$/kW	<12	<8
Specific power, kW/kg	>1.2	>1.4
Power density, kW/L	>3.5	>4.0
Efficiency (10%-100% speed at 20% rated torque)	>93%	>94%

a. Based on a maximum coolant temperature of 105°C or air

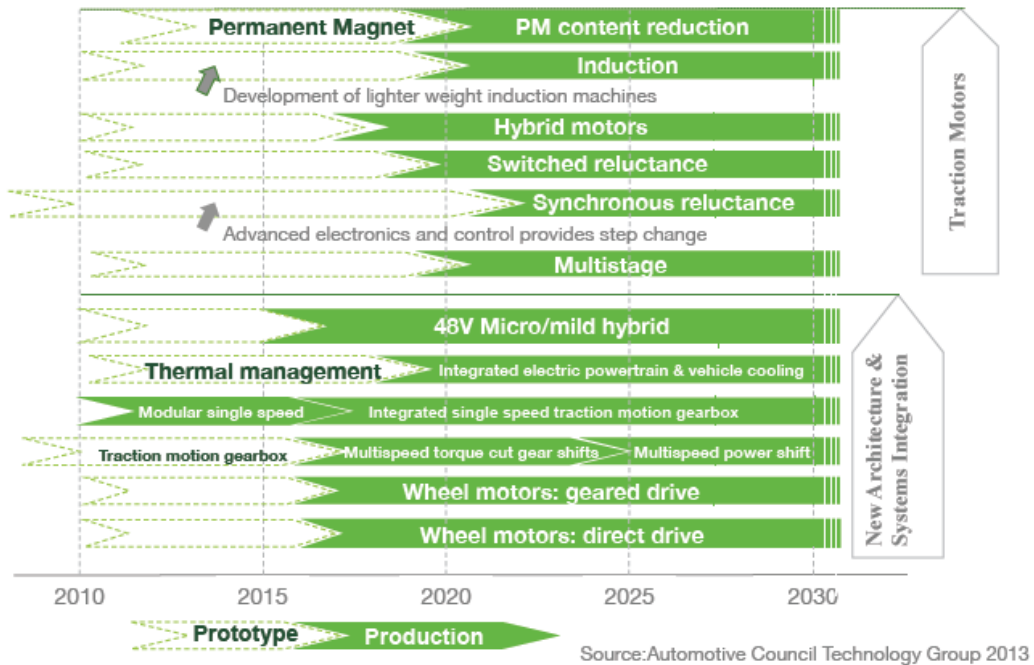
در نقشه راه کشور انگلستان در مورد موتورهای الکتریکی کاهش وزن و افزایش راندمان موتور و ژنراتور به عنوان نقاط هدف

عنوان شده است. خلاصه‌ای از این نقشه راه در شکل (۳-۲۴) آمده است [۴۶ - ۴۸].

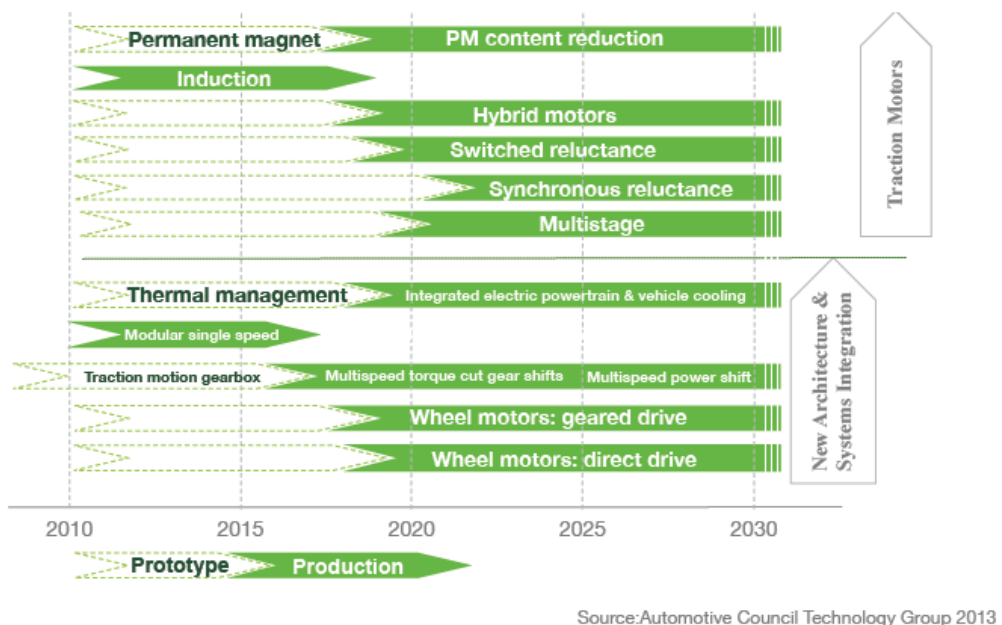
- | | | |
|---|---|---|
| <p>< 10 years</p> <ul style="list-style-type: none"> - Optimisation of electric motors for hybrid drives - Hybrid IC vehicles with dual voltage electrical architectures (42V/14V) - Advances in lead acid batteries (increased power, longer life, lower cost) - Advances in nickel metal hydride and lithium battery technology (safety and cost) - Continuous variable transmission (clutchless) - Improved vehicle journey models - Fully integrated power converter and electric drive - AC power distribution systems - Advanced supervisory control systems providing advantages of system integration - All electric (regenerative) braking, idle stop/start and torque assist modes for mild hybrids | <p>10 – 20 years</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ultra high speed low cost generators - Hybrid IC vehicles with single voltage electrical architectures - High density energy storage systems - New energy storage systems (hydraulics, flywheels) - Zero emission vehicle (ZEV) mode for full hybrids - Low maintenance engines - Higher temperature silicon - Low cost multiplex systems - Low cost, low range RF controllers - Light weight affordable wheel motors - High voltage systems - Super magnets - Superconductors - Neural networks | <p>> 20 years</p> <ul style="list-style-type: none"> - Low cost superconductor-based energy storage - Fuel cell cost at \$3,000/vehicle |
|---|---|---|

Technology Categories	UK capability			Research Area Focus			Indicative ROI
	S	M	L	Short	Medium	Long	
Electric Motors				Low Cost, Compact e-motors	Lower Cost	Super high efficiency, new materials	4
Power Electronics				Low cost	Flexible	High temperature, new materials	4

شکل (۳-۲۴): موضوع موتورهای الکتریکی در نقشه راه کشور بریتانیا در مورد خودروهای الکتریکی



(الف)



(ب)

شکل (۳-۲۵): نقشه راه کشور انگلستان برای موتورهای (الف) زیر ۴۰ کیلووات و (ب) زیر ۱۰۰ کیلووات مورد نیاز در

خودروهای برقی [۴۸]

همچنین مطابق با جدول (۳-۴) رقم بالایی از طرف TSB برای موتور سوئیچ رلوکتانس هزینه شده است.

جدول (۳-۴): پروژه‌های مرتبط با موتورهای الکتریکی در خودروهای هیبریدی در کشور بریتانیا [۴۷]

FUNDER	PROJECT TITLE	Start	End	PROJECT CONTACT	ORGANISATION/ CONSORTIUM	DEPARTMENT	VALUE
TSB	Aeristech's power-dense high transient motor/generator and control technology for enhanced engine downsizing and hybrid/electric vehicle applications	01/11/2011	30/09/2012	nicholas.gill@aeristech.co.uk	Aeristech Limited, Imperial College London		£72,612.00
EPSRC	Sensorless Control of AC Motors	01/10	02/11	Dr M Sumner	University of Nottingham	Div of Electrical Systems and Optics	£87,860
EPSRC	Development of a Novel Energy Efficient Magnetic Scroll Air Motor	03/11	06/12	Wang, Professor J	University of Warwick	Sch of Engineering	£89,068
TSB	Ultra Efficient Electrical Machines and Drivers for EV's and HEV's	01/07/2009	31/03/2012	bob.bateman@ntc-europe.co.uk	Nissan Motor Manufacturing UK, Sheffield University		£109,943.00
TSB	Rapid Design and Development of a Switched Reluctance Traction Motor	Not started	Not started	Helen.Thomas@cobham.com	Cobham CTS Limited trading as Cobham Technical Services, Jaguar Cars Limited, Ricardo UK Limited		£1,827,070.00

در جدول (۳-۵) مقایسه‌ای بین نقش موتورهای الکتریکی و برنامه‌ریزی انجام شده در دو کشور آمریکا و ژاپن ارائه شده است. لازم به ذکر است که این جدول برای کلیه موتورهای مورد استفاده در خودروهای الکتریکی است.

جدول (۳-۵): نقش موتورهای الکتریکی در نقشه راه‌های آمریکا و ژاپن در مورد خودروهای الکتریکی [۴۹]

A Comparison of National Electric-Drive Vehicle Roadmaps

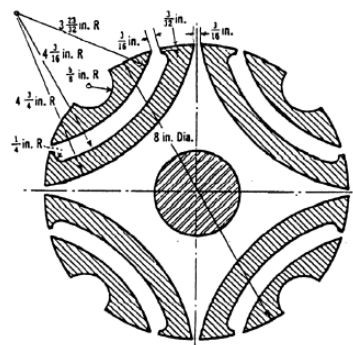
Year	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2020	2030	2050	2080	2100
UNITED STATES													
Motor	Build and test integrated motor/generator												
Motor Cost		19 USD/kW		12 USD/kW					8 USD/kW				
Motor Specific Power		> 1.06 kW/kg					> 1.2 kW/kg		> 1.4 kW/kg				
Motor Power Density		> 2.6 kW/L					> 3.5 kW/L		> 4.0 kW/L				
Motor Efficiency		> 90%					> 93%		> 94%				
JAPAN													
Motor	Induction Motor	Permanent Magnet Synchronous Motor								In-wheel Motor			
Motor Cost													
Motor Specific Power													
Motor Power Density													
Motor Efficiency	90%	95%				Improve		Improve					

۴- موٲور سنكرون رلوكتانسی

مقدمه

اگر روتور موتور سنکرون نشان داده شده در شکل (۴-۱) با سرعت سنکرون بچرخد، حتی اگر جریان روتور صفر گردد، موتور به چرخش خود در سرعت سنکرون ادامه می‌دهد. از آنجایی که رلوکتانس مسیر شار مغناطیسی، به دلیل قطب برجسته بودن روتور، متغیر است و یکسان نیست، روتور تمایل پیدا می‌کند که خود را با شار مغناطیسی گردان ناشی از جریان سیم‌بندی‌های استاتور هم‌محور نماید. به گشتاور ناشی از این هم‌محوری، گشتاور رلوکتانسی نیز گفته می‌شود.

طرح موتورهای سنکرون رلوکتانس متغیر که به اختصار $SynRM^1$ در بیشتر متون از آن یاد می‌شود، اولین بار توسط Kostko در سال ۱۹۲۳ ارائه شده است. عملاً استفاده از این نوع موتور با توجه به مشکلاتی که در سیستم درایو آن وجود داشته است و نیز عدم وجود دانش کافی و تجهیزات مورد نیاز در آن زمان رخ نداد و ۷۰ سال بعد با رشد فناوری‌های مرتبط با درایو این موتور، زمینه برای استفاده عملی از این موتور فراهم گردید. در سال‌های دهه ۹۰ میلادی بحث استفاده از این موتورها مجدد مورد توجه محققین قرار گرفت و بهینه‌سازی طراحی این موتورها و ساختارهای مختلف آن، مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین سیستم‌های درایو و الگوریتم‌های کنترلی متفاوتی برای این نوع موتورها در سالیان گذشته ارائه شده است.



Kostko said in 1923, "... it can hardly be expected that reaction motors will ever be extensively used."

شکل (۴-۱): نمای شماتیک رتور اولین موتور سنکرون رلوکتانسی [۵۰]

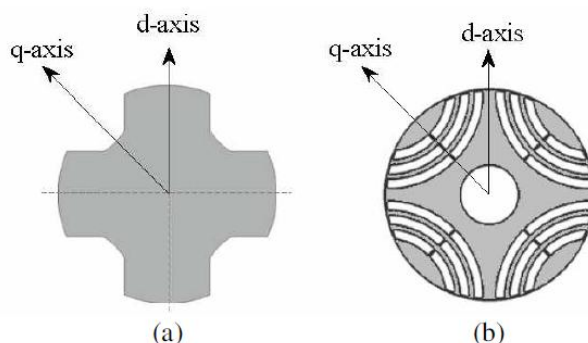
¹ Synchronous Reluctance Motor

هم اکنون شرکت ABB که یکی از شرکت‌های پیشرو در صنایع برق محسوب می‌شود، بازه توانی وسیعی از این موتورها را به همراه درایو آنها تجاری کرده و در حال تولید انبوه آن است. این شرکت، این موتورها را به عنوان جایگزینی مناسب برای موتورهای القائی معرفی کرده است [۵۱].

۴-۱- ساختار موتور سنکرون رلوکتانسی

بخش آرمیچر این موتورها همانند موتورهای القائی و سنکرون کلاسیک بر روی استاتور قرار گرفته است و از نظر سیم‌پیچی نیز این موتورها دارای سیم‌پیچی توزیع شده هستند. در روتور این موتور، تحریک نه از نوع آهنربای دائم و نه از نوع سیم‌پیچی است و از این نظر روتور این موتورها بسیار ساده خواهد بود.

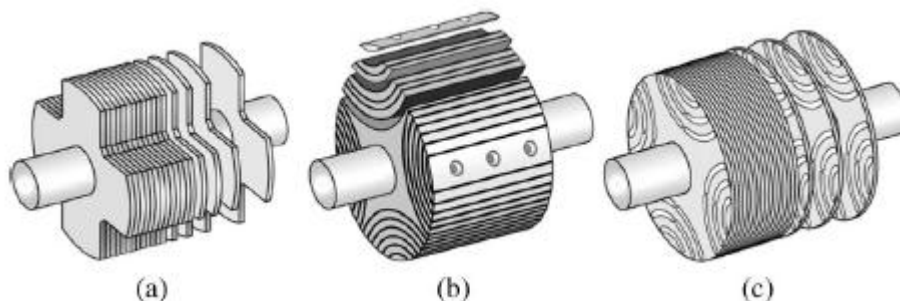
در اولین نمونه‌های معرفی شده از موتورهای سنکرون رلوکتانسی، ساختار روتور همانند ماشین‌های قطب برجسته بدون سیم‌پیچی تحریک بود و از روتور قفس سنجابی برای تولید گشتاور راه‌اندازی استفاده می‌شد. با پیشرفت فناوری اینورترها و کنترل جهت شار در راستای محورهای d و q ، این امکان فراهم شد که ماشین سنکرون رلوکتانسی بدون استفاده از قفسه سنجابی نیز راه‌اندازی شود که این امر، ساده‌تر شدن ساختار روتور را به دنبال داشت. در روتور موتورهای SynRM مدرن برای ایجاد رلوکتانس متفاوت در راستای محورهای d و q از ایجاد شیارهایی در روتور و در راستای محور ماشین استفاده می‌شود. این موضوع در شکل (۲-۴) نشان داده شده است [۵۱].



شکل (۲-۴): سطح مقطع یک روتور موتور SynRM و جهت محورهای d و q

به صورت کلی دو روش برای ایجاد این نوع ساختار وجود دارد؛ یکی استفاده از ورقه‌های فولادی محوری و قرار دادن آنها بر روی هم و یا به عبارتی لایه لایه کردن روتور در راستای شعاعی است و دیگری استفاده از ورقه‌های فولاد الکتریکی و لایه

لایه کردن روتور در راستای محوری ماشین است. در روش اول نسبت برجستگی قطب بسیار خوب است و این موضوع باعث عملکرد خوب ماشین می‌شود، ولی از طرف دیگر نیز باعث افزایش تلفات فوکو و پیچیده شدن ساختار روتور و مشکل شدن مونتاژ آن خواهد شد. از این رو بصورت کلی در طرح‌های جدید از این ساختار استفاده نمی‌شود. در شکل (۳-۴) این سه ساختار روتور نمایش داده شده است. در روش آخر ورقه‌های روتور از پانچ و یا برش لیزری ورقه‌های الکتریکی ساخته می‌شود. در این روش سطح صاف روتور باعث کاهش نویز نیز می‌شود [۵۲].



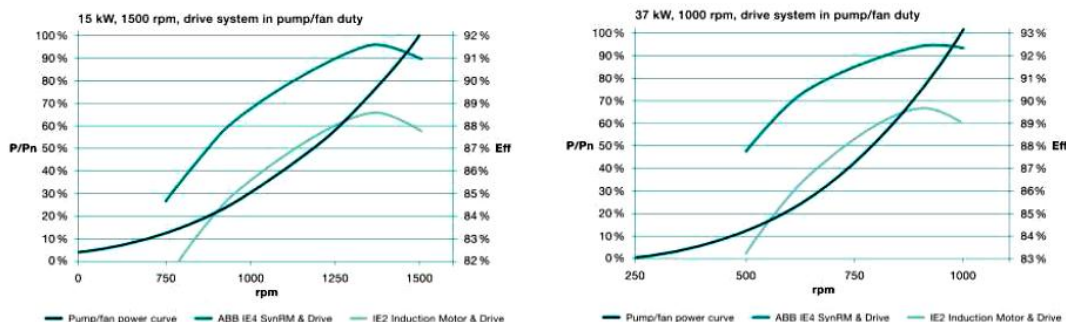
شکل (۳-۴): ساختارهای مختلف روتور موتورهای SynRM (a- قطب برجسته صلب b- لایه لایه شدن در راستای شعاعی c- لایه لایه شدن در راستای محوری)

۲-۴- کاربردهای موتور سنکرون رلوکتانسی

در صنایع حدود ۶۰ تا ۶۵ درصد انرژی الکتریکی مصرفی توسط موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود. حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد از موتورهایی که اخیراً نصب شده اند در کاربردهای دور متغیر است و به همراه درایو مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. موتورهای SynRM با توجه به کنترل بسیار راحت و عدم نیاز به سنسورهای موقعیت و سرعت جذابیت بسیاری برای استفاده در این کاربردها را دارند.

استفاده از موتورهایی با درایوهای سرعت متغیر (VSD – Variable Speed Drive) در کاربردهایی مانند فن‌ها، کمپرسورها و پمپها باعث افزایش راندمان تا حدود ۲۰ درصد می‌شود. از آنجاییکه موتورهای SynRM راندمان بالای خود را در دوره‌هایی غیر از دور نامی نیز حفظ می‌کنند گزینه مناسبی برای این کاربردها هستند. در شکل (۴-۴) مقایسه ای بین دو موتور دور متغیر القایی با VSD و SynRM در دو رنج توانی ۱۵ کیلووات و ۳۷ کیلووات ارائه شده است [۵۱]. همچنین اخیراً تحقیقاتی نیز در

مورد استفاده از این موتورها در صنایع کشتی سازی [۵۳] و خودروهای الکتریکی [۵۴] و همچنین لوازم خانگی [۵۵] صورت گرفته است.

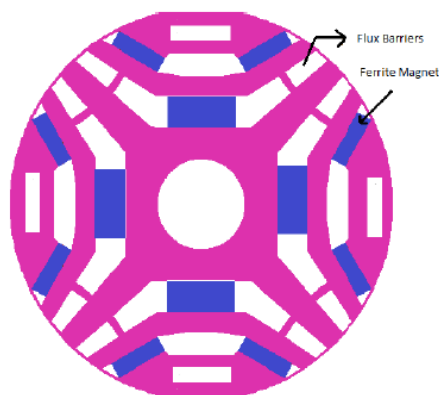


شکل (۴-۴): مقایسه عملکرد موتورهای SynRM و IM در کاربردهای پمپ و فن

۴-۳- تحقیقات مرتبط با موتورهای سنکرون رلوکتانسی

هم اکنون تحقیقاتی نیز در زمینه قراردادان آهنربای دائم از نوع مواد کمیاب خاکی و یا نوع فریت در ساختار روتور این موتورها به منظور افزایش کارایی آنها در جریان است که با توجه به مشکلات آهنرباهای دائم، مانند قیمت بالا و وابستگی به چند کشور خاص، هنوز به تولید انبوه نرسیده است. این کار باعث افزوده شدن مزایای موتورهای آهنربای دائم مانند افزایش چگالی توان به مزایای موتورهای سنکرون رلوکتانسی شده است. این ساختار جدید به PMSynRM^۱ موسوم است [۵۶].

^۱ Permanent Magnet Synchronous Reluctance Motor

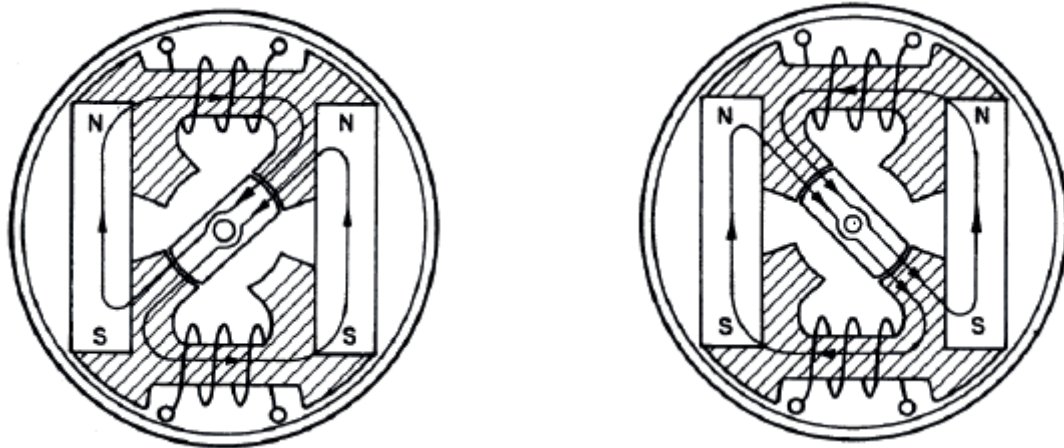


شکل (۴-۵): نمایی از ساختار روتور موتورهای PMSynRM

با توجه به بررسی بیش از ۵۰ مورد مقالاتی که در مورد موتورهای SynRM نوشته شده است مشاهده می‌شود که بیشترین موضوعاتی که مورد علاقه محققین است در دو محور کلی خلاصه می‌شود: ۱- انواع ساختار، بهینه‌سازی و شبیه‌سازی به روش اجزا محدود ۲- ساختار درایو مناسب و روشهای کنترلی آن. همچنین DOE در راستای برنامه‌های خود در خصوص خودروهای برقی نیز تحقیقاتی را در مورد این نوع موتورها آغاز کرده است و لیکن هزینه آن مشخص نشده است [۵۴]. به غیر از DOE و شرکت ABB مابقی کارهای تحقیقاتی در دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی انجام شده است. شرکت ABB نیز با دانشگاه‌های مختلف در مورد این نوع موتورها همکاری داشته است.

۵- Flux-Switching موتور

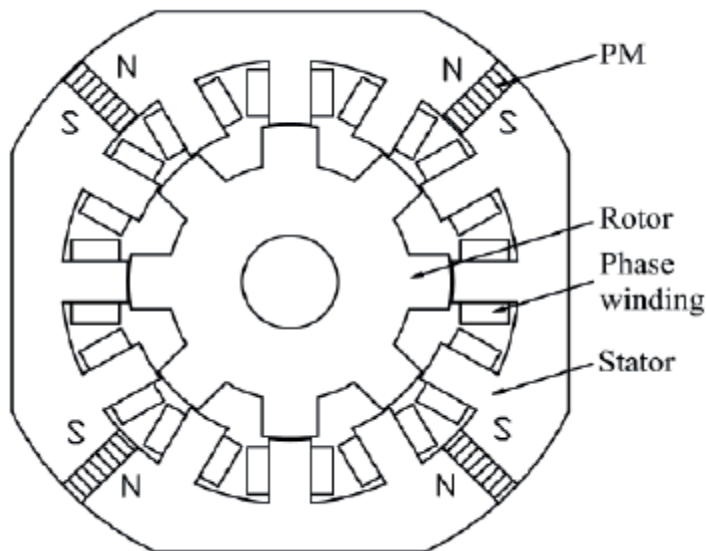
نوع دیگری از موتورهای رلوکتانس متغیر، موتورهای موسوم به Flux-Switching هستند. ایده اولیه طراحی و ساخت موتورهای بدون جاروبک با عنوان Flux-Switching Permanent Magnet (FSPM) در سال ۱۹۵۵ توسط Rauch و Johnson ارائه شد. ساختار ارایه شده برای این موتور، یک موتور تک فاز بود که تحریک و آرمیچر آن، هر دو در استاتور موتور قرار گرفته بود. شکل (۵-۱) نشان دهنده نقشه این موتور و مسیر عبور شار در دو موقعیت‌های مختلف روتور است [۵۷].



شکل (۵-۱): اولین موتور FSPM تک فاز معرفی شده در سال ۱۹۵۵ [۷۱]

در سال ۱۹۹۷ برای اولین بار طراحی این موتورها به صورت سه فاز انجام گرفت. در این موتور سیم‌پیچی استاتور نسبت به طراحی تک فاز تغییر کرده است اما عملکرد کلی موتور بدون تغییر باقی ماند [۵۸ و ۵۹].

این موتورها به لحاظ ساختاری شبیه ماشینهای الکتریکی (DSPM) Doubly Salient Permanent Magnet machine هستند. در این ماشینها آهنرباهای تحریک در یوغ استاتور قرار دارند. شکل (۵-۲) نمایی از این نوع موتور را نشان می‌دهد. ماشینهای DSPM از لحاظ چگالی گشتاور نسبت به ماشینهای FSPM در جایگاه پائین‌تری قرار دارند اما برتری‌هایی نیز در زمینه Cogging performance و همچنین چگالی گشتاور نسبت به واحد حجم آهنربای دائم را دارا می‌باشند [۵۹].

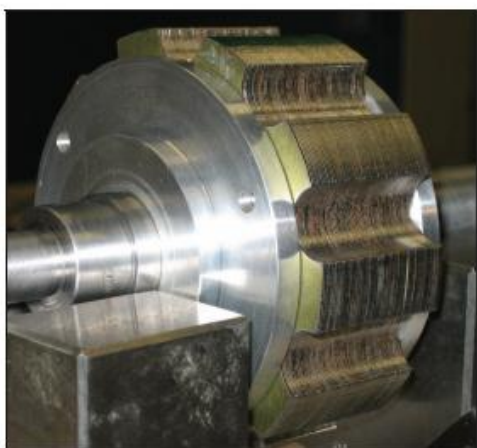


شکل (۲-۵): نمای یک ماشین DSP

در سال‌های اخیر ساختارهای مختلفی برای این موتورها ارایه شده است و امکان بهره برداری از آنها در تعداد زیادی از کاربردها مانند خودروهای الکتریکی، توربین بادی، کاربردهای مرتبط با هوا فضا و کاربردهای ابزار دقیق وجود دارد.

۲-۵- ساختار موتور Flux-Switching

موتورهای FS دارای روتورهای قطب برجسته‌ای مانند روتور ماشینهای SR هستند. این روتورها علاوه بر استحکام بالا دارای طراحی ساده و مناسب برای دورهای بالا می باشند. در شکل (۳-۵) نمونه ای از روتور قبل و بعد از SKEW نمایش داده شده است. در [۶۰] تاثیر این نوع تغییرات در روتور به منظور کاهش گشتاور Cogging بررسی شده است.



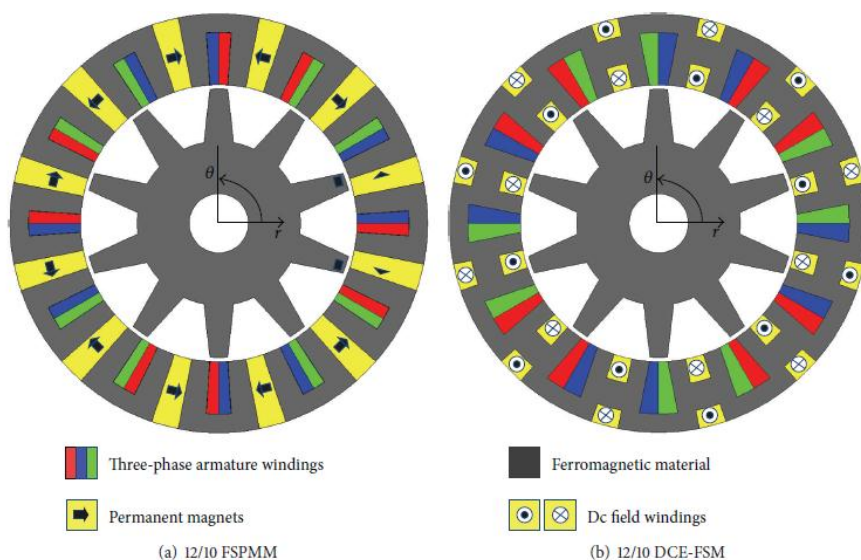
شکل (۳-۵): روتور یک موتور FS قبل و بعد از skew

از آنجایی که در این موتورهای تحریک و آرمیچر بر روی استاتور قرار گرفته است، بر روی روتور هیچ گونه سیم‌پیچی، آهنربای دائم و جاروبکی وجود ندارد. موتورهای FS از نظر تحریک به سه دسته مختلف تقسیم می‌شوند و نامگذاری این موتورها بر این اساس انجام می‌شود. در زیر این سه مدل به همراه تصاویر آنها آورده شده است.

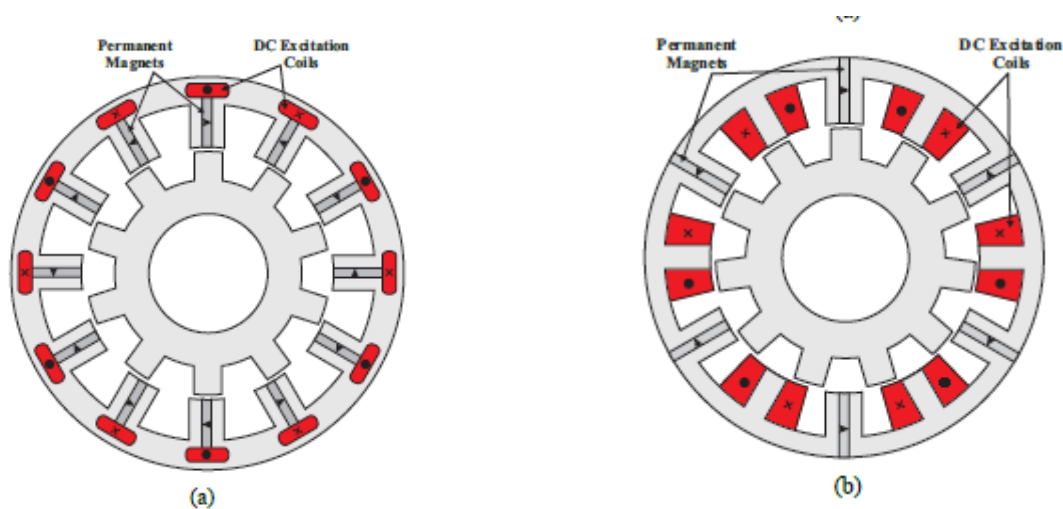
۱- ماشین FS با تحریک مغناطیس دائم (PMFS)

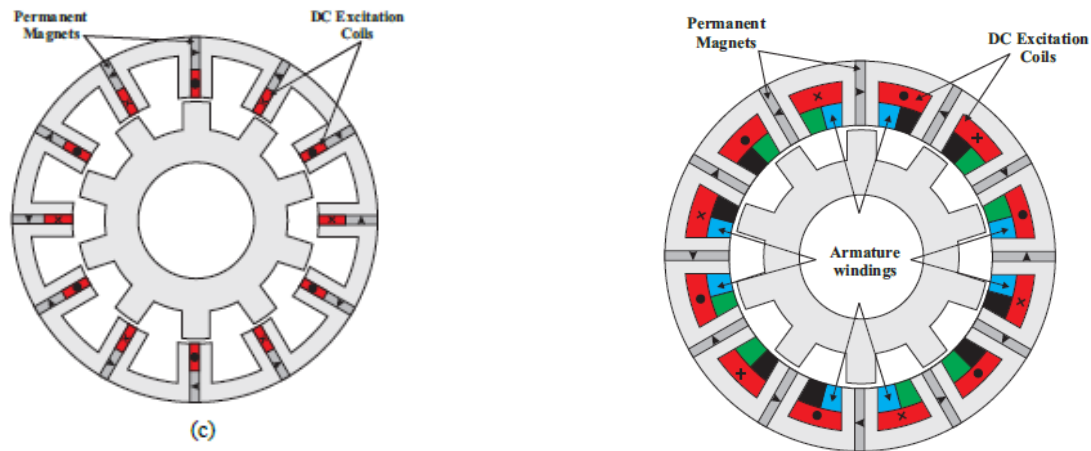
۲- ماشین FS با تحریک DC (DCEFS)

۳- ماشین FS هیبرید با تحریک مغناطیس دائم و تحریک کمکی DC (HFSPM)



شکل (۴-۵): نمای یک نمونه موتور PMFS و یک نمونه DCEFS [۶۱]

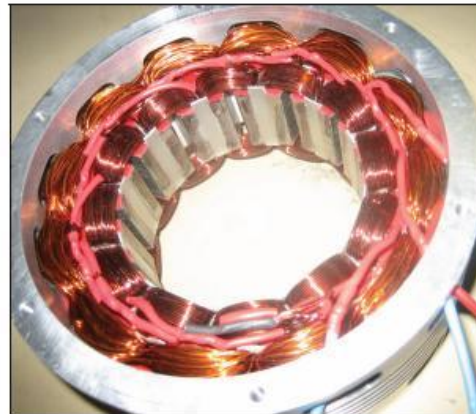




شکل (۵-۵): انواع ساختارهای تحریک در موتورهای FS هیبریدی [۶۲]

همان طور که در شکل (۵-۵) نیز مشاهده می‌شود روش‌های مختلفی از قرار گیری دو تحریک مغناطیس دائم و سیم‌پیچی کمکی DC بر روی ماشینهای FS هیبریدی وجود دارد و همچنان نیز در مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی بر روی این ساختارها و بهینه سازی آنها فعالیت‌هایی در حال انجام است.

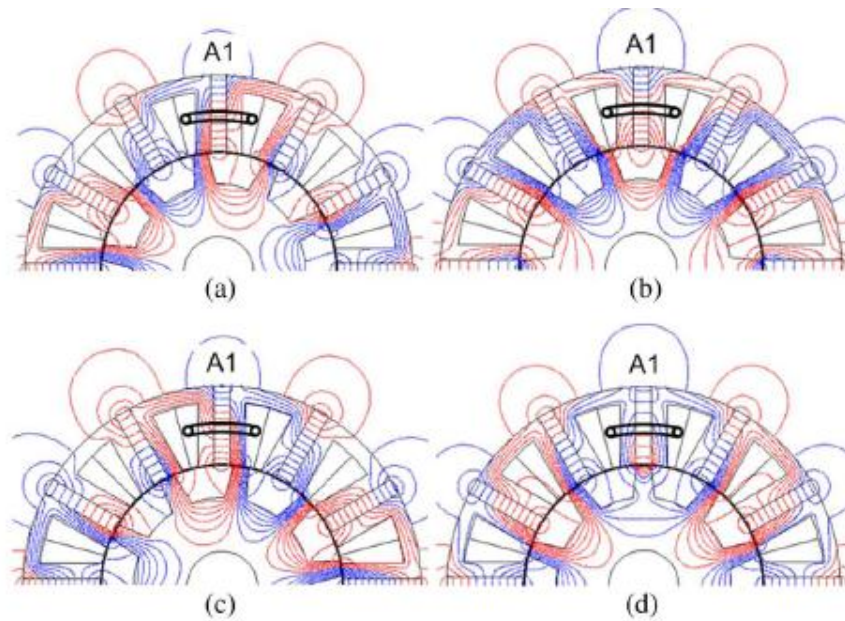
استاتور موتورهای FS معمولاً به صورت بخش بخش و از قطعات U شکل (در برخی موارد E شکل) ساخته می‌شود. مانند دیگر موتورها این قطعات خود به صورت ورقه ورقه و از جنس ورق فولاد الکتریکی ساخته می‌شوند. در موتورهای PMFS بین هر دو قطعه U شکل یک مغناطیس دائم با جهت گیری محیطی قرار می‌گیرد. جهت مغناطیسی هر دو آهنربای دائم مجاور هم متضاد است. سیم‌پیچی استاتور به صورت متمرکز بوده و بر روی هر یک از دندانه‌ها همانند موتورهای SR قرار می‌گیرد. هر دندانه و یا به عبارتی هر قطب، از دو ضلع مربوط به دو قطعه U شکل مجاور هم، آهنربای دائم مابین آنها، و سیم‌پیچی آرمیچر قرار گرفته بر روی آن تشکیل می‌شود [۵۷]. در شکل (۵-۶) نمونه‌ای از استاتور یک موتور FS قبل و بعد از سیم‌پیچی نشان داده شده است.



شکل (۵-۶): یک نمونه موتور FS قبل و بعد از سیم پیچی استاتور (نوع هسته U شکل نوع موتور هیبرید) [۶۰]

با طراحی مناسب این امکان وجود دارد که شکل موج شار پیوندی و نیرو محرکه الکتریکی (Back EMF) بصورت سینوسی باشد. از آنجایی که در این موتورها بخش‌های اکتیو در استاتور قرار گرفته‌اند، در نتیجه خنک‌سازی ماشین ساده‌تر و موثرتر انجام می‌شود [۵۸].

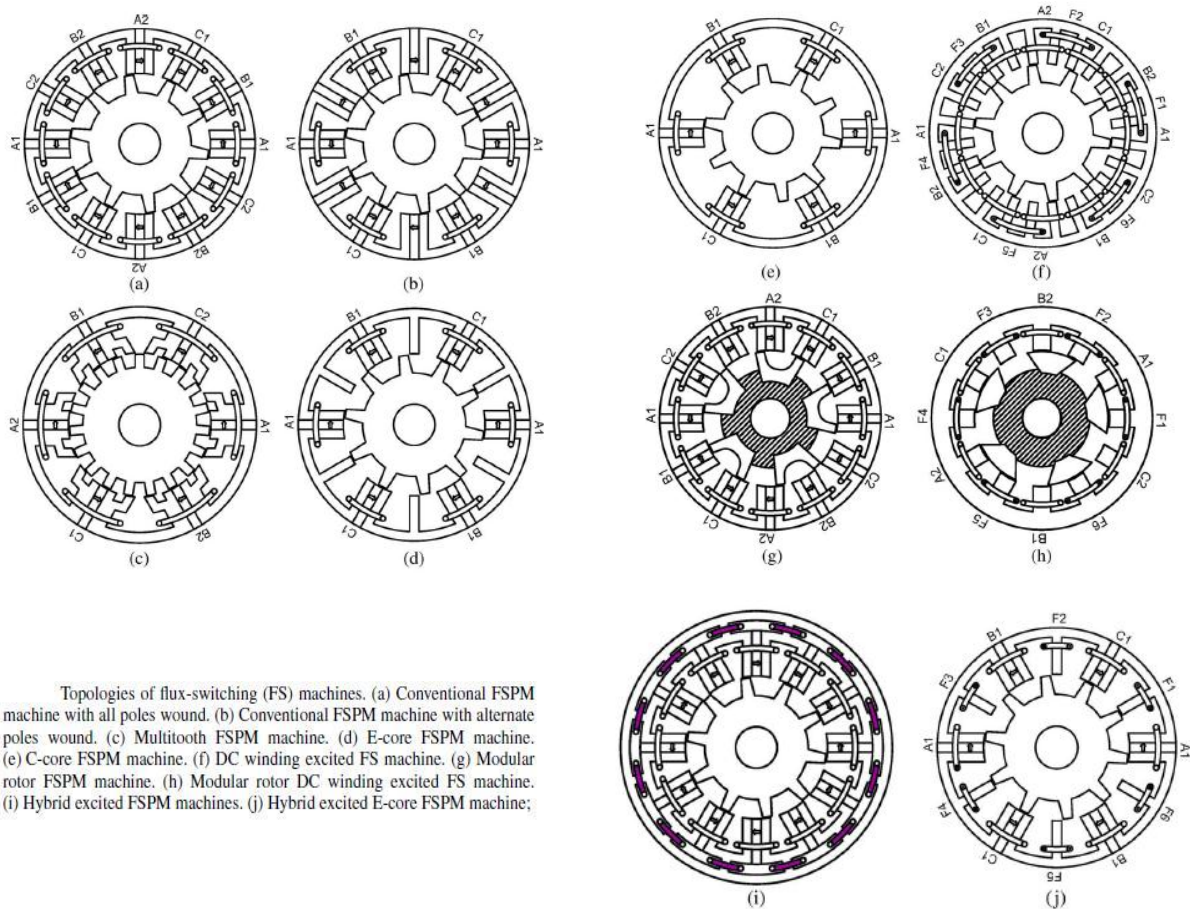
دو مولفه اصلی در تولید گشتاور در این موتورها موثر است؛ یکی گشتاور ناشی از تحریک آهنربای دائم و دیگری گشتاور ناشی از تغییر رلوکتانس ناشی از دندان‌دار بودن روتور و استاتور که بخش اخیر بسیار کوچک است [۵۷]. معمولاً سطح مقطع مس مورد استفاده در این موتورها کوچک بوده و در عوض حجم بزرگی از مغناطیس دائم مورد استفاده قرار گرفته است [۵۷]. توزیع میدان در یک ماشین PMFS در موقعیتهای مختلف روتور در شکل (۵-۷) آورده شده است. در جدول زیر برخی از مهمترین ساختارهای ماشینهای FS معرفی شده و در شکل (۵-۸) نیز شمای برخی از این موتورها نمایش داده شده است.



شکل (۵-۷): توزیع میدان مغناطیسی در یک موتور FSPM در موقعیتهای مختلف روتور

جدول (۵-۱): انواع ساختارهای موتور FS

ردیف	عنوان
۱	1-, 2-, 3-, and multiphase FSPM machines
۲	Multi-three-phase inverter fed FSPM machines
۳	Fault-tolerant FSPM machines
۴	Rotary and linear FSPM machines
۵	Short- and long-stroke linear, tubular, or planar FSPM machines, including Sawyer machine
۶	Radial, axial-field, and transverse-flux FSPM machines
۷	Internal and external rotor FSPM machines
۸	Single-tooth per pole or multitooth per pole FSPM machines
۹	E-core and C-core FSPM machines
۱۰	Modular rotor flux-switching machines
۱۱	Multi-PM sandwiched FSPM machines
۱۲	Hybrid excited FSPM machines
۱۳	One-phase and three-phase coil excited FS machines



Topologies of flux-switching (FS) machines. (a) Conventional FSPM machine with all poles wound. (b) Conventional FSPM machine with alternate poles wound. (c) Multitooth FSPM machine. (d) E-core FSPM machine. (e) C-core FSPM machine. (f) DC winding excited FS machine. (g) Modular rotor FSPM machine. (h) Modular rotor DC winding excited FS machine. (i) Hybrid excited FSPM machines. (j) Hybrid excited E-core FSPM machine;

شکل (۵-۸): انواع ساختارهای موتور FS

همچنین این ماشین‌ها، مانند دیگر ماشین‌های الکتریکی در چهار ساختار دوار محوری، دیسکی، ساختار خطی و دوار محوری روتور بیرونی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. هر سه مدل تحریک بالا در هر سه نوع ساختار برای کاربردهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

۵-۳- کاربردهای موتور Flux-Switching

برخی از مزایا و معایب موتورهای Flux Switching عبارت است از [۶۲]:

- تمرکز بخش‌های اکتیو موتور در استاتور

- ساختار روتور مستحکم

- چگالی گشتاور بالا

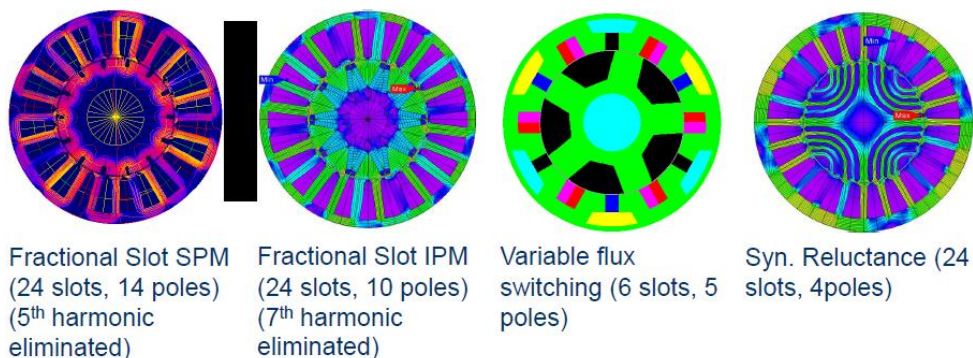
- بازدهی انرژی بالا

- توانایی خوب در تضعیف شار^۱ برای مقاصد کنترل موتور

- عملکرد توان ثابت در بازه وسیعی از سرعت

- سیم‌پیچی استاتور ساده و متمرکز

در حالت کلی می‌توان گفت که مزایای این موتورها، ترکیبی از مزایای موتورهای سوئیچ رلوکتانس و سنکرون آهنربای دائم است؛ در موتورهای سوئیچ رلوکتانس ساختار روتور بسیار ساده و در عوض چگالی گشتاور و توان کم است، این موضوع در موتورهای سنکرون آهنربای دائم بر عکس است [۶۳]. البته باید توجه داشت که بزرگترین ایراد موتورهای FS، بالا بودن ریبیل گشتاور است که باعث عدم استفاده تجاری از این موتور در بیشتر موارد شده است. در تحقیقات اشاره شده در [۶۴] این موضوع بصورت مقایسه‌ای بیان شده است که نتیجه آن در شکل (۵-۹) نمایش داده شده است.



¹ Flux Weakening

■ Results of preliminary studies on advanced technologies

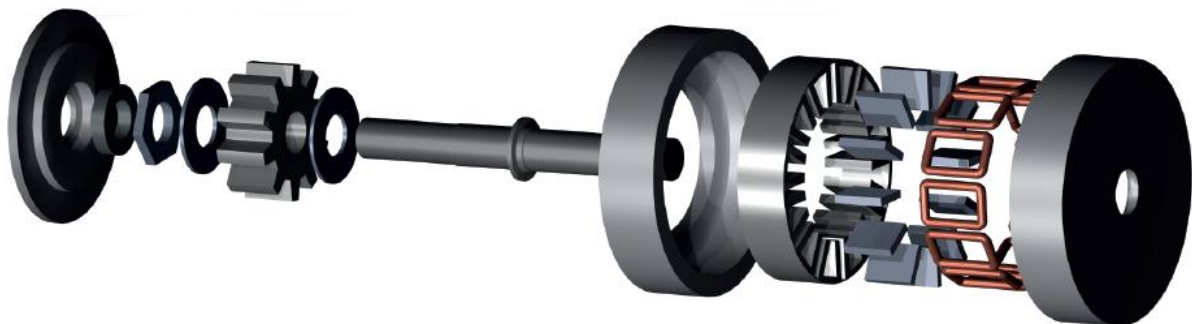
	SPM 12s/14p	IPM 36s/6p	Fractional slot SPM 24s/14p	Fractional slot IPM 24s/14p	Flux switch PM m/c	Syn. rel. m/c
Torque (Nm)	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Current (A)	85	58	85	73	85	100
Torque/Ampere	0.41	0.60	0.41	0.48	0.40	0.35
Speed (rpm)	1350	1350	1350	1350	1350	1350
Efficiency (%)	94.7	94.2	94.4	95.2	87.5	89.5
Torque ripple(%)	1.2	1.5	1.0	1.5	20%	1.5

Need to be further optimised

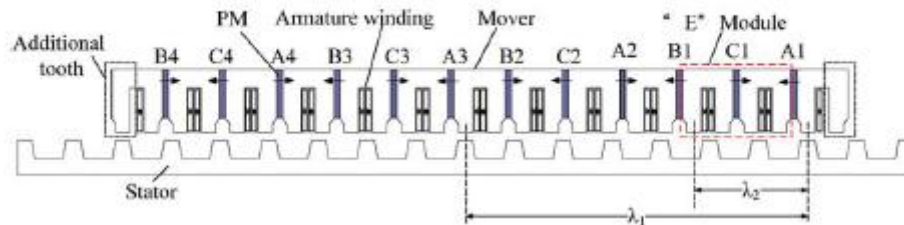
شکل (۵-۹): مقایسه انواع موتورهای پیشرفته

ساختار خطی موتورهای FS نیز جذابیت زیادی به خصوص برای استفاده در قطارهای برقی دارد؛ زیرا با انتقال تحریک و آرمیچر به بخش متحرک وسیله نقلیه (مانند واگن قطار) و ایجاد یک موتور خطی با اولیه کوتاه، تنها بخش ثانویه بلند آن (ریل قطار) که مسیر قطار را تعیین می‌کند از آهن ساخته می‌شود و در نتیجه ساختار قطار برقی بسیار ساده می‌شود [۶۵].

در [۸] با طراحی بهینه موتورهای خطی FS هیبرید (HLFSPM) به جای استفاده از آهنرباهای دائم کمیاب خاکی، از آهنرباهای دائم فریتی استفاده شده که این موضوع باعث کاهش هزینه‌های ساخت موتور شده است. در شکل (۵-۱۰) نمونه‌ای از این موتور نمایش داده شده است.

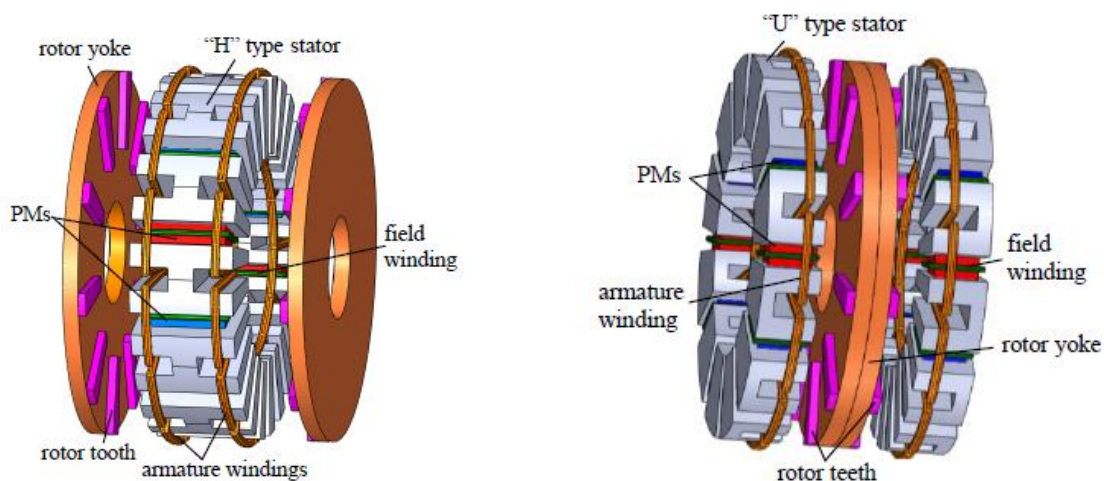


شکل (۵-۱۰): نمای باز شده یک موتور FSPM [۵۹]



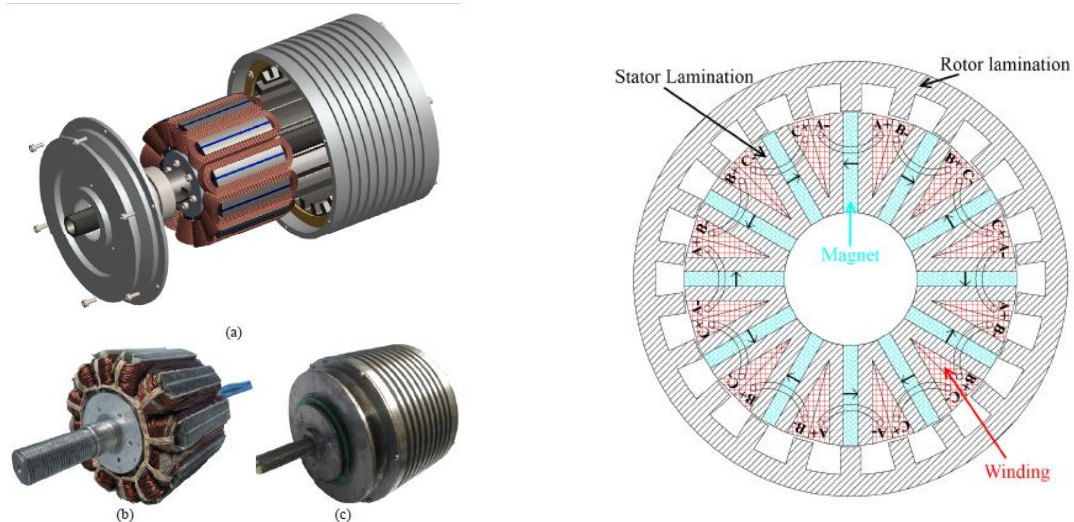
شکل (۵-۱۱): نمای یک موتور خطی از نوع PMFS با اولیه کوتاه و ثانویه بلند [۶۵]

مزایای موتورهای دیسکی نظیر بازده بالاتر، کوچک بودن طول استاتور، کم شدن وزن و حجم، و همچنین انتقال حرارت بهتر ماشین باعث شده که استفاده از موتورهای FS در کاربردهایی مانند خودروهای برقی، توربین بادی، آسانسور و غیره مورد بررسی قرار گیرد. در [۶۶] بررسی دقیقی بر روی انواع طرح‌های شار-محوری موتورهای FS انجام شده است. در شکل (۵-۱۲) نمونه‌ای از این طراحی‌ها آورده شده است.

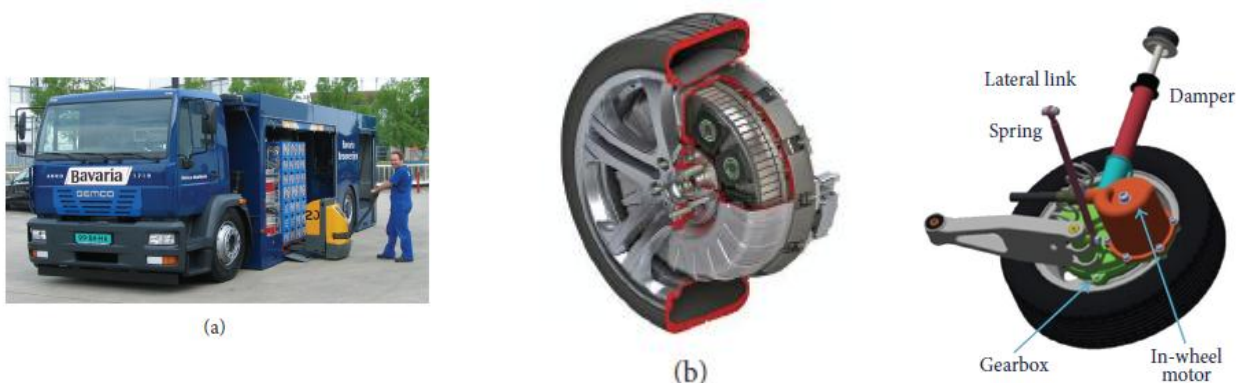


شکل (۵-۱۲): دو ساختار از ماشین FS شار-محوری [۷۲]

در [۶۵] نیز بررسی بر روی ساختار این نوع ماشین با روتور بیرونی، مانند آنچه در شکل (۵-۱۳) دیده می‌شود، انجام شده است. همچنین در [۶۱] اشاره شده که با استفاده از این موتورها در ساختار چرخ خودرو، علاوه بر مزایای عملکردی بسیار زیادی که دارد، باعث سبک شدن خودرو و همچنین افزایش فضای حمل بار خودرو می‌شود. البته با توجه به رپیل گشتاور بالای این موتورها آسایش مسافری اندکی کاهش پیدا می‌کند.



شکل (۵-۱۳): ساختار یک موتور PMFS با روتور خارجی [۵۸]



شکل (۵-۱۴): نمای یک خودرو الکتریکی با موتور در چرخ موتور در چرخ Direct Drive موتور در چرخ Indirect Drive

[۶۱]

۵-۴- تحقیقات مرتبط با موتور Flux-Switching

افزایش نسبی هر یک از شاخصه‌های مثبت این نوع ماشینها که در بالا ذکر شد همچنان موضوع تحقیقات بوده و تعریف و طراحی ساختارهای مختلف این ماشینها برای کاربردهای مختلف نیز موضوعی برای انجام تحقیقات انجام شده در مراکز عمدتاً دانشگاهی است. همچنین بیشترین تحقیقات انجام شده در مورد موتورهای PMFS روتور داخلی است (عمدتاً تحلیل الکترومغناطیسی). پس از آن ساختارهای خطی و در نهایت (و بندرت) ساختارهایی مانند موتور دیسکی و روتور خارجی مورد بررسی قرار گرفته اند [۵۸].

لیست حدود ۴۰ مقاله که نتیجه تحقیقات در مورد موتورهای FS را در سالهای اخیر منتشر کرده‌اند به همراه موسسات حمایت کننده و محل انجام این تحقیقات در جدول (۲-۵) آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود عمده تحقیقات در کشور چین بوده است.

جدول (۲-۵): لیست مقالات در مورد FS

محل تامین اعتبار و یا مجری پروژه	عنوان مقاله	ردیف
This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (Projects 60974060 and 51277194), by the Natural Science Institutions. Priority Academic Program Development of Jiangsu Higher Education	ELECTROMAGNETIC ANALYSIS OF A MODULAR FLUX-SWITCHING PERMANENT-MAGNET MOTOR	1
This project is part of the IOP-EMVT programme inside Senter-Novem, an agency of the Dutch Ministry of Economical Affairs.	Parallel Flux Switching Machines (PM motors)	2
This work was supported in part by the "973" Program of China under Project 2013CB035603, the National Natural Science Foundation of China under Project 50907031, the Specialized Research Fund for the Doctoral Program of Higher Education of China under Project 20090092110034, the Scientific	Comparison of Complementary and Modular Linear Flux-Switching Motors With Different Mover and Stator Pole Pitch	3
This work was supported by National Natural Science Foundation of China (NSFC50677061) and Qiangjiang Professionals Program of Zhejiang Province (2006R10014), and carried out under the collaborative Memorandum of Understanding between Cranfield University and Zhejiang University.	A Novel Permanent Magnet Flux Switching Machine with an Outer-Rotor Configuration for In-Wheel Light Traction Applications	4
This work was supported by Research Council of Norway (NFR). The authors are with the Department of Electrical Engineering, Norwegian University of Science and Technology, O.S. Bragstads plass 2E, level 4, No 7491, Trondheim, Norway	Analytical Design of a High-Torque Flux-Switching Permanent Magnet Machine by a Simplified Lumped Parameter Magnetic Circuit Model	5
Electromechanics and Power Electronics Group, Department of Electrical Engineering, Eindhoven University of Technology	Analytical Modeling of Flux-Switching In-Wheel Motor Using Variable Magnetic Equivalent Circuits	6
Department of Electronic and Electrical Engineering University of Sheffield	Coil Connections and Winding Factors in Flux-Switching PM Brushless AC Machines	7

ردیف	عنوان مقاله	محل تامین اعتبار و یا مجری پروژه
8	Design and testing of Flux Switched Permanent Magnet (FSPM) Machines	Norwegian University of Science and Technology Department of Electrical Power Engineering
9	Design Improvement and Performance Analysis of 12S-10P Permanent Magnet Flux Switching Machine with Field Excitation Coil	Universiti Tun Hussein Onn Malaysia ____ Nagoya Institute of Technology
10	Design of a Flux-Switching Electrical Generator for Wind Turbine Systems	11-Centre National de la Recherche Scientifique, UniverSud Paris ----- Department of Electrical Engineering and Computer Science, Colorado School of Mines _____
11	Design Techniques for Reducing Cogging Torque in Permanent Magnet Flux Switching Machine	This work was supported by the Human Resources Development program (No. 20114030200030) of the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) grant funded by the Korea government Ministry of Trade, Industry and Energy _____ The Korean Magnetism Society
12	DOUBLE AND SINGLE LAYERS FLUX-SWITCHING PERMANENT MAGNET MOTORS: FAULT TOLERANT MODEL FOR CRITICAL APPLICATIONS	11-Centre National de la Recherche Scientifique, UniverSud Paris ----- Department of Electrical Engineering and Computer Science, Colorado School of Mines _____
13	Design and Analysis of a Novel Flux-Switching Permanent Magnet Integrated-Starter-Generator	This work was supported by National Natural Science Foundation of China (NSFC, 506770610) and Qianjiang Professionals Program of Zhejiang Province (2006R10014).
14	Energy Conversion Loops for Flux-Switching PM Machine Analysis	This project is part of the IOP-EMVT programme inside Senter-Novem, an agency of the Dutch Ministry of Economical Affairs.
15	FAULT-TOLERANT CONTROL OF A FLUX-SWITCHING PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MACHINE	BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Faculty of Electrical Engineering and Communication Department of Power Electrical and Electronic Engineering
16	Flux switching machines using segmental rotors	Newcastle University School of Electrical, Electronic and Computer Engineering
17	Flux-switching PM Brushless Machines with Alternative Stator and Rotor Pole Combinations	Department of Electrical and Electronic Engineering, University of Sheffield

ردیف	عنوان مقاله	محل تامین اعتبار و یا مجری پروژه
18	Investigation of Field Excitation Switched Flux Motor with Segmental Rotor	MyEV Research Group, Dept. of Electrical Power Engineering, Faculty of Elect. & Electro. Engg, UTHM, 86400 Parit Raja, Batu Pahat, Johor
19	Linear Flux Switching Induction Actuator	1,2Applied Electromagnetic and Mechanical Cluster, Computer Intelligence Applied Group, Taylor's University, Malaysia 3University Teknikal Melaka, Malaysia
20	Design, Analysis, and Prototyping of an Axial-Flux Permanent Magnet Motor Based on Genetic Algorithm and Finite-Element Analysis	This work was supported by the University of Malaya's provision of the High Impact Research under Grant D000022-16001 funding the Hybrid Solar Energy Research Suitable for Rural Electrification.
21	Design and Analysis of a Novel Hybrid Excited Linear Flux Switching Permanent Magnet Motor	This work was supported by the National Science Council of Taiwan through grant numbers NSC 99-2221-E-035-101-MY3.
22	Conformal mapping: Schwarz-Christoffel method for flux-switching PM machines	This project is part of the IOP-EMVT programme inside Senter-Novem, an agency of the Dutch Ministry of Economical Affairs.
23	Machine Flux-Switching Permanent Magnet System for Plug-in Hybrid Electrical Drive Vehicle	Wei Xu, Jianguo Zhu, Yongchang Zhang, Yi Wang, Yongjian Li, Jiefeng Hu School of Electrical, Mechanical and Mechatronic Systems, University of Technology, Sydney, NSW, Australia
24	Preliminary study on a 3D field permanent machine- from magnet flux switching tubular to rotary configurations	This work was supported by National Natural Science Foundation of China (NSFC, 50677061) and Qianjiang Professionals Program of Zhejiang Province (2006R10014).
25	An Hybrid-Excited Flux-Switching Machine for High Speed DC-Alternator Applications	M. Gaussens, M. Hoang, M. Lecrivain and M. Gabsi are with the SATIE laboratory, ENS Cachan, CNRS, UniverSud, 61 av. du President Wilson, Cachan F-94230, France (e-mail : gaussens@satie.ens-cachan.fr, hoang@satie.ens-cachan.fr, ecrivain@satie.ens-cachan.fr and gabsi@satie.enscachan.fr). M. Manfe is with Leroy Somer, Emerson, EPG Division, Sillac, Bd Marcellin Leroy - 16015 Angoul'eme Cedex, France (e-mail : philippe.manfe@emerson.com)

ردیف	عنوان مقاله	محل تامین اعتبار و یا مجری پروژه
26	Development of High Torque and High Power Density Hybrid Excitation Flux Switching Motor for Traction Drive in Hybrid Electric Vehicles	1MyEV, Department of Electrical Power Engineering, University Tun Hussein Onn Malaysia, Johor, Malaysia 2Department of Electrical & Computer Science Engineering, Nagoya Institute of Technology, Nagoya, Japan
27	A NEW STRUCTURE OF A SWITCHING FLUX SYNCHRONOUS POLYPHASED MACHINE WITH HYBRID EXCITATION	Emmanuel HOANG, Michel LECRIVAIN, Mohamed GABSI SATIE - Ecole Normale Supérieure de Cachan, UMR CNRS 8029, Cachan FRANCE
28	Permanent Magnet Flux Switching Integrated-Starter-Generator with Different Rotor Configurations for Cogging Torque and Torque Ripple Mitigations	W. Fei and P. C. K. Luk are with Department of Engineering and Applied Science, Cranfield Defence and Security, Cranfield University, Shrivenham, SN6 8LA, U. K. (e-mail: w.fei@cranfield.ac.uk; p.c.k.luk@cranfield.ac.uk). J. X. Shen, B. Xia, and Y. Wang are with College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, 310007, China
29	DESIGN AND ANALYSIS OF NEW CLASS BRUSHLESS D.C MOTOR (FSM)	Department of Electrical and Electronics Engineering Anna University CEG Campus
30	Design of a Permanent Magnet Flux-Switching Machine	This paper was supported by the project "Doctoral studies in engineering sciences for developing the knowledge based society-SIDOC" contract no. POSDRU/88/1.5/S/60078, project co-funded from European Social Fund through Sectorial Operational Program Human Resources 2007-2013.
31	The New Flux Switching Motor - A DC Motor without Brushes	A Thesis Submitted for the Degree of PhD at the University of Warwick
32	ELECTROMAGNETIC ANALYSIS OF A MODULAR FLUX-SWITCHING PERMANENT-MAGNET MOTOR USING FINITE-ELEMENT METHOD	This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (Projects 60974060 and 51277194), by the Natural Science Foundation of Jiangsu Province (Project SBK201221867) and by the Priority Academic Program Development of Jiangsu Higher Education Institutions.
33	Modeling of a Complementary and Modular Linear Flux-Switching Permanent Magnet Motor for Urban Rail Transit Applications	This work was supported by the National Natural Science Foundation of China under Project 50907031, by the Specialized Research Fund for the Doctoral Program of Higher Education of China under Project 20090092110034, and by the Program for Postgraduate Research Innovation in the University of Jiangsu Province 2010 under Project X10B_066Z. Paper no. TEC-00516-2011.

محل تامین اعتبار و یا مجری پروژه	عنوان مقاله	ردیف
This work was supported by the National Natural Science Foundation of P. R. China (No.51007033), and the Plan Project of Jiangxi Province of P. R. China (GJJ09517).	Operation Principle and Topology Structures of Axial Flux-Switching Hybrid Excitation Synchronous Machine	34
	Vision of Electromobility	35
This work was supported by Qiangjiang Professionals Program of Zhejiang Province (2006R10014), Natural Science Foundation of China (51077116, 50677061), and China 973 Program (2011CB707204). The project was carried out under the collaborative Memorandum of Understanding between Zhejiang University and Cranfield University.	Torque Analysis of Permanent Magnet Flux Switching Machines with Rotor Step Skewing	36
This work was supported in part by the National Natural Science Foundation of China (Projects 60974060, 50907031, and 51007031), by the Aeronautical Science Foundation of China (Project 20100769004), and by the Professional Research Foundation for Advanced Talents of Jiangsu University, China (Project 10JDG089).	Stator-Flux-Oriented Fault-Tolerant Control of Flux-Switching Permanent-Magnet Motors	37
Department of Electrical Machines and Drives, Faculty of Electrical Engineering, Technical University of Cluj-Napoca, 28 Memorandumului, 400 114 Cluj-Napoca, Romania	Permanent Magnet Flux-Switching Machine, Optimal Design and Performance Analysis	38
This research was funded and supported by Exploratory Research Grant Scheme (ERGS) vot E030 under Ministry of Higher Education (MOHE), Malaysia and Faculty of Electrical & Electronic Engineering, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM), Batu Pahat, Johor, Malaysia	Performances Analysis of 6Slot-14Pole E-core Hybrid Excitation Flux Switching Machine for Hybrid Electric Vehicle	39

۶- موتورهای ابرسانا

مقدمه

تحقیقات مختلفی در سراسر دنیا برای کاهش تلفات موتورهای الکتریکی انجام شده است. یکی از فناوری‌هایی که می‌تواند به کاهش تلفات انرژی در موتورهای الکتریکی کمک نماید، فناوری ابررسانا است. در این فناوری مقاومت الکتریکی هادی‌های مورد استفاده به عدد صفر نزدیک است که در نتیجه آن تلفات مقاومتی سیم‌پیچ‌های موتور به صفر میل می‌کند. در ابر رسانای دما پایین^۱، پیچیدگی فناوری موتور و هزینه سیستم خنک‌کننده آن مانع از توسعه تجاری آن شد. کشف ابر رسانای دما بالا^۲ در سال ۱۹۸۷، امیدهای تازه‌ای در جهت استفاده از فناوری ابر رسانا در تجهیزات مختلف را زنده کرد و دمای کاری ابر رساناها را به نقطه جوش نیتروژن مایع (۷۷ درجه کلوین) رساند [۶۷].

۶-۱-۱- مفهوم ابر رسانایی

ابررسانایی پدیده‌ای است که در موادی خاص در دماهای پایین اتفاق می‌افتد که با عدم وجود مقاومت الکتریکی و دمپینگ میدان مغناطیسی داخلی^۳ مشخص می‌شود. دمای بحرانی برای ابر رسانا دمایی است که در آن مقاومت الکتریکی ماده ابر رسانا به صفر می‌رسد. بطور مثال، دمای بحرانی آلومینیوم $T_c = 1.2 \text{ K}$ می‌باشد. پدیده ابررسانایی توسط دانشمند هلندی به نام H. Kamerlingh Onnes، برنده جایزه نوبل، در سال ۱۹۱۱ کشف شد. پدیده ابر رسانایی توسط دانشمند هلندی به نام T_c ، میدان مغناطیسی بحرانی، H_c ، و چگالی جریان بحرانی J_c مشخص می‌شود. برقراری شرایط ابررسانایی نیاز به قرار گرفتن مقادیر میدان مغناطیسی و چگالی جریان به میزانی کمتر از مقادیر بحرانی این پارامترها دارد که این امر به ماده مورد استفاده بستگی خواهد داشت [۶۸].

مهمترین علت محدود شدن میدان مغناطیسی در الکترومگنت‌های معمول (آلومینیوم و مس) زمانی که جریان‌های بالا به سیم پیچی اعمال می‌شود، تلفات اهمی در سیم پیچی است. در یک ماده ابررسانا زمانیکه مقاومت الکتریکی صفر می‌شود، تلفات اهمی عملاً وجود ندارد. تنها راه برای توصیف پدیده ابررسانایی مکانیک کوانتومی است. در دماهای پایین انرژی ارتعاشی اتم‌ها

¹ -LTS: Low Temperature Superconductivity

² -HTS: High Temperature Superconductivity

³ - Meissner Effect

در شبکه کریستالی^۱، مواد کمتر می‌شود. حرکت یک الکترون در ماده در دماهای پایین بخاطر تغییر شکل شبکه کریستالی با امپدانس پایین انجام می‌شود. نیروی جاذبه کولونی مابین الکترون‌های عبوری و یون‌های مثبت، ساختار کریستالی را تغییر شکل می‌دهد. ناحیه ای که چگالی بار مثبت زیادی دارد در طول کریستال بصورت کوانتیزه شده جابجا می‌شود که به آن فوتون گفته می‌شود و مبادله فوتون‌ها باعث خنثی شدن نیروی قوی دافعه کولونی مابین الکترون‌ها می‌شود. به خاطر این که انرژی الکترون‌های جفت شده^۲ از الکترون‌های جفت نشده کمتر است، آنها به شدت به یکدیگر می‌چسبند. به این پدیده زوج شدگی کوپر^۳ گفته می‌شود. جفت‌های کوپر جریان‌های خیلی بالا را حتی با وجود ارتعاش حرارتی شبکه کریستالی به خوبی انتقال می‌دهند. در دمای زیر دمای بحرانی، انرژی جفت شدگی به اندازه کافی بالاست (زوج کوپر نسبت به ارتعاشات خیلی مقاوم است) و الکترون‌ها حرکت زوج شدگی خود را حفظ نموده و در برخورد به شبکه کریستالی پخش نمی‌شوند. بنابراین، مقاومت الکتریکی ماده برابر صفر می‌شود. زمانی که دما بالا می‌رود، انرژی به هم چسبیدگی^۴ کاهش پیدا کرده و وقتی دما به دمای بحرانی می‌رسد، صفر می‌شود. در دمای بالای دمای بحرانی زوج کوپر دیگر محدود و به هم چسبیده نیست. الکترون تنها به راحتی پخش می‌شود (برخوردهای دو جانبه) و این باعث به وجود آمدن مقاومت الکتریکی می‌شود. هدایت الکتریکی توسط ارتعاش حرارتی درون شبکه کریستالی محدود می‌شود [۶۸].

۶-۱-۲- موتورهای ابررسانا

در سال ۱۹۸۷ موسسه EPRI اولین مطالعات امکان‌سنجی در مورد کاربرد HTS در موتورهای الکتریکی را با همکاری شرکت Reliance Electric corp انجام داد [۷۵]. در اوایل دهه ۱۹۹۰ آنها موفق به ساخت اولین موتور DC با توان ۰٫۳ اسب بخار و موتورهای سنکرون با قدرت ۲ تا ۵ اسب بخار با فناوری HTS شدند [۶۹]. تا به حال در آمریکا موتورهای سنکرون با توان ۵ MW و ژنراتورهای سنکرون ۱۰۰ MVA با فناوری HTS تولید شده است. در سال ۲۰۰۷ موتور سنکرون ۳۶/۵ مگاواتی

¹ - Crystal Lattice

² - Paired Electrons

³ - Cooper Pairing

⁴ - Binding Energy

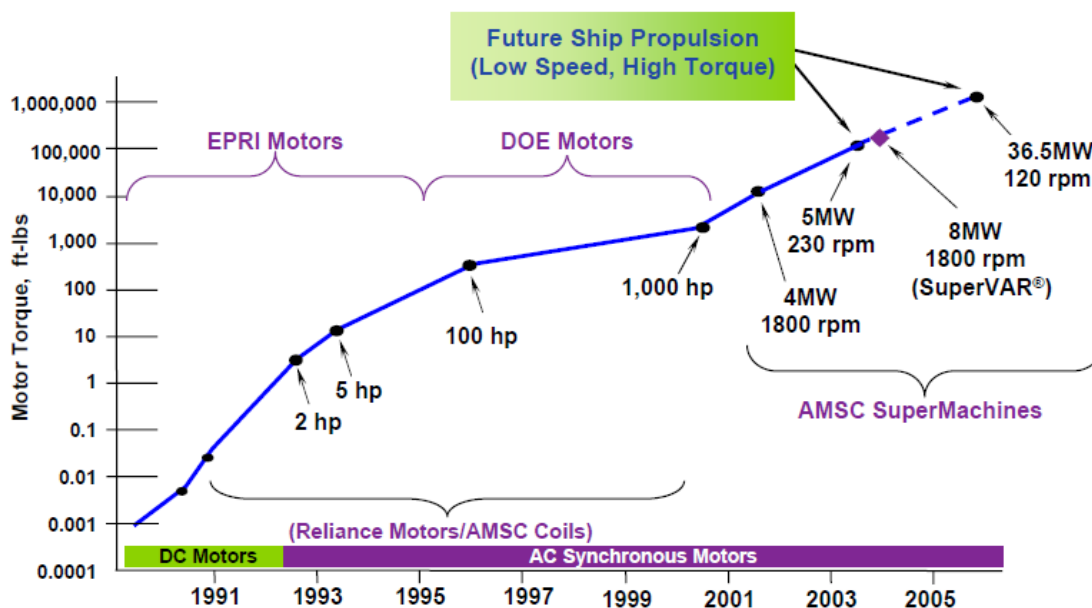
ساخته شد. در برخی کشورها نیز سایر موتورهای الکتریکی از قبیل موتورهای خطی، رلوکتانسی، هیستریزیس و مغناطیس دائم ساخته شده است.

جدول (۱-۶) فعالیت‌های انجام شده در کشورهای مختلف در زمینه استفاده از فناوری موتورهای الکتریکی HTS نشان داده شده است [۶۹]. در سال ۲۰۰۳ استرالیا و نیوزلند یک توربوژنراتور ۲ مگاوات سرعت پایین (۲۰ دور در دقیقه و گشتاور بالا) تولید کردند. طراحی به این صورت انجام گرفته است که روتور از نوع آهنربای دائم و با قطب‌های زیاد و استاتور با استفاده از هادی‌های HTS با قطر ۴ الی ۶ متر در هر فاز ساخته شد.

جدول (۱-۶): روند استفاده از فناوری HTS در موتورهای الکتریکی

Contribution	Rated power	Time	Type	Basic parameter	HTS material
America	1.5 kW(2 hp) [3]	1993	Synchronous	2-pole, 3,600 rpm	Multilamentary BSCCO coil
	3.7 kW(5 hp) [3]	1993	Synchronous	4-pole, 1,800 rpm	Multilamentary BSCCO coil
	92 kW(125 hp) [22]	1995	Synchronous	4-pole, 1,800 rpm	Multifilamentary Bi-2223/Ag coil
	735 kW(1,000 hp) [23]	2000	Synchronous	4-pole, 1,800 rpm	Multifilamentary BSCCO tape
	3.7 MW(5,000 hp) [24]	2001	Synchronous	4-pole, 1,800 rpm	Multifilamentary BSCCO wire
	5 MW(6,500 hp) [4]	2003	Synchronous	6-pole, 230 rpm	Multifilamentary BSCCO tape
Siemens	400 kW(550 hp) [7]	2001	Synchronous	4-pole, 1,800 rpm	Mg-reinforced Bi-2223/Ag tape
	4 MW(5,500 hp) [8]	2005	Synchronous	2-pole, 3,600 rpm	Bi-2223 tape
Korea	73.5 kW(100 hp) [25]	2002	Synchronous	4-pole, 1,800 rpm	Stainless steel-reinforced Bi-2223 tape
	3 kW(4 hp) [26]	2001	Synchronous	4-pole, 1,800 rpm	Bi-2223/Ag tape
	0.75 kW(1 hp) [10]	2005	Induction	4-pole, 1,710 rpm	Bi-2223 tape
Japan	3.1 kW(4 hp) [27]	2005	Synchronous	8-pole, 720 rpm	Gd-Ba-Cu-O bulk magnet
	1.5 kW (2 hp) [28]	2006	Induction	4-pole, 1,800 rpm	Multifilamentary Bi-2223/Ag tape
Finland	1.5 kW(2 hp) [29]	1997	Synchronous	4-pole, 1,500 rpm	Bi-2223/Ag coil

در نمودار شکل (۱-۶) روند رشد و تکامل کاربرد فناوری ابررسانایی دما بالا در حوزه موتورهای های الکتریکی نشان داده شده است [۷۰].



شکل (۶-۱): روند تکاملی موتورهای الکتریکی HTS

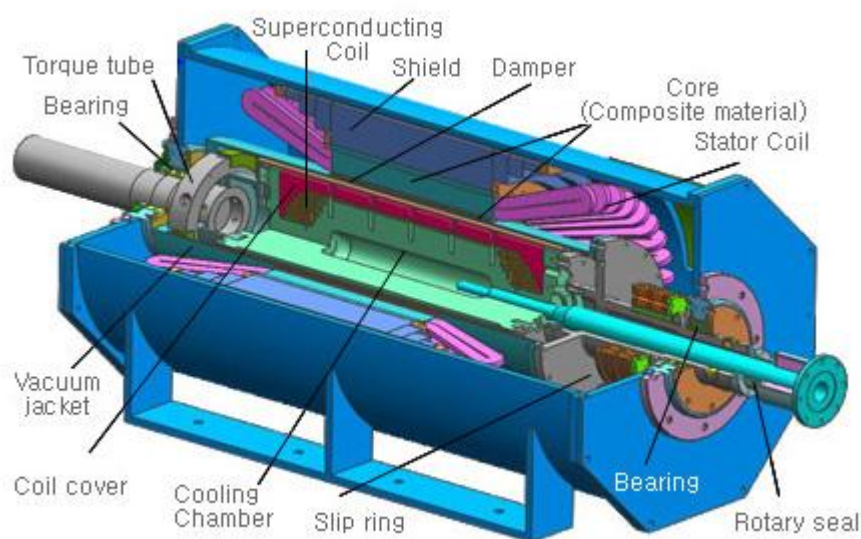
۶-۲- ساختار موتورهای ابررسانا

اصول کاری موتور/ژنراتور الکتریکی HTS همانند موتور/ژنراتور الکتریکی معمولی می باشد. با این وجود سیم پیچی های استفاده شده در ماشین الکتریکی HTS بایستی توانایی ایجاد میدان مغناطیسی با شدت بالاتر از سیم پیچی های معمولی را داشته باشند. بکارگیری سیم پیچی های ابررسانا در ساختار ماشین الکتریکی باعث افزایش بازده و حجم پایین موتور می شود. همانطور که در شکل (۶-۲) نشان داده شده است ماشین الکتریکی HTS از تجهیزاتی به شرح ذیل تشکیل شده است:

- پوشش کلاف ها: سیم پیچی های ماشین را در مقابل نیروی گریز از مرکز محافظت می کند.
- محفظه خنک کننده: واحد خنک کنندگی با دمای بسیار پایین
- هسته: هسته استاتور از جنس کامپوزیت غیر مغناطیس شونده
- مستهلک کننده^۱: کلاف سیم پیچی ابررسانا را در مقابل میدان های مغناطیسی فرکانس بالا محافظت می کند.

^۱ -Damper

- بست چرخان^۱: اطاق چرخان جهت تامین مایع خنک کننده بسیار دما پایین
- حلقه لغزشی: جهت تزریق جریان به سیم پیچی ابرسانا
- کلاف استاتور: کلاف استاتور (مسی)
- سیم پیچ ابرسانا: کلاف ساخته شده از مواد ابرسانا
- پوشش خلا^۲: جهت ایجاد لایه عایق خلا
- تیوب گشتاور^۳: ساختار عایق کننده



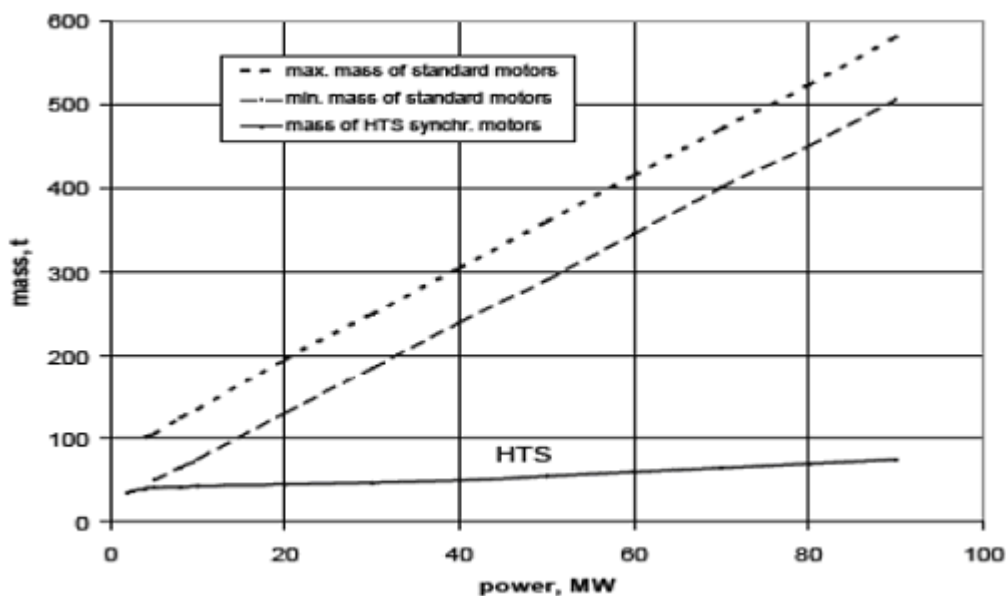
شکل (۲-۶) موتور / ژنراتور ابرسانا دما بالا به همراه قسمت های مختلف آن

۳-۶- کاربردهای موتور ابرسانا

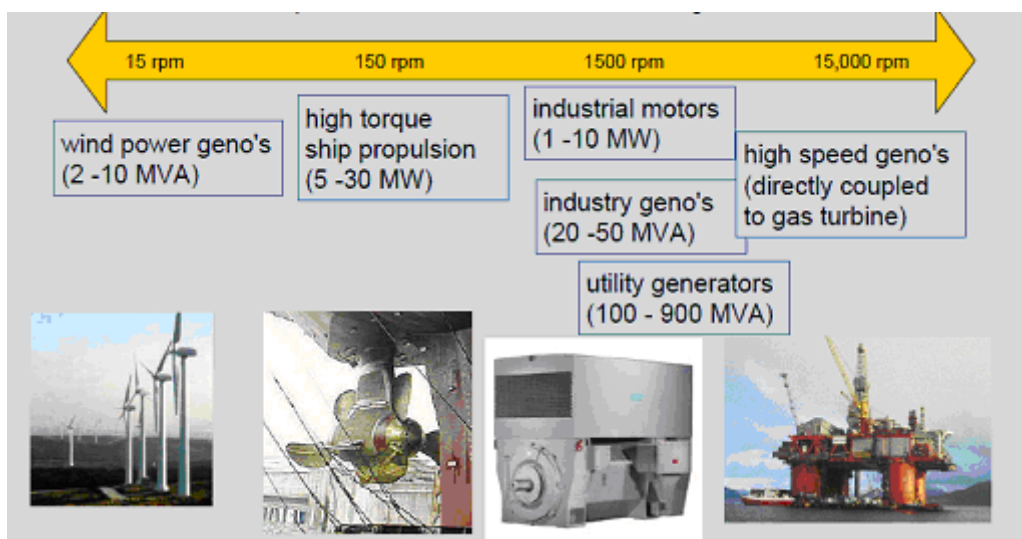
از موتورهای ابرسانا، در تمامی کاربردهایی که از موتورهای سنکرون و موتورهای القایی استفاده می‌شود، می‌توان استفاده نمود. همانطور که در نمودار شکل (۳-۶) مشاهده می‌شود با فرض توان یکسان، جرم موتور سنکرون با فناوری HTS نسبت

¹ -Rotary seal
² -Vacuum jacket
³ -Torque tube

به موتور با فناوری معمول به مقدار قابل ملاحظه‌ای کمتر است. وزن و حجم کم در کاربردهایی مانند کشتیرانی کمک شایانی می‌کند [۶۹]. به همین دلیل امروزه از این موتورها برای به حرکت درآوردن کشتی‌ها استفاده می‌گردد. کاربرد ابررسانای دما بالا در حوزه ماشین‌های الکتریکی همانطور که در شکل (۴-۶) نشان داده شده است، از سرعت‌ها و قدرت‌های پایین تا سرعت‌ها و قدرت‌های بالاست [۷۱].

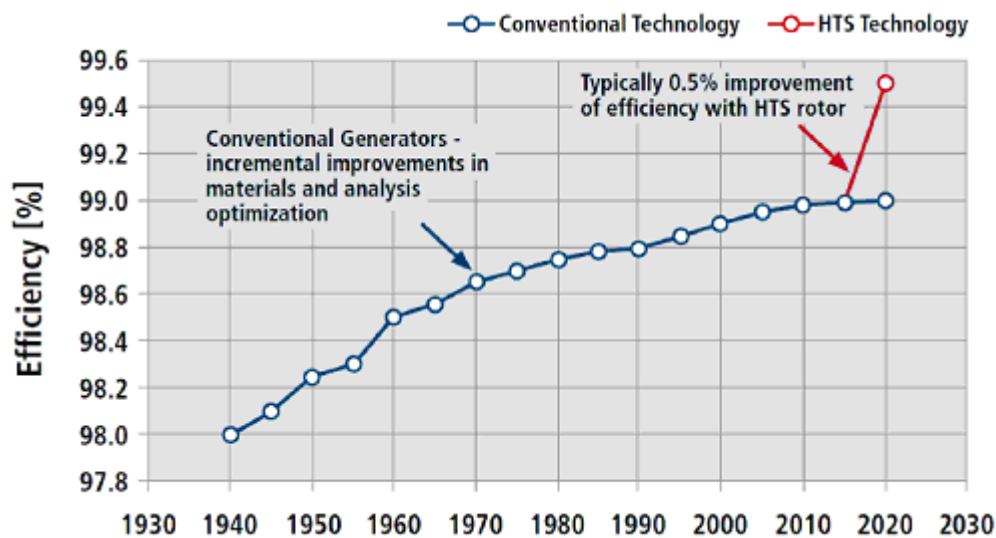


شکل (۴-۶): نمودار جرم-توان موتورهای سنکرون با فناوری HTS و موتورهای با فناوری متعارف [۶۸]



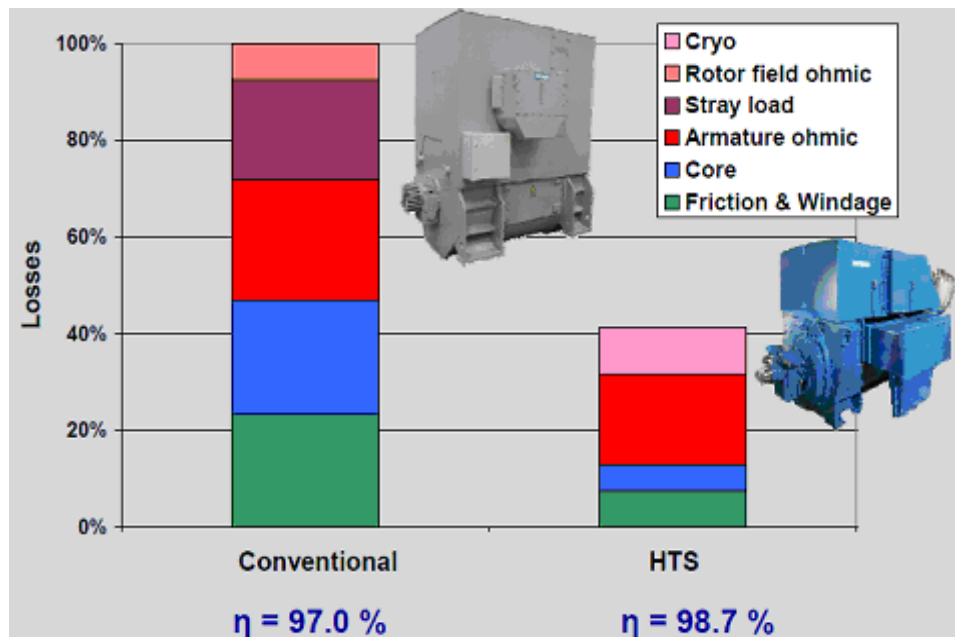
شکل (۴-۶) گستره کاربردهای ماشین‌های الکتریکی با سرعت، توان و کاربردهای مختلف

استفاده از موتورهای ابررسانا به کاهش قابل توجه مصرف انرژی نیز منجر می‌گردد. به طور مثال با افزایش بازدهی انرژی یک موتور القایی ۵۰۰۰ اسب بخار از ۹۷ درصد به ۹۸/۳ با استفاده از فناوری موتورهای ابررسانا، مبلغی در حدود ۱۵۷،۰۰۰ دلار از هزینه‌های مصرف انرژی آن در طول عمر ۳۰ ساله موتور صرفه جویی می‌شود [۷۲]. موتورهای الکتریکی ۶۵ درصد انرژی در بخش صنعت کشور آمریکا را مصرف می‌نمایند که حتی ۱ درصد صرفه جویی در انرژی مصرفی از لحاظ اقتصادی قابل تامل است [۷۲]. بازده انرژی موتورهای الکتریکی ابررسانا بیش از ۹۹ درصد می‌باشد که با کاهش تلفات موتور تا ۵۰ درصد نسبت به ماشین‌های الکتریکی معمولی همراه است. این موضوع در شکل‌های (۶-۵) و (۶-۶) قابل مشاهده است. البته لازم به ذکر است که استفاده از این فناوری نیاز به دستگاه سردسازی^۱ دارد که مصرف انرژی آن به کل مصرف انرژی سیستم اضافه می‌شود [۷۱ و ۷۳].



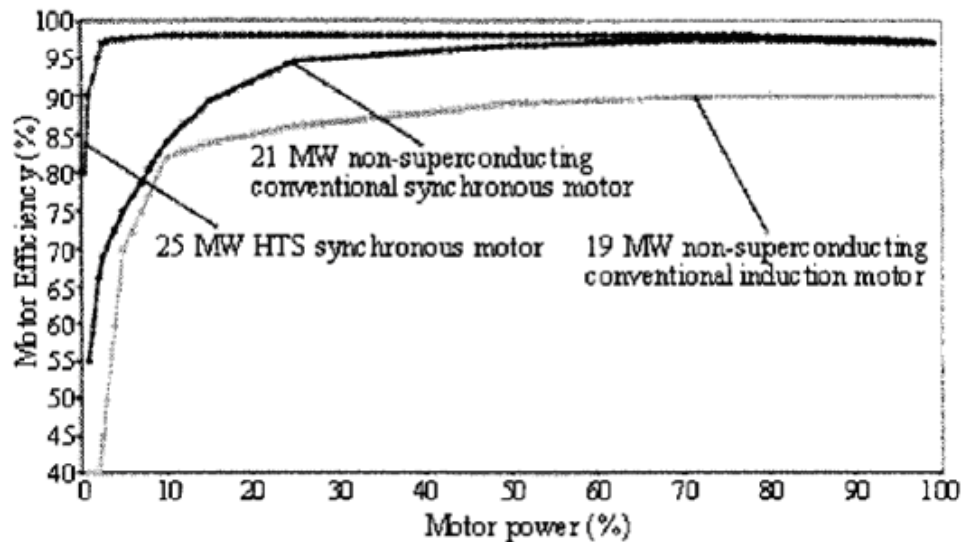
شکل (۶-۵) - افزایش راندمان ماشین‌های الکتریکی بالای ۹۹ درصد با فناوری HTS

^۱ - Cryogenic Refrigeration



شکل (۶-۶) طرح افزایش بازده موتور 4 MVA شرکت زیمنس

از طرف دیگر، افت بازدهی موتورهای ابررسانا، حتی با بار خیلی کم، چیزی کمتر از ۵ درصد نسبت به بازدهی بار کامل موتور است. این موضوع در نمودار شکل (۶-۷) نشان داده شده است [۶۹].



شکل (۶-۷): مقایسه بازده موتور سنکرون HTS با موتور سنکرون و القائی معمولی در بارهای مختلف

استفاده از فناوری HTS در حوزه موتورهای الکتریکی که خود یکی از مصرف کنندگان اصلی انرژی الکتریکی در سراسر دنیا هستند، باعث کاهش مصرف انرژی و به تبع آن کاهش انتشار آلاینده های زیست محیطی می‌شود که این موضوع در جداول (۲-۶) و (۳-۶) نشان داده شده است [۷۴].

جدول (۲-۶) میزان برآوردی صرفه جویی انرژی با استفاده از فناوری HTS

Year	Motors	Transformers	Generators	Cables	Total
2009	0	0	2	1	3
2011	0	0	11	3	14
2013	1	0	44	13	58
2015	4	0	171	55	231
2017	15	2	556	196	769
2019	57	15	1417	598	2086
2021	154	94	2699	1336	4283
2023	300	449	4196	2289	7235
2025	468	1194	5785	3326	10774

جدول (۳-۶) کاهش انتشار آلاینده های زیست محیطی با استفاده از فناوری HTS

Year	Energy Savings (GWH)	Carbon Savings (Metric Tons)	SOX Savings (Metric Tons)	NOX Savings (Metric Tons)
2009	3	489	6	3
2011	14	2,271	29	13
2013	58	9,183	113	52
2015	231	36,269	434	201
2017	769	120,716	1,384	657
2019	2086	324,801	3,594	1,749
2021	4283	662,176	7,099	3,510
2023	7235	1,109,613	11,662	5,765
2025	10774	1,638,940	16,891	8,351

۴-۶- تحقیقات مرتبط با موتورهای ابرسانا

از حدود دهه ۹۰ میلادی پروژه های تحقیقاتی و عملی متعددی در سراسر دنیا در رابطه با موتورهای ابرسانا انجام شده است که با کارهای تحقیقاتی و عملی EPRI در این زمینه شروع شده و توسط موسسات تحقیقاتی و شرکت های معتبر بین المللی در حال پیگیری است.

۴-۶-۱- ایالات متحده آمریکا

در کشور آمریکا در سال ۱۹۸۷ رئیس جمهور وقت با حضور در کنفرانس فدرال ابرسانایی سخنرانی کرد و در آن با برشمردن موارد مورد نیاز در زمینه ابرسانایی به اهمیت تحقیق و توسعه در این زمینه اشاره نمود. از آن زمان به بعد تحقیقات در این زمینه شکل قوی تری به خود گرفت و سازمان های مختلفی در این زمینه شروع به فعالیت نمودند [۷۵]. سازمان های فدرال در

سال ۱۹۸۷ و سال ۱۹۸۹ به ترتیب ۴۵ و ۱۲۹ میلیون دلار در این زمینه سرمایه گذاری نمودند که از این مبلغ ۳۵ درصد توسط وزارت انرژی، ۴۵ درصد توسط سازمان دفاع، ۲۰ درصد بنیاد علوم ملی، و سازمان هایی همچون سازمان ناسا، سازمان ملی استاندارد و فناوری و وزارت حمل و نقل کمتر از ۱ درصد در این زمینه فعال شدند. در وزارت انرژی آمریکا پروژه‌های ذیل در ارتباط با موتورها و ژنراتورهای ابررسانا انجام شده یا در حال انجام است:

- طراحی ژنراتور ۱۰۰ مگاواتی با همکاری شرکت جنرال الکتریک [۷۶]

- موتور سنکرون ۱۵۰ کیلووات در سال ۱۹۹۶ [۸۴] و موتور ۷۵۰ کیلووات در سال ۲۰۰۰ [۷۷] با همکاری شرکت

Rockwell

طبق گزارش های DOE حجم بازار جهانی برای تجهیزات ابررسانای دما بالا بالغ بر ۱۰۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۰ خواهد بود. در سال ۲۰۰۵ پروژه تحقیقاتی بررسی و طراحی ژنراتور ۱۰۰ مگاوات توسط آزمایشگاه های Los Alamos و Oak Ridge به ترتیب به میزان ۴۳۰ هزار و ۲۰۶ هزار دلار مورد حمایت مالی قرار گرفت [۷۶].

پروژه های انجام شده در نیروی دریایی آمریکا نیز شامل پروژه های زیر می شود:

- طراحی و ساخت موتور الکتریکی با قدرت ۵ مگاوات جهت استفاده در سیستم رانش کشتی که مبلغ این پروژه معادل

۸ میلیون دلار بوده و توسط شرکت American Superconductor طراحی و ساخته شده است [۶۷].

- طراحی و ساخت موتور الکتریکی با قدرت ۳۶/۵ مگاوات جهت استفاده در سیستم رانش کشتی که مبلغ این پروژه

معادل ۱۰۰ میلیون دلار بوده که توسط شرکت American Superconductor طراحی و ساخته شده است [۶۷].

۶-۴-۲- ژاپن

در کشور ژاپن، در اوایل دهه ۶۰ میلادی اولین تحقیقات در زمینه فناوری ابررسانایی شروع شد. از سال ۱۹۸۷ بحث بکارگیری فناوری ابررسانای دما بالا در صنعت برق این کشور آغاز شد. اولین پروژه Super-GM^۱ نام داشت که هدف آن قرار دادن ژاپن در مرتبه اول دنیا در زمینه ژنراتورهای سنکرون با فناوری ابررسانا بود. اولین گام طراحی، ساخت و صحت سنجی سه عدد

^۱ - Superconductive Generation Equipment and Materials

ژنراتور ۷۰ مگاوات ابر رسانا بود. حامی پروژه مذکور سازمان NEDO^۱ بود که زیر نظر وزارت صنایع و تجارت بین الملل فعالیت می‌کند. در خلال سال های ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۶ حدود ۲۵۴ میلیون دلار در این پروژه هزینه شد. بودجه این پروژه در سال ۱۹۹۶ معادل ۲۶ میلیون دلار بود که ۱۳ میلیون دلار کمتر از بودجه این پروژه در سال ۱۹۹۵ بود [۷۵] و [۷۸].

پروژه‌ای دیگر تحت عنوان توسعه موتور ابرسانای دما بالای ۱ مگاوات جهت استفاده در رانش کشتی توسط سازمان NEDO حمایت مالی شده و با همکاری شرکت صنایع سنگین کاوازاکی، دانشکده دریایی دانشگاه توکیو و انستیتو تحقیقات دریایی ژاپن و سازمان ابر رسانایی ژاپن انجام شده است [۷۹]. تصاویر مربوط به روتور و استاتور موتور مذکور به همراه مشخصات موتور در شکل (۸-۶) آورده شده است.



Output	:1,000kW
Rotation speed	:190Rev./min
Pole number	:4
Voltage	:1200V
Armature current	:675A
Phase	:3
Frequency	:60Hz
Stator cooling	:Liquid water
Field coil current	:200A
Cryogen	:Helium gas
HTS Conductor	:BSCCO-2223 tape
HTS operating temperature	:30K
Design total efficiency	:98%

شکل (۸-۶) تصاویر استاتور، روتور و مشخصات موتور الکتریکی HTS یک مگاوات جهت استفاده در

رانش کشتی

¹ - New Energy and Industrial Technology Development Organization

۶-۴-۳- آلمان

از پروژه های انجام شده در آلمان در خصوص ماشین‌های الکتریکی ابررسانا می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ژنراتور ۰/۴ مگاوات آمپر با بازده ۹۶/۸ درصد در خلال سال های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۲ با حمایت مالی وزارت علوم و تحقیقات

آلمان

- ژنراتور ۴ مگاوات آمپر با بازده ۹۸/۷ درصد که در سال ۲۰۰۵ به اتمام رسید

- طراحی و ساخت موتور کشتی با قدرت ۴ مگاوات آمپر و سرعت ۱۲۰ دور بر دقیقه

- شرکت اسوالد پروژه موتور الکتریکی ۱۵۶ کیلو وات، ۲۶۰۰۰ نیوتن متر، ۵۷ دور بر دقیقه، بازده ۹۹/۶ درصد از نوع تورک

موتور که توسط وزارت اقتصاد و فناوری آلمان تامین مالی شده بود را با همکاری دانشگاهها، موسسات تحقیقاتی و اجرائی به

پایان رساند.

- طراحی و ساخت ژنراتور آبی با توان ۱/۲۵ مگا ولت آمپر در قالب پروژه ای با حمایت مالی اتحادیه اروپا به مبلغ ۳/۴۴

میلیون یورو

۶-۴-۴- اتحادیه اروپا

در اتحادیه اروپا نیز پروژه های مختلفی در زمینه موتور/ژنراتورهای ابررسانا انجام شده است که در این بخش به ۲ مورد از آنها

اشاره می شود. اولین پروژه توسط کنسرسیومی با عنوان POSE²IDON با همکاری شرکت های GE و AMSC و

موسسات تحقیقاتی از جمله آزمایشگاه پیشرفته مغناطیس آمریکا جهت بهینه سازی بخش های الکتریکی کشتی انجام شد که

بخشی از آن پروژه طراحی موتور الکتریکی کشتی بود. هزینه انجام پروژه فوق الذکر که در خلال سالهای ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳ انجام

شده، معادل ۲۱ میلیون یورو بوده است. همچنین اتحادیه اروپا پروژه ای جهت طراحی ژنراتورهای توربین بادی ۱۰ تا ۲۰

مگاواتی (Suprapower) را آغاز کرده است. مبلغ پروژه فوق الذکر معادل ۵ میلیون یورو می باشد. سازمان های تحقیقاتی و

صنعتی مختلفی از سراسر اروپا در این پروژه مشارکت دارند. پروژه ای دیگری نیز در اتحادیه اروپا برای طراحی و ساخت ژنراتور

آبی با عنوان HYDROGENIE از سال ۲۰۰۶ تا سال ۲۰۱۰ انجام شده و هزینه انجام آن نیز معادل ۳/۵ میلیون یورو بوده

است.

۶-۴-۵- کره جنوبی

کار در حوزه کاربرد ابر رسانای دما بالا در حوزه ماشین‌های الکتریکی در سال ۲۰۰۱ با انجام پروژه طراحی و ساخت موتور الکتریکی ۳ کیلووات شروع شد و در سال ۲۰۰۲ موتور الکتریکی با قدرت ۷۳/۵ کیلو وات ساخته شد. اغلب پروژه‌های انجام شده در این کشور توسط موسسه تحقیقات نیرو کره جنوبی (KEPRI) راهبری و تامین مالی می‌شود. از جمله این پروژه‌ها می‌توان به پروژه‌های موتور الکتریکی ۰/۰۸ مگاوات آمپر در سال ۲۰۰۷ و ۴ مگاوات آمپر در سال ۲۰۱۱ که با همکاری شرکت صنایع سنگین Doosan انجام شده است، اشاره نمود.

۶-۴-۶- دانمارک

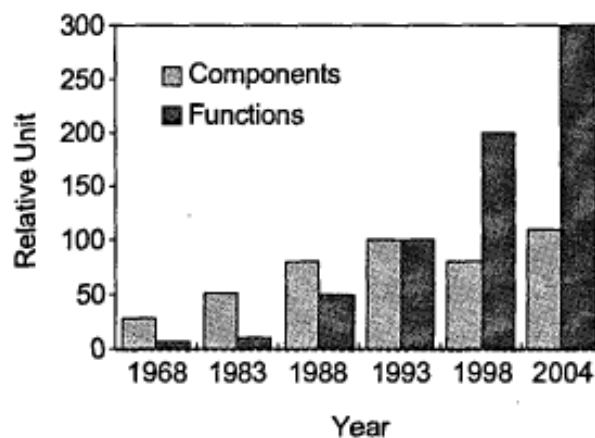
در این کشور پروژه‌ای تحت عنوان ژنراتورهای الکتریکی با فناوری ابررسانا دما بالا در دانشگاه فنی دانمارک از سال ۲۰۰۸ تا سال ۲۰۱۲ با حمایت مالی شرکت vestas انجام شده است.

۶-۴-۷- انگلستان

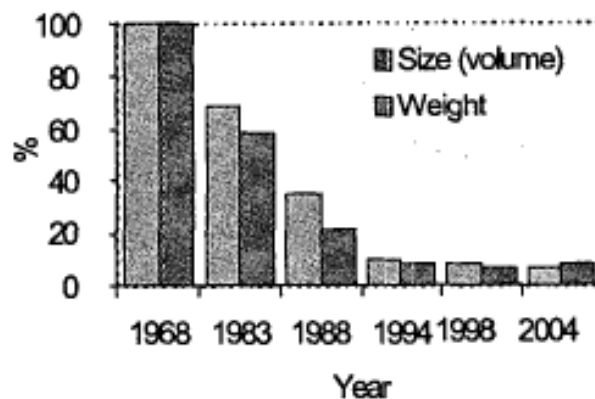
در این کشور اغلب تحقیقات در مورد ابر رسانای دما بالا در حوزه ماشین‌های الکتریکی در گروه ابر رسانای دانشگاه کمبریج انجام می‌شود که تا بحال چندین پروژه طراحی در این مورد در این گروه انجام شده است. از جمله این پروژه‌ها می‌توان به طراحی و ملاحظات بازار برای ماشین ابر رسانای شار محوری اشاره نمود. همچنین این کشور در پروژه تحقیقاتی در زمینه طراحی ژنراتور ۸ مگاواتی توربین بادی که در سال ۲۰۱۰ و با همکاری شرکت‌های ZENERGY و Convertteam انجام شده است مشارکت داشته است. در دانشگاه Southampton نیز پروژه‌ای در ارتباط با طراحی و ساخت موتور سنکرون ۲ قطب با قدرت ۱۰۰ کیلووات آمپر در سال ۲۰۰۴ انجام شده است [۸۰].

۷- سیستم های تنظیم سرعت

فناوری سیستم‌های تنظیم سرعت که از منابع تغذیه سرعت متغیر در آنها استفاده می‌شود، در ده سال اخیر به دلیل پیشرفت سریع در الکترونیک صنعتی و مواد مغناطیسی، رشد قابل توجهی کرده است. در واقع ASDها یک فناوری پیشرفته روز در قرن ۲۱ هستند که امکان کنترل دقیق عملکرد موتورها، به خصوص موتورهای القایی، را با بازده انرژی و قابلیت اطمینان بالا فراهم می‌کنند. با استفاده از ASDها می‌توان سرعت و جهت چرخش موتور القایی را به طور دقیق مشخص نمود. همچنین استفاده از این سیستم‌ها تاثیر زیادی بر کاهش مصرف انرژی موتورها، به خصوص در توان‌های متوسط به بالا، دارد. شکل (۱-۷)، روند افزایش توابع عملکردی ASDها در ۳۵ سال اخیر و در شکل (۲-۷)، روند کاهش سایز و وزن ASD را نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود با گذشت زمان در عین افزایش قابلیت‌های ASDهای صنعتی، وزن و حجم آنها به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرده است [۸۱].



شکل (۱-۷): روند افزایش توابع عملکردی ASD در ۳۵ سال اخیر



شکل (۲-۷): روند کاهش سایز و وزن ASD در ۳۵ سال اخیر

تا قبل از ۱۹۶۰ که هنوز ترستور اختراع نشده بود با توجه به رشد روزافزون استفاده از موتورهای القایی در صنعت از روش‌های الکتریکی و مکانیکی در پنجاه سال اول قرن بیستم برای کنترل سرعت این نوع موتورها استفاده می شد [۸۲].

در اوایل دهه ۹۰ میلادی، در موسسه EPRI دفتری با نام اختصاری ASDO برای گسترش کاربرد فناوری سیستم‌های تنظیم سرعت (ASD) تشکیل گردید. به عنوان نمونه بر اساس گزارش‌های منتشر شده این دفتر برای صنعت سیمان، موتورهای الکتریکی در صنعت سیمان برای درایو فن‌ها (پیش گرمکن‌ها، کولرها و بایپس آلکالی^۱)، جابجایی مواد و همچنین خرد کردن مواد استفاده می‌شود. در یک کارخانه سیمان، به طور معمول ۵۰۰ تا ۷۰۰ موتور الکتریکی از چند کیلووات تا چند مگاوات وجود دارد که معمولاً دارای بار ثابت نبوده و با تغییر اندازه بار و در نتیجه تغییرات در مصرف انرژی مواجه هستند. در بررسی‌ها مشخص شده است که با اجرای صحیح برنامه‌های صرفه‌جویی انرژی الکتریکی، میزان مصرف انرژی کارخانه در حدود ۵ کیلووات در هر تن سیمان قابل کاهش است که مقدار قابل توجه کاهش هزینه‌ها را در پی خواهد داشت.

سناریوهای موجود برای کاهش مصرف انرژی، استفاده از موتورهای با بازدهی بالا و استفاده از سیستم‌های تنظیم سرعت است. میزان صرفه‌جویی انرژی با استفاده از سیستم تنظیم سرعت به پروفیل بار بستگی دارد و می‌تواند بین ۷ تا ۶۰ درصد، انرژی مصرفی موتور را کاهش دهد. هرچه توان موتور الکتریکی بالاتر باشد، استفاده از سیستم تنظیم سرعت به صرفه‌تر خواهد بود. برخی بررسی‌ها نشان داده است که از این سیستم می‌توان برای درایو ۴۴ درصد موتورهای الکتریکی مورد استفاده در کارخانه سیمان بهره برد.

۷-۲- ساختار سیستم‌های تنظیم سرعت

اجزای مهم VSD عبارت است از:

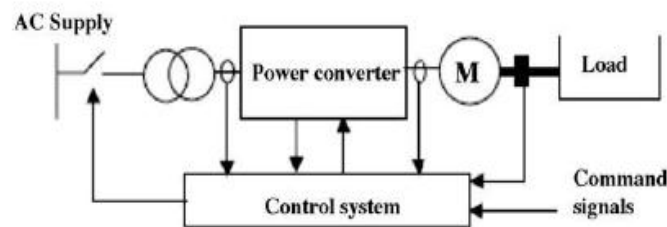
- ۱- یکسوساز^۲: به منظور تبدیل جریان AC متناوب به DC استفاده می‌شود که می‌تواند به کمک مدارهای دیودی و یا IGBT پیاده سازی شود. دیودها غیر خطی بوده و جریانی غیر سینوسی از منبع می‌کشند.

¹ Alkali bypass

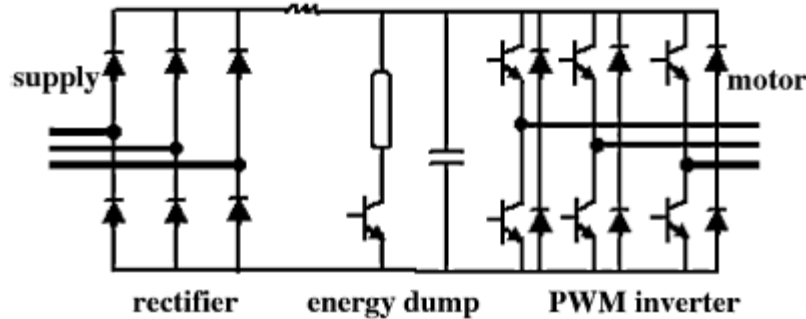
² Rectifier

۲- رگولاتور^۱: رگولاتور وظیفه کنترل و حفاظت و ارتباطات VSD را بر عهده دارد. همچنین در VSD های جدیدتر، رگولاتور مسئولیت عیب یابی و یا گزارش عیبها را برعهده دارد. در واقع این بخش، قسمت هوشمند و کنترل کننده ASD می باشد.

۳- اینورتر^۲: اینورتر با سوئیچ متناوب موج DC، موجی AC در بار ایجاد می‌نماید. امروزه تمام اینورترها با IGBT تجهیز شده اند. معمولاً برای کنترل IGBT ها از روش PWM استفاده می‌شود. تجهیزات VSD در شکل (۳-۷) و مدار نوعی یک ASD در شکل (۴-۷) نشان داده شده است.



شکل (۳-۷): اجزای کلی یک VSD



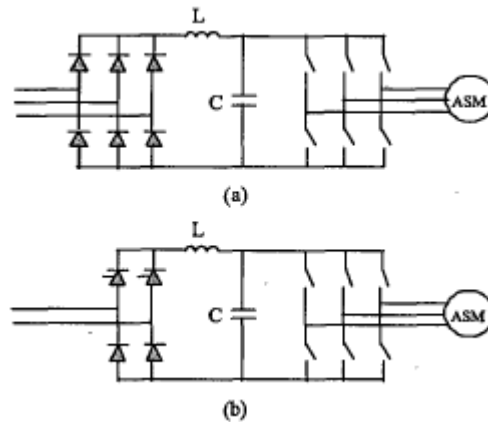
شکل (۴-۷): یک مدار نوعی ASD

ساختار تبدیل توان^۳ در طی هفتاد سال بین اینورترهای منبع جریان (CSI) و اینورترهای منبع ولتاژی (VSI) در حال تغییر بوده است. در حال حاضر معماری VSI با شش دیود و یا شش IGBT در صنعت برای درایوهای ۵ کیلووات تا ۵۰۰ کیلووات، فراگیر است. دو مورد از ساختارهای معمول برای درایوهای توان متوسط و توان پایین در شکل (۵-۷)، نشان داده شده است.

¹Regulator

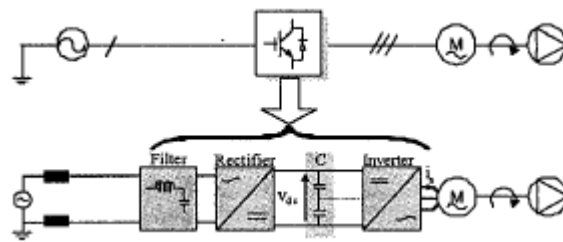
²Inverter

³Power Converter Architecture

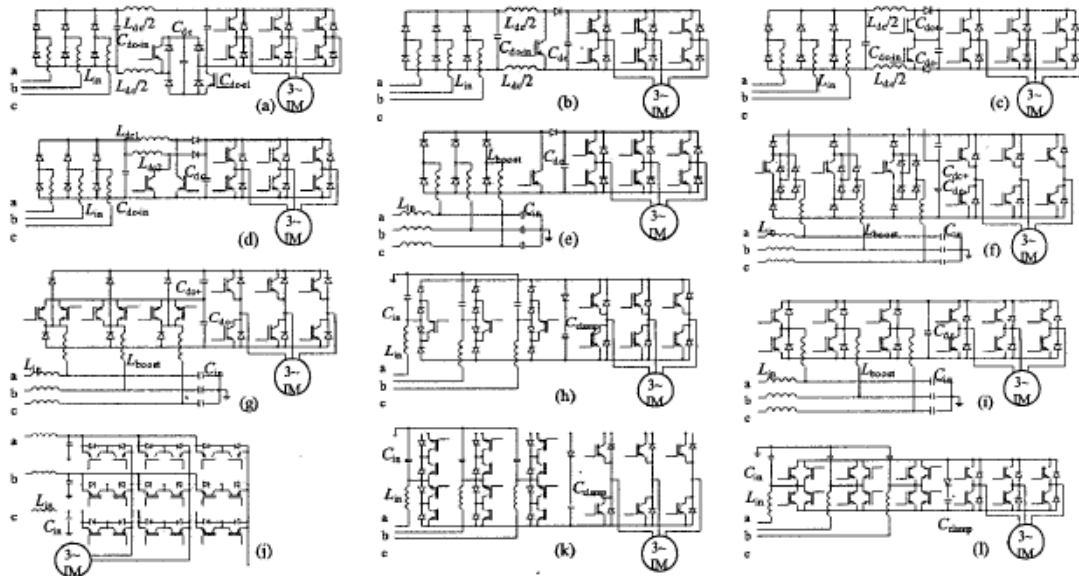


شکل (۷-۵): ساختارهای متداول برای درایوهای توان متوسط و توان پایین

در آینده به نظر نمی‌رسد که رقیب جدی برای ساختار شش تریستوری پیدا شود و تحقیقات و توسعه بیشتر بر روی طراحی مدار و بهینه‌سازی آن نسبت به مسائلی مانند خنک‌سازی، قابلیت اطمینان، بسته‌بندی و البته قیمت تمام شده متمرکز خواهد بود. علاوه بر این، اتصال این ساختارها به شبکه لزوم تحقیق در این حوزه را پررنگ می‌کند. به عنوان مثال می‌توان به تحقیقاتی در زمینه حذف هارمونیک‌ها و پیدا شدن اعوجاجات در اتصال به شبکه اشاره نمود. شکل (۷-۶) مدار کلی اتصال یک موتور سه فاز به شبکه تک فاز را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل دیده می‌شود این مدار از یک یکسو کننده (Rectifier)، اینورتر (Inverter) و فیلتر تشکیل شده است. در شکل (۷-۷)، دوازده ساختار رایج مدار کانورتر که تاکنون به منظور بهینه‌سازی طراحی شده‌اند، نشان داده شده است [۸۳].



شکل (۷-۶): اتصال یک موتور سه فاز به شبکه تک فاز



شکل (۷-۷): دوازده ساختار رایج مدار کانورتور

۷-۳- کاربردهای سیستم‌های تنظیم سرعت

موتورهای القایی سه فاز غالباً در توان‌های استاندارد شده تولید می‌شوند. در گذشته تلاش می‌شد تا توان مد نظر در طراحی موتورها از میزان حداکثر توانی که قرار است به بار مکانیکی تحویل دهد، کمی بالاتر باشد. در نتیجه در اغلب موارد، به یکی از دو دلیل زیر؛

- بار مکانیکی که به این موتورها متصل می‌شوند به توانی کمتر از ظرفیت موتور نیاز دارند.

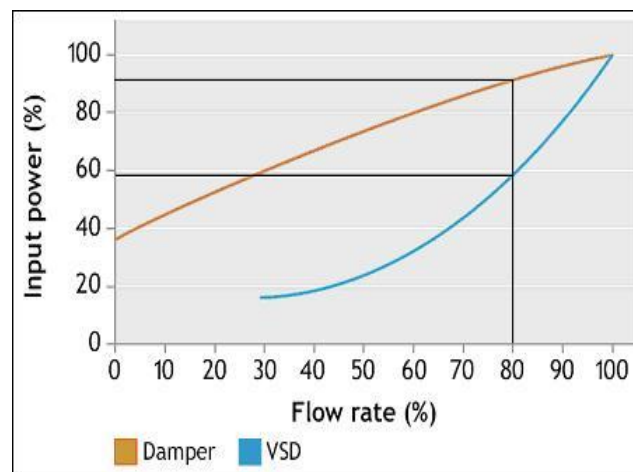
- ماهیت بار مکانیکی، مانند بیشتر کمپرسورها و یا فن‌ها هوای مورد استفاده در خطوط تولید، متغیر است.

از ظرفیت موتور استفاده کامل نمی‌شود و موتور در بازه انرژی پایین تر از مقدار نامی بهره برداری می‌شود. با استفاده از درایوهای الکترونیکی سرعت متغیر (VSD)^۱ و تنظیم سرعت موتور، در این موارد عملکرد موتورهای القایی بهبود یافته و بازده آن افزایش می‌یابد و در نتیجه در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌شود.

^۱ Variable Speed Drives

از آنجایی که توان مصرفی موتور (در کاربردهایی مانند پمپ و یا فن و کمپرسور) با مکعب سرعت نسبت دارد، استفاده از درایوهای سرعت متغیر و یا ASDها می‌توانند در کاهش مصرف انرژی، اثر زیادی داشته باشد. به طور مثال کم کردن سرعت یک فن به میزان ۲۰٪ می‌تواند به اندازه ۵۰٪ مصرف انرژی را پایین بیاورد. ASDهای مدرن امروزی می‌توانند سرعت موتور را با دقت ۱٪، ± 0 کنترل نمایند. اکثر این درایوهای سرعت متغیر از مدلاسیون PWM برای تولید خروجی ولتاژ، جریان و فرکانس متغیر استفاده می‌کنند [۸۱].

از طرف دیگر کنترل سرعت موتورهای القایی با استفاده از سیستم‌های ASD، نه تنها باعث کاهش مصرف انرژی الکتریکی می‌گردد، بلکه اثرات غیر مستقیمی نیز مانند کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری و نویز صوتی سیستم محرکه دارد. همچنین با به کار بردن ASDها برای درایو موتورهای القایی، می‌توان بسیاری از تجهیزات مورد نیاز سیستم‌های تهویه هوا مانند کانورترها، تایمرها، شیرها و دمپرها را در طراحی سیستم حذف کرد و این کار تأثیر زیادی در کاهش هزینه‌ها خواهد داشت. نمونه ای از کاهش توان مصرفی موتور القایی سه فاز با استفاده از ASD و بدون استفاده از آن در شکل (۷-۸) نشان داده شده است [۸۴].



شکل (۷-۸): اثر استفاده از ASD در کاهش مصرف انرژی موتور القایی در سیستم تهویه

مدت زمان بازگشت سرمایه استفاده از ASD برای درایو موتور القایی در بیشتر کشورها (به دلیل بالا بودن قیمت برق) در حدود دو تا سه سال است و این مدت در کشور ایران (با قیمت متوسط فعلی ۶۲۰ ریال در هر کیلووات) در حدود ۵ تا ۸ سال می‌باشد. با توجه به توضیحات فوق، کاربردهای سیستم‌های ASD به صورت زیر است:

۱- فن‌ها و کمپرسورهای هوا: کنترل کردن این تجهیزات با استفاده از کلیدهای روشن و خاموش (سیستم‌های قدیمی موجود در کشور) باعث افزایش مصرف انرژی و هزینه موتور شده و استهلاک سیستم را افزایش می‌دهد. بنابراین با توجه به وجود تعداد زیاد فن‌ها در صنایع مختلف مانند سیمان، پالایشگاه‌ها، ذوب آهن و غیره، استفاده از سیستم‌های ASD برای درایو موتورهای القایی موجود می‌تواند میزان مصرف انرژی را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد.

۲- پمپ‌ها: تقریباً ۲۰٪ کل موتورهای تولیدی برای درایو پمپ‌ها استفاده می‌شود و این موتورها در حدود ۲۵٪ تا ۵۰٪ سهم کل انرژی تولید شده در صنایع را مصرف می‌کنند. پمپ‌های با بار متغیر در تمام صنایع مختلف از پتروشیمی و نیروگاهی گرفته تا کشتیرانی و .. کاربرد بسار وسیعی دارد.

۳- سیستم‌های گرمایشی و تهویه مطبوع: تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده از سیستم‌های ASD حدود ۱۵ تا ۴۰ درصد مصرف انرژی پمپ‌ها و فن‌ها را در سیستم‌های گرمایشی و تهویه مطبوع کاهش می‌دهند.

۴-۷- تحقیقات مرتبط با سیستم‌های تنظیم سرعت

در مبحث ASD با آنکه از نظر فناوری ساخت به نظر می‌رسد به تکامل رسیده باشند ولی در حال حاضر پروژه‌های زیادی در سطح دنیا به منظور بالا بردن کیفیت این فناوری و امکان کاربرد آن در زمینه‌های جدید همچنان ادامه دارد، در این میان برخی مؤسسات مانند دپارتمان انرژی آمریکا (DOE) و یا مؤسسه تحقیق و گسترش انرژی ایالات متحده (ERDA) و یا مؤسسه تحقیقات اروپایی (ERC) بیشترین حمایت‌ها را از توسعه و گسترش این درایوها انجام می‌دهند به طور مثال دپارتمان انرژی آمریکا در درخواست بودجه سالانه خود در سالهای ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ مبالغ هنگفتی به منظور حمایت از صرفه جویی در مصرف انرژی و مشخصاً ASDها اختصاص داده است [۸۵] و [۸۶]. همچنین کشورهای توسعه یافته مبالغ بالایی را برای حمایت از گسترش کاربرد ASDها در صنایع مختلف و بهبود و بهسازی آنها اختصاص می‌دهند به طور مثال مؤسسه فناوری و نوآوری ایرلند^۱ در گزارشی که به تدوین فناوری‌های آینده مورد نیاز صنعت این کشور اختصاص دارد، مبلغ ۲۵ میلیون پوند را برای بهینه‌سازی توسط سیستم‌های CHP و ASD پیش‌بینی کرده است [۸۷]. برخی مؤسسات فعال در این

¹Irish Council for Science, technology and Innovation

حوزه مانند EDEC در شیکاگو اقدام به تأسیس آزمایشگاه اختصاصی برای سیستم ASD به منظور اعمال روش‌های جدید کنترلی و تست آنها نموده اند [۸۸]، دپارتمان انرژی آمریکا مبلغ ۱۵/۲۰۰/۰۰۰ دلار را برای تحقیق و توسعه پمپ‌های حرارتی توسط ASD ها اختصاص داده است که پیش بینی می‌شود راندمان آنها تا ۶۰٪ بهبود یابد [۸۵]. در واقع ASD در صنایع مختلف صنعتی از جمله سیمان، شیمیایی و پتروشیمی، پالپ و کاغذ سازی فولاد، روغن و گاز کاربرد دارند. همچنین برخی دولت‌ها و موسسات با اهدای وام و یا در نظر گرفتن پاداش، صنایع مختلف را تشویق به تعویض سیستم‌های درایو قدیمی با ASD می‌کنند مثلاً مؤسسه DAKOTA ELECTRIC به ازای هر اسب بخار، ۳۰ دلار بدون بازگشت اعطا می‌کند [۸۹]. در کشور ایرلند براساس برنامه انرژی‌های تجدید پذیر ایرلند شمالی^۱ به ازای جایگزینی هر ASD ۱۰/۰۰۰ پوند و یا معادل ۳۵٪ میزان مصرف انرژی حاصل را نقداً پرداخت می‌نماید. همچنین برای توسعه سیستم آبرسانی شهر Phoenix در آریزونا آمریکا که کمتر از یک میلیون جمعیت دارد مبلغی معادل سه میلیون دلار اختصاص داده شده است. همچنین نمونه‌ای از برخی گرنت‌ها توسط مؤسسات حامی دانش وجود دارد که در سالهای اخیر مبالغ قابل توجهی به توسعه سیستم‌های ASD اختصاص پیدا کرده که از آن جمله می‌توان به گرنت شماره GR/R4026S/01 مؤسسه EPSRC به مبلغ ۲۷۷/۳۳۴ پوند به منظور بهبود کیفیت توان توسط ASDها در سال ۲۰۰۴ و یا جایزه شماره ۴۱۸۶ برنامه فول برایت^۲، توسط European research council به میزان ۱۰۰/۰۰۰ دانیش (واحد پول کشور دانمارک) که یکی از موارد اختصاص آن مشخصاً سیستم‌های ASD می‌باشد اشاره نمود.

از پروژه‌های در حال انجام در حوزه ASD می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۹۰-۹۶]:

۱- پروژه‌های توسعه‌ای

- ۱- اندازه گیری کانتور بهره وری ISO برای VSD ها (۲۰۱۰) (EDEC)
- ۲- آنالیز رفتار دینامیکی VSD ها (از 20^W تا 100^{KW}) (۲۰۱۴) (FMTC)
- ۳- آینده نگاری و چالش‌های پیش روی ASD ها (۲۰۰۴) (Danfoss Drives A/S)
- ۴- بازارهای جدید برای ASD ها (۲۰۰۰) (Eestor Consultants Inc)

¹Northern Ireland Sustainable Energy Program

²Full Bright Scholar Program

۵- تأثیر ASD در کاهش مصرف انرژی (۲۰۱۲) (دانشگاه مالایا)

۶- پیاده سازی و صحت سنجی استفاده از ASD در توربین بادی (ELECTA)

۷- طراحی فیلترهای خروجی برای ASD (Danfoss Drives A/S)

۸- طراحی فیلترهای پیشرفته حذف هارمونیک برای ASD (Danfoss Drives A/S)

۹- بهینه سازی عملکرد ASDها (ETH University)

۱۰- عیب یابی ASD (EDEC)

۲- پروژه‌های صنعتی

۱- بهبود عملکرد موتورها و درایو در صنعت (DOE) (۲۰۱۴)

۲- جایگزین موتورها و پمپ ها در صنعت کشاورزی ایالات متحده با تجهیزات ASD (۲۰۱۴)

۳- جایگزین موتورها و پمپ ها در صنعت آبرسانی شهری در ایالات آریزونا آمریکا (۲۰۱۲-۲۰۱۵)

۴- اختصاص گزنت توسط سازمان انرژی های تجدید ناپذیر کشور ایرلند جهت جایگزینی سیستم های موجود با ASD

۵- بهبود کارایی فن محفظه احتراق با ۴۲۰/۰۰۰ دلار صرفه جویی سالانه و برگشت سرمایه اولیه دو ماهه (DOE)

۶- پیاده سازی سیستم های ASD در مجتمع ساختمانی DEMEX با ۱۲/۰۰۰ دلار صرفه جویی سالانه و برگشت

سرمایه اولیه دو ماهه (۲۰۱۰) (سازمان انرژی های طبیعی کانادا)

۷- پیاده سازی سیستم های ASD در یک کارخانه پلاستیک (جایگزینی سه موتور ۷۵ اسب بخار با یک موتور ۲۵ اسب

بخار و صرفه جویی یک میلیون کیلووات ساعت در سال) (IPEX Inc) (۲۰۱۰)

لازم به ذکر است بیشترین میزان حجم سرمایه گذاری در ASD ها در کشور ایالات متحده و حجم بالایی از آن توسط سازمان

انرژی امریکا (DOE) صورت گرفته است و موسسه تحقیقات اروپایی (ERC) در پله بعدی قرارداد.

۸- موتورهای الکتریکی سرعت - بالا

مقدمه

در دهه های اخیر ماشین های الکتریکی سرعت - بالا با توجه به داشتن مزیت هایی مانند چگالی توان و قابلیت اطمینان بالا، و نیز اندازه کوچک در مقایسه با ماشین های الکتریکی رایج بطور گسترده ای مورد مطالعه قرار گرفته اند [۹۷]. سرعت ماشین های جریان متناوب با افزایش فرکانس ورودی، افزایش می یابد. با توجه به آنکه گشتاور الکترومغناطیسی با توان و تعداد جفت قطبها تناسب مستقیم داشته و با فرکانس تناسب معکوس دارد، فرکانس بالای جریان آرمیچر، ابعاد ماشین الکتریکی را کاهش می دهد [۹۸]. این ماشین ها در بسیاری از کاربردهای صنعتی مانند: کمپرسورها، پمپ های خلاء، و سیستم های چرخ طیار مورد استفاده قرار می گیرند. در تمامی این کاربردها، واحد سرعت - بالا مستقیماً به محور ماشین الکتریکی وصل شده و نیازی به استفاده از گیربکس به عنوان افزایش دهنده سرعت نخواهد بود. در حقیقت، هم توان و هم سرعت از طریق مبدل فرکانس کنترل می شوند [۹۹].

۸-۱- موتورهای الکتریکی سنکرون مغناطیس دائم سرعت- بالا

ماشین های سنکرون مغناطیس دائم سرعت- بالا بدلیل آن که نسبت به ماشین های القایی سرعت- بالا از ضریب توان و راندمان بهتری برخوردار هستند، گزینه خوبی برای کاربردهای سرعت- بالا می باشند. اما ساختار رتور یک ماشین مغناطیس دائم سرعت بالا بسیار پیچیده تر از رتور ماشین القایی سرعت- بالا است. از نقطه نظر حرارتی، این عیب از آنجا ناشی می شود که روکش فیبر کربنی که آهنرباها را در مقابل نیروهای گریز از مرکز حفظ می کند، از نقطه نظر حرارتی، ماده ای حساس است. از نقطه نظر مکانیکی نیز در رتور ماشین مغناطیس دائم سرعت- بالا، روکش فیبر کربنی و روکش فولاد ضد زنگ از استحکام مکانیکی پایینی برخوردار هستند [۹۷]. این روکش ها باعث افزایش جرم رتور شده و سرعت ماکزیمم رتور را کاهش می دهد. از این رو در نظر گرفتن همزمان قیدهای حرارتی و مکانیکی جهت دست یافتن به محدودیت های سرعت و توان در ماشین های مغناطیس دائم سرعت- بالا ضروری است.

۸-۲- موتورهای الکتریکی القایی سرعت- بالا

رایج ترین انواع موتورهای الکتریکی در کاربردهای سرعت- بالا موتورهای القایی هستند [۱۰۰]. سرعت های بالای موتورهای القایی با استفاده از رتور یکپارچه که از فولاد نرم ساخته شده است (به جای رتور قفسه سنجابی) قابل دستیابی است. تحقیقات

در زمینه ماشین‌های القایی با رتور یکپارچه فرومغناطیسی از حدود سال ۱۹۲۰ آغاز شد [۱۰۰] و در خلال سال‌های ۱۹۵۰ تا اوایل دهه ۱۹۷۰ تحقیقات گسترده‌ای در این خصوص صورت گرفت. اما علی‌رغم تحقیقات گسترده دانشگاهی در خصوص موتورهای القایی با رتور یکپارچه، این موتور بین سال‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۸۰ مورد توجه صنایع مختلف قرار نداشت تا اینکه در دهه ۱۹۹۰ در کاربردهای سرعت-بالا مورد توجه قرار گرفت. این امر بدلیل کاربردهای جدید ماشین‌های الکتریکی به عنوان موتور الکتریکی سرعت-بالا در مواردی مانند: کمپرسورهای سرعت-بالای اتصال مستقیم، موتور-پمپ‌ها، و موتور دریل بود. در طی دو دهه اخیر تحقیقات گسترده‌ای در حوزه ماشین‌های القایی سرعت-بالا با رتور یکپارچه در دانشگاه‌های ETH، Helsinki University of Technology و Lappeenranta University of Technology انجام شده است [۱۰۰]. موتورهای القایی رتور یکپارچه در مقایسه با نوع قفسه‌سنجابی با ابعاد یکسان، توان خروجی پایین‌تر، ضریب توان پایین‌تر، راندمان کمتر، لغزش بی‌باری بالاتر، و ثابت زمانی مکانیکی بیشتری دارند. اما علی‌رغم معایب ذکر شده، موتور القایی رتور یکپارچه گزینه قابل قبولی برای کاربردهای سرعت-بالا می‌باشد؛ دلیل این امر آنست که یکپارچگی مکانیکی آن امکان رسیدن به سرعت‌هایی در محدوده دو برابر سرعت موتور القایی قفسه‌سنجابی با رتور ورقه‌ورقه را فراهم می‌کند.

۸-۳- استفاده از موتورهای الکتریکی سرعت - بالا در کمپرسورها

در گذشته کمپرسورهای توان بالا در صنعت و خطوط لوله به منظور دستیابی به سرعت‌های بالا از توربین‌های گاز یا توربین بخار با اتصال مستقیم به محور کمپرسور استفاده می‌کردند و یا اینکه موتورهای الکتریکی سرعت پایین (در محدوده ۳۶۰۰ rpm) با بهره‌گیری از گیربکس افزایشدهنده، سرعت لازم را برای محور کمپرسور بوجود می‌آوردند. اما پیشرفت تکنولوژی موتورهای الکتریکی سرعت - بالا همراه با بهبود هزینه و کارایی مبدل‌های فرکانس - متغیر موجب شد که بتوان از مزایای اتصال مستقیم موتورهای الکتریکی سرعت - بالا به کمپرسورها بهره‌برد. ایجاد یک سیستم موتور - کمپرسور یکپارچه می‌تواند نیاز به تجهیزاتی مانند گیربکس را مرتفع نماید [۹۹]. مهمترین مزایای استفاده از موتورهای الکتریکی به جای محرکه‌های مکانیکی عبارتند از [۱۰۱] و [۱۰۲]:

الف - مزایای اقتصادی

استفاده از موتورهای الکتریکی در کمپرسورها مزایای اقتصادی متعددی در مقایسه با محرکه‌های مکانیکی دارد. از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- هزینه نگهداری و تعمیرات سالیانه تا حد قابل توجهی کاهش خواهد یافت. پایین بودن هزینه نگهداری و تعمیرات عمدتاً بدلیل سادگی سیستم موتور - درایو در مقایسه با محرکه های مکانیکی است. در جدول (۸-۱) هزینه نگهداری و تعمیرات سالیانه کمپرسورهای ایستگاه های خطوط لوله سوخت در کشور امریکا در سال ۱۹۹۷ با محرکه های الکتریکی و مکانیکی مقایسه شده است [۱۰۲].

جدول (۸-۱): مقایسه هزینه نگهداری و تعمیرات سالیانه در کمپرسورهای ایستگاههای خطوط لوله سوخت با محرکه های مختلف در کشور امریکا در سال ۱۹۹۷

Gas Engine Driven	\$ 65 - \$ 100 / hp / year
Gas Turbine Driven	\$ 30 - \$ 40 / hp / year
Steam Turbine Driven	\$ 30 - \$ 40 / hp / year
Electric Motor Driven	\$ 7 - \$ 10 / hp / year

۲- استفاده از موتور الکتریکی به جای استفاده از توربین باعث افزایش ۴ تا ۵ درصدی راندمان سیستم خواهد شد.

۳- با بهره گیری از موتور الکتریکی در کمپرسورها، بهره برداری بدون استفاده از پرسنل امکان پذیر خواهد بود؛ زیرا مجموعه موتور - درایو از سطح بالایی از اتوماسیون و کنترل از راه دور برخوردار می باشد. همچنین موتور الکتریکی نیز نیازی به حضور شخص در سایت نداشته و پارامترهای اصلی آن از طریق یک سیستم کنترل ساده که در سیستم مبدل فرکانس - متغیر تعبیه شده، کنترل می شوند.

۴- در حالیکه قابلیت عملکرد توربین های گاز بصورت معکوس با دما تغییر می کند (که در نتیجه عملکرد آنها در هوای گرم پر هزینه خواهد بود)، سیستم موتور- درایو تحت تاثیر تغییرات دمای محیط قرار نگرفته و می تواند با ظرفیت ثابت کار کند.

۵- هزینه اولیه استفاده از موتور- درایو سرعت- بالا در کمپرسورها به مراتب کمتر از حالتی است که از توربین بعنوان محرک کمپرسور استفاده شود. بطور مثال، برای یک کمپرسور سرعت- بالا با توان ۵۰۰۰ hp در خط لوله، با فرض بهره برداری در ۵۰ درصد ایام سال، هزینه استفاده از محرک توربینی حدود ۹ برابر هزینه استفاده از محرک موتور- درایو سرعت- بالا خواهد بود [۱۰۲].

ب- کاهش آلودگی صوتی و آلودگی هوا

در مقایسه با کمپرسورهایی که از محرکه های مکانیکی استفاده می کنند، استفاده از موتورهای الکتریکی باعث کاهش نویز صوتی به میزان 7-10 dB خواهد شد [۱۰۲]. علاوه بر این، موتورهای الکتریکی، برخلاف محرکه های مکانیکی، مشکلات مرتبط با آلودگی هوا را نیز نخواهند داشت.

۸-۴- تحقیقات مرتبط با موتورهای الکتریکی سرعت - بالا

۱- در اواخر سال ۲۰۱۲ قراردادی به ارزش ۴۴ میلیون یورو بین شرکت جنرال الکتریک و شرکت TOTAL در خصوص طراحی و ساخت چهار موتور- کمپرسور سرعت- بالا، با بهره گیری از تکنولوژی یاتاقان های مغناطیسی، جهت استفاده در میدان نفت و گاز Martin Linge در نزدیکی کشور نروژ منعقد شد. این میدان در سال ۲۰۱۶ به بهره برداری خواهد رسید [۱۰۳] و [۱۰۴].

۲- در سال ۲۰۱۲ قراردادی چند میلیون دلاری بین کمپانی Siemens و شرکت Williams Partners در خصوص طراحی و ساخت دو موتور- درایو سرعت- بالا (7.2 KV, 9500 rpm) که موتور الکتریکی آنها از نوع القایی می باشد، منعقد گردید. بر اساس این قرارداد مقرر شد دو موتور- درایو مذکور جهت استفاده در کمپرسورهای گاز سرعت- بالای خطوط لوله های انتقال گاز طبیعی در ایالت نیوجرسی امریکا، جایگزین دو موتور- درایو قدیمی با توان 7000 hp شوند [۱۰۵].

۳- تحقیق بر روی ماشین های الکتریکی سرعت- بالا از سال ۱۹۸۱ در Lappeenranta University of Technology در کشور فنلاند آغاز شد. در نتیجه فعالیت های تحقیقاتی دو دانشگاه Lappeenranta University of Technology و Helsinki University of Technology از سال ۱۹۹۶ شرکت Sulzer خط تولید موتور- کمپرسورهای سرعت- بالا را در Lappeenranta راه اندازی نمود. این فعالیت های تحقیقاتی بر روی موتورهای القایی سرعت- بالا [۱۰۶-۱۰۸ و ۱۰۲] و موتورهای سنکرون مغناطیس دائم سرعت- بالا [۹۷] جهت استفاده در کمپرسورهای سرعت بالا انجام می شد که توسط Technology Development Centre (TEKES) مورد حمایت مالی قرار گرفت.

۴- در سال ۲۰۰۰ میلادی پروژه ای با حمایت مالی دپارتمان انرژی امریکا توسط کمپانی SatCon Technology در خصوص تست و تایید عملکرد موتور الکتریکی مغناطیس دائم سرعت- بالا و درایو مربوطه، جهت استفاده در کمپرسور سیستم تهویه مطبوع ساختمان های بزرگ انجام شد. این موتور مغناطیس دائم سرعت- بالا توان خروجی 28 hp داشته، سرعت آن 47000 rpm ، راندمان آن ۹۳ تا ۹۵ درصد و راندمان مجموعه موتور- درایو برابر ۸۹ درصد بود. تست های انجام شده نشان

داد که هزینه موتورهای مغناطیس دائم سرعت- بالا اندکی بیشتر از موتور القایی سرعت- بالا است؛ اما، راندمان آن ۳ درصد و ضریب توان آن ۵ واحد بیشتر است [۱۰۹].

۵- در سال ۲۰۰۷ دپارتمان انرژی امریکا پنج موضوع تحقیقاتی را در خصوص Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV)، Hybrid Electric Vehicles (HEV) و Fuel Cell Vehicles (FCV) انتخاب نمود و ۱۹ میلیون دلار اعتبار برای آنها اختصاص داد. این پروژه در راستای کاهش ۲۰ درصدی مصرف گاز در ایالات متحده در خلال دهه اخیر از طریق افزایش استفاده از منابع جایگزین و تجدیدپذیر انرژی و مدرنیزه کردن استانداردهای مربوط به بازدهی سوخت تعریف شد. این پروژه ها بر کاهش هزینه، وزن، و اندازه موتور- درایو و ادوات تبدیل توان، همراه با افزایش بازده خودرو، متمرکز شده اند. یکی از این پروژه ها در خصوص موتورهای الکتریکی سرعت- بالا می باشد. این پروژه با اعتبار 3.4 میلیون دلار به شرکت General Electric جهت طراحی و ساخت واگذار گردید [۱۱۰]. این پروژه بر کاهش هزینه و افزایش چگالی توان و راندمان سیستم محرکه در خودروهای مذکور از طریق طراحی و ساخت یک موتور الکتریکی با حداقل توان 55 KW و سرعت 14000 rpm تاکید دارد.

لازم به ذکر است پیشرفت تکنولوژی های خودرو بخش مهمی از برنامه تکنولوژی خودرو در دپارتمان انرژی امریکا در سال ۲۰۰۷ بود که هدف آن توسعه این تکنولوژی و استفاده از سوخت های جایگزین است بطوریکه کاهش قابل توجه تقاضا برای نفت را به دنبال داشته باشد، انتشار آلاینده های هوا و گازهای گلخانه ای کاهش یابد، و صنعت حمل و نقل ایالات متحده را قادر سازد که موقعیتی رقابتی و مستحکم در بازارهای داخلی و خارجی داشته باشد [۱۱۰].

۹- موتورهای الکتریکی با

فناوری written-pole

۹-۱- مقدمه

موتورهای تک فاز رایج که معمولاً از ساختار ماشین القایی با خازن راه‌انداز استفاده می‌کنند، معمولاً به کاربردهایی محدود می‌شوند که توان کمتر از 15hp با ولتاژ 240 ولت دارند. جریان راه‌اندازی که عمدتاً بین ۶ تا ۱۰ برابر جریان نامی ماشین می‌باشد، یک دلیل برای این محدودیت است. این دامنه جریان می‌تواند باعث افت ولتاژ (Voltage sag) یا flicker شود. این نکته برای خطوط ضعیف در مناطق دور دست مانند: مزارع و معادن کوچک به خوبی مصداق پیدا می‌کند. به منظور استفاده از بارهای بزرگ همچون پمپ‌ها و فن‌ها بدون وجود محدودیت هزینه برقراری سیستم توزیع سه فاز، گزینه‌های متعددی مطرح می‌شود که یکی از آنها بهره‌گیری از موتور الکتریکی با فناوری written-pole است [۱۱۱]. نکته دیگر آنکه شرکت‌های تولید، انتقال و توزیع برق اغلب با مساله اتصال موتورهای الکتریکی بزرگ به روشی اقتصادی به شبکه توزیع مواجه هستند. یک گزینه معمول، استفاده از یک خط سه فاز در فاصله‌ای دور از سیستم توزیع سه فاز است که البته بسیار پر هزینه خواهد بود. گزینه دیگر استفاده از موتورهای الکتریکی تک‌فاز بزرگ با فناوری written-pole است [۱۱۲]. این موتورها در میان موتورهای الکتریکی تک‌فاز موجود در بازار بهترین مصرف انرژی را دارند و راندمان کاری آنها قابل رقابت با راندمان موتورهای القایی سه فاز است که تحت الزمات مصرف انرژی آمریکا و کانادا قرار دارند.

مزیت اولیه این فناوری قابلیت فراهم نمودن شرایط راه‌اندازی بسیار خوب بدون از دست رفتن راندمان کاری شرایط مانا است. این موتور توانایی تولید گشتاور کافی برای راه‌اندازی بارهای با اینرسی بالا را دارد و این در حالی است که جریان راه‌اندازی تقریباً به ۲ برابر جریان نامی محدود می‌شود. این عملکرد مناسب در شرایط راه‌اندازی با عملکرد سنکرون در ضریب توان واحد در شرایط کاری مانا همراه است. بنابراین راندمان موتور در بار کامل با راندمان موتورهای سه فاز با همان مقادیر نامی، رقابت می‌کند. این ویژگی‌ها باعث می‌شود که موتور الکتریکی written-pole بر موانع مرتبط با کیفیت توان و گشتاور راه‌اندازی که اندازه موتورهای القایی تک فاز رایج را به حدود 15hp محدود می‌کند، غلبه نماید [۱۱۳].

۹-۲- ساختار و نحوه عملکرد موتور الکتریکی با فناوری written-pole

دو ساختار کلی برای written-pole وجود دارد:

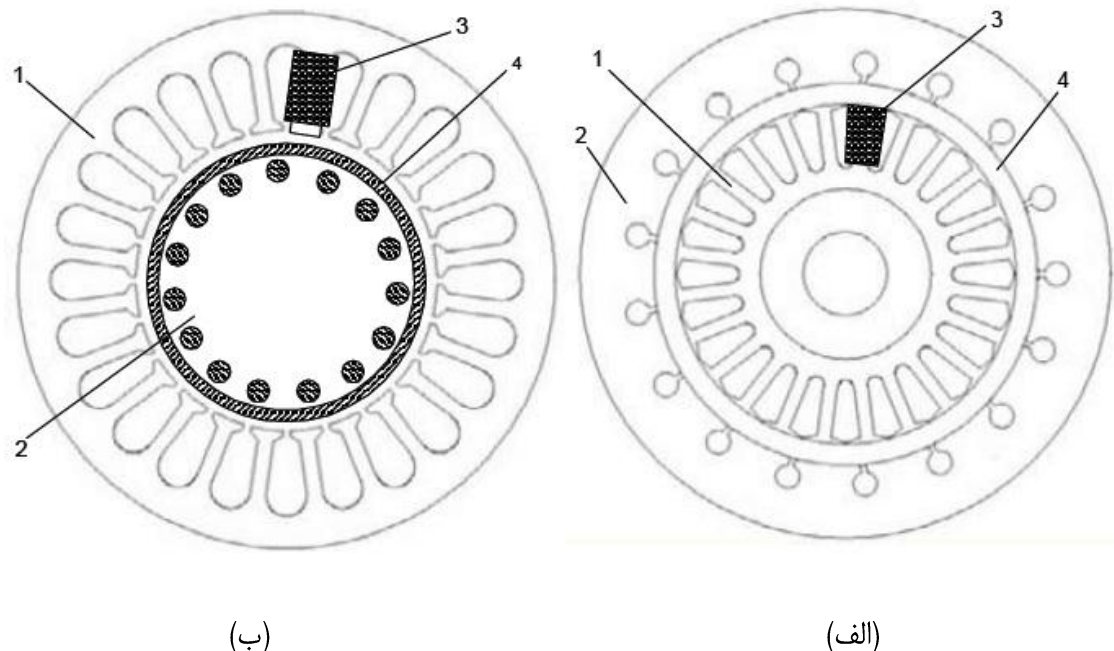
الف- استاتور درونی و رتور بیرونی

ب- استاتور بیرونی و رتور درونی

این دو ساختار در شکل (۹-۱) نشان داده شده‌اند [۱۱۴]. سیم‌پیچی استاتور بصورت سه فاز یا تکفاز داخل شیارها توزیع می‌شود. در نوع سه فاز، سیم‌پیچ استاتور همانند موتورهای القایی سه فاز از یک سیم‌پیچ سه فاز توزیع شده تشکیل شده و در نوع تکفاز نیز سیم‌پیچ استاتور همانند سیم‌پیچ استاتور یک موتور تکفاز القایی می‌باشد. یک کلاف با سیم‌پیچی متمرکز نیز تشکیل یک قطب تحریک بر روی استاتور می‌دهد. فرکانس جریان سیم‌پیچ تحریک برابر فرکانس خط (۵۰ یا ۶۰ هرتز) می‌باشد. رتور از سیم‌پیچی نوع قفسه سنجابی با مقاومت بالا برای تولید گشتاور آسنکرون تشکیل شده است. علاوه بر این، سطح فعال رتور با یک ماده مغناطیسی پوشیده شده که می‌تواند در طول عملکرد ماشین توسط قطب تحریک استاتور، مغناطیس شود. بر روی این لایه مغناطیسی هر الگویی از قطب‌های مغناطیسی قابل اعمال است. ضخامت این لایه که از جنس فریت است، بسته به اندازه ماشین بین ۱۵ تا ۳۰ میلی‌متر می‌باشد. در طراحی این ماشین، امکان تنظیم پارامترهای راه‌اندازی بصورت مستقل از پارامترهای عملکردی وجود دارد؛ در نتیجه، بهره‌گیری از مزایای هر دو قسمت قابل حصول خواهد بود.

بر خلاف قطب‌های مغناطیسی موتورهای آهنربایی دائم رایج که موقعیت آنها ثابت است، در موتورهای written-pole قطب‌ها تغییر می‌کنند. با عبور جریان از کلاف تحریک قرار گرفته روی استاتور، قطب‌های مغناطیسی بر روی لایه مغناطیسی که بر سطح رتور کشیده شده است، ایجاد می‌شوند. اگر فرکانس جریان کلاف تحریک برابر ۶۰ هرتز باشد، قطب‌های مغناطیسی ۶۰ بار در ثانیه بر روی لایه مغناطیسی نوشته شده و پاک می‌شوند. بدین معنی که مثلاً ابتدا قطب N ایجاد شده سپس پاک می‌شود و قطب S ایجاد می‌گردد. تغییر تناوبی قطب‌ها روی رتور باعث افزایش سرعت رتور تا رسیدن به سرعت سنکرون می‌شود

[۱۱۵].

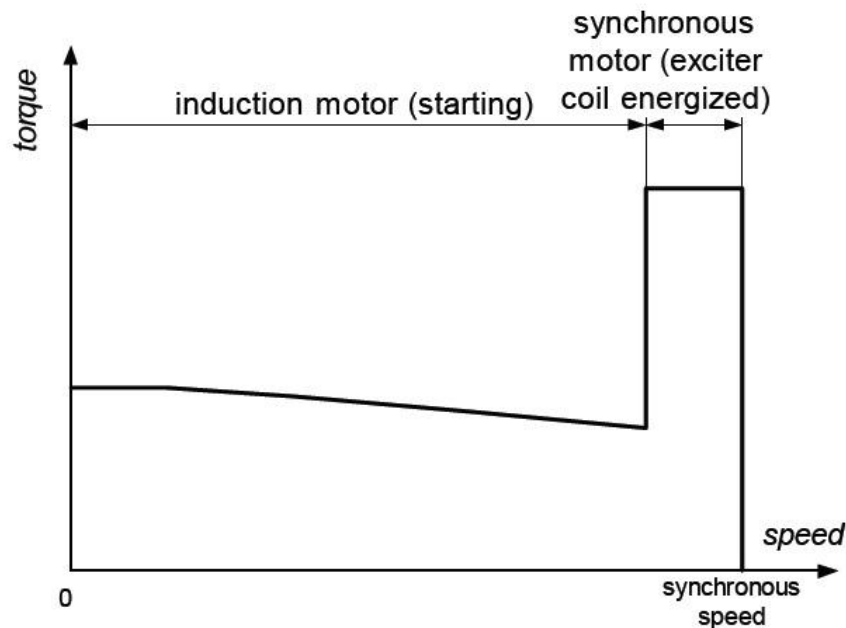


شکل (۹-۱): ساختار ماشین *written-pole* ، الف- رتور بیرونی ب- رتور درونی، ۱- استاتور ۲- رتور ۳- کلاف تحریک ۴- لایه فرومغناطیس روی رتور [۱۱۴]

۹-۳- راهاندازی

موتور الکتریکی *written-pole* موتور سنکرونی است، که بطور ذاتی گشتاور راهاندازی تولید می‌کند. در ابتدای راهاندازی با اتصال سیم‌پیچ استاتور به منبع و ایجاد میدان دوار استاتور، بر اثر برهم کنش میدان دوار استاتور و لایه فریت نصب شده روی رتور، گشتاور هیستریزس تولید می‌شود. همزمان با این فرآیند، بر اثر میدان دوار سیم‌پیچ استاتور، جریان الکتریکی در میله‌های رتور جاری شده که باعث تولید گشتاور القایی می‌شود هنگامیکه گشتاور هیستریزس و گشتاور القایی سرعت رتور را به ۸۰ درصد سرعت نامی رساندند، کلاف تحریک استاتور با فرکانسی برابر با فرکانس شبکه فعال شده و شروع به ایجاد قطب‌های مغناطیسی بر روی لایه فریت می‌کند. در نتیجه گشتاور سنکرون تولید شده باعث افزایش سرعت رتور و رسیدن آن به سرعت سنکرون می‌شود. پس از آن که رتور به سرعت سنکرون رسید کلاف تحریک استاتور قطع می‌شود و بر اساس آخرین قطب‌های ایجاد شده بر روی لایه فریت، رتور با سرعت سنکرون می‌چرخد [۱۱۶]. در واقع پس از فرایند راهاندازی، موتور

بصورت یک موتور سنکرون آهنربای دائم به کار خود ادامه می‌دهد. شکل (۹-۲) مشخصه گشتاور سرعت این موتور را نشان می‌دهد [۱۱۴].



شکل (۹-۲): مشخصه گشتاور- سرعت موتور written-pole

۹-۴- مزایای موتور الکتریکی written-pole

۹-۴-۱- جریان راه‌اندازی پایین

موتورهای الکتریکی رایج جریان راه‌اندازی ۶ تا ۱۰ برابر جریان نامی موتور دارند. این امر باعث افت ولتاژ در ترمینالهای موتور و بارهای نزدیک به آن می‌شود. علاوه بر این محدودیت‌های حرارتی باعث می‌شود که راه‌اندازی مکرر موتور محدود شود [۱۱۷]. در موتور written - pole به منظور محدود کردن جریان راه‌اندازی، میله‌های قفسه سنجابی روی روتور مقاومت اهمی بزرگی داشته و طول فاصله هوایی مغناطیسی نیز در این ماشین بزرگ است. اگر چه فاصله هوایی مکانیکی بین روتور و استاتور در موتور الکتریکی written-pole باندازه فاصله هوایی مکانیکی در ماشین‌های الکتریکی رایج است اما بدلیل وجود لایه فریت نصب شده روی سطح روتور که نفوذپذیری مغناطیسی نسبی پائینی دارد، طول فاصله هوایی مغناطیسی بزرگ خواهد بود [۱۱۸].

بنابراین با توجه به پایین بودن جریان راه‌اندازی در موتورهای مذکور محدودیت حرارتی کاهش یافته و تعداد دفعات راه‌اندازی می‌تواند افزایش یابد.

۹-۴-۲- راندمان بالا و ضریب توان نزدیک به واحد

مشکل دیگر موتورهای تک‌فاز رایج، راندمان پایین آنهاست. حتی اگر مشکل جریان راه‌اندازی بالا برای این موتورها از طریق طراحی بهینه بهبود پیدا کند، راندمان کاهش بیشتری خواهد یافت [۱۱۷]. موتورهای تک‌فاز written-pole به منظور فراهم نمودن راندمان بالا و ضریب توان خوب، در شرایط کاری حالت مانا بصورت یک موتور سنکرون مغناطیسی دائم عمل می‌کنند [۱۱۱]. در این شرایط، الگوی قطب‌های مغناطیسی ایجاد شده بر روی لایه فریت روی سطح روتور آخرین الگو قبل از قطع کلاف تحریک در پایان مرحله راه‌اندازی موتور است. لازم به ذکر است که از طریق موتورهای تک‌فاز written-pole ضریب توان واحد راندمان ۹۵٪ قابل حصول است. در شکل (۹-۳) جدول مربوط به مشخصات برخی از موتورهای written-pole ساخته شده توسط شرکت Precise Power ارائه شده است. اطلاعات کاملتر این محصولات در ضمیمه ۱ آمده است [۱۱۹].

Rating (hp)	15	20	30	40	50	60	75	100
Speed (rpm)	1800	1800/3600	1800	1800	1800	1800	1800	1800
Voltage (nominal)	230	230	230/460	230/460	460	460	460	460
Frequency (Hz)	60	60	60	60	60	60	60	60
Full Load Amps (FLA)	54	71	105/52	139/69	86	103	128	170
Locked Rotor Amps (LRA)	125	166	200/100	282/128	155	196	225	280
Full Load Torque (ft.lb.)	44	58/29	88/119	117/158	146	175	219	302
NEMA Frame Size: Iron	256T	286T	365T	405T	405T	445T	445T	449T
Weight (lbs) Iron	400	500	950	1800	1900	2000	2200	2700
Efficiency %	90	91	93	93.5	94.0	94.5	95	95.5
Ambient Starting Temp. Range	Ambient Starting Temperature is 4°C to 40°C. If your application is outside this range, please contact Precise Power Corp.							

شکل (۹-۳): جدول مشخصات برخی از موتورهای written-pole ساخته شده توسط شرکت precise power

۹-۴-۳- توانایی راه‌اندازی و سنکرون شدن در شرایط اتصال به باری با اینرسی بالا

با توجه به آنکه موتور written-pole جریان راه‌اندازی پایین و ثابت زمانی حرارتی بالایی دارد و نیز بدلیل آنکه موتور در حالت مانا در شرایط سنکرون کار می‌کند، این امکان فراهم می‌شود که با بارهایی با اینرسی بالا راه‌اندازی شده شتاب گرفته و به سرعت سنکرون برسد [۱۲۰] و [۱۲۱]. لازم به ذکر است، مدت زمانی که طول می‌کشد تا موتور به سرعت کاری خود برسد در مقایسه با موتورهای القایی بیشتر است [۱۱۷].

۹-۴-۴- توانایی کار موتور با وجود تغییرات ۲۰ درصدی در ولتاژ ورودی

موتورهای نوع written-pole می‌توانند پس از بروز تغییرات زودگذر در ولتاژ مجدداً شتاب بگیرند و توانایی عبور از خطا را در شرایطی که تغییرات ولتاژ در حالت بار کامل حداکثر ۱۵ ثانیه و در حالت بی‌باری حداکثر ۴۵ ثانیه باشد، دارا می‌باشند [۱۱۷].

۹-۵-۵- معایب موتور الکتریکی written-pole [۱۱۱]

۹-۵-۱- پایین بودن میزان تحمل اضافه بار

این موتور نمی‌تواند بیش از ۲۵٪ اضافه بار را تحمل نماید. در صورتی که موتور القایی می‌تواند تا ۵۰٪ اضافه بار را تا مدت قابل توجهی به بهای کوتاه شدن عمر عایقی سیم پیچی تحمل نماید.

۹-۵-۲- ناپایداری دینامیکی

این موتور دقیقاً در حالت سنکرون کار نمی‌کند و ناپایداری دینامیکی بزرگترین مشکل آن است. این امر بدان دلیل است که موتور زمانیکه در مد سنکرون قرار دارد بصورت فوق تحریک است و میله‌های قفسه سنجابی برای میرا کردن نوسانات، ضعیف هستند. دلیل این امر نیز بالا بودن مقاومت میله‌ها و بزرگ بودن فاصله هوایی مغناطیسی است.

۹-۵-۳- گشتاور cogging

مشکل دیگر این موتور وجود گشتاور cogging در سرعت‌های زیر سنکرون است. آنهم بدلیل آنکه در فرآیند ایجاد و پاک شدن قطبها، قطبهای قبلی بطور کامل پاک نمی‌شوند. اگر ماشین از مرحله زیر سنکرون به سرعت عبور کند، این گشتاور مشکلی را ایجاد نخواهد کرد؛ اما یکی از ویژگیهای این ماشین، شتابگیری آرام آنست. بعلاوه، چنانچه نقطه کلید زنی خازن (در فرآیند راه اندازی موتور تک فاز) به درستی تعیین نشود این مکان وجود دارد که ماشین شتابگیری نداشته باشد.

۹-۵-۴- ابعاد محور

شفت این موتور در مقایسه با شفت موتورهای هم اندازه خود، بزرگتر است. با توجه به آنکه طول قسمت تحت تنش شفت حدود نصف کل طول ماشین است، در اضافه بارهای ناگهانی، اینرسی موتور گشتاورهای ضربه‌ای را بر شفت اعمال می‌کند. همچنین گشتاور cogging نیز می‌تواند باعث خستگی محور موتور شود.

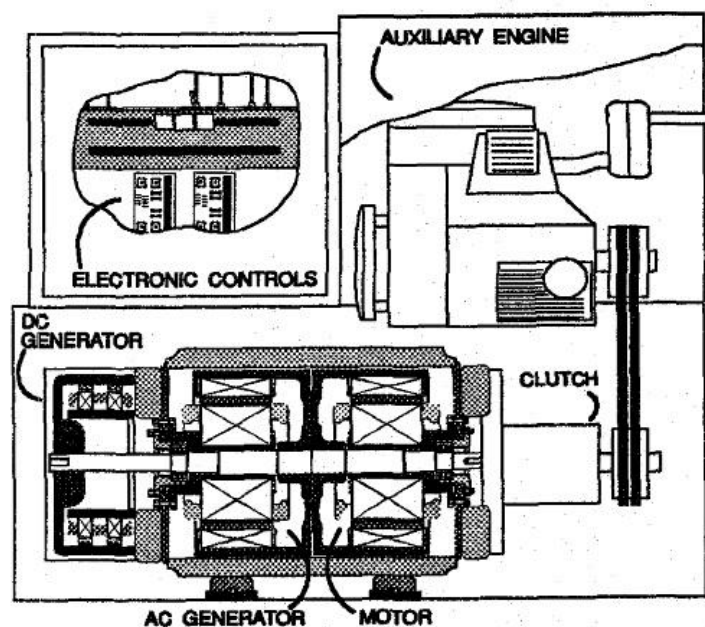
۹-۶- کاربردهای موتور الکتریکی نوع written-pole

۱- بر خلاف مناطق شهری و حومه، که سیستم توزیع برق سه فاز وجود دارد، مناطق روستایی عموماً از سرویس برق تک‌فاز استفاده می‌کنند. این نکته مشکلاتی را برای مصرف‌کننده‌گانی که به استفاده از موتورهای بزرگ برای آبیاری و سیستم‌های پمپاژ آب شهری نیاز دارند، ایجاد می‌کند. این امر بدان دلیل است که موتورهای تک‌فاز القایی با توان بالاتر از ۱۶ HP جریان راه‌اندازی بسیار بالایی دارند که موجب افت ولتاژ یا قطع برق در سیستم توزیع تک‌فاز می‌شوند.

یک روش برای حل این مشکل، استفاده از مبدل برای تبدیل تک فاز به سه فاز است، اما این روش برای مصرف‌کنندگان بسیار پرهزینه خواهد بود. راه حل دیگر ایجاد خط سه فاز در مناطق مذکور است که این روش نیز برای شرکت‌های برق مقرون به صرفه نخواهد بود. به این دلیل است که مصرف‌کنندگان به جای استفاده از موتورهای الکتریکی از موتورهای احتراق داخلی برای راه‌اندازی مستقیم بارهای مکانیکی استفاده می‌کنند. معایب این روش، پرهزینه بودن، راندمان پایین و آلودگی هوا می‌باشد. علاوه بر این از دیزل ژنراتور نیز می‌توان برای تولید برق سه‌فاز محلی استفاده نمود که این روش نیز هزینه بالای نگهداری و تعمیرات، مشکل راندمان پایین و آلودگی هوا را به دنبال خواهد داشت. اما موتور الکتریکی نوع written-pole گزینه مناسبی برای شرایط مذکور می‌باشد. علاوه بر داشتن هزینه پائین، این موتورها با داشتن جریان راه‌اندازی پایین می‌توانند بارهای تک فاز را تا توان ۶۰ hp به حرکت درآورند بدون آنکه سیستم توزیع برق تک‌فاز تحت فشار قرار گیرد [۱۱۵]. مزیت دیگر استفاده از این موتور الکتریکی به جای دیزل ژنراتور، آنست که سیستم جدید از مشکلات زیست‌محیطی کمتری (مانند آلودگی صوتی و آلودگی هوا) برخوردار خواهد بود.

۲- جریان راه‌اندازی پایین موتور الکتریکی written-pole و راندمان بالای آن موجب شده که این موتور برای کاربردهای سه فاز نیز مورد توجه قرار گیرد. در این موارد موتور الکتریکی written-pole با یک ژنراتور AC نوع written-pole ترکیب می‌شود و یک بار حساس توسط ژنراتور AC تغذیه می‌شود. در سیستم‌های رایج برای فراهم نمودن تغذیه مطمئن برای یک بار حساس از UPS و مجموعه باتری استفاده می‌شود. اما مجموعه موتور و ژنراتور written-pole می‌تواند نقش یک UPS را بدون وجود باتری ایفا نماید. بدین ترتیب که موتور الکتریکی نوع written-pole به شبکه وصل بوده و ژنراتور AC نوع written-pole را می‌چرخاند. حال چنانچه در تغذیه موتور اغتشاشی رخ دهد، سرعت آن کاهش می‌یابد. این تغییر توسط ژنراتور حس شده و کلاف تحریک ژنراتور فعال می‌شود تا الگوی قطب‌ها را روی لایه فریت رتور تغییر دهد؛ در نتیجه، فرکانس و ولتاژ خروجی ژنراتور ثابت خواهد ماند. با توجه به آنکه رتور این نوع موتور و ژنراتور، سنگین ساخته می‌شود (اینرسی

بالا)، با بروز اغتشاش مذکور ولتاژ و فرکانس خروجی برای مدت ۱۵ ثانیه در شرایط بار نامی و حدود ۴۵ ثانیه در شرایط بی باری ثابت خواهد بود. این زمان برای عبور از ۹۹ درصد اغتشاشات ورودی مناسب است [۱۱۵]. لازم به ذکر است در شرایطی که موتور الکتریکی wp یک بار مکانیکی مانند پمپ آب را به گردش درمی‌آورد، کاهش ولتاژ تغذیه می‌تواند به کاهش نرخ پمپاژ آب منجر شود. اما این اغتشاش در تغذیه یک تجهیز الکترونیکی می‌تواند باعث عملکرد اشتباه یا توقف آن تجهیز شود. با تغذیه بار حساس توسط سیستم موتور-ژنراتور written-pole و حفظ ولتاژ و فرکانس خروجی ژنراتور در زمان بروز اغتشاش در شبکه (حداکثر ۱۵ ثانیه برای شرایط بار کامل و ۴۵ ثانیه برای شرایط بی‌باری)، این سیستم می‌تواند عملاً نقش یک UPS بدون باتری را برای بار حساس ایفا کند. علاوه بر این، می‌توان یک موتور احتراق داخلی را به سیستم مذکور اضافه نمود تا در مواقعی که اغتشاش شبکه از ۱۵ ثانیه بیشتر طول می‌کشد ولتاژ و فرکانس ثابت در خروجی ژنراتور از طریق موتور احتراق داخلی تأمین شود. لازم به ذکر است در این شرایط، اینرسی بالای رتور این سیستم، امکان ایجاد گشتاور راه‌اندازی موتور احتراق داخلی را فراهم می‌آورد. شکل (۹-۴) شمای سیستم مذکور را نشان می‌دهد.



شکل (۹-۴): شمای سیستم موتور - ژنراتور written - pole با موتور احتراق داخلی [۱۲۱]

۹-۷- پروژه‌های انجام شده در راستای بکارگیری موتورهای written - pole و مؤسسات حامی

موتورهای الکتریکی سه فاز نوع written - pole از سال 1978 توسط شرکت Precise Power ساخته می‌شوند. در سال 1993 پروژه طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی تک فاز written - pole تا توان 60 hp با همکاری شرکت Precise Power و EPRI آغاز شد. پنج عضو EPRI نیز به عنوان حامی این پروژه شرکت داشتند که عبارت بودند از [۱۱۷]:

- 1-National Rural Electric Cooperative Association (NRECA)
- 2-Entergy
- 3-British Columbia Hydro
- 4-Monitoba Hyalro
- 5-South Carolina Electric & Gas Company

هدف از این پروژه طراحی، ساخت، تست و تجاری سازی این نوع از موتورهای الکتریکی تک فاز تا توان 60 hp بود. تست آزمایشگاهی و تست میدانی یک نمونه موتور ساخته شده توسط یکی از حامیان این پروژه (شرکت Monitoba Hydro) انجام گرفت. موتور تحت تست از نوع رتور بیرونی، تک فاز، ولتاژ 240 ولت، توان نامی 20hp و سرعت 1800 rpm بود [۱۱۳]. راندمان این موتور در آزمایشگاه 92% بدست آمد. جهت انجام تست میدانی نیز این موتور بر روی یک چاه نفت در منطقه روستایی در ایالت کبک کانادا که از خط توزیع برق تک فاز برخوردار بود، تحت تست عملکردی قرار گرفت.

یک نمونه دیگر از موتور ساخته شده توسط شرکت Precise Power با توان 20 hp با حمایت EPRI در سال 1998 در دانشگاه ایالتی Oregon و در مرکز Motor Systems Resource Facility تحت تست قرار گرفت [۱۱۱]. در این تست‌ها ادعاهای سازنده موتور از طریق تست گشتاور راه‌اندازی، سنکرون شدن، راندمان، ضریب توان در شرایط بار نرمال و همچنین قابلیت عبور از خطا در خلال اغتشاش شبکه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تست‌ها نشان دادند که:

۱- جریان راه‌اندازی به 200% جریان نامی محدود شد.

۲- با داشتن اینرسی بالا و گشتاور راه‌اندازی متوسط، موتور بصورت ذاتی مانند راه‌انداز نرم عمل می‌کند (حدود 70 ثانیه طول می‌کشید تا به شرایط سنکرون برسد).

۳- بدلیل داشتن اینرسی بالا، ویژگی عبور از خطا بر اثر افت ولتاژ یا وقفه‌های تغذیه کاملاً مطلوب بود.

- ۴- ضریب توان این موتور در مقایسه با موتور القایی سه فاز با توان نامی یکسان در تمامی شرایط باری بسیار بهتر بود.
- ۵- راندمان در بارهای بالاتر از 50% بار نامی از راندمان موتور القایی سه فاز با توان یکسان بیشتر بود.
- جدول (۹-۱) مشخصات موتور ساخته شده را نشان می‌دهد [۱۱۱].

جدول (۹-۱): مشخصات موتور تک فاز نوع written - pole ساخته شده توسط شرکت Precise power

Manufacturer: Precise Power Corporation	Rated Current: 67A;
Model No.: ME 210020	Rated Voltage: 240V;
Serial No.: 125	Inrush Current: 140A;
Rated Power: 20horsepower (15kW);	Duty: Continuous
Phase: 1	Frame: 365Y
Hertz: 60	Power Factor: 1
Rev / min: 3600	Rotor Inertia: 5.77kg x m ²
Rated Current: 67A;	Max. Inertia Load: 6.32kg x m ²

نمونه دیگری از تست میدانی موتور الکتریکی تک فاز written - pole که توسط مؤسسه EPRI حمایت شد مربوط بود به بررسی عملکرد یک موتور wp تک فاز با توان نامی 30 hp که در سال 1999 در یک منطقه روستایی در ایالت Georgia برای پمپاژ کردن و آبیاری نصب گردید. این پروژه توسط کمپانی Georgia Transmission Corp. با حمایت مؤسسه EPRI انجام گرفت.

در این پروژه علاوه بر استفاده از موتور الکتریکی تک فاز wp گزینه‌های دیگری نیز برای این منظور وجود داشت:

الف- انتقال خط توزیع سه فاز به محل مزرعه جهت استفاده از موتور القایی سه فاز که هزینه سالیانه آن ۸۶۳۰ دلار می‌شد

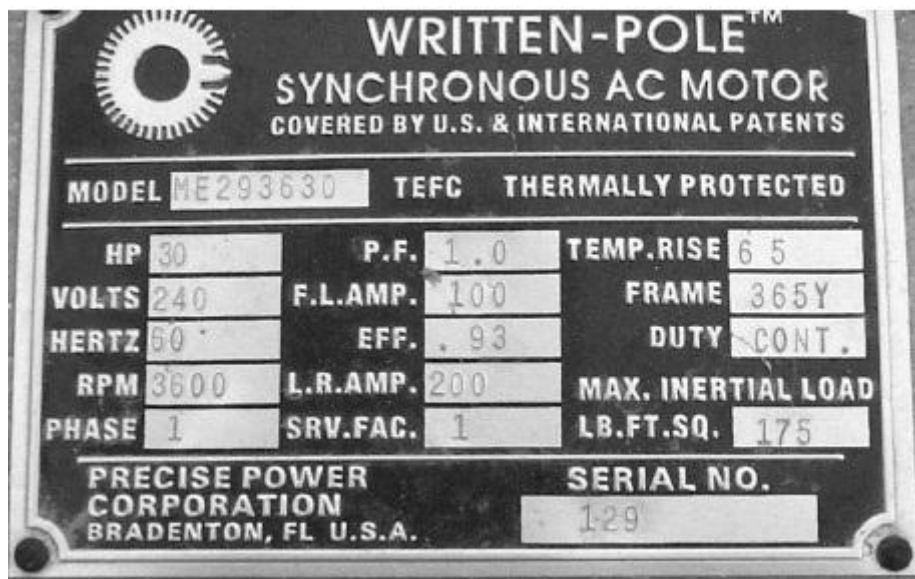
و مدت زمان کارکرد آن ۱۵ سال پیش‌بینی گردید.

ب- گزینه دوم استفاده از مبدل تک فاز به سه فاز بود که هزینه سالیانه این روش ۵۶۸۸ دلار برآورد شد و زمان کارکرد آن ۱۰ سال پیش‌بینی گردید.

ج- استفاده از موتور دیزلی برای به گردش درآوردن پمپ روش دیگری بود که سالیانه ۳۲۴۵ دلار هزینه داشته و زمان کارکرد آن ۱۵ سال برآورد شد.

با استفاده از موتور الکتریکی تک فاز written - pole برای سیستم فوق‌الذکر، هزینه سالیانه ۲۳۵۷ دلار و زمان کارکرد آن ۳۰ سال برآورد گردید.

پلاک مشخصات موتور مورد استفاده در طرح فوق در شکل (۹-۵) نشان داده شده است [۱۱۲].



شکل (۹-۵): پلاک مشخصات یک نمونه موتور تکفاز written - pole ساخته شده توسط شرکت Precise Power

[۱۱۲]

شکل های (۹-۶) و (۹-۷) نیز موتور - پمپ استفاده شده در طرح فوق را نشان داده شده است.



شکل (۹-۶): موتور تکفاز نوع written- pole مورد استفاده جهت آبیاری به همراه پمپ آب [۱۱۲]



شکل (۹-۷): موتور تکفاز نوع written-pole مورد استفاده جهت آبیاری به همراه پمپ آب، کنتور برق، و تابلو

برق [۱۱۲]

در سال ۱۹۹۹ پروژه‌ای با حمایت مؤسسه EPRI در خصوص طرح تست میدانی یک موتور-ژنراتور نوع wp با توان نامی 500 KVA انجام شد [۱۲۲]. این سیستم با توان 500KVA با همکاری دو شرکت Precise Power و Teco - Westinghouse ساخته شد.

۱۰- موتورهای یکپارچه

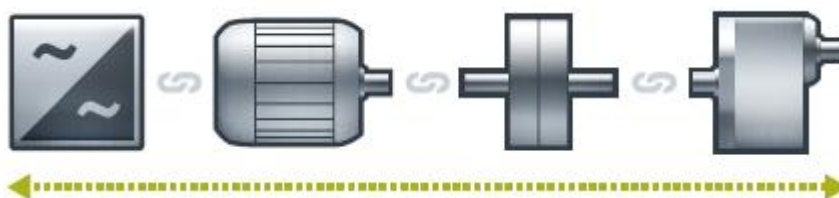
۱-۱۰- مقدمه

مسئله یکپارچه‌سازی درایو و موتور الکتریکی در همین چند سال اخیر به صورت صنعتی، مطرح شده و شرکت‌های بزرگی همچون زیمنس آلمان در حال توسعه آن به منظور تجاری سازی می‌باشند [۱۲۳]. به منظور توسعه بیشتر این فناوری برای سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۷ بودجه‌های تحقیقاتی زیادی اختصاص یافته است.



شکل (۱-۱۰): یک نمونه سیستم یکپارچه طراحی شده در شرکت زیمنس

در یکپارچه سازی موتور و درایو، تمام قطعات از جمله کانورترها، موتور، کولینگ‌ها و جعبه دنده در یک پوشش کلی قرار می‌گیرند. این یکپارچه‌سازی ضمن افزایش قابلیت تولید، باعث کاهش مصرف انرژی و قابلیت اطمینان بیشتر در محیط‌های صنعتی مختلف می‌شود [۱۲۴]. بنابر ادعای شرکت زیمنس یکپارچه‌سازی سیستم درایو و موتور مصرف انرژی در فن‌ها را تا مقدار زیادی کاهش می‌دهد [۱۲۵].



شکل (۲-۱۰): در سیستم یکپارچه تمامی قسمت‌ها در یک پوشش قرار می‌گیرند

۱۰-۲- کاربرد

توسعه صنعت موتورهای یکپارچه می‌تواند به توسعه فناوری‌هایی رو به رشدی همچون هواپیماهای الکتریکی، خودروهای هیبرید و برقی و سیستم‌های حمل و نقل ریلی کمک نماید. فناوری موتورهای یکپارچه، یک فناوری به روز است که نیازهای امروز و آینده صنعت را در تمامی حوزه‌ها برآورده می‌کند. بر اساس ادعای شرکت زیمنس، استفاده از فناوری کامل یکپارچه سازی موتور و درایو به همراه ملزومات اتوماسیونی آن، میزان در دسترس بودن موتور را تا مقدار زیادی افزایش داده و میزان هزینه تعمیرات و نگهداری را تا ۱۵ درصد بهبود می‌بخشد. شرکت زیمنس پیشنهاد استفاده از این فناوری را در طراحی تجهیزات و ماشین‌های چند درایو که کاربرد بسیار وسیعی در صنعت سیمان و صنایع مشابه دارند، می‌نماید؛ در تجهیزات و ماشین‌های چند درایو، دو یا چند سیستم دور متغیر با هماهنگی یکدیگر وظیفه انجام بهینه کل پروسه را برعهده دارند، به نحوی که اگر بنا به ضرورت نیاز به سرویس یکی از زیرسیستم‌ها باشد، آن زیرسیستم به راحتی و بدون وقفه از پروسه خارج می‌شود.

این شرکت از موتورهای یکپارچه در نوارهای نقاله موجود در صنعت، به خصوص در استخراج معادن، استفاده می‌کند. شرکت زیمنس از این درایوها در کامیون‌های سنگین وزن ۲۴۰ تا ۳۶۰ تنی (در جعبه دنده‌ها و سیستم ترمز) استفاده می‌کند. استفاده از موتورهای یکپارچه در سیستم حمل و نقل و کشتی سازی روز به روز در حال گسترش است [۱۲۶]. برخی از مزایای یکپارچه سازی موتور و درایو الکترونیک قدرت آن عبارت است از کاهش در هم پیچیدگی سیم‌ها، جمع و جورتر شدن، امکان عملکرد بهتر سیستم کنترل موتور و کاهش هزینه نصب، تعمیر و نگهداری موتورها.



شکل (۱۰-۳): کاربرد موتورهای یکپارچه در سیستم‌های چند درایوه



شکل (۱۰-۴): کاربرد موتورهای یکپارچه در سیستم‌های نقاله در معادن

از آنجایی که در داخل محفظه و پوشش فولادی برخی اجزای موتور و درایو آن، تشعشعات و نویز مغناطیسی ایجاد می‌شود، این امر با توجه به فاصله کوتاه درایو و موتور می‌تواند باعث بروز خطا در عملکرد سیستم کنترل و درایو و یا عدم عملکرد آن باشد. استفاده از شیلد حفاظتی مخصوص، سیستم زمین مناسب و استفاده از فیلترهای مخصوص EMC داخلی در موتورهای یکپارچه

تشعاعات الکترومغناطیسی به خارج از موتور را تا حد زیادی کاهش می‌دهد [۱۲۷]. بنابراین کاهش آثار تشعاعات و نویزهای مغناطیسی از مزایایی دیگر استفاده از موتورهای یکپارچه است.



VS



شکل (۱۰-۵): مقایسه حجم و ابعاد موتور یکپارچه با موتور و درایو مجزا

شرکت دانفوس دانمارک، موتور یکپارچه مطابق جدول (۱۰-۱) تولید و به بازار عرضه کرده است که به ادعای این شرکت، فن‌ها، پمپ‌ها و نوار نقاله‌های ساده بهترین موارد کاربرد این موتورها هستند.

جدول (۱۰-۱): موتورهای یکپارچه تولیدی شرکت دانفوس دانمارک

FCM	305	307	311	315	322	330	340	355	375
Motor output [HP]	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	7.5	10.0
[kW]	0.55	0.75	1.1	1.5	2.2	3.0	4.0	5.5	7.5
Motor torque									
2-pole [Nm] ¹⁾	1.8	2.4	3.5	4.8	7.0	9.5	12.6	17.5	24.0
4-pole [Nm] ²⁾	3.5	4.8	7.0	9.6	14.0	19.1	25.4	35.0	48.0
Frame size [mm]	80	80	90	90	100	100	112	132	132
Input current [A] 380 V									
2-pole	1.5	1.8	2.3	3.4	4.5	5.0	8.0	12.0	15.0
4-pole	1.4	1.7	2.5	3.3	4.7	6.4	8.0	11.0	15.5
Input current [A] 480 V									
2-pole	1.2	1.4	1.8	2.7	3.6	4.0	6.3	9.5	11.9
4-pole	1.1	1.3	2.0	2.6	3.7	5.1	6.3	8.7	12.3

¹⁾ at 400 V, 3000 RPM
²⁾ at 400 V, 1500 RPM

همچنین شرکت راک ول، موتورهای یکپارچه‌ای با مشخصات جدول (۱۰-۲) در دورهای ۳۰۰۰ و ۵۰۰۰ دور در دقیقه روانه بازار کرده است. محدوده گشتاور این موتورها در جدول (۱۰-۲) نشان داده شده است.

جدول (۱۰-۲): موتورهای یکپارچه تولیدی شرکت دانفوس دانمارک

Integrated Drive-Motor Unit Catalog Number	Environmental Rating	Max. Speed (rpm)	Continuous Torque Nm (lbs-in)	Peak Torque Nm (lbs-in)	Rotor Inertia ¹ kg-m ² (lb-in-s ²)
MDF-SB1003P	IP66	5000	3.0 (26.5)	10.5 (92.9)	0.00012 (0.001)
MDF-SB1153H		3500	4.8 (42.5)	18.5 (164)	0.00038 (0.0033)
MDF-SB1304F		3000	7.25 (64.2)	21.75 (192)	0.00052 (0.0046)

۱۰-۳- تحقیقات در رابطه با فناوری موتورهای یکپارچه

بیشترین حجم حمایت مالی از فناوری موتورهای یکپارچه توسط وزارت انرژی آمریکا (DOE) و سپس سازمان تحقیقات اروپا انجام می‌شود. به طور مثال وزارت انرژی آمریکا در بودجه سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ خود، مبلغ ۴۰,۰۰۰,۰۰۰ دلار برای توسعه فناوری موتورهای یکپارچه تا توان ۵۵ کیلووات، برای استفاده در صنایع مختلف این کشور (به خصوص استفاده در ماشین‌های کشنده توان بالا) اختصاص داده بود [۱۲۸]. مؤسسه EPSRC به میزان ۲۰۲,۰۰۰ پوند برای تحقیق در زمینه یکپارچه سازی سیستم درایو و موتور به دانشگاه ناتینگهام در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴ واگذار کرد [۱۲۹]. همچنین این مؤسسه مبلغ ۲,۰۴۱,۰۰۰ پوند برای تحقیق و توسعه در زمینه تدوین پایه‌های توسعه یکپارچه سازی سیستم درایو و موتور، در سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷ به دانشگاه نیوکاسل اختصاص داده است [۱۳۰].

اثرات گرمایی یکی از چالش‌های پیش روی توسعه فناوری یکپارچه سازی سیستم درایو و موتور است؛ چرا که هم موتور الکتریکی و هم سیستم درایو الکترونیکی آن، از خود گرما ساطع می‌کنند. ارتعاشات^۱ مکانیکی و اختلالات الکترومغناطیسی (EMI) از موانع دیگر پیش‌رو در فناوری یکپارچه سازی می‌باشد که با وجود پیشرفت‌های زیاد در این زمینه، عرصه برای فعالیت‌های بیشتر باز است. برخی از فعالیت‌های جدیدی که به منظور توسعه این فناوری در حال انجام است عبارت است از [۱۲۴]، [۱۲۷]، [۱۲۸]، [۱۳۱] :

۱- افزایش استقامت^۲

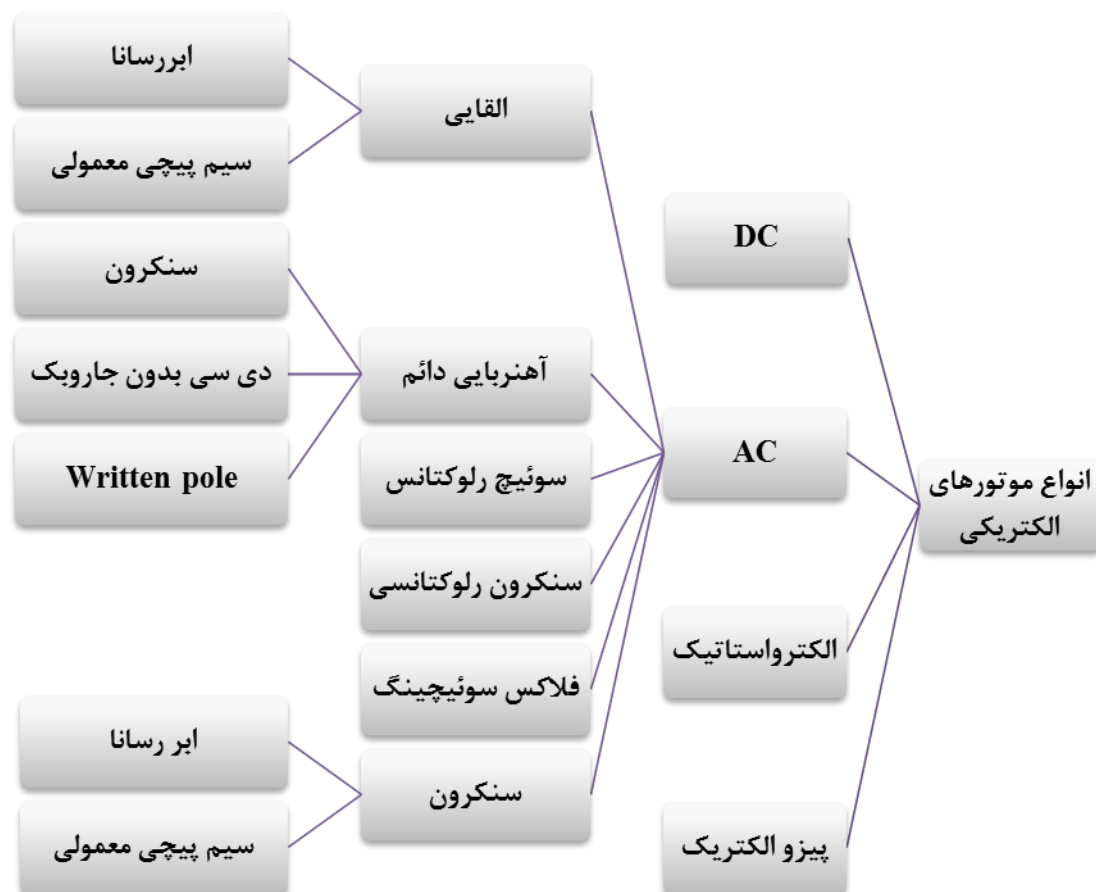
¹Vibration

² Robustness

- ۲- یکپارچه سازی هر چه بیشتر به همراه فشرده سازی
- ۳- کم کردن تداخلات الکترو مغناطیسی
- ۴- کاهش هزینه‌های تولید
- ۵- مدل سازی دقیق به منظور شناخت بیشتر معضلات این فناوری
- ۶- کاهش اثرات ارتعاشات
- ۷- مدیریت گرمای تولیدی

۱۱- درخت فناوری موتورهای الکتریکی

با توجه به این که در ۱۰ فصل گذشته به بحث پیرامون انواع فناوری‌های موتورهای الکتریکی و کاربردهای آنها پرداخته شده است؛ درخت فناوری موتورهای الکتریکی با توجه به اطلاعات ارایه شده در این گزارش مطابق شکل ۱-۱۱ ترسیم گردیده است.



شکل ۱-۱۱: درخت فناوری موتورهای الکتریکی

۱۲- چرخه عمر فناوری‌های موتورهای

الکتریکی

در جدول ۱۲-۱ خلاصه وضعیت کاربردی انواع فناوری‌های موتورهای الکتریکی آورده شده است. همچنین در جدول ۱۲-۲ خلاصه‌ای از میزان سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در زمینه انواع فناوری‌های موتورهای الکتریکی آورده شده است.

جدول ۱۲-۱: وضعیت کاربردی هر یک از فناوری‌های موتورهای الکتریکی

لوازم خانگی	حمل و نقل			صنعت			فناوری‌ها
	کشتی	قطار	خودروی برقی - هیبریدی	نیروگاهی	نفت و گاز	صنایع تولیدی	
-	تجاری	تجاری	تحقیقاتی	تجاری	تجاری	تجاری	القایی سه فاز
تجاری	تجاری	تحقیقاتی	تجاری	تجاری	تجاری	تجاری	آهنربایی دائم
-	-	-	تحقیقاتی	-	تجاری	تجاری	سرعت بالا
-	-	تحقیقاتی	تحقیقاتی	-	-	تجاری	سنکرون رلوکتانسی
تجاری	-	-	تجاری - تحقیقاتی	-	-	تجاری	سوئیچ رلوکتانسی
-	-	-	تحقیقاتی	-	-	تجاری	یکپارچه
-	نیمه صنعتی	تحقیقاتی	-	-	-	تحقیقاتی	ابرسانا دما بالا
تجاری	-	-	-	تجاری	تجاری	تجاری	سیستم های تنظیم سرعت
تحقیقاتی	-	تحقیقاتی	-	-	-	-	فلاکس سوئیچینگ
-	-	-	-	-	-	تجاری	Written- ploe

جدول ۱۲-۲: میزان سرمایه گذاری کشورهای پیشرفته صنعتی در زمینه انواع فناوری‌های موتورهای الکتریکی

فناوری	حداقل اعتبار اختصاص داده شده در حوزه های مختلف طی دو دهه اخیر	سال	حداقل اعتبار اختصاص داده شده در حوزه های مختلف طی دو دهه اخیر
موتور القایی پربازده	260.5 میلیون دلار 1.3 میلیون پوند	1993- 2014	
موتور آهنربای دائم	44.5 میلیون دلار 3 میلیون پوند	2000- 2017	
موتور سرعت بالا	3.4 میلیون دلار 44 میلیون یورو	از سال ۲۰۰۷	
موتور سنکرون رلوکتانسی	3.5 میلیون یورو	2013- 2016	3.6 میلیارد دلار 8.3 میلیون پوند 80.3 میلیون یورو
موتور سوئیچ رلوکتانسی	1.5 میلیون پوند	2012-2016	
موتورهای یکپارچه	87 میلیون دلار 2.2 میلیون پوند	2000-2017	
موتورهای ابرسانا	283 میلیون دلار 29.44 میلیون پوند	1987-2013	
سیستم های تنظیم سرعت	2.9 میلیارد دلار 277 هزار پوند	2004-2015	

با توجه به اطلاعات ارائه شده در جدول اول به وضوح مشاهده می‌شود که چرخه عمر فناوری موتورهای الکتریکی فلاکس سوئیچینگ در مرحله معرفی قرار دارد. همچنین چرخه عمر فناوری موتورهای الکتریکی written- ploe با توجه به محدود بودن کاربرد آن و این که استفاده از آن در طی چندین سال گسترش پیدا نکرده و جایگزین‌های زیادی برای آن وجود دارد، در مرحله پیری قرار دارد.

سایر فناوری‌های اشاره شده در جدول ۱۲-۱، حداقل در یکی از زمینه‌های صنعت، حمل و نقل یا لوازم خانگی به صورت تجاری استفاده شده است، بنابراین چرخه عمر این موتورهای الکتریکی از مرحله معرفی خارج شده است. از طرف دیگر با توجه به اطلاعات ارایه شده در جدول ۱۲-۲ در رابطه با این فناوری‌ها، فعالیت‌های تحقیقاتی در رابطه با آنها همچنان ادامه دارد و مبالغ قابل توجهی توسط شرکت‌های بزرگ و همچنین مراکز مدیریت تحقیقات کشورهای پیشرفته صنعتی به این فناوری‌ها اختصاص داده شده است؛ به این معنی که چرخه عمر این فناوری‌ها در مرحله پیری قرار ندارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این فناوری‌ها در مرحله رشد و بلوغ قرار دارند. در جدول ۱۲-۳ چرخه عمر فناوری‌های موتورهای الکتریکی به صورت خلاصه آورده شده است.

جدول ۱۲-۳: چرخه عمر فناوری موتورهای الکتریکی

ردیف	نوع فناوری	چرخه عمر
۱	القایی سه فاز	رشد و بلوغ
۲	آهنربایی دائم	رشد و بلوغ
۳	سرعت بالا	رشد و بلوغ
۴	سنکرون رلوکتانسی	رشد و بلوغ
۵	سوئیچ رلوکتانسی	رشد و بلوغ
۶	یکپارچه	رشد و بلوغ
۷	ابرسانا دما بالا	رشد و بلوغ
۸	سیستم های تنظیم سرعت	رشد و بلوغ
۹	فلاکس سوئیچینگ	معرفی
۱۰	Written- pole	پیری

نتیجه گیری

در این گزارش به ده فناوری مختلف مرتبط با حوزه موتورهای الکتریکی، مشتمل بر فناوری‌های زیر، پرداخته شد.

۱- موتورهای القایی سه فاز و پربازده

۲- موتورهای آهنربای دائم

۳- موتورهای سوئیچ رلوکتانس

۴- موتورهای سنکرون رلوکتانسی

۵- موتورهای Flux Switching

۶- موتورهای ابرسانا

۷- سیستم‌های تنظیم سرعت (ASD)

۸- موتورهای سرعت بالا

۹- Written pole موتورهای

۱۰- موتورهای یکپارچه

بررسی این فناوری‌ها به این صورت انجام گرفت که ابتدا به صورت اجمالی ساختار فناوری و اجزای آن معرفی شدند و در ادامه کاربردهای آن فناوری بررسی گردید. در آخر روند تحقیقات صورت گرفته در مورد هر فناوری و بودجه‌ها و اعتبارات دولتی و خصوصی که برای توسعه کاربرد هر یک از این فناوری‌ها در کشورهای مختلف هزینه شده بود، بررسی گردید.

در بررسی‌های انجام شده در رابطه به تحقیقات مرتبط با فناوری‌های فوق الذکر، به تحقیقاتی توجه شده که از حمایت‌های مشخص دولتی و یا خصوصی برخوردار بوده است؛ زیرا فقط این نوع اطلاعات به تدوین صحیح سند کمک می‌کند و اطلاعات دقیقی در رابطه با آینده پژوهی هر فناوری در اختیار قرار می‌دهد.

مراجع

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Induction_motor
- [2] S. Manoharan, N. Devarajan, S. M. Deivasahayam, and G. Ranganathan, "Review on efficiency improvement in squirrel cage induction motor by using Dcr technology", Journal of ELECTRICAL ENGINEERING, VOL. 60, NO. 4, 2009, 227–236.
- [3] <http://machinedesign.com/news/industry-could-take-shine-copper-rotor-motors>
- [4] "Copper Applications Technology Roadmap", International Copper Association (ICA), October 2012, v. 3.0
- [5] S. C. Englebretson, "Induction machines stray loss from inter-bar currents", Electrical Engineering department, MIT, 2008.
- [6] "Novel Manufacturing Technologies for High Power Induction and Permanent Magnet Electric Motors", Glenn J Grant, 2012 DOE Hydrogen Program and Vehicle Technologies Program Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting, Washington, D.C., 2012.
- [7] G. Collin Mechler, "Manufacturing and Cost Analysis for Aluminum and Copper Die Cast Induction Motors for GM's Powertrain and R&D Divisions, Materials Science and Engineering (2009), University of Arizona, Department of Materials Science and Engineering, Engineering in Materials Science and Engineering, Massachusetts Institute of Technology, September 2010.
- [8] Inside the HVH™ Hybrid Motor Technical, Insights on Remy's "Off-the-Shelf", Hybrid Motor Solutions, Remy Electriv Motors, OCTOBER 2009.
- [9] USDRVE, Electrical and Electronics Tech. Team Roadmap, 2013.
www.vehicles.energy.gov/about/partnerships/usdrive.html.
- [10] "Advanced Power Electronics and Electric Machines", Susan Rogers, DOE Hydrogen and Vehicle Technologies Programs, 2009.
- [11] "Naval Power Systems Technology Development Roadmap", PMS 320, 2013.
- [12] "A Strategic Roadmap for Sustainable Energy Management and Energy Efficiency for Industrial, Commercial, Municipal and Manufacturing Operations", NOVEMBER 2009.
- [13] <http://gow.epsrc.ac.uk/NGBOSearchGrants.aspx>
- [14] L. H. Lewis, F. Jimenez-Villacorta, "Perspective on Permanent Magnet materials for Energy Conversion and Power Generation", Trans. on Metallurgical and Material, Vol. 44A, Jan. 2013.

- [15] S. Shaw (Roskill Information Services), S. Constantinides (Arnold Magnetic Technologies), "Permanent Magnets: the Demand for Rare Earths", presentation at 8th International Rare Earths Conference, November 2012.
- [16] K. Hono, "Research trends on Rare Earth and Critical Elements in Japan", Presentation from Nims, www.nims.go.jp/eng.
- [17] "Economic viability, applications and limits of efficient permanent magnet motors; Summary and Update", Swiss Federal Office of Energy SFOE, 2009.
- [18] www.electronicweekly.com/news/archived/resources/dyson-sweeps-up-vacuumcleaner-market-with-100000rpm-2003-10/
- [19] <http://arpa-e.energy.gov>
- [20] S. KOZAWA, "Trends and Problems in Research of Permanent Magnets for Motors — Addressing Scarcity Problem of Rare Earth Elements", QUARTERLY REVIEW No. 38, January 2011.
- [19] J.F. Gieras, "Permanent Magnet Motor Technology", CRC Press, third edition, 2009.
- [21] "Collaboration for sustainable competitiveness- Evaluation of automotive research and Green Car", consulting Report, April 2007.
- [22] F. J. Marquez-Fernandez, "Electric traction machine design for an E-RWD unit", Doctoral Dissertation in Industrial Electrical Engineering, Lund University, 2014.
- [23] Joachim Lindström, "Development of an Experimental Permanent-Magnet Motor Drive", Licentiate thesis, 1999.
- [24] O. Fröidh, "Basis for a Scandinavian high-speed train concept", KTH Railway Group, 2012.
- [25] P. Lukaszewicz, E. Andersson, "Green Train energy consumption - Estimations on high-speed rail operations", KTH Railway Group, 2009.
- [26] <http://www.therailengineer.com/2012/03/22/grona-taget-the-green-train>
- [27] M. Leksell, K. Khan, and O. Wallmark, "Development of a permanent magnet synchronous reluctance motor (PMSRM) for traction applications".
- [28] J. Soulard, "System Analysis of Permanent Magnet Traction Drives", KTH –Royal Institute of Technology, 2012.
- [29] http://researchprojects.kth.se/index.php/kb_7781/io_9652/io.html
- [30] F. Meier, "Permanent-Magnet Synchronous Machines with Non-Overlapping Concentrated Windings for Low-Speed Direct-Drive Applications", Royal Institute of Technology, 2008.

- [31] M. Leksell, F. Meier, H.P. Nee, C. Sadarangani, "Permanent magnet drives for industrial applications", Royal Institute of Technology.
- [32] "Research Program on the Future Mechanical Engineering 2000 - 2003 , Evaluation Report", Academy of Finland.
- [33] L. Laurila, "ANALYSIS OF TORQUE AND SPEED RIPPLE PRODUCING NONIDEALITIES OF FREQUENCY CONVERTERS IN ELECTRIC DRIVES", PHD Thesis, Lappeenranta University of Technology, 2004.
- [34] M. Eloska, "speed and position sensorless control of permanent magnet synchronous motors in Matrix Converter and Voltage Source Converter Applications", Phd Thesis, Tampere University of Technology, 2006.
- [35] www.ncl.ac.uk/eee/about/news/item/newcastle-signs-research-partnership-with-leading-home-appliance-brand-copy.
- [36] <http://energy.gov/eere/articles/ev-everywhere-electric-drive-systems-bring-power-plug-electric-vehicles>
- [37] "Principle of Operation of the Switched Reluctance Motor"
- [38] J. R. handershot, "AC, Brushless, Switched reluctance Motor Comparisions", physics corporation Hillsboro.
- [39] V. Kuzmiche, Moscow Power Engineering Institute " Switched Reluctance Motor for Electrical Drives of Electric Power Plants Equipment",
- [40] www.ricardo.com
- [41] www.compair.com
- [42] Frost & Sullivan" Electric Vehicles Market Overview, Technology Roadmap and Infrastructure Trends",
- [43] L. Marlino, "Freedom car and DOE roadmap for automotive power electronics", 2011.
- [44] European Technology Platforms ERTRAC, EPoSS, and SmartGrids, " European Roadmap Electrification of Road Transport 2nd Edition", 2012.
- [45] DOE, " ELECTRICAL AND ELECTRONICS TECHNICAL TEAM ROADMAP", 2010.
- [46] Foresight Vehicle, "Foresight Vehicle Technology Roadmap Technology and Research Directions for Future Road Vehicles", 2002.
- [47] SMMT, " Power Electronics and Electric Machines" 2011.
- [48] Automotive council UK, "Traction motor & generator roadmap", 2011

- [49] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY”, Technology Roadmap Electric and plug-in hybrid electric vehicles”, 2011
- [50] M. J. Kamper, “Reluctance Synchronous Machine Drives – a Viable Alternative?”, IEEE Joint IAS/PELS/IES Chapter Meeting 4 – 5 July 2013.
- [51] P. Matyska, “Advantages of Synchronous Reluctance Motors”, Transactions on Electrical Engineering, Vol. 3 No. 2, 2014.
- [52] J. Kolehmainen, ” Synchronous reluctance motor with form blocked rotor” , IEEE Transactions on Energy Conversion, volume 25, number 2, pages 450-456, 2010.
- [53] I. Ch. Proimadis, Dionysios V. Spyropoulos, and Epaminondas D.Mitronikas, “An Alternative for All-Electric Ships Applications: The Synchronous Reluctance Motor”, Hindawi Publishing Corporation Advances in Power Electronics , Volume 2013, Article ID 862734.
- [54] J. M. Miller, “ U.S. DOE Hydrogen and Fuel Cells Program and Vehicle Technologies Program Annual Merit Review and Peer valuation Meeting”, 2013.
- [55] S. Sathyan, “Synchronous Reluctance Motor for Household Applications”, AALTO UNIVERSITY SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, Department of Electrical Engineering, 2013.
- [56] D. Vimalakeerthy, M. Y. Sanavullah, “DEVELOPMENT OF NEW DESIGN TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS ELUCTANCE MOTOR USING FINITE ELEMENT METHOD”, International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST) Vol. 3 No. 2, Feb 2011
- [57] Z. Q. Zhu, J. T. Chen, “Advanced Flux-Switching Permanent Magnet Brushless Machines”, IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 46, NO. 6, JUNE 2010.
- [58] Weizhong Fei, Patrick Chi Kwong Luk, Jianxin Shen, “A Novel Permanent Magnet Flux Switching Machine with an Outer-Rotor Configuration for In-Wheel Light Traction Applications”, IEEE Transactions on Industry Applications, Volume 48, Issue 5, 2012.
- [59] Njål Rotevatn’ “Design and testing of Flux Switched Permanent Magnet (FSPM) Machines” Norwegian University of Science and Technology Department of Electrical Power Engineering, 2009.
- [60] Emmanuel HOANG, Michel LECRIVAIN, Mohamed GABSI “A NEW STRUCTURE OF A SWITCHING FLUX SYNCHRONOUS POLYPHASED MACHINE WITH HYBRID EXCITATION”, EPE 2007, Aalborg : Denmark (2007).

- [61] Y. Tang, J. J. H. Paulides, and E. A. Lomonova, "Analytical Modeling of Flux-Switching In-Wheel Motor Using Variable Magnetic Equivalent Circuits", Hindawi Publishing Corporation ISRN Automotive Engineering Volume 2014, Article ID 530260, 10 pages.
- [62] Benjamin Gaussens, Emmanuel Hoang, Michel L'ecrivain, Philippe Manfe, and Mohamed Gabsi, "An Hybrid-Excited Flux-Switching Machine for High Speed DC-Alternator Applications", "IEEE Transactions on Industrial Electronics", 2013.
- [63] Anyuan Chen, Robert Nilssen and Arne Nysveen, "Analytical Design of a High-Torque Flux-Switching Permanent Magnet Machine by a Simplified Lumped Parameter Magnetic Circuit Model", International Conference on Electrical Machines - ICEM 2010.
- [64] Reiner John, "Vision of Electromobility", Joint EC / European Green Cars Initiative Clustering, 2012.
- [65] Ruiwu Cao, Ming Cheng, Chris Mi, Wei Hua, and Wenxiang Zhao, "Comparison of Complementary and Modular Linear Flux-Switching Motors With Different Mover and Stator Pole Pitch", IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 49, NO. 4, APRIL 2013.
- [66] Xiping Liu, Chen Wang, Aihua Zheng, "Operation Principle and Topology Structures of Axial Flux Switching Hybrid Excitation Synchronous Machine", Journal of International Conference on Electrical Machines and Systems Vol. 1, No.3, pp.312~319, 2012.
- [67] M. D. Ainslie, A. George, R. Shaw, L. Dawson, A. Winfield, M. Stekete, and S. Stockley, "Design and Market Considerations for Axial Flux Superconducting Electric Machine", Bulk Superconductivity Group, Department of Engineering, University of Cambridge, Cambridge CB2 1PZ, UK.
- [68] J. F. Gieras, "Superconducting Electrical Machines: state of the Art".
- [69] J. X. Jin, L. H. Zheng, Y. G. Gu, and J. G. Zhu, "Development of High Temperature Superconducting Machines", Center of Applied Superconductivity and Electrical Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, China, (2007).
- [70] DOE, 2005 Annual Superconductivity Peer Review HTS INDUSTRY STATUS AND OUTLOOK August 2, 2005.
- [71] Siemens, HTS Rotating Machines, European Summer School, Pori, Finland, 2008.
- [72] J. E. Avila, "Superconducting Electric Machines", University of Central Florida, Orlando, FL.
- [73] "Impact of SC on next generation of electrical machines", Internationale Fachtagung Innovative Glanzlichter für das Solarzeitalter aus Sachsen am Donnerstag, dem 14. Juni

2012.

- [74] ANALYSIS OF FUTURE PRICES AND MARKETS FOR HIGH TEMPERATURE SUPERCONDUCTORS, BY JOSEPH MULHOLLAND, THOMAS P. SHEAHEN, AND BEN MCCONNELL.
- [75] High-Temperature Superconductivity in Perspective, April 1990, OTA-E-440.
- [76] J.M. Fogarty. Development of a 100 MVA high temperature superconducting generator . In Power Engineering Society General Meeting, 2004. IEEE, pages 2065{2067. IEEE, 2004. 21.
- [77] D. Aized, BB Gamble, A. Sidi-Yekhlef, JP Voccio, DI Driscoll, BA Shoykhet, and BX Zhang. Status of the 1000 HP HTS motor development. Applied Superconductivity, IEEE Transactions on, 9(2):1197{1200, 1999.
- [78] http://www.wtec.org/loyola/scpa/02_04.htm.
- [79] "Development of 1 MW-class HTS motor for podded ship propulsion system", 9th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS 09), 2010.
- [80] H. Wen, W. Bailey, K. Goddard, M. Al-Mosawi, C. Beduz, and Y. Yang, "Performance test of a 100 kW HTS generator operating at 67 K{77 K.", IEEE Transactions on Applied Superconductivity, 2009.
- [81] Aalborg University, "Adjustable Speed Drives - Future Challenges and Applications", 2004.
- [82] Thomas M. Jahns, "AC Adjustable speed drives at millennium: how did you get there?" IEEE Transaction on power electronics. Vol. 16, No.1, 2001.
- [83] R. Saidur, et. Al, "Applications of variable speed drive (VSD) in electrical motors energy savings", 2012.
- [84] Easton Consultants, Inc., "Variable Frequency Drives-Market Research Report", 2000.
- [85] U.S. Department of Energy, "FY 2015 Congressional Budget Request", 2015
- [86] U.S. Department of Energy, "FY 2014 Congressional Budget Request", 2014
- [87] Irish Council for Science, Innovation, and Technology, "Technology Foresight Ireland- Report of the energy panel", 2013.
- [88] Laboratory for Electric Drives and Energy Conversion at the Illinois Institute of Technology in Chicago Website.
- [89] Dakota Electric Associations, "Variable Frequency Drive", 2014.
- [90] Adjustable Speed Drives Laboratory of EDEC Website.
- [91] <http://www.kuleuven.be/research/researchdatabase>.

- [92] <http://www.fmtc.be/en/>.
- [93] Danfoss Drives, "Annual Report- Danfoss Ready for the Future", 2013.
- [94] Dan Foss Drive, "Output filters for AC adjustable speed drives", 2014.
- [95] Alborg University, "Evaluation of an Advanced Harmonic Filter for Adjustable Speed Drives using a Toolbox Approach", 2014.
- [96] ETH University, "SYSTEM-ORIENTED EFFICIENCY OPTIMIZATION OF VARIABLE SPEED DRIVES", 2012.
- [97] Z. Kolondzovski, A. Arkkio, J. Larjola, P. Sallinen, "Power limits of high-speed permanent-magnet electrical machines for compressor applications", Report Series on Electromechanics, Report 76, Aalto University School of Science and Technology, Espoo 2010.
- [98] J. F. Gieras, "Advancements in Electric Machines", Springer, 2008. P 81.
- [99] P. Beer, J. E. Tessaro, B. Eckels, and P. Gaberson, "High-Speed motor design for gas compressor applications", Proceedings of the 35th Turbomachinery symposium, 2006.
- [100] J. F. Gieras, and J. Saari, "Performance calculation for a high-speed solid-rotor induction motor", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 59, No. 6, June 2012.
- [101] D. C. Gilon, and L. Boutriau, "Experience with high speed induction motors for direct driving of compressors", Proceedings of the 27th Turbomachinery symposium, 1998.
- [102] J. C. Rama, and M. Griggs, "High speed electric drive applications-An overview", Proceedings of the 26th Turbomachinery symposium, 1997.
- [103] <http://www.genewscenter.com/Press-Releases/>
- [104] <http://www.total.no/normal/En/news/Pages/Home.aspx?PageID=55>
- [105] J. Hupponen, "High speed solid rotor induction machine- Electromagnetic calculation and design", PhD Dissertation, Lappeenranta University of Technology, 2004.
- [106] J. Pyrhonen, "The high speed induction motor: Calculating the effects of solid rotor material on machine characteristics", PhD Dissertation, Lappeenranta University of Technology, 1991.
- [107] J. Saari, "Thermal analysis of high speed induction machines", PhD Dissertation, Helsinki University of Technology, 1997.
- [108] J. Lahteenmaki, "Design and voltage supply of high speed induction machines", PhD Dissertation, Helsinki University of Technology, 2002.
- [109] <http://www.nrel.gov/docs/fy01osti/26785.pdf> .
- [110] http://www.eere.energy.gov/femp/news/news_detail.html?news_id=10978

- [111] B.Banerjee, "Testing and analysis of the single phase written-pole motor", EPRI, Palo Alto, CA; 1998, TR-111772.
- [112] B.Banerjee, "Application of written-pole motor in rural irrigation ", EPRI, Palo Alto, CA; 1999, TR-114076.
- [113] D. Friesen, "Independent laboratory and field tests of a written-pole motor", IEEE Conference, 1996.
- [114] J. F. Gieras, "Advancements in Electric Machines", Springer, 2008. P116.
- [115] S. Hoffman, B. Banerjee, and M. Samotyj, "Written-Pole revolution", IEEE Power Engineering Review, December 1997.
- [116] R.W. Menzies, and L.Ge, "Theory investigation of 3-phase written-pole Motors", IEEE Conference 2002.
- [117] B. B. Benerjee, "EPRI's Program with large horsepower single phase written-pole Motors", IEEE Conference 1995.
- [118] L. chis, "Testing and modeling of the single phase written-pole Motor", M.Sc. Thesis, Oregon State University, 1998.
- [119] www.precisepwr.com
- [120] R. Lawrence, "Application and markets for written-pole single-phase motors to 100 horsepower", IEEE Conference 1995.
- [121] J. F. Roesel, and R. T. Morash, "Advancement of Power technology using witten-pole Motors and Generatars- An Overview", IEEE Conference, 1996.
- [122] "Power quality mitigation technology demonstration of commercial customer sites", EPRI Palo Alto, CA 1999 TE-113816.
- [123] <http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/integrated-drive-systems/Pages/default.aspx#>
- [124] Stefan Ostlund, "Sensorless Rotor-Position Detection from Zero to Rated Speed for an Integrated PM Synchronous Motor Drive", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 32, NO 5, SEPTEMBEW O C T O B E R 1996
- [125] <http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/integrated-drive-systems>
- [126] Siemens, "IpdF for integrated drine systems", 2013

- [127] M. Ektesabi, "Motor Management and Energy Saving by Integration of Motor Drive system", Proceedings of the World Congress on Engineering 2007 Vol I WCE 2007, July 2 - 4, 2007, London, U.K.
- [128] Laura D. Marlino, " High-Power Density Integrated Traction Machine Drive", Power Electronics and Electric Power Systems Research Center, 2012.
- [129]. GR/No8438/01, "FULLY INTEGRATED MOTOR DRIVE USING DIRECT CONVERTER TECHNOLOGY", 2000-2004.
- [130] EP/Ko34987/1, "Underpinning Power Electronics - Integrated Drives", 2013-2017
- [131] <http://www.bis.gov.uk/assets/biscore/business-sectors>

فهرست مطالب

- ۱- بررسی پروژه‌های مهم کشورهای دیگر در زمینه توسعه فناوری موتورهای الکتریکی ۲
- ۱-۱- موتورهای القایی سه فاز ۳
 - ۱-۱-۱- آمریکا ۵
 - ۲-۱-۱- اتحادیه اروپا ۷
 - ۳-۱-۱- انگلستان ۸
 - ۴-۱-۱- چین ۹
- ۲-۱- موتورهای آهنربای دائم ۱۰
 - ۱-۲-۱- آمریکا ۱۰
 - ۲-۲-۱- ژاپن ۱۳
 - ۳-۲-۱- سوئد ۱۴
 - ۴-۲-۱- فنلاند ۱۶
 - ۵-۲-۱- انگلستان ۱۶
- ۳-۱- سیستم‌های تنظیم سرعت ۱۸
- ۴-۱- خودروهای الکتریکی ۲۱
 - ۱-۴-۱- آمریکا ۲۱
- ۵-۱- جاروبرقی ۲۲

فهرست اشکال

شکل (۱-۱): دسته بندی بازده موتورهای 50 Hz و ۴ قطب بر اساس دسته بندی IEC.....۴

شکل (۲-۱): زمان اجرایی شدن استانداردهای مربوط به بازده موتورهای الکتریکی در کشورهای مختلف.....۵

فهرست جداول

- جدول (۱-۱): پروژه‌های تحقیقاتی انجام شده با حمایت موسسه EPSRC..... ۸
- جدول (۲-۱): طرح‌های مورد حمایت موسسه ARPA-E برای تدوین دانش فنی آهنرباهای جدید..... ۱۱
- جدول (۳-۱): تحقیقات انجام شده در رابطه با موتورهای آهنربای دایم در کشور آمریکا..... ۱۳
- جدول (۴-۱): فعالیت‌های تحقیقاتی ژاپن در زمینه ساخت آهنرباهای جدید..... ۱۴
- جدول (۵-۱): تحقیقات انجام شده در رابطه با موتورهای آهنربای دایم در کشور انگلیس..... ۱۷
- جدول (۶-۱): نقطه هدف فناوری موتور الکتریکی مورد استفاده در خودروی الکتریکی..... ۲۲

مقدمه

در این گزارش وضعیت برخی از انواع موتورهای الکتریکی در کشورهای دنیا مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در این راستا، ابتدا وضعیت موتورهای القایی سه فاز در آمریکا، اتحادیه اروپا، انگلستان و چین مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به آنکه در حال حاضر، عمده موتورهای الکتریکی موجود در صنعت از نوع موتورهای القایی سه فاز می باشند، کشورهای مختلف دنیا در خصوص بهینه سازی مصرف انرژی و افزایش بازده این نوع از موتورها سیاست هایی را به اجرا گذاشته اند. لذا در بخش مربوط به موتورهای القایی سه فاز، فعالیت هایی که در راستای افزایش بازده این نوع از موتورها طی سال های گذشته در کشورهای مذکور صورت گرفته نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه، وضعیت آهنرباهای دائم و موتورهای الکتریکی آهنربای دائم مورد بررسی قرار گرفته اند. لازم به ذکر است، اگر چه آهنرباهای دائم کمیاب خاکی امروزه بطور گسترده‌ای توسط سازندگان ماشین های الکتریکی برای کاربردهای متعدد مورد استفاده قرار می گیرند، اما فعالیت های تحقیقاتی پیرامون حذف یا کاهش مواد کمیاب خاکی از آهنرباهای دائم و یافتن جایگزینی برای آنها به سرعت در حال افزایش است که در بخش مربوط به موتورهای آهنربای دائم به این موضوع اشاره شده است. از جمله سیستم‌هایی که امروزه نقش قابل توجهی در بهینه سازی مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی دارند، سیستم‌های تنظیم سرعت می باشند که در بخش سوم به آنها پرداخته شده است. در بخش های چهارم و پنجم نیز به مقوله خودروهای الکتریکی و جاروهای برقی خانگی اشاره شده است.

۱- بررسی پروژه های مهم کشورهای

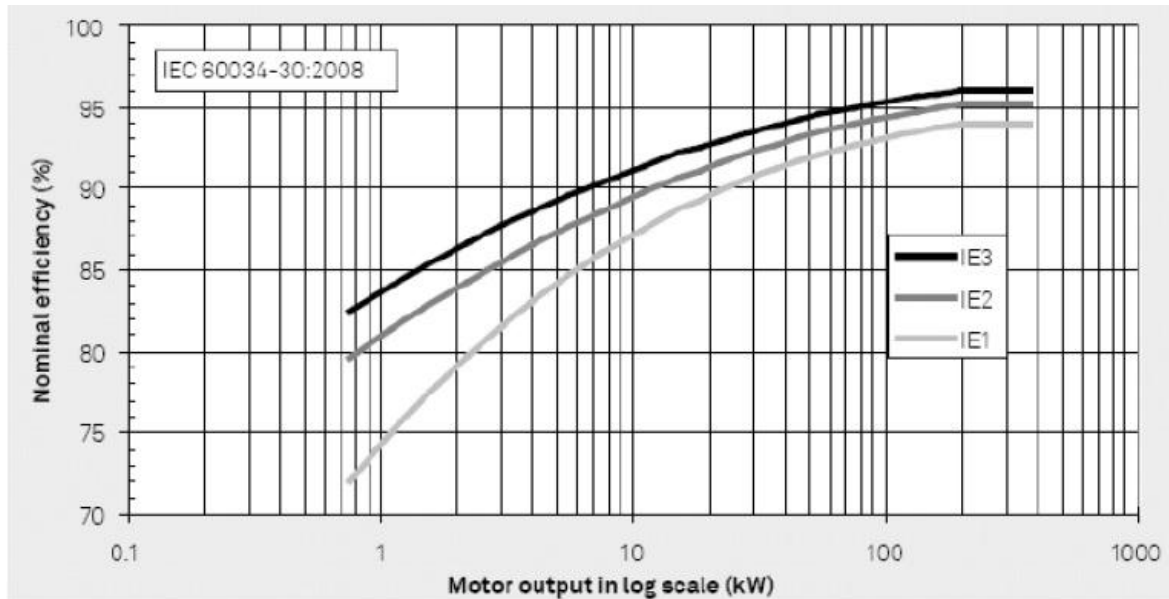
دیگر در زمینه توسعه فناوری

موتورهای الکتریکی

۱-۱- موتورهای القایی سه فاز

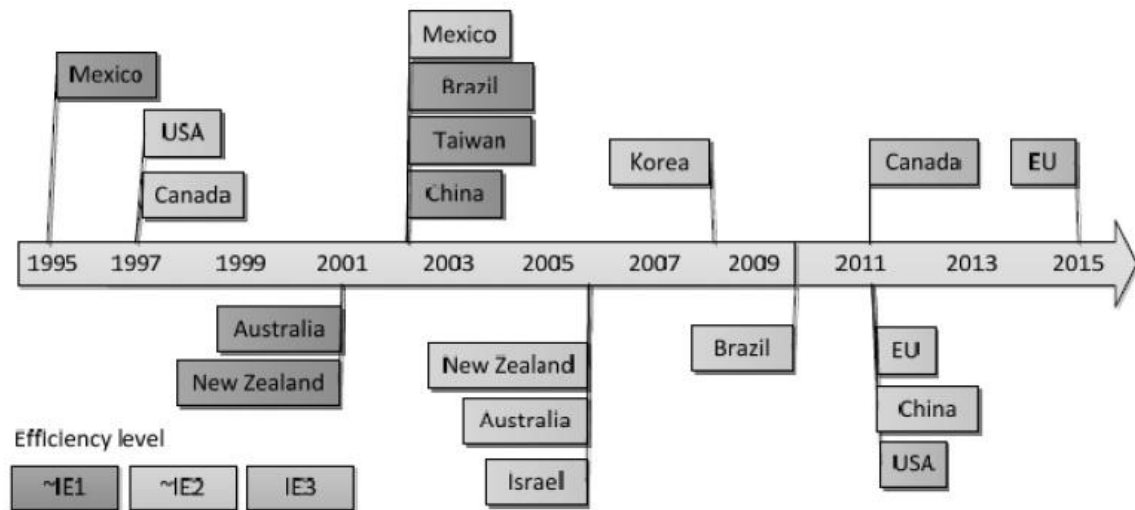
در سال ۲۰۱۱ سازمان توسعه صنعتی ملل متحد (UNIDO) گزارشی را در خصوص پتانسیل های فنی و سیاست کشورهای توسعه یافته پیرامون موتورهای الکتریکی و سیستم‌هایی مانند پمپ ها، فن ها، و کمپرسورها که از موتور الکتریکی استفاده می کنند منتشر نمود. بر اساس این گزارش، در دهه اخیر بسیاری از کشورها جهت بهبود بازده موتورهای مورد استفاده در بازار، شروع به تدوین برچسب و استاندارد عملکرد با حداقل انرژی^۱ (MEPS) نمودند. بر این اساس، لازم بود که پیش نیاز لازم برای تدوین برچسب و استاندارد MEPS، یعنی کلاس های بازده موتور تعیین گردد. این کار به صورت مجزا در کشورهای مختلف صورت گرفت که نتیجه آن، چندین استاندارد ملی متفاوت بود. اما از آنجاییکه تعاریف مختلف از کلاس های بازده در کشورهای مختلف، مقایسه موتورهای موجود در بازار را با مشکل مواجه کرده بود، موسسه IEC دسته بندی بین المللی بازده، استانداردهای تست، و برچسب مربوط به موتورهای الکتریکی را منتشر نمود. دسته بندی IEC، چهار سطح بازده را با برچسب IE1 برای موتورهایی با پایین ترین بازده و IE4 برای موتورهایی با بالاترین بازده مشخص نمود. این دسته بندی به سرعت به عنوان مبنایی برای تدوین برچسب و رویه MEPS در سطوح ملی مورد استفاده قرار گرفت. محدوده دسته بندی IEC شامل موتورهای القایی سه فاز در محدوده توان 0.75 تا 375 KW می شود. در شکل (۱-۱) دسته بندی بازده موتورهای 50 Hz و ۴ قطب بر اساس دسته بندی IEC نشان داده شده است [۱].

¹ - Minimum Efficiency Performance Standards



شکل (۱-۱): دسته بندی بازده موتورهای 50 Hz و ۴ قطب بر اساس دسته بندی IEC

آمریکا اولین کشوری بود که استاندارد عملکرد با حداقل بازده را مطرح کرده و در سال ۱۹۹۲ به تصویب رساند و در سال ۱۹۹۷ آن را اجرایی نمود. در واقع، سازندگان موتور مدت پنج سال برای تطبیق با استانداردها و طراحی مجدد موتورهایشان فرصت داشتند. این استاندارد که EPA 92 نام داشت، قابل مقایسه با کلاس IE2 در استاندارد IEC بود. تغییرات این استاندارد در سال ۲۰۰۷ مطرح شد و در ۲۰۱۰ اجرایی گردید. تا سال ۲۰۱۰، آمریکا و کانادا اولین کشورهایی بودند که استاندارد عملکرد با حداقل بازده (MEPS) را بر اساس IE3 بنا نهادند. در شکل (۱-۲) زمان آغاز برنامه کشورهای مختلف در خصوص استانداردهای مذکور نشان داده شده است [۱]. در آمریکا تعداد موتورهای پربازده (NEMA Premium) که معادل موتورهای IE3 هستند از سال ۲۰۰۱ به تدریج افزایش پیدا کرد و در سال ۲۰۰۶ به ۳۰ درصد تعداد موتورهای موجود در بازار آمریکا رسید. در سال ۲۰۰۶ موتورهای IE2 و بالاتر، حدود ۸۰ درصد بازار آمریکا را در اختیار داشتند که این مقدار برای بازار اروپا برابر ۱۲ درصد بود. در کانادا موتورهای IE3 حدود ۳۹ درصد بازار را در سال ۲۰۰۷ در اختیار داشتند. در کره در سال ۲۰۰۵، حدود ۱۰ درصد موتورهای موجود در بازار از نوع IE1 بودند و مابقی بازده پایین تری داشتند. در برزیل، سازندگان موتورهای الکتریکی به راحتی توانستند خود را با اولین نسخه استاندارد MEPS در سال ۲۰۰۲ وفق دهند چرا که آنها قبل از آن موتورهایی با بازده نسبتاً بالا تولید می کردند.



شکل (۲-۱): زمان اجرایی شدن استانداردهای مربوط به بازده موتورهای الکتریکی در کشورهای مختلف

۱-۱-۱- آمریکا

یکی از کشورهای پیشرو در توسعه صنعت موتورهای الکتریکی کشور آمریکاست. از دهه ۱۹۹۰ تحقیقات بر روی افزایش کارایی موتورهای القایی انجام شده است که هدف از این تحقیقات عمدتاً مربوط به افزایش بازده موتورهای القایی است. در راستای تکامل موتورهای با بازده بالا در ایالات متحده، سه رویداد به عنوان نقطه عطف در این مسیر در نظر گرفته می‌شوند [۲]:

بحران انرژی سال ۱۹۷۲: تا زمان بحران نفتی در دهه ۷۰ میلادی، قیمت پایین انرژی موجب شده بود که استفاده بهینه از آن در اولویت‌های پایین قرار داشته باشد. تلاش سازندگان موتورهای الکتریکی بر کاهش قیمت بود (مانند: کاهش مس یا آهن مصرفی) که این امر در برخی موارد به ضرر بازده موتور تمام می‌شد. علاوه بر این، سازمان‌های عمومی و انجمن‌های خصوصی مانند NEMA توجه خاصی به بازده نداشتند. بحران انرژی توجه خاصی را به سوی بازده معطوف نمود و کنگره آمریکا در سال ۱۹۷۷ قانون سیاست انرژی فدرال^۱ را تصویب نمود. از آن پس، سازندگان موتورهای الکتریکی شروع به تولید موتورهای جدید با بازده بهبود یافته و استانداردهای داخلی نمودند.

^۱ - Federal Energy Administration Act

قانون حفظ و خط مشی انرژی^۱ (EPCA) (سال ۱۹۹۲): قانون گذاری فدرال برای اولین بار با استفاده از استانداردهای موجود NEMA و قواعد وضع شده توسط دپارتمان انرژی آمریکا استاندارد را برای حداقل بازده موتورهای الکتریکی وضع نمود. این اولین قانون انرژی بود که رعایت مقادیر حداقل، نامی، و بار کامل بازده موتورهای القایی 230/460 V، طراحی های NEMA از نوع A و B، 60 Hz، 1 to 200 hp، 6 قطب (3600, 1800, and 1200 rpm) را لازم می دانست. موتورهایی که مشمول این قانون می شدند را موتورهای EPCA نامیدند. بازده نامی این موتورها یک تا چهار درصد بالاتر از بازده موتورهای استاندارد است که این موتورها جایگزین آنها شدند. این قوانین از اکتبر ۱۹۹۷ بر روی موتورهای ساخته شده و وارد شده اعمال گردید.

قانون امنیت و عدم وابستگی به انرژی^۲ (EISA) (سال ۲۰۰۷): در سال ۲۰۰۵ کنگره آمریکا قانون سیاست انرژی موسوم به EPAct 2005 را تصویب نمود که به موجب آن لازم بود موتورها به مقادیر نامی NEMA Premium efficiency برسند (یعنی بالاتر از EPAct 92). این مقادیر چند درصد بالاتر از مقادیر مربوط به مصوبه EPAct می باشند. در سال ۲۰۰۷، کنگره آمریکا مصوبه امنیت و عدم وابستگی به انرژی (EISA) را که قوانین مربوط به بازده را برای موتورهای EPAct 92 به روز می کرد، توسعه داد و دسته بندی جدیدی از موتورها را نیز به این مجموعه اضافه نمود و قوانین مربوط به بازده را برای آنها نیز مصوب نمود [۳].

در سال های اخیر نیز با توجه به کاربردهای نوین موتورهای الکتریکی در حوزه هایی چون خودروهای هیبریدی، کاربردهای نظامی - دریایی و کاربردهای سرعت بالا، تحقیقاتی در این زمینه ها نیز انجام شده که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد.

- پروژه های با حمایت مالی موسسه بین المللی مس^۳ و وزارت انرژی آمریکا و با همکاری موسسات تحقیقاتی و دانشگاهی مختلف از جمله دانشگاه MIT، شرکت های مختلفی از صنایع همچون سازندگان موتور، صنایع ریخته گری تجهیزات دما بالا، موسسه تحقیقاتی تهویه مطبوع با عنوان "افزایش بازده موتور با دایکست مس در روتور موتور القایی" انجام شده که در آن هدف ارتقا بازده موتور قفس سنجابی با به کارگیری ریخته گری مس در روتور بجای آلومینیوم بود. در این پروژه تلفات اهمی

¹ - Energy Policy and Conservation Act

² - Energy Independence and Security Act

³ - International Copper Association

به اندازه ۴۰ درصد و تلفات ماشین به اندازه ۲۰ درصد کاهش پیدا کرد [۱]. با استفاده از نتایج این پروژه، شرکت های متعدد در سراسر دنیا اقدام به ساخت موتورهای القائی با این فناوری نمودند که از جمله آنها می توان به زیمنس آلمان و شرکت چینی Yunnan Copper Die-Casting اشاره نمود [۱]. این شرکت چینی در سال ۲۰۰۶ از این فناوری در محصولات شرکت خود استفاده کرده و اولین نمونه محصول خود با این فناوری را در سال ۲۰۱۲ روانه بازار نمود. پروژه فوق الذکر در سال ۱۹۹۴ شروع و پس از ۳ سال مطالعات آن باتمام رسید.

- شرکت جنرال الکتریک با همکاری وزارت انرژی آمریکا جهت بهبود عملکرد موتورهای القائی و آهنربای دائم پروژه‌ای تحت عنوان "روش های نوین ساخت موتورهای القائی و مغناطیس دائم پرقدرت" از سال ۲۰۱۱ تا سال ۲۰۱۴ اجرا نمود. هزینه پروژه توسط شرکت GM به مبلغ ۱/۳ میلیون دلار و DOE به مبلغ ۱/۲۲۵ میلیون دلار تامین شده است. مجری پروژه مذکور موسسه تحقیقاتی Pacific Northwest National Laboratory بوده و اهداف پروژه شامل کم نمودن وزن موتور، بهبود عملکرد ماشین و کم نمودن هزینه های ساخت می باشد [۴].

- موسسه USCAR آمریکا در سال ۲۰۰۶ با همکاری وزارت انرژی آمریکا و شرکت های دیگری از قبیل Chrysler، Ford، GM، BP، Chevron، ExxonMobil، Tesla Motors، Southern California Edison، DTE Energy، EPRI طرح تهیه نقشه راه تجهیزات الکتریکی مورد استفاده در خودروی هیبریدی از جمله ماشین های الکتریکی مورد استفاده در آن از جمله موتور القایی با هدف کاهش هزینه ساخت، افزایش بازده انرژی و بهبود عملکرد موتور القائی و افزایش نسب توان-سرعت به مقدار ۸:۱ را بر عهده گرفته است [۵].

- گروه سیستم های قدرت سازمان دریایی آمریکا نیز با تامین مالی وزارت دفاع آمریکا در سال ۲۰۰۷ یکی از اهداف نقشه راه تکنولوژی دریایی خود را طراحی ماشین های القایی پر قدرت تا توان ۱۰۰ مگاوات با بازده و سرعت بالا قرار داده است [۶].

۱-۱-۲- اتحادیه اروپا

اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۹، آیین نامه حداقل بازده موتورهای الکتریکی را مصوب نمود که در خصوص موتورهای با توان 0.75 KW تا 200 KW و مطابق با استاندارد IEC 60034-30 (که در ارتباط با طبقه بندی بازده است) است. بر این اساس،

الزامات طراحی موتورهای الکتریکی القایی به صورت زیر تعیین گردید [۳]:

الف- 16 June 2011: بازده موتورها نباید کمتر از سطح IE2 باشد.

ب- 1 January 2015: بازده موتورهای 7.5 KW تا 375 KW نباید از سطح IE3 کمتر باشد یا در صورتیکه به VSD^۱ مجهز هستند بازده آنها از سطح IE2 کمتر نباشد.

ج- 1 January 2017: تمامی موتورهای 0.75 KW تا 375 KW از سطح IE3 کمتر نبوده یا در صورت برخورداری از VSD، حداقل بازده آنها در سطح IE2 باشد.

لازم به ذکر است بر اساس استاندارد IEC 60034-30 کلاس‌های مختلف بازده مربوط به موتورهای القایی قفسه‌سنجایی تک سرعته و سه فازی است که مشخصات زیر را دارا باشند [۷]:

- حداکثر ولتاژ نامی فاز برابر 1000 V باشد.

- توان خروجی نامی بین 0.75 KW و 375 KW داشته باشند.

- تعداد قطب‌ها برابر ۲، ۴، یا ۶ باشد.

۱-۱-۳- انگلستان

در این کشور اغلب پروژه‌های انجام شده در حوزه موتورهای القایی توسط شورای تحقیقاتی علوم مهندسی و فیزیک (EPSRC) حمایت شده‌اند و مجری این پروژه‌ها دانشگاه‌ها و موسسات تحقیقاتی این کشور می‌باشند. در ادامه لیست پروژه‌های انجام شده با حمایت مالی این موسسه در جدول (۱-۱) آمده است [۸].

جدول (۱-۱): پروژه‌های تحقیقاتی انجام شده با حمایت موسسه EPSRC

عنوان پروژه	سال انجام	مجری	همکاران پروژه	مبلغ پروژه (پوند)	نتیجه پروژه
ترکیب جدید اینورتر جهت استفاده در درایو موتور القایی با خروجی حداکثر ضریب توان	۱۹۹۳ تا ۱۹۹۵	دانشگاه ناتینگهام	-	۶۸،۲۱۲	-
کنترل گشتاور موتور القایی کم سرعت	۱۹۹۴ تا ۱۹۹۷	دانشگاه نیوکاسل	-	۱۰۶،۷۸۷	با این روش نیاز به نصب سنسور شفت، در مواردی که نیاز به کنترل گشتاور در سرعت‌های پایین لازم می‌شد، حذف گردید.
روش کنترل برداری جدید با عملکرد بالا جهت استفاده در موتور القایی	۱۹۹۲ تا ۱۹۹۵	دانشگاه ناتینگهام	-	۹۸،۰۷۲	-

¹ Variable Speed Drive

عنوان پروژه	سال انجام	مجری	همکاران پروژه	مبلغ پروژه (پوند)	نتیجه پروژه
تعیین پارامترهای مدار معادل موتور القائی با استفاده از روش المان محدود	۱۹۸۹ تا ۱۹۹۱	دانشگاه کمبریج	-	۳۶،۸۸۷	-
کنترل تطبیقی مقاوم موتور القائی	۱۹۹۴ تا ۱۹۹۷	دانشگاه بریستول	-	۱۷۲،۸۸۹	بررسی نظری و عملی بکارگیری روش کنترلی جدید بر روی موتور القائی
بررسی حالت ماندگار موتور القائی با استفاده از المان محدود سه بعدی	۱۹۹۳ تا ۱۹۹۶	دانشگاه کمبریج	-	۱۳۶،۴۸۷	توسعه مدل سه بعدی برای تحلیل حالت ماندگار
جنبه های طراحی سیستم داریو سرعت متغیر موتور القائی		دانشگاه ناتینگهام	Eurotherm Drives Ltd , Invensys PLC Group Ltd , Pre Nexus Headquarters Migration Ltd , Transtech Ltd	-	-
بررسی عملکرد موتور-داریو بدون سنسور	۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵	دانشگاه هریوت وات	Alstom Group	۱۴۸،۲۷۳	کنترل دقیق سرعت و گشتاور با حذف سنسور مکانیکی محور موتور
بررسی موتور - داریو چند فازه	۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴	دانشگاه منچستر	-	۲۴۳،۴۸۶	بررسی افزایش عملکرد موتور القائی با افزایش فازهای آن بیشتر از ۳ فاز که باعث افزایش بازده، کاهش گشتاور ضربانی و درجه تحمل بالا در خطای احتمالی
بررسی تلفات stray در موتور القائی	۲۰۰۱ تا ۲۰۰۴	دانشگاه منچستر	Invensys	۳۲۴،۸۷۹	استخراج تست استاندارد جهت بررسی تلفات stray در موتور القائی

۱-۱-۴- چین

دولت چین از دهه ۸۰ میلادی به دنبال کاهش مصرف انرژی در بخش صنعت بود. در سال ۲۰۰۶ حدود 61.8% (1.43 trillion KWh) از کل مصرف سالانه الکتریسیته کشور چین توسط سیستم هایی که از موتورهای الکتریکی استفاده می کردند (مانند فن ها، پمپ ها، و کمپرسورهای هوایی) مصرف می شد. در صورت استفاده این کشور از استانداردهای موتورهای پربازده (premium efficiency) امکان صرفه جویی در مصرف انرژی به میزان 11% (معادل 150 billion KWh) وجود داشت [۲] و این نکته دلیل مناسبی بود که کشور چین به سمت موتورهای الکتریکی و سیستم های موتوری با بازده بالا حرکت کند. در این راستا، موسسات مختلف آمریکایی تجربیات خود را در اختیار این کشور قرار دادند. به عنوان مثال: موسسه ACEEE^۱ در راستای تدوین استاندارد در چین همکاری نزدیکی با این کشور داشت و موسسه NEMA نیز تجربیات بهبود بازده موتورهای الکتریکی در آمریکا را در اختیار همتایان چینی خود قرار داد و سمینارهایی را در این خصوص برگزار نمود.

¹ - American Council for an Energy-Efficient Economy

دولت چین تلاش‌های متعددی را برای بهبود بازده موتورهای الکتریکی متقبل شد. یکی از این تلاش‌ها، برچسب گذاری بود که بر اساس آن، از سپتامبر سال ۲۰۰۸ تمامی موتورهای با حداکثر توان 315 KW ساخت داخل یا وارداتی باید از برچسب انرژی که موید برآورده نمودن ملزومات استاندارد رتبه ۱، ۲، ۳ است، را دارا باشند. در این استاندارد، رتبه ۱ معادل استاندارد NEMA Premium می‌باشد. با توجه به آنکه این برچسب گذاری و روش‌های تست مربوط به آن معادل استاندارد IEC است، بنابراین در این مرحله کشور چین با اروپا همگام بود. اقدامات کشور چین در ارتباط با بازده موتورهای الکتریکی شامل موارد زیر می‌شود:

- برچسب گذاری و ارائه گواهی

- همکاری بین‌المللی (به عنوان مثال: همکاری با ایالات متحده، اروپا، بانک جهانی، سازمان ملل متحد، سایر کشورهای آسیا-اقیانوسیه)

- تامین اعتبار (سیاست اعطای پاداش‌های مالی برای ارتقاء تکنولوژی بهبود مصرف انرژی)

- بازگشایی چهار آژانس خدمات دهی در خصوص حفظ انرژی سیستم‌های موتوری که در زمینه‌های ایجاد ظرفیت، تهیه تجهیزات، آموزش فنی، ارزیابی کارخانه و مطالعات موردی متخصص هستند.

- ایجاد کمپانی‌های منطقه‌ای در زمینه خدمات انرژی (ESCOs)

۱-۲- موتورهاى آهنربای دائم

۱-۲-۱- آمریکا

با همکاری چهار دانشگاه University of Delaware, Virginia Commonwealth University, NorthEastern و Ames Laboratory و آزمایشگاه دولتی Ames Laboratory و شرکت Electron و University of Nebraska-Lincoln و با حمایت DOE ARPA-E^۱ برنامه‌ای با عنوان "High-Energy Permanent Magnets for Energy Corporation

^۱ - Energy Service Companies

^۲ The Advanced Research Projects Agency-Energy

Hybrid Vehicles and Alternative Energy Uses" اجرا شده است که هدف آن تولید آهنرباهایی با عناصر کمیاب خاکی کمتر برای استفاده در موتورهای الکتریکی مورد استفاده در خودروهای برقی و یا هیبریدی است. در جدول (۲-۱) سایر تحقیقات مورد حمایت این مرکز در رابطه با فناوری آهنرباهای نوین آورده شده است. در تمامی طرح‌هایی که در این جدول آورده شده، علاوه بر مجری اصلی که در ستون سوم به آن اشاره شده، شرکای دیگری هم وجود دارد که شامل چند دانشگاه و شرکت بزرگ سازنده است [۹]. در تمامی این برنامه‌ها اهداف اصلی آنست که اولاً: استفاده از مواد نایاب خاکی کاهش یابد و ثانیاً: هزینه تولید آهنربا نیز به مقادیر خاصی کاهش یابد.

جدول (۲-۱): طرح‌های مورد حمایت موسسه ARPA-E برای تدوین دانش فنی آهنرباهای جدید

ردیف	موسسه مجری	نام طرح	زمان	مبلغ پروژه \$	هدف طرح
۱	University of Delaware	High-Energy Composite Permanent Magnets	۲۰۱۳-۲۰۱۰	۴,۴۷۵,۴۱۷	تولید آهنرباهایی با عناصر نایاب خاکی کمتر و با انرژی دو برابر قوی‌ترین آهنرباهای موجود جهت استفاده در موتورهای خودروهای برقی و هیبریدی
۲	University of Minnesota	Iron-Nitride-Based Magnets	۲۰۱۵-۲۰۱۲	۴,۲۰۰,۹۳۱	تولید آهنرباهای آهن - نیتريد برای استفاده در موتورهای خودروهای برقی و ژنراتورهای مورد استفاده در انرژی‌های نو
۳	GE Global Research	Nanocomposite Magnets	۲۰۱۳-۲۰۱۰	۲,۲۴۹,۹۸۰	استفاده از فناوری نانوکامپوزیت‌ها برای تولید آهنرباهایی با عناصر نایاب خاکی کمتر از آهنرباهای موجود
۴	PNNL	Manganese-Based Magnets	۲۰۱۵-۲۰۱۲	۵,۳۸۸,۰۹۱	استفاده از فناوری نانوکامپوزیت‌های منگنز برای تولید آهنرباهایی با هزینه کمتر برای خودروهای برقی و توربین باد
۵	Ames Laboratory	Cerium-Based Magnets	۲۰۱۵-۲۰۱۲	۳,۰۶۲,۹۲۲	استفاده از مواد پایه سریومی برای تولید آهنرباهایی با هزینه کمتر برای خودروهای برقی و توربین باد
۶	Dartmouth College	Manganese-Aluminum-Based Magnets	۲۰۱۳-۲۰۱۲	۳۹۷,۴۳۳	ساخت آهنربا با استفاده از الیازهای خاص که خواص بهتری از آهنرباهای نایاب خاکی فعلی داشته باشند. در توربین باد و خودروهای هیبرید بیشتر کاربرد خواهند یافت.
۷	University of Alabama	Rare-Earth-Free Nanostructure Magnets	۲۰۱۳-۲۰۱۲	۸۲۲,۹۳۳	ساخت آهنربا با استفاده از مواد پایه فریتی و منگیزی. در توربین باد و خودروهای هیبرید بیشتر کاربرد خواهند یافت.
۸	Northeastern University	Iron-Nickel-Based Supermagnets	۲۰۱۳-۲۰۱۲	۲,۳۰۳,۳۴۳	ساخت آهنربا با استفاده از آهن - نیکل. در توربین باد و خودروهای هیبرید بیشتر کاربرد خواهند یافت

اگرچه سازندگان در خلال دهه گذشته، استفاده از آهنرباهای دائم و سایر موتور- درایوهای با بازده بالا را آغاز کرده اند، اما با توجه به نگرانی‌های موجود در خصوص هزینه و در دسترس بودن فلزات کمیاب خاکی، انگیزه برای یافتن جایگزین این مواد رو به افزایش است. برنامه جایگزین‌های مواد کمیاب خاکی در فناوری‌های بحرانی (REACT) مربوط به آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته در دپارتمان انرژی آمریکا (ARPA-E)، تحقیقاتی را در خصوص جایگزین‌های مواد کمیاب خاکی مورد حمایت قرار داده است [۱۰]. یک گزینه، جایگزینی نئودیمیوم با فلز سریوم^۱ است که ارزانتر بوده و بیشتر یافت می‌شود. از گزینه‌های دیگر می‌توان به استفاده از مواد کامپوزیت در ابعاد نانو^۲ برای تولید آهنرباهای دائم اشاره نمود [۱۰].

تحقیقات در زمینه موتورهای آهنربای دائم در کشور آمریکا بیشتر در زمینه خودروهای برقی متمرکز است و تقریباً تمامی آنها از طرف وزارت انرژی آمریکا (DOE) حمایت مالی شده‌اند. در این زمینه برنامه‌ای وجود دارد که تا سال ۲۰۲۲ کشور آمریکا اولین کشوری باشد که به صورت گسترده از فناوری خودروهای برقی با قابلیت اتصال مستقیم به شبکه برق^۳ (برای شارژ کردن خودرو)، استفاده می‌نماید [۱۱]. در حال حاضر بیشتر از موتورهای آهنربای دائم با استفاده از مواد کمیاب خاکی برای به حرکت درآوردن چرخ‌های خودرو استفاده می‌شود و سازمان انرژی آمریکا از تحقیقات برای جایگزین کردن این موتورها (به دلیل نبود مواد نایاب خاکی در آمریکا) حمایت مالی می‌نماید. به عنوان مثال از قراردادهای در زمینه خودروهای برقی، می‌توان به قراردادی که بین شرکت UQM Technologies و شرکت CODA Automotive در سال ۲۰۰۹ و به مدت ۱۰ سال منعقد شده اشاره نمود که مقرر شد شرکت UQM Technologies تعداد ۲۰،۰۰۰ سیستم محرکه با توان بیشینه ۱۰۰ کیلووات تحویل دهد [۱۲]. در جدول (۱-۳) برخی از پروژه‌های حمایت شده از طرف DOE آمده است.

¹ - Cerium

² - Nanoscale Composite Materials

³ Plug- in Electric Vehicle

جدول (۳-۱): تحقیقات انجام شده در رابطه با موتورهای آهنربای دایم در کشور آمریکا

ردیف	موسسه مجری	نام طرح	موسسه حامی	زمان	مبلغ پروژه \$	هدف طرح
۱	UQM Technologies, Inc.	-	DOE	-	۳,۰۲۴,۵۹۲	هدف دست یابی به دانش فنی موتورهای آهنربای دایم از مواد غیر نایاب خاکی است که زمینه را برای استفاده از فناوری آهنرباهای کم انرژی فراهم می‌کند.
۲	Electron Energy Corporation	High Performance Permanent Magnets for Advanced Motors	DOE	-	۳,۰۰۰,۰۰۰	ساخت (نمونه‌سازی و تجاری کردن) موتورهای آهنربای دایم با استفاده از آهنرباهای با مقاومت الکتریکی بالا برای استفاده در خودروهای الکتریکی و توربین‌های بادی.
۳	-	Permanent Magnet Development for Automotive Traction Motors	DOE, Baldor, GM, GE and UQM	۲۰۰۱- ۲۰۱۵	۱۲,۹۵۰,۰۰۰	در کنار برنامه‌ریزی برای تولید آهنرباهای مناسب و با استفاده کمتر از مواد کمیاب خاکی برای ساخت موتورهای آهنربای دایم جهت استفاده در خودروهای برقی، برای رسیدن به چگالی توان موتورهای آهنربای دایم ساخته شده در این پروژه دستیابی به چگالی توان بیش از ۱,۴ کیلووات بر کیلوگرم هدف گذاری شده است.
۴	-	Novel Manufacturing Technologies for High Power Induction and Permanent Magnet Electric Motors	DOE and GM		۲,۵۳۱,۰۰۰	ساخت موتورهای القایی و آهنربای دایم سبک‌تر، با کارایی بالاتر و قیمت پایین‌تر برای استفاده در خودروهای برقی - هیبریدی

۱-۲-۲- ژاپن

با هدف حل معضلات آهنرباهای نئودیمیوم، سه پروژه مطابق جدول (۴-۱) در کشور ژاپن در حال اجرا می‌باشد [۲۵]. لازم به ذکر است که ساختار تحقیقاتی در کشور ژاپن به این صورت است که تحقیقات کاربردی از طرف METI^۱ و NEDO^۲ (سازمانی است زیر مجموعه METI) و تحقیقات بنیادی از طرف MEXT^۳ حمایت می‌شوند [۱۳].

^۱ Ministry of Economy, Trade and Industry

^۲ New Energy and Industrial Technology Development Organization

^۳ Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

جدول (۱-۴): فعالیت‌های تحقیقاتی ژاپن در زمینه ساخت آهنرباهای جدید

ردیف	نام طرح	موسسه حامی	سال شروع	هدف طرح
۱	Development of Technology to Reduce Dysprosium Used in Rare Earth Magnets	METI NEDO	۲۰۰۷	ساخت آهنرباهای نئودیومی با عنصر Dy کمتر نسبت به آهنرباهای موجود برای استفاده در محیط‌های گرم
۲	Project for High Performance Anisotropic Nanocomposite Permanent Magnets with Low Rare-Earth Content	MEXT	۲۰۰۷	هدف تولید آهنرباهای جدید نانوکامپوزیتی یا ترکیبات فریتی است.
۳	Development of New Permanent Magnets Substituting for Nd-Fe-B Magnets	METI NEDO	۲۰۰۹	ساخت آهنرباهای سبک به جای آهنرباهای نئودیومی برای استفاده در موتورهای الکتریکی بسیار سبک

۱-۲-۳- سوئد

تحقیقات در زمینه موتورهای آهنربای دائم در کشور سوئد بیشتر در زمینه استفاده از این موتورها در خودروهای برقی - هیبریدی و قطارها است. کشور سوئد، علیرغم کوچک بودن آن، دارای دو شرکت بزرگ سازنده خودروهای کشنده^۱ و دو شرکت سازنده خودروهای بزرگ می‌باشد که صادرات محصولات این شرکت‌ها بیشترین حجم صادرات این کشور را تشکیل می‌دهد و در ایجاد فرصت‌های شغلی و کسب درآمد در این کشور نقش بسزایی بر عهده دارد. با توجه به این مزیت اقتصادی، برنامه‌های زیادی برای تقویت صنعت خودرو در کشور سوئد به اجرا درآمده است. در سال ۱۹۹۴ دولت و شرکت‌های خودروساز برای اعطای بودجه‌های تحقیقاتی در زمینه‌های خاص خودرو و تشکیل انجمنی برای تحقیقات مرتبط با خودروها توافق کردند و در سال‌های بعد دو برنامه با عنوان "خودروی سبز"^۲ در این راستا تدوین گردید [۱۴]. در راستای این برنامه، تحقیقات مختلفی در دانشگاه‌های کشور سوئد صورت گرفت مانند پروژه دکتری در دانشگاه LUND که موضوع آن ساخت یک نمونه موتور سنکرون آهنربای دائم برای استفاده در خودروهای برقی - هیبریدی است که در سال ۲۰۱۴ انجام گرفته است. این پروژه توسط آژانس انرژی سوئد حمایت و تامین مالی شده است [۱۵]. علاوه بر این، پروژه ای نیز به منظور استفاده از موتورهای

¹ Truck

² Green Car

PMSM در خودروهای هیبرید، با حمایت سازمان ملی توسعه فنی و صنعتی کشور سوئد (NUTEK) در دانشگاه مذکور انجام شد [۱۶].

برنامه دیگر کشور سوئد در رابطه با قطارها می‌باشد که موسوم به "قطار سبز" است. این برنامه علمی و تحقیقاتی با مشارکت وزارت حمل و نقل، دانشگاه KTH، شرکت بهره‌بردار قطارها و یک شرکت تجاری به نام Bombardier تدوین گشته است و هدف آن مطالعه و بررسی نسل آینده قطارهای مسافری در کشورهای اسکاندیناوی است که مصرف انرژی بسیار پایینی داشته باشند و سرعت آنها تا ۲۵۰ کیلومتر بر ساعت و در مراحل بعدی با اصلاحات بیشتر آیرودینامیکی به ۳۰۰ کیلومتر بر ساعت افزایش یابد [۱۷-۱۹]. در همین راستا در دانشگاه KTH پایان‌نامه‌هایی برای طراحی و ساخت موتورهای آهنربای دائم سنکرون رلوکتانس^۲ (با حمایت آژانس انرژی سوئد) و همچنین آزمایش میدانی این موتورها (با مشارکت شرکت Bombardier) انجام گرفته است [۲۰ و ۲۱].

همچنین در این کشور با حمایت مرکز EKC2^۳، برنامه‌های با عنوان مخفف HPD^۴ در خلال سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۲ اجرا شده است که هدف از آن افزایش دانش در رابطه با طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی است که عملکرد عالی برای مجموعه‌ای از کاربردهای مختلف داشته باشند. در این برنامه تلاش می‌گردد پدیده‌هایی که (شامل مواد و فرایند تولید) بر عملکرد ماشین و درایو الکترونیکی آن تاثیر می‌گذارند شناسایی شده، مدل طراحی و بررسی عملکرد ماشین‌های الکتریکی به دست آید و نمونه موتورهای ساخته شده با این مدل‌ها، با همکاری صنعت مورد آزمایش و بررسی عملی قرار گیرند [۲۲]. در این راستا پروژه دکتری در دانشگاه KTH و با حمایت EKC2 در رابطه با طراحی و ساخت یک نمونه موتور سنکرون سرعت پایین (با توان ۴٫۵ کیلووات) برای جایگزینی موتور القایی و گیربکس آن در یک همزن برقی انجام شده است [۲۳]. همچنین پروژه دیگری نیز در این دانشگاه قبلاً با اهداف مشابه انجام گرفته است که از جمله آن می‌توان به مرجع [۲۴] اشاره نمود که در خلال سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ انجام گرفته و هدف از آن بررسی امکان جایگزینی محرکه‌های القایی با محرکه‌های

¹ Green Train

² Permanent Magnet Synchronous Reluctance Motor

³ Center of Excellence in Electric Power Engineering

⁴ High Performance Electrical Machines and Drives

آهنربای دایم بوده است. حامیان این پایان نامه آژانس انرژی سوئد و چندین شرکت تجاری شامل ABB، Atlas Copco، Sura Magnets و غیره بوده است.

۱-۲-۴- فنلاند

یکی از پروژه‌های انجام شده در کشور فنلاند در خلال سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۳ موسوم به Analysis and control of vibrations in electrically driven machine systems بوده است. این برنامه توسط آکادمی فنلاند^۱ که یک موسسه مدیریت تحقیقات در این کشور در این دوره بوده مورد حمایت قرار گرفته است. این موسسه یک برنامه کلی با عنوان آینده مهندسی مکانیک را در سال ۲۰۰۰ آغاز نمود که شامل ۱۳ پروژه بوده و پروژه فوق یکی از این ۱۳ پروژه می‌باشد و اجرای پروژه فوق ۴ پروژه دکتری را به همراه داشت [۲۵] که به دو مورد آن در مراجع [۲۶ و ۲۷] اشاره شده است؛ در این پایان نامه‌ها در رابطه با موضوع کاهش ریبیل موتورهای الکتریکی که با ASD تغذیه می‌شوند (به خصوص موتورهای سنکرون آهنربای دایم) و همچنین موضوع کنترل بدون حسگر موتورهای سنکرون آهنربای دایم تحقیق شده است. این پایان نامه‌ها با حمایت موسسه دولتی TEKES (موسسه دولتی تامین اعتبار پروژه‌های تحقیقاتی در کشور فنلاند)، شرکت‌های تجاری ABB و Metso و ... و در دانشگاه LUT^۲ و دانشگاه صنعتی Tampere انجام شده است.

۱-۲-۵- انگلستان

تحقیقات در زمینه موتورهای آهنربای دایم در کشور انگلیس بیشتر توسط موسسه دولتی اعتباردهی موسوم به EPSRC^۳ حمایت مالی شده و در برخی موارد نیز با مشارکت شرکت‌های تجاری صورت می‌گیرد. این تحقیقات در دو بخش متمرکز است؛ خودروهای برقی - هیبریدی و جایگزینی موتورهای الکتریکی مورد استفاده در تجهیزات و خطوط تولید صنعتی و لوازم خانگی. به عنوان مثال می‌توان به قرارداد شرکت تجاری Beko (شرکت انگلیسی سازنده وسایل خانگی) با گروه الکترونیک

¹ Academy of Finland

² Lappeenranta University of Technology

³ Engineering and Physical Sciences Research Council

قدرت، محرکه و ماشین دانشگاه نیوکاسل (در سال ۲۰۱۴) برای افزایش بازدهی انرژی و وسایل خانگی اشاره نمود [۲۸]. در جدول (۵-۱) برخی دیگر از این تحقیقات اشاره شده است.

جدول (۵-۱): تحقیقات انجام شده در رابطه با موتورهای آهنربای دایم در کشور انگلیس

ردیف	موسسه مجری	نام طرح	موسسه حامی	زمان	مبلغ پروژه £	هدف طرح
۱	Newcastle university	NOVEL CALORIMETER FOR DEVELOPING HIGH-EFFICIENCY PERMANENT-MAGNET MACHINES AND POWER CONVERTERS	EPSRC	۲۰۱۳-۲۰۱۴	۳۶۷،۲۲۵	طراحی و ساخت کالری متر (وات متر) بسیار دقیق برای اندازه‌گیری تلفات موتورهای آهنربای دایم و مبدل‌های الکترونیکی آن. به این وسیله زمینه برای ساخت و توسعه استفاده از محرکه‌های با بازدهی بالا و در کاربردهای مختلف فراهم می‌گردد.
۲	Queen's University of Belfast	NOVEL CALORIMETER FOR DEVELOPING HIGH-EFFICIENCY PERMANENT-MAGNET MACHINES AND POWER CONVERTERS (NovCHEPM)	EPSRC & Dyson Appliance Ltd (as project partner)	۲۰۱۴-۲۰۱۶	۲۶۵،۷۳۸	طراحی و ساخت کالری متر (وات متر) بسیار دقیق برای اندازه‌گیری تلفات موتورهای آهنربای دایم و مبدل‌های الکترونیکی آن. به این وسیله زمینه برای ساخت و توسعه استفاده از محرکه‌های با بازدهی بالا و در کاربردهای مختلف فراهم می‌گردد.
۳	Newcastle university	Underpinning Power Electronics - Integrated Drives	EPSRC	۲۰۱۳-۲۰۱۷	۲،۰۴۱،۱۲۲	این موضوع شامل تحقیقاتی است که از مجتمع کردن فیزیکی محرکه تا ساخت اجزا را شامل می‌شود. هدف نهایی این تحقیق، بررسی و انتخاب بین چالش‌های زیر است: افزایش بازده، افزایش چگالی توان، افزایش استحکام، کاهش تشعشعات مغناطیسی، کاهش هزینه عملکرد و ...
۴	Newcastle university	Integrated Vehicle Electric Systems (VESI)	EPSRC	۲۰۱۱-۲۰۱۵	-	برای عمومی شدن فناوری خودروهای برقی نیاز است که چگالی توان محرکه‌های الکتریکی افزایش و هزینه‌های آن کاهش یابد. در بررسی‌های این پروژه، بر هر دو قسمت موتور و الکترونیک قدرت تمرکز شده است.
۵	Newcastle university	Electric Vehicle Hub Motors (PhD Studentship)	Protean Technologies	۲۰۱۰-۲۰۱۳	-	در این پایان نامه طراحی و ساخت موتور گشتاور بالا که مستقیماً به چرخ خودرو متصل می‌گردد، انجام شده است.
۶	University of Sheffield	Modular Permanent Magnet Brushless Machines	EPSRC	۲۰۰۱-۲۰۰۲	۶۱،۲۵۸	در این پروژه متغیرهای موثر بر عملکرد ماشین‌های آهنربای دایم بدون جاروبک با جزئیات بررسی شده است. این پروژه شامل ایجاد روش طراحی عمومی، تحلیل و انتخاب روش بررسی اثر عدم تعادل فازها بر جریان گردابی القا شده در آهنرباها، نویز و تشعشعات الکترومغناطیسی بوده است.
۷	Alstom Group Brook Hansen Large IND Motors - Eurotherm Drives Ltd - Semikron	FULLY INTEGRATED MOTOR DRIVE USING DIRECT CONVERTER TECHNOLOGY	Alstom Group Brook Hansen Large IND Motors - Eurotherm Drives Ltd -	۲۰۰۰-۲۰۰۴	۲۰۲،۱۷۰	این پروژه در رابطه با موتورهای مجتمع و بررسی عملکرد این موتورها و مدل‌سازی حرارتی بوده است. در این پروژه تلاش شده است که مشکلات مجتمع سازی مانند استفاده از ساختار مبدل الکترونیکی مناسب برای محیط‌های پرتنش مانند محیط‌های با دما و لرزش و نویز بالا بررسی و رفع گردد. هدف نهایی توسعه امکان

استفاده از موتورهای مجتمع در توان‌های تا ۱۰۰ کیلووات بوده است.		Semikron Ltd		Ltd	
--	--	--------------	--	-----	--

۱-۳- سیستم‌های تنظیم سرعت

کشورهای صنعتی و در حال توسعه که نرخ رشد بالایی در صنعت دارند می‌توانند از سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های موتوری (سیستم‌های صنعتی مانند: فن‌ها، پمپ‌ها، و کمپرسورهای هوا که از موتور الکتریکی استفاده می‌کنند) بهره ببرند. استفاده از ابزارهای بهینه‌سازی و تجهیزات با بازده بالا در ساخت کارخانجات تولیدی، روشی بهینه در بهبود مصرف انرژی است. با توجه به آنکه بسیاری از تجهیزات صنعتی طول عمر بالای ۲۰ سال دارند، عدم استفاده از تجهیزاتی که انرژی را به صورت بهینه مصرف می‌کنند باعث تولید محصول غیر بهینه برای مدت زمان طولانی شده و بهینه‌سازی‌های آینده نیز بسیار پرهزینه خواهد بود. زیرا تغییرات قابل توجهی در سیستم مورد نیاز بوده و در برخی موارد نیز بدلیل نیاز به توقف خط تولید، بهینه‌سازی بصورت کامل قابل پیاده‌سازی نخواهد بود [۱].

در کشور چین برنامه‌های مربوط به ممیزی انرژی در سیستم‌هایی که از موتور الکتریکی استفاده می‌کنند (مانند: فن‌ها، کمپرسورهای هوایی، و پمپ‌ها) توسط UNIDO و بین سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۴ انجام گرفت [۱]. این برنامه در ابتدا بصورت آزمایشی در دو استان چین (Jiangsu و Shainghai) انجام گرفت. هدف اصلی این برنامه، آموزش بهینه‌سازی انرژی در سیستم‌های موتوری به کارشناسان و انجام ممیزی انرژی در کارخانجات صنعتی بود. در این طرح، دو گروه از کارشناسان (پرسنل کارخانه و کارشناسان خارج از صنعت) تحت آموزش قرار گرفتند. نتیجه این برنامه، ارزیابی ۳۸ کارخانه در خصوص ممیزی انرژی بود که نشان داد، در مجموع، پتانسیل صرفه‌جویی به میزان ۴۰ GWh (۲۳ درصد کل انرژی مصرفی در سیستم) در آنها وجود دارد. در اکثر این موارد، مدت زمان بازگشت سرمایه، یک تا دو سال بود.

در کشور برزیل، برنامه بازده انرژی صنعتی در سال ۲۰۰۳ به اجرا گذاشته شد که تمرکز اولیه این برنامه بر بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های موتوری صنعتی (مانند: فن‌ها، کمپرسورهای هوایی، و پمپ‌ها) بود [۵۴]. این برنامه سه هدف را دنبال می‌کرد. بهینه‌سازی سیستم‌های موتوری که قبلاً نصب شده‌اند، شتابدهی به وارد شدن موتورهای القایی با بازده بالا به بازار، و تقویت پشتیبانی فنی. به منظور اطمینان از تعهد صنایع، کنفدراسیون ملی صنعت نیز در برنامه طراحی و پیاده‌سازی وارد شد. این برنامه که به شدت بر مبنای توسعه ظرفیت می‌باشد، در فاز اول، اساتید دانشگاه و مشاوران این حوزه تحت آموزش

بهینه سازی مصرف انرژی در سیستم‌هایی که از موتورهای الکتریکی استفاده می کنند قرار گرفتند و در این خصوص، آزمایشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی در دانشگاه‌های مختلف تاسیس گردید. در فاز دوم، افراد شاغل در صنعت توسط افراد آموزش دیده تحت آموزش قرار گرفتند تا قادر به انجام ممیزی انرژی موتورهای الکتریکی در کمپانی های خود باشند. تا سال ۲۰۰۵، ۷۶۶ کمپانی در این برنامه شرکت کردند و ۹۰۶ نفر نماینده جهت انجام ۱۱۴۰ ممیزی انرژی بر روی موتورهای الکتریکی کمپانی های خود تحت آموزش قرار گرفتند. در این طرح، تعداد ۱۲۳ استاد دانشگاه و مشاور کار آموزش را بر عهده داشتند. از مزایای این طرح، علاوه بر تربیت کارشناس در حوزه ممیزی انرژی سیستم‌های موتوری (مانند: فن ها، پمپ ها، و کمپرسورهای هوایی)، می توان به کاهش شکاف بین صنعت و دانشگاه اشاره نمود.

در کشور آلمان، در سال ۲۰۰۸ فعالیتی در خصوص اعطای وام های کم بهره برای سرمایه گذاری در حوزه ممیزی انرژی و بهینه سازی مصرف انرژی آغاز شد [۱]. اگر چه تمرکز عمل این طرح بر سیستم‌های موتوری نبود، اما بسیاری از این پروژه ها در این حوزه پیاده سازی شدند.

پروژه‌های بسیاری در سطح دنیا به منظور بالا بردن کیفیت تکنولوژی ASD و امکان کاربرد آن در زمینه های جدید در حال انجام بوده که در این میان برخی مؤسسات مانند دپارتمان انرژی آمریکا (DOE) و یا مؤسسه تحقیق و گسترش انرژی ایالات متحده (ERDA) و یا مؤسسه تحقیقات اروپایی (ERC) بیشترین حمایت‌ها را از توسعه و گسترش این درایوها انجام می دهند. به عنوان مثال دپارتمان انرژی آمریکا در درخواست بودجه سالانه خود در سالهای ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ مبلغ هنگفتی به منظور حمایت از صرفه جویی در مصرف انرژی و مشخصاً ASDها اختصاص داده است [۲۹] و [۳۰]. همچنین کشورهای توسعه یافته مبالغ قابل توجهی را برای حمایت از گسترش کاربرد ASDها در صنایع مختلف و بهبود و بهسازی آنها اختصاص می دهند؛ به طور مثال مؤسسه تکنولوژی و نوآوری ایرلند^۱ در گزارشی که به تدوین فناوری‌های آینده مورد نیاز صنعت این کشور اختصاص دارد، مبلغ ۲۵ میلیون پوند را برای بهینه سازی توسط سیستم های CHP و ASDپیش بینی کرده است [۳۱]. برخی مؤسسات فعال در این حوزه مانند EDEC در شیکاگو اقدام به تأسیس آزمایشگاه اختصاصی برای سیستم ASD به منظور اعمال روش‌های جدید کنترلی و تست آنها نموده اند [۳۲]، دپارتمان انرژی آمریکا مبلغ ۱۵/۲۰۰/۰۰۰ دلار را برای

¹Irish Council for Science, technology and Innovation

تحقیق و توسعه پمپ‌های حرارتی توسط ASD ها اختصاص داده است که پیش بینی می شود بازده آنها تا ۶۰٪ بهبود یابد [۱۷]. در واقع ASD در صنایع مختلف صنعتی از جمله سیمان، شیمیایی و پتروشیمی، پالپ و کاغذ سازی فولاد، روغن و گاز کاربرد دارند. همچنین برخی دولت ها و موسسات با اهدای وام و یا در نظر گرفتن پاداش، صنایع مختلف را تشویق به تعویض سیستم های درایو قدیمی با ASD می کنند مثلاً مؤسسه DAKOTA ELECTRIC به ازای هر اسب بخار، ۳۰ دلار بدون بازگشت اعطا می کند [۳۳]. در کشور ایرلند براساس برنامه انرژیهای تجدید پذیر ایرلند شمالی^۱ به ازای جایگزینی هر ASD ۱۰/۰۰۰ پوند و یا معادل ۳۵٪ میزان مصرف انرژی حاصل را نقداً پرداخت می نماید. همچنین برای توسعه سیستم آبرسانی شهر Phoenix در آریزونا آمریکا که کمتر از یک میلیون جمعیت دارد مبلغی معادل سه میلیون دلار اختصاص داده شده است. همچنین نمونه ای از برخی گرنت ها توسط مؤسسات حامی دانش وجود دارد که در سالهای اخیر مبالغ قابل توجهی به توسعه سیستم های ASD اختصاص پیدا کرده که از آن جمله می توان به گرنت شماره GR/R4026S/01 مؤسسه EPSRC به مبلغ ۲۷۷/۳۳۴ پوند به منظور بهبود کیفیت توان توسط ASD ها در سال ۲۰۰۴ و یا جایزه شماره ۴۱۸۶ برنامه فول برای^۲، توسط European research council به میزان ۱۰۰/۰۰۰ دانیش (واحد پول کشور دانمارک) که یکی از موارد اختصاص آن مشخصاً سیستم های ASD می باشد اشاره نمود.

از پروژه های در حال انجام در حوزه ASD می توان به موارد زیر اشاره نمود [۳۴ - ۴۰]:

الف- پروژه های توسعه ای

- ۱- اندازه گیری کانتور بهره وری ISO برای VSD ها (۲۰۱۰) (EDEC)
- ۲- آنالیز رفتار دینامیکی VSD ها (از 20^W تا 100^{KW}) (۲۰۱۴) (FMTC)
- ۳- آینده نگاری و چالش های پیش روی ASD ها (۲۰۰۴) (Danfoss Drives A/S)
- ۴- بازارهای جدید برای ASD ها (۲۰۰۰) (Eestor Consultants Inc)
- ۵- تأثیر ASD در کاهش مصرف انرژی (۲۰۱۲) (دانشگاه مالایا)
- ۶- پیاده سازی و صحت سنجی استفاده از ASD در توربین بادی (ELECTA)

¹Northern Ireland Sustainable Energy Program

²Full Bright Scholar Program

۷- طراحی فیلترهای خروجی برای ASD (Danfoss Drives A/S)

۸- طراحی فیلترهای پیشرفته حذف هارمونیک برای ASD (Danfoss Drives A/S)

۹- بهینه سازی عملکرد ASD ها (ETH University)

۱۰- عیب یابی ASD (EDEC)

ب- پروژه‌های صنعتی

۱- بهبود عملکرد موتورها و درایو در صنعت (۲۰۱۴) (DOE)

۲- جایگزین موتورها و پمپ ها در صنعت کشاورزی ایالات متحده با تجهیزات ASD (۲۰۱۴)

۳- جایگزین موتورها و پمپ ها در صنعت آبرسانی شهری در ایالات آریزونا آمریکا (۲۰۱۵-۲۰۱۲)

۴- اختصاص گرنت توسط سازمان انرژی های تجدید ناپذیر کشور ایرلند جهت جایگزینی سیستم های موجود با ASD

۵- بهبود کارایی فن محفظه احتراق با ۴۲۰/۰۰۰ دلار صرفه جویی سالانه و برگشت سرمایه اولیه دو ماهه (DOE)

۶- پیاده سازی سیستم های ASD در مجتمع ساختمانی DEMEX با ۱۲/۰۰۰ دلار صرفه جویی سالانه و برگشت

سرمایه اولیه دو ماهه (۲۰۱۰) (سازمان انرژی های طبیعی کانادا)

۷- پیاده سازی سیستم های ASD در یک کارخانه پلاستیک (جایگزینی سه موتور ۷۵ اسب بخار با یک موتور ۲۵ اسب

بخار و صرفه جویی یک میلیون کیلووات ساعت در سال) (۲۰۱۰) (IPEX Inc)

لازم به ذکر است بیشترین میزان حجم سرمایه گذاری در ASD ها در کشور ایالات متحده و حجم بالایی از آن توسط سازمان

انرژی آمریکا (DOE) صورت گرفته است و موسسه تحقیقات اروپایی (ERC) در پله بعدی قرارداد.

۴-۱- خودروهای الکتریکی

۱-۴-۱- آمریکا

در سال ۲۰۱۰ بر اساس برنامه دفتر فناوریهای خودرو در دپارتمان انرژی آمریکا، مشخصات موتورهای الکتریکی مورد استفاده

در خودروهای الکتریکی برای سالهای ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ لازم است مطابق جدول (۱-۶) باشد [۴۱]:

جدول (۱-۶): نقطه هدف فناوری موتور الکتریکی مورد استفاده در خودروی الکتریکی

Year	\$ / KW	KW / Kg
2010	11.1	1.2
2015	7	1.3
2020	4.7	1.6

دپارتمان انرژی آمریکا برای سال ۲۰۱۵ از کنگره آمریکا بودجه 13.6 میلیون دلاری را جهت استفاده از مواد جدید در طراحی ماشین‌های الکتریکی مورد استفاده در خودروهای الکتریکی درخواست نموده است. این برنامه در راستای کاهش یا عدم استفاده از عناصر کمیاب خاکی در ماشین‌های الکتریکی و استفاده از آهنرباهای غیر کمیاب خاکی و یا حذف آهنربا و استفاده از مواد جدید جهت بهبود رسانایی الکتریکی و حرارتی ماشین‌های الکتریکی می‌باشد [۲۹]. مطابق جدول (۳-۱)، این برنامه جهت رسیدن به نقطه هدف سال ۲۰۲۰ (یعنی هزینه $4.7 / KW$ \$) است که به میزان ۵۱ درصد کمتر از نقطه هدف سال ۲۰۱۳ می‌باشد.

۱-۵- جاروبرقی

در ماه جولای سال ۲۰۱۳ ملزومات مورد نیاز در طراحی جاروبرقی توسط اتحادیه اروپا در مجله رسمی این اتحادیه منتشر شد. این مصوبه تنها مربوط به انواعی از جاروبرقی است که به برق شبکه متصل می‌شوند و جاروبرقی‌های شارژی، ربانی، صنعتی، و جاروبرقی‌های مرکزی را شامل نمی‌شود. این ملزومات شامل موارد زیر می‌شود [۴۲ و ۴۳]:

EU 666/2013-

۱- از ابتدای ماه سپتامبر ۲۰۱۴:

- مصرف انرژی سالانه باید کمتر از 62 KWh باشد.

- توان ورودی نامی کمتر از 1600 W باشد.

- میزان جذب گرد و غبار از فرش یا موکت (dpu_c) بیشتر یا مساوی 0.70 باشد. این محدودیت شامل کفپوش‌های سفت

نمی‌شود.

- میزان جذب گرد و غبار از کفپوش های سفت (dpu_{hf}) باید بزرگتر یا مساوی 0.95 باشد. این محدودیت شامل کف های با پوشش فرش و موکت نمی شود.

موارد فوق شامل جاروبرقی های با فیلتر آبی نمی شود.

۲- از ابتدای ماه سپتامبر ۲۰۱۷:

- مصرف انرژی سالانه باید کمتر از 43 KWh باشد.

- توان ورودی نامی کمتر از 900 W باشد.

- میزان جذب گرد و غبار از فرش یا موکت (dpu_c) بیشتر یا مساوی 0.75 باشد. این محدودیت شامل کفپوش های سفت نمی شود.

- میزان جذب گرد و غبار از کفپوش های سفت (dpu_{hf}) باید بزرگتر یا مساوی 0.98 باشد. این محدودیت شامل کف های با پوشش فرش و موکت نمی شود.

- انتشار مجدد خاک باید کمتر از 1% باشد.

- میزان تولید صوت باید حداکثر برابر با 80 dB باشد.

- لوله جاروبرقی باید مقاوم باشد، بگونه ای که پس از ۴۰۰۰۰ نوسان تحت کشش قابل استفاده باشد.

- عمر کاری موتور جاروبرقی باید حداقل ۵۰۰ ساعت باشد.

نتیجه‌گیری

در این گزارش وضعیت برخی از انواع موتورهای الکتریکی در کشورهای دنیا مورد بررسی قرار گرفت؛ ابتدا وضعیت موتورهای القایی سه فاز در آمریکا، اتحادیه اروپا، انگلستان و چین بررسی شد و مشخص شد که با توجه به این که در حال حاضر، عمده موتورهای الکتریکی موجود در صنعت از نوع موتورهای القایی سه فاز می‌باشند، کشورهای مختلف دنیا در خصوص بهینه سازی مصرف انرژی و افزایش بازده این نوع از موتورها سیاست‌هایی را به اجرا گذاشته‌اند. لذا در بخش مربوط به موتورهای القایی سه فاز، فعالیت‌هایی که در راستای افزایش بازده این نوع از موتورها طی سال‌های گذشته در کشورهای مذکور صورت گرفته نیز مورد بررسی قرار گرفت.

در ادامه، وضعیت آهنرباهای دائم و موتورهای الکتریکی آهنربای دائم بررسی شد. لازم به ذکر است، اگر چه آهنرباهای دائم کمیاب خاکی امروزه به طور گسترده‌ای توسط سازندگان ماشین‌های الکتریکی برای کاربردهای متعدد مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما فعالیت‌های تحقیقاتی پیرامون حذف یا کاهش مواد کمیاب خاکی از آهنرباهای دائم و یافتن جایگزینی برای آنها به سرعت در حال افزایش است.

سپس از آنجایی که امروزه سیستم‌های تنظیم سرعت نقش قابل توجهی در بهینه سازی مصرف انرژی موتورهای الکتریکی دارند، به آنها پرداخته شد. در بخش‌های آخر نیز به مقوله خودروهای الکتریکی و جاروهای برقی خانگی اشاره شده است.

مراجع

- [1]. T. Fleiter, W. Eichhammer, and J. Schleich, "Energy efficiency in electric motor systems: Technical potentials and policy approaches for developing countries" United Nations Industrial Development Organization, Vienna, 2011.
- [2]. Marcy Lowe, Ruggero Golini, and Gary Gereffi, "U.S. adoption of high-efficiency motors and drives: Lessons learned", Center on Globalization Governance & Competitiveness, February 2010.
- [3]. Paul Waide, and Conrad U. Brunner, "Energy-efficiency policy opportunities for electric motor-driven systems", International Energy Agency, Working Paper, 2011.
- [4]. "Novel Manufacturing Technologies for High Power Induction and Permanent Magnet Electric Motors", Glenn J Grant, 2012 DOE Hydrogen Program and Vehicle Technologies Program Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting, Washington, D.C., 2012.
- [5]. USDRVE, Electrical and Electronics Tech. Team Roadmap, 2013. www.vehicles.energy.gov/about/partnerships/usdrive.html.
- [6]. "Naval Power Systems Technology Development Roadmap", PMS 320, 2013.
- [7]. "Rotating Electrical Machines - Efficiency classes of single -speed, three-phase, cage-induction motors (IE-Code)", IEC 60034-30-2008.
- [8]. www.epsrc.ac.uk.
- [9]. <http://arpa-e.energy.gov>
- [10]. "Critical materials strategy", U.S. Department of energy, December 2011.
- [11]. <http://energy.gov/eere/articles/ev-everywhere-electric-drive-systems-bring-power-plug-electric-vehicles>
- [12]. <http://energy.gov/articles/vp-100-uqm-revving-electric-motor-production>.
- [13]. K. Hono, "Research trends on Rare Earth and Critical Elements in Japan", Presentation from Nims, www.nims.go.jp/eng.
- [14]. "Collaboration for sustainable competitiveness- Evaluation of automotive research and Green Car", consulting Report, April 2007.
- [15]. F. J. Marquez-Fernandez, " Electric traction machine design for an E-RWD unit", Doctoral Dissertation in Industrial Electrical Engineering, Lund University, 2014.
- [16]. Joachim Lindström, "Development of an Experimental Permanent-Magnet Motor Drive", Licentiate thesis, 1999.
- [17]. O. Fröidh, "Basis for a Scandinavian high-speed train concept", KTH Railway Group, 2012.

- [18]. P. Lukaszewicz, E. Andersson, "Green Train energy consumption - Estimations on high-speed rail operations", KTH Railway Group, 2009.
- [19]. <http://www.therailengineer.com/2012/03/22/grona-taget-the-green-train>
- [20]. M. Leksell, K. Khan, and O. Wallmark, "Development of a permanent magnet synchronous reluctance motor (PMSRM) for traction applications".
- [21]. J. Souldard, "System Analysis of Permanent Magnet Traction Drives", KTH –Royal Institute of Technology, 2012.
- [22]. http://researchprojects.kth.se/index.php/kb_7781/io_9652/io.html
- [23]. F. Meier, "Permanent-Magnet Synchronous Machines with Non-Overlapping Concentrated Windings for Low-Speed Direct-Drive Applications", Royal Institute of Technology, 2008.
- [24]. M. Leksell, F. Meier, H.P. Nee, C. Sadarangani, "Permanent magnet drives for industrial applications", Royal Institute of Technology.
- [25]. "Research Program on the Future Mechanical Engineering 2000 - 2003 , Evaluation Report", Academy of Finland.
- [26]. L. Laurila, "ANALYSIS OF TORQUE AND SPEED RIPPLE PRODUCING NONIDEALITIES OF FREQUENCY CONVERTERS IN ELECTRIC DRIVES", PHD Thesis, Lappeenranta University of Technology, 2004.
- [27]. M. Eloska, "speed and position sensorless control of permanent magnet synchronous motors in Matrix Converter and Voltage Source Converter Applications", Phd Thesis, Tampere University of Technology, 2006.
- [28]. www.ncl.ac.uk/eee/about/news/item/newcastle-signs-research-partnership-with-leading-home-appliance-brand-copy.
- [29]. U.S. Department of Energy, "FY 2015 Congressional Budget Request", 2014
- [30]. U.S. Department of Energy, "FY 2014 Congressional Budget Request", 2014
- [31]. Irish Council for Science, Innovation, and Technology, "Technology Foresight Ireland- Report of the energy panel", 2013.
- [32]. Laboratory for Electric Drives and Energy Conversion at the Illinois Institute of Technology in Chicago Website
- [33]. Dakota Electric Associations, "Variable Frequency Drive", 2014
- [34]. Adjustable Speed Drives Laboratory of EDEC Website
- [35]. <http://www.kuleuven.be/research/researchdatabase>

- [36]. <http://www.fmtc.be/en/>
- [37]. Danfoss Drives, "Annual Report- Danfoss Ready for the Future", 2013
- [38]. Dan Foss Drive, "Output filters for AC adjustable speed drives", 2014
- [39]. Alborg University, "Evaluation of an Advanced Harmonic Filter for Adjustable Speed Drives using a Toolbox Approach", 2014
- [40]. ETH University, "SYSTEM-ORIENTED EFFICIENCY OPTIMIZATION OF VARIABLE SPEED DRIVES", 2012
- [41]. Susan Rogers, "Advanced Power Electronics and Electric Machines (APEEM) R&D Program Overview", U.S. Department of Energy, Office of Vehicle Technologies, 2010.
- [42]. www.product-testing.eurofins.cn, "Vacuum cleaner ecodesign and energy labeling requirements".
- [43]. Commission delegated regulation (EU) No 665/2013, 3 May 2013.

فهرست مطالب

۱- ادبیات تدوین چشم انداز.....	۲
۱-۱- چشم انداز پردازی.....	۳
۱-۱-۱- چشم‌انداز در مدل‌های تدوین راهبرد بنگاه.....	۴
۱-۱-۲- مدل دیوید.....	۴
۱-۱-۳- مدل پاتریک لوئیس.....	۴
۱-۱-۴- مدل آلیسون.....	۵
۱-۱-۵- مدل مک‌میلان.....	۵
۱-۱-۶- نمونه‌هایی از چشم‌اندازهای سایر فناوری‌ها.....	۶
۱-۱-۷- روش پیشنهادی ترسیم چشم‌انداز توسعه فناوری.....	۸
۲-۱- هدف‌گذاری کلان.....	۱۱
۲-۱-۱- هدف‌گذاری بنگاهی.....	۱۲
۲-۲-۱- نمونه‌هایی از اهداف کلان در سایر فناوری‌ها.....	۱۳
۲-۲-۳- روش پیشنهادی تبیین اهداف کلان توسعه فناوری.....	۱۵
۲- الزامات ایجاد شده از منظر اسناد بالا دستی در خصوص توسعه صنعت موتورهای الکتریکی.....	۱۸
۲-۱- مقدمه.....	۱۹
۲-۲- بررسی الزامات سیاست‌های کلی نظام در خصوص توسعه صنعت موتورهای الکتریکی.....	۱۹
۲-۳- بررسی الزامات قوانین مجلس.....	۲۰
۲-۴- بررسی الزامات برنامه‌های راهبردی صنایع مختلف.....	۲۲
۲-۵- جمع بندی.....	۲۵
۳- برنامه‌های سایر کشورها در توسعه فناوری موتورهای الکتریکی.....	۳۰

- ۴- نظرات متخصصان و خبرگان در ترسیم بیانیه اولیه چشم‌انداز در موتورهای الکتریکی ۳۶
- ۴-۱- مقدمه ۳۷
- ۴-۲- مهندس یکتا مقدم ۳۸
- ۴-۳- دکتر واحدی ۳۸
- ۴-۴- دکتر نقاشان ۴۰
- ۴-۵- مهندس طائفی ۴۱
- ۴-۶- طاهری پور ۴۲
- ۴-۷- مهندس فرزانه ۴۳
- ۴-۸- دکتر اورعی ۴۴
- ۵- جمع‌بندی و بیانیه نهایی چشم‌انداز و اهداف کلان توسعه فناوری موتورهای الکتریکی ۴۵
- ۵-۱- بیانیه چشم‌انداز و اهداف کلان توسعه فناوری موتورهای الکتریکی ۵۱

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: روش شناسی چشم انداز پردازی ۸
- شکل ۳-۱: روش تدوین اهداف کلان ۱۷
- شکل ۱-۲: سطح بندی مستندات مرتبط با توسعه صنعت موتورهای الکتریکی ۱۹
- شکل ۱-۳: استانداردهای مختلف ارتقا راندمان انرژی موتور القائی ۳۱
- شکل ۲-۳: وضعیت کشورهای مختلف در برنامه افزایش بازده موتور ۳۲
- شکل ۳-۳: مقایسه بازده موتورهای الکتریکی کشور هند با آمریکا و اتحادیه اروپا ۳۴
- شکل ۱-۵: چشم انداز کشورهای مختلف برای افزایش بازده انرژی موتورهای الکتریکی صنعتی ۵۰

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۲: مستندات مرتبط با لزوم توسعه ماشین‌های الکتریکی..... ۲۵
- جدول ۱-۳: جایگاه کشورهای مختلف در برنامه افزایش بازده موتور در سال ۲۰۱۳..... ۳۱
- جدول ۱-۵: جمع‌بندی نظرات خبرگان، مطالعات تطبیقی و اسناد بالادست..... ۴۶
- جدول ۲-۵: خلاصه نظرات هر یک از خبرگان..... ۴۸

مقدمه

چشم‌انداز عبارت است از تصویری مطلوب و آرمان قابل دسترس در حوزه فناوری که در یک افق زمانی بلندمدت و متناسب با مبانی ارزشی جامعه تعیین می‌گردد. بیانیه چشم‌انداز صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی، تصویری از وضعیت کشور در افق زمانی ۱۰ ساله (سال ۱۴۰۴) در رابطه با صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی بیان می‌نماید و به عنوان راهنما و چراغ هدایت توسعه این فناوری عمل می‌کند. بیانیه چشم‌انداز صنعت موتورهای الکتریکی به نحوی تنظیم گردیده است که چالش‌های راهبردی و هدف‌های تعیین شده کیفی در سند، ارتباط مستقیم و معناداری با یکدیگر داشته باشند؛ نیازهای کشور را در صنعت موتورهای الکتریکی، در حال و آینده در نظر گرفته شده و اهداف، آرمان‌ها و ارزش‌های مطلوب کشور در قالب جملات آرمانی عبارت پردازی گردیده است.

در این گزارش، فرایند تدوین چشم‌انداز فناوری و صنعت موتورهای الکتریکی در پنج فصل تشریح گردیده است. در فصل اول به ادبیات تدوین چشم‌انداز پرداخته شده و انواع مدل‌های تدوین چشم‌انداز برای یک فناوری معرفی و بررسی گردیده‌اند. در فصل دوم الزامات ناشی از اسناد و قوانین بالادستی مصوب در کشور بررسی شده است. در فصل سوم، چشم‌اندازها و سیاست‌های اتخاذ شده توسط برخی از کشورها در رابطه با صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی، به صورت خلاصه شده آورده شده است. در فصل چهارم خلاصه مصاحبه‌هایی که با ۷ نفر از خبرگان صنعت موتورهای الکتریکی (که سال‌ها فعالیت موثر در این صنعت داشته‌اند) در رابطه با چشم‌انداز این صنعت انجام گرفته، آورده شده است. در فصل پنجم به جمع‌بندی اقدامات انجام شده برای تدوین چشم‌انداز پرداخته شده است و در نهایت بیانیه چشم‌انداز آورده شده است.

۱- ادبیات تدوین چشم انداز

۱-۱- چشم انداز پردازی

چشم‌انداز عبارت است از تصویر مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در حوزه فناوری که در یک افق زمانی بلندمدت و متناسب با مبانی ارزشی جامعه تعیین می‌گردد. به عبارت دیگر چشم‌انداز، بیان صریح سرنوشتی است که فناوری به سوی آن حرکت می‌کند و تصویر آینده‌ای است که کشور در جستجوی خلق آن است.

بیانیه چشم‌انداز تصویری از وضعیت یک کشور است، زمانی که به اهداف و راهبردهای خود در یک بازه‌ی زمانی دست یافته باشد. این بیانیه به نحوی تنظیم می‌شود که چالش‌های راهبردی و هدف‌های تعیین شده کیفی در سند، ارتباط مستقیم و معناداری با یکدیگر داشته باشند؛ نیازهای جامعه را در آینده و حال، به‌عنوان هماهنگی بین جامعه و تصویر آینده در بیان کلمات و جملات یکسان نماید؛ و از کلمات و جملات آرمانی، قابل دست یافتنی، ارزشی، مقدس و نهادینه برای عبارت‌پردازی سند استفاده نماید.

چشم‌انداز فناوری اگر به صورت دقیق، جامع و آینده‌نگرانه تعریف شده باشد، می‌تواند مسیر توسعه فناوری را همواره هدفمند و جهت دار نماید و مانند چراغی در افق بلندمدت، فراروی کنش‌گران مختلف (دولت، صنعت، دانشگاه) قرار گیرد. آگاهی کامل سیاست‌گذاران به چشم‌انداز فناوری نیز می‌تواند آنها را در اتخاذ تصمیمات کلیدی و سیاست‌های اثرگذار یاری دهد.

از منظر چشم‌انداز، اکثر مدل‌های تدوین راهبرد ملی دارای گام تدوین چشم‌انداز مشخص و صریح می‌باشند. لکن برخی مدل‌ها نیز وجود دارند که به مراتب به وجود چنین عنصری در برنامه‌ریزی راهبردی ملی اشاره نکرده، ولی به تدوین اهداف بلندمدت پرداخته‌اند. ضرورت تدوین چشم‌انداز در اسناد ملی توسعه فناوری از این بابت است که تعهد، انگیزه، هیجان و انرژی را در میان کنش‌گران دخیل در توسعه فناوری افزایش داده و مقصدی را برای رسیدن ترسیم می‌نمایند. چشم‌انداز یک رکن جهت‌ساز کلان، ساده، و قابل انتقال را ترسیم کرده تا راهنمای گام‌های مختلف انتخاب، اکتساب، و سیاست‌گذاری فناوری باشد.

در ادبیات مدیریت راهبردی، چشم‌انداز بر اساس مدل‌های مختلفی (به‌عنوان بخشی از فرایند تدوین راهبرد) تعریف شده است. اگرچه غالب این مدل‌ها برای تدوین راهبرد در سطح بنگاه طراحی شده‌اند، اما می‌توان نتایج حاصل از بررسی این تعاریف متفاوت را برای طراحی چشم‌انداز در سطح ملی استفاده نمود. برای این منظور، در زیر چهار نوع از مدل‌های تدوین راهبرد بنگاه که به تعریف چشم‌انداز پرداخته‌اند، و نیز چهار بیانیه چشم‌انداز استفاده شده در اسناد ملی دیگر کشورها بررسی می‌گردد. از بررسی این تعاریف و مطالعات تطبیقی، ویژگی‌های چشم‌انداز توسعه فناوری در سطح ملی استخراج می‌گردد.

۱-۱-۱- چشم‌انداز در مدل‌های تدوین راهبرد بنگاه

در این قسمت، به بررسی مدل‌های تدوین چشم‌انداز که در ادبیات بنگاهی توسعه پیدا کرده‌اند پرداخته می‌شود. بررسی این مدل‌ها به کسب بینش نسبت به چگونگی چشم‌انداز پردازی در سطح ملی کمک می‌کند.

۱-۱-۲- مدل دیوید

بر اساس این مدل، بیانیه چشم‌انداز در بنگاه‌ها بر اساس پاسخ به سوال «ما چه می‌خواهیم بشویم و به کجا می‌خواهیم برسیم؟» توسعه داده می‌شود. بیانیه چشم‌انداز باید کوتاه، و ترجیحاً یک جمله باشد، و از همه ذینفعانی که ممکن است ورودی و اطلاعاتی برای تدوین آن در اختیار داشته باشند، استفاده شود. برای مثال، چشم‌انداز یک موسسه حسابداری مدیریت عبارتست از: «رهبری جهانی در آموزش، تایید کننده و گواهی دهنده، و اجرای حسابداری مدیریت و مدیریت مالی». براساس نظر دیوید، چشم‌انداز به‌عنوان یکی از فرایندهای ابتدایی در تدوین راهبرد، به عنوان ورودی‌های اولیه و عناصر بالادست در تمام قدم‌های این فرآیند نقش ایفا می‌نماید [۱]. تدوین چشم‌انداز نیز با بررسی محیط داخل و خارج و نیز با دریافت بازخورد از تمام مراحل برنامه‌ریزی راهبردی صورت می‌پذیرد.

۱-۱-۳- مدل پاتریک لوئیس

چشم‌انداز به سوال «چه چیزی می‌خواهیم ایجاد کنیم» پاسخ می‌دهد و یک تصویر ایده آل، واحد و جذاب از آینده ترسیم می‌نماید. چشم‌انداز تصویری جذابی از وعده‌هایی است که شور و اشتیاق و هیجان را در افراد و هنگام کار القا و الهام می‌کند. به زبان ساده چشم‌انداز مشترک، یک تصویر شفاف و مورد تأیید ذینفعان می‌باشد که آینده را مشخص می‌کند. به منظور مشخص و روشن نمودن و نیز تعریف فردای جدید، چشم‌انداز ساختاری را که راهنمای تمام تصمیم‌گیری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها و کارها باشد، فراهم می‌آورد. چشم‌انداز برای رسیدن به آینده‌ای که معمولاً کمی دورتر از دسترس می‌باشد، بر روی قوت‌های سازمانی و منابعی که باید توسعه بیابند تمرکز می‌کند. چشم‌انداز یک نیروی محرک است که باعث یک تلاش و جستجوی بی پایان برای موفقیت و برتری می‌شود [۲].

۱-۱-۴- مدل آلیسون

در این مدل، چشم‌انداز تصویر راهنمای موفقیت است [۳]. بیانیه چشم‌انداز به سوال «موفقیت چگونه است و شبیه چیست؟» جواب می‌دهد. چشم‌انداز باید گروه‌ها را به مبارزه و چالش بطلبد تا قابلیت‌هایشان را گسترش دهند و به اهدافشان برسند. آلیسون در فرآیندی که برای مدیریت راهبردی طراحی نموده است، جایگاهی مشابه با دیوید برای تدوین ماموریت و چشم‌انداز قائل شده‌اند. او معتقد است که پس از کسب آمادگی و حصول مقدمات اولیه برنامه‌ریزی، اولین گام در فرآیند اصلی تدوین استراتژی (بعنوان رکن جهت‌ساز) باید تدوین چشم‌انداز مطلوب و آرمان باشد. از نظر وی، بیانیه چشم‌انداز موثر باید هم چشم‌انداز داخل و هم چشم‌انداز خارجی را در نظر بگیرد. چشم‌انداز خارجی بر روی اینکه اگر بنگاه به اهدافش برسد جهان چگونه بهبود می‌یابد، تغییر می‌کند و متفاوت می‌شود، تمرکز دارد. هنگامی که چشم‌انداز خارجی بیان نمود که بنگاه چگونه برنامه‌ای برای تغییر جهان دارد، چشم‌انداز داخلی تعیین می‌شود. در این مدل پیش‌نویس بیانیه چشم‌انداز با ایده‌ها و نگرشی که از بحث‌ها و گفتگوها بیرون می‌آید و نیز احساس و بینش مشترکی که از مسیر (جهت) و انگیزه ایجاد می‌شود، آغاز می‌گردد. تمامی ذینفعان باید در طوفان فکری ابتدایی و نیز بعضی از گفتگوها حاضر باشند.

۱-۱-۵- مدل مک‌میلان

چشم‌انداز تصویر ذهنی قوی از آنچه که ما در آینده می‌خواهیم بشویم، می‌باشد. چشم‌انداز ریشه در واقعیت دارد اما روی آینده تمرکز می‌نماید. تدوین چشم‌انداز، فرآیندی شامل روشن نمودن ارزش‌ها، تمرکز بر روی ماموریت و گسترش افق با استفاده از بیانیه چشم‌انداز می‌باشد. تدوین چشم‌انداز، راه و روش‌های خلاقانه برای چالش‌های کسب و کار فراهم می‌آورد و جرعه‌ارزیابی و یادگیری پیوسته در سازمان را بوجود می‌آورد. از نظر وی دلایل تدوین چشم‌انداز سازمان عبارتند از: هماهنگی و متناسب کردن کار افراد مختلف، کمک به همه برای تصمیم‌گیری، ایجاد اصول و پایه‌ای برای برنامه‌ریزی کسب و کار، به چالش کشیدن اوضاع راحت و غیر ایده‌آل شرایط فعلی، و ایجاد رفتارهای متناجس و موافق در افراد به صورت قابل توجه [۲].

۱-۱-۶- نمونه‌هایی از چشم‌اندازهای سایر فناوری‌ها

در کنار بررسی مدل‌هایی که به صورت تئوریک بر موضوع تدوین چشم‌انداز تمرکز داشتند، در این قسمت به چشم‌اندازهای موجود در اسناد راهبردی داخلی و خارجی پرداخته می‌شود. آشنایی با این بیانیه‌ها و نیز مولفه‌های مورد توجه در هر یک می‌تواند به تعیین ویژگی‌های چشم‌انداز توسعه یک فناوری در سطح ملی کمک نماید.

چشم‌انداز بخش انرژی باد

جمهوری اسلامی ایران پیش‌تاز در نصب و راه‌اندازی نیروگاه‌های بادی بومی و توسعه فناوری و کسب و کارهای دانش‌بنیان رقابت‌پذیر در منطقه، به طوری که در افق ۱۴۰۴ بتواند بر اساس شاخص‌های دستیابی به فناوری در این زمینه برترین کشور در منطقه قلمداد گردد.

چشم‌انداز فناوری نانو

برای تحقق چشم‌انداز بیست‌ساله جمهوری اسلامی ایران، جنبش نرم‌افزاری و بهبود سطح، کیفیت، و امنیت زندگی مردم، در افق ده‌ساله، جمهوری اسلامی ایران کشوری است توسعه یافته در فناوری نانو:

- با زیرساخت‌های بومی و پیشرفته و دارای سهم برتر منابع انسانی متخصص
- دارای تعاملات داخلی و بین‌المللی موثر و سازنده
- مولد ارزش افزوده‌ی اقتصادی حاصل از فناوری نانو
- دارای توان رقابت در سطح جهان

چشم‌انداز فناوری پیل سوختی

با اتکا به خداوند متعال و در راستای تحقق چشم‌انداز بیست ساله کشور و با تلاش نظام‌مند ذی‌نفعان این فناوری در یک دوره پانزده ساله، جمهوری اسلامی ایران بر مبنای شاخص‌های بین‌المللی توسعه فناوری، جزء پنج کشور توسعه یافته، توانمند و صاحب فناوری قاره آسیا و اولین کشور منطقه در زمینه طراحی، تولید، ارتقاء و بکارگیری فناوری پیل‌های سوختی راهبردی خواهد شد.

چشم‌انداز فناوری سلول‌های بنیادی

با الهام از اهداف سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ و در راستای ارتقای سطح زندگی و سلامت جامعه، ایران کشوری توسعه یافته در زمینه‌ی علم و فناوری سلول‌های بنیادی و زیرساخت‌های بومی، و دارای سهم موثر در تولید دانش و فناوری، توسعه سرمایه انسانی و فیزیکی، ایجاد ارزش افزوده، افزایش توان رقابت و تعامل در سطح جهانی خواهد بود.

چشم‌انداز فناوری اطلاعات

فناوری اطلاعات عامل پیشران در توسعه ملی دانش پایه، خلق‌کننده ارزش، فراهم‌کننده فرصت‌های امن و عادلانه برای همه ایرانیان؛ شکل‌دهنده مدیریت دانش و جامعه شبکه‌ای هوشمند متکی بر هویت ایرانی-اسلامی و کانون پیشرفته‌ی فناوری اطلاعات در منطقه جهت نیل به اهداف چشم‌انداز ۱۴۰۴ هجری شمسی است.

چشم‌انداز فناوری‌های زیستی

- ارتقای سطح علمی و دانش فنی زیست‌فناوری کشور و کسب سهم علمی شایسته در عرصه جهانی
- ارتقای سهم شایسته زیست‌فناوری در توسعه بخش کشاورزی، محیط‌زیست، بهداشت و درمان، صنعت و معدن
- کسب مقام پیشتازی در زیست‌فناوری در سطح منطقه
- بهبود کمی و کیفی فرآورده‌های کشاورزی اعم از گیاه، دام، و طیور برای رسیدن به خودکفایی نسبی
- همکاری با جامعه جهانی برای توسعه زیست‌فناوری در کشور و استفاده صلح‌آمیز از این فناوری نوین [۱]

چشم‌انداز فناوری نانو در آفریقای جنوبی

ساخت جامعه‌ای کامیاب که به‌دنبال بهره‌برداری از علم و فناوری برای دستیابی به منافع پایدار و برابر در میان اعضای خود است.

چشم‌انداز توسعه خودروهای الکتریکی در کانادا

تا سال ۲۰۱۸، ۵۰۰۰۰۰ دستگاه خودروی الکتریکی در جاده‌های کانادا خواهد بود. این خودروها باید از لحاظ قطعات داخلی و ساخت و تولید، بومی باشند، حتی بیشتر از سایر وسایل نقلیه تولیدی کانادا در سال ۲۰۰۸.

چشم‌انداز فناوری پیل سوختی در ایالات متحده

دستیابی به آینده‌ای روشن برای ملت، که در آن انرژی حاصل از هیدروژن و فناوری پیل سوختی، نیرویی پاک، کافی، مطمئن، اقتصادی، و به‌عنوان جزء جدایی ناپذیری از تمام صنایع و بخش‌ها در کلیه مناطق کشور باشد.

چشم‌انداز انرژی هیدروژن و فناوری پیل سوختی در چین

در چشم‌انداز کشور چین، گذار به اقتصاد هیدروژنی در سه مرحله زیر صورت می‌گیرد:

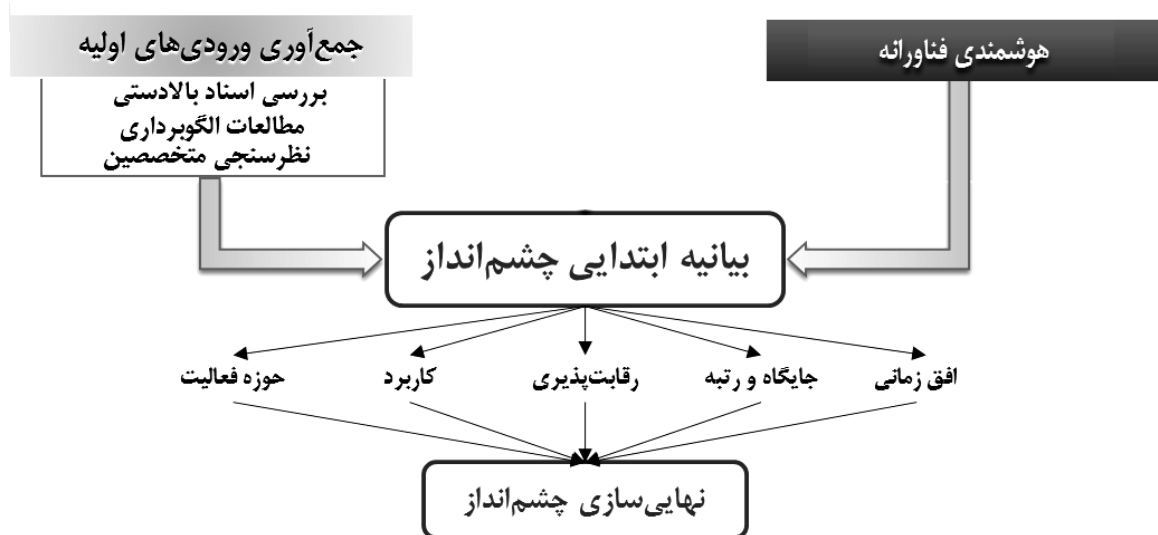
▪ تحقیق و توسعه و پروژه‌های نمایشی (تا سال ۲۰۲۰): حمایت کامل دولت از تحقیق و توسعه در انرژی هیدروژن و فناوری پیل سوختی

▪ ورود به بازار (۲۰۲۰-۲۰۵۰): دستیابی جامعه به انرژی هیدروژن و فناوری پیل سوختی به صورت کاربردی

▪ اقتصاد هیدروژنی (۲۰۵۰ و بعد): فراهم آوردن انرژی هیدروژن و فناوری پیل سوختی به صورت قابل رقابت با سایر گونه‌های انرژی و مورد قبول جامعه [۲]

۱-۱-۷- روش پیشنهادی ترسیم چشم‌انداز توسعه فناوری

با بررسی مدل‌های تدوین چشم‌انداز بنگاهی و نیز کسب آگاهی از مطالعات تطبیقی صورت پذیرفته، ترسیم افق چشم‌انداز در چهار مرحله‌ی زیر به انجام می‌رسد:



شکل ۱-۱: روش شناسی چشم‌انداز پردازی

(۱) جمع‌آوری ورودی‌های اولیه ترسیم چشم‌انداز

جمع‌آوری ورودی‌های لازم برای ترسیم چشم‌انداز از راه‌های زیر صورت می‌پذیرد:

■ بررسی اسناد بالادستی: پیش از شروع هر بحث دیگر تدوین چشم‌انداز، ضروری است تا با بررسی اسناد بالادستی، طرح‌ها و راهبردهای کلان تدوین شده در سطوح بالاتر، و اصول ارزشی توسعه فناوری موجود در جامعه، تصویری از بستر فعلی و نگاه‌های آینده پیرامون فناوری حاصل گردد. این تصویر در شکل‌دادن به مولفه‌های چشم‌انداز نقش مهمی بر عهده دارد.

■ نظرسنجی کارشناسی: بیان یک نتیجه بر پایه یک مجموعه شواهد یا انتظارات از آینده که از اطلاعات و منطق افراد آشنا با موضوع مورد نظر حاصل می‌شود، یکی دیگر از راه‌های تامین ورودی‌های لازم برای ترسیم افق چشم‌انداز است. اندیشه‌ها و تفکرات خبرگان حوزه فناوری از آینده پیش رو سهم قابل توجهی در ترسیم چشم‌انداز دارد.

■ مطالعات الگوبرداری: استفاده از تجارب دیگر کشورها در زمینه توسعه فناوری‌های راهبردی روشی دیگر در ترسیم چشم‌انداز است. در این زمینه می‌توان از آینده‌های ترسیم شده در سایر کشورها، مانند هدف‌گذاری‌های بلندمدت، حوزه‌های کاربردی قابل تاکید، و غیره برای تعیین افق چشم‌انداز داخلی بهره برد.

۲) تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز

بیانیه اولیه چشم‌انداز توسط تحلیل‌گران و مشاوران تهیه می‌شود. در این مرحله بر مبنای ورودی‌های حاصل از مراحل قبل (هوشمندی فناوریانه، اطلاعات اولیه، اصول ارزشی)، به ترسیم افق چشم‌انداز در چارچوب اصول ارزشی تدوین شده پرداخته می‌شود. با بررسی مدل‌های تدوین چشم‌انداز بنگاهی و نیز با بهره‌گیری از مطالعات تطبیقی تدوین چشم‌انداز، لازم است تا به مولفه‌های ضروری چشم‌انداز و نیز ویژگی‌های افق چشم‌انداز در سطح ملی توجه شود. بر این اساس، ویژگی‌های یک چشم‌انداز توسعه فناوری در سطح ملی به شرح زیر است:

■ تدوین چشم‌انداز باید با بررسی محیط داخل و خارج و نیز با دریافت بازخورد از تمام مراحل برنامه‌ریزی راهبردی صورت گیرد.

■ چشم‌انداز باید به تصویری شفاف و مورد تایید همه ذینفعان منجر شود.

■ چشم‌انداز باید در رسیدن به آینده‌ای که معمولاً کمی دورتر از دسترس می‌باشد، بر روی قوت‌ها و منابعی که باید توسعه بیابند تمرکز کند.

- در تدوین چشم‌انداز هم باید بر چگونگی تغییر محیط در خارج (چشم‌انداز خارجی) و نیز تصویر مطلوب در محیط داخل (چشم‌انداز داخلی) تمرکز صورت پذیرد.
 - همچنین، یک افق چشم‌انداز ملی باید دربرگیرنده‌ی مولفه‌های زیر باشد:^۱
 - در نظرگیری بعد زمان و افق برنامه‌ریزی برای ایده‌آل‌های ذکر شده در بیانیه چشم‌انداز
 - اشاره به جایگاه و رتبه‌ی عددی توانمندی فناورانه در منطقه و جهان
 - ذکر اهداف بالادستی تعیین شده در اسناد قبلی
 - در نظرگیری ملاحظات اصول ارزشی
 - توجه به سطح رقابت‌پذیری فناوری تولیدی
 - تعیین حوزه‌ی کاربرد فناوری منتخب
 - اشاره به نتایج کلی سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی حاصل از توسعه
 - تعریف کلی حوزه فعالیت (طراحی، تولید، بکارگیری)
- ۳) تایید و نهایی‌سازی بیانیه اولیه چشم‌انداز

چشم‌انداز تعریف شده توسط تحلیل‌گران و مشاوران در مرحله قبل باید برای نهایی شدن به تایید کمیته راهبری مسئول توسعه فناوری، متشکل از خبرگان صنعت، دولت و دانشگاه برسد. این تایید علاوه بر نمایش صحت آینده ترسیم شده، به همگرا شدن نظرات خبرگان در مورد هر یک از مولفه‌های آینده فناوری نیز منجر می‌شود.

۴) دریافت بازخورد از سایر مراحل

ترسیم چشم‌انداز باید در تعامل با گام‌های بعدی صورت پذیرد. به عبارت دیگر، چشم‌انداز تعریف شده در این بخش بدون دریافت بازخورد از سایر گام‌ها می‌تواند ماهیتی خارج از واقعیت و غیرعملیاتی داشته باشد. بنابراین در این گام لازم است تا

^۱ یک بیانیه چشم‌انداز لزوماً دربرگیرنده‌ی تمام این مولفه‌ها نیست. این‌ها درحقیقت مجموعه مولفه‌هایی هستند که وجود بعضی از آن‌ها مانند افق چشم‌انداز در بیانیه ضروری و اشاره به بعضی دیگر مانند جایگاه فناوری اختیاری است.

چشم‌انداز اولیه تعریف شده با انجام هر گام (تعیین راهبردهای کلان، تحلیل عملکرد، و وضع سیاست‌ها) مورد بازنگری قرار گرفته و تغییرات لازم در مولفه‌های آن صورت پذیرد [۲].

۱-۲- هدف‌گذاری کلان

یکی دیگر از گام‌های اساسی در تعیین جهت‌گیری‌های کلان، تدوین اهداف توسعه در راستای چشم‌انداز تعریف شده است. این هدف‌گذاری در سطح کلان به‌منظور شفاف نمودن مسیر نیل به چشم‌انداز انجام می‌گیرد. در حقیقت اهداف مذکور، پاسخگوی یک سؤال اساسی است با عنوان "برای رسیدن به چشم‌انداز در افق زمانی تعیین شده، به چه مقاصدی باید دست یافت؟". با تعیین این اهداف در مسیر دستیابی به چشم‌انداز، کنش‌گران دخیل در نظام توسعه فناوری، اهدافی بلندمدتی را دنبال می‌کنند و در نتیجه، برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و فعالیت‌های خود را براساس آن به‌صورت دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر انجام دهند [۲].

در مدل پیشنهادی برای تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری، تدوین اهداف با دو رویکرد بالا-به-پایین و پایین-به-بالا صورت می‌پذیرد. رویکرد بالا-به-پایین رویکردی هدف محور است که به‌دنبال ترسیم یک آینده مطلوب برای توسعه فناوری است. در طرف مقابل، رویکرد پایین-به-بالا نگاهی مسئله‌محور^۱ به توسعه فناوری دارد. با استفاده از این رویکرد ترکیبی، از یک طرف همراستایی اهداف با چشم‌اندازهای کلان ملی و سایر ارکان جهت‌ساز بالادستی حفظ شده، و از طرف دیگر، تمام مسایل و مشکلات موجود در مسیر توسعه فناوری نیز مورد هدف تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند. در این بخش، فرایند تدوین اهداف کلان با نگاهی بالا-به-پایین صورت می‌گیرد. این اهداف در راستای چشم‌انداز و با تعریف حوزه‌های هدف مشخص می‌شوند. علاوه بر حوزه‌های هدف که بیان‌کننده ابعاد اهداف تعریف شده است، کیفیت آن‌ها نیز باید با مشخص نمودن ویژگی‌های اهداف معین شود. به‌منظور تعیین کردن حوزه‌ها و ویژگی‌های ضروری هدف، همانند تدوین چشم‌انداز، به بررسی هدف‌گذاری در سطح بنگاه، مطالعات تطبیقی داخلی و مطالعات تطبیقی خارجی پرداخته می‌شود.

¹ Issue-based

۱-۲-۱- هدف‌گذاری بنگاهی

در منابع برنامه‌ریزی راهبردی در سطح بنگاه، مطالعات مختلفی با موضوعیت تدوین حوزه‌های اهداف تعیین شده است. در زیر به‌طور خلاصه به بررسی این مدل‌ها پرداخته می‌شود:

حوزه‌های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن^۱ [۴]

- منظر مالی (سودآوری، رشد در آمد، و افزایش بهره‌وری)
- منظر مشتری (تعین مشتریان مخاطب، تعیین ارزش‌های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)
- منظر فرایندهای داخلی (روابط با تأمین‌کنندگان، تصمیم‌گیری در مورد توسعه محصولات و خدمات جدید، خدمات پس از فروش، و مهندسی مجدد فرایندهای تولید)
- منظر یادگیری و رشد (رضایت کارکنان، فضای مناسب کاری، دسترسی به سیستم‌های اطلاعاتی لازم، برنامه‌های آموزش کارکنان)

حوزه‌های اهداف در مدل پیرس و رابینسون^۲ [۵]

توجه به مشتری، نوآوری، بهره‌وری، توجه به بخش مالی، منابع انسانی، لحاظ کردن محیط خارجی

حوزه‌های اهداف براساس مدل ترکیبی فیلیپس

- بازار (سعی در حفظ سهم بازار فعلی، افزایش صادرات)
- نوآوری (بالا بردن توان نوآوری و طراحی محصول)
- بهره‌وری (بهبود کیفیت محصولات تولیدی، افزایش بهره‌وری واحدهای تولیدی و خدماتی شرکت)
- منابع مالی (استفاده بهینه از منابع مالی شرکت و خارج از شرکت برای تأمین اهداف بازار)
- منابع انسانی (ایجاد انگیزه برای ارائه کار بهتر)
- مسئولیت‌های اجتماعی (حفظ محیط زیست و حفظ ایمنی و بهداشت محیط کار)
- منابع اولیه (تلاش برای تأمین مواد اولیه مورد نیاز از داخل کشور)

حوزه‌های اهداف براساس مدل دکتر اعرابی^۲

- سودآوری

^۱ به دلیل اهمیت و شهرت بیشتر این مدل در تدوین اهداف بنگاهی، توضیح کامل این مدل پیوسته‌ها ارائه شده است.

^۲ این مدل در مورد تدوین استراتژی گمرک ایران مورد استفاده قرار گرفته است.

- بهره‌وری (ساده‌سازی رویه‌ها و سیستم‌ها بر مبنای استانداردهای جهانی)
 - موضع رقابتی (ارتقای نقش و جایگاه در اقتصاد ملی، توسعه همکاری‌های بین‌المللی و منطقه‌ای)
 - پیشرفت کارکنان (سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی و ظرفیت‌سازی)
 - روابط کارکنان
 - رهبری فناورانه
 - مسئولیت اجتماعی (جلب رضایت، اعتماد و مشارکت خدمت‌گیرندگان)
- علاوه بر حوزه‌های هدف ذکر شده، ویژگی‌هایی نیز برای اهداف در سطح بنگاه نیز در ادبیات اشاره شده است. این ویژگی‌ها عبارتند از:

- قابل کاربرد بودن؛
- قابل اندازه‌گیری بودن؛
- در نظر داشتن محدودیت منابع؛
- قابل دستیابی بودن؛
- مشخص بودن؛
- قابلیت انعطاف داشتن؛
- واقع‌گرایانه بودن؛
- قابل قبول بودن؛
- و محدود به زمان بودن [۲].

۱-۲-۲- نمونه‌هایی از اهداف کلان در سایر فناوری‌ها

در این قسمت به هدف رسیدن به تصویری از جنس اهداف کلان تبیین شده در اسناد ملی فناوری‌های راهبردی، مطالعه‌ی تطبیقی برای دو فناوری در داخل (نانو و پیل سوختی)، یک بخش در داخل (بخش انرژی باد) و نیز دو فناوری در خارج (نانو آفریقای جنوبی و پیل سوختی ایالات متحده) صورت می‌پذیرد.

اهداف کلان فناوری نانو در ایران

- دستیابی به سهم مناسبی از تجارت جهانی با استفاده از فناوری نانو
- ایجاد زمینه مناسب برای بهره‌مندی از مزایای فناوری نانو در جهت ارتقای کیفیت زندگی مردم
- نهادینه شدن توسعه پویا و پایدار علوم، فناوری، و صنعت نانو

اهداف کلان فناوری پیل سوختی در ایران

- طراحی، تولید و ارتقا فناوری پیل‌های سوختی راهبردی در بازارهای رقابتی داخل و خارج از کشور با رعایت اولویت‌های بازار تقاضا
- بسط و توسعه سرمایه‌گذاری در صنعت توسعه پیل‌های سوختی راهبردی و فناوری‌های کلیدی آن با تاکید بر نقش بخش خصوصی، تکیه بر مزیت‌های رقابتی، ایجاد اشتغال و رویکرد صادرات (تحریک طرف عرضه)
- ایجاد و گسترش ظرفیت‌های به‌کارگیری و بهره‌برداری از فناوری پیل سوختی راهبردی در داخل و خارج از کشور با ایجاد بهره‌گیری از سازوکارهایی مانند احتساب هزینه‌های واقعی انرژی، توسعه بازارهای ویژه در کشور، و وضع قوانین موردنیاز (تحریک طرف تقاضا)

اهداف کلان بخش انرژی باد ایران

- افزایش سهم نیروگاه‌های بادی متناسب با افزایش میزان نصب انواع نیروگاه‌ها در کشور با تأمین حداقل ۲۴۵۰۰ مگاوات ظرفیت نصب‌شده در افق چشم‌انداز
- ارتقاء قابلیت اطمینان و امنیت شبکه انرژی از طریق توسعه انرژی بادی و ایجاد تنوع در سبد انرژی کشور
- بهبود وضعیت زیست‌محیطی کشور از طریق کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی
- افزایش توانمندی‌های فناورانه کشور در حوزه انرژی بادی با رویکرد صادرات فناوری و با تاکید بر توانمندسازی بخش خصوصی
- افزایش حجم سرمایه‌گذاری در توسعه کسب و کارهای دانش‌بنیان و توسعه دانش فنی توسط بخش خصوصی در راستای تولید ثروت

اهداف کلان فناوری نانو در آفریقای جنوبی

- حمایت از تحقیقات بلندمدت در زمینه علوم نانو که منجر به فهم عمیقی از طراحی، ترکیب، خصوصیت، و مدلسازی از مواد نانو می‌گردد
- حمایت از ساخت تجهیزات جدید و تازه به‌عنوان کاربردی از فناوری نانو در حوزه‌های مختلف
- توسعه منابع انسانی موردنیاز و زیرساخت‌های ضروری توسعه فناوری نانو
- تحریک و حمایت از توسعه در ماموریت‌های فناورانه جدید مانند مواد پیشرفته برای تولید پیشرفته و مواد پیشرفته برای فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات

اهداف کلان فناوری پیل سوختی در ایالات متحده

- تبدیل به‌موقع و کارای سیستم‌های انرژی ملی و ابقای پیشروی ایالات متحده در فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های نو
- حفظ تلاش‌های پویای ایالات متحده در علوم و مهندسی، به‌عنوان اساس موفقیت اقتصادی کشور، با پیشروی در حوزه‌های راهبردی
- بنیان نهادن یک چارچوب عملیاتی و سازگار شده که موفقیت ماموریت تدوین شده را حداکثر نماید با دربرداشتن آینده‌ی مطلوب تمام ذینفعان [۲]

۱-۲-۳- روش پیشنهادی تبیین اهداف کلان توسعه فناوری

هدف‌گذاری در سطح کلان، با توجه به مقوله چشم‌انداز صورت می‌گیرد. نتایجی را که توسعه فناوری در یک دوره چندساله طی می‌کند اهداف بلند مدت تعیین می‌کنند. روش پیشنهادی زیر می‌تواند برای تدوین اهداف کلان در توسعه فناوری مورد استفاده قرار گیرد.

۱) دریافت ورودی از نظرات خبرگان همراستا با چشم‌انداز و هوشمندی فناورانه

در ابتدا لازم است تا از نظرات خبرگان پیرامون اهداف کلان توسعه فناوری استفاده شود. این کار با برگزاری پنل‌های خبرگی و بحث گروهی میان متخصصین، در چارچوب نتایج حاصل از هوشمندی فناورانه (روندهای رشد و توسعه فناوری در آینده) و تاکید بر مولفه‌های موجود در چشم‌انداز صورت می‌گیرد. در مجموع می‌توان این‌طور بیان نمود که اهداف ترجمه چشم‌انداز در ابعاد مختلف هستند.

۲) تدوین اولیه اهداف کلان بر اساس اطلاعات ورودی

با توجه به نظرات جمع‌آوری شده متخصصین پیرامون اهداف کلان، در این مرحله لازم است تا تحلیل‌گران به پالایش این نتایج با در نظر داشتن دو محور حوزه‌های هدف و ویژگی‌های هدف بپردازند. به عبارت دیگر، تحلیل‌گران نظرات خبرگان را در حوزه‌های هدف دسته‌بندی نموده و با در نظر داشتن ویژگی‌های ضروری، آن‌ها را بازنویسی می‌کنند.

حوزه‌های اهداف به معرفی ابعادی می‌پردازند که لازم است تا به آن‌ها پرداخته شود. اگرچه این حوزه‌ها در هر مورد مطالعاتی دارای تفاوت‌ها و دسته‌بندی‌های مختلفی می‌باشد، اما می‌توان یک حالت عمومی برای این حوزه‌ها ارائه نمود. این دسته‌بندی تنها به منظور سامان‌دهی ذهنی برنامه‌ریزان در تدوین اهداف اسناد راهبردی است و الزامی در

پوشش همه‌جانبه آن‌ها در هر مورد مطالعاتی به‌وجود نمی‌آورد. به‌طور کلی چهار حوزه زیر را می‌توان به‌عنوان ابعاد ضروری تدوین اهداف کلان توسعه فناوری در سطح ملی در نظر داشت:

- موقعیت رقابتی: میزان موفقیت در تسلط نسبی بر بازار، درآمد کل، سهم بازار، سهم صادرات
- ظرفیت‌سازی: رشد و پیشرفت دانش فناوری، توسعه نیروی انسانی متخصص، بهره‌برداری و عملیاتی نمودن دانش به فناوری
- مسئولیت اجتماعی: در نظرگیری مسایل زیست‌محیطی، بهبود سطح رفاه اجتماعی، بالابردن رشد اقتصادی، مشروعیت‌بخشی
- نوآوری: بالابردن توان نوآوری و طراحی محصول و فرایند

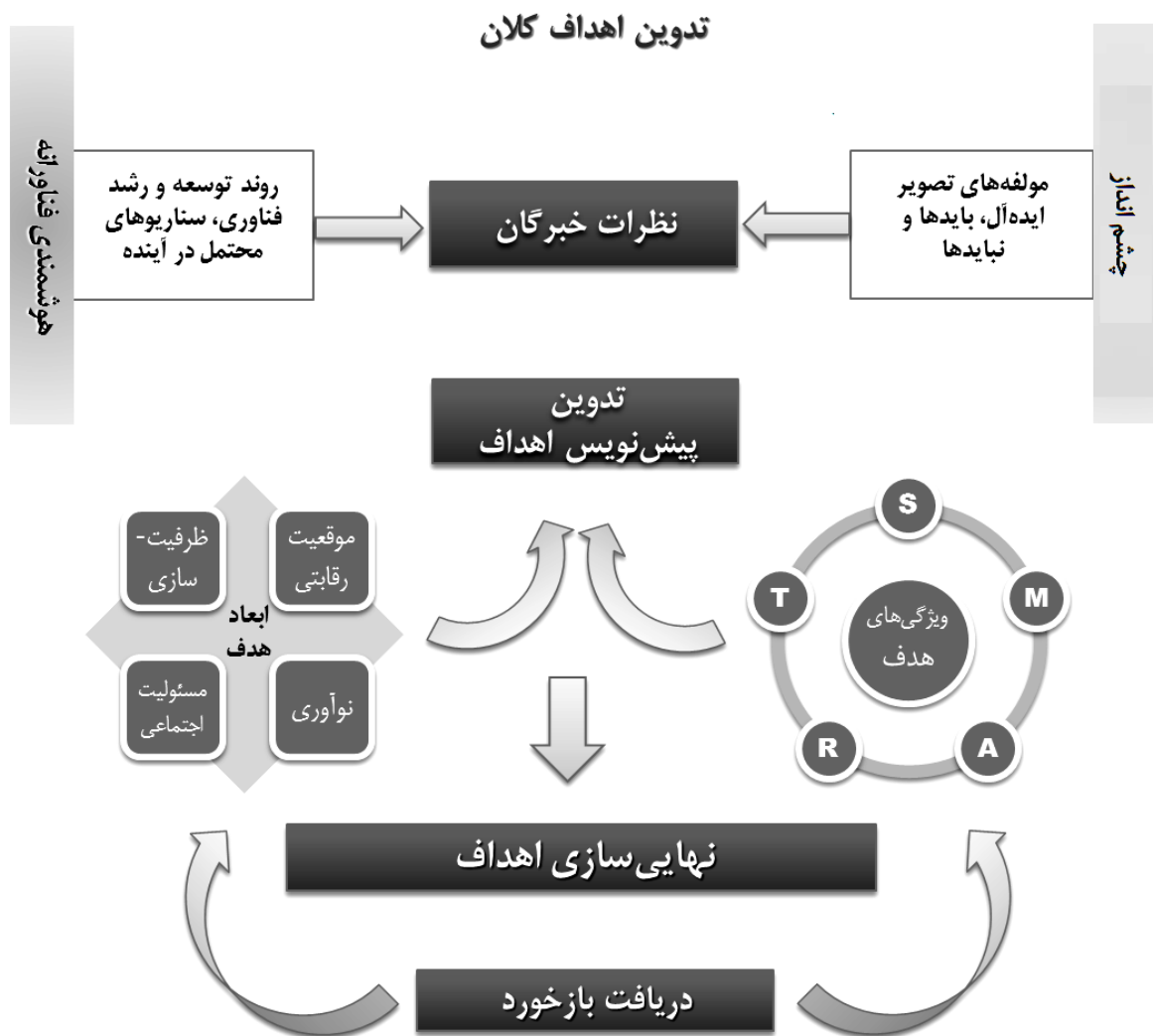
۳) تایید و نهایی‌سازی اهداف کلان

اهداف کلان، راهنماهای توسعه در سایر مراحل خواهند بود. بنابراین، اهداف اولیه طراحی شده برای نهایی شدن نیازمند تایید دوباره افراد متخصص هستند. اجرای این مرحله به کاهش خطای ناشی از بازنویسی و پالایش اهداف توسط تحلیل‌گران کمک می‌کند.

۴) دریافت بازخورد

از آنجا که تدوین گام‌های مختلف سند در یک فرایند تعاملی به‌وقوع می‌پیوندد، اهداف کلان تدوین شده در بخش ممکن است با تدوین گام‌های بعدی سند دچار تغییر و اصلاح شوند. تدوین اهداف خرد (اهداف پایین‌به‌بالا) و دریافت تصویر واقعی‌تر از وضعیت موجود یکی از مهمترین بازخوردهایی است که‌تواند منجر به بازبینی در اهداف کلان شود [۲].

شکل زیر نمایش گرافیکی مراحل تدوین اهداف کلان را به‌طور خلاصه به‌نمایش می‌گذارد.



شکل ۱-۲: روش تدوین اهداف کلان

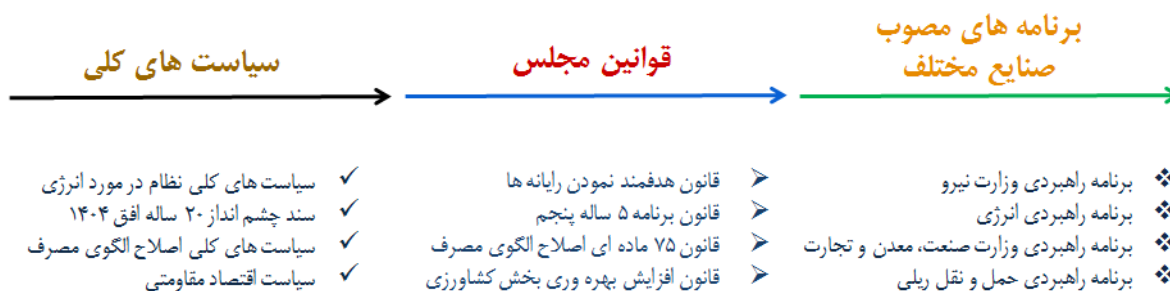
۲- الزامات ایجاد شده از منظر اسناد بالا

دستی در خصوص توسعه صنعت

موتورهای الکتریکی

۱-۲- مقدمه

در این فصل کلیه الزامات ایجاد شده توسط اسناد بالادستی و قوانین مصوب کشور مرتبط با "توسعه صنعت موتورهای الکتریکی" است، مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مستندات طبق شکل ۱-۲ در قالب سیاست‌های کلی، قوانین مجلس و برنامه‌های مصوب صنایع مختلف هستند که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند. علاوه بر اسناد فوق، دو سند دیگر شامل بیانیه طرح توسعه صنعت قطعه‌سازی و سیاست دولت برای خروج از رکود بدون تورم نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است این اسناد به صورت مفصل طی گزارشی با عنوان مرزبندی سیستم موتورهای الکتریکی در فاز اول همین پروژه بحث شده است.



شکل ۱-۲: سطح بندی مستندات مرتبط با توسعه صنعت موتورهای الکتریکی

۲-۲- بررسی الزامات سیاست‌های کلی نظام در خصوص توسعه صنعت موتورهای الکتریکی

الزاماتی که سیاست‌های کلی نظام در ارتباط با توسعه صنعت موتورهای الکتریکی ایجاد می‌کنند شامل موارد زیر است:

الف- سیاست‌های کلی نظام در خصوص انرژی:

❖ گسترش تحقیقات بنیادی و توسعه‌ای و تربیت نیروی انسانی و تلاش برای ایجاد مرکز جذب و صدور دانش و خدمات

فنی - مهندسی انرژی در سطح بین‌الملل و ارتقاء فن‌آوری در زمینه‌های منابع و صنایع نفت و گاز و پتروشیمی

❖ بهینه‌سازی مصرف و کاهش شدت مصرف انرژی

موتورهای الکتریکی به عنوان یکی از پرکاربردترین تجهیزات الکتریکی در صنایع، سیستم‌های حمل و نقل و لوازم خانگی

است، بطوری که افزایش بازده آن منجر به کاهش شدت مصرف انرژی در کشور خواهد شد.

ب- سند نهایی چشم انداز ۲۰ ساله جمهوری اسلامی ایران

❖ کسب فن آوری، به ویژه فن آوری های نو، شامل ریز فناوری و فناوری های زیستی، اطلاعات و ارتباطات، زیست

محیطی، هوافضا و هسته‌یی

❖ ایجاد ساز و کار مناسب برای رشد بهره وری عوامل تولید (انرژی، سرمایه، نیروی کار، آب، خاک و ...);

❖ دست یافتن به جایگاه اول اقتصادی، علم و فناوری در سطح منطقه آسیای جنوب غربی (آسیای میانه، قفقاز،

خاورمیانه و کشورهای همسایه)

ج- سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف

❖ اولویت دادن به افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی در ایجاد ظرفیت های جدید تولید انرژی.

❖ انجام مطالعات جامع و یکپارچه سامانه انرژی کشور به منظور بهینه سازی عرضه و مصرف انرژی.

❖ تدوین برنامه ملی بهره وری انرژی و اعمال سیاست های تشویقی نظیر حمایت مالی و فراهم کردن تسهیلات بانکی

برای

❖ اصلاح و تقویت ساختار حمل و نقل عمومی با تأکید بر راه آهن درون شهری و برون شهری

❖ افزایش بازدهی نیروگاهها، متنوع سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی های تجدید پذیر و نوین.

د- سیاست اقتصاد مقاومتی

❖ مدیریت مصرف با تأکید بر اجرای سیاست های کلی اصلاح الگوی مصرف و ترویج مصرف کالاهای داخلی همراه با

برنامه ریزی برای ارتقاء کیفیت و رقابت پذیری در تولید

❖ افزایش ارزش افزوده از طریق تکمیل زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز، توسعه تولید کالاهای دارای بازدهی

بهینه (براساس شاخص شدت مصرف انرژی) و بالا بردن صادرات برق، محصولات پتروشیمی و فرآورده های نفتی با

تأکید بر برداشت

❖ استفاده از ظرفیت اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها در جهت افزایش تولید، اشتغال و بهره‌وری، کاهش شدت انرژی

۲-۳- بررسی الزامات قوانین مجلس

الزاماتی که قوانین مجلس در ارتباط با توسعه صنعت موتورهای الکتریکی ایجاد می کنند شامل موارد زیر است :

الف- قانون هدفمند نمودن یارانه ها

❖ در ماده ۱ تبصره بند ج قیمت تمام شده برق، مجموع هزینه های تبدیل انرژی، انتقال و توزیع و هزینه سوخت با بازده حداقل سی و هشت درصد (۳۸٪) نیروگاه های کشور و رعایت استانداردها محاسبه می شود و هر ساله حداقل یک درصد ۱٪ به بازده نیروگاه های کشور افزوده شود به طوری که تا پنج سال از زمان اجراء این قانون به بازده چهل و پنج درصد (۴۵٪) برسد.

❖ ماده ۸ الف: بهینه سازی مصرف انرژی در واحدهای تولیدی، خدماتی و مسکونی و تشویق به صرفه جویی و رعایت الگوی مصرف.

❖ ماده ۸ ب: اصلاح ساختار فناوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره وری انرژی، آب و توسعه تولید برق از منابع تجدید پذیر

ب- قانون برنامه پنج ساله پنجم

❖ در ماده ۱۳۳ قانون برنامه پنجساله پنجم، به منظور تنوع در عرضه انرژی کشور به بهینه سازی تولید و افزایش راندمان نیروگاه ها، کاهش اتلاف و توسعه تولید همزمان برق و حرارت اشاره می شود.

❖ در ماده ۱۳۴ نیز به منظور اعمال صرفه جویی، تشویق و حمایت از مصرف کنندگان در راستای منطقی کردن و اصلاح الگوی مصرف انرژی و برق، حفظ ذخایر انرژی کشور و حفاظت از محیط زیست به وزارتخانه های نیرو، نفت و صنایع و معادن اشاره می شود.

ج- قانون ۷۵ ماده ای اصلاح الگوی مصرف

❖ در فصل سوم- ماده ۶ وزارتخانه های نیرو، نفت، کشاورزی و صنایع و معادن موظفند کلیه فناوریهای مورد نیاز حوزه تخصصی برای عرضه و مصرف انرژی در بیست سال آینده را در حیطه تخصصی خود شناسایی کنند و امکان طراحی و بهبود آنها برای به کارگیری توسط سازندگان و تولیدکنندگان داخلی را فراهم نمایند.

❖ فصل چهارم - ماده ۱۵، کلیه دستگاه های اجرائی، نهادها، مؤسسات، شرکت ها و واحدهای صنعتی دولتی و همچنین نیروهای نظامی و انتظامی موظفند تجهیزات و ماشین آلات مورد نیاز خود را براساس بهترین الگوی مصرف سطوح انرژی ببری خریداری نمایند.

- ❖ در ماده ۲۴ از فصل ششم، کلیه مصرف‌کنندگان انرژی با تقاضای (دیماند) قدرت الکتریکی بیش از یک مگاوات موظفند با ایجاد واحد مدیریت انرژی نسبت به انجام ممیزی انرژی و بهینه‌سازی مصرف انرژی و اجرای راهکارهای لازم جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی اقدام نمایند.
- ❖ فصل هفتم - ماده ۲۹ - وزارتخانه‌های جهاد کشاورزی و صنایع و معادن موظفند سالانه حداقل بیست درصد (۲۰٪) از پمپهای آب و ماشینهای کشاورزی خودکشی فرسوده و پرمصرف را از رده خارج و به همان نسبت به تأمین الکترو پمپهای آب و ماشینهای جدید با مصرف انرژی استاندارد و بهینه اقدام نمایند.
- ❖ فصل هفتم - ماده ۳۰ - وزارت صنایع و معادن با هماهنگی وزارت جهاد کشاورزی موظف است تا پایان برنامه پنجساله پنجم توسعه نسبت به اصلاح ماشین‌آلات و تجهیزات انرژی‌بر کشاورزی تولید داخل با بهره‌گیری از فناوری‌های جدید مطابق با معیارها و مشخصات فنی مصرف سوخت موضوع ماده (۱۱) این قانون اقدام نماید.
- ❖ فصل نهم - در ماده ۵۱، وزارتخانه‌های نیرو و نفت حسب مورد موظفند طرحهای مرتبط با افزایش بازده انرژی موضوع این فصل از قانون را متناسب با میزان افزایش بازده از حمایت‌های مقرر در این قانون که به‌صورت عمومی اعلام می‌شود، بهره‌مند سازند.

د- قانون افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی

- ❖ در ماده ۲۴ قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی، وزارت نفت مکلف است همه ساله مبالغ ریالی صرفه‌جویی سوخت ناشی از برقی کردن چاههای آب کشاورزی را به حسابی که در خزانه‌داری کل افتتاح می‌گردد، واریز نماید تا جهت برقی کردن چاههای کشاورزی اختصاص یابد و به مصرف برسد.
- استفاده از موتورهای برقی با بازدهی مناسب در این حوزه علاوه بر کاهش مصرف انرژی، منجر به رشد بهره‌وری در صنعت کشاورزی نیز می‌شود.

۲-۴- بررسی الزامات برنامه‌های راهبردی صنایع مختلف

الزاماتی که برنامه‌های راهبردی صنایع مختلف در ارتباط با توسعه صنعت موتورهای الکتریکی ایجاد می‌کنند شامل موارد زیر است :

الف- برنامه راهبردی وزارت نیرو

- ❖ بهینه سازی مصرف و بهره گیری از فناوریهای نوین، سازگار با محیط زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده
- ❖ ارتقاء سطح تحقیق و توسعه بخش برق و انرژی
- ❖ افزایش بهره وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاهها

ب- برنامه راهبردی انرژی

- ❖ اصلاح مصارف
- ❖ ایجاد و تکمیل ظرفیت های تولید

ج- برنامه راهبردی وزارت صنعت، معدن و تجارت

- ❖ ساخت محصولات الکتریکی مطابق نیاز کشور و در صورت امکان صادرات آن به خارج از کشور
- ❖ ایجاد اشتغال

د- برنامه راهبردی صنعت ریلی

- ❖ اصلاح مصارف
- ❖ ایجاد و تکمیل کارگاهها و خطوط تولید
- ❖ گسترش پژوهش
- ❖ گسترش همکاری بین بنگاهها

ه- برنامه راهبردی لوازم خانگی و اداری الکتریکی و الکترونیکی

- ❖ اصلاح مصارف و کاهش شدت مصرف برق
- ❖ ایجاد اشتغال و کاهش واردات تجهیزات الکتریکی
- ❖ گسترش پژوهش

و- سند نقشه راه بهره وری انرژی الکتریکی

- ❖ بهره وری در بخش تأمین
- ❖ بهره وری در بخش مصرف انرژی

ز- برنامه راهبردی فولاد

❖ توسعه و احداث نیروگاه‌های برق تا ۸۲۵۰ مگاوات توسط واحدهای تولیدی فولاد

❖ اصلاح الگوی مصرف و افزایش بازدهی انرژی تجهیزات الکتریکی

ح) بیانیه طرح توسعه صنعت قطعه سازی کشور

در این بیانیه به نقش صنایع استراتژیکی همچون نفت و گاز، صنایع هوایی، ریلی، خودرو و دریایی، صنعت نیرو (لزوم سرمایه گذاری ۵۰ میلیاردی در این صنعت طی هشت سال آتی) و صنایع لوازم خانگی اشاره شده و توسعه صنایع مذکور را مستلزم عواملی دانسته که زنجیره تامین قطعات و تجهیزات، از جمله مهمترین آنهاست؛ چرا که قطعات و تجهیزات دست کم ۵۰ درصد از ارزش افزوده این صنایع را در سطح OEM تشکیل می دهند. از آثار اجرای این طرح می توان به موارد زیر اشاره کرد:

❖ اشتغال زایی

❖ صرفه جویی ارزی با بی نیاز شدن از واردات تجهیزات

❖ افزایش بهره وری صنعت قطعه سازی و صنایع پایین دستی آن

❖ تحقق اهداف سند چشم انداز

ط) سیاست دولت برای خروج از رکود بدون تورم

اهم سیاست‌های ضد تورمی دولت که در ارتباط با توسعه صنعت موتورهای الکتریکی است در قالب برنامه های توسعه بهینه‌سازی مصرف انرژی است که در زیر به آن اشاره می شود:

❖ اصلاح و بهینه‌سازی موتورخانه‌های مسکونی، تجاری و اداری با برآورد هزینه حدود ۳ هزار میلیارد تومان

❖ برقی کردن چاه‌های کشاورزی با برآورد هزینه حدود ۲۵۰۰ میلیارد تومان

❖ حمایت از ساخت داخل ۱۰ قلم اصلی تجهیزات نفتی (شامل ترکشن موتور های سیستم حفاری و الکتروپمپ‌ها که در

این صنعت کاربرد وسیعی دارند)

❖ اجازه به وزارت نیرو برای عقد قرارداد تا سقف یکصد و بیست هزار میلیارد ریال با اولویت:

➤ استفاده از تجهیزات ساخت داخل

➤ اجرای طرح‌های افزایش بازدهی نیروگاه‌ها با اولویت بخش بخار در نیروگاه‌های چرخه ترکیبی

➤ کاهش تلفات، بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف سوخت مایع،

➤ جایگزینی مصرف برق به جای گاز یا فرآورده‌های نفتی در مناطقی که توجیه اقتصادی دارد

۲-۵- جمع بندی

با توجه به مطالب فوق الزاماتی که در زمینه توسعه صنعت موتورهای الکتریکی باید در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز در نظر گرفته شوند در جدول ۱-۲ گردآوری شده است.

جدول ۱-۲: مستندات مرتبط با لزوم توسعه ماشین‌های الکتریکی

ردیف	قانون تصویب شده	بخش مربوط به انرژی	موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز باید در نظر گرفته شوند
۱	در چشم‌انداز جمهوری اسلامی در افق ۱۴۰۴، ویژگی‌های جامعه ایرانی در این سال ارائه شده است	توسعه یافته	دستیابی به جایگاه مناسب در میان کشورهای توسعه یافته جهان در افق ۱۴۰۴
		برخوردار از دانش پیشرفته	بومی‌سازی دانش طراحی و تولید موتورهای الکتریکی در افق ۱۴۰۴
		متکی بر تولید ملی	تربیت نیروی انسانی متخصص و بومی‌سازی کامل تولید در افق ۱۴۰۴
		بهره‌مند از محیط زیست مطلوب	توجه به محیط زیست و تلاش برای افزایش ایمنی محیط زیست
		دست یافتن به جایگاه اول اقتصادی، علم و فناوری در سطح منطقه آسیای جنوب غربی (آسیای میانه، قفقاز، خاورمیانه و کشورهای همسایه)	دستیابی به جایگاه اول منطقه در بخش‌های مختلف صنعت موتورهای الکتریکی
۲	قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران	ماده ۱۳۳- به منظور تنوع در عرضه انرژی کشور به بهینه‌سازی تولید و افزایش راندمان نیروگاهها، کاهش اتلاف و توسعه تولید همزمان برق و حرارت اشاره می شود.	توجه به بهینه سازی و اصلاح الگوی مصرف
		<ul style="list-style-type: none"> در ماده ۱۳۴ نیز به منظور اعمال صرفه‌جویی، تشویق و حمایت از مصرف‌کنندگان در راستای منطقی کردن و اصلاح الگوی مصرف انرژی و برق، حفظ ذخایر انرژی کشور و حفاظت از محیط زیست به وزارتخانه‌های نیرو، نفت و صنایع و معادن اشاره می شود. 	توجه به محیط زیست، اصلاح الگوی مصرف
۳	سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی	<ul style="list-style-type: none"> گسترش تحقیقات بنیادی و توسعه‌ای و تربیت نیروی انسانی و تلاش برای ایجاد مرکز جذب و صدور دانش و خدمات فنی - مهندسی انرژی در سطح بین‌الملل و ارتقاء فن‌آوری در زمینه‌های منابع و صنایع نفت و گاز و پتروشیمی 	ایجاد اشتغال، تربیت نیروی انسانی، گسترش پژوهش و تحقیقات
		<ul style="list-style-type: none"> بهینه‌سازی مصرف و کاهش شدت مصرف انرژی 	کاهش مصرف انرژی، اصلاح الگوی مصرف

ردیف	قانون تصویب شده	بخش مربوط به انرژی	موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز باید در نظر گرفته شوند
۴	سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف	<ul style="list-style-type: none"> اولویت دادن به افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی در ایجاد ظرفیت‌های جدید تولید انرژی. انجام مطالعات جامع و یکپارچه سامانه انرژی کشور به منظور بهینه‌سازی عرضه و مصرف انرژی. تدوین برنامه ملی بهره‌وری انرژی و اعمال سیاست‌های تشویقی نظیر حمایت مالی و فراهم کردن تسهیلات بانکی برای اصلاح و تقویت ساختار حمل و نقل عمومی با تأکید بر راه آهن درون شهری و برون شهری افزایش بازدهی نیروگاهها، متنوع سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی‌های تجدید پذیر و نوین. 	افزایش بهره‌وری، انجام تحقیقات، افزایش بازده نیروگاهها
۵	سیاست‌های اقتصاد مقاومتی	<p>پشتتاری اقتصاد دانش بنیان، پیاده‌سازی و اجرای نقشه جامع علمی کشور و ساماندهی نظام ملی نوآوری به منظور ارتقاء جایگاه جهانی کشور و افزایش سهم تولید و صادرات محصولات و خدمات دانش بنیان و دستیابی به رتبه اول اقتصاد دانش بنیان در منطقه.</p> <p>استفاده از ظرفیت اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها در جهت افزایش تولید، اشتغال و بهره‌وری، کاهش شدت انرژی</p>	<p>دستیابی به جایگاه مناسب در میان کشورهای پیشرو در حوزه صنعت موتورهای الکتریکی، کاهش واردات و افزایش صادرات تجهیزات الکتریکی</p> <p>ارتقای سطح رفاه و عدالت اجتماعی</p>
		<p>مدیریت مصرف با تأکید بر اجرای سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف و ترویج مصرف کالاهای داخلی همراه با برنامه‌ریزی برای ارتقاء کیفیت و رقابت‌پذیری در تولید</p>	<p>افزایش کیفیت و امنیت سیاسی و اقتصادی در حوزه انرژی الکتریکی در کشور</p>
۶	قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی	<p>افزایش ارزش افزوده از طریق تکمیل زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز، توسعه تولید کالاهای دارای بازدهی بهینه (بر اساس شاخص شدت مصرف انرژی) و بالا بردن صادرات برق، محصولات پتروشیمی و فرآورده‌های نفتی با تأکید بر برداشت صیانتی از منابع</p>	<p>افزایش تولید و سهم صادرات برق با بهره‌مندی از سامانه‌های ذخیره‌سازی در تولید برق از منابع تجدیدپذیر</p>
		<ul style="list-style-type: none"> در فصل سوم- ماده ۶، وزارتخانه‌های نیرو، نفت، کشاورزی و صنایع و معادن موظفند کلیه فناوری‌های مورد نیاز حوزه تخصصی برای عرضه و مصرف انرژی در بیست سال آینده را در حیطه تخصصی خود شناسایی کنند و امکان طراحی و بهبود آنها برای به‌کارگیری توسط سازندگان و تولیدکنندگان داخلی را فراهم نمایند. فصل چهارم - ماده ۱۵، کلیه دستگاه‌های اجرائی، نهادها، مؤسسات، شرکتها و واحدهای صنعتی دولتی و همچنین نیروهای نظامی و انتظامی موظفند تجهیزات و ماشین‌آلات مورد نیاز خود را براساس بهترین الگوی مصرف سطوح انرژی‌بری خریداری نمایند. 	<p>شناسایی فناوری‌های صنعت موتورهای الکتریکی، طراحی و تولید آنها در داخل کشور</p> <p>توجه به اصلاح الگوی مصرف</p>

ردیف	قانون تصویب شده	بخش مربوط به انرژی	موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز باید در نظر گرفته شوند
		<ul style="list-style-type: none"> در ماده ۲۴ از فصل ششم، کلیه مصرف‌کنندگان انرژی با تقاضای (دیماند) قدرت الکتریکی بیش از یک مگاوات موظفند با ایجاد واحد مدیریت انرژی نسبت به انجام ممیزی انرژی و بهینه‌سازی مصرف انرژی و اجرای راهکارهای لازم جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی اقدام نمایند. 	بهینه سازی مصرف انرژی
		<ul style="list-style-type: none"> فصل هفتم- ماده ۲۹- وزارتخانه‌های جهاد کشاورزی و صنایع و معادن موظفند سالانه حداقل بیستدرصد (۲۰٪) از پمپهای آب و ماشینهای کشاورزی خودکشی فرسوده و پرمصرف را از رده خارج و به همان نسبت به تأمین الکترو پمپهای آب و ماشینهای جدید با مصرف انرژی استاندارد و بهینه اقدام نمایند. 	بهینه سازی مصرف، کاهش شدت مصرف انرژی
		<ul style="list-style-type: none"> فصل هفتم- ماده ۳۰- وزارت صنایع و معادن با هماهنگی وزارت جهاد کشاورزی موظف است تا پایان برنامه پنجساله پنجم توسعه نسبت به اصلاح ماشین‌آلات و تجهیزات انرژی‌بر کشاورزی تولید داخل با بهره‌گیری از فناوریهای جدید مطابق با معیارها و مشخصات فنی مصرف سوخت موضوع ماده (۱۱) این قانون اقدام نماید. 	بهره گیری از فناوری های جدید در صنعت موتورهای الکتریکی جهت کاهش مصرف
		<ul style="list-style-type: none"> فصل نهم - در ماده ۵۱، وزارتخانه‌های نیرو و نفت حسب مورد موظفند طرحهای مرتبط با افزایش بازده انرژی موضوع این فصل از قانون را متناسب با میزان افزایش بازده از حمایتها مقرر در این قانون که به‌صورت عمومی اعلام می‌شود بهره‌مند سازند. 	افزایش بازده موتورهای الکتریکی، کاهش مصرف انرژی
۷	قانون افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی	<ul style="list-style-type: none"> در ماده ۲۴ قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی، وزارت نفت مکلف است همه ساله مبلغ ریالی صرفه‌جویی سوخت ناشی از برقی کردن چاههای آب کشاورزی را به حسابی که در خزانه‌داری کل افتتاح می‌گردد، واریز نماید تا جهت برقی کردن چاههای کشاورزی اختصاص یابد و به مصرف برسد. 	افزایش بهره‌وری، صرفه‌جویی در مصرف انرژی
۸	قانون هدفمند کردن یارانه‌ها	<ul style="list-style-type: none"> در ماده ۱ تبصره بند ج قیمت تمام شده برق، مجموع هزینه‌های تبدیل انرژی، انتقال و توزیع و هزینه سوخت با بازده حداقل سی و هشت درصد (38%) نیروگاههای کشور و رعایت استانداردها محاسبه می‌شود و هر ساله حداقل یک درصد ۱% به بازده نیروگاههای کشور افزوده شود به طوری که تا پنج سال از زمان اجراء این قانون به بازده چهل و پنج درصد (۴۵%) برسد. ماده ۸ الف: بهینه سازی مصرف انرژی در واحدهای تولیدی، خدماتی و مسکونی و تشویق به صرفه‌جویی و رعایت الگوی مصرف. ماده ۸ ب: اصلاح ساختار فناوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره‌وری انرژی، آب و توسعه تولید برق از منابع تجدید پذیر 	افزایش بهره‌وری، بهینه سازی مصرف انرژی، اصلاح ساختار فناوری واحدهای تولیدی

ردیف	قانون تصویب شده	بخش مربوط به انرژی	موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز باید در نظر گرفته شوند
۹	برنامه راهبردی وزارت نیرو	<ul style="list-style-type: none"> • بهینه سازی مصرف و بهره گیری از فناوریهای نوین، سازگار با محیط زیست و متناسب با زیرساختهای حال و آینده • ارتقاء سطح تحقیق و توسعه بخش برق و انرژی • افزایش بهره وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه ها 	ارتقاء فناوری، بهینه سازی مصرف، توجه به محیط زیست و افزایش بهره وری در تولید برق
۱۰	برنامه راهبردی انرژی	<ul style="list-style-type: none"> • اصلاح مصارف • ایجاد و تکمیل ظرفیت های تولید 	اصلاح مصرف
۱۱	برنامه راهبردی وزارت صنعت، معدن و تجارت	<ul style="list-style-type: none"> • ساخت محصولات الکتریکی مطابق نیاز کشور و در صورت امکان صادرات آن به خارج از کشور • ایجاد اشتغال 	ایجاد اشتغال، توسعه صادرات
۱۲	برنامه راهبردی صنعت ریلی	<ul style="list-style-type: none"> • اصلاح مصارف • ایجاد و تکمیل کارگاهها و خطوط تولید • گسترش پژوهش • گسترش همکاری بین بنگاهها 	اصلاح مصرف، توسعه فناوری موبوط به موتورهای الکتریکی، توجه به تحقیقات
۱۳	برنامه راهبردی فولاد	<ul style="list-style-type: none"> • توسعه و احداث نیروگاههای برق تا ۸۲۵۰ مگاوات توسط واحدهای تولیدی فولاد • اصلاح الگوی مصرف و افزایش بازدهی انرژی تجهیزات الکتریکی 	اصلاح الگوی مصرف، افزایش بازده موتورهای الکتریکی
۱۴	برنامه راهبردی تجهیزات لوازم خانگی و اداری	<ul style="list-style-type: none"> • اصلاح مصارف و کاهش شدت مصرف برق • ایجاد اشتغال و کاهش واردات تجهیزات الکتریکی • گسترش پژوهش 	اصلاح الگوی مصرف، توجه به تحقیقات و ایجاد اشتغال
۱۵	سازمان سابا	<ul style="list-style-type: none"> • بهره وری در بخش تأمین • بهره وری در بخش مصرف انرژی 	افزایش بهره وری و اصلاح مصرف
۱۶	بیانیه توسعه صنعت قطعه سازی	در این بیانیه به نقش صنایع استراتژیکی همچون نفت و گاز، صنایع هوایی، ریلی، خودرو و دریایی، صنعت نیرو (لزوم سرمایه گذاری ۵۰ میلیاردی در این صنعت طی هشت سال آتی) و صنایع لوازم خانگی اشاره شده و توسعه صنایع مذکور را مستلزم عواملی دانسته که زنجیره تامین قطعات و تجهیزات، از جمله مهمترین آنهاست؛ چرا که قطعات و تجهیزات دست کم ۵۰ درصد از ارزش افزوده این صنایع را در سطح OEM تشکیل می دهند.	اشتغال زایی، صرفه جویی ارزی با بی نیاز شدن از واردات تجهیزات، افزایش بهره وری صنعت قطعه سازی و صنایع پایین دستی آن، تحقق اهداف سند چشم انداز

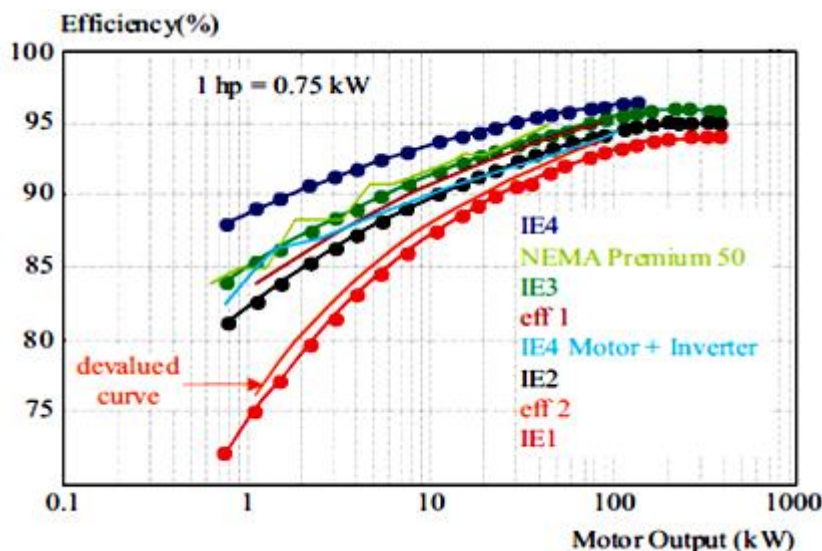
موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز باید در نظر گرفته شوند	بخش مربوط به انرژی	قانون تصویب شده	ردیف
<p>بهینه سازی و اصلاح الگوی مصرف، ایجاد اشتغال</p> <p>افزایش بهره وری در بخش صنعت و کشاورزی</p>	<ul style="list-style-type: none"> • اصلاح و بهینه‌سازی موتورخانه‌های مسکونی، تجاری و اداری با برآورد هزینه حدود ۳ هزار میلیارد تومان • برقی کردن چاه‌های کشاورزی با برآورد هزینه حدود ۲۵۰۰ میلیارد تومان • حمایت از ساخت داخل ۱۰ قلم اصلی تجهیزات نفتی (شامل ترکشن موتور های سیستم حفاری و الکترومپمها که در این صنعت کاربرد وسیعی دارند) • اجازه به وزارت نیرو برای عقد قرارداد تا سقف یکصد و بیست هزار میلیارد ریال با اولویت: <ul style="list-style-type: none"> ➤ استفاده از تجهیزات ساخت داخل ➤ اجرای طرح‌های افزایش بازدهی نیروگاه‌ها با اولویت بخش بخار در نیروگاه‌های چرخه ترکیبی ➤ کاهش تلفات، بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف سوخت مایع، ➤ جایگزینی مصرف برق به جای گاز یا فرآورده‌های نفتی در مناطقی که توجیه اقتصادی دارد 	<p>سیاست‌های ضد تورمی خروج از رکود دولت</p>	<p>۱۷</p>

۳- برنامه‌های سایر کشورها در توسعه

فناوری موتورهای الکتریکی

در این فصل برنامه‌های پیشرو توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی کشورهای پیشرفته ای مانند آمریکا، ژاپن، انگلیس در کنار کشورهای هند و مالزی بررسی می‌شود. لازم به ذکر است برنامه‌های سایر کشورها به صورت مفصل طی گزارشی با عنوان بررسی و تحلیل سیاست‌های کشورهای مختلف در زمینه توسعه فناوری موتورهای الکتریکی در راستای فاز سوم این پروژه تدوین شده است و در این فصل خلاصه‌ای از آن بیان می‌گردد.

لازم به ذکر است برخی از برنامه‌های مرتبط به صنعت موتورهای الکتریکی در قالب برنامه‌های بین‌المللی در حال اجراست. این برنامه که در قالب معرفی حداقل الزامات اجباری برای فروش موتورهای الکتریکی با سرعت ثابت است در سال ۱۹۹۷ آغاز شده و تا کنون در بسیاری از کشورها نظیر ایالات متحده آمریکا، کانادا، اتحادیه اروپا، سوئیس و چین اجرا شده است. بخشی از این برنامه‌ها مربوط به برنامه افزایش بازده موتور و ارتقاء کلاس بهره‌وری آنهاست. در شکل ۱-۳ استانداردهای بین‌المللی بازده انرژی مختلف برای موتورهای الکتریکی با کلاس‌های مختلف IE¹ آورده شده است [۶].



شکل ۱-۳: استانداردهای مختلف ارتقا راندمان انرژی موتور القایی

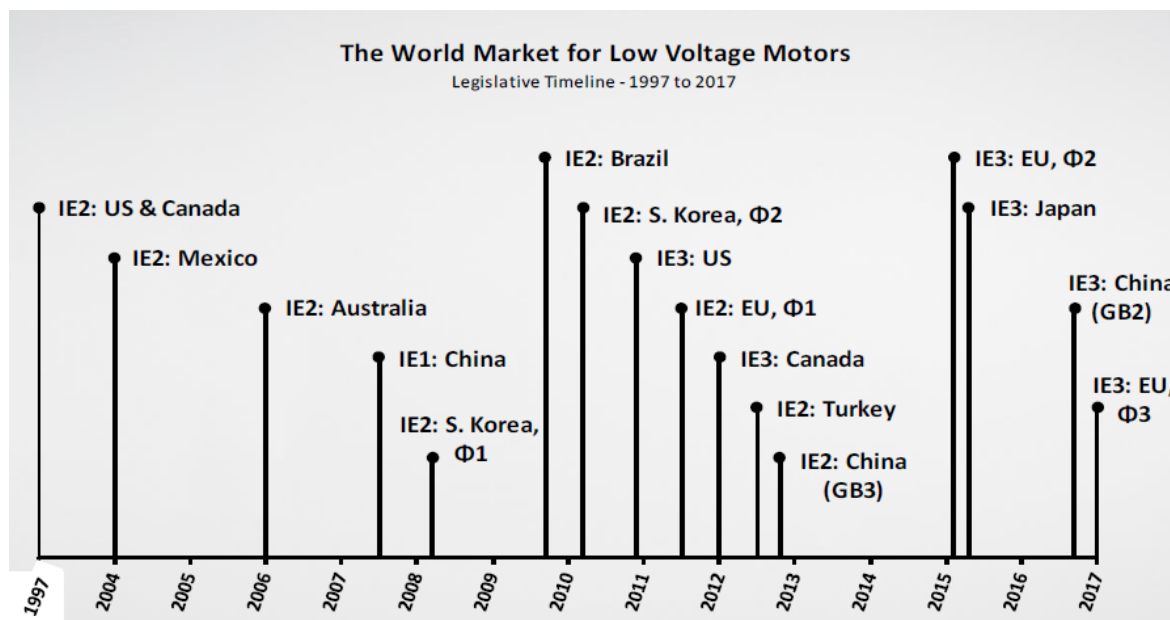
وضعیت کشورهای مختلف در برنامه افزایش بازده موتورهای الکتریکی در جدول ۱-۳ و شکل ۲-۳ قابل مشاهده است.

جدول ۱-۳: جایگاه کشورهای مختلف در برنامه افزایش بازده موتور در سال ۲۰۱۳

¹ . International Efficiency

Efficiency Levels	Efficiency Classes	Testing Standard	Performance Standard
3-phase induction motors	IEC 60034-30-1	IEC 60034-2-1	Mandatory MEPS ^{****}
	Global classes IE-Code 2008; rev. 2013 [*]	incl. stray load losses 2007; rev. 2013 ^{**}	National Policy Goal
Super Premium Efficiency	IE4	Preferred Method	
Premium Efficiency	IE3	Summation of losses with load test: P _{LL} determined from residual loss	Canada
			Mexico
			USA
			South Korea 2015
			Switzerland 2015
			EU ^{***} 2015 / 2017
High Efficiency	IE2		Australia
			Brazil
			China
			Europe
		South Korea	
		New Zealand	
		Switzerland	
		Turkey	
Standard Efficiency	IE1		Costa Rica
			Israel
			Taiwan

طی اجرای این برنامه که ابتدا توسط دپارتمان انرژی آمریکا و کمیسیون انرژی اروپا حمایت می‌شود استاندارد برای حداقل بازده موتورهای الکتریکی^۱ با نام MEPS تدوین شده که اجرای آن منجر به تحول بازار موتورهای الکتریکی در ایالات متحده و اروپا شده است.



شکل ۳-۲: وضعیت کشورهای مختلف در برنامه افزایش بازده موتور

¹Minimum Energy Performance Standard

این برنامه الزامات زیر را برای ارتقاء کلاس راندمان موتورهای الکتریکی ایجاب می‌کند:

۱- تا سال ۲۰۱۱ حداقل بازده همه موتورها باید بر اساس کلاس IE2 باشد.

۲- تا سال ۲۰۱۵ حداقل بازده همه موتور-درايو هایی با توان خروجی ۷/۵ تا ۳۷۵ کیلو وات باید به کلاس IE2 یا IE3 ارتقاء یابد.

۳- تا سال ۲۰۱۷ حداقل بازده همه موتور-درايو هایی با توان خروجی ۰/۷۵ تا ۳۷۵ کیلو وات باید به کلاس IE2 یا IE3 ارتقاء یابد.

یکی از کشورهای پیشرو در توسعه صنعت موتورهای الکتریکی کشور آمریکا است. متعاقب بحران نفتی دهه ۱۹۷۰ میلادی، سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در کلیه بخش‌های شبکه الکتریکی مورد توجه ویژه قرار گرفت. در سال ۱۹۹۲ کنگره آمریکا سیاست ارتقاء راندمان موتور القائی موسوم به EPAct^۱ را صادر نمود. در طی این برنامه که اجرای آن را دپارتمان انرژی آمریکا^۲ بر عهده داشت مقرر گردیده بود که حداقل استانداردی برای موتورهای الکتریکی کلاس خاص تنظیم گردد. این سیاست در سال ۱۹۹۷ موثر واقع شد و طی این برنامه راندمان موتورهای الکتریکی به اندازه ۲/۳ افزایش پیدا کرد.

یکی از برنامه‌های کلان کشور انگلستان که مرتبط با توسعه صنعت موتورهای الکتریکی است برنامه ECA^۳ می‌باشد که در خصوص تغییرات آب و هوا و مدیریت تولید گازهای گلخانه‌ای بویژه کربن مقرراتی را برای استفاده از موتورهای الکتریکی، فن‌ها و VSD ها وضع کرده است. برنامه MTB^۴ وظیفه حمایت از سیاستها و مقررات وضع شده دولت بریتانیا در ارتباط با فناوری‌های سازگار با محیط زیست را برعهده دارد و مشوق‌هایی را جهت استفاده از فناوری‌های سازگار با محیط زیست ارائه می‌دهد. یکی از مهمترین نتایج این برنامه تعیین کلاس IE2 برای حداقل بازده موتورهای الکتریکی است که منجر به افزایش میزان فروش از ۵ درصد برای سال ۲۰۰۱ به ۱۵ درصد برای سال ۲۰۰۹ شده است. سال ۲۰۰۸ میلادی در یک ارزیابی که از طرح ECA (بر روی چهار مورد دیگ بخار، روشنایی، یخچال و موتور-درايو) صورت گرفت، مشخص شد که به میزان ۶۰۰ هزار تن از تولید دی اکسید کربن در سال اول اجتناب شده است.

¹Energy Policy Act

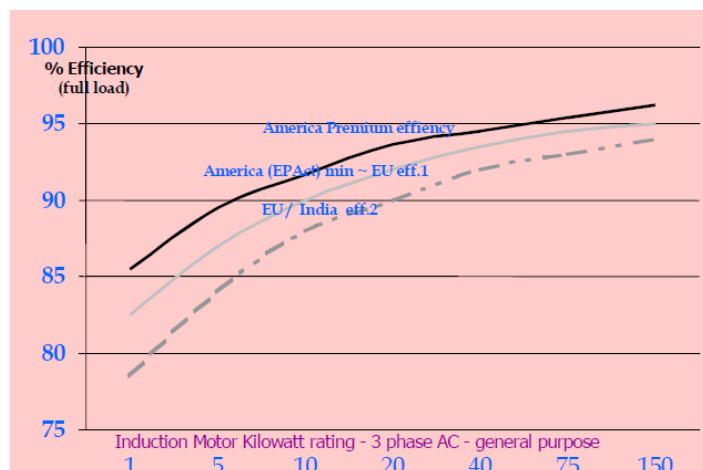
² DOE

³Enhanced Capital Allowance

⁴Market Transformation Programme

در نقشه راه کشور انگلستان در مورد موتورهای الکتریکی کاهش وزن و افزایش راندمان موتور و ژنراتور به عنوان نقاط هدف عنوان شده است.

کشور هند نیز مانند سایر کشورهای توسعه یافته برنامه‌هایی را جهت افزایش بهره‌وری انرژی اجرا کرده که یکی از مهمترین آنها برنامه برچسب انرژی تجهیزات الکتریکی است و از سال ۲۰۰۱ میلادی شروع شده است. دولت هند سازمان بهره‌وری انرژی^۱ را در حوزه وزارت انرژی موظف به سیاست‌گذاری در خصوص افزایش بهره‌وری انرژی الکتریکی کرده است. برچسب انرژی موتورهای الکتریکی به ۵ محدوده تقسیم شده و بر اساس استاندارد MEPS سطح بندی می‌شوند. طبق شکل ۳-۴ حداقل بازده موتورهای الکتریکی در کلاس eff 2 قرار می‌گیرد.



شکل ۳-۴: مقایسه بازده موتورهای الکتریکی کشور هند با آمریکا و اتحادیه اروپا

کشور مالزی یکی دیگر از کشورهای در حال توسعه است که برنامه‌هایی را برای اصلاح الگوی مصرف طی سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ اجرا کرده است. بخش از این برنامه مربوط به استفاده از موتورهای پر بازده^۲ HEM در یخچالها است. طبق بررسی‌های صورت گرفته میزان قابل توجهی از اتلاف انرژی مربوط به موتورهای یخچالها است که با جایگزینی موتورهای معمولی با موتورهای پر بازده می‌تواند منجر به کاهش مصرف انرژی شود.

¹Bureau of Energy Efficiency

²High-Efficiency Motor

همان‌طور که از برنامه‌ها و اهداف سایر کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه نیز مشخص است، افزایش بازده موتورهای الکتریکی و در نتیجه آن کاهش مصرف و اصلاح الگوی مصرف انرژی از اهداف و چشم اندازهای اصلی سایر کشورها در توسعه موتورهای الکتریکی است.

۴- نظرات متخصصان و خبرگان در

ترسیم بیانیه اولیه چشم‌انداز در

موتورهای الکتریکی

۱-۴- مقدمه

برای ترسیم بیانیه اولیه چشم انداز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی با خبرگان این حوزه مصاحباتی به صورت پرسش و پاسخ برگزار گردید و نظرات هر یک درباره سوالات ذیل، اخذ گردید.

▪ به صورت کلی انتظار کشور از کاهش مصرف انرژی موتورهای الکتریکی ناشی از افزایش بازده آنها در ۱۰ سال آینده چند درصد می تواند باشد؟

▪ در هر یک از کاربردهای موتورهای الکتریکی (خانگی، حمل و نقل و صنعت) چند درصد کاهش مصرف ناشی از افزایش بازده در ۱۰ سال آینده خواهیم داشت؟

▪ اولویت تمرکز کشور در کدامیک از کاربردهای مختلف موتورهای الکتریکی (خانگی، حمل و نقل و صنعت) می تواند باشد؟

▪ در سال ۱۴۰۴ جایگاه کشور در فناوری موتورهای الکتریکی در بازارهای صادراتی به چه میزان است؟ نقش این حوزه در بازارهای کشورهای منطقه به چه ترتیب است؟

▪ آیا ایران توان و ظرفیت لازم جهت رقابت با کشورهای مختلف (منطقه، آسیا) را دارا می باشد؟ جایگاه و رتبه کشور را چگونه ارزیابی می کنید؟

▪ می توان بین حوزه‌های فعالیت در موتورهای الکتریکی (طراحی، تولید) تفکیک قائل شد؟ در صورت مثبت بودن جواب اولویت کشور در کدام حوزه است؟

خبرگان و متخصصانی که با آنها مصاحبه صورت گرفت عبارتند از:

▪ مهندس یکتا مقدم (موسس و مدیر عامل سابق شرکت جمکو و عضو هیات مدیره شرکت OTC)

▪ دکتر واحدی (عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت)

▪ دکتر نقاشان (عضو هیئت علمی دانشگاه شهید عباسپور)

▪ مهندس فرزانه (مدیر عامل شرکت توربین)

▪ مهندس طائفی (معاون فنی شرکت رشد صنعت نیرو)

▪ دکتر اورعی (عضو هیئت علمی دانشگاه شریف)

▪ مهندس طاهری پور (مدیرعامل شرکت توربوژنراتور)

در ادامه نظرات هر یک از خبرگان درباره سوالات مطرح شده به اختصار بیان می‌گردد.

۴-۱ - مهندس یکتا مقدم

نکات مطرح شده از جانب خبرگان در خصوص چشم انداز توسعه موتورهای الکتریکی	
موضوع	نکات مطرح شده
به صورت کلی چه مقدار کاهش مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در یک بازه ده ساله در کشور می‌تواند صورت بگیرد؟	حداکثر ۱۰ درصد در مصرف انرژی موتورهای الکتریکی می‌توان صرفه جویی کرد.
در هر یک از کاربردهای موتورهای الکتریکی (خانگی، حمل و نقل و صنعت) چند درصد کاهش مصرف ناشی از افزایش بازده موتورهای الکتریکی، در ۱۰ سال آینده می‌توان انتظار داشت؟	در تمامی این زمینه‌ها پتانسیل زیادی برای صرفه‌جویی انرژی مصرفی موتورهای الکتریکی وجود دارد که هر کدام نیاز به بررسی و مطالعه مجزا دارند.
اولویت تمرکز کشور در کدامیک از کاربردهای مختلف موتورهای الکتریکی (خانگی، صنعت و حمل و نقل) می‌تواند باشد؟	در موتورهای الکتریکی لوازم خانگی و در بخش صنعت نیز در موتورهای الکتریکی صنایعی مانند فولاد و سیمان.
در سال ۱۴۰۴ جایگاه کشور در فناوری موتورهای الکتریکی در بازارهای صادراتی به چه میزان است؟ نقش این حوزه در بازارهای کشورهای منطقه به چه ترتیب است	صنعت موتورهای الکتریکی کشور حرف‌های زیادی برای گفتن در سطح منطقه دارد.
آیا ایران توان و ظرفیت لازم جهت رقابت با کشورهای مختلف (منطقه و آسیا) را دارا می‌باشد؟ جایگاه و رتبه کشور را چگونه ارزیابی می‌کنید؟	در صورت برنامه ریزی توانایی رقابت با کشورهای آسیایی را داریم و می‌توانیم به سطح اول در آسیا برسیم.
می‌توان بین حوزه‌های فعالیت در فناوری موتورهای الکتریکی (طراحی و تولید) تفکیک قائل شد؟ در صورت مثبت بودن جواب، اولویت کشور در کدام حوزه است؟	این تفکیک صحیح نمی‌باشد و توانایی طراحی موتورهای الکتریکی ضروری است ولی به عنوان هدف نهایی نمی‌باشد. در مواردی که امکان انتقال فناوری وجود دارد، اولویت اکتساب از این طریق می‌باشد.
به نظر شما توسعه فناوری موتورهای آهنربای دایم، با توجه به وابستگی این مواد به کشور چین، برای کشور مقرون به صرفه و منطقی خواهد بود؟	به دانش فنی موتورهای الکتریکی آهنربای دایم و تحقیق در این زمینه نیازمند هستیم ولی به دلیل وابستگی شدید این مواد به خارج از کشور، توسعه کاربرد آن در تمامی زمینه‌ها منطقی به نظر نمی‌رسد.

۴-۲ - دکتر واحدی

نکات مطرح شده از جانب خبرگان در خصوص چشم انداز توسعه موتورهای الکتریکی	
موضوع	نکات مطرح شده
به صورت کلی چه مقدار کاهش مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در یک بازه ده ساله در کشور می‌تواند صورت بگیرد؟	تا میزان ۱۰ درصد در مصرف انرژی موتورهای الکتریکی می‌توان صرفه جویی کرد.

<p>به نظر می‌رسد ۵۰ درصد امکان صرفه‌جویی انرژی مصرفی موتورهای الکتریکی در بخش صنعت و ۵۰ درصد باقیمانده صرفه‌جویی ممکن انرژی مصرفی موتورها، در حوزه لوازم خانگی قرار دارد.</p>	<p>در هر یک از کاربردهای موتورهای الکتریکی (خانگی، حمل و نقل و صنعت) چند درصد کاهش مصرف ناشی از افزایش بازده موتورهای الکتریکی، در ۱۰ سال آینده می‌توان انتظار داشت؟</p>
<p>در بخش صنعت تمرکز بر موتورهای الکتریکی عمومی و با نرخ مصرف بالا باشد. همچنین لازم است موتورهای لوازم خانگی مورد توجه قرار گیرد.</p>	<p>اولویت تمرکز کشور در کدامیک از کاربردهای مختلف موتورهای الکتریکی (خانگی، صنعت و حمل و نقل) می‌تواند باشد؟</p>
<p>با شرایط فعلی، جایگاه مناسبی در بازارهای صادراتی منطقه و آسیا نداریم ولی پتانسیل خوبی برای ورود به این بازارها، به خصوص در زمینه موتورهای عمومی، در کشور وجود دارد.</p>	<p>در سال ۱۴۰۴ جایگاه کشور در فناوری موتورهای الکتریکی در بازارهای صادراتی به چه میزان است؟ نقش این حوزه در بازارهای کشورهای منطقه به چه ترتیب است</p>
<p>در موتورهای الکتریکی عمومی و پرکاربرد توانایی رقابت در منطقه و آسیا را داریم و بعد از کشورهای چین و هند در رتبه سوم قرار می‌گیریم.</p>	<p>آیا ایران توان و ظرفیت لازم جهت رقابت با کشورهای مختلف (منطقه و آسیا) را دارا می‌باشد؟ جایگاه و رتبه کشور را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p>
<p>این تفکیک صحیح نمی‌باشد و توانایی طراحی موتورهای الکتریکی ضروری است و در واقع ارزش افزوده در دستیابی به دانش طراحی است؛ با خرید خط تولید یک فناوری نمی‌توان گفت که به دانش فنی آن فناوری دست یافته‌ایم.</p>	<p>می‌توان بین حوزه‌های فعالیت در فناوری موتورهای الکتریکی (طراحی و تولید) تفکیک قائل شد؟ در صورت مثبت بودن جواب، اولویت کشور در کدام حوزه است؟</p>
<p>به دانش فنی موتورهای الکتریکی آهنربای دایم و تحقیق در این زمینه نیازمند هستیم و استفاده از این موتورها در برخی زمینه‌های خاص مانند موتورهای ترکشن و یا کاربردهای نظامی ضروری است.</p>	<p>به نظر شما توسعه فناوری موتورهای آهنربای دایم، با توجه به وابستگی این مواد به کشور چین، برای کشور مقرون به صرفه و منطقی خواهد بود؟</p>

۴-۳- دکتر نقاشان

نکات مطرح شده از جانب خبرگان در خصوص چشم انداز توسعه موتورهای الکتریکی	
موضوع	نکات مطرح شده
به صورت کلی چه مقدار کاهش مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در یک بازه ده ساله در کشور می‌تواند صورت بگیرد؟	به میزان ۷ تا ۸ درصد امکان صرفه‌جویی در زمینه مصرف انرژی موتورهای الکتریکی وجود دارد.
در هر یک از کاربردهای موتورهای الکتریکی (خانگی، حمل و نقل و صنعت) چند درصد کاهش مصرف ناشی از افزایش بازده موتورهای الکتریکی، در ۱۰ سال آینده می‌توان انتظار داشت؟	در تمامی این بخش پتانسیل صرفه‌جویی انرژی وجود دارد و برای تخمین پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در هر بخش، نیاز به بررسی و مطالعه دارد.
اولویت تمرکز کشور در کدامیک از کاربردهای مختلف موتورهای الکتریکی (خانگی، صنعت و حمل و نقل) می‌تواند باشد؟	بیشترین پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در وسایل خانگی و موتورهای الکتریکی مورد استفاده صنایع کوچک قرار دارد و تمرکز باید در این موارد باشد.
در سال ۱۴۰۴ جایگاه کشور در فناوری موتورهای الکتریکی در بازارهای صادراتی به چه میزان است؟ نقش این حوزه در بازارهای کشورهای منطقه به چه ترتیب است	با روند فعلی اقتصادی و سیاسی کشور، جایگاهی در بازارهای صادراتی منطقه و آسیا نداریم ولی پتانسیل خوبی برای ورود به این بازارها، در کشور وجود دارد.
آیا ایران توان و ظرفیت لازم جهت رقابت با کشورهای مختلف (منطقه و آسیا) را دارا می‌باشد؟ جایگاه و رتبه کشور را چگونه ارزیابی می‌کنید؟	با توجه به این که کشورهایی مانند چین و هند بر پایین بودن قیمت محصولات (بر مبنای کیفیت پایین محصول) تاکید دارند و همچنین با توجه به ظرفیت‌های علمی موجود در کشور، امکان رقابت جدی با این کشورها و رسیدن به رتبه اول در آسیا وجود دارد.
می‌توان بین حوزه‌های فعالیت در فناوری موتورهای الکتریکی (طراحی و تولید) تفکیک قائل شد؟ در صورت مثبت بودن جواب، اولویت کشور در کدام حوزه است؟	این تفکیک صحیح نمی‌باشد و توانایی طراحی موتورهای الکتریکی ضروری است؛ با خرید خط تولید یک فناوری نمی‌توان گفت که به دانش فنی آن فناوری دست یافته‌ایم.
به نظر شما توسعه فناوری موتورهای آهنربای دایم، با توجه به وابستگی این مواد به کشور چین، برای کشور مقرون به صرفه و منطقی خواهد بود؟	به دانش فنی موتورهای الکتریکی آهنربای دایم و تحقیق در این زمینه نیازمند هستیم و استفاده از این موتورها در برخی زمینه‌های خاص مانند موتورهای با کاربرد نظامی ضروری است.

۴-۴- مهندس طائفی

نکات مطرح شده از جانب خبرگان در خصوص چشم انداز توسعه موتورهای الکتریکی	
موضوع	نکات مطرح شده
به صورت کلی چه مقدار کاهش مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در یک بازه ده ساله در کشور می‌تواند صورت بگیرد؟	با توجه به این که مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در صورت تعمیر و سیم‌پیچی مجدد، به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد و در حال حاضر بیشترین مقدار تلفات انرژی در موتورهای الکتریکی بخش صنعت، تلفات انرژی موتورهای الکتریکی تعمیر شده است، در صورت اصلاح کیفیت این موتورها، مصرف انرژی در حدود ۵ تا ۷ درصد کاهش می‌یابد.
در هر یک از کاربردهای موتورهای الکتریکی (خانگی، حمل و نقل و صنعت) چند درصد کاهش مصرف ناشی از افزایش بازده موتورهای الکتریکی، در ۱۰ سال آینده می‌توان انتظار داشت؟	در تمامی این بخش‌ها پتانسیل صرفه‌جویی انرژی وجود دارد و برای تخمین پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در هر بخش، نیاز به بررسی و مطالعه دقیق وجود دارد.
اولویت تمرکز کشور در کدامیک از کاربردهای مختلف موتورهای الکتریکی (خانگی، صنعت و حمل و نقل) می‌تواند باشد؟	تمرکز باید بر توسعه استفاده از فناوری‌های پربازده‌تر موتورهای الکتریکی با نرخ مصرف بالا، به خصوص در توان‌های پایین‌تر، باشد. اولویت کشور در بحث بهینه‌سازی مصرف انرژی، موتورهای القایی مورد استفاده در هر یک از این کاربردها است.
در سال ۱۴۰۴ جایگاه کشور در فناوری موتورهای الکتریکی در بازارهای صادراتی به چه میزان است؟ نقش این حوزه در بازارهای کشورهای منطقه به چه ترتیب است	در صورت سرمایه‌گذاری مناسب و حمایت دولت، در کشورهای منطقه می‌توانیم بازارهای کشورهای اروپایی را در اختیار بگیریم.
آیا ایران توان و ظرفیت لازم جهت رقابت با کشورهای مختلف (منطقه و آسیا) را دارا می‌باشد؟ جایگاه و رتبه کشور را چگونه ارزیابی می‌کنید؟	با توجه به این که موتورهای الکتریکی تولید شده در کشورهای هند و چین که در بازارهای منطقه استفاده می‌شوند- هر چند تحت لیسانس و برند شرکت‌های بزرگ مانند زیمنس تولید می‌شود- کیفیت بالایی مانند موتورهای الکتریکی تولیدی در کشورهای اروپایی را ندارد، محصولات ایرانی در صورت حمایت دولتی، می‌تواند به صورت یک رقیب جدی در این بازارها حضور پیدا کند.
می‌توان بین حوزه‌های فعالیت در فناوری موتورهای الکتریکی (طراحی و تولید) تفکیک قائل شد؟ در صورت مثبت بودن جواب، اولویت کشور در کدام حوزه است؟	طراحی‌های انجام شده در کشور ممکن است دچار مشکلاتی شود، در صورت استفاده از نخبگان علمی جوان، اشکالات آنها به تدریج حل می‌شود و کشور صاحب آن فناوری می‌گردد. در صورت استفاده از خرید خطوط تولید و تولید موتورهای الکتریکی تحت لیسانس شرکت‌های خارجی، تغییرات در تولیدات مطابق با نیازهای روزانه در کشور امکان‌پذیر نیست. بهترین راه تکیه بر دانش و توان داخلی و در صورت نیاز استفاده از مشاوران خارجی است.
به نظر شما توسعه فناوری موتورهای آهنربای دایم، با توجه به وابستگی این مواد به کشور چین، برای کشور مقرون به صرفه و منطقی خواهد بود؟	تا کنون به صورت مدون و منطقی فعالیت این چینی در کشور انجام نشده است و پاسخ دقیق به این سوال نیازمند بررسی صحیح و دقیق میدانی مساله امکان تامین آهنرباها می‌باشد.

۴-۵- طاهری پور

نکات مطرح شده از جانب خبرگان در خصوص چشم انداز توسعه موتورهای الکتریکی	
موضوع	نکات مطرح شده
به صورت کلی چه مقدار کاهش مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در یک بازه ده ساله در کشور می‌تواند صورت بگیرد؟	حداکثر افزایش بازده انرژی در موتورهای الکتریکی با توان بالا، در صورت بهبود روش‌های ساخت، بین ۱ تا ۲،۵ درصد است. تخمین میزان صرفه جویی نیاز به بررسی و مطالعه جداگانه دارد. البته در صورت دسترسی به مواد اولیه با تلفات کمتر مطمئناً این مقدار افزایش خواهد داشت.
در هر یک از کاربردهای موتورهای الکتریکی (خانگی، حمل و نقل و صنعت) چند درصد کاهش مصرف ناشی از افزایش بازده موتورهای الکتریکی، در ۱۰ سال آینده می‌توان انتظار داشت؟	با توجه به این که موتورهای الکتریکی توان بالا در صنایع، مصرف انرژی زیادی دارند، پتانسیل زیادی برای صرفه‌جویی انرژی در این قسمت وجود دارد و تخمین میزان صرفه جویی نیاز به بررسی و مطالعه تعداد این موتورها در کشور دارد.
اولویت تمرکز کشور در کدامیک از کاربردهای مختلف موتورهای الکتریکی (خانگی، صنعت و حمل و نقل) می‌تواند باشد؟	با توجه به این که علیرغم تعداد کم، بر اساس مطالعات انجام شده موتورهای الکتریکی توان بالاتر از ۵۰۰ کیلووات در بخش صنعت کشور بیش از ۲۳ درصد انرژی الکتریکی مصرفی موتورها را مصرف می‌نمایند، فناوری این موتورها از اهمیت زیادی برای کشور برخوردار است و در این زمینه لازم است توجه و برنامه‌ریزی شود.
در سال ۱۴۰۴ جایگاه کشور در فناوری موتورهای الکتریکی در بازارهای صادراتی به چه میزان است؟ نقش این حوزه در بازارهای کشورهای منطقه به چه ترتیب است	در بازارهای کشورهای همسایه می‌توان حضور داشت، ولی با توجه به سابقه زیاد حضور شرکت‌های چند ملیتی مانند زیمنس و اعتبار برند این شرکت‌ها، مشکل زیادی در این زمینه وجود دارد و به برنامه‌ریزی جدی نیاز است. هر چند به نظر می‌رسد بایستی ابتدا جایگاه متزلزل استفاده از موتورهای برند داخلی را در داخل کشور مستحکم کرد که این مهم نیز تنها با ارتقا کیفیت و حمایت صنایع داخلی صورت می‌پذیرد.
آیا ایران توان و ظرفیت لازم جهت رقابت با کشورهای مختلف (منطقه و آسیا) را دارا می‌باشد؟ جایگاه و رتبه کشور را چگونه ارزیابی می‌کنید؟	از لحاظ دانشی در کشور امکانات زیادی وجود دارد که در کشورهای منطقه و آسیا این ذخیره دانشی وجود ندارد، ولی برای رقابت با شرکت‌های بزرگ و چند ملیتی که سابقه حضور زیادی در بازارهای کشورهای مختلف دارند، بدون برنامه‌ریزی و حمایت دولتی مشکلات زیادی خواهیم داشت.
می‌توان بین حوزه‌های فعالیت در فناوری موتورهای الکتریکی (طراحی و تولید) تفکیک قائل شد؟ در صورت مثبت بودن جواب، اولویت کشور در کدام حوزه است؟	اولویت به خصوص در زمینه موتورهای الکتریکی مگاواتی با فناوری‌های ساخت است و مشکلات اصلی فعلی، تجهیزات مورد نیاز برای ساخت موتورها است. از لحاظ دانش طراحی، ذخیره دانشی خوبی در کشور داریم.
به نظر شما توسعه فناوری موتورهای آهنربای دایم، با توجه به وابستگی این مواد به کشور چین، برای کشور مقرون به صرفه و منطقی خواهد بود؟	تامین قطعات آهنربای دائم در کشور با مشکلات زیادی همراه خواهد بود و این مساله به صورت گلوگاهی برای توسعه فناوری موتورهای آهنربای دایم است.

۴-۶- مهندس فرزانه

نکات مطرح شده از جانب خبرگان در خصوص چشم انداز توسعه موتورهای الکتریکی	
موضوع	نکات مطرح شده
به صورت کلی چه مقدار کاهش مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در یک بازه ده ساله در کشور می‌تواند صورت بگیرد؟	در افق ۱۴۰۴ می‌توان ۱۰ درصد در مصرف انرژی موتورهای الکتریکی صرفه جویی کرد.
در هر یک از کاربردهای موتورهای الکتریکی (خانگی، حمل و نقل و صنعت) چند درصد کاهش مصرف ناشی از افزایش بازده موتورهای الکتریکی، در ۱۰ سال آینده می‌توان انتظار داشت؟	-
اولویت تمرکز کشور در کدامیک از کاربردهای مختلف موتورهای الکتریکی (خانگی، صنعت و حمل و نقل) می‌تواند باشد؟	کشور می‌بایست در موتورهای الکتریکی با سایز متوسط و کوچک و با تیراژ بالا سرمایه‌گذاری کند و با توجه به اینکه دنیا در سال‌های آتی به سمت خودروهای الکتریکی خواهد رفت، تمرکز روی موتورهای ترکشن توصیه می‌شود.
در سال ۱۴۰۴ جایگاه کشور در فناوری موتورهای الکتریکی در بازارهای صادراتی به چه میزان است؟ نقش این حوزه در بازارهای کشورهای منطقه به چه ترتیب است	با روند فعلی، جایگاهی در بازارهای صادراتی آسیا نداریم ولی زیرساخت‌های لازم موجود است و در ۵ سال آتی می‌بایست روی افزایش راندمان کار کنی‌م.
آیا ایران توان و ظرفیت لازم جهت رقابت با کشورهای مختلف (منطقه و آسیا) را دارا می‌باشد؟ جایگاه و رتبه کشور را چگونه ارزیابی می‌کنید؟	در منطقه ارمنستان و پاکستان خیلی ضعیف هستند و کشور با برنامه‌ریزی می‌تواند در افق ۱۴۰۴ بعد از چین و هند رتبه سوم‌سای را داشته باشد. در منطقه با برنامه‌ریزی می‌توانیم رتبه اول را کسب کنی‌م.
می‌توان بین حوزه‌های فعالیت در فناوری موتورهای الکتریکی (طراحی و تولید) تفکیک قائل شد؟ در صورت مثبت بودن جواب، اولویت کشور در کدام حوزه است؟	توانایی طراحی موتورهای الکتریکی ضروری است اما هدف نیست و باید به سمت ساخت هم برویم.
به نظر شما توسعه فناوری موتورهای آهنربای دایم، با توجه به وابستگی این مواد به کشور چین، برای کشور مقرون به صرفه و منطقی خواهد بود؟	-

۴-۷- دکنر اورعی

نکات مطرح شده از جانب خبرگان در خصوص چشم انداز توسعه موتورهای الکتریکی	
موضوع	نکات مطرح شده
به صورت کلی چه مقدار کاهش مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در یک بازه ده ساله در کشور می‌تواند صورت بگیرد؟	با برنامه‌ریزی مناسب به راحتی می‌توان تا میزان ۱۰ درصد در مصرف انرژی موتورهای الکتریکی می‌توان صرفه جویی کرد.
در هر یک از کاربردهای موتورهای الکتریکی (خانگی، حمل و نقل و صنعت) چند درصد کاهش مصرف ناشی از افزایش بازده موتورهای الکتریکی، در ۱۰ سال آینده می‌توان انتظار داشت؟	در تمامی این بخش پتانسیل صرفه‌جویی انرژی وجود دارد و برای تخمین پتانسیل صرفه‌جویی انرژی در هر بخش، نیاز به بررسی و مطالعه دارد.
اولویت تمرکز کشور در کدامیک از کاربردهای مختلف موتورهای الکتریکی (خانگی، صنعت و حمل و نقل) می‌تواند باشد؟	تمرکز اصلی باید بر موتورهای القایی که مصرف زیادی در بخش صنعت و همچنین لوازم خانگی - تجاری دارند، باشد.
در سال ۱۴۰۴ جایگاه کشور در فناوری موتورهای الکتریکی در بازارهای صادراتی به چه میزان است؟ نقش این حوزه در بازارهای کشورهای منطقه به چه ترتیب است	با شرایط فعلی، جایگاه مناسبی در بازارهای صادراتی منطقه و آسیا نداریم، ولی در صورت بهبود شرایط و تسهیل تجارت خارجی و از بین رفتن دشواری‌های موجود، امکان رسیدن به رتبه اول در منطقه در صنعت موتورهای الکتریکی وجود دارد.
آیا ایران توان و ظرفیت لازم جهت رقابت با کشورهای مختلف (منطقه و آسیا) را دارا می‌باشد؟ جایگاه و رتبه کشور را چگونه ارزیابی می‌کنید؟	در حال حاضر بازار صنعت موتورهای الکتریکی کشور، محدود به کشور خود ماست و در صورت تسهیل تجارت خارجی و بهبود شرایط سیاسی، محصولات ایرانی امکان رقابت با محصولات کشورهای دیگر، به خصوص در بازارهای منطقه، را دارا می‌باشد.
می‌توان بین حوزه‌های فعالیت در فناوری موتورهای الکتریکی (طراحی و تولید) تفکیک قائل شد؟ در صورت مثبت بودن جواب، اولویت کشور در کدام حوزه است؟	این تفکیک صحیح نمی‌باشد و توانایی طراحی موتورهای الکتریکی ضروری است. با خرید خط تولید یک فناوری نمی‌توان گفت که به دانش فنی آن فناوری دست یافته‌ایم.
به نظر شما توسعه فناوری موتورهای آهنربای دائم، با توجه به وابستگی این مواد به کشور چین، برای کشور مقرون به صرفه و منطقی خواهد بود؟	تاسیس آزمایشگاه مرجع، به خصوص برای دینامومتری موتورهای بزرگ، ضروری است.

۵- جمع‌بندی و بیانیه نهایی چشم‌انداز

و اهداف کلان توسعه فناوری

موتورهای الکتریکی

جمع بندی نظرات خبرگان، مطالعات تطبیقی و الزامات اسناد بالادست، مطابق جدول ۵-۱ اسناد بالادستی که به صورت مستقیم و یا غیر مستقیم بر توسعه فناوری موتورهای الکتریکی اثر بخش بوده‌اند، الزامات زیر را در توسعه موتورهای الکتریکی و بیانیه چشم انداز ایجاد کرده‌اند.

جدول ۵-۱: جمع بندی نظرات خبرگان، مطالعات تطبیقی و اسناد بالادست

الزامات	اسناد بالادست
جایگاه اول منطقه در حوزه موتورهای الکتریکی پر بازده	<ul style="list-style-type: none"> چشم‌انداز جمهوری اسلامی در افق ۱۴۰۴
بهینه سازی مصرف و اصلاح الگوی مصرف	<ul style="list-style-type: none"> قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی قانون افزایش بهره‌وری در بخش کشاورزی قانون هدفمند کردن یارانه‌ها برنامه راهبردی وزارت نیرو برنامه راهبردی انرژی برنامه راهبردی صنعت ریلی برنامه راهبردی فولاد برنامه راهبردی تجهیزات لوازم خانگی و اداری سازمان سابا بیانیه توسعه صنعت قطعه سازی سیاستهای ضد تورمی خروج از رکود دولت
اشتغال، تربیت و گسترش پژوهش و تحقیقات	<ul style="list-style-type: none"> سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی برنامه راهبردی وزارت صنعت، معدن و تجارت برنامه راهبردی تجهیزات لوازم خانگی و اداری بیانیه توسعه صنعت قطعه سازی سیاستهای ضد تورمی خروج از رکود دولت
ارتقای جایگاه جهانی رتبه اول منطقه در اقتصاد دانش بنیان جایگاه مناسب در میان کشورهای پیشرو	<ul style="list-style-type: none"> سیاست‌های اقتصاد مقاومتی
کاهش واردات و افزایش صادرات	<ul style="list-style-type: none"> برنامه راهبردی وزارت صنعت، معدن و تجارت

همان طور که در فصل چهارم بیان گردید برای ترسیم بیانیه چشم انداز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی با هفت نفر از خبرگان این حوزه به صورت مجزا مصاحباتی به صورت پرسش و پاسخ برگزار گردید که به صورت خلاصه نظرات هر یک از این متخصصین در جدول ۵-۲ ارائه شده است:

جدول ۵-۲: خلاصه نظرات هر یک از خبرگان

مهندس یکتا مقدم	مهندس فرزانه	دکتر واحدی	دکتر نقاشیان	مهندس طائفی	دکتر اورعی	مهندس طاهری پور	خبرگان
٪۱۰	٪۱۰	٪۱۰	٪۸	۵-۷٪	٪۱۰	افزایش بازده موتورهای با توان بالا ۱ تا ۲،۵٪	میزان صرفه جویی در انرژی با افزایش بازده به صورت کلی
-	-	٪۵۰ صنعت - ٪۵۰ غیرصنعتی	-	نیاز به بررسی دقیق	نیاز به بررسی دقیق	صنعت (نیاز به بررسی دقیق)	میزان صرفه جویی در انرژی با افزایش بازده در هر کاربرد
خانگی/فولاد/سیمان	<ul style="list-style-type: none"> تمرکز باید روی موتورهای با سایز کوچک و متوسط تمرکز روی موتورهای با کاربرد حمل و نقل 	<ul style="list-style-type: none"> موتورهای با تیراژ بالا در خانگی و صنعت رفتن به سمت آهنربا به دلیل کاهش ابعاد 	خانگی	<ul style="list-style-type: none"> موتورهای با تیراژ بالاتر اولویت موتور القایی در کاربردهای مختلف 	<ul style="list-style-type: none"> اولویت موتورهای القایی در کاربردهای مختلف 	صنعت (با توجه به در اختیار داشتن ۲۳٪ مصرف انرژی الکتریکی)	اولویت تمرکز در روی کاربردها
در خاورمیانه در صنعت حرفی برای گفتن داریم	بعد از ترکیه و هند در حمل و نقل در دنیا می توانیم جایگاهی داشته باشیم	به صورت فعلی نداریم ولی وجود دارد	به صورت فعلی جایگاهی نداریم ولی پتانسیل لازم وجود دارد	در اختیار گرفتن بازار منطقه با سرمایه گذاری و حمایت دولت	در صورت تسهیل تجارت خارجی امکان حضور در بازارهای منطقه وجود دارد	با برنامه ریزی جدی می توان در بازار کشورهای منطقه حضور داشت	جایگاه کشور در بازار صادراتی منطقه
-	زیرساخت لازم وجود دارد	در موتورهای الکتریکی عمومی قابلیت رقابت داریم (بعد از هند و چین در رتبه ۳)	امکان رقابت وجود دارد	با توجه به کیفیت پایین موتورهای هند و چین با حمایت دولت توان لازم موجود است	در صورت بهبود روابط توان و ظرفیت لازم موجود است	توان و ظرفیت لازم موجود است اما نیاز به حمایت دولت می باشد	توانایی و ظرفیت لازم جهت رقابت



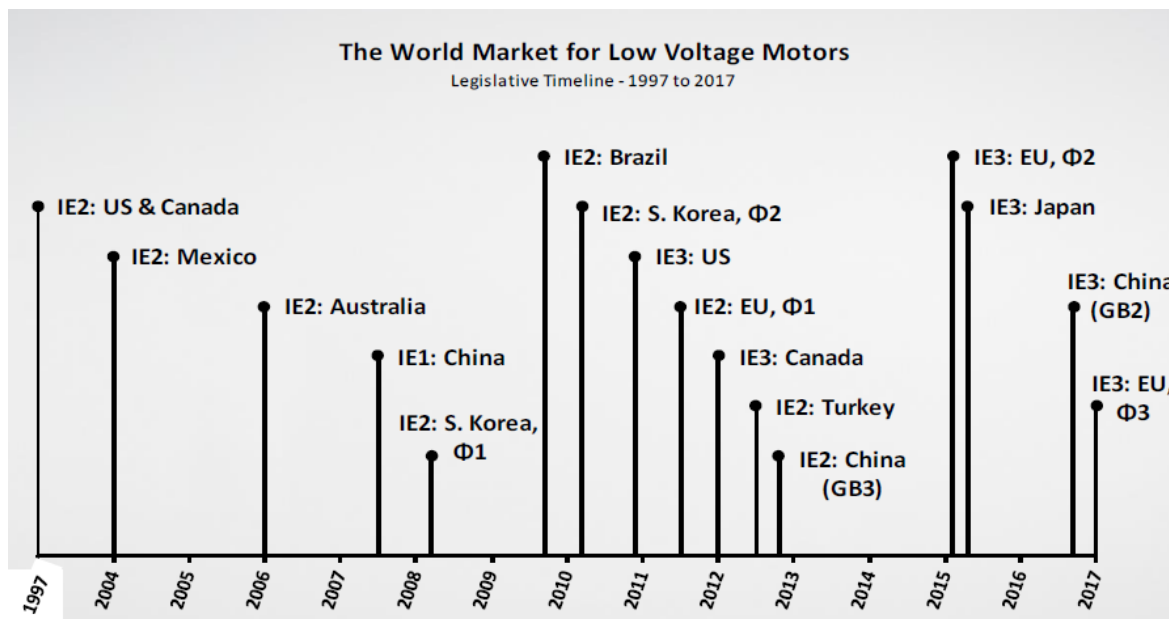
مهندس طاهری پور	دکتر اورعی	مهندس طائفی	دکتر نقاشان	دکتر واحدی	مهندس فرزانه	مهندس یکتا مقدم	خبرگان
اول	در صورت بهبود روابط خارجی جایگاه اول منطقه	اول	اول	اول	اول	اول	جایگاه و رتبه کشور در منطقه
ساخت و تجهیزات مورد نیاز ساخت	طراحی به تنهایی اقتصادی نیست	طراحی و ساخت	طراحی حتما لازم است اما هدف نیست	ارزش افزوده در طراحی است	ابتدا طراحی سپس تولید	طراحی حتما لازم است اما هدف نیست	حوزه های فعالیت (طراحی و تولید)
مشکل بودن تامین قطعات آهنربایی	-	نیاز به آزمایشگاه مواد و داریم	نیاز به آزمایشگاه مواد و آزمایشگاه مرجع در توان های مختلف است.	-	چالش اصلی نداشتن استاندارد تمرکز روی موتورهای پر تیراژ	نیاز به آزمایشگاه مواد داریم مزیتی در آهنرباها نداریم	سایر

با بررسی برنامه‌ها و اهداف سایر کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه که در فصل سوم بیان شد، مشخص است که افزایش بازده موتورهای الکتریکی و در نتیجه آن، کاهش مصرف و اصلاح الگوی مصرف انرژی از اهداف و چشم اندازهای اصلی سایر کشورها در توسعه موتورهای الکتریکی است. یکی از الزاماتی که این برنامه‌ها برای ارتقاء کلاس بازده موتورهای الکتریکی ایجاد می‌کنند، عبارتند از:

۱- تا سال ۲۰۱۱ حداقل بازده همه موتورها باید بر اساس کلاس IE2 باشد.

۲- تا سال ۲۰۱۵ حداقل بازده همه موتور-درایو هایی با توان خروجی ۷/۵ تا ۳۷۵ کیلو وات باید به کلاس IE2 یا IE3 ارتقاء یابد.

۳- تا سال ۲۰۱۷ حداقل بازده همه موتور-درایو هایی با توان خروجی ۰/۷۵ تا ۳۷۵ کیلو وات باید به کلاس IE2 یا IE3 ارتقاء یابد.



شکل: ۵-۱: وضعیت کشورهای مختلف در برنامه افزایش بازده موتور

۵-۱- بیانیه چشم انداز و اهداف کلان توسعه فناوری موتورهای الکتریکی

با توجه به الزامات ایجاد شده از قوانین و اسناد بالادستی، مصاحبات صورت گرفته با خبرگان و مطالعات تطبیقی در حوزه موتورهای الکتریکی بیانیه چشم‌انداز موتورهای الکتریکی تدوین شده است که در ادامه در خصوص روند تدوین این چشم انداز و بندهای آن توضیحات بیان شده است.

موتورهای الکتریکی در حدود ۴۰ درصد مصرف انرژی کشور را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه مصاحبات صورت گرفته با هفت نفر از خبرگان و همچنین محاسبات صورت گرفته در خصوص موتورهای الکتریکی مورد استفاده در کولرهای آبی که در فاز تدوین پروژه‌های اجرایی به صورت مفصل به آن پرداخته شده است، به صورت خوش بینانه می‌توان با توسعه فناوری‌های موتورهای الکتریکی و افزایش بازده آن‌ها، ۱۰ درصد تلفات انرژی پایین‌تری داشت.

از طرف دیگر موتورهای الکتریکی کاربردهای فراوانی همچون صنعتی، خانگی و حمل و نقل دارند که با تکیه بر مصاحبات صورت گرفته، به ترتیب کاربردهای خانگی، صنعتی و حمل و نقل اولویت توسعه قرار گرفتند و با توجه به پتانسیل بالفعل و بالقوه کشور در عرصه طراحی و تولید موتورهای الکتریکی در این اولویت‌ها و همچنین نظرات خبرگان، کشور در افق ۱۴۰۴ می‌تواند توان رقابت با کشورهای منطقه داشته باشد و بازارهای صادرات قابل قبولی را در اختیار بگیرد.

با توجه به اینکه موتورهای الکتریکی کاربردهای فراوانی در انواع محصولات خانگی و صنعتی داخلی دارند، علاوه بر بازارهای صادراتی، بازار بسیار بزرگی در داخل کشور برای این موتورها وجود دارد. لذا توجه به مصرف این موتورها در محصولات داخلی از اهمیت بالایی برخوردار است. در ادامه متن بیانیه چشم انداز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی بدین ترتیب بیان می‌گردد:

بیانیه چشم‌انداز

با توجه به سیاست‌های کلان اقتصاد مقاومتی و در جهت دستیابی به محیط زیست پاک و بهبود کیفیت زندگی مردم، چشم‌انداز حوزه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی به شرح ذیل است:

"با اتکا به خداوند متعال و تکیه بر توانمندی داخل و مشارکت همه ذینفعان، حوزه فناوری موتورهای الکتریکی کشور در افق ۱۴۰۴ حوزه‌ای است برخوردار از تلفات انرژی کم تر به میزان حداقل ۱۰٪ ناشی از افزایش بازده، پیشرو در امر پژوهش با رویکرد دستیابی به مرزهای دانش و همچنین دارای جایگاه اول منطقه^۱ در عرصه طراحی، تولید و ارتقای فناوری با قابلیت رقابتی و رویکرد صادراتی به گونه‌ای که در یک فضای کسب و کار پایدار و پویا و حضور سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی جایگاه نخست مصرف در محصولات تولید داخل را به خود اختصاص دهد."

همان‌طور که در یکی از بندهای بیانیه چشم‌انداز اشاره شد در افق ۱۴۰۴ حوزه موتورهای الکتریکی حوزه‌ای است که برخوردار از تلفات انرژی کمتر به میزان حداقل ۱۰٪ ناشی از افزایش بازده است. براین اساس با توجه به استفاده از موتورهای الکتریکی در سه کاربرد خانگی، صنعتی و کشاورزی، اهداف کلان توسعه فناوری موتورهای الکتریکی جهت برآورده ساختن کاهش تلفات انرژی به میزان حداقل ۱۰٪ به این سه کاربرد تفکیک شده است.

کاربردهای موتورهای الکتریکی را در سه دسته موتورهای الکتریکی مورد استفاده در لوازم خانگی، موتورهای الکتریکی مورد استفاده در صنعت و موتورهای الکتریکی (الکتروپمپ‌های) مورد استفاده در کشاورزی تقسیم بندی می‌توان نمود. در بخش خانگی و با اجرای طرح‌های جایگزینی الکتروموتورهای کولرهای آبی و کمپرسورهای یخچال/ فریزر خانگی، در مجموع ۱۰ ساله افق چشم‌انداز سند به ترتیب حداقل ۶۹۰۰ گیگاوات ساعت و ۳۰۰۰ گیگاوات ساعت در مصرف انرژی صرفه جویی خواهد شد؛ به عبارت دیگر در مجموع حداقل ۹۹۰۰ گیگاوات ساعت در افق ۱۰ ساله در مصرف انرژی موتورهای الکتریکی

مورد استفاده در لوازم خانگی صرفه جویی می‌گردد. همچنین در بخش موتورهای الکتریکی مورد استفاده در صنعت و بخش کشاورزی در افق ۱۰ ساله، در مجموع به ترتیب حداقل ۴۳۰۰ گیگاوات ساعت و ۱۲۰۰ گیگاوات ساعت صرفه‌جویی خواهد گردید. بر این اساس اهداف کلان توسعه فناوری موتورهای الکتریکی به صورت زیر بیان می‌گردد.

اهداف کلان

۱- بخش کاربرد در صنعت، خانگی و کشاورزی

- ❖ کاهش مصرف انرژی به میزان حداقل ۹۹۰۰ گیگاوات ساعت در بخش خانگی
- ❖ کاهش مصرف انرژی به میزان حداقل ۴۳۰۰ گیگاوات ساعت در بخش صنعت
- ❖ کاهش مصرف انرژی به میزان حداقل ۱۲۰۰ گیگاوات ساعت در بخش کشاورزی

۲- بخش کسب دانش فنی

- ❖ کسب دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای توان بالا
- ❖ کسب دانش فنی و تولید انواع موتورهای کشنده

نتیجه‌گیری

در این گزارش، فرایند تدوین چشم‌انداز فناوری و صنعت موتورهای الکتریکی در پنج فصل تشریح گردیده است. ابتدا ادبیات تدوین چشم‌انداز بررسی شده و انواع مدل‌های تدوین چشم‌انداز یک فناوری معرفی شدند. در ادامه الزامات ناشی از اسناد و قوانین بالادستی مصوب در کشور بررسی شد. همچنین چشم‌اندازها و سیاست‌های اتخاذ شده توسط برخی از کشورها در رابطه با صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی، به صورت خلاصه مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت خلاصه مصاحبه‌هایی که با ۷ نفر از خبرگان صنعت موتورهای الکتریکی (که سال‌ها فعالیت موثر در این صنعت داشته‌اند) در رابطه با چشم‌انداز این صنعت انجام گرفته، آورده شد.

بیانیه چشم‌انداز صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی، تصویری از وضعیت کشور در افق زمانی ۱۰ ساله (سال ۱۴۰۴) در رابطه با صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی بیان می‌نماید و به نحوی تنظیم گردیده است که چالش‌های راهبردی و هدف‌های تعیین شده کیفی در سند، ارتباط مستقیم و معناداری با یکدیگر داشته باشند. همچنین اهداف کلان توسعه فناوری موتورهای الکتریکی در بخش‌های صنعت، کشاورزی و خانگی نیز در ادامه، عنوان شده است.

مراجع

[۱]. دیوید، فرد آر؛ مدیریت استراتژیک، ترجمه دکتر علی پارسائیان و دکتر سید محمد اعرابی، ۱۳۸۱.

[۲]. روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور ۱۳۹۱.

[3]. Allison, M., Kaye, J., 1998. Strategic Planning for Nonprofit Organizations.

[4]. Kaplan, R.S., Norton, D.P., 1996. The balanced scorecard: translating strategy into action. Harvard Business Press.

[۵]. پیرس و رایینسون، برنامه‌ریزی و مدیریت راهبردی، ترجمه دکتر سهراب خلیلی شورینی، ۱۳۸۳.

[6]. S. Manoharan, N. Devarajan, S. M. Deivasahayam, and G. Ranganathan, " Review on efficiency improvement in squirrel cage induction motor by using Dcr technology", Journal of ELECTRICAL ENGINEERING, VOL. 60, NO. 4, 2009, 227–236.

فهرست مطالب

۱	مقدمه
۳	۱- متدولوژی اولویت بندی فناوری و سبک اکتساب فناوری
۴	۱-۱- مقدمه
۴	۲-۱- روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه
۱۳	۱-۲-۱- فرایند تصمیم‌گیری چند شاخصه
۱۹	۲-۲-۱- فرایند تحلیل سلسله مراتبی
۲۰	۱-۲-۲-۱- اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی
۲۱	۲-۲-۲-۱- مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی
۲۳	۳-۱- مدل‌های اکتساب فناوری
۲۴	۱-۳-۱- مدل کیه‌زا
۲۸	۲-۳-۱- مدل فلوید (ای‌دی لیتل)
۲۹	۳-۳-۱- مدل فوردر
۳۰	۴-۳-۱- مدل تایید-بیسنت-پاویت
۳۱	۵-۳-۱- مدل گیلبرت
۳۴	۶-۳-۱- مقایسه مدل‌ها
۳۷	۲- معیارهای ارزیابی و اولویت بندی موتورهای الکتریکی
۳۸	۱-۲- مقدمه
۳۸	۲-۲- معیارهای ارزیابی موتورهای الکتریکی
۴۲	۳-۲- اولویت بندی موتورهای الکتریکی بر اساس معیارهای ارزیابی
۵۲	۳- سبک اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار موتورهای الکتریکی
۵۲	۱-۳- مقدمه

- ۵۳ ۲-۳- تشریح مدل سبک اکتساب.....
- ۵۳ ۳-۲-۱- اجزاء مدل اکتساب فناوری
- ۵۶ ۳-۳- ارزیابی معیارهای سبک اکتساب
- ۵۷ ۳-۳-۱- معیار حجم بازار.....
- ۵۷ ۳-۳-۲- معیار چرخه عمر فناوری
- ۵۹ ۳-۳-۳- شکاف تکنولوژیک.....
- ۵۹ ۳-۳-۴- استراتژیک بودن فناوری.....
- ۶۰ ۳-۴- نتیجه‌گیری و انتخاب روش مناسب اکتساب.....

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: دسته‌بندی شرایط حاکم بر مسئله تصمیم‌گیری ۸
- شکل ۲-۱: جایگاه تصمیم‌گیری چند شاخصه نسبت به تصمیم‌گیری چندمعیاره ۱۰
- شکل ۳-۱: خط‌کش اندازه‌گیری کیفی ۱۱
- شکل ۴-۱: فرایند تصمیم‌گیری چند شاخصه ۱۴
- شکل ۵-۱: فرایند تعریف مسئله ۱۵
- شکل ۶-۱: سلسله مرتب یک مساله تصمیم ۲۱
- شکل ۷-۱: نمودار تصمیم‌گیری در مورد سبک اکتساب فناوری در مدل فلویید ۲۹
- شکل ۸-۱: ماتریس انتخاب سبک اکتساب فناوری ۳۱
- شکل ۹-۱: ماتریس انتخاب سیستم انتقال فناوری و روش‌های متناظر با هر سیستم ۳۵
- شکل ۱-۲: درخت فناوری موتورهای الکتریکی ۳۹
- شکل ۲-۲: معیارهای اولویت بندی موتورهای الکتریکی ۴۰
- شکل ۳-۲: اوزان هر یک از معیارهای اولویت بندی موتورهای الکتریکی ۴۴
- شکل ۴-۲: اولویت‌بندی موتورهای الکتریکی با توجه به معیارهای ارزیابی ۴۶
- شکل ۵-۲: اولویت‌بندی موتورهای الکتریکی با توجه به معیارهای ارزیابی ۵۱
- شکل ۱-۳: منحنی S-Curve پیشرفت فناوری ۵۸
- شکل ۲-۳: مدل مفهومی اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار ۵۶

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱: ماتریس تصمیم‌گیری چند شاخصه ۱۱
- جدول ۲-۱: ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به یکدیگر ۲۲
- جدول ۳-۱: عوامل مؤثر بر سبک مناسب اکتساب فناوری ۲۴
- جدول ۴-۱: انتخاب روش مناسب همکاری فناورانه ۲۷
- جدول ۵-۱: انتخاب روش دستیابی به فناوری بر اساس پنج معیار مؤثر ۳۰
- جدول ۶-۱: انواع روش‌های همکاری فناورانه در مدل تایید-بیست-پاویت ۳۱
- جدول ۷-۱: مقایسه مدل‌های اکتساب فناوری از منظر روش‌های پیشنهادی ۳۵
- جدول ۸-۱: مقایسه مدل‌های اکتساب فناوری از نظر جامعیت ۳۶
- جدول ۱-۲: مقایسه طرح‌های کلان اجرایی فناوری موتورهای الکتریکی ۴۸
- جدول ۱-۳: حجم بازار موتورهای الکتریکی اولویت‌دار ۵۷
- جدول ۲-۳: چرخه عمر فناوری موتورهای الکتریکی اولویت‌دار ۵۹
- جدول ۳-۳: شکاف تکنولوژیک موتورهای الکتریکی اولویت‌دار ۵۹
- جدول ۴-۳: میزان استراتژیک بودن فناوری موتورهای الکتریکی اولویت‌دار ۶۰
- جدول ۵-۳: سبک اکتساب مناسب هر یک از فناوری‌های موتورهای الکتریکی اولویت‌دار ۶۰

مقدمه

اولویت‌بندی فناوری‌ها از موضوعات مهم در برنامه‌ریزی توسعه هر فناوری است. اهمیت اولویت‌بندی به این دلیل است که پرداختن به همه فناوری‌های روز و صرف هزینه برای آنها با توجه به تعدد موضوعات مطرح و نیز با در نظر گرفتن محدودیت منابع (منابع مالی، انسانی، زمان و ...)، امکان‌پذیر نخواهد بود. اولویت‌بندی فناوری‌های موتورهای الکتریکی نیز با توجه به گستردگی این فناوری‌ها و کاربردهای متنوع آن، از اهمیت زیادی برخوردار است. مطالعات انجام شده (که در گزارش‌های مرحله دوم پروژه نیز آورده شده است) نشان می‌دهد که کشورهای مختلف دنیا نیز برای توسعه فناوری انواع موتورهای الکتریکی اولویت‌بندی انجام داده و بر اساس آن منابع خود را در جهت تحقیق و توسعه کاربرد موتورهای الکتریکی تخصیص داده‌اند.

برای اولویت‌بندی فناوری‌های موتورهای الکتریکی لازم است ابتدا معیارهای اولویت‌بندی مشخص گردد و سپس خود این معیارها وزن‌دهی گردند و بر اساس آن، اولویت‌بندی فناوری‌ها صورت پذیرد. در این مطالعه برای به دست آوردن این معیارها از سه روش توفان فکری، روش معکوس و روش تعیین‌شده استفاده شده است؛ بدین صورت که ابتدا با استفاده از مطالعات تفصیلی و بررسی منافع و مضار هر یک از انواع موتورهای الکتریکی و مصاحبه با کارشناسان متعدد، معیارهایی جهت مقایسه گزینه‌ها با یکدیگر پیشنهاد گردید و سپس با برگزاری سلسله جلسات گروهی با خبرگان، معیارهای مورد نظر تکمیل و ترفیع گردیدند. پس از اولویت‌بندی موتورهای الکتریکی بر اساس معیارهای پیش گفته و ارائه آن در کمیته راهبری مقرر گردید با توجه به اینکه موتورهای الکتریکی کاربردهای فراوان و گسترده‌ای در صنعت، لوازم خانگی و حمل‌ونقل دارند، برای اولویت‌بندی بین انواع فناوری‌های موتورهای الکتریکی، کاربردهای آنها را نیز در نظر گرفته و به صورت کاربرد محور اولویت‌بندی موتورهای الکتریکی صورت پذیرد. بدین منظور طرح‌های کلانی در انواع کاربردها احصا گردید (که در گزارش تدوین طرح‌های کلان اجرایی به تفصیل بیان شده است).

برای انتخاب نحوه اکتساب فناوری‌های موتورهای الکتریکی (یکی از روش‌های توسعه داخلی فناوری، توسعه مشارکتی فناوری و یا خرید محصول فناوری) مجموعه‌ای از معیارهای موثر در نحوه اکتساب فناوری (مانند چرخه عمر، راهبردی بودن فناوری و غیره) مورد بررسی قرار گرفته و برای هر یک از فناوری‌های اولویت‌بندی شده، روش اکتساب مشخص گردیده است.

این گزارش که به اولویت‌بندی و روش اکتساب دانش فنی موتورهای الکتریکی (طرح‌های ارایه شده در سند نقشه راه توسعه موتورهای الکتریکی) می‌پردازد، در سه فصل تشریح گردیده است. در فصل اول متدولوژی تصمیم‌گیری چند معیاره جهت اولویت‌بندی فناوری‌ها بررسی شده است. در فصل دوم معیارهای اولویت‌بندی انواع فناوری‌های موتورهای الکتریکی و در فصل سوم، روش اکتساب این فناوری‌ها بررسی شده است.

۱- متدولوژی اولویت بندی فناوری و

سبک اکتساب فناوری

۱-۱- مقدمه

یکی از موضوعات مهم در برنامه‌ریزی توسعه فناوری، اولویت‌بندی فناوری‌ها در تمامی حوزه‌های فناورانه می‌باشد. این امر از آن جهت دارای اهمیت است که پرداختن به همه فناوری‌های روز با توجه به تعدد موضوعات مطرح و نیز با در نظر گرفتن محدودیت منابع (منابع مالی، انسانی، زمان و ...)، امکان‌پذیر نخواهد بود. در حوزه موتورهای الکتریکی نیز با توجه به گستردگی این فناوری و کاربردهای متنوع آن و عدم امکان سرمایه‌گذاری در همه انواع موتورهای الکتریکی، اولویت‌بندی فناوری‌ها از اهمیتی ویژه برخوردار است. کشورهای مختلف نیز برای توسعه فناوری موتورهای الکتریکی اولویت‌بندی را انجام داده و بر اساس آن منابع خود را در جهت توسعه موتورهای الکتریکی اولویت‌دار تخصیص داده‌اند. اولویت‌بندی فناوری‌های کارکردهای فراوانی دارد که عبارتند از:

- ❖ تعریف پروژه‌های پژوهشی دارای اولویت بر اساس نیازهای فعلی و آینده بخش
- ❖ انسجام و هماهنگی بین موضوعات پژوهشی در راستای نیل به اهداف تعیین شده
- ❖ ایجاد یک چارچوب تعامل و همکاری فی‌مابین تمامی ذی‌نفعان علی‌الخصوص مراکز پژوهشی و صنعت
- ❖ تخصیص منابع مالی و انسانی به صورت هدفمند در جهت پروژه‌های اولویت‌دار
- ❖ بسترسازی جهت تدوین، توجیه و تصویب برنامه و بودجه‌های سالیانه
- ❖ تمرکز سیاست‌ها و اقدامات حمایتی در جهت فناوری‌های اولویت‌دار

حال با توجه به مزایای اولویت‌بندی و تدوین ارکان جهت ساز در این فصل متدولوژی تصمیم‌گیری چند معیاره جهت اولویت‌بندی فناوری‌ها به اختصار بیان شده است.

۱-۲- روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه^۱

روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره^۲ به طور وسیع در دهه‌ی ۱۹۶۰ توسعه پیدا کردند. روش‌های کلاسیک مانند الکتراه^۳ محصول همین دهه هستند. در دهه‌ی ۱۹۷۰ روش‌های جدید و نسخه‌های اصلاح‌شده‌ی روش‌های موجود توسعه پیدا کرد و

¹ Multiple Attribute Decision Making (MADA)

² Multiple Criteria Decision Making (MCDA)

³ ELECTRE

در نهایت در دهه‌ی ۱۹۸۰ با استفاده از رایانه، در کاربرد و نتایج حاصل از استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره تحول سریعی رخ داد.

به طور عام، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر چند بخش اصلی هستند؛ تعیین گزینه‌های مختلف برای انتخاب، انتخاب معیارهای ارزیابی گزینه‌های مختلف و تعیین نتایج ارزیابی هر یک از گزینه‌ها، براساس هر یک از معیارهای ارزیابی. در نتیجه‌ی این بررسی یک ماتریس که عموماً تحت عنوان ماتریس تصمیم خوانده می‌شود، به دست می‌آید.

علی‌رغم اینکه روش‌های مختلفی با عنوان تصمیم‌گیری چند معیاره شناخته می‌شوند (مانند روش‌های بهینه‌سازی و یا روش‌های رتبه‌بندی)، گام‌هایی که باید در مسیر تصمیم‌گیری برداشته شوند بسیار به هم شبیه هستند. این گام‌ها عبارتند از تعریف مسئله، تعیین و تبیین گزینه‌ها، انتخاب معیارها، تشکیل و مقداردهی ماتریس تصمیم، تعیین وزن معیارها، اولویت‌بندی گزینه‌ها و تصمیم‌گیری [۱].

لینکوف و دیگران^۱ روش تصمیم‌گیری در سازمان‌های مختلف مرتبط با محیط زیست را در ایالات متحده و اروپا ارائه می‌کنند. آنها بیان می‌کنند که علی‌رغم اینکه فرایند تصمیم‌گیری اغلب بر مبنای مدل‌سازی فیزیکی و بعد بهینه‌سازی مهندسی بنا شده است، سازمان‌های متولی مسائل زیست محیطی در حال حرکت به سمت استفاده از ابزارهای تصمیم‌گیری تحلیلی، به خصوص روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره هستند. آنها همچنین ارتباط بین گام‌های مختلف ذکر شده در بالا برای تصمیم‌گیری چند معیاره و فرآیندهای برنامه‌ریزی در سطح عمومی را تبیین کرده‌اند [۱].

در حوزه‌ی انرژی، نیاز به در نظر گرفتن شاخص‌های زیست‌محیطی، فناوریک و اجتماعی در برنامه‌ریزی انرژی، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره را رونق بخشیده است. پوهکار و رامچاندرا^۲ در بین روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند معیاره، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی^۳، روش پرومته^۴ و روش الکتراه^۵ را پرستفاده‌ترین روش‌ها در برنامه‌ریزی انرژی می‌دانند.

¹ Linkov et al.

² Pohekar and Ramachandran

³ Analytical Hierarchy Process (AHP)

⁴ PROMETHEE

⁵ ELECTRE

روش الکترو بر مبنای تعیین اولویت‌های بالاتر بین هر جفت از گزینه‌های مختلف عمل می‌کند. سپس ماتریس‌های توافق^۱ و تنافر^۲ برای انتخاب یا رتبه‌بندی بین گزینه‌های مختلف تشکیل داده می‌شوند. بکالی و دیگران^۳ نشان داده‌اند که این روش به خوبی در برنامه‌ریزی انرژی مورد استفاده قرار گرفته است. آنها یک برنامه‌ی عملیاتی را برای توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر در مقیاس منطقه‌ای، با استفاده از رویکرد چند معیاره با دوازده معیار ارزیابی، بررسی کرده‌اند. این معیارها در چهار دسته سازگاری با شرایط سیاسی و حقوقی، سازگاری با شرایط فناوریک و اقتصادی، سازگاری با تقاضای انرژی پیش بینی شده و تطابق با محدودیت‌های زیست محیطی طبقه‌بندی شده‌اند.

روش الکترو، همچنان که گئورگوپولو و دیگران^۴ گزارش کرده‌اند، برای تدوین استراتژی انرژی در جزیره‌ی کرت^۵ مورد استفاده قرار گرفته است. در این بررسی چهار دسته معیار اقتصادی، سیاسی، فناوریک و زیست محیطی برای ارزیابی و مقایسه گزینه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب بین گزینه‌های مختلف در سیاست‌های انرژی در سطح منطقه‌ای، خصوصاً در مناطقی که دارای منابع فراوان انرژی‌های تجدیدپذیر هستند مورد تأکید این پژوهش است. استفاده از این روش‌ها، در این موارد، وارد کردن معیارهای زیست‌محیطی را، به مانند معیارهای فنی، اقتصادی و سیاسی، برای تحلیل ممکن می‌کند. به هر حال، این نکته مورد تأکید قرار گرفته است که ما با تکنیک‌های "تصمیم‌یار" مواجه هستیم و نه با روش‌های "تصمیم ساز"؛ به عبارت دیگر، به کار بردن این روش‌ها تنها یکی از گام‌های لازم برای تصمیم‌گیری را تشکیل می‌دهند [۱].

از طرف دیگر، استفاده از روش پرومته نیز در حال افزایش است. کاولارو^۶ یک نظام یکپارچه چند معیاره^۷ برای ارزیابی گزینه‌های طرح می‌کند که روش پرومته به عنوان مبنای توسعه‌ی این نظام قرار دارد. او این نظام را با استفاده از معیارهای اقتصادی، فناوریک، زیست‌محیطی و اجتماعی برای مقایسه بین گزینه‌های مختلف در مورد منطقه ایتالیایی مسینا^۸ به کار

¹ Concordance Matrix

² Discordance Matrix

³ Beccali et al.

⁴ Georgopoulou et al.

⁵ Crete Island

⁶ Cavallaro

⁷ Multicriteria integrated system

⁸ Messina

می‌برد. این نکته که در این مورد جریان خالص^۱ (که برابر تفاضل بین جریان مثبت و منفی تعریف می‌شود) برای رسیدن به رتبه‌بندی در بین گزینه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد حائز اهمیت است.

اضافه بر این‌ها، ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، که به صورت موازی با یکدیگر و یا به دنبال هم به کار برده شده‌اند، نیز ممکن است انتخاب مناسبی برای برنامه‌ریزی باشد. لوکن^۲ ترکیب‌های مختلف در استفاده از این روش‌ها مانند استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی در کنار پرومته، یا فرایند تحلیل سلسله مراتبی توأم با تاپسیس^۳، و فرایند تحلیل سلسله مراتبی در کنار برنامه‌ریزی آرمانی^۴ را در ادبیات مورد اشاره قرار می‌دهد.

پیش از ورود به بحث در رابطه با موضوع تصمیم‌گیری چند شاخصه، بررسی ابزارهای عام تصمیم‌گیری و تعیین جایگاه تصمیم‌گیری چند معیاره خالی از لطف نیست. در این مطالعه، منظور از تصمیم‌گیری، انتخاب از میان چند جایگزین است. این رویکرد کاربرد فراوانی در انواع مسائل مربوط به تصمیم‌گیری در حوزه‌های مختلف دارد. در مسائلی که ملاحظات مربوط به توسعه‌ی پایدار در تصمیم‌گیری‌ها مطرح باشد، استفاده از این رویکرد بسیار متداول است. توانایی اصلی این رویکرد در ساختاریختی به مسائل و دخیل کردن وجوه مختلف مسئله در تصمیم‌گیری است. بنابراین، این رویکرد نیز گزینه‌ای محتمل برای استفاده در حل مسئله‌ی حاضر به نظر می‌رسد [۱].

در ادامه، جایگاه تصمیم‌گیری چند شاخصه در میان تکنیک‌های ریاضی تصمیم‌گیری نشان داده می‌شود. سپس به معرفی تصمیم‌گیری چند شاخصه پرداخته می‌شود.

فنون ریاضی تصمیم‌گیری، یکی از با ارزش‌ترین دستاوردهای فعالیت پژوهشگران می‌باشد که غالباً تحت عناوین "تحقیق در عملیات"، "پژوهش عملیاتی" و یا "تکنیک‌های کمی تصمیم‌گیری" در محافل علمی مطرح می‌شوند. در نگرش فرایندی به تصمیم‌گیری، محور تأکید و کاربرد این فنون به ایجاد مدل از مسئله تصمیم، ارزیابی راه‌حل‌های ممکن و گزینش بهترین یا رضایت‌بخش‌ترین راه‌حل مربوطه می‌شود. بررسی مفروضات و رویکرد تکنیک‌های اولیه تصمیم‌گیری، حکایت از ساده‌سازی و ناتوانی در مد نظر قرار دادن تمام ابعاد مترتب بر مسائل تصمیم دارد. اما در حال حاضر، روش‌های نوین تصمیم‌گیری کمتر به

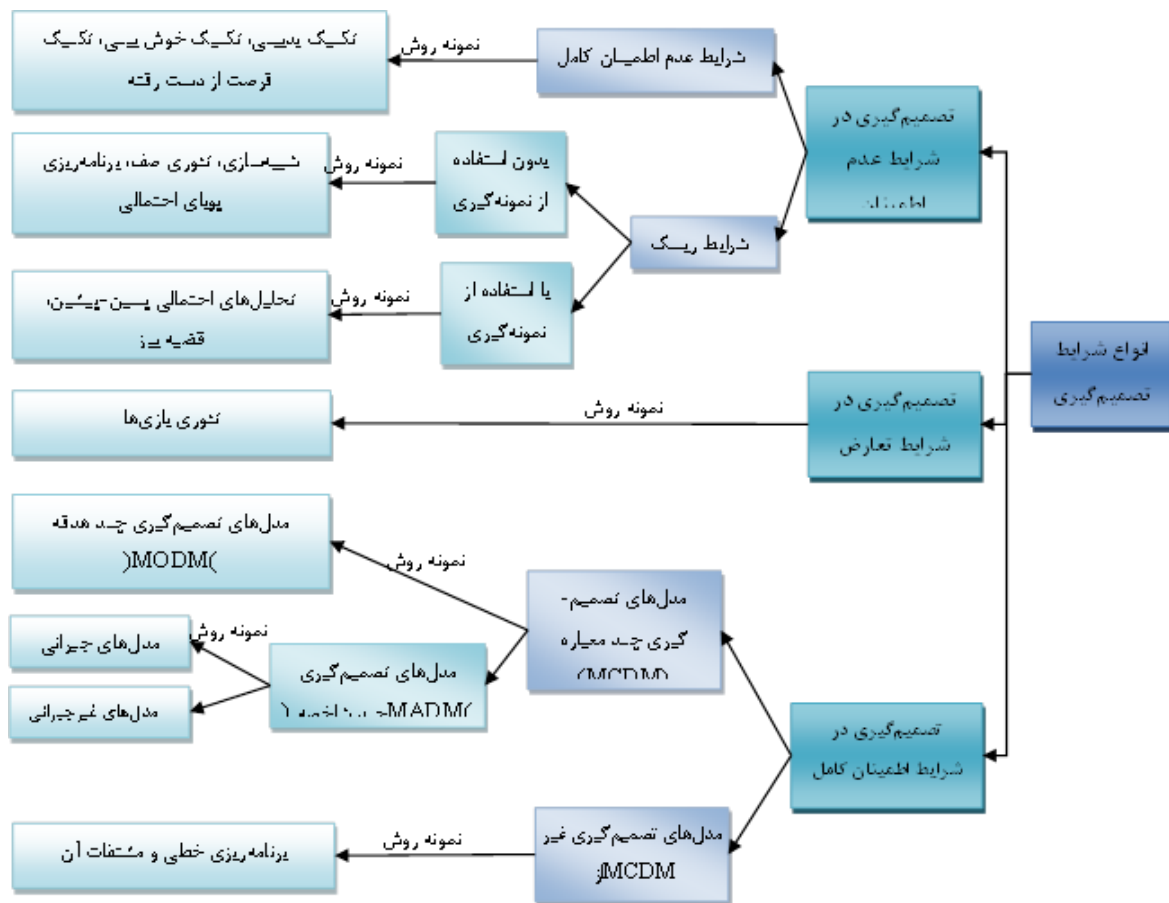
1-Net flow

2-Loken

3-Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

4-Goal Programming (GP)

ساده‌سازی پرداخته و علاوه بر مدل‌سازی و آنالیز جنبه‌های ایستا، به خوبی قادر به لحاظ نمودن جنبه‌های دینامیک مسائل تصمیم‌گیری می‌باشند. به عبارت دیگر در گذر زمان همراه با افزایش درجه پیچیدگی و تنوع مسائل تصمیم‌گیری، روش‌های تصمیم‌گیری نیز متنوع و از توانمندی‌های بیشتری برخوردار گردیده‌اند. همچنین نتایج گزارش شده از کاربرد این روش‌ها به خوبی دلالت بر استفاده گسترده از آنها از حوزه‌های مختلف تصمیم‌گیری دارد. اما باید توجه داشت که هر یک از روش‌های تصمیم‌گیری با توجه به مفروضات و رویکرد خاص خود در برخی شرایط تصمیم، نسبت به دیگر روش‌ها ارجحیت دارد. در شکل زیر، دسته‌بندی شرایط حاکم بر مسئله تصمیم‌گیری بر مبنای میزان اطلاعات موجود در خصوص عوامل تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری به همراه برخی از مهم‌ترین روش‌های قابل استفاده در هر شرایط نشان داده شده است [۱].



شکل ۱-۱: دسته‌بندی شرایط حاکم بر مسئله تصمیم‌گیری

همان‌گونه که در شکل مشخص است تصمیمات اخذ شده از سوی افراد بسته به میزان دانش و اطلاعات آنها در مورد وضعیت تصمیم‌گیری به سه دسته تقسیم می‌شوند. تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان، دلالت بر نوعی از تصمیم‌گیری دارد

که به دلیل وجود متغیرهای غیرقابل کنترل، پیامدهای انتخاب هر گزینه یا تصمیم، مشخص نخواهد بود. این شرایط نیز به نوبه خود به دو دسته تقسیم می‌شود:

۱- تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان کامل

۲- تصمیم‌گیری در شرایط ریسک

در شرایط عدم اطمینان کامل، تصمیم‌گیرنده هیچ نوع اطلاعاتی در خصوص متغیرهای غیرقابل کنترل ندارد و لذا مشخص نیست که در آینده چه شرایط و وضعیتی رخ می‌دهد و حتی پیش‌بینی وضعیت آتی به صورت احتمالی نیز میسر نیست. در این نوع از شرایط تصمیم‌گیری، می‌توان از تکنیک‌هایی نظیر تکنیک بدینی^۱، تکنیک خوش‌بینی^۲ و تکنیک فرصت از دست رفته استفاده کرد. به طور کلی در این تکنیک‌ها دیدگاه‌های مختلفی نسبت به شرایط آتی و پیامدهای هر تصمیم متصور شده و گزینه بهینه برگزیده می‌شود.

تصمیم‌گیری در شرایط ریسک شبیه حالت عدم اطمینان می‌باشد، با این تفاوت که تصمیم‌گیرنده قادر به تعیین احتمال رخداد متغیرهای غیرقابل کنترل می‌باشد. به عبارت دیگر از دیدگاه ریاضی، تابع توزیع احتمالی وقوع متغیرهای غیرقابل کنترل مشخص است؛ لذا از این طریق می‌توان آنها را تجزیه و تحلیل کرد. در این شرایط، مدل‌های احتمالی قابل استفاده بوده و همان‌گونه که در شکل ۱-۱، نشان داده شده است، به دو دسته بدون استفاده و با استفاده از نمونه‌گیری، تقسیم می‌شوند.

در شرایط تعارض تصمیم‌گیری، به علت وجود تعارض بین منافع دو رقیب، یک تصمیم به عنوان متغیر غیرقابل کنترل برای یک تصمیم‌گیرنده تلقی می‌شود. در این شرایط فرض بر آن است که رقبای تصمیم‌گیرنده، همگی منطقی بوده و هر یک سعی بر آن دارد که بیشترین سود یا کمترین ضرر ممکنه را متحمل شود. از نقطه نظر روش‌های تصمیم‌گیری، این نوع تصمیم‌گیری تحت عنوان تئوری بازی‌ها^۳ بررسی می‌شود.

در تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان کامل، کلیه متغیرهای تأثیرگذار بر تصمیم، ثابت فرض می‌شوند. به عبارت دیگر در این شرایط، تصمیم‌گیرنده با اطمینان، پیامدهای انتخاب هر گزینه را می‌داند و لذا برای این شرایط از تصمیم‌گیری، متغیرهای

¹ Maximin

² Maximax

³ Games theory

غیرقابل کنترل وجود ندارد. روش‌های ریاضی تصمیم‌گیری در این حوزه به دو دسته مدل‌ها و فنون تصمیم‌گیری چند معیاره و مدل‌ها و فنون غیر چند معیاره تقسیم می‌شوند. در دسته اول، دو یا چند معیار به طور هم‌زمان برای انتخاب تصمیم مد نظر قرار می‌گیرد؛ اما در دسته دوم، تنها یک معیار که غالباً تحت عنوان حداکثر نمودن سود یا حداقل نمودن هزینه بیان می‌شود، مبنای تصمیم‌گیری می‌باشد. در این دسته، روش‌های متنوعی نظیر برنامه‌ریزی خطی و مشتقات آن ارائه شده است.

مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره نیز به دو دسته مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفی^۱ و مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه تقسیم می‌شوند. در مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفی، چندین هدف به طور هم‌زمان جهت بهینه شدن مد نظر قرار می‌گیرند. مقیاس سنجش برای هر هدف ممکن است با مقیاس سنجش برای سایر اهداف متفاوت باشد. به عنوان مثال، یک هدف می‌تواند حداکثر نمودن سود باشد که بر حسب واحد پول سنجیده می‌شود و هدف دیگر حداقل استفاده از ساعات نیروی کار باشد. از طرفی این اهداف در برخی موارد در تضاد با یکدیگر هستند و در یک جهت حرکت نمی‌کنند. مثلاً تصمیم‌گیرنده از یک سو تمایل دارد رضایت کارکنان را افزایش دهد و از سوی دیگر، خواستار حداقل نمودن هزینه‌های حقوق و دستمزد است. به هر حال در این زمینه کاراترین روش تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی آرمانی است [۱].

در مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه تصمیم‌گیری با لحاظ نمودن معیارهای مختلف (و معمولاً متعارض) در فضای جواب گسسته صورت می‌پذیرد. همان‌طور که در شکل ۱-۲ نیز پیداست، تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در دسته‌ی بزرگ‌تری از تکنیک‌ها با نام تصمیم‌گیری چند شاخصه قرار می‌گیرند.



شکل ۱-۲: جایگاه تصمیم‌گیری چند شاخصه نسبت به تصمیم‌گیری چندمعیاره

¹ Multi-Objective Decision Making (MODM)

تصمیم‌گیری چند شاخصه معمولاً توسط ماتریس ذیل فرموله می‌گردد:

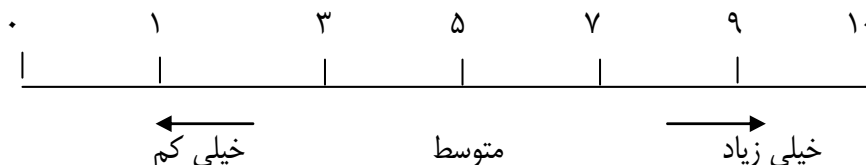
جدول ۱-۱: ماتریس تصمیم‌گیری چند شاخصه

شاخص گزینه	X_1	X_2	...	X_n
A_1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1n}
A_2	r_{12}	r_{22}	...	r_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	r_{ij}	\vdots
A_m	r_{m1}	r_{m2}	...	r_{mn}

A ، بیانگر گزینه Z ما و r_{ij} نشان‌دهنده ارزیابی گزینه i ما بر مبنای معیار Z امم باشد

معیارها در مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، می‌تواند از مقیاس‌های مختلف و غالباً متعارض باشند. در این بین، گزینه‌ای بهتر خواهد بود که ایده‌آل هر معیار را تأمین نماید؛ اگرچه این امر در اغلب مواقع غیر ممکن می‌باشد. به هر حال از لحاظ ریاضی، بهترین گزینه در یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه، یک گزینه ذهنی A^* خواهد بود که مرجح‌ترین ارزش یا مطلوبیت را از هر معیار کسب نماید.

یکی دیگر از موضوعات مورد توجه در مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، مقیاس اندازه‌گیری معیارها است که به صورت کمی و کیفی وجود دارد. به علاوه در معیارهای کمی نیز مقیاس اندازه‌گیری ممکن است متفاوت باشد (مانند هزینه بر حسب ریال و وزن بر حسب کیلوگرم). در اندازه‌گیری معیارهای کیفی، از مقیاس‌های فاصله‌ای و رتبه‌ای استفاده می‌شود. برای این کار خط کش زیر پیشنهاد می‌شود:



شکل ۱-۳: خط‌کش اندازه‌گیری کیفی

این نوع اندازه‌گیری برای معیارهایی با جنبه مثبت مانند "استحکام" (هر چه بیشتر باشد مطلوب‌تر خواهد بود) به صورت فوق تعریف می‌شود. مقدار صفر بیانگر حداقل ارزش ممکن و مقدار ۱۰ مشخص‌کننده حداکثر ارزش ممکن از معیار مورد نظر است. در صورتی که معیار جنبه منفی داشت، پیشنهاد می‌شود سؤال را عکس کرده تا معیار جنبه مثبت پیدا کند چرا که ذهن انسان در مورد جنبه مثبت بهتر ارزیابی می‌کند. برای مثال معیار هزینه کمتر را می‌توان به هزینه بیشتر تبدیل کرد؛ در این صورت اگر پاسخ دهنده جواب ۹ را انتخاب کند، باید آن را به ۱ و اگر ۳ را انتخاب کند، به ۷ تبدیل کرد و فرمول تبدیل بصورت $m = |n|$ 10- است که m عدد تبدیل شده و n عدد ابتدائی است [۱].

مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه، بسیار متنوع هستند؛ اما با وجود این تنوع، در ویژگی‌های زیر مشترک می‌باشند:

الف - گزینه‌ها: در مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه، تعداد محدودی گزینه جهت اولویت، انتخاب و یا دسته‌بندی مورد

بررسی قرار می‌گیرند. معمولاً واژه گزینه مترادف با واژه‌های انتخاب^۱، خط مشی^۲، اقدام^۳ و یا کاندیدا است.

ب - معیارهای چندگانه: هر مسئله از نوع تصمیم‌گیری چند شاخصه، دارای معیارهای چندگانه می‌باشد. در این معیارها

پس از ارائه توسط تصمیم‌گیرنده و ارزیابی گزینه‌ها بر مبنای آن، سرانجام گزینه برتر انتخاب یا اولویت‌بندی می‌گردد. تعداد

معیارها به ماهیت مسئله بستگی دارد.

ج - واحدهای بی‌مقیاس: هر معیار نسبت به معیار دیگر دارای مقیاس اندازه‌گیری متفاوتی است. لذا به دلیل با معنی بودن

محاسبات و نتایج از طریق روش‌های علمی، داده‌ها بی‌مقیاس می‌شوند، به گونه‌ای که اهمیت نسبی آنها حفظ شود.

د - وزن معیار: تمام روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، مستلزم وجود اطلاعاتی است که بر اساس اهمیت نسبی هر معیار

بدست آمده باشند. این اطلاعات معمولاً دارای مقیاس ترتیبی یا اصلی هستند. وزن‌های مربوط به معیارها می‌تواند مستقیماً

توسط تصمیم‌گیرنده و یا به وسیله روش‌های علمی به معیارها تخصیص داده شود. در واقع وزن‌ها میزان اهمیت نسبی هر معیار

را در تصمیم‌گیری مربوطه بیان می‌کند.

¹ Option

² Policy

³ Action

۱-۲-۱- فرایند تصمیم‌گیری چند شاخصه

اولین اولویت در تصمیم‌گیری، تعیین تصمیم‌گیران و ذی‌نفعان در تصمیم است. منظور از ذی‌نفع هر شخص یا گروهی است که بر فرایند تصمیم‌گیری تأثیرگذار بوده یا از آن اثرپذیر باشد. با تعیین تصمیم‌گیران در ابتدای فرایند تصمیم‌گیری می‌توان از بروز عدم توافق بر سر تعریف مسئله، پیش‌نیازها، اهداف و معیارها پیشگیری کرد. با وجود عدم حضور پیوسته‌ی تصمیم‌گیر(ان) در انجام ارزیابی، بازخوردهای^۱ دریافتی از آنها برای قدم‌های زیر در فرایند ضروری است:

- تعریف مسئله

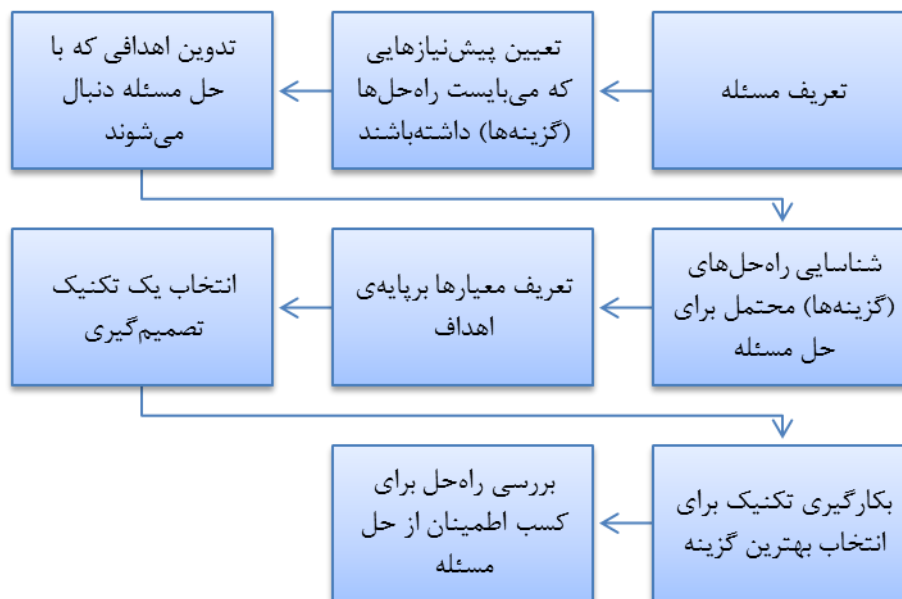
- تعیین پیش‌نیازها

- تعیین اهداف

- توسعه‌ی معیارهای ارزیابی

شکل ۱-۴ نشان‌دهنده‌ی فرایند تصمیم‌گیری چند شاخصه است. فرایند از قدم اول به سمت قدم‌های بعدی است؛ اما با دریافت اطلاعات جدید، در هر قدمی می‌توان به عقب حرکت کرد.

^۱ feedback

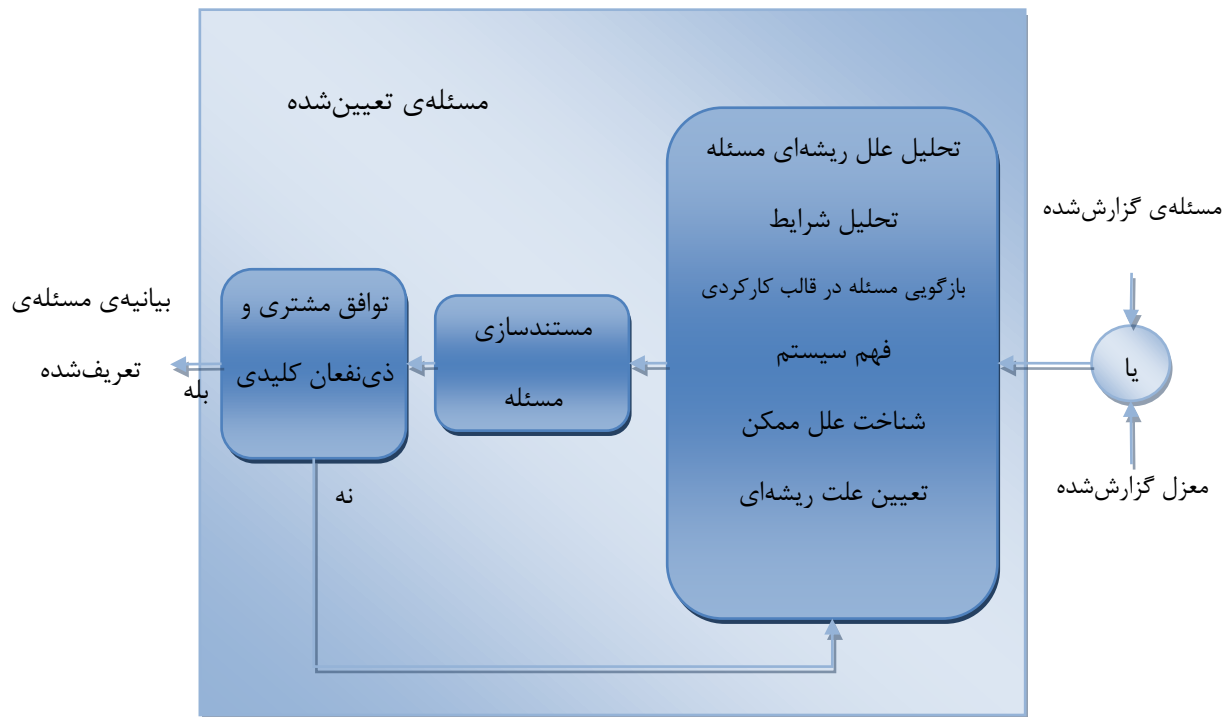


شکل ۱-۴: فرایند تصمیم‌گیری چند شاخصه

قدم ۱: تعریف مسئله

تعریف مسئله اولین قدم اساسی در یک تصمیم‌گیری خوب است. این فرایند می‌بایست حداقل، علل ریشه‌ای، فرض‌های محدودکننده، مرز سیستم و سازمان و ملاحظات ذی‌نفعان را تعیین کند. هدف از تعریف مسئله، بیان ملاحظات (issues) بصورت واضح و در قالب یک بیانیه‌ی مسئله‌ی تک‌جمله‌ای و توصیف‌کننده‌ی شرایط اولیه و مطلوب می‌باشد. توافق تصمیم‌گیران و تحلیل‌گران بر روی یک بیانیه‌ی مسئله‌ی مکتوب ضروری است. این کار به منظور حصول اطمینان از اتفاق نظر همه بر مسئله‌ای که می‌بایست حل شود، انجام می‌شود.

نکته‌ی کلیدی در توسعه‌ی یک بیانیه‌ی مسئله‌ی مناسب، پرسش‌سوال‌ات کافی در رابطه با مسئله است. این کار به منظور حصول اطمینان از پاسخ‌گویی به مسئله‌ی ذی‌نفعان صورت می‌گیرد. با وجود ذی‌نفعان می‌توان از آن‌ها تقاضای بررسی بیانیه‌ی مسئله به همراه شرایط فعلی و مطلوب کرد. این اقدام یک بررسی خارجی را پیش از تعیین پیش‌نیازها و اهداف فراهم می‌آورد.



شکل ۱-۵: فرایند تعریف مسئله

قدم ۲: تعیین پیش‌نیازها

پیش‌نیازها، شرایطی هستند که راه‌حل‌های قابل پذیرش می‌بایست دارا باشند. پیش‌نیازها تشریح‌کننده‌ی کارهایی هستند که راه‌حل می‌بایست برای مسئله انجام دهد. برای مثال، یک پیش‌نیاز می‌تواند تولید حداقل ۱۰ واحد در روز توسط یک فرایند باشد. در این صورت هر گزینه‌ای با تنها ۹ واحد تولید در روز، حذف خواهد شد. نیازی به استفاده از پیش‌نیازهایی که میان گزینه‌ها تفاوتی ایجاد نمیکنند، نیست.

قدم ۳: تدوین اهداف

اهداف، بیانیه‌های گسترده‌ای از ارزش‌های برنامه‌ریزانه^۱ مطلوب و مورد علاقه است. مثال‌هایی از اهداف عبارتند از:

- کاهش خطر تشعشعات روی کارگران
- کاهش هزینه‌ها

¹ Programmatic

- کاهش ریسک عمومی

اهداف از حداقل‌های ضروری نباید داشته باشد (پیش‌نیازها) فراتر رفته و به خواسته‌ها و مطلوب‌ها میل میکند. می‌بایست اهداف را بصورت مثبت بیان کرد (بجای استفاده از واژه‌ی نباید از واژه‌ی باید استفاده شود). به علت استفاده‌ی اهداف در تعیین گزینه‌های برتر (یعنی تعریف مطلوب مسئله با جزئیات بیشتر)، آنها مقدم بر گزینه‌ها تعیین می‌شوند. گاهی اهداف متعارض هستند. این موضوع نه غیرمعمول بوده و نه موجب ایجاد نگرانی می‌شود. در خلال تعریف اهداف، رفع تعارض میان آنها و تعیین اهمیت نسبی آنها ضروری نیست. ممکن است، فرایند تدوین اهداف منجر به تعیین پیش‌نیازهای جدید یا بازنگری شده یا پیش‌نیازهایی که باید به اهداف تبدیل گردند، شود. در هر مطالعه‌ای، فهم پیش‌نیازها و اهداف، برای تعیین گزینه‌ها مهم است.

قدم ۴: شناسایی راه‌حل‌ها

راه‌حل‌ها (گزینه‌ها) رویکردهای مختلفی را به منظور تبدیل شرایط فعلی به شرایط مطلوب پیشنهاد میکنند. تیم تصمیم‌گیری، پیش‌نیازها و اهداف را ارزیابی کرده و گزینه‌هایی که پیش‌نیازها را دارا بوده و اهداف را در حد امکان برآورده می‌کنند را پیشنهاد می‌دهد. عموماً، توانایی گزینه‌ها در دارا بودن پیش‌نیازها و برآورده ساختن اهداف متفاوت است. گزینه‌هایی که دارای پیش‌نیازها نبوده می‌بایست برای مطالعات بعدی جدا شوند. در صورت عدم دارا بودن پیش‌نیازی برای یک گزینه، سه عمل زیر قابل انجام است:

- حذف گزینه

- تغییر یا حذف پیش‌نیاز

- بازگویی پیش‌نیاز بصورت یک هدف

توصیف هر گزینه می‌بایست نشان‌دهنده‌ی راه حل مسئله‌ی تعریف‌شده توسط آن باشد. همچنین، توصیف هر گزینه، دربرگیرنده‌ی تفاوت آن با دیگر گزینه‌ها است.

قدم ۵: تعریف معیارها

معمولاً هیچ گزینه‌ای در رابطه با همه‌ی اهداف بهترین نخواهد بود. این موضوع، علت مقایسه‌ی گزینه‌ها با یکدیگر است. بهترین گزینه، نزدیک‌ترین آنها به اهداف است. معیارهای تصمیم‌گیری که میان گزینه‌ها ایجاد تفاوت میکنند، می‌بایست بر پایه‌ی اهداف بنا شوند. تعریف معیارها بصورت شاخص‌هایی برای اندازه‌گیری اهداف ضروری است. این تعریف معیارها نمایانگر میزان حصول اهداف پروژه توسط هر یک از گزینه‌ها است.

هر معیار می‌بایست نمایانگر موضوعی مهم بوده و به دیگر معیارها وابسته نباشد. هر معیار می‌بایست در میان گزینه‌های مختلف بطور معنی‌داری تمایز ایجاد کند. برای مثال، در صورت هم‌رنگ بودن همه‌ی گزینه‌ها در یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری یا بی‌تفاوت بودن رنگ گزینه‌ها برای تصمیم‌گیر، رنگ یک معیار نخواهد بود.

شرایط مورد نیاز برای مجموعه‌ی معیارها:

- کامل (شامل همه‌ی اهداف)

- عملیاتی (معنادار برای فهم تصمیم‌گیر از عواقب هر گزینه)

- غیر تکراری (پرهیز از بازشماری)

- تعداد کم (برای قابل کنترل ماندن ابعاد مسئله)

استفاده از تعداد کمی از ابعاد ممیزهای (منظور معیارهاست) واقعی، منجر به تحلیل مسئله‌ی قابل فهم‌تری خواهد شد؛ چرا که، از پیچیدگی مسئله کاسته شده است. هر هدف حداقل یک معیار ایجاد خواهد کرد. در صورتی که هدفی منجر به تعریف هیچ معیاری نشود، می‌بایست حذف شود.

برخی روش‌ها برای تسهیل در انتخاب معیارها قابل استفاده هستند:

- طوفان فکری

- میزگرد (مجمع)^۱

- روش معکوس

- معیارهای از پیش تعیین شده

¹ Round Robin

طوفان فکری: ابزاری مهم است که به وسیله‌ی گروه پشتیبان (تیم تحلیل‌گر)، برای تعیین، تحلیل و توسعه‌ی مسئله، گزینه‌های ممکن و معیارها بکار گرفته می‌شود. طوفان فکری تکنیکی برای استفاده‌ی غیر محسوسات^۱ در تولید ایده‌ها است. لازم به ذکر است که تفکر خلاق و متفاوت، در این گام، ضروری است. در فرایند طوفان فکری هیچ ایده‌ای در فرایند، تا بعد، مورد انتقاد قرار نگرفته و همگی ایده‌ها ضبط می‌شوند. پس از اتمام طوفان فکری، ایده‌ها پذیرش، پالایش، ترکیب و یا کنار گذاشته می‌شوند.

میزگرد: در این تکنیک از اعضای تیم به طور جداگانه درباره‌ی اهداف و معیارهای مربوط به آنها پرسیده می‌شود. کسب اطلاعات اولیه در رابطه با ایده‌ها می‌بایست بدون قضاوت انجام پذیرد (همگی ایده‌ها پیش از شروع انتقادها ضبط می‌گردد). در صورت تفاوت زیاد در رتبه و موقعیت افراد شرکت‌کننده، استفاده از روش نظامی می‌تواند مفید باشد. در روش نظامی، از افراد با رتبه‌ی پایین‌تر، زودتر سؤال می‌شود. این عمل به منظور جلوگیری از تحت تاثیر قرار گرفتن افراد از افراد با رتبه‌ی بالاتر صورت می‌پذیرد.

روش معکوس: در این روش، اعضای تیم گزینه‌های موجود را در نظر گرفته، تفاوت میان آنها را تعیین کرده و معیارهای نمایانگر این تفاوت‌ها را توسعه می‌دهند.

معیارهای از پیش تعیین شده: ذی‌نفعان و تصمیم‌گیران برخی از معیارها را فراهم می‌کنند. معیارها، همچنین می‌توانند از راه مرور ادبیات و مطالعه‌ی کارهای انجام‌شده‌ی مشابه، تعیین اعتبار تعریف شوند.

ورودی‌ها از تصمیم‌گیران برای توسعه‌ی معیارهای مناسب ضروری هستند. همچنین، تایید تصمیم‌گیر، پیش از بکارگیری معیارها در ارزیابی گزینه‌ها حیاتی می‌باشد.

قدم ۶: انتخاب یک تکنیک تصمیم‌گیری

¹ subconscious

ابزارهای تحلیل تصمیم، فرآیندهای منطقی (پروسه‌های نظام‌مند) برای اعمال تفکر منتقدانه (ارزیابانه) بر اطلاعات، داده‌ها و تجارب برای اتخاذ تصمیمی متعادل، زمانی که انتخاب میان گزینه‌ها ناواضح باشد، هستند. ابزارهای تحلیل تصمیم، اعمال مهارت‌های تفکر منتقدانه برای تجمیع پاسخ‌ها به سؤالات مطرح درباره‌ی مسئله را از راه‌های نظام‌مند فراهم می‌کنند. قدم‌های موجود در این روش‌ها عبارتند از تبیین هدف، ارزشیابی گزینه‌ها، ارزیابی ریسک و فایده‌ها و تصمیم‌گیری. این قدم‌ها معمولاً شامل امتیازدهی به معیارها و گزینه‌ها نیز هستند.

از میان ابزارهای تصمیم‌گیری چند شاخصه، نمی‌توان یک ابزار را بهترین آنها دانست. هر یک از ابزارهای تصمیم‌گیری برای شرایط خاصی از تصمیم‌گیری مناسب هستند. همان‌طور که بیان شد، بطور کلی می‌توان ابزارهای تصمیم‌گیری را به دو دسته‌ی کیفی و کمی تقسیم کرد. در هر یک از دسته‌های ابزارهای تصمیم‌گیری، ابزارهای متعددی یافت می‌شود. با توجه به شرایط مسئله، میزان کاربرد ابزار در زمینه‌ی مورد مطالعه و انتظارات تحلیل‌گران و تصمیم‌گیران از ابزار، مناسب‌ترین آنها برای مسئله‌ی موردنظر انتخاب می‌شود. در بخش‌های بعدی به معرفی این ابزارها پرداخته می‌شود.

قدم ۷: بکارگیری ابزار

با توجه به شرایط مسئله و عوامل مانند آن، گزینه‌ها می‌توانند به وسیله‌ی روش‌های کمی، کیفی و ترکیب آنها ارزیابی شوند. در بکارگیری ابزار، در صورت برابر نبودن اهمیت نسبی معیارها، به هر یک از آنها وزنی اختصاص داده می‌شود. با انجام این کار، رتبه‌بندی گزینه‌ها به اهداف مورد نظر نزدیک‌تر خواهد بود. همچنین، تحلیل حساسیت و عدم قطعیت را می‌توان به منظور افزایش کیفیت فرایند تصمیم‌بکار گرفت. در این قدم، تحلیل‌گران مجرب فهم مورد نیاز از ابزار انتخابی را برای تصمیم‌گیران فراهم می‌کنند.

قدم ۸: بررسی راه‌حل

پس از انتخاب بهترین گزینه توسط فرایند تصمیم‌گیری، گزینه‌ی منتخب برای حصول اطمینان از برآورده‌سازی هدف مسئله، می‌تواند بررسی شود. گزینه‌ی نهایی، می‌بایست شرایط مطلوب را برآورده ساخته، پیش‌نیازها را دارا بوده و اهداف را به بهترین وجه حاصل کند. پس از اعتبارسنجی گزینه‌ی منتخب، تیم پشتیبان تصمیم‌گیری می‌تواند آن را به عنوان گزینه‌ی منتخب پیشنهاد دهند.

۱-۲-۲- فرایند تحلیل سلسله مراتبی

در علم تصمیم‌گیری که در آن انتخاب یک راهکار از بین راهکارهای موجود و یا اولویت‌بندی راهکارها مطرح است، چند سالی است که روش‌های "تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه"^۱ جای خود را باز کرده‌اند. از این میان، روش تحلیل سلسله مراتبی^۲ بیش از سایر روش‌ها در علم مدیریت مورد استفاده قرار گرفته است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندمنظوره است که اولین بار توسط توماس ال. ساعتی عراقی‌الاصل در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید. فرایند تحلیل سلسله مراتبی منعکس‌کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این تکنیک، مسائل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آنها مورد بررسی قرار می‌دهد و آنها را به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آن می‌پردازد.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی، هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبروست می‌تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح شده می‌تواند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتبی تصمیم آغاز می‌کند؛ درخت سلسله مراتبی تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسات وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم نشان می‌دهد. در نهایت منطق فرایند تحلیل سلسله مراتبی به گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم بهینه حاصل آید.

۱-۲-۲-۱- اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی

توماس ساعتی (بنیان‌گذار این روش) چهار اصل زیر را به عنوان اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی بیان نموده و کلیه محاسبات، قوانین و مقررات را بر این اصول بنا نهاده است. این اصول عبارتند از:

- شرط معکوسی: اگر ترجیح عنصر A بر عنصر B برابر n باشد، ترجیح عنصر B بر عنصر A برابر $1/n$ است.

- اصل همگنی: عنصر A با عنصر B باید همگن و قابل مقایسه باشند. به بیان دیگر برتری عنصر A بر عنصر B نمی‌تواند

بینهایت یا صفر باشد.

¹ MADM

² AHP

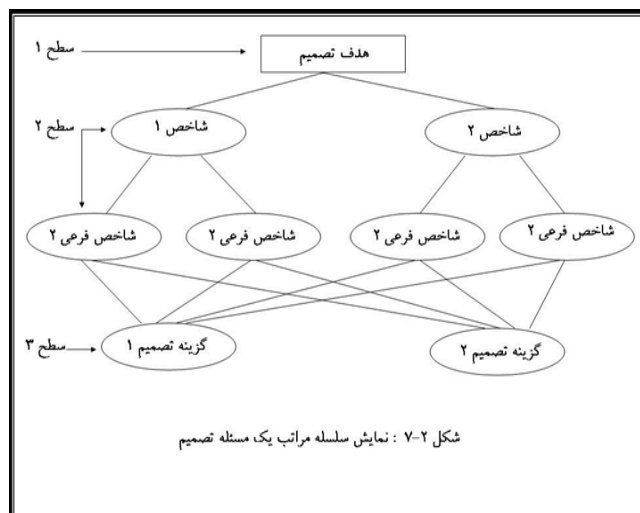
- وابستگی: هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر سطح بالاتر خود می‌تواند وابسته باشد و به صورت خطی این وابستگی تا بالاترین سطح می‌تواند ادامه داشته باشد.

۱-۲-۲-۲-۲-۲ مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی

بکارگیری این روش مستلزم چهار قدم عمده زیر می‌باشد:

الف) مدل سازی

در این قدم، مسأله و هدف تصمیم‌گیری به صورت سلسله مراتبی از عناصر تصمیم که با هم در ارتباط می‌باشند، درآورده می‌شود. عناصر تصمیم شامل «شاخص‌های تصمیم‌گیری» و «گزینه‌های تصمیم» می‌باشد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی نیازمند شکستن یک مسأله با چندین شاخص به سلسله مراتبی از سطوح است. سطح بالا بیانگر هدف اصلی فرایند تصمیم‌گیری است. سطح دوم، نشان‌دهنده شاخص‌های عمده و اساسی (که ممکن است به شاخص‌های فرعی و جزئی‌تر در سطح بعدی شکسته شود) می‌باشد. سطح آخر گزینه‌های تصمیم را ارائه می‌کند. در شکل زیر سلسله مراتب یک مسأله تصمیم‌گیری نشان داده شده است.



شکل ۱-۶: سلسله مراتب یک مسأله تصمیم

ب) قضاوت ترجیحی (مقایسات زوجی)

برای مقایسه بین گزینه‌های مختلف تصمیم (بر اساس هر شاخص و قضاوت در مورد اهمیت شاخص تصمیم با انجام مقایسه زوجی)، بعد از طراحی سلسله مراتب مسأله تصمیم، تصمیم‌گیرنده لازم است که مجموعه ماتریس‌هایی را که به طور عددی

اهمیت یا ارجحیت نسبی شاخص‌ها را نسبت به یکدیگر (و هر گزینه تصمیم را با توجه به شاخص‌ها نسبت به سایر گزینه‌ها) اندازه‌گیری می‌نماید، ایجاد کند. این کار با انجام مقایسات دو به دو بین عناصر تصمیم (مقایسه زوجی) و از طریق تخصیص امتیاز عددی که نشان‌دهنده ارجحیت یا اهمیت بین دو عنصر تصمیم است، صورت می‌گیرد. برای انجام این کار معمولاً از مقایسه گزینه‌ها با شاخص‌های i ام نسبت به گزینه‌ها یا شاخص‌های j ام استفاده می‌شود که در جدول ۲-۱ نحوه ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به هم نشان داده شده است.

ج) محاسبات وزن‌های نسبی

تعیین وزن «عناصر تصمیم» نسبت به هم از طریق مجموعه‌ای از محاسبات عددی؛ قدم بعدی در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی انجام محاسبات لازم برای تعیین اولویت هر یک از عناصر تصمیم با استفاده از اطلاعات ماتریس‌های مقایسات زوجی است. خلاصه عملیات ریاضی در این مرحله به صورت زیر است.

مجموع اعداد هر ستون از ماتریس مقایسات زوجی را محاسبه کرده، سپس هر عنصر ستون را بر مجموع اعداد آن ستون تقسیم می‌کنیم. ماتریس جدیدی که بدین صورت به دست می‌آید، «ماتریس مقایسات نرمال شده» نامیده می‌شود. میانگین اعداد هر سطر از ماتریس مقایسات نرمال شده را محاسبه می‌کنیم. این میانگین وزن نسبی عناصر تصمیم با سطرهای ماتریس را ارائه می‌کند.

جدول ۲-۱: ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به یکدیگر

ارزش ترجیحی	وضعیت مقایسه i نسبت به j	توضیح
۱	اهمیت برابر	گزینه یا شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارند و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	نسبتاً مهم‌تر	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهم‌تر است.
۵	مهم‌تر	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهم‌تر است.
۷	خیلی مهم‌تر	گزینه یا شاخص i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.
۹	کاملاً مهم	گزینه یا شاخص مطلقاً از j مهم‌تر و قابل مقایسه با j نیست.

د) ادغام وزن‌های نسبی

به منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم، در این مرحله بایستی وزن نسبی هر عنصر را در وزن عناصر بالاتر ضرب کرد تا وزن نهایی آن بدست آید. با انجام این مرحله برای هر گزینه، مقدار وزن نهایی بدست می‌آید.

تقریباً تمامی محاسبات مربوط به فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر اساس قضاوت اولیه تصمیم‌گیرنده که در قالب ماتریس مقایسات زوجی ظاهر می‌شود، صورت می‌پذیرد و هر گونه خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها نتیجه نهایی به دست آمده از محاسبات را مخدوش می‌سازد. نرخ ناسازگاری^۱ وسیله‌ای است که سازگاری را مشخص ساخته و نشان می‌دهد که تا چه حد می‌توان به اولویت‌های حاصل از مقایسات اعتماد کرد. برای مثال اگر گزینه A نسبت به B مهم‌تر (ارزش ترجیحی ۵) و B نسبت به C مهم‌تر (ارزش ترجیحی ۳) باشد، آنگاه باید انتظار داشت A نسبت به C خیلی مهم‌تر (ارزش ترجیحی ۷ یا بیشتر) ارزیابی گردد یا اگر ارزش ترجیحی A نسبت به B، ۲ و B نسبت به C، ۳ باشد آنگاه ارزش A نسبت به C باید ارزش ترجیحی ۴ را ارائه کند. شاید مقایسه دو گزینه امری ساده باشد، اما وقتی که تعداد مقایسات افزایش یابد اطمینان از سازگاری مقایسات به راحتی میسر نبوده و باید با به‌کارگیری نرخ ناسازگاری به این اعتماد دست یافت. تجربه نشان داده است که اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱۰ باشد سازگاری مقایسات قابل قبول بوده و در غیر این صورت مقایسه‌ها باید تجدیدنظر شود [۱].

۱-۳- مدل‌های اکتساب فناوری

مدل‌های اکتساب فناوری به تعیین روش‌های دستیابی به فناوری شناسایی شده و انتخاب شده می‌پردازد. بدین معنی که تعیین میکنند که توسعه فناوری از کدام یک از سبک‌های توسعه داخلی، همکاری با سایر شرکت‌ها یا مؤسسات و یا خرید محصول فناوری انجام شود. در این قسمت درباره عوامل راهبردی مؤثر بر انتخاب نوع اکتساب و ارتباط آن با انتخاب فناوری‌ها و زمان توسعه و معرفی آنها بحث می‌شود. در ادبیات مدل‌های مختلفی برای انتخاب روش اکتساب فناوری معرفی شده‌اند. در زیر به بررسی مدل‌ها و نظریاتی که در ادبیات مدیریت فناوری پیرامون انتخاب روش مناسب اکتساب فناوری ارایه شده‌اند، پرداخته می‌شود.

¹Inconsistency Ratio (I.R)

۱-۳-۱- مدل کیه‌زا^۱

از مدل کیه‌زا (2001) در دو زمینه مختلف می‌توان استفاده نمود: سبک‌های مختلف اکتساب فناوری و نحوه انتخاب سبک مناسب؛ روش‌های مختلف همکاری برای اکتساب فناوری و چگونگی انتخاب روش مناسب همکاری اکتساب فناوری [۲]. کیه‌زا سه سبک کلی را برای توسعه فناوری و اکتساب آن مطرح می‌کند که عبارتند از توسعه داخلی فناوری، توسعه مشارکتی فناوری و خرید محصول فناوری. شش عامل راهبردی برای انتخاب بین این سه سبک مطرح می‌شود که عبارتند از:

- دسترسی به منابع خارجی قابل قبول

- زمان دستیابی به فناوری

- اهمیت انحصاری و اختصاصی بودن فناوری

- ضرورت و اهمیت یادگیری از منبع بیرونی

- هزینه‌های توسعه فناوری

- ریسک فنی یا میزان آشنایی با فناوری

جدول زیر به جمع‌بندی عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری بین این سه حالت می‌پردازد.

جدول ۱-۳: عوامل مؤثر بر سبک مناسب اکتساب فناوری

عوامل	توسعه داخلی	توسعه مشارکتی فناوری	خرید محصول فناوری
زمان دستیابی به فناوری	*	**	***
اهمیت اختصاصی و انحصاری بودن فناوری	***	**	*
اهمیت و پتانسیل یادگیری	**	***	*
هزینه‌های توسعه فناوری	*	**	*
ریسک فنی و میزان آشنایی با فناوری	*	**	***

با مشخص شدن سبک مناسب، چنانچه تصمیم به عدم توسعه داخلی فناوری بوده و همکاری و یا خرید محصول فناوری در اولویت باشد، به چهارده روش مختلف می‌توان عمل نمود که این روش‌ها در ادامه بیان می‌گردند.

¹ Chiesa

روش‌های مختلف همکاری و یا خرید برای اکتساب فناوری، به شرح ذیل ارائه می‌شود:

- تملک شرکتی^۱: بنگاهی یک بنگاه دیگر را به تملک خود در می‌آورد تا بتواند به فناوری یا شایستگی فناورانه مورد نظر دست یابد.

- تملک آموزشی^۲: بنگاهی جهت اکتساب فناوری، متخصصین مربوطه را استخدام و یا شرکت کوچک دیگر را به منظور در اختیار گرفتن افراد برخوردار از توانمندی‌های فناورانه و یا شایستگی‌های مدیریتی خریداری می‌کند.

- ادغام^۳: در این روش بنگاه با بنگاهی دیگری که دارای فناوری و یا شایستگی فناورانه مورد نظر می‌باشد ادغام شده و بنگاه جدیدی از ادغام این دو مورد به وجود می‌آید.

- خرید حق امتیاز^۴: شرکت امتیاز تولید فناوری خاصی را به دست می‌آورد.

- مشارکت با سهام^۵: در این روش شرکت اول سهام شرکت دوم را که دارای فناوری یا شایستگی فناورانه بوده می‌خرد ولی بر آن کنترل مدیریتی ندارد.

- سرمایه‌گذاری مشترک^۶: شرکت‌ها از طریق سهام، سرمایه‌گذاری مشترک رسمی صورت داده و شرکت سومی به وجود می‌آید و هدف مشخص نوآوری فناوری دنبال می‌شود.

- تحقیق و توسعه مشترک^۷: یک شرکت با شرکت‌های دیگر توافق می‌کند که مشترکاً روی یک فناوری و یا حوزه فناورانه فعالیت نمایند و هیچ‌گونه شراکتی در مالکیت به وجود نمی‌آید.

- قرارداد تحقیق و توسعه^۸: شرکت می‌پذیرد که مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه و یا شرکت‌های نوآور کوچک در زمینه فناوری مشخص تحقیق نموده و هزینه‌های آن را بپردازد.

¹ Acquisition

² Educational Acquisition

³ Merger

⁴ Licensing

⁵ Minority Equity

⁶ Joint Venture

⁷ Joint R&D

⁸ R&D Contract

- سرمایه‌گذاری در تحقیقات^۱: شرکت در زمینه تحقیقات اکتشافی در مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه یا شرکت‌های کوچک نوآور سرمایه‌گذاری نموده و فرصت‌ها و ایده‌ها را دنبال می‌نماید.
- اتحاد^۲: شرکت منابع فناورانه را با شرکت‌های دیگر به اشتراک گذاشته و نیل به هدف کلی نوآوری فناورانه را تعقیب می‌کند.
- کنرسیوم^۳: چندین مؤسسه و شرکت مشترکاً تلاش می‌کنند به هدف کلی نوآوری فناورانه نایل شوند.
- ایجاد شبکه^۴: شرکت شبکه‌ای از روابط را برقرار می‌سازد تا در همراهی با شتاب نوآوری فناورانه قرار داشته و فرصت‌ها و روندهای تکاملی را دنبال نماید.
- برون‌سپاری^۵: بنگاه فعالیت‌های فناورانه را از خود خارج نموده و صرفاً به خرید محصول فناوری اکتفا می‌کند.
- خرید خدمات مشاوره‌ای: شرکت در راستای توسعه فناوری فعالیت نموده و در این مسیر از خدمات مشاوره‌ای یک شرکت دارنده فناوری استفاده می‌نماید.
- بر اساس نظر کیه‌زا روش مناسب همکاری سازمانی با توجه به سه فاکتور (مشخصه) اصلی هدف همکاری، محتوی (مفهوم - مفاد) همکاری و نوع شناسی همکاران انتخاب می‌شود.

¹ Research Funding

² Alliance

³ Consortium

⁴ Networking

⁵ Outsourcing

جدول ۱-۴: انتخاب روش مناسب همکاری فناورانه

روشن پیشنهادی	اولویت‌ها (نیازها)	حالات هر عامل	عوامل	
Acquisition, Joint Venture	همکاری طولانی مدت، کنترل بالا- متوسط، رسمیت متوسط- بالا	وسیع	هدف همکاری	
Alliance, Out Sourcing	همکاری کوتاه مدت، کنترل متوسط- پایین، کمترین تأثیر بر شرکت	محدود و مشخص		
Alliance, Networking, Joint Venture	انعطاف‌پذیری بالا، کنترل پایین، رسمیت پایین، کمترین تأثیر بر سازماندهی و منابع انسانی شرکت	حداکثر کردن یادگیری		
-	نیاز خاصی نمی‌باشد	خوب	محتوی (مفهوم-مفاد) همکاری و فناوری مورد تعامل	
Alliance, Joint R&D, Networking	رسمیت بالا، انعطاف بالا	بد		قابلیت تعریف
Education, Acquisition	-	هیچ کدام		آشنایی با فناوری
Joint Venture, Alliance	-	بازار یا فناوری		بازار و
Acquisition	کنترل بالا، رسمیت بالا	بازار و فناوری		آشنایی با فناوری
R&D	کنترل بالا، رویکرد بلندمدت	بالا		ارتباط با
Out Sourcing	انعطاف‌پذیری بالا، کاهش زمان و هزینه ایجاد همکاری، کاهش تأثیر بر سازمان	پایین		مرتبت رفتی
Out Sourcing	انعطاف بالا، کنترل پایین	مرحله تکامل		عمر
Minority Equity	کنترل بالا، انعطاف متوسط - بالا، رویکرد بلندمدت	مرحله اولیه		چرخه فناوری
Joint Venture, Alliance	انعطاف بالا، کمترین تأثیر بر شرکت، رسمیت پایین	بالا		میزان ریسک
-	نیاز خاصی نمی‌باشد	پایین	قابلیت	
Merger, Acquisition	کنترل بالا، رسمیت بالا	ضعیف		حفاظت از
-	نیاز خاصی نمی‌باشد	محکم - بسته		فناوری
Alliance, Out sourcing	انعطاف بالا، کنترل پایین	ابتدا		مرحله
Out sourcing	رسمیت بالا، کمترین هزینه / زمان	انتها		نوآوری
Merger, Acquisition	کنترل بالا	بالا		میزان سرمایه‌گذاری
-	نیاز خاصی نمی‌باشد	پایین		سرمایه‌گذاری
Out sourcing	یکپارچه‌سازی پایین، کمترین تأثیر بر شرکت	پایین		تقسیم
Joint Venture	نیاز خاصی نمی‌باشد.	بالا		قابلیت تقسیم
Out sourcing, Alliance	کمترین هزینه / زمان، مدت زمان کوتاه / متوسط، انعطاف‌پذیری بالا، رسمیت متوسط	عمودی		نحوه ارتباط با شرکت
Alliance, Joint Venture	رسمیت پایین، انعطاف‌پذیری بالا، مدت زمان متوسط - بالا	افقی	میت همکاری	
Out sourcing	انعطاف‌پذیری بالا، کنترل پایین، کمترین تأثیر بر شرکت	متفاوت		
-	نیاز خاصی نمی‌باشد	یکسان		
-	نیاز خاصی نمی‌باشد	یکسان		
Merger, Acquisition	کنترل بالا، رسمیت بالا	متفاوت	نوع شناسی همکاری	
-	نیاز خاصی نمی‌باشد	یکسان		

۱-۳-۲- مدل فلویید^۱ (ای دی لیتل)

بر اساس نظریه فلویید، علل اصلی عدم توسعه فناوری در داخل شرکت به دو دلیل عمده محدود می‌شود:

- بالا بودن هزینه و زمان توسعه داخلی در مقابل اکتساب خارجی

- عملی نبودن توسعه داخلی

اولین دلیل به این صورت است که ممکن است منافع راهبردی حاصل از فناوری، هزینه و زمان دستیابی به فناوری را از طریق توسعه آن در داخل شرکت توجیه نکند.

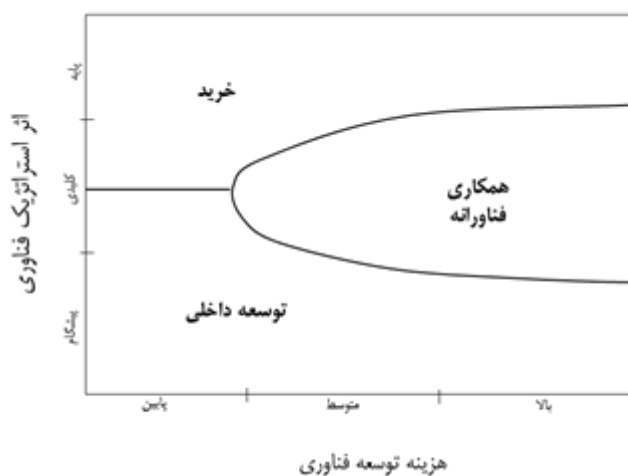
دومین دلیل، خرید فناوری از خارج شرکت، حالتی است که قابلیت توسعه فناوری در داخل شرکت وجود نداشته باشد. شرکت‌ها منابع محدودی در اختیار داشته و توسعه بعضی از فناوری‌ها برای آنها حتی اگر از نظر هزینه توجیه داشته باشد امکان‌پذیر نیست. در این شرایط شاید بهتر باشد که با مشارکت دیگران نسبت به توسعه فناوری و کاستن هزینه‌های مربوطه اقدام نمود و یا آن‌را از شرکتی که فناوری مورد نظر را قبلاً توسعه داده است خریداری نماید.

در مدل فلویید، از مقایسه اهمیت راهبردی فناوری با هزینه و زمان توسعه آن، سبک مناسب اکتساب فناوری انتخاب می‌گردد. در مورد فناوری پایه‌ای^۲ که هزینه کمی صرف توسعه آن می‌شود و اثر راهبردی پایینی دارد، خرید آن چه با روش حق امتیاز و چه از طریق خرید قطعات مورد نیاز انتخابی منطقی می‌باشد.^۳

^۱Floyd

^۲ Base Technology

^۳ در این حالت کسب حق امتیاز نوعی خرید محسوب می‌شود.



شکل ۱-۷: نمودار تصمیم‌گیری در مورد سبک اکتساب فناوری در مدل فلویید

در مورد توسعه فناوری‌های پیشگام^۱ در صورتی که با هزینه پایینی قابل انجام بوده و منافع راهبردی شرکت را در برگیرد، تهیه آن در داخل شرکت انتخابی منطقی است. در این حالت هزینه‌ها پایین و منافع حاصله بسیار زیاد است. از این گذشته توسعه فناوری در داخل شرکت به شما این اجازه را می‌دهد که از طریق ثبت حق مالکیت معنوی^۲ فعالیت‌های خود منافع بیشتری به دست آورید.

در نهایت، در فناوری‌های کلیدی^۳، اگر هزینه‌ی توسعه آن پایین باشد می‌توان از دو روش خرید و توسعه داخلی به توسعه فناوری پرداخت. اگر هم هزینه توسعه بالا باشد همکاری فناوری گزینه‌ی مناسب خواهد بود [۱].

۱-۳-۳- مدل فورد^۴

در سال ۱۹۹۸، دی فورد ماتریسی برای انتخاب روش دستیابی به فناوری پیشنهاد کرد. در این ماتریس پنج روش اکتساب فناوری و پنج معیار یا عامل مؤثر بر انتخاب روش مناسب اکتساب فناوری مطرح می‌شود.

¹ Pacing Technology

² patent

³ Key Technology

⁴ Ford

جدول ۱-۵: انتخاب روش دستیابی به فناوری بر اساس پنج معیار موثر

دوره عمر فناوری	اثر رقابتی فناوری	ضرورت تملک فناوری در درون سازمان	ضرورت دستیابی سریع به فناوری	توانایی نسبی بنگاه در فناوری	توسعه درون‌زا
پیدایش	حیاتی	بالاترین	کمترین	بالا	همکاری مشترک
ابتدای رشد	حیاتی یا پایه	↑	کم	↑	واگذاری بخشی از فعالیت‌ها به صورت پیمانکاری
ابتدای رشد	حیاتی یا پایه	↑	کم	↑	خرید حق امتیاز
بلوغ	حیاتی یا پایه	کمترین	بالا	پایین	خرید محصول فناوری ^۱
همه مراحل	خارجی	کاملاً غیر ضروری	بالاترین	پایین	

بر اساس این مدل:

- هر قدر توانایی نسبی یک بنگاه در یک فناوری کاهش یابد، ضرورت خرید از خارج افزایش می‌یابد. این موضوع می‌تواند

دلایل متعددی از جمله افزایش هزینه‌های تولید و یا خارج بودن فناوری از حیطه توانایی‌های اصلی بنگاه داشته باشد.

- با افزایش ضرورت دستیابی سریع به فناوری، گرایش تصمیم‌گیری به خرید فناوری افزایش می‌یابد که به دلیل زمان‌بر

بودن توسعه داخلی فناوری می‌باشد.

- با کاهش یافتن میزان ضرورت تملک فناوری در داخل بنگاه، توصیه به اکتساب فناوری با تأمین فناوری از خارج مطرح

می‌شود. در این راستا و در حالت عدم ضرورت تملک فناوری، خرید محصول نهایی فناوری روش مناسب‌تری خواهد

بود.

- با افزایش اثر رقابتی (راهبردی) فناوری، تصمیم‌گیری به سمت توسعه داخلی فناوری گرایش بیشتری می‌یابد. این

توصیه به جهت پرهیز از وابستگی به دهنده فناوری مطرح شده که معمولاً در جریان انتقال فناوری پیش می‌آید.

در رابطه با دوره عمر فناوری، هر قدر فناوری به مرحله بلوغ خود نزدیک‌تر می‌شود، روش انتقال فناوری لیسانس روش مناسب

اکتساب فناوری خواهد بود [۳].

۱-۳-۴- مدل تاید-بیسنت-پاویت^۲

¹ Purchase

² Tidd-Bessant-Pavitt

در این مدل سه سبک برای اکتساب فناوری مطرح می‌شود و در سبک همکاری نیز ۶ ساز و کار اکتساب عنوان می‌شود. چگونگی تعیین سبک اکتساب با توجه به دو معیار نوع فناوری و نوع بازار معین می‌شود.

نوع فناوری				
غیر مرتبط	مرتبط	اصلی		
	همکاری	توسعه داخلی	اصلی	بازار
			مرتبط	
خرید			غیر مرتبط	

شکل ۱-۸: ماتریس انتخاب سبک اکتساب فناوری

با انتخاب سبک همکاری فناورانه، هفت روش اکتساب فناوری مطرح می‌شود. انتخاب این روش‌ها با در نظر داشتن دوره همکاری و نیز کنار هم قرار دادن مزایا و معایب هر روش در مورد مطالعه به انجام می‌رسد [۴].

جدول ۱-۶: انواع روش‌های همکاری فناورانه در مدل تایید-بیست-پایوت

نوع همکاری	دوره همکاری	مزایا	معایب
قرارداد فرعی (برون‌سپاری) تأمین از بیرون ^۱	کوتاه مدت	کاهش هزینه و ریسک، کاهش زمان اولیه	هزینه‌های جستجو، کیفیت محصول و عملکرد
لیسانس کنرسیوم	ثابت میان‌مدت	اکتساب فناوری به اشتراک گذاشته شدن تخصص‌ها، استانداردها و سرمایه‌گذاری	هزینه و محدودیت‌های قرارداد نشت دانش، مشخص شدن تفاوت‌ها
اتحاد راهبردی ^۲	متغیر و منعطف	تعهد پایین، دسترسی به بازار	احتمال گیرافتادن، نشت دانش
سرمایه‌گذاری مشترک ایجاد شبکه	بلندمدت بلندمدت	دانش فنی مکمل، اعمال مدیریت یادگیری پویا و بالقوه	دوگانگی در راهبرد طرفین، تفاوت‌های فرهنگی ناکارآمدی‌های حضور ساکن در شبکه

۱-۳-۵- مدل گیلبرت^۳

گیلبرت با داشتن یک رویکرد سیستمی به انتقال فناوری می‌کوشد مدلی برای انتخاب روش مناسب انتقال فناوری ارائه کند. در این مدل چهار نوع سیستم انتقال فناوری مطرح می‌گردد.

¹ Subcontract/Supplier Relations
² Strategic Alliance
³ Gillbert

سیستم‌های عمومی^۱

در سیستم‌های عمومی، فناوری به عنوان یک موضوع تجاری و سودآور تلقی نمی‌شود و از این‌رو دارنده فناوری داوطلبانه آن را در اختیار دیگران قرار می‌دهد. در سیستم عمومی انتقال فناوری نیازی به توافق و قرارداد نمی‌باشد. روش‌های انتقال فناوری با سیستم عمومی عبارتند از:

- انتشار^۲: انتقال داوطلبانه اطلاعات فنی به بخش عمومی

- استخدام^۳

- آموزش و تحصیل^۴

- کپی آزاد^۵: کپی مجانی و آزاد از اسناد و مدارک فنی

- دوره‌های مطالعاتی^۶

سیستم‌های غیرفعال^۷

در این سیستم‌ها حالت یک‌طرفه حاکم بوده و گیرنده فناوری در موضع انفعالی قرار می‌گیرد. به همین جهت گیرنده فناوری مجبور است فناوری را تحت شرایط و مشخصات استاندارد و معمول بگیرد. این وضعیت زمانی مشاهده می‌شود که منبع فناوری از قدرت مذاکره و چانه‌زنی بالایی برخوردار بوده و هزینه‌های مذاکره و انتخاب روش مناسب انتقال فناوری نسبت به ارزش فناوری قابل توجه می‌باشند.

روش‌های انتقال فناوری با سیستم غیرفعال عبارتند از:

- خرید کالاگونه فناوری^۸

¹ Public Domain Systems
² Disclosure
³ Recruitment
⁴ Training & Education
⁵ Free Coping
⁶ Study Tours
⁷ Passive Systems
⁸ Commodity Purchase

- لیسانس استاندارد^۱

- فرانچیز^۲

سیستم‌های همکاری^۳

در این سیستم‌ها ارتباط و تعامل دوسویه و فعالی بین دو طرف وجود داشته و هر یک از دو طرف نقش مؤثر و تعیین‌کننده‌ای در انتقال فناوری ایفا می‌کنند. روش‌های انتقال فناوری با سیستم همکاری عبارتند از:

- خرید جامع‌تر فناوری^۴

- لیسانس تقویت‌شده^۵

- مشارکت سهامی^۶

- سرمایه‌گذاری مشترک^۷

- ادغام^۸

سیستم‌های ضد رقابتی^۹

در این سیستم بدون توجه به نظرات، انتظارات و درخواست‌های منبع فناوری انتقال فناوری صورت می‌گیرد. چنین سیستمی کارکرد بازار فناوری را تخریب نموده و چالش‌هایی را در ارتباط با مالکیت معنوی فناوری مطرح می‌سازد. روش‌های انتقال فناوری با سیستم ضد رقابتی عبارتند از:

- جذب کارکنان کلیدی^{۱۰}

- شبیه‌سازی (تقلید)^{۱۱}

¹ Standard Licensing

² Franchise

³ Cooperative Systems

⁴ Bundled Purchases

⁵ Enhanced License

⁶ Equity Investment

⁷ Joint Venture

⁸ Mergers

⁹ Anticompetitive Systems

¹⁰ Raiding key Staff

¹¹ Imitation

- اختلاس^۱

- جاسوسی ضد صنعتی^۲

مطابق این مدل، ابتدا سیستم مناسب انتقال فناوری تعیین شده و سپس یکی از روش‌های انتقال فناوری با سیستم انتخاب شده پیشنهاد می‌شود. این نظریه چگونگی انتخاب سیستم مناسب انتقال فناوری را به خوبی تعیین نموده است ولی در ارتباط با انتخاب روش جزئی‌تر داخل سیستم‌ها، راهکار مشخصی ارائه نکرده است. انتخاب سیستم و روش مناسب انتقال فناوری با استفاده از ماتریس زیر و مبتنی بر دو فاکتور اصلی صورت می‌گیرد: توان و تمایل گیرنده فناوری به برآوردن خواست‌های منبع فناوری و کنترل منبع فناوری بر استفاده از فناوری [۱].

۱-۳-۶- مقایسه مدل‌ها

هر یک از مدل‌های اکتساب فناوری بررسی شده در این قسمت دسته‌ای از روش‌های اکتساب فناوری را پیشنهاد کردند. جدول زیر به مقایسه سطح پوشش هر کدام از این مدل‌ها از منظر روش‌های پیشنهادی می‌پردازد.

برآوردن خواست‌های منبع فناوری در توان و تمایل گیرنده فناوری در پله	۳. سیستم‌های همکاری	۲. سیستم‌های غیرفعال
	<ul style="list-style-type: none"> - خرید جامع‌تر فناوری - لیسانس تقویت شده - مشارکت سهامی - سرمایه‌گذاری مشترک - تملک/ ادغام 	<ul style="list-style-type: none"> - خرید کالاگونه (سخت افزار، نرم افزار و خدمات دیگر) - لیسانس استاندارد - فرانچیز

¹ Misappropriation

² Industrial Espionage

	۴	۴. سیستم‌های ضدقاپتی	۱. سیستم‌های عمومی
		<ul style="list-style-type: none"> - جذب کارکنان کلیدی - شبیه‌سازی - اختلاس - جاسوسی صنعتی 	<ul style="list-style-type: none"> - انتشار - استخدام - آموزش و تحصیل - کپی آزاد - دوره مطالعاتی
		بله	خیر
کنترل منبع فناوری بر استفاده از فناوری خود			

شکل ۹-۱: ماتریس انتخاب سیستم انتقال فناوری و روش‌های متناظر با هر سیستم

جدول ۷-۱: مقایسه مدل‌های اکتساب فناوری از منظر روش‌های پیشنهادی

روش‌های اکتساب فناوری											مدل‌های اکتساب فناوری			
تحقیق و توسعه داخلی	تمک شرکتی	ادغام	سرمایه‌گذاری مشترک	اتحاد	تمک فردی	فزاداد تحقیق و توسعه	سرمایه‌گذاری در تحقیقات	مشارکت با سهام	لیسانس	کنسرسیوم		شبکه	خرید خدمات فنی مهندسی	برون سپاری
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

همچنین با در نظر داشتن ۱۱ ویژگی زیر به عنوان خصوصیات مطلوب برای یک مدل اکتساب فناوری، می‌توان مدل‌ها را از منظر جامعیت نیز با یکدیگر مقایسه نمود. جدول زیر نمایشگر وضعیت هر مدل از لحاظ برخورداری از این ویژگی‌ها است [۱].

جدول ۸-۱: مقایسه مدل‌های اکتساب فناوری از نظر جامعیت

مدل‌های اکتساب فناوری	ویژگی‌های مدل اکتساب										
	توجه به عامل زمان (پویایی)	توجه به ویژگی‌های فناوری	توجه به ویژگی‌ها و شرایط دهنده فناوری	توجه به ویژگی‌ها و شرایط گیرنده فناوری	جامعیت معیارهای مورد استفاده	جامعیت روش‌های اکتساب مورد استفاده	تمایز قائل شدن میان سبک اکتساب و روش اکتساب	وجود الگوریتم اجرایی مشخص برای تصمیم‌گیری	قابلیت ارائه برای استفاده در سطح بخشی و ملی	فراوانی استفاده در پروژه‌های داخل کشور	تناسب و تطابق با شرایط صنعت برق
کیزا											
فورد											
لینل											
گیلبرت											
Tidd-Bessant-Pavitt											

با توجه به این جدول مقایسه‌ای، مدل کیزا از بیشترین جامعیت نسبت به سایر مدل‌ها برخوردار است. با این وجود، انتخاب

مدل مناسب وابسته به مورد مطالعاتی و نیازهای اکتساب فناوری در آن موضوع است.

۲- معیارهای ارزیابی و اولویت بندی

موتورهای الکتریکی

۱-۲- مقدمه

پس از شناسایی انواع فناوری‌های موتورهای الکتریکی نیاز است که معیارهای کلیدی که در ترجیحات سیاست‌گذار جهت اولویت‌بندی این گزینه‌ها لحاظ می‌شود، پیشنهاد گردد. در این بخش معیارهای مهم در جهت یافتن موتور الکتریکی ارجح در مقایسه با سایر گزینه‌ها، ارائه می‌شود سپس نتایج حاصل از اولویت‌بندی موتورهای الکتریکی با توجه به معیارهای ارائه شده بیان می‌گردد. به طور کلی برای تعیین این معیارها می‌توان از چهار روش بیان شده در ذیل، استفاده نمود:

- روش راند رأیین^۱: اساس این روش بر پایه نظرات نخبگان و کارشناسان است، به گونه‌ای که درجه اولویت‌بندی نظرات از پایین به بالا است، به این معنی که ابتدا کارشناسان رده‌های پایین‌تر نظرات خود را بیان می‌کنند، سپس نظرات نخبگان و کارشناسان رده‌های بالا گرفته می‌شود و کلیه نظرات مورد نقد و بررسی قرار می‌گیرد.

- روش توفان فکری^۲: این روش همانند روش راند رأیین است با این تفاوت که نظرات کارشناسان بدون هیچ‌گونه اولویت‌بندی بیان می‌گردد و مورد نقد و بررسی قرار می‌گیرد.

- روش معکوس: در طول فرایند بررسی گزینه‌ها، تفاوت میان آنها شناخته شده و بر اساس این تفاوت‌ها معیارهایی جهت مقایسه بدست می‌آید.

- روش معیارهای از پیش تعیین شده: این روش بر مبنای استفاده از مطالعات قبلی که در این حوزه انجام گرفته است که معیارهایی را برای مقایسه موضوع مورد بررسی بدست آورده و استفاده کرده‌اند.

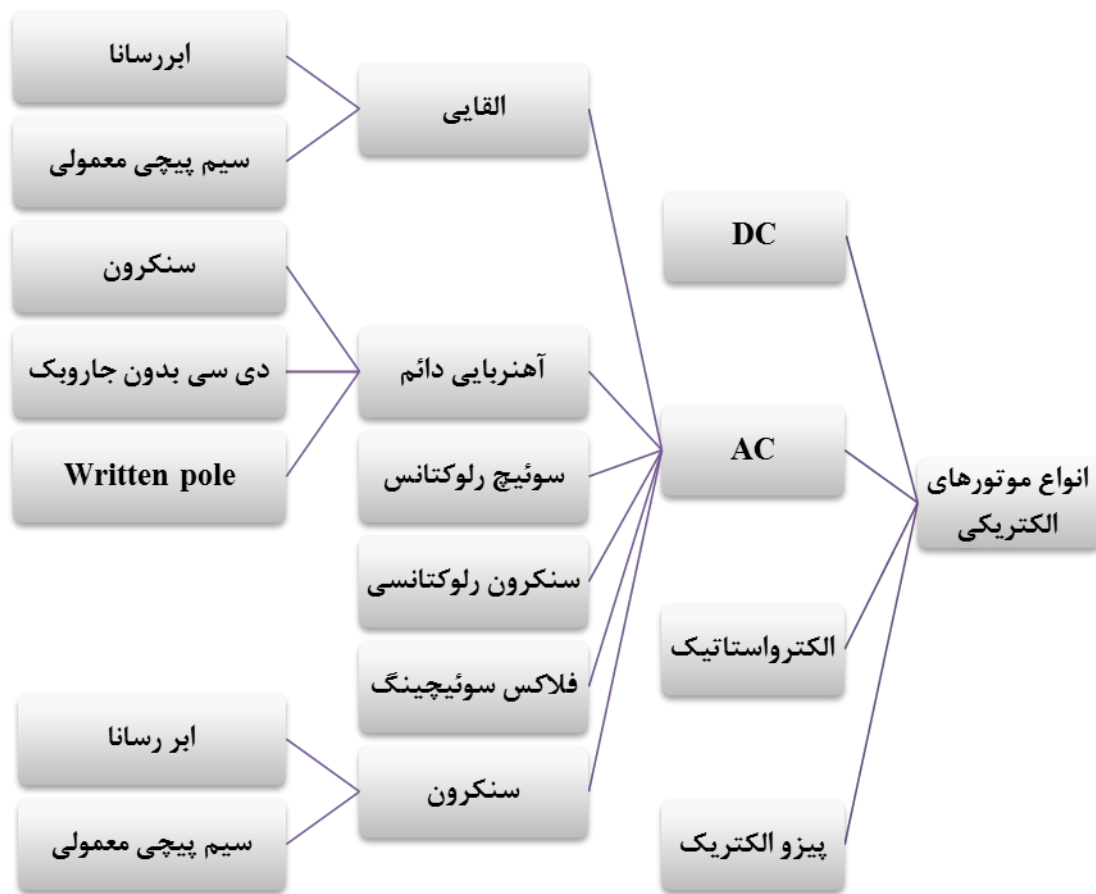
در این مطالعه برای بدست آوردن معیارها از سه روش توفان فکری، روش معکوس و روش معیارهای از پیش تعیین شده استفاده شده است. بدین صورت که ابتدا با استفاده از مطالعات تفصیلی و بررسی منافع و مضار هر یک از انواع موتورها و مصاحبه با کارشناسان متعدد، معیارهایی جهت مقایسه گزینه‌ها با یکدیگر پیشنهاد گردید. سپس با برگزاری سلسله جلسات گروهی با خبرگان، معیارهای مورد نظر تکمیل و ترفیع گردیدند.

۲-۲- معیارهای ارزیابی موتورهای الکتریکی

^۱Round Robin

^۲Brain Storming

در گزارش پیشین حوزه‌های مختلف فناوری موتورهای الکتریکی شامل انواع موتورهای الکتریکی، اجزای تشکیل‌دهنده آنها و کاربردهای مختلف آنها مورد بررسی قرار گرفت و درخت فناوری موتورهای الکتریکی ترسیم گردید که در این گزارش بر مبنای ۱۴ معیاری که با نظر کمیته راهبری تایید گردیده است ۱۳ موتور الکتریکی که در مطالعات درخت فناوری نهایی شده است و در شکل زیر نشان داده شده است اولویت بندی می‌شوند.



شکل ۲-۱: درخت فناوری موتورهای الکتریکی

همان‌طور که در شکل فوق مشاهده می‌شود ۱۳ موتور جهت اولویت‌بندی شناسایی شده است که در ادامه معیارهای اولویت-بندی معرفی خواهد شد.



شکل ۲-۲: معیارهای اولویت‌بندی موتورهای الکتریکی

- معیار سرمایه‌گذاری اولیه: یکی از معیارهای مهم برای سرمایه‌گذاران، میزان سرمایه اولیه لازم برای تولید موتورهای الکتریکی در یک رده توانی مشابه می‌باشد. نحوه تأمین مالی سرمایه‌ی اولیه در ابتدای شروع فعالیت، به عنوان دغدغه اصلی سرمایه‌گذاران مطرح است و لذا لازم است تا سیاست‌گذار این عامل بسیار مهم را به صورت جداگانه به عنوان معیاری در تصمیم‌گیری انتخاب تکنولوژی لحاظ گرداند.

- **معیار ایجاد بازار برای مواد خام:** برای تولید هر یک از موتورهای الکتریکی به مواد اولیه مختلفی نیاز است، لذا تولید موتورهای الکتریکی می‌تواند منجر به ایجاد بازاری (نیاز) برای مواد خام اولیه و در نتیجه ارزش افزوده برای آن گردد.
- **معیار اشتغال زایی:** توسعه موتورهای الکتریکی اثر مثبتی بر سطح اشتغال دارد؛ به این معنا که برای تولید موتورهای الکتریکی در یک رده توانی مشابه به طور مستقیم یا غیرمستقیم افرادی مشغول به کار می‌شوند.
- **حجم بازار جهانی:** برای سنجش میزان فرصت‌های کسب و کار جهت تأمین تقاضای داخل و خارج، می‌توان از معیار حجم بازار تکنولوژی در جهان و میزان رشد این بازار استفاده نمود. حجم بازار جهانی برابر با میزان حجم دلاری است که هر یک از موتورهای الکتریکی در آینده می‌تواند در بازار جهانی در اختیار بگیرد این معیار مشخص میکند که سرمایه‌گذاری روی کدام یک از انواع موتورها در آینده برای کشور سودآورتر خواهد بود.
- **نرخ رشد بازار:** میزان رشدی است که در یک بازه زمانی برای انواع موتورهای الکتریکی وجود می‌آید.
- **پتانسیل برای صادرات:** با توجه به کاربردهای مختلف موتورها و بازارهای بین‌المللی وسیع پیش روی آن‌ها پتانسیل هر یک از موتورها برای صادرات در آینده متفاوت است.
- **جلوگیری از خروج ارز:** توسعه و تولید هر یک از این فناوری‌ها می‌تواند از میزانی از خروج ارز از کشور جلوگیری نماید.
- **سهولت دسترسی به فناوری:** دستیابی به برخی فناوری‌ها گاه با پیچیدگی‌های مختلفی روبرو است؛ در معیار سهولت دسترسی به فناوری، فناوری‌های مختلف از منظر پیچیده نبودن دسترسی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. پتانسیل ساخت فناوری‌های موتورهای الکتریکی در کشور و سهولت تولید آن، از فاکتورهای مهم در اولویت بندی است.
- **سرریز دانشی:** منظور از سرریز دانشی، تأثیر استفاده از نتایج حاصل از دستیابی به فناوری موتورهای الکتریکی، بر رشد دیگر صنایع کشور است؛ به عنوان مثال با دستیابی به فناوری میکروتوربین‌ها، فناوری موتورها و ژنراتورهای الکتریکی پرسرعت نیز به دست می‌آید که این فناوری‌ها در حوزه‌های دیگری مانند صنایع نفت و گاز و غیره کاربرد زیادی دارند. در این حالت گفته می‌شود که سرریز دانشی به وجود آمده است.
- **گسترده‌گی کاربرد:** موتورهای الکتریکی کاربردهای فراوانی در صنعت، حمل و نقل و بخش خانگی دارد که با توجه به گسترده‌گی کاربرد انواع موتورها می‌توان موتوری که در کاربردهای بیشتری مورد استفاده قرار می‌گیرد انتخاب گردد.

- **مصرف انرژی (بازده):** با توجه به کمبود منابع انرژی در کشورها، یکی از معیارهای مهم میزان مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در یک رده توانی مشابه است.

- **دسترسی آسان به مواد اولیه:** یکی از پارامترهای مؤثر در ارزیابی هر یک از فناوری‌های موتورهای الکتریکی، دسترسی آسان به مواد اولیه برای تولید هر یک از این موتورها در داخل کشور است. قاعدتاً این معیار از آن جهت مهم است که سرمایه‌گذاری در موتور الکتریکی‌ای که میزان دسترسی به مواد اولیه آن در کشور آسان‌تر باشد در مقایسه با سایر گزینه‌ها در اولویت خواهد بود.

- **قابلیت اطمینان:** با توجه به این که موتورهای الکتریکی کاربردهای گسترده‌ای در صنایع مختلف دارند در معیار قابلیت اطمینان، میزان این که هر یک از موتورها به چه میزان خراب می‌شوند و به چه میزان می‌توان به آنها اطمینان داشت با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

- **هزینه‌های تعمیرات و نگهداری:** پس از توسعه هر یک موتورهای الکتریکی، هزینه‌های تعمیرات و نگهداری هر یک از آنها با یکدیگر متفاوت است که از این حیث می‌توان انواع موتورهای الکتریکی را با یکدیگر مورد مقایسه قرار داد.

۲-۳- اولویت بندی موتورهای الکتریکی بر اساس معیارهای ارزیابی

پس از مطالعه و بررسی انواع معیارهای مقایسه و انواع موتورهای الکتریکی در کشور، و با توجه به مرور ادبیات و متدولوژی تصمیم‌گیری چند معیاره بیان شده در فصول قبل، جهت اولویت‌بندی موتورهای الکتریکی مراحل زیر انجام می‌پذیرد:

• گام اول: تعیین خبرگان حوزه موتورهای الکتریکی جهت انجام وزن‌دهی به معیارهای مقایسه با پر کردن پرسشنامه و

با روش تحلیل سلسله مراتبی

• گام دوم: تعیین امتیاز و رتبه بندی موتورهای الکتریکی بر اساس هر یک از معیارهای اولویت بندی

• گام سوم: تلفیق اوزان معیارها و رتبه‌های موتورهای الکتریکی در هر معیار و بدست آمدن رتبه‌بندی نهایی

پس از معرفی تفصیلی هر یک از معیارهای مقایسه انواع موتورهای الکتریکی، در گام اول به تخصیص اوزان درخت معیارها بر

اساس پرسشنامه پرداخته می‌شود. پس از شناسایی خبرگان صنعت و دانشگاه در حوزه موتورهای الکتریکی پرسشنامه‌ای برای

حدود ۴۰ نفر ارسال گردید و ۱۱ نفر از متخصصین این حوزه پس از پاسخ به پرسشنامه به صورت کامل پرسشنامه را ارسال کردند که عبارتند از:

- ❖ دکتر واحدی (استاد دانشگاه علم و صنعت)
- ❖ مهندس اکبری (سازمان بهروری انرژی ایران)
- ❖ دکتر حلویایی (استاد دانشگاه کاشان)
- ❖ دکتر شاملو (استاد دانشگاه خواجه نصیر)
- ❖ مهندس طاهری پور (مدیرعامل شرکت توربو ژنراتور)
- ❖ مهندس امینی (مدیر گروه ماشین‌های الکتریکی پژوهشگاه نیرو)
- ❖ مهندس میرزاگل (مدیر تحقیقات شرکت الکتروژن)
- ❖ مهندس ارغوان (پژوهشگاه نیرو)
- ❖ دکتر میر سلیم (استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر)
- ❖ دکتر اورعی (عضو هیئت علمی دانشگاه شریف)
- ❖ مهندس علوی (شرکت پارس ژنراتور)

پس از مشخص شدن خبرگان جداول زوجی روش تحلیل سلسله مراتبی، مطابق درخت معیار تهیه شده است. همان‌طور که در بخش‌های قبلی نیز اشاره شد، اساس روش تحلیل سلسله مراتبی بر مبنای مقایسات زوجی قرار دارد. بنابراین پس از تشکیل درخت معیارها، معیارهای موجود در هر سطح نسبت به معیارهای هر ستون مورد مقایسه قرار می‌گیرند. این کار توسط خبرگان انجام می‌شود. بدین ترتیب، جداول مقایسه‌ای ایجاد می‌گردند. مقایسات زوجی و امتیازدهی مربوطه براساس جدول استاندارد شده توماس. ال. ساعتی در نرم‌افزار اکسپرت چویس انجام می‌گیرد. به پیوست ۱ فرم پرسشنامه که برای اخذ نظرات در اختیار خبرگان قرار گرفته است قرار دارد.

پس از اعمال نظرات خبرگان در نرم افزار، اوزان هر یک از معیارها بدست آمد که در شکل زیر به ترتیب اوزان هر یک از معیارها نشان داده شده است.

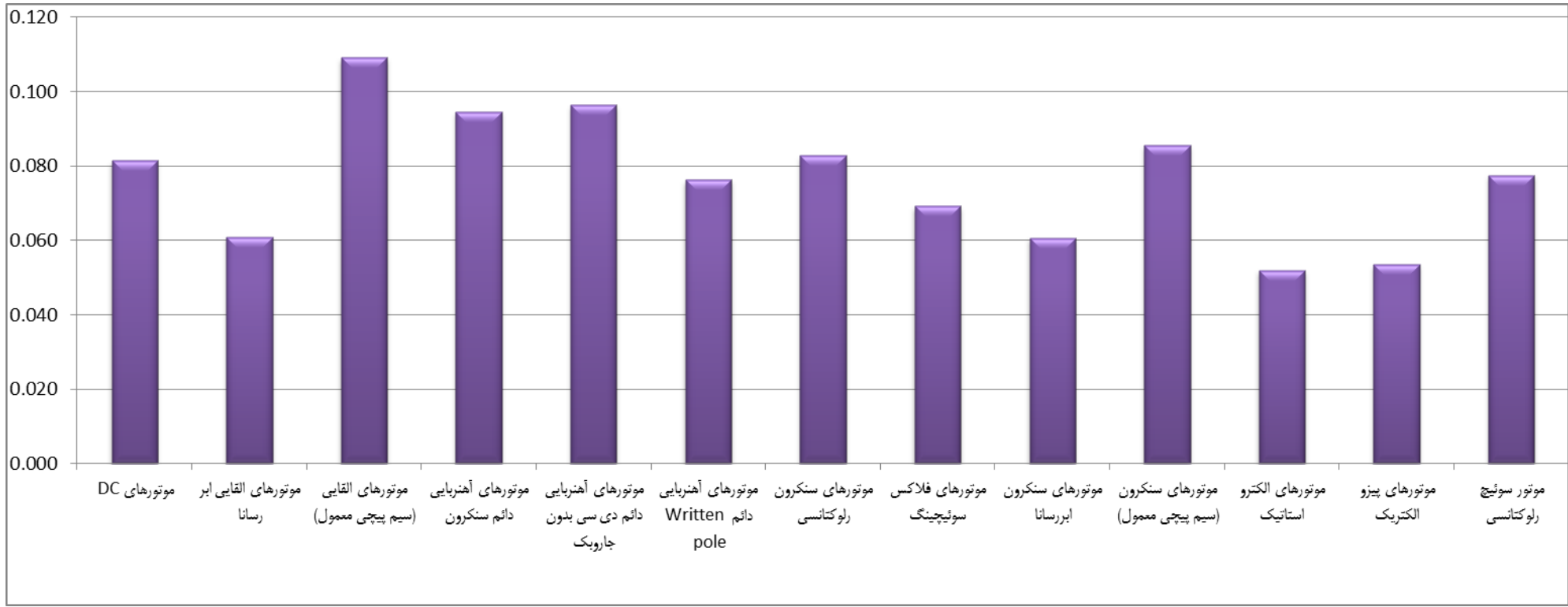


شکل ۲-۳: اوزان هر یک از معیارهای اولویت بندی موتورهای الکتریکی

همان طور که در شکل نیز مشاهده می‌شود چهار معیار گسترده‌گی کاربرد، مصرف انرژی (بازده)، جلوگیری از خروج ارز و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری نسبت به سایر معیارها از نظر خبرگان از اهمیت بیشتری برخوردارند.

در گام دوم و سوم با توجه به اوزان هر یک از معیارها که در گام اول بدست آمد رتبه‌بندی هر یک از موتورهای الکتریکی با توجه به نظرات خبرگان مشخص گردید که در شکل زیر نشان داده شده است. برای این منظور در پرسشنامه با توجه به هر یک از معیارها جدولی ترسیم گردید که در آن ۱۳ موتوری که در مطالعه درخت فناوری مورد بررسی قرار گرفته بودند با یکدیگر با توجه به آن معیار مورد مقایسه قرار گرفتند. سپس در گام نهایی با تلفیق اوزان هر یک از معیارها و رتبه‌بندی انواع موتورهای

الکتریکی بر اساس هر یک از ۱۴ معیار اولویت‌بندی، با استفاده از نرم افزار تحلیل سلسله مراتبی انواع موتورهای الکتریکی با توجه به تمامی معیارها رتبه‌بندی شده‌اند. همان طور که در شکل زیر نیز مشخص است موتورهای القایی با سیم پیچی معمولی در رتبه اول، موتورهای آهنربایی دائم دی‌سی بدون جاروبک و موتورهای آهنربایی دائم سنکرون با اختلافی ناچیز در رتبه های دوم و سوم و موتور سنکرون با سیم پیچی معمولی در رتبه چهارم قرار دارد.



شکل ۲-۴: اولویت بندی موتورهای الکتریکی با توجه به معیارهای ارزیابی

پس از اولویت‌بندی موتورهای الکتریکی بر اساس معیارهای پیش گفته و ارائه آن در کمیته راهبری مقرر گردید با توجه به اینکه موتورهای الکتریکی کاربردهای فراوان و گسترده‌ای در صنعت، لوازم خانگی و حمل‌ونقل دارند، برای اولویت‌بندی بین انواع فناوری‌های موتورهای الکتریکی کاربردهای آن‌ها را نیز در نظر گرفته و به صورت کاربرد محور اولویت بندی موتورهای الکتریکی صورت پذیرد. بدین منظور طرح‌های کلانی در انواع کاربردها احصا گردید که در گزارش تدوین طرح‌های کلان اجرایی به تفصیل بیان شده است و در ادامه سرفصل هر یک از این طرح‌ها ارائه خواهد شد:

❖ طرح جایگزینی الکتروموتورهای موجود کولرهای آبی با فناوری پر بازده

❖ جایگزینی الکتروموتورهای چاه‌های آب کشاورزی

❖ ارتقاء بازدهی الکتروموتورهای صنایع مختلف

❖ جایگزینی کمپرسورهای یخچال/فریز خانگی

❖ کسب دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای توان بالا

❖ کسب دانش فنی و تولید انواع موتورهای کشنده

هر یک از این طرح‌ها به صورت جداگانه مورد تجزیه و تحلیل فنی و اقتصادی قرار گرفت که در جدول زیر به صورت خلاصه دستاوردها و اهداف هر یک از این طرح بیان شده است.

جدول ۱-۲: مقایسه طرح‌های کلان اجرایی فناوری موتورهای الکتریکی

عنوان طرح	هدف طرح	فناوری‌های اولویت‌دار	میزان کاهش دیماند (MW)	کاهش سالانه انرژی الکتریکی (GWh)	صرفه‌جویی ریال (میلیارد ریال)	هزینه تغییر، ارتقا و ... (میلیارد ریال)	هزینه کسب دانش فنی (میلیارد ریال)
جایگزینی الکتروموتور کولرهای آبی	کاهش مصرف انرژی و دیماند الکتریکی در بخش خانگی	موتور القایی سه فاز	۱۷۰۰	۲۵۰۰	۲۲۰۰۰	۱۳۰۰۰	۲۰۰
		موتور آهنربای دائم	۳۰۰۰	۴۳۰۰	۳۷۰۰۰		
		رلوکتانسی	۱۶۰۰	۲۴۰۰	۲۲۰۰۰		
ارتقاء بازدهی الکتروموتورهای صنایع مختلف	کاهش مصرف انرژی و دیماند الکتریکی در بخش صنعت	فناوری الکتروموتورهای صنعتی با استانداردهای IE3 و IE2	۲۱۰	۴۴۰۰	۷۳۰۰	۷۰۰۰	۲۰۰
		به‌کارگیری سیستم‌های درایو و دور متغیر الکتروموتورهای صنعتی					
جایگزینی الکتروموتورهای چاه‌های آب کشاورزی	کاهش دیماند و انرژی الکتریکی در بخش کشاورزی	به‌کارگیری الکتروپمپ های شناور به جای الکتروموتورهای شفت و غلافی	۱۵۰۰	۴۰۰۰	۶۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰

عنوان طرح	هدف طرح	فناوری‌های اولویت‌دار	میزان کاهش دیماند (MW)	کاهش سالانه انرژی الکتریکی (GWh)	صرفه‌جویی ریال (میلیارد ریال)	هزینه تغییر، ارتقا و ... (میلیارد ریال)	هزینه کسب دانش فنی (میلیارد ریال)
جایگزینی کمپرسورهای یخچال/فریز خانگی	کاهش دیماند و انرژی الکتریکی	به‌کارگیری کمپرسورها با موتور آهن‌ربای دائم	۲۵۰	۶۰۰۰	۱۰۰۰۰	۴۹۰۰۰	۸۰۰
کسب دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای توان بالا	توسعه فناوری موتورهای الکتریکی توان - بالا در حوزه های مختلف صنایع، حمل و نقل ریلی و ناوگان دریایی	آهنرباهای دائم	-	-	-	-	۱۰۰
		تکنولوژی ابررسانا	-	-	-	-	۳۵۰
کسب دانش فنی و تولید انواع موتورهای کشنده	جلوگیری از ایجاد گلوگاه استراتژیک در آینده صنعت حمل و نقل، کاهش مصرف انرژی فسیلی و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای	القایی	-	-	-	-	۵۰
		PMSM	-	-	-	-	
		SR	-	-	-	-	

همان‌طور که از جدول بالا مشخص است، با توجه به اینکه موتورهای الکتریکی را می‌توان از منظر کاربرد در دو گروه کلی الکتروموتورهای با توان پایین و متوسط و الکتروموتورهای با توان بالا تقسیم‌بندی کرد، فناوری‌های اولویت‌دار در هر یک از این گروه‌ها عبارتند از:

اولویت کسب دانش فنی در حوزه کاربرد الکتروموتورهای با توان پایین و توان متوسط (کمتر از ۵۰۰ اسب بخار)، به این صورت گردید:

۱- موتورهای القایی

۲- موتورهای آهنربای دائم

۳- موتورهای رلوکتانسی

اولویت کسب دانش فنی در حوزه الکتروموتورهای با توان بالا (بیش از ۵۰۰ اسب بخار) به این صورت مشخص گردید:

۱- موتورهای القایی سه فاز

۲- موتورهای آهنربای دائم

۳- موتورهای ابررسانا (Super Conductor)

لذا با در نظر گرفتن اولویت‌بندی فناوری‌های موتورهای الکتریکی، بر اساس مجموعه‌ای از معیارها و تایید این اولویت‌بندی با روش اولویت‌بندی کاربرد محور، می‌توان به صورت کلی نتیجه گرفت اولویت‌های توسعه فناوری موتورهای الکتریکی در توان‌های پایین، متوسط و بالا به ترتیب موتورهای القایی، موتورهای آهنربایی دائم، موتورهای رلوکتانسی و موتورهای ابررسانا می‌باشد. لازم به ذکر است با توجه به نوظهور بودن فناوری موتورهای الکتریکی ابررسانا، این موتور در اولویت‌های پژوهشی قرار گرفته است. در شکل زیر روند اولویت‌بندی و خروجی‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲-۵: اولویت‌بندی موتورهای الکتریکی با توجه به معیارهای ارزیابی

حال با توجه به مشخص شدن موتورهای الکتریکی اولویت‌دار در فصل آتی، روش‌های اکتساب این فناوری‌های اولویت‌دار مشخص می‌شود.

۳- سبک اکتساب فناوری های اولویت دار

موتورهای الکتریکی

به منظور تصمیم‌گیری درباره نحوه اکتساب فناوری، به طور معمول معیارها و عواملی دخیل هستند که باید طی فرایند انتخاب روش مناسب اکتساب فناوری، مدنظر قرار گیرند. این معیارها و عوامل اغلب ناظر بر ویژگی‌های فناوری، دارنده فناوری، ویژگی‌ها و اهداف گیرنده فناوری، بازار و شرایط محیطی می‌باشند. از طرف دیگر به صورت کلی سه سبک برای توسعه فناوری و اکتساب آن وجود دارد که عبارتند از:

❖ توسعه داخلی (درون‌زا) فناوری

❖ توسعه مشارکتی فناوری (همکاری فناوری)

❖ خرید محصول فناوری

در این بخش سبک اکتساب هر یک از فناوری‌های اولویت‌دار که در بخش قبل مشخص گردید با توجه به مجموعه معیارهایی مورد بررسی قرار گرفته است.

۳-۲- تشریح مدل سبک اکتساب

امروزه یکی از مهم‌ترین تصمیمات راهبردی پیش روی محیط رقابت جهانی، موضوع اکتساب فناوری می‌باشد. اهمیت این که اکتساب فناوری، از چه روشی انجام گیرد، بسیاری از کشورهای در حال توسعه را بر آن داشته که انواع مختلف روش‌های اکتساب فناوری را مورد ارزیابی قرار داده و در پی انتخاب سودمندترین آنها (از جوانب مختلف) باشند. هر چقدر رویه مورد استفاده برای انتخاب روش اکتساب فناوری کارتر و عقلانی‌تر باشد، منجر به مزیت‌های بیشتری برای اکتساب‌کننده خواهد شد. به هر صورت انتخاب روش مناسب اکتساب فناوری پیش از هر چیز یک مساله تصمیم‌گیری است و به همین جهت تصمیم‌گیرنده با لحاظ مجموعه‌ای از معیارها و محدودیت‌ها اقدام به انتخاب روش مناسب می‌نماید. بنابراین هر مدلی برای انتخاب روش مناسب اکتساب فناوری می‌بایست جنبه‌های فوق را مورد توجه قرار دهد.

در این قسمت به تشریح مدل اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار موتورهای الکتریکی، پرداخته شده است. بدین منظور در بدو امر به شرح ویژگی‌های کلی مدل پرداخته و سپس مدل نهایی ارائه می‌گردد.

۳-۲-۱- اجزاء مدل اکتساب فناوری

در این قسمت به شرح یکایک اجزا و عناصر این مدل و نقش آن‌ها در مدل پرداخته می‌شود:

چرخه عمر فناوری (عام): پرسشی که در گام ابتدایی مدل انتخاب روش اکتساب فناوری، مطرح می‌شود، این است که فناوری در حالت عام، در چه مرحله‌ای از چرخه عمر خود قرار دارد. مطابق با پاسخ این پرسش، روش برخورد با فناوری تغییر می‌کند. در مدل ارائه شده فراخور وضعیت فناوری در چرخه عمر، سه حالت زیر به وجود می‌آید:

○ چنانچه معلوم شود فناوری در مرحله معرفی قرار دارد. "سبک خرید" حذف شده و تنها سبک "تحقیق و توسعه داخلی" و روش همکاری "تحقیق و توسعه مشترک" معنا پیدا می‌کنند. بدیهی است که دلیل این امر عدم امکان‌پذیری سبک خرید و برخی دیگر از روش‌های همکاری می‌باشد.

○ اگر فناوری مذکور در مراحل رشد و بلوغ باشد، تصمیم‌گیری منوط به پرسش از حجم بازار خواهد بود که در بند بعدی به آن خواهیم پرداخت.

○ سرانجام اگر فناوری در مرحله پیری و افول باشد، از آنجا که این به معنای معرفی فناوری رقیب در بازار است، پاسخ پرسش بعدی بدیهی می‌گردد به این صورت که چرخه عمر محصول نیز در حالت افول قرار می‌گیرد و در نتیجه سبک تحقیق و توسعه حذف می‌گردد، دلیل این کار نیز این است که چرخه عمر فناوری در حالت افول بوده، رقبا در حال خارج شدن از بازار و فروش فناوری هستند، از سوی دیگر عاقلانه نیست که بر روی یک فناوری از رده خارج، که در سطح بین‌المللی کنار نهاده شده است، تحقیق و توسعه انجام شود.

حجم بازار داخل: با توجه به مطالب فوق در حالت‌های مختلفی پرسش از حجم بازار داخل ضرورت پیدا می‌کند. حالت اول متعلق به زمانی بود که فناوری عام در مرحله افول از چرخه عمر خود قرار داشت، حالت‌های دوم و سوم نیز ناظر بر وضعیتی است که طی آن چرخه عمر محصول در بازار بین‌الملل، در مرحله رشد و بلوغ یا افول باشد. پاسخ به این پرسش دو خروجی را به وجود می‌آورد:

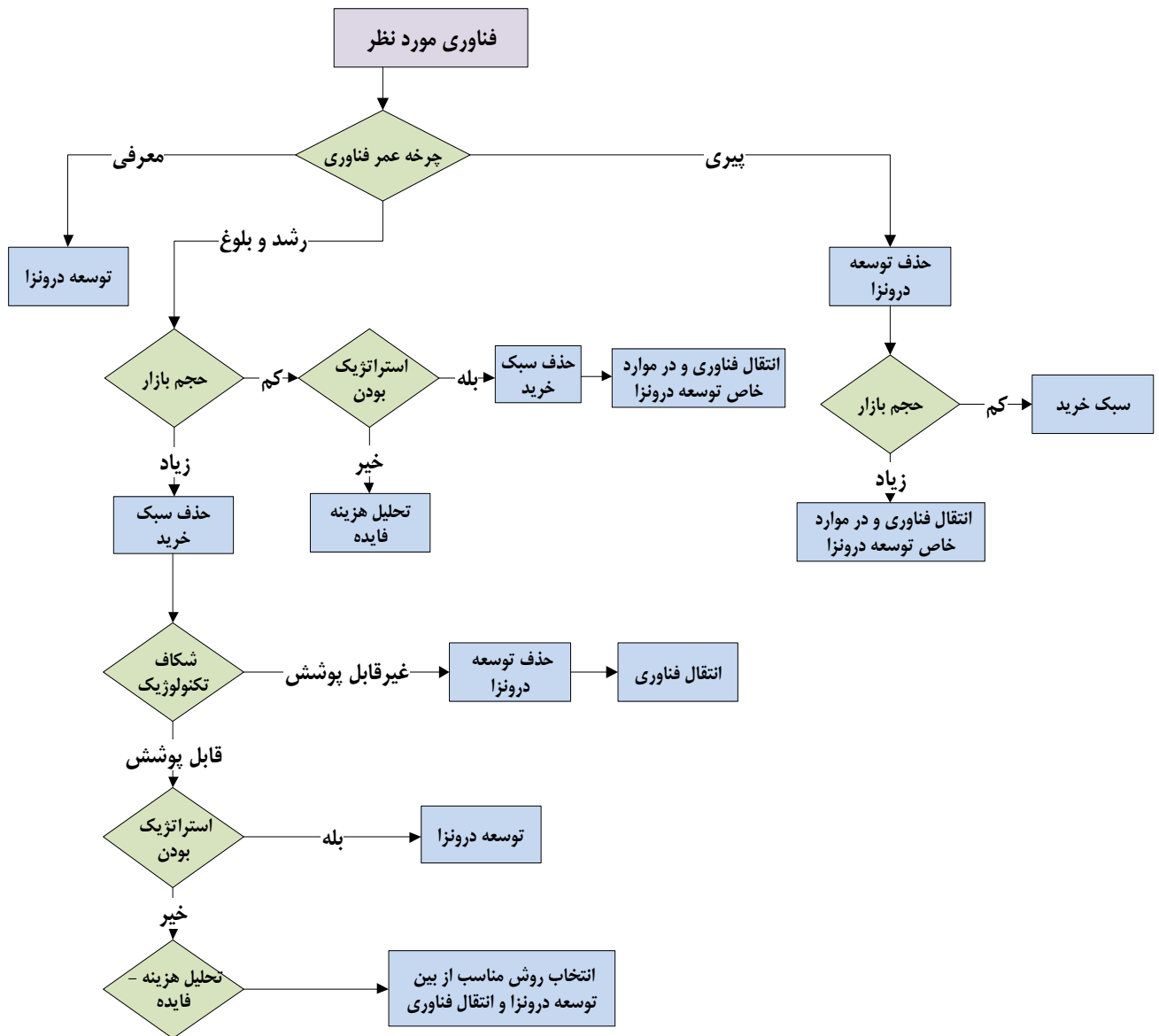
○ حالت اول حکایت از کم بودن حجم بازار داخل داشته و رقم پرداختی بابت خرید آن قابل توجه نمی‌باشد که در این صورت سبک خرید محصول فناوری پیشنهاد می‌شود.

○ حالت دوم ناظر بر با ارزش بودن بازار داخلی است که در این صورت به دلایلی چون بازار جذاب داخل، لزوم عدم خروج مقادیر بالای ارز از کشور، لزوم افزایش فرصت‌های شغلی در کشور، سبک خرید حذف شده و ادامه فلوچارت از دو حالت زیر خارج نیست:

- اولاً زمانی که در سطوح بالاتر مدل، سبک تحقیق و توسعه حذف شده باشد که طی آن روش‌های همکاری معنادار مدنظر قرار می‌گیرند و پرسش‌های بعدی بر مبنای آن مطرح می‌شوند.
- ثانیاً زمانی که در سطوح بالاتر مدل، سبک تحقیق و توسعه حذف نشده باشد، که در این صورت شکاف فناورانه مورد پرسش واقع می‌شود.

✚ شکاف فناورانه: هدف از طرح این معیار، بررسی امکان تحقیق و توسعه در مسیرهایی است که این سبک از میان روش‌های اکتساب حذف نشده باشد. در صورتی که شکاف فناورانه غیرقابل پوشش باشد، سبک تحقیق و توسعه حذف می‌گردد و چنانچه شکاف فناورانه قابل پوشش باشد، سبک تحقیق و توسعه در کنار روش‌های همکاری معنادار مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با توجه به موارد ذکر شده مدل سبک اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار در شکل زیر نشان داده شده است که به فراخور نیاز و با توجه به موضوع مورد بحث از برخی از قسمت‌های آن استفاده شده است.



شکل ۳-۱: مدل مفهومی اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار

۳-۳- ارزیابی معیارهای سبک اکتساب

به منظور اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار موتورهای الکتریکی معیارهایی از قبیل حجم بازار داخلی، میزان شکاف تکنولوژیکی، چرخه عمر فناوری و میزان استراتژیک بودن فناوری در این قسمت مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بدین منظور اولاً با توجه به پاسخ‌های پرسشنامه‌ای که برای اولویت‌بندی فناوری‌های اولویت‌دار برای خبرگان فرستاده شده و ثانياً با توجه به منابع علمی و

اطلاعات موجود در کشور میزان اهمیت هر یک از این معیارها برای فناوری‌های اولویت دار موتورهای الکتریکی مورد بررسی قرار گرفته است.

۳-۳-۱- معیار حجم بازار

برای سنجش میزان فرصت‌های کسب و کار جهت تأمین تقاضای داخل و خارج، می‌توان از معیار حجم بازار تکنولوژی در جهان و میزان رشد این بازار استفاده نمود. حجم بازار جهانی برابر با میزان حجم دلاری است که هر یک از موتورهای الکتریکی در آینده می‌تواند در بازار داخلی و خارجی در اختیار بگیرد. طبیعی است با در نظر گرفتن ثابت بودن سایر عوامل جهت توسعه فناوری‌ها می‌بایست حجم بازار آن‌ها در نظر گرفت؛ به این ترتیب که در صورت پایین بودن حجم بازار یکی از فناوری موتورهای الکتریکی، توسعه آن در کشور از جنبه اقتصادی توجیه پذیر نمی‌باشد و تنها در صورتی توسعه این فناوری صورت خواهد پذیرفت که در سایر جنبه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار باشد.

جهت محاسبه میزان حجم بازار موتورهای الکتریکی اولویت‌دار با استفاده از پرسشنامه اولویت‌بندی فناوری‌های موتورهای الکتریکی و براساس نظرات خبرگان این حوزه و همچنین تایید کمیته راهبری، میزان حجم بازار ریالی هر یک از این موتورها در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۳-۱: حجم بازار موتورهای الکتریکی اولویت‌دار

ASD	ابرسانا	رلوکتانسی	آهنربایی دائم با توان بالا	آهنربایی دائم با توان پایین	القایی با توان بالا	القایی با توان پایین	موتورهای الکتریکی اولویت‌دار
زیاد	کم	کم	کم	زیاد	زیاد	زیاد	حجم بازار

۳-۳-۲- معیار چرخه عمر فناوری

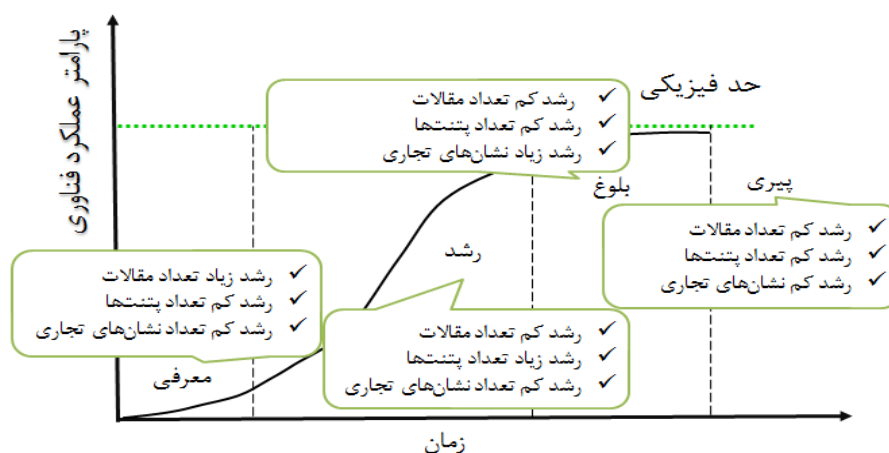
هر فناوری دارای عمری است که به صورت یک منحنی ترسیم می‌شود چرخه عمر فناوری به طور کلی میزان تقاضا برای یک فناوری در طول زمان را بیان می‌دارد. این نمودار دارای چهار بخش اصلی معرفی، رشد، بلوغ و افول است که در شکل نشان داده شده است.

هر فناوری، چرخه عمر خود را از مرحله معرفی که اولین ایده‌ها و مفاهیم در مورد آن مطرح می‌شود آغاز می‌کند. این مرحله عموماً در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی صورت می‌گیرد. در این مرحله بیشترین تعداد مقالات علمی در رابطه با آن موضوع منتشر می‌شود.

زمانی که فناوری مورد نظر قابلیت استفاده صنعتی و تجاری داشته باشد؛ مرحله رشد فناوری در مراکز تحقیق و توسعه صنعتی آغاز می‌شود. این مرحله تا زمانی که فناوری مورد نظر، به مرحله‌ای برسد که بتوان با استفاده از آن محصول و یا خدمات جدیدی را ارائه کرد ادامه می‌یابد. در این مرحله حجم مقالات به تدریج کاهش می‌یابد و تعداد پتنت‌های مرتبط با آن فناوری افزایش می‌یابد.

پس از مرحله رشد، فناوری وارد مرحله بلوغ می‌شود. در این مرحله سطح فناوری تغییر عمده‌ای نمی‌کند و تغییرات آن در حد بهینه سازی‌های محدودی خواهد بود که در خود صنعت صورت می‌گیرد. در این مرحله از عمر فناوری، مقالات و پتنت‌ها کاهش یافته و در عوض نشانه‌های تجاری و شرکت‌هایی که در رابطه با آن فناوری تاسیس می‌شوند، افزایش می‌یابد. با گذشت زمان و ورود فناوری‌های رقیب که قابلیت‌های جدیدی را ارائه می‌کنند، تقاضا برای فناوری قدیمی کمتر شده و مرحله افول آغاز می‌شود. رشد منفی مقالات، پتنت‌ها و نشان‌های تجاری از ویژگی‌های این دوره چرخه عمر فناوری است.

با توجه به توضیحات فوق، چرخه عمر این فناوری‌ها را می‌توان به شرح زیر در نظر گرفت:



شکل ۳-۲: منحنی S-Curve پیشرفت فناوری

در گزارش درخت فناوری موتورهای الکتریکی درباره چرخه عمر هر یک از الکتروموتورها به تفصیل توضیحاتی ارائه شده است. در جدول زیر به صورت خلاصه وضعیت چرخه عمر هر یک از فناوری‌های اولویت‌دار موتورهای الکتریکی نشان داده شده است.

جدول ۳-۲: چرخه عمر فناوری موتورهای الکتریکی اولویت‌دار

ASD	ابرسیانا	رلوکتانسی	آهنربایی دائم با توان بالا	آهنربایی دائم با توان پایین	القایی با توان بالا	القایی با توان پایین	موتورهای الکتریکی اولویت‌دار
رشد و بلوغ	معرفی	رشد و بلوغ	رشد و بلوغ	رشد و بلوغ	رشد و بلوغ	رشد و بلوغ	چرخه عمر

۳-۳-۳- شکاف تکنولوژیک

شکاف تکنولوژیک عبارت است از فاصله میان سطح توانمندی فناوریانه بالقوه کشور در افق زمانی مورد نظر و حداقل سطح توانمندی مطلوب، در ارتباط با فناوری منتخب. بر اساس اینکه این فاصله وجود داشته باشد شکاف قابلیت پوشش نخواهد داشت و در صورتی که فاصله وجود نداشته باشد، شکاف قابلیت پوشش دارد. با توجه به گزارش ظرفیت‌ها و زیرساخت‌های کشور در طول زنجیره ارزش صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی مربوط به فاز سوم این پروژه و همچنین با توجه به نظرات خبرگان فناوری موتورهای الکتریکی پتانسیل مناسبی در تمامی فناوری‌های موتورهای الکتریکی در کشور وجود دارد و شکاف دانشی موجود با دنیا با برنامه‌ریزی مدون قابل پوشش خواهد بود. در جدول زیر قابلیت پوشش و یا عدم قابلیت پوشش شکاف تکنولوژیک فناوری‌های اولویت‌دار موتورهای الکتریکی نشان داده شده است.

جدول ۳-۳: شکاف تکنولوژیک موتورهای الکتریکی اولویت‌دار

ASD	ابرسیانا	رلوکتانسی	آهنربایی دائم با توان بالا	آهنربایی دائم با توان پایین	القایی با توان بالا	القایی با توان پایین	موتورهای الکتریکی اولویت‌دار
قابل پوشش	قابل پوشش	قابل پوشش	قابل پوشش	قابل پوشش	قابل پوشش	قابل پوشش	شکاف تکنولوژیک

۳-۳-۴- استراتژیک بودن فناوری

بر حسب اهمیت فناوری برای کشور، فناوری‌ها را می‌توان به دو گروه ذیل تقسیم‌بندی نمود:

- فناوری‌های کلیدی یا استراتژیک^۱

- فناوری‌های متعارف یا معمولی

لفظ "فناوری کلیدی یا استراتژیک" به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که در تحقق اهداف استراتژیک نقش کلیدی ایفا نمایند. همچنین فناوری‌های متعارف یا معمولی عبارتند از فناوری‌هایی که تسلط بر آنها ارزش زیادی ندارد. در ادامه انواع فناوری‌های اولویت‌دار موتورهای الکتریکی از حیث میزان استراتژیک بودن در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۳-۴: میزان استراتژیک بودن فناوری موتورهای الکتریکی اولویت‌دار

موتورهای الکتریکی اولویت‌دار	القایی با توان پایین	القایی با توان بالا	آهنربایی دائم با توان پایین	آهنربایی دائم با توان بالا	رلوکتانسی	ابرسیانا	ASD
استراتژیک بودن فناوری	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر

۳-۴- نتیجه‌گیری و انتخاب روش مناسب اکتساب

با توجه به مدل اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار و اطلاعات بیان شده در قسمت قبل در ارتباط با چرخه عمر فناوری، حجم بازار، میزان استراتژیک بودن فناوری و شکاف تکنولوژیک؛ از بین روش‌های سه‌گانه اکتساب فناوری‌های اولویت‌دار (سبک خرید، توسعه درونزا و انتقال فناوری) در جدول زیر روش اکتساب فناوری منتخب برای هر یک از فناوری‌های موتور القایی با توان پایین و بالا، موتور آهنربایی دائم با توان پایین و بالا، موتورهای رلوکتانسی و موتورهای ابررسیانا بیان شده است.

جدول ۳-۵: سبک اکتساب مناسب هر یک از فناوری‌های موتورهای الکتریکی اولویت‌دار

انواع موتورهای الکتریکی اولویت‌دار	چرخه عمر فناوری	حجم بازار	شکاف تکنولوژیک	استراتژیک بودن	سبک اکتساب مناسب
القایی با توان پایین	رشد و بلوغ	زیاد	قابل پوشش	خیر	حذف سبک خرید و تحلیل هزینه فایده برای انتخاب بین روش‌های توسعه درونزا و انتقال فناوری

¹ Core/Strategic technologies

انواع موتورهای الکتریکی اولویت دار	چرخه عمر فناوری	حجم بازار	شکاف تکنولوژیک	استراتژیک بودن	سبک اکتساب مناسب
القایی با توان بالا	رشد و بلوغ	زیاد	قابل پوشش	خیر	حذف سبک خرید و تحلیل هزینه فایده برای انتخاب بین روش‌های توسعه درونزا و انتقال فناوری
آهنربایی دائم با توان پایین	رشد و بلوغ	زیاد	قابل پوشش	خیر	حذف سبک خرید و تحلیل هزینه فایده برای انتخاب بین روش‌های توسعه درونزا و انتقال فناوری
آهنربایی دائم با توان بالا	رشد و بلوغ	کم	قابل پوشش	خیر	تحلیل هزینه - فایده
رلکتانسی	رشد و بلوغ	کم	قابل پوشش	خیر	تحلیل هزینه - فایده
ابرسیانا	معرفی	کم	قابل پوشش	خیر	تحقیق و توسعه درونزا
ASD	رشد و بلوغ	زیاد	قابل پوشش	خیر	حذف سبک خرید و تحلیل هزینه فایده برای انتخاب بین روش‌های توسعه درونزا و انتقال فناوری

همان‌طور که از جدول بالا مشخص است موتورهای القایی با توان پایین و بالا، موتور آهنربایی دائم با توان پایین و درایو عمدتاً به دلیل حجم بازار فراوانی که دارند، سبک خرید فناوری از آن‌ها حذف گردیده است و دو روش تحقیق و توسعه درونزا و انتقال فناوری باقی مانده است که با توجه تحلیل هزینه - فایده هر یک از این فناوری‌ها روش منتخب در هر یک انتخاب می‌شود. در زمینه موتورهای ابررسیانا با توجه به این که چرخه عمر این فناوری‌ها در دنیا در دوره معرفی قرار دارد، بنابراین سبک اکتساب مناسب در این فناوری تحقیق و توسعه درونزا با رویکرد دستیابی به دانش فنی این نوع موتورها و حرکت در مرزهای دانش این فناوری است. در خصوص موتورهای رلکتانسی و آهنربایی دائم با توان بالا نیز با توجه به اینکه حجم بازار این نوع موتورها بسیار اندک می‌باشد، بنابراین در این مرحله در مورد روش اکتساب این فناوری‌ها نمی‌توان به طور قطع نظر داد و می‌بایست با انجام تحلیل هزینه - فایده بهترین روش برای اکتساب فناوری این دو موتور را از بین روش‌های خرید، انتقال فناوری و تحقیق و توسعه درونزا انتخاب نمود. در ادامه سبک اکتساب هر یک از این فناوری‌ها به صورت مجزا با توجه به تحلیل هزینه - فایده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

الف) موتور القایی

موتورهای القائی با استانداردهای IE2 و IE3 با توجه به اینکه چرخه عمر تکنولوژی این موتورها در دنیا به حد بلوغ رسیده و امکان انتقال فناوری در این نوع موتورها وجود دارد و همچنین در کوتاه مدت و میان مدت نیاز فوری کشور می‌باشد، سبک اکتساب مناسب در کسب دانش فنی این موتورها انتقال فناوری می‌باشد. در خصوص موتورهای با استاندارد IE4 اولاً با توجه به اینکه این نوع استاندارد در دنیا اجباری نیست و ثانیاً به صورت صنعتی و تجاری مورد استفاده قرار نگرفته است، سبک اکتساب مناسب این فناوری تحقیق و توسعه داخلی است. در خصوص الکترومپ‌های شناور با موتور القایی با راندمان بهبود یافته با توجه به اینکه این فناوری به صورت اختصاصی در هند وجود دارد و امکان خرید و انتقال فناوری آن نیز وجود ندارد بنابراین سبک مناسب اکتساب این فناوری تحقیق و توسعه درونزا می‌باشد. در زمینه موتورهای القایی کشنده با توجه به اینکه هزینه انتقال دانش آن بسیار بالا می‌باشد، توسعه درونزا در این نوع موتورها سبک مناسب اکتساب پیشنهاد شده است.

ب) موتور آهنربایی دائم با توان پایین

نمونه موتورهای آهنربایی دائم با توان پایین در کشور کره موجود است و امکان انتقال فناوری این موتورها در کشور وجود دارد. در زمینه الکترومپ‌های شناور با موتور مغناطیس دائم با توجه به این که این فناوری به صورت اختصاصی در هند وجود دارد و امکان خرید و انتقال فناوری آن نیز وجود ندارد، بنابراین سبک مناسب اکتساب این فناوری تحقیق و توسعه درونزا می‌باشد. کمپرسور با موتور مغناطیس دائم در شرکت‌های معتبر دنیا به صورت تجاری در حال تولید می‌باشد و امکان انتقال دانش این نوع موتور وجود دارد و از طرفی نیز کشور در کوتاه مدت نیاز فوری به این نوع موتور دارد، سبک مناسب اکتساب انتقال فناوری پیشنهاد می‌گردد. موتورهای مغناطیس دائم با توان بالا برای استفاده در صنعت، با توجه تک نمونه‌ساز بودن این موتورها و عدم نیاز به خط تولید و از طرفی عدم نیاز فوری کشور در میان مدت به این موتورها، سبک مناسب اکتساب آهنربایی دائم با توان بالا تحقیق و توسعه درونزا پیشنهاد می‌گردد. در زمینه موتورهای آهنربایی دائم کشنده برای کاربردهای حمل و نقل نیز همانند نمونه موتورهای القائی کشنده با توجه به هزینه انتقال دانش بسیار بالا این موتور، توسعه درونزا در این نوع موتورها سبک مناسب اکتساب پیشنهاد شده است.

ج) موتور رلوکتانسی

با توجه به این که موتورهای رلوکتانسی در دنیا به صورت تجاری تولید نمی‌شود و کشور نیز در کوتاه مدت به این موتورهای نیاز فوری ندارد و در بلند مدت نیاز به این موتور احساس خواهد شد، سبک اکتساب مناسب این فناوری تحقیق و توسعه درونزا پیشنهاد شده است.

د) ASD

با توجه به این که درایوهای توان پایین و متوسط مورد نیاز صنعت در کوتاه مدت نیاز فوری صنعت می‌باشد و همچنین نمونه‌های تجاری آن در دنیا وجود دارد، سبک مناسب اکتساب آن‌ها انتقال فناوری پیشنهاد می‌گردد. در زمینه درایوهای توان بالا با توجه به این که این نوع درایو به صورت تک نمونه است و هزینه انتقال فناوری آن بسیار بالاست در میان مدت سبک اکتساب مناسب این فناوری تحقیق و توسعه درونزا پیشنهاد شده است.

با توجه به مطالب فوق راهبردهای توسعه فناوری موتورهای الکتریکی عبارتند از:

۱- توسعه فناوری الکتروموتورهای القایی سه فاز و رلوکتانسی با توان پایین در کاربردهای خانگی با رویکرد تحقیق و

توسعه داخلی

۲- توسعه فناوری موتورهای آهنربایی دائم با توان پایین در کاربردهای خانگی با بهره‌گیری از روش‌های همکاری

فناورانه

۳- توسعه فناوری الکتروموتورهای صنعتی با استانداردهای IE2 و IE3 با بهره‌گیری از روش‌های همکاری فناورانه

۴- توسعه فناوری الکتروموتورهای صنعتی با استانداردهای IE4 با رویکرد تحقیق و توسعه داخلی

۵- توسعه فناوری درایوهای (ASD) توان پایین و متوسط با بهره‌گیری از روش‌های همکاری فناورانه

۶- توسعه فناوری درایوهای (ASD) توان بالا با رویکرد تحقیق و توسعه داخلی

۷- توسعه فناوری الکتروموتورهای شناور با موتور القایی با بازده انرژی بهبود یافته، موتور آهنربایی دائم و موتور رلوکتانسی

مبتنی بر تحقیق و توسعه داخلی

۸- توسعه کمپرسور یخچال/فریزر خانگی با موتور آهنربایی دائم BLDC، کمپرسور خطی و کمپرسور با موتور الکتریکی

رلوکتانسی در کاربردهای خانگی مبتنی بر تحقیق و توسعه داخلی

۹- توسعه فناوری موتورهای الکتریکی آهنرباهای دائم توان بالا و موتورهای الکتریکی ابررسانا با توان بالا با رویکرد

تحقیق و توسعه داخلی

۱۰- توسعه فناوری موتورهای الکتریکی کشنده القایی، آهنربای دائم و رلوکتانسی مبتنی بر تحقیق و توسعه داخلی

نتیجه‌گیری

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که کشورهای مختلف دنیا برای توسعه فناوری انواع موتورهای الکتریکی اولویت‌بندی انجام داده و بر اساس آن منابع خود را در جهت تحقیق و توسعه کاربرد موتورهای الکتریکی تخصیص داده‌اند. برای اولویت‌بندی فناوری‌های موتورهای الکتریکی ابتدا معیارهای اولویت‌بندی مشخص شد و سپس خود این معیارها وزن‌دهی شدند و بر اساس آن، اولویت‌بندی فناوری‌ها صورت گرفت.

به دست آوردن این معیارهای اولویت‌بندی ابتدا با استفاده از مطالعات تفصیلی و بررسی منافع و مضار هر یک از انواع موتورهای الکتریکی و مصاحبه با کارشناسان متعدد، معیارهایی جهت مقایسه گزینه‌ها با یکدیگر پیشنهاد گردید و سپس با برگزاری سلسله جلسات گروهی با خبرگان، معیارهای مورد نظر تکمیل و ترفیع گردیدند. پس از اولویت‌بندی موتورهای الکتریکی بر اساس معیارهای تعیین شده و ارائه آن در کمیته راهبری؛ مقرر گردید با توجه به این که موتورهای الکتریکی کاربردهای فراوان و گسترده‌ای در صنعت، لوازم خانگی و حمل‌ونقل دارند، برای اولویت‌بندی بین انواع فناوری‌های موتورهای الکتریکی، کاربردهای آنها را نیز در نظر گرفته و به صورت کاربرد محور اولویت‌بندی موتورهای الکتریکی صورت پذیرد که در گزارشات مرحله پنجم پروژه آورده خواهد شد.

در ادامه برای انتخاب نحوه اکتساب فناوری‌های موتورهای الکتریکی (یکی از روش‌های توسعه داخلی فناوری، توسعه مشارکتی فناوری و یا خرید محصول فناوری) مجموعه‌ای از معیارهای موثر در نحوه اکتساب فناوری (مانند چرخه عمر، راهبردی بودن فناوری و غیره) مورد بررسی قرار گرفته و برای هر یک از فناوری‌های اولویت‌بندی شده، روش اکتساب مشخص شد.

مراجع

[۱] روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور ۱۳۹۱.

[2] Chiesa, V., 2001. R & D strategy and organisation: managing technical change in dynamic contexts. Imperial College Pr.

[3] Ford, D., 1988. Develop your technology strategy. Long Range Planning 21, 85-95.

[4] Tidd, J., Bessant, J.R., 2009. Managing innovation: integrating technological, market and organizational change. Wiley Chichester.

فهرست عناوین

۱- ادبیات ارزیابی نظام نوآوری فناورانه	۲
۱-۱- مقدمه	۳
۲-۱- مرور ادبیات سیاست نوآوری	۳
۱-۲-۱- مفهوم گذار فناورانه	۹
۲-۲-۱- مکانیزم‌های تکاملی گذار	۱۰
۱-۲-۲-۱- مراحل تکاملی گذار	۱۱
۲-۲-۲-۱- راهبری فرایندهای گذار	۱۳
۳-۲-۱- رویکردهای تحلیلی نوآوری	۱۶
۱-۳-۲-۱- رویکردهای سیستمی نوآوری	۱۹
۴-۲-۱- نظام‌های نوآوری	۲۴
۱-۴-۲-۱- نظام‌های فناورانه نوآوری	۲۷
۲-۴-۲-۱- شناخت کارکردی نظام نوآوری	۳۰
۳-۱- ارائه‌ی سیاست‌هایی سیستمی برای مشکلات سیستمی شناسایی شده	۴۰
۱-۳-۱- ارائه‌ی اهداف ابزارهای سیستمی و ابزارهای سیستمی متناسب با مشکلات سیستمی	۴۰
۲- چالش‌های توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی در قالب کارکردهای نظام نوآوری و سیاست‌های رفع آن	۵۵
۱-۲- مقدمه	۵۶
۲-۲- چالش‌های توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی	۵۶
۱-۲-۲- مهندس یکتا مقدم	۵۷
۲-۲-۲- دکتر واحدی	۶۰
۳-۲-۲- دکتر اورعی	۶۲

- ۶۴ مهندس ناصری ۴-۲-۲
- ۶۷ مهندس صاحب زمانی ۵-۲-۲
- ۶۸ مهندس فرزانه ۶-۲-۲
- ۷۰ مهندس اجلی ۷-۲-۲
- ۷۳ مهندس میرزاگل ۸-۲-۲
- ۷۵ مهندس طاهری پور ۹-۲-۲
- ۸۲ سیاست‌های رفع چالش‌های توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی ۳-۲-۳
- ۸۲ سیاست‌های رفع چالش‌های کارکرد توسعه و انتشار دانش ۱-۳-۲
- ۸۵ سیاست‌های رفع چالش‌های کارکرد کارآفرینی ۲-۳-۲
- ۸۷ سیاست‌های رفع چالش‌های کارکرد شکل‌دهی به بازار ۳-۳-۲
- ۸۸ سیاست‌های رفع چالش‌های کارکرد جهت‌دهی به سیستم ۴-۳-۲
- ۸۸ سیاست‌های رفع چالش‌های کارکرد مشروعیت بخشی ۵-۳-۲
- ۸۹ سیاست‌های رفع چالش‌های کارکرد بسیج منابع ۶-۳-۲

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: توسعه سیاست‌گذاری نوآوری ۵
- شکل ۲-۱: روابط میان سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری ۸
- شکل ۳-۱: پویایی‌های کوتاه مدت و بلندمدت در فرایند گذار ۱۲
- شکل ۴-۱: مراحل تکاملی گذار ۱۲

فهرست جداول

- جدول ۱-۱: مقایسه مکاتب توسعه اقتصادی ۱۷
- جدول ۲-۱: دسته‌بندی نوآوری از ابعاد مختلف ۱۸
- جدول ۳-۱: فرایندهای نوآوری ۱۸
- جدول ۴-۱: مقایسه مدل‌های کلان فرایند نوآوری ۱۹
- جدول ۵-۱: مقایسه ویژگیهای رویکردهای سیستمی نوآوری ۲۳
- جدول ۶-۱: چهار دیدگاه مختلف در تحلیل‌های اقتصادی ۲۵
- جدول ۷-۱: مقایسه رویکردهای نظام‌های نوآوری ۲۶
- جدول ۸-۱: فهرست کارکردهای ارائه شده توسط محققان مختلف در طول زمان ۳۱
- جدول ۹-۱: کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آنها ۳۲
- جدول ۱۰-۱: اهداف ابزارهای سیستمی متناسب با مشکلات سیستمی ارائه شده ۴۰
- جدول ۱۱-۱: ابزارهای سیاستی انفرادی بالقوه برای رسیدن به اهداف ابزارهای سیستمی ۴۱
- جدول ۱۲-۱: ارائه پیشنهادی سیاستی و ابزارهای سیستمی برای مشکلات سیستمی شناسایی شده به تفکیک هر کارکرد ۴۲
- جدول ۱-۲: تقسیم‌بندی وظایف مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی ۹۴
- جدول ۲-۲: هزینه و زمان مورد نیاز تاسیس آزمایشگاه برای توان ۵ مگاوات ۹۹
- جدول ۳-۲: هزینه و زمان مورد نیاز آزمایشگاه الکتروموتورهای در بازه توانی ۷۵ تا ۳۷۵ کیلووات ۱۰۰

مقدمه

برای برنامه‌ریزی صحیح و مبتنی بر نیازهای کشور در بحث توسعه فناوری‌های موتورهای الکتریکی نیاز است که ابتدا چالش‌های پیشرو در مسیر توسعه این فناوری‌ها شناسایی گردند و برای هر یک از این چالش‌ها سیاست‌ها و اقدامات مناسب رفع آنها تدوین گردد.

در این گزارش که به بررسی این مساله در افق ۱۰ ساله توسعه فناوری‌های موتورهای الکتریکی پرداخته شده است و شامل دو فصل می‌باشد؛ در فصل اول، روش‌ها و رویکردهای مختلف تحلیل نظام نوآوری فناوری‌ها تبیین و معرفی گردیده و در نهایت مدل، کارکردها و شاخص‌های مناسب برای بررسی چالش‌های توسعه صنعت و فناوری‌های موتورهای الکتریکی در کشور انتخاب گردیده است. در فصل دوم بر اساس کارکردها و شاخص‌های مدل انتخاب با ۹ نفر از خبرگان صنعت موتورهای الکتریکی که سالیان متمادی در این صنعت مشغول به فعالیت بودند مصاحبه گردید و چالش‌های توسعه این فناوری‌ها بررسی شدند. همچنین در این مصاحبه‌ها در رابطه با سیاست‌ها و اقدامات مناسب برای رفع این چالش‌ها نیز صحبت گردید که مشروح آن در این گزارش آورده شده است.

جمع‌بندی نظرات خبرگان نشان می‌دهد که چالش‌های توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی به دو دسته قابل تقسیم است؛ دسته اول چالش‌هایی که مربوط به تمامی صنعت‌های موجود در کشور و از جمله صنعت موتورهای الکتریکی است و دسته دوم چالش‌هایی است که خاص صنعت موتورهای الکتریکی است. سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی در این گزارش که در سند نهایی توسعه فناوری‌های موتورهای الکتریکی نیز آورده شده است، عمدتاً بر دسته دوم چالش‌های توسعه تمرکز دارد.

۱- ادبیات ارزیابی نظام نوآوری فناورانه

۱-۱- مقدمه

جهت‌گیری‌های پشتیبان مشتمل بر کلیه اهداف، راه‌کارها، و سیاست‌هایی هستند که به‌منظور محقق نمودن چشم‌انداز و در راستای جهت‌گیری‌های کلان طراحی می‌شوند. در حقیقت این جهت‌گیری‌ها را می‌توان راه‌های میانی و خرد برای دستیابی به اهداف توسعه فناوری دانست. در ادامه تلاش می‌شود تا روشی برای طراحی اجزای جهت‌گیری‌های پشتیبان ارائه شود. اما قبل از آن نیاز است تا مرور ادبیاتی بر روش‌هایی که می‌تواند در طراحی این اجزا مورد استفاده واقع شود، صورت پذیرد. در جهت‌گیری‌های پشتیبان، به‌دلیل معین بودن چارچوب کلی فرایند توسعه (اهداف کلان و راهبردها) از مرحله قبل، بستر-سازی برای عبور موفق از این مسیر موضوع محوری می‌باشد. با توجه به موضوع مورد مطالعه که فناوری‌های راهبردی است، "نوآوری" و فراهم آوردن شرایط "ایجاد، گسترش و به‌کارگرفتن آن"، به‌عنوان اساسی‌ترین بستر ساز در مسیر توسعه فناوری قلمداد می‌شود. بر این اساس، آنچه که قرار است در جهت‌گیری‌های پشتیبان یک سند ملی دنبال شود، مهیا کردن بستری برای خلق، انتشار و بهره‌برداری از نوآوری، به‌منظور محقق نمودن جهت‌گیری‌های کلان اتخاذ شده در مسیر توسعه یک فناوری راهبردی.

بر طبق ماموریتی که در جهت‌گیری‌های پشتیبان دنبال می‌گردد، سیاست نوآوری یکی از نزدیک‌ترین و متناسب‌ترین حوزه ادبیاتی است که مرور آن به شناخت چگونگی ایجاد بسترهای نوآوری محور کمک نماید. همانند بخش جهت‌گیری‌های کلان، طیف گسترده‌ای از روش‌ها و رویکردها را می‌توان در قالب مرور ادبیات این بخش مورد مطالعه قرار داد. پس از ارائه مرور ادبیاتی از سیاست نوآوری و بررسی روش‌ها و رویکردهای مورد استفاده در آن، روش پیشنهادی برای تدوین اهداف خرد، راه-کارها، و سیاست‌های پشتیبان در جهت‌گیری‌های پشتیبان ارائه می‌شود.

۱-۲- مرور ادبیات سیاست نوآوری

دولت‌ها به منظور تسهیل در ایجاد نوآوری به انجام اقداماتی مبادرت می‌ورزند. مجموعه‌ی این اقدامات که از جانب بخش عمومی^۱ صورت می‌پذیرد و بر نوآوری اثرگذار است را سیاست‌گذاری نوآوری می‌نامند. از دهه‌ی ۷۰ میلادی که عبارت

^۱ Public Sector

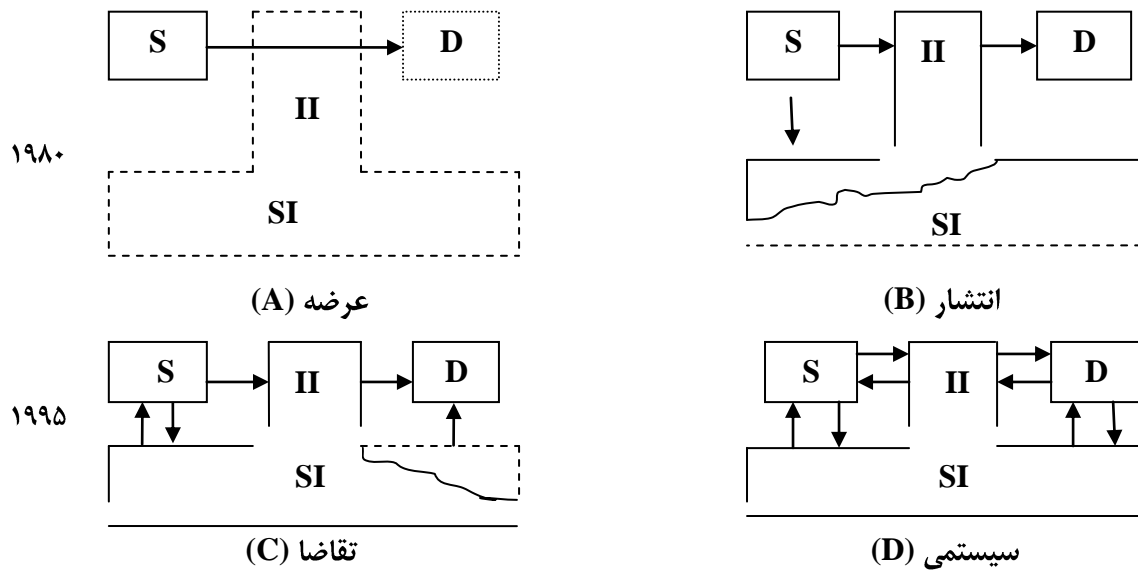
«سیاست‌گذاری نوآوری» برای اولین بار در بر سر زبان‌ها افتاد تاکنون، کاربردهای این مفهوم دچار تغییرات گوناگونی شده است.

در مطالعه‌ی روند تکامل سیاست‌گذاری نوآوری دیده می‌شود که این فرایند، تغییر در نگاه‌های موجود در نظریه‌ی نوآوری و اقدام به نوآوری را نیز بازتاب می‌دهد. بنابراین، چیزی به‌عنوان توسعه‌ی نظریه، اقدام و یا سیاست‌گذاری نوآوری به‌طور مستقل از موضوعات دیگر وجود ندارد. بلکه در مقابل، توسعه مفاهیم و نگاه‌های موجود در این موضوعات در یک فرایند تکامل تعاملی، رابطه‌ای دوسویه با یکدیگر دارند. اسمیتس (1994) و اسمیتس و کولمن^۱ (2002) این توسعه را در یک نمودار بر مبنای روند توسعه‌ی سیاست‌گذاری نوآوری به‌تصویر کشیده‌اند (شکل ۱-۱). آن‌ها چهار مؤلفه را به‌عنوان محل اثر سیاست نوآوری شناسایی می‌کنند. عامل اول، طرف عرضه (S) یا همان فراهم‌آوردندگان دانش (چه عمومی و چه خصوصی) هستند. عامل دوم، طرف تقاضا (D) شامل مشتریان شرکت‌ها، سازمان‌های دارای اختیار و دیگر سازمان‌هایی است که می‌توان به‌عنوان کاربران دانش و محصولات دانش بنیادین به آنها نگریست. عامل سوم، زیرساخت‌های واسطه‌ای^۲ (II) هستند با هدف ایجاد ارتباط بین عرضه و تقاضا. عامل چهارم نیز زیرساخت حمایتی^۳ (SI) است که شامل عواملی همچون نظام آموزشی، زیرساخت‌های مالی و غیرمالی و کیفیت روابط صنعتی می‌باشد.

¹ Kuhlmann

² Intermediary Infrastructure

³ Supportive Infrastructure



شکل ۱-۱: توسعه سیاست‌گذاری نوآوری (Smits, 1994)

همان‌طور که در شکل ۱-۱ پیداست، روند توسعه‌ی حوزه‌های تحت تأثیر سیاست‌گذاری نوآوری با رشد در مؤلفه‌های محل اثر سیاست‌ها و نیز با رشد روابط آن‌ها همراه بوده است. بر مبنای این روند توسعه می‌توان ۴ مرحله را در تکامل آن بیان کرد.

- **مرحله (A):** در اواخر دهه‌ی ۷۰، سیاست‌گذاری نوآوری به‌طور صریح شروع به ظهور کرد. تمرکز در این مرحله از سیاست‌گذاری نوآوری بر جمع‌آوری دانش و سبدهای از سیاست‌ها است. همچنین این سیاست‌ها به‌طور عمده متشکل از ابزارهای مالی (یارانه‌ها و ابزارهای مالیاتی)، با هدف اثرگذاری بر عوامل موجود در طرف عرضه دانش (S) بودند و به چگونگی توزیع و یا به‌دست‌آوری^۱ دانش توجه زیادی نمی‌شد.
- **مرحله (B):** در اواسط دهه‌ی ۸۰، سیاست‌های نوآوری به سوی سیاست‌های متمایل به اشاعه‌گرایی. در این مرحله، بکارگیری ابزارهای انتقال دانش و تأسیس مراکز نوآوری مرسوم گردید. همچنین استفاده از ابزارهایی برای ایجاد هماهنگی و پرورش محققان نیز از مشخصه‌های این مرحله است.
- **مرحله (C):** در اواسط دهه‌ی ۹۰، در تکمیل ابزارهای موجود در مراحل (A) و (B) در سیاست‌گذاری‌ها توجه بیشتری به ارائه‌ی حمایت‌های سازمانی به فرایند نوآوری (به‌ویژه به شرکت‌ها) معطوف گردید. در این مرحله، کاربران و عرضه‌کنندگان در تعامل با یکدیگر مورد توجه قرار گرفتند. به تدریج، سیاست‌ها دربرگیرنده‌ی زیرساخت‌های حمایتی و

^۱ Absorbtion

بسترهای لازم برای نوآوری نیز شدند. به‌طور خلاصه می‌توان گفت که این مرحله شروعی برای اتخاذ رویکردی منسجم‌تر برای تحریک نوآوری است و وضع سیاست‌های نوآوری گسترده‌تر و همه‌جانبه‌تر گردید.

▪ **مرحله (D):** در این مرحله، رویکردی یکپارچه توسعه یافت و نگرش سیستمی ظاهر شد. بجای تحریک برخی از عوامل و یا روابط خاص، تمرکز سیاست‌های نوآوری بر بهبود عملکرد نظام نوآوری در سطح کلان، معطوف گردید. علاوه بر این تغییر در نگرش، این واقعیت نیز در این مرحله نهادینه شد که سیاست‌گذاری نوآوری لزوماً معادل با مشوق‌های مالی نیست و می‌تواند از دیگر ظرفیت‌های حکومت و سیاست‌گذاران نیز بهره برد. روند دیگر در این مرحله، استفاده صریح از رویکرد نظام‌های نوآوری به‌عنوان چارچوبی برای تحلیل بوده است. همچنین در این مرحله به راهبری عوامل واسطه‌ای نیز توجه شد.

در کنار سیاست نوآوری، مفهوم سیاست علم قرار می‌گیرد. این مفهوم به دوران پس از جنگ جهانی دوم تعلق دارد. در حقیقت، تا پیش از جنگ به ایده‌ی علم به عنوان یک نیروی سازنده توجه نشد. اما پس از آن به نقش سیاست‌گذاری علم در امنیت ملی، سلامت و رشد اقتصادی توجه شد. علت اصلی برای تغییر نگرش به سیاست‌گذاری علم، چگونگی اتمام جنگ جهانی دوم و شروع جنگ سرد ذکر می‌شود. مهم‌ترین مسائل در سیاست‌گذاری علم مربوط به تخصیص منابع کافی به علم، توزیع هوشمندانه‌ی آن‌ها میان فعالیت‌های مختلف با هدف حصول اطمینان از استفاده‌ی کارای منابع و کمک به رفاه اجتماعی بوده است. اهداف سیاست‌گذاری علم نیز شامل ایجاد منزلت ملی^۱ و ارزش‌های فرهنگی علاوه بر اهداف اجتماعی و اقتصادی و نیز امنیت ملی است.

در نهایت، سیاست‌گذاری فناوری به سیاست‌های اشاره دارد که بر فناوری‌ها و بخش‌ها متمرکز هستند. سیاست فناوری بیشتر بر فناوری‌های دانش‌بنیان نظیر انرژی هسته‌ای، فضاوردی، کامپیوترها، داروسازی و مهندسی ژنتیک که محور رشد اقتصادی هستند، متمرکز است. مفهوم سیاست‌گذاری فناوری برای کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته متفاوت است. در کشورهای توسعه‌یافته این مفهوم مربوط به ایجاد ظرفیت برای تولید فناوری‌های دانش‌بنیان نوظهور و بکارگیری این نوآوری‌ها است. درحالی که در کشورهای درحال توسعه، این مفهوم به چگونگی ایجاد توانایی در رابطه با جذب و استفاده از این فناوری‌ها در هنگام ورودشان به بازار می‌پردازد. اهداف سیاست‌گذاری فناوری با اهداف سیاست‌گذاری علم تفاوت چندانی نمی‌کند. با این

¹ National prestige

وجود، تفاوت میان این دو نوع سیاست‌گذاری را می‌توان در فاصله گرفتن سیاست‌گذاری فناوری از ملاحظات فلسفی عام و گرایش آن به توجه بیشتر و کاربردی‌تر به منزلت ملی و اهداف اقتصادی به صورت کاربردی خلاصه کرد. در مجموع، مقایسه میان سه نوع سیاست علم، فناوری، و نوآوری را می‌توان در قالب شکل ۱-۲ به تصویر کشید [۱].

سیاست‌گذاری علم

تمرکز: تولید دانش علمی

ابزارها:

اعطای بودجه‌های تحقیقاتی عمومی
تأسیس سازمان‌های (نیمه) دولتی تحقیقاتی (مانند آزمایشگاه‌ها، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی)
اعطای مشوق‌های مالیاتی به بنگاه‌ها
فراهم‌آوری آموزش‌های عالی
ایجاد حق‌مالکیت معنوی

سیاست‌گذاری فناوری

تمرکز: پیشرفت و تجاری‌سازی دانش فنی

ابزارها:

خرید عمومی
اعطای کمک‌های عمومی به بخش‌های راهبردی
ایجاد سازمان‌های واسطه‌ای (بین بخش تحقیقات و صنعت)
آموزش نیروی کار و بهبود مهارت‌های فنی
استانداردسازی
آینده‌نگاری فناوری
الگو، داده، ابزار، بخش‌ها، صنعت

سیاست‌گذاری نوآوری

تمرکز: عملکرد نوآورانه‌ی کلی اقتصاد

ابزارها:

بهبود مهارت‌های شخصی و توانایی-
های یادگیری (توسط سیستم‌های آموزشی عمومی و آموزش کارگران)
بهبود یادگیری و عملکرد سازمانی (مانند استاندارد ISO 9000 و کنترل کیفیت)
بهبود دسترسی به اطلاعات: جامعه‌ی اطلاعاتی
وضع قوانین زیست‌محیطی
وضع مقررات شرکتی
وضع قوانین رقابت
حفظ حقوق مصرف‌کننده
بهبود سرمایه‌های اجتماعی برای توسعه‌ی منطقه‌ای: خوشه‌ها و مناطق

شکل ۱-۲: روابط میان سیاست‌گذاری علم، فناوری و نوآوری

در کنار مباحثی که از سیاست‌گذاری نوآوری مطرح شد، مفاهیمی نیز وجود دارند که در قالب سیاست‌گذاری نوآوری و برای تحلیل تغییر فناوریانه به کار می‌روند. در سیاست نوآوری، تغییر فناوریانه (یا توسعه یک فناوری جدید) غالباً تحت عنوان گذارهای فناوریانه بررسی می‌گردد. این گذارها فرایندهایی تکاملی و مرحله‌مند بوده که نیازمند راهبری در طول زمان هستند. در ادامه سعی می‌شود تا به تشریح بیشتر این مفاهیم پرداخته شود.

۱-۲-۱- مفهوم گذار فناوریانه

فناوری از نگاه جامعه‌شناسی چیزی فراتر از ماهیت فنی و به صورت پیکره‌بندی^۱ دارای ماموریتی خاص تعریف می‌شود. در این تعریف منظور از پیکره‌بندی، مجموعه‌ی بهم‌پیوسته‌ای^۲ از اجزا می‌باشد. داشتن ماموریت هم به برآورده نمودن کارکردهای اجتماعی-اقتصادی اشاره دارد. با در نظر گرفتن این تعریف، ظهور فناوری‌های تازه همواره با مشکل عدم تطابق^۳ با پیکره‌بندی-های موجود^۴ نظام‌های فنی-اجتماعی روبه‌رو خواهد بود [۲]. این عدم تطابق به دلیل وجود اثرگذاری دوطرفه میان فناوری و ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی محیط توسعه به وجود می‌آید. فناوری‌های موجود به‌طور عمیقی با شیوه‌های کاربری^۵، سبک زندگی، فناوری‌های مکمل، مدل‌های کسب‌وکار^۶، و ساختارهای نهادی سیاسی در ارتباط هستند. از این رو، تغییر فناوریانه مفهومی گسترده‌تر از تولید یک فناوری جدید پیدا کرده و تا دگرگونی در ساختارهای اقتصادی-اجتماعی را نیز شامل می‌شود. نتیجه اینکه تغییر فناوریانه دارای ماهیتی چندبعدی است که باید در تحلیل و سیاست‌گذاری آن در نظر گرفته شود.

سوال اساسی دیگری که در تغییر فناوریانه در سطح ملی به وجود می‌آید، پیرامون چگونگی تشکیل لختی^۷ در نظام اجتماعی-فنی و نحوه‌ی غلبه بر آن است [۳]. وجود لختی نسبت به شرایط موجود باعث می‌شود تا تغییر فناوریانه همراه با تغییر تدریجی (نه بنیادین) در نظام‌های اجتماعی-اقتصادی-فناورانه^۸ به وقوع بپیوندد. این نظام‌ها شامل مجموعه‌ای از کنش‌گران (افراد حقیقی،

¹ Configuration

² Interrelated

³ Mismatched

⁴ Established configuration

⁵ User practice

⁶ Business models

⁷ Inertia

⁸ Socio-technical systems

بنگاه‌ها، و سازمان‌ها)، نهادها (هنجارهای اجتماعی و فناوریانه^۱، مقررات^۲، و معیارهای عملکرد مطلوب^۳)، مصنوعات و دانش‌هایی می‌شود که با هم در تعامل بوده و خدمتی مشخص را به اجتماع ارائه می‌کنند [۴]. بنابراین می‌توان گفت که تدریجی و تکاملی بودن دومین ویژگی مهم در تغییرات فناوریانه است.

با برخورداری از دو ویژگی چندبعدی بودن تغییر و نیز تکاملی (تدریجی) بودن آن، از تغییر فناوری به صورت یک مسیر گذار^۴ یاد می‌شود. گذار عبارت است از مجموعه‌ای از فرایندهای تدریجی^۵، پیوسته در طول زمان، چند سطحی^۶، چند مرحله‌ای^۷، و شتاب‌دهنده‌ای^۸ که با هدف ایجاد تغییرات فراگیر در ابعاد اجتماعی، فنی، اقتصادی به وقوع پیوسته و منجر به دگرگونی نظام-های اجتماعی-فنی موجود می‌گردد. بنابراین، گذار نه تنها مسیری برای تغییرات فناوریانه است، بلکه تغییر در عادات، آیین‌نامه‌ها، زیرساخت‌ها، و فرهنگ مصرف را نیز شامل می‌شود [۳]. مفهوم گذار فناوریانه در سطوح مختلف بنگاه، بخش، منطقه، و کشور قابل تعریف است.

با این توصیف و تعریف ارائه شده، اکنون لازم است تا بررسی شود که چه مکانیزم‌های کلانی منجر به وقوع گذار می‌شوند. این بررسی در زیربخش بعدی و در قالب مکانیزم‌های تکاملی گذار انجام می‌شود.

۱-۲-۲- مکانیزم‌های تکاملی گذار

اگرچه در گذار فناوریانه تغییرات گسترده و عمیقی به وقوع می‌پیوندد، اما این مسیر بیش از اینکه ماهیت واگشت^۹ (تغییر بنیادین) داشته باشد، دارای ویژگی‌های تکاملی است [۵]. این تکامل فناوریانه با دو مکانیزم مختلف قابل رخداد است:

▪ تنوع، انتخاب، و ابقاء^{۱۰}: در این سازکار تکاملی، با تشویق محیط نوآوری به ایجاد تنوع و گزینه‌های جایگزین فناوریانه، گستره‌ای از فرصت‌ها برای تکامل نظام اجتماعی-فنی پدید می‌آید. این فرصت‌های پدید آمده برای تبدیل شدن به واقعیت با مقاومت پیکره‌بندی موجود (در نظام اجتماعی-فنی) روبه‌رو می‌شوند. به عبارت دیگر، نظام اجتماعی-فنی

¹ Societal and technical norms

² Regulations

³ Standards of good practice

⁴ Transition pathway

⁵ Gradual

⁶ Multi-level

⁷ Multi-stage

⁸ Reinforcing

⁹ Revolution

¹⁰ Variation, Selection, Retention

موجود با ایجاد بستری از مکانیزم‌های بازار یا مجموعه‌ی انتظارات^۱، به محدود کردن دامنه تنوع و پالایش و انتخاب گزینه‌های مختلف می‌پردازند. گزینه‌های برگزیده شده جایگزین اجزای قدیمی در پیکره‌ی نظام اجتماعی-فنی می‌گردد. در نهایت، به‌منظور تثبیت تغییرات تدریجی به‌وقوع پیوسته، در آخرین مرحله به ابقاء و پایدارنمودن تغییرات به‌وجود آمده در پیکره‌بندی موجود پرداخته می‌شود.

▪ بروز نوآوری و پیکره‌بندی مجدد^۲: در این سازوکار تکاملی، نوآوری‌های فناورانه پدید آمده دارای ماهیت هم‌زی‌گرانه‌ای^۳ در ارتباط با نظام اجتماعی-فنی موجود می‌باشند. بنابراین، ظهور هر نوآوری به پرکردن خلاءای (نیازی) از پیکره‌بندی موجود کمک می‌کند. با قرارگیری نوآوری در نظام موجود، زمینه برای ایجاد تغییرات بعدی به‌وجود آمده و در پی وقوع تغییرات پیاپی^۴، پیکره‌بندی نظام موجود مورد بازساخت قرار می‌گیرد.

با درنظر داشتن این مکانیزم‌ها، تکامل گذار با وقوع مراحل مختلف به‌وقوع می‌پیوندد. این مراحل به‌همراه ویژگی‌های آن‌ها در زیربخش بعدی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۲-۲-۱- مراحل تکاملی گذار

گذار مجموعه‌ای از تغییرات است که در حوزه‌های مختلف به‌وقوع می‌پیوندد، وقوع هر تغییر زمینه را برای تغییرات در حوزه‌های دیگر فراهم می‌کند. بر این اساس، در گذار پویایی در لایه‌های مختلف رخ داده (کلان، میانی، خرد) و رشد و تکامل^۵ در حوزه‌های متفاوت به‌وقوع می‌پیوندد. اما این تغییرات بنیادین و تکامل‌ها به‌طور هم‌زمان در حوزه‌های مختلف به‌وقوع نپیوسته و ماهیت تدریجی دارد.

تفکر سیستمی، فرایند گذار را با نگاه تغییرات در متغیرهای انباشت و جریان^۶ توصیف می‌کند. انباشت متغیرهایی از سیستم هستند که به آرامی و در طول بازه طولانی از زمان تغییر می‌کنند. جریان نیز متغیرهایی هستند که در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت دامنه تغییرات گسترده‌ای را از خود نشان داده و ارتباط میان متغیرهای انباشت را نیز برقرار می‌کنند. با این نگاه، گذار نتیجه توسعه بلندمدت انباشت‌ها و تغییرات کوتاه‌مدت جریان‌هاست (شکل ۱-۳).

¹ Expectations

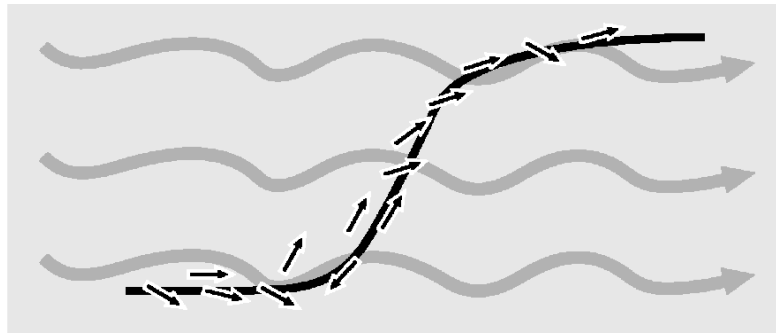
² Unfolding and reconfiguration

³ Symbiotic innovations

⁴ Cascade dynamics

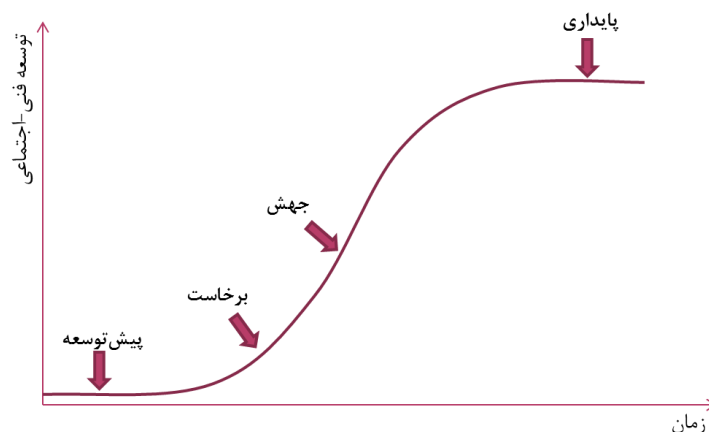
⁵ Co-evolution

⁶ Stock and flow



شکل ۳-۱: پویایی‌های کوتاه مدت و بلندمدت در فرایند گذار

سرعت، گستردگی، و بازه زمانی وقوع تغییر ابعادی هستند که نوع گذار فناورانه را مشخص می‌نمایند. همان‌طور که پیش‌تر در تعریف گذار مورد بررسی قرار گرفت، یکی از مهمترین ویژگی‌های این تغییر چندبعدی فناورانه و مرحله‌مند بودن آن است. پیش‌توسعه، برخاست، جهش، و پایداری چهار مرحله در تکامل مسیر گذار هستند (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱: مراحل تکاملی گذار

- پیش‌توسعه^۱: این مرحله با عدم تغییر محسوس در شرایط کنونی همراه بوده و مأموریت اصلی آن پشتیبانی از ایجاد تنوع در نظام‌های اجتماعی-فنی است. در این حالت تعادل پویا در نظام اجتماعی-فنی برقرار است.
- برخاست^۱: تغییرات ابتدایی در پیکره‌بندی موجود ظهور کرده و تکانه لازم برای ایجاد دگرگونی در نظام اجتماعی-فنی فراهم می‌شود.

¹ Pre-development

▪ جهش^۲: تغییرات محسوس و گسترده در نظام اجتماعی-فنی پدید آمده و فرایندهای یادگیری و انتشار دانش و تغییرات نیز به وقوع می‌پیوندد.

▪ پایداری^۳: پیکره‌بندی جدیدی شکل گرفته و تعادلی پویا در نظام اجتماعی-فنی برقرار می‌گردد.

یکی از مهمترین مسائلی که در قالب ادبیات سیاست نوآوری مطرح می‌شود، چگونگی فراهم آوردن شرایط لازم برای حرکت در طول این مراحل تکاملی است. این موضوع تحت عنوان راهبری فرایندهای گذار در زیربخش بعدی مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۱-۲-۲- راهبری فرایندهای گذار

اگر گذار به صورت مجموعه‌ای از مسیرهای ممکن توسعه در نظر گرفته شود، راهبری وسیله‌ای است برای تاثیرگذاری (نه کنترل کامل) جهت، وسعت، و سرعت این مسیرها [۵]. با در نظر داشتن مسیر گذار به صورت فرایندی پیچیده و چندبعدی، وجود یک نیروی راهبری و هدایت برای مراحل گذار از مراحل مختلف آن احساس می‌شود.

از مفهوم راهبری^۴ و هدایت در گذارهای فناورانه برداشت‌های مختلف می‌شود. راهبری مسیر گذار نه فقط به معنی نظارت بالا-به-پایین دولتی^۵ (که در آن دولت‌ها به اتخاذ سیاست‌های الزام‌آور می‌پردازند) است و نه فقط داشتن رویکرد بازار آزاد^۶ (که در آن تغییرات اجتماعی-فنی توسط نیروهای بازار به وقوع می‌پیوندد). منظور از راهبری در مطالعات گذار رسیدن به تعادلی میان سه بخش دولت، بازار، و جامعه است. این هدف با توسعه سیاست‌ها در فرایندی تعاملی با حضور کنش‌گران مختلف محقق می‌گردد. این‌ها سیاست‌هایی هستند که بر پایه‌ی تفاهم و توافق ایجاد شده در بسترهای شبکه‌ای مشتمل بر همکاری و یادگیری میان کنش‌گران متعامل توسعه پیدا می‌کنند. در مجموع، برنامه‌ریزی بالا-به-پایین، بهره‌مندی از پویایی‌های بازار، و مدیریت شبکه‌ها (ایجاد توافق جمعی) منعکس‌کننده‌ی تعریف موردنظر از مفهوم راهبری گذار هستند.

در ادامه به ضرورت راهبری مورد بحث قرار می‌گیرد.

¹ Take-off

² Acceleration

³ Stabilization

⁴ Governance

⁵ Top-down steering by government

⁶ Liberal free market approach

۱-۲-۲-۲-۱- ضرورت راهبری گذار

لختی به وجود آمده (در طول زمان) در پیکره‌بندی نظام‌های اجتماعی-فنی غالباً به ایجاد قفل‌شدگی^۱ و یا وابستگی به مسیر^۲ منجر می‌شود. این وضعیت موانع زیادی را در مسیر گذارهای فناورانه به وجود می‌آورد. بر این اساس، گذار فناورانه نیازمند مداخله‌های هوشمندانه از جانب کنش‌گران نظام اجتماعی-فنی هستند. با در نظرگیری این مداخله هوشمندانه، فرایند گذار به مسیری هدایت شده، هدفمند و جهت‌دار (از پیش) که نیازمند برنامه‌ریزی است تبدیل می‌شود [۶]. در این هدایت‌دهی، کنش-گران سیاست‌گذار و نهادهای قانون‌گذار نقش اصلی را برعهده دارند، اگرچه مشارکت یکپارچه کلیه کنش‌گران نیز ضروری است.

۱-۲-۲-۲-۱- اساس مداخلات سیاست‌گذارانه در راهبری گذار

به‌طور کلی انجام مداخلات گسترده در مراحل مختلف فرایند گذار نه تنها نمی‌تواند اهداف توسعه را محقق کند، بلکه ممکن است آثار گذار را از مسیر رشد طبیعی خود نیز منحرف می‌کند. شکست بسیاری از کشورهای در حال توسعه (مانند کشورهای اروپای شرقی در دهه ۶۰) که با پیروی از مداخله گسترده، دولت را جانشین بازار نموده بودند، شاهدهی بر این مدعاست. در ادبیات امروز سیاست نوآوری، مداخلات سیاست‌گذارانه نه در تمام مسیر گذار، بلکه تنها در نقاط شکست آن مجاز است. نقاط شکست بخش‌هایی از فرایند گذار هستند که به‌طور طبیعی قابل رفع و بهبودی نبوده و نیازمند مداخله هوشمندانه هستند. بر این اساس، پایه‌ی مداخلات سیاست‌گذارانه در راهبری فرایند گذار بر پایه‌ی وقوع سه نوع شکست بازار^۳، ساختاری^۴، و دگرگونی^۵ است. بازار رقابتی کامل و غیرمتمرکز باعث به‌وجود آمدن کمبود سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های توسعه دانش می‌شود و این علت اصلی برای مداخله بر اساس شکست‌های بازار است. اما شکست یک سیستم همیشه به‌دلیل کمبود سرمایه‌گذاری نیست. بلکه مکانیزم‌های نیز وجود دارند که منجر به عملکرد پایین سیستم شده و از آن‌ها به‌عنوان شکست‌های ساختاری یاد می‌شود. اصلاح این شکست‌ها در بعضی شرایط نیازمند حرکت در مسیر خلاف جهت بازار رقابتی و کامل می‌باشد (مانند ایجاد

¹ Lock-in

² Path-dependency

³ Market failure

⁴ Systemic failure (structural)

⁵ Systemic failure (transformational)

همکاری و شبکه‌سازی بین بنگاه‌ها و دانشگاه‌ها). در نهایت، گونه‌ای دیگر از شکست‌ها نیز وجود دارد که جدا از دو نوع قبلی بوده و رفع آن‌ها برای تضمین گذار در بلندمدت ضروری است. این شکست‌ها، شکست‌های دگرگونی نام می‌گیرند. در زیر - گونه‌های مختلف از سه نوع شکست از نگاه وبر و روراچر (۲۰۱۲) توضیح داده شده است [۱].

شکست بازار

- عدم تقارن اطلاعات: عدم تعیین پیرامون خروجی و افق زمانی کوتاه‌مدت سرمایه‌گذاری بخش خصوصی
- سرریز دانش: ویژگی‌های کالای عمومی و نشت دانش تولیدی
- هزینه‌های جانبی: وجود هزینه‌های جانبی تخریب زیست‌محیطی
- بهره‌برداری بیش از حد از منابع: بهره‌برداری بیش از حد از منابع در نبود نهادهای قانون‌گذار

شکست‌های ساختاری

- شکست زیرساخت‌ها: ضعف و نقصان در زیرساخت‌های فیزیکی کنونی که برای انجام فعالیت‌های نوآورانه ضروری هستند
- شکست نهادی: شکست به دلیل مکانیزم‌های نهادهای رسمی و غیررسمی که مانع انجام فعالیت‌های نوآورانه می‌شوند
- شکست شبکه‌ای: وجود تعاملات قوی و یا ضعیف میان کنش‌گران
- شکست توانمندی: نبود توانمندی‌های لازم برای سازگار شدن با تغییرات و شرایط و فرصت‌های فناورانه

شکست‌های دگرگونی

- شکست جهت‌یابی: نبود چشم‌انداز مشترک، عدم توانایی در یکپارچه‌سازی فعالیت‌ها، کمبود قوانین و استانداردها، نبود منابع مالی هدف‌گذاری شده برای تحقیقات
 - شکست تبیین نیاز: نبود شرایط برای پیش‌بینی و یادگیری از نیازهای بازار و مشتری
 - شکست یکپارچگی سیاست‌ها: نبود یکپارچگی افقی و عمودی میان سیاست‌ها
 - شکست بازخوردی: عدم توانایی سیستم در پایش و اصلاح فرایند راهبری
- بر پایه‌ی این نقاط شکست که اساس مداخلات سیاست‌گذارانه است، رویکردهای تحلیلی مختلفی برای تشریح وضعیت موجود گذار و نیز تجویز سیاست‌ها و راه‌کارها توسعه پیدا کرده است. این رویکردها در زیر بخش‌های بعدی به‌طور مبسوط مورد بررسی قرار می‌گیرد [۱].

۱-۲-۳- رویکردهای تحلیلی نوآوری

رویکردهای تحلیلی نوآوری شامل مجموعه‌ای از مکاتب، مدل‌ها و ابزارها هستند که برای توصیف وضعیت موجود و استفاده از آن در جهت سیاست‌گذاری نوآوری به کار گرفته می‌شود. این مدل‌ها و ابزارها را می‌توان هم در سیاست‌گذاری نوآوری و فناوری و هم در تدوین راه‌کارهای فناوری به‌عنوان یک روش مورد استفاده قرار داد. برای همین منظور، در این بخش به بررسی این رویکردها از منظرهای مختلف پرداخته می‌شود. بررسی رویکردهای تحلیلی نوآوری در این بخش در سه سطح کلان (مکتب توسعه)، میانی (مدل کلان فرایند نوآوری)، و خرد (مدل سیستمی فرایند نوآوری) صورت می‌پذیرد.

در علم اقتصاد، به توسعه اقتصادی کشورها از نگاه مکاتب گوناگونی نگریسته می‌شود. هر یک از این مکاتب، با دارا بودن نگاهی خاص نسبت به فناوری، سیاست‌هایی متفاوتی را برای توسعه و صنعتی شدن کشورها ارائه می‌نمایند. از این رو، بررسی این مکاتب با در نظر گرفتن نگرش هر یک نسبت به فناوری، در انتخاب رویکرد نهایی تحلیل ضروری است. به‌طور کلی، نظریاتی که به‌طور گسترده مورد استقبال مجامع آکادمیک دنیا قرار گرفته‌اند را می‌توان در چهار دسته ساختارگرایان، نئوکلاسیک‌ها، نئوشومپترین‌ها و نهادگرایان تقسیم‌بندی نمود. (Error! Reference source not found.)

- ساختارگرایان مهمترین علت در عقب‌ماندگی کشورهای توسعه نیافته را وابستگی‌های تجاری، مالی، فناورانه و مدیریتی به کشورهای پیشرفته دانسته و معتقد به توسعه درون‌گرا و دخالت مستقیم دولت در توسعه صنایع و فناوری‌ها هستند.
- نئوکلاسیک‌ها با تاکید بر مدیریت فعالیت‌های اقتصادی در قالب دولت حداقل و اقتصاد بازار، بر رقابت بین بنگاه‌های اقتصادی، آزادسازی (مقررات‌زدایی و خصوصی‌سازی)، و مشارکت در تجارت بین‌المللی (تجارت خارجی به‌مثابه موتور رشد اقتصاد) توجه می‌کنند.
- نهادگرایان با تمرکز بر مسایلی نظیر ساختار و عملکرد سیستم‌های اقتصادی، تغییرات فناوری، و تعیین اولویت‌ها و اهداف ملی توسعه، راهبرد صنعتی شدن از طریق یادگیری را در جهت توسعه صنعتی کشورهای در حال توسعه پیشنهاد می‌کنند.
- نئوشومپترین‌ها با تکیه بر دو نظریه سیکل‌های بلند توسعه اقتصادی و تخریب سازنده شومپتر، تحولات سریع فناورانه را فرصتی برای توسعه صنعتی کشورهای در حال توسعه و حضور در بازارهای جهانی قلمداد می‌کند و نظام نوآوری را به‌عنوان ابزار بهره‌برداری از این فرصت معرفی می‌کنند [۱].

جدول ۱-۱: مقایسه مکاتب توسعه اقتصادی

نهاد‌گرایان	نئوشومپترین‌ها	نئوکلاسیک‌ها	ساختار‌گرایان	
توانمندی‌های نهادین	یادگیری تمامی	هزینه‌ها در کوتاه‌مدت	آثار خارجی	کانون تحلیل
فرایندی قابل یادگیری	دانش تجلی‌یافته در ماشین‌آلات که به‌راحتی قابل انتقال نیست	کالای قابل مبادله	عامل وابستگی	نگرش به فناوری
بعضاً منبع با تأکید ویژه بر مهندسی	بعضاً منبع	بعضاً هزینه	نیروی کار ارزان و فراوان ماهر و نیمه‌ماهر	نگرش به نیروی کار
مداخله راهبردی	مداخله راهبردی	دولت حداقل	دخالت گسترده	نقش دولت
پس از ظهور و قبل از استانداردیزه شدن و با تکیه بر مزیت‌های رقابتی	با ظهور یک صنعت	پس از بلوغ یک صنعت و با تکیه بر مزیت‌های داخلی	جایگزینی واردات	نقطه ورود به صنعت
رقابت کنترل شده برای حصول بازه مقیاس	رقابت محدود برای ایجاد نوآوری	رقابت حداکثری	حمایت مطلق از بنگاه‌های داخلی	نگرش به رقابت
کشورهای جنوب شرق آسیا مانند اندونزی، فیلیپین و مالزی و همچنین ترکیه	اروپا، اسکاندیناوی و ژاپن در دهه ۱۹۹۰	انگلیس و ایالات متحده در دوره- های ریگان و تاچر	آمریکای لاتین دهه ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰	کشورهای استفاده کننده

در میان این مکاتب، مکتب اقتصادی نئوشومپترین با توجه به ویژگی‌های مطرح شده برای آن، دارای تطابق بیشتری با شرایط حاضر در کشور ایران است. یکی از این مهمترین ویژگی‌های این مکتب توجه بر مفهوم نوآوری است. در ادامه و در سطوح میانی و خرد بر مدل‌ها و رویکردهایی که تمرکز می‌گردد که نوآوری را در مرکز توجه خود دارند.

نوآوری عبارت است از فرایندهای جستجو، کشف^۱، آزمایش، توسعه، شبیه‌سازی^۲ و پذیرش یک محصول، فرایند جدید و یا تغییرات سازمانی. نوآوری متشکل از دو جزء اصلی خلق ایده‌ی جدید (اختراع)، و تبدیل ایده خلاقانه به کسب و کار (بهره‌برداری) است. عدم تعین، تأکید بر یادگیری در حین اجرا، یادگیری در حین استفاده و خاصیت تجمعی^۳، فروض اساسی هستند که نوآوری را از مفاهیم مشابه جدا می‌کند [۷]. نوآوری را می‌توان به از ابعاد گوناگون دسته‌بندی نمود (جدول ۱-۲).

¹ Discovery

² Imitation

³ Cumulativeness

جدول ۱-۲: دسته‌بندی نوآوری از ابعاد مختلف

معیار	انواع	مراجع
درجه تغییر	نوآوری تدریجی، نوآوری بنیادین، پارادایم‌های فناورانه-اقتصادی	(Abernathy Kim and William, 1985; Edquist and Riddell, 2000; Mensch, 1979; Utterback, 1996)
هدف نوآوری	نوآوری در محصول، نوآوری در فرایند	(Edquist, 1997; Thom, 1990)
موضوع نوآوری	نوآوری فناورانه، نوآوری اداری (غیرفناورانه)	(Daft, 1978; Damanpour, 1991; West and Farr, 1989)
اثرگذاری	نوآوری افزایش‌دهنده شایستگی، نوآوری مخرب شایستگی	(Freeman and Perez, 1988a)

فرایند نوآوری شامل مجموعه فعالیت‌هایی است که منجر به شکل‌گیری نوآوری در یک سیستم می‌گردد. تولید دانش، تبدیل دانش به مصنوع به‌وسیله‌ی فرایندها، سیستم‌ها، محصولات و خدمات و در نهایت تطابق دادن پیوسته مصنوع با نیاز بازار، سه زیر فرایند اصلی در فرایند نوآوری می‌باشند که هریک به سطوح خردتری تقسیم می‌گردد (جدول ۱-۳).

جدول ۱-۳: فرایندهای نوآوری

تولید دانش علمی و فناورانه	تخصص‌پروری کارکردی و یکپارچه‌سازی-ظهور آزمایشگاه‌های تحقیق و توسعه صنعتی همگرایی فناورانه ^۱ و تجزیه عمودی ^۲ فناوری‌های تولید ارتباط صنعت با دانشگاه
تبدیل دانش به مصنوع	حفظ روندهای فناورانه همراه نظریه‌های علمی آگاهی از برنامه‌های حمایت مالی دولتی حفظ یکپارچگی سیستمی مدیریت عدم تعین موجود در نوآوری
تطبیق مصنوع با نیاز بازار	درک نیازهای بازار تطابق مصنوع با نیازهای بازار

در ادبیات مدل‌های مختلفی وجود دارد که با تعریف ارائه شده از فرایند نوآوری، به تصویرسازی از واقعیت موجود می‌پردازد. مجموعه این مدل‌ها را می‌توان به سه دسته‌ی اصلی تقسیم مدل‌های خطی نوآوری، مدل‌های پیوندی و تعاملی نوآوری، و مدل‌های یکپارچه سیستمی تقسیم کرد.

مدل‌های خطی، نوآوری را نتیجه فرایند خطی دانسته که از مراحل مختلف پژوهش پایه، کاربردی، تحقیق و توسعه، تجاری سازی، بازاریابی و در انتها انتشار، به صورتی متوالی و سلسله مراتبی و در مسیری یک طرفه تشکیل شده است. دو مدل فشار فناوری^۱ و کشش بازار^۲ از مدل‌های مطرح در این حوزه هستند.

¹Technological Convergence

²Vertical Disintegration

مدل پیوندی و تعاملی نوآوری، نوآوری را نتیجه یک فرایند خطی ندانسته و با تاکید بر فرایند مرحله‌ای نوآوری، حلقه‌های بازخوردی میان فعالیت‌های تحقیق و توسعه و بازاریابی برقرار می‌نماید. در این مدل، ترکیبی از کشش و رانش بازار و فناوری مطرح می‌گردد [۸].

مدل یکپارچه سیستمی، به وجود همکاری و رابطه‌ی دو طرفه میان اجزا مختلف اشاره دارد. بنابراین، وجه تمایز اصلی این مدل‌ها با گروه‌های قبلی را می‌توان در توسعه موازی نوآوری کاملاً یکپارچه، داشتن یک نگاه کل‌گرا به فرایند نوآوری، و شامل شدن اجزای مختلف و روابط متفاوت میان آنهاست.

جدول ۱-۴: مقایسه مدل‌های کلان فرایند نوآوری

مدل سیستمی نوآوری	مدل تعاملی نوآوری	مدل خطی نوآوری	
۱۹۸۰-۲۰۰۰	۱۹۷۰-۱۹۸۰	۱۹۶۰-۱۹۷۰	دوره مطرح شدن منبع نوآوری
کلیه اجزای دخیل در نوآوری با در نظر گرفتن روابط میان آنها	تعامل میان تحقیق و توسعه و بازار	تحقیق و توسعه؛ بازار	
یکپارچه با در نظر گیری کلیه اجزا و روابط سیستمی	مرحله‌ای با در نظر گرفتن حلقه‌های بازخوردی	خطی و یکطرفه	فرایند نوآوری
نظام‌های نوآوری، سیستم‌های اجتماعی فناورانه، مدل الماسی پورتر، تحلیل داده-ستاده، رویکرد بلوک‌های توسعه	مدل Rothwell & Zegveld؛ مدل Kline and Rosenber	مدل فشار فناوری، کشش بازار	مدل‌های مطرح

۱-۲-۳-۱ - رویکردهای سیستمی نوآوری

تاکنون رویکردهای سیستمی مختلفی برای تحلیل فرایند نوآوری (تحلیل روند موجود، تحلیل سیاست‌ها^۱، و سنجش اثرگذاری سیاست‌ها) ارائه گردیده است. در ادامه سعی می‌شود به صورت اجمالی این رویکردها توصیف و سپس باهم مقایسه گردد. هدف از مقایسه این رویکردها انتخاب بهترین یا بدترین رویکرد نیست، بلکه هدف تشخیص نقاط ضعف و قوت و دامنه اثر بخشی هر رویکرد است. با توجه به این مقایسه، می‌توان رویکرد مناسب تحلیل و سیاست‌گذاری را با توجه به ویژگی‌های مسئله انتخاب

¹ Technology pull

² Market push

۳ تحلیل سیاست‌ها روشی است که در شناسایی موانع و مشکلات سیستمی و نیز تعیین بهترین گزینه‌ی سیاستی با توجه به سطح پوشش مشکلات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نمود. براساس تئوری تکاملی شومپیتر، کلیه این رویکردها را می‌توان به دو دسته‌ی رویکردهای شبه‌تکاملی^۱ و تکاملی^۲ تقسیم نمود.

در ادبیات از رویکردهای مختلفی برای مطالعه و توصیف نظام‌های اجتماعی-فنی و یا راهبری فرایند گذار استفاده شده است. مارکارد و همکاران (۲۰۱۲) دامنه‌ی گسترده‌ای از چارچوب‌ها و روش‌های نظری را برای توضیح و مطالعه‌ی مسیر گذار پیشنهاد می‌کنند. نظریه‌های عمومی مانند نظریه اقتصاد تکاملی^۳، نظریه‌ی شبکه‌های کنش‌گران^۴ و رویکردهایی با تاکید بیشتر بر فناوری مانند ساخت اجتماعی فناوری^۵، ارزیابی سازنده فناوری^۶، موج‌های بلند^۷، مطالعات آینده‌پژوهی فناوری^۸، راهبری بازخوردی^۹، و جامعه‌شناسی انتظارات^{۱۰} نمونه‌هایی از این چارچوب‌ها و روش‌های عمومی مورد استفاده در مطالعات گذار هستند.

علاوه بر این روش‌های عمومی، گونه‌هایی دیگر از رویکردها وجود دارند که به‌طور خاص برای تحلیل و راهبری گذارهای فناورانه توسعه داده شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. این رویکردها به دو دسته تکاملی‌ها و شبه‌تکاملی‌ها تقسیم می‌شوند.

در رویکردهای تکاملی نوآوری، تنوع‌های فناورانه در محیط انتخابی^{۱۱} متکی بر مکانیزم‌های بازار پدید آمده و فرایند تکامل بدون مداخله و جهت‌دهی از خارج به‌وقوع می‌پیوندد. دو نقد بر نگاه تکاملی وارد می‌شود: اول اینکه بازار تقاضا و تمایلات مصرف^{۱۲} در نوآوری‌های فناورانه بنیادین (که در گذار به‌وجود می‌آیند) هنوز شکل نگرفته‌اند. به‌عبارت‌دیگر، بازار، عادات مصرف، و فناوری‌های جدید به‌طور همزمان به‌ظهور می‌رسند. در این حالت، فرایند انتخاب چیزی فراتر از پذیرفتن از میان گزینه‌های نوآوری بوده و مفهوم پذیرش مصرف‌کننده و نهادینه نمودن آن در عادات زندگی و بومی‌سازی را نیز شامل می‌شود. نقد دوم بر

¹ Quasi-evolutionary approach

² Evolutionary approach

³ Evolutionary economic theory

⁴ Actor network theory

⁵ Social construction of technology

⁶ Constructive technology assessment

⁷ Long waves

⁸ Technology future study

⁹ Reflexive governance

¹⁰ Sociology of expectations

¹¹ Selection environment

¹² Preferences

این موضوع تاکید دارد که علاوه بر بازار و مصرف‌کننده، سیاست‌ها، نهادها، و شبکه‌ها نیز در شکل‌دهی به محیط انتخاب نقش اساسی دارند. بنابراین گذار فرایند تکاملی مشارکتی^۱ است [۱].

در طرف مقابل، رویکردهای شبه‌تکاملی فرایند تکامل را کاملاً بدون جهت ندانسته و سعی در مداخله و جهت‌دهی آن از طریق محیط تنوع مبتنی بر فعالیت‌های راهبردی کنش‌گران دارد. این فعالیت‌ها راهبردی در راستای ایجاد نوآوری در محیط‌های حفاظت شده و نیز محیط انتخاب مبتنی بر انتظارات شکل‌گرفته انجام می‌شود. ریپ (۱۹۹۲) و اسکات (۱۹۹۲) معتقدند که در رویکردهای شبه‌تکاملی، وقوع گذار در کارزاری از بیم‌ها و امیدها^۲ به‌وقوع می‌پیوندد. منظور از این کارزار، رویایی انتظارات^۳ مختلف، تجارب، موفقیت‌ها و شکست‌های پیشین است که کنش‌گران موجود در نظام اجتماعی-فنی در یک محیط اجتماعی-شناختی^۴ شکل داده‌اند. این انتظارات و تجارب به‌صورت تجمعی و در سال‌های متوادی در اذهان کنش‌گران شکل‌گرفته، در نتیجه از میان بردن و تغییر آن‌ها در کوتاه‌مدت به‌وقوع نمی‌پیوندد. در این رویکردها، دو گروه کنش‌گران در نظر گرفته می‌شوند. گروه اول که کنش‌گران فعال^۵ هستند. آن‌ها توسعه‌دهندگانی هستند که به‌جانب‌داری از گسترش فناوری پرداخته، به-شکل‌دهی انتظارات (بیم و امید) در اذهان سایر کنش‌گران کمک کرده، و در برابر سایر رقابا به رقابت می‌پردازند. در طرف مقابل، گروه دوم کنش‌گران منفعل یا انتخاب‌گر^۶ هستند. آن‌ها برخلاف گروه اول درگیر فرایندهای معرفی و توسعه ابتدایی فناوری نمی‌شوند. بلکه با ارزیابی خروجی کارهای کنش‌گران فعال و نیز مبتنی بر انتظارات شکل‌گرفته، در فرایند توسعه خوشبین‌ترین گزینه‌ی فناورانه مشارکت می‌نمایند [۱].

با تشریح ویژگی‌های تکاملی‌ها و شبه‌تکاملی‌ها، در زیر رویکردهای مختلفی که برای تحلیل و سیاست‌گذاری فرایند گذار در قالب این گروه توسعه داده شده، توضیح داده می‌شود.

¹ Co-evolution

² Arena of expectations

³ Expectations

⁴ Socio-cognitive sphere

⁵ Enactor

⁶ Selector

۱-۲-۳-۱-۱- رویکردهای شبه تکاملی^۱

این رویکردها، گذار را به صورت یک الگوی تاریخی قابل تصویر در سه لایه‌ی مختلف در نظر می‌گیرند. بر اساس این رویکردها، مهمترین مشکلات ساختاری از سیستم‌های اجتماعی ناشی می‌گردد که توسط نیروهای بازار قابل توجیه نیست. رویکرد چندسطحی^۲ یکی از این مدل‌های این رویکرد است به تحلیل فرایند گذار شامل نوآوری‌های مختلف در سطح کلان (مانند بخش حمل و نقل) می‌پردازد. بر اساس این رویکرد، گذار فناوری در قالب سه سطح رژیم‌های اجتماعی-فناورانه^۳، سطح گوشه^۴ و دورنما^۵ قابل تعریف است. در اثر پویایی ایجاد شده در تعامل سطوح مختلف، فرایند گذار به وقوع می‌پیوندد. مدیریت گوشه راهبردی^۶ رویکرد دیگری است که با توجه به جذابیت گوشه‌ها در چارچوب چندسطحی به عنوان سطح پدیدآورندهی نوآوری، با نگرشی پایین-به-بالا به تعریف چارچوبی مفهومی برای توضیح چگونگی تشکیل گوشه‌ها و چگونگی محافظت از نوآوری در گوشه‌هایی مجزا از سطح رژیم می‌پردازد. در کنار این‌ها، رویکرد مدیریت گذار^۷ قرار می‌گیرند. بر اساس این مدل‌ها، گذار فرایندی چندسطحی و چندعاملی^۸ بوده که گوشه‌ها مهمترین نقش را در ایجاد گذار فناورانه برعهده دارند. این رویکرد به دنبال تحلیل این موضوع است که گوشه‌ها چگونه می‌توانند در ایجاد تغییر موفق یا شکست خورده باشند. در این مدل، بر نقش کنش‌گران^۹ و نیز مداخلات ضروری سیاستی نیز تاکید شده است [۹].

۱-۲-۳-۱-۲- رویکردهای تکاملی^{۱۰}

یکی از اولین مدل‌های موجود در این رویکرد، بلوک‌های توسعه است. رویکرد بلوک‌های توسعه که در سال ۱۹۵۰ مطرح شد، به بیان این موضوع می‌پردازد که توالی از مکمل‌ها از طریق یک سری فشارهای ساختاری مانند، عدم تعادل، ممکن است نتیجه یک موقعیت تعادلی جدید باشد. در کنار این رویکرد، مدل‌های نظام‌های نوآوری به عنوان مهمترین جریان در ادبیات

¹ Quasi-evolutionary

² Multi-levels perspective

³ Socio-technical regimes

⁴ Niche

⁵ Landscape

⁶ Strategic niche management

⁷ Transition management

⁸ Multi actor

⁹ Agency

¹⁰ Evolutionary

رویکردهای تکاملی قرار می‌گیرند. مفهوم نظام‌های نوآوری به‌عنوان یکی از زمینه‌های پژوهشی غالب در ادبیات مطالعات نوآوری^۱ از اواخر دهه ۱۹۸۰ با انتشار اولین مراجع مطرح گردید. این رویکرد بر پایه تئوری اقتصاد تکاملی به تبیین شرایط محیطی و درونی لازم برای توسعه نوآوری با نگرشی سیستمی می‌پردازد. نظام‌های نوآوری در سطوح مختلف ملی، منطقه‌ای، فناورانه، بخشی، و اخیراً هم در سطوح بنگاهی و بین‌المللی برای مقاصد مختلف تحلیلی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱].

۱-۲-۳-۱-۳- مقایسه رویکردهای سیستمی نوآوری

کلیه مدل‌ها و رویکردهای اشاره شده در این قسمت را می‌توان از ابعاد مختلف باهم مقایسه نمود. این مقایسه نشان‌دهنده‌ی خوب بودن و یا بد بودن یک ابزار در حالت کلی نبوده و تنها به بیان ویژگی‌های این مدل‌ها از ابعاد مختلف می‌پردازد. بر اساس این ویژگی، متناسب‌ترین ابزار برای تحلیل توسعه فناوری راهبردی را انتخاب می‌گردد (جدول ۱-۵).

جدول ۱-۵: مقایسه ویژگی‌های رویکردهای سیستمی نوآوری

رویکرد چندسطحی	مدیریت راهبردی گوشه‌ها	مدیریت گذار	بلوک‌های توسعه	نظام‌های نوآوری
سطح تحلیل	گذارهای فناورانه بلندمدت، کارکردهای اجتماعی (مانند حمل‌ونقل)	شبکه‌های نوآوری، یک کاربرد خاص فناوری	گذارهای فناورانه بلندمدت	سطوح ملی، منطقه‌ای، فناورانه و بخشی
نوع سیستم	پویا	پویا	پویا	پویا
هدف تحلیل	تحلیل فرایند گذار شامل نوآوری‌های مختلف در سطح کلان	تحلیل چگونگی تشکیل گوشه‌ها و چگونگی محافظت از نوآوری در گوشه-هایی مجزا از سطح رژیم	نقش گوشه‌ها در ایجاد تغییر و گذار فناورانه	تبیین شرایط محیطی لازم برای توسعه نوآوری
عامل نوآوری	پویایی پدیدآمده از تعامل سطوح رژیم گوشه و دورنما	فناوری‌های نو و چیدمان‌های جدید اجتماعی اقتصادی	سطح گوشه و کنش‌گران	کنش‌گران، نهادها، روابط و شبکه‌ها

نظام نوآوری فناورانه^۲ به‌عنوان رویکرد تکاملی و رویکرد چند سطحی^۳، مدیریت گذار^۴، مدیریت راهبردی گوشه‌ها^۱ به‌عنوان رویکردهای شبه تکاملی برای بررسی در این بخش انتخاب شده‌اند. از خروجی تحلیلی حاصل از این رویکردها می‌توان در طراحی اجزای جهت‌گیری‌های پشتیبان استفاده نمود.

¹ Innovation studies

² Technological innovation systems

³ Multi-levels perspective (MLP)

⁴ Transition management (TM)

در ادامه به بررسی این رویکردها به‌طور مبسوط پرداخته می‌شود. اولین این رویکردها، نظام‌های نوآوری فناورانه هستند. قبل توضیح این رویکرد، لازم است تا تبیین جایگاه آن در میان سایر رویکردهای نظام‌های نوآوری پرداخت [۱].

۱-۲-۴- نظام‌های نوآوری

نظام‌های نوآوری شامل کلیه عوامل اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، سازمانی، نهادی، و سایر عوامل اثرگذار بر توسعه، انتشار و بهره‌برداری از نوآوری می‌گردد. هر نظام نوآوری از سه جز اصلی مولفه‌ها (کنش‌گران، نهادها و فناوری‌ها)، روابط (مواصلات میان مولفه‌ها)، و شناسه‌ها (توانایی اجزا در ایجاد شایستگی فناورانه-اقتصادی) تشکیل شده است [۱۰].

مفهوم نظام‌های نوآوری را می‌توان به‌عنوان یکی از زمینه‌های پژوهشی غالب در ادبیات مطالعات نوآوری^۲ به‌حساب آورد. تمرکز اصلی مطالعات نوآوری، بیان رشد فناورانه در اقتصاد است. اما مطالعات نوآوری در شکل امروزی خود و مفهوم نظام‌های نوآوری را باید به‌طور قطع تحت تاثیر کارهای شومپتر و سایر تحقیقات خارج از جریان اصلی اقتصاد مانند اقتصاد نهادگرا^۳، اقتصاد توسعه^۴، و اقتصاد نئوشومپترین^۵ دانست.

به‌طور کلی، چهار رویکرد تحلیل اقتصادی نزدیک به نظام‌های نوآوری وجود دارد. اقتصاد نئوکلاسیک که به‌عنوان رایج‌ترین مکتب، بر انتخاب میان گزینه‌های اقتصادی مشخص و تعریف شده (بعضا همراه با ریسک) توسط کنش‌گران خردگرا^۶ پرداخته و کانون تحلیل را در تخصیص منابع محدود به کنش‌گران قرار می‌دهد. در طرف دیگر، رویکرد مدیریت نوآوری با تمرکز تحلیل بر نوآوری، به انتخاب میان گزینه‌های پروژه‌های تحقیق و توسعه کنش‌گران خردگرا می‌پردازد. در کنار این دو رویکرد، اقتصاد اتریشی مانند اقتصاد نئوکلاسیک بر تخصیص منابع محدود تمرکز داشته، ولی برخلاف آن بازار را وسیله‌ی ایجاد فرایند یادگیری پویای کنش‌گران می‌داند. رویکرد نظام‌های نوآوری نیز مانند مکتب اتریشی بر یادگیری تاکید داشته و نیز همانند مدیریت نوآوری، نوآوری محور تحلیل خود قرار می‌دهد (جدول ۱-۶).

¹ Strategic niche management

² Innovation studies

³ Institutional Economics

⁴ Development Economics

⁵ Evolutionary Economics

⁶ Rational agent

جدول ۱-۶: چهار دیدگاه مختلف در تحلیل‌های اقتصادی

نوع نوآوری	تخصیص منابع	
مدیریت نوآوری ^۲	مکتب اقتصاد نئوکلاسیک ^۱	انتخاب خردگرا
نظام‌های نوآوری	مکتب اقتصاد اتریشی ^۳	یادگیری

یک نظام نوآوری را می‌توان از ابعاد مختلف مرزبندی نموده و بر این اساس، مدل‌هایی برای اهداف تحلیلی متفاوت پدید آورد. بر طبق Edquest (۲۰۰۵) مرزهای این سیستم می‌تواند در چهار بعد جغرافیایی، فناورانه و گروه محصول و فعالیت تعریف گردد. بر این اساس، چهار مدل نظام نوآوری ملی، نظام نوآوری منطقه‌ای، نظام نوآوری بخشی، و نظام نوآوری فناورانه مطرح می‌گردد. با استفاده از رویکرد سیستمی، از سه دیدگاه مختلف تحلیل بر اساس عوامل (جعبه سفید)، تحلیل بر اساس خروجی (جعبه سیاه) و تحلیل بر اساس گذار سیستمی، می‌توان به مطالعه‌ی نظام‌های نوآوری پرداخت. در تحلیل بر اساس عوامل که تحلیل ساختاری نام می‌گیرد، به شناخت اجزای اصلی درون مرزهای سیستم پرداخته می‌شود. در رویکرد تحلیل بر اساس خروجی که تحلیل کارکردی نام‌گذاری می‌شود، مجموعه فعالیت‌هایی که اجزای سیستم به‌انجام می‌رساند و موجب ایجاد پویایی می‌گردند، هدف مطالعه قرار می‌گیرد. در نهایت، تحلیل گذار نیز تکامل و تغییرات سیستم در طول زمان را مورد مطالعه قرار می‌دهد. مقایسه رویکردهای مختلف نظام نوآوری از نگاه این سه منظر به همراه ابعاد دیگر، در جدول زیر مورد بررسی قرار گرفته است [۱].

¹ Neoclassical economics

² Management of innovation

³ Austrian economics

جدول ۱-۷: مقایسه رویکردهای نظام‌های نوآوری

نظام نوآوری ملی	نظام نوآوری منطقه‌ای	نظام نوآوری بخشی	نظام نوآوری فناورانه
فریمن (۱۹۸۷ و ۱۹۸۸)، لاندول (۱۹۸۸)، و نلسون (۱۹۹۳)	(Cooke et al., 1997; Saxenian, 1994)	(Breschi and Malerba, 1997; Malerba, 2002, 2004)	(Carlsson and Stankiewicz, 1991)
مرزهای جغرافیایی-ملی	مرزهای جغرافیایی-منطقه	بخش و زیربخش(گروه‌های محصول، و بخش‌های محصول)	فناوری به معنای یک حوزه‌ی دانشی، محصول، و مجموعه‌ای از محصولات مرتبط به هم و با هدف برآوردن کارکردی خاص
مقایسه عملکرد نوآورانه کشورها-تحلیل نقش پیشرفت‌های فناورانه در رشد اقتصادی؛ سیاست‌ها و راهبردهای اقتصادی اجتماعی برای بارور کردن نوآوری در یک کشور	تعیین عملکرد اقتصادی یک منطقه؛ سیاست‌گذاری توسعه نوآوری منطقه‌ای	تحلیل تفاوت نوآوری در بخش‌های مختلف؛ تعیین سیاست‌ها و راهبردهای توسعه صنایع	ارزیابی روند توسعه یک نوآوری فناورانه از نگاه ساختار و کارکرد؛ شناسایی موانع و محرک‌های توسعه؛ سیاست‌گذاری توسعه فناوری
مدل‌های رشد اقتصادی نئوکلاسیک-مدل‌های خطی و تعاملی نوآوری- مدل الماسی پورتر- مدل Triple Helix	حوزه‌های صنعتی، قطب‌های فناورانه، محیط‌های نوآور، ناحیه‌های یادگیرنده	اقتصاد صنعتی (ساختار-هدایت-عملکرد، رویکرد هزینه-های تراکنش، مدل هزینه‌های ---مدل‌های نظریه بازی‌های همکاری‌های راهبردی، و مطالعات اقتصادسنجی صنعتی)، رویکرد استفاده از مطالعات موردی، و مطالعات نوآوری و نوع‌شناسی‌های تجربی)	بلوک‌های شایستگی نظام‌های بسیط فناورانه
سطح محدود: کنش‌گران و روابط متعامل با نوآوری به‌طور مستقیم سطح گسترده: تمام اجزای اجتماعی، فرهنگی، و سیاسی موجود در محیط کلان کشور	چهار مولفه‌ی بنگاه‌ها، نهادها، زیرساخت‌های دانشی، و سیاست-گذاری نوآوری	دانش، فرایندهای یادگیری و فناوری‌ها، کنش‌گران و شبکه‌ها، قواعد، تقاضا	کنش‌گران، نهادها، فناوری‌ها، روابط و شبکه‌ها
تعریف زیرکارکردهای مختلف در قالب سه کارکرد اصلی تولید، انتشار و استفاده از نوآوری	تقسیم‌بندی عوامل پویایی داخلی به سه دسته‌ی یادگیری تعاملی، اشتراک دانش، مجاورت، و نهادینگی (Doloreux, 2002)	پویایی توسط دو فرایند تنوع به منظور ایجاد ناهمگنی (ورود عوامل جدید، تحقیق و توسعه و نوآوری) و انتخاب به‌منظور کاستن از ناهمگنی (انتخاب بازار و انتخاب غیربازار)	هفت کارکرد خلق دانش، انتشار دانش، فعالیت‌های کارآفرینی، جهت‌دهی به جستجو، تامین منابع، شکل‌دهی بازار، و مشروعیت‌بخشی؛ تاکید بر مفهوم تکانه و حلقه‌های علی تجمعی در ایجاد پویایی
شکل‌گیری نهادها و بنگاه‌ها در کشور و نیز ایجاد یکپارچگی میان اجزا موجود	توسعه شبکه‌های میان بنگاه‌ها در یک منطقه	چرخه عمر صنعت و نیز تحلیل تکامل بلندمدت صنایع Clark و Kuznet, Shumpeter	تکامل سیستم براساس مدل توالی نوآوری، مرکب از چهار موتور نوآوری (موتور محرک علم و فناوری، موتور کارآفرینی، موتور شکل‌دهی به سیستم، موتور بازار)
تاکید بر نوآوری و پیشرفت‌های فناورانه به‌عنوان عامل اثرگذار در رشد اقتصادی کشورها	خوشه‌های منطقه‌ای به‌عنوان یکی از عوامل اثرگذار مهم در فرایند نوآوری	وابسته بودن عوامل اثرگذار بر نوآوری به بخش	تاکید بر نقش شایستگی اقتصادی، به‌معنی توانایی در توسعه و بهره‌برداری از فرصت‌های جدید کسب‌وکار، در ایجاد نوآوری فناورانه؛ تاکید بر پویایی سیستم و چگونگی شکل‌گیری سیستم

پایه‌گذار/سال

سطح تمرکز (مرز سیستم)

هدف تحلیل

رویکردهای مشابه

شناخت ساختاری

شناخت کارکردی

تکامل و گذار

ویژگی محوری

۱-۲-۴-۱- نظام‌های فناورانه نوآوری

نظام‌های نوآوری فناورانه^۱ به تحلیل گذار از منظر تغییرات نهادی، سازمانی، اقتصادی، سیاسی، و فنی پیرامون ظهور فناوری-های جدید می‌پردازد. این رویکرد بر پایه‌ی نظر کارلسون و استنکوویتز (۱۹۹۱) درباره نوآوری شکل گرفته است که مهمترین محرک‌های خلق، انتشار، و بهره‌برداری از نوآوری‌های فناورانه را در تعاملات نظام‌مند کنش‌گران، تحت زیرساخت‌های نهادی می‌داند. این برداشت از گسترش نوآوری فناورانه با الهام از تئوری بلوک‌های توسعه^۲ و نیز در ارتباط با رویکردهای نظام ملی نوآوری^۳ و نظام بخشی نوآوری^۴ است.

از زمان توسعه اولیه این رویکرد در سال ۱۹۹۱، تغییرات مختلف و بهبودهای متفاوتی در مفهوم و ابزارهای عملیاتی آن صورت پذیرفته است. تمرکز بر فناوری‌های مشخص^۵ به جای تمرکز بر فناوری‌های عمومی و گسترده^۶، تاکید بر وقوع نوآوری‌های بنیادین به‌عنوان محرک گذارهای اجتماعی-فنی به‌جای تاکید بر نوآوری فناورانه به‌عنوان ابزاری در ایجاد رشد اقتصادی، و توجه به فناوری‌های نوظهور (و غالباً پایدار) به‌جای توجه به سایر انواع فناوری، نمونه‌هایی از تغییرات و همگرایی‌هایی صورت گرفته در این حوزه است. علاوه بر این‌ها، شناسایی مجموعه‌ی فرایندهای لازم برای توسعه نوآوری تحت عنوان کارکردهای نظام نوآوری فناورانه، شناسایی مجموعه‌ی مکانیزم‌های اثرگذار بر شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه در قالب موانع و محرک-های توسعه، ارائه‌ی تحلیل‌های ساختاری در قالب نقش کنش‌گران، نهادها، و شبکه‌ها در شکل‌گیری نوآوری، گسترش مفهوم شکست‌های بازار و با ارائه‌ی تعریفی جدید تحت عنوان شکست‌های سیستمی^۷، برقراری ارتباط و ایجاد سازگاری میان رویکردهای مختلف گذار (مانند رویکرد TIS و MLP) و ارائه‌ی رویکردهایی برای راهبری شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه، نمونه‌هایی از بهبودهای صورت پذیرفته در رویکرد نظام‌های نوآوری فناورانه در طول زمان است.

¹ Technological innovation systems (TIS)

² Development blocks

³ National innovation systems (NIS)

⁴ Sectoral innovation systems (SIS)

⁵ Specific technology

⁶ Generic technology

⁷ Systemic failures

به کار بردن رویکرد سیستمی در مطالعه‌ی تغییرات فناورانه، بستری برای درک توسعه فناوری را فراهم می‌نماید. نظام‌های نوآوری با تمرکز خاص بر فناوری، نمونه‌ای از این رویکردهای سیستمی هستند که در ادبیات از آن‌ها تحت عنوان نظام نوآوری فناورانه^۱ یاد می‌گردد. بر این اساس، کارلسون و استنکوویتز (۱۹۹۱) این مفهوم را به صورت زیر تعریف می‌کنند:

شبکه‌ای پویا از عوامل که در یک حوزه‌ی اقتصادی/صنعتی خاص باهم در تعامل بوده، تحت مجموعه‌ای از زیرساخت‌های نهادی قرار داشته، و در فرایند خلق، انتشار و بهره‌برداری از دانش دخیل هستند.

نقطه شروع تحلیل در نظام‌های نوآوری فناورانه مرزهای جغرافیایی و یا یک صنعت خاص نبوده، بلکه این رویکرد تمرکز بر فناوری را هدف مطالعه قرار می‌دهد. با این حال، یک نظام نوآوری فناورانه می‌تواند در عین تمرکز بر یک فناوری، گستره‌ای از مرزهای جغرافیایی و بخشی مختلف را در برگیرد. هدف تحلیل‌های نظام نوآوری فناورانه ارزیابی روند توسعه یک نوآوری فناورانه از نگاه ساختار و فرایندهایی است که به پشتیبانی و یا ممانعت از آن می‌پردازد. در تعریف نظام نوآوری فناورانه، فناوری هم به معنای مواد، سخت‌افزارها، و نرم‌افزارهایی است که به شکل مستقیم در فرایند توسعه بکار می‌روند، و هم به شکل دانشی است که چه به شکل عمومی و یا نهفته در محصول وجود دارد [۱۱].

نظام نوآوری فناورانه علی‌رغم دارا بودن ویژگی‌های مشترک با سایر رویکردهای نظام نوآوری، دارای دو ویژگی متمایزکننده از آن‌هاست:

▪ تاکید بر نقش شایستگی اقتصادی، به معنی توانایی در توسعه و بهره‌برداری از فرصت‌های جدید کسب‌وکار در ایجاد نوآوری فناورانه. بر این اساس، بهره‌برداری و ترکیب دانش‌های موجود جز جدایی ناپذیر نوآوری فناورانه می‌باشد. در حقیقت بر خلاف سایر رویکردها که تفکری کلان از نوآوری داشتند، این ویژگی بر اهمیت نیروهای کارآفرین به-عنوان منابع نوآوری تاکید دارد.

▪ تاکید جدی بر پویایی سیستم. تمرکز بر نقش کارآفرینان در این رویکرد، زمینه را برای بررسی روند شکل‌گیری این سیستم در طول زمان آماده کرده تا از این طریق روند پویایی در نظر گرفته شود.

در بکارگیری نظام نوآوری فناورانه، در نظرگیری چهار فرض اساسی ضروری است:

۱ این اصطلاح توسط محققین مختلف به گونه‌های متفاوت بکار گرفته شده است. Carlsson and Stankiewicz (۱۹۹۱) اصطلاح سیستم‌های تکنولوژیکی را بکار برده‌اند و محققان سوئدی نیز واژه نظام نوآوری تکنولوژی

- سیستم (نه تک تک اجزا) به عنوان واحد تحلیل قرار می‌گیرد. این فرض در سایر مدل‌های نظام نوآوری نیز مشابه است.
- سیستم ماهیتی پویا دارد. بنابراین در نظر گرفتن بازخوردها برای بررسی روند شکل‌گیری این سیستم‌ها ضروری می‌باشد.
- فرصت‌های فناورانه عملاً نامحدود هستند. بنابراین لازم است تا تمرکز بیشتری در شناسایی، جذب و بهره‌برداری از فرصت‌های فناورانه صورت پذیرد. به عبارت دیگر، بالابردن توانایی جذب اهمیت بیشتری از توانایی تولید فناوری جدید دارد.

- هر بازیگر در چارچوب خردپذیری محدود^۱ عمل می‌کند. به عبارت دیگر، بازیگران این نظام خردپذیر هستند، اما با محدودیت‌هایی از جنس توانایی‌ها و اطلاعات روبه‌رو هستند.

در کنار رویکرد نظام نوآوری فناورانه، مفهوم بلوک‌های شایستگی^۲ قرار می‌گیرد. بلوک‌های شایستگی از جانب طرف تقاضا (محصول یا بازار) و به عنوان مجموع زیرساخت‌های لازم برای ساخت، انتخاب، تشخیص دادن، انتشار و بهره‌برداری از ایده-های جدید در خوشه‌هایی از بنگاه‌ها تعریف می‌گردد. نمونه‌ای از تحلیل با این رویکرد را می‌توان در بلوک شایستگی برای نظام سلامت کشور سوئد جستجو نمود که در آن اجزای تشکیل‌دهنده نظام‌های نوآوری فناوری مختلف محصولات و فناوری‌های لازم بخش سلامت را تامین می‌کنند، به تصویر کشیده شده است .

با معرفی نظام نوآوری فناورانه توسط کارلسون و استنکوویتز (۱۹۹۱)، مطالعات گسترده‌ای با تمرکز بر ویژگی پویایی این رویکرد به انجام رسیده و مفاهیمی مانند حجم بحرانی^۳، تکانه^۴ و حلقه‌های علی تجمعی^۵ مطرح گردید. به منظور شناخت کافی از این مفاهیم، در ادامه لازم است تا دو حوزه اساسی نظام‌های نوآوری فناورانه، شناخت کارکردی و حلقه‌های علی تجمعی تبیین شود

[۱].

¹ Bounded rationality

² Competence block

³ Critical mass

⁴ Momentum

⁵ Cumulative causation

۱-۲-۴-۲- شناخت کارکردی نظام نوآوری

نظام‌های نوآوری فناورانه را می‌توان به‌عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات فناورانه به‌کار برد. از آنجایی که تنها با تحلیل ساختاری نظام‌های فنی-اجتماعی نمی‌توان تمام جوانب تغییرات فناورانه را در نظر گرفت، این رویکرد می‌بایست فراهم‌آورنده‌ی چارچوبی برای تحلیل کارکردی^۱ نظام‌های فنی-اجتماعی باشد. ادکوئیست (۲۰۰۴) دنبال‌کردن فرایندهای نوآوری و یا به تعبیری دیگر، توسعه، انتشار و به‌کارگیری نوآوری‌ها در عمل را به‌عنوان کارکرد اصلی نظام‌های نوآوری قلمداد می‌کند. برای مطالعه‌ی میزان تحقق فرایندهای اصلی سیستم، محققان کارکردهای مختلفی را در سطح اول سیستم (زیرکارکرد) شناسایی کرده‌اند^۲ (جدول ۸-۱).

^۱ کارکردها عوامل فرایندی مؤثر بر توسعه‌ی فناوری محسوب می‌شوند.

^۲ هنگامی که گفته می‌شود کارکردها در سطح اول سیستم تعریف شده‌اند، کارکرد کلی سیستم به‌صورت پیش‌فرض در سطح صفر سیستم تعریف شده است.

جدول ۸-۱: فهرست کارکردهای ارائه شده توسط محققان مختلف در طول زمان

کارکردها				مراجع		
حمایت از سوی گروه-های پشتیبان	تامین و تخصیص منابع	شکل‌دهی بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش	توسعه دانش	فعالیت‌های کافرینی (Suurs and Hekkert, 2009; Suurs et al., 2010; Suurs et al., 2009)
ایجاد مشروعیت	تامین و تخصیص منابع	شکل‌دهی بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش	توسعه دانش	(Van Alphen et al., 2009b)
مشروعیت‌بخشی	تامین و تخصیص منابع	ایجاد بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش	خلق دانش	(van Alphen et al., 2009a)
توسعه اثرات جانبی مثبت	مشروعیت‌بخشی	شکل‌دهی بازار	تاثیرگذاری بر جهت‌دهی تصمیمات		توسعه و انتشار دانش	(Bergek et al., 2008b; Jacobsson, 2008)
ایجاد مشروعیت/غلبه بر مقاومت در برابر تغییر	تامین و تخصیص منابع	شکل‌دهی بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش از طریق شبکه‌ها	توسعه دانش	(Alkemade et al., 2007; Hekkert and Negro, 2009; Hekkert et al., 2007a; Negro et al., 2008)
حمایت از سوی گروه‌های پشتیبان	تامین و تخصیص منابع	شکل‌دهی بازار	جهت‌دهی به جستجو	انتشار دانش از طریق شبکه‌ها	توسعه دانش	(Negro et al., 2007)
	تامین مالی فرایند نوآوری فعالیت‌های حمایتی	شکل‌دهی بازار محصول جدید	تامین حداقل‌های کیفی ایجاد و تغییر ساختار صنعتی ایجاد و تغییر قواعد	شبکه‌سازی	تحقیق و توسعه مزیت‌سازی فراهم کردن خدمات مشاوره‌ای	(Edquist, 2005)
هموار کردن ایجاد اثرات جانبی مثبت	تامین منابع	هموار کردن شکل-گیری بازار	هدایت فرایند جستجو		ایجاد دانش جدید	(Jacobsson and Bergek, 2004)
	آموزش	مصرف نهایی		ارتباط	تحقیق	اجرا (Liu and White, 2001)
مشروعیت‌بخشی فناوری و بنگاه	ایجاد نیروی انسانی حمایت هموارسازی تامین مالی ایجاد بازار نیروی کار	ایجاد بازار و انتشار دانش بازار	هدایت تکنولوژی	افزایش شبکه‌سازی	انجام تحقیقات بازار	ایجاد و انتشار محصول جدید ایجاد و انتشار فرصت نوآورانه (Rickne, 2000b)
غلبه بر مقاومت در برابر تغییر	تامین منابع	ایجاد و شبیه‌سازی بازار تامین مشوق‌ها برای بنگاه‌ها	کاستن از عدم تعیین هدایت فرایند جستجو شناسایی پتانسیل‌های توسعه	هموارسازی تبادل دانش و اطلاعات		(Johnson, 1998)

اخیرا جاکوبسون و برگگ (۲۰۱۲) نیز دسته‌بندی پالایش شده‌ای از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه ارائه داده‌اند. با مرور بخش عمده‌ای از مقالاتی که به دسته‌بندی کارکردها پرداخته‌اند، هفت کارکرد اصلی مورد شناسایی قرار می‌گیرند. مجموعه کارکردهای ذکر شده به‌همراه شاخص‌هایی برای سنجش سطح برآورده شدن این کارکردها در جدول ۱-۹ ارائه شده است [۱].

جدول ۱-۹: کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آنها

شاخص	توصیف	کارکرد
فعالیت‌های کارآفرینی	شامل ترجمه‌ی دانش فنی موجود در زمینه‌ی یک فناوری خاص به زبان موقعیت‌های کاری جدید و انجام پروژه‌های عملیاتی و یا انجام فعالیت‌هایی با هدف اثبات مفید بودن فناوری نوظهور در محیط تجاری است.	تعداد و کیفیت پروژه‌های انجام شده با هدف تجاری‌سازی، حجم سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر انجام شده، تعداد نمایشگاه‌های فناوری برگزار شده، تعداد پروژه‌های نمایشی انجام شده
خلق دانش	دربرگیرنده‌ی فعالیت‌های یادگیری است که به‌طور عمده بر دانش فنی فناوری و به‌میزان کمتر، بر بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کننده‌های آن تمرکز دارد. این فرایند یادگیری، به اقسام گوناگونی می‌تواند واقع شود. یادگیری کتابخانه‌ای و یادگیری درحین انجام کار از انواع مهم این دسته از فعالیت‌ها هستند.	تعداد مقالات ISI منتشر شده، تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه فناوری، تعداد مطالعات علمی و فنی صورت گرفته از فناوری، تعداد گزارش‌های تولید شده در رابطه با مطالعه‌ی بازار، تعداد مطالعات امکان‌سنجی انجام شده
انتشار دانش	دربرگیرنده‌ی فعالیت‌هایی است با هدف پراکنده‌سازی ^۱ و به‌اشتراک‌گذاری ^۲ دانش و اطلاعات انجام می‌شوند. بنابراین، مهمترین نقش کارکرد انتشار دانش، ایجاد یادگیری تعاملی است. وجود روابط و در حالت پیچیده‌تر، شبکه‌هایی از بازیگران از پیش‌نیازهای این کارکرد به‌شمار می‌رود.	تعداد کنفرانس‌ها و کارگاه‌های برگزار شده در رابطه با فناوری، تعداد و اندازه شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه، میزان جابه‌جایی نیروهای تحصیل کرده دانشگاهی با محوریت فناوری
جهت‌دهی به سیستم	اشاره به فعالیت‌هایی دارد که منجر به مشخص شدن نیازها و جهت‌دهی به فعالیت‌های بازیگران موجود در نظام فناوری می‌گردد. همچنین، رفع مشکلات موجود در کارکردهای دیگر نظام نیز می‌تواند در قالب این کارکرد انجام شود.	تعداد و اثر بخشی قوانین مربوط به فناوری، استانداردهای تدوین شده، میزان شکل‌گیری انتظاراتی درباره‌ی آینده‌ی فناوری
شکل‌گیری بازار	شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت‌های مالی از کاربرد فناوری نوظهور) است که با ارائه‌ی امتیازاتی منجر به ایجاد تقاضا برای فناوری می‌گردد.	تعداد و حجم niche markes. تعداد و تنوع کاربران موجود برای فناوری، تعداد و تنوع نهادهای تنظیم‌شده برای شکل‌دهی به بازار، میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران، مرحله‌ی بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار
تأمین منابع	شامل تخصیص سرمایه‌های مالی، انسانی، مکمل و مواد مورد نیاز برای توسعه فناوری است. همچنین، گسترش زیرساخت‌های عمومی مورد نیاز پیشرفت فناوری، مانند سیستم‌های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره‌ی این کارکرد قرار می‌گیرد.	حجم کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه) و سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی، میزان دسترسی به نیروی انسانی فنی، میزان دسترسی به مواد اولیه، میزان توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری و محصولات و خدمات مکمل
مشروعیت‌بخشی	دربرگیرنده‌ی تمامی فعالیت‌ها با هدف غلبه بر مخالفت بازیگران ذینفع در فناوری‌های کنونی از طریق تشویق صاحبان قدرت به ایجاد آرایش جدیدی از قواعد و مقررات مربوط به نظام نوآوری فناورانه است.	میزان هم‌گرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه، میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه‌ی فناوری و محصولات مربوط به آن، میزان رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از فناوری، میزان حمایت از فناوری در رسانه‌ها

همان‌طور که اشاره شد، نظام‌های نوآوری تکنولوژیک را می‌توان به‌عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات تکنولوژیک به‌کار برد. دنبال کردن فرایندهای نوآوری و یا به‌تعبیری دیگر، توسعه، انتشار و به‌کارگیری نوآوری‌ها در عمل را به‌عنوان کارکرد اصلی نظام‌های نوآوری قلمداد می‌کند. برای مطالعه‌ی میزان تحقق کارکرد اصلی سیستم، محققان کارکردهای مختلفی را در سطح

¹ Dissemination

² Sharing

اول سیستم شناسایی کرده‌اند^۱. بنابراین می‌توان به کارکردهای سیستم به‌عنوان زیرکارکردهای کارکرد اصلی آن نگریست. این کارکردها عوامل فرایندی مؤثر بر توسعه‌ی تکنولوژی محسوب می‌شوند. همچنین، کارکردهای سیستم برایندی از فعالیت‌های رخ داده در آن می‌باشند. یعنی با دسته‌بندی فعالیت‌های متجانس می‌توان کارکردهای نظام را شناسایی کرد. ارائه‌ی دسته‌بندی‌های مختلف از کارکردها نیز به‌علت وجود دسته‌بندی‌های مختلف از فعالیت‌های سیستم است.

با توجه به مطالعه ادبیاتی که در گزارش متدولوژی درباره کارکردها صورت پذیرفت، هفت کارکرد فعالیت‌هی کارآفرینی، خلق دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به سیستم، تامین منابع موردنیاز، شکل‌دهی به بازار، و مشروعیت‌بخشی کارکردهای اصلی یک نظام نوآوری است. برای اینکه بتوان به شناسایی موانع و محرک‌های موجود در انجام فعالیت در هر کارکرد پرداخت، لازم است تا در ابتدا شاخص‌هایی برای هر کارکرد استخراج نمود. بر اساس این شاخص‌ها، در فاز بعدی پرسش‌هایی (با محوریت قرار دادن هر شاخص و زیرکارکرد) طراحی می‌گردد و انجام مصاحبه پیرامون مجموعه پرسش‌های هر کارکرد، استخراج کلیه موانع و محرک‌های در تمام ابعاد آن کارکرد را نتیجه می‌دهد. برای این منظور، در زیر کارکردهای نظام نوآوری به‌همراه شاخص‌های مشخص‌کننده آن‌ها ارائه شده است.

الف) فعالیت‌های کارآفرینی

کارآفرینان، در کانون توسعه‌ی هر فناوری قرار می‌گیرند. نقش کارآفرینان، ترجمه‌ی دانش فنی موجود در زمینه‌ی یک فناوری خاص به زبان موقعیت‌های کاری جدید و انجام پروژه‌های عملیاتی است. همچنین، فعالیت‌های کارآفرینی شامل پروژه‌هایی با هدف اثبات مفید بودن فناوری نوظهور در محیط تجاری است. بنابراین، هدف فعالیت‌های کارآفرینی، انتفاعی است. درحقیقت، کارکرد فعالیت‌های کارآفرینی نقطه‌ی جدایش نظام تکنولوژیکی نوآوری از یک سیستم تحقیق و توسعه است. مثال‌هایی از فعالیت‌های مربوط به این کارکرد، ساخت نمونه‌های اولیه از فناوری با هدف فروش یا نمایش آن و برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی از آن است. کارکرد فعالیت‌های کارآفرینی را می‌توان در بخش خصوصی و از طریق شرکت‌های انتفاعی و نیز از طریق بازیگران موجود در بخش دولتی تحقق بخشید. بنابراین، بسته به نیاز فناوری و توانایی بازیگران می‌توان از قابلیت‌های

^۱ هنگامی که گفته می‌شود کارکردها در سطح اول سیستم تعریف شده‌اند، کارکرد کلی سیستم به‌صورت پیش‌فرض در سطح صفر سیستم تعریف شده است.

هر دو بخش بهره برد. شرکت‌های انتفاعی دخیل در تحقق این کارکرد را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد. گروه اول، شرکت-کننده‌های جدیدی هستند که از فرصت ایجاد شده، به‌عنوان چشم‌اندازی در تسخیر بازار جدید بهره می‌برند. دسته‌ی دوم، شرکت‌های موجودند که در استراتژی خود، استفاده از مزایای فناوری‌های جدید را هدف قرار داده‌اند.

بنابراین، این کارکرد دربرگیرنده‌ی ایجاد شرایط سرمایه‌گذاری مناسب در زمینه‌ی کارآفرینی و نیز میزان ظهور سازمان‌های کارآفرین در محیطی رقابتی است. رخدادهای نشان‌گر تحقق این کارکرد در یک فناوری خاص عبارتند از:

- سرمایه‌گذاری خطرپذیر صورت‌پذیرفته در فناوری
- ورود شرکت‌های نوآور داخلی در این زمینه
- ارائه‌ی محصولات و خدمات جدید در زمینه فناوری
- ظهور شرکت‌های نوپا در زمینه فناوری
- انجام پروژه‌هایی با هدف تجاری‌سازی فناوری

ب) خلق دانش

کارکرد خلق دانش دربرگیرنده‌ی فعالیت‌های یادگیری است که به‌طور عمده بر دانش فنی فناوری و به‌میزان کمتر، بر بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کننده‌های آن تمرکز دارد. این فرایند یادگیری، به اقسام گوناگونی می‌تواند واقع شود. یادگیری کتابخانه‌ای و یادگیری درحین انجام کار از انواع مهم این دسته از فعالیت‌ها هستند. کارکرد خلق دانش را باید به‌عنوان پیش‌نیازی ضروری برای توسعه فناوری در نظر گرفت. در بستر توسعه‌ی فناورانه، افزایش نرخ خروجی در تولید دانش، می‌تواند منجر به پدیداری گزینه‌های فناورانه و کاربردی بیشتری از فناوری در نظام تکنولوژیکی نوآوری شود. فعالیت‌های توسعه‌ی دانش می‌توانند منبع داخلی یا خارجی داشته باشند. به‌بیان بهتر می‌توان گفت که توسعه‌ی دانش، می‌تواند توسط فعالیت‌هایی بصورت درون‌زا و یا انتقال فناوری انجام پذیرد. نمونه‌ی فعالیت‌هایی که در این کارکرد می‌توان نام برد در زیر آورده شده‌اند:

- پروژه‌های تحقیق و توسعه‌ی انجام شده با هدف توسعه‌ی دانش در زمینه‌های ساخت و طراحی توسط سازمان‌های مختلف (در بخش‌های صنعت، دانشگاه و دولت) شامل:
 - مطالعات کتابخانه‌ای
 - طرح‌های پایلوت
 - توسعه‌ی نمونه‌های اولیه (Prototype)
- انتقال فناوری
- مهندسی معکوس
- سرمایه‌گذاری‌های مشترک با هدف توسعه‌ی دانش

این پروژه‌ها می‌توانند توسط پتنت‌های ثبت شده (حق اختراعات)، مقالات و کتاب‌های منتشر شده و گزارش‌های تدوین شده، بررسی عملکرد سازمان‌های تحقیقاتی فعال (خصوصی یا عمومی) در زمینه‌ی فناوری و نیز محصولات تولید شده شناسایی شوند.

ج) انتشار دانش

این کارکرد دربرگیرنده‌ی فعالیت‌هایی است که با هدف تسهیم (پراکنده‌سازی و به‌اشتراک‌گذاری) دانش و اطلاعات انجام می‌شوند. بنابراین، مهمترین نقش کارکرد انتشار دانش، ایجاد یادگیری تعاملی است. وجود روابط و در حالت پیچیده‌تر، شبکه‌هایی از بازیگران از پیش‌نیازهای این کارکرد به‌شمار می‌رود. مهمترین نقش یک شبکه، آسان‌سازی تبادل اطلاعات در بین بازیگران است. کارکرد انتشار دانش، شامل این تعاملات موجود میان بازیگران است. فعالیت‌های مربوط به انتشار دانش، توسط دامنه‌ی گسترده‌ای از بازیگران انجام می‌شود. در وضعیت مطلوب، سیاست‌گذاران با توسعه‌دهندگان فناوری (صنعت‌گران) رابطه برقرار می‌کنند و توسعه‌دهندگان فناوری نیز با پژوهشگران حوزه فناوری، مرتبط می‌باشند. از طریق این تعاملات، فهم مشترکی از موضوع توسعه فناوری در بین بازیگران مختلف ایجاد می‌گردد. این فهم مشترک منجر به افزایش سازگاری ساختار موجود با فناوری نوظهور و بالعکس می‌شود. موارد زیر را می‌توان نمونه‌هایی از رخدادهای مربوط به این کارکرد دانست:

- استفاده از رسانه‌های جمعی برای انتشار مطالب پیرامون فناوری شامل اطلاعات فنی و غیرفنی (مانند بازار)
- فراهم‌آوری بسترهای لازم برای اطلاع‌رسانی در رابطه با دانسته‌های موجود (بدانیم که چه می‌دانیم) مانند فراهم‌آوری پایگاه‌های اطلاعاتی یکپارچه
- میزان فعالیت شبکه‌های دانشی موجود
- برگزاری کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی
- پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران با هدف تبادل دانش

د) جهت‌دهی به سیستم

به علت محدود بودن منابع در دسترس، می‌بایست از میان گزینه‌های مختلف فناورانه موجود دست به انتخاب زد. بدون انجام این کار، نیاز و انتظارات بازیگران از روند توسعه ناشناخته باقی مانده و منابع در دامنه‌ی وسیعی از گزینه‌ها پراکنده شده و به هدر می‌رود. برای جلوگیری از هدررفت منابع، کارکرد جهت‌دهی به جستجو در روند توسعه‌ی فناورانه تعریف می‌گردد.

کارکرد جهت‌دهی به جستجو، اشاره به فعالیت‌هایی دارد که منجر به مشخص شدن نیازها و جهت‌دهی به فعالیت‌های بازیگران موجود در نظام فناوری می‌گردد. بنابراین، بدون وجود این کارکرد، تمام منابع موجود به هدر رفته و تمام گزینه‌های توسعه، ناموفق باقی می‌ماند. همچنین، رفع مشکلات موجود در کارکردهای دیگر نظام نیز می‌تواند در قالب این کارکرد انجام شود. این کارکرد می‌تواند توسط بازیگران مختلفی از جمله صنعت، دولت و بازار تحقق پیدا کند.

نمونه‌هایی از رخدادهای موثر بر تحقق این کارکرد، به شرح زیر است:

- هدف‌گذاری‌های انجام شده در زمینه فناوری
- استانداردهای تدوین شده در زمینه مطالعات و جهت‌دهی‌های مناسب
- قوانین وضع شده در زمینه فناوری (تسهیل‌گر، تنظیم‌گر، سیاست‌ها)
- حرکت‌های جمعی از سوی تعدادی از بازیگران در نتیجه‌ی شکل‌گیری برخی انتظارات و یا هنجارها
- نگاه‌های مثبت و یا منفی ایجاد شده در رابطه با سیستم یا بخشی از آن

ه) شکل‌دهی به بازار

نیاید انتظار داشت که فناوری‌های نوظهور، توانایی رقابت با فناوری‌های موجود را داشته باشند. بنابراین، نیاز به ایجاد محیطی با هدف افزایش رقابت‌پذیری فناوری نوظهور احساس می‌شود. کارکرد شکل‌گیری بازار، شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت‌های مالی از کاربرد فناوری نوظهور) است که با ارائه‌ی امتیازاتی منجر به ایجا تقاضا برای فناوری می‌گردد. با فعالیت‌های مختلفی می‌توان به تحقق این کارکرد کمک کرد:

- ایجاد مزیت رقابتی بوسیله سیاست‌های مالیاتی بر فناوری و صنایع رقیب
- کاهش هزینه‌های مصرف فناوری
- وضع آیین‌نامه‌ها و قواعد تنظیم‌کننده بازار در مورد فناوری
- معافیت‌های مالیاتی بر فناوری
- اعطای تسهیلات در صورت استفاده از فناوری
- تعیین حداقلی از سهم استفاده از فناوری

▪ اقدامات انجام‌شده برای بازاریابی محصولات تولیدشده از فناوری

و) بسیج منابع

دسترسی به منابع مورد نیاز، از ضرورت‌های توسعه نظام‌های نوآوری است. کارکرد تأمین منابع، به تخصیص سرمایه‌های مالی، انسانی، مکمل و مواد مورد نیاز برای توسعه فناوری می‌پردازد. فعالیت‌های مربوط به این کارکرد شامل انواع سرمایه‌گذاری‌ها و یارانه‌های تعلق گرفته به عوامل مختلف توسعه است. همچنین، گسترش زیرساخت‌های عمومی مورد نیاز پیشرفت فناوری، مانند سیستم‌های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره‌ی این کارکرد قرار می‌گیرد. این کارکرد می‌تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگر موثر دیگری در توسعه فناوری، برآورده گردد. با افزایش سطح بلوغ فناوری نوظهور، انتظار می‌رود سهم بخش خصوصی در تأمین منابع مورد نیاز نیز بیشتر گردد. نمونه‌ای از فعالیت‌های مربوط به این کارکرد شود، در ادامه آورده شده است:

- کمک‌های بلاعوض دولتی (سوبسید) برای گسترش و نشر فناوری یا انجام فعالیت کارآفرینی
- سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
- توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری
- تلاش‌های انجام گرفته برای تأمین مواد و قطعات موردنیاز
- تلاش‌های انجام گرفته برای آموزش نیروهای انسانی (علمی و مهارتی)

ز) مشروعیت بخشی

ظهور یک فناوری جدید اغلب با مخالفت بازیگران ذینفع در فناوری‌های کنونی همراه می‌شود. بنابراین، می‌بایست بازیگران فناوری نوظهور، بر این لختی غلبه نمایند. این امر، از طریق تشویق صاحبان قدرت به ایجاد آرایش جدیدی از قواعد و مقررات مربوط به نظام تکنولوژیکی نوآوری صورت می‌پذیرد. کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی‌های سیاسی و رایزنی‌هایی است که بین گروه ذینفعان فناوری صورت می‌پذیرد. این کارکرد، به میزان زیادی با کارکرد جهت‌دهی فرایندهای تحقیقاتی شباهت دارد. بزرگترین تفاوت بین آن‌ها این است که در کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، قواعد موجود در نظام تکنولوژیکی نوآوری تغییر نمی‌کنند. این کارکرد تنها به متقاعدسازی نهادهای پشتیبان می‌پردازد. سپس، رسمیت‌بخشیدن

به فناوری از طریق وضع قواعد جدید، توسط نهادهای پشتیبان صورت می‌پذیرد. فعالیت وضع قوانینی در حمایت از فناوری نیز مربوط به کارکردهای دیگر (مانند جهت‌دهی فرایندهای تحقیقاتی و تأمین منابع) است.

با وجود برآورده شدن این کارکرد توسط بخش خصوصی و عمومی، بازیگران بخش خصوصی مانند سازمان‌های غیر دولتی (NGO) و یا صنایع حامی فناوری نقش پررنگ‌تری را ایفا می‌کنند. توجه شود که در تمام فعالیت‌های این کارکرد، گروهی از بازیگران، گروهی دیگر از بازیگران با قدرت اجرایی را به استفاده از فناوری نوظهور ترغیب می‌کنند. نمونه‌ای از رخدادهای موثر در تحقق این کارکرد، موارد زیر است:

- رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از فناوری
- اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان فناوری در بخش‌های مختلف دولت و صنعت (شامل NGOها)
- شکل‌گیری شبکه‌هایی با هدف افزایش قدرت سیاسی بازیگران
- حمایت‌های انجام‌شده از فناوری از سوی تصمیم‌گیران [۱]

براساس شاخص‌ها و تعاریف چکیده ارائه شده از هر یک از کارکردهای هفت‌گانه، می‌توان دید کاملی از تمام ابعاد یک کارکرد بدست آورد. بر اساس این دید کامل، سوالات مطرح شده در فاز دو از جامعیت برخوردار می‌گردند. به‌زور خلاصه، کلیه زیرکارکردها را می‌توان در قالب زیر به‌نمایش گذاشت:

عامل	زیر عامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
فعالیت‌های کارآفرینانه	ایجاد فرصت‌های جدید	تعداد پروژه‌های انجام شده با هدف تجاری‌سازی	
		تعداد شرکت‌های ثبت شده در زمینه فناوری	
	نمایش فرصت‌های جدید	ورود شرکت‌های موجود به عرصه فناوری	
		حجم سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر انجام شده	
توسعه دانش	نمایش فرصت‌های جدید	برگزاری نمایشگاه تکنولوژی	
		انجام پروژه‌های نمایشی	
	فنی	تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه تکنولوژی	
		تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه تکنولوژی	
		تعداد سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی	
		اندازه‌ی سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی	
		تعداد مطالعات علمی و فنی صورت گرفته از تکنولوژی	
		تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از تکنولوژی (Prototype)	
	غیرفنی	تعداد گزارش‌های تولید شده در رابطه با مطالعه بازار	
		تعداد مطالعات امکان‌سنجی انجام شده	
انتشار دانش	فنی	تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)	
		تعداد کنفرانس‌ها و کارگاه‌های برگزار شده در رابطه با فناوری	

عامل	زیر عامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
	غیر فنی	میزان جابه‌جایی نیروهای تحصیل کرده دانشگاهی با محوریت تکنولوژی	تعداد شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام تکنولوژیک اندازه‌ی شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام تکنولوژیک
		تعداد گزارش‌های منتشر شده در رابطه با مطالعه‌ی بازار تعداد مطالعات امکان‌سنجی منتشر شده	
جهت‌دهی به سیستم	رسمی (وضع نهادها)		قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی استانداردهای تدوین شده
	غیررسمی (شکل‌گیری انتظارات)	وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه‌ی تکنولوژی و یا موارد دیگر که بر تکنولوژی اثر گذارند شکل‌گیری محرک‌هایی برای توسعه‌ی تکنولوژی یا نوع خاصی از آن (مانند ارزان شدن قیمت منابع مصرفی تکنولوژی) شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی رشد تکنولوژی در کشورهای دیگر ایجاد تغییر در عوامل کلان اثرگذار بر سیستم (مانند تغییرات آب و هوایی) شکل‌گیری انتظاراتی درباره‌ی آینده‌ی تکنولوژی	
شکل‌گیری بازار			شفاف‌سازی پتانسیل بازار میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران شناسایی مرحله‌ی بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار تعداد و تنوع کاربران موجود برای تکنولوژی تعداد و تنوع نهادهای تنظیم‌شده برای شکل‌دهی به بازار کمک‌های بلاعوض دولتی (بارانه)
	مالی		سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
	انسانی	در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با تکنولوژی موردنظر	
	مواد	تأمین مواد اولیه‌ی مورد نیاز برای توسعه‌ی تکنولوژی از خارج از کشور	
	دارایی‌های مکمل	توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز تکنولوژی و محصولات و خدمات مکمل	
	مشروعیت‌بخشی	میزان هم‌گرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری تکنولوژیک در حال توسعه میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه‌ی تکنولوژی و محصولات مربوط به آن رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از تکنولوژی اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان تکنولوژی در	

عامل	زیرعامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
		بخش‌های مختلف دولت و صنعت	
		میزان حمایت از تکنولوژی موردنظر در رسانه‌ها	

۱-۳-۱- ارائه‌ی سیاست‌هایی سیستمی برای مشکلات سیستمی شناسایی شده

مشکلات سیستمی که به طور دقیق شناسایی شدند به راحتی می‌توانند با اهداف ابزارهای سیستمی همراستا شوند و بوسیله یک توصیه سیاسی با هدف پشتیبانی توسعه کل نظام، دنبال شوند. در ادامه ابتدا ابزار سیستمی مشکلات ساختاری و سپس ابزار سیستمی متناسب با مشکلات محیطی تبیین می‌شوند.

۱-۳-۱-۱- ارائه‌ی اهداف ابزارهای سیستمی و ابزارهای سیستمی متناسب با مشکلات سیستمی

مشکلات سیستمی شناسایی شده و اهداف مرتبط ابزارهای سیستمی در جدول زیر به طور خلاصه آمده است.

جدول ۱-۱: اهداف ابزارهای سیستمی متناسب با مشکلات سیستمی ارائه شده

مشکل سیستمی	نوع مشکل سیستمی	هدف ابزار سیستمی
مشکلات بازیگران	وجود؟ توانایی؟	تحریک و سازمان‌دهی مشارکت بازیگران متنوع (NGOها، شرکت‌ها، دولت و ...) ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران (به عنوان مثال از طریق یادگیری و آزمایش)
مشکلات تعاملات	وجود؟ شدت؟	تحریک به وقوع انجامیدن تعاملات فی مابین بازیگران (به عنوان مثال مدیریت وجوه مشترک و ایجاد اجماع) ممانعت کردن از گره‌هایی که یا بیشتر از حد قوی هستند و تقویت گره‌های ضعیف
مشکلات نهادی	وجود؟ توانایی؟	تضمین وجود نهادها (سخت و نرم) جلوگیری کردن از اینکه نهادها خیلی ضعیف یا خیلی قوی باشند.
مشکلات زیرساختی	وجود؟ کیفیت؟	تحریک ایجاد زیرساخت‌های فیزیکی، مالی و دانشی. تضمین اینکه کیفیت زیر ساخت‌ها مناسب است.

به منظور برآورده نمودن اهداف ابزارهای سیستمی، یک مجموعه از ابزارهای سیاستی قبلاً در ادبیات معرفی شده‌اند که یک مرور کلی بر آنها در جدول بعدی آمده است. این ابزارها در ایجاد یک ابزار سیستمی برای یک نظام نوآوری تحت بررسی یک نقش حمایتی ایفا می‌کنند. انتخاب آنها نه تنها به مشکلات شناسایی شده وابسته است بلکه به تعاملات متقابل ابزارها، شرایط اقتصادی و سیاسی - اجتماعی محیط اطراف فناوری، اثرات دیگر نظام‌های رقیب نیز وابسته است. آنها می‌بایست به طریقی انتخاب شوند که اثربخشی، تقویت متقابل و کنش منظم خود را حفظ نمایند. یک ابزار سیستمی یک مجموعه یکپارچه و

منسجم از ابزارهایی است که برای یک نظام نوآوری خاص طراحی شده است. هدف آن ایجاد فرصت‌ها و شرایطی برای شکل‌گیری نظام است. (البته از طریق تحت تاثیر قرارداد عناصر و ارتباطات داخلی نظام که در غیر این صورت به طور خود به خودی ظهور نخواهد کرد).

انتظار می‌رود که کاربرد یک ابزار سیستمی خوب طراحی شده در توسعه نظام و دستیابی به نرخ‌های بالاتر نوآوری آشکار شود. به شکل تحلیلی، این حقیقت می‌بایست در تقویت کارکردهایی که قبلاً ضعیف بوده یا اصلاً وجود نداشته‌اند مشاهده گردد. [۱].

جدول ۱-۱: ابزارهای سیاستی انفرادی بالقوه برای رسیدن به اهداف ابزارهای سیستمی

هدف ابزارهای سیستمی	مثال‌هایی از ابزارهای سیستمی برای رسیدن به اهداف تبیین شده
تحریک و سازمان‌دهی مشارکت بازیگران متنوع (NGOها، شرکت‌ها، دولت و ...)	خوشه‌ها؛ شکل‌های جدیدی از مشارکت بین شرکت‌های عمومی و خصوصی؛ تکنیک‌های تعاملی مشارکت ذینفعان؛ بحث‌های عمومی؛ کارگاه‌های علمی؛ نشست‌های موضوعی؛ کارزارهای گذار؛ سرمایه‌گذاری خطرپذیر؛ سرمایه‌های ریسکی
ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران (به عنوان مثال از طریق یادگیری و آزمایش)	گفتمان بیان؛ پس‌بینی؛ آینده‌نگاری؛ ره‌نگاشت؛ طوفان مغزی؛ برنامه‌های آموزشی؛ بسترهای دانشی فناوری؛ توسعه سناریو؛ کارگاه‌های آموزشی؛ آزمایشگاه‌های سیاست‌گذاری؛ پروژه‌های پایلوت. برنامه‌های تحقیقاتی تعاونی، کنفرانس توسعه اجماع؛ کمک‌های مالی و برنامه‌های تعاونی، ابزار واسطه‌ای (پل زدن) (مراکز برتری‌ها، مراکز شایستگی)؛ همکاری و طرح‌های تحرک؛ روشهای ارزش‌گذاری سیاست، بحث تسهیل در تصمیم‌گیری، مراکز ترویج علمی؛ انتقال فناوری.
تحریک به وقوع انجامیدن تعاملات فی مابین بازیگران (به عنوان مثال مدیریت وجوه مشترک و ایجاد اجماع)	تهیه به موقع (راهبردی، عمومی، R&D دوستانه)؛ مراکز نمایشی برای فناوری؛ مدیریت استراتژیک آشیانه‌ها؛ ابزارهای سیاسی (جوایز و افتخارات برای نوآوری و شکوفایی نوآوری)؛ وام/ تضمین/ مشوق‌های مالیاتی برای پروژه‌های نوآورانه و یا برای کاربرد جدید تکنولوژی؛ جوایز؛ ارزیابی سازنده فناوری؛ ارتقاء برنامه‌های فناوری، بحث، گفتمان، سرمایه‌گذاری خطرپذیر، سرمایه ریسکی.
ممانعت کردن از گره‌هایی که یا بیشتر از حد قوی هستند و تقویت گره‌های ضعیف	اقدامات ایجاد آگاهی، کمپین‌های آموزش و اطلاعات، بحث‌های عمومی، لابی، برچسب‌های داوطلبانه، موافقت‌نامه‌های داوطلبانه
تضمین وجود نهادها (سخت و نرم)	آیین‌نامه‌ها (عمومی، خصوصی)، محدودیت تعهدات، هنجارهای (محصول، کاربر)، موافقت‌نامه‌ها، قوانین حق ثبت اختراع، استاندارد، مالیات، حقوق، اصول، مکانیزم عدم رعایت دستورالعمل‌ها
جلوگیری کردن از اینکه نهادها خیلی ضعیف یا خیلی قوی باشند	کمک‌های مالی کلاسیک R & D، مالیات، وام، طرح، بودجه (نهادی، سرمایه‌گذاری، ضمانت، R & D)، یارانه، آزمایشگاه‌های تحقیقاتی عمومی
تحریک ایجاد زیرساخت‌های فیزیکی، مالی و دانشی	اینده‌نگاری؛ روند مطالعات؛ نقشه راه؛ تعیین معیار هوشمند؛ تجزیه و تحلیل SWOT (نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدات)؛ بخش و مطالعات بخشی و خوشه‌ای؛ تجزیه و تحلیل مشکل/ نیازها/ سهامداران/ راه حل؛ سیستم‌های اطلاعاتی (مدیریت برنامه یا نظارت پروژه)؛ شیوه‌های ارزش‌گذاری و ابزار نظر سنجی کاربر؛ پایگاه داده‌ها؛ خدمات مشاوره‌ای؛ برنامه‌های کاربردی سفارشی ساخته شده از گروه سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری؛ تکنیک‌های مدیریت دانش؛ ارزیابی فناوری؛ مکانیسم‌های انتقال دانش؛ ابزارهای اطلاعاتی سیاست (نظارت بر سیاست‌ها و ابزار ارزیابی، تجزیه و تحلیل سیستم)؛ رده؛ نمودار روند
تضمین اینکه کیفیت زیر ساخت‌ها مناسب است	

باید توجه داشت در این متدولوژی تا کنون مشکلات سیستمی شناسایی شده است و اهداف ابزارهای سیستمی نیز در این مرحله در جداول بالا مشکلات سیستمی به تفکیک و ابزارهای سیاستی به طور خیلی کلی و بدون تفکیک کارکردها نشان می‌دهد. به دلیل اینکه مشکلات سیستمی به تفکیک کارکردها شناسایی شده است، ابزارهای سیستمی و پیشنهادهای سیاستی‌ای که مرتبط با مشکلات سیستمی هر کارکرد است نیز در جدول زیر تبیین می‌شود. با این وجود باید توجه داشت بسته به حوزه‌ی فناوری مورد مطالعه ممکن است پیشنهادهای سیاستی جزئی‌تر و یا ترکیبی از ابزارهای سیاستی نیز استفاده شود. در پایان وقتی در مورد یک فناوری خاص ابزارهای سیاستی به طور مشخص بیان شد میتوان آنرا در جدول جمع بندی مرحله قبل اضافه کرد [۱].

جدول ۱-۱۲: ارائه پیشنهادهای سیاستی و ابزارهای سیستمی برای مشکلات سیستمی شناسایی شده به تفکیک هر

کارکرد

کارکردها	چهار دسته مشکلات سیستمی ساختاری	هدف ابزارهای سیستمی	پیشنهاد‌های سیاستی و ابزارهای سیستمی
کارآفرینی	وجود	تحریک و سازمان‌دهی مشارکت بازیگران متنوع	<ul style="list-style-type: none"> ✓ شکل‌های جدیدی از مشارکت بین شرکت‌های عمومی و خصوصی ایجاد شود ✓ تکنیک‌های تعاملی مشارکت ذینفعان به وجود آید ✓ به سرمایه‌گذاری خطرپذیر بها داده شود ✓ استفاده از خوشه‌بندی فناوری برای تحریک ورود کارآفرینان ✓ برگزاری بحث‌های عمومی و کارگاه‌های علمی و نشست‌های موضوعی به منظور تحریک کارآفرینان ✓ ایجاد کارزارهای گذار به وسیله‌ی ایجاد یک شبکه از بازیگران قوی داخلی و خارجی برای مشخص کردن مشکلات، توسعه چشم‌اندازها، راه‌های رسیدن به آنها، تنظیم اهداف و سیر زمانی برای اتفاق افتادن گذار که منجر به ورود کارآفرینان می‌شود
	توانایی	ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران (به عنوان مثال از طریق یادگیری و آزمایش)	<ul style="list-style-type: none"> با استفاده از ابزارهای زیر می‌توان فضا را برای توسعه‌ی بازیگران کارآفرینی فراهم کرد: ✓ طوفان مغزی ✓ برنامه‌های آموزشی ✓ بسترهای دانشی فناوری ✓ کارگاه‌های آموزشی ✓ پروژه‌های پایلوت

پیشنهاد‌های سیاستی و ابزارهای سیستمی	هدف ابزارهای سیستمی	چهار دسته مشکلات سیستمی ساختاری	کاردها
<ul style="list-style-type: none"> ✓ ایجاد برنامه‌های تحقیقاتی تعاونی ✓ برگزاری کنفرانس توسعه اجماع ✓ استفاده از ابزار واسطه‌ای (پل زدن) (مراکز برتری‌ها، مراکز شایستگی) ✓ به وجود آوردن همکاری و طرح‌های تحرک ✓ بررسی بهترین روش انتقال فناوری برای ایجاد تعامل بین کارآفرینان 	<p>تحریک به وقوع انجامیدن تعاملات فی مابین بازیگران (به عنوان مثال مدیریت وجوه مشترک و ایجاد اجماع)</p>	<p>وجود</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ تهیه به موقع احتیاجات (راهبردی، عمومی، R&D دوستانه) تعاملات بین کارآفرینان را افزایش می‌دهد ✓ ایجاد مراکز نمایشی که باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ با استفاده از مدیریت استراتژیک آشیانه‌ها می‌توان با گره‌های قوی رژیم مقابله کرد و گره‌های ضعیف موجود در آشیانه را تقویت کرد ✓ استفاده از ابزارهای سیاستی (جوایز و افتخارات برای نوآوری و شکوفایی نوآوری) می‌تواند باعث تقویت گره‌های ضعیف شود. ✓ وام / تضمین / مشوق‌های مالیاتی برای پروژه‌های نوآورانه و یا برای کاربرد جدید تکنولوژی باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ ارزیابی سازنده فناوری باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ با ارتقاء برنامه‌های فناوری تعاملات بین بازیگران این حوزه افزایش می‌یابد. ✓ بحث و گفتمان نیز باعث تقویت گره‌های بین کارآفرینان می‌شود. ✓ ایجاد سرمایه‌گذاری خطرپذیر باعث تقویت تعاملات بین کارآفرینان می‌شود. 	<p>ممانعت کردن از گره‌هایی که یا بیشتر از حد قوی هستند و تقویت گره‌های ضعیف</p>	<p>مشکلات تعاملات</p> <p>شدت</p>	
<p>با استفاده از ابزار زیر می‌توان وجود قوانین نرم و سخت را تضمین کرد:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ اقدامات ایجاد آگاهی ✓ کمپین‌های آموزش و اطلاعات ✓ بحث‌های عمومی ✓ لابی ✓ موافقت‌نامه‌های داوطلبانه 	<p>تضمین وجود نهادها (سخت و نرم)</p>	<p>وجود</p>	<p>مشکلات قوانین</p>
<p>با استفاده از ابزار زیر می‌توان نهادهای ضعیف را تقویت کرد و از قدرت نهادهای مخالفت‌کننده با توسعه فناوری مورد نظر کاست:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ آیین‌نامه‌ها (عمومی، خصوصی) ✓ محدودیت تعهدات ✓ هنجارهای (محصول، کاربر) ✓ موافقت‌نامه‌ها ✓ قوانین حق ثبت اختراع 	<p>جلوگیری کردن از اینکه نهادها خیلی ضعیف یا خیلی قوی باشند .</p>	<p>کیفیت</p>	

کارکردها	چهار دسته مشکلات سیستمی ساختاری	هدف ابزارهای سیستمی	پیشنهادهای سیاستی و ابزارهای سیستمی
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ استاندارد ✓ مالیات ✓ حقوق ✓ اصول ✓ مکانیزم عدم رعایت دستورالعمل‌ها
	مشکلات زیر ساخت‌ها	وجود	<p>تحریک ایجاد زیرساخت‌های فیزیکی، مالی و دانشی.</p> <p>برای تحریک ایجاد زیر ساخت‌های مربوط به کارآفرینی می‌توان از همه‌ی ابزارهای جدول قبل به صورت تکی یا ترکیبی استفاده کرد.</p>
		کیفیت	<p>تضمین اینکه کیفیت زیر ساخت‌ها مناسب است.</p> <p>برای تضمین کیفیت زیر ساخت‌های مربوط به کارآفرینی می‌توان از همه‌ی ابزارهای جدول قبل به صورت تکی یا ترکیبی استفاده کرد.</p>
	مشکلات بازیگران	وجود	<p>تحریک و سازمان‌دهی مشارکت بازیگران متنوع</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ به وجود آوردن شکل‌های جدیدی از مشارکت بین شرکت‌های عمومی و خصوصی و پروژه‌های دانشگاهی ✓ فراهم آوردن بستری برای گرویدن دانشجویان و اساتید به گروه ذینفعان در حوزه‌ی مربوطه ✓ تشویق دانشگاه‌ها برای برگزاری کارگاه‌های علمی و نشست‌های موضوعی ✓ تشویق دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها برای تبیین کارزارهای گذار
توسعه دانش		توانایی	<p>توسعه توانایی‌های بازیگران (به عنوان مثال از طریق یادگیری و آزمایش)</p> <p>با استفاده از ابزارهای زیر می‌توان فضا را برای توسعه‌ی بازیگران توسعه دانش فراهم کرد:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ گفت‌وگو بیان ✓ طوفان مغزی ✓ برنامه‌های آموزشی ✓ بسترهای دانشی فناوری ✓ کارگاه‌های آموزشی
	مشکلات تعاملات	وجود	<p>تحریک به وقوع انجامیدن تعاملات فی مابین بازیگران (به عنوان مثال مدیریت وجوه مشترک و ایجاد اجماع)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ایجاد برنامه‌های تحقیقاتی تعاونی ✓ برگزاری کنفرانس توسعه اجماع ✓ به وجود آوردن برنامه‌های تعاونی ✓ استفاده از ابزار واسطه‌ای (پل زدن) (مراکز برتری‌ها، مراکز شایستگی) ✓ برای ایجاد تعامل بین دانشگاه‌ها و تعامل بین صنعت و دانشگاه ✓ بررسی بهترین روش انتقال فناوری و اجرای آن در حوزه‌ی فناوری مورد مطالعه برای ایجاد تعامل بین بازیگران توسعه دانش
		شدت	<p>ممانعت کردن از گره‌هایی که یا بیشتر از حد قوی هستند و تقویت گره‌های ضعیف</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ تهیه به موقع احتیاجات (راهبردی، عمومی، R&D دوستانه) تعاملات بین بازیگران توسعه دانش را افزایش می‌دهد ✓ ایجاد مراکز نمایشی که باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود

پیشنهاد‌های سیاستی و ابزارهای سیستمی	هدف ابزارهای سیستمی	چهار دسته مشکلات سیستمی ساختاری	کارها
<ul style="list-style-type: none"> ✓ با استفاده از مدیریت استراتژیک آشیانه‌ها می‌توان با گره‌های قوی رژیم مقابله کرد و گره‌های ضعیف موجود در آشیانه را تقویت کرد ✓ استفاده از ابزارهای سیاستی (جوایز و افتخارات برای نوآوری و شکوفایی نوآوری) می‌تواند باعث تقویت گره‌های ضعیف برای توسعه دانش شود. ✓ ارزیابی سازنده فناوری باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ با ارتقاء برنامه‌های فناوری تعاملات بین بازیگران این حوزه افزایش می‌یابد. ✓ بحث و گفتمان نیز باعث تقویت گره‌های بین بازیگران توسعه دانش می‌شود. 			
<ul style="list-style-type: none"> با استفاده از ابزار زیر می‌توان وجود قوانین نرم و سخت را تضمین کرد: ✓ اقدامات ایجاد آگاهی ✓ کمپین‌های آموزش و اطلاعات ✓ بحث‌های عمومی ✓ لابی ✓ موافقت‌نامه‌های داوطلبانه 	تضمین وجود نهادها (سخت و نرم)	وجود	
<ul style="list-style-type: none"> با استفاده از ابزار زیر می‌توان نهادهای ضعیف را تقویت کرد و از قدرت نهادهای مخالفت‌کننده با توسعه فناوری مورد نظر کاست: ✓ آیین‌نامه‌ها (عمومی، خصوصی) ✓ محدودیت تعهدات ✓ هنجارهای (محصول، کاربر) ✓ موافقت‌نامه‌ها ✓ قوانین حق ثبت اختراع ✓ استاندارد ✓ مالیات ✓ حقوق ✓ اصول ✓ مکانیزم عدم رعایت دستورالعمل‌ها 	جلوگیری کردن از اینکه نهادها خیلی ضعیف یا خیلی قوی باشند .	مشکلات قوانین کیفیت	
<ul style="list-style-type: none"> برای تحریک ایجاد زیر ساخت‌های مربوط به توسعه دانش می‌توان از همه‌ی ابزارهای جدول قبل به صورت تکی یا ترکیبی استفاده کرد. 	تحریک ایجاد زیرساخت‌های فیزیکی، مالی و دانشی.	وجود	مشکلات
<ul style="list-style-type: none"> برای تضمین کیفیت زیر ساخت‌های مربوط به توسعه دانش می‌توان از همه‌ی ابزارهای جدول قبل به صورت تکی یا ترکیبی استفاده کرد. 	تضمین اینکه کیفیت زیر ساخت‌ها مناسب است.	کیفیت	زیر ساخت‌ها
<ul style="list-style-type: none"> ✓ به وجود آوردن شکل‌های جدیدی از مشارکت بین شرکت‌های عمومی و خصوصی با بانک‌ها و سازمان‌های تامین منابع مالی 	تحریک و سازمان‌دهی مشارکت بازیگران متنوع	وجود	مشکلات بازیگران

پیشنهاد‌های سیاستی و ابزارهای سیستمی	هدف ابزارهای سیستمی	چهار دسته مشکلات سیستمی ساختاری	کارها
<ul style="list-style-type: none"> ✓ ایجاد تکنیک‌های تعاملی مشارکت ذینفعان و سازمان‌های تامین منابع مالی ✓ برگزاری بحث‌های عمومی و کارگاه‌های علمی برای تربیت نیروی انسانی ✓ برپایی نشست‌های موضوعی برای نحوه تامین منابع مالی و انسانی 			
<p>با استفاده از ابزارهای زیر می‌توان فضا را برای توسعه‌ی بازیگران تامین و تسهیل منابع فراهم کرد:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ گفتمان بیان ✓ پس‌بینی ✓ آینده‌نگاری ✓ ره‌نگاشت ✓ طوفان مغزی ✓ آزمایشگاه‌های سیاست‌گذاری 	<p>ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران (به عنوان مثال از طریق یادگیری و آزمایش)</p>	<p>توانایی</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ کنفرانس توسعه اجماع ✓ کمک‌های مالی و برنامه‌های تعاونی به منظور تحریک متولیان تامین و تسهیل منابع ✓ استفاده از ابزار واسطه‌ای (پل زدن) (مراکز برتری‌ها، مراکز شایستگی) ✓ همکاری و طرح‌های تحرک 	<p>تحریک به وقوع انجامیدن تعاملات فی مابین بازیگران (به عنوان مثال مدیریت وجوه مشترک و ایجاد اجماع)</p>	<p>وجود</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ تهیه به موقع احتیاجات (راهبردی، عمومی، R&D دوستانه) تعاملات بین بازیگران تامین و تسهیل منابع را افزایش می‌دهد ✓ ایجاد مراکز نمایشی که باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ با استفاده از مدیریت استراتژیک آشیانه‌ها می‌توان با گره‌های قوی رژیم مقابله کرد و گره‌های ضعیف موجود در آشیانه را تقویت کرد ✓ استفاده از ابزارهای سیاستی (جوایز و افتخارات برای نوآوری و شکوفایی نوآوری) می‌تواند باعث تقویت گره‌های ضعیف شود. ✓ وام/ تضمین/ مشوق‌های مالیاتی برای پروژه‌های نوآورانه و یا برای کاربرد جدید تکنولوژی باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ ارزیابی سازنده فناوری باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ با ارتقاء برنامه‌های فناوری تعاملات بین بازیگران این حوزه افزایش می‌یابد. ✓ بحث و گفتمان نیز باعث تقویت گره‌های بین تامین‌کنندگان منابع می‌شود. 	<p>ممانعت کردن از گره‌هایی که یا بیشتر از حد قوی هستند و تقویت گره‌های ضعیف</p>	<p>مشکلات تعاملات شدت</p>	
<p>با استفاده از ابزار زیر می‌توان وجود قوانین نرم و سخت را تضمین کرد:</p>	<p>تضمین وجود نهادها (سخت و نرم)</p>	<p>مشکلات وجود</p>	

کارکردها	چهار دسته مشکلات سیستمی ساختاری	هدف ابزارهای سیستمی	پیشنهاد‌های سیاستی و ابزارهای سیستمی
	قوانین		<ul style="list-style-type: none"> ✓ اقدامات ایجاد آگاهی ✓ کمپین‌های آموزش و اطلاعات ✓ بحث‌های عمومی ✓ لابی ✓ موافقت‌نامه‌های داوطلبانه
	کیفیت	جولوگیری کردن از اینکه نهادها خیلی ضعیف یا خیلی قوی باشند	<p>با استفاده از ابزار زیر می‌توان نهادهای ضعیف را تقویت کرد و از قدرت نهادهای مخالفت‌کننده با توسعه فناوری مورد نظر کاست:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ آیین‌نامه‌ها (عمومی، خصوصی) ✓ محدودیت تعهدات ✓ هنجارهای (محصول، کاربر) ✓ موافقت‌نامه‌ها ✓ قوانین حق ثبت اختراع ✓ استاندارد ✓ مالیات ✓ حقوق ✓ اصول ✓ مکانیزم عدم رعایت دستورالعمل‌ها
	مشکلات زیر ساخت‌ها	وجود	<p>تحریک ایجاد زیرساخت‌های فیزیکی، مالی و دانشی.</p> <p>برای تحریک ایجاد زیر ساخت‌های مربوط به تامین و تسهیل منابع می‌توان از همه‌ی ابزارهای جدول قبل به صورت تکی یا ترکیبی استفاده کرد.</p>
	کیفیت	تضمین اینکه کیفیت زیر ساخت‌ها مناسب است.	<p>برای تضمین کیفیت زیر ساخت‌های مربوط به تامین و تسهیل منابع می‌توان از همه‌ی ابزارهای جدول قبل به صورت تکی یا ترکیبی استفاده کرد.</p>
انتشار دانش	مشکلات بازیگران	وجود	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ایجاد شکل‌های جدیدی از مشارکت بین شرکت‌های عمومی و خصوصی ✓ تکنیک‌های تعاملی مشارکت ذینفعان برای انتشار دانش ✓ برپایی بحث‌های عمومی و کارگاه‌های علمی و نشست‌های موضوعی ✓ برای تشویق متولیان انتشار دانش
	توانایی	توانایی	<p>با استفاده از ابزارهای زیر می‌توان فضا را برای توسعه‌ی بازیگران انتشار دانش فراهم کرد:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ برنامه‌های آموزشی ✓ بسترهای دانشی فناوری ✓ کارگاه‌های آموزشی
	مشکلات تعاملات	وجود	<p>تحریک به وقوع انجامیدن تعاملات فی مابین بازیگران (به عنوان مثال مدیریت وجوه مشترک و ایجاد اجماع)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ به وجود آوردن برنامه‌های تحقیقاتی تعاونی ✓ برگزاری کنفرانس توسعه اجماع

پیشنهاد‌های سیاستی و ابزارهای سیستمی	هدف ابزارهای سیستمی	چهار دسته مشکلات سیستمی ساختاری	کارها
<ul style="list-style-type: none"> ✓ استفاده از ابزار واسطه‌ای (پل زدن) (مراکز برتری‌ها، مراکز شایستگی) ✓ ایجاد مراکز ترویج علمی ✓ فراهم آوردن بستری مناسب برای ثبت اطلاعات مربوطه 			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ تهیه به موقع احتیاجات (راهبردی، عمومی، R&D دوستانه) تعاملات بین بازیگران انتشار دانش را افزایش می‌دهد ✓ ایجاد مراکز نمایشی که باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ با استفاده از مدیریت استراتژیک آشیانه‌ها می‌توان با گره‌های قوی رژیم مقابله کرد و گره‌های ضعیف موجود در آشیانه را تقویت کرد ✓ استفاده از ابزارهای سیاستی (جوایز و افتخارات برای نوآوری و شکوفایی نوآوری) می‌تواند باعث تقویت گره‌های ضعیف برای انتشار دانش شود. ✓ ارزیابی سازنده فناوری باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ با ارتقاء برنامه‌های فناوری تعاملات بین بازیگران این حوزه افزایش می‌یابد. ✓ بحث و گفت‌وگو نیز باعث تقویت گره‌های بین بازیگران انتشار دانش می‌شود. 	<p>ممانعت کردن از گره‌هایی که یا بیشتر از حد قوی هستند و تقویت گره‌های ضعیف</p>	<p>شدت</p>	
<ul style="list-style-type: none"> با استفاده از ابزار زیر می‌توان وجود قوانین نرم و سخت را تضمین کرد: ✓ اقدامات ایجاد آگاهی ✓ کمپین‌های آموزش و اطلاعات ✓ بحث‌های عمومی ✓ لابی ✓ موافقت‌نامه‌های داوطلبانه 	<p>تضمین وجود نهادها (سخت و نرم)</p>	<p>وجود</p>	
<ul style="list-style-type: none"> با استفاده از ابزار زیر می‌توان نهادهای ضعیف را تقویت کرد و از قدرت نهادهای مخالف‌کننده با توسعه فناوری مورد نظر کاست: ✓ آیین‌نامه‌ها (عمومی، خصوصی) ✓ محدودیت تعهدات ✓ هنجارهای (محصول، کاربر) ✓ موافقت‌نامه‌ها ✓ قوانین حق ثبت اختراع ✓ استاندارد ✓ مالیات ✓ حقوق ✓ اصول ✓ مکانیزم عدم رعایت دستورالعمل‌ها 	<p>جلوگیری کردن از اینکه نهادها خیلی ضعیف یا خیلی قوی باشند</p>	<p>مشکلات قوانین کیفیت</p>	

پیشنهاد‌های سیاستی و ابزارهای سیستمی	هدف ابزارهای سیستمی	چهار دسته مشکلات سیستمی ساختاری		کارکردها	
<p>برای تحریک ایجاد زیر ساخت‌های مربوط به انتشار دانش می‌توان از همه‌ی ابزارهای جدول قبل به صورت تکی یا ترکیبی استفاده کرد.</p>	<p>تحریک ایجاد زیرساخت‌های فیزیکی، مالی و دانشی.</p>	وجود	مشکلات		
<p>برای تضمین کیفیت زیر ساخت‌های مربوط به انتشار دانش می‌توان از همه‌ی ابزارهای جدول قبل به صورت تکی یا ترکیبی استفاده کرد.</p>	<p>تضمین اینکه کیفیت زیر ساخت‌ها مناسب است.</p>	کیفیت	زیر ساخت‌ها		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ شکل‌های جدیدی از مشارکت بین شرکت‌های عمومی و خصوصی ✓ تکنیک‌های تعاملی مشارکت ذینفعان ✓ برپایی بحث‌های عمومی و کارگاه‌های علمی و نشست‌های موضوعی به منظور تشویق متولیان جهت‌دهی به سیستم و اجماع بین بازیگران این حوزه ✓ تبیین کارزارهای گذار به منظور اجماع سازمان‌های جهت‌دهی به سیستم 	<p>تحریک و سازمان‌دهی مشارکت بازیگران متنوع</p>	وجود			
<p>با استفاده از ابزارهای زیر می‌توان فضا را برای توسعه‌ی بازیگران جهت‌دهی به سیستم فراهم کرد:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ گفتمان بیان ✓ پس‌بینی ✓ آینده‌نگاری ✓ ره‌نگاشت ✓ طوفان مغزی ✓ برنامه‌های آموزشی ✓ بسترهای دانشی فناوری ✓ توسعه سناریو ✓ آزمایشگاه‌های سیاست‌گذاری 	<p>ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران (به عنوان مثال از طریق یادگیری و آزمایش)</p>	توانایی	مشکلات بازیگران	جهت‌دهی به سیستم	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ برگزاری کنفرانس توسعه اجماع ✓ استفاده از ابزار واسطه‌ای (پل زدن) (مراکز برتری‌ها، مراکز شایستگی) ✓ فراهم آوردن همکاری و طرح‌های تحرک ✓ بررسی روشهای ارزش‌گذاری سیاست ✓ ایجاد بستری مناسب برای تسهیل در تصمیم‌گیری 	<p>تحریک به وقوع انجامیدن تعاملات فی مابین بازیگران (به عنوان مثال مدیریت وجوه مشترک و ایجاد اجماع)</p>	وجود			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ تهیه به موقع احتیاجات (راهبردی، عمومی، R&D دوستانه) تعاملات بین بازیگران جهت‌دهی به سیستم را افزایش می‌دهد ✓ ایجاد مراکز نمایی که باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ با استفاده از مدیریت استراتژیک آشیانه‌ها می‌توان با گره‌های قوی رژیم مقابله کرد و گره‌های ضعیف موجود در آشیانه را تقویت کرد ✓ استفاده از ابزارهای سیاستی (جوایز و افتخارات برای نوآوری و شکوفایی نوآوری) می‌تواند باعث تقویت گره‌های ضعیف شود. 	<p>ممانعت کردن از گره‌هایی که یا بیشتر از حد قوی هستند و تقویت گره‌های ضعیف</p>	شدت	مشکلات تعاملات		

کارها	چهار دسته مشکلات سیستمی ساختاری	هدف ابزارهای سیستمی	پیشنهاد‌های سیاستی و ابزارهای سیستمی
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ وام/ تضمین/ مشوق‌های مالیاتی برای پروژه‌های نوآورانه و یا برای کاربرد جدید تکنولوژی باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ ارزیابی سازنده فناوری باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ با ارتقاء برنامه‌های فناوری تعاملات بین بازیگران این حوزه افزایش می‌یابد. ✓ بحث و گفت‌وگو نیز باعث تقویت گره‌های بین بازیگران جهت‌دهی به سیستم می‌شود. ✓ ایجاد سرمایه‌گذاری خطرپذیر باعث تقویت تعاملات بین بازیگران جهت‌دهی به سیستم می‌شود.
	وجود	تضمین وجود نهادها (سخت و نرم)	<ul style="list-style-type: none"> با استفاده از ابزار زیر می‌توان وجود قوانین نرم و سخت را تضمین کرد: ✓ اقدامات ایجاد آگاهی ✓ کمپین‌های آموزش و اطلاعات ✓ بحث‌های عمومی ✓ لابی ✓ موافقت‌نامه‌های داوطلبانه
	مشکلات قوانین	کیفیت	<ul style="list-style-type: none"> با استفاده از ابزار زیر می‌توان نهادهای ضعیف را تقویت کرد و از قدرت نهادهای مخالف‌کننده با توسعه فناوری مورد نظر کاست: ✓ آیین‌نامه‌ها (عمومی، خصوصی) ✓ محدودیت تعهدات ✓ هنجارهای (محصول، کاربر) ✓ موافقت‌نامه‌ها ✓ قوانین حق ثبت اختراع ✓ استاندارد ✓ مالیات ✓ حقوق ✓ اصول ✓ مکانیزم عدم رعایت دستورالعمل‌ها
	مشکلات زیر ساخت‌ها	وجود	<ul style="list-style-type: none"> تحریک ایجاد زیرساخت‌های فیزیکی، مالی و دانشی.
		کیفیت	<ul style="list-style-type: none"> تضمین اینکه کیفیت زیر ساخت‌ها مناسب است.
	مشکلات بازیگران	وجود	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ایجاد شکل‌های جدیدی از مشارکت بین شرکت‌های عمومی و خصوصی به منظور ایجاد سازمان‌های مردم‌نهاد برای مشروعیت‌بخشی
			<ul style="list-style-type: none"> تحریک و سازمان‌دهی مشارکت بازیگران متنوع

پیشنهاد‌های سیاستی و ابزارهای سیستمی	هدف ابزارهای سیستمی	چهار دسته مشکلات سیستمی ساختاری	کارها
<p>✓ اجرای بحث‌های عمومی و کارگاه‌های علمی و نشست‌های موضوعی برای تهیه متولیان مشرویت بخشی</p> <p>با استفاده از ابزارهای زیر می‌توان فضا را برای توسعه بازیگران مشرویت بخشی فراهم کرد:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ گفت‌وگو بیان ✓ پس‌بینی ✓ آینده‌نگاری ✓ ره‌نگاشت ✓ برنامه‌های آموزشی ✓ بسترهای دانشی فناوری ✓ توسعه سناریو ✓ کارگاه‌های آموزشی ✓ آزمایشگاه‌های سیاست‌گذاری ✓ پروژه‌های پایلوت 	<p>ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران (به عنوان مثال از طریق یادگیری و آزمایش)</p>	<p>توانایی</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ تدوین برنامه‌های تحقیقاتی تعاونی ✓ برگزاری کنفرانس توسعه اجماع ✓ استفاده از ابزار واسطه‌ای (پل زدن) (مراکز برتری‌ها، مراکز شایستگی) ✓ ایجاد مراکز ترویج علمی 	<p>تحریک به وقوع انجامیدن تعاملات فی مابین بازیگران (به عنوان مثال مدیریت وجوه مشترک و ایجاد اجماع)</p>	<p>وجود</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ تهیه به موقع احتیاجات (راهبردی، عمومی، R&D دوستانه) تعاملات بین بازیگران مشرویت بخشی را افزایش می‌دهد ✓ ایجاد مراکز نمایشی که باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ با استفاده از مدیریت استراتژیک آشیانه‌ها می‌توان با گره‌های قوی رژیم مقابله کرد و گره‌های ضعیف موجود در آشیانه را تقویت کرد ✓ استفاده از ابزارهای سیاستی (جوایز و افتخارات برای نوآوری و شکوفایی نوآوری) می‌تواند باعث تقویت گره‌های ضعیف شود. ✓ وام/ تضمین/ مشوق‌های مالیاتی برای پروژه‌های نوآورانه و یا برای کاربرد جدید تکنولوژی باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ ارزیابی سازنده فناوری باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ با ارتقاء برنامه‌های فناوری تعاملات بین بازیگران این حوزه افزایش می‌یابد ✓ بحث و گفت‌وگو نیز باعث تقویت گره‌های بین بازیگران مشرویت بخشی می‌شود 	<p>ممانعت کردن از گره‌هایی که یا بیشتر از حد قوی هستند و تقویت گره‌های ضعیف</p>	<p>مشکلات تعاملات شدت</p>	
<p>با استفاده از ابزار زیر می‌توان وجود قوانین نرم و سخت را تضمین کرد:</p>	<p>تضمین وجود نهادها (سخت و نرم)</p>	<p>وجود</p>	<p>مشکلات</p>

کارکردها	چهار دسته مشکلات سیستمی ساختاری	هدف ابزارهای سیستمی	پیشنهاد‌های سیاستی و ابزارهای سیستمی
	قوانین		<ul style="list-style-type: none"> ✓ اقدامات ایجاد آگاهی ✓ کمپین‌های آموزش و اطلاعات ✓ بحث‌های عمومی ✓ لابی ✓ موافقت‌نامه‌های داوطلبانه
	کیفیت	جلوگیری کردن از اینکه نهادها خیلی ضعیف یا خیلی قوی باشند.	<p>با استفاده از ابزار زیر می‌توان نهادهای ضعیف را تقویت کرد و از قدرت نهادهای مخالفت‌کننده با توسعه فناوری مورد نظر کاست:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ آیین‌نامه‌ها (عمومی، خصوصی) ✓ محدودیت تعهدات ✓ هنجارهای (محصول، کاربر) ✓ موافقت‌نامه‌ها ✓ قوانین حق ثبت اختراع ✓ استاندارد ✓ مالیات ✓ حقوق ✓ اصول ✓ مکانیزم عدم رعایت دستورالعمل‌ها
مشکلات زیر ساخت‌ها	وجود	تحریک ایجاد زیرساخت‌های فیزیکی، مالی و دانشی.	برای تحریک ایجاد زیر ساخت‌های مربوط به مشروعیت‌بخشی می‌توان از همه‌ی ابزارهای جدول قبل به صورت تکی یا ترکیبی استفاده کرد.
	کیفیت	تضمین اینکه کیفیت زیر ساخت‌ها مناسب است.	برای تضمین کیفیت زیر ساخت‌های مربوط به مشروعیت‌بخشی می‌توان از همه‌ی ابزارهای جدول قبل به صورت تکی یا ترکیبی استفاده کرد.
مشکلات بازیگران	وجود	تحریک و سازمان‌دهی مشارکت بازیگران متنوع	<ul style="list-style-type: none"> ✓ بحث‌های عمومی و کارگاه‌های علمی و نشست‌های موضوعی به منظور ایجاد تقاضا ✓ ایجاد کارزارهای گذار برای ایجاد تقاضا به منظور شکل‌گیری بازار اولیه
	توانایی	ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران (به عنوان مثال از طریق یادگیری و آزمایش)	<p>با استفاده از ابزارهای زیر می‌توان فضا را برای توسعه‌ی بازیگران شکل‌دهی به بازار فراهم کرد:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ گفت‌وگو بیان ✓ پس‌بینی ✓ آینده‌نگاری ✓ ره‌نگاشت ✓ طوفان مغزی ✓ برنامه‌های آموزشی ✓ توسعه سناریو

کارها	چهار دسته مشکلات سیستمی ساختاری	هدف ابزارهای سیستمی	پیشنهاد‌های سیاستی و ابزارهای سیستمی
			<ul style="list-style-type: none"> ✓ کارگاه‌های آموزشی ✓ آزمایشگاه‌های سیاست‌گذاری ✓ پروژه‌های پایلوت
	وجود	تحریک به وقوع انجامیدن تعاملات فی مابین بازیگران (به عنوان مثال مدیریت وجوه مشترک و ایجاد اجماع)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ برگزاری کنفرانس توسعه اجماع ✓ استفاده از ابزار واسطه‌ای (پل زدن) (مراکز برتری‌ها، مراکز شایستگی) ✓ فراهم آوردن بستری برای همکاری و طرح‌های تحرک ✓ ایجاد مراکز ترویج علمی ✓ بررسی وجوه مختلف انتقال فناوری به منظور ایجاد تعامل بین بازیگران ✓ شکل‌دهی به بازار
	مشکلات تعاملات	ممانعت کردن از گره‌هایی که یا بیشتر از حد قوی هستند و تقویت گره‌های ضعیف.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ تهیه به موقع احتیاجات (راهبردی، عمومی، R&D دوستانه) تعاملات بین بازیگران شکل‌دهی به بازار را افزایش می‌دهد ✓ ایجاد مراکز نمایشی که باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ با استفاده از مدیریت استراتژیک آشیانه‌ها می‌توان با گره‌های قوی رژیم مقابله کرد و گره‌های ضعیف موجود در آشیانه را تقویت کرد ✓ استفاده از ابزارهای سیاستی (جوایز و افتخارات برای نوآوری و شکوفایی نوآوری) می‌تواند باعث تقویت گره‌های ضعیف شود. ✓ وام/ تضمین/ مشوق‌های مالیاتی برای پروژه‌های نوآورانه و یا برای کاربرد جدید تکنولوژی باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ ارزیابی سازنده فناوری باعث تقویت گره‌های ضعیف می‌شود ✓ با ارتقاء برنامه‌های فناوری تعاملات بین بازیگران این حوزه افزایش می‌یابد ✓ بحث و گفت‌وگو نیز باعث تقویت گره‌های بین بازیگران شکل‌دهی به بازار می‌شود ✓ ایجاد سرمایه‌گذاری خطرپذیر باعث تقویت تعاملات بین بازیگران شکل‌دهی به بازار می‌شود
	مشکلات قوانین	تضمین وجود نهادها (سخت و نرم)	<ul style="list-style-type: none"> با استفاده از ابزار زیر می‌توان وجود قوانین نرم و سخت را تضمین کرد: ✓ اقدامات ایجاد آگاهی ✓ کمپین‌های آموزش و اطلاعات ✓ بحث‌های عمومی ✓ لابی ✓ موافقت‌نامه‌های داوطلبانه
	کیفیت	جلوگیری کردن از اینکه نهادها خیلی ضعیف یا خیلی قوی باشند .	<ul style="list-style-type: none"> با استفاده از ابزار زیر می‌توان نهادهای ضعیف را تقویت کرد و از قدرت

پیشنهاد‌های سیاستی و ابزارهای سیستمی	هدف ابزارهای سیستمی	چهار دسته مشکلات سیستمی ساختاری		کارها
<p>نهادهای مخالفت‌کننده با توسعه فناوری مورد نظر کاست:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ آیین‌نامه‌ها (عمومی، خصوصی) ✓ محدودیت تعهدات ✓ هنجارهای (محصول، کاربر) ✓ قوانین حق ثبت اختراع ✓ استاندارد ✓ مالیات ✓ حقوق ✓ مکانیزم عدم رعایت دستورالعمل‌ها 				
<p>برای تحریک ایجاد زیرساختهای مربوط به شکل‌دهی به بازار می‌توان از همه‌ی ابزارهای جدول قبل به صورت تکی یا ترکیبی استفاده کرد.</p>	<p>تحریک ایجاد زیرساختهای فیزیکی، مالی و دانشی.</p>	<p>وجود</p>	<p>مشکلات</p>	
<p>برای تضمین کیفیت زیرساختهای مربوط به شکل‌دهی به بازار می‌توان از همه‌ی ابزارهای جدول قبل به صورت تکی یا ترکیبی استفاده کرد.</p>	<p>تضمین اینکه کیفیت زیرساختها مناسب است.</p>	<p>کیفیت</p>	<p>زیر ساختها</p>	

۲- چالش‌های توسعه صنعت و فناوری موتورهای

الکتریکی در قالب کارکردهای نظام نوآوری و

سیاست‌های رفع آن

۱-۲- مقدمه

به منظور تدوین سیاست‌های کلان مورد نیاز در سند توسعه فناوری موتورهای الکتریکی، چالش‌های مربوط به هر یک از ابعاد ساختاری TIS (یعنی بازیگران، تعاملات، نهادها و زیرساخت‌ها) در هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه شامل توسعه و انتشار دانش، فعالیت‌های کارآفرینی، شکل دهی به بازار، بسیج منابع، مشروعیت بخشی و جهت‌دهی به سیستم از سوی تعدادی از متخصصان این حوزه شناسایی شد که در این فصل در ابتدا خلاصه‌ای از نظرات خبرگان بیان می‌شود و سپس چالش‌های توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی در هر یک از کارکردها دسته‌بندی می‌شود. در بخش آتی سیاست‌های لازم برای رفع این چالش‌ها تعیین می‌گردد.

۲-۲- چالش‌های توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی

به منظور احصاء چالش‌های پیش روی توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی، با ۹ نفر از متخصصان صنعتی، دانشگاهی و سیاست‌گذاران مختلف با سابقه فعالیت طولانی در صنعت موتورهای الکتریکی، مصاحبه صورت گرفت. اسامی این خبرگان عبارت است از:

- ❖ مهندس یکتا مقدم (مدیرعامل سابق شرکت جمکو و عضو هیئت مدیره شرکت OTC)
- ❖ مهندس فرزانه (قائم مقام سابق شرکت های موتوژن و ماه نیرو)
- ❖ دکتر واحدی (استاد دانشگاه علم و صنعت)
- ❖ مهندس ناصری (وزارت نفت)
- ❖ مهندس صاحب زمانی (مدیرعامل شرکت کیا الکتروموتور)
- ❖ مهندس طاهری پور (مدیرعامل شرکت توروبو ژنراتور)
- ❖ مهندس میرزاگل (مدیر تحقیقات شرکت الکتروژن)
- ❖ دکتر اورعی (استاد دانشگاه صنعتی شریف)
- ❖ مهندس اجلی (معاون تولید شرکت پارس ژنراتور)

در ادامه خلاصه‌ای از مصاحبات صورت گرفته ارائه می‌گردد و سپس اهم چالش‌های مورد نظر متخصصان فوق‌الذکر در چهارچوب کارکردهای هفت‌گانه نظام نوآوری فناورانه ارائه می‌گردد.

۲-۲-۱- مهندس یکتا مقدم

<p>از نظر تعداد دانشگاه‌ها می‌توان گفت به مقدار کافی در کشور دانشگاه فعال در زمینه موتورهای الکتریکی داریم و کیفیت آنها نیز خوب است. مشکل اصلی نبود ارتباط بین صنعت و دانشگاه است.</p>	<p>برای توسعه و انتشار دانش در حوزه موتورهای الکتریکی، به اندازه کافی بازیگر و یا نهاد متولی وجود دارد؟</p>
<p>کیفیت دانشگاه‌ها خوب است ولی ارتباط بین صنعت و دانشگاه ضعیف است. صنایع کشور حاضر نیستند به راحتی اطلاعات در اختیار دانشگاه‌ها قرار دهند. یک راهکار این است که دانشجویان مدتی از دوره تحصیلی خود را در صنعت بگذرانند و ضمن آشنایی با صنعت، تمرکز بر رفع مشکلات تحقیقاتی و حل مسایل مورد نیاز کارخانجات به صورت رایگان داشته باشند. به عنوان یک راهکار دیگر می‌توان پیشنهاد داد که برای بررسی فاصله تکنولوژیک میان صنایع کشور و وضعیت روز صنایع در دنیا از ظرفیت دانشجویان فوق لیسانس و دکتری در کشور استفاده شود و هر دانشجو در یک رشته صنعتی و یا کارخانه، به عنوان پایان نامه، فاصله تکنولوژیک کشور و دنیا را بررسی نماید و راهکارهای کاهش مصرف انرژی، متناسب با وضعیت جغرافیایی و اقتصادی کشور را استخراج نماید. برای این منظور لازم است فضای سالمی برای ارتباط صنعت و دانشگاه ایجاد کرد و راهکار آن نیز همین رفتن دانشجو به صنعت و حل مسایل و مشکلات صنعت به صورت رایگان است. در شرکت جمکو مرکز تحقیقاتی تشکیل داده بودیم و سرباز صنعت می‌گرفتیم و نتیجه خوبی هم از این نحوه همکاری برای رفع مشکلات شرکت به دست آوردیم. با توجه به این که ارتباط بین صنعت و دانشگاه یک مساله استراتژیک است و باید به این نقطه برسیم که دانشگاه‌های کشور مساله حل کن هستند، لذا نیاز به نهادی فراتر برای برقراری این ارتباط می‌باشد که هم از صنعت و هم در دانشگاه آگاه باشد. پتانسیل حل مسایل صنعت در بین اساتید دانشگاه کشور وجود دارد. البته ممکن است دانشگاه به تنهایی نتواند مساله ارجاعی از طرف صنعت را کاملاً حل نماید، ولی موظف است که به آن به خوبی فکر کند و از طریق ارتباطات با سایر مراکز علمی دنیا به حل آن مساله بپردازد. نمونه‌های این کار در دنیا بسیار وجود دارد که عملاً اجرا می‌گردد، البته نباید انتظار داشت که همه دانشگاه تمامی فعالیت‌های خود را تعطیل نماید و به حل مسایل صنعت بپردازد، بلکه کافی است ۱۰ درصد از انرژی خود را صرف این کار نماید تا از این طریق نیز بتواند کسب درآمد و کمک به خودکفایی دانشگاه نماید.</p>	<p>کیفیت بازگران فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>
<p>یکی از مسایل مهمی که وجود دارد این است که صنعت اطمینان کافی از حفظ اطلاعات خود، در صورت ارایه به دانشگاه ندارد. به همین دلیل برخی از صنایع حتی رغبتی برای ثبت اختراعات خود ندارند که این مساله علاوه بر بحث سیاست‌ها و قوانین، یک مشکل فرهنگی نیز هست و نیاز به بررسی‌های روان‌شناسانه و جامعه‌شناسانه دارد. یکی دیگر از مشکلاتی که در زمینه صنعت وجود دارد این است که خود صنعتگران در زمینه تصمیم‌گیری‌های کشور برای صنعت، نقش پررنگ و اثرگذاری ندارد و بیشتر تصمیمات مهم برای آنها توسط افراد غیر کارشناس و بدون اطلاعات کافی اتخاذ می‌گردد.</p>	<p>سیاست‌های کشور (قوانین و مقررات) را در زمینه توسعه دانش چگونه ارزیابی می‌کنید و کیفیت آن چقدر است</p>

<p>چنین نهادهایی در حال حاضر وجود ندارد و انتظار زیادی است که کارآفرین تمامی فعالیت‌های لازم را خود از ابتدا و بدون پشتوانه پیگیری نماید و به نتیجه برساند. فعالیت‌های پراکنده‌ای در کشور وجود دارد؛ مثلا پارک‌های فناوری و مراکز رشد به خودی خود ایده خوبی بودند و در حال حاضر لازم است که عملکرد آنها موشکافانه نقد گردد و اصلاحات لازم در آن صورت پذیرد.</p>	<p>آیا نهادهای حمایت از کارآفرینی وجود دارد که بتواند فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی را به مرحله کاربرد و توسعه کاربرد برساند و کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکند</p>
<p>یکی از کارهای مهمی که در کشور باید انجام شود این است که در هر زمینه‌ای موتورهای الکتریکی کاربرد دارد، فناوری‌های روز شناسایی شود و فاصله تکنولوژیک بین وضعیت موجود در کشور و دنیا بررسی گردد. به نظر می‌رسد که لازم است سازمانی متولی این کار گردد و راهکارها و کمک‌های لازم را در این زمینه ارائه نماید؛ زیرا بیشتر کاربران موتورهای الکتریکی در کشور، مانند کشاورزانی که از موتورهای الکتریکی در چاه آب استفاده می‌کنند، دانش کافی در زمینه انتخاب موتورهای الکتریکی مناسب و با بازده بالا را ندارند. لذا لازم است نهادی بالاتر این وظیفه را به دوش بگیرند.</p> <p>کار دیگری که لازم است انجام شود این است که به مسایل فرهنگی توجه شود؛ مثلا بحث صرفه‌جویی انرژی به عنوان واحد درسی در مدارس درس داده شود. در این صورت با تبدیل شدن جلوگیری از اسراف و صرفه‌جویی انرژی، در فعالیتهایی مانند انتخاب موتور الکتریکی برای دستگاه‌ها (به عنوان یک فرهنگ) دقت خواهد شد و از انتخاب بد که موجب افزایش مصرف انرژی و هدر رفت منابع ملی می‌گردد، خودداری می‌شود.</p>	<p>آیا نهادهایی برای سوق دادن بازار مصرف به سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>ضعف کشور ما این است که نهادی برای جهت دادن به فناوری در کشور نداریم. مثلا سیاست‌های دولت در راستای حمایت از فناوری‌های کم مصرف و پر بازده تعریف می‌شود، اما در عمل تعداد بسیار معدودی امکان استفاده از این حمایت‌ها را پیدا می‌کنند. دلیل اصلی این است که شرکت‌ها به درستی نمی‌دانند در این زمینه چه کار باید بکنند و از کجا باید شروع کنند. معمولا در این زمینه‌ها به اساتید دانشگاه مراجعه می‌گردد و چون آنها به صنعت مسلط نیستند، امکان کمک موثر ندارند.</p> <p>هنر شرکت‌های بزرگ دنیا این است که دائما مساله طرح می‌کنند و این مسایل را به دانشگاه‌ها ارجاع می‌دهند. به عبارتی جهت‌دهی به فناوری را بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های بزرگ انجام می‌دهند. این کار در کشور ما انجام نمی‌شود.</p>	<p>آیا نهادهای لازم برای جهت دهی به توسعه فناوری و صنعت موتورهای الکتریکی وجود دارد و کیفیت آنها چگونه است؟</p>
<p>اگر سوال و مسایل آتی مورد نیاز به خوبی در کشور از طرف صنایع مطرح شود، در دانشگاه‌های کشور امکان پاسخگویی به این مسایل وجود دارد. مسایلی مانند این که چه کار کنیم وزن فلان محصول کاهش یابد و یا عمر فلان موتور الکتریکی افزایش یابد. این مسایل زمانی مطرح می‌شود که تیمی در صنایع به صورت دائم به مساله فکر کند و از بازار و مردم فیدبک بگیرد و مسایل مطرح شده را به دانشگاه‌ها برای حل ارجاع دهد.</p>	<p>آیا زیر ساخت‌های لازم (منابع انسانی، منابع مالی، دانش و تجهیزات) برای جهت دهی استفاده از فناوری‌های موتورهای الکتریکی وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>آمادگی‌های خوبی در حال حاضر در بخش‌های مختلف دولت برای صنعتی کردن محصولات و ایده‌هایی که</p>	<p>(آیا نهادهایی برای مشروعیت بخشی</p>

<p>مشتری دارد، دولت حاضر است هزینه تولید را بدهد و هزینه‌های خود را از محل درآمد صنعتی شدن بگیرند. اما به دلیل این که صنعت‌گران کشور در تصمیم‌گیری‌های مربوط به خود نقش موثر ندارند، امکان اجرای درست این سیاست‌ها و صنعتی شدن کشور، علیرغم وجود همه پتانسیل‌ها، فراهم نبوده است.</p>	<p>(شامل تسهیل‌گری) برای توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کارکرد آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>چنین نهادی در کشور وجود ندارد. به عنوان مثال در مورد شرکت جمکو می‌توان گفت که تاسیس شرکت جمکو در دهه هفتاد تصویب شد ولی به دلایلی مانند مشکلات ارزی و غیره در اوایل دهه هشتاد هجری شمسی ساخت آن به اتمام رسید. تصویب تاسیس شرکت با شعارهای دهه هفتاد مبنی بر ضرورت خودکفایی انجام شد و در موقعی که کارخانه نهایی گردید، شعارها به جهانی شدن و لزوم رقابتی بودن محصولات تولیدی تغییر کرده بود. در بازار هم استقبال خوبی از محصولات شرکت نشد، زیرا در کشور محصولات کشورهای دیگر وجود داشت و بازار را در اختیار داشت.</p> <p>در نهایت و با حمایت برخی از مسئولان وقت در وزارت نفت و شرکت‌های پتروشیمی پروژه ساخت موتورهای ضد انفجار را شرکت گرفت و بعد از پخش شدن از رسانه‌ها، برند شرکت شناخته شد و چند نمایندگی در کشور ایجاد شد و به تدریج شرکت جمکو رشد نمود. شرکت جمکو این امکان را مدیون نیروهای مهندسی و واحد تحقیقات شرکت است.</p>	<p>آیا نهادهایی برای سوق دادن بازار مصرف به سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>نهادهایی برای کمک و بسیج منابع مالی نداریم ولی برای راه‌اندازی شرکت جمکو از وام‌های بانکی استفاده کردیم. البته بهره بانکی وام‌ها بالا بود و مناسب کارهای تولیدی نیست.</p>	<p>آیا نهادهایی برای بسیج منابع مالی برای توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>

۲-۲-۲- دکنتر واحدی

<p>به تعداد کافی در این زمینه دانشگاه وجود دارد.</p>	<p>برای توسعه و انتشار دانش در حوزه موتورهای الکتریکی، به اندازه کافی بازیگر و یا نهاد متولی وجود دارد؟</p>
<p>پتانسیل حل مسایل صنعت در دانشگاه وجود دارد. در این رابطه نکته مهم این است که مساله به دانشگاه ارایه شود و نه درخواست تولید محصول نهایی. مسایل ارجاعی به دانشگاه باید مانند سایر شرکت‌های دنیا، به خوبی به اجزای قابل فهم دانشگاه شکسته شود. ارتباط خوب و موثری بین مراکز دانشگاهی و مراکز R&D صنعت برقرار نیست و به نظر می‌رسد این ارتباط را باید نهادی که هم زبان دانشگاه و هم زبان صنعت را می‌فهمد، برقرار کند. در برخی موارد کارها از سمت صنایع و سازمان‌ها به صورت رابطه‌ای به برخی اساتید دانشگاه ارجاع می‌شود و تخصص افراد در نظر گرفته نمی‌شود.</p>	<p>کیفیت بازگران فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>
<p>حقوق مربوط مالکیت معنوی در کشور رعایت نمی‌شود. ثبت اختراعات داخلی، اعتبار جهانی ندارد و ثبت اختراعات در کشورهای دیگر هم زمانبر بوده و هم هزینه زیادی نیاز دارد. قوانین در این حوزه مثل امکان معافیت سربازی و غیره با نیت خوبی وضع گردیده است ولی مشکلی که وجود دارد این است که بیشتر افرادی که از این امکانات (مانند معافیت سربازی با استفاده از ثبت اختراع) استفاده می‌کنند، واقعا مستحق آن نیستند و نیاز به استفاده از تجربیات کشورهای دیگر در این زمینه وجود دارد. کیفیت داوری‌های ثبت اختراعات و مقالات در کشور خوب نیست و انگیزه لازم در این زمینه در داورانی که کارها به آنها ارجاع می‌گردد وجود ندارد. به مساله داوری مقالات و ثبت اختراعات در کشورهای دیگر اهمیت و بهای زیادی داده می‌شود و در برخی موارد خود داوری، یک راهنمایی مناسب برای اصلاح کار است.</p>	<p>سیاست‌های کشور (قوانین و مقررات) را در زمینه توسعه دانش چگونه ارزیابی میکنید و کیفیت آن چقدر است؟</p>
<p>کنفرانس‌های زیادی در داخل کشور وجود دارد و کم و بیش فعالیتهای دانشگاهی برای دانشگاهیان مشخص است ولی اطلاعات از بخش صنعت زیاد نیست. هم‌افزایی دانشی بین نهادهای توسعه دانش در کشور وجود ندارد و کار تیمی بین آنها ضعیف است.</p>	<p>آیا ارتباط بین نهادهای مختلف توسعه دانش وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>نهادهایی برای حمایت از پایان‌نامه‌های دانشجویی (دکتری و کارشناسی ارشد) وجود ندارد و به دلیل هزینه‌های بالای ساخت موتورهای الکتریکی، به خصوص در توان‌های متوسط و بالا، دانش موجود در این زمینه‌ها از حد تئوری خارج نمی‌شود. دانشجویان برای ساخت نمونه آزمایشگاهی و آزمایش آن، مجبور به همکاری با دانشگاه‌های خارج از ایران و ارایه اطلاعات به آنها هستند. در دانشگاه‌ها نیروی انسانی لازم وجود دارد ولی زیر ساخت‌های مال و آزمایشگاهی لازم برای انجام فعالیتهای پژوهشی وجود ندارد.</p>	<p>آیا زیر ساخت‌های لازم برای توسعه دانش در کشور وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>البته اطلاع دقیقی ندارم ولی احتمالا مراکزی مانند بنیاد ملی نخبگان چنین فعالیتهایی را دنبال می‌کند. اما در عمل حمایت لازم صورت نمی‌گیرد.</p>	<p>آیا نهادهای حمایت از کارآفرینی وجود دارد که بتواند فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی را به مرحله کاربرد و توسعه کاربرد برساند و کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>نکته مهمی که در اینجا می‌توان گفت این است که فرهنگ عمومی کشور فرهنگ تشویق‌کننده کار نیست و کم کار کردن و درآمد بیشتر داشتن، نوعی ارزش محسوب می‌شود.</p>	<p>آیا زیر ساخت‌های لازم (منابع انسانی، منابع مالی، دانش و تجهیزات) وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>در این جا جای خالی نهادهایی مانند انجمن علمی تخصصی ماشین الکتریکی برای رصد فناوری موتورهای</p>	<p>آیا نهادی لازم برای جهت دهی به</p>

<p>الکتريکی احساس می‌شود. این کارها در دانشگاه‌ها به صورت خودزا و پراکنده انجام می‌گیرد ولی بردی در کشور ندارد.</p>	<p>توسعه فناوری موتورهای الکتريکی وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>با توجه به این که انجمن‌های علمی مشابهی در دیگر زمینه‌ها وجود دارد، به نظر می‌رسد نیاز به قوانین جدیدی نباشد و در این زمینه مشکل خاصی وجود ندارد.</p>	<p>آیا سیاست‌هایی برای نشان دادن مسیر استفاده از فناوری موتورهای الکتريکی وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>کانال‌های مختلفی مخصوصا برای کاربردهای عمومی مثل لوازم خانگی، وجود دارد. البته کاربر، بیشتر زمانی ترغیب به استفاده خواهد شد که قیمت انرژی، واقعی باشد. در عمل نهادی متولی برای مشروعیت بخشی و سر و سامان دادن به این فعالیت‌ها نداریم. در این زمینه اعمال استانداردهای اجباری و تعرفه‌ها نیاز داریم. در زمینه اطلاع رسانی از فناوری‌های جدید کار زیادی لازم است برای صنعتگران صورت گیرد و این کار را همان انجمن علمی که قبلا مطرح شد می‌تواند انجام دهد و نیاز به استفاده سازمان‌هایی مانند صدا و سیما نیست.</p>	<p>آیا نهادهایی برای مشروعیت بخشی (شامل تسهیل گری) برای توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتريکی وجود دارد. کارکرد آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>در حوزه ماشین‌های الکتريکی چنین نهادی وجود ندارد. البته در کشور ساختارهای خوبی و با نیت خوبی تشکیل می‌شود ولی به تدریج خود آنها به صورت موانعی (با افزایش بوروکراسی) برای توسعه تبدیل می‌شود و بهتر است سازمان جدید ایجاد نگردد. بودجه‌ها بهتر است به صورت درست در دانشگاه‌ها توزیع گردد.</p>	<p>آیا نهادهایی برای بسیج منابع مالی برای توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتريکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>

۲-۲-۳- دکتر اوری

<p>از آنجا که فناوری موتورهای الکتریکی در لبه تحقیقات نیست، تعداد نهادهای پژوهشی و دانشگاهی موجود در کشور برای توسعه دانش موتورهای الکتریکی کافی است.</p>	<p>برای توسعه و انتشار دانش در حوزه موتورهای الکتریکی، به اندازه کافی بازیگر و یا نهاد متولی وجود دارد؟</p>
<p>افراد توانمندی در دانشگاه‌های کشور برای توسعه دانش موتورهای الکتریکی وجود دارد، ولی دو مشکل مهم در این زمینه وجود دارد؛ اول این که کارها به صورت پراکنده انجام می‌شود و دیگر این که تحقیقات در دانشگاه‌ها به دنبال نیازهای کشور نیست و اساتید دانشگاه به دنبال نوشتن مقالات و ارتقای علمی خود هستند. نکته مهم دیگر که می‌توان به آن اشاره کرد این است که حجم بازار داخلی زیاد نیست و تولید موتورهای الکتریکی در کشور، در شرایط اقتصاد آزاد و عدم حمایت قوانین و مقررات اقتصادی نیست. لذا باعث می‌شود که صنایع به پژوهش‌های دانشگاهی نیاز پیدا نمی‌کند.</p>	<p>کیفیت بازیگران فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>
<p>مشکلی از لحاظ قوانین و مقررات در کشور وجود ندارد. بیشتر مشکلاتی که در این زمینه در کشور وجود دارد، مشکلات فرهنگی است. به عنوان مثال رعایت حقوق معنوی بیشتر یک مشکل فرهنگی است در کشور، نه یک مشکل قانونی.</p>	<p>(سیاست‌های کشور (قوانین و مقررات) را در زمینه توسعه دانش چگونه ارزیابی میکنید و کیفیت آن چقدر است؟)</p>
<p>ارتباط مناسبی در کشور بین دانشگاه‌ها وجود ندارد و مشکل اصلی در اینجا مشکل فرهنگی است، نه مشکل نبود کنفرانس‌ها و یا سایر کانال‌های ارتباطی. در کشور ما کار گروهی جا نیفتاده است. البته در برخی مواقع نبود ارتباط نکته مثبتی می‌شود و ایجاد رقابت می‌نماید.</p>	<p>آیا ارتباط بین نهادهای مختلف توسعه دانش وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>تاسیس نهاد جدیدی در کشور برای این کار نیاز نیست و به اندازه کافی دفتر و سازمان برای این کار ایجاد شده است. دو مشکل اساسی در این زمینه وجود دارد که این نیاز را محدود می‌مند؛ اولاً این که حجم صنعت و بازار کشور کوچک است و ثانياً امکان صادرات نیز با روند فعلی کم است و در نتیجه تولید موتورهای الکتریکی در کشور را غیر اقتصادی می‌نماید. مشکل دیگری نیز در کشور وجود دارد این است که نقشه راهی برای تحقیقات در کشور نداریم و مسایل خودمان را به درستی تعریف نکرده‌ایم.</p>	<p>آیا نهادهای حمایتی از کارآفرینی وجود دارد که بتواند فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی را به مرحله کاربرد و توسعه کاربرد برساند و کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>مشکل اصلی وجود یا عدم وجود نهاد در این زمینه نیست. مشکل اصلی این است که قیمت انرژی در کشور بسیار پایین است و هرچه قدر اطلاع رسانی شود (از هر کانالی) تاثیری در رفتار مصرف کنندگان و کاربران ندارد.</p>	<p>آیا نهادهایی برای مشروعیت بخشی جهت توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کارکرد آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>نهادهایی مانند سازمان بهرهوری در کشور وجود دارد که به این کار در کشور می‌پردازد. البته هنوز بازار کشور به درستی بررسی نشده است و قبل از ایجاد سازمان جدیدی مختص موتورهای الکتریکی، لازم است این کار صورت پذیرد.</p>	<p>آیا نهادهایی برای سوق دادن بازار مصرف به سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>قوانین مناسبی در این زمینه نداریم. ابتدا لازم است بازار بررسی شود و در صورت انجام این کار متوجه می‌شویم که مشکلات زیادی در قوانین گمرکی داریم و لازم است سیاست‌های مناسبی برای حمایت از تولیدات داخلی</p>	<p>آیا قوانین و سیاست‌هایی برای شکل دادن به بازار برای سوق دادن آن به</p>

<p>تدوین گردد. مساله نظارت نیز بر تولید و واردات مهم است که به خوبی رعایت نمی‌شود. مجموع این مسایل در قالب یک بسته حمایتی لازم است که تدوین گردد و وضع قوانین به صورت پراکنده کمکی به توسعه صنعت و فناوری نمی‌کند.</p> <p>یکی از این سیاستها می‌تواند این باشد که تولیدکنندگان بزرگ را مجبور به تولید در داخل ایران کنیم و مانع از واردات بی‌رویه و بی‌قاعده موتورهای الکتریکی در کشور شویم.</p>	<p>سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد؟</p>
<p>زیر ساخت‌های انسانی، مالی و دانشی در این نهادها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>	<p>زیر ساخت‌های لازم در کشور وجود دارد و در صورت ایجاد عزم جدی برای حمایت از توسعه فناوری و صنعت، امکانات کار در کشور بسیار زیاد است.</p>
<p>نیاز به نهاد خاصی نیست و توجه به رعایت قوانین بازار آزاد باعث می‌شود که منابع خود به خود به این سمت جاری می‌شود. کافی است که فضا برای سرمایه‌گذاری و تولید در کشور فراهم گردد و مشکل دیگری نداریم.</p>	<p>آیا نهادهایی برای بسیج منابع مالی برای توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>

۲-۲-۴- مهندس ناصری

<p>بازیگران زیادی در این عرصه در کشور وجود دارند. علاوه بر دانشگاه‌ها، شرکت‌های دانش بنیان مستقر در پارک‌های علم و فناوری و پژوهشگاه‌های زیادی نیز در کشور داریم که در حوزه دانشی موتورهای الکتریکی فعال هستند.</p>	<p>برای توسعه و انتشار دانش در حوزه موتورهای الکتریکی، به اندازه کافی بازیگر و یا نهاد متولی وجود دارد؟</p>
<p>در زمینه دانشی در کشور در بازیگران حوزه نشر دانش مشکلی وجود ندارد.</p>	<p>کیفیت بازیگران فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>
<p>شرکت‌هایی که در زمینه صنعت نفت اقدام به کارآفرینی و تولید محصول می‌کنند لازم است نقشه تجاری سازی مشخصی داشته باشند و در کنار آن به چرخه عمر محصول و فناوری نیز توجه نمایند. گاهی ورشکسته شدن برخی شرکت‌ها به دلیل عدم توجه کافی به این مسایل و در نظر نگرفتن ریسک‌های کار می‌باشد. تجاری شدن یک محصول فرایند ساده‌ای نیست و در برخی موارد دیده شده که فرایند تجاری سازی یک محصول به قدری طولانی شده که چرخه عمر فناوری به اتمام می‌رسد و دیگر کارایی ندارد.</p> <p>مساله دیگر که کارآفرین باید در نظر بگیرد، پشتیبانی از محصول و گرفتن فیدبک از کاربران و تلاش برای ارتقاء مستمر کیفیت محصول است. این بیشتر یک مساله فرهنگی است و فرهنگ این کار در کشور نهادینه نشده است. به عبارتی بحث گارانتی و وارانتهی در شرکت‌های تولیدی داخل کشور جدی گرفته نمی‌شود.</p> <p>به همین دلیل ریسک استفاده از محصولات داخلی برای صنعت گران، به خصوص در حوزه صنعت نفت بالاست. از آنجایی که چرخه عمر موتورهای الکتریکی بالاست، لازم است که دوره گارانتی و وارانتهی بالایی نیاز دارد که کمتر در شرکت‌های فعال در کشور دیده می‌شود.</p> <p>از آنجایی که هزینه تحقیق و توسعه زیاد است و از طرف دیگر ریسک این کارها تا تجاری شدن محصول بالاست، یک راهکار برای کاهش ریسک‌ها این است که شرکت‌هایی که در یک حوزه فعال هستند، به جای رقابت و بعضاً رقابت ناسالم، بازار را بین خود به نحوی تقسیم نمایند که هر شرکت مسئول پوشش یک قسمت از کار گردد؛ به عبارتی نوعی همکاری در قالب اتحادیه‌ها و پوشش ریسک بین شرکت‌های فعال در هر حوزه باشد.</p>	<p>آیا نهادهای حمایت از کارآفرینی وجود دارد که بتواند فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی را به مرحله کاربرد و توسعه کاربرد برساند و کیفیت آنها را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p>

<p>یکی از مسایل مهم در صنعت نفت این است که استانداردهای مورد استفاده در صنعت سطح بالا هستند و کمتر تولید کنندگان این استانداردها و گواهی‌نامه‌های لازم را دارند. در کشور لازم است که آزمایشگاه‌های لازم که امکان دادن گواهی‌های معتبر مورد نیاز سازندگان را داشته باشند تاسیس گردد. از جمله این آزمایشگاه‌ها، آزمایشگاه موتورهای ضد انفجار است که در حال حاضر در برخی شرکت‌ها در حال پیگیری است. عدم رعایت حق معنوی یا قانون کپی رایب باعث شده است که رغبت به کارآفرینی در کشور پایین بیاید که لازم است با جدیت بیشتری اجرای آن دنبال شود.</p> <p>بحث بعدی که لازم است در کشور جدی‌تر دنبال شود، بحث گریدبندی شرکت‌ها است و این که مشخص گردد هر شرکتی چقدر فناورانه در تولید محصول عمل می‌کند و چقدر از محصول وابسته به واردات است. بسیاری از شرکت‌ها که قبلاً ادعای بومی‌سازی محصول داشتند، پس از جدی شدن تحریم‌ها مشخص شد که انتقال دانش به خوبی صورت نگرفته و دقت کافی در این زمینه انجام نشده است.</p>	<p>قوانین و مقررات برای حمایت از توسعه فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی در کشور وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>یکی از مشکلات موجود در کشور برای توسعه و تولید محصولات، نرم افزارهای موجود در کشور است که قفل شکسته هستند. لازم است در زمینه توسعه نرم افزارهای داخلی فعالیت بیشتری شود.</p>	<p>آیا زیر ساخت‌های لازم (منابع انسانی، منابع مالی، دانش و تجهیزات) وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>انجمن‌های مرتبط با هر صنعت مانند انجمن‌های مرتبط با موتورهای الکتریکی می‌توانند در جهت دادن به سیستم موثر باشند.</p>	<p>آیا نهادهای لازم برای جهت دهی به توسعه فناوری و صنعت موتورهای الکتریکی وجود دارد و کیفیت آنها چگونه است؟</p>
<p>نیازها به خودی خود می‌تواند به بازار شکل دهد. در این زمینه خود انجمن‌های مرتبط با هر صنعت هم می‌تواند نقش موثری در شکل دادن به بازار داشته باشند.</p>	<p>آیا نهادهایی برای سوق دادن بازار مصرف به سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>

<p>چنین نهادی در کشور نداریم. البته به صورت متفرقه صندوق‌هایی برای توسعه فناوری در کشور وجود دارد ولی به نظر می‌رسد که منابع این صندوق‌ها به درستی و با برنامه‌ریزی هدایت نمی‌شود.</p>	<p>آیا نهادهایی برای بسیج منابع مالی برای توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>قوانین صندوق‌های موجود به نحوی است که عدم شفافیت‌ها، امکان سوء استفاده به افراد سودجو را با استفاده از سند سازی‌ها می‌دهد. نیاز به نهادهایی برای نظارت بر منابع صندوق‌ها وجود دارد. این نظارت را خود انجمن‌های صنعتی و صنوف بهتر می‌توانند انجام دهند و شاید بهتر باشد که منابع از طریق این صنوف در اختیار شرکت‌ها قرار گیرد و این صنوف بحث دانش‌بنیان بودن و جنبه‌های فناورانه شرکت‌ها را بررسی نمایند.</p>	<p>آیا قوانین و سیاست‌هایی کافی برای بسیج و هدایت منابع مالی به سمت توسعه کاربرد فناوری‌های جدید (تولید فناوری) موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آن را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>

۲-۲-۵- مهندس صاحب زمانی

<p>دانشگاه‌های کشور ظرفیت حل مسایل صنعت را دارد. اما برای این کار لازم است که ارتباط بین صنعت و دانشگاه به درستی برقرار شود. به انجام پروژه‌ها در دانشگاه‌ها اهمیت بیشتری داده شود و مدیریت دانش در این زمینه اجرا گردد. البته لازم است که بخش صنعت مسایل را به درستی به زیر پروژه‌ها شکسته و برای دانشگاه مسایل را به درستی تبیین نماید. ارتباط بین دانشگاه و صنعت را لازم است نهادی برقرار کند که هم زبان دانشگاه و هم زبان صنعت را متوجه شود. این نهاد لازم است مجموعه‌ای از دانشگاهیان، صنایع و برخی سازمان‌های دولتی باشد.</p>	<p>کیفیت بازگران فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>
<p>نهاد متولی وجود ندارد. به عنوان یک مثال عینی می‌توان به تولید موتور کولرهای آبی پرتابل اشاره کرد. به سازمان بهره‌وری انرژی مراجعه کردم و مطرح کردم که می‌وانم برای این کولرها، موتوری با بازدهی انرژی بالاتر از انواع موجود در بازار تولید نمایم و برای آن پیگیری‌های زیادی در قالب ارایه طرح و جلسات در این سازمان انجام دهم ولی پس از چندین ماه پیگیری در فرایندهای پیچیده اداری به نتیجه خاصی نرسیدم و در نتیجه از ادامه کار منصرف شدم. البته مساله این نیست که این سازمان نمی‌خواست کمک کند، به نظر اینجانب این سازمان هم برای کمک به تولید این موتور، مشکلات زیادی پیش رو دارد. برای حمایت از کارآفرینی نیاز است که نهادی تاسیس شود و به صورت خاص در این موضوع فعال شود.</p>	<p>آیا نهادهای حمایت از کارآفرینی وجود دارد که بتواند فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی را به مرحله کاربرد و توسعه کاربرد برساند و کیفیت آنها را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p>
<p>در بخش تولید، قوانین موجود در کشور دست و پا گیر است؛ به عنوان مثال برای توسعه کارخانه زمینی را در نظر گرفته‌ایم و وزارت صنایع برای دادن مجوز، به ازای هر متر مربع از سطح جدید کارخانه مبلغ ۲۵۰ هزار تومان را طلب می‌کند که این کار هزینه زیادی را برای شرکت ایجاد می‌کند. بخش بزرگی از مشکلات در صورت رفع این قوانین دست و پاگیر حل می‌شود. به دلیل این که از ابتدا درآمد اصلی کشور بر اساس تولید نفت بوده، به بحث تولید و استحکام بنیان آن توجه زیادی نشده است. نکته دیگر ارزش نبودن کار و تولید در کشور است، مثلاً اگر فردی پولی داشته باشد، راحت‌تر است که در بانک سپرده‌گذاری نماید و از سودهای بالای آن بهره‌مند گردد تا این که وارد عرصه تولید شود و مشکلات زیادی را بتواند تحمل نماید. باید تولید به ارزش در کشور تبدیل شود، اگر در این شرکت ۱۵۰ نفر کار می‌کنند، چرخیدن کار شرکت به معنی تامین و ایجاد آرامش در ۱۵۰ خانواده می‌باشد که کار ارزشمندی است.</p>	<p>قوانین و مقررات برای حمایت از توسعه فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی در کشور وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>با توجه به این که صنعت ایران کوچک است، کارآفرینان از طریق مشتریان در جریان وضعیت صنایع دیگر قرار می‌گیرند ولی کانال خاصی برای این ارتباطات تعریف نشده است.</p>	<p>ارتباط بین نهادهای کارآفرین چگونه است و کیفیت آن را چگونه است؟</p>
<p>بسیاری از زیرساخت‌های لازم فراهم نیست. به عنوان مثال، اگر یک نمونه موتور با استاندارد اروپایی از شرکت معتبر وارد کشور شده و به دو آزمایشگاه در کشور ارایه شود، نتایج گرفته شده از دو آزمایشگاه کاملاً متفاوت خواهد بود. حتی روش‌های آزمایش موتور در دو آزمایشگاه نیز یکسان نیست. لذا نیاز به مرکزی برای نظارت بر عملکرد این آزمایشگاه‌ها و آموزش مدام پرسنل آزمایشگاه می‌باشد. یکی دیگر از مسایل تولید کنندگان، تامین نیروی انسانی مناسب برای کار است. این مشکل در خارج از شهر تهران به معضل بزرگی تبدیل می‌شود و تامین نیروی انسانی چه در سطح تخصصی (به دلیل تمرکز این افراد در</p>	<p>آیا زیر ساخت‌های لازم (منابع انسانی، منابع مالی، دانش و تجهیزات) وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>

<p>مرکز و مهاجرت به خارج) و چه در سطح کارگری (به دلیل پایین بودن فرهنگ کار) امر دشواری است. از طرف دیگر قوانین کار تا حد زیادی به نفع کارگر است و این مساله باعث کاهش رغبت برای استخدام کارگران شده است. به عنوان نمونه اگر شخص کارگری را استخدام کند و آن کارگر درست و مطابق نیاز کار ننماید، شخص موظف به پرداخت حقوق کارگر است. مشکلاتی از این دست رقبت به استخدام را کاهش داده است. منابع مالی مناسب برای این کار وجود ندارد و امکان استفاده از وام‌های بانکی نیز برای تولید کننده وجود ندارد، زیرا سودهای وام‌های بانکی بسیار بالاست و موجب مشکلات زیاد برای تولید کننده می‌شود. به همین دلیل ما در این شرکت رقبتی برای استفاده از تسهیلات بانکی نداشته‌ایم.</p>	
<p>کانال‌های لازم برای اطلاع رسانی وجود دارد اما نکته مهم این است که در صورتی که قیمت برق واقعی شود، اطلاع رسانی با استفاده از کانال‌های موجود، کاربران را به استفاده از موتورهای الکتریکی با بازده بالا ترغیب می‌کند ولی با شرایط موجود که قیمت برق ارزان است، اطلاع رسانی کمکی به استفاده از فناوری‌های جدیدتر نمی‌کند.</p>	<p>آیا نهادهایی برای مشروعیت بخشی (شامل تسهیل گری) برای توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کارکرد آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>در صورتی که قوانین بازار آزاد حاکم باشد، نیازی به سازمان‌هایی از این دست وجود ندارد. وجود برخی رانت‌ها و نابرابری‌ها در شکل دهی بازار به سمت استفاده از موتورهای با بازدهی انرژی بالا جلوگیری می‌کند. برای حاکم شدن فرصت‌های برابر نیاز به وجود نهادی برای دادرسی و نظارت و جلوگیری از اجحاف است.</p>	<p>آیا نهادهایی برای سوق دادن بازار مصرف به سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>حجم تقاضای بازار برای موتورهای الکتریکی در کشور زیاد است و چند شرکت موجود در کشور پاسخگوی نیازها نیستند.</p>	<p>زیر ساخت‌های انسانی، مالی و دانشی در این نهادها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>

۲-۲-۶- مهندس فرزانه

<p>تعداد دانشگاه‌هایی که در رابطه با موتورهای الکتریکی در کشور تحقیق می‌کنند، کم نیست ولی بحث اصلی این است بستر لازم برای ارتباط با صنعت فراهم نیست؛ دانشگاه باید بداند که لازم است فعالیت‌های علمی آن در جهت نیازهای صنعت باشد و در مقابل صنعت نیز بداند که برای رفع مشکلات خود به دانشگاه نیازمند است.</p>	<p>برای توسعه و انتشار دانش در حوزه موتورهای الکتریکی، به اندازه کافی بازیگر و یا نهاد متولی وجود دارد؟</p>
<p>یکی از مشکلات اصلی این است که حلقه ارتباطی صنعت و دانشگاه وجود ندارد و فعالیت‌های دانشگاه وابسته به نیازهای صنعت نیست. لازم است که این ارتباط برقرار گردد و متولیان این ارتباط مشخص گردد و مشخص گردد که هزینه‌های این ارتباط را چه کسی پرداخت باید بکند؛ صنعت به خودی خود زیر بار هزینه‌های این کار نمی‌رود و چون دانشگاه نیز بودجه کافی برای این کار ندارد و یا وابسته به علایق استاد است، نتیجه کار به صورت شکل یافته و منسجم مطابق با نیاز صنعت در نخواهد آمد. اگر انگیزه اقتصادی برای استاد و دانشجو ایجاد شود، کیفیت فعالیت‌های تحقیقاتی مورد نیاز صنعت افزایش پیدا می‌کند.</p>	<p>کیفیت بازگران فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>

<p>در حال حاضر در رابطه با ارتباطات دانشگاه‌ها خیلی اطلاع ندارم ولی احساسم این است که ارتباط خوبی وجود ندارد. زیرا در دنیای صنعتی کار با محوریت تقاضا از سوی صنعت آغاز می‌شود و دانشگاه‌ها تلاش می‌کنند کالای مورد نیاز صنایع را فراهم نمایند. در این رقابت، خود به خود دانشگاه‌ها از وضعیت رقبا مطلع می‌گردند. در کشور بعید است که رقابتی وجود داشته باشد تا این که دانشگاه‌ها نیاز به اطلاع داشتن از وضعیت هم را داشته باشند و بتوانند از مزایای این ارتباط استفاده کنند.</p> <p>منطقی ترین راه ارتباط بین صنعت و دانشگاه، شکل دادن به بازار عرضه و تقاضا است. اگر در دانشگاه‌ها دنبال مشکلات صنعت بروند و مشکلات صنایع را حل کنند، خود به خود تقاضا به سمت دانشگاه‌ها سرازیر می‌شود. این روند با جهت دهی مسئولان اتفاق می‌افتد نه با گفتگو و کنفرانس‌ها.</p>	<p>آیا ارتباط بین نهادهای مختلف توسعه دانش وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>زیر ساخت‌های تجاری و بازار در این زمینه، مساله مهمی است. اولین سوال این است که مخاطبان و شبکه بازار اجازه می‌دهد که تولید کننده وارد تولید محصول جدید شود. در بسیاری از موارد به دلیل نرخ پایین تولید در کشور، این امکان وجود ندارد. در حال حاضر حمایت‌ها در این بخش ضابطه‌مند نیست؛ از برخی از صنایع (صنعت خودرو) حمایت‌های بی‌دریغ انجام می‌شود و بسیاری دیگر از صنایع به حمایتی وجود ندارد. به این مساله باید اضافه نمود که بازار کشور نیز یک بازار رقابتی نیست و مولفه‌های غیر اقتصادی در عملکرد شرکت‌ها زیاد است. خیلی از ایده‌های کارآفرینی در کشور فرصت ارایه را پیدا نمی‌کنند. برای حمایت از ایده‌های صحیح کارآفرینی نیاز به اراده جمعی در کشور وجود دارد و در حال حاضر سیستم مشوق کارآفرینی در کشور نداریم.</p>	<p>آیا نهادهای حمایت از کارآفرینی وجود دارد که بتواند فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی را به مرحله کاربرد و توسعه کاربرد برساند و کیفیت آنها را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p>
<p>به عنوان مثال مساله واردات و گمرک، فلسفه واردات این است که تولید کنندگان داخلی را در کارزار رقابت با استفاده از مکانیزم‌های اقتصادی قرار دهد؛ به این صورت که با استفاده از مکانیزم گمرک، از کالای خارجی عوارض دریافت شود و عواید عوارض صرف افزایش کیفیت تولیدات داخلی گردد. پس از امکان پذیر شدن رقابت بین کالای داخلی و خارجی، عوارض گمرکی حذف گردد. این فرایند در کشور به درستی انجام نمی‌شود و عواید گمرکی به خزانه واریز می‌شود و صرف حمایت از صنایع نمی‌شود.</p> <p>قوانین در این زمینه پراکنده و ناوابسته و متناقض است. مثال دیگر قوانین کار در کشور است که همه حمایت‌های کارگر و افراد استخدام شده را بر عهده کارفرما قرار داده است و کارفرما از عهده همه این هزینه‌ها بر نمی‌آید. لازم است که از کشورهای دیگر الگوگیری متناسب با فرهنگ کشور صورت گیرد.</p>	<p>قوانین و مقررات برای حمایت از توسعه فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی در کشور وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>حمایت‌ها از صنایع به دلیل نبودن بازار رقابتی و وجود مولفه‌های غیر اقتصادی در بازار و بقای شرکت‌ها، با برنامه مشخص نیست. علاوه بر آن بازار کشور نیز بازار خاصی است و مصرف کننده از دانش کافی برای انتخاب کالای مناسب برخوردار نیست و دلالتان می‌تواند در این زمینه تاثیر گذار هستند.</p>	<p>آیا زیر ساخت‌های لازم (منابع انسانی، منابع مالی، دانش و تجهیزات) وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>این نهاد در کشور نیاز است و چنین نهادی در کشور در حال وجود ندارد. لازم است توجه شود که بازاریابی یک هنر و دانش مهمی است که نباید همه آن را به تنهایی از تولید کننده انتظار داشت. در برخی کشورها مثل چین، تشکیلات شبه دولتی در کنار تولید کننده قرار می‌گیرند و به تولید کننده کمک می‌کنند.</p> <p>یکی از مسایل بازار این است که همه با تغییر مخالفت، شدت این مخالفت در کشور ما بیشتر است. تغییر این</p>	<p>آیا نهادهایی برای سوق دادن بازار مصرف به سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p>

<p>مخالفت‌ها به تنهایی از عهده تولید کننده بر نمی‌آید و نیاز به تخصص‌های خاص دارد. در بیشتر کشورهای صنعتی، افراد دارای ایده‌های نو در یک شرکت جذب می‌شوند و حمایت‌ها در قالب این شرکت‌ها انجام می‌گیرد.</p>	
<p>به عنوان مثال ایده پارک‌ها و مراکز رشد، به خودی خود ایده‌های درستی برای کمک به کارآفرینی و شکل دادن به بازارها است، ولی روش اجرای این مراکز صحیح نمی‌باشد. مشکل اصلی سیستم این است که متولی مشخص برای این مسایل در کشور وجود ندارد.</p> <p>برنامه‌ریزی صحیح، مدیریت و نگاه هدفگرا در این زمینه لازم است و عظم صنعتی در کشور باید ایجاد شود.</p>	<p>آیا قوانین و سیاست‌هایی برای شکل دادن به بازار برای سوق دادن آن به سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد؟</p>
<p>برای حرکت به سمت یک هدف سیستم باید ایجاد گردد. سیستم این است که مجموعه‌ای از اجزا به هم پیوسته که هدفی را دنبال می‌کنند. اگر حرکت لازم در صنعت کشور وجود ندارد، به این معنی است که اجزاء سیستم با هم هم‌جهت نیستند و به عبارت دیگر برنامه‌ریزی مشخصی برای این موضوع وجود ندارد و برنامه‌ریزی‌ها در لحظه صورت می‌گیرد. به معنی دیگر می‌توان گفت که در این زمینه هم دچار مشکلات مشابهی هستیم.</p>	<p>آیا نهادهایی برای بسیج منابع مالی برای توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>

۲-۲-۷- مهندس اجلی

<p>توانایی کار و ارایه خروجی مناسب در دانشگاه‌های کشور کم است و مشکلات زیادی در این زمینه وجود دارد. مثلا اگر کاری به دانشگاه ارجاع داد شود، بعد از عقد قرارداد کارها به دانشجویان سپرده شده و پیگیری لازم از ایشان نمی‌شود؛ به صورت کلی می‌توان گفت که در کار کردن با دانشگاه، در حال حاضر تضمینی برای تحویل نتیجه به صنعت وجود ندارد. در فعالیتهای مشترکی هم که شرکت پارس ژنراتور با دانشگاه‌ها داشته است، نتیجه مطلوبی به دست نیامده است.</p> <p>در رابطه ارتباط صنعت و دانشگاه می‌توان گفت که در دانشگاه‌های مختلف نیز رویه‌های مختلف برای انجام کارها وجود دارد؛ برخی دانشگاه‌ها تقاضای دریافت کل پروژه را دارند و برخی نیز می‌خواهند پروژه به گونه‌ای باشد که به اجزای کوچکتر شکسته شود. در کل در شرکت به این نتیجه رسیده‌ایم که در صورتی که کارها به ریز پروژه‌ها شکسته شود و نتایج به دست آمده از همکاری با دانشگاه‌ها در شرکت تجمیع گردد، نتیجه مناسب‌تری از همکاری با دانشگاه به دست می‌آید.</p> <p>مساله دیگر این است که در دانشگاه مدیریت اطلاعات در دانشگاه وجود ندارد و در صورت انجام کاری از طرف یک دانشجو و فارغ التحصیل شدن آن، فرد دیگری به راحتی نمی‌تواند فعالیتهای آن فرد را پیگیری نماید. البته درست است که مشکلات زیادی وجود دارد ولی نباید فراموش کرد که در مقایسه با چند سال قبل، وضعیت ارتباط بین صنعت و دانشگاه و کیفیت کار تحویلی از طرف دانشگاه بهتر شده است.</p>	<p>کیفیت بازرگان فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>
<p>در زمینه الکتروموتورهای توان بالا بازار بزرگی (به عنوان مثال در صنعت نفت کشور) در کشور وجود دارد و امکان بومی شدن دانش فنی نیز وجود دارد، ولی برای تدوین دانش فنی این موتورها سیاست‌های حمایتی لازم از طرف هیچ نهاد و یا سازمانی وجود ندارد. حتی در برخی زمینه‌ها (مانند موتورهای شناور درون چاهی) نیز بر اساس مذاکرات واگذاری پروژه به شرکت پارس ژنراتور، فعالیت‌ها برای تدوین دانش فنی در شرکت و با هزینه خود شرکت آغاز گردید و پس از جلسات زیادی که برگزار شد، به علت مسکوت ماندن و پیگیری نشدن پروژه، کار ادامه پیدا نکرد.</p> <p>در حوزه منابع و سیلابس‌های درسی می‌توان گفت که مشکل خاصی در کشور وجود ندارد، اما نکته مهم این است که در بخش تحصیلات تکمیلی، دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری بدون این که از قبل جایگاه مشخصی داشته باشند و کاری را که باید انجام دهند مشخص شده باشد، جذب می‌شوند و در نتیجه فعالیتهای</p>	<p>سیاست‌های کشور (قوانین و مقررات) را در زمینه توسعه دانش چگونه ارزیابی میکنید و کیفیت آن چقدر است؟</p>

<p>دانشجویان و پایان نامه‌هایی که انجام می‌دهند، گرهی از مشکلات صنعت را حل نمی‌کند. اگر دانشجو بر اساس نیاز صنعت جذب گردد، حمایت‌های لازم و حتی تامین مالی مناسب برای دانشجو از طرف صنعت انجام می‌گیرد و خروجی کار دانشجو و دانشگاه نیز مناسب برای صنعت کشور می‌گردد. البته باید به این نکته مهم نیز توجه داشت که در کشورهای دیگر هم چنین نیست که تمام پروژه‌های انجام شده با حمایت صنعت، به ساخت و تولید صنعتی برسد؛ به عنوان مثال ۲۰ درصد پروژه‌هایی که توسط شرکت GE تعریف می‌شود به تولید و ساخت صنعتی می‌رسد.</p>	
<p>نهاد‌های رسمی در کشور برای حمایت از کارآفرینان وجود دارند، ولی این نهادها کارکرد عملی مناسبی ندارند. مخصوصاً برای شرکت‌های بزرگ میزان و نحوه حمایت‌ها اصلاً راضی کننده نیست.</p>	<p>آیا نهادهای حمایت از کارآفرینی وجود دارد که بتواند فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی را به مرحله کاربرد و توسعه کاربرد برساند و کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>قوانین و مقررات در سطح کلان از تولید داخلی حمایت می‌کنند ولی در عمل، سازمان‌ها و شرکت‌ها این کار را انجام نمی‌دهند و اطلاعات لازم را در اختیار قرار نمی‌دهند. مشکل اصلی عدم حمایت از تولید داخلی، بدنه کارشناسی و مدیریت‌های میانی است و نه سطح کلان کشور. در زمینه موتورهای ولتاژ بالا پتانسیل زیادی برای عرضه محصولات در کشور وجود دارد و نیاز زیادی نیز در بخش‌های مختلف به این موتورها وجود دارد و برای تامین این نیازها در شرکت‌های داخلی مانند پارس ژنراتور، به اجرای سیاست‌های حاکمیتی که به صورت صحیح مشوق تولید کننده باشد در کشور نیاز داریم. تامین برخی هزینه‌های تحقیق و توسعه یکی دیگر از مسایل مهم در این حوزه است که باید به آن توجه شود. در سطح موتورهای الکتریکی بزرگ و مخصوصاً ولتاژ بالا، تجهیزات و تحقیقات بر اساس پروژه‌ها تامین و انجام می‌شود ولی در این زمینه شرکت‌ها حمایت‌های مناسب را انجام نمی‌دهند. به عنوان مثال وزارت نفت در مورد نیازهای خود نیز حاضر به حمایت و تامین هزینه‌های لازم برای ساخت و یا نمونه‌سازی موتورهای الکتریکی ضد انفجار مورد نیاز خود را ندارد. البته لازم است توجه شود در برخی موارد نیز نیازهای واقعی از طرف صنعت کاربر موتور الکتریکی شناخته شده نیست و اشراف فنی لازم در این زمینه وجود ندارد.</p>	<p>قوانین و مقررات برای حمایت از توسعه فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی در کشور وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>در حالت کلی می‌توان گفت در هر کجا که حمایت صورت گرفته است، در داخل کشور دانش فنی امکان بومی شدن را دارد؛ به عنوان مثال در زمینه توربوژنراتورها، به دلیل حمایت از بومی سازی فناوری در سطح کلان و عزم شرکت پارس ژنراتور برای این کار، دانش فنی توربوژنراتورها به صورت کامل تدوین گردیده است ولی به دلیل حمایت نشدن برای بومی سازی هیدروژنراتورها، دانش فنی کاملاً بومی نشده است.</p>	<p>آیا زیر ساخت‌های لازم (منابع انسانی، منابع مالی، دانش و تجهیزات) وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>ممکن است که چنین سازمان‌هایی وجود داشته باشد ولی لازم است که یک عزم واقعی و جدی در بین سطوح مختلف مدیریتی در کشور ایجاد شود تا شرایط برای فعال شدن تولید کننده داخلی موتورهای الکتریکی (مخصوصاً در توان‌های بالا) فراهم گردد و دورنمای مثبتی هم در این زمینه وجود داشته باشد.</p>	<p>آیا نهادهایی برای سوق دادن بازار مصرف به سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>قوانین برای حمایت از استفاده از تولیدات داخل وجود دارد ولی لازم است که توجه شود خرید از خارج برای سازمان‌ها و شرکت‌ها، به خصوص در توان‌های بالا، به دلیل پوشش دادن ریسک‌ها و در برخی موارد منافع شخصی، جذابیت زیادی دارد و این شرکت‌ها به راحتی حاضر به خرید محصولات داخلی نمی‌شوند. در این زمینه نمونه‌های زیادی وجود دارد؛ حتی در پروژه‌های با ریسک پایین نیز با وجود توانایی برای ساخت در داخل،</p>	<p>آیا قوانین و سیاست‌هایی برای شکل دادن به بازار برای سوق دادن آن به سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد؟</p>

<p>شرکت‌های مجری موتورهای الکتریکی توان بالای مورد نیاز خود را از شرکت‌های چینی (که کیفیت کار بالایی هم ندارند) خرید کردند و به ساخت داخل اعتماد نکردند.</p> <p>در برخی زمینه‌ها که در کشور عزم کافی برای استفاده از امکانات داخلی بوده، کار در شرکت به خوبی پیش رفته است؛ به عنوان مثال در زمینه توربین-ژنراتورهای ۴۵ مگاوات این اتفاق افتاد.</p>	
<p>در حوزه موتورهای الکتریکی، حمایت‌هایی جامعی مانند آنچه در زمینه نانو انجام شده، وجود ندارد. از دیدگاه شرکت هر آنچه که لازم است در کشور انجام گردد، اگر در قالب پروژه مشخص و با تعیین حدود واضح به شرکت ارایه گردد، دیگر نیازی به سازمان‌های حمایتگر دیگر نداریم. بهتر همه هزینه‌ها شامل هزینه‌های تدوین دانش و غیره در قالب پروژه‌های مشخص آورده شود.</p> <p>در این زمینه مشکلی که وجود دارد این است که اگر پروژه‌ای دارای حمایت خاص باشد، در صورتی واگذار می‌گردد که این مالکیت معنوی دانش فنی حاصل از این پروژه به نهاد حامی تعلق گیرد که این کار رقبت و امکان همکاری را کم می‌کند.</p>	<p>آیا نهادهایی برای بسیج منابع مالی برای توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>

۲-۲-۸- مهندس میرزاگل

<p>دانشگاه‌ها فقط به مباحث علمی و دانشی توجه دارند و اصلا دید صنعتی ندارند. فارغ التحصیلان دانشگاه‌ها، پس از اشتغال مدت زیادی طول میکشد که با صنعت آشنایی پیدا کنند. در همکاری‌هایی که به صورت مشترک با دانشگاه داشتیم، نتیجه خوبی از دانشگاه نتوانستیم بگیریم و معمولا فرایندها طولانی است. در همکاری‌هایی که با شرکت‌های طراحی خارجی داریم، کارها در زمان معقول و منطقی و با کیفیت خوب صورت می‌گیرد و البته هزینه‌های آن نیز بالاست.</p> <p>در کشورهای پیشرفته صنعتی دانشجویانی که قرار است وارد صنعت شوند، پس از گذراندن تحصیلات متوسطه وارد صنایع می‌شوند و در همزمان نیز تحصیل می‌کنند. به این ترتیب فارغ التحصیلان دانشگاهی بلافاصله امکان جذب در صنایع را دارند؛ در حالی که در کشور ما فارغ التحصیلان دانشگاه‌ها آمادگی کافی برای کار در صنعت را ندارند و نیاز به آموزش‌های زیاد و صرف زمان و هزینه زیادی برای کار در صنایع دارند.</p>	<p>کیفیت بازرگان فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>
<p>کار مشترک قابل توجهی انجام نشده است که مشکلات این حوزه به خوبی دیده شود. ولی عدم رعایت قانون کپی رایب مساله مهمی است.</p>	<p>سیاست‌های کشور (قوانین و مقررات) را در زمینه توسعه دانش چگونه ارزیابی میکنید و کیفیت آن چقدر است؟</p>
<p>به نظر لازم است که نهادهایی یا حلقه‌ای ایجاد شود که ارتباط بین صنعت و دانشگاه را برقرار نماید. اکثر پایان نامه‌های دانشگاهی، مسایلی کاربردی نیستند و دیدگاه اساتید دانشگاه هم این گونه نیست که مسایل که به آنها پرداخته می‌شود کاربردی باشد و بیشتر به دنبال ارایه مقالات و مسایل مشابه هستند.</p>	<p>آیا ارتباط بین نهادهای مختلف توسعه دانش وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>بیشتر کمک‌های دولتی در کشور به شرکت‌های دولتی که رانت دارند تعلق می‌گیرد و در اکثر موارد نیز منتهی به تولید محصول جدید و با کیفیت نمی‌گردد. در زمینه موتورهای الکتریکی، هرآنچه که در کشور برای آن آمادگی برای هزینه کردن باشد، امکان تولیدش را داریم ولی به دلیل هزینه‌های بالا و عدم استقبال بازار، به تنهایی رقابتی برای تولیدی کردن فناوری‌های جدیدتر را نداریم.</p>	<p>آیا نهادهای حمایت از کارآفرینی وجود دارد که بتواند فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی را به مرحله کاربرد و توسعه کاربرد برساند و کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>یکی از مشکلات ما مشکل گمرکی و تعرفه‌های گمرکی است. به عنوان مثال تعرفه واردات ورقه‌های سیلیکونی برای شرکت ما که تولید کننده هستیم با شخص تاجری که قصد فروش و تجارت با این ورقه‌ها در بازار تهران را دارد یکسان است. همچنین مشکلات مشابه دیگری هست و در این زمینه اصلا کمکی به تولید کننده نمی‌شود.</p>	<p>قوانین و مقررات برای حمایت از توسعه فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی در کشور وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>در کشور چنین نهادهایی نداریم و در دنیا خود شرکت‌های تولید کننده هستند که در جهت بهبود کیفیت محصولات خود این کارها را می‌کنند. نیاز است که سازمانی، به صورت خاص در این زمینه به فعالیت نماید.</p>	<p>آیا نهادهای لازم برای جهت دهی به توسعه فناوری و صنعت موتورهای الکتریکی وجود دارد و کیفیت آنها چگونه است؟</p>
<p>مسیرهای اطلاع رسانی کافی وجود دارد ولی اطلاع رسانی در این زمینه بسیار ضعیف است. مانند آنچه در زمینه لامپ‌های کم مصرف اتفاق افتاده است، می‌تواند در زمینه موتورهای کولر نیز اتفاق بیفتد، ولی عملا این گونه نشده است.</p>	<p>آیا نهادهایی برای مشروعیت بخشی (شامل تسهیل گری) برای توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کارکرد آنها را</p>

<p>نهادهایی وجود دارد ولی عملکرد آنها مناسب نیست. به عنوان مثال می‌توان گفت که پس از اجرای هدفمندی یارانه‌ها، از آنجایی که پیش‌بینی میکردیم که بازار به بحث صرفه‌جویی انرژی توجه پیدا کند، به اصلاح تجهیزات شرکت و خرید تجهیزات جدید با هدف تولید موتورهایی با بازده انرژی بالاتر پرداخته شد. اما در عمل انتظار ما برآورده نشد و توجه و تبلیغی در زمینه استفاده از موتورهای پر بازده در کشور انجام نشد.</p> <p>در زمینه موتورهای الکتریکی فعالیت خوبی، مانند آنچه در زمینه لامپ‌های کم مصرف انجام شد، انجام نگرفته است. به عنوان مثال در زمینه موتورهای کولر امکان ساخت موتورهای پربازده‌تر وجود دارد ولی جهت دهی بازار برای استفاده از این موتورها صورت نمی‌گیرد. در برخی زمینه‌ها مانند کمپرسورهای یخچال‌ها، برخی روابط خارج از ضابطه اجازه پا گرفتن تولید این محصول را نمی‌دهد.</p>	<p>چگونه ارزیابی میکنید؟</p> <p>آیا نهادهایی برای سوق دادن بازار مصرف به سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>سیاست‌های اجرایی کشور در این زمینه مناسب نیست. در برخی موارد از برخی صنایع مانند خودروسازی بدون محدودیت حمایت می‌شود و از برخی صنایع مانند موتور الکتریکی حمایت چندانی صورت نمی‌گیرد. به عنوان یک راهکار جهت افزایش کیفیت محصولات مصرفی در داخل؛ می‌توان به شرکت‌های خارجی با رعایت شرایطی مانند استفاده از کارگران ایرانی و غیره، اجازه تولید محصول در داخل کشور داده شود.</p> <p>در این زمینه استانداردهای انرژی وجود دارد که شرکت ما نیز همکاری تنگاتنگی با سازمان استاندارد دارد. مساله مهم در این زمینه این است که نظارت پس از تصویب استاندارد وجود ندارد؛ به عنوان مثال شرکت‌ها موتور مناسب را برای اخذ برچسب بر روی کولرها نصب می‌کنند و پس از اخذ برچسب، دوباره برای کاهش هزینه‌ها از موتورهای با کیفیت پایین استفاده می‌گردد.</p>	<p>آیا قوانین و سیاست‌هایی برای شکل دادن به بازار برای سوق دادن آن به سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد؟</p>
<p>نیاز است که سازمان‌هایی مثل سابا و یا مراکز مشابه در این زمینه فعال‌تر عمل نمایند.</p>	<p>زیر ساخت‌های انسانی، مالی و دانشی در این نهادها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>نهادی برای بسیج منابع مالی در کشور برای حمایت از صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی در کشور وجود ندارد. در این زمینه به صورت پراکنده کارهایی صورت گرفته که بیشتر هم نصیب شرکت‌های دولتی شده است.</p>	<p>آیا نهادهایی برای بسیج منابع مالی برای توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>

۲-۲-۹- مهندس طاهری پور

<p>دانش کافی در کشور برای حل مسایل صنعت وجود دارد ولی ارتباط بین صنعت و دانشگاه معضل اصلی در این قسمت است. صنایع کشور حاضر نیستند به راحتی اطلاعات در اختیار دانشگاه‌ها قرار بدهند و توانایی لازم برای شکستن درست مشکلات خود به مسایل قابل حل در دانشگاه‌ها را ندارند.</p> <p>در کارهای مشتری که با دانشگاه داشته‌ایم، هیچ گاه به نتیجه مطلوب نرسیده‌ام زیرا اولاً اساتید دانشگاه کارها را خود پیگیری نمی‌کنند و فعالیت‌ها را فقط به دانشجویان، بدمن هیچ نظارتی، واگذار می‌کنند و ثانیاً مسایل (نوع مساله، قرارداد و ...) به صورت صریح برای آنها مشخص نمی‌گردد.</p> <p>مشکل دیگر این است که در کشور برای خرید دانش افراد، هزینه نمی‌شود و صنایع دوست ندارند برای دریافت دانش از اساتید دانشگاه هزینه مناسب کنند.</p>	<p>کیفیت بازگران فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>
<p>از نظر قوانین و مقررات مشکل خاصی وجود ندارد و در این مساله مشکل اصلی بودجه‌های تحقیقاتی و مسایل مالی است. رعایت حقوق معنوی و قانون کپی رایت می‌تواند به برقراری ارتباط بین صنعت و دانشگاه کمک زیادی کند. البته این مساله فقط یک مساله قانونی نیست و بیشتر جنبه فرهنگی دارد و نیاز است که کار فرهنگی نیز در این زمینه انجام شود.</p>	<p>سیاست‌های کشور (قوانین و مقررات) را در زمینه توسعه دانش چگونه ارزیابی می‌کنید و کیفیت آن چقدر است؟</p>
<p>نهادی مانند کنسرسیومی از صنعت و دانشگاه و یا یکی از سازمان‌های موجود لازم است که ارتباط بین دانشگاه و صنعت را برقرار نماید. البته هزینه‌های بالای این قسمت را باید به نحوی تامین نمود.</p>	<p>آیا ارتباط بین نهادهای مختلف توسعه دانش وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>نهادی برای حمایت و پشتیبانی از کارآفرینی وجود ندارد، البته سازمان‌هایی وجود دارد که بتواند کمک‌هایی مشاوره‌ای در زمینه موتورهای الکتریکی می‌تواند کمک کنند.</p>	<p>آیا نهادهای حمایت از کارآفرینی وجود دارد که بتواند فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی را به مرحله کاربرد و توسعه کاربرد برساند و کیفیت آنها را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p>
<p>از نظر قوانین و مقررات مشکل خاصی وجود ندارد.</p>	<p>قوانین و مقررات برای حمایت از توسعه فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی در کشور وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>در بحث زیر ساخت‌ها، تجهیزات برای تولید به راحتی می‌توان تامین نمود. مسایل مالی و بازار در این جا خیلی مهم است که حمایتی در این زمینه وجود ندارد.</p> <p>تامین منابع انسانی مشکل حادی نیست اما به دلایل مشکلات مالی، ماندگاری نیروهای متخصص یا ماهر کم است. البته جذب نیروی متخصص در خارج از تهران نیز کمی مشکل است.</p>	<p>آیا زیر ساخت‌های لازم (منابع انسانی، منابع مالی، دانش و تجهیزات) وجود دارد و کیفیت آن چگونه است؟</p>
<p>اطلاع رسانی به مصرف کنندگان، می‌تواند تاثیر زیادی در استفاده از موتورهای الکتریکی با مصرف انرژی</p>	<p>آیا نهادهایی برای مشروعیت بخشی</p>

<p>کمتری داشته باشد. در صنعت هم همین طور است، منتها در صنعت دیگر صدا و سیما کانال خوبی برای اطلاع رسانی نیست و جایی مانند وزارت صنایع کانال اطلاع رسانی بهتری در این زمینه هستند.</p>	<p>(شامل تسهیل گری) برای توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کارکرد آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>در زمینه موتورهای الکتریکی بزرگ، نیاز در داخل کشور وجود دارد و نیاز به نهادی در این زمینه نیست. مشکل اصلی این است که اعتماد به محصولات داخلی نیست و لازم است نهادی ریسک این کار را مثلاً از طریق پرداخت سوبسید (برای کاهش قیمت موتور) پوشش دهد.</p>	<p>آیا نهادهایی برای سوق دادن بازار مصرف به سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>قوانین خوبی در این زمینه وجود دارد؛ مثلاً لزوم خرید شرکت دولتی از شرکت‌های داخلی. اما مشکل این است که کارفرمایان شرکت‌های دولتی، شرایطی را از سازندگان طلب می‌کنند که خیلی بالاتر از استانداردها است، زیرا تمایل بیشتری برای خرید از خارج دارند. به دو دلیل این تمایل وجود دارد؛ اول این که ریسک کار را در صورت خرید خارجی پایین تر می‌دانند و دوم این که برخی، هر چند معدود، به دنبال منافع شخصی هستند. در صورت پرداخت سوبسید برای موتورهای الکتریکی تولیدی در داخل، امکان پذیرش ریسک خرید از طرف کارفرماها بیشتر می‌شود. همچنین قوانین تعرفه‌ای و گمرکی در راستای حمایت از تولیدات داخل در زمینه موتورهای الکتریکی نیست. مثلاً در حوزه موتورهای کوچک، موتورهای وارد کشور می‌شود که قیمت خیلی پایینی دارد و هر چند کیفیت خیلی پایینی دارد، مشکل برای تولید کننده داخل ایجاد می‌کند.</p>	<p>آیا قوانین و سیاست‌هایی برای شکل دادن به بازار برای سوق دادن آن به سمت استفاده از فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد؟</p>
<p>نمایشگاهی برای موتورهای الکتریکی در کشور نیست و در سایر نمایشگاه‌های صنعت برق نیز شرکت‌های تولید کننده شرکت نمی‌کنند. اگر نمایشگاه خاصی برای موتورهای الکتریکی در کشور ایجاد شود، با اطمینان می‌توان گفت که بازدید کننده زیاد خواهد داشت، زیرا تقاضای موتور الکتریکی در کشور زیاد است.</p>	<p>ارتباط بین این نهادها چگونه است؟</p>
<p>رتبه بندی و رده بندی بین شرکت‌های سازنده می‌تواند به افزایش اعتماد کارفرمایان کمک نماید که لازم است اجرای آن با جدیت بیشتری در کشور پیگیری شود.</p>	<p>زیر ساخت‌های انسانی، مالی و دانشی در این نهادها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>
<p>نهادی برای این کار در کشور وجود ندارد.</p>	<p>آیا نهادهایی برای بسیج منابع مالی برای توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی وجود دارد. کیفیت آنها را چگونه ارزیابی میکنید؟</p>

همان‌طور که در نظرات متخصصان فوق‌الذکر مشخص است چالش‌های فراوانی به منظور توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی در حوزه‌های مختلف توسعه و انتقال دانش، کارآفرینی، جهت‌دهی به سیستم، بسیج منابع و مشروعیت بخشی وجود دارد که لازمه توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی نگاه همه‌جانبه به این چالش‌ها و اتخاذ سیاست‌هایی مناسب جهت رفع این چالش‌ها است.

نکته‌ای که در این جا حائز اهمیت است بیان چالش‌هایی از طرف متخصصان است که به صورت کلان در کشور وجود دارد و به اصطلاح در سند توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی از چالش‌های محیطی محسوب می‌شود و در این سند نمی‌توان سیاستی برای رفع آن قرار داد.

در جدول زیر با توجه به نظرات هر یک از خبرگان، چالش‌های توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی از نظر وجود و کیفیت بازیگران، قوانین، تعاملات و زیرساخت‌ها در هر یک از کارکردهای هفت‌گانه نظام نوآوری فناورانه شناسایی شده است.

زیرساخت	تعاملات	قوانین و مقررات و استانداردها	بازیگران	
نبودن آزمایشگاه های مناسب در رده های توانی مختلف برای تست موتورهای الکتریکی و همچنین آزمایشگاه مرجع سنجش کیفیت مواد اولیه	عدم ارتباط صنعت با دانشگاه یا به دلیل ترس از افشا توانمندی های خود، عدم اعتماد و آگاهی از توانمندی های دانشگاه و یا به دلیل عدم توانایی در تقسیم مسائل بزرگ به چندین پروژه قابل درک برای دانشگاه	رعایت نشدن حقوق معنوی صاحب پتنت و مشخص نبودن حقوق معنوی محقق و کارفرما	توجه بیش از حد متخصصین کشور به انجام پژوهش ها در راستای تولید مقالات علمی به جای انجام پژوهش های نیاز محور	کارکرد توسعه و انتشار دانش
دشواری بودن تبادلات مالی برای انتقال فناوری در سطح بین المللی	عدم وجود انجمن تخصصی در حوزه موتورهای الکتریکی		نمایشی بودن مراکز R&D شرکت های صنعتی	
عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور برای عموم محققین، مسئولین و سیاستگذاران	عدم وجود همکاری کافی میان دست اندرکاران توسعه فناوری در به مشارکت گذاشتن دانش کسب شده با یکدیگر		عدم توانمندی دانشگاه در تامین نیاز واقعی صنعت	
عدم انجام حمایت های مادی و معنوی از ایده های نوآورانه	نبود ارتباطات مناسب بین دانشگاه های مختلف با یکدیگر		تمرکز ناکافی موضوعات پژوهشی به موضوعات اولویت دار و نیاز های کشور	
ضعف و یا عدم وجود یک منبع اطلاعاتی قوی از آخرین دستاوردهای موتور در دنیا	عدم ارتباط مراکز R&D شرکت های صنعتی با دانشگاه ها		عدم توجه به انتقال دانش طراحی در قراردادهای انتقال تکنولوژی	
عدم وجود سیستم مدیریت دانش در زمینه موتورهای الکتریکی	مشکل تامین هزینه های تحقیقاتی برای حل مشکلات بخش صنعت در دانشگاه ها		فقدان توان طراحی موتورهای با توان بالا	
عدم وجود سیستم مدیریت دانش در زمینه موتورهای الکتریکی	عدم آگاهی دانشگاه از نیاز و توانمندی های صنعت			
لزوم پرداخت هزینه های زیاد برای اخذ مجوز ایجاد و یا توسعه خطوط تولیدی	عدم وجود ارتباطات موثر بین تولید کنندگان موتورهای الکتریکی	فقدان قواعد و قوانین منسجم و کارآمد لازم برای حمایت کارآفرینان	فقدان نهادی جهت تسهیل ورود کارآفرینان جدید در حوزه موتورهای الکتریکی	کارکرد کارآفرینی

زیرساخت	تعاملات	قوانین و مقررات و استانداردها	بازیگران	
در خارج از شهر تهران، امکان تامین و حفظ سرمایه های انسانی (نیروی متخصص و نیروی کار ماهر) وجود ندارد.	نبودن اتحادیه صنف تولید کنندگان موتورهای الکتریکی جهت پیگیری مشکلات تولیدکنندگان	عدم وجود قوانین مناسب برای تسهیل فعالیت های اداری - اجرایی کارآفرینان		
نبود یک سیستم رقابت سالم در کشور و تاثیر روابط در تامین سرمایه و سایر حمایت های مالی و غیر مالی شرکت ها	عدم استقبال شرکت های سازنده موتورهای الکتریکی برای شرکت در نمایشگاه های صنعت برق	قوانین موجود در حوزه کار، مشکلات و هزینه های سنگین حمایت از نیروی انسانی را فقط بر عهده کارفرما قرار داده است.	حجم زیاد نیازهای داخلی و کمبود تولید کنندگان موتورهای الکتریکی	
نبود عزم مدیریتی در حمایت از کارآفرینان	عدم وجود نمایشگاه های تخصصی در حوزه موتورهای الکتریکی	عدم وجود قوانین ملزم کننده به استفاده از موتورهای با بازده بالا		
ارزش نبودن فعالیت های تولیدی در کشور		وجود قواعد و قوانین اضافی و متناقض		
نبودن آزمایشگاه های مرجع برای صدور گواهی ها و تاییدیه های لازم برای موتورهای الکتریکی تولید داخل (مانند تاییدیه Atex برای موتورهای ضد انفجار)	عدم پوشش ریسک استفاده از موتورهای الکتریکی ساخت داخل (به خصوص موتورهای الکتریکی با توان بالا) در خطوط تولیدی صنایع کشور	عدم وجود قوانین لازم جهت حذف فعالیت های واسطه گری	در زمینه فناوری های نوین ایجاد بازار نیازمند حمایت های دولتی می باشد که در حال حاضر در کشور این امر به خوبی انجام نمی پذیرد	کارکرد شکل دهی به بازار
علاقه در سازمان ها (مخصوصا دولتی) برای خرید خارجی به دلیل تامین منافع شخصی		نبود استانداردهای مناسب برای تجهیزات وارداتی		
نبودن اطلاعات میدانی کافی از انواع فناوری ها، توزیع توانی و سایر مشخصات فنی موتورها در صنایع و مصارف مختلف		عدم اجرای صحیح استانداردها برای تجهیزات وارداتی	رقابتهی نبودن بازار و رانت شرکت های دولتی در تصاحب بازار	
قیمت غیر واقعی و پایین انرژی در کشور		مناسب نبودن قوانین گمرکی		

زیرساخت	تعاملات	قوانین و مقررات و استانداردها	بازیگران	
	عدم وجود هماهنگی بین نهادهای سیاستگذار مختلف از جمله وزارت نیرو، وزارت صنعت و ... در زمینه موتورهای الکتریکی	عدم وجود سند راهبردی توسعه صنعت ناپایداری در برنامه‌ها و سیاست‌های توسعه‌ای کشور	مرجعی که به عنوان مغز متفکری به پیگیری و شناسایی مشکلات موجود و تصمیم‌گیری منسجم برای رفع آنها بپردازد و از اختیارات کافی برخوردار باشد، در کشور وجود ندارد. نا کافی بودن سیاست‌های دولتی در ایجاد بازار تقاضا در کشور	کارکرد جهت دهی به سیستم
		عدم وجود برنامه جامع تحقیقات توسعه‌ای	عدم وجود حلقه مشترک از وزارت صنایع و نیرو و مراجع ذینفع جهت پیشبرد مقررات به نفع توسعه صنعت موتورهای الکتریکی پربازده	
وابستگی بعضی مواد اولیه مورد نیاز صنعت موتورهای الکتریکی به واردات	دشوار بودن تبادلات مالی برای انتقال فناوری در سطح بین‌المللی	عدم وجود برنامه مشخص و مدون برای تامین منابع مالی مورد نیاز در حوزه موتورهای الکتریکی	نبود صندوق تامین مالی دولتی به منظور حمایت از صنعتکاران عدم توجه به حفظ و توانمندسازی منابع انسانی و نیروهای تحقیقاتی در دانشگاه‌ها و صنایع عدم آموزش مستمر مراکز R&D شرکت‌ها	کارکرد بسیج منابع
بهره‌بر بالایی وام‌های بانکی و موسسات مالی و اعتباری		کمبود قوانین حمایتی و کمک‌های مالی از بخش خصوصی برای ورود به صنعت موتورهای الکتریکی و انتقال فناوری (مانند قوانین مالیاتی و تسهیلات بانکی)	نبود موسسه‌های مالی و اعتباری جهت ارائه وام‌های بلندمدت کم بهره خروج سرمایه‌های انسانی متخصص از کشور روابط ناسالم در ارائه وام توسط بانک به متقاضیان	
اثر گذاری مولفه‌های غیر اقتصادی در بازار ایران و احساسی بودن بازار		عدم وجود قوانین و دستورالعمل‌های ترویجی کارآمد در جهت استفاده از موتورهای با بازده	استفاده نا کافی از ظرفیت‌های تبلیغی و ترویجی کشور در جهت ترویج استفاده از	کارکرد مشروعیت



زیرساخت	تعاملات	قوانین و مقررات و استاندارد	بازیگران	بخشی
نبودن دانش کافی بین مصرف کنندگان برای انتخاب محصول مناسب و مورد نیاز		بالا	موتورهای با راندمان بالا	
عدم وجود اعتماد به تولیدات داخل در بازار علی رغم وجود نیاز				
عدم توجه مردم به صرفه جویی در مصرف انرژی				

۳-۲- سیاست‌های رفع چالش‌های توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی

پس از شناسایی چالش‌های توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی در هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در قسمت قبل در جدول زیر سیاست‌های رفع هر یک از این چالش ارائه شده است.

۳-۲-۱- سیاست‌های رفع چالش‌های کارکرد توسعه و انتشار دانش

سیاست	چالش‌ها	
ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران در حوزه توسعه دانش براساس نیازمندی‌های موجود (بسترهای دانشی فناوری، کارگاه‌های آموزشی)	بازیگران توانایی	عدم توانمندی دانشگاه در تامین نیاز واقعی صنعت
	بازیگران توانایی	نمایشی بودن مراکز R&D شرکت‌های صنعتی
	بازیگران توانایی	توجه بیش از حد متخصصین کشور به انجام پژوهش‌ها در راستای تولید مقالات علمی به جای انجام پژوهش‌های نیاز محور
	بازیگران توانایی	تمرکز ناکافی موضوعات پژوهشی به موضوعات اولویت دار و نیازهای کشور
	بازیگران توانایی	عدم توجه به انتقال دانش طراحی در قراردادهای انتقال تکنولوژی
	بازیگران توانایی	فقدان توان طراحی موتورهای با توان بالا
	بازیگران توانایی	عدم انجام حمایت‌های مادی و معنوی از ایده‌های نوآورانه
	محیطی	رعایت نشدن حقوق معنوی صاحب پتنت و مشخص نبودن حقوق معنوی محقق و کارفرما

سیاست	چالش‌ها	
<p>تحریک ایجاد انجمن‌های دانشی در ارتباط با فناوری موتورهای الکتریکی</p> <p>تحریک شکل‌گیری تعاملات فی مابین دانشگاه‌ها و موسسات پژوهشی فعال و تولیدکنندگان فناوری موتورهای الکتریکی (مراکز ترویج علمی، برنامه‌های تحقیقاتی تعاونی)</p>	تعملات وجود	عدم وجود انجمن تخصصی در حوزه موتورهای الکتریکی
	تعملات وجود	عدم ارتباط صنعت با دانشگاه یا به دلیل ترس از افشا توانمندی‌های خود، عدم اعتماد و آگاهی از توانمندی‌های دانشگاه و یا به دلیل عدم توانایی در تقسیم مسائل بزرگ به چندین پروژه قابل درک برای دانشگاه
	تعملات وجود	عدم ارتباط مراکز R&D شرکت‌های صنعتی با دانشگاه‌ها
	تعملات وجود	عدم وجود بازار عرضه و تقاضا (کانال صحیح ارتباطی) برای ارتباط صنعت و دانشگاه
	تعملات وجود	عدم وجود همکاری کافی میان دست‌اندرکاران توسعه فناوری در به مشارکت گذاشتن دانش کسب شده با یکدیگر
	تعملات شدت	عدم آگاهی دانشگاه از نیازها و توانمندی‌های صنعت
	تعملات شدت	نبود ارتباطات مناسب بین دانشگاه‌های مختلف با یکدیگر
حمایت از اخذ لیسانس، ثبت اختراع و اخذ تأییدیه‌های بین‌المللی لازم برای محصولات با نام و نشان ایرانی	زیرساخت وجود	عدم اعتبار جهانی ثبت اختراعات داخل کشور
ایجاد زیرساختهای دانشی در ارتباط با دانش تولید شده و ایجاد یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آنها در این بانک اطلاعاتی	زیرساخت وجود	عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور برای عموم محققین، مسئولین و سیاستگذاران

سیاست	چالش‌ها
تحریک ایجاد زیرساخت‌های دانشی در حوزه‌های فناوری موتورهای الکتریکی (آزمایشگاه‌های تحقیقاتی عمومی)	زیرساخت وجود نبودن آزمایشگاه‌های مناسب در رده‌های توانی مختلف برای تست موتورهای الکتریکی و همچنین آزمایشگاه مرجع سنجش کیفیت مواد اولیه
	زیرساخت وجود عدم وجود سیستم مدیریت دانش در زمینه موتورهای الکتریکی
	زیرساخت وجود ضعف و یا عدم وجود یک منبع اطلاعاتی قوی از آخرین دستاوردهای صنعت موتورهای الکتریکی در دنیا
	محیطی دشوار بودن تبادلات مالی برای انتقال فناوری در سطح بین‌المللی

۲-۳-۲- سیاست‌های رفع چالش‌های کارکرد کارآفرینی

سیاست	چالش‌ها
تحریک و سازماندهی مشارکت تولیدکنندگان توانمند بالقوه‌ای که در فناوری‌های موتورهای الکتریکی فعالیت دارند.	بازیگران وجود فقدان نهادی جهت تسهیل ورود کارآفرینان جدید در حوزه موتورهای الکتریکی
	بازیگران وجود حجم زیاد نیازهای داخلی و کمبود تولید کنندگان موتورهای الکتریکی
تنظیم قوانین و دستورالعمل‌های مناسب جهت حمایت از تولیدکنندگان موتورهای الکتریکی در حوزه های اولویت‌دار	نهاد وجود فقدان قواعد و قوانین منسجم و کارآمد لازم برای حمایت کارآفرینان
	نهاد وجود عدم وجود قوانین ملزم کننده به استفاده از موتورهای با بازده بالا
	نهاد وجود عدم وجود قوانین مناسب برای تسهیل فعالیت های اداری - اجرایی کارآفرینان
	نهاد کیفیت لزوم پرداخت هزینه های زیاد برای اخذ مجوز ایجاد و یا توسعه خطوط تولیدی
	محیطی قوانین موجود در حوزه کار، مشکلات و هزینه های سنگین حمایت از نیروی انسانی را فقط بر عهده کارفرما قرار داده است.
تحریک ایجاد انجمن های کارآفرینی در ارتباط با حوزه ی فناورانه ی موتورهای الکتریکی	تعاملات وجود نبودن اتحادیه صنف تولید کنندگان موتورهای الکتریکی جهت پیگیری مشکلات تولیدکنندگان
	تعاملات شدت عدم وجود ارتباطات موثر بین تولید کنندگان موتورهای الکتریکی
حمایت از برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه موتورهای الکتریکی و تحریک تولید کنندگان به شرکت فعال در آن	تعاملات وجود عدم وجود نمایشگاه های تخصصی در حوزه موتورهای الکتریکی

سیاست	چالش‌ها
	عدم استقبال شرکت‌های سازنده موتورهای الکتریکی برای شرکت در نمایشگاه‌های صنعت برق
جذب نخبگان و فارغ‌التحصیلان رشته‌های مرتبط علمی از طریق ایجاد بازار کار مناسب پویا و پایدار	عدم امکان تامین و حفظ سرمایه‌های انسانی (نیروی متخصص و نیروی کار ماهر) در خارج از شهر تهران
تضمین ایجاد قوانین نرم در حوزه‌های فناورانه‌ی موتورهای الکتریکی	نبود عزم مدیریتی در حمایت از کارآفرینان
	ارزش نبودن فعالیت‌های تولیدی در کشور

۲-۳-۳- سیاست‌های رفع چالش‌های کارکرد شکل‌دهی به بازار

سیاست	چالش‌ها	
مدیریت تقاضا و هدایت مصرف‌کنندگان داخلی موتورهای الکتریکی به سمت محصولات تولید داخل	بازیگران توانایی	
	در زمینه فناوری‌های نوین ایجاد بازار نیازمند حمایت‌های دولتی می‌باشد که در حال حاضر در کشور این امر به خوبی انجام نمی‌پذیرد	
تنظیم قوانین و دستورالعمل‌های مناسب جهت حمایت از تولیدکنندگان موتورهای الکتریکی در حوزه‌های اولویت دار	نهاد وجود	عدم وجود قوانین لازم جهت حذف فعالیت‌های واسطه‌گری
	نهاد وجود	نبود استانداردهای مناسب برای تجهیزات وارداتی
	نهاد توانایی	عدم اجرای صحیح استانداردها برای تجهیزات وارداتی
	نهاد توانایی	مناسب نبودن قوانین گمرکی
	نهاد توانایی	ناکافی بودن سیاست‌های دولتی در ایجاد بازار تقاضا در کشور
ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران در حوزه توسعه دانش براساس نیازمندی‌های موجود	تعاملات وجود	عدم پوشش ریسک استفاده از موتورهای الکتریکی ساخت داخل (به خصوص موتورهای الکتریکی با توان بالا) در خطوط تولیدی صنایع کشور
	محیطی	قیمت غیر واقعی و پایین انرژی الکتریکی در کشور
تحریک ایجاد زیرساخت‌های دانشی نظیر آزمایشگاه‌های مرجع	زیرساخت وجود	نبودن آزمایشگاه‌های مرجع برای صدور گواهی‌ها و تاییدیه‌های لازم برای موتورهای الکتریکی تولید داخل (مانند تاییدیه Atex برای موتورهای ضد انفجار)
تضمین ایجاد قوانین نرم و سخت در حوزه توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی نظیر سمینارهای آموزشی	محیطی	علاقه در شرکت‌ها و سازمان‌ها (مخصوصاً دولتی) برای خرید خارجی به دلیل تامین منافع شخصی

۲-۳-۴- سیاست‌های رفع چالش‌های کارکرد جهت‌دهی به سیستم

سیاست	چالش‌ها
ایجاد فضا برای توسعه فعالیت‌های متولیان جهت‌دهی به پژوهش‌های حوزه‌های فناورانه تحریک شکل‌گیری تعاملات فی مابین نهادهای سیاست گذار در حوزه‌های فناوری موتورهای الکتریکی	بازیگران وجود مرجعی که به عنوان مغز متفکری به پیگیری و شناسایی مشکلات موجود و تصمیم‌گیری منسجم برای رفع آنها بپردازد و از اختیارات کافی برخوردار باشد، در کشور وجود ندارد.
	بازیگران وجود عدم وجود یک حلقه مشترک از وزارت صنایع و وزارت نیرو و دیگر مراجع ذینفع که بتواند قواعد و مقررات را به نفع توسعه صنعت موتورهای الکتریکی پر بازده حرکت دهد.
ایجاد قوانین و دستورالعمل‌های مرتبط با جهت‌دهی به نظام توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی	نهاد وجود عدم وجود سند راهبردی توسعه صنعت
	نهاد توانایی ناپایداری در برنامه‌ها و سیاست‌های توسعه‌ای کشور
	نهاد وجود عدم وجود برنامه جامع تحقیقات توسعه‌ای

۲-۳-۵- سیاست‌های رفع چالش‌های کارکرد مشروعیت بخشی

سیاست	چالش
ایجاد فضا برای توسعه آگاهی‌بخشی در فناوری موتورهای الکتریکی	بازیگران توانایی استفاده نا کافی از ظرفیت‌های تبلیغی و ترویجی کشور در جهت ترویج استفاده از موتورهای با راندمان بالا
حمایت‌های لازم جهت ایجاد انگیزش طرف تقاضا با برنامه‌های تشویقی یا اعمال استانداردهای اجباری در بخش‌های مختلف اقتصادی برای استفاده از موتورهایی با بازده بالا	نهاد وجود عدم وجود قوانین و دستورالعمل‌های ترویجی کارآمد در جهت استفاده از موتورهای با بازده بالا
	محیطی اثر گذاری مولفه‌های غیر اقتصادی در بازار ایران و احساسی بودن بازار
تحریک ایجاد زیرساخت‌های دانشی برای آگاهی بخشی و متقاعدسازی بازیگران مختلف	زیرساخت وجود نبودن دانش کافی بین مصرف‌کنندگان برای انتخاب محصول مناسب و مورد نیاز
	محیطی عدم توجه مردم به صرفه جویی در مصرف انرژی

۲-۳-۶- سیاست‌های رفع چالش‌های کارکرد بسیج منابع

سیاست	چالش‌ها	
تحریک و سازماندهی مشارکت بانک‌ها و صندوق‌ها برای حمایت از تولیدکنندگان فناوری‌های موتورهای الکتریکی	بازیگران وجود	ناکافی بودن حمایت‌های مالی توسط صندوق‌های تامین مالی دولتی به منظور حمایت از صنعتکاران
	بازیگران وجود	نبودن موسسه‌های مالی و اعتباری جهت ارائه وام‌های بلندمدت کم بهره
	محیطی	بهره بالای وام‌های بانکی و موسسات مالی و اعتباری
	نهاد وجود	عدم وجود برنامه مشخص و مدون برای تامین منابع مالی مورد نیاز در حوزه موتورهای الکتریکی
توسعه سرمایه‌های انسانی کارآمد و زمینه‌سازی برای بکارگیری متخصصان و پژوهشگران	بازیگران	عدم توجه به حفظ و توانمندسازی منابع انسانی و نیروهای تحقیقاتی در دانشگاه‌ها و صنایع
	بازیگران وجود	عدم آموزش مستمر اعضای مراکز R&D شرکت‌ها
		خروج سرمایه‌های انسانی متخصص از کشور
	محیطی	روابط ناسالم در ارائه وام توسط بانک به متقاضیان
تحریک ایجاد قوانین و برنامه‌های مرتبط با ارائه تسهیلات بانکی به تولیدکنندگان فناوری موتورهای الکتریکی	نهاد	کمبود قوانین حمایتی و کمک‌های مالی از بخش خصوصی برای ورود به صنعت موتورهای الکتریکی و انتقال فناوری (مانند قوانین مالیاتی و تسهیلات بانکی)

به طور کلی سیاست‌های توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی عبارتند از:

✚ ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران در حوزه توسعه دانش براساس نیازمندی‌های موجود (بسترهای دانشی

فناوری، کارگاه‌های آموزشی)

✚ تحریک ایجاد انجمن‌های دانشی در ارتباط با فناوری موتورهای الکتریکی

- + تحریک شکل‌گیری تعاملات فی مابین دانشگاه‌ها و موسسات پژوهشی فعال و تولیدکنندگان فناوری موتورهای الکتریکی (مراکز ترویج علمی، برنامه‌های تحقیقاتی تعاونی)
- + حمایت از اخذ لیسانس، ثبت اختراع و اخذ تأییدیه‌های بین المللی لازم برای محصولات با نام و نشان ایرانی
- + ایجاد زیرساخت‌های دانشی در ارتباط با دانش تولید شده و ایجاد یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آنها در این بانک اطلاعاتی
- + تحریک ایجاد زیرساخت‌های دانشی در حوزه‌های فناوری موتورهای الکتریکی (آزمایشگاه‌های تحقیقاتی عمومی)
- + تحریک و سازماندهی مشارکت تولیدکنندگان توانمند بالقوه‌ای که در فناوری‌های موتورهای الکتریکی فعالیت دارند.
- + تنظیم قوانین و دستورالعمل‌های مناسب جهت حمایت از تولیدکنندگان موتورهای الکتریکی در حوزه‌های اولویت‌دار
- + تحریک ایجاد انجمن‌های کارآفرینی در ارتباط با حوزه‌ی فناوری‌های موتورهای الکتریکی
- + حمایت از برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه موتورهای الکتریکی و تحریک تولیدکنندگان به شرکت فعال در آن
- + جذب نخبگان و فارغ‌التحصیلان رشته‌های مرتبط علمی از طریق ایجاد بازار کار مناسب پویا و پایدار
- + تضمین ایجاد قوانین نرم در حوزه‌های فناوری‌های موتورهای الکتریکی
- + مدیریت تقاضا و هدایت مصرف‌کنندگان داخلی موتورهای الکتریکی به سمت محصولات تولید داخل
- + تحریک ایجاد زیرساخت‌های دانشی نظیر آزمایشگاه‌های مرجع
- + تضمین ایجاد قوانین نرم و سخت در حوزه توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی نظیر سمینارهای آموزشی
- + ایجاد فضا برای توسعه فعالیت‌های متولیان جهت‌دهی به پژوهش‌های حوزه‌های فناوری‌ها
- + تحریک شکل‌گیری تعاملات فی مابین نهادهای سیاست‌گذار در حوزه‌های فناوری موتورهای الکتریکی
- + ایجاد قوانین و دستورالعمل‌های مرتبط با جهت‌دهی به نظام توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی
- + ایجاد فضا برای توسعه آگاهی‌بخشی در فناوری موتورهای الکتریکی
- + حمایت‌های لازم جهت ایجاد انگیزش طرف تقاضا با برنامه‌های تشویقی یا اعمال استانداردهای اجباری در بخش‌های مختلف اقتصادی برای استفاده از موتورهایی با بازده بالا

- ✚ تحریک ایجاد زیرساختهای دانشی برای آگاهی بخشی و متقاعدسازی بازیگران مختلف
- ✚ تحریک و سازماندهی مشارکت بانکها و صندوقها برای حمایت از تولیدکنندگان فناوریهای موتورهای الکتریکی
- ✚ توسعه سرمایه‌های انسانی کارآمد و زمینه‌سازی برای بکارگیری متخصصان و پژوهشگران
- ✚ تحریک ایجاد قوانین و برنامه‌های مرتبط با ارائه تسهیلات بانکها به تولیدکنندگان فناوری موتورهای الکتریکی

۲-۴- دسته‌بندی سیاستها و اقدامات

با توجه به اینکه برخی از این سیاستهای توسعه فناوری موتورهای الکتریکی بسیار کلی می‌باشند، برخی از آنها به اقدامات لازم در جهت نیل به این سیاستهای کلی تبدیل شده‌اند که در ادامه این اقدامات و سیاستها در سه بخش مورد توجه قرار گرفته است. برخی از اقدامات و سیاستهای ذکر شده در بالا سیاستها و اقدامات عمومی و کلان صنعت، از جمله صنعت موتورهای الکتریکی است. برخی دیگر از سیاستها و اقدامات توسعه موتورهای الکتریکی خاص حوزه صنعت و فناوری انواع مختلف موتورهای الکتریکی است و مابقی سیاستها نیز در ارتباط با طرحها کلان اجرایی و موتورهای مورد بحث در هر یک از طرحها است. لازم به ذکر است اقدامات مرتبط با هر یک از طرحهای کلان اجرایی ذیل هر طرح مشخص خواهد شد. با توجه به این تقسیم‌بندی، هر یک از این اقدامات و سیاستها به صورت جداگانه، در زیر دسته‌بندی شده‌اند:

❖ سیاستها و اقدامات عمومی و کلان صنعت، از جمله صنعت موتورهای الکتریکی

- پیگیری برای شکل‌گیری تعاملات بین دانشگاهها و موسسات پژوهشی و تولیدکنندگان
 - حمایت از راه‌اندازی خطوط تولید موتورهای الکتریکی و مواد اولیه مورد نیاز صنعت موتورهای الکتریکی
 - پیشنهاد تنظیم قوانین و دستورالعمل‌های مناسب جهت حمایت از تولیدکنندگان موتورهای الکتریکی
- اولویت‌دار
- ایجاد انجمن‌های کارآفرینی در حوزه‌های فناورانه موتورهای الکتریکی
 - فراهم آوردن بسترهای لازم جهت افزایش تعاملات بین‌المللی شرکت‌های تولیدکننده داخلی و توسعه بازارهای خارجی این محصولات
 - مدیریت تقاضا و هدایت مصرف‌کنندگان داخلی موتورهای الکتریکی برای استفاده از محصولات داخلی

- افزایش اعتبار و شناساندن برندهای شرکت‌های تولیدکننده داخلی در بازارهای داخلی و خارجی
- پیگیری ایجاد تعامل بین سیاست‌گذاران مختلف در حوزه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی
- برنامه‌ریزی برای سازماندهی به مشارکت بانک‌ها و سایر صندوق‌ها و موسسات مالی برای حمایت از تولیدکنندگان داخلی صنعت موتورهای الکتریکی
- توسعه سرمایه انسانی کارآمد و زمینه‌سازی برای به کارگیری متخصصان و پژوهشگران جذب نخبگان و فارغ‌التحصیلان رشته‌های مرتبط علمی از طریق ایجاد بازار کار مناسب پویا و پایدار
- ❖ سیاست‌ها و اقدامات خاص حوزه صنعت و فناوری انواع مختلف موتورهای الکتریکی
 - تعریف پروژه‌های ملی مورد حمایت دولت در راستای نیازمندی‌های کشور
 - ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران در حوزه توسعه دانش براساس نیازمندی‌های موجود (بسترهای دانشی فناوری، کارگاه‌های آموزشی)
 - چاپ نشریه تخصصی آکادمیک و دانشگاهی در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی
 - برگزاری کنفرانس علمی و تخصصی ماشین‌های الکتریکی
 - چاپ نشریات تخصصی صنعتی برای افزایش و به روز رسانی اطلاعات کاربران موتورهای الکتریکی در بخش‌های مختلف صنعت
 - حمایت از اختراعات و نوآوری‌های حوزه فناوری ماشین‌های الکتریکی
 - ایجاد بانک اطلاعاتی مقالات و پایان‌نامه‌های حوزه فناوری ماشین‌های الکتریکی
 - تاسیس آزمایشگاه‌های تخصصی و مرجع
 - تاسیس انجمن صنفی سازندگان ماشین‌های الکتریکی
 - برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی حوزه ماشین‌های الکتریکی
 - تاسیس مرکز ملی متولی توسعه فناوری ماشین‌های الکتریکی
 - تدوین استانداردهای انرژی

- حمایت‌های لازم جهت ایجاد انگیزش طرف تقاضا با برنامه‌های تشویقی یا اعمال استانداردهای اجباری در بخش‌های مختلف اقتصادی برای استفاده از موتورهایی با بازده بالا
- پیگیری برای پیاده‌سازی نظام تایید صلاحیت فنی مهندسان و مشاوران حوزه صنعت موتورهای الکتریکی
- ایجاد قوانین و دستورالعمل‌های مرتبط با جهت‌دهی به نظام توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی
- ایجاد فضا برای توسعه آگاهی‌بخشی در فناوری موتورهای الکتریکی

۲-۵- شناسنامه اقدامات

(۱) عنوان اقدام: تعریف پروژه‌های ملی مورد حمایت دولت در راستای نیازمندی‌های کشور

تشریح فعالیت‌ها:

با توجه به فناوری‌های اولویت‌دار موتورهای الکتریکی پروژه‌هایی در راستای نیازمندی‌های کشور تعریف شده است که عناوین این پروژه‌ها عبارتند از:

- طرح کلان جایگزینی موتورهای الکتریکی کولرهای آبی
- طرح کلان کاهش دیماند و مصرف انرژی موتورهای الکتریکی بخش صنعت
- طرح کلان جایگزینی موتورهای الکتریکی چاه‌های آب کشاورزی
- طرح کلان جایگزینی کمپرسورهای یخچال/فریز خانگی
- طرح کلان کسب دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی توان بالا
- طرح کلان کسب دانش فنی و تولید انواع موتورهای الکتریکی کشنده

لازم به ذکر است این پروژه‌ها (اقدامات فنی) در گزارش فاز پنجم به تفصیل معرفی شده است و برای هر یک شناسنامه اقدام مشخص شده است.

(۲) عنوان اقدام: ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران در حوزه توسعه دانش براساس نیازمندی‌های موجود

(بسترهای دانشی فناوری، کارگاه‌های آموزشی)

تشریح فعالیت‌ها:

- حمایت از پایان نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری مرتبط با فناوری موتورهای الکتریکی به سه صورت امکان پذیر است:
- الف) حمایت‌های مالی: این حمایت به عنوان اصلی‌ترین فعالیت به شمار می‌رود. این حمایت در سه حوزه صورت می‌گیرد:
- حمایت مالی از پایان نامه های کارشناسی ارشد به صورت کمک نقدی به دانشجو که البته در دو نوع مطالعاتی و کاربردی صورت می‌گیرد و میزان کمک به پایان نامه های کاربردی بیش از مطالعاتی می باشد.
 - حمایت مالی از پایان نامه های دکتری به صورت کمک نقدی به دانشجو
 - حمایت تشویقی از صنعتی شدن دستاوردهای پایان نامه ها بطوریکه در مواردی که پایان نامه کاملاً در راستای نیازهای صنعت بوده و در این بخش قابل اجرا باشد فرد، مبلغی را به عنوان تشویقی دریافت کند.
- ب) پشتیبانی های فیزیکی: این نوع حمایت شامل دو عنوان اصلی می شود:
- حق استفاده از آزمایشگاه‌ها: در این مورد به دانشجویانی که پایان‌نامه‌هایی مرتبط با موضوعات مطرح شده در حوزه موتورهای الکتریکی تعریف کرده‌اند، حق استفاده به صورت رایگان ولی در تعداد محدودی آزمایش در هر سال از آزمایشگاه‌های موتورهای الکتریکی داده می‌شود.
 - حق استفاده از کتابخانه‌های خارج از دانشگاه‌ها: در این مورد حق استفاده رایگان از کتابخانه‌های مرتبط با این موضوع به دانشجویان داده می‌شود.
- ج) حمایت‌های مشاوره‌ای: این نوع حمایت به منظور رفع موانع علمی دانشجویان و کمک به ایشان در انجام پایان نامه می‌باشد که از آن به عنوان اطلاع رسانی علمی و مشاوره علمی به دانشجویان یاد شده است.

۳) عنوان اقدام: تاسیس مرکز ملی متولی توسعه فناوری ماشین‌های الکتریکی

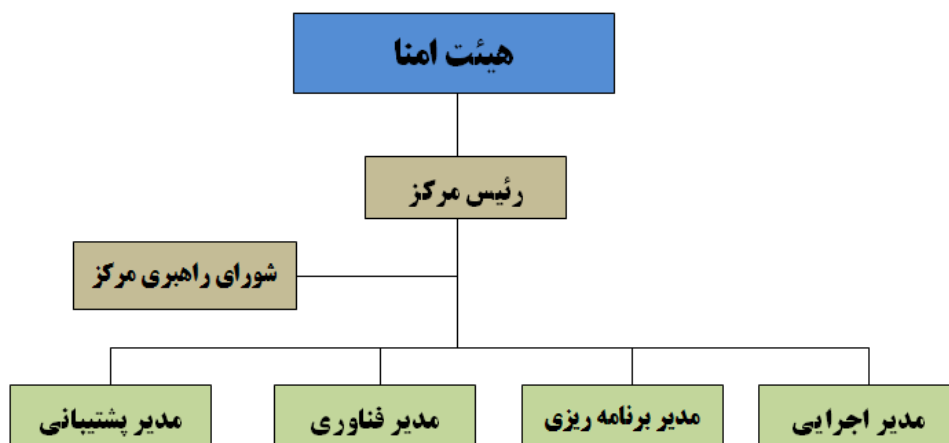
تشریح فعالیت‌ها:

از آنجایی که تحقق بندهای سند توسعه فناوری موتورهای الکتریکی نیاز به پیگیری مستمر و متمرکز دارد، لذا نیاز به ایجاد مرکزی جهت پیگیری اهداف آن می‌باشد. وظایف تعریف شده در این گزارش برای مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی در دو دسته کلی، مطابق جدول زیر، تقسیم‌بندی می‌گردد.

جدول ۱-۲: تقسیم‌بندی وظایف مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی

ردیف	حوزه توسعه دانش و فناوری	حوزه بازار و برنامه‌ها و سیاست‌های اجرایی
۱	برنامه‌ریزی برای تدوین دانش فنی طرح‌های اجرایی	رصد بازار و آرایه آمار و تحلیل‌ها، پیشنهاد سیاست‌ها و برنامه‌ها
۲	آموزش، چاپ مجلات و برگزاری کنفرانس	رصد طرح‌های کلان اجرایی نقشه راه

ردیف	حوزه توسعه دانش و فناوری	حوزه بازار و برنامه‌ها و سیاست‌های اجرایی
۳	برقراری ارتباط بین مراکز تحقیق و توسعه و موسسات پژوهشی	برگزاری نمایشگاه‌های سالانه، برنامه ریزی برای شرکت در نمایشگاه‌های بین المللی موتورهای الکتریکی
۴	حمایت از ابداعات و اختراعات	تدوین و پیشنهاد استانداردهای مصرف انرژی
۵	حمایت از تشکیل و توسعه توانایی‌های شرکت‌های دانش بنیان	ایجاد صندوق کار آفرینی و حمایت از فناوری‌های نوین
۶	جهت دهی و حمایت از پایان نامه‌های تحصیلات تکمیلی	پیگیری برای مشارکت بیشتر موسسات مالی برای حمایت از توسعه صنعت موتورهای الکتریکی
۷	ایجاد بانک اطلاعاتی از پژوهش‌های حوزه موتورهای الکتریکی	اطلاع رسانی و آگاهی بخشی به کاربران مختلف موتورهای الکتریکی برای استفاده بیشتر از محصولات داخلی
۸	ایجاد شبکه متخصصین و موسسات فعال در حوزه توسعه دانش	پیگیری برای ایجاد آزمایشگاه‌های مرجع
۹	آینده پژوهی و سیاست پژوهی در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی	
۱۰	ایجاد ارتباط بین مراکز پژوهشی داخل کشور و موسسات پژوهشی معتبر جهانی	



چارت سازمانی پیشنهادی برای مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی

چارت سازمانی نشان داده شده در شکل بالا برای انجام وظایف پیش‌بینی شده در این گزارش، برای مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشنهاد شده است. عناوین پیشنهادی واحدهای مختلف مرکز و وظایف هر واحد در این چارت نشان داده شده است. وظایف بخش‌های مختلف عبارتند از:

الف) حوزه فن آوری

- ۱- رصد و آینده نگاری فن آوری
- ۲- ایجاد فن آوری موتورهای القائی کوچک، متوسط و بزرگ پربازده
- ۳- ایجاد فن آوری موتورهای مغناطیس دائم کوچک، متوسط و بزرگ
- ۴- ایجاد فن آوری موتورهای رلوکتانسی کوچک، متوسط و بزرگ
- ۵- ایجاد فن آوری نسل مدرن موتورهای الکتریکی نظیر ابرسانا، پرسرعت و ...
- ۶- ایجاد فن آوری درایوهای صنعتی مورد استفاده در موتورهای کوچک، متوسط و بزرگ
- ۷- راه اندازی آزمایشگاه‌های مرجع و تحقیقاتی
- ۸- حمایت از ابداعات و اختراعات

ب) حوزه برنامه ریزی

- ۱- آمارگیری از موتورهای الکتریکی مورد استفاده و موردنیاز صنایع (ارزیابی سمت عرضه و تقاضا)
- ۲- سیاست پژوهی در حوزه موتورهای الکتریکی
- ۳- امکان سنجی و پیشنهاد طرح‌های اجرائی با هدف کاهش مصرف انرژی الکتریکی موتورهای بخش‌های مختلف
- ۴- راه اندازی شبکه متخصصین حوزه موتورهای الکتریکی
- ۵- مدیریت دانش در حوزه موتورهای الکتریکی
- ۶- تدوین استانداردهای مصرف انرژی در حوزه موتورهای الکتریکی
- ۷- چاپ مجلات تخصصی و برگزاری کنفرانس‌ها و نمایشگاه‌های تخصصی

ج) حوزه اجرایی

- ۱- رصد طرح‌های کلان اجرایی نقشه راه
- ۲- ایجاد صندوق کار آفرینی و حمایت از فناوری‌های نوین
- ۳- پیگیری برای مشارکت بیشتر موسسات مالی برای حمایت از توسعه صنعت موتورهای الکتریکی

۴) عنوان اقدام: تاسیس آزمایشگاه‌های تخصصی و مرجع

تشریح فعالیت‌ها:

بر اساس آمار منتشره توسط توانیر در سال ۱۳۹۲ میزان مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در بخش صنعت کشور ۴۵،۹۱۸ میلیون کیلووات ساعت (با فرض این که ۶۵ درصد انرژی را موتورهای الکتریکی مصرف می‌کنند) است. با محاسبات انجام شده در گزارش‌های قبلی، ۲۱ درصد این مقدار انرژی الکتریکی توسط موتورهای الکتریکی بزرگ (با توان نامی بیش از ۷۵۰ کیلووات) مصرف می‌شود؛ بنابراین مصرف سالانه انرژی موتورهای الکتریکی بزرگ در این سال برابر ۹،۶۰۰ میلیون کیلووات ساعت بوده است. این مقدار مصرف انرژی نشان می‌دهد که در کشور بیش از ۱۰،۰۰۰ عدد موتور الکتریکی بزرگ در حال کار می‌باشد. اگر آمار نیاز به تعمیرات و موتورهای جدید ۷ درصد تعداد کل موتورهای بزرگ نصب شده فرض شود (تعداد ۷۰ دستگاه الکتروموتور بزرگ)، مصرف انرژی این تعداد برابر ۶۷۵ میلیون کیلووات ساعت می‌شود؛ در این صورت در صورتی که موتورهای تعمیری و یا خریداری شده یک درصد کاهش بازده (به دلایلی مانند کیفیت بد ساخت، استفاده از مواد اولیه نامرغوب، نبودن دانش فنی کافی و غیره) رخ دهد، حداقل ۶،۷۵ میلیون کیلووات ساعت انرژی بیشتری مصرف می‌شود که برابر ده میلیارد ریال (با فرض قیمت ۱۵۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت) هزینه بیشتر برای کشور، برای تولید این مقدار انرژی الکتریکی است. مقدار هزینه واقعی با احتساب قیمت واقعی سوخت، در حدود سه برابر این مقدار است. اگر عمر مفید این تجهیزات ۱۵ سال فرض شود، میزان اضافه هزینه‌های این ۷۰ دستگاه الکتروموتور برای صنعت برق کشور، ۱۵ برابر (به نرخ امسال) افزایش می‌یابد و هر سال نیز همین مقدار به آن اضافه می‌شود که به صورت تجمعی، بالغ بر ۱،۲۱۵ میلیارد ریال (با فرض قیمت ۱۵۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت) به نرخ امسال می‌شود. البته در این محاسبات هزینه‌های مربوط به تغییرات ضریب توان، آلاینده‌گی محیط زیست و عدم انطباق بار و موتور الکتریکی لحاظ نشده است.

از طرف دیگر با توجه به وجود برنامه مصوب در خصوص ۱۰،۰۰۰ مگاوات انرژی تجدیدپذیر و سهم عمده انرژی بادی از این میزان در کشور، برنامه‌ریزی‌های زیادی برای توسعه نیروگاه‌های بادی در کشور (در حدود ۴،۵۰۰ مگاوات) در سال‌های آینده انجام شده است. این مطلب به این معنی است که در سال‌های آینده حجم بالایی از ژنراتورهای الکتریکی با توان چند مگاوات جهت استفاده در توربین‌های بادی به کشور وارد و یا در داخل کشور تولید خواهد شد که این تجهیزات قبل از نصب، نیاز به آزمون و تایید شاخص‌های عملکردی دارند؛ به عبارت دیگر وجود مرکزی برای آزمایش این تجهیزات در کشور - برای

جلوگیری از تلفات انرژی و افزایش بهره‌وری - ضروری می‌باشد. همچنین این مرکز امکان آزمایش و تعیین مشخصات فنی سایر تجهیزات دوار مورد نیاز بخش صنعت، مانند توربین‌ها، تجهیزات مورد استفاده در کشتی‌ها و ... را دارا می‌باشد.

در حال حاضر موتورهای الکتریکی در صنایع مختلف با توان بیش از ۲ مگاوات فعال هستند؛ به عنوان مثال موتور با توان ۲,۵ مگاواتی در صنایع سیمان، موتورهای بیش از ۲ مگاوات در خطوط انتقال آب، با توان ۴ مگاوات در نیروگاه‌ها استفاده می‌شود. البته تعداد محدودی موتور الکتریکی با توان بیش از ۱۰ مگاوات نیز در برخی نیروگاه‌های بخار کشور فعال هستند. با توجه به این که با گذر زمان، امکان تولید موتورهای الکتریکی با توان بالاتر به دلیل ساده‌تر شدن فرایندها ساخت و تولید، بیشتر می‌شود و در نتیجه امکان استفاده از آنها فراهم می‌گردد، پیشنهاد می‌گردد ظرفیت نامی آزمایشگاه دینامومتری ۵ مگاوات انتخاب گردد. این انتخاب می‌تواند در یک افق ۱۰ ساله، تمامی نیازمندی‌های کشور را تحت پوشش قرار دهد.

تجهیزات اصلی مورد نیاز برای آزمایشگاه دینامومتری موتورهای توان بالا و توربین باد، عبارتند از:

۱- ژنراتور: برای آزمون شاخص‌های مصرف انرژی موتورهای الکتریکی، نیاز به یک ژنراتور با توان ۵ مگاوات می‌باشد. قابل توجه است که برای افزایش دقت در تمام بازه توانی آزمون موتورها (محدوده چند صد کیلووات تا چند مگاوات)، می‌توان به جای استفاده از یک ژنراتور با توان ۵ مگاوات، از دو ژنراتور کوپل شده به هم و با توان کمتر استفاده نمود.

۲- مبدل‌های الکترونیک قدرت: دو مجموعه الکترونیک قدرت، شامل مبدل‌های AC/DC و DC/AC، در این آزمایشگاه برای تغذیه موتور تحت آزمون و همچنین انتقال توان ژنراتور به شبکه نیاز می‌باشد.

۳- گیربکس: برای آزمایش تجهیزات سرعت پایین و همچنین استفاده از این آزمایشگاه برای آزمون تجهیزات توربین باد به گیربکس نیاز می‌باشد.

۴- ترانسفورمرها: ترانسفورمرها برای تغذیه تجهیزات با قدرت نامی مجموعه آنها، مورد نیاز می‌باشد.

۵- سنسورها: برای کنترل فرایند آزمون‌ها و ثبت نتایج نیاز به استفاده از سنسورهای مختلف، مانند سنسور سرعت، گشتاور، دمای قسمت‌های مختلف و ...، در آزمایشگاه می‌باشد.

۶- تجهیزات کنترل و مونیتورینگ: برای ثبت اطلاعات سنسورها و برنامه‌ریزی آزمون‌ها به سیستم کنترل و مونیتورینگ آزمایشگاه نیاز می‌باشد.

۷- شاسی: با توجه به وزن و ابعاد بزرگ تجهیزات مورد استفاده در آزمایشگاه و همچنین تجهیزاتی که مورد آزمون قرار می‌گیرند، نیاز به یک شاسی مناسب، با قابلیت تنظیم و تغییر جزئی ابعاد، می‌باشد. در جدول زیر پیش‌بینی هزینه‌های تاسیس آزمایشگاه برای توان ۵ مگاوات آورده شده است. همانطور که در این جدول آورده شده است، در حدود ۱۵ میلیارد ریال هزینه نیروی انسانی و ۲۵۰ میلیارد ریال هزینه برای خرید و یا ساخت تجهیزات آزمایشگاه مورد نیاز است. همچنین حداقل به ۵۱ ماه زمان برای آماده شدن آزمایشگاه نیاز می‌باشد.

جدول ۲-۲: هزینه و زمان مورد نیاز تاسیس آزمایشگاه برای توان ۵ مگاوات

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	نفر در ماه	هزینه (ریال)	
				نیروی انسانی	تجهیزات
۱	بررسی مستندات، طراحی مفهومی و طراحی تفصیلی آزمایشگاه	۱۵	۴	۴,۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰	-
۲	تهیه زمین، سوله سازی، تاسیسات و ساخت شاسی	۲۴	۱	۱,۶۸۰,۰۰۰,۰۰۰	۵۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۳	خرید/ ساخت ترانسفرمر، ژنراتور و سایر موتورهای الکتریکی مورد نیاز	۲۴	۱	۱,۶۸۰,۰۰۰,۰۰۰	۴۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۴	خرید/ساخت سیستم الکترونیک قدرت و کنترل	۲۴	۱	۱,۶۸۰,۰۰۰,۰۰۰	۶۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۵	خرید/ ساخت تجهیزات مکانیکی	۲۴	۱	۱,۶۸۰,۰۰۰,۰۰۰	۵۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۶	خرید سنسورها و تجهیزات کنترل	۲۴	۰,۵	۸۴۰,۰۰۰,۰۰۰	۳۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۷	مونتاژ و آزمایش	۱۲	۴	۳,۳۶۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
	جمع		۲۱۶	۱۵,۱۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۵۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
	مجموع هزینه ها (ریال)			۲۶۵,۱۲۰,۰۰۰,۰۰۰	

بر اساس نظر کمیته راهبردی پروژه، مقرر گردیده است که هزینه‌های اخذ ليسانس برای آزمایشگاه فوق نیز به بودجه پروژه اضافه گردد که این مساله به دلیل نیاز به استعلام و بررسی‌های بیشتر، در زمان تهیه طرح تفصیلی مد نظر قرار خواهد گرفت.

همچنین در جدول زیر پیش‌بینی هزینه‌های تاسیس آزمایشگاه برای الکتروموتورهای در بازه توانی ۷۵ تا ۳۷۵ کیلووات آورده شده است. همانطور که در این جدول آورده شده است، در حدود ۵ میلیارد ریال هزینه نیروی انسانی و ۵۰ میلیارد ریال هزینه برای خرید و یا ساخت تجهیزات آزمایشگاه مورد نیاز است. همچنین حداقل به ۲۴ ماه زمان برای آماده شدن آزمایشگاه نیاز می‌باشد.

جدول ۲-۳: هزینه و زمان مورد نیاز آزمایشگاه الکتروموتورهای در بازه توانی ۷۵ تا ۳۷۵ کیلووات

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	نفر در ماه	هزینه (ریال)	
				نیروی انسانی	تجهیزات
۱	بررسی مستندات، طراحی مفهومی و طراحی تفصیلی آزمایشگاه	۶	۲	۸۴۰,۰۰۰,۰۰۰	
۲	تهیه زمین، سوله سازی، تاسیسات و ساخت شاسی	۱۲	۱	۸۴۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۳	خرید / ساخت ترانسفرمر، ژنراتور و سایر موتورهای الکتریکی مورد نیاز	۱۲	۱	۸۴۰,۰۰۰,۰۰۰	۴,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۴	خرید/ساخت سیستم الکترونیک قدرت و کنترل	۱۲	۰,۵	۴۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۶,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۵	خرید/ ساخت تجهیزات مکانیکی	۱۲	۱	۸۴۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۶	خرید سنسورها و تجهیزات کنترل	۱۲	۰,۵	۴۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۵,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۷	مونتاز و آزمایش	۶	۲	۸۴۰,۰۰۰,۰۰۰	۵,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
	جمع		۷۲	۵,۰۴۰,۰۰۰,۰۰۰	۵۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
	مجموع هزینه ها (ریال)			۵۵,۰۴۰,۰۰۰,۰۰۰	

۵) عنوان اقدام: تاسیس انجمن صنفی سازندگان ماشین‌های الکتریکی

تشریح فعالیت‌ها:

توسعه فناوری موتورهای الکتریکی با در نظر گرفتن نظام نوآوری فناورانه نیازمند وجود و اثرگذاری نهادهای واسطی خواهد بود تا بوسیله آن روابط و تعاملات موجود در نظام، نهادینه و زمینه توسعه پایدار این فناوری فراهم گردد. بسترسازی و ایجاد نهادها و تشکل‌های علمی، صنفی و غیر دولتی در جوامع امروزی از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. این تشکل‌ها در واقع

نماینده گروه‌های مختلف جامعه می‌باشند که به نحوی با جزء و یا اجزایی از فرآیند توسعه تکنولوژی مرتبط بوده و دارای علایق و انگیزه‌های مشترک در یک مجموعه متشکل هستند. این تشکلهای دارای ویژگی‌هایی هستند که در صورتی که به طور کامل رعایت شود تضمین‌کننده موفقیت و پایداری آنها خواهد بود. از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- خودجوشی و نیاز طبیعی
- ۲- تعهد و هدف مشترک
- ۳- قانونمندی
- ۴- برنامه و فعالیت مشخص
- ۵- جلب مشارکت و عضویت
- ۶- مشارکت و مسئولیت‌پذیری

تشکل‌های علمی، صنفی و غیر دولتی در حوزه فناورانه براساس شرایط تحقیقاتی و علمی کشور و جهان و همچنین انگیزش‌های موجود حوزه این تکنولوژی به طور خودجوش به وجود آمده، دارای ضوابط مشخص و تعریف شده‌ای بوده و در راستای دستیابی به اهداف خود دارای برنامه و فعالیت مشخص در یک بخش یا رشته خاص می‌باشند. اصولاً هدف این تشکلهای سودجویانه نیست بلکه بیشتر دارای اهداف علمی، فرهنگی و اجتماعی می‌باشند.

از آنجا که فرآیند توسعه فناوری موتورهای الکتریکی دارای زمینه‌های متنوع و گسترده‌ای از موضوعات مورد توجه تشکل‌های علمی، صنفی و غیردولتی در دانشگاه، صنعت و ... می‌باشد، لذا می‌توان با کمک و حمایت لازم به منظور ایجاد و تقویت جایگاه این تشکل‌ها به تسریع در فرآیند توسعه فناوری موتورهای الکتریکی کمک نمود. به منظور هماهنگ‌سازی و هم‌افزایی نتایج و ایجاد تعامل موثر، ارتباط با تشکل‌های علمی، صنفی و غیردولتی حامی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی به عنوان یکی از وظایف مرکز توسعه فناوری مورد توجه قرار می‌گیرد. هدف اصلی در این زمینه علاوه بر ارائه کمک‌های مالی، اطلاعاتی و ... به تشکل‌های فوق، انتقال خطوط و موضوعات راهبردی کمیته راهبری توسعه فناوری موتورهای الکتریکی به آنها و از سوی دیگر جذب نظرات و یافته‌های آنان و پیگیری‌های لازم در راستای آن می‌باشد.

در اولین گام فرصت‌ها، ظرفیت‌ها و زمینه‌های بالقوه برای ایجاد و توسعه این تشکل‌ها را در بستر دانشگاه‌ها، صنعت و سایر نهادها از جمله نهادهای مدنی شناسایی نموده و پس از مطالعه و انجام بررسی‌های لازم، از روش‌ها و ابزارهای مختلف در

جهت ایجاد جذابیت برای ایجاد تشکل‌های مستعد شکل‌گیری استفاده خواهد کرد. ارائه کمک‌های مالی از طریق وام‌های بلاعوض و اطلاع‌رسانی به تشکل‌های شناسایی شده از ابعاد حمایت‌های مالی و اطلاعاتی این دفتر خواهد بود. همچنین این دفتر در راستای ارائه خدمات علمی، سمینارها و نشست‌های مختلفی با هدف ایجاد ارتباط و تبادل علمی میان این تشکل‌ها با سایر مراکز مشابه داخلی و خارجی برگزار خواهد کرد. از دیگر فعالیت‌های در این زمینه بررسی و شناسایی موانع موجود بر سر راه ایجاد و توسعه این‌گونه تشکل‌ها و پیگیری به منظور رفع آنها می‌باشد. مجموعه فعالیت‌های فوق می‌تواند زمینه‌ساز شکل‌گیری و توسعه نهادهایی کارآمد در بخش‌های مختلف از جمله دانشگاه و صنعت و در نهایت تسریع در فرآیند توسعه فناوری موتورهای الکتریکی گردد.

۶) عنوان اقدام: حمایت‌های لازم جهت ایجاد انگیزش طرف تقاضا با برنامه‌های تشویقی یا اعمال استانداردهای اجباری در بخش‌های مختلف اقتصادی برای استفاده از موتورهایی با بازده بالا

تشریح فعالیت‌ها:

در حال حاضر مجموعه قوانین کشور چه در بخش تولید و چه در بخش واردات به نحوی نیست که مصرف‌کنندگان داخلی را راغب به استفاده از موتورهای الکتریکی با بازده بالا نماید؛ به عبارت دیگر محصولات تولیدی شرکت‌های داخلی با کیفیت و استانداردهای انرژی معمول در کشورهای پیشرفته صنعتی تطابق ندارد و از طرف دیگر وارد شدن موتورهای الکتریکی با استانداردهای انرژی پایین و یا کیفیت ساخت پایین نیز ممنوع نمی‌باشد. در نتیجه محصولات با کیفیت کم خارجی و با قیمت‌های پایین وارد کشور می‌شود و از طرف دیگر به دلیل پایین بودن هزینه‌های مصرف انرژی، کاربران موتورهای الکتریکی به استفاده از همین محصولات با کیفیت پایین و بازدهی انرژی نسبتاً کم ترغیب می‌شوند.

یکی از مهمترین دلایل ایجاد چنین وضعیتی، نبود آزمایشگاه‌های مرجع لازم برای صدور گواهی کیفیت موتورهای الکتریکی در بازه‌های توانی مختلف است که ایجاد آنها به عنوان یک اقدام جداگانه دیده شده و قبلاً توضیح داده شده است. با استفاده از این امکان و همچنین تشکیل جلسات با شرکت‌های سازنده سیاست‌ها، راهکارها و اقدامات لازم مانند ارائه کمک‌های مالی برای ارتقاء تجهیزات خطوط تولید و غیره بررسی می‌گردد و به عنوان بسته به مراکز ذیربط پیشنهاد خواهد شد. همچنین به

روش مشابه راهکارهای جلوگیری از واردات موتورهای الکتریکی با کیفیت پایین و یا افزایش هزینه‌های (مانند ارتقاء استانداردهای انرژی انواع موتورهای الکتریکی) آنها تدوین و برای مراکز تصمیم‌گیر ارسال می‌گردد.

از طرف دیگر می‌توان با اطلاع‌رسانی عمومی از طریق وسایل ارتباط جمعی و یا از طریق نشریات خاص برای کاربران صنعتی موتورهای الکتریکی و شناساندن مزایای زیاد موتورهای الکتریکی با فناوری نوین (مانند بازدهی انرژی بالاتر، طول عمر بیشتر و غیره)، در کاربران ایجاد انگیزه بیشتری برای استفاده از موتورهای الکتریکی با بازده انرژی بالاتر نمود.

به صورت خلاصه می‌توان گفت که برنامه ریزی برای افزایش کیفیت محصولات داخلی، افزایش هزینه‌های واردات محصولات کم بازده خارجی و افزایش اطلاعات کاربران موتورهای الکتریکی (به خصوص کاربران صنعتی)، مجموعه فعالیت‌هایی است که برای ایجاد انگیزه در طرف تقاضا برای استفاده از موتورهای الکتریکی بازده بالا باید انجام گردد.

۷) عنوان اقدام: ایجاد قوانین و دستورالعمل‌های مرتبط با جهت‌دهی به نظام توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی

تشریح فعالیت‌ها:

مجموعه قوانین تجاری هر کشور، مبنایی برای فعالیت‌های تجاری و سرمایه‌گذاری در آن کشور است و بر نوع، دامنه و کارایی این فعالیت‌ها اثر فراوانی دارد. اندک تاملی در کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نشان می‌دهد که نظام قانونی و حقوقی، نقش مهمی را در ابعاد حمایت از سرمایه‌گذاری و تامین منابع مالی و حمایت از حقوق مالکیت معنوی ایفا می‌کند. لذا توجه به ایجاد زیرساخت مناسب قانونی در ابعاد مختلف تاثیر گذار بر روند توسعه فناوری حائز اهمیت بسیار است.

بدیهی است تدوین قوانین و مقررات مناسب در این حوزه نیازمند تشکیل کمیته‌های تخصصی است تا بتوانند با بررسی وضعیت موجود کشور در ابعاد مختلف قانونی و حقوقی، نیازمندی‌های قانونی را شناسایی و بر اساس تجربیات سایر کشورها در این زمینه، به تدوین مقررات و قوانینی متناسب با ساختار و موقعیت کشورمان پردازند.

همچنین این کمیته باید اقدامات لازم را در خصوص تصویب این قوانین در مراجع ذیصلاح انجام داده و مکانیزم‌هایی را در جهت اجرای این قوانین توسط بخش‌های مرتبط طراحی نماید.

۸) عنوان اقدام: تدوین استاندارد انرژی

تشریح فعالیت‌ها:

استانداردهای انرژی در کشور بر مبنای امکانات فعلی تولید کنندگان داخلی موتورهای الکتریکی تنظیم شده است و رده‌های انرژی در آنها به نحوی تنظیم گردیده‌اند که محصولات تولیدی آنها خارج از استاندارد انرژی نباشند. با ارتقاء فناوری موتورهای الکتریکی ساخت داخل بر اساس برنامه‌هایی که در سند نقشه راه موتورهای الکتریکی پر بازده دیده شده است، امکان ارتقاء استاندارد انرژی انواع موتورهای الکتریکی مورد استفاده در کشور وجود دارد. همچنین در برخی موارد که هنوز استاندارد انرژی برای آنها تدوین نشده است نیز می‌توان این استانداردها را تدوین و برجسب انرژی برای آنها پیشنهاد داد. با ارتقای استانداردهای انرژی متناسب با تغییرات فناوری موتورهای الکتریکی و ابلاغ آنها به گمرکات کشور، از وارد شدن موتورهای الکتریکی با بازده انرژی پایین نیز جلوگیری خواهد شد.

۹) عنوان اقدام: پیگیری برای پیاده‌سازی نظام تایید صلاحیت فنی مهندسان و مشاوران حوزه صنعت موتورهای الکتریکی

تشریح فعالیت‌ها:

یکی از دلایل افزایش مصرف انرژی در بخش محرکه‌های صنعت کشور، عدم تطابق بار و موتور الکتریکی است. مثلاً برای یک محصول در موقع طراحی، یک موتور الکتریکی با توانی بیش از آنچه که مورد نیاز محصول است انتخاب شده و این محصول به تعداد زیاد و چندین سال است که تولید و به بازار عرضه می‌گردد. در صورت تسلط فرد طراح بر نحوه انتخاب الکتروموتور، مقدار انرژی مصرفی این محصول می‌توان کاهش چشمگیری (در طول عمر آن) داشته باشد. مسایل مشابه دیگری نیز در زمینه طراحی، ساخت، نصب و بهره‌برداری از موتورهای الکتریکی وجود دارد که برای به نتیجه صحیح رسیدن و جلوگیری از اتلاف انرژی، نیاز به افراد دارای صلاحیت شناخته شده در زمینه موتورهای الکتریکی می‌باشد. در حال حاضر به دلیل نبودن نظام تایید صلاحیت حرفه‌ای، امکان ارزیابی توانمندی‌های کارشناسان حوزه موتورهای الکتریکی برای کارفرمایان وجود ندارد و چه بسا کارهای مهمی به افراد فاقد صلاحیت لازم سپرده شود. با راه‌اندازی این کار، علاوه بر ایجاد اطمینان از توانمندی‌های متخصصان این حوزه و کمک به افزایش کیفیت خدمات ارائه شده به بخش‌های مختلف صنعت کشور، به کاهش مصرف انرژی الکتریکی در صنایع و همچنین محصولات تولیدی آنها کمک زیادی می‌توان نمود.

۱۰) عنوان اقدام:

- ایجاد فضا برای توسعه آگاهی‌بخشی در فناوری موتورهای الکتریکی
- چاپ نشریه تخصصی آکادمیک و دانشگاهی در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی
- برگزاری کنفرانس علمی و تخصصی ماشین‌های الکتریکی
- چاپ نشریات تخصصی صنعتی برای افزایش و به روز رسانی اطلاعات کاربران موتورهای الکتریکی در بخش‌های مختلف صنعت
- برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی حوزه ماشین‌های الکتریکی
- برگزاری کنفرانس علمی و تخصصی ماشین‌های الکتریکی

تشریح فعالیت‌ها:

به منظور ترویج فناوری موتورهای الکتریکی در قالب توسعه پایگاه‌های اطلاع‌رسانی و انتشار بولتن‌های خبری فعالیت‌های ذیل قابل تعریف می‌باشد. البته پس از شکل‌گیری مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی، این فعالیت‌ها به شکل جامع‌تری به ویژه در حوزه ترویج فناوری‌های موتورهای الکتریکی پر بازده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱. توسعه پایگاه اطلاع‌رسانی اینترنتی موتورهای الکتریکی (علمی-خبری-تحلیلی): درج دستاوردها، اخبار و مطالب مرتبط با موتورهای الکتریکی پر بازده در سایت، علاوه بر جهت‌دهی به فعالیت‌های جاری، تعداد علاقمندان به این فناوری‌ها را نیز افزایش خواهد داد.

۲. ارائه گزارشات خبری و تحلیلی فناوری موتورهای الکتریکی: ارائه این گزارشات در مورد فعالیت‌های انجام گرفته و تحولات حوزه فناوری موتورهای الکتریکی به شیوه‌های مختلف از جمله تهیه و درج مطالب مرتبط با این فناوری در نشریات به صورت گسترده، تهیه و توزیع تک‌نگاشت^۱ و ... بستری را برای ترویج موضوعات مرتبط با این فناوری در بین عموم فراهم خواهد آورد.

^۱ منظور از تک‌نگاشت، همان بولتن است که بصورت خلاصه و مفید و در یک برگه مطالب مرتبط در آن درج خواهد شد. محتوای تک‌نگاشت بیشتر خبری-تحلیلی بوده که بیشتر برای مخاطبینی که نیاز به اطلاع‌رسانی با حجم بالا و عمق مطالب نه چندان زیاد دارند- از جمله دانش‌آموزان- مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۳. بولتن خبری-تحلیلی: بولتن خبری، هم‌اکنون بصورت رنگی و جذاب در حال چاپ و توزیع است ولی متأسفانه گستره توزیع و تعداد آن محدود بوده که باید افزایش یابد. از ویژگی‌های این بولتن آشنایی عمیق با مباحث مرتبط با موتورهای الکتریکی پر بازده در دنیا است که اهمیت توجه به آن در کشور را نمایان می‌سازد. محتوی این بولتن با توجه به مخاطبین مختلف متفاوت خواهد بود.

۴. برگزاری جلسات گفتگو و گردهم‌آیی‌های تخصصی: برگزاری جلسات گفتگو و گردهم‌آیی با حضور مدیران کشور، نمایندگان مجلس، مدیران صنایع و پژوهشگران و ارایه اقدامات صورت گرفته علاوه بر فراهم آوردن موجبات تعامل بیشتر آنها، می‌تواند مامنی برای بیان مشکلات احتمالی پیش‌روی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی باشد.

۵. غنی‌سازی محتوی کتب درسی دانش‌آموزان در مقاطع تحصیلی: ترویج در سطح دانش‌آموزان از راهکارهای ترویج پایه‌ای و ریشه‌ای محسوب می‌شود. از این‌رو افزودن عناوین مرتبط با مفهوم فناوری موتورهای الکتریکی در کتب درسی، علاوه بر آشنا نمودن آنها می‌تواند زمینه‌ساز فعالیت‌های دانش‌آموزان نخبه و علاقمند در حوزه پ فناوری موتورهای الکتریکی در مقاطع تحصیلی بالاتر را فراهم آورد.

۷. نمایشگاه‌ها: برگزاری نمایشگاه‌های مرتبط با فناوری موتورهای الکتریکی و ارایه محصولات جدید در این غرفه‌ها موجبات آشنایی و علاقه‌مندی صاحبان صنایع و بازدیدکنندگان را با این فناوری، همچنین معرفی آخرین دستاوردهای این حوزه را فراهم خواهد کرد.

۸. تولید و دوبله فیلم‌های علمی در مورد فناوری موتورهای الکتریکی پر بازده: یکی از قوی‌ترین رسانه‌های ترویجی برای عموم مردم و همه اقشار و گروه‌های هدف، تهیه و پخش فیلم آموزشی و علمی در این زمینه است.

۹. ترویج فناوری موتورهای الکتریکی پر بازده در تولیدات صدا و سیما: تهیه برنامه تلویزیونی مرتبط در صدا و سیما از دیگر برنامه‌های ترویجی موثر خواهد بود که به عنوان نمونه می‌توان به برنامه فن‌آوری ایرانی، پرتو و رویکرد اشاره نمود. کمک فکری به این برنامه‌ها جهت گنجاندن موضوع موتورهای الکتریکی پر بازده در شناساندن این فن‌آوری به عموم مردم نقش موثری خواهد داشت.

(۱۱) عنوان اقدام: حمایت از اختراعات و نوآوری‌های حوزه فناوری ماشین‌های الکتریکی

تشریح فعالیت‌ها:

در این اقدام هدف حمایت از فرد مبتکر و مخترع و حمایت از دستاورد وی می‌باشد. امکان حمایت‌های مختلف در این زمینه وجود دارد که حمایت‌های انتخابی این موارد هستند. مهم‌ترین حمایت، حمایت مالی از ثبت اختراعات در زمینه موتورهای الکتریکی پر بازده است. بدین صورت که از ثبت اختراعات برجسته مرتبط با موتورهای الکتریکی راهبردی در سطح بین‌المللی حمایت مالی صورت گیرد و بخشی از هزینه‌های سنگین ثبت اختراع که فرد مبتکر و مخترع به تنهایی از عهده آن بر نمی‌آید و باعث انصراف وی از ثبت خواهد شد، توسط دولت پرداخت گردد.

دسته دیگری از حمایت‌ها، حمایت حقوقی و رفع موانع قانونی و حقوقی از ثبت اختراعات مرتبط با فناوری موتورهای الکتریکی راهبردی در داخل کشور می‌باشد. بدین منظور بایستی قوانینی در کشور به تصویب برسد که ضمن حفاظت از نتایج و دستاوردهای مالی و معنوی نوآوری برای مخترع، باعث شود تا بنگاه‌های اقتصادی به راحتی از نتایج و دستاوردها استفاده نمایند.

دسته سوم از حمایت‌ها، از طریق اطلاع‌رسانی دستاوردهای مبتکران و مخترعان فناوری موتورهای الکتریکی راهبردی است. این کار از طرق مختلفی امکان پذیر است ولی دو راهکار عمده آن یکی از طریق برگزاری نمایشگاه اختراعات و دستاوردهای موتورهای الکتریکی است که در ۵ ساله دوم و سوم می‌تواند به صورت دو سالانه برگزار گردد. راهکار دیگر، حمایت از انتشار کتب و مقالات در ارتباط با دستاوردهای فناوری موتورهای الکتریکی است که فعالیتی پیوسته است و در طول ۱۵ سال به فراخور حجم دستاوردها می‌تواند اجرا شود.

دسته چهارم از اقدامات حمایتی، حمایت‌ها و پشتیبانی‌های فیزیکی از دستاوردهای این فناوری است. این پشتیبانی‌ها در واقع در حین انجام تحقیقات به ایشان کمک می‌کند. از جمله مصادیق پشتیبانی در این زمینه می‌توان، در اختیار قراردادن آزمایشگاه‌های تست به منظور انجام آزمایش به مبتکران و مخترعان و همچنین حق استفاده از کتابخانه‌های مرتبط با موتورهای الکتریکی را اشاره نمود. آنچه که در این نوع حمایت مهم است، ارائه حمایت به فرد یا افرادی است که در فناوری موتورهای الکتریکی مشغول انجام تحقیقات می‌باشند.

همچنین، انجام مطالعات اولیه به منظور مشخص نمودن راهکارهای حمایتی دیگر و اصلاحات مورد نیاز این اقدام در سالهای آتی ضروری است و به همین منظور به عنوان اولین فعالیت در این اقدام دیده شده است.

نتیجه گیری

در این گزارش به بررسی این مساله در افق ۱۰ ساله توسعه فناوری‌های موتورهای الکتریکی پرداخته شده ابتدا روش‌ها و رویکردهای مختلف تحلیل نظام نوآوری فناوری‌ها تبیین و معرفی شده و در نهایت مدل، کارکردها و شاخص‌های مناسب برای بررسی چالش‌های توسعه صنعت و فناوری‌های موتورهای الکتریکی در کشور انتخاب شده است. در ادامه، بر اساس کارکردها و شاخص‌های مدل انتخاب شده، با ۹ نفر از خبرگان صنعت موتورهای الکتریکی که سالیان متمادی در این صنعت مشغول به فعالیت بودند مصاحبه شد و چالش‌های توسعه این فناوری‌ها بررسی شدند. همچنین در این مصاحبه‌ها در رابطه با سیاست‌ها و اقدامات مناسب برای رفع این چالش‌ها نیز صحبت شد.

جمع‌بندی نظرات خبرگان نشان می‌دهد که چالش‌های توسعه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی به دو دسته قابل تقسیم است؛ دسته اول چالش‌هایی که مربوط به تمامی صنعت‌های موجود در کشور و از جمله صنعت موتورهای الکتریکی است و دسته دوم چالش‌هایی است که خاص صنعت موتورهای الکتریکی است. سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی در این گزارش که در سند نهایی توسعه فناوری‌های موتورهای الکتریکی نیز آورده شده است، عمدتاً بر دسته دوم چالش‌های توسعه تمرکز دارد.

مراجع

- [۱] روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور ۱۳۹۱.
- [2]. Freeman, C., Perez, C., 1988a. Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour.
- [3]. Geels, F.W., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research policy* 31, 1257-1274.
- [4]. Weber, K.M., 2003. Transforming large socio-technical systems towards sustainability: on the role of users and future visions for the uptake of city logistics and combined heat and power generation. *Innovation: the European Journal of Social Science Research* 16, 155-175.
- [5]. Rotmans, J., Kemp, R., van Asselt, M., 2001. More evolution than revolution: transition management in public policy. *Foresight* 3, 15-31.
- [6]. Smith, A., Stirling, A., Berkhout, F., 2005. The governance of sustainable socio-technical transitions. *Res. Pol.* 34, 1491-1510.
- [7]. Carlsson, B., Stankiewicz, R., 1991. On the nature, function and composition of technological systems. *J. Evolutionary Econ.* 1, 93-118.
- [8]. Rothwell, R., Zegveld, W., 1985. *Reindustrialization and technology*. ME Sharpe.
- [9]. Smith, A., 2007. Translating sustainabilities between green niches and socio-technical regimes. *Technology Analysis & Strategic Management* 19, 427-450.
- [10]. Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., Rickne, A., 2002. Innovation systems: analytical and methodological issues. *Res. Pol.* 31, 233-245.
- [11]. Bergek, A., Hekkert, M., Jacobsson, S., 2008a. Functions in innovation systems: A framework for analysing energy system dynamics and identifying goals for system-building activities by entrepreneurs and policy makers. *Innovation for a low carbon economy: economic, institutional and management approaches*, 79.

فهرست مطالب

مقدمه	۱
فصل اول : ادبیات زنجیره ارزش	۳
۱-۱- زنجیره ارزش در سطح بنگاه	۴
۱-۱-۱- ارزش	۴
۱-۱-۲- فعالیت ارزشی	۴
۱-۱-۳- زنجیره ارزش	۵
۱-۱-۴- فعالیت‌های اصلی و پشتیبانی	۶
۱-۱-۴-۱- فعالیت‌های اصلی	۷
۱-۱-۴-۲- فعالیت‌های پشتیبانی	۹
۱-۱-۵- انواع فعالیت‌های اصلی و پشتیبانی	۱۰
۱-۱-۵-۱- فعالیت‌های مستقیم	۱۰
۱-۱-۵-۲- فعالیت‌های غیر مستقیم	۱۰
۱-۱-۵-۳- فعالیت‌های تضمین کیفیت	۱۰
۱-۱-۶- بهره‌هزینه‌ای و زنجیره ارزش	۱۱
۱-۱-۷- تمایز و زنجیره ارزش	۱۳
۱-۱-۸- برون سپاری فعالیت‌های زنجیره ارزش	۱۳
۲-۱- زنجیره ارزش صنعت	۱۴
۲-۱-۱- چارچوب زنجیره ارزش	۱۵
۲-۲-۱- عوامل ساختاری	۱۶
۲-۳-۱- انواع زنجیره ارزش	۱۸

- ۱۹-۴-۲-۱- اهمیت شناخت زنجیره ارزش.....
- فصل دوم : زنجیره ارزش موتورهای الکتریکی ایران..... ۲۱
- ۲۲-۱-۲- زنجیره ارزش موتورهای الکتریکی و درایو ایران..... ۲۲
- ۲۲-۱-۱- مواد و تجهیزات اولیه..... ۲۲
- ۲۴-۲-۱- سازندگان..... ۲۴
- ۲۴-۳-۱- مصرف کننده..... ۲۴
- ۲۵-۲- زنجیره ارزش ساخت موتور..... ۲۵
- ۲۶-۲-۱- طراحی..... ۲۶
- ۲۷-۲-۲- تامین و آزمایش مواد اولیه..... ۲۷
- ۲۷-۳-۲- ساخت..... ۲۷
- ۲۸-۴-۲- مونتاژ..... ۲۸
- ۲۹-۵-۲- آزمایش..... ۲۹
- فصل سوم: مواد اولیه موتورهای الکتریکی..... ۳۰
- ۳۱-۱-۳- فولاد..... ۳۱
- ۳۱-۱-۱- دسته بندی فولادهای الکتریکی..... ۳۱
- ۳۱-۲-۱- درجه بندی براساس تلفات هسته..... ۳۱
- ۳۲-۳-۱- کلاس‌های عمومی فولاد..... ۳۲
- ۳۲-۱-۳- فولادهای غیرجهت دار..... ۳۲
- ۳۳-۲-۳-۱- فولادهای جهت دار..... ۳۳
- ۳۴-۳-۱-۳- فولادهای کاملاً پرداخت شده..... ۳۴
- ۳۴-۴-۳-۱- فولادهای نیمه پرداخت شده..... ۳۴
- ۳۵-۴-۱-۳- محتویات فولادهای الکتریکی..... ۳۵

- ۳-۱-۵- سیستم معیار فولادهای الکتریکی ۳۶
- ۳-۱-۶- سایر استانداردهای فولاد الکتریکی ۳۶
- ۳-۱-۷- تامین کنندگان فولاد در خارج از ایران ۳۹
- ۳-۱-۸- تامین کنندگان فولاد در ایران ۴۲
- ۳-۱-۹- بررسی برخی از شرکت‌های تولید فولاد در ایران ۴۲
- ۳-۱-۹-۱- فولاد مبارکه ۴۲
- ۳-۱-۹-۲- فولاد کاویان ۴۴
- ۳-۱-۹-۳- فولاد خوزستان ۴۵
- ۳-۱-۹-۴- گروه ملی صنعتی فولاد ایران ۴۶
- ۳-۱-۹-۵- شرکت گروه صنعتی سپاهان ۴۷
- ۳-۱-۹-۶- کارخانجات نورد و پروفیل ساوه ۴۸
- ۳-۱-۹-۷- مجتمع فولاد بناب ۴۹
- ۳-۲- مس ۵۱
- ۳-۲-۱- شرکت‌های تولید کننده مس خارجی ۵۱
- ۳-۲-۲- مس در ایران ۵۳
- ۳-۲-۳- شرکت ملی صنایع مس ایران ۵۴
- ۳-۳- بیرینگ ۵۶
- ۳-۳-۱- انواع بیرینگ‌ها ۵۶
- ۳-۳-۲- اصطلاحات بیرینگ‌ها ۵۷
- ۳-۳-۳- تامین بیرینگ ۵۹
- ۳-۴- زغال جاروبک ۶۰
- ۳-۴-۱- شرکت‌های سازنده زغال جاروبک خارجی ۶۰

- ۶۲ ۳-۴-۲-تامین کنندگان
- ۶۲ ۳-۵-ترمومترها
- ۶۳ ۳-۵-۱-تامین کنندگان
- ۶۴ فصل چهارم : شرکت‌های سازنده موتورهای الکتریکی در ایران
- ۶۵ ۴-۱-شرکت فن ژنراتور
- ۶۵ ۴-۱-۱-محصولات
- ۶۵ ۴-۱-۱-۱-الکتروموتورهای القایی
- ۶۵ ۴-۱-۱-۱-۱-الکتروموتورهای القایی فشار ضعیف
- ۶۶ ۴-۱-۱-۲-الکتروموتورهای القایی فشار قوی
- ۶۷ ۴-۱-۲-ژنراتورهای القایی برای توربین های بادی
- ۶۷ ۴-۱-۳-موتورهای کشنده (Traction Motors)
- ۶۸ ۴-۱-۴-کویل و کیت سیم پیچی
- ۶۹ ۴-۲-شرکت توربوژنراتور
- ۷۰ ۴-۲-۱-محصولات
- ۷۰ ۴-۲-۱-۱-ساخت الکتروموتورهای القایی طبق سفارش
- ۷۰ ۴-۲-۱-۲-بازسازی ماشین های جریان مستقیم (DC)
- ۷۰ ۴-۲-۱-۳-بازسازی ماشین های فشار قوی
- ۷۱ ۴-۲-۱-۴-بالانس دینامیک
- ۷۱ ۴-۲-۱-۵-ساخت الکتروموتورهای جریان مستقیم طبق سفارش
- ۷۱ ۴-۳-شرکت موتورزن
- ۷۲ ۴-۳-۱-سهامداران
- ۷۲ ۴-۳-۲-محصولات

- ۷۲ ۳-۳-۴-تحقیق و توسعه.
- ۷۳ ۴-۴-شرکت رشد صنعت نیرو.
- ۷۴ ۴-۴-۱-محصولات و خدمات.
- ۷۴ ۴-۴-۱-۱-ماشین‌های الکتریکی.
- ۷۵ ۴-۵-جمکو.
- ۷۵ ۴-۵-۱-محصولات.
- ۷۶ ۴-۶-شرکت الکتروژن.
- ۷۶ ۴-۶-۱-محصولات.
- ۷۶ ۴-۷-جمع بندی.
- ۸۳ فصل پنجم: سیستم درایو موتورهای الکتریکی.
- ۸۴ ۵-۱-شرکت‌های تامین کننده تجهیزات اولیه ساخت درایوهای الکترونیکی.
- ۸۵ ۵-۲-شرکت‌های حوزه مشاوره و طراحی درایو الکترونیکی.
- ۸۵ ۵-۲-۱-جهاد دانشگاهی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.
- ۸۷ ۵-۲-۲-جهاد دانشگاهی علم و صنعت.
- ۹۰ ۵-۲-۳-جهاد دانشگاهی شریف.
- ۹۱ ۵-۲-۴-جهاد دانشگاهی امیرکبیر.
- ۹۱ ۵-۲-۵-جهاد دانشگاه تهران.
- ۹۲ ۵-۳-شرکت‌های حوزه ساخت و تولید و آزمایش.
- ۹۲ ۵-۳-۱-شرکت مکو(وابسته به مپنا).
- ۹۴ ۵-۳-۲-گروه صنعتی ندا.
- ۹۸ ۵-۳-۳-شرکت طیف آسا.
- ۹۹ ۵-۳-۴-شرکت برنا الکتریک.



- ۹۹ ۴-۵- شرکت‌های حوزه نصب و راه‌اندازی.....
- ۱۰۰ ۴-۵-۱- شرکت پتسا صنعت
- ۱۰۲ پیوست ۱: لیست شرکت‌ها و کارخانجات تولید کننده فولاد در ایران
- ۱۰۷ مراجع

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱): پیوندهای چهارگانه موجود در یک زنجیره ارزش ساده..... ۵
- شکل (۲-۱): زنجیره ارزش شامل فعالیت‌های اصلی و پشتیبانی..... ۶
- شکل (۳-۱): فعالیت‌های اصلی زنجیره ارزش..... ۸
- شکل (۴-۱): سیستم ارزش..... ۱۴
- شکل (۵-۱): زنجیره ارزش صنعت..... ۱۵
- شکل (۱-۲): زنجیره ارزش موتور و سیستم درایو..... ۲۳
- شکل (۲-۲): زنجیره ارزش ساخت موتور الکتریکی..... ۲۶
- شکل (۱-۳): فوران شار در هسته آهنی..... ۳۲
- شکل (۲-۳): فولاد جهت‌دار..... ۳۴
- شکل (۳-۳): چیدمان بیرینگ..... ۵۷
- شکل (۴-۳): بیرینگ‌های شعاعی..... ۵۸
- شکل (۵-۳): بیرینگ‌های کف گرد (Thrust Bearing)..... ۵۹
- شکل (۶-۳): جاروبک به‌مراه متصل‌کننده آن..... ۶۱
- شکل (۷-۳): نگهدارنده جاروبک (قدرت-زمین)..... ۶۱
- شکل (۱-۴): الکتروموتور القائی فشار ضعیف با پوسته چدنی..... ۶۶
- شکل (۲-۴): الکتروموتور القائی فشار قوی..... ۶۶
- شکل (۳-۴): ژنراتور القائی ۶۶۰ کیلووات..... ۶۷
- شکل (۴-۴): موتور کشنده DC..... ۶۸
- شکل (۵-۴): مراحل ساخت کویل فشار قوی..... ۶۹
- شکل (۱-۵): آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی جهاد خواجه نصیر..... ۸۷
- شکل (۲-۵): نمونه ای از PLC های نداکوم..... ۹۵

شکل (۳-۵): اتاق کنترل شرکت ذوب آهن اصفهان (تجهیز شده توسط شرکت ندا)..... ۹۵

شکل (۴-۵): نمایی از تابلوهای کنترل در کارگاه ساخت ندا (تجهیز شده توسط شرکت ندا)..... ۹۶

شکل (۵-۵): نمونه ای از تابلوهای کنترل پیاده سازی شده توسط شرکت ندا (تجهیز شده توسط شرکت ندا)..... ۹۷

فهرست جداول

- جدول (۱-۳): برخی از انواع فولاد های الکتریکی پر کاربرد ۳۳
- جدول (۲-۳): ترکیبات برخی از فولادهای الکتریکی ۳۵
- جدول (۳-۳): ضخامت برخی از ورق های الکتریکی ۳۶
- جدول (۴-۳): کاربرد انواع فولاد های الکتریکی در ماشین های الکتریکی ۳۷
- جدول (۵-۳): محدودیت تلفات هسته در پروسه کامل برای فرکانس ۶۰ هرتز برحسب وات/پوند ۳۸
- جدول (۶-۳): مشخصه مغناطیسی DC و الکتریکی ۳۹
- جدول (۷-۳): جنس ورقه های هسته استاتور و روتور از طرف شرکت ACESTIA ۳۹
- جدول (۸-۳): برخی از تولیدکنندگان عمده فولاد الکتریکی ۴۰
- جدول (۹-۳): ۳۰ کارخانه برتر در سال ۲۰۱۰ تولیدکننده عمده فولاد الکتریکی ۴۰
- جدول (۱۰-۳): مشخصات شرکت فولاد مبارکه اصفهان ۴۳
- جدول (۱۱-۳): مشخصات شرکت فولاد کاویان ۴۴
- جدول (۱۲-۳): مشخصات شرکت فولاد خوزستان ۴۶
- جدول (۱۳-۳): مشخصات شرکت ملی صنعتی فولاد ایران ۴۷
- جدول (۱۴-۳): لیست ۲۰ کشور تولید کننده مس در جهان ۵۲
- جدول (۱۵-۳): برترین تولید کنندگان مطرح مس در جهان در سال ۲۰۱۰ ۵۳
- جدول (۱۶-۳): معیار اندازه سیم مسی ۵۵
- جدول (۱۷-۳): شرکت های سازنده سیم مسی لاکمی در ایران ۵۶
- جدول (۱۸-۳): سازندگان مطرح بیرینگ ۶۰
- جدول (۱-۴): خلاصه ای از توانمندی شرکت های سازنده موتور در ایران ۷۸
- جدول (۲-۴): تامین کنندگان مواد اولیه مورد نیاز در ساخت موتورهای الکتریکی ۸۰
- جدول (۳-۴): تجهیزات مورد نیاز برای تولید موتورهای الکتریکی و وضعیت صنعت داخلی ۸۰

- جدول (۴-۴): توانمندی ساخت قطعات موتورهای الکتریکی در شرکت‌های سازنده موتورهای الکتریکی ۸۱
- جدول (۴-۵): توانمندی شرکت‌های سازنده موتورهای الکتریکی در خدمات و پشتیبانی ۸۲
- جدول (۵-۱): لیست قطعات مورد نیاز در تهیه درایو الکترونیکی ۸۴
- جدول (۵-۲): لیست برخی از شرکت‌های معتبر در زمینه تامین قطعات اولیه ۸۴
- جدول (۵-۳): اطلاعات تماس جهاد دانشگاه خواجه نصیر ۸۷
- جدول (۵-۴): اطلاعات تماس جهاد دانشگاهی علم و صنعت ۹۰
- جدول (۵-۵): اطلاعات تماس جهاد دانشگاهی دانشگاه شریف ۹۱
- جدول (۵-۶): اطلاعات تماس جهاد دانشگاهی امیرکبیر ۹۱
- جدول (۵-۷): اطلاعات تماس جهاد دانشگاهی تهران ۹۱
- جدول (۵-۸): اطلاعات تماس شرکت مکو ۹۲
- جدول (۵-۹): اطلاعات تماس گروه صنعتی ندا ۹۸
- جدول (۵-۱۰): اطلاعات تماس شرکت طیف اسا ۹۹
- جدول (۵-۱۱): اطلاعات تماس شرکت برنا الکتریک ۹۹

مقدمه

موتورهای الکتریکی در گستره وسیعی از کاربردهای مسکونی، تجاری، کشاورزی، حمل و نقل و صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند و از مهمترین مصرف‌کننده‌های انرژی الکتریکی هستند. بر اساس گزارش سازمان‌های بین‌المللی موتورهای الکتریکی در سال ۲۰۰۵ در حدود ۴۳٪ تا ۴۶٪ از کل انرژی الکتریکی مصرفی دنیا را مصرف کرده‌اند که منجر به تولید بیش از ۶۰۴۰ مگاتن گاز CO₂ شده است. این میزان فزاینده مصرف انرژی در صورت عدم تدوین سیاست‌ها و معیارهای موثر بهینه‌سازی مصرف انرژی، پیش‌بینی می‌گردد که تا سال ۲۰۳۰، میزان فزاینده مصرف انرژی الکتریکی توسط موتورهای الکتریکی، به عدد ۱۳۳۶۰ TWh در هر سال و میزان انتشار گاز CO₂ به عدد ۸۵۷۰ Mt افزایش یابد.

از آنجایی که فناوری‌های موتورهای الکتریکی موجود در کشور قدیمی است و همچنین تنوع زیادی در زمینه موتورهای الکتریکی جدید و کاربردهای آنها وجود دارد، دستیابی به دانش فنی همه این موتورها و عملیاتی کردن استفاده از آنها نیاز به برنامه‌ریزی و زمان‌بندی دارد؛ به عبارت دیگر نیاز است که نقشه راه دستیابی به دانش فنی و استفاده عملیاتی از موتورهای الکتریکی، با هدف افزایش بازدهی انرژی و کاهش مصرف انرژی، تدوین گردد و بر اساس این برنامه هزینه‌های مربوطه انجام گیرد.

در فصل اول این گزارش مفاهیم و تعاریف اصلی در ادبیات زنجیره ارزش معرفی و به صورت مختصر توضیح داده شده است. پس از آن در فصول بعد زنجیره ارزش ساخت موتورهای الکتریکی و همچنین درایوهای الکترونیک قدرت مورد نیاز در این صنعت برای کشور ایران معرفی و توضیح داده شده است. از اینرو در فصل اول مدل دیاگرامی زنجیره ارزش ساخت موتورهای الکتریکی و سیستم درایو الکترونیک قدرت در ایران معرفی شده است. در این دیاگرام که به چهار بخش کلی مواد اولیه، سازندگان ماشین‌های الکتریکی، مجتمع‌کنندگان تجهیزات صنعتی و مصرف‌کنندگان تقسیم بندی شده است به صورت کلی نمایی از روند تبدیل مواد اولیه به یک محصول نهایی قابل نصب در تجهیزات و صنایع نمایش داده شده است. در فصل سوم این گزارش به بحث اصلی تامین مواد اولیه مورد نیاز در صنعت ماشین‌های الکتریکی اشاره شده است و مواد اولیه اصلی مانند فولاد الکتریکی، مس و غیره، معرفی و نحوه دسترسی در ایران به این محصولات معرفی شده است.

در فصل چهارم این گزارش تمامی سازندگان مطرح در کشور مورد ارزیابی قرار گرفته شده و توانمندیهای آنها بر اساس استعلامات در قالب جداولی ارائه شده است. همچنین به توانمندی برخی از شرکتها متن گزارش و با استناد به وبسایتهای این شرکتها اشاره شده است.

در نهایت در قالب جداولی دانش طراحی، ساخت، بهره‌برداری و آزمایش شرکت‌های مختلف آورده شده است و نمایش خوبی از وضعیت صنعت موتورهای الکتریکی در ایران ارائه شده است.

در فصل پنجم این گزارش، امکانسنجی ساخت درایو الکترونیکی در داخل کشور مورد بررسی قرار گرفته است و زنجیره ارزش مربوط به آن استخراج شده است. در ابتدا لیستی از قطعات اولیه مورد نیاز در تولید درایوهای الکترونیکی که شامل قطعات الکترونیک قدرت و الکترونیک می‌باشند، ارائه شده و با توجه به اینکه این قطعات در داخل ساخته نمی‌شوند تعدادی از شرکت‌های معتبر بین‌المللی در این زمینه معرفی شده‌اند. همچنین برخی از شرکت‌هایی که در واردات این قطعات در چند سال اخیر فعال بوده‌اند معرفی شده‌اند. در ادامه شرکت‌های داخلی که در زمینه طراحی و مشاوره درایوهای الکترونیکی فعال هستند به همراه توانمندیهای آنها و اطلاعات تماس، معرفی شده‌اند. سپس در ادامه شرکت‌های فعال و توانمند در حوزه ساخت و تجهیز و آزمایش قطعات الکترونیک قدرت و الکترونیک در داخل کشور معرفی شده و توانمندیهای آنها از نظر پروژه‌های انجام شده، آزمایشگاه‌ها، و بخش‌های تخصصی ارائه شده است. لازم به ذکر است فرم‌های امکانسنجی ساخت درایو برای بیش از ده شرکت فعال در این حوزه و همچنین حدود سی نفر از اساتید مطرح در دانشگاه‌های بزرگ کشور ارسال شده است که سعی شده جوابیه شرکت‌ها و افرادی که در این نظرسنجی شرکت کرده‌اند در تهیه این فصل به نوعی انعکاس یابد که بدین ترتیب از مشارکت آنها تشکر می‌شود.

فصل اول :

ادبیات زنجیره ارزش

۱-۱- زنجیره ارزش در سطح بنگاه

برای بررسی زنجیره ارزش، تعریف مفهوم ارزش، فعالیت و انواع آن ضروری به نظر می‌رسد. به همین منظور در ابتدا به تشریح مفاهیم اولیه پرداخته و در ادامه، بر روی شناسایی و تحلیل زنجیره ارزش بر پایه این مفاهیم تمرکز شده است.

۱-۱-۱- ارزش

ارزش مبلغی است که خریدار در ازای کالا یا خدمتی که سازمان برای او فراهم می‌کند، مایل به پرداخت آن است. در صورتی که ارزش دریافتی بیش از هزینه‌ای باشد که صرف تهیه محصول شده است، سازمان سود برده است. در تحلیل موقعیت رقابتی سازمان‌ها، بهره‌گیری از مفهوم ارزش به جای قیمت مناسب‌تر است. جهت بررسی ارزش و همچنین نحوه ایجاد آن در سازمان، از مفهوم زنجیره ارزش کمک گرفته می‌شود. زنجیره ارزش نشان دهنده مجموعه فعالیت‌هایی است که برای ایجاد ارزش صورت می‌گیرد. این فعالیت‌ها، فعالیت‌های ارزشی نامیده می‌شوند. باید در نظر داشت که ارزش ایجاد شده و یا ارزش افزوده تنها ناشی از فعالیت‌های ارزشی صورت گرفته بر روی کالا یا خدمات ارائه شده نیست، بلکه حاشیه سود را نیز در بر می‌گیرد؛ این مفاهیم در ادامه توضیح داده خواهند شد.

۱-۱-۲- فعالیت ارزشی

فعالیت‌های ارزشی، کلیه فعالیت‌های فیزیکی و مربوط به فناوری هستند که سازمان به وسیله آن‌ها محصول خود را برای خریدار دارای ارزش می‌سازد. این فعالیت‌ها در واقع بلوک‌های سازنده عملکرد سازمان هستند. فعالیت‌های ارزشی، ورودی‌های ضروری، منابع انسانی (نیروی کار یا نیروی مدیریتی) و گونه‌ای از فناوری مورد نیاز را جهت انجام فعالیت خاص به کار می‌گیرد. با این تعریف مشخص می‌شود که حاشیه سود، تفاوت بین کل ارزش و مجموع هزینه‌ای است که صرف اجرای فعالیت‌های ارزشی شده است؛ جهت بررسی حاشیه سود می‌بایست در نظر داشت که زنجیره ارزش، تامین‌کننده سود و کانال‌های توزیع نیز دارای حاشیه سود است؛ بنابراین جهت تشخیص منابع^۱ هزینه شده جهت ارائه خدمت یا تولید محصول یک سازمان، می‌بایست

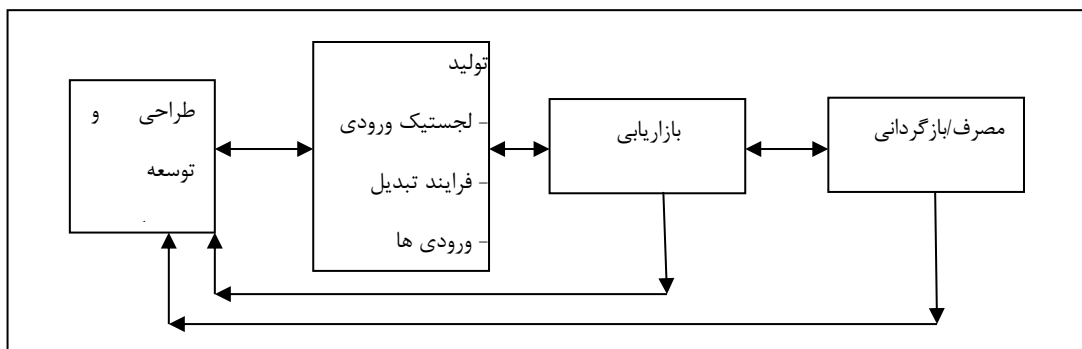
^۱sources

حاشیه سود تامین‌کننده و کانال‌های توزیع را نیز در نظر گرفت. چرا که این حاشیه‌های سود نیز بخشی از قیمت نهایی است که به خریدار تحمیل می‌شود.

۱-۱-۳- زنجیره ارزش

مفهوم زنجیره ارزش، با توجه به تعریف فعالیت‌های ارزشی قابل تعریف است و به نوعی نشان‌دهنده کلیه فعالیت‌هایی است که در ایجاد ارزش برای محصول یا خدمت سازمان، نقش دارند. بر این اساس، کلیه فعالیت‌های ارزشی را می‌توان بر اساس نقش و تاثیر آنها در زنجیره ارزش سازمان دسته‌بندی کرد. در ادامه به این تقسیم‌بندی اشاره می‌شود. در شکل (۱-۱) پیوندهای بین عناصر یک زنجیره ارزش نشان داده شده است. به عنوان نمونه، تولید، به خودی خود تنها یکی از پیوندهای خلق ارزش افزوده در زنجیره است. علاوه بر این درون هر کدام از این پیوندها نیز فعالیت‌هایی به عنوان زیرمجموعه وجود دارد. این فعالیت‌ها دارای یک ماهیت دو طرفه می‌باشند. به عنوان مثال می‌توان گفت که عوامل متخصص در امر طراحی محصول، تنها بر روی فرآیند تولید تاثیر نمی‌گذارند؛ بلکه از سوی دیگر توسط یک سری محدودیت‌ها و قیود اجباری موجود در پیوندهای پایین‌دستی زنجیره مورد تاثیر قرار می‌گیرند. به طور کلی کارکردهای کسب و کار زنجیره ارزش به پنج حوزه تقسیم شده‌اند:

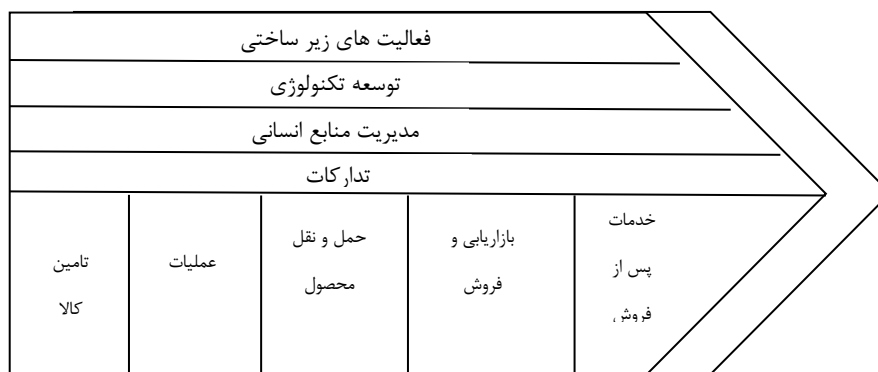
۱. تحقیق و توسعه
۲. طراحی محصولات، خدمات و یا فرآیندها
۳. تولید
۴. بازاریابی و فروش
۵. خدمات مشتری



شکل (۱-۱): پیوندهای چهارگانه موجود در یک زنجیره ارزش ساده

۱-۱-۴- فعالیت‌های اصلی^۱ و پشتیبانی^۲

فعالیت‌های ارزشی می‌توانند به دو دسته کلی اصلی و پشتیبانی تقسیم شوند. فعالیت‌های اصلی فعالیت‌هایی هستند که در تولید محصول، فروش و انتقال آن به خریدار و خدمات پس از فروش درگیر هستند. این نوع فعالیت‌ها را همانطور که در شکل (۱-۲) نشان داده شده است، می‌توان در پنج دسته کلی تقسیم‌بندی کرد. این دسته بندی شامل تامین کالا^۳، عملیات، حمل و نقل محصول^۴، بازاریابی و فروش و خدمات پس از فروش است. در کنار فعالیت‌های اصلی، فعالیت‌های پشتیبانی با تدارک نیازها، منابع انسانی و فعالیت‌های مختلف مربوط به کل سازمان، از فعالیت‌های اصلی و از یکدیگر پشتیبانی می‌کنند. فعالیت‌های پشتیبانی را نیز می‌توان به چهار دسته‌ی تدارکات، مدیریت منابع انسانی، توسعه فناوری و فعالیت‌های زیر ساختی^۵ تقسیم کرد.



شکل (۱-۲): زنجیره ارزش شامل فعالیت‌های اصلی و پشتیبانی

فعالیت‌هایی از جنس تدارکات، مدیریت منابع انسانی و توسعه‌ی فناوری، فعالیت‌هایی هستند که می‌توانند با یکی از فعالیت‌های اصلی به طور خاص مرتبط شوند، در حالیکه همچنان کل زنجیره ارزش را نیز پوشش می‌دهند. در حالیکه فعالیت‌های زیر ساختی سازمان معمولاً با یک فعالیت خاص مرتبط نمی‌شوند و همواره کل زنجیره ارزش را پشتیبانی می‌کند.

فعالیت‌های ارزشی، بلوک‌های سازنده مزایای رقابتی هستند. اینکه اجرای فعالیت با چه هزینه‌ای صورت می‌پذیرد، نشان دهنده‌ی آن است که سازمان نسبت به رقبایش کم هزینه‌تر یا پرهزینه‌تر است. همچنین نحوه اجرای فعالیت، تعیین‌کننده نقش

¹Primary Activities

²Supportive Activities

³In bounded Logistics

⁴Out bounded Logistics

⁵Firm Infrastructure

آن در تامین نیازهای خریدار و بنابراین تمایز^۱ سازمان است. برای هر فعالیت، معیاری به نام "هزینه فعالیت"^۲ در نظر گرفته می‌شود که به نوعی بیانگر هزینه‌ای است که سازمان صرف اجرای آن فعالیت می‌کند. هزینه‌ی اجرای فعالیت، بدون در نظر گرفتن قیمت ورودی‌هایی که برای اجرای آن به کار برده شده‌اند، به‌درستی فهمیده نمی‌شود. اصولاً به همین خاطر است که از مفهوم ارزش به جای ارزش افزوده^۳ در این بحث استفاده شده است. ارزش افزوده، در نمایان ساختن ارتباط بین یک سازمان و تامین‌کننده‌های آن، که می‌تواند هزینه‌ی اجرای فعالیت‌ها را کاهش داده و مولفه‌های تمایز را افزایش دهد، ناتوان است. برای مثال در ارتباط بین یک کارگاه شیرینی‌سازی و کارخانه تهیه شکلات، در صورتی که ارتباط بین دو سازمان به شکلی باشد که لازم نباشد کارخانه‌ی تهیه شکلات، شکلات‌ها را به شکل جامع تحویل دهد و کارگاه شیرینی‌سازی مجبور باشد شکلات‌ها را دوباره ذوب کند و تحویل شکلات به صورت مایع، توسط تانکر انجام شود، منجر به صرفه‌جویی برای هر دو طرف می‌شود؛ به این صورت دیگر هزینه‌های ذوب و انجماد به کارگاه شیرینی‌سازی و کارخانه شکلات‌سازی تحمیل نمی‌شود.

۱-۱-۴-۱- فعالیت‌های اصلی

همان طور که توضیح داده شد، فعالیت‌های اصلی را می‌توان در پنج دسته کلی تقسیم‌بندی که توضیح هر یک از این فعالیت‌ها در شکل (۱-۳) آمده است.

^۱differentiation

^۲Economics of Activities

^۳Added Value



شکل (۱-۳): فعالیتهای اصلی زنجیره ارزش

فعالیت‌های فوق بسته به نوع سازمان مورد بحث، می‌توانند تعیین‌کننده مزیت رقابتی برای سازمان باشند. به عنوان نمونه برای یک توزیع‌کننده، تامین کالا و حمل و نقل محصول مهمترین فعالیت هستند. فعالیتهایی برای یک سازمان خدماتی (مانند رستوران یا خرده فروش) نقش حیاتی یا اساسی دارند که ارائه دهنده‌ی خدماتی باشند که سازمان متعهد به ارائه‌ی آنها بوده است. بنابراین فعالیتهای عملیاتی برای این سازمان‌ها، مهمترین فعالیت به شمار می‌رود. برای بانکی که متعهد به دادن وام به شرکت‌ها می‌شود، بازاریابی و فروش مهمترین مزایای رقابتی محسوب می‌شوند که این فعالیت‌ها وابسته به موثر بودن فراخوانی و شیوه ارائه و قیمت گذاری وام‌ها است. بنابراین در هر سازمان، تقسیم‌بندی‌های مربوط به فعالیت‌های اصلی تا چند مرتبه انجام می‌شود و هر کدام نقشی را در مزایای رقابتی بر عهده دارند.

۱-۱-۴-۲- فعالیت‌های پشتیبانی

فعالیت‌های پشتیبانی همانطور که توضیح داده شد، به چهار دسته تدارکات، مدیریت منابع انسانی، توسعه فناوری و فعالیت‌های زیر ساختی تقسیم می‌شوند؛ این تقسیم‌بندی‌ها به زیر گروه‌های بیشتری نیز قابل تقسیم‌اند.

۶. تدارکات

تدارکات، به خریداری و تامین نیازهای اولیه در زنجیره‌ی ارزش سازمان اشاره دارد که شامل خرید مواد خام، ملزومات و اقلام مصرفی از قبیل ماشین آلات، تجهیزات آزمایشگاهی، تجهیزات اداری و ساختمان‌ها نیز می‌شود. به نظر می‌رسد این نوع ورودی‌ها به طور معمول با فعالیت‌های اصلی مرتبط‌اند، در حالی که با کلیه‌ی فعالیت‌های ارزشی اعم از اصلی و پشتیبانی ارتباط دارند. به عنوان نمونه، ملزومات آزمایشگاهی و خدمات مرتبط با آن، نیازهایی هستند که جزو فعالیت‌های پشتیبانی توسعه‌ی فناوری به حساب می‌آیند. بنابراین این نوع فعالیت‌ها مربوط به سراسر سازمان می‌شوند؛ به این صورت که برخی از اقلام مانند مواد خام، توسط دپارتمان خرید (به مفهوم سنتی آن) خریداری می‌شوند، برخی دیگر توسط مدیر پروژه (مانند ماشین آلات)، برخی توسط مامورین خرید (مانند وعده‌های غذایی و مسکن) و برخی توسط مدیر اجرایی (مانند مشاوره‌های راهبردی). همچنین فعالیت‌های تدارکاتی، همانند بقیه فعالیت‌های ارزشی، به کارگیرنده‌ی فناوری هستند. برای مثال فرآیندهای برخورد با مشتریان، قوانین سنجش آنها و سیستم‌های اطلاعات، هر یک فناوری‌های مخصوص به خود را دارند.

۷. توسعه‌ی فناوری

هر فعالیت، در برگیرنده‌ی فناوری، مهارت استفاده از آن و رویه‌های^۱ مخصوص به خود است. بکارگیری فناوری‌های مختلف در یک صنعت بسیار وسیع است. از فناوری‌هایی که از آماده‌سازی مستندات و انتقال محصول به کار گرفته می‌شوند تا آنهایی که در تهیه‌ی خود محصول نقش دارند. علاوه بر این، اغلب فعالیت‌های ارزشی، نوعی از فناوری را به کار می‌گیرند که ترکیب تعدادی از فناوری‌های مختلفی است که در برگیرنده‌ی نظام علمی متفاوتی هستند. برای مثال فناوری ماشین‌کاری شامل فناوری‌های مورد بحث در علوم متالورژی، الکترونیک و مکانیک است. این نوع فعالیت‌ها می‌توانند شکل‌های مختلفی داشته باشند؛ از تحقیقات پایه و طراحی محصول گرفته تا طراحی تجهیزات فرآیندی و رویه‌های خدمات رسانی. فعالیت‌هایی از نوع

¹procedure

توسعه‌ی فناوری که با محصول مرتبط باشند، کل زنجیره را پشتیبانی می‌کنند. این در حالی است که سایر فعالیت‌های توسعه‌ی فناوری، مربوط به فعالیت‌های خاص اصلی یا پشتیبانی هستند.

۸. مدیریت منابع انسانی

مدیریت منابع انسانی شامل کلیه‌ی فعالیت‌هایی است که در ارتباط با استخدام، آموزش، حقوق و مزایای پرسنل می‌باشند؛ اینگونه فعالیت‌ها، هم فعالیت‌های اصلی و پشتیبانی را به طور خاص (مانند استخدام مهندس برای دپارتمان‌های مختلف) و هم کل زنجیره‌ی ارزش سازمان (مانند تعدیل در فرآیند خصوصی سازی) را پشتیبانی می‌کنند.

۹. فعالیت‌های زیر ساختی

فعالیت‌های زیر ساختی سازمان، فعالیت‌هایی است که شامل مدیریت، برنامه‌ریزی، امور مالی، حسابداری، قانونی، مدیریت کیفیت و حتی اتفاقات سیاسی می‌شود. فعالیت‌های زیر ساختی اغلب تمامی زنجیره ارزش را پشتیبانی می‌کنند.

۱-۱-۵- انواع فعالیت‌های اصلی و پشتیبانی

فعالیت‌های ارزشی اعم از اصلی و پشتیبانی را می‌توان بر اساس نقش متفاوتی که در مزایای رقابتی ایفا می‌کنند، به سه نوع فعالیت‌های مستقیم، غیر مستقیم و تضمین کیفیت تقسیم کرد.

۱-۱-۵-۱- فعالیت‌های مستقیم

فعالیت‌هایی که مستقیماً در ایجاد ارزش برای خریدار درگیرند. برای مثال می‌توان به فعالیت‌هایی مانند مونتاژ محصول، ماشین-کاری قطعات، عملکرد پرسنل فروش، تبلیغات و طراحی محصول اشاره کرد.

۱-۱-۵-۲- فعالیت‌های غیر مستقیم

فعالیت‌هایی که امکان انجام فعالیت‌های مستقیم را به طور پیوسته فراهم می‌کنند؛ مانند نگهداری، برنامه ریزی، کنترل عملکرد تجهیزات، مدیریت پرسنل فروش، مدیریت تحقیق و سیستم ثبت اطلاعات مربوط به مشتریان.

۱-۱-۵-۳- فعالیت‌های تضمین کیفیت^۱

^۱Quality Assurance

فعالیت‌هایی که کیفیت سایر فعالیت‌ها را تضمین می‌کنند؛ مانند مانیتورینگ، بازرسی و آزمایش، تنظیم کردن^۱. باید توجه داشت که تضمین کیفیت با مدیریت کیفیت تفاوت دارد. هر سازمانی فعالیت‌های ارزشی از هر سه نوع مستقیم، غیر مستقیم و تضمین کیفیت را دارد. این سه نوع فعالیت نه تنها در میان فعالیت‌های اصلی وجود دارند، بلکه در فعالیت‌های پشتیبانی نیز دیده می‌شوند؛ برای مثال در فعالیت پشتیبانی توسعه‌ی فناوری، فعالیت تیم‌های آزمایشگاهی فعالیت مستقیم و مدیریت تحقیق یک فعالیت غیرمستقیم است.

تفاوت فعالیت‌های غیر مستقیم و تضمین کیفیت، معمولاً به درستی فهمیده نمی‌شود. توانایی تمایز این سه نوع فعالیت یکی از مهمترین فاکتورها در تشخیص مزایای رقابتی است. در بسیاری از صنایع، فعالیت‌های غیرمستقیم سهم بزرگی در قیمت یا سرعت بخشیدن به رشد قیمت دارند و می‌توانند از طریق تاثیرشان بر فعالیت‌های مستقیم نقش مهمی در تمایز بازی کنند. اما از آنجا که معمولاً این دو نوع فعالیت، اقتصاد کاملاً متفاوتی دارند، به ندرت با یکدیگر در یک جا جمع می‌شوند. مدل زنجیره ارزش یک ابزار تحلیلی مفید برای شناسایی مزیت‌های رقابتی کلیدی در یک سازمان و فعالیت‌های آن است، در حالتی که آن می‌تواند یک مزیت رقابتی را به صورت زیر دنبال نماید:

بهره هزینه‌ای^۲: به فهم بهتری از هزینه‌ها در راستای کاهش آنها و یا به عبارتی خارج نمودن این هزینه‌ها از فعالیت‌های ارزش افزا برای سازمان اشاره دارد.

تمایز^۳: به تمرکز بر فعالیت‌های مرتبط با قابلیت‌های اصلی و توانمندی‌های سازمانی به منظور اجرا و به کارگیری بهتر این فعالیت‌ها در مقایسه با رقیبان سازمان اشاره دارد.

۱-۱-۶- بهره هزینه‌ای و زنجیره ارزش

یک سازمان ممکن است با به کارگیری یکی از موارد زیر بهره هزینه‌ای مناسبی را برای خود ایجاد نماید. این موارد عبارتند از: کاهش هزینه‌ای مربوط به فعالیت‌های زنجیره ارزش یا بازسازی و طراحی مجدد زنجیره ارزش. زمانی که زنجیره ارزش تعریف

^۱ Adjusting

^۲ cost advantage

^۳ differentiation

شد. تحلیل هزینه‌های آن می‌تواند با تخصیص هزینه‌ها به فعالیت‌های زنجیره ارزش انجام پذیرد. این هزینه‌ها پس از تخصیص اولیه، طی یک گزارش تخصیص، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند و در صورت نیاز اصلاحات لازم در رابطه با مقدار و نحوه تخصیص هزینه به هر کدام از فعالیت‌های زنجیره ارزش انجام می‌گیرد تا از این طریق بتوان تخصیص بهینه هزینه‌ها را به فعالیت‌هایی که از قابلیت ارزش افزایی بالاتری برخوردارند، انجام داد. مایکل پورتر ۱۰ محرک هزینه‌ای مهم و مرتبط با فعالیت‌های زنجیره ارزش را به صورت زیر بیان می‌کند:

۱. صرفه جویی‌های مقیاس^۱
۲. آموزش و یادگیری^۲
۳. بهره‌برداری از ظرفیت^۳
۴. پیوندهای بین فعالیت‌های زنجیره ارزش^۴
۵. روابط متقابل میان واحدهای کسب و کار^۵
۶. میزان یکپارچگی عمودی^۶
۷. زمان ورود به بازار^۷
۸. خط مشی بنگاه در رابطه با هزینه یا تمایز^۸
۹. موقعیت جغرافیایی^۹
۱۰. عوامل نهادی^{۱۰} (قوانین، فعالیت‌های اتحادیه، مالیات‌ها و ...)

بنگاه‌های فعال در صنعت می‌توانند با کنترل محرک‌های ۱۰ گانه فوق، بهره‌های هزینه‌ای مناسبی را نسبت به سایر رقبا برای خود ایجاد کنند. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد یکی دیگر از راه‌های کسب بهره‌های هزینه‌ای برای صنعت، بازسازی و طراحی مجدد زنجیره ارزش است. بازسازی به این مفهوم که ایجاد تغییرات ساختاری از قبیل فرآیند جدید تولید، کانال‌های توزیع جدید یا یک رویکرد متفاوت در فروش محصولات، صورت می‌گیرد.

1economies of scale

2Learning

3capacity utilization

4linkages among activities

5interrelationships among business units

6degree of vertical integration

7timing of market entry

8firm's policy of cost or differentiation

9geographic location

10institutional factors

۱-۱-۷- تمایز و زنجیره ارزش

مزیت تمایز می‌تواند از هر کدام از بخش‌های مختلف زنجیره ارزش نشأت گیرد. برای مثال، خرید و تدارک ورودی‌هایی که از ویژگی‌های منحصر به فردی برخوردار هستند و از محدوده دسترسی بسیاری از رقبا خارج می‌باشند، می‌تواند به خلق مزیت تمایز منجر شود. در این رابطه موارد دیگری نیز وجود دارند که وجود آنها برای سازمان به منظور برخورداری از مزیت تمایز ضروری است از جمله وجود کانال‌های توزیع کارآمد که سطوح خدمت رسانی بالاتری را به دنبال دارد به عنوان یک ابزار مهم در این زمینه مطرح است.

۱-۱-۸- برون سپاری فعالیت‌های زنجیره ارزش

یک بنگاه ممکن است در انجام فعالیت‌های زنجیره ارزش، تنها بر روی تعداد خاصی از آنها تمرکز نموده و مابقی فعالیت‌ها را برون‌سپاری نماید. حال توجه به این موضوع که بنگاه کدام فعالیت‌ها را خود انجام داده و کدام یک از فعالیت‌های بالادستی یا پایین دستی زنجیره را برون‌سپاری می‌نماید به میزان یکپارچگی عمودی در آن بنگاه بستگی دارد. در رابطه با اینکه کدام یک از فعالیت‌ها بایستی برون‌سپاری گردند، ابتدا مدیران سازمان بایستی نقاط قوت و ضعف سازمان را درمورد هر یک از فعالیت‌ها شناسایی نموده و فاکتورهایی همچون میزان اثربخشی هزینه‌ها و قابلیت تمایز را نیز مورد بررسی قرار دهند. برخی دیگر از مواردی که مدیران در برون‌سپاری فعالیت‌های زنجیره ارزش مورد توجه قرار می‌دهند، عبارتند از:

۱. آیا فعالیت مورد نظر را می‌توان در شرایطی ارزاتر و با قابلیت‌های بهتری توسط تامین‌کنندگان انجام داد؟
۲. توجه به میزان ریسک انجام فعالیت در داخل بنگاه و مقایسه آن با ریسک برون‌سپاری.
۳. آیا برون‌سپاری فعالیت مورد نظر باعث بهبود فرآیند کسب‌وکار بنگاه، از قبیل؛ کاهش زمان انجام سفارش، انعطاف‌پذیری بالاتر، موجودی کمتر و ... خواهد شد؟

۱-۲- زنجیره ارزش صنعت

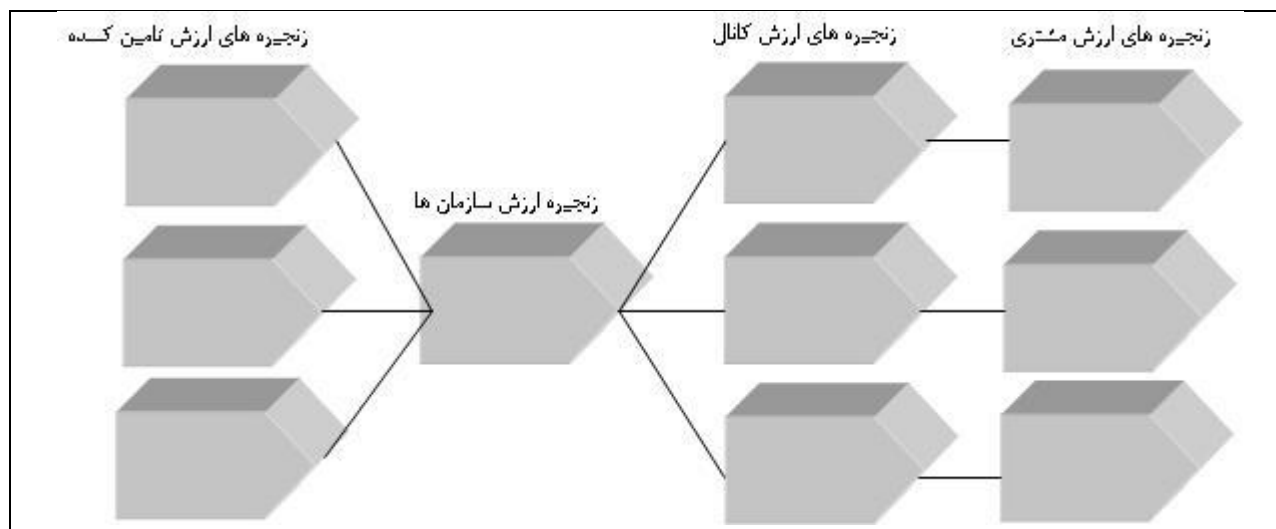
زنجیره ارزش یک بنگاه خود بخشی از یک سیستم بزرگتر با عنوان زنجیره ارزش صنعت است که در برگیرنده زنجیره‌های ارزش تامین‌کنندگان بالادستی و مشتریان و کانال‌های پایین‌دستی است. مایکل پورتر این مجموعه از زنجیره‌های ارزش را "سیستم ارزش"^۱ می‌نامد که در شکل (۴-۱) یک نمای کلی از آن مشاهده می‌شود.



شکل (۴-۱): سیستم ارزش

همان طور که می‌دانیم یک صنعت خاص متشکل از بنگاه‌ها و شرکت‌های مختلفی است که در حوزه‌های مختلف زنجیره تامین آن صنعت، از تامین مواد اولیه گرفته، تا تولید محصول نهایی و تحویل آن به مشتری حضور دارند از این رو، زنجیره ارزش یک صنعت، ترکیبی از زنجیره‌های ارزش بنگاه‌های فعال در آن صنعت است که قرار گرفتن این زنجیره‌ها در کنار یکدیگر، نشان دهنده این مطلب است که محصول نهایی چطور پس از تولید به دست مشتری نهایی رسیده و برای صنعت مربوطه ارزش خلق می‌کند. نمای کلی زنجیره ارزش صنعت در شکل (۵-۱) نشان داده شده است.

¹value system



شکل (۱-۵): زنجیره ارزش صنعت

همان طور که قبلا نیز اشاره شد روابط بین فعالیت‌های زنجیره ارزش از اهمیت بالایی برخوردار است و اثر بخشی این روابط بر روی عملکرد زنجیره ارزش بسته میزان یکپارچگی عمودی بین عناصر بنگاه است، در تعریف یکپارچگی عمودی این چنین می‌توان گفت که در علم مدیریت و اقتصاد به عنوان یکی از روش‌های کنترل مدیریت مطرح است. سازمان‌هایی که به صورت عمودی با یکدیگر ادغام شده‌اند به صورت یک مجموعه سلسله‌مراتبی با یک مالکیت مشترک بوده و معمولا هر یک از اعضای این سلسله‌مراتبی، تولید کننده یک خدمت و یا محصول متفاوت (برای یک بازار خاص) می‌باشند که این محصولات با یکدیگر ترکیب شده و نیاز مشتریان را برآورده می‌سازند. با توجه به این موضوع، این روابط نه تنها در یک زنجیره ارزش وجود دارد بلکه در بین عناصر سیستم ارزش (زنجیره‌های ارزش) نیز وجود دارد. به طوری که هرچه میزان یکپارچگی عمودی بنگاه بالاتر باشد قابلیت تعامل با زنجیره‌های بالادستی و پایین‌دستی آن نیز در شرایط بهتری قرار خواهد گرفت و بر عکس.

۱-۲-۱- چارچوب زنجیره ارزش

زنجیره ارزش دربرگیرنده یک سری فعالیت‌ها و خدماتی است که در ساخت یک محصول از مراحل اولیه و مفهومی تا مرحله تحویل به مشتری و ورود به بازارهای نهایی نقش اساسی ایفا می‌کنند. بازارهای نهایی ممکن است در سطوح مختلفی از جمله بازارهای محلی، ملی، منطقه‌ای و یا بین‌المللی باشند. زنجیره‌های ارزش شامل تامین‌کنندگان مواد اولیه، تولیدکنندگان، پردازشگران و خریداران است که توسط مجموعه‌ای از ارائه‌دهندگان خدمات مالی، تجاری و فنی پشتیبانی می‌شوند. زنجیره

ارزش دارای مولفه‌های ساختاری و پویا است. ساختار زنجیره ارزش بر پویایی‌های رفتار بنگاه تاثیر می‌گذارد. فرآیند تحلیل زنجیره نیازمند بکارگیری چارچوب زنجیره ارزش به منظور شناسایی موارد زیر است.

۱. ساختار زنجیره، دربرگیرنده کلیه عناصر منحصر به فرد و بنگاه‌هایی است که در یک صنعت خاص فعالیت می‌کنند و در خلق ارزش برای مشتری نقش داشته و به جابه‌جایی محصول تا بازار نهایی کمک می‌کنند.
۲. پویایی‌های زنجیره ارزش، که به عوامل تعیین‌کننده رفتار بنگاه‌های فعال در صنعت مورد نظر اشاره دارد و به بررسی تأثیر آنها بر کارایی و عملکرد زنجیره می‌پردازد.

۱-۲-۲- عوامل ساختاری

ساختار زنجیره ارزش در برگیرنده همه بنگاه‌های فعال در صنعت بوده که می‌توان آنها را در پنج دسته به صورت زیر طبقه‌بندی نمود:

- ۱- بازارهای نهایی: بازارهای نهایی به عنوان نقطه شروع تحلیل زنجیره ارزش محسوب می‌شوند. بازارهای نهایی به عنوان افراد در نظر گرفته می‌شوند، نه به عنوان یک موقعیت مکانی خاص. در واقع این بازارها، تعیین‌کننده مشخصه‌هایی از جمله قیمت، کیفیت، کمیت یک محصول یا خدمت موفق می‌باشند. خریداران حاضر در این بازارها یک عامل بسیار موثر در اعمال تغییرات بازار هستند. آنها منابع مهمی برای اطلاعات تقاضای محصول می‌باشند و به عنوان عناصر انتقال دهنده آموزش و یادگیری محسوب می‌شوند. تحلیل بازار نهایی فرصت‌های جاری و بالقوه بازار را از طریق انجام مصاحبات ساختار یافته با خریداران جاری و بالقوه تعیین و مورد ارزیابی قرار می‌دهد و به بررسی روندها، رقبای کنونی و آینده و سایر عوامل پویا می‌پردازد. در طول مدت زمان تحلیل زنجیره، تمرکز اصلی تحلیل‌گران بایستی بر روی ظرفیت تولید فعلی و بالقوه زنجیره و توانایی آن در زمینه پاسخ‌گویی به تقاضای بازار قرار گیرد. به طور کلی می‌توان گفت که در تحلیل بازارهای نهایی توجه به این موضوع از اهمیت زیادی برخوردار است که ما بتوانیم نیازهای سرمایه‌گذاری، که باعث ارتقاء و بهبود در زنجیره ارزش می‌شود را شناسایی نماییم.

۲- محیط توانمندساز کسب و کار^۱: به طور کلی زنجیره‌ها در یک محیط توانمندساز کسب و کار فعالیت می‌کنند. که می‌توانند در یکی از سطوح بین‌المللی، ملی و یا محلی قرار گیرد.

۳- پیوندهای عمودی: پیوندهای بین بنگاه‌های فعال در یک صنعت در سطوح مختلف زنجیره ارزش برای انتقال خدمت یا محصول نهایی به بازارهای نهایی یک موضوع بسیار حیاتی و مهم است. همکاری عمودی بین بنگاه‌های فعال در صنعت منعکس کننده کیفیت روابط بین بنگاه‌های مرتبط با هم به صورت عمودی در بخش‌های بالادستی و پایین‌دستی زنجیره ارزش است. معاملات کارا و اثربخش، بین بنگاه‌هایی که در یک زنجیره ارزش به صورت عمودی به هم پیوند خورده‌اند باعث افزایش رقابت‌پذیری در سراسر صنعت مربوطه می‌شود. علاوه بر این، پیوندهای عمودی تسهیل‌کننده انتقال سود و خدمات جایگزین شده و همچنین انتقال مهارت‌ها و اطلاعات بین بنگاه‌های فعال در صنعت، در بخش‌های پایین‌دستی و بالادستی زنجیره است.

۴- پیوندهای افقی: پیوندهای افقی - رسمی و غیر رسمی - بین بنگاه‌های فعال در صنعت در همه سطوح موجود در یک زنجیره ارزش می‌تواند کاهش هزینه‌های کسب و کار را در پی داشته باشد و همچنین باعث ایجاد صرفه‌جویی‌های مقیاس گردد و در نهایت افزایش کارایی و رقابت‌پذیری صنعت مربوطه را در پی خواهد داشت. علاوه بر کاهش هزینه‌های ورودی‌ها و خدمات، پیوندهای افقی می‌توانند نقش موثری در تسهیم مهارت‌ها و منابع داشته باشد و باعث بالا بردن کیفیت محصول مطابق با استانداردهای موجود گردند. این قبیل پیوندها همچنین تسهیل‌کننده آموزش و یادگیری اشتراکی و تسهیم ریسک در صنعت می‌باشند. تحلیل زنجیره ارزش همچنین به بررسی رقابت بین بنگاه‌های فعال در صنعت می‌پردازد. این در حالی است که همکاری بین بنگاه‌های فعال در آن صنعت می‌تواند به دستیابی آنها به صرفه‌جویی‌های مقیاس کمک کرده و پیروزی آنها را در مقابل محدودیت‌های معمول در راستای دستیابی به فرصت‌ها تسهیل می‌کند.

۵- بازارهای پشتیبانی کننده: بازارهای پشتیبانی کننده نقش مهمی را در ارتقاء و بهبود وضعیت بنگاه‌ها بازی می‌کنند. آنها در برگیرنده خدمات مالی هستند.

¹Business Enabling Environment

۱-۲-۳- انواع زنجیره ارزش

در ادبیات، زنجیره ارزش، دو نوع زنجیره ارزش خریدار محور^۱ و تولید کننده محور^۲ شناسایی شده است. این وجه تمایز بسیار اهمیت دارد، چرا که پویایی ارتباطات، تعاملات و فرصت‌های تقویت دانش و توانمندی‌های جدید در هر یک متفاوت است. معمولاً، تکنولوژی‌های "آسان" در زنجیره‌های خریدار محور رخ می‌دهد، در حالی که تکنولوژی‌های "دشوار" با نیاز به هماهنگ‌سازی، تکنولوژی‌های اختصاصی و مشابه آن، در زنجیره‌های تولید کننده محور به وجود می‌آید.

در زنجیره‌های ارزش خریدار محور، خریداران بزرگ با شایستگی بالا در علامت تجاری و بازاریابی، بازیگران موثر در راه‌اندازی زنجیره‌های ارزش هستند. این خریداران به طور فزاینده‌ای فعالیت‌های تولید، طراحی و بازاریابی برای بازارهای مصرف کننده نهایی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه را سازماندهی، هماهنگ و کنترل می‌کنند. این زنجیره‌ها، نوعاً صنایع مبتنی بر نیروی کار بوده و بیشتر مربوط به کشورهای در حال توسعه هستند (به عنوان مثال، صنایع غذایی، نساجی، اسباب بازی، پوشاک و غیره). برای تولیدکنندگان محصولات با علائم تجاری (نستله در زنجیره ارزش غذایی)، بدست آوردن ارزش افزوده از بازار و R&D و توسعه محصول، از اهمیت بالایی برخوردار است. بنابراین، تولیدکنندگان فوق تمایل دارند از طریق محافظت از دارایی ذهنی^۳، ارزش علامت تجاری حفظ شده و از کپی برداری اجتناب شود. موقعیت بازاری قوی آن‌ها، نتیجه علائم تجاری جهانی و علامت تجاری برای منطقه یا بازار خاص است.

در زنجیره‌های ارزش تولید کننده محور، تولیدکنندگان کلیدی در زنجیره، تکنولوژی‌های اساسی با اهمیت‌تر را برای تثبیت موقعیت در بازار محصول نهایی کنترل می‌کنند. این تولیدکنندگان، زنجیره‌های ارزش را هماهنگ ساخته و مسئولیت کمک به تامین کنندگان و مشتریان خود را بر عهده می‌گیرند. این زنجیره‌ها نوعاً برای صنایع با تکنولوژی متوسط و بالا، مانند اتومبیل، الکترونیک، ارتباطات و صنایع مشابه هستند. تولیدکنندگان کشورهای در حال توسعه، بیشتر گرایش دارند تا قسمتی از

¹ -Buyer-driven

² -producer driven

³ -Intellectual property

زنجیره‌های خریدار محور باشند، البته به استثنای کشورهای آسیای شرقی با اقتصاد صنعتی جدید، که از زنجیره‌های خریدار محور به سمت زنجیره‌های تولید کننده محور حرکت کرده‌اند.

۱-۲-۴- اهمیت شناخت زنجیره ارزش

در مورد اهمیت تحلیل زنجیره ارزش دلایل زیادی وجود دارد، اما از آنجا که هدف اصلی در این تحقیق در رابطه با شناخت صنعت موتورهای الکتریکی می باشد و از سوی دیگر، شناسایی و تحلیل زنجیره ارزش صنعت موتورهای الکتریکی به عنوان یک ابزار مهم در راستای دستیابی به این مهم است، بنابراین، سه دلیل عمده در رابطه با اهمیت تحلیل زنجیره ارزش صنعت در شرایط حساس حاکم بر اقتصاد بین‌المللی و رشد پدیده جهانی‌سازی به صورت زیر بیان می‌شوند:

۱. با رشد فزاینده تقسیم‌کار و پراکندگی تولیدات در سطح جهانی، رقابتی‌شدن سیستمیک، از جایگاه اهمیتی بالایی برخوردار شده است. بنابراین تجزیه و تحلیل زنجیره ارزش صنعت، در فهم صحیح از اینکه میزان نیاز و همچنین محدوده رقابتی‌شدن سازمان‌ها به صورت سیستماتیک به چه اندازه است، نقش کلیدی و مهمی ایفا می‌کند. تحلیل و شناسایی قابلیت‌های اصلی سازمان‌های فعال در یک صنعت خاص، منجر به این خواهد شد که سازمان‌ها بسیاری از کارکردهای خود را که، قابلیت‌های لازم در زمینه اجرای آنها را ندارند، برون‌سپاری نمایند. تدوین اطلاعات لازم در مورد جریان ورودی‌ها، مانند اقلام و خدمات، در زنجیره تولید، به سازمان‌ها اجازه می‌دهد که توانایی و قابلیت‌های عناصر دیگر و همچنین اهمیت نقش آنها را در موفقیت صنعت تعیین کند و این خود مستلزم تحلیل صحیح زنجیره ارزش صنعت مربوطه است.
۲. امروزه بازدهی بالا و اثربخشی کافی در تولید محصولات، به عنوان یکی از مهمترین و ضروری‌ترین شرایط لازم برای حضور موفق در بازارهای جهانی محسوب می‌شود. به طور کلی می‌توان اینگونه گفت که دومین دلیل اساسی در بیان اهمیت تحلیل زنجیره ارزش این است که یک تحلیل مناسب از عناصر زنجیره، به صنعت کمک خواهد کرد که بتواند به یک درک صحیح از نقاط ضعف و قوت خود رسیده و میزان تخصص خود را در حوزه‌های مختلف تولید و خدمات شناسایی نماید.
۳. ورود موفق به بازارهای جهانی و کسب مزیت‌های رقابتی که مستلزم بررسی دقیق رشد درآمد در این محیط‌ها است. نیازمند یک درک صحیح از عوامل و متغیرهای پویا در سراسر زنجیره ارزش است. در واقع سومین دلیل عمده‌ای که اهمیت تحلیل زنجیره ارزش صنعت را برجسته‌تر می‌کند این است که تحلیل زنجیره ارزش به سازمان‌ها در روشن شدن وضعیت سود و درآمدهای ویژه و همچنین وضعیت مشارکت آنها در اقتصاد جهانی کمک می‌کند. از سوی دیگر شناسایی خط‌مشی‌ها و سیاست‌هایی که می‌تواند تولیدکنندگان را قادر به تبادل و تسهیم داشته‌های آنها با یکدیگر نماید را تسهیل می‌کند که این خود نشان دهنده اهمیت تحلیل دقیق از زنجیره ارزش است.

۴. زنجیره ارزش به دولت کمک می‌کند تا کل صنعت را به صورت یکپارچه ببیند و شناخت عمیقی در رابطه با کل صنعت به منظور سیاست‌گذاری، پیدا کند

در ادامه جهت شناسایی زنجیره ارزش بخش موتورهای الکتریکی در کشور لازم است تا کارکردهای مختلف زنجیره مورد شناسایی قرار گیرند.

فصل دوم :

زنجیره ارزش موتورهای الکتریکی ایران

۱-۲- زنجیره ارزش موتورهای الکتریکی و درایو ایران

در این بخش به بررسی زنجیره ارزش ساخت موتورهای الکتریکی پرداخته می‌شود. این زنجیره شامل چهار بخش اصلی است که در شکل (۱-۲) نمایش داده شده است و عبارتند از :

۱. مواد و تجهیزات اولیه
۲. سازندگان
۳. سازنده تجهیزات
۴. مصرف کننده

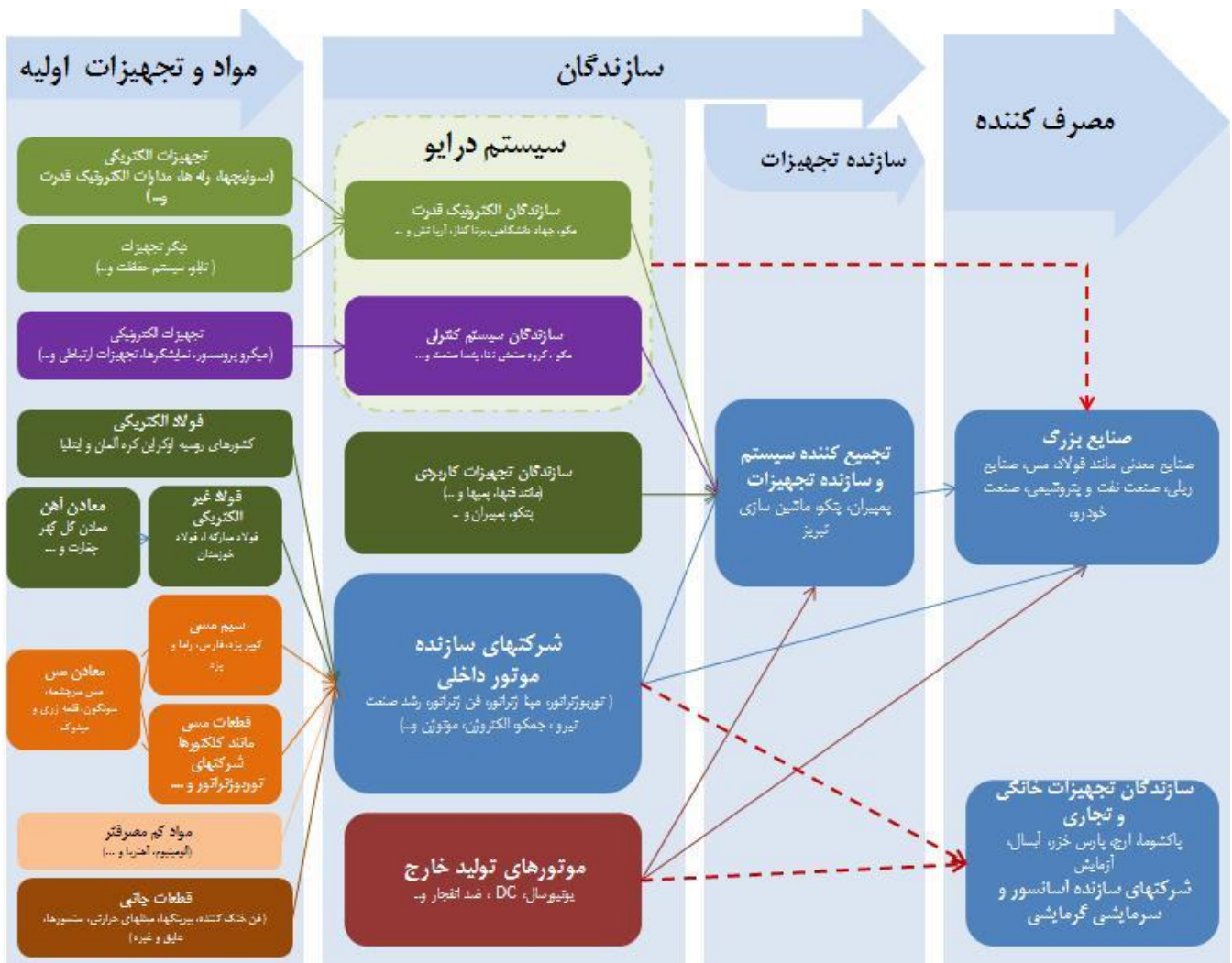
در این بخش به صورت خلاصه این زنجیره تعریف می‌شود و در بخش‌های بعد در مورد دو بخش شرکت‌های سازنده موتورهای داخلی و شرکت‌های سازنده سیستم درایو و همچنین مواد اولیه بررسی جامع‌تری انجام خواهد شد.

۱-۱-۲- مواد و تجهیزات اولیه

مواد اولیه که در ساخت موتورهای الکتریکی مورد استفاده هستند در اکثر موتورهای الکتریکی مشترک است و تنها دو مقوله آهنربای دائم و همچنین آلومینیوم در برخی از موتورهای القائی تکفاز و سه فاز قفس سنجابی و همچنین موتورهای آهنربای دائم DC و سنکرون کاربرد دارند.

مواد اولیه‌ای مانند فولاد الکتریکی و غیر الکتریکی و همچنین مس در ساخت همه ماشین‌های الکتریکی مورد نیاز است. این مواد به صورت خام از معادن آهن و مس استخراج شده و سپس در شرکت‌های ساخت فولاد و مس به محصولات فرآوری شده استاندارد تبدیل می‌شوند.

مواد اولیه‌ای مانند عایق و همچنین تجهیزات اولیه‌ای مانند بلیرینگ، یاتاقان، سنسورها نیز به صورت کلی در کارخانجاتی که به صورت خاص و حرفه‌ای تامین و ساخت این نوع از تجهیزات را بر عهده دارند تامین و در شرکت‌های سازنده موتورهای الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل (۱-۲): زنجیره ارزش موتور و سیستم درایو

در مورد مواد اولیه ساخت درایو نیز در اکثر موارد شرکت‌های سازنده درایو تجهیزاتی مانند سوئیچ‌ها (دیود، ترستور، ماسفت و ...) و همچنین تجهیزات کنترلی (PLC، میکرو پروسسور و ...) را از شرکت‌های معتبر سازنده این تجهیزات تامین و در محصولات خود از آنها استفاده می‌کنند و تنها شرکت‌های بزرگ مانند ABB، زیمنس و ... علاوه بر تولید موتور و سیستم درایو خود تامین کننده تجهیزات اصلی و مواد اولیه ساخت سیستم‌های درایو نیز هستند و حجم بزرگی از بازار این نوع از تجهیزات را نیز در اختیار دارند.

در ایران، همان طور که در بخش‌های بعد نیز به تفصیل در مورد آنها صحبت خواهد شد، تنها در دو بخش تامین فولاد غیر الکتریکی و همچنین مس نیازی به واردات وجود ندارد و در دیگر بخش‌های این صنعت تامین تجهیزات از کشورهای دیگر صورت می‌پذیرد.

۲-۱-۲- سازندگان

در بخش تولید یک محصول موتور و درایو شرکت‌های مختلفی با حوزه‌های کاری متفاوتی فعالیت دارند. در این بخش از زنجیره ارزش، علاوه بر شرکت‌هایی که سازنده موتورهای الکتریکی و سیستم درایو هستند، شرکت‌هایی نیز در زمینه تولید تجهیزات مکانیکی مورد نیاز صنعت که از نیرو محرکه موتورهای الکتریکی استفاده می‌کنند (مانند فن، پمپ، بالابرها و...) هستند. این شرکت‌ها تجهیزات خود را تولید می‌کنند و در شرکت‌هایی دیگر که مسئولیت تجمیع این سیستم‌ها را برعهده دارند؛ محصولاتی مانند موتور-پمپ، سیستم‌های دمنده، سیستم‌های بالابر و غیره تولید می‌شوند که در بخش‌های مختلف صنایع بزرگ استفاده می‌شوند. این سیستم‌ها خود به عنوان یک محصول فروخته می‌شوند و شامل درایو موتور و سیستم‌های مکانیکی و تابلوهای برق مرتبط هستند.

بخشی دیگر تولیدات موتورهای الکتریکی به صورت جداگانه وارد بازار مصرف می‌شوند و صنایع بزرگ مانند فولاد، مس، سیمان، شرکت‌های آب و فاضلاب، این موتورها را به صورت مجزا مورد استفاده قرار می‌دهند.

۲-۱-۳- مصرف کننده

به صورت کلی دو مصرف کننده اصلی برای موتورهای الکتریکی متصور است که عبارتند از:

۱. صنایع بزرگ
۲. سازنده لوازم خانگی

همان طور که اشاره شد صنایع بزرگ علاوه بر استفاده از تجهیزات و سیستم‌های یکپارچه مانند موتور-پمپ و موتور-فن از خود موتور به عنوان محرک در قسمت‌های مختلف خط تولید خود نیز استفاده می‌کنند بطور مثال در صنایع فولاد موتورهای خط نورد به صورت مجزا تامین می‌شود و مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته لازم به ذکر است صنایع بزرگ در دو مرحله ساخت خط تولید جدید و در زمان ایجاد حادثه و جایگزینی و رفع عیب از سیستم و خط تولید نیاز به تامین الکتروموتور دارند از اینرو

محاسبه میزان تقاضای ناشی از این بخش ارتباط نزدیکی به سیاستهای کلان کشوری و همچنین بررسی میزان تقاضای ناشی از خطا دارد.

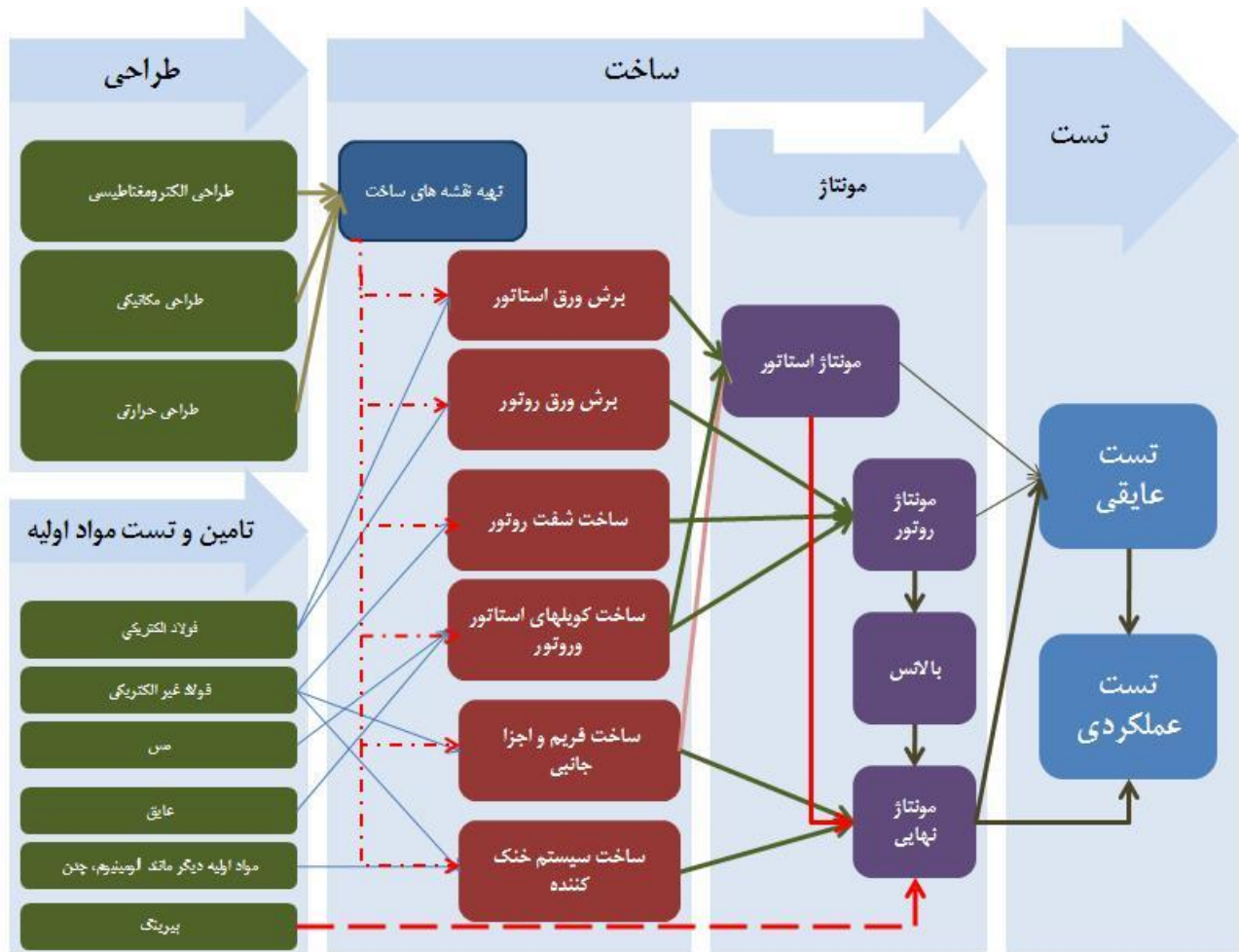
در مقابل سازندگان لوازم خانگی و تجاری برقی به صورت کلی در اکثر محصولات خود (در حوزه لوازم خانگی مانند ماشین لباسشویی و ظرفشویی، غذا سازها، سیستم‌های تهویه و در حوزه تجاری آسانسورها، دربهای اتوماتیک، پله های برقی و...) از موتور استفاده می‌کنند. همچنین این شرکت‌ها نیز همانند دیگر صنایع نیاز به تامین موتور برای خطوط تولید خود نیز دارند. در کشور ایران برخی از موتورهای مورد نیاز در کشور تولید نمی‌شود و به صورت کامل از کشورهای دیگر وارد می‌شود نمونه‌ای از این موتورها موتور یونیورسال است که در ایران هیچ خط تولیدی برای آن وجود ندارد و مورد نیاز برای تولید اکثر لوازم برقی خانگی و تجاری است.

۲-۲- زنجیره ارزش ساخت موتور

روند ساخت موتورهای الکتریکی در بیشتر موارد مشابه است و شامل بخش‌های زیر می‌شود.

۱. طراحی
۲. تامین و آزمایش مواد اولیه
۳. ساخت
۴. آزمایش

در شکل (۲-۲) این بخش‌ها و نحوه ارتباط آنها با هم نشان داده شده است.



شکل (۲-۲): زنجیره ارزش ساخت موتور الکتریکی

۲-۲-۱- طراحی

به صورت کلی طراحی یک موتور به سه بخش طراحی الکترومغناطیسی، مکانیکی و حرارتی تقسیم می‌شود. ورودی بخش طراحی نیازمندیهای مصرف کننده نهایی (در موتورهای سایز بزرگ و در برخی موارد سایز متوسط که به صورت تک ساخت تولید می‌شوند) و یا مشخصات استاندارد است. مشخصات استاندارد بسته به بازار هدف تعیین می‌شود بطور مثال شبکه ایران در بخش‌های مختلف تولید انتقال و توزیع از نظر سطح ولتاژ و نحوه اتصال به شبکه الزاماتی را به سازنده موتور اعمال می‌کند همچنین مشخصات نامی موتورهایی که مصرف زیاد دارند از نظر استانداردهای ملی و بین المللی تعیین شده است و مصرف کننده نیز توان موتور مورد نیاز خود را از بین آنها انتخاب می‌کند.

طراحی همه موتورهای الکتریکی در سه حوزه الکترومغناطیسی، مکانیکی و حرارتی انجام می‌شود و این تیم‌ها پس از تعیین ابعاد کلی موتور که توسط تیم الکترومغناطیسی تعیین می‌شود طراحی‌های ابعادی و مکانیکی و حرارتی و نحوه سیم‌پیچی و عایق بندی را انجام می‌دهند.

۲-۲-۲- تامین و آزمایش مواد اولیه

پس از طراحی و تعیین میزان مواد اولیه، تجهیزات جانبی مورد نیاز تامین می‌شود و پیش از استفاده در تولید آزمایش‌های کنترل کیفیت بر روی آنها انجام می‌شود. تعیین آزمایش‌ها و نحوه انجام آنها در استانداردهای مختلف آورده شده است و در بیشتر شرکت‌های بزرگ بخش خاصی برای این منظور در نظر گرفته شده است و تمامی مواد اولیه مورد سنجش قرار می‌گیرند. در شرکت‌های کوچک این آزمایش‌ها توسط آزمایشگاه‌های مرجع مانند آزمایشگاه رازی در ایران انجام می‌شود. نتایج آزمایش‌های انجام شده توسط این سازمان‌ها مورد وثوق شرکت‌های خریدار و فروشنده مواد اولیه است. در برخی از موارد مانند مواد عایقی و یا فولاد‌های الکتریکی در ایران برای انجام این آزمایش‌ها آزمایشگاه مرجع وجود ندارد و در بیشتر موارد شرکت‌ها به نتایج ارائه شده از سوی کارخانه‌های سازنده اعتماد می‌کنند.

۲-۲-۳- ساخت

پس از انجام طراحی، نقشه تمامی تجهیزات آماده شده و بر اساس آن ساخت شروع می‌شود. برش ورق‌های فولاد الکتریکی هسته استاتور و روتور بسته به میزان تولید به روش‌های وایرکات، لیزرکات و پانچ انجام می‌شود. در صورتی که تولید به صورت تک ساخت باشد بدلیل مسائل اقتصادی در بیشتر موارد از لیزرکالت و وایرکات استفاده می‌شود. این امر باعث کوتاه شدن زمان ساخت و پائین آمدن هزینه تولید می‌شود چراکه تولید و طراحی سنبه و ماتریس مورد استفاده در پانچ علاوه بر هزینه زیاد و طولانی بودن زمان ساخت آن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست چرا که این تجهیزات برای تولید تعداد زیادی ورق مورد استفاده قرار می‌گیرد و در صورتی که از این قابلیت استفاده نشود، هزینه زیادی بر تولید یک محصول اعمال شده است. همزمان با این فعالیت ساخت تجهیزاتی مانند فریم استاتور، شفت روتور، سیستم خنک‌کننده، و همچنین ساخت سیم‌پیچی‌های استاتور و روتور انجام می‌شود. لازم به ذکر است در هر یک از بخش‌های تولید این قطعات، برای کنترل کیفیت آزمایش‌های

مکانیکی و الکتریکی خاصی انجام می‌شود که برای هر موتور متفاوت است ولی در روش تولید به صورت استانداردهای متولید کارخانه‌ای و یا در برخی موارد استاندارد بین‌المللی ارائه شده است.

۲-۲-۴- مونتاژ

همان طور که در شکل (۲-۲) نشان داده شده است، مونتاژ یک موتور به صورت مجزا شامل مونتاژ استاتور، روتور و مونتاژ نهایی است. در بخش مونتاژ استاتور هسته استاتور آماده و پس از سیم‌پیچی در داخل فریم استاتور که از قبل آماده شده است قرار می‌گیرد. در این بخش نیز آزمایش‌های الکتریکی و مکانیکی به صورت مجزا انجام می‌شود و در صورت عدم تأیید در این مرحله عملیات ترمیم و یا دهمونتاژ و بازسازی انجام می‌شود.

در بخش مونتاژ روتور ابتدا هسته روتور بر روی شفت روتور مونتاژ می‌شود البته لازم به ذکر است که در برخی موارد هسته روتور و شفت روتور به صورت یکپارچه ساخته می‌شوند. سپس بخش سیم‌پیچی روتور انجام می‌شود. در اینجا نیز باید یادآوری کرد که در ماشین‌های مختلف این موضوع با پروسه‌های مختلفی انجام می‌شود به طور مثال در موتور القائی قفس سنجابی ساین کوچک از روش دایکاست آلومینیوم و مس برای تولید سیم‌پیچی روتور استفاده می‌شود و یا در موتورهای BLDC سیم-پیچی روتور وجود ندارد و از آهنربا و قرار دادن آنها بر روی سطح روتور برای تحریک موتور استفاده می‌شود.

پس از مونتاژ روتور قبل از قرار دادن آن در داخل استاتور عملیات بالانس انجام می‌شود. این عمل باعث جلوگیری از آسیب روتور به بخش‌های مختلف استاتور در حین چرخش و لرزش آن می‌شود. همچنین همانند استاتور در این بخش نیز آزمایش‌های کنترل کیفیت ساخت مانند آزمایش‌های مکانیکی و الکتریکی نیز انجام می‌شود.

پس از آماده سازی استاتور و روتور مونتاژ نهایی این مجموعه نیز که شامل جا زدن روتور در داخل استاتور و همچنین قرار دادن بیرینگها و بستن در قالبها می‌شود انجام شده و در صورت وجود سیستم خنک کننده بیرونی این مجموعه نیز بر روی فریم استاتور نصب می‌شود. پس از این مرحله در اکثر مواقع مابقی آزمایش‌های الکتریکی، مکانیکی و عملکردی در واحد مجزایی انجام می‌شود.

۲-۲-۵- آزمایش

آزمایش موتورهای الکتریکی به صورت کلی در دو حوزه عایقی و عملکردی انجام می‌شود. آزمایش عایقی به صورت زمانی در اولویت قرار دارد و در صورت تأیید نتایج آن موتور برای بهره‌برداری در آزمایش عملکردی آماده است. در آزمایش عملکردی هدف بررسی نحوه عملکرد موتور در زمان اتصال به شبکه و همچنین اندازه‌گیری پارامترهای الکتریکی است که در زمان اتصال به شبکه و در تنظیمات سیستم درایو و همچنین سیستم حفاظتی مورد نیاز است. همزمان با این آزمایش‌ها نحوه عملکرد سیستم خنک‌کننده مورد ارزیابی قرار گرفته و راندمان موتور تعیین می‌شود.

در مورد موتورهای کوچک در اکثر شرکت‌های سازنده امکانات آزمایش عملکردی موجود است اما در مورد موتورهای بزرگ معمولاً انجام این آزمایش‌ها بسیار سخت است و از اینرو برای انجام آزمونهای نهایی موتورهای سائز بزرگ که به صورت تک ساخت تولید می‌شوند از امکانات آزمایشگاه مرجع استفاده می‌شود.

فصل سوم:

مواد اولیه موتورهای الکتریکی

۳-۱- فولاد

۳-۱-۱- دسته بندی فولادهای الکتریکی

از آنجا که فولادهای الکتریکی مقدار کمی کربن دارند، نام دیگر آنها در مهندسی مواد "آلیاژهای سیلیکون-آهن" است، هرچند که نام فولاد الکتریکی به صورت جهانی استفاده می‌شود. خصوصیات مغناطیسی و الکتریکی این فولادها، آنها را برای هسته‌های ورقه ورقه که جهت شار متناوباً عوض می‌شود مناسب می‌سازد. چندین نوع و کلاس از فولادهای الکتریکی وجود دارد که هر کدام برای کاربرد خاصی مناسب است.

۳-۱-۲- درجه بندی براساس تلفات هسته

فولادهای الکتریکی عموماً بر مبنای تلفات هسته درجه بندی می‌شوند. این امر به خاطر آن است که حداکثر تلفات هسته یکی از مهم‌ترین فاکتورها در طراحی ماشین‌های الکتریکی است. در سال‌های دور، هر تولیدکننده فولاد الکتریکی یک نام تجاری مخصوص به خود برای انواع فولاد الکتریکی انتخاب می‌کرد. این امر موجب سردرگمی خریداران می‌شد تا این که مؤسسه آهن و فولاد آمریکا برای هر نوع فولاد نامی براساس تلفات هسته آن تعیین کرد. مؤسسات^۱ ASTM و گروه استانداردسازی بین‌المللی^۲ (ISG) روش‌های دیگری برای نامگذاری فولاد انتخاب کرده‌اند. با این حال نامگذاری^۳ AISI معمول‌ترین نامگذاری در سطح جهان است (سری M).

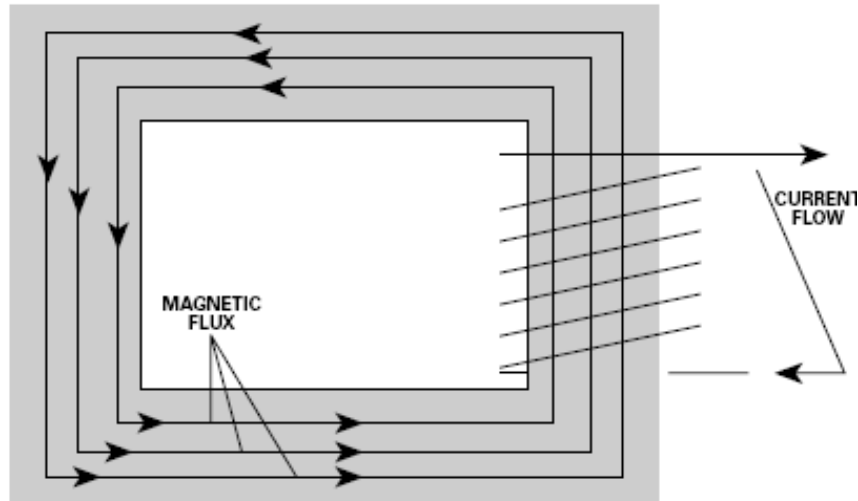
تلفات هسته تلفات الکتریکی است که در هسته وسایل الکتریکی حاوی جریان متناوب به صورت گرما تولید می‌شود. در شکل (۳-۱) فوران شار در یک هسته مغناطیسی نشان داده شده است. مطابق با استاندارد AISI فولادهای الکتریکی با نماد M که با یک عدد دنبال می‌شوند بیان می‌گردند (برای مثال M-5). عددی که دنبال نماد M می‌آید بیانگر ده برابر تلفات هسته برحسب وات در هر پوند از فولاد مورد نظر با ضخامت مشخص (Guage 29) که در شرایط استاندارد (فرکانس ۶۰ هرتز و

^۱ American Standards for Testing and Materials

^۲ International standard group

^۳ American Iron and Steel Institute

شدت میدان مغناطیسی ۱۵ هزار گاوس) آزمایش می‌شود. امروزه این اعداد دیگر بیانگر تلفات هسته نیستند، زیرا فولادهای الکتریکی به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود پیدا کرده‌اند و تلفات آنها به شدت کاهش پیدا کرده است. با این وجود، این اعداد بیانگر تلفات نسبی مدل‌های مختلف فولاد الکتریکی می‌تواند باشد.



شکل (۳-۱): فوران شار در هسته آهنی

۳-۱-۳- کلاسهای عمومی فولاد

فولادهای الکتریکی بر مبنای میزان و درصد مواد اولیه به کار رفته در ساختار آنها و روش‌هایی که تولید می‌شوند دسته‌بندی می‌شوند [۱]:

۳-۱-۳-۱- فولادهای غیرجهت‌دار^۱

این دسته فولادهای الکتریکی هستند که خواص مغناطیسی در آنها در تمام جهات یکسان است. لفظ غیرجهت‌دار صرفاً برای متمایز کردن آنها از فولادهای جهت‌دار استفاده می‌شود. این ورقها معمولاً به صورت نوارهایی تا عرض ۱/۳ متر و ضخامت ۰/۳۵ تا ۰/۸ میلی‌متر ساخته می‌شوند. سطح این ورقها معمولاً توسط یک لایه نازک از جنس فسفات آلومینیم جهت عایق کردن ورقها از یکدیگر پوشیده شده است.

¹ Non-Oriented

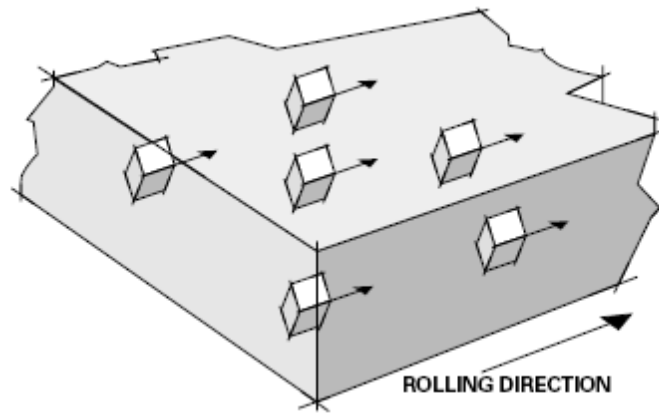
۳-۱-۳- فولادهای جهت‌دار^۱

در این فولادها خواص مغناطیسی ماده در جهتی که در کارخانه نورد می‌شوند بسیار بیشتر از سایر جهتهاست، به این دلیل به آنها فولاد جهت‌دار گفته می‌شود. با یک پروسه نورد، کریستال‌های آهن و سایر کریستال‌ها در جهت خاصی قرار می‌گیرند که خواص مغناطیسی در آن جهت بسیار بهتر از سایر جهتهاست. اگرچه بهبود خواص مغناطیسی در یک جهت مطلوب است ولی خواص این فولاد در سایر جهات ضعیف است. در جدول (۱-۳) چند مدل از فولادهای الکتریکی جهت‌دار و غیرجهت‌دار نشان داده شده است.

جدول (۱-۳): برخی از انواع فولاد های الکتریکی پر کاربرد

Silicon Steels General Type	Grade AISI Designation
Nonoriented	M-15
	M-19
	M-22
	M-27
	M-36
	M-43
	M-45
	M-47
Oriented	M-2
	M-3
	M-4
	M-6

¹ Oriented



شکل (۳-۲): فولاد جهت‌دار

۳-۳-۱-۳- فولادهای کاملاً پرداخت شده^۱

این دسته فولادهای الکتریکی هستند که خواص مغناطیسی آنها کاملاً توسط تولید کننده فولاد در کارخانه تعیین شده است و قابل تغییر نیست (کاملاً پرداخت شده است). این فولاد دیگر نیازی به هیچ پروسه اضافه‌ای برای رسیدن به کیفیت مغناطیسی مناسب ندارند. هرچند که کاربر می‌تواند یک عملیات حرارتی با دمای کم برای از بین بردن اثرات تنش (Stress) که در مرحله ساخت به ورقه وارد شده است بکار گیرد.

۳-۳-۱-۳- فولادهای نیمه پرداخت شده^۲

این فولادها در کارخانه کاملاً نورد و پرداخت نمی‌شوند ولی ابعاد و ضخامت آنها قابل تغییر نیست. با بکارگیری این مواد، دستیابی به خواص مغناطیسی موردنظر مصرف کننده توسط خود او و با عملیات نورد و حرارتی انجام می‌شود. به خاطر برخی محدودیت‌ها، فولادهای جهت‌دار تنها به صورت تمام پرداخت شده ساخته می‌شوند.

ورقه‌های نیمه پرداخت شده جهت‌دار دارای ضخامت‌های استاندارد ۰/۵ و ۰/۶۵ میلی‌متر بوده و معمولاً مقادیر تلفات ویژه‌ای برحسب وات بر کیلوگرم (W/kg) در چگالی شار ۱/۵ تسلا و فرکانس ۵۰ هرتز دارند که به ترتیب ۴/۵-۵/۵ و ۶-۷/۱ هستند. مواد پرداخت شده کامل دارای ضخامت‌های استاندارد ۰/۳۵، ۰/۵ و ۰/۶۵ میلی‌متر هستند. ورقه‌های جهت‌دار کاملاً پرداخت

¹ Fully processed

² Semi Fully processed

شده معمولاً در پهنای از ۲۰ تا بیش از ۹۰۰ میلی‌متر تهیه می‌شوند و ضخامت استاندارد ۰/۲۷، ۰/۳ و ۰/۳۵ میلی‌متر را دارا هستند.

۳-۱-۴- محتویات فولادهای الکتریکی

خواص مغناطیسی فولادهای الکتریکی به دو عامل بستگی دارد:

۱. ترکیبات شیمیایی
۲. عملیات حرارتی و نورد

در جدول (۳-۲)، ترکیبات شیمیایی برخی از فولادهای الکتریکی نشان داده شده است.

جدول (۳-۲): ترکیبات برخی از فولادهای الکتریکی

	Description of Material	Composition, %				
		C	Mn	P	S	Si
M-45	Low Silicon Steel	0.003	0.15	0.03	0.001	1.6
M-27	Medium Silicon Steel	0.003	0.15	0.01	0.001	2.0
M-15	High Silicon Steel	0.003	0.15	0.01	0.001	2.7
M-4	Grain-Oriented Silicon Steel	0.003	0.07	0.01	0.001	3.1

عنصر تعیین کننده فولادهای الکتریکی، سیلیکون است. اضافه کردن آن به خاطر افزایش مقاومت فولاد و در نتیجه کاهش تلفات فوکو در فولاد است. اثر دیگر سیلیکون، کاهش پس ماند مغناطیس و کاهش تلفات هیستریزیس است به علاوه، سیلیکون عملیات نورد و جهت دهی فولاد را در فولادهای الکتریکی تسهیل می‌کند و وجود آن ضروری است. بسته به نوع کاربرد فولاد، به آن مقداری آلومینیوم و منگنز (Mn) اضافه می‌کنند. مقدار این آلیاژها کمتر از ۱٪ از کل فولاد را تشکیل می‌دهد و بین ۰/۱٪ تا ۰/۵٪ در نوسان است. این مواد اثر کمی بر خواص فیزیکی و مغناطیس دارند و تنها اثر آن در پروسه مهندسی مواد است.

۳-۱-۵- سیستم معیار فولادهای الکتریکی

معیار استاندارد فولاد الکتریکی^۱ (ESSG) بر مبنای ضخامت فولاد است. در فولادهای الکتریکی، وزن بر واحد سطح برای مواد با ضخامت مشابه برای انواع مختلف فولاد برابر نیست و معیار بر ضخامت آنها است. اگرچه فولادهای الکتریکی در محدوده متنوعی از ضخامت‌ها تولید می‌شوند، تنها برخی ضخامت‌ها به طور عمده مصرف می‌شوند. از جمله آنها می‌توان به فولاد ESSG No.24 (۰/۶۴ mm)، No.26 (۰/۴۷ mm) و No.29 (۰/۳۵ mm) برای فولادهای غیرجهت‌دار و ضخامت ۰/۲۷ و ۰/۲۳ و ۰/۱۸ میلی‌متر برای فولادهای جهت‌دار اشاره کرد. جدول (۳-۳) ضخامت چند فولاد الکتریکی را نشان می‌دهد.

جدول (۳-۳): ضخامت برخی از ورق‌های الکتریکی

ESSG No.	Inches	Millimeters
29	0.014	0.36
26	0.0185	0.47
24	0.025	0.64

۳-۱-۶- سایر استانداردهای فولاد الکتریکی

حداکثر تلفات تضمین شده برای انواع مختلف فولاد الکتریکی، توسط استانداردهای مختلف تعیین شده است. براساس استاندارد IEC-404-8-6، هر ماده با دو عدد که خط فاصله بین آنهاست و یک حرف که عددی همراه آن است شناخته می‌شود. عدد اول بیانگر ۱۰۰ برابر تلفات تضمین شده (w/kg) است و عدد دوم ۱۰۰ برابر ضخامت ورق برحسب میلی‌متر است. حروف A، D و E به ترتیب نمایانگر ماده پرداخت کامل غیرجهت‌دار، ماده نیمه پرداخت غیرجهت‌دار و ورق آلیاژی غیرجهت‌دار که در حالت نیمه پرداخته تحویل می‌شود است. مواد جهت‌دار با حروف N، S و P به ترتیب برای: یک ماده با تلفات معمولی، یک ماده با تلفات کاهش یافته و ماده‌ای با نفوذپذیری بالا مشخص می‌شود. جدول (۳-۴) انواع فولاد مغناطیسی که برای هر کاربرد خاص استفاده می‌شود را نشان می‌دهد.

¹ Electric steel standard gauge

جدول (۳-۴): کاربرد انواع فولاد های الکتریکی در ماشین های الکتریکی

		Grain-Oriented			Non-Oriented		
		PH-Core	PG-Core	PN-Core	PN-Core		PNM-Core
		23PH-Core -35PH178	27PG158 -35PG218	35PN320- 35PN455 50PN370- 50PN510	35PN560 50PN595- 50PN890	50PN1015 50PN1650	
Rotating Machines	Large rotating machines		○	○			
	Medium rotating machines			○	○		
	General use A-C motors				○	○	
	Hermetically sealed motors				○	○	
	Small motors & intermittent service A-C motors			○	○		
Static Machines	Large power transformers	○	○				
	Medium power transformers	○	○	○			
	Distribution transformers	○	○				
	Reactor	○	○	○			

در ماشین‌های با توان بالا منظور ماشین‌های با قطر بسیار بزرگ مانند ژنراتورهای آبی بزرگ است در این حالت بخاطر قطر خارجی بزرگ قطاعی از یوغ که شار باید در آن حرکت کند در فاصله یک گام قطب، که به خط مستقیم بسیار نزدیک می‌شود، در این حالت می‌توان از ورق‌های جهت‌دار استفاده کرد. همانطور که دیده می‌شود در ماشین‌های دوار توان بالا، از هر دو مدل فولاد جهت‌دار و غیرجهت‌دار استفاده می‌شود. برای مثال، از فولاد جهت‌دار 27PG158 و یا فولاد غیرجهت‌دار 35PN320 و 35PN455 می‌توان در ژنراتور ۲MW توربین بادی استفاده کرد. در این جا ذکر چند نکته ضروری است:

۱- فولاد جهت‌دار بیشتر در ماشین‌های توان بالا و با قطر استاتور زیاد استفاده می‌شود. در صورت استفاده از ژنراتور القایی با توان ۲MW، باید از ورق غیرجهت‌دار استفاده شود.

۲- در ژنراتورهای سنکرون با تحریک مغناطیس دائم، تعداد قطب‌ها زیاد است و در نتیجه قطر استاتور نیز زیاد می‌باشد. در این ژنراتورها در صورت ساخت استاتور به صورت چند تکه می‌توان از ورقهای جهت‌دار نیز استفاده کرد.

شرکت AKsteel که از تولید کنندگان فولاد الکتریکی می‌باشد برای ماشین‌های الکتریکی و ژنراتورها فولاد الکتریکی غیرجهت‌دار را پیشنهاد می‌کند که در تولیدات خود این محصول را دارد. این شرکت برای هسته‌های روتور و استاتور ژنراتورهای کمتر از ۱۰۰ اسب بخار فولادهای غیرجهت‌دار مدل M27, M36, M43, M45, M47 را پیشنهاد می‌نماید. ولی برای ژنراتورهای بیشتر از ۱۰۰ اسب بخار (که برای کاربرد DFIG دوامگاواتی مطلوب است) از M15, M19, M22 استفاده می‌نماید.

البته شرکت جنرال الکتریک در یکی از مراجع خود هسته استاتور را فولاد سیلیکونی grain-oriented برای تلفات کم و گذردهی بالا استفاده می‌نماید. ورقه‌های غیرجهت‌دار بیان شده (15,19,22)، به صورت پروسه کامل تهیه می‌گردند. از طرفی محدودیت تلفات هسته در پروسه کامل برای فرکانس ۶۰ هرتز برحسب وات/پوند در جدول (۳-۵) بیان شده است. همچنین مشخصه مغناطیسی DC و الکتریکی این مواد در جدول (۳-۶) آورده شده است.

جدول (۳-۵): محدودیت تلفات هسته در پروسه کامل برای فرکانس ۶۰ هرتز برحسب وات/پوند

AK Steel Grade	15 kG		
	0.014" (29 gauge)	0.0185" (26 gauge)	0.025" (24 gauge)
DI-MAX M-15	1.45	1.60	—
DI-MAX M-19	1.55	1.65	2.00
DI-MAX M-22	1.60	1.80	2.10

جدول (۳-۶): مشخصه مغناطیسی DC و الکتریکی

Grade	Electrical Resistivity $\mu\Omega \cdot \text{cm}$	Hysteresis loss $B_{\max} = 10 \text{ kG}$ J/lb/cycle	Coercive Force $B_{\max} = 10 \text{ kG}$ Oersteds	Maximum Permeability	Saturation Induction Kilogausses
DI-MAX M-15 FP*	50	0.0068	0.41	8000	20.1
DI-MAX M-27 FP*	43	0.0077	0.46	7400	20.5

شرکت ACESTIA از تولید کننده گان فولاد الکتریکی است که ورقه های E137,125,115 را برای موتورهای و ژنراتورهای بزرگ تولید می کند که هر یک به ترتیب، از استاندارد ورقه های M22,19,15 پیروی کرده اند و مشخصات آنها در زیر آمده است [۲].

جدول (۳-۷): جنس ورقه های هسته استاتور و روتور از طرف شرکت ACESTIA

Acesita Product	Thickness (mm)	ABNT NM71-2000		AISI	ASTM A677 M		JIS 2552-2000		DIN EN 10106	
		Grade	(W/kg)	Grade	Grade	(W/kg)	Grade	(W/kg)	Grade	(W/kg)
E145	0.50	50F 422M	3.35	M-27	47F 190	3.51	-	-	M330-50A	3.30
E137		50F 398M	3.14	M-22	47F 180	3.13	50A 310	3.10	M310-50A	3.10
E125		50F 385M	3.05	M-19	-	-	-	-	-	-
E115		50F 370M	2.90	M-15	47F 165	2.87	50A 290	2.90	M290-50A	2.90

Magnetic losses at 1.5 T / 50 Hz. ABNT NM 71-2000 and DIN EM 10106 = 0.65 mm thickness.
ASTM A677 M = 0.47 mm and 0.36 mm thicknesses.

همان طور که ملاحظه می گردد، ورقه های پیشنهادی در شرکتها از نوع غیرجهتدار کاملاً پرداخت شده از مدل M15, M19, M22 می توانند برای ژنراتور DFIG دومگاواتی در توربین بادی مناسب باشند.

۳-۱-۷- تامین کنندگان فولاد در خارج از ایران

در این بخش به شرح فعالیت های انجام شده در راستای شناسایی این مواد و امکان سنجی تهیه فولاد مغناطیسی در داخل و خارج از کشور پرداخته می شود. در جدول (۳-۸)، اسامی تعدادی از بزرگترین شرکت های تولیدکننده فولادهای الکتریکی آورده شده است. لازم به تذکر است که طبق بازدیدهایی که از وب سایت بزرگترین تولیدکنندگان جهان انجام شده مشخص شد که همه آنها فولاد الکتریکی تولید نمی کنند.

در میان شرکت‌های یاد شده شرکت Posco کامل‌ترین مجموعه فولادهای الکتریکی را ارائه می‌دهد. محصولات این شرکت شامل انواع فولادهای جهت‌دار و غیرجهت‌دار و با ضخامت‌های مختلف است، بنابراین، این شرکت کره‌ای می‌تواند منبع مطمئنی برای تامین فولاد الکتریکی باشد. شرکت Corus انگلیس نیز تجربه و سابقه زیادی در تولید فولادهای الکتریکی دارد. این شرکت همچنین مدعی است که فولادهای مخصوصی برای ژنراتورهای توربین‌های بادی تولید می‌کند، بنابراین می‌تواند گزینه مناسبی برای تامین فولادهای ژنراتورهای بادی باشد. شرکت Severstal بزرگترین تولید کننده فولاد در کشور روسیه است. این شرکت همچنین بزرگترین تامین کننده فولاد الکتریکی برای ایران است. همچنین، برترین ۳۰ کارخانه تولید کننده فولاد در جهان بر اساس میزان تولیدشان در جدول (۳-۹) آورده شده‌اند.

جدول (۳-۸): برخی از تولیدکنندگان عمده فولاد الکتریکی

ردیف	نام شرکت	کشور	وب سایت
۱	Posco	کره جنوبی	www.posco.com
۲	JFE	ژاپن	www.jfe-steel.co.jp
۳	Bao Steel	چین	www.baosteel.com
۴	Corus group	انگلستان	www.corusgroup.com
۵	Severstal	روسیه	www.severstalna.com
۶	Riva	ایتالیا	www.rivagroup.com

جدول (۳-۹): ۳۰ کارخانه برتر در سال ۲۰۱۰ تولیدکننده عمده فولاد الکتریکی

Ranking (2010)	millions of tones (Tg)				Company	Headquarters
	2010	2009	2008	2007		
1	98.2	77.5	103.3	116.4	ArcelorMittal	Luxembourg
2	52.9	40.2	33.3	31.1	Hebei Iron and Steel	China
3	37.0	31.3	35.4	28.6	Baosteel Group	China
4	36.6	30.3	27.7	20.2	Wuhan Iron and Steel	China
5	35.4	31.1	34.7	31.1	POSCO	South Korea
6	35.0	26.5	37.5	35.7	Nippon Steel	Japan

Ranking (2010)	2010	2009	2008	2007	Company	Headquarters
	millions of tones (Tg)					
7	31.1	25.8	33.0	34.0	JFE	Japan
8	30.1	26.4	23.3	22.9	Jiangsu Shagang	China
9	25.8	17.3	12.2	12.9	Shougang	China
10	23.5	21.9	24.4	26.5	Tata Steel	India
11	23.2	26.4	21.8	-	Shandong Iron and Steel Group	China
12	22.3	15.2	23.2	21.5	United States Steel Corporation	United States
13	22.1	20.1	16.0	16.2	Ansteel	China
14	21.6	14.2	20.4	18.6	Gerdau	Brazil
15	22.1	9.1	7.4		Benxi Steel	China
16	18.3	14.0	20.4	20.0	Nucor Corporation	United States
17	16.7	11.0	15.9	17.0	ThyssenKrupp	Germany
18	16.3	15.3	17.7	16.2	Evrz	Russia
19	15.4	14.8	15.0	14.2	Maanshan Iron and Steel Company	China
20	15.1	11.8	11.3	11.1	Valin Steel Group	China
21	14.7	16.7	19.2	17.3	Severstal	Russia
22	14.0	11.3	16.0	17.9	Gruppo Riva	Italy
23	13.8	7.0	8.2		Metinvest	Ukraine
24	13.6	13.5	13.7	13.9	Steel Authority of India Limited	India
25	13.3	11.0	14.1	13.8	Sumitomo Metal Industries	Japan
26	12.9	8.4	9.9	10.0	Hyundai INI Steel	South Korea
27	12.7	8.9	11.0	10.9	China Steel	Taiwan
28	11.9	10.9	11.3	9.7	Novolipetsk Steel	Russia
29	11.4	9.6	12.0	13.3	Magnitogorsk Iron and Steel Works	Russia
30	11.4	10.6	10.0	10.1	IMIDRO	Iran
31	10.1	10.1	9.8		Baotou Steel	China
32	10.0	8.5	9.0		Anyang Steel	China
-	1,413	1,219	1,329	1,351	World total	

۳-۱-۸- تامین کنندگان فولاد در ایران

پس از بررسی‌های زیادی که در زمینه تامین فولاد الکتریکی در داخل به عمل آمد، مشخص شد که شرکت‌های واردکننده فولاد الکتریکی در ایران، شامل دو شرکت تیراژه نور و شرکت خاور هسته است که عمده واردات را در اختیار دارند. تسلط شرکت تیراژه نور بر بازار فولاد الکتریکی به گونه‌ای است که بسیاری از شرکت‌های ماشین‌سازی ایران (مثل موتوژن، الکتروژن) ورق مورد نیاز خود را از این شرکت تامین می‌کنند. پس از مکاتبه با این شرکت مشخص شد که شرکت قادر است فولاد الکتریکی از نوع M-۵۴۰ را تامین کند. استفاده از ورقه با ضخامت ۰/۵ میلی‌متر در کاربردهایی که نیاز به راندمان بالا دارند معقول به نظر می‌رسد. شرکت همچنین اعلام کرده است که توانایی واردات سایر انواع ورق را در صورت نیاز دارد. این شرکت فولاد الکتریکی خود را از شرکت Severstal روسیه تامین می‌کند. همچنین شرکت خاور هسته به صورت عمده تامین کننده ورق فولاد الکتریکی مورد استفاده در ساخت ترانسها هستند و عمده واردات خود را در کارخانجات خود برش زده و به صورت ورقهای E و I در بازار توزیع می‌کنند. همچنین شرکت‌هایی مانند مینا ژنراتور، توربوژنراتور، فن ژنراتور، رشد صنعت نیرو و همچنین شرکت ایران ترانسفو نیز برای تامین فولاد الکتریکی مورد نیاز خود، راسا اقدام به واردات این محصول از کشورهای کره، ایتالیا، روسیه و اوکراین می‌نمایند. در این راستا لیست شرکت‌ها و کارخانجات تولید کننده فولاد به همراه آدرس اینترنتی آنها در پیوست ۱ آورده شده است.

۳-۱-۹- بررسی برخی از شرکت‌های تولید فولاد در ایران

۳-۱-۹-۱- فولاد مبارکه

شرکت فولاد مبارکه اصفهان بزرگترین مجتمع صنعتی کشور جمهوری اسلامی ایران در ۷۵ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در زمینی به وسعت ۳۵ کیلومتر مربع (۱۷ کیلومتر مربع سالن تولید) استقرار یافته است که دارای ظرفیت تولید ۴ میلیون تن انواع محصولات فولادی تخت گرم و سرد نوردیده، قلع اندود، گالوانیزه و رنگی از ضخامت ۰/۱۸ تا ۱۶ میلیمتر می‌باشد. خطوط تولید شرکت فولاد مبارکه اصفهان عبارتند از:

- آهک پزی
- گندله سازی
- احیاء مستقیم

- فولاد سازی
- ریخته گری مداوم
- پرداخت و خنک سازی شمش
- نورد گرم
- تکمیل نورد گرم
- اسید شوئی
- نورد سرد
- واحد تولید ورق قلع اندود
- واحد تولید ورق گالوانیزه
- واحد تولید ورق رنگی
- واحد فولادسازی و نورد پیوسته (سبا)

مشخصات شرکت فولاد مبارکه اصفهان در جدول (۳-۱۰) خلاصه شده است.

جدول (۳-۱۰): مشخصات شرکت فولاد مبارکه اصفهان

نام	شرکت فولاد مبارکه اصفهان
نوع فعالیت	تولیدی
سال تاسیس	1370
سال عضویت	1380
محصولات	انواع محصولات فولادی تخت گرم و سرد نوردیده، قلع اندود و گالوانیزه
مشخصات محصول	انواع محصولات فولادی تخت گرم و سرد نوردیده، قلع اندود و گالوانیزه
ظرفیت تولید	۵ میلیون تن در سال
طرح های توسعه	انواع محصولات فولادی تخت گرم و سرد نوردیده، قلع اندود و گالوانیزه
دفتر مرکزی	اصفهان
تلفنهای دفتر مرکزی	3325910-0311
نمابر دفتر مرکزی	3329989-0311
نشانی کارخانه	اصفهان - ۱۵ کیلومتری جنوب غربی مبارکه - صندوق پستی ۱۶۱-۸۴۸۱۵
سایت اینترنتی	www.mobarakeh-steel.ir

۳-۱-۹-۲- فولاد کاویان

شرکت فولاد کاویان یکی از صنایع مهم در فولاد کشور به شمار می‌رود این شرکت در اسفند ماه سال ۱۳۵۴ به منظور طرح و توسعه شرکت نورد و لوله تأسیس شد و مقرر گردید که تا سال ۱۳۵۷ به بهره‌برداری برسد اما با توجه به مسائل ناشی از پیروزی انقلاب اسلامی و متعاقب آن ۸ سال جنگ تحمیلی که منجر به سه بار بمباران کارخانه توسط هواپیماهای دشمن گردید تا اینکه عملاً در سال ۱۳۶۴ با استقرار اولین قطعه مراحل نصب آغاز و در سال ۱۳۷۰ توسط وزیر محترم صنایع و معادن وقت رسماً افتتاح و به بهره‌برداری رسید. این کارخانه با مساحت ۳۱۱۸۶۲ متر مربع زیربنا در ۹ جاده اهواز - خرمشهر قرار گرفته و بر اساس پروانه بهره‌برداری ظرفیت اسمی آن معادل ۸۴۰ هزار تن ورق به ضخامت ۲۵ میلی متر است. شایان ذکر است شرکت فولاد کاویان هم اکنون به عنوان یک واحد مستقل به صورت سهامی عام تحت پوشش شرکت توسعه سرمایه‌گذاری معادن و فلزات قرار دارد. محصولات تولیدی شرکت فولاد کاویان عمدتاً با توجه به استانداردهای - DIN17100 EN10025 - ASTM A36 - Jis G3106 تولید می‌گردد. که عبارتند از:

- فولادهای ساختمانی ... RST52, RST37-2
- فولادهای کربنی ... CK35, CK45
- فولادهای کم آلیاژ با قابلیت عملیات حرارتی

مشخصات مختصری از این شرکت در جدول زیر آمده است.

جدول (۳-۱۱): مشخصات شرکت فولاد کاویان

نام	فولاد کاویان
نوع فعالیت	تولیدی
سال تأسیس	1372
سال عضویت	1384
محصولات	انواع ورقهای فولادی
مشخصات محصول	۸ تا ۴۰ میلی متر
ظرفیت تولید	۸۴۰ هزار تن
دفتر مرکزی	تهران - بلوار آفریقا - بلوار آرش غربی - پلاک ۳۸
تلفنهای دفتر مرکزی	87250

نمبر دفتر مرکزی	87250
نشانی کارخانه	اهواز - کیلومتر ۹ جاده خرمشهر - صندوق پستی ۷۵۸ - کدپستی ۶۱۳۹۷۳۴۶۴۴
تلفن کارخانه	0611-3311000-9
نمبر کارخانه	0611-3311240
پست الکترونیک	kaavian@kaavian.com
سایت اینترنتی	www.kaavian.com

۳-۱-۹-۳- فولاد خوزستان

شرکت فولادخوزستان درگستره‌ای به مساحت $\frac{3}{8}$ کیلومترمربع در ۱۲ کیلومتری جنوب شرقی شهر اهواز و یکصد کیلومتری شمال بندر امام خمینی (ره) در استان خوزستان ، از استانهای جنوبی کشور جمهوری اسلامی ایران ، در همسایگی کشور عراق و مرتبط با آبهای خلیج فارس واقع شده است.

شرکت فولاد خوزستان، نخستین کارخانه فولادسازی کشور به روش احیاء مستقیم، و دومین قطب تولید فولاد در بزرگترین کشور فولادساز خاورمیانه، جمهوری اسلامی ایران، است.

شرکت فولاد خوزستان طراح و مبتکر نخستین کوره احیاء مستقیم گندله سنگ آهن بدست متخصصین توانای داخلی و بر مبنای روش جهانی میدرکس ، ونیز سازنده اولین کوره پاتیلی با فن آوری کاملاً ایرانی در واحد فولادسازی است. این کارخانه تا پایان مهرماه ۱۳۸۵ بیش از ۲۳ میلیون تن فولاد تولید داشته که از این مقدار بالغ بر هفت میلیون و پانصد هزارتن آن را به ارزش تقریبی $\frac{1}{8}$ میلیارد دلار روانه بازارهای جهانی ساخته است. این کارخانه برای تولید یک میلیون و ۵۵۰ هزارتن فولاد در سال طراحی شده است.

شرکت فولاد خوزستان از واحدهای تحت پوشش سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران است. این مجتمع، که چرخه کامل تولید فولاد را از سنگ آهن تا شمش فولادخام در مجموعه کارخانجات خود دربردارد ، به روش احیاء مستقیم گندله سنگ آهن راتصفیه نموده وبا استفاده از کوره‌های قوس الکتریکی به تولید فولاد می‌پردازد. مشخصات مختصری از این شرکت در جدول (۳-۱۲) آمده است.

جدول (۳-۱۲): مشخصات شرکت فولاد خوزستان

نام	شرکت فولاد خوزستان
نوع فعالیت	تولیدی
سال تاسیس	1340
سال عضویت	1380
محصولات	انواع بیلت، بلم و اسلب فولادی
مشخصات محصول	انواع بیلت، بلم و اسلب فولادی
ظرفیت تولید	2/3 میلیون تن در سال
طرح های توسعه	انواع بیلت، بلم و اسلب فولادی
نشانی کارخانه	اهواز - کیلومتر ۱۰ جاده بندر امام خمینی - صندوق پستی ۶۱۳۹۷-۳۱۳۹۸
تلفن کارخانه	2278914-0611
نمبر کارخانه	2278954-0611
پست الکترونیک	info@ksc.ir
سایت اینترنتی	www.ksc.ir

۳-۱-۹-۴- گروه ملی صنعتی فولاد ایران

گروه ملی صنعتی فولاد ایران تولید کننده مقاطع فولادی، لوله های مانسمان (بی درز) و شمش های فولادی در یک محدوده به مساحت ۲۵۰ هکتار در ۹ کیلومتری جاده اهواز - خرمشهر واقع گردیده است. از جمله محصولات این شرکت عبارتند از:

- شمش فولاد (بیلت) در اندازه های ۱۰۰*۱۰۰ و ۱۳۰*۱۳۰ و ۱۵۰*۱۵۰ بر اساس استانداردهای DIN , ASTM , JIS, GOST
- میلگرد ساده در سایزهای ۳۲ - ۱۴ میلیمتر
- میلگرد آجدار در سایزهای ۳۲ - ۱۲ میلیمتر
- مفتول ساده در سایزهای ۱۰-۵/۵ میلیمتر
- مفتول آجدار در سایزهای ۱۲-۶ میلیمتر
- بر اساس استانداردهای ISIRI 3132 , ASTM A 615 , BS 4449
- تیر آهن IPN , IPE در سایزهای ۱۲۰ , ۱۴۰ , ۱۶۰ , ۱۸۰ میلیمتر بر اساس استانداردهای DIN , ISIRI 1791 , 1025/5
- لوله بدون درز سنگین ، متوسط و سبک از قطر ۵/۰ اینچ تا ۵ اینچ مطابق با استانداردهای ISIRI , DIN , API , ASTM

• شبکه فولادی با چشمه ۵*۵ - ۲۰*۲۰ سانتیمتر و با ابعاد ۲۱۵*۵۰۰ تا ۲۷۵*۶۰۰

احداث و راه اندازی کارخانه کوثر با ظرفیت ۵۵۰۰۰۰ تن در سال که قادر به تولید انواع میلگرد ساده و آجدار، نبشی، ناودانی و تسمه است، برگ زرینی در دفتر افتخارات گروه ملی صنعتی فولاد ایران است، که حاکی از توان بالای فنی و تخصصی موجود در این مجموعه عظیم، در مدیریت و اجرای طرح های توسعه می باشد. مشخصات مختصری از این شرکت در جدول (۳-۱۳) آمده است.

جدول (۳-۱۳): مشخصات شرکت ملی صنعتی فولاد ایران

نام	شرکت گروه ملی صنعتی فولاد ایران
نوع فعالیت	تولیدی
سال تاسیس	1340
سال عضویت	1380
محصولات	شمش فولادی، میلگرد، لوله و انواع مقاطع فولادی ساختمانی
مشخصات محصول	شمش فولادی، میلگرد، لوله و انواع مقاطع فولادی ساختمانی
ظرفیت تولید	5/1 میلیون تن در سال
طرح های توسعه	شمش فولادی، میلگرد، لوله و انواع مقاطع فولادی ساختمانی
دفتر مرکزی	اهواز - کیلومتر ۹ جاده اهواز - خرمشهر
تلفنهای دفتر مرکزی	31-3310030-0611
نمابر دفتر مرکزی	3310206-0611
نشانی کارخانه	اهواز - کیلومتر ۹ جاده اهواز - خرمشهر - صندوق پستی ۶۱۳۲۵-۷۷۵
تلفن کارخانه	31-3310030-0611
نمابر کارخانه	3310206-0611
پست الکترونیک	insig@insig.ir
سایت اینترنتی	www.insigroup.com

۳-۱-۹-۵- شرکت گروه صنعتی سپاهان

شرکت گروه صنعتی سپاهان در سال ۱۳۵۲ توسط گروهی از صنعتگران مبتکر با بیش از بیست سال تجربه قبلی در زمینه لوله و پروفیل تأسیس و به عنوان یک شرکت معتبر خصوصی با بهره گیری از ثبات مدیریت و کادر متعهد و متخصص توانسته

است پیشرو تکنیک لوله و پروفیل سازی در ایران باشد. کارخانجات سپاهان با بیش از ۸۸۰ نفر پرسنل و ظرفیت تولید سالیانه تا ۴۲۰۰۰۰ تن و سطح زیر بنایی ۵۵۰۰۰ متر مربع در زمینی به وسعت ۱۱۳۲۲۱۳ متر مربع در نزدیکی شهر اصفهان واقع شده است. گروه صنعتی سپاهان با صدور محصولات متنوع در سطح استانداردهای جهان و قیمت‌های رقابتی توانسته است در کشورهای اروپا- آفریقا و بویژه منطقه خاورمیانه جایگاه و اعتبار تجاری خاصی بدست آورده و گام مؤثری در زمینه صادرات غیر نفتی کشور بردارد. از جمله محصولات این شرکت عبارتند از:

- تجهیزات لوله‌های شبکه نفت و گاز تحت استاندارد API
- لوله‌های شوفاژی (سبک)
- لوله‌های شوفاژی متوسط
- لوله‌های گاز خانگی و تجاری
- لوله‌های صنعتی دقیق
- لوله‌های صنعتی
- لوله‌های ساختمانی
- انواع قوطی و پروفیل، پروفیل زهوار، پروفیل چهارچوبی، پروفیل در و پنجره، قوطی‌های مستطیل و قوطی‌های مربع
- انواع ورق شیت (گرم و سرد)، ورق گسترده، ورق کرکره‌ای، کلاف ور

۳-۱-۹-۶- کارخانجات نورد و پروفیل ساوه

کارخانجات نورد و پروفیل ساوه در سال ۱۳۵۴ با هدف تولید انواع لوله و پروفیل‌های فولادی با ظرفیت تولیدی ۵۰,۰۰۰ تن در سال تاسیس و بهره‌برداری گردید. مدیریت این کارخانه در راستای استراتژی توسعه بازار و افزایش تنوع محصولات و نفوذ به بازارهای صادراتی برنامه‌ریزی دقیق خود را در جهت سرمایه‌گذاری با هدف ارتقاء کیفیت و کمی محصولات آغاز نموده و هم‌اکنون حاصل تلاش و برنامه‌ریزی دقیق مدیریت این شرکت دستیابی به ظرفیت ۲,۰۰۰,۰۰۰ تندر سالانواع مقاطع فولادی در سایزهای گوناگون می‌باشد. از جمله محصولات این شرکت می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- لوله‌های فولادی گاز شبکه از سایز "۲۴ - ۳/۸" از ضخامت ۲,۹ - ۲۰ mm و با طول ۶ الی ۱۲ متری
- لوله‌های صنعتی از قطر خارجی ۱۰ - ۶۱۰ mm و از ضخامت ۰,۷ - ۲۰ mm
- لوله‌های فولادی گاز خانگی و آبرسانی از سایز "۶ - ۱/۴" به دو صورت سیاه و گالوانیزه و در سه کلاس سبک، متوسط و سنگین و به روش E.R.W
- قوطی‌های مربع مستطیل صنعتی و ساختمانی، پروفیل‌های فرم دار صنعتی، پروفیل‌های درب و پنجره مقاطع باز (نشی و ناودانی)

۳-۱-۹-۷- مجتمع فولاد بناب

مجتمع فولاد بناب (شرکت سهامی خاص) با هدف تولید، انواع میلگرد و پروفیل فعالیت خود را از اواخر سال ۱۳۸۳ در زمینی به مساحت ۱۳۰ هکتار در شهرک صنعتی بناب با امکانات زیر بنائی ایده آل آغاز و در مهر ماه سال ۱۳۸۴ اولین خط تولید میلگرد خود را با ظرفیت ۴۲۰،۰۰۰ تن در سال به بهره برداری رساند. عملیات اجرائی خط دوم تولید میلگرد این شرکت نیز از اواخر سال ۱۳۸۴ شروع و خط مربوط با ظرفیت ۴۸۰،۰۰۰ تن در سال در بهمن ماه سال ۱۳۸۵ به بهره برداری رسید. در ادامه طرح های توسعه‌ای این مجتمع که در قالب فاز ۲ عملیاتی شد، پروژه نصب و راه اندازی خطوط تولید میلگرد و پروفیل بود که از فروردین ماه سال ۱۳۸۶ عملیات اجرایی آن آغاز گردید، در اسفند ماه همان سال خط سوم تولید میلگرد با ظرفیت ۴۵۰،۰۰۰ تن و در شهریور ماه سال ۱۳۸۷ خط پروفیل (خط چهارم) با ظرفیت ۵۵۰،۰۰۰ تن در سال، به بهره برداری رسید. در حال حاضر این شرکت با داشتن چهار خط نورد قادر به تولید میلگرد از سایز ۸ الی ۳۲ میلی متری با کیفیت های AII، AIII و همچنین انواع نبشی، ناودانی، تیرآهن و تیرآهن بال پهن (H) مجموعاً به ظرفیت اسمی ۱،۹۰۰،۰۰۰ تن در سال است و برخی تولیدات این مجموعه نظیر تیرآهن برای اولین بار توسط بخش خصوصی و تیر آهن بال پهن، برای نخستین بار در کشور، در این مجموعه تولید می شود. در حال حاضر این مجتمع با ظرفیت یک میلیون و نهصد هزار تن تولید سالانه در بخش خصوصی مقام اول تولید اقلام مختلف فولادی را به خود اختصاص داده است و در کل تولید کنندگان فولاد اعم از خصوصی و دولتی در بخش نورد مقاطع گرد، سنگین و نیمه سنگین مقام سوم را دارا می باشد. گفتنی است سرعت توسعه در این گروه، در کشور بی نظیر می باشد و مبین این موضوع، ظرفیت سازی آن است که در مدت زمان سه ساله انجام گرفته است. طرح های در دست اجرا الف) از برنامه های در دست اجرای این مجتمع، ذوب و ریخته گری پیوسته و تولید آهن اسفنجی به روش احیاء مستقیم می باشد که با هدف تولید مواد اولیه مورد نیاز برای خطوط نورد طراحی گردیده که اجرای مراحل عملیاتی واحد ذوب آن آغاز شده است. ب) این گروه در فروردین ماه سال ۱۳۸۷ با امضاء قراردادی مشترک با شرکت رانا استیل ترکیه از سرمایه گذاران خارجی، برای ایجاد کارخانه تولید فروآلیاژها (فرومنگنز / فروکروم / فروسیلیس) که مواد اولیه و افزودنی کارخانجات ذوب می باشد، چشم انداز تازه ای برای تولیدات مجتمع ترسیم کرده است. همچنین این شرکت عملیات اجرایی سه کارخانه ذوب و ریخته گری پیوسته (هر کدام با ظرفیت ۵۵۰ هزارتن در سال) و چهار خط نورد میلگرد را شروع کرده است که در سال جاری به بهره برداری خواهد رسید. نظام کیفیت و استانداردها مجتمع فولاد بناب عرضه «محصولات با کیفیت» را سرلوحه

اهداف خود قرار داده است. در این راستا با تجهیز آزمایشگاه خود به پیشرفته ترین تجهیزات آزمایشگاهی و همچنین جذب منابع انسانی متخصص، محصولات خود را دائماً تحت کنترل قرار داده و در این ارتباط موفق به اخذ استانداردهای ملی برای کلیه تولیداتش شده است. شرکت های زیرمجموعه شرکت های فولاد شاهین، فولاد صنعت، فولاد صنعت شهریار و فولاد صنعت سهند شرکت های زیرمجموعه مجتمع فولاد بناب را تشکیل می دهد. شرکت فولاد شاهین بناب دارای ۲ خط تولید نورد گرم میلگرد می باشد که با ظرفیت یک هزار و ۵۰۰ تن در سال، انواع میلگرد آجدار ساختمانی از سایز ۸ الی ۳۲ میلی متر را روانه بازار می کند. شرکت فولاد صنعت بناب متشکل از دو خط تولید بوده و در زمینی به مساحت ۱۱ هکتار ایجاد شده است. خط تولید نورد گرم میلگرد و مقاطع سبک برای تولید انواع میلگرد آجدار ساختمانی از سایز ۸ الی ۳۲ میلی متر و مقاطع سبک فولادی از قبیل نبشی و ناودانی و تسمه و چهار پهلو از سایز های ۲۰ الی ۸۰ میلیمتر به ظرفیت تولید ۵۰۰ هزار تن در سال می باشد. خط تولید نورد گرم مقاطع سنگین به ظرفیت تولیدی ۵۰۰ هزار تن در سال و با هدف تولید انواع نبشی از سایز ۱۰۰ در ۱۰۰ الی ۲۰۰ در ۲۰۰ میلی متر، ناودانی از سایز ۱۰۰ الی ۲۵۰ میلی متر، تیر آهن از سایز ۱۰۰ الی ۲۶۰ میلی متر و تیر آهن بال پهن از سایز ۸۰ الی ۲۰۰ میلی متر (برای اولین بار در ایران)، شرکت فولاد صنعت شهریار در زمینی به مساحت ۷ هکتار ایجاد شده است که اولین خط تولید ذوب و ریخته گری پیوسته مجتمع فولاد بناب می باشد. انواع شمش های فولادی از سایز ۱۲۵ در ۱۲۵ الی ۱۵۰ در ۱۵۰ میلی متر به طول ۶ متر با ظرفیت ۴۰۰ هزار تن در سال از تولیدات این شرکت می باشد. شرکت فولاد صنعت سهند با دو خط تولید در زمینی به مساحت ۱۱ هکتار احداث شده است. هر یک از خطوط تولید این شرکت توان تولید ۵۰۰ هزار تن انواع میلگرد آجدار ساختمانی از سایز ۸ الی ۳۲ میلی متر را دارا می باشد که در مجموع تولید این کارخانه یک میلیون تن در سال است. مجتمع فولاد بناب پروژه های دیگری نیز در دست دارد که از جمله آنها می توان به گسترش فولاد شهریار اشاره نمود که تولید شمش فولادی از قراضه و آهن اسفنجی با ظرفیت ۱/۵ میلیون تن در سال را در برنامه کاری خود دارد و پیش بینی می شود در سال ۹۰ به بهره برداری برسد.

۳-۲- مس

مهمترین خواص مس، هدایت الکتریکی و هدایت حرارتی بالا، مقاومت به خوردگی خوب، قابلیت ماشین‌کاری خوب، استحکام بالا و راحتی ساخت قطعات از آن است. به علاوه، مس غیرمغناطیس است، قابلیت جوشکاری و لحیم‌کاری دارد و با آبکاری یا ایجاد لاک می‌توان سطح آن را پوشاند. با افزودن عناصر آلیاژی می‌توان حتی برخی از این خواص را بهبود داد. آلیاژهای مس به خاطر خصوصیات خوبی چون قابلیت اتصال کاری، ماشین‌کاری، آبکاری و صیقلی و براقی خوب، رنگ خوب، فورج پذیری، قابلیت ریخته‌گری، شکل‌پذیری، مقاومت خوب به خوردگی و سایش همراه با خواص مکانیکی و فیزیکی خوب، کاربردهای متنوعی در صنایع مختلف دارد. اما به دلیل قیمت افزایش مس و دستیابی به مواد مطلوب ارزاتر و با روش‌های ساخت بهتر، روند استفاده از آن نزولی شده است.

حدود ۷۵٪ مس استخراج شده در صنایع الکتریکی برای انتقال الکتریسیته و بقیه آن به دلیل هدایت حرارتی خوبی که دارند در تجهیزاتی که انتقال حرارت در آنها موردنظر است و در صنایع دستی و هنری به دلیل رنگ و شکل‌پذیری خوب به کار می‌روند. اگر چه استحکام تسلیم بعضی از آلیاژهای مس بالا است ولی استحکام آنها نوعاً کمتر از آلیاژهای آلومینیم و منیزیم است. در عوض مقاومت خستگی، خزشی و سایشی آلیاژهای مس از آلیاژهای آلومینیم و منیزیم بهتر است.

آلیاژهای مس معمولاً غیر مغناطیس هستند. مس خالص معمولاً برای ساخت سیمها و کابلها، کنتاکتهای برق و هرگونه وسیله‌ای که برای انتقال برق به کار می‌رود مصرف می‌شود. مس خالص علاوه بر قابلیت جوشکاری خوب به آسانی لحیم نرم (آلیاژ قلع - سرب) و لحیم سخت (آلیاژ مس - روی) نیز می‌شود.

عملیات حرارتی مس و آلیاژهای مس می‌تواند شامل عملیات یکنواخت‌سازی، تنش‌زدایی، حل‌سازی، رسوب سختی، کوینچ و تمپر کردن بشود. آلیاژهای مس با ۱ تا ۶ درصد سرب از نوع آلیاژهای قابل ماشین‌کاری هستند و در ساخت قطعاتی که نیاز به ماشین‌کاری زیادی دارند استفاده می‌شود.

۳-۲-۱- شرکت‌های تولید کننده مس خارجی

لیست ۲۰ کشور تولید کننده مس در جهان بمیزان ظرفیت تولیدشان در جدول (۳-۱۴) آورده شده است. همچنین برترین تولید کنندگان مطرح مس در جهان در سال ۲۰۱۰ در جدول (۳-۱۵) آورده شده است.

جدول (۳-۱۴): لیست ۲۰ کشور تولید کننده مس در جهان

2006 Copper production (tons)	Country/Region	Rank
15,100,000	World	
5,360,800	 Chile	1
1,220,000	 United States	2
1,049,933	 Peru	3
915,000	 China	4
875,000	 Australia	5
817,796	 Indonesia	6
675,000	 Russia	7
502,998	 Zambia	8
606,958	 Canada	9
497,200	 Poland	10
459,200	 Kazakhstan	11
249,100	 Iran	12
194,355	 Papua New Guinea	13
180,144	 Argentina	14
147,836	 Brazil	15
131,400	 DR Congo	16
129,675	 Mongolia	17
129,042	 Mexico	18
103,500	 Uzbekistan	19
99,000	 Bulgaria	20

جدول (۳-۱۵): برترین تولید کنندگان مطرح مس در جهان در سال ۲۰۱۰

Copper Production	Company (000 Metric Tons)	Country	WebAddress
Codelco	1,757	Chile	www.codelco.com
Freeport-McMoran	1,441	Canada	www.fcx.com
BHP Billiton	1,135	United Kingdom	www.bhpbilliton.com
Xstrata	907	Switzerland/ London	www.xstrata.com
Rio Tinto	701	United Kingdom/ Australia	www.riotinto.com
Anglo	645	London/Australia	www.angloamerican.com
Grupo Mexico	598	Mexico	www.gmexico.com
Glencore	542	Switzerland	www.glencore.com
SCC(southern copper)	487	Mexico	www.southernperu.com
KGHM	426	Poland	www.kghm.pl

۳-۲-۲- مس در ایران

ذخیره معادن مس ایران حدود ۱۹۰۰ میلیون تن با ۱۴ میلیون تن مس محتوی است که حدود ۳ درصد از ذخایر معدنی مس جهان را در بر می‌گیرد. طبق بررسی‌های انجام شده، اشیاء مسی و آلیاژهای به دست آمده در نقاط مختلف ایران و همچنین آثار کوره های قدیمی و ابتدایی ذوب مس حاکی از آشنایی ایرانیان قدیم با صنعت استخراج و ذوب است. اکتشافات باستان شناسی نشان می‌دهد که در ایران از هزاره پنجم پیش از میلاد، استفاده از معادن رونق نسبی داشته است. اشیای مفرغی، زری و سیمی به دست آمده از هزاره‌های بعد، گویای پیشرفت بهره برداری از معادن و صنعت ذوب فلزات در ایران است. بعد از ظهور اسلام، خصوصا در دوران سلجوقیان (قرن ششم هجری) و صفویان (قرن یازدهم هجری)، بهره برداری از معادن و صنعت ذوب فلزات در ایران بسیار شکوفا بوده است.

از تولیدکنندگان مطرح مس در ایران، می‌توان از مس سرچشمه کرمان و مس باهنر نام برد. البته قابل ذکر است که مس ایران از جزو مرغوبترین مس های دنیا است که ناخالصی کمتری و قابلیت هدایت بالاتری دارد. به همین علت، اکثر شرکت های موتور/ژنراتورسازی در ایران، از این کارخانجات خریداری می نمایند. که در زیر به بررسی شرکت مس سرچشمه کرمان می پردازیم که به عنوان صنایع ملی مس ایران شناخته می شود.

۳-۲-۳- شرکت ملی صنایع مس ایران

در ۱۲ تیر ماه ۱۳۵۱، شرکت سهامی معادن مس سرچشمه کرمان، تشکیل و در سال ۱۳۵۵ به شرکت ملی صنایع مس ایران که در برگیرنده کلیه فعالیت‌های معادن مس کشور است تغییر نام داد. از وظایف این شرکت، استخراج و بهره برداری از معادن مس، تولید محصولات پر عیار سنگ معدن و محصولات مسی نظیر کاتد، اسلب، بیلت و مفتول هشت میلیمتری است. معادن مس سرچشمه و میدوک در کرمان و معدن مس سونگون در آذربایجان شرقی از مهمترین معادن مس کشور به شمار می‌رود. مس سیم‌پیچی استاتور و روتور معمولاً به طور خالص با درصد خلوص ۹۹٪ می‌باشد. معیار اندازه سیم مسی در جدول زیر به همراه قطر عایق آن آورده شده است. همانطور که در جدول (۳-۱۶) نشان داده شده است، در معیار استاندارد قطر سیم مسی از ۰/۳ میلیمتر به بالا می‌باشد [۳].

شرکت‌های بسیاری در ایران تامین کننده این نوع از سیم‌ها با روکش عایقی معروف به سیم لاک‌ی هستند و تمامی شرکت‌های سازنده موتور از این سیم‌ها در صورت نیاز استفاده می‌کنند. عمده مصرف این سیم‌ها در الکتروموتورهای ولتاژ پائین و همچنین از نظر توانی کوچک است. شرکت‌های سازنده موتور ولتاژ بالا و یا توان بالا مانند شرکت‌های مپنا ژنراتور، توربوژنراتور، فن ژنراتور و رشد صنعت نیرو، مفتول مس با قطرهای بالا را گرفته و بنا به نیازمندی‌های طراحی و ساختی پروسه‌های مختلفی مانند نورد (ایجاد مفتول با سطح مقطع مربع و مستطیل) و عایق‌پیچی را در شرکت خود انجام می‌دهند. ساخت کویل‌های موتورهای فشار قوی از نوع Form Wound و یا شینه‌های نیروگاهی از نوع roebel stator bar در همین شرکت‌ها و با دستگاه‌های اتوماتیک و یا دستی انجام می‌شود.

جدول (۳-۱۶): معیار اندازه سیم مسی

Rated diameter [mm]	Insulated wire diameter [mm]
0.3	0.327
0.32	0.348
0.33	0.359
0.35	0.3795
0.38	0.4105
0.40	0.4315
0.42	0.4625
0.45	0.4835
0.48	0.515
0.50	0.536
0.53	0.567
0.55	0.5875
0.58	0.6185
0.60	0.639
0.63	0.6705
0.65	0.691
0.67	0.7145
0.70	0.742
0.71	0.7525
0.75	0.7949
0.80	0.8455
0.85	0.897
0.90	0.948
0.95	1.0
1.00	1.051
1.05	1.102
1.10	1.153
1.12	1.173
1.15	1.2035
1.18	1.2345
1.20	1.305
1.25	1.325
1.30	1.356
1.32	1.3765
1.35	1.407
1.40	1.4575
1.45	1.508
1.50	1.559

جدول (۳-۱۷): شرکت‌های سازنده سیم مسی لاکه در ایران

ردیف	عنوان شرکت	محصولات
۱	سیم لاکه کیور یزد	سیم‌های لاکه گرد از قطر ۰,۰۴ میلیمتر تا ۴,۰۰ میلیمتر
۲	سیم لاکه فارس	سیم‌های لاکه گرد از قطر ۰,۰۴ میلیمتر تا ۴,۰۰ میلیمتر
۳	سیم لاکه یزد	سیم لاکه گرد از قطر ۰,۰۵ میلیمتر الی ۲,۰۰ میلیمتر
۴	راما پارسیان	سیم‌های لاکه گرد از قطر ۰,۱ میلیمتر تا ۵ میلیمتر سیم‌های لاکه تخت از سطح مقطع ۰,۸*۲ میلیمتر تا ۵,۶*۱۶ میلیمتر

۳-۳-۳- بیرینگ

۳-۳-۱- انواع بیرینگ‌ها

چیدمان بیرینگ‌ها علاوه بر بیرینگ شامل شفت و نشیمنگاه نیز می باشد. اهمیت روانکاری و آب بندی نیز غیرقابل انکار است. عملکرد بدون نقص یک بیرینگ به وجود یک روانکار مناسب بستگی دارد که علاوه بر روانکاری از خوردگی بیرینگ و نفوذ ذرات آلوده کننده خارجی نیز جلوگیری می کند. تمیزی محیط کارکرد عامل اساسی در عمر بیرینگ است. [۴]

به منظور طراحی چیدمان بیرینگ های غلتشی لازم است، بیرینگ مناسب انتخاب شود و ابعاد مناسب بیرینگ نیز تعیین شوند، ولی این پایان کار نیست. جنبه های دیگر نیز باید بررسی شوند که عبارتند از:

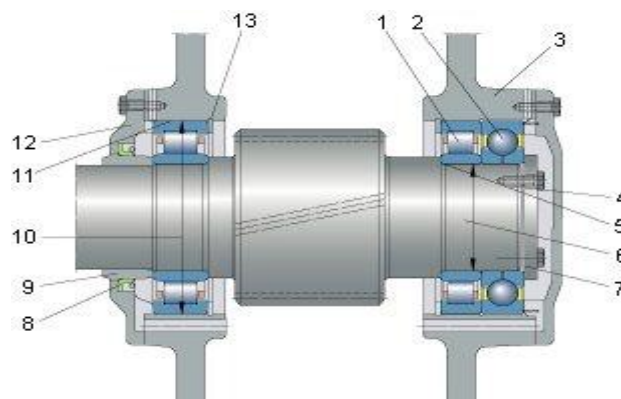
- شکل و طراحی مناسب دیگر اجزای چیدمان
- انطباق (Fit) مورد نیاز، لقی داخلی (Internal Clearance) بیرینگ یا پیش بار (Preload)
- تجهیزات نگهدارنده (Holding Devices)
- آب بندهای لازم
- نوع و مقدار روانکار
- روش نصب و بیرون آوردن
- و غیره

هر کدام از موارد فوق در عملکرد، قابلیت اطمینان و هزینه چیدمان بیرینگ‌ها موثر می‌باشند. میزان کار مورد نیاز بستگی به این دارد که آیا تجربه قبلی در رابطه با چیدمان مشابه موجود است یا خیر. وقتی تجربه قبلی موجود نیست، شرایط غیرمعمول وجود دارد یا هزینه چیدمان بیرینگ و مسائل مرتبط به آن اهمیت خاص پیدا می‌کند، میزان کار مورد نیاز افزایش می‌یابد. برای مثال محاسبات دقیق تر و یا آزمایش مورد نیاز است SKF. به عنوان پیش رو در صنعت بیرینگ ها انواع گوناگون بیرینگ ها را در سری ها و طرح های مختلف تولید می کند.

اطلاعات ارائه شده در این بخش در مورد کل بیرینگ های غلتشی، یا حداقل گروهی از آنها صادق است. توجه شود که اطلاعات مربوط به ظرفیت اسمی و حمل بار (Load Ratings)، سرعت اسمی و حد بار خستگی (Fatigue Load Limit) در کاتالوگ محصولات شرکت‌های مختلف آورده شده است به شدت گرد شده اند. به منظور فهم بهتر اصطلاحات رایج بیرینگ ها، این اصطلاحات به کمک اشکال توضیح داده شده اند. جزئیات کامل در رابطه با اصطلاحات و تعاریف بیرینگ ها را می توان در استاندارد ISO 5593:1997 تحت عنوان «فرهنگ اصطلاحات بیرینگ های غلتشی (Rolling Bearings Vocabulary) پیدا کرد.

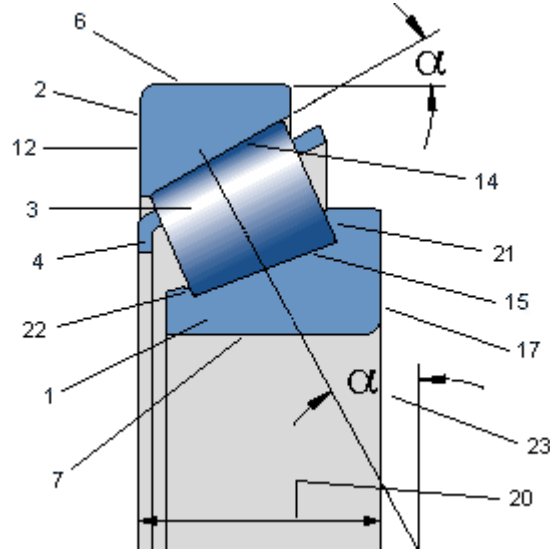
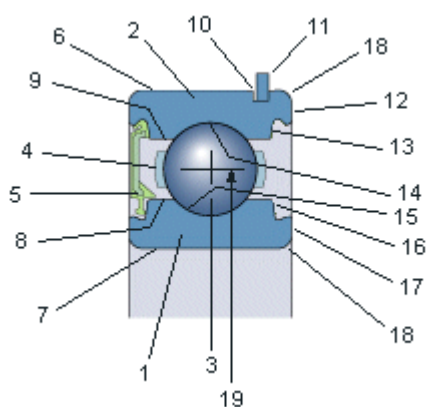
۳-۳-۲- اصطلاحات بیرینگ ها

در شکل‌های (۳-۳) الی (۵-۳) انواع چیدمان‌های بیرینگ و اجزا مختلف بیرینگها نشان داده شده است و اسامی هر یک از این اجزا در زیر تصویر آورده شده است.



شکل (۳-۳): چیدمان بیرینگ

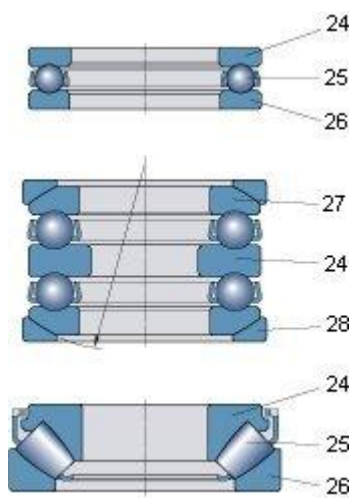
۱. رولربیرینگ استوانه ای (Cylindrical Roller Bearing)
۲. بلبرینگ چهار نقطه تماس (Four-Point Contact Ball Bearing)
۳. نشیمنگاه
۴. شفت
۵. شانه پله شفت (Shaft Abutment Shoulder)
۶. قطر شفت
۷. صفحه قفل کننده (Locking Plate)
۸. آب بند شعاعی شفت (Radial Shaft Seal)
۹. رینگ فاصله انداز (Distance Ring)
۱۰. قطر داخلی نشیمنگاه
۱۱. سطح داخلی نشیمنگاه
۱۲. درپوش نشیمنگاه (Housing Cover)
۱۳. خار فنری (Snap Ring)



شکل (۳-۴): بیرینگ های شعاعی

۱. رینگ داخلی
۲. رینگ خارجی
۳. جزء غلتنده: ساچمه (Ball)، رولر استوانه ای (Cylindrical Roller)، رولر سوزنی (Needle Roller)، رولر مخروطی (Tapered Roller) و رولر بشکه ای (Spherical Roller)
۴. قفسه (Cage)
۵. آب بند - از جنس الاستومر (Elastomer)، نوع تماسی (در شکل نشان داده شده است) یا حفاظ فلزی (Shield) غیر تماسی از ورق فولاد
۶. قطر خارجی رینگ خارجی
۷. قطر داخلی رینگ داخلی
۸. قطر شانه رینگ داخلی (Inner Ring Shoulder)
۹. قطر شانه رینگ خارجی
۱۰. شیار محیطی خار فنری (Snap Ring Groove)
۱۱. خار فنری
۱۲. سطح جانبی (Side Face) رینگ خارجی
۱۳. شیار نصب آب بند (Seal Anchorage Groove)

- ۱۴. مسیر غلتش (Raceway) رینگ خارجی
- ۱۵. مسیر غلتش رینگ داخلی
- ۱۶. شیار آب بند
- ۱۷. سطح جانبی رینگ داخلی
- ۱۸. پخ (Chamfer)
- ۱۹. قطر متوسط بیرینگ
- ۲۰. پهنای کل بیرینگ
- ۲۱. لبه راهنما (Guiding Flange)
- ۲۲. لبه نگهدارنده (Retaining Flange)
- ۲۳. زاویه تماس (Contact Angle)



شکل (۳-۵): بیرینگ های کف گرد (Thrust Bearing)

- ۱. واشر شفت (Shaft Washer)
- ۲. مجموعه قفسه و اجزای غلتنده
- ۳. واشر نشیمنگاه (Housing Washer)
- ۴. واشر نشیمنگاه با سطح تکیه گاه کروی
- ۵. واشر تکیه گاه (Seating Support Washer)

۳-۳-۳- تامین بیرینگ

در ایران شرکت تولید کننده بیرینگ وجود ندارد و این قطعه به صورت کامل از خارج وارد می‌شود. شرکت‌های اس کا اف (SKF)، اف آگ (FAG)، هایوین (hiwin) جزء شرکت‌های معتبر تولید کننده بیرینگ در دنیا محسوب می‌شوند که شرکت‌های متعددی محصولات آنها را وارد و توزیع می‌کنند. البته شرکت‌های بزرگ تولید کننده موتورهای الکتریکی همگی بیرینگ‌های خود را راسا از خارج وارد می‌کنند. در جدول (۳-۱۸) برخی از تولید کنندگان اصلی بیرینگ در دنیا معرفی شده است.

جدول (۳-۱۸): سازندگان مطرح بیرینگ

نام شرکت	ردیف	نام شرکت	ردیف	نام شرکت	ردیف
<u>General Bearing Company</u> -	23	<u>Cooper Bearing Co</u>	12	Alinbal	1
Goodrich "Cutlass" Bearings -	24	Corlett-Turner -	13	Andrews Bearing Company	2
Heim Rod Ends	25	Craft Bearing Co.	14	Auburn Bearing company	3
Hoover Ball company	26	<u>Dodge</u>	15	<u>Aurora Bearing Company</u>	4
<u>INA Bearing Company</u>	27	Dodge/Reliance	16	<u>Barden</u>	5
<u>Johnson Bronze Company</u>	28	<u>Cooper</u>	17	BCA Ball Bering	6
- <u>MB Manufacturing</u>	29	<u>Craft</u>	18	<u>Berliss Bearing Company</u>	7
<u>Rexnord Electric</u>	30	Emerson -	19	<u>Boston Gear</u>	8
<u>SKF</u>	31	Fafnir Bearing Company -	20	Bower Roller Bearings	9
<u>Timken</u>	32	<u>FAG</u>	21	<u>Browning Manufacturers</u>	10
<u>Torrington</u>	33	<u>FYH Bearings</u> -	22	<u>Consolidated Bearing Company</u>	11

۳-۴- زغال جاروبک

به طور کلی جاروبک، قطعه‌ای است که جریان را از بین یک سیم پیچی ثابت و قسمت متحرک هدایت می‌نماید. هزینه تعمیرات و نگهداری جاروبک به عنوان یک ضعف عمده ژنراتورهای القایی تغذیه دوگانه به حساب می‌آیند و حتی برخی گزارش‌ها، سیستم‌های بدون جعبه دنده را بر ژنراتورهای القایی به خاطر این ضعف ترجیح داده‌اند. اخیراً شرکت‌های زیمنس و SGL یک سیستم جاروبک لغزنده جدید برای ژنراتورهای تغذیه دوگانه ارائه داده‌اند که مدعی هستند هزینه تعمیرات و نگهداری را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد ولی مشخصات بیشتر و کاتالوگی برای مشاهده این محصولات مشاهده نشده است [۶۵].

۳-۴-۱- شرکت‌های سازنده زغال جاروبک خارجی

دو شرکت معروف آلمانی هستند که زغال جاروبک را برای ژنراتورها تامین می‌نمایند

۱. شرکت Morgan Carbon

۲. شرکت Schunk

شرکت مورگان از شرکت‌های موفق در زمینه تولید جاروبک است که در ایران هم با این شرکت همکاری می‌نماید. به گونه‌ای که شرکت رشد صنعت جاروبک‌های خود را از این شرکت تهیه می‌نماید. این شرکت سالانه ۱ میلیارد دلار جاروبک در سرتاسر جهان پخش می‌نماید که تولیدکننده نگهدارنده جاروبک و متعلقات آن می‌باشد. نمونه‌ای از زغال جاروبک و همچنین نگهدارنده آنها در شکل‌های (۳-۶) و (۳-۷) نشان داده شده است.



شکل (۳-۶): جاروبک به همراه متصل کننده آن



شکل (۳-۷): نگهدارنده جاروبک (قدرت-زمین)

۳-۴-۲- تامین کنندگان

در ایران تولید کننده زغال وجود ندارد ولی تجهیزات نگهدارنده زغال در شرکت‌های تولید کننده موتورهای الکتریکی بنا به نیاز خود تامین می‌کنند. شرکت‌های Helwig Carbon و Schunk، Mersen از شرکت‌های مطرح تولید کننده زغال جاروبک در سطح دنیا هستند و عمده واردات کشور از محصولات این سه شرکت است.

۳-۵- ترمومترها

سنسورهای مقاومتی دما (Resistance Temperature Detector-RTD) یا همان RTDها برای بررسی وضعیت دما استفاده می‌شوند. RTD یک ترمومتر از نوع ۲ سیمه، ۳ سیمه یا ۴ سیمه است. نوع ۲ سیمه کمترین دقت و نوع ۴ سیمه بیشترین دقت را دارا است اما از آنجا که تنظیم و کالیبراسیون نوع ۴ سیمه مشکلاتی را به همراه دارد معمولاً استفاده از نوع ۳ سیمه مرسوم تر است. در نوع ۲ سیمه مقاومت سیم و دمای محیط ایجاد خطا می‌کند، اما در نوع ۴ سیمه، به دو سر ترمومتر منبع جریان ثابتی اعمال می‌گردد. پس مقدار اندازه‌گیری شده، دقیقاً نسبت ولتاژ دو سر ترمومتر به جریان عبوری از آن یعنی در واقع مقاومت ترمومتر است. در نوع ۳ سیمه چون در یک سمت مسیر عبور جریان با نقطه ای که ولتاژ آن اندازه‌گیری میشود مشترک است کمی خطا وجود دارد. ترمومترها انواع مختلف دارند که هر کدام برای بازه دمایی و شرایط خاصی مناسب هستند. معروف‌ترین نوع ترمومترها PT100 است که در صنعت کاربرد فراوان دارد.

ابتدا بهتر است کلمه Pt100 را تشریح شود؛ Pt نماد شیمیایی برای پلاتین است، ۱۰۰ مقاومت بر حسب اهم است برای Pt100 در دمای صفر درجه سانتی گراد. تغییرات مقاومت بر حسب دما عبارتند از: $0,385 \text{ Ohm}/^{\circ}\text{C}$ برای اروپا و $0,392$ برای عناصر آمریکایی. بنابراین، با اندازه‌گیری مقاومت ما می‌توانیم درجه حرارت را محاسبه کنیم. هرگز Pt100 اروپایی را با ابزار آمریکایی مورد استفاده قرار ندهید مگر اینکه بدانید برای آن عامل تبدیل درستی قرار داده شده است (که معمولاً به آن آلفا گویند). در زبان انگلیسی Pt100 را RTD نیز می‌گویند که به معنای دماسنج مقاومتی است. سنسور RTD یا Pt100 با دو، سه یا چهار سیم به دستگاه اندازه‌گیری متصل می‌شود. همان طور که در بالا گفته شد در واقع با اندازه‌گیری مقاومت، دما تعیین می‌شود. در هنگام اندازه‌گیری مقاومت، مقاومت بدنه و کابل‌ها نیز اندازه‌گیری می‌شود که این موضوع منجر به خطا می‌شود. برای جبران این اشتباه سه نوع سیم مورد استفاده قرار می‌گیرد که دقت کافی را در بسیاری از

کارهای صنعتی دارا است. مقیاس‌های قرار داده شده بر روی پانل Pt100 دو سیمه به گونه‌ای است که اختلاف را جبران کرده و دقت را بالا می‌برد.

یکی از مسائلی که جای سوال دارد این است که از ترمومتر نوع ترموکوپل یا Pt100 باید استفاده کرد؟ مهم‌ترین چیزهایی که باید در نظر گرفته شوند عبارتند از: دمایی که باید اندازه‌گیری شود، دقت و زمان پاسخ. اگر درجه حرارت مورد نظر شما بالای ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد است از ترموکوپل استفاده کنید. البته می‌توانید Pt100 هایی با قابلیت کار کردن تا ۸۵۰ درجه سانتی‌گراد پیدا کنید که دقت پایین تری دارند. اگر به دقت بالا نیاز دارید برای مثال به دقت بهتر از ۰,۵ درجه سانتی‌گراد بین صفر تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد از Pt100 استفاده کنید. به صورت کلی بهتر است در دماهای بالا از ترموکوپل و در دماهای پایین تر از Pt100 استفاده کنید.

۳-۵-۱- تامین کنندگان

در ایران شرکت تولید کننده ترمومتر وجود ندارد اکثر شرکت‌های فعال در این زمینه ترمومتر و سیمهای رابط را از کشورهای دیگر تامین و در داخل کشور اقدام به مونتاژ آنها می‌کنند. یکی از شرکت‌های معروف آلمانی به نام ACS-Control-System تولید کننده PT100 به آدرس (www.acs-msr.de) است که محصولات این شرکت در ایران یافت می‌شود.

فصل چهارم :

شرکتهای سازنده موتورهای الکتریکی در

ایران

۴-۱- شرکت فن ژنراتور

گروه صنعتی فن ژنراتور به عنوان یکی از مجهزترین مراکز ساخت و ارائه خدمات بازسازی ماشین‌های الکتریکی جریان متناوب و جریان مستقیم، فعالیت‌های ذیل را تقدیم صنایع بزرگ کشور نموده است [۷].

- ساخت موتورهای القایی فشار قوی
- پروژه‌های ساخت مشترک با شرکت‌های معتبر
- ساخت موتورهای القایی فشار ضعیف برای کاربردهای صنعتی
- ساخت شینه ژنراتورهای نیروگاهی، کویل‌های AC, DC و کیت‌های سیم پیچی
- ساخت موتورهای تراکشن AC, DC
- ساخت سیم مسی تخت بدون عایق و عایق شده
- ساخت ترانسفورمرهای خشک و مخصوص
- سیم پیچی و نوسازی تمامی انواع موتورها و ژنراتورها تا ولتاژ KV۲۰
- سیم پیچی ترانسفورمرهای توزیع و قدرت
- نوسازی و سیم پیچی موتورهای تراکشن
- تعمیر ژنراتورهای نیروگاهی

فن ژنراتور با به کارگیری روش‌های مدرن تولید، بازسازی و آزمایش ماشین‌های الکتریکی که بر پایه بیش از دو دهه تجربه مفید کاری و بهره‌گیری از فن‌آوری‌های روز دنیا و استانداردهای بین‌المللی شکل گرفته، در سطح کیفی هم‌تراز با شرکت‌های معتبر جهانی فعالیت می‌نماید.

۴-۱-۱- محصولات

۴-۱-۱-۱- الکتروموتورهای القایی

۴-۱-۱-۱-۱- الکتروموتورهای القایی فشار ضعیف

در شرکت فن ژنراتور موتورهای القایی سه فاز تا قدرت ۷۵ kW تولید شده است. موتورهای فشار ضعیف با پوسته چدنی پره دار سالیان متمادی است که در بازار صنعتی جهانی جایگاه مناسبی یافته‌اند. این نوع موتورها به دلیل ساختمان مستحکم و قابل

اطمینان، عدم نیاز به سرویس‌های مکرر و زود هنگام، عمر طولانی و بهرمندی از ساختار نسبتاً ساده موتورهای القایی با روتور قفسی بسیار مورد توجه کاربران قرار دارد. از جمله مزایای این نوع موتورها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

- استحکام فوق العاده پوسته چدنی در برابر صدمات مکانیکی
- راندمان بالا و مناسب برای بارهای صنعتی
- گشتاور راه اندازی بالا و مناسب برای بارهای صنعتی
- سهولت کامل در دسترسی و تعویض بال بیرینگها
- کاردهی با حداقل ارتعاش و نویز



شکل (۴-۱): الکتروموتور القایی فشار ضعیف با پوسته چدنی

۴-۱-۱-۱-۲ الکتروموتورهای القایی فشار قوی

شرکت فن ژنراتور تعداد زیادی الکتروموتور نوع H-Compact تحت لیسانس شرکت زیمنس آلمان را برای صنایع داخلی ساخته است. این شرکت بر اساس دانش و تجربه کسب شده از بازسازی صدها دستگاه الکتروموتور فشار قوی توانسته است به روش مهندسی معکوس و بر اساس خواسته های مشتریان و با رعایت بهبودهای قابل اجرا، الکتروموتورهای فشار قوی در تیپهای مختلف را تولید نماید.



شکل (۴-۲): الکتروموتور القایی فشار قوی

گروه صنعتی فن ژنراتور تا کنون در پروژه های ساخت مشترک با شرکت‌های معتبر اروپایی همکاری داشته که از جمله می توان به ساخت الکتروموتورهای پروژه انتقال آب سد دوستی به مشهد با شرکت ABB و الکتروموتورهای KW1150 نیروگاه‌های سیکل ترکیبی مپنا با شرکت ANSALDO اشاره نمود. آزمایش‌های روتین و نمونه ای قابل اجرا روی الکتروموتورهای ساخته شده به شرح ذیل می باشند:

- اندازه گیری مقاومت اهمی سیم پیچی
- اندازه گیری مقاومت عایقی و تعیین شاخص پلاریزاسیون
- اندازه گیری ظرفیت خازنی و تلفات عایقی سیم پیچی
- آزمایش اتصال حلقه
- آزمایش روتور قفل شده
- آزمایش بی باری
- اندازه گیری ارتعاشات، نویز و کنترل وضعیت بیرینگ‌ها
- کنترل ملحقات نظیر سنسورها، گرم کن و ...
- آزمایش بار

۴-۱-۱-۲- ژنراتورهای القائی برای توربین های بادی

این گروه با همکاری شرکت WEIRE ELECTRIC آلمان که یکی از بزرگترین و با سابقه ترین شرکت‌های تولید کننده ژنراتور است، ژنراتورهای آسنکرون بادی را برای شرکت صبا نیرو تولید کرده است. این گروه در حال حاضر ساخت اولین ژنراتور آسنکرون صد درصد داخلی را جهت نصب در توربین‌های بادی در دست دارد.



شکل (۳-۴): ژنراتور القائی ۶۶۰ کیلووات

۴-۱-۱-۳- موتورهای کشنده (Traction Motors)

گروه صنعتی فن ژنراتور تعمیرات موتورهای کشنده را از اوایل دهه هفتاد شروع کرده است. دانش و تجربه کسب شده ناشی از تعمیر صدها دستگاه تراکشن موتور باعث شده است تا این شرکت بتواند موتورهای کشنده DC را تولید نماید. هم اکنون این موتورها در حال سرویس دهی در صنعت حمل و نقل ریلی کشور می باشند.



شکل (۴-۴): موتور کشنده DC

با ورود لکوموتیوهای مجهز به موتورهای کشنده AC به ناوگان حمل و نقل ریلی کشور، گروه صنعتی فن ژنراتور اقدامات لازم برای ساخت این نوع از موتورها را نیز آغاز نموده است.

۴-۱-۱-۴- کوپل و کیت سیم پیچی

واحد کوپل سازی گروه صنعتی فن ژنراتور مجهز به مجموعه کامل ماشین آلات ساخت سیم تخت عایق شده و ساخت کوپل است. دستگاه کشش مفتول، نورد، سیستم آنیلینگ سیم تخت مسی، دستگاه‌های نوار زنی، لوپینگ، فرمینگ، هات پرس و ... نمونه هایی از این تجهیزات هستند. ساخت کوپل های فشار قوی با هر دو سیستم عایقی بیش‌رزی (RR) و تحت خلاء و فشار (VPI) امکان پذیر است. محصولات واحد کوپل سازی عبارتند از:

- سیم مسی تخت بدون عایق و عایق شده
- کوپل های الماسی و سنجاق سری برای ماشین‌های القایی چند فازه
- شمش های روتور
- انواع کوپل ماشین‌های جریان مستقیم و موتورهای کشنده
- قطبهای اصلی، کمکی و تعدیل استاتورهای جریان مستقیم
- کوپل های ترانسفورمرهای قدرت و توزیع

همچنین این گروه صنعتی محصولات خود را به شرکت‌های معتبر اروپایی نیز صادر نموده است. نمونه‌ای از این موارد، تولید بیش از هزار و هفتصد عدد کویل فشار قوی و ارسال آنها برای شرکت ABB جهت سیم‌پیچی سی و سه دستگاه الکتروموتور است.



شکل (۴-۵): مراحل ساخت کویل فشار قوی

۴-۲- شرکت توربوژنراتور

شرکت توربوژنراتور یک شرکت ساخت و بازسازی انواع ماشین‌های الکتریکی است که نمونه‌های بسیاری از محصولات این شرکت در خطوط مختلف صنعت سیمان، مس، فولاد، نیروگاهی، ریلی و ... نصب شده است و سالیان دراز در حال بهره‌برداری است. این شرکت امکان ارائه خدمات زیر را داراست [۸]:

۱. ساخت و بازسازی انواع الکتروموتورهای فشارقوی
۲. ساخت و بازسازی انواع الکتروموتورهای DC
۳. ساخت و بازسازی انواع ژنراتور
۴. ساخت و بازسازی انواع ترانسفورماتور
۵. ساخت و بازسازی انواع مگنت‌های الکتریکی
۶. ساخت و بازسازی انواع کویل و شینه ژنراتورهای نیروگاهی
۷. ساخت و بازسازی قطعات یدکی ماشین‌های الکتریکی

این شرکت همچنین پیشگام در طراحی و ساخت انواع موتورهای الکتریکی است که در زیر به نمونه‌ای از این موارد اشاره شده است.

۱. طراحی و ساخت الکتروموتور ۵۵۰۰، ۲۶۰۰، ۳۳۰۰، ۳۵۰۰ کیلووات برای اولین بار در کشور
۲. باز طراحی و ساخت ژنراتور ۱۵ مگاوات نیروگاه مشهد

۳. طراحی و ساخت انواع ترانسفورماتورها با ولتاژ ۶۰ کیلوولت و با قدرت ۱۲ مگاوات
۴. طراحی و ساخت انواع الکتروموتور DC برای اولین بار در سطح کشور جهت صنایع نظامی با هدف رفع وابستگی
۵. انعقاد قرار دادهای باز سالانه با شرکتهای بزرگی چون: مس سرچشمه، صنایع فولاد، راه آهن جمهوری اسلامی، نیروی دریایی، نیروی زمینی، صنایع سیمان و ...

۴-۲-۱- محصولات

۴-۲-۱-۱- ساخت الکتروموتورهای القایی طبق سفارش

در این شرکت انواع الکتروموتورهای AC از نوع فشار ضعیف و فشار قوی طبق سفارش طراحی و ساخته می‌شود. مهمترین خصوصیات الکتروموتورهای AC ساخت این شرکت عبارتند از:

۱. گشتاور راه اندازی بالا
۲. قابلیت تحمل مدت زمان طولانی در حالت رتورقل شده
۳. قابلیت استفاده از تورهای قفس سنجابی و یا تورهای اسلیپ رینگ
۴. طراحی شده با ولتاژ و فرکانس مورد نیاز مشتری
۵. دارای سیستم عایق کاری با مقاومت بسیار بالا و استفاده از تکنیک رزین کاری تحت خلاء و فشار
۶. قابل استفاده به صورت عمودی یا افقی

۴-۲-۱-۲- بازسازی ماشین‌های جریان مستقیم (DC)

صدها نمونه از ماشین‌های جریان مستقیم (DC) و موتورهای تراکشن به شکل موفقیت آمیزی در شرکت توربوژنراتور تحت عملیات بازسازی قرار گرفته‌اند. سرویس‌هایی که بر روی ماشین‌های DC، موتورهای تراکشن و سایر ماشین‌های مورد استفاده در صنایع حمل و نقل ریلی انجام میشود عبارتند از:

- سیم پیچی انواع آرمیچر
- سیم پیچی قطبهای استاتور
- بازسازی یا ساخت قطعات مکانیکی
- بازسازی یا ساخت کلکتور
- عایق کاری بروس VPI یا RUBBER SILICON
- ساخت کوپل با کلاس عایقی H و F

۴-۲-۱-۳- بازسازی ماشین‌های فشار قوی

واحد تعمیرات ماشین‌های فشار قوی شرکت توربوژنراتور شاهرود، انواع سرویسها و تعمیرات خاص را بر روی ماشین‌های فشار قوی انجام می‌دهد. تعویض سیم پیچی انواع ماشین‌های فشار قوی با سیستم Resin rich و سیستم VPI Resin poor و با کلاس عایقی F و H تا ولتاژ KV۱۸ انجام می‌شود.

۴-۲-۱-۴- بالانس دینامیک

حل مسائل مربوط به لرزش در تجهیزات دوار بخش دیگری است که شرکت توربوژنراتور در آن سال‌ها تجربه و تخصص اندوخته است. خدمات مربوط به بالانس دینامیک میتواند در محل نصب و یا در کارگاه شرکت توربوژنراتور صورت بگیرد. این خدمات بابت بهره‌گیری از تکنولوژی کامپیوتری صورت گرفته و دارای تolerانس بسیار پایینی است. در نتیجه بخش عمده‌ای از فرسایش مکانیکی دستگاه دوار کاهش یافته و عمر قطعات آن افزایش می‌یابد.

۴-۲-۱-۵- ساخت الکتروموتورهای جریان مستقیم طبق سفارش

شرکت توربوژنراتور در خصوص تولید الکتروموتورهای DC با قدرتهای مختلف به عنوان اولین و تنها سازنده این دستگاه‌ها در کشور مطرح است. مهندسين واحد R&D این شرکت با بررسی وضعیت کاری الکتروموتورهای ساخته شده توسط کمپانیهای مطرح در دنیا و تطبیق دادن شرایط واقعی زیر بار و شرایط محیطی با طراحی الکتروموتور قادر به اصلاح طراحی و بهینه سازی دستگاه بوده و پس از حصول اطمینان، قادر به طراحی جدید ارائه آن برای ساخت دستگاه می‌باشند. خصوصیات الکتروموتورهای جریان مستقیم ساخت شرکت توربوژنراتور شاهرود:

- قابلیت انتخاب ولتاژ کاری بر حسب نیاز مشتری
- مقاومت بالای سیستم عایق کاری با کلاس حرارتی H و F
- قابلیت نصب ترمینال باکس در جهت‌های گوناگون جهت تسهیل در عملیات کابل کشی
- طراحی شده مطابق شرایط کاری و مورد نیاز مشتری

۴-۳- شرکت موتوژن

شرکت موتوژن به عنوان یکی از معتبرترین شرکت‌های تولیدکننده الکتروموتور در منطقه خاورمیانه در سال ۱۳۵۲ با نام گلد الکتریک تاسیس شد و در سال ۱۳۵۴ به موتوژن تغییر نام داد و در حال حاضر بیش از ۲ میلیون دستگاه انواع الکتروموتورهای تک فاز و سه فاز با کاربردهای صنعتی و خانگی را مطابق با استانداردهای جهانی نظیر IEC و NEMA و DIN تولید و به

بازارهای مصرف ایران، اروپا، آسیا و آفریقا عرضه می کند [۹]. این شرکت همچنین موفق شده است گواهی - ISO 9001 2008 را از مؤسسه SGS سوئیس اخذ کند.

۴-۳-۱- سهامداران

بیشتر سهام شرکت موتوژن متعلق به سهامداران اصلی ذیل است:

- شرکت سرمایه گذاری غدیر
- شرکت نوردآرین فولاد
- بانک پارسیان
- سرمایه گذاری بانک ملی ایران
- صندوق ب.پ کارکنان شرکت ملی نفت ایران

سهامی باقی مانده در اختیار سایر سهامداران است

۴-۳-۲- محصولات

این شرکت تولید کننده عمده موتورهای القائی تکفاز و سه فاز تا توان نامی ۹۰ کیلووات است که در زیر به تنوع این نوع از محصولات اشاره شده است :

۱. الکترو موتور سه فاز صنعتی با بدنه چدنی با توان بیشتر از ۱۸,۵ تا ۹۰ کیلووات
۲. الکترو موتور سه فاز تک دور با بدنه آلومینیومی
۳. الکترو موتور تک فاز صنعتی دو خازنه (خازن استارت - خازن دائم)
۴. الکترو موتور تک فاز صنعتی خازن دائم
۵. الکتروپمپ صنعتی
۶. الکترو موتور کولری دو سرعت خازن دائم - خازن راه انداز
۷. الکتروموتور پمپ آب کولری
۸. الکترو موتور مشعل گازی و گازوئیلی

۴-۳-۳- تحقیق و توسعه

واحد تحقیق و توسعه این شرکت پروژه های تحقیقاتی متنوعی بر روی موتورهای تعریف نموده است که در زیر به آنها اشاره شده است.

- بهینه سازی و توسعه الکتروموتورهای تکفاز کولری با کوپل تسمه‌ای با هدف تنوع تولیدات و بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق افزایش راندمان.
- بهینه سازی و توسعه الکتروموتورهای تکفاز و سه‌فاز صنعتی بمنظور افزایش رنج تولیدات سه‌فاز تا ۴۰۰ کیلووات، و توانایی پاسخ به افزایش تقاضای بازار در مورد انواع الکتروموتورهای تکفاز
- تلاش برای تنوع محصولات از طریق طراحی الکتروموتور با فریم اکستروود، الکتروموتورهای آسانسور، گیربکس والکتروموتورهای سویچ رلوکتانس (SR).
- تولید الکتروموتورهای ضد انفجار (تیپهای EEX-d, EEX-e, EEX-n بمنظور استفاده در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، نساجی، مواد غذایی و معادن.

در راستای این پروژه فعالیت‌های زیر صورت گرفته است:

۱. نمایندگی فروش کلیه الکتروموتورهای ضد انفجار ولتاژ پایین شرکت ABB در ایران
۲. ارائه خدمات سرویس، تعمیر و نگهداری و خدمات پس از فروش کلیه الکتروموتورهای ضد انفجار ولتاژ پایین
۳. تولید الکتروموتورهای ضد انفجار ولتاژ پایین EEX-d تحت لیسانس شرکت AB
۴. تولید الکتروموتورهای DC خودرو شامل دینام، استارت، برف‌پاک‌کن، شیشه‌بالابر، فن رادیاتور و تهویه و موارد مشابه بدلیل تقاضای زیاد بازار به خودرو و همچنین اتوماسیون خودروها و استفاده از الکتروموتورهای DC خودرو.

در سایت شرکت موتورزن اعلام شده است که این شرکت در زمینه پروژه‌های زیر علاقمند به همکاری با شرکت‌های دارای برند های معتبر می باشد:

۴-۴- شرکت رشد صنعت نیرو

شرکت رشد صنعت نیرو (سهامی خاص) در سال ۱۳۶۹ فعالیت خود را تحت عنوان دپارتمان ماشین‌های الکتریکی شرکت رشد صنعت آغاز کرده است. با توجه به رشد صنعتی کشور و نیاز صنایع مختلف به ساخت و بازسازی تخصصی ماشین‌های الکتریکی و افزایش حجم سفارشات، جهت پاسخگویی به این نیاز و ارتقای سطح کیفی محصولات و خدمات و همچنین کاهش هرچه بیشتر زمان انجام کار، در سال ۱۳۸۴ این دپارتمان از شرکت رشد صنعت تفکیک شد و فعالیت خود را به طور مستقل ادامه داده است [۱۰].

اکنون این شرکت فعالیت‌هایی در زمینه طراحی، ساخت و بازسازی ماشین‌های الکتریکی، برای صنایع مختلف کشور (صنایع نفت و گاز و پتروشیمی، صنایع فولاد، صنایع مس و آلومینیوم، نیروگاه‌ها، کارخانجات سیمان، شرکت‌های آب و فاضلاب، کارخانجات لاستیک‌سازی، صنایع حمل و نقل ریلی، و ...) انجام داده است.

در حال حاضر گروه شرکت های رشد صنعت با زمینه فعالیت های زیر و در قالب سه شرکت به فعالیت خود ادامه می‌دهد.

۱. شرکت رشد صنعت: طراحی، ساخت، تهیه، نصب و راه اندازی کارخانجات صنعتی و نیروگاه‌های آبی متوسط و کوچک
۲. شرکت رشد صنعت نیرو: طراحی، ساخت و بازسازی انواع ماشین‌های الکتریکی و شینه‌های نیروگاهی
۳. شرکت تام لکوموتیو آریا: بازسازی و تعمیرات انواع لوکوموتیو و ساخت و بازسازی انواع تراکشن موتور

دامنه‌ی فعالیت‌های شرکت رشد صنعت نیرو عبارت است از:

۱. طراحی، ساخت و بازسازی کامل انواع ماشین‌های الکتریکی جریان متناوب (AC) پر قدرت High Voltage، Medium Voltage و Low Voltage
۲. ساخت و بازسازی کامل انواع ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم (DC) و خاص
۳. ترمیم هسته (ورق‌های دینامو) آسیب دیده روتور و استاتور
۴. تأمین و ساخت قطعات ماشین‌های الکتریکی

۴-۴-۱- محصولات و خدمات

۴-۴-۱-۱- ماشین‌های الکتریکی

این شرکت خدمات متنوعی را در زمینه نوسازی و تعمیرات انواع ماشین‌های الکتریکی به صنایع مختلف (نفت، گاز و پتروشیمی حفاری، نیروگاهی، فولاد، مس، آلومینیوم، سیمان، حمل و نقل و ...) ارائه نموده است.

۱. بازسازی و سیم پیچی الکتروموتورها و ژنراتورهای جریان متناوب (AC)، جریان مستقیم (DC) و الکتروموتورهای خاص
۲. تولید کویل‌های ماشین‌های الکتریکی به دو روش رزین کاری در خلاء (VPI) و Resin Rich
۳. ساخت و تأمین قطعات مربوط به ماشین‌های الکتریکی

همچنین این شرکت از سال ۱۳۸۷ اقدام به طراحی و ساخت ماشین‌های الکتریکی نموده است و محصولات خود را با مارک RSN به مشتریان عرضه نموده است. فعالیت‌های این شرکت در زمینه ساخت ماشین‌های الکتریکی به دو صورت انجام

می‌گیرد:

۱. طراحی و ساخت انواع ماشین‌های الکتریکی
۲. مهندسی معکوس و بهینه سازی ماشین‌های الکتریکی

۴-۵-جمکو

شرکت ماشین‌های الکتریکی جوین (جمکو) در سال ۱۳۶۹ در شهرستان سبزوار با هدف عدم وابستگی صنایع داخل به کشورهای خارجی در زمینه تولید انواع ماشین‌های الکتریکی تاسیس شده است [۱۱]. شرکت جمکو به واسطه کادر متخصص و مجرب خود و در اختیار داشتن تجهیزات و ماشین‌آلات منحصر به فرد در کشور، امکان طراحی، ساخت، آزمایش و تعمیر انواع الکتروموتور و ژنراتور را در ایران دارا می‌باشد.

محصولات شرکت ماشین‌های الکتریکی جوین با برند جمکو به بازار مصرف عرضه می‌شوند، این تولیدات شامل الکتروموتورهای سه فاز صنعتی از ۱۵ کیلووات تا ۱۰ مگاوات است. ظرفیت تولیدات شرکت جمکو سالیانه بیش از ۱۲۰۰ مگاوات معادل ۱۲۶۸۰ دستگاه انواع الکتروموتور و ژنراتور است.

۴-۵-۱-محصولات

محصولات این شرکت تماماً موتورهای القائی سه فاز است که در زیر به آنها اشاره می‌شود. لازم به ذکر است که این شرکت دارای خط تولید موتورهای سایز کوچک و متوسط است و موتورهای تک ساخت بزرگ را به صورت موردی انجام می‌دهد.

- الکتروموتورهای القائی سه فاز قفس سنجابی (۷۵ الی ۴۵۰ کیلو وات) سری YU و YJS با پوسته چدنی : مورد استفاده در انواع ادوات مکانیکی بدون استفاده از امکانات ویژه ، نظیر ماشین‌های ابزار ، هواکش ها ، پمپ ها و ...
- الکتروموتورهای القائی سه فاز قفس سنجابی سری YK با پوسته فولادی : مورد استفاده در انواع ماشین‌های صنعتی نظیر کمپرسورها ، هواکش ها ، پمپ‌های آب در ابعاد مختلف و ...
- الکتروموتورهای القائی سه فاز قفس سنجابی (۱۱ الی ۹۰ کیلو وات) سری YD با پوسته چدنی
- الکتروموتورهای القائی سه فاز قفس سنجابی ولتاژ متوسط سری YK : در انواع ماشین‌های صنعتی نظیر کمپرسورها ، هواکش ها ، پمپ‌های آب در ابعاد مختلف و ...
- الکتروموتورهای القائی سه فاز روتور سیم‌پیچی شده ولتاژ متوسط سری YR : مورده استفاده در به عنوان محرک در انواع ماشین‌های صنعتی نظیر سنگ شکن ، آسیابها ، کمپرسورها و ...
- الکتروموتورهای سه فاز القایی سری HD گشتاور بالا: مورد استفاده در انواع ماشین‌ها با کاربرد عمومی مانند صنایع

مادر، کمپرسورها ، تهویه ها ، پمپ‌های آب در مقیاس بزرگ

۴-۶- شرکت الکتروژن

این شرکت در سال ۱۳۵۸ افتتاح شده است و در سال‌های اوایل دهه ۷۰ وارد عرصه تولید موتورهای با توان پائین برای نصب در ماشین‌های لباسشویی و کولرهای آبی شده است. محصولات این شرکت که در زیر به آنها اشاره می‌شود در بازه توانی ۰,۵ تا ۴۵ کیلووات تولید می‌شوند که در زیر به برخی از این محصولات اشاره می‌شود [۸].

۴-۶-۱- محصولات

محصولات این شرکت عبارتند از:

- موتور القائی تکفاز ولتاژ پائین برای نصب در کولرهای آبی تا توان ۴۲۰ وات
- موتور- پمپ القائی تکفاز ولتاژ پائین جهت نصب در کولرهای آبی با توان ۱۲۴
- موتور- پمپ آهنربای دائم سنکرون تکفاز ولتاژ پائین جهت نصب در کولرهای آبی با توان ۱۹ وات
- موتور القائی تکفاز ولتاژ پائین جهت نصب فن تهویه با توان ۴۵ وات
- موتور القائی تکفاز ولتاژ پائین جهت نصب در ماشین لباسشویی با توان ۱۶۰ وات
- موتور القائی تک فاز ولتاژ پائین تا ۵ کیلووات
- موتور القائی سه فاز ولتاژ پائین تا ۱۸ کیلووات

۴-۷- جمع بندی

توانمندی ساخت و طراحی شرکت‌های داخلی بر مبنای نیاز صنایع شکل گرفته است. ترتیب این نیازمندیها نشان دهنده نوع فعالیت‌های شرکت‌های داخلی است که در زیر به آنها اشاره شده است.

۱. موتور القائی تکفاز
۲. موتور القائی سه فاز
۳. ترکشن موتورها
۴. موتور سنکرون

به صورت کلی با توجه به نیاز بسیار زیاد صنعت به موتورهای القائی بیشترین فعالیت تولیدی بر روی موتورهای القائی صورت گرفته است. بطوریکه شرکت‌های الکتروژن و موتوژن در بازه تا ۱۰ کیلووات موتورهای القائی تکفاز تامین کننده بخشی از نیاز بازار کشور هستند و همچنین تولید موتورهای القائی سه فاز این شرکت‌ها به همراه شرکت جمکو در محدوده توانی تا ۴۵۰

کیلووات نیز تامین درصدی از نیاز بازار را برعهده دارند. در مورد موتورهای القائی سه فاز در توانهای مگاواتی شرکت‌های توربوژنراتور، فن ژنراتور، جمکو و رشد صنعت امکانات ساخت را دارند و در سه شرکت اول دانش ساخت بومی شده است و تمامی مراحل طراحی و ساخت این نوع از الکتروموتورها در داخل این شرکت‌ها انجام پذیر است. نیاز شرکت راه آهن به تامین و همچنین تعمیر و نگهداری ترکشن موتورهای لوکوموتیوهای خود شرکت‌های توربوژنراتور، رشد صنعت و فن ژنراتور را به سمتی سوق داده است تا مقدار زیادی از زمان خود را برای رفع نیاز به این نوع موتورها قرار دهند. هم اکنون در شرکت توربوژنراتور انواع مختلفی از موتورهای تراکشن AC و DC در بازه توانی تا ۱,۵ مگاوات بازسازی و ساخته می‌شوند.

شرکت‌های رشد صنعت تنها کار تعمیراتی را انجام می‌دهند و البته با توجه به استخراج نقشه‌های ساخت در حین فرآیند تعمیرات امکان بازسازی وجود دارد. در مورد موتورهای سنکرون فعالیت کمی انجام شده است. به صورت کلی شرکت توربو ژنراتور تنها شرکتی است که تجربه طراحی و ساخت این نوع از موتورها را داراست و در مورد موتورهای سنکرون قطب صاف تا توان ۲۵ مگاوات فعالیت ساخت داشته است. همچنین در مورد موتورهای سنکرون قطب برجسته نیز این شرکت تا توان ۴,۵ مگاوات توانمندی ساخت را داراست.

البته لازم به ذکر است که شرکت مپنا ژنراتور با توجه به ساخت ژنراتورهای نیروگاهی توانمندی ساخت این موتورها را داراست، ولیکن دانش فنی ساخت را نداشته و تنها در صورت وجود نقشه‌های ساخت می‌توان از تجهیزات آنها استفاده نمود. البته فعالیت‌های تحقیقاتی و شبیه سازی بر روی این نوع موتورها در داخل این شرکت انجام شده است.

در مورد موتورهای دیگر تنها کارهای تحقیقاتی و در برخی موارد کار شبیه‌سازی انجام شده است و تولید صنعتی از آنها وجود ندارد. بر اساس استعلامات صورت گرفته تنها شرکت‌های الکتروژن و موتوژن فعالیت‌هایی تحقیقاتی بر روی موتورهای سوئیچ رلوکتانس و ضد انفجار انجام داده اند همچنین شرکت جمکو نیز با توجه به نیاز روز افزون صنعت نفت برنامه ای برای گسترش فعالیت در زمینه موتورهای ضد انفجار را دارد. در جدول (۴-۱) به صورت خلاصه این موارد جهت بررسی آورده شده است.

جدول (۴-۱): خلاصه ای از توانمندی شرکت‌های سازنده موتور در ایران

ردیف	نوع موتور	دانش فنی		ساخت		توضیحات
		شرکت‌های دارای دانش فنی بومی	شرکت‌های دارای دانش غیر بومی	توانایی ساخت	شرکت‌های سازنده	
۱	موتور القائی تکفاز	الکتروژن	الکتروژن، موتوژن، بلال	تا ۱۰ کیلووات	الکتروژن، موتوژن، بلال	دایکاست آلومینیوم انجام می‌شود، دانش دایکاست مس وجود دارد اما مقرون به صرفه نیست و از دور تولید خارج شده است.
۲	موتور القائی سه فاز	توربوژنراتور، فن ژنراتور، الکتروژن (موتور سه فاز کوچک)	جمکو، الکتروژن	۵,۵ مگاوات	توربوژنراتور، فنژنراتور، جمکو و الکتروژن	شرکت‌های الکتروژن و جمکو پوسته ریخته گری چدنی را دارا هستند. تولید در هر دو روش قفس و روتور سیم-پیچی انجام می‌شود.
۳	موتور سنکرون	توربوژنراتور		تا ۲۵ مگاوات قطب صاف تا ۴,۵ مگاوات قطب برجسته	توربوژنراتور	شرکت مینا ژنراتور نیز با توجه به تولید ژنراتورهای نیروگاهی قادر به تولید موتورهای سنکرون بزرگ است
۴	موتورهای آهنربای دائم	توربوژنراتور		۱۶ کیلووات BLDC ۱۰ کیلووات PMSM	توربوژنراتور	تولید نمونه های اشاره شده بر اساس سفارش بوده است و نه تولید انبوه
۵	موتور تراکشن	توربوژنراتور		۲۶ کیلووات DC ۱,۵ مگاوات سنکرون و القائی	توربوژنراتور	شرکت مینا ژنراتور احتمالاً با توجه به تولید لوکوموتیو در گروه مینا اقدام به تولید تراکشن های مورد نیاز گروه مینا خواهد نمود.
۶	موتور شناور	پمپیران		تا ۳۵۰ کیلووات	پمپیران	با ظرفیت تولید ۱۵۰۰۰ الکتروموتور در سال از نوع موتور القائی قفس سنجابی

در مورد زنجیره تولید باید ذکر شود که امکان ساخت هر نوع موتوری در داخل کشور وجود دارد و از نظر توان تولیدی مشکلی وجود نخواهد داشت. لازم به یادآوری است که شرکت‌هایی مانند جمکو، الکتروژن و موتوژن با توجه به امکانات موجود در داخل کارخانه و فضای بسیار مناسب امکان افزایش تولید و حتی تغییر خط تولید در راستای رفع نیاز به برخی از محصولات مشابه مانند موتورهای سوئیچ رلوکتانس و سنکرون رلوکتانسی که امتحان خود را در صنایع دیگر کشورها پس داده‌اند، را دارا هستند. شرکت‌هایی مانند توربوژنراتور، فن ژنراتور و رشد صنعت با توجه به توسعه فعالیت‌های خود در راستای طراحی و ساخت

موتورهای فشار قوی و توان متوسط و در حدود مگاوات و همچنین انباشت تجربه و دانش در داخل شرکت و ارتباط با مراکز دانشگاهی می‌تواند بستر مناسبی برای تامین این نوع از موتورها و رفع نیاز مندی‌های مرتبط باشد.

شرکت‌های الکتروژن و موتورژن همچنین می‌توانند با تغییر خط تولید امکانات لازم جهت تولید موتورهای یونیورسال و موتورهای DC کوچک را که سالیان متمادی از دیگر کشورها وارد می‌شود را ایجاد نمایند. همچنین شرکت مپنا ژنراتور با توجه به امکانات منحصر به فرد و شناخت بسیار خوب از ماشین‌های سنکرون بستر مناسبی برای تولید موتورهایمانند موتور سنکرون قطب برجسته و یا قطب صاف است.

تامین مواد اولیه به غیر از مس و آلومینیوم و فولاد غیر الکتریکی تماماً وابسته به واردات است. این مواد مانند فولاد الکتریکی، عایق و بلبرینگ‌ها سهم عمده‌ای از موتور را دارا هستند. در برخی از موارد حتی مس نیز با توجه به توصیه شرکت فروشنده طراحی و نقشه‌های ساخت برای موتورهای خاص (مانند ژنراتورهای نیروگاهی مپنا) از کشورهای دیگر تامین می‌شود. به صورت کلی در مورد مواد اولیه وابستگی کامل وجود دارد. نکته حائز اهمیت آن است که در مورد مواد اولیه‌ای مانند عایق‌های الکتریکی و بلبرینگ‌ها شاید نیازی به سرمایه‌گذاری در مورد تولید انبوه آنها در داخل کشور نباشد چراکه دانش فنی آن بسیار گران خواهد بود و همچنین مواد اولیه آن مانند میکا در داخل کشور وجود ندارد. اما در مورد فولاد الکتریکی شاید بتوان در کارخانه‌های تولید فولاد داخل کشور مانند فولاد مبارکه و یا فولاد خوزستان به تولید برخی از انواع این نوع فولاد اقدام نمود این موضوع علاوه بر رفع وابستگی و کاهش هزینه‌های تولید کلیه ماشین‌های الکتریکی اعم از موتورها و ژنراتورهای الکتریکی و همچنین ترانسفورمرها باعث ترغیب به افزایش تولید موتورهای الکتریکی و افزایش امکان صادرات به کشورهای دیگر می‌شود.

در مورد تولید آهنرباها نیز دانش فنی تولید انواع آهنربا در داخل کشور موجود است اما تنها شرکت گسترش مواد مغناطیسی تابان در شهر اصفهان خط تولید آهنرباهای فریتی را دارا است که می‌توان با حمایت از این شرکت امکان تولید دیگر آهنرباها را در کشور ایجاد نمود. همچنین در مورد موتورهای با توان بالا و همچنین موتورهای ضد انفجار که مصرف بالایی در صنعت نفت و گاز دارد آزمایشگاه مناسب برای آزمایش عملکرد و ایمنی وجود ندارد و در برخی موارد نبود این آزمایشگاه برای تأیید نهایی، باعث عدم تولید آن محصول شده است که این موضوع در مورد موتورهای ضد انفجار بسیار حائز اهمیت است.

در جداول (۲-۴) تا (۵-۴) خلاصه ای از توانمندی‌های ساخت شرکت‌های سازنده موتور الکتریکی بر اساس استعلامات صورت گرفته آورده شده است.

جدول (۲-۴): تامین کنندگان مواد اولیه مورد نیاز در ساخت موتورهای الکتریکی

نوع ماده	وارداتی	داخلی	تامین کننده
مس	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	مس سرچشمه و مس باهنر
فولاد الکتریکی	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	تمامی شرکت‌های سازنده بنا به نیاز خود از کشورهای مختلف اقدام به واردات می‌کنند. بیشترین واردات از کشورهای کره روسیه اکراین و ایتالیا و آلمان است
فولاد غیر الکتریکی	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	در ایران تنها فولاد ساختمانی تولید میشود فولادهای خاص که کاربرد فراوانی در بخش‌های مختلف موتور دارد وارداتی است
عایق	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	عمده واردات این محصول از شرکت‌های Isolla و Isovolta و H-old وارد میشود
بیرینگ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	معتبرترین تولید کنند بیرینگ شرکت SKF است و عمده واردات از این شرکت است و لازم به توضیح است که در ایران تولید نداریم در هیچ سایزی شرکت الکتروژن از کشور چین و کمپانی WD بیرینگ‌های خود را تامین می‌کند.
آلومینیوم	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	بیشترین تامین آلومینیوم از داخل کشور و از شرکت آلومینیوم سازی اراک انجام می‌شود

جدول (۳-۴): تجهیزات مورد نیاز برای تولید موتورهای الکتریکی و وضعیت صنعت داخلی

ردیف	نام تجهیز	توضیحات
۱	وايركات	شرکت جمکو برای ساخت قطعات خود این تجهیز را در ابعاد کوچک دارد. بیشتر برای نمونه سازی استفاده می‌شود و اکثرا کارگاه‌های کوچک این تجهیز را داشته و شرکت‌های تولید کننده موتور از خدمات آنها استفاده میکنند
۲	ليزر كات	شرکت مپنا ژنراتور این تجهیز را در ابعاد بزرگ و با قدرت بالا در اختیار دارد. دیگر شرکت‌ها از خدمات کارگاه‌های کوچک استفاده می‌کنند.
۳	پانچ	تمامی شرکت‌های تولید کننده در ایران این تجهیزات را در اختیار دارند و سطح قدرت آن به حوزه کاری آنها محدود است اما شرکت مپنا ژنراتور در ابعاد بزرگ برای کاربرد در موتور و ژنراتورهای نیروگاهی این تجهیز را در اختیار دارد
۴	دستگاه های تراش	این تجهیز در ایران تولید میشود و تمامی شرکت‌ها بنا به نیاز خود این تجهیز را تامین کرده اند در صورت نیاز به دستگاه‌های تراش با مشخصاتی که در کارخانه‌ها موجود نباشد برای نمونه سازی از خدمات کارگاه‌های کوچک که به صورت تخصصی تراشکاری انجام می‌دهند استفاده می‌شود. دستگاه‌های تراش موجود در شرکت مپنا ژنراتور برای

ردیف	نام تجهیز	توضیحات
۵	دستگاه بالانس	این تجهیز در ایران ساخته نمی شود و وارداتی است اما دانش استفاده از آن موجود است. یکی از محدودیتها در این دستگاه دور نامی است که معمولا برای بالانس تا ۳۰۰۰ دور بر دقیقه استفاده می شود. همچنین محدودیت دیگر این تجهیز علاوه بر دور نامی، وزن قابل تحمل آن است که هر شرکتی بنا به نیاز خود و محدوده کاری خود آن را تامین
۶	دستگاه عایق بندی	دستگاه های اتوماتیک این فعالیت برای شینه های نیروگاهی تنها در شرکت مینا ژنراتور به صورت وارداتی موجود است مابقی شرکت های تولیدی اکثرا این فعالیت را به صورت دستی انجام می دهند و یا از تجهیزات کمکی ساخت شرکت خود بهره می برند این موضوع بیشتر برای کویل های MV و HV خود را نشان می دهد
۷	دستگاه های کویل سازی	دستگاه های اتوماتیک این فعالیت برای شینه های نیروگاهی تنها در شرکت مینا ژنراتور به صورت وارداتی موجود است مابقی شرکت های تولیدی اکثر این فعالیت را به صورت دستی انجام می دهند و یا از تجهیزات کمکی ساخت شرکت خود بهره می برند این موضوع بیشتر برای کویل های MV و HV خود را نشان می دهد
۸	تجهیزات پخت عایق	تمامی شرکت های سازنده تجهیزات مناسب برای پخت عایق را در محدوده کاری خود دارا هستند. شرکت مینا با توجه به تولید ژنراتورهای نیروگاهی توانمندی پخت شینه به صورت مجزا در دو روش VPI و رزین زیچ و همچنین پخت عایق به روش GVPI برای ابعاد بزرگ را دارا است.

جدول (۴-۴): توانمندی ساخت قطعات موتورهای الکتریکی در شرکت های سازنده موتورهای الکتریکی

ردیف	نوع فعالیت	توضیحات
۱	برش ورق فولاد الکتریکی	در ایران به صورت کامل در شرکت های موتور ساز و یا کارگاه های برش برای نمونه سازی قابل انجام است.
۲	form wound HV	شرکت مینا ژنراتور تنها بر اساس نقشه های ساخت شرکت های معتبر و با تکیه بر آموزش آنها ساخت شینه های نیروگاهی را انجام می دهد. شرکت های فن ژنراتور، توربوژنراتور و رشد صنعت نیرو و همچنین شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران ساخت شینه نیروگاهی را بر اساس مهندسی معکوس انجام می دهند.
۳	form wound MV	در شرکت های مینا ژنراتور، فن ژنراتور و توربوژنراتور و رشد صنعت نیرو، جمکو و همچنین شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران قابل انجام است.
۴	form wound LV	در شرکت های فن ژنراتور و توربوژنراتور و رشد صنعت نیرو، جمکو و همچنین شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران قابل انجام است
۵	Random wound LV	در شرکت های فن ژنراتور، توربوژنراتور، رشد صنعت نیرو، جمکو، شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران و شرکت های الکتروژن موتورژن و بلال و ماهنیرو قابل انجام است
۶	کویل روتور	در شرکت های مینا ژنراتور، فن ژنراتور، توربوژنراتور، رشد صنعت نیرو، جمکو و شرکت تعمیرات نیروگاهی ایران قابل انجام است.
۷	مس	دایکاست مس در ایران انجام نمی شود
۸	آلومینیوم	در شرکت های الکتروژن و موتورژن و بلال و جمکو انجام می شود.

ردیف	نوع فعالیت	توضیحات
۹	تراشکاری شفت روتور	همه شرکت‌ها این توانمندی را در قالب بازار هدف خود تامین نموده اند و برای نمونه سازی ها از قابلیت دیگر شرکت‌ها استفاده می کنند.
۱۰	ریخته گری	این روش برا موتورهای سایز کوچک انجام می شود و در شرکت‌های با تولید انبوه مانند الکتروژن و موتوژن و جمکو این قابلیت وجود دارد
۱۱	ساخت فریم استاتور ورق فولادی	در همه شرکت‌ها این توانمندی وجود دارد و در برخی موارد مانند تراشکاری های دقیق که نیاز به تجهیزات دارد از شرکت‌های دیگر استفاده میشود.
۱۲	سیستم خنک کننده هوا خنک	همه شرکت‌ها این توانمندی را در قالب بازار هدف خود تامین نموده اند و برای نمونه سازی ها از قابلیت دیگر شرکت‌ها استفاده می کنند.
۱۳	آب خنک	این سیستم در موتورهای مگاواتی اجرا می شود و شرکت‌های توربوژنراتور، فن ژنراتور، مینا ژنراتور و جمکو این توانمندی را در قالب بازار هدف خود تامین نموده اند و برای نمونه سازی ها از قابلیت دیگر شرکت‌ها استفاده می کنند.
۱۴	بالانس روتور	همه شرکت‌ها این توانمندی را در قالب بازار هدف خود تامین نموده اند

جدول (۴-۵): توانمندی شرکت‌های سازنده موتورهای الکتریکی در خدمات و پشتیبانی

ردیف	نوع فعالیت	توضیحات
۱	آزمایش عایقی	تجهیزات دقیق آزمایش وارداتی است مانند مگر و تانژانت دلتا و PD سخت افزارهای دیگر مانند ترانس در ایران و در شرکت‌هایی مانند جهاد دانشگاهی علم و صنعت و غیره... تولید می شود.
۲	عملکردی	در شرکت جمکو تجهیزات خوبی برای آزمایش تا دو مگاوات تامین شده است البته قدیمی است و اکنون از آن به صورت کامل نمی توان استفاده نمود . همچنین شرکت مینا طرح آزمایشگاهی برای آزمایش بی باری تا توان ۱۸ مگاوات و آزمایش بارداری تا سقف ۱۰ مگاوات را دست بررسی دارد.
۳	نصب و راه اندازی	این موضوع در مورد موتورهای با توان تمامی شرکت‌های این حوزه مانند توربوژنراتور، فن ژنراتور، مینا ژنراتور و جمکو عملیات نصب و راه اندازی را خود انجام می دهند البته شرکت‌های دیگری مانند مجموعه شرکت تعمیرات نیروگاهی نیز از این قبیل فعالیت‌ها انجام میدهند.
۴	تعمیرات و نگهداری	تعمیرات و نگهداری موتورهای سایز متوسط و کوچک هم از طریق شرکت‌های فن توربو و رشد قابل انجام است و هم شرکت‌هایی مانند شرکت تعمیرات نیروگاهی این فعالیت‌ها را انجام می‌دهند شرکت جمکو و مینا در این زمینه فعالیت ندارد
۵	باز سازی	شرکت‌های فن توربو و رشد و همچنین شرکت تعمیرات نیروگاهی در این زمینه فعالیت دارند.

فصل پنجم :

سیستم درایو موتورهای الکتریکی

۵-۱- شرکت‌های تامین کننده تجهیزات اولیه ساخت درایوهای الکترونیکی

به منظور ساخت درایو الکترونیکی، مجموعه‌ای از قطعات الکترونیک قدرت و اتوماسیون صنعتی مورد نیاز است که در حال حاضر با توجه به تولید گسترده این قطعات توسط شرکت‌های بزرگ و عدم صرفه اقتصادی تولید داخلی و نبود تجهیزات مورد نیاز برای ساخت در داخل، این قطعات از شرکت‌های خارج از کشور وارد می شوند. لیستی از برخی از این قطعات در جدول زیر آورده شده است.

جدول (۵-۱): لیست قطعات مورد نیاز در تهیه درایو الکترونیکی

IGBT
GTO
POWER DIOD
FET, MOSFET
CHOCKES
VELOCITY ENCODER
FILTER
MICROPROSESSOR
MONITOR
POWER THYRISTOR
رله ها (اتصال زمین، اتصال کوتاه سیم پیچها، تعادل فاز و ...)
RECORDER
طراحی کابینت به همراه سیستم روشنایی و تهویه آن برای ASD های توان بالا

لیست برخی از شرکت‌های معتبر در زمینه تولید این تجهیزات به همراه آدرس اینترنتی آنها در جدول زیر آورده شده است:

جدول (۵-۲): لیست برخی از شرکت‌های معتبر در زمینه تامین قطعات اولیه

نام شرکت	آدرس اینترنتی
International Rectifier	www.irf.com

نام شرکت	آدرس اینترنتی
Vishay Intertechnology (Siliconix)	www.vishay.com
Infineon Technologies	www.infineon.com
Fairchild Semiconductor	www.fairchildsemi.com
STMicroelectronics	www.st.com
Texas Instruments	www.ti.com

شرکت‌های زیادی در داخل از کشور واردات این قطعات را انجام می دهند که از جمله آنها می توان به شرکت‌های پتسا صنعت و آریاتش اشاره کرد.

۵-۲- شرکت‌های حوزه مشاوره و طراحی درایو الکترونیکی

۵-۲-۱- جهاد دانشگاهی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

جهاد دانشگاهی خواجه نصیرالدین طوسی با هدف شناسایی نیازهای صنعت کشور در زمینه طراحی و تولید پروژه های کاربردی شروع به کار نموده و تا کنون با به ثمر رساندن بیش از یکصد و پنجاه پروژه کاربردی در قالب قرارداد با مراکز مختلف صنعتی، ضمن بی نیاز نمودن کشور از بسیاری اقلام وارداتی، گام های محکم و قابل قبولی را در جهت خودکفایی و صرفه جویی ارزی برداشته است. از آنجا که کلیه مراحل این پروژه ها اعم از تحقیقات، طراحی و ساخت بدست کارشناسان و متخصصان توانمند در این واحد صورت گرفته لذا با دانش فنی کسب شده می توان محصولات متنوعی را برای کاربردهای متعدد طراحی و اجرا نمود. شایان ذکر است که عمده پروژه های این واحد بر طراحی و ساخت دستگاه هایی تمرکز دارند که از نظر فن آوری، اشتغال زایی و ارزش علمی در سطح بالایی قرار داشته و تا کنون در سه دوره جشنواره بین المللی خوارزمی رتبه های ممتاز را به خود اختصاص داده اند همچنین این واحد موفق به دریافت گواهینامه بین المللی ISO 9001-2008 IMQ در مدیریت کیفیت شده است. این جهت درای یک مرکز تخصصی ماشین نیز می باشد که شرح توانمندی های آن در ادامه می آید.

مرکز ماشین های الکتریکی جهاد دانشگاهی خواجه نصیر

فعالیت های تخصصی این مرکز عبارت است از:

۱- طراحی و ساخت انواع کوپل های فشار قوی به روش Resin Rich و روش VPI

۲- طراحی و ساخت انواع الکتروموتورهای خاص و کالکتورهای DC

- ۳- تعمیر و بازسازی انواع الکتروموتورها و ژنراتورها و آرمیچرهای صنعتی
- ۴- طراحی و ساخت انواع ترانسفورماتور و منابع تغذیه (۱۲ پالسه و مجهز به سیستم Soft Start)
- ۵- تعمیر و بازسازی انواع الکتروموتورهای AC و DC با انواع سیم بندی از قبیل ژنراتورها و موتورهای تراکشن برای ژنراتورها و موتورهای واگن مسافری و واگن مولد برق
- ۶- طراحی خط تولید و خط بازسازی ماشین‌های الکتریکی
- ۷- تولید انواع ترانسفورماتورهای خشک و روغنی در قدرتهای مختلف و برای کاربردهای مختلف

تجهیزات کارگاهی موجود در این مرکز:

- پرس هیدرولیک ۳۰۰ تن
- بالانس دینامیک
- ماشین تراش
- فرم دهنده کوی
- نوار پیچ هادی
- کوره الکتریکی
- سیستم VPI
- پرس گرم برای روش Resin rich.

تجهیزات اندازه گیری و آزمایشگاهی موجود در این مرکز:

- دستگاه آزمایش ولتاژ ضربه ای
- میکرو اهم متر
- دستگاه آزمایش Bar to Bar
- صدا سنج
- تانژانت دلتا
- حرارت سنج
- تلفات سنج آهنی
- شار سنج:
- مگر (۵ T-Ohm)
- سیستم آزمایش Seasoning

امکانات نرم افزاری:

نرم افزارهای طراحی بهینه جهت طراحی انواع ماشین‌های الکتریکی، نرم افزار شبیه سازی برای بررسی عملکرد حالت دائم و

حالت دینامیکی



شکل (۵-۱): آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی جهاد خواجه نصیر

جدول (۵-۳): اطلاعات تماس جهاد دانشگاه خواجه نصیر

آدرس کارخانه	خیابان شریعتی - تقاطع بزرگراه رسالت - دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی - جهاد دانشگاهی خواجه نصیرالدین طوسی
تلفن کارخانه	۸۸۴۶۶۲۰۰
فکس کارخانه	داخلی ۴۰۰
آدرس سایت	http://jdnasir.ac.ir/

۵-۲-۲- جهاد دانشگاهی علم و صنعت

جهاد دانشگاهی علم و صنعت به عنوان نهادی علمی، تحقیقاتی و صنعتی فعالیت‌های خود را از سال ۱۳۵۹ در حوزه‌ی فنی و مهندسی در زمینه‌های برق، مکانیک، عمران، معماری و شهرسازی آغاز نموده است. UPS های صنعتی و اداری، شارژرهای صنعتی، رکتیفایرهای آمپر بالا، تجهیزات آزمایش فشار قوی، سیستم برق سکویهای حفاری خشکی و انواع سیستم‌های کنترل آلایندگی هوا و دکل‌های حفاری از جمله محصولات هستند که توسط این واحد به بسیاری از واحدهای فعال صنعتی در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، نیروگاه‌ها، صنعت سیمان، صنایع فلزات آهنی و غیرآهنی ارائه گردیده است.

هم اکنون با استفاده از تجارب ارزشمند حاصل از سال‌ها حضور مؤثر در صنعت کشور و با تکیه بر توانمندیهای فنی و دانش کارشناسی کارکنان خود به دنبال توسعه فعالیت‌های خود در زمینه‌های جدید مانند نمک زدایی در صنعت نفت، طراحی و

ساخت بازوهای بارگیری اسکله های نفتی، تامین سیستم رانش الکتریکی واگنهای مترو و لوکوموتیوها، انجام پروژه های EPC و همینطور صدور محصولات خود به خارج از کشور می‌باشیم.

این واحد برای انجام پروژه‌ها به صورت تخصصی دارای پنج مرکز مهندسی، یک مرکز آموزش، مرکز تحقیق و توسعه و یک شرکت وابسته به خود (شرکت مشاورین فجر توسعه) با بیش از ۴۰۰ نفر پرسنل متخصص می‌باشد.

خدمات پس از فروش مناسب و سریع به منظور جلب رضایتمندی با استفاده از کادر مجرب شاغل در بخش خدمات پس از فروش و همینطور ارتقاء سطح آگاهی و آشنایی بیشتر مشتریان با عملکرد محصولات با ارائه دوره‌های آموزشی تخصصی همواره در دستور کار واحد قرار داشته است.

از پروژه‌های مهمی که در کشور توسط این واحد انجام شده است می‌توان به پروژه های صورت گرفته در فازهای مختلف پارس جنوبی، طراحی و ساخت دکل های حفاری، تجهیز بیش از ۳۰ کارخانه سیمان به غبارگیرهای صنعتی و ساخت بیش از دویست مجموعه فشار قوی جهت مراکز آموزشی اشاره کرد.

جهاد دانشگاهی علم و صنعت دارای گواهینامه ISO 9001 و گواهینامه های متعدد جهت محصولات مختلف خود است و تاکنون موفق به کسب بیش از هفت جایزه در جشنواره خوارزمی شده است.

این واحد به منظور توسعه فعالیت‌های خود دارای تفاهمنامه همکاری مشترک با شرکت‌های مطرح و صاحب تکنولوژی خارجی است.

معرفی بخش الکترونیک جهاد علم و صنعت

مرکز خدمات تخصصی ترانسفورماتورهای خاص یکی از مراکز پنج گانه جهاد دانشگاهی علم و صنعت بوده و گروه پژوهشی مهندسی قدرت متعلق به این مرکز است. هدف این مرکز کسب فناوری و دانش فنی ساخت منابع تغذیه خاص مورد استفاده در صنایع سیمان، نفت، گاز، پتروشیمی، خودروسازی، مس، آلومینیم، روی، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی در کاربردهای نظیر: فیلترهای الکترواستاتیک، کوتینگ (لایه نشانی) در خلاء، آبکاری، الکترولیز، لیزر، و ... است.

از افتخارات این مرکز کسب تأییدیه فنی از شرکت ملی نفت ایران در ساخت یکسو کننده‌های مورد استفاده در سیستم‌های حفاظت کاتدیک و ثبت آن در دفتر اختراعات و نوآوریهای صنعت برق ایران و همچنین ثبت دو طرح دیگر تحت عناوین استیلایزرهای ولتاژ و اتوترانس‌های متغییر ستونی در این دفتر را می‌توان نام برد.

فن آوری بدست آمده در زمینه ساخت ترانسفورماتورهای خاص، رکتیفایرهای جریان بالا، ولتاژ بالا و فرکانس بالا و نیز تجهیزات کنترل وابسته به آن در بسیاری از زمینه‌ها انحصار تهیه این محصولات را از بین برده و در برخی از زمینه‌ها هم رقابت بین تولیدکنندگان داخلی و خارجی را در جهت افزایش کیفیت و کاهش قیمت بالا برده است.

محصولات این مرکز حاصل تجربیات ۲۶ ساله مهندسين دلسوز و با تجربه این جهاد در کنار بررسی بهترین دستگاه‌های موجود جهانی و رعایت استانداردهای مورد نیاز صنعت بوده و تا کنون در بسیاری از صنایع فوق‌الذکر بدفعات مورد استفاده قرار گرفته است. این مرکز جز سازندگان تأیید شده شرکت نفت و گاز است.

مرکز ترانسفورماتورهای خاص دارای دو کارگاه ساخت، یک آزمایشگاه فشار قوی و یک آزمایشگاه تحقیق و توسعه با پرسنل قریب به ۴۰ نفر با سابقه کاری ۲ الی ۲۵ سال و مدارک تحصیلی تا سطح دکترا ی برق که در مدیریت‌های فنی و مهندسی، ساخت و تولید، تحقیق و توسعه و نهایتاً مشاوره و خدمات پس از فروش مشغول فعالیت هستند. این مرکز همچنین در جهت تعریف و تعیین مشخصات فنی نیازهای صنعت در زمینه‌های فوق خدمات مشاوره مهندسی نیز ارائه می‌نماید.

این مرکز بمنظور بالا بردن سطح علمی و کاربردی کارشناسان فعال در صنایع بویژه در صنعت سیمان حداقل یک نوبت در سال کلاسهای آموزشی در پژوهشکده جهاددانشگاهی برگزار می‌نماید که با استقبال بسیار از طرف کارشناسان سطوح مختلف در حوزه‌های طراحی، مشاوره، نظارت و راه‌اندازی رو برو است. همچنین این کلاسها فضای لازم جهت تبادل نظر فنی ایشان با کارشناسان این مرکز و طرح خواسته‌ها و مشکلات ایشان فراهم می‌آورد که در نهایت منجر به افزایش آگاهی از توانمندی‌ها و نیازهای متقابل شده و در جهت گیری‌های آتی را این دوره‌ها در جهت آشنایی و ارتقاء دانش فنی کارشناسان مربوطه به توانایی‌ها و امکانات موجود در جهت تأمین خواسته‌های ایشان ارائه می‌گردد.

در حال حاضر این مرکز طراحی و ساخت منابع تغذیه خاص را تا قدرت ۵۰۰ KVA، جریان ۶٫۵ KVA و ولتاژ ۱۵۰ KV و فرکانس ۱۰ KHZ را انجام و توان افزایش این توانمندی را تا قدرت ۲ MVA، جریان ۲۰ KA، ولتاژ ۲۰۰ KVA و فرکانس ۲۰ KHZ را دارا است. که البته با توجه به نیاز صنایع مرتبط این محدوده قسمت عمده از نیاز صنعت کشور را برآورده می‌سازد. دانش فنی ایجاد شده در زمینه طراحی و ساخت منابع تغذیه در این مرکز امکان طراحی و ساخت انواع منابع تغذیه خاص با کاربری‌های متفاوت در صنعت را فراهم ساخته است که در صورت اطلاع رسانی مناسب از میزان نیاز صنایع مختلف قادر به تأمین این نیازها در صنعت خواهیم بود. از آنجایی که دانش فنی ایجاد شده کاملاً بر اساس شرایط حاکم بر کشور بوده، در

بدترین شرایط و فشارهای سیاسی نیز قابلیت طراحی، ساخت و نگهداری دستگاه‌های ساخته شده توسط کارشناسان ایرانی تضمین می‌گردد. سایر توانمندی‌های این مرکز که با تکیه بر دانش فنی ایرانی کاربردی شده‌اند بشرح ذیل است:

- طراحی و ساخت سیستم تغذیه برق فیلترهای الکترواستاتیک در کارخانجات آلاینده محیط زیست
 - طراحی و ساخت سیستم تغذیه پر قدرت هوشمند جهت مصارف لایه نشانی در خلاء
- زمینه فعالیت های آتی:

- طراحی و ساخت سیستم تغذیه پر قدرت هوشمند با فرکانس بالا جهت مصارف لایه نشانی در خلاء
- طراحی و ساخت منابع تغذیه جریان بالا در محدوده جریان ۱۰۰ KA و توان ۱۰ MVA

جدول (۴-۵): اطلاعات تماس جهاد دانشگاهی علم و صنعت

تهران، نارمک، خیابان فرجام شرقی، خیابان حیدرآباد شمالی، شماره ۱۸۴	آدرس کارخانه
۷۷۴۵۵۰۰۱-۲	تلفن کارخانه
۷۷۴۵۵۰۰۳	فکس کارخانه
http://www.jdevs.com	آدرس سایت

۵-۲-۳- جهاد دانشگاهی شریف

جهاد دانشگاهی صنعتی شریف از سال ۱۳۵۹ با هدف استمرار آرمان‌های انقلاب فرهنگی، گسترش روحیه تحقیق و بهره‌برداری از یافته‌های پژوهشی، ارتقای سطح علمی خدمات تخصصی و گسترش طرح‌های کاربردی- نیمه صنعتی، ارتقاء و توسعه آموزش‌های علمی و کاربردی‌همچنین توسعه فعالیت‌های فرهنگی، فعالیت خود را آغاز کرده است.

این سازمان با اتکا به تعهد و دانش تخصصی اعضای خود و با بهره‌مندی از فضاها، امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی، به توانایی‌های تخصصی ویژه‌ای در رشته‌های فنی و مهندسی دست یافته و طی بیش از سی سال فعالیت علمی، ضمن همکاری با مراکز تحقیقاتی صنایع مختلف کشور، بیش از ۲۳۰۰ طرح و پروژه تحقیقاتی را در دوران دفاع مقدس و پس از آن، با موفقیت اجراء کرده است.

این سازمان تحقیقاتی از سال ۱۳۷۹ اقدام به تأسیس پژوهشکده توسعه تکنولوژی نموده که در حال حاضر با داشتن موافقت قطعی از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری فعالیت می‌کند. همچنین وزارت علوم این پژوهشکده را به عنوان قطب علم و فناوری اندازه گیری در کشور تعیین نموده است .

به‌طور کلی این سازمان در ۶ حوزه فناوری، سیستم‌ها و تجهیزات، مواد، خدمات آزمایشگاهی، آموزش و خدمات فرهنگی فعالیت می‌نماید و برای تأمین نیازهای تخصصی کشور از ظرفیت‌های خارج از سازمان نیز استفاده می‌گردد.

جدول (۵-۵): اطلاعات تماس جهاد دانشگاهی دانشگاه شریف

آدرس کارخانه	تهران، خیابان آزادی، بلوار شهید اکبری، خیابان شهید قاسمی، پلاک ۱۱۱
تلفن کارخانه	۵۰۱۲۷۶۶۰
فکس کارخانه	۶۶۰۱۲۴۹
آدرس سایت	http://www.jdsharif.com

جهاد دانشگاهی دانشگاه امیرکبیر و دانشگاه تهران در حال حاضر در گروه‌های تخصصی طراحی و ساخت تجهیزات درایو فعالیت ندارند ولی با توجه به امکانات آزمایشگاهی این مراکز و حضور اساتید با تجربه در این مرکز پتانسیل طراحی و ساخت در آینده نزدیک دور از ذهن به نظر نمی‌رسد.

۵-۲-۴ - جهاد دانشگاهی امیرکبیر

جدول (۵-۶): اطلاعات تماس جهاد دانشگاهی امیرکبیر

آدرس کارخانه	تهران - خیابان حافظ
تلفن کارخانه	۶۶۴۳۵۳۹۲
فکس کارخانه	۶۶۹۵۰۸۲
آدرس سایت	http://www.jdamirkabir.ac.ir/

۵-۲-۵ - جهاد دانشگاه تهران

جدول (۵-۷): اطلاعات تماس جهاد دانشگاهی تهران

آدرس کارخانه	میدان انقلاب - خیابان ۱۶ آذر - ابتدای خیابان ادوارد براون - ساختمان جهاد دانشگاهی واحد تهران - روابط عمومی
تلفن کارخانه	۶۶۹۵۸۰۰۷
فکس کارخانه	
آدرس سایت	http://www.jahat.ir/

۵-۳- شرکت‌های حوزه ساخت و تولید و آزمایش

شرکت‌های فعال در این حوزه را می‌توان به دو گروه فعال در حوزه الکترونیک قدرت و یا فعال در زمینه اتوماسیون تقسیم بندی کرد، از این بین شرکت‌های از جمله طیف آسا و برنا الکترونیک بیشتر در حوزه الکترونیک قدرت فعالیت می‌کنند و شرکت‌هایی مانند گروه صنعتی ندا در زمینه اتوماسیون صنعتی مطرح هستند، شرکت‌هایی از جمله جهاد دانشگاهی خواجه نصیر و جهاد علم و صنعت و شرکت مکو وابسته به مپنا در هر دو زمینه دارای قابلیت‌های اجرایی هستند. در ادامه لیست توانمندی‌های شرکت‌هایی که در قسمت قبل ارائه نشده، بیان می‌شوند.

۵-۳-۱- شرکت مکو(وابسته به مپنا)

مکو، اولین و تنها شرکت در زمینه طراحی و تولید تجهیزات برق و کنترل نیروگاه‌های گاز و بخار در کشور می‌باشد که در تیر ماه سال ۱۳۸۳ و با هدف ارتقاء سطح خودکفایی در صنعت برق ایران تاسیس گردید. در خرداد ماه سال ۱۳۸۳، مکو به عنوان شریک تجاری معتبری برای شرکت زیمنس آلمان، در زمینه تولید سیستم‌های کنترل توربین‌های گاز و بخار V94.2 انتخاب شد، که منجر به دریافت لیسانس مربوطه از آن شرکت گردید، در آذر ماه سال ۱۳۸۴ نیز، مکو قرارداد دیگری را در زمینه تولید سیستم‌های تحریک و راه انداز با شرکت ABB سوئیس منعقد نمود.

جدول (۵-۸): اطلاعات تماس شرکت مکو

آدرس کارخانه	ایران، کرج، کیلومتر ۶ جاده ملارد، بلوار مپنا ۳۱۶۷۶۴۳۱۱۱ صندوق پستی : ۳۱۵۸۵۱۵۵۱
تلفن کارخانه	۰۲۶ ۳۶۶۳۸۰۰۱-۱۰
فکس کارخانه	۰۲۶ ۳۶۶۳۸۰۲۰

توانمندی‌های بخش‌های مختلف شرکت مکو در ادامه معرفی می‌شوند:

بخش الکترونیک:

- سیستم تحریک ژنراتور
- سیستم راه‌انداز توربین گاز
- سایزینگ ترانس‌های تحریک و راه انداز

- کراسینگ برد سیستم راه انداز توربین گاز
- سیستم حفاظت، سنکرون و اندازه‌گیری پارامترهای ژنراتور
- سیستم زمین ژنراتور و ترانس
- سیستم حفاظت ترانس
- تجهیزات جانبی باس داکت
- سیستم اینترفیس مابین پست و نیروگاه
- ساینینگ ترانسهای اندازه‌گیری جریان
- انکلوژر ترانسهای خشک
- سنکرون مرکزی نیروگاه (MSP)

بخش کنترل و ابزار دقیق:

- سیستم کنترل گسترده نیروگاه (DCS)
- سیستم کنترل توربینهای گاز و بخار
- سیستم حفاظت توربینهای گاز و بخار
- مجتمع سازی تجهیزات کنترل و مانیتورینگ اتاق کنترل مرکزی نیروگاه
- کنترل و الکتریک تولید همزمان برق و حرارت (CHP)
- کنترل بویلر و مشترکات بخار
- کنترل و الکتریک توربوکمپرسورهای ایستگاه های تقویت فشار گاز
- کنترل و الکتریک توربوژنراتورهای ۲۵ مگاوات
- آب شیرین کن
- مدیریت بار (PMS)
- برق و کنترل توربین های صنعتی
- اسکادای صنعت نفت
- نصب، آزمایش و راه اندازی اولیه کلیه تجهیزات برق و کنترل نیروگاهی، به صورت یکپارچه، درون کانتینر

تولید، تولید، آزمایش و کنترل کیفی

با بهره گیری از تجربیات فنی ارزشمند و تجهیزات پیشرفته الکتریکی، الکترونیکی و مکانیکی، کلیه کابینت‌های کنترل و الکتریک نیروگاه‌های گاز و بخار، در فضایی به مساحت ۱۴،۰۰۰ متر مربع تولید می‌شود. مجموعه این امکانات، به همراه فرآیندهای کنترل کیفی پیشرفته، منتج به تولید محصولی بدون نقص و منطبق با استانداردهای روز صنعت برق می‌گردند. آزمایش نهایی محصولات نیز شامل فعالیت‌های اصلی زیر می‌گردد:

- بازرسی نهایی سخت افزاری سیستم‌ها

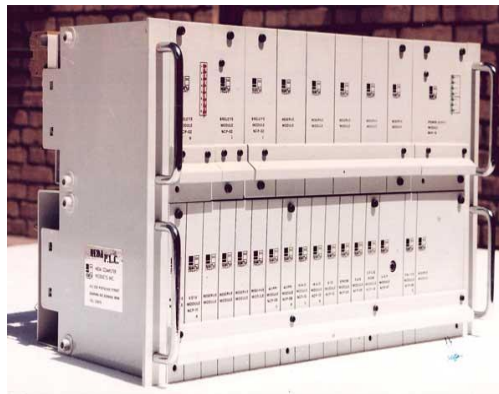
- رفع مغایرتها و انجام اصلاحات سخت افزاری
- برقدار نمودن سیستمها
- بارگذاری و تنظیم نرم افزارهای عملیاتی بر روی سیستمها
- آزمایش کامل سیگنال‌های ارتباطی سیستمها
- اجرای آزمایش‌های فانکشنال بر روی سیستمها
- انجام آزمایش‌های مقاومت عایقی
- طراحی، ساخت و توسعه تجهیزات مخصوص ایستگاه‌های آزمایش
- بازبینی و ارتقاء مستمر روش‌های آزمایش، براساس آخرین استانداردهای فنی
- انجام آزمایش‌های نهایی سیستمها در حضور نمایندگان کارفرما
- علاوه بر فعالیت‌های تولید و آزمایش، کلیه امور مرتبط با نصب کابینت‌ها در کانتینر و تجهیز نمودن کانتینرها از قبیل نصب سیستم‌های تهویه، انجام کابل کشی‌های بین کانتینری و غیره نیز، در فضای تولیدی مجهز دیگری تحقق می‌یابند.

۵-۳-۲- گروه صنعتی ندا

با ۲۵ سال سابقه کار و اجرای موفق بیش از ۱۵۰ پروژه، پیشرو در اتوماسیون صنعتی در ایران است. فعالیت شرکت، طراحی و تامین سیستم‌های کنترل، ابزار دقیق و برق نیروگاه‌ها و صنایع چه در زمینه پروژه‌های نوسازی (جایگزینی سیستم‌های کنترل قدیمی) و چه در مورد طرح‌های جدید است.

از بین رشته‌های متنوع و گوناگون صنعتی، فعالیت شرکت ندا در زمینه‌های زیر متمرکز شده است که پشتوانه هریک از آنها تجارب موفق در اجرای پروژه‌های عمده و با مشتریان شاخص از جمله شرکت مپنا، پالایشگاه تهران، پالایشگاه آبادان، مناطق نفت خیز جنوب، خطوط لوله نفت و شرکت فراب می باشد.

گروه صنعتی ندا در سال ۱۳۶۳ با نام "ریزپردازنده ندا" تاسیس شد. اولین PLC های ساخت ایران با نام "نداکوم" توسط این شرکت تولید و در بیش از چهل پروژه کوچک و متوسط مونیتورینگ در صنایع سیمان استفاده گردید. هنوز هم پس از گذشت سال‌های متمادی تعدادی از این نوع PLCها در اسکنر کوره بعضی از کارخانجات سیمان از جمله فارس، تهران، اصطهبان و ارومیه در حال کار است.



شکل (۵-۲): نمونه ای از PLC های نداکوم

در سال ۱۳۷۵ شرکت ندا موفق شد سیستم کنترل و مونیتورینگ طرح قائم ۲ ذوب آهن اصفهان با تولید ۶۰۰ هزار تن فولاد در سال را با استفاده از PLC های سری S5 زیمنس طراحی، تامین و راه اندازی کند. این کار برای اولین بار در ایران انجام شد و تا قبل از آن سیستم‌های کنترل بطور کامل از خارج وارد می شد. طرح آزمایشی قائم ۱ قبلا با استفاده از PLC های نداکوم اجرا گردیده بود.



شکل (۵-۳): اتاق کنترل شرکت ذوب آهن اصفهان (تجهیز شده توسط شرکت ندا)

در سال ۱۳۷۸ شرکت ندا به عنوان همکار ایرانی زیمنس، طی قراردادی با زیمنس، کار طراحی سیستم کنترل ۱۴ ماجول نیروگاه سیکل ترکیبی واقع در شش نیروگاه کشور را با استفاده از DCS نیروگاهی زیمنس به نام Teleperm XP آغاز نمود و اواخر سال ۷۹ اولین واحد را در نیروگاه منتظر قائم راه اندازی کرد. انتقال دانش فنی در این ابعاد نه تنها در ایران بلکه برای

شرکت زیمنس هم برای اولین بار بود که بیرون از آلمان و تحت نظارت وی انجام میگرفت. چند سال بعد شرکت ندا در پروژه ۲۲ ماجول شرکت مپنا سیستم کنترل ۹ واحد سیکل ترکیبی واقع در چهار نیروگاه کشور را به طور کامل به اجرا درآورد.



شکل (۴-۵): نمایی از تابلوهای کنترل در کارگاه ساخت ندا (تجهیز شده توسط شرکت ندا)

در سال‌های ۷۹ و ۸۰ شرکت به جایگزینی سیستم کنترل قدیمی توربوکمپرسورهای ایستگاه‌های شهدا دستیاری و مصطفوی خطوط لوله خوزستان و همچنین مجتمع پتروشیمی خارگ، با استفاده از PLCهای جدید سری S7 زیمنس پرداخت. پس از این تاریخ و با استفاده از PLCهای جدید زیمنس تعداد قابل توجهی پروژه‌های نوسازی در صنایع معدنی انجام گرفت که از آن جمله میتوان از سیمان‌های کرمان، بهبهان و خاش و همچنین ذوب آهن اصفهان نام برد.



شکل (۵-۵): نمونه ای از تابلوهای کنترل پیاده سازی شده توسط شرکت ندا (تجهیز شده توسط شرکت ندا)

شرکت مپنا یکی از مهمترین مشتریان شرکت نداست که بعد از سیستم کنترل، قراردادهای متعددی را برای تامین BOP نیروگاه‌ها منعقد کرده و تحویل گرفته است. در شهریور ۸۶ کل بخش برق و اتوماسیون کارخانه سیمان ممتازان کرمان به وسیله شرکت ندا راه اندازی شد. این هم برای اولین بار بود که یک شرکت ایرانی مسئولیت طراحی، تامین، نصب و راه اندازی یک کارخانه سیمان را از پست ۱۳۲ کیلو ولت تا تابلوهای فشار متوسط و ضعیف و سیستم‌های کنترل و ابزار دقیق را در عرض دو سال با موفقیت به انجام رسانید.

در سال‌های اخیر شرکت ندا خود را برای خدمت رسانی به بخش‌های مختلف صنایع نفت و گاز از جمله ایستگاه‌های تقویت فشار گاز، خطوط لوله و نمک زدایی مجهز نمود و همچنین برای اولین بار کار طراحی و تامین سیستم‌های کنترل و ESD فرایندهای طرح توسعه پالایشگاه تهران را با استفاده از تجهیزات HIMA بر عهده گرفت.

در حال حاضر شرکت ندا با تکیه به نیروهای متخصص و معتقد به کیفیت، با پشتوانه سال‌ها تجربه موفق در اجرای پروژه‌های برقی و اتوماسیون صنعتی، ۱۵۰۰ متر مربع زیر بنا جهت امور مهندسی و اداری به همراه ۴۰۰۰ متر مربع سوله با پروانه بهره برداری ۱۰۰۰ دستگاه تابلو در سال یکی از گزینه‌های مطرح برای اجرای پروژه‌های کنترل و ابزار دقیق است.

جدول (۵-۹): اطلاعات تماس گروه صنعتی ندا

آدرس کارخانه	تهران - خیابان شیراز جنوبی - نبش بلوار علیخانی - پلاک ۱۲
تلفن کارخانه	۸۸۶۱۱۹۱۰
فکس کارخانه	۸۸۰۳۲۰۷۰
آدرس سایت	http://fa.nedaco.com

۵-۳-۳- شرکت طیف آسا

شرکت طیف آسا در سال ۱۳۶۳ (۱۹۸۱ میلادی) با هدف طراحی و تولید تابلوهای L.V و تولید تابلوهای برق ترانس ایزوله بیمارستانی (به عنوان یکی از اولین تولیدکنندگان این نوع تابلوهای ایران) و باتری شارژر در اداره ثبت شرکت‌های تهران تحت شماره ۵۴۹۹۲ به ثبت رسید و فعالیت خود را جهت ارائه خدمات به بیمارستانها و کارخانجات، صنایع، برق‌های منطقه ای و نیروگاه‌ها ادامه داد. در سال ۱۳۷۳ (۱۹۹۱ میلادی) ساخت تابلوهای M.V را تا سطح KV۳۶ به محصولات خود اضافه نمود. شرکت به تدریج با رشد کمی و کیفی حاصله به عنوان یکی از ارکان تولید و اجرا پست‌های برق M.V و تابلوهای L.V و M.V و کنترل در کشور مطرح گردید.

شرکت در سال ۱۳۸۵ (۲۰۰۷) موفق شد با مشارکت ELKO ترکیه پست‌های برق کمپکت پیش ساخته و تابلوهای MV کمپکت و تابلوهای RMU را تحت لیسانس همین شرکت به محصولات خود اضافه نماید.

در حال حاضر شرکت با به کارگیری انواع ماشین آلات CNC و NC، هیدرولیک پانچ و خم و برش در کنار ماشین آلات دیگر و نیروی کار متخصص و توانمند و کارآمد در فضایی به مساحت مجموعاً ۷۰۰۰ متر مربع که ۳۰۰۰ متر مربع آن فضای تولیدی بوده قادر به تولید انواع پستهای کمپکت پیش ساخته و تابلوهای فشار متوسط ثابت و کشویی M.V تا سطح KV۳۶، تابلوهای فشار ضعیف قدرت و توزیع، تابلوهای کنترل و پروسس و PCC، تابلوهای کشویی MCC، حفاظت پستها و نیروگاه‌ها، اندازه گیری AC/DC، بانکهای خازنی LV, MV و همچنین تابلوهای برق ترانس ایزوله بیمارستانی در حجم بالا به طور همزمان می باشد.

- عضویت در انجمن صنفی تابلوکنندگان تابلوهای برق
- عضویت در سندیکای صنعت برق ایران

- عضو و سهامدار آزمایشگاه صنعت برق

جدول (۵-۱۰): اطلاعات تماس شرکت طیف اسا

آدرس کارخانه	خیابان آزادی، خیابان علی دهقان، نبش خیابان سعید افشاریان، پلاک ۱
تلفن کارخانه	۶۶۰۰۵۰۴۳
فکس کارخانه	۶۶۰۲۳۹۰۷
آدرس سایت	http://www.tayfasa.com/

۵-۳-۴- شرکت برنا الکترونیک

در حال حاضر محصولات برنا الکترونیک در ۶ دسته به شرح زیر تولید عرضه می گردد: سیستم های حفاظت کاتدیک ، مقاومت های الکترونیکی صنعتی ، منابع تغذیه AC/DC ، رله های الکترونیکی ، کنترل دور موتور های AC و اینورتر و خدمات مونتاژ بردهای الکترونیکی به روش SMD

جدول (۵-۱۱): اطلاعات تماس شرکت برنا الکترونیک

آدرس کارخانه	تهرلن خیابان شهید رجایی پلاک ۱۸۱
تلفن کارخانه	۰۲۱۸۸۶۰۳۶۵۳
فکس کارخانه	۰۲۱۵۵۵۴۳۲۰۰
آدرس سایت	http://borna-co.bpolb.com/s

۵-۴- شرکت های حوزه نصب و راه اندازی

در این حوزه شرکت های بسیار زیادی فعال هستند که از جمله مهم ترین آنها می توان به گروه صنعتی ندا، جهاد دانشگاهی خواجه نصیر و علم و صنعت، و شرکت پتسا صنعت اشاره کرد. قسمتی از توانمندی شرکت هایی که در بخش های قبلی بیان نشده، در ادامه ارائه می شود.

۵-۴-۱- شرکت پتسا صنعت

گروه صنعتی پتسا با تکیه بر پیشرفته‌ترین فناوری روز دنیا در زمینه‌های اتوماسیون، ابزار دقیق و مخابرات، ارائه دهنده خدمات جامع مهندسی، تامین تجهیزات، تولید سیستم‌ها و کامپیوترهای صنعتی در پروژه‌های مختلف کشور می‌باشد. این گروه متشکل از دو شرکت ایرانی پتساصنعت، آریا ابزار دقیق و سه شرکت منطقه‌ای می‌باشد که هر یک از پشتیبانی شرکت‌های همکار معتبر بین‌المللی به همراه تجربه و ساختار منظم گروه بهره‌مندی می‌برند. گروه صنعتی پتسا فعالیت خود را در سال ۱۳۷۰ از واحد صنعتی شرکت پتسا آغاز نمود و در سال ۱۳۷۸ با نام شرکت پتساصنعت در قالب سه واحد اتوماسیون، ابزار دقیق و پروژه با تمرکز بیشتر به ارائه خدمات تخصصی خود ادامه داد.

از سال ۱۳۸۴ با اتمام عملیات ساخت کارخانه در شهرک صنعتی پرند، فعالیت‌های تولیدی این گروه مشتمل بر کامپیوترهای صنعتی، تابلوهای کنترل و برخی اقلام ابزار دقیق با ظرفیت بیشتری ادامه یافت. در پاسخ به گسترش و تنوع فعالیت‌های تخصصی، نیاز به افزایش راندمان و ایجاد فضای رشد بیشتر، ایده تبدیل واحدها به شرکت‌های مستقل در چهارچوب گروه صنعتی پتسا، از سال ۱۳۷۸ با تاسیس شرکت آریا ابزار دقیق اجرایی گردید.

شرکت پتساصنعت ارائه دهنده خدمات جامع در تامین محصولات سیستم‌های اتوماسیون و اجرای پروژه‌های مرتبط با استانداردهای ملی و بین‌المللی می‌باشد:

ارائه خدمات مهندسی و ساخت سیستم‌های کنترل:

- ارائه خدمات مشاوره‌ای و طراحی کلی سیستم
- طراحی و مهندسی تفصیلی
- ساخت تابلوهای کنترل
- آزمایش نهایی با حضور خریداران
- نظارت بر نصب و راه‌اندازی
- خدمات و پشتیبانی فنی سیستم‌های ارائه شده

• ارائه راه‌حل‌های جامع، ساخت و تامین تجهیزات:

- سیستم‌ها و تجهیزات شبکه‌های صنعتی
- سیستم‌ها و تجهیزات اتوماسیون صنعتی
- سیستم‌ها و تجهیزات اتوماسیون روزمره
- سیستم‌ها و تجهیزات تله‌متری و اسکادا



- ساخت و تامین کامپیوترهای صنعتی
- ارائه خدمات پشتیبانی فنی

پیوست ۱:

لیست شرکت‌ها و کارخانجات تولید کننده فولاد در

ایران

نام شرکت	سایت
شرکت فولاد مبارکه اصفهان	www.mobarakeh-steel.ir
شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان	www.esfahansteel.com
شرکت فولاد خوزستان	www.ksc.ir
شرکت گروه ملی صنعتی فولاد ایران	www.insigroup.com
فولاد آذربایجان	
مجتمع فولاد خراسان	www.khorasansteel.com
البرز تاختستان	
ذوب آهن اردبیل	
فولاد الیگودرز	www.aligoodars.net
فولاد اصفهان	
شرکت نورد فولاد صنعتی و ساختمانی یزد	www.yazdrollingmill.com
نورد و لوله اهواز	www.arpcosteel.com
شرکت گروه صنعتی نورد نوشهر	
فولاد آلیاژی اصفهان	www.iasc.ir
صنایع فولاد کرمان	www.kermansteelcom.com
سدید ریخته گر	
فولاد تاختستان	
شرکت نورد فولاد کرمانشاه	www.nfk.ir
فولاد آلیاژی ایران	www.iranalloysteel.com
بویر صنعت	www.baqeri.ir
فولاد کاویان	www.kaavian.com
مجتمع فولاد جنوب	www.southsteelco.com
جهان صنعت	
دنا پارس آسیا	
شرکت فولاد حدید یزد	www.fhy.ir
شرکت فولاد سیادن	www.siadden.com
فولاد قزوین	
مجتمع فولاد پارس	
مجتمع فولاد گیلان	www.ferrogilan.com
شرکت مجتمع ذوب و ریخته گری فولاد ویان	www.viscosteel.com
نورد حدید طوس	
شرکت نورد فولاد گیلان	www.nfgco.ir

نام شرکت	سایت
شرکت نورد و تولید قطعات فولادی	www.ghataat.com
ایمن تک طبرستان	www.mitiranco.com
شرکت مجتمع فولادی توس حجت	www.mfth.co.ir
فولاد سپید فراب کویر	www.kavirsteel.ir
سهند استیل آریا	
شرکت شیراز پولاد نورد	www.pooladgroup.com
ذوب فولاد اردکان	
فولاد سازان جم	www.fsjam.com
فولاد شاهرود	www.shahroodsteelco.com
صنایع فولاد کوهپایه	www.kouhpayesteel.com
ماهکار فلز	
ذوب فولاد نگین خلیج فارس	
نورد آریان فولاد	
نورد فولاد کسری	
هفت الماس	www.seven-diamonds.com
مجتمع فولاد امیرکبیر خزر	www.aks-co.ir
جهان فولاد غرب	www.jahanfoulad-co.com
ذوب آهن و نورد کرمان	
فولادین ذوب آمل	
فولاد شاهین بناب	
فولاد صنعت بناب	
آهن و فولاد صنایع کاوه تهران	www.sanikaveh.com
فرآیند فولاد پایدار	
صنایع آلیازی یزد	
فولاد ارومیه	www.os-co.com
فولاد خرم آباد	
صنایع فولاد نطنز	
مجتمع فولاد اردکان	www.arsco.ir
فولاد غرب آسیا	www.wasco-ir.com
ذوب و نورد خلیج فارس	www.siadden.com
ذوب آهن البرز غرب	www.wasteelco.ir
تعاونی نورد کاران ایرانیان	www.tnfi.ir

نام شرکت	سایت
صنایع تولیدی نورد گرم فلز	www.garmfelez.com
صنایع فولاد پردازان رادین	www.fpradin.com
مجتمع فولاد البرز غرب	www.wasteelco.ir
صنایع نورد پیشرو حدید	navard.sme.ir
فرآوری ضایعات فولادی احیاکار مینا	
مجتمع فولاد آریا ذوب	
مرکز خدمات فولاد ایران	www.irsteel.com
فولاد میبد	
صبا فولاد زاگرس	www.sabasteel.ir
آهن و فولاد الوند	
صبا فولاد خلیج فارس	www.sabafoolad.ir

نتیجه گیری

در این گزارش مفاهیم و تعاریف اصلی در ادبیات زنجیره ارزش معرفی و به صورت مختصر توضیح داده شد. پس از آن، زنجیره ارزش ساخت موتورهای الکتریکی و همچنین درایوهای الکترونیک قدرت مورد نیاز در این صنعت برای کشور ایران معرفی و توضیح داده شد و مدل دیاگرامی زنجیره ارزش ساخت موتورهای الکتریکی و سیستم درایو الکترونیک قدرت در ایران معرفی شد. در این دیاگرام که به چهار بخش کلی مواد اولیه، سازندگان ماشین‌های الکتریکی، تجمیع کنندگان تجهیزات صنعتی و مصرف کنندگان تقسیم بندی شده است، به صورت کلی نمایی از روند تبدیل مواد اولیه به یک محصول نهایی قابل نصب در تجهیزات و صنایع نمایش داده شده است. در ادامه به بحث اصلی تامین مواد اولیه مورد نیاز در صنعت ماشین‌های الکتریکی اشاره شد و مواد اولیه اصلی مانند فولاد الکتریکی، مس و غیره، معرفی و نحوه دسترسی در ایران به این محصولات معرفی شد. سپس تمامی سازندگان مطرح در کشور مورد ارزیابی قرار گرفته شده و توانمندی‌های آنها بر اساس استعلامات در قالب جداولی ارائه شد.

همچنین، امکانسنجی ساخت درایو الکترونیکی در داخل کشور مورد بررسی قرار گرفت و زنجیره ارزش مربوط به آن استخراج شده است. در ابتدا لیستی از قطعات اولیه مورد نیاز در تولید درایوهای الکترونیکی که شامل قطعات الکترونیک قدرت و الکترونیکی می باشند، ارائه شده و با توجه به اینکه این قطعات در داخل ساخته نمی شوند تعدادی از شرکت‌های معتبر بین المللی در این زمینه معرفی شدند. همچنین برخی از شرکت‌هایی که در واردات این قطعات در چند سال اخیر فعال بوده اند معرفی شده اند. در ادامه شرکت‌های داخلی که در زمینه طراحی و مشاوره درایوهای الکترونیکی فعال هستند به همراه توانمندی‌های آنها و اطلاعات تماس، معرفی شدند. سپس، شرکت‌های فعال در حوزه ساخت و تجهیز و آزمایش قطعات الکترونیک قدرت و الکترونیکی در کشور معرفی شده و توانمندی‌های آنها از نظر پروژه‌های انجام شده، آزمایشگاه‌ها و بخش‌های تخصصی ارائه شده است. لازم به ذکر است فرم‌های امکانسنجی ساخت درایو برای بیش از ده شرکت فعال در این حوزه و همچنین حدود سی نفر از اساتید مطرح در دانشگاه‌های بزرگ کشور ارسال شده است که سعی شده جوایبه شرکت‌ها و افرادی که در این نظرسنجی شرکت کرده‌اند.

مراجع

- [1]. Selection of electrical steels for magnetic cores, AK Steel Corporation, 2007.
- [2]. Acestia-Company, "Electrical Steels," 2007 ,pp. 1-8.
- [3]. Boldea, and S. A. Nasar, Induction Machines Handbook, USA: CRC Press, 2002.
- [44]. <http://toproll.net/stpage.aspx?pid=1580>
- [5]. SglCarbon. "Thirty Times Less Wear Thanks to New Slip-Ring Technology," <http://www.sglcarbon.com/sg/news/n3>
- [6]. Siemens. "New Slip-ring Technology for Generators," Siemens Company.
- [7]. www.fangenerator.com
- [8]. www.turbogen.co.ir
- [9]. www.motogen.com
- [10]. www.roshdsanatniroo.com
- [11]. www.jemcomotor.ir
- [12]. www.electrogenco.com

- فهرست مطالب

- ۱- طرح جایگزینی الکترو موتورهای کولرهای آبی ۲
- ۱-۱- برآورد تعداد کولرهای آبی خانگی در کشور ۳
- ۲-۱- بررسی وضعیت مصرف انرژی الکتروموتورهای موجود ۳
- ۳-۱- معرفی الکتروموتور جایگزین ۵
- ۱-۳-۱- موتور القایی سه فاز ۶
- ۲-۳-۱- آهنربای دائم ۶
- ۳-۳-۱- موتورهای رلوکتانسی ۷
- ۴-۱- محاسبه سهم بازار الکتروموتورهای منتخب ۷
- ۵-۱- برآورد صرفه جویی انجام شده ۸
- ۱-۵-۱- صرفه جویی دیماندر مورد نیاز ۸
- ۲-۵-۱- صرفه جویی ناشی از کاهش مصرف انرژی ۹
- ۳-۵-۱- صرفه جویی ناشی از عدم تولید گازهای آلاینده ۱۰
- ۶-۱- برآورد هزینه خط تولید الکتروموتورهای منتخب ۱۱
- ۲- طرح جایگزینی کمپرسورهای یخچال / فریزر خانگی ۱۳
- ۱-۲- برآورد تعداد یخچال، فریزر، و یخچال/فریزر خانگی موجود در کشور ۱۴
- ۲-۲- بررسی وضعیت مصرف انرژی توسط یخچال، فریزر، و یخچال/فریزرهای خانگی ۱۵
- ۳-۲- معرفی موتور-کمپرسور جایگزین ۱۵
- ۴-۲- محاسبه سهم بازار الکتروموتور منتخب ۱۶
- ۵-۲- برآورد صرفه جویی انجام شده ۱۷
- ۱-۵-۲- صرفه جویی ناشی از دیماندر ۱۷
- ۲-۵-۲- صرفه جویی ناشی از کاهش مصرف انرژی ۱۷

- ۲-۵-۳- صرفه جویی ناشی از عدم تولید گازهای آلاینده..... ۲۰
- ۲-۶- برآورد هزینه خط تولید کمپرسور منتخب ۲۲
- ۲-۷- گزینه های میان مدت و بلند مدت برای جایگزینی کمپرسور یخچال/فریزرهای خانگی..... ۲۳
- ۳- طرح افزایش بازده انرژی سیستم‌های متکی به نیرو محرکه موتورهای الکتریکی نصب شده در صنعت..... ۲۴
- ۳-۱- مصرف انرژی موتورهای الکتریکی بخش صنعت ۲۵
- ۳-۲- پیش فرض‌های هر یک از صنایع ۲۸
- ۳-۳- نتایج حاصله از برآورد انرژی ۳۰
- ۳-۴- مطالعات بهینه سازی ۳۶
- ۳-۵- افزایش بازده موتورهای الکتریکی ۴۰
- ۳-۶- افزایش بازده با استفاده از نصب VSD ۴۳
- ۳-۷- صرفه جوئی سالانه در بخش صنعت ۴۶
- ۳-۸- سناریو پیشنهادی برای اجرای طرح جایگزینی موتورهای بازده بالا ۴۷
- ۳-۹- سناریو پیشنهادی برای اجرای طرح استفاده از VSD در صنایع ۵۵
- ۴- طرح توسعه فناوری موتورهای الکتریکی توان بالا ۶۰
- ۴-۱- آمار و اطلاعات موتورهای الکتریکی با توان بیش از ۷۵۰ کیلووات در صنعت کشور ۶۱
- ۴-۲- لزوم و اهمیت دستیابی به فناوری طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی بزرگ ۶۲
- ۴-۲-۱- عدم تطابق بار ۶۲
- ۴-۲-۲- دستیابی به فناوری طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی مغناطیس دائم توان بالا ۶۳
- ۴-۲-۳- دستیابی به فناوری طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی ابرسانا ۶۸
- ۴-۳- پیشنهاد طرح توسعه فناوری موتورهای الکتریکی توان بالا ۷۶
- ۵- طرح کسب دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای کشنده ۷۷
- ۵-۱- خودروهای الکتریکی ۷۹

- ۸۱-۱-۵- نیازمندیهای موتورهای کشنده..... ۸۱
- ۸۲-۱-۵- موتورهای DC ۸۲
- ۸۳-۱-۵- موتور القائی..... ۸۳
- ۸۶-۱-۵- موتورهای سنکرون آهنربای دائم (PMSM)..... ۸۶
- ۹۰-۱-۵- موتورهای سوئیچ رلوکتانس..... ۹۰
- ۹۲-۱-۵- موارد تجاری شده..... ۹۲
- ۹۴-۱-۵- برنامه ها و نقاط هدف در موتورهای کشنده..... ۹۴
- ۹۶-۱-۵- سابقه فعالیتهای تحقیقاتی در مورد موتورهای کشنده خودرو در ایران..... ۹۶
- ۹۶-۲-۵- موتورهای کشنده قطار..... ۹۶
- ۹۷-۱-۲-۵- موتورهای AC..... ۹۷
- ۱۰۱-۲-۲-۵- شبکه ریلی کشور..... ۱۰۱
- ۱۰۸-۳-۵- برنامه راهبردی..... ۱۰۸
- ۱۱۵-۶- طرح بهبود مصرف انرژی الکتروپمپهای چاههای آب کشاورزی..... ۱۱۵
- ۱۱۶-۱-۶- برآورد تعداد چاههای آب کشاورزی دارای پروانه بهره برداری در داخل کشور..... ۱۱۶
- ۱۱۷-۲-۶- بررسی وضعیت مصرف انرژی توسط چاههای آب کشاورزی..... ۱۱۷
- ۱۱۷-۳-۶- مقایسه استفاده از الکتروپمپ شناور و الکتروپمپ شفت و غلافی..... ۱۱۷
- ۱۱۷-۱-۳-۶- مقایسه توان و انرژی مصرفی..... ۱۱۷
- ۱۱۸-۲-۳-۶- مقایسه هزینه های لازم برای برقرار کردن..... ۱۱۸
- ۱۱۸-۴-۶- مقایسه برقرار کردن چاههای آب کشاورزی کشور از نظر تفاوت بکارگیری الکتروپمپ شناور با سیستم شفت و غلافی..... ۱۱۸
- ۱۱۹-۵-۶- ارائه پیشنهاد برای بهبود مصرف انرژی چاههای آب کشاورزی..... ۱۱۹
- ۱۲۰-۱-۵-۶- برقرار کردن چاههای آب کشاورزی دیزلی باقیمانده با بکارگیری الکتروپمپ شناور و عدم استفاده..... ۱۲۰

- از سیستم شفت و غلافی ۱۲۰
- ۶-۵-۲- جایگزینی الکتروپمپ های شفت و غلافی موجود با الکتروپمپ های شناور ۱۲۰
- ۶-۵-۳- استفاده از درایوهای سرعت- متغیر در الکتروپمپ های شناور چاه‌های آب کشاورزی ۱۲۰
- ۶-۵-۴- استفاده از موتورهای الکتریکی با بازده بهبودیافته در مقایسه با موتورهای القایی رایج ۱۲۱
- ۷- طرح "آزمایشگاه مرجع دینامومتری ماشین‌های الکتریکی توان متوسط و توان بالا" ۱۲۴
- ۷-۱- ضرورت ایجاد آزمایشگاه: ۱۲۵
- ۷-۱-۱- موتورهای توان بالا ۱۲۵
- ۷-۱-۲- موتورهای توان متوسط ۱۲۶
- ۷-۲- نیاز صنعت کشور به تاییدیه معتبر برای محصولات داخلی ۱۲۶
- ۷-۳- آزمایشگاه‌های موتورهای الکتریکی توان بالا مشابه در سایر کشورها ۱۲۷
- ۷-۳-۱- آزمایشگاه ۲۰ مگا ولت آمپری شرکت WEG ۱۲۷
- ۷-۳-۲- آزمایشگاه ۵ مگاواتی دانشگاه فلوریدا ۱۲۸
- ۷-۳-۳- آزمایشگاه شرکت Bradley ۱۲۸
- ۷-۳-۴- آزمایشگاه شرکت AW Dynamometer ۱۲۸
- ۷-۳-۵- آزمایشگاه تست توربین بادی مرکز تحقیقات انرژی های نو آمریکا (NREL) ۱۲۹
- ۷-۳-۶- آزمایشگاه تست توربین بادی شرکت Renk Test System ۱۳۰
- ۷-۳-۷- آزمایشگاه تست توربین بادی مرکز تحقیقات انرژی های نو انگلستان (NAREC) ۱۳۰
- ۷-۳-۸- آزمایشگاه تست توربین بادی مرکز تحقیقات انرژی های نو اسپانیا (CENER) ۱۳۱
- ۷-۳-۹- آزمایشگاه تست توربین بادی شرکت YUANDA چین ۱۳۳
- ۷-۴- انتخاب بازه توانی آزمایشگاه الکتروموتورهای توان بالا و تجهیزات مورد نیاز: ۱۳۳
- ۷-۵- هزینه‌های تاسیس آزمایشگاه ۱۳۴
- ۷-۶- پیش‌بینی درآمدهای آزمایشگاه ۱۳۶

- ۸- ساختار پیشنهادی برای مرکز ملی توسعه فناوری ماشین‌های الکتریکی ۱۳۷
- ۸-۱- مقدمه ۱۳۸
- ۸-۲- بررسی وظایف مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی ۱۳۸
- ۸-۲-۱- برخورداری از تلفات انرژی پایین‌تر ۱۳۸
- ۸-۲-۲- دارای جایگاه مناسب در امر تحقیق و توسعه، با تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصان توانمند ۱۳۹
- ۸-۲-۳- جایگاه اول منطقه در عرصه طراحی، تولید با رویکرد صادراتی و جایگاه نخست مصرف در داخل ۱۴۰
- ۸-۲-۴- برخورداری از فضای کسب و کار پایدار و پویا با حضور سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی ۱۴۱
- ۸-۳- ساختار مرکز ملی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی ۱۴۲
- ۹- اهداف خرد فناورانه ۱۴۵
- ۹-۱- مقدمه ۱۴۶
- ۹-۲- اهداف کوتاه مدت ۱۴۶
- ۹-۲-۱- بخش تحقیق و توسعه ۱۴۶
- ۹-۲-۲- بخش تجاری سازی و تولید ۱۴۶
- ۹-۳- اهداف میان مدت ۱۴۶
- ۹-۳-۱- بخش تحقیق و توسعه ۱۴۶
- ۹-۳-۲- بخش تجاری سازی و تولید ۱۴۷
- ۹-۴- اهداف بلندمدت ۱۴۷
- ۹-۴-۱- بخش تحقیق و توسعه ۱۴۷
- ۹-۴-۲- بخش تجاری سازی و تولید ۱۴۸
- ۹-۵- پیشنهاد نحوه اکتساب فناوری‌ها و بازیگران ۱۵۰
- ۱۰- شناسنامه اقدامات مدیریتی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی ۱۵۳
- ۱۰-۱- شناسنامه اقدامات ۱۵۴



سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی انواع موتورهای مورد نیاز
در صنعت برق

و

ویرایش اول، شهریور ۱۳۹۴

فاز ۵: برنامه تحلیلی و تهیه ره نگاشت

۱۰-۲- هزینه و زمان اجرای اقدامات ۱۶۶

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: درصد سهم بازار الکتروموتورها در افق های زمانی ۸
- شکل ۱-۲: صرفه جویی دیمانند الکتروموتورهای منتخب در افق های زمانی ۹
- شکل ۱-۳: صرفه جویی انرژی مصرفی الکتروموتورهای منتخب در افق های زمانی ۱۰
- شکل ۱-۲: پیش بینی سهم کمپرسور BLDC از بازار تا افق ۱۴۰۴ ۱۷
- شکل ۲-۲: صرفه جویی دیمانند در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ ناشی از جایگزینی کمپرسورهای فعلی ۱۸
- شکل ۳-۲: میزان صرفه جویی ریالی دیمانند در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ ناشی از جایگزینی کمپرسورهای فعلی یخچال/فریزر با کمپرسور با موتور BLDC ۱۸
- شکل ۴-۲: میزان صرفه جویی انرژی در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ ناشی از جایگزینی کمپرسورهای فعلی یخچال/فریزر با کمپرسور با موتور BLDC ۱۹
- شکل ۵-۲: میزان صرفه جویی ریالی انرژی در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ ناشی از جایگزینی کمپرسورهای فعلی یخچال/فریزر با کمپرسور با موتور BLDC ۱۹
- شکل ۶-۲: میزان کاهش تولید CO₂ در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ ناشی از جایگزینی کمپرسورهای فعلی یخچال/فریزر با کمپرسور با موتور BLDC ۲۱
- شکل ۷-۲: میزان صرفه جویی ریالی ناشی از عدم تولید گازهای آلاینده در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ ناشی از جایگزینی کمپرسورهای فعلی یخچال/فریزر با کمپرسور با موتور BLDC ۲۱
- شکل ۱-۳، الف و ب: نحوه توزیع انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف مصرف کننده در ایران ۲۶
- شکل ۲-۳: نحوه توزیع انرژی الکتریکی در کل مصرف کننده ها ۲۷
- شکل ۳-۳: نحوه توزیع انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف صنایع ۲۷
- شکل ۴-۳: نحوه توزیع انرژی الکتریکی در بین ۱۱ صنعت مورد بحث ۳۱
- شکل ۵-۳: نحوه توزیع انرژی الکتریکی مصرفی سیستم‌های موتوری در بین ۱۱ صنعت مورد بحث ۳۲
- شکل ۶-۳: توان موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث ۳۳

- شکل ۳-۷: دیمند موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث ۳۴
- شکل ۳-۸: انرژی الکتریکی مصرفی موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث در کاربردهای مختلف ۳۵
- شکل ۳-۹: انرژی الکتریکی مصرفی موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث در بازه های توانی مختلف ۳۵
- شکل ۳-۱۰: توان الکتریکی مصرفی موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث در بازه های توانی مختلف ۳۶
- شکل ۳-۱۱: کاهش انرژی الکتریکی مصرفی موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث در کاربردهای مختلف ۳۹
- شکل ۳-۱۲: میزان کاهش انرژی الکتریکی مصرفی موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث در کاربردهای مختلف نسبت به انرژی مصرفی همان کاربرد ۳۹
- شکل ۳-۱۳: کاهش انرژی الکتریکی مصرفی موتورهای نصب شده در صنایع با استفاده از روش های مختلف ۴۰
- شکل ۳-۱۴: کاهش انرژی مصرفی موتورهای نصب شده با بالا بردن استاندارد موتورها به IE3 ۴۲
- شکل ۴-۱: : مقایسه بازدهی موتورهای آهنربای دائم و القایی ۶۴
- شکل ۴-۲: (الف) پیاده سازی اولین سیستم direct drive به عنوان جایگزینی برای سیستم موتور-گیربکس توسط کمپانی ABB در کشور فنلاند، (ب) کاهش فضای اشغال شده در صورت استفاده از موتور آهنربای دائم با اتصال مستقیم به بار در مقایسه با سیستم موتور-گیربکس ۶۶
- شکل ۴-۳: (الف)- موتور آهنربای دائم با توان 36.5 MW و سرعت 127 rpm ساخته شده توسط کمپانی DRS Technologies برای استفاده در سیستم پیشرانس کشتی، (ب) مشخصات فنی ۶۷
- شکل ۴-۴: رتور قطب برجسته با سیم پیچ تحریک HTS ۷۰
- شکل ۴-۵: کلاف تحریک ابررسانا مربوط به رتور یک ماشین سنکرون که توسط شرکت American super conductors ساخته شده است. الف- کلاف ب- کلاف و کفشک قطب فرومغناطیس. فلش ها نیز جهت تنشهای مکانیکی را نشان می دهند. ۷۰
- شکل ۴-۶: مقایسه حجم موتورهای الکتریکی سنکرون ابررسانا با نمونه های کلاسیک بر حسب توان های مختلف با کاربرد در سیستم پیشرانس کشتی ۷۱

- شکل ۴-۷: مقایسه وزن موتورهای الکتریکی سنکرون ابررسانا با نمونه های کلاسیک بر حسب توان های مختلف با کاربرد در سیستم پیشرانس کشتی ۷۲
- شکل ۴-۸: مقایسه بازده موتورهای الکتریکی ابررسانا، و موتورهای القایی و سنکرون کلاسیک مورد استفاده در سیستم پیشرانس کشتی بازای بارهای مختلف ۷۳
- شکل ۴-۹: الف- موتور سنکرون ابررسانا با توان 5 MW برای سیستم پیش رانش کشتی در حال تست در کارخانه Alstom ب- موتور سنکرون ابررسانا با توان 36.5 MW برای سیستم پیش رانش نسل جدید کشتی های جنگی نیروی دریایی امریکا ساخته شده توسط شرکت AMSC ۷۵
- شکل ۵-۱: نمایی از اولین خودرو های الکتریکی ۷۸
- شکل ۵-۲: نمایی از اولین لوکوموتیوهای الکتریکی ۷۹
- شکل ۵-۳: انواع ساختارهای موتورهای الکتریکی کشنده ۸۰
- شکل ۵-۴: مشخصه استاندارد یک موتور الکتریکی مورد استفاده در EV و HEV ۸۲
- شکل ۵-۵: یک نمونه HEV با موتور DC ۸۳
- شکل ۵-۶: نمایی از موتورهای القایی مورد استفاده در خودروهای الکتریکی و هیبریدی ۸۴
- شکل ۵-۷: منحنی عملکردی موتور القایی در کاربرد موتورهای کشنده ۸۴
- شکل ۵-۸: نمونه ای از منحنی عملکردی موتور القایی در کاربرد موتورهای کشنده با درایو دور متغیر ۸۵
- شکل ۵-۹: نمونه ای از منحنی عملکردی یک موتور کشنده القایی تجاری ۸۶
- شکل ۵-۱۰: نمونههایی از موتورهای کشنده از نوع PMSM ۸۷
- شکل ۵-۱۱: مشخصه عملکردی موتورهای کشنده از نوع PMSM ۸۸
- شکل ۵-۱۲: مشخصه عملکردی موتورهای کشنده از نوع PMSM و تاثیر زاویه هدایت و کنترل آن ۸۹
- شکل ۵-۱۳: نمونه ای از ساختار موتورهای PMSM ۹۰
- شکل ۵-۱۴: منحنی مشخصه موتور سوئیچ رلوکتانس ۹۱
- شکل ۵-۱۵: نمایی از یک موتور سوئیچ رلوکتانس ۹۲

- شکل ۵-۱۶: نمونه ای از محصولات تجاری شده موتورهای کشنده آنها..... ۹۳
- شکل ۵-۱۷: نمونه ای از جداول ارزشیابی ارائه شده در مقالات ۹۴
- شکل ۵-۱۸: سیاست گذارهای موتورهای کشنده در کشور آمریکا ۹۴
- شکل ۵-۱۹: موقعیت برخی از سازندگان خودروهای الکتریکی نسبت به هدفهای برنامه موتورهای کشنده در کشور آمریکا ۹۵
- شکل ۵-۲۰: موقعیت برخی از سازندگان خودروهای الکتریکی نسبت به هدفهای برنامه موتورهای کشنده در کشور آمریکا ۹۵
- شکل ۵-۲۱: سهم کاهش هزینه های هر یک از بخش‌های موتور کشنده در برنامه موتورهای کشنده کشور آمریکا ۹۶
- شکل ۵-۲۲: مقایسه میزان تلفات دو موتور ۱۲۰ کیلوواتی ۹۸
- شکل ۵-۲۳: مقایسه میزان مصرف انرژی دو موتور ۲۵۰ کیلوواتی ۹۸
- شکل ۵-۲۴: میزان انرژی مصرفی دو موتور PMSM و IM ۲۵۰ کیلوواتی ۹۹
- شکل ۵-۲۵: نمونه ای از موتورهای PMSM نصب شده بر روی شاسی (AGV) ۱۰۰
- شکل ۵-۲۶: نمونه‌های منحنی عملکردی لوکوموتیو (AGV) با موتورهای PMSM ۱۰۰
- شکل ۵-۲۷: نمونه هایی از منحنی های عملکردی لوکوموتیوهای با موتورهای IM ساخت شرکت زیمنس ۱۰۱
- شکل ۷-۱: مدار تک خطی آزمایشگاه شرکت WEG ۱۲۸
- شکل ۷-۲: ساختار میز تست دینامومتر ۲/۵ مگاواتی NREL ۱۲۹
- شکل ۷-۳: آزمایشگاه تست توربین بادی شرکت Renk test system ۱۳۰
- شکل ۷-۴: آزمایشگاه توربین بادی NAREC ۱۳۱
- شکل ۷-۵: نمایی از آزمایشگاه تست توربین بادی ۸ مگاواتی CENER اسپانیا ۱۳۲
- شکل ۷-۶: نمایی از آزمایشگاه تست توربین بادی شرکت YUANDA چین ۱۳۳
- شکل ۸-۱: چارت سازمانی پیشنهادی برای مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی ۱۴۳

فهرست جداول

- جدول ۱-۱: برآورد تعداد کولرهای آبی خانگی کشور تا افق ۱۴۰۴ ۳
- جدول ۱-۲: مشخصات فنی الکتروموتورهای خازن دائم در کولرهای آبی ۴
- جدول ۱-۳: مقادیر توان مصرفی انواع الکتروموتورهای القایی تکفاز کولرهای آبی ۴
- جدول ۱-۴: دیماندر مورد نیاز و مصرف انرژی الکتریکی سالیانه الکتروموتورهای کولر های آبی ۵
- جدول ۱-۵: متوسط هزینه اجتماعی و انتشار آلاینده ها از نیروگاه های کشور ۱۱
- جدول ۱-۶: میزان انتشار گازهای آلاینده به ازای تولید یک کیلو وات ساعت انرژی ۱۱
- جدول ۱-۲: برآورد تعداد یخچال و فریزر خانگی موجود در کشور ۱۴
- جدول ۲-۲: میزان انرژی مصرفی سالیانه و توان مصرفی یخچال و فریزر خانگی موجود در کشور ۱۵
- جدول ۳-۲: مشخصات دو نوع موتور کمپرسور در یخچال فریزر خانگی ساخت شرکت SAMSUNG ۱۶
- جدول ۴-۲: متوسط هزینه اجتماعی و انتشار آلاینده ها از نیروگاه های کشور ۲۰
- جدول ۵-۲: میزان انتشار گازهای آلاینده به ازای تولید یک کیلووات ساعت انرژی ۲۰
- جدول ۶-۲: سود و زیان ناشی از راه اندازی خط تولید کمپرسور یخچال با موتور BLDC در افق ۱۳۹۷، ۱۴۰۰، و ۲۳۱۴۰۴ ۲۳
- جدول ۱-۳: نحوه دسته بندی موتورها در صنایع مختلف ۲۹
- جدول ۲-۳: پیش فرضهای بهینه سازی مصرف انرژی ۳۸
- جدول ۳-۳: پیش فرضهای بازده موتورهای الکتریکی در هر بازه توانی ۴۰
- جدول ۴-۳: کاهش مصرف انرژی موتورهای نصب شده در صنایع با بالا بردن استاندارد موتورها به IE2 ۴۱
- جدول ۵-۳: پیش فرضهای افزایش هزینه جایگزینی موتورهای با استاندارد بالاتر به ازای هر یک KW [ریال] ۴۲
- جدول ۶-۳: افزایش هزینه ناشی از تغییر موتورها با موتورهای دارای استاندارد بالاتر [میلیارد ریال] ۴۲
- جدول ۷-۳: هزینه نصب و راه اندازی درایو به ازای هر کیلووات در بازه های توانی مختلف [میلیون ریال] ۴۳
- جدول ۸-۳: توزیع درصدی موتورهای دارای قابلیت نصب VSD در بازه های توانی مختلف ۴۴
- جدول ۹-۳: مجموع توان درایو مورد نیاز در بازه های توانی مختلف [MW] ۴۴

- جدول ۳-۱۰: هزینه کلی نصب درایو [میلیارد ریال] ۴۵
- جدول ۳-۱۱: هزینه اجرای دو طرح بالا بصورت همزمان [میلیارد ریال] ۴۵
- جدول ۳-۱۲: پیش فرض‌های محاسبه صرفهجوییهای اقتصادی ناشی از اجرای طرحهای بالا ۴۶
- جدول ۳-۱۳: صرفهجوییهای اقتصادی سالانه ناشی از اجرای طرحهای بالا در صنعت [میلیارد ریال] ۴۶
- جدول ۳-۱۴: صرفهجوییهای اقتصادی سالانه ناشی از اجرای طرحهای بالا در بخش دولتی [میلیارد ریال] ۴۶
- جدول ۳-۱۵: زمانبندی کسب دانش فنی موتورهای با استاندارد بازده IE2 و IE3 ۴۷
- جدول ۳-۱۶: وضعیت واردات موتورهای با استاندارد بازده IE2 و IE3 ۴۸
- جدول ۳-۱۷: وضعیت تولید موتورهای با استاندارد بازده IE2 و IE3 ۴۹
- جدول ۳-۱۸: نرخ استهلاک و نحوه تامین موتورها در صنایع ایران ۵۰
- جدول ۳-۱۹: نحوه تامین موتورها در صنایع ایران ۵۱
- جدول ۳-۲۰: نرخ رشد صنایع ایران و افزایش حجم صنایع کشور از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال ۵۱
- جدول ۳-۲۱: وضعیت درصدی موتورهای IE1، IE2 و IE3 طی ۱۰ سال آینده (از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال) ۵۲
- جدول ۳-۲۲: صرفه جویی انرژی در صنایع ایران در طرح جایگزینی الکتروموتورها (از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال
[GWh]) ۵۳
- جدول ۳-۲۳: مجموع افزایش هزینه های ریالی در صنایع ایران در طرح جایگزینی الکتروموتورها (از ابتدای اجرای طرح تا
پایان هر سال [میلیارد ریال]) ۵۴
- جدول ۳-۲۴: صرفه جویی ریالی در صنایع ایران در طرح جایگزینی الکتروموتورها (از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال
[میلیارد ریال]) ۵۴
- جدول ۳-۲۵: صرفه جویی ریالی دولت در طرح جایگزینی الکتروموتورها (از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال [میلیارد ریال]) ۵۵
- جدول ۳-۲۶: هزینه های اقتصادی جهت اجرای جایگزینی الکتروموتورها در بخش دولتی ۵۵
- جدول ۳-۲۷: وضعیت دستیابی به دانش فنی در طرح استفاده از VSD ۵۶

- جدول ۳-۲۸: نرخ نصب تجهیزات در طرح استفاده از VSD ۵۶
- جدول ۳-۲۹: نرخ تولید درایو در داخل در طرح استفاده از VSD ۵۶
- جدول ۳-۳۰: توان درایو مورد نیاز برای کشور در طرح استفاده از VSD (از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال [MW]) ۵۷
- جدول ۳-۳۱: توان درایو مورد نیاز برای تولید در کشور در طرح استفاده از VSD (از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال [MW]) ۵۸
- جدول ۳-۳۲: صرفه جویی انرژی حاصل از اجرای طرح نصب VSD (از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال [GWh]) ۵۸
- جدول ۳-۳۳: برآورد هزینه حاصل از اجرای طرح نصب VSD در صنایع (از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال [میلیارد ریال]) ۵۸
- جدول ۳-۳۴: صرفه جویی اقتصادی حاصل از اجرای طرح نصب VSD در صنایع (از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال [میلیارد ریال]) ۵۹
- جدول ۳-۳۵: صرفه جویی اقتصادی حاصل از اجرای طرح نصب VSD در بخش دولتی (از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال [میلیارد ریال]) ۵۹
- جدول ۳-۳۶: هزینه های اقتصادی جهت اجرای طرح نصب VSD در بخش دولتی ۵۹
- جدول ۴-۱: وضعیت موتورهای القایی با توان بیشتر از 750 kw موجود در صنایع از نظر دیمانند و انرژی مصرفی ۶۱
- جدول ۴-۲: تغییرات ضریب قدرت و بازده دو نمونه موتور القایی توان بالا با بار ۶۲
- جدول ۴-۳: میزان کاهش دیمانند و صرفه جویی در مصرف انرژی در موتورهای القایی با توان بالاتر از 750 KW در صنایع ناشی از انطباق موتور الکتریکی با بار ۶۳
- جدول ۴-۴: مشخصات فنی دو موتور سنکرون ابررسانا ساخته شده توسط شرکت AMSC به سفارش نیروی دریایی امریکا ۷۴
- جدول ۴-۵: برنامه پیشنهادی برای دستیابی به فناوری موتورهای الکتریکی توان بالا و نیز هزینه های مربوطه ... ۷۶
- جدول ۵-۱: لیست قطارهایی که از موتور PMSM استفاده کردهاند ۹۹
- جدول ۵-۲: مشخصات ناوگان خطوط چهارگانه تهران (خطوط ۱، ۲، ۴ و ۵) ۱۰۲
- جدول ۵-۳: مشخصات فنی قطارهای خطوط چهارگانه تهران (خطوط ۱، ۲، ۴ و ۵) ۱۰۲

- جدول ۴-۵: مشخصات فنی واگن‌های خطوط چهارگانه تهران (خطوط ۱، ۲، ۴ و ۵)..... ۱۰۳
- جدول ۵-۵: مشخصات فنی کلیه خطوط متروی درون شهری کشور و تخمین تعداد تراکشن‌های AC با توان ۱۸۰ کیلووات
..... ۱۰۳
- جدول ۶-۵: مشخصات فنی کلیه خطوط متروی برون شهری کشور و تخمین تعداد تراکشن‌های AC با توان ۸۰۰ کیلووات
..... ۱۰۳
- جدول ۷-۵: مشخصات ناوگان حمل و نقل برون شهری ۱۰۴
- جدول ۸-۵: مشخصات لوکوموتیوهای حمل و نقل برون شهری ۱۰۵
- جدول ۹-۵: میانگین آمار لوکوموتیوهای حمل و نقل برون شهری در اسفند ۱۳۹۲ ۱۰۶
- جدول ۱۰-۵: مشخصات فنی لوکوموتیوهای ER24PC ۱۰۷
- جدول ۱۱-۵: مشخصات کلی لوکوموتیوهای GM موجود در راه آهن ایران ۱۰۷
- جدول ۱۲-۵: مشخصات کلی موتورهای کشنده لوکوموتیوهای DF8BI موجود در راه آهن ایران ۱۰۸
- جدول ۱۳-۵: میزان مصرف انرژی الکتریکی انواع روشهای حمل و نقل ۱۰۹
- جدول ۱۴-۵: میزان مصرف سوخت هریک از روشهای حمل و نقل کشور ۱۰۹
- جدول ۱۵-۵: مقایسه سیستم‌های مختلف حمل و نقل درون شهری ۱۱۰
- جدول ۱۶-۵: سهم هریک از روشهای حمل و نقل از حمل مسافر کشور (%) ۱۱۱
- جدول ۱۷-۵: سهم هریک از روشهای حمل و نقل از حمل بار کشور (%) ۱۱۱
- جدول ۱۸-۵: برآورد تخمینی ارزش موتورهای کشنده در ۱۰ سال آینده ۱۱۲
- جدول ۱۹-۵: برنامه پیشنهادی برای تولید موتورهای کشنده برای چهار کاربرد مختلف ۱۱۲
- جدول ۲۰-۵: میزان هزینه های برنامه پیشنهادی برای تولید موتورهای کشنده برای چهار کاربرد مختلف (میلیون ریال) ۱۱۳
- جدول ۱-۶: تعداد چاه‌های آب کشاورزی دارای پروانه بهره برداری ۱۱۶
- جدول ۲-۶: وضعیت توان مصرفی و مصرف انرژی توسط چاه‌های آب کشاورزی ۱۱۷

- جدول ۳-۶: مقایسه هزینه برقی کردن چاه‌های آب کشاورزی با بکارگیری دو روش سیستم شفت و غلافی و الکتروپمپ شناور برای یک چاه آب کشاورزی نمونه ۱۱۹
- جدول ۴-۶: مقایسه هزینه برقی کردن چاه‌های آب کشاورزی با بکارگیری دو روش سیستم شفت و غلافی و الکتروپمپ شناور برای کل چاه‌های برقرار شده در یک سال ۱۲۰
- جدول ۵-۶: میزان کاهش توان مصرفی و صرفه جویی در مصرف انرژی ناشی از جایگزینی موتور القایی پمپ شناور با موتور القایی با بازده بهبود یافته و موتور آهنربای دائم ۱۲۲
- جدول ۶-۶: میزان کاهش توان مصرفی و صرفه جویی سالانه در مصرف انرژی ناشی از جایگزینی موتور القایی پمپ شناور با موتور القایی با بازده بهبود یافته و موتور آهنربای دائم ۱۲۲
- جدول ۷-۶: میزان صرفه جویی ریالی و هزینه ها ناشی از جایگزینی موتور القایی پمپ شناور با موتور القایی با بازده بهبود یافته و موتور آهنربای دائم برای هر چاه آب کشاورزی ۱۲۲
- جدول ۱-۷: مشخصات تجهیزات الکتریکی میز تست توربین بادی NREL ۱۲۹
- جدول ۲-۷: مشخصات و توانایی های مرکز آزمایش توربین بادی ۳ مگاواتی NAREC ۱۳۰
- جدول ۳-۷: مشخصات تجهیزات الکتریکی آزمایشگاه تست توربین بادی CENER اسپانیا ۱۳۲
- جدول ۴-۷: هزینه و زمان مورد نیاز تاسیس آزمایشگاه برای توان ۵ مگاوات ۱۳۴
- جدول ۵-۷: هزینه و زمان مورد نیاز آزمایشگاه الکتروموتورهای در بازه توانی ۷۵ تا ۳۷۵ کیلووات ۱۳۵
- جدول ۱-۸: تقسیم‌بندی وظایف مرکز ملی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی ۱۴۲
- جدول ۱-۱۰: تقسیم‌بندی وظایف مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی ۱۵۵

مقدمه

پس از این که انواع فناوری موتورهای الکتریکی شناسایی گردید و بر اساس نظرسنجی از نخبگان صنعت و دانشگاه، این فناوری‌ها اولویت بندی شدند؛ به دلیل تنوع زیاد کاربردهای موتورهای الکتریکی و جهت انطباق بیشتر طرح‌ها و پروژه‌های پیشنهادی در سند نقشه راه بر اساس نیازها و الویت‌های کشور، بر اساس مذاکرات انجام شده در جلسات کمیته راهبری مقرر گردید که اولویت‌بندی فناوری‌های موتورهای الکتریکی، بر اساس کاربرد آنها نیز صورت پذیرد. برای این منظور تعداد ۷ طرح کلان در حوزه‌های مختلف کاربرد موتورهای الکتریکی تعریف گردید که در فصل‌های ۱ تا هفت گزارش حاضر به تفصیل آورده شده است. در نگارش این طرح‌ها نیازها و توانمندی‌های کشور در هر یک از کاربردهای موتورهای الکتریکی، در سه افق زمانی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت در نظر گرفته شده است و متناسب با آنها فناوری مناسب پیشنهاد گردیده است. همچنین برای این طرح‌ها زمان‌بندی اجرا و بودجه مورد نیاز در افق‌های زمانی مختلف دیده شده است.

همانطور که اشاره شد، موتورهای الکتریکی فناوری‌های مختلف مانند القایی، آهنربایی و غیره و همچنین کاربردهای متنوعی شامل لوازم خانگی، سیستم‌های صنعتی، حمل و نقل و غیره دارند؛ در این بین، برای انتخاب طرح‌ها و پروژه‌های اجرایی سند نقشه راه از دیدگاه‌های نخبگان صنعتی و دانشگاهی کشور استفاده شده است و تلاش شده است مواردی مد نظر قرار گیرد که اجرای آنها تاثیر قابل توجهی بر مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در کشور داشته باشد.

از طرف دیگر رسیدن به اهداف اجرای طرح‌های پیشنهادی در سند نقشه راه نیاز به بررسی کیفیت اجرا، بررسی میزان صحیح تحقق طرح‌ها، بررسی وضعیت بازار، جمع‌آوری آمار و اطلاعات و تحلیل داده‌ها در این ارتباط، شناسایی و پیش‌بینی مشکلات احتمالی و پیشنهاد سیاست‌های لازم به مراجع ذیربط دارد؛ لذا برای رسیدن به این هدف، ساختار و شرح وظایفی برای مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشنهاد گردید که در فصل ۸ این گزارش بیان شده است. در فصل ۹ نیز اهداف خرد پیش‌بینی شده در طرح‌های کلان ارایه شده در این گزارش، در سه مقطع زمانی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت و دسته‌بندی و ارایه گردیده‌اند.

۱- طرح جایگزینی الکترو موتورهای

کولرهای آبی

با توجه به گستردگی استفاده از کولرهای آبی در ایران، میزان قابل توجهی از مصرف انرژی در بخش خانگی را از آن خود کرده است. اکثر الکتروموتورهایی که در کولرهای آبی موجود در کشور استفاده شده اند، موتور القایی تکفاز با بازده متوسط حدود ۳۵ تا ۴۵ درصد است. هدف این طرح انجام مطالعات اولیه در خصوص معرفی الکتروموتور جایگزین با در نظر گرفتن مباحث اقتصادی و انجام برنامه ریزی های لازم طی سالهای ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۴ است. برای این منظور این مطالعات برای سه افق زمانی کوتاه مدت (۱۳۹۷)، میان مدت (۱۴۰۰) و بلند مدت (۱۴۰۴) انجام شده است که در ادامه به آن اشاره می شود.

۱-۱- برآورد تعداد کولرهای آبی خانگی در کشور

با توجه به موجود بودن آمار تعداد خانوار و همچنین تعداد کولرهای آبی طی سرشماری انجام شده در سالهای ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ و محاسبه نرخ رشد خانوار و همچنین نرخ رشد استفاده از کولرهای آبی، تعداد آنها برای سالهای آتی مطابق جدول ۱-۱ تخمین زده شده است [۱].

نرخ رشد سالیانه کولرهای آبی از ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ حدود ۶,۷ درصد و برای سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ نیز حدود ۵,۷ بوده است. لذا با توجه به مقادیر فوق و همچنین در نظر گرفتن رشد استفاده از تکنولوژی های رقیب (مانند چیلر و کولرهای گازی) نرخ رشد برای سالهای ۱۳۹۴ تا افق ۱۴۰۴ حدود ۴,۷ درصد در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که از کولرهای آبی که در بخش های آموزشی، صنعتی و تجاری استفاده می شوند صرف نظر شده است.

جدول ۱-۱: برآورد تعداد کولرهای آبی خانگی کشور تا افق ۱۴۰۴

سال	تعداد کولرها	نرخ رشد درصد
۱۳۷۵	۴۶۲۰,۷۱۰	
۱۳۸۵	۸,۸۵۱,۳۲۲	۶,۷
۱۳۹۰	۱۲,۲۴۱,۳۷۶	۵,۷
۱۳۹۴	۱۵,۲۸۰,۲۴۰	۵,۷
۱۳۹۷	۱۸,۰۴۴,۹۲۸	۴,۷
۱۴۰۰	۲۰,۷۱۰,۷۲۰	۴,۷
۱۴۰۴	۲۴,۸۱۷,۵۳۷	

۱-۲- بررسی وضعیت مصرف انرژی الکتروموتورهای موجود

اکثر الکتروموتورهای کولرهای آبی از نوع القایی تک فاز (نوع خازن دائم و قطب چاک‌دار) با قدرت نامی $\frac{1}{4}$ تا $\frac{3}{4}$ اسب بخار است. بازده انرژی الکتروموتورهای خازن دائم بیشتر از الکتروموتورهای قطب چاک‌دار است. در جدول ۱-۲ مشخصات فنی الکتروموتورهای القایی تکفاز (بیشترین بازده موجود) آورده شده است.

جدول ۱-۲: مشخصات فنی الکتروموتورهای خازن دائم در کولرهای آبی

واحد	الکتروموتور تکفاز		پارامتر
	خازن دائم	قطب چاک دار	
%	۶۰	۵۰	بازده دور تند
%	۳۵	۳۰	بازده دور کند
%	۳۰	۳۰	مدت زمان دور تند
%	۷۰	۷۰	مدت زمان دور کند
دور در دقیقه	۹۵۰	۹۵۰	سرعت دور کند
میلیون	۰,۱۴	۰,۱۴	قیمت متوسط موتور
دور در دقیقه	۱۴۲۵	۱۴۲۵	سرعت دور تند (نامی)

با توجه به مدت زمان کارکرد کولرهای آبی در دور تند و کند، مقادیر توان مصرفی الکتروموتورهای القایی تکفاز (بر حسب وات) در جدول ۱-۳ آورده شده است. لازم به ذکر است کاهش توان مصرفی الکتروموتورها در دور کند، متناسب با توان سوم نسبت دور کند به تند، در محاسبات در نظر گرفته شده است.

جدول ۱-۳: مقادیر توان مصرفی انواع الکتروموتورهای القایی تکفاز کولرهای آبی

درصد استفاده	توان مصرفی نوع خازن دائم	توان مصرفی نوع قطب چاک دار	توان خروجی (W)	توان خروجی الکتروموتور کولرهای موجود (hp)
۰,۱۵	۲۲۳,۸۶	۲۶۴,۲۷	۹۵,۱۴	$\frac{1}{4}$ اسب بخار
۰,۲۵	۲۹۸,۴۷	۳۵۲,۳۷	۱۲۶,۸۵	$\frac{1}{3}$ اسب بخار
۰,۵	۴۴۷,۷۱	۵۲۸,۵۵	۱۹۰,۲۸	$\frac{1}{2}$ اسب بخار
۰,۱	۶۷۱,۵۷	۷۹۲,۸۲	۲۸۵,۴۲	$\frac{3}{4}$ اسب بخار

محاسبه دیماند اشغال شده و مصرف انرژی الکتریکی الکتروموتورهای کولرهای آبی با فرض استفاده در ۴ ماه سال، به مدت ۱۲ ساعت در روز با استفاده از مقادیر جدول‌های ۱ و ۳ و با فرض این که تمامی الکتروموتورهای کولرهای آبی از نوع القایی

تکفاز خازن داریم باشند، در جدول ۴ آورده شده است. در این مطالعه ضریب استفاده از الکتروموتورهای $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{3}$ ، $\frac{1}{2}$ و $\frac{3}{4}$ اسب بخار در کولرهای آبی کشور به ترتیب ۰،۱۵، ۰،۲۵، ۰،۵ و ۰،۱ در نظر گرفته شده است.

جدول ۴-۱: دیماندر مورد نیاز و مصرف انرژی الکتریکی سالیانه الکتروموتورهای کولرهای آبی

سال	دیماندر مصرفی کولرهای آبی تکفاز (MW)	انرژی مصرفی در سال (GWH/year)
۱۳۹۴	۶،۱۰۰	۸،۷۸۴
۱۳۹۷	۷،۲۰۴	۱۰،۳۷۳
۱۴۰۰	۸،۲۶۸	۱۱،۹۰۶
۱۴۰۴	۹،۹۳۵	۱۴،۳۰۷

با توجه به اینکه دیماندر شبکه برق در فصل تابستان حدود ۴۸ هزار مگاوات است، ظرفیتی حدود ۱۵ درصد از کل دیماندر شبکه در پیک تابستانی ۹۴ مربوط به الکتروموتورهای کولرهای آبی بخش خانگی است.

۱-۳- معرفی الکتروموتور جایگزین

برای این که از امکانات موجود در کشور حداکثر استفاده گردد و از پیشنهاد طرح‌های غیر عملی اجتناب گردد، پیشنهاد شده است از آنجایی که تعداد زیادی الکتروموتور کولرهای آبی موجود در کشور از نوع موتور القایی تکفاز فطرب چاک‌دار است، برای کوتاه مدت (دوره سه ساله اول، بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷)، این الکتروموتورها با موتورهای القایی تکفاز خازن داریم جایگزین شوند. منظور از جایگزینی در این طرح نیز این است که خطوط تولید الکتروموتورهای کولرهای آبی و همچنین الکتروموتورهای سوخته کولرهای آبی نصب شده، همگی با این الکتروموتورها جایگزین گردد. برای انتخاب سایر الکتروموتورهای جایگزین در کولرهای آبی در افق‌های زمانی دیگر طرح، معیارهای زیر لحاظ شده است:

۱- بازدهی انرژی بالا

۲- سهولت دسترسی به فناوری و تولید در داخل کشور

۳- هزینه نگهداری و تعمیرات

با توجه به مطالعات انجام شده در بین انواع موتورهای الکتریکی، سه موتور زیر به دلیل دارا بودن معیارهای فوق، برای جایگزینی با الکتروموتورهای تکفاز القایی در کولرهای آبی پیشنهاد می‌گردد و در ادامه ویژگی‌های کلی هر یکی از الکتروموتورها بیان می‌شود.

۱- موتور سه فاز القایی

۲- موتور آهنربای دائم

۳- موتور رلوکتانسی

موتورهای القایی سه فاز و آهنربای دائم برای استفاده در میان مدت (۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰) پیشنهاد شده‌اند؛ به این نحو که در ارزیابی‌های آتی، هر یک از این الکتروموتورها که امکان بیشتری برای حضور در بازار مصرف را پیدا کند، جایگزین الکتروموتورهای تکفاز القایی خازن دائم گردد. لازم به ذکر است که هر چند بازدهی انرژی موتورهای آهنربای دائم از موتورهای القایی سه فاز بیشتر است، اما به دلیل وابستگی در ماده اولیه آهنربای دائم به یک کشور و خاص و متعدد نبودن منابع تامین آنها، ممکن است که تولید انبوه این الکتروموتورها در کشور مقدور نباشد. لذا با توجه به این واقعیت، دو گزینه موتورهای القایی سه فاز و آهنربای دائم برای میان مدت پیشنهاد شده است و انتخاب از بین آنها نیازمند بررسی‌های بیشتر و دقیق‌تر دارد.

۱-۳-۱- موتور القایی سه فاز

بازده دور تند و کند این موتورها با در نظر گرفتن درایو به ترتیب حدود ۶۵ و ۵۰ درصد است که در نتیجه بازده متوسط موتور القایی سه فاز حدود ۵۵ درصد است. مدت زمان دستیابی به دانش فنی ساخت و راه اندازی خط تولید با ظرفیت تولید ۱/۵ میلیون قطعه در سال حدود ۲ سال در نظر گرفته شده است. یک نمونه آزمایشگاهی از این الکتروموتور برای استفاده در کولر آبی در شرکت موتورن ساخته شده است.

۱-۳-۲- آهنربای دائم

حداقل بازده دور تند و کند این موتورها با در نظر گرفتن درایو به ترتیب حدود ۷۵ و ۶۰ درصد است که در نتیجه بازده متوسط موتور آهنربای دائم حداقل ۶۴ درصد است. مدت زمان دستیابی به دانش فنی ساخت و راه اندازی خط تولید با ظرفیت تولید ۱/۵ میلیون قطعه در سال حدود ۳ سال در نظر گرفته شده است. جهت ساخت این الکتروموتورها نیاز به تهیه آهنربای دائم

است که باید به کشور وارد شود. در حال حاضر در نمونه‌هایی از کولرهای آبی شرکت آبسال (کولر سبزی) از این الکتروموتورها (ساخت کره جنوبی) استفاده می‌شود.

۱-۳-۳- موتورهای رلوکتانسی

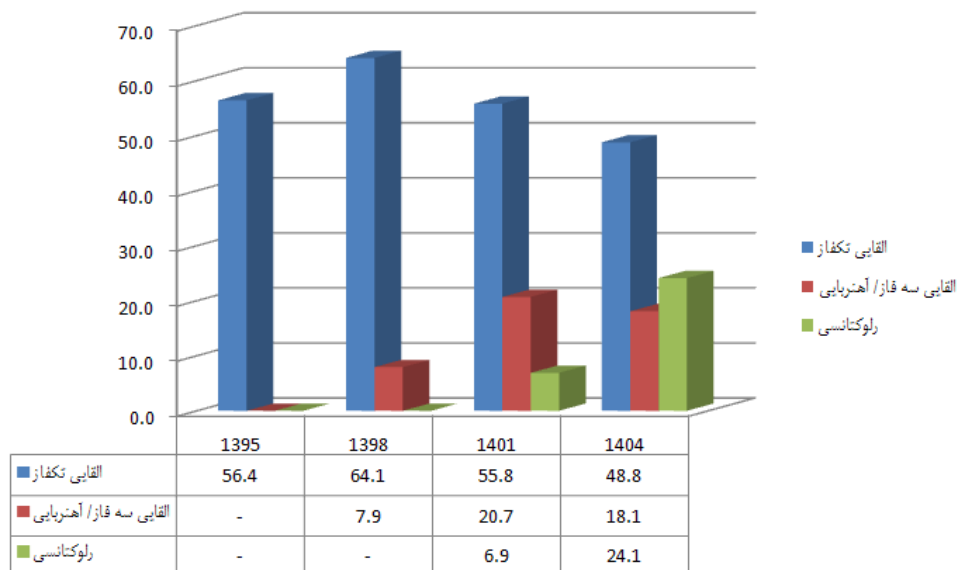
حداقل بازده موتورهای رلوکتانسی مشابه بازده موتورهای آهنربای دائم فرض شده است. مدت زمان دستیابی به دانش فنی ساخت و راه اندازی خط تولید با ظرفیت تولید ۱/۵ میلیون قطعه در سال حدود ۵ سال در نظر گرفته شده است. در خصوص سابقه طراحی و ساخت این موتور لازم به ذکر است که یک نمونه آزمایشگاهی موتور سویچ رلوکتانس در پژوهشگاه نیرو ساخته شده است.

۱-۴- محاسبه سهم بازار الکتروموتورهای منتخب

همانطور که قبلاً گفته شد، برای کوتاه مدت فراگیر شدن استفاده از موتورهای القایی تکفاز خازن دایم، برای میان مدت موتورهای القایی سه فاز و یا موتورهای آهنربای دایم و برای بلند مدت موتورهای رلوکتانسی برای استفاده در کولرهای آبی پیشنهاد شده است. در محاسبات آتی در این گزارش نیز بر اساس این پیشنهاد انجام شده است. برای محاسبه سهم بازار الکتروموتورهای منتخب، فرض شده است که سالانه در کشور ۱/۵ میلیون قطعه الکتروموتور کولر آبی تولید گردد. همچنین در این محاسبات، زمان دستیابی به دانش فنی و راه اندازی خط تولید با ظرفیت تولید ۱/۵ میلیون الکتروموتور نیز در نظر گرفته شده است. همچنین در محاسبات مربوط به الکتروموتورهای تکفاز القایی فرض شده است که در حال حاضر ۵۰ درصد الکتروموتورهای نصب شده در کولرهای موجود از نوع تک فاز قطب چاک دار^۱ بوده و مابقی از نوع خازن دائم هستند (فرض بسیار خوشبینانه است).

با توجه به این فرضیات، سهم بازار هر یک از الکتروموتورهای پیشنهادی برای استفاده در کولرهای آبی در شکل ۱-۱ نشان داده شده است. درصد سهم بازار هر یک از این الکتروموتورها در سال‌های مختلف در جدول زیر نمودار نشان داده شده است.

¹ Split Phase



شکل ۱-۱: درصد سهم بازار الکتروموتورها در افق‌های زمانی

همان گونه که گفته شد، در محاسبه درصد سهم بازار هر یک از الکتروموتورها نکته‌ای که حائز اهمیت است، مدت زمان دستیابی به دانش فنی و راه اندازی خطوط تولید است. در صورتی که مدت زمان مذکور برای هر یک از این الکتروموتورها کاهش یابد، تا افق ۱۴۰۴ هر الکتروموتور سهم بیشتری از بازار را از آن خود خواهد کرد.

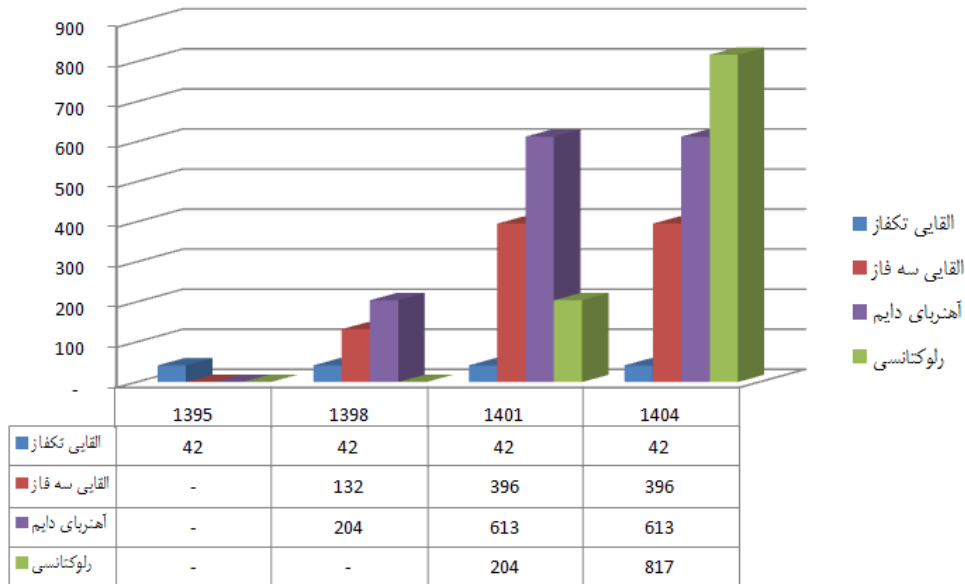
۱-۵- برآورد صرفه جویی انجام شده

صرفه جویی در مصرف انرژی، در صورت جایگزینی الکتروموتورهای معمولی کولرهای آبی با الکتروموتورهای منتخب در قالب سه سناریوی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت برابر است با:

۱-۵-۱- صرفه جویی دیماندر مورد نیاز

مقدار صرفه جویی سالانه دیماندر برای هر یک از الکتروموتورها (با توجه به اطلاعات شکل ۱-۱ و جدول ۱-۴) مطابق شکل ۱-۲ می‌باشد. در این شکل دیده می‌شود که با اجرای طرح کوتاه مدت، در سه ساله اول اجرای طرح جایگزینی، سالانه ۴۲ مگاوات (در مجموع سه سال ۱۳۲ مگاوات) دیماندر مورد نیاز الکتروموتورهای کولرهای آبی کاهش می‌یابد. با اجرای طرح میان مدت، اگر موتور القایی سه فاز انتخاب گردد، سالانه ۱۳۲ مگاوات (در مجموع سه سال ۳۹۶ مگاوات) کاهش دیماندر خواهد بود و اگر موتورهای آهنربایی دایم استفاده گردد، سالانه ۲۰۴ مگاوات (در مجموع سه سال در حدود ۶۱۳ مگاوات) کاهش دیماندر در مقایسه با استفاده از الکتروموتورهای تکفاز خازن دایم خواهیم داشت. همچنین در صورت اجرای طرح بلند مدت و جایگزینی

موتورهای رلوکتانسی، سالانه ۲۰۴ مگاوات (در مجموع چهار سال در حدود ۸۱۷ مگاوات) کاهش دیماند در مقایسه با استفاده از الکتروموتورهای تکفاز خازن دایم خواهیم داشت.



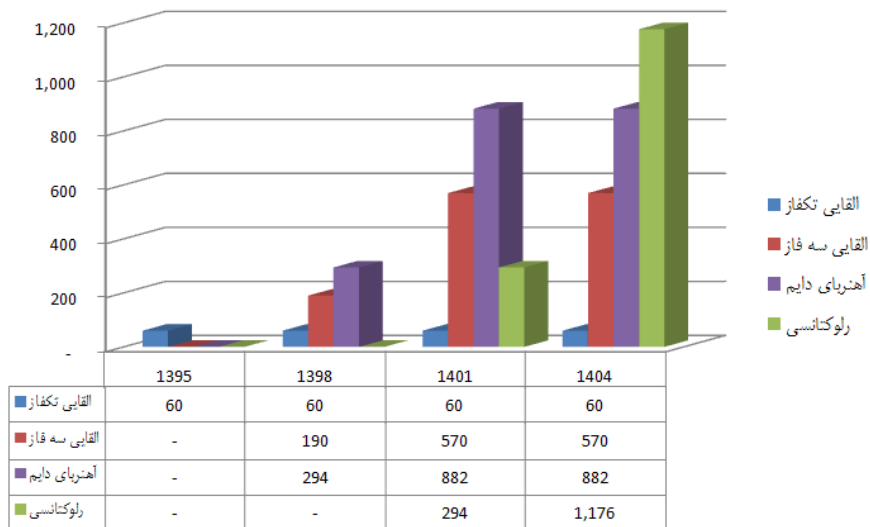
شکل ۱-۲: صرفه جویی دیماند الکتروموتورهای منتخب در افق های زمانی

در مجموع با اجرای سه طرح کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت برای جایگزینی الکتروموتورهای کولرهای آبی، در مجموع حداقل ۱۳۳۸ مگاوات دیماند مورد نیاز الکتروموتورهای کولرهای آبی کاهش خواهد یافت. در صورتی که هزینه احداث یک نیروگاه ۱۰۰۰ مگاواتی حدود ۲۰ هزار میلیارد ریال در نظر گرفته شود، مقدار ریالی صرفه جویی ناشی از عدم احداث نیروگاه‌های جدید برای این سه طرح جایگزینی، در حدود ۲۶ هزار میلیارد ریال خواهد بود.

۱-۵-۲- صرفه جویی ناشی از کاهش مصرف انرژی

مقدار صرفه جویی سالانه انرژی برای هریک از الکتروموتورها (با توجه به اطلاعات شکل ۱-۱ و جدول ۱-۴) مطابق شکل ۱-۳ می‌باشد. در این شکل دیده می‌شود که با اجرای طرح کوتاه مدت، در سه ساله اول اجرای طرح جایگزینی، سالانه ۶۰ گیگاوات ساعت (در مجموع ۱۰ سال ۶۰۰ گیگاوات ساعت) مصرف انرژی الکتروموتورهای کولرهای آبی کاهش می‌یابد. با اجرای طرح میان مدت، اگر موتور القایی سه فاز انتخاب گردد، سالانه ۱۹۰ گیگاوات ساعت (در مجموع هفت سال در حدود ۳۴۰۰ گیگاوات ساعت) کاهش مصرف انرژی خواهد بود و اگر موتورهای آهنربای دایم استفاده گردد، سالانه ۲۹۴ گیگاوات ساعت (در مجموع هفت سال در حدود ۵۳۰۰ گیگاوات ساعت) کاهش مصرف انرژی در مقایسه با استفاده از الکتروموتورهای

تکفاز خازن دایم خواهیم داشت. همچنین در صورت اجرای طرح بلند مدت و جایگزینی موتورهای رلوکتانسی، سالانه ۲۹۴ گیگاوات ساعت (در مجموع چهار سال در حدود ۲۹۰۰ گیگاوات ساعت) کاهش مصرف انرژی در مقایسه با استفاده از الکتروموتورهای تکفاز خازن دایم خواهیم داشت.



شکل ۱-۳: صرفه جویی انرژی مصرفی الکتروموتورهای منتخب در افق های زمانی

در مجموع با اجرای سه طرح کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت برای جایگزینی الکتروموتورهای کولرهای آبی، در مجموع حداقل ۶۹۰۰ گیگاوات ساعت مصرف انرژی الکتروموتورهای کولرهای آبی کاهش خواهد یافت. در صورتی که هزینه تمام شده به ازای هر کیلووات ساعت ۱۵۰۰ ریال در نظر گرفته شود، مقدار ریالی صرفه جویی ناشی از کاهش مصرف انرژی برای این سه طرح جایگزینی، در حدود ۱۰،۴۰۰ میلیارد ریال خواهد بود.

۱-۵-۳- صرفه جویی ناشی از عدم تولید گازهای آلاینده

معمولا بهره برداری از منابع انرژی موجب مصرف منابع طبیعی شده و از طرفی انواع آلاینده ها نظیر CO_2 ، NO_x و SO_2 به محیط زیست انتشار می یابد. آلاینده به طرق مختلف وارد آب، خاک و هوا و گیاه می شود و در چرخه محیط زیست قرار می گیرد. بدین ترتیب به محیط زیست فشارهای غیر طبیعی وارد می شود. متوسط هزینه اجتماعی و انتشار آلاینده ها توسط نیروگاههای کشور به ازای تولید یک گرم آلاینده مطابق جدول ۱-۵ است [۳۰].

جدول ۵-۱: متوسط هزینه اجتماعی و انتشار آلاینده‌ها از نیروگاه‌های کشور

نوع انتشار	هزینه اجتماعی به ازای تولید یک گرم آلاینده (دلار)
NO _x	$1/12 \times 10^{-5}$
SO ₂	$8/82 \times 10^{-4}$
CO ₂	$2/42 \times 10^{-5}$

همچنین میزان تولید و انتشار گازهای آلاینده به ازای تولید یک کیلو وات ساعت انرژی توسط واحدهای حرارتی مطابق جدول ۶-۱ خواهد بود [۳۰۲].

جدول ۶-۱: میزان انتشار گازهای آلاینده به ازای تولید یک کیلو وات ساعت انرژی

نوع انتشار	میزان انتشار به ازای تولید یک کیلووات ساعت برق
NO _x	۰/۸۴۳ گرم
SO ₂	۱/۷۳ گرم
CO ₂	۱۵۱ گرم

با توجه به مقادیر جداول ۵-۱ و ۶-۱، هزینه اجتماعی تولید هر کیلووات ساعت انرژی حدود ۱۷۰ ریال محاسبه می‌شود. با توجه به این که با اجرای این طرح حداقل ۶۹۰۰ گیگاوات ساعت انرژی کمتری مصرف می‌شود، لذا کاهش هزینه‌های اجتماعی انتشار آلاینده‌ها برابر با ۱،۱۸۳ میلیارد ریال است.

۶-۱- برآورد هزینه خط تولید الکتروموتورهای منتخب

با توجه به قیمت بالای الکتروموتورهای آهنربای دائم نسبت به دو موتور دیگر، برآورد هزینه طرح راه اندازی خط تولید برای این الکتروموتور محاسبه شده است. طبق مطالعات و بررسی‌های انجام شده با توجه به وجود خطوط تولید الکتروموتورهای القایی تکفاز، پتانسیل‌های بالقوه‌ای جهت تغییر خطوط تولید الکتروموتورهای فوق به الکتروموتورهای آهن ربای دائم وجود دارد. در این برآورد با در نظر گرفتن موارد زیر هزینه تقریبی تغییر خطوط تولید الکتروموتور با ظرفیت ۱/۵ میلیون قطعه در سال حدود ۵ میلیارد در نظر گرفته شده است:

- هزینه دستیابی به دانش فنی

- تغییر خطوط تولید و نصب تجهیزات جدید

- طراحی و ساخت قالب های مربوطه

علاوه بر این هزینه پرسنلی سالیانه (حقوق و پاداش) نیز مطابق موارد زیر محاسبه شده است :

- تعداد پرسنل شاغل : ۴۰۰ نفر

- متوسط دریافتی : ۲ میلیون تومان

همچنین هزینه خط تولید درایو نیز حدود ۰,۲ کل هزینه تولید الکتروموتور آهن ربای دائم در نظر گرفته شده است. بنابراین با توجه به موارد گفته شده هزینه کل تولید ۱,۵ میلیون قطعه الکتروموتور آهن ربای دائم (مجموعه موتور+ درایو) حدود ۱۴ میلیارد تومان برآورد می‌شود.

قیمت موتور القایی تکفاز معمولی چیزی در حدود ۱۴۰ هزار تومان و موتور آهنربای دائم نیز با درایو حدود ۲۱۰ هزار تومان در نظر گرفته شده است. بار مالی سالیانه ناشی از تعویض الکتروموتورها به تعداد ۱,۵ میلیون قطعه در سال حدود ۱۰,۵ میلیارد تومان را ایجاد می‌کند. بنابراین با فرض این که در پایان سه ساله اجرای طرح، حدود ۴,۵ میلیون قطعه الکتروموتور جایگزین شود کل هزینه ها برابر است با :

=کل هزینه در سال سوم.....میلیارد تومان

مقدار کل صرفه‌جویی ریالی ناشی از کاهش مصرف انرژی این ۴,۵ میلیون قطعه تا پایان سال سوم، طبق محاسبات انجام شده در بخش‌های قبلی (با فرض هزینه ۱۵۰ تومان به ازای هر کیلووات ساعت) چیزی در حدود ۱۳۲ میلیارد تومان است؛ لذا مقدار تقریبی نسبت سود به هزینه این طرح تا سال سوم برابر است با:

$$a = \frac{264.7}{329} = 0.8$$

به عبارت دیگر در دوره سه ساله اجرا، ۸۰ درصد هزینه‌های طرح استفاده از الکتروموتورهای آهنربای دائم باز خواهد گشت. البته شایان ذکر است این محاسبات برای حالتی است که تمام تفاوت قیمت الکتروموتور آهنربای دائم و القایی خازن دائم به صورت یارانه به مصرف کننده پرداخت گردد؛ به عبارتی اگر بخشی از این تفاوت قیمت پرداخت شود، هزینه‌های اجرای طرح در مدت زمان کمتری حاصل می‌گردد.

۲- طرح جایگزینی کمپرسورهای

یخچال / فریزر خانگی

یخچال / فریزرهای خانگی سهم عمده‌ای در مصرف برق بخش خانگی دارند. یکی از راه‌های بهبود مصرف انرژی در یخچال/فریزرهای خانگی، استفاده از کمپرسورهایی با بازده بالا می‌باشد. در این گزارش میزان مصرف انرژی توسط یخچال/فریزرهای خانگی مورد بررسی قرار گرفته و برآوردی نیز از این میزان مصرف انرژی در سالهای آینده ارائه خواهد شد. از سوی دیگر، با توجه به ورود کمپرسورهایی با مصرف انرژی کمتر از نمونه های رایج موجود، امکان سنجی جایگزینی کمپرسورهای موجود با نمونه های جدید که میزان مصرف انرژی بهتری دارند، حائز اهمیت خواهد بود. در این راستا، مطالعات و بررسی هایی مربوط به سه افق زمانی کوتاه مدت (۱۳۹۷)، میان مدت (۱۴۰۰)، و بلند مدت (۱۴۰۴) صورت گرفت که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد.

۱-۲- برآورد تعداد یخچال، فریزر، و یخچال/فریزر خانگی موجود در کشور

با توجه به موجود بودن آمار تعداد خانوار طی سرشماری انجام شده در سالهای ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ [۴] و در نظر گرفتن وجود بیش از یک یخچال / فریزر در هر خانوار و نیز محاسبه نرخ رشد خانوار و همچنین نرخ رشد استفاده از یخچال/فریزر خانگی، تعداد آنها برای سالهای آتی مطابق جدول ۱-۲ تخمین زده شده است. نرخ رشد سالیانه یخچال و فریزر از ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ حدود ۵/۷ درصد و برای سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ نیز حدود ۳/۶ درصد بوده است. برای سالهای ۱۳۹۷ تا افق ۱۴۰۴ نیز نرخ رشد حدود ۳ درصد در نظر گرفته شده است.

جدول ۱-۲: برآورد تعداد یخچال و فریزر خانگی موجود در کشور

سال	تعداد یخچال و فریزر خانگی	نرخ رشد (%)
۱۳۷۵	۱۳,۳۸۹,۱۱۴	-
۱۳۸۵	۱۹,۰۲۵,۰۵۳	۵,۷
۱۳۹۰	۲۵,۱۴۲,۷۷۰	۳,۶
۱۳۹۷	۳۰,۹۲۲,۴۳۵	۳
۱۴۰۰	۳۳,۷۸۹,۷۸۰	۳
۱۴۰۴	۳۸,۰۳۰,۶۹۵	۳

۲-۲- بررسی وضعیت مصرف انرژی توسط یخچال، فریزر، و یخچال/فریزرهای خانگی

با توجه به تعداد یخچال/ فریزرهای خانگی مورد استفاده در داخل کشور، با داشتن میزان مصرف انرژی یک یخچال / فریزر می توان کل مصرف انرژی سالیانه را محاسبه نمود. در گزارش تدوین استاندارد جدید مصرف انرژی یخچال، فریزر، و یخچال / فریزرهای خانگی، تعداد ۲۶ مدل مختلف از یخچال، فریزر، و یخچال/فریزر که ۷ مدل از آنها جزو نمونه های وارداتی و ۱۹ مدل نیز مربوط به تولید داخل می شدند، مصرف انرژی آنها در دو شرایط مختلف (عملکرد در دمای ۳۲ درجه سانتیگراد و نیز دمای ۲۵ درجه سانتیگراد) اندازه گیری گردید [۵]. متوسط مصرف انرژی سالیانه این ۲۶ مدل در شرایط دمای ۳۲ درجه سانتیگراد برابر 550 KWh/year و در شرایط دمای ۲۵ درجه سانتیگراد برابر 419 KWh/year بدست آمد. با توجه به شرایط آب و هوایی حاکم بر کشور، متوسط مصرف انرژی 550 KWh/year مورد استفاده قرار گرفت. از سوی دیگر با استعلام از تولیدکنندگان یخچال فریزر در داخل کشور، بیشترین کمپرسور مورد استفاده در یخچال، دارای توان مصرفی حدود ۱۷۰ وات می باشد. با توجه توضیحات فوق و نیز تعداد یخچال، فریزر، و یخچال/فریزرهای خانگی مورد استفاده در داخل کشور، میزان مصرف انرژی سالیانه و نیز کل توان مصرفی این محصول در جدول ۲-۲ مشخص شده است.

جدول ۲-۲: میزان انرژی مصرفی سالیانه و توان مصرفی یخچال و فریزر خانگی موجود در کشور

سال	انرژی مصرفی (GWh / year)	توان مصرفی (MW)
۱۳۹۰	۱۳،۸۲۹	۴،۲۷۴
۱۳۹۷	۱۷،۰۰۷	۵،۲۵۷
۱۴۰۰	۱۸،۵۸۴	۵،۷۴۴
۱۴۰۴	۲۰،۹۱۷	۶،۴۶۵

۲-۳- معرفی موتور-کمپرسور جایگزین

برای انتخاب الکتروموتور جایگزین معیارهای زیر باید در نظر گرفته شود:

- بازده بالا

- گستردگی کاربرد

- سهولت دسترسی به فن آوری

با توجه به مطالعات انجام شده، کمپرسور با موتور آهنربای دائم بدلیل دارا بودن معیارهای بالا پیشنهاد می گردد. این نوع کمپرسور در حال حاضر توسط شرکت های SAMSUNG و Panasonic به صورت تجاری تولید می شود. در جدول ۲-۳ مشخصات دو نوع کمپرسور (با موتور القایی تکفاز و با موتور BLDC) ذکر شده است.

جدول ۲-۳: مشخصات دو نوع موتور کمپرسور در یخچال فریزر خانگی ساخت شرکت SAMSUNG

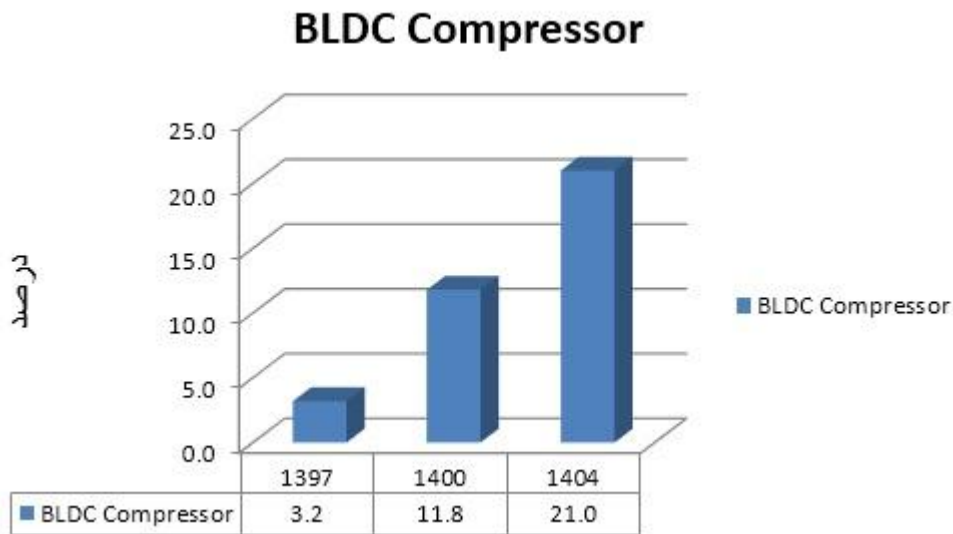
Rated Voltage	Model	Refrigerant	Ambient Temp. (°c)	Motor Type	RPM	Cooling Capacity (Watt)	Input Power (W)	COP
AC 220- 50/60Hz	MKV190G- L2B	R 134a (LBP)	۳۲,۲	PM BLDC	۱۸۰۰	۱۷۰	۸۹	۱,۹۱
					۲۲۰۰	۲۰۲	۱۰۷	۱,۸۹
					۲۸۸۰	۲۶۴	۱۴۵	۱,۸۲
					۳۴۸۰	۳۱۹	۱۸۶	۱,۷۱
					۳۶۰۰	۳۴۲	۲۰۰	۱,۷۱
AC 220- 50Hz	MK190G- L2U	R 134a (LBP)	۳۲,۲	Single Phase Induction Motor- Resistance Start Capacitor Run (RSCR)	-	۲۶۲	۱۶۸	۱,۵۶

با توجه به اطلاعات جدول ۲-۳ میزان کاهش توان مصرفی توسط کمپرسور نوع BLDC (بازای ظرفیت سرمایشی و سرعت های یکسان) برابر ۲۳ وات (معادل ۱۳/۷ درصد) می باشد که با در نظر گرفتن duty cycle برابر ۰/۵ ، میزان کاهش انرژی مصرفی یک یخچال برابر ۱۰۱ KWh/year خواهد بود.

۲-۴- محاسبه سهم بازار الکتروموتور منتخب

سهم بازار کمپرسور منتخب با توجه به در نظر گرفتن ظرفیت تولید یک میلیون کمپرسور در سال مطابق شکل ۲-۱ خواهد بود. با این میزان تولید، کمپرسور منتخب در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ به ترتیب ۳/۲، ۱۱/۸ و ۲۱ از سهم بازار را به خود اختصاص خواهد داد. لازم به ذکر است، در محاسبه درصد سهم بازار کمپرسور منتخب نکته ای که حائز اهمیت است مدت

زمان دستیابی به دانش فنی و راه اندازی خطوط تولید است. در صورتیکه مدت زمان مذکور کاهش یابد، تا افق ۱۴۰۴ هر الکتروموتور سهم بیشتری از بازار را از آن خود خواهد کرد.



شکل ۱-۲: پیش بینی سهم کمپرسور BLDC از بازار تا افق ۱۴۰۴

۲-۵- برآورد صرفه جویی انجام شده

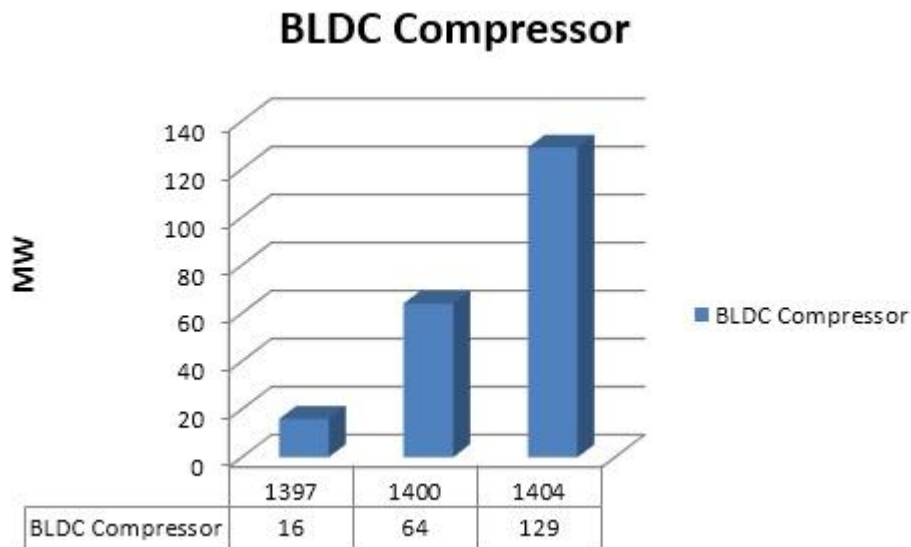
صرفه جویی صورت گرفته در صورت جایگزینی کمپرسورهای معمولی یخچال / فریزرهای خانگی با کمپرسور BLDC در قالب سه سناریوی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت در قالب‌های زیر برآورد شده است.

۲-۵-۱- صرفه جویی ناشی از دیماندا

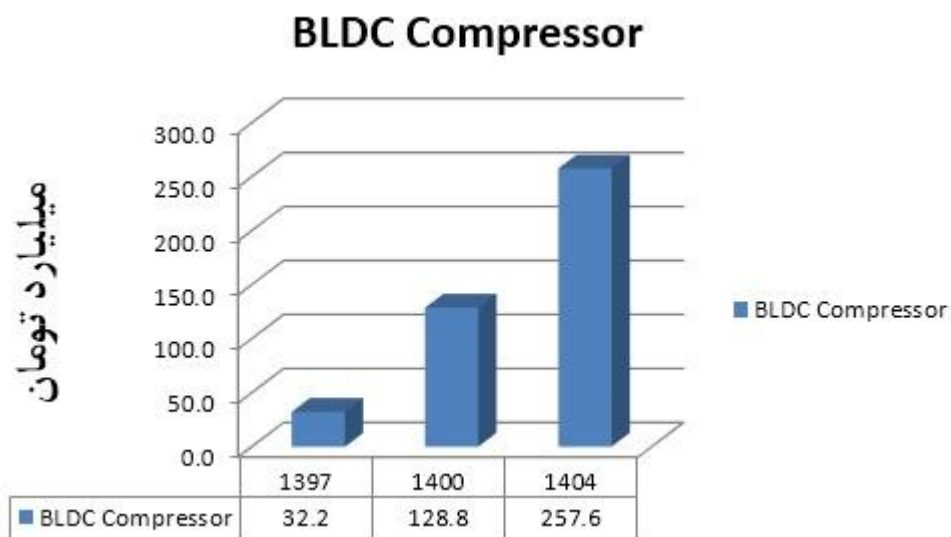
مقدار صرفه جویی دیماندا برای کمپرسور جایگزین در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ مطابق شکل ۲-۲ می باشد. علاوه بر این، در صورتی که هزینه احداث یک نیروگاه ۱۰۰۰ مگاواتی حدود ۲ هزار میلیارد تومان در نظر گرفته شود، مقدار ریالی صرفه جویی صورت گرفته برای کمپرسور با موتور آهنربای دائم در افق ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ به ترتیب حدود ۱۲۸/۳۲، ۸/۲ و ۲۵۷/۶ میلیارد تومان خواهد بود.

۲-۵-۲- صرفه جویی ناشی از کاهش مصرف انرژی

میزان صرفه جویی سالانه انرژی در صورت جایگزینی کمپرسورهای فعلی با کمپرسور BLDC در حدود ۱۰۱ گیگاوات ساعت در افق ۱۳۹۷ خواهد بود. این مقادیر برای افق ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ به ترتیب ۴۰۳ و ۸۰۶ گیگاوات ساعت در سال می باشد (شکل ۲-۴).



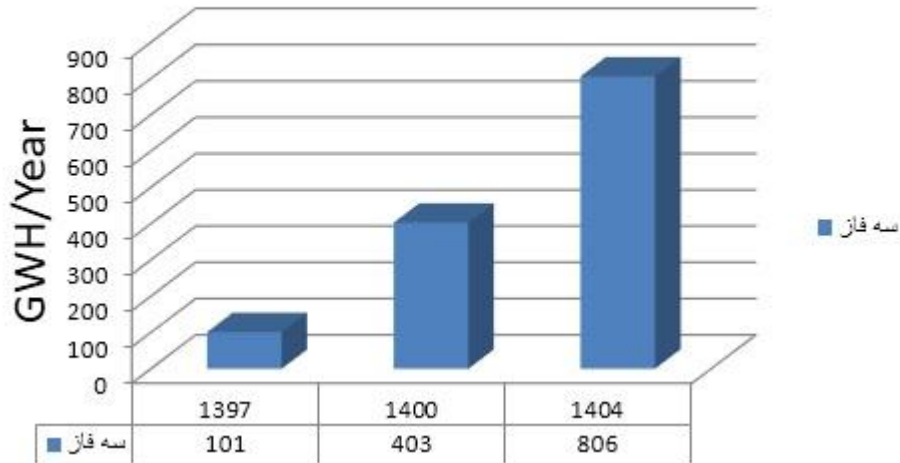
شکل ۲-۲: صرفه جویی دیماندر در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ ناشی از جایگزینی کمپرسورهای فعلی



شکل ۲-۳: میزان صرفه جویی ریالی دیماندر در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ ناشی از جایگزینی کمپرسورهای فعلی

یخچال/فریزر با کمپرسور با موتور BLDC

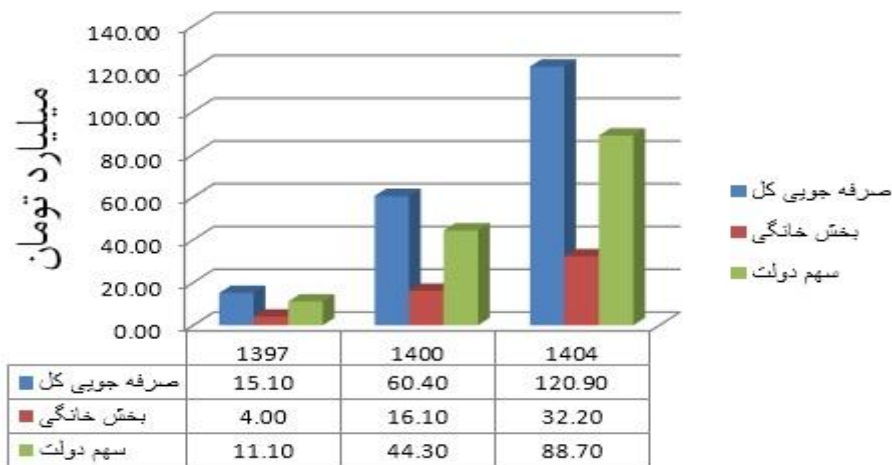
BLDC Compressor



شکل ۲-۴: میزان صرفه جویی انرژی در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ ناشی از جایگزینی کمپرسورهای فعلی

یخچال/فریزر با کمپرسور با موتور BLDC

با در نظر گرفتن قیمت سوخت، هزینه واقعی انرژی چیزی در حدود ۱۵۰ تومان (۵ سنت) به ازای هر کیلو وات ساعت انرژی است که سهم دولت حدود ۱۱۰ تومان خواهد شد. لذا میزان صرفه جویی ریالی صورت گرفته در مصرف انرژی بصورت مجموع و به تفکیک بخش خانگی و سهم دولت در افق ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ در شکل ۲-۵ نشان داده شده است.



شکل ۲-۵: میزان صرفه جویی ریالی انرژی در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ ناشی از جایگزینی کمپرسورهای فعلی

یخچال/فریزر با کمپرسور با موتور BLDC

۲-۵-۳- صرفه جویی ناشی از عدم تولید گازهای آلاینده

معمولا بهره برداری از منابع انرژی موجب مصرف منابع طبیعی شده و از طرفی انواع آلاینده ها نظیر CO_2 ، NO_x و SO_2 در محیط زیست منتشر می شوند. آلاینده به طرق مختلف وارد آب، خاک، هوا و گیاه شده و در چرخه محیط زیست قرار می گیرد و موجب وارد آمدن فشارهای غیر طبیعی به محیط زیست خواهد شد. متوسط هزینه اجتماعی و انتشار آلاینده ها توسط نیروگاههای کشور به ازای تولید یک گرم آلاینده مطابق جدول ۲-۴ است.

جدول ۲-۴: متوسط هزینه اجتماعی و انتشار آلاینده ها از نیروگاههای کشور

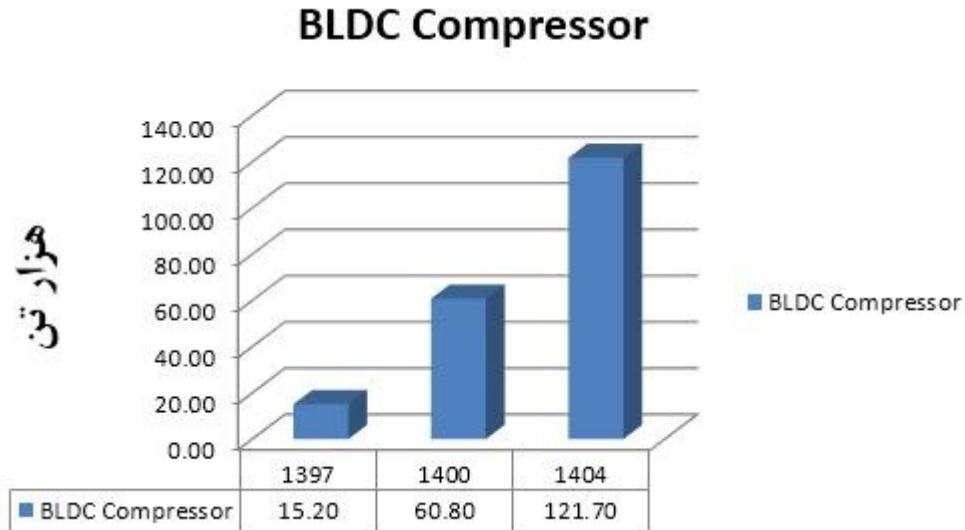
نوع انتشار	هزینه اجتماعی به ازای تولید یک گرم آلاینده (دلار)
NO _x	$1,12 * 10^{-5}$
SO ₂	$8,82 * 10^{-4}$
CO ₂	$2,42 * 10^{-5}$

همچنین میزان تولید و انتشار گازهای آلاینده به ازای تولید یک کیلو وات ساعت انرژی توسط واحدهای حرارتی مطابق جدول ۲-۵ خواهد بود.

جدول ۲-۵: میزان انتشار گازهای آلاینده به ازای تولید یک کیلووات ساعت انرژی

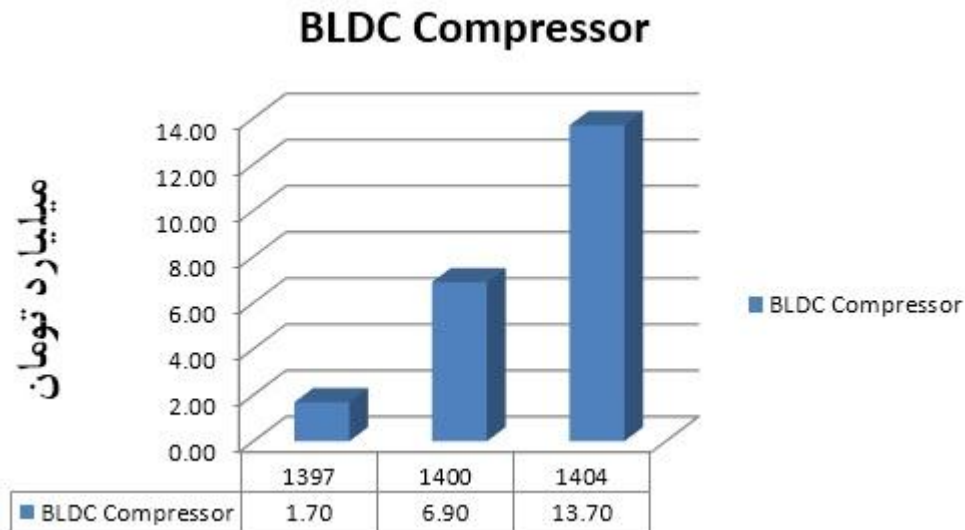
نوع انتشار	میزان انتشار به ازای تولید یک کیلووات ساعت برق
NO _x	۰,۸۴۳ گرم
SO ₂	۱,۷۳ گرم
CO ₂	۱۵۱ گرم

با توجه به مقادیر جداول ۲-۴ و ۲-۵، هزینه اجتماعی تولید هر کیلووات ساعت انرژی حدود ۱۷ تومان محاسبه می شود. لذا با توجه به مطالب فوق میزان کاهش تولید دی اکسید کربن و همچنین صرفه جویی ریالی ناشی از عدم تولید گازهای آلاینده برای کمپرسور منتخب و افق های زمانی مورد مطالعه مطابق شکل های ۲-۶ و ۲-۷ خواهد بود.



شکل ۲-۶: میزان کاهش تولید CO_2 در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ ناشی از جایگزینی کمپرسورهای فعلی

یخچال/فریزر با کمپرسور با موتور BLDC



شکل ۲-۷: میزان صرفه جویی ریالی ناشی از عدم تولید گازهای آلاینده در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ ناشی از

جایگزینی کمپرسورهای فعلی یخچال/فریزر با کمپرسور با موتور BLDC

همانطور که در جدول ۲-۳ آمده است، مبرد مورد استفاده در طرح فوق از نوع R134a می باشد. چنانچه علاوه بر استفاده از موتور آهنربای دائم در کمپرسور یخچال/فریزر، مبرد مورد استفاده نیز تغییر کرده و بجای R134a از مبرد R600a استفاده شود میزان کاهش مصرف انرژی بیشتر از مقادیر ذکر شده خواهد بود.

۲-۶- برآورد هزینه خط تولید کمپرسور منتخب

جهت بررسی هزینه خط تولید کمپرسور منتخب لازم است موارد زیر در نظر گرفته شود:

- هزینه دستیابی به دانش فنی

- تغییر خطوط تولید و نصب تجهیزات جدید

- طراحی و ساخت قالب های مربوطه

هزینه پرسنلی سالیانه (حقوق و پاداش) نیز مطابق موارد زیر محاسبه شده است:

- تعداد پرسنل شاغل : ۲۵۰ نفر

- متوسط دریافتی : ۲ میلیون تومان

با توجه به وجود خط تولید کمپرسور یخچال در داخل کشور (که هم اکنون بدون استفاده می باشد)، هزینه تغییر مبرد به نوع R134a حدود ۶۰ میلیارد تومان (۲۰ میلیون دلار) و هزینه تغییر خط تولید الکتروموتور به نوع BLDC نیز حدود ۵ میلیارد تومان در نظر گرفته شده است. هزینه خط تولید درایو موتور BLDC نیز حدود ۰.۲ کل هزینه تولید الکتروموتور آهنربای دائم در نظر گرفته شده است. بنابراین با توجه به موارد گفته شده کل هزینه تولید سالیانه یک میلیون قطعه کمپرسور با موتور BLDC حدود ۸۰ میلیارد تومان برآورد می شود.

قیمت ریالی کمپرسور وارداتی کنونی در حدود ۲۰۰ هزار تومان و کمپرسور با موتور آهنربای دایم و درایو حدود ۳۰۰ هزار تومان در نظر گرفته شده است. بار مالی سالیانه ناشی از بکارگیری کمپرسور به تعداد یک میلیون قطعه در سال حدود ۱۰۰ میلیارد تومان خواهد بود. بنابراین با فرض اینکه تا سال ۱۳۹۷ حدود یک میلیون قطعه کمپرسور جایگزین شود کل هزینه ها برابر است با :

میلیارد تومان $100 + 80 = 180$ کل هزینه تا سال ۱۳۹۷

با توجه به توضیحات فوق، میزان سود و زیان ناشی از راه اندازی خط تولید کمپرسور یخچال با موتور BLDC در افق ۱۳۹۷، ۱۴۰۰، و ۱۴۰۴ در جدول ۲-۶ ارائه شده است.

جدول ۲-۶: سود و زیان ناشی از راه اندازی خط تولید کمپرسور یخچال با موتور BLDC در افق ۱۳۹۷، ۱۴۰۰، و ۱۴۰۴

سال	هزینه (میلیارد تومان)	میزان صرفه جویی (میلیارد تومان)
۱۳۹۷		۴۹
۱۴۰۰		۱۹۶,۱
۱۴۰۴		۳۹۲,۲

با توجه به توضیحات فوق، مدت زمان بازگشت سرمایه حدود ۶ سال برآورد شده است.

۲-۷- گزینه های میان مدت و بلند مدت برای جایگزینی کمپرسور یخچال/فریزرهای خانگی

با توجه به بررسی ها و مطالعات صورت گرفته در خصوص جایگزینی کمپرسور یخچال/فریزر با نمونه هایی با مصرف انرژی کمتر، علاوه بر گزینه موتور آهنربای دائم به عنوان یک برنامه کوتاه مدت، گزینه های دیگری مانند: موتور القایی سه فاز، موتور رلوکتانسی، و نیز استفاده از تکنولوژی کمپرسور خطی نیز برای جایگزین شدن با تکنولوژی موجود مطرح می باشند که می توانند به عنوان گزینه دیگری برای برنامه کوتاه مدت و یا برنامه های میان مدت و بلند مدت مد نظر قرار گیرند.

۳- طرح افزایش بازده انرژی

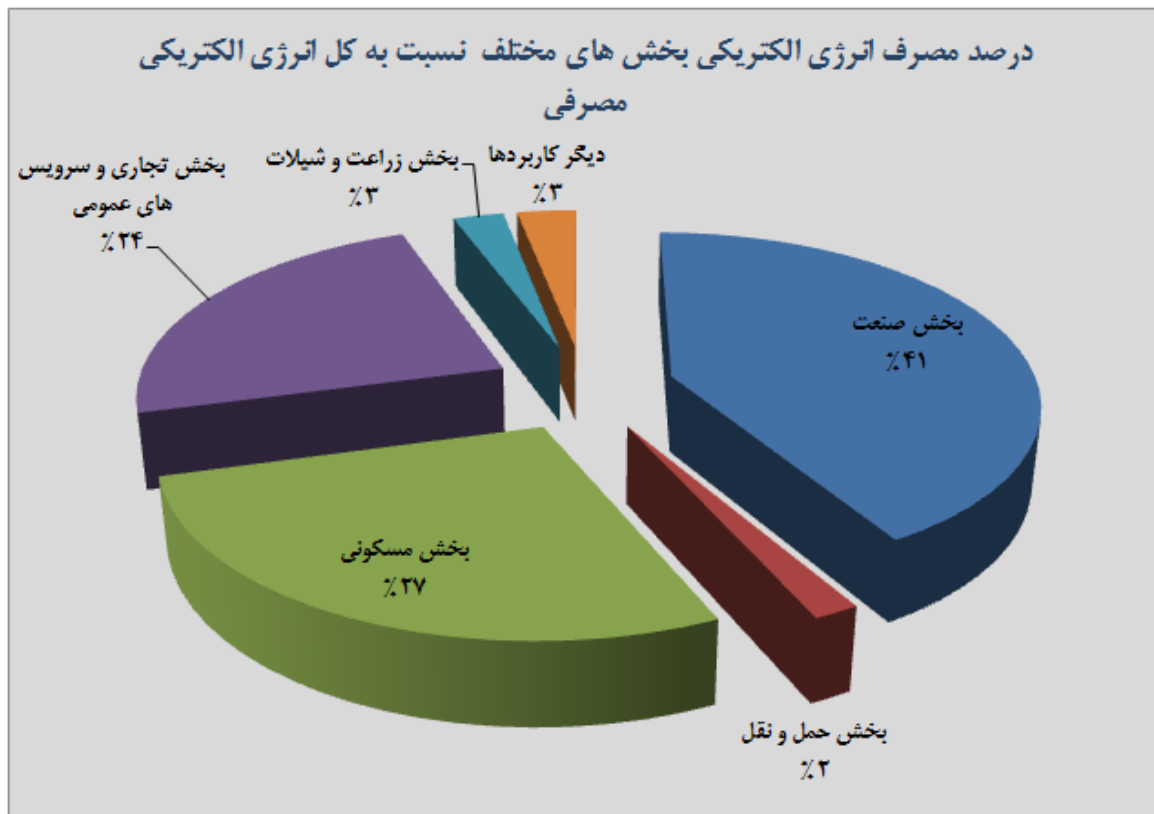
سیستم‌های متکی به نیرو محرکه

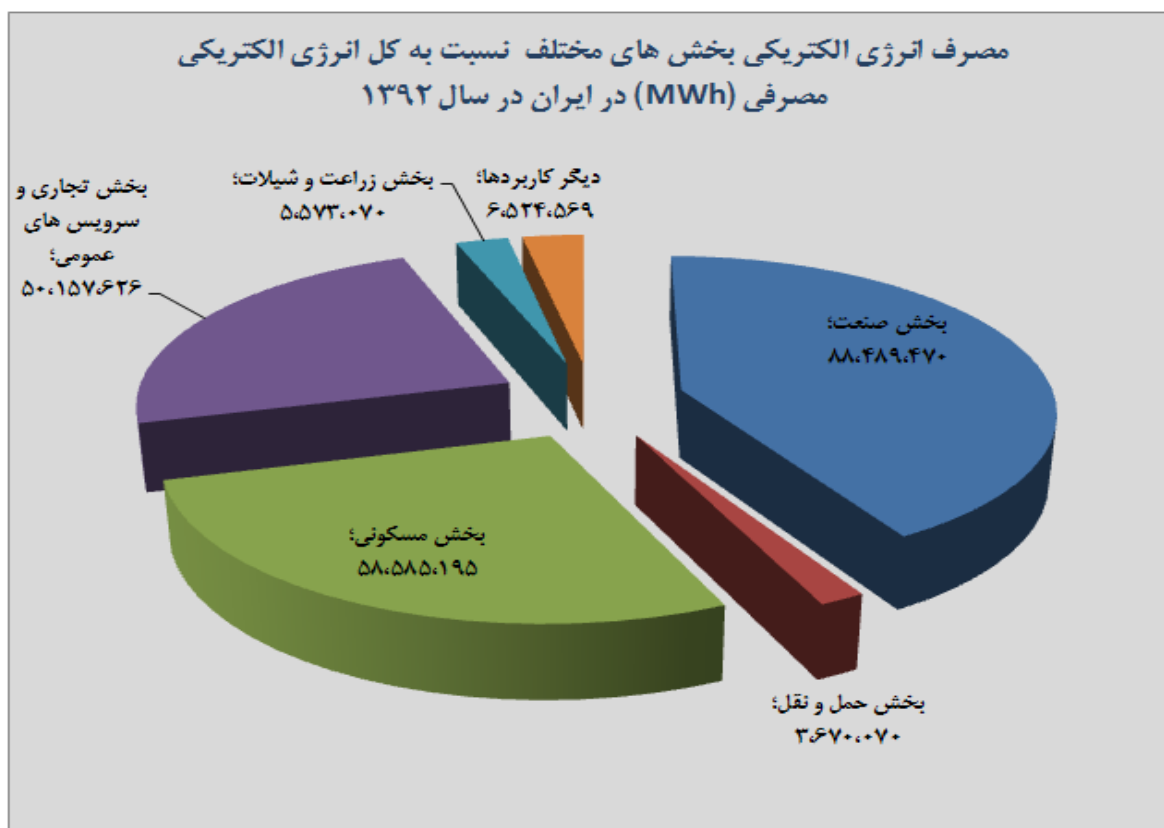
موتورهای الکتریکی نصب شده در

صنعت

۳-۱- مصرف انرژی موتورهای الکتریکی بخش صنعت

مطابق با ترازنامه انرژی توزیع شده توسط وزارت نیرو ایران در سال ۱۳۹۲ میزان ۲۶۰,۰۰۰,۰۰۰ مگاوات ساعت انرژی الکتریکی در ایران در دو بخش نیروگاه‌های تحت اختیار دولت و همچنین نیروگاه‌های بخش خصوصی و یا در اختیار صنایع تولید شده است. همچنین با صرف نظر کردن از میزان تلفات انرژی الکتریکی در شبکه خطوط انتقال، میزان انرژی الکتریکی مصرفی در کشور معادل ۲۱۳,۰۰۰,۰۰۰ مگاوات ساعت بوده است. شکل ۳-۱ بیانگر نحوه توزیع انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف کشور است که مشاهده می‌شود از این میزان در حدود ۴۱ درصد در بخش صنعت مصرف شده است.

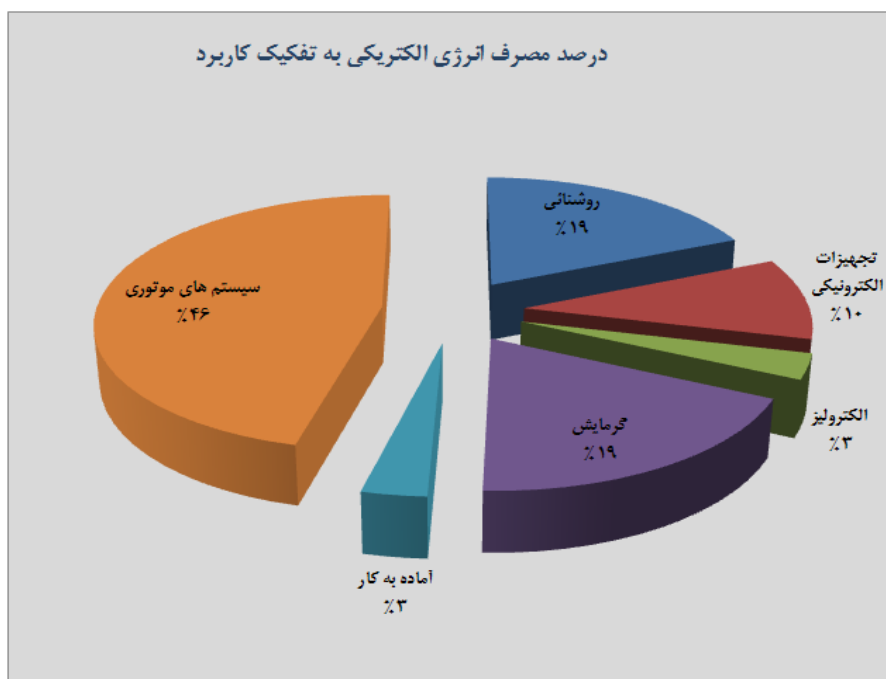




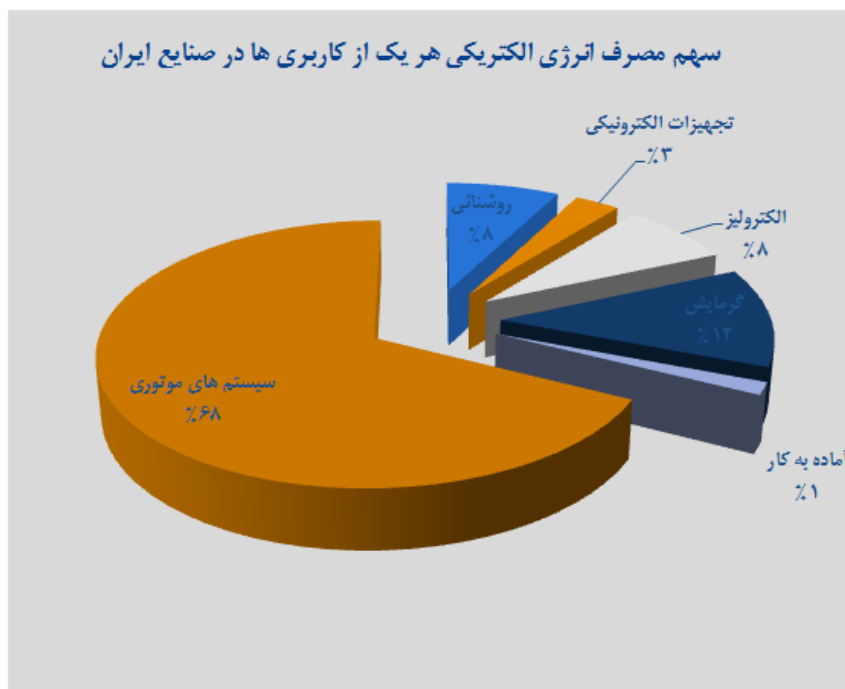
ب

شکل ۱-۳، الف و ب: نحوه توزیع انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف مصرف کننده در ایران

مطابق با مرجع [۶] مشاهده می شود که عمده ترین مصرف کننده انرژی الکتریکی در بخش صنعت سیستم‌های متکی بر موتورهای الکتریکی است که در حدود ۶۸ درصد از مصرف کل انرژی الکتریکی را به خود اختصاص داده است. این میزان معادل ۲۸ درصد مصرف کل انرژی الکتریکی در کشور است.



شکل ۳-۲: نحوه توزیع انرژی الکتریکی در کل مصرف کننده ها



شکل ۳-۳: نحوه توزیع انرژی الکتریکی در بخش های مختلف صنایع

این نوع سیستم‌ها به ۴ دسته کلی شامل فن‌ها، پمپ‌ها، کمپرسورها و دیگر کاربردها (سیستم‌های تولید) تقسیم بندی می‌شوند. سیستم‌های تولید تمامی بخش‌های صنعت مانند موتورهای نورد، خردکنها، نوارهای نقاله و... را شامل می‌شود. میزان استفاده از هر یک از این سیستم‌ها در صنایع مختلف متفاوت است. از اینرو مطابق با اطلاعات موجود در مرجع [۶]، توزیع انرژی الکتریکی در هر یک از این صنایع آورده شده است و از آنجایی که صنایع در کشورهای مختلف از مدل‌های تقریباً یکسانی در تولید استفاده می‌کنند بسیاری از اطلاعات بیان شده در این مرجع برای صنایع داخل کشور نیز قابل استناد خواهد بود.

در این گزارش سعی شده است تا علاوه بر شفاف نمودن میزان و نحوه توزیع مصرف انرژی الکتریکی در ۱۱ صنعت عمده کشور، نتایج مفید حاصل از افزایش بازده در دو بخش موتورهای الکتریکی و استفاده از مبدل‌های الکترونیک قدرت کنترل دور موتورهای الکتریکی بیان شود و همچنین برآورد اولیه‌ای از میزان هزینه‌های ناشی از انجام هر یک از این طرحها در بازه ۱۰ ساله، محاسبه و ارائه شود. ۱۱ صنعت عمده مورد مطالعه در این گزارش عبارتند از:

- ۱- فولاد
- ۲- پالایشگاهها
- ۳- شیمیایی و پتروشیمی
- ۴- معادن
- ۵- شیشه
- ۶- آلومینیوم
- ۷- چوب و کاغذ
- ۸- کاشی و سرامیک
- ۹- سیمان
- ۱۰- بلور
- ۱۱- لاستیک

۳-۲- پیش فرض‌های هر یک از صنایع

به منظور برآورد انرژی الکتریکی مصرفی هر یک از صنایع، با توجه به آمارهای مختلف ارائه شده در مراجع بین المللی و همچنین آمارهای اقتصادی ارائه شده از طرف صنایع بزرگ و وزارت نیرو، وزارت صنعت، معدن و تجارت و وزارت نفت، میزان مصرف انرژی الکتریکی بر واحد تولید هر یک از صنایع استخراج و محاسبه شده است. همچنین میزان تولید سال ۱۳۹۲ آنها به

عنوان مرجع محاسبات اقتصادی این گزارش مورد استفاده قرار گرفته است. اطلاعات حاصل از محاسبات انجام شده برای هر صنعت در این گزارش با مدارک و مستندات بین المللی انرژی نیز مقایسه و صحت سنجی شده است. به طور مثال شدت انرژی الکتریکی بر واحد برای هر تن مواد پتروشیمی در سال ۱۳۹۲ از طرف شرکت ملی صنایع پتروشیمی ۳۵۰ کیلووات ساعت عنوان شده است که با توجه به تولید ۴۱ میلیون تنی محصولات پتروشیمی در سال ۱۳۹۲ مصرف کل انرژی الکتریکی این صنایع در کشور در حدود ۱۴,۳۵ میلیون مگاوات ساعت انرژی خواهد بود. سهم انرژی الکتریکی مصرفی الکتروموتورهای هر صنعت نسبت به کل انرژی الکتریکی آن صنعت بر حسب درصدی ارائه شده در مرجع [۶] استخراج شده است.

از آنجایی که موتورهای الکتریکی در بخش‌های مختلف هر صنعت با توان‌های مختلف کاربرد دارد، به منظور دسته‌بندی و همچنین امکان پذیری انجام محاسبات و کم کردن خطای هر یک از بخش‌های مختلف محاسبه به صورت کلی در هر صنعت موتورهای الکتریکی به هشت بازه توانی و چهار کاربرد اشاره شده در بالا تقسیم بندی شده است. به این ترتیب برای هر یک از صنایع جدولی مطابق با جدول زیر تدوین شده است.

جدول ۳-۱: نحوه دسته بندی موتورها در صنایع مختلف

بازه های توانی	ردیف
۱ - ۴ kW	۱
۴ - ۱۵ kW	۲
۱۵ - ۴۰ kW	۳
۴۰ - ۷۵ kW	۴
۷۵ - ۱۵۰ kW	۵
۱۵۰ - ۳۷۰ kW	۶
۳۷۰ - ۷۵۰ kW	۷
>۷۵۰ kW	۸

با توجه به جدول بالا و دسته‌بندی صورت گرفته شده، با توجه به مرجع [۶] موارد زیر برای هر بخش در محاسبات در نظر گرفته شده است.

۱- میزان ساعت کارکرد هر یک از این بخش‌ها برای هر یک از صنایع

۲- درصد یا سهم انرژی الکتریکی مصرفی هر یک از بخش‌ها نسبت به کل انرژی الکتریکی مصرفی موتورها در آن صنعت

۳- ضریب بار (این عموماً برای کل موتورهای یک صنعت ثابت در نظر گرفته شده و به تفکیک توان یا کاربرد عددی برای آن وجود ندارد)

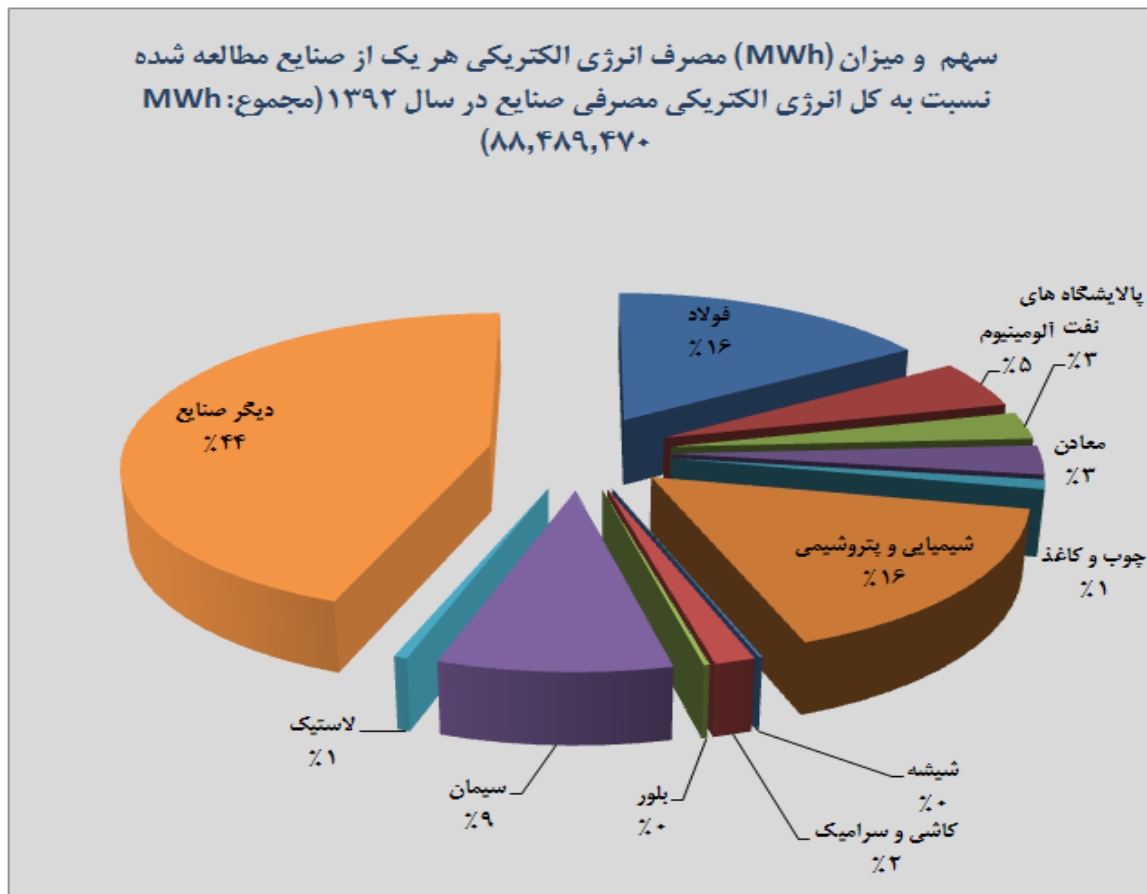
۴- متوسط بازده موتورهای الکتریکی (در این بخش متوسط بازده موتورهای دارای استاندارد IE1 استفاده شده است)
۵- میزان استفاده از موتورهای القائی در هر بخش از صنعت

با توجه به مجموع اطلاعات بالا میزان توان الکتریکی موتورهای نصب شده در صنعت با استفاده از رابطه زیر محاسبه شده است.

$$\text{Annual Energy} = \frac{\text{horsepower} \times 0.746 \times \text{operating hours} \times \text{motor loading}}{\text{efficiency}} \quad (1-1)$$

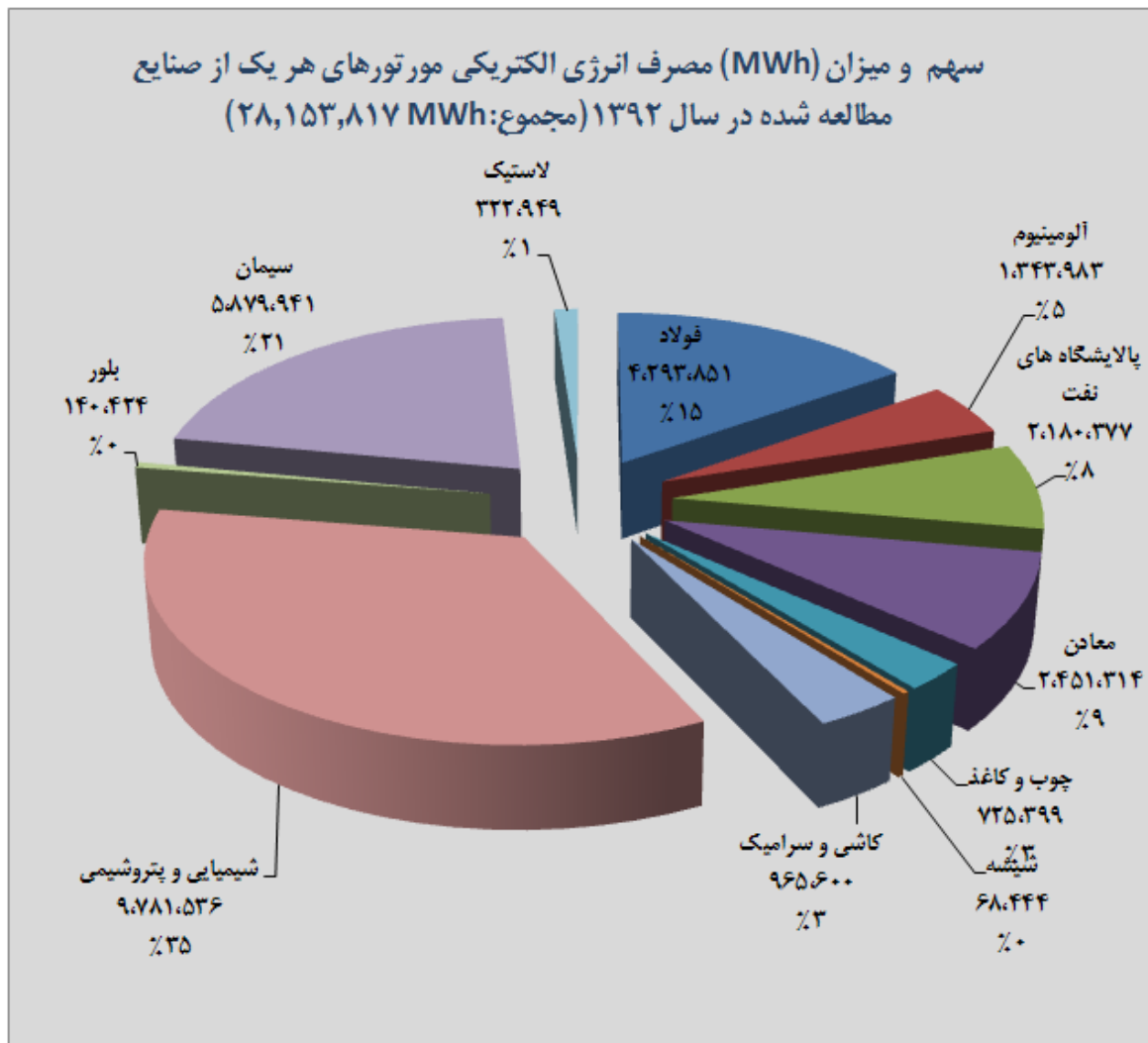
۳-۳- نتایج حاصله از برآورد انرژی

با توجه به پیش فرض‌های ارائه شده در بالا و بررسی‌های صورت گرفته، میزان انرژی الکتریکی مصرفی صنایع مورد مطالعه در حدود ۴۹,۳۰۰,۰۰۰ MWh و در حدود ۵۶٪ از مجموع انرژی الکتریکی مصرفی کل صنایع در سال ۱۳۹۲ بوده است. در شکل ۳-۴ نحوه توزیع این میزان انرژی الکتریکی در بین ۱۱ صنعت مورد بحث ارائه شده است [۷-۱۳].



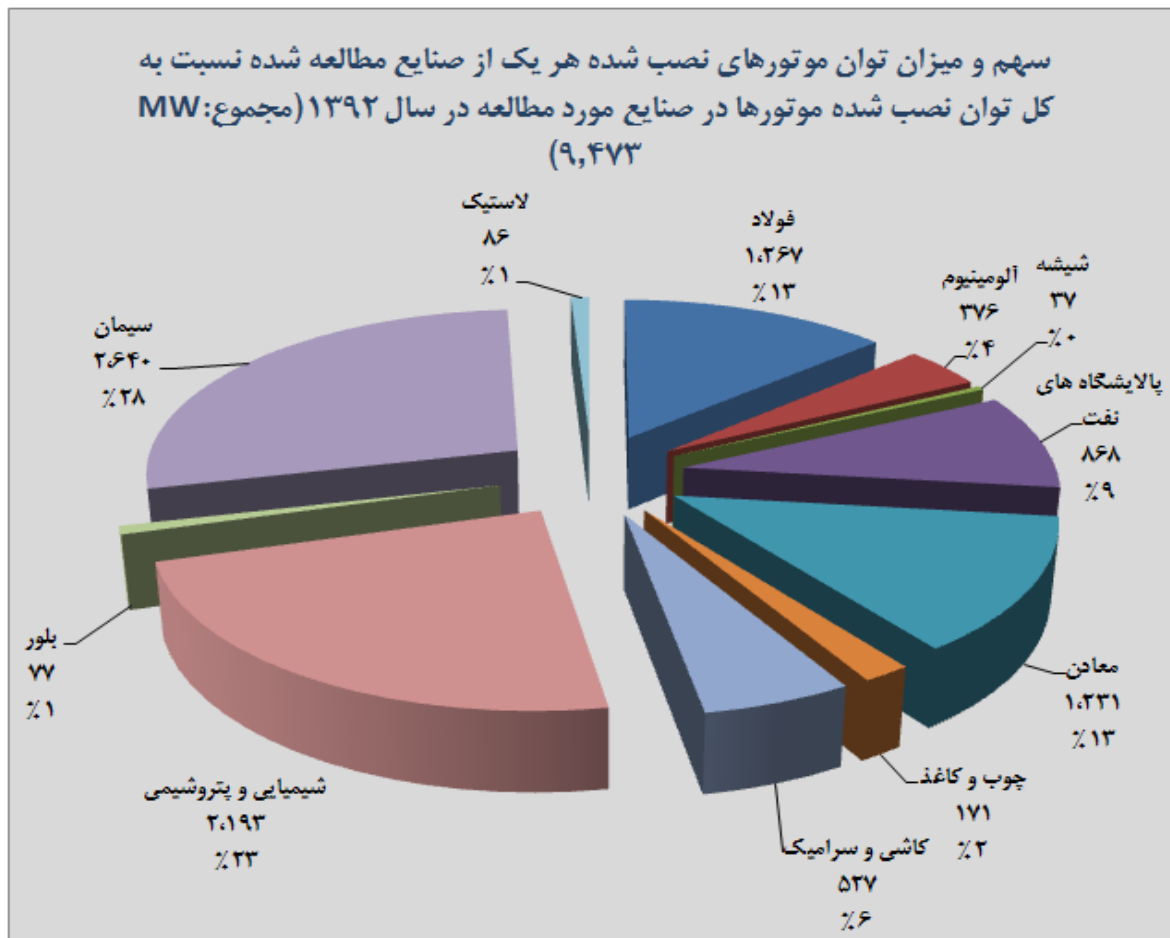
شکل ۳-۴: نحوه توزیع انرژی الکتریکی در بین ۱۱ صنعت مورد بحث

همچنین سهم انرژی الکتریکی مصرفی الکتروموتورها در صنایع مورد مطالعه، نسبت به کل انرژی الکتریکی مصرفی در این صنایع، در شکل ۳-۵ ارائه شده است.



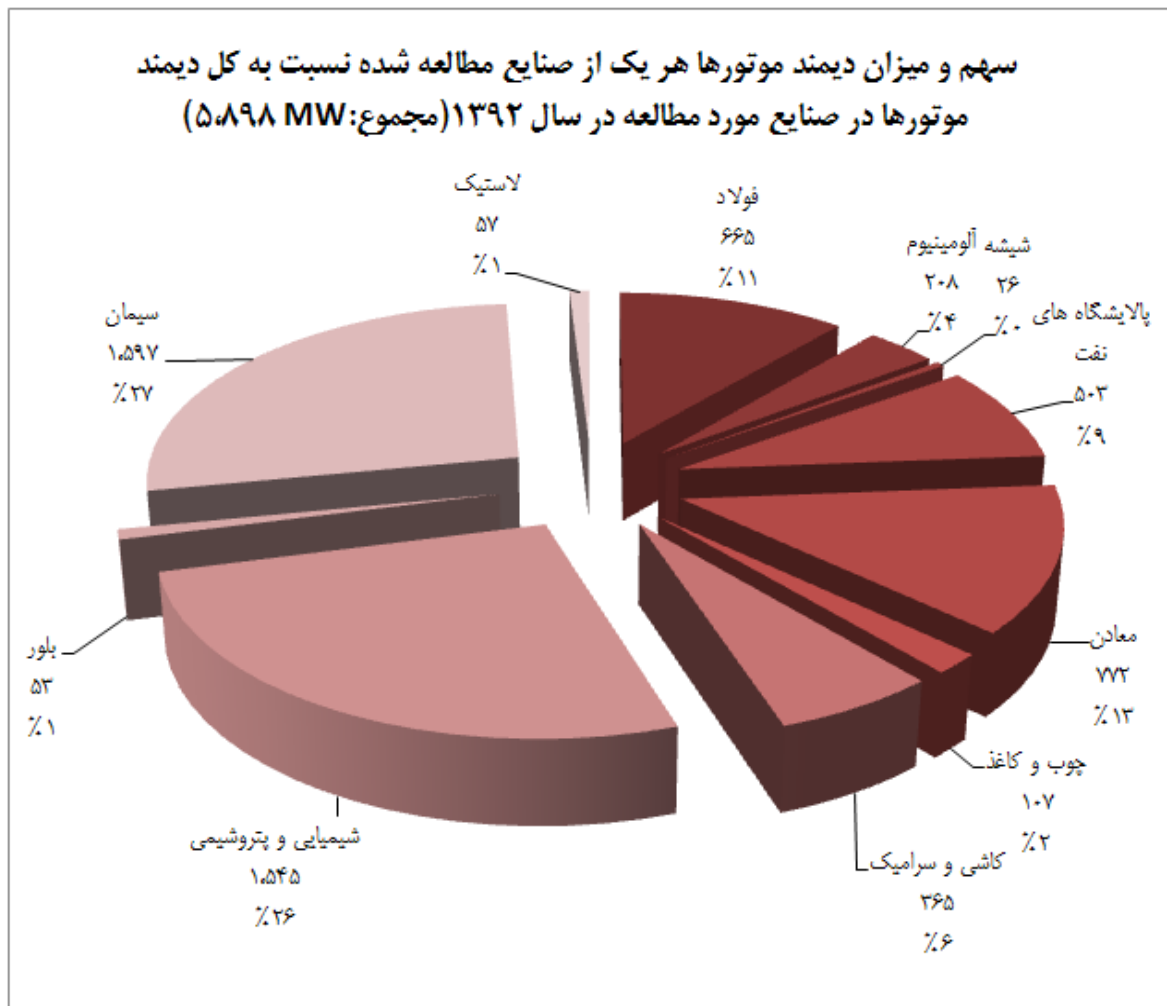
شکل ۳-۵: نحوه توزیع انرژی الکتریکی مصرفی سیستم‌های موتوری در بین ۱۱ صنعت مورد بحث

همچنین بر اساس محاسبات صورت گرفته، مجموع توان نصب شده الکتروموتورها در صنایع مورد مطالعه، در حدود MW ۹,۴۷۳ بوده است. سهم و میزان مجموع توان نصب شده موتورها (MW) در صنایع مورد مطالعه، نسبت به کل توان موتورهای نصب شده در این صنایع، در شکل ۳-۶ ارائه شده است.



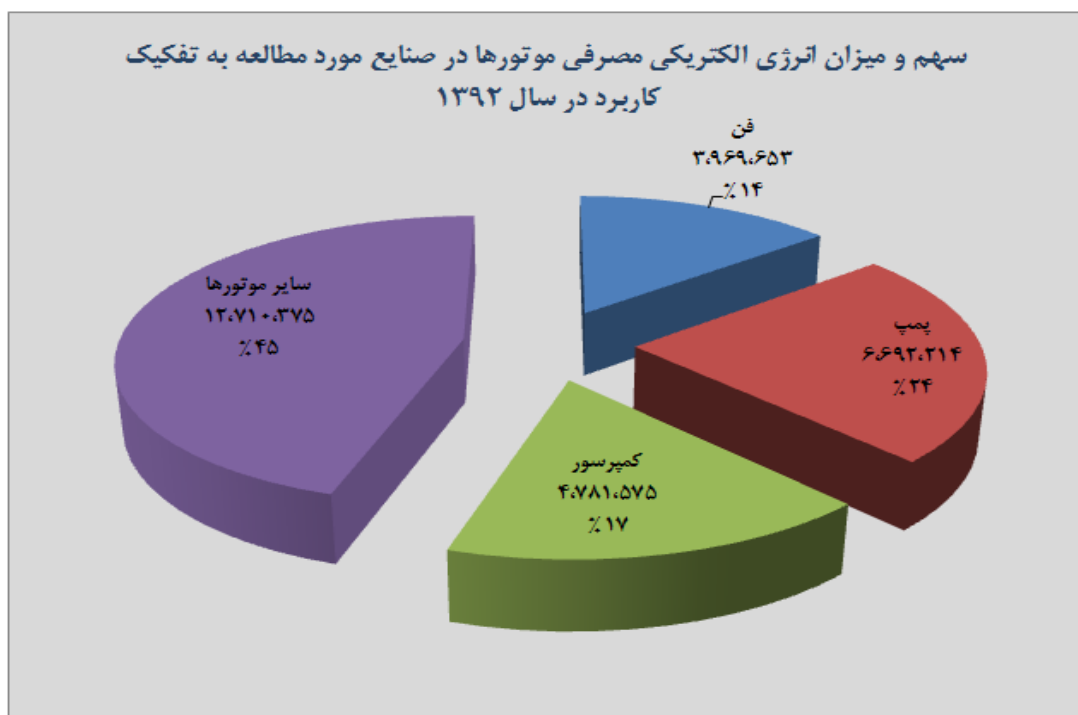
شکل ۳-۶: توان موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث

مطابق با تخمین‌های صورت گرفته، میزان دیمند الکتریکی الکتروموتورها در صنایع مورد مطالعه در حدود ۵,۸۹۳ MW برآورد می‌گردد. سهم و میزان دیمند الکتریکی موتورها (MW) در صنایع مورد مطالعه، نسبت به کل دیمند موتورها در این صنایع، مطابق با شکل ۳-۷ تخمین زده می‌شود.

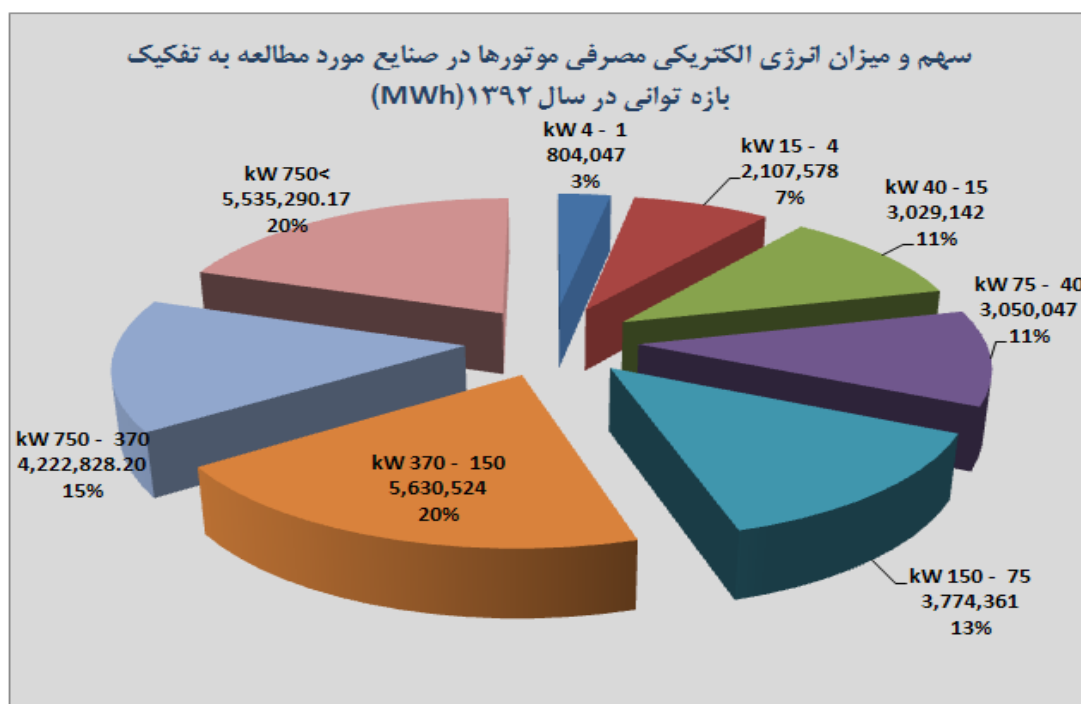


شکل ۳-۷: دیمند موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث

با توجه به محاسبه میزان انرژی مصرفی در هر یک از کاربردها و همچنین بازه های توانی نصب شده در صنایع مختلف با توجه به پیش فرض های ارائه شده در قبل و جمع کلی آنها میزان انرژی الکتریکی مصرفی در هر یک از کاربردهای مختلف صنایع و همچنین در هر یک از بازه های توانی ارائه شده در قبل در شکل های ۳-۸ و ۳-۹ نشان داده شده است.

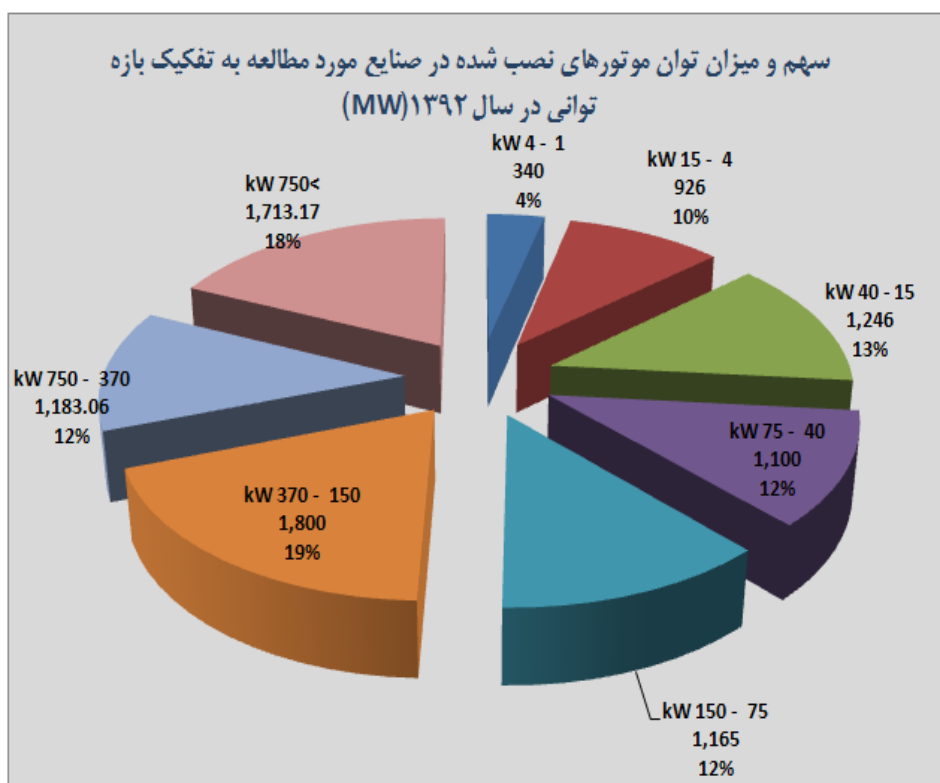


شکل ۳-۸: انرژی الکتریکی مصرفی موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث در کاربردهای مختلف



شکل ۳-۹: انرژی الکتریکی مصرفی موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث در بازه های توانی مختلف

همچنین، در صورتی که این مطالعه بر اساس میزان توان نصب شده موتوری در هر یک از بازه های توانی ارائه شده در بالا صورت بگیرد نتایج زیر حاصل خواهد شد.



شکل ۳-۱: توان الکتریکی مصرفی موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث در بازه های توانی مختلف

۳-۴- مطالعات بهینه سازی

برای انجام مطالعات بهینه سازی، ۶ معیار متفاوت در نظر گرفته شده است:

- کاهش نیازمندی های کلی سیستم: شامل استراتژی هایی نظیر افزایش قطر لوله ها جهت کاهش مقاومت و ... جهت کاهش توان مورد نیاز سیستم ها
- انطباق اندازه تجهیز با بار: سیستم های مختلف معمولا جهت انطباق با پیک بار مورد نیاز طراحی شده و عملکرد بهینه در بارهای کمتر از نامی را در نظر نمی گیرند. این معیار شامل استراتژی هایی جهت انطباق اندازه تجهیز با بار کمتر از بار نامی است.
- تنظیم سرعت: استفاده از ASD
- ارتقاء بازدهی تجهیز: شامل درصد کمی از کاهش مصرف از طریق بهینه سازی فرآیند تجهیز (پمپ، کمپرسور و ...)

- تعمیر و نگهداری: در برخی از تجهیزات، نظیر کمپرسورها، انجام تعمیرات و نگهداری سهم قابل توجهی در کاهش میزان مصرف خواهد داشت.
 - ارتقاء بازدهی موتورها: شامل بهره‌گیری از موتورهای دارای استاندارد بازده بالاتر نظیر IE2، IE3 و ... همچنین به منظور انجام مطالعات بهینه‌سازی شامل کاهش نیازمندی‌های کلی سیستم، انطباق اندازه تجهیز با بار، تنظیم سرعت، ارتقاء بازده تجهیز و تعمیر و نگهداری، از درصدهای ارائه شده در مرجع [۷] استفاده شده است و برای انجام مطالعات بهینه‌سازی بر اساس ارتقاء بازدهی موتورها، از درصد بازده استاندارد ارائه شده برای موتورها در بازه‌های توانی مختلف، بهره‌گیری شده است.
- در سند DOE، با توجه به اطلاعات موجود، از ارائه میزان بهینه‌سازی ممکن بر اساس ۵ معیار نخست، بر روی سیستم‌های غیر از فن، پمپ و کمپرسور خودداری گردیده است. [۶]
- به این ترتیب، بهینه‌سازی ارائه شده بر اساس ۵ معیار نخست تنها شامل ۱۵،۴۴۳،۴۴۲ MWh از انرژی مصرفی موتورها در صنایع مورد مطالعه بوده است. این حجم از انرژی شامل ۵۵٪ از انرژی کلی موتورها در صنایع مطالعه شده (معادل MWh ۲۸،۱۵۳،۸۱۷) و ۲۶٪ از کل انرژی موتورها در صنایع (معادل MWh ۵۹،۹۰۱،۰۰۰) است.
- برای اعمال معیارهای ۵ گانه نخست بهینه‌سازی، باید میزان انرژی، توان و دیمند موتورهای القائی موجود در صنایع محاسبه گردد. انجام محاسبات موتورهای القائی بر اساس درصد‌های ارائه شده در سند DOE برای هر صنعت صورت گرفته است. با تفکیک میزان انرژی، توان و دیمند موتورهای القائی، معیارهای بهینه‌سازی ۵ گانه نخست بر روی آن‌ها اعمال گردیده است. پیش فرض‌های استفاده شده برای میزان بهینه‌سازی انرژی بر اساس ۵ معیار نخست به تفکیک کاربرد در جداول زیر ارائه شده است.

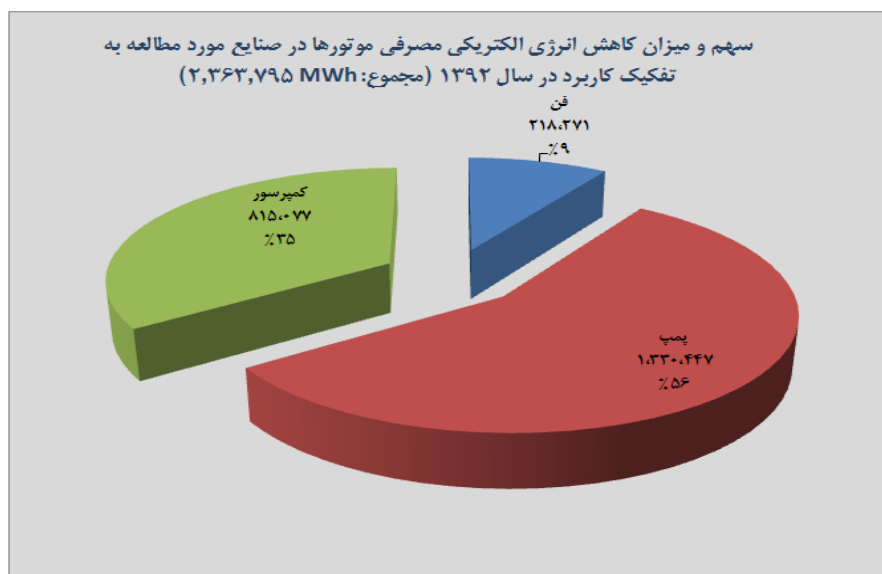
جدول ۳-۲: پیش فرضهای بهینه سازی مصرف انرژی

فرضیات کاهش انرژی در فن ها			
معیار کاهش انرژی	درصد قابل اعمال	درصد احتمالی کاهش انرژی	درصد کاهش انرژی کل
کاهش نیازمندی های کلی سیستم	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰
انطباق اندازه تجهیز با بار	۱۵,۰۰	۱۰,۰۰	۱,۵۰
کنترل سرعت	۱۰,۰۰	۲۰,۰۰	۲,۰۰
ارتقاء قطعات	۲۰,۰۰	۵,۰۰	۱,۰۰
تعمیر و نگهداری	۵۰,۰۰	۲,۰۰	۱,۰۰
فرضیات کاهش انرژی در پمپ ها			
معیار کاهش انرژی	درصد قابل اعمال	درصد احتمالی کاهش انرژی	درصد کاهش انرژی کل
کاهش نیازمندی های کلی سیستم	۵۰,۰۰	۱۰,۰۰	۵,۰۰
انطباق اندازه تجهیز با بار	۲۰,۰۰	۲۰,۰۰	۴,۰۰
کنترل سرعت	۳۵,۰۰	۳۰,۰۰	۱۰,۵۰
ارتقاء قطعات	۱۰,۰۰	۵,۰۰	۰,۵۰
تعمیر و نگهداری	۵,۰۰	۲,۰۰	۰,۱۰
فرضیات کاهش انرژی در کمپرسورها			
معیار کاهش انرژی	درصد قابل اعمال	درصد احتمالی کاهش انرژی	درصد کاهش انرژی کل
کاهش نیازمندی های کلی سیستم	۳۰,۰۰	۲۰,۰۰	۶,۰۰
انطباق اندازه تجهیز با بار	۱۰,۰۰	۳,۰۰	۰,۳۰
کنترل سرعت	۲۵,۰۰	۱۰,۰۰	۲,۵۰
ارتقاء قطعات	۱۵,۰۰	۵,۰۰	۰,۷۵
تعمیر و نگهداری	۷۵,۰۰	۱۰,۰۰	۷,۵۰

با اعمال فرضیات یاد شده، میزان کلی کاهش انرژی ممکن با استفاده از ۵ معیار نخست، در صنایع مورد مطالعه و به تفکیک کاربرد به شکل زیر خواهد بود:

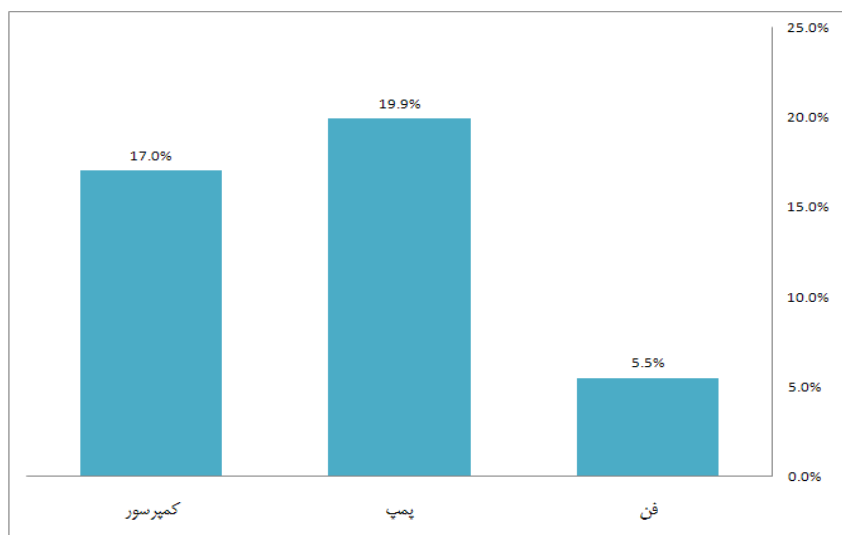
➤ معادل ۱۵,۳ درصد از مجموع انرژی پمپ ها، فن ها و کمپرسورهای صنایع مورد مطالعه

➤ معادل ۸,۴ درصد از مجموع انرژی الکتروموتورهای صنایع مورد مطالعه



شکل ۳-۱۱: کاهش انرژی الکتریکی مصرفی موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث در کاربردهای مختلف

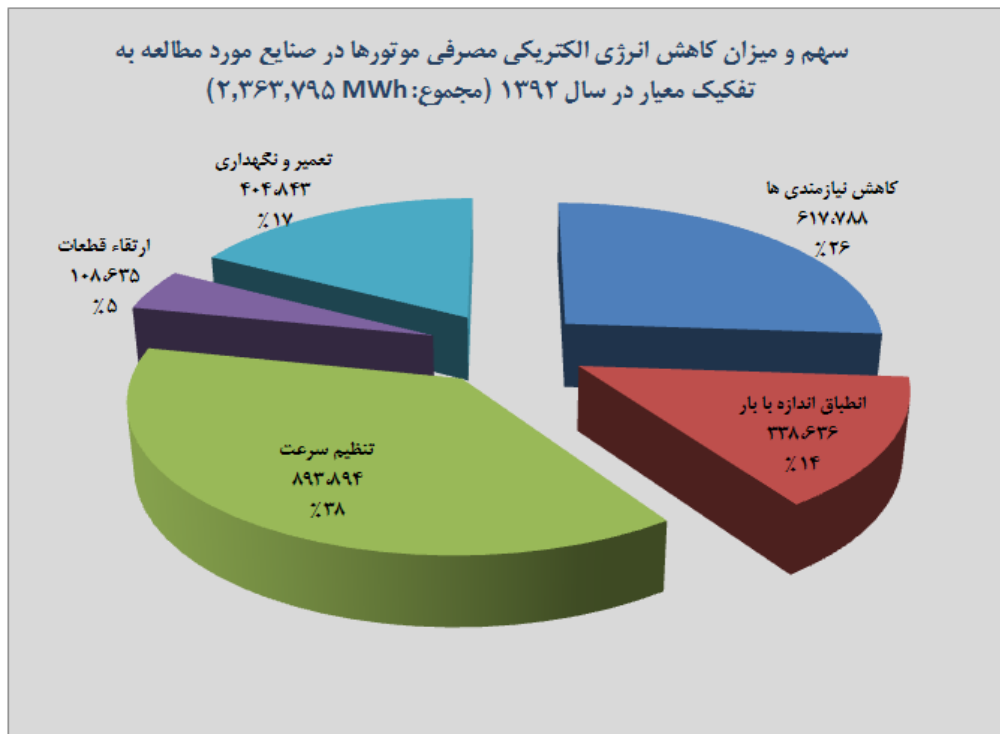
میزان درصد کاهش انرژی ممکن با استفاده از ۵ معیار نخست در صنایع مورد مطالعه در هر کاربرد نسبت به کل انرژی آن کاربرد، در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۲: میزان کاهش انرژی الکتریکی مصرفی موتورهای نصب شده در صنایع مورد بحث در کاربردهای مختلف

نسبت به انرژی مصرفی همان کاربرد

میزان کلی کاهش انرژی الکتریکی ممکن با استفاده از ۵ معیار نخست، در صنایع مورد مطالعه و به تفکیک معیار به شکل زیر خواهد بود.



شکل ۳-۱۳: کاهش انرژی الکتریکی مصرفی موتورهای نصب شده در صنایع با استفاده از روش‌های مختلف

۳-۵- افزایش بازده موتورهای الکتریکی

برای محاسبه میزان بهینه سازی انرژی، با معیار تغییر موتورها و جایگزینی با موتورهای با بازده بالاتر، فرضیات زیر برای بازده موتورها در بازه های توانی مختلف در نظر گرفته شده است. البته لازم به ذکر است که این افزایش بازده تنها بر روی موتورهای القائی هر صنعت اجرا شده است. همچنین به عنوان یک پیش فرض اولیه در نظر گرفته شده است که تمامی موتورهای الکتریکی موجود در صنعت فعلی دارای استاندارد IE1 هستند [۱۴].

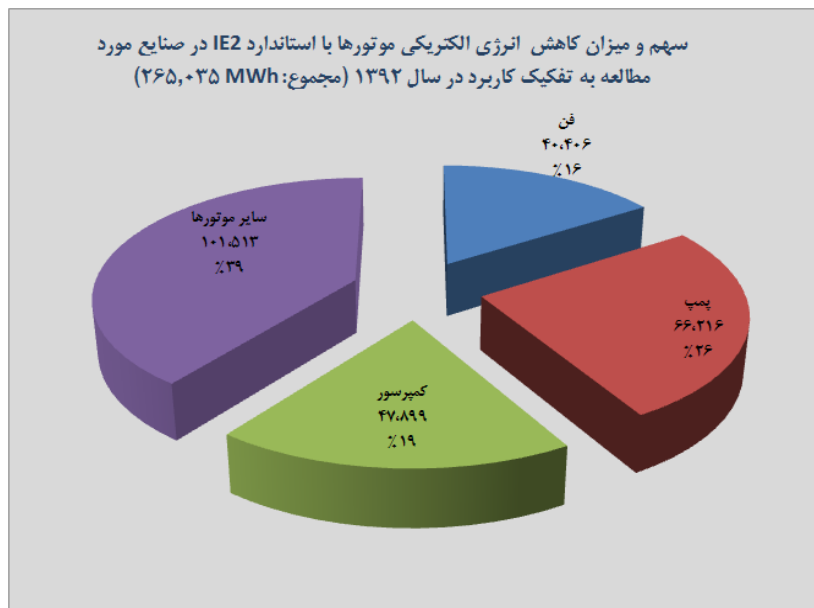
جدول ۳-۳: پیش فرض‌های بازده موتورهای الکتریکی در هر بازه توانی

نسبت بازده کلاس IE2 به IE1	بازده موتورهای کلاس IE2	نسبت بازده کلاس IE3 به IE1	بازده موتورهای کلاس IE3	بازده موتورهای کلاس IE1	بازه توانی [kW]
۰,۹۵	۸۱,۹۸	۰,۹۲	۸۴,۷۹	۷۸,۱۰	۱ - ۴
۰,۹۸	۸۸,۷۰	۰,۹۶	۹۰,۶۰	۸۶,۷۵	۴ - ۱۵
۰,۹۸	۹۱,۶۸	۰,۹۷	۹۳,۰۰	۹۰,۲۷	۱۵ - ۴۰
۰,۹۹	۹۳,۳۰	۰,۹۸	۹۴,۳۰	۹۲,۱۷	۴۰ - ۷۵

نسبت بازده کلاس IE1 به IE2	بازده موتورهای کلاس IE2	نسبت بازده کلاس IE1 به IE3	بازده موتورهای کلاس IE3	بازده موتورهای کلاس IE1	بازه توانی [kW]
۰,۹۹	۹۴,۴۵	۰,۹۸	۹۵,۳۰	۹۳,۴۰	۷۵ - ۱۵۰
۰,۹۹	۹۵,۰۰	۰,۹۸	۹۵,۸۰	۹۴,۰۰	۱۵۰ - ۳۷۰
۰,۹۹	۹۵,۰۰	۰,۹۸	۹۵,۸۰	۹۴,۰۰	۳۷۰ - ۷۵۰
۰,۹۹	۹۵,۰۰	۰,۹۸	۹۵,۸۰	۹۴,۰۰	>۷۵۰

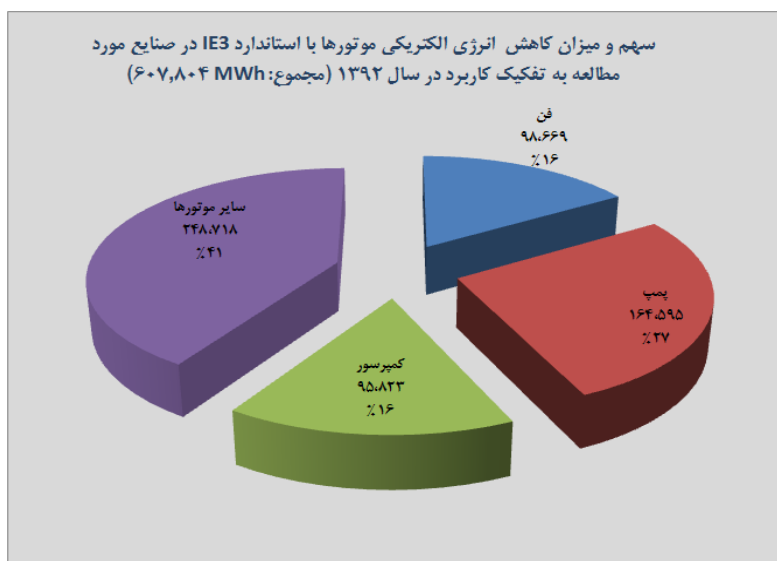
با توجه به این پیش فرض دو حالت زیر در نظر گرفته شده است و نتایج حاصل از کاهش انرژی در شکل‌های ۱۴-۳ و ۱۵-۳ ارائه شده است.

الف) تغییر تمامی موتورهای القائی نصب شده در صنعت با موتورهای دارای بازده IE2 در حال حاضر



جدول ۳-۴: کاهش مصرف انرژی مصرفی موتورهای نصب شده در صنایع با بالا بردن استاندارد موتورها به IE2

ب) تغییر تمامی موتورهای القائی نصب شده در صنعت با موتورهای دارای بازده IE3 در حال حاضر



شکل ۳-۱۴: کاهش انرژی مصرفی مصرفی موتورهای نصب شده با بالا بردن استاندارد موتورها به IE3

برای انجام محاسبات هزینه بهینه سازی از طریق جایگزینی موتورها، فرض های زیر در رابطه با اختلاف هزینه تغییر موتورهای با استاندارد IE1 به IE2 و IE1 به IE3 لحاظ شده است.

جدول ۳-۵: پیش فرض های افزایش هزینه جایگزینی موتورهای با استاندارد بالاتر به ازای هر یک kW [ریال]

اختلاف هزینه تغییر از IE1 به IE3	اختلاف هزینه تغییر از IE1 به IE2	بازه توانی [kW]
۱,۸۴۵,۰۰۰	۷۳۸,۰۰۰	۱ - ۴
۸۶۵,۰۰۰	۳۴۶,۰۰۰	۴ - ۱۵
۸۸۵,۰۰۰	۳۵۴,۰۰۰	۱۵ - ۴۰
۸۵۵,۰۰۰	۳۴۲,۰۰۰	۴۰ - ۷۵
۸۴۰,۰۰۰	۳۳۶,۰۰۰	۷۵ - ۱۵۰
۸۵۵,۰۰۰	۳۴۲,۰۰۰	۱۵۰ - ۳۷۰
۸۶۵,۰۰۰	۳۴۶,۰۰۰	۳۷۰ - ۷۵۰
۸۷۰,۰۰۰	۳۴۸,۰۰۰	>۷۵۰

با توجه به محاسبات صورت گرفته، مجموع هزینه مورد نیاز جهت تغییر موتورهای دارای استاندارد IE2 و یا IE3، به قرار زیر خواهد بود:

جدول ۳-۶: افزایش هزینه ناشی از تغییر موتورهای با موتورهای دارای استاندارد بالاتر [میلیارد ریال]

اختلاف هزینه تغییر از IE1 به IE3	اختلاف هزینه تغییر از IE1 به IE2	بازه توانی [kW]
۶۵۴	۲۶۲	۱ - ۴
۹۱۲	۳۶۵	۴ - ۱۵
۱,۴۱۱	۵۶۵	۱۵ - ۴۰
۱,۳۵۹	۵۴۳	۴۰ - ۷۵
۱,۱۸۵	۴۷۴	۷۵ - ۱۵۰
۲,۴۳۳	۹۷۳	۱۵۰ - ۳۷۰
۱,۰۴۸	۴۱۹	۳۷۰ - ۷۵۰
۱,۳۹۷	۵۵۹	>۷۵۰
۱۰,۳۹۸	۴,۱۵۹	مجموع

۳-۶- افزایش بازده با استفاده از نصب VSD

برای انجام برآورد اقتصادی، فرض‌های زیر لحاظ شده است:

➤ از میان ۵ معیار نخست، تنها معیار تنظیم سرعت در نظر گرفته شده است.

➤ برای انجام محاسبات هزینه بهینه‌سازی از طریق تنظیم سرعت، فرض‌های ارائه شده در جدول زیر در رابطه با قیمت

درایو مورد نظر قرار گرفته است.

جدول ۳-۷: هزینه نصب و راه اندازی درایو به ازای هر کیلووات در بازه‌های توانی مختلف [میلیون ریال]

بازه توانی [kW]	هزینه درایو	ضریب طراحی	مجموع هزینه‌ها
۱ - ۴	۴,۱۴	۲	۸,۲۸
۴ - ۱۵	۲,۱۹	۲	۴,۳۸
۱۵ - ۴۰	۱,۵۹	۲	۳,۱۸
۴۰ - ۷۵	۱,۴۳	۲	۲,۸۶
۷۵ - ۱۵۰	۱,۳۵	۲	۲,۷۰
۱۵۰ - ۳۷۰	۱,۸۰	۲	۳,۶۰
۳۷۰ - ۷۵۰	۲,۰۰	۲	۴,۰۰
>۷۵۰	۳,۰۰	۲	۶,۰۰

همچنین توزیع درصدی موتورهای دارای قابلیت نصب VSD به تفکیک کاربرد و توان در جدول زیر ارائه شده است. همانطور که در جدول نیز مشاهده می‌شود در بازه های توانی زیر ۱۵ کیلووات با توجه به عدم مقرون به صرفه بودن درایو کنترل دور نصب نمی‌شود و از این رو درصد آن صفر در نظر گرفته شده است.

جدول ۳-۸: توزیع درصدی موتورهای دارای قابلیت نصب VSD در بازه های توانی مختلف

بازه توانی [kW]	فن	پمپ	کمپرسور
۱ - ۴	۰,۰	۰,۰	۰,۰
۴ - ۱۵	۰,۰	۰,۰	۰,۰
۱۵ - ۴۰	۱۵,۰	۱۵,۰	۱۵,۰
۴۰ - ۷۵	۱۵,۰	۱۵,۰	۱۵,۰
۷۵ - ۱۵۰	۱۵,۰	۱۵,۰	۱۵,۰
۱۵۰ - ۳۷۰	۱۵,۰	۲۰,۰	۱۵,۰
۳۷۰ - ۷۵۰	۲۰,۰	۳۰,۰	۲۰,۰
>۷۵۰	۲۰,۰	۵,۰	۲۰,۰
مجموع	۱۰۰,۰	۱۰۰,۰	۱۰۰,۰

با توجه به توزیع در نظر گرفته شده، مجموع توان درایو مورد نیاز برای نصب در هر یک از بازه های توانی به شرح زیر است.

جدول ۳-۹: مجموع توان درایو مورد نیاز در بازه های توانی مختلف [MW]

بازه توانی [kW]	فن	پمپ	کمپرسور	مجموع
۱ - ۴	۰	۰	۰	۰
۴ - ۱۵	۰	۰	۰	۰
۱۵ - ۴۰	۲۸	۱۶۲	۱۰۶	۲۹۵
۴۰ - ۷۵	۲۳	۱۷۱	۸۳	۲۷۷
۷۵ - ۱۵۰	۱۸	۱۶۴	۵۱	۲۳۳
۱۵۰ - ۳۷۰	۲۲	۱۸۷	۶۱	۲۷۰
۳۷۰ - ۷۵۰	۴۱	۳۰۸	۸۲	۴۳۱
>۷۵۰	۳۱	۳۲	۷۳	۱۳۶
مجموع	۱۶۳	۱۰۰۲۵	۴۵۵	۱۰۶۴۳

در صورتی که تمامی این میزان درایو در حال حاضر نصب شود هزینه کل آن در حدود ۴۸۴ میلیارد تومان خواهد بود که جدول زیر بصورت تفکیکی آورده شده است.

جدول ۳-۱۰: هزینه کلی نصب درایو [میلیارد ریال]

بازه توانی [kW]	فن	پمپ	کمپرسور	مجموع
۱ - ۴	۰	۰	۰	۰
۴ - ۱۵	۰	۰	۰	۰
۱۵ - ۴۰	۸۸	۵۱۵	۳۳۶	۹۳۹
۴۰ - ۷۵	۶۵	۴۹۰	۲۳۸	۷۹۳
۷۵ - ۱۵۰	۴۹	۴۴۳	۱۳۷	۶۲۹
۱۵۰ - ۳۷۰	۸۱	۶۷۴	۲۱۸	۹۷۳
۳۷۰ - ۷۵۰	۱۶۴	۱،۲۳۴	۳۲۷	۱،۷۲۴
>۷۵۰	۱۸۷	۱۹۲	۴۳۹	۸۱۹
مجموع	۶۳۳	۳،۵۴۹	۱،۶۹۶	۵،۸۷۷

میزان هزینه‌ها به صورت کلی و در صورتی که دو طرح بالا به صورت همزمان انجام شود، در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۳-۱۱: هزینه اجرای دو طرح بالا بصورت همزمان [میلیارد ریال]

نوع هزینه	تغییر به IE2	تغییر به IE3	نصب درایو	مجموع تغییر به IE2 و نصب درایو	مجموع تغییر به IE3 و نصب درایو
میزان هزینه	۴،۱۵۹	۱۰،۳۹۸	۵،۸۷۷	۱۰،۰۳۷	۱۶،۲۷۶

این میزان هزینه دارای صرفه جویی در بخش‌های مختلف صنعت و دولت از قبال عدم پرداخت هزینه انرژی الکتریکی و همچنین عدم تولید انرژی الکتریکی خواهد بود که با توجه به پیش فرض‌های ارائه شده در زیر به آنها در دو قالب صرفه جویی‌های بخش صنعت و صرفه جویی‌های بخش دولتی به آنها پرداخته خواهد شد.

همچنین، همان طور که مشاهده می‌شود هزینه‌های اجتماعی ناشی از افزایش گازهای سمی که شامل تمامی هزینه‌هایی مانند هزینه‌های درمانی و آسیب‌هایی نظیر خوردگی فولاد و سیمان در صنایع و ... نیز با توجه به مراجع بین‌المللی در نظر گرفته شده است.

جدول ۳-۱۲: پیش فرض‌های محاسبه صرفه‌جویی‌های اقتصادی ناشی از اجرای طرح‌های بالا

هزینه تولید ۱ kWh [ریال]	
۶۰۰	برای مصرف کننده
۱۵۰۰	برای وزارت نیرو

ضریب هزینه اجتماعی تولید ۱ kWh [%]	
۰,۱۱	برای دولت

با توجه به فرضیات در نظر گرفته شده، برآورد صرفه جوئی ریالی برای بهینه سازی از طریق نصب درایو و جایگزینی موتورها با موتورهای IE2 و IE3 به شرح زیر خواهد بود:

۳-۷- صرفه جوئی سالانه در بخش صنعت

جدول ۳-۱۳: صرفه‌جویی‌های اقتصادی سالانه ناشی از اجرای طرح‌های بالا در صنعت [میلیارد ریال]

نوع هزینه	تغییر به IE2	تغییر به IE3	نصب درایو	مجموع تغییر به IE2 و نصب درایو	مجموع تغییر به IE3 و نصب درایو
میزان صرفه جویی	۱۹۰	۴۵۰	۶۳۹	۸۳۰	۱,۰۹۰

همانطور که از جدول بالا مشهود است و با توجه به محاسبات صورت گرفته، با قیمت کنونی انرژی الکتریکی، زمان بازگشت سرمایه برای صنایع، به ازای اجرای هر کدام از معیارها به قرار زیر خواهد بود:

➤ جایگزینی موتورهای IE1 با موتورهای IE3: ۲۱ سال

➤ جایگزینی موتورهای IE1 با موتورهای IE2: ۲۰ سال

➤ نصب VSD: ۹ سال

همانطور که در این بخش مشاهده می‌شود هزینه‌های صرفه‌جویی شده در بخش دولتی دارای دو بخش ثابت و سالیانه است. در بخش ثابت هزینه‌های نصب یک نیروگاه معادل دیمند مصرفی کاهش یافته در نظر گرفته شده است و در بخش سالیانه هزینه‌های تولید و هزینه‌های اجتماعی ناشی از عدم تولید انرژی الکتریکی کاهش یافته مورد محاسبه قرار گرفته است.

جدول ۳-۱۴: صرفه‌جویی‌های اقتصادی سالانه ناشی از اجرای طرح‌های بالا در بخش دولتی [میلیارد ریال]

وضعیت واردات موتورها با استاندارد IE2 در کشور										
سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم	سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	بازه توانی [kW]
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	۱۵۰ - ۳۷۰
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	۳۷۰ - ۷۵۰
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	>۷۵۰

وضعیت واردات موتورها با استاندارد IE3 در کشور										
سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم	سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	بازه توانی [kW]
%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۷۰	%۵۰	%۳۰	%۱۰	۱ - ۴
%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۷۰	%۵۰	%۳۰	%۱۰	۴ - ۱۵
%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۷۰	%۵۰	%۳۰	%۱۰	۱۵ - ۴۰
%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۷۰	%۵۰	%۳۰	%۱۰	۴۰ - ۷۵
%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۷۰	%۵۰	%۳۰	%۱۰	۷۵ - ۱۵۰
%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۷۰	%۵۰	%۳۰	%۱۰	۱۵۰ - ۳۷۰
%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۷۰	%۵۰	%۳۰	%۱۰	۳۷۰ - ۷۵۰
%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۷۰	%۵۰	%۳۰	%۱۰	>۷۵۰

ج) پس از کسب دانش فنی ساخت موتورهای با بازده بالا مطابق با برنامه زمانبندی ارائه شده در زیر تولید موتورهای با بازده بالا جایگزین موتورهای با بازده پائین شود.

جدول ۳-۱۷: وضعیت تولید موتورهای با استاندارد بازده IE3 و IE2

وضعیت تولید موتورها با استاندارد IE2 در کشور										
سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم	سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	بازه توانی [kW]
%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۴۰	%۲۰	%	%	%	۱ - ۴
%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۴۰	%۲۰	%	%	%	۴ - ۱۵
%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۴۰	%۲۰	%	%	%	۱۵ - ۴۰

وضعیت تولید موتورها با استاندارد IE2 در کشور										
سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم	سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	بازه توانی [kW]
%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۴۰	%۲۰	%۰	%۰	%۰	۴۰ - ۷۵
%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۴۰	%۲۰	%۰	%۰	%۰	۷۵ - ۱۵۰
%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۴۰	%۲۰	%۰	%۰	%۰	۱۵۰ - ۳۷۰
%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۴۰	%۲۰	%۰	%۰	%۰	۳۷۰ - ۷۵۰
%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۵۰	%۴۰	%۲۰	%۰	%۰	%۰	>۷۵۰

وضعیت تولید موتورها با استاندارد IE3 در کشور										
سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم	سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	بازه توانی [kW]
%۵۰	%۴۰	%۲۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	۱ - ۴
%۵۰	%۴۰	%۲۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	۴ - ۱۵
%۵۰	%۴۰	%۲۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	۱۵ - ۴۰
%۵۰	%۴۰	%۲۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	۴۰ - ۷۵
%۵۰	%۴۰	%۲۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	۷۵ - ۱۵۰
%۵۰	%۴۰	%۲۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	۱۵۰ - ۳۷۰
%۵۰	%۴۰	%۲۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	۳۷۰ - ۷۵۰
%۵۰	%۴۰	%۲۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	>۷۵۰

د) نرخ استهلاک موتورها و همچنین، نسبت مصرف محصولات داخلی و خارجی در صنعت در بازه های توانی مختلف و به تفکیک کاربرد، مطابق با جداول زیر در نظر گرفته شده است.

جدول ۳-۱۸: نرخ استهلاک و نحوه تامین موتورها در صنایع ایران

سایر کاربردها	کمپرسور	پمپ	فن	بازه توانی [kW]
%۱۲,۵۰	%۱۲,۵۰	%۱۲,۵۰	%۱۲,۵۰	۱ - ۴
%۱۰,۳۰	%۱۰,۳۰	%۱۰,۳۰	%۱۰,۳۰	۴ - ۱۵
%۸,۷۵	%۸,۷۵	%۸,۷۵	%۸,۷۵	۱۵ - ۴۰

با در نظر گرفتن فرض های یاد شده، وضعیت درصدی موتورهای IE1، IE2 و IE3 طی ۱۰ سال آینده به شکل زیر خواهد بود.

جدول ۳-۲۱: وضعیت درصدی موتورهای IE1، IE2 و IE3 طی ۱۰ سال آینده

(از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال)

سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم	سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	IE1 بازه توانی [kW]
%۴۳,۳	%۵۵,۸	%۶۷,۱	%۷۶,۳	%۸۳,۱	%۹۰,۰	%۹۵,۸	%۹۸,۹	%۹۹,۵	%۹۹,۹	۱ - ۴
%۵۱,۱	%۶۱,۴	%۷۰,۹	%۷۸,۶	%۸۴,۶	%۹۰,۵	%۹۵,۶	%۹۸,۵	%۹۹,۳	%۹۹,۸	۴ - ۱۵
%۵۶,۷	%۶۵,۵	%۷۳,۵	%۸۰,۲	%۸۵,۶	%۹۰,۹	%۹۵,۶	%۹۸,۳	%۹۹,۲	%۹۹,۸	۱۵ - ۴۰
%۶۱,۱	%۶۸,۷	%۷۵,۷	%۸۱,۷	%۸۶,۵	%۹۱,۳	%۹۵,۶	%۹۸,۲	%۹۹,۲	%۹۹,۸	۴۰ - ۷۵
%۶۴,۱	%۷۰,۸	%۷۷,۱	%۸۲,۵	%۸۷,۰	%۹۱,۵	%۹۵,۵	%۹۸,۰	%۹۹,۱	%۹۹,۸	۷۵ - ۱۵۰
%۶۶,۸	%۷۳,۸	%۷۸,۵	%۸۳,۴	%۸۷,۶	%۹۱,۷	%۹۵,۵	%۹۷,۹	%۹۹,۱	%۹۹,۸	۱۵۰ - ۳۷۰
%۶۸,۷	%۷۴,۲	%۷۹,۴	%۸۳,۹	%۸۷,۹	%۹۱,۹	%۹۵,۵	%۹۷,۸	%۹۹,۰	%۹۹,۸	۳۷۰ - ۷۵۰
%۷۰,۵	%۷۵,۵	%۸۰,۳	%۸۴,۵	%۸۸,۳	%۹۲,۰	%۹۵,۵	%۹۷,۸	%۹۹,۰	%۹۹,۸	>۷۵۰

سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم	سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	IE2 بازه توانی [kW]
%۳۴,۹	%۲۹,۳	%۲۳,۶	%۱۸,۰	%۱۲,۴	%۶,۸	%۲,۳	%۰,۰	%۰,۰	%۰,۰	۱ - ۴
%۲۶,۸	%۲۲,۵	%۱۸,۲	%۱۳,۸	%۹,۵	%۵,۲	%۱,۷	%۰,۰	%۰,۰	%۰,۰	۴ - ۱۵
%۲۱,۲	%۱۷,۷	%۱۴,۳	%۱۰,۹	%۷,۵	%۴,۱	%۱,۴	%۰,۰	%۰,۰	%۰,۰	۱۵ - ۴۰
%۱۷,۲	%۱۴,۴	%۱۱,۷	%۸,۹	%۶,۱	%۳,۳	%۱,۱	%۰,۰	%۰,۰	%۰,۰	۴۰ - ۷۵
%۱۴,۰	%۱۱,۸	%۹,۵	%۷,۲	%۵,۰	%۲,۷	%۰,۹	%۰,۰	%۰,۰	%۰,۰	۷۵ - ۱۵۰
%۱۱,۳	%۹,۵	%۷,۷	%۵,۹	%۴,۰	%۲,۲	%۰,۷	%۰,۰	%۰,۰	%۰,۰	۱۵۰ - ۳۷۰
%۹,۵	%۸,۰	%۶,۵	%۴,۹	%۳,۴	%۱,۸	%۰,۶	%۰,۰	%۰,۰	%۰,۰	۳۷۰ - ۷۵۰
%۷,۸	%۶,۵	%۵,۳	%۴,۰	%۲,۸	%۱,۵	%۰,۵	%۰,۰	%۰,۰	%۰,۰	>۷۵۰

سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم	سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	IE3 بازه توانی [kW]
%۲۱,۹	%۱۵,۰	%۹,۳	%۵,۸	%۴,۵	%۳,۳	%۲,۰	%۱,۱	%۰,۵	%۰,۱	۱ - ۴
%۲۲,۰	%۱۶,۱	%۱۱,۰	%۷,۶	%۵,۹	%۴,۳	%۲,۶	%۱,۵	%۰,۷	%۰,۲	۴ - ۱۵
%۲۲,۱	%۱۶,۸	%۱۲,۱	%۸,۹	%۶,۹	%۵,۰	%۳,۱	%۱,۷	%۰,۸	%۰,۲	۱۵ - ۴۰
%۲۱,۷	%۱۶,۹	%۱۲,۶	%۹,۴	%۷,۴	%۵,۳	%۳,۳	%۱,۸	%۰,۸	%۰,۲	۴۰ - ۷۵
%۲۱,۹	%۱۷,۴	%۱۳,۴	%۱۰,۲	%۸,۰	%۵,۸	%۳,۶	%۲,۰	%۰,۹	%۰,۲	۷۵ - ۱۵۰
%۲۱,۸	%۱۷,۶	%۱۳,۸	%۱۰,۸	%۸,۴	%۶,۱	%۳,۷	%۲,۱	%۰,۹	%۰,۲	۱۵۰ - ۳۷۰
%۲۱,۸	%۱۷,۸	%۱۴,۲	%۱۱,۱	%۸,۷	%۶,۳	%۳,۹	%۲,۲	%۱,۰	%۰,۲	۳۷۰ - ۷۵۰
%۲۱,۸	%۱۸,۰	%۱۴,۵	%۱۱,۵	%۹,۰	%۶,۵	%۴,۰	%۲,۳	%۱,۰	%۰,۳	>۷۵۰

با توجه به محاسبات بالا برآورد صرفه جوئی انرژی حاصل از اجرای طرح در بازه ۱۰ ساله در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۳-۲۲: صرفه جویی انرژی در صنایع ایران در طرح جایگزینی الکتروموتورها

(از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال [GWh])

سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم	سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	سال
۳۰۵,۰	۲۱۸,۳	۱۴۷,۱	۹۰,۷	۴۸,۶	۲۰,۲	۵,۰	۰,۰	۰,۰	۰,۰	حاصل از جایگزینی با موتورهای IE2
۷۰۴,۵	۵۰۴,۳	۳۵۱,۷	۲۳۹,۸	۱۵۷,۶	۹۴,۵	۴۹,۹	۲۲,۹	۸,۱	۱,۶	حاصل از جایگزینی با موتورهای IE3
۱,۰۰۹,۵	۷۲۲,۷	۴۹۸,۸	۳۳۰,۵	۲۰۶,۱	۱۱۴,۷	۵۴,۸	۲۲,۹	۸,۱	۱,۶	مجموع

در جدول زیر برآورد اقتصادی اولیه هزینه های ناشی از اجرای این طرح در بازه ۱۰ ساله و همچنین صرفه جویی ناشی از این

طرح برای صنایع و دولت آورده شده است.

جدول ۳-۲۵: صرفه جویی ریالی دولت در طرح جایگزینی الکتروموتورها

(از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال [میلیارد ریال])

سال	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم	سال ششم	سال هفتم	سال هشتم	سال نهم	سال دهم
کاهش انرژی										
هزینه اجتماعی										
مجموع										

همچنین هزینه‌هایی که به منظور ایجاد دانش فنی و افزایش زیر ساختهای موجود در کشور برای تولید موتورهای با بازده بالا باید در سالهای متمادی در نظر گرفته شود در جدول زیر پیشنهاد شده است.

جدول ۳-۲۶: هزینه های اقتصادی جهت اجرای جایگزینی الکتروموتورها در بخش دولتی

ردیف	عنوان	مبلغ سالیانه (ریال)	مبلغ کل (ریال)	سال
۱	هزینه ایجاد دانش فنی موتورهای IE2			سال اول
۲	هزینه ایجاد دانش فنی موتورهای IE3			سال ۲ و ۳
۳	هزینه افزایش زیر ساختها			سالهای ۴ تا ۱۰

۳-۹- سناریو پیشنهادی برای اجرای طرح استفاده از VSD در صنایع

با توجه به زمان بازگشت سرمایه کمتر نصب VSD و همچنین، برخورداری از درصد بالاتر کاهش انرژی، یک طرح ۱۰ ساله جهت اجرای نصب VSD در صنایع کشور تدارک دیده شده است. همانند طرح بالا در این جا نیز ابتدا به پیش فرضها اشاره شده است.

الف) دستیابی به دانش فنی ساخت VSD ها در بازه ۴ (در توانهای پائین) تا ۱۰ ساله (برای توانهای بالا)

جدول ۳-۲۷: وضعیت دستیابی به دانش فنی در طرح استفاده از VSD

سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم	سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	بازه توانی [kW]
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	۱ - ۴
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	۴ - ۱۵
۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۹۰٪	۶۰٪	۳۰٪	۱۵ - ۴۰
۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۹۰٪	۶۰٪	۳۰٪	۴۰ - ۷۵
۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۹۰٪	۶۰٪	۳۰٪	۷۵ - ۱۵۰
۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۹۰٪	۶۰٪	۳۰٪	۱۵۰ - ۳۷۰
۱۰۰٪	۱۰۰٪	۱۰۰٪	۸۰٪	۶۰٪	۴۰٪	۲۰٪	۱۰٪	٪	٪	۳۷۰ - ۷۵۰
۱۰۰٪	۹۰٪	۷۰٪	۵۰٪	۴۰٪	۳۰٪	۲۰٪	۱۰٪	٪	٪	>۷۵۰

ب) نرخ نصب درایو در کشور نسبت به کل ظرفیت اولیه ممکن جهت نصب درایو مطابق با جدول زیر باشد.

جدول ۳-۲۸: نرخ نصب تجهیزات در طرح استفاده از VSD

سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم	سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	بازه توانی [kW]
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	۱ - ۴
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	۴ - ۱۵
۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۱۵ - ۴۰
۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۴۰ - ۷۵
۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۷۵ - ۱۵۰
۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۱۵۰ - ۳۷۰
۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۳۷۰ - ۷۵۰
۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	۵٪	>۷۵۰

ج) درصد تولید VSD در کشور نسبت به کل ظرفیت مورد نیاز مطابق با جدول زیر باشد.

جدول ۳-۲۹: نرخ تولید درایو در داخل در طرح استفاده از VSD

سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم	سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	بازه توانی [kW]
										۱ - ۴
										۴ - ۱۵
%۳۵	%۳۰	%۲۵	%۲۰	%۱۵	%۱۰	%۵	%۰	%۰	%۰	۱۵ - ۴۰
%۳۵	%۳۰	%۲۵	%۲۰	%۱۵	%۱۰	%۵	%۰	%۰	%۰	۴۰ - ۷۵
%۳۵	%۳۰	%۲۵	%۲۰	%۱۵	%۱۰	%۵	%۰	%۰	%۰	۷۵ - ۱۵۰
%۳۰	%۲۵	%۲۰	%۱۵	%۱۰	%۵	%۰	%۰	%۰	%۰	۱۵۰ - ۳۷۰
%۱۵	%۱۰	%۵	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	۳۷۰ - ۷۵۰
%۵	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	%۰	>۷۵۰

مطابق با فرضیات صورت گرفته، توان درایو مورد نیاز برای کشور، در صنایع مورد مطالعه، در چشم انداز ۱۰ ساله به شرح زیر خواهد بود.

جدول ۳-۳: توان درایو مورد نیاز برای کشور در طرح استفاده از VSD

(از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال [MW])

سال دهم	سال نهم	سال هشتم	سال هفتم	سال ششم	سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	بازه توانی [kW]
										۱ - ۴
										۴ - ۱۵
۱۷۹,۹	۱۵۸,۸	۱۳۸,۴	۱۱۸,۷	۹۹,۷	۸۱,۵	۶۳,۹	۴۷,۰	۳۰,۷	۱۵,۱	۱۵ - ۴۰
۱۶۹,۱	۱۴۹,۲	۱۳۰,۰	۱۱۱,۵	۹۳,۷	۷۶,۶	۶۰,۱	۴۴,۲	۲۸,۹	۱۴,۱	۴۰ - ۷۵
۱۴۱,۹	۱۲۵,۲	۱۰۹,۱	۹۳,۶	۷۸,۷	۶۴,۳	۵۰,۴	۳۷,۱	۲۴,۲	۱۱,۹	۷۵ - ۱۵۰
۱۶۴,۸	۱۴۵,۴	۱۲۶,۷	۱۰۸,۷	۹۱,۳	۷۴,۶	۵۸,۵	۴۳,۰	۲۸,۱	۱۳,۸	۱۵۰ - ۳۷۰
۲۶۲,۷	۲۳۱,۸	۲۰۲,۰	۱۷۳,۳	۱۴۵,۶	۱۱۹,۰	۹۳,۳	۶۸,۶	۴۴,۸	۲۲,۰	۳۷۰ - ۷۵۰
۸۳,۲	۷۳,۴	۶۴,۰	۵۴,۹	۴۶,۱	۳۷,۷	۲۹,۵	۲۱,۷	۱۴,۲	۷,۰	>۷۵۰

مطابق با فرض‌های پیشین، توان درایو مورد نیاز جهت تولید در داخل کشور، در صنایع مورد مطالعه، در چشم انداز ۱۰ ساله به شرح زیر خواهد بود.

صرفه جوئی ریالی صنایع مورد مطالعه و همچنین دولت، از محل کاهش انرژی الکتریکی مصرفی به شرح زیر تخمین زده شده است.

جدول ۳-۳۴: صرفه جویی اقتصادی حاصل از اجرای طرح نصب VSD در صنایع

(از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال [میلیارد ریال])

سال	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم	سال ششم	سال هفتم	سال هشتم	سال نهم	سال دهم
مجموع	۳۳	۶۷	۱۰۲	۱۳۸	۱۷۶	۲۱۶	۲۵۷	۳۰۰	۳۴۴	۳۹۰

جدول ۳-۳۵: صرفه جویی اقتصادی حاصل از اجرای طرح نصب VSD در بخش دولتی

(از ابتدای اجرای طرح تا پایان هر سال [میلیارد ریال])

سال	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم	سال ششم	سال هفتم	سال هشتم	سال نهم	سال دهم
کاهش انرژی	۰,۰۵	۰,۱۵	۰,۳۰	۰,۵۱	۰,۷۷	۱,۱۰	۱,۴۸	۱,۹۳	۲,۴۵	۳,۰۳
هزینه اجتماعی	۰,۰۱	۰,۰۳	۰,۰۶	۰,۰۹	۰,۱۴	۰,۲۰	۰,۲۷	۰,۳۵	۰,۴۵	۰,۵۶
مجموع	۰,۰۶	۰,۱۸	۰,۳۶	۰,۶۰	۰,۹۲	۱,۳۰	۱,۷۶	۲,۲۹	۲,۹۰	۳,۵۹

همچنین هزینه‌هایی که به منظور ایجاد دانش فنی و افزایش زیر ساختهای موجود در کشور برای تولید VSD ها باید در سالهای متمادی در نظر گرفته شود در جدول زیر پیشنهاد شده است.

جدول ۳-۳۶: هزینه های اقتصادی جهت اجرای طرح نصب VSD در بخش دولتی

ردیف	عنوان	مبلغ سالیانه (ریال)	مبلغ کل (ریال)	سال
۱	هزینه ایجاد دانش فنی			سالهای ۱ تا ۴ طرح
۲	هزینه افزایش زیر ساختها			سالهای ۵ تا ۱۰

۴- طرح توسعه فناوری موتورهای

الکتریکی توان بالا

موتورهای الکتریکی توان بالا از جایگاه خاصی در صنایع مختلف و نیز صنعت حمل و نقل برخوردارند. امروزه با بهره‌گیری از تکنولوژی ابررسانا و نیز موتورهای آهنربای دائم، امکان دستیابی به حجم و وزن کمتر و نیز بازده بهتر در موتورهای توان بالا در مقایسه با نمونه‌های رایج فراهم شده و پروژه‌های مختلفی در خصوص طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی با توان‌های چند مگاوات برای استفاده در صنایع مختلف و سیستم‌های پیش‌ران‌ش کشتی‌ها به انجام رسیده و یا در حال انجام است. علاوه بر این، در حوزه ژنراتورها نیز بهره‌گیری از فناوری‌هایی نظیر ابررسانا امکان طراحی و ساخت ژنراتورهای توربین‌های بادی چند مگاواتی را با حجم و وزنی به مراتب کمتر از نمونه‌های رایج فراهم آورده است. از این رو، پرداختن به مبحث دستیابی به دانش طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی توان بالا در قالب سند راهبردی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی در داخل کشور حائز اهمیت بوده و لازم است در قالب برنامه‌های میان‌مدت و بلندمدت مورد توجه قرار گیرد.

در گزارش حاضر، پس از بررسی وضعیت موجود ۷ صنعت عمده کشور در خصوص بکارگیری موتورهای الکتریکی با توان بالاتر از ۷۵۰ KW و دیماند و انرژی مصرفی آنها، مطالبی در خصوص لزوم و اهمیت دستیابی به فناوری طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی توان بالا عنوان شده و به برخی از پروژه‌های عمده در این حوزه که در کشورهای مختلف دنیا در خلال دو دهه اخیر انجام شده، اشاره شده است. در انتها نیز پیشنهاد طرح توسعه فناوری طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی توان بالا در قالب برنامه‌های میان‌مدت و بلندمدت ارائه شده است.

۴-۱- آمار و اطلاعات موتورهای الکتریکی با توان بیش از ۷۵۰ کیلووات در صنعت کشور

وضعیت موتورهای الکتریکی القایی موجود در صنایع مختلف در محدوده توانی بالاتر از ۷۵۰ KW در جدول ۴-۱ آمده است. در این جدول، اطلاعات مربوط به صنایع فولاد، آلومینیوم، نفت، چوب و کاغذ، شیمیایی و پتروشیمی، سیمان و لاستیک ذکر شده است.

جدول ۴-۱: وضعیت موتورهای القایی با توان بیشتر از 750 kw موجود در صنایع از نظر دیماند و انرژی مصرفی

انرژی مصرفی (MWh/Year)	دیماند (MW)	نوع صنعت
۶۳۶۷۴۸	۸۴	فولاد
۱۹۹۳۰۳	۲۶	آلومینیوم
۵۹۸۳۷۶	۸۷	نفت
۱۳۲۴۶۷	۱۶	چوب و کاغذ

انرژی مصرفی (MWh/Year)	دیماند (MW)	نوع صنعت
۲۶۸۹۸۹۷	۳۵۰	شیمیایی و پتروشیمی
۱۰۰۴۱۵۷	۴۲۱	سیمان
۲۷۶۱	۰/۷۴	لاستیک
۵۲۶۳۷۰۹	۹۸۵	مجموع
% ۲۳/۴	% ۲۱/۴	درصد به نسبت کل موتورهای القایی موجود در صنعت

۴-۲- لزوم و اهمیت دستیابی به فناوری طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی بزرگ

۴-۲-۱- عدم تطابق بار

در مواردی که عدم تطابق بین موتور الکتریکی و بار آن وجود دارد، استفاده از موتور الکتریکی با توان مناسب می‌تواند صرفه جویی انرژی را به دنبال داشته باشد. برخوردار بودن از دانش طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی توان بالا این امکان را فراهم می‌آورد که، در صورت نیاز، به جای نمونه‌سازی و مهندسی معکوس موتوری با توان بالاتر از حد نیاز، موتور الکتریکی متناسب با بار مورد نظر طراحی و ساخته شود. با توجه به آنکه کارکردن موتور در بار نامی، بازده و ضریب قدرت بهتری را (در مقایسه با شرایط کارکردن در کمتر از بار نامی) به دنبال خواهد داشت، تطابق موتور با بار مورد نظر، موجب صرفه جویی قابل توجهی در مصرف انرژی خواهد شد. علاوه بر این، صرفه جویی در مواد بکار رفته در موتوری با توان کمتر (در مقایسه با مهندسی معکوس موتوری که با بار خود تطابق ندارد) از دیگر مزایای برخورداری از دانش طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی توان بالا می‌باشد. در جدول ۴-۲ تغییرات بازده و ضریب قدرت دو نمونه موتور القایی توان بالا (محصول شرکت زیمنس) با تغییرات بار نشان داده شده است. علاوه بر این، در جدول ۴-۳ مشخص شده است که در صنایع مختلف با انطباق موتور با بار به چه میزان کاهش دیماند و صرفه جویی در مصرف انرژی حاصل خواهد شد.

جدول ۴-۲: تغییرات ضریب قدرت و بازده دو نمونه موتور القایی توان بالا با بار

نوع موتور	بار	ضریب توان	بازده (%)
موتور القایی سه فاز با روتور جاروبک‌دار ۲۲۰۰ kW	۱/۲۵	۰/۸۴	۹۶/۲
	۱	۰/۸۲	۹۶/۴
	۰/۷۵	۰/۷۶	۹۶/۱

نوع موتور	بار	ضریب توان	بازده (%)
۶۶kV	۰٫۵	۰٫۶۷	۹۵٫۴
موتور القایی سه فاز با روتور جاروبک‌دار ۲۰۴۰ kW ۶۶kV	۱٫۲۵	۰٫۸۷	۹۷
	۱	۰٫۸۶	۹۷
	۰٫۷۵	۰٫۸۲	۹۶٫۸
	۰٫۵	۰٫۷۴	۹۶

جدول ۳-۴: میزان کاهش دیماند و صرفه جویی در مصرف انرژی در موتورهای القایی با توان بالاتر از 750 KW در صنایع

ناشی از انطباق موتور الکتریکی با بار

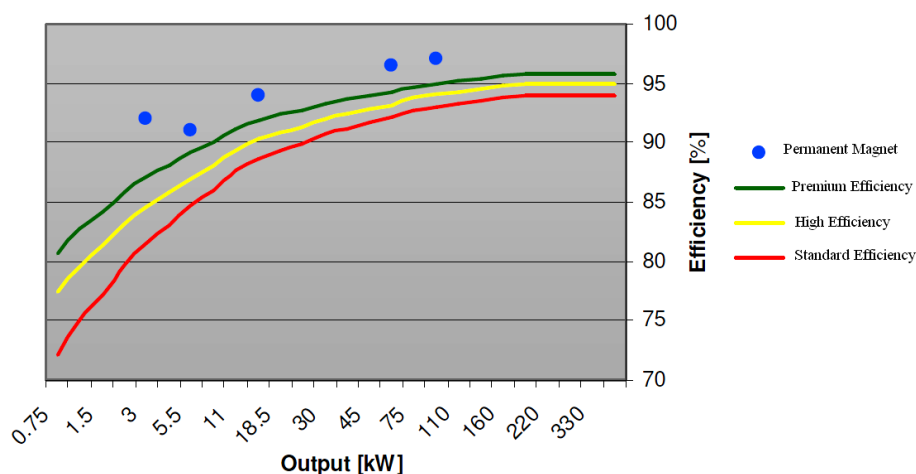
کاهش دیماند (MW)				کاهش انرژی مصرفی سالیانه (MWh)				صنعت
مجموع	کمپرسور	پمپ	فن	مجموع	کمپرسور	پمپ	فن	
۰٫۷۵	۰٫۱۱	۰٫۰۶	۰٫۵۹	۵٫۵۹۶	۸۷۷	۳۱۱	۴٫۴۰۹	فولاد
۰٫۲۴	۰٫۰۳	۰٫۰۲	۰٫۱۸	۱٫۷۵۱	۲۷۴	۹۷	۱٫۳۸۰	آلومینیوم
۱٫۵۸	۰٫۱	۱٫۴۲	۰٫۰۶	۹٫۵۹۷	۷۴۹	۸٫۳۳۰	۵۱۷	نفت
۰٫۱۱	۰	۰٫۰۱	۰٫۱	۹۷۱	۰	۵۶	۹۱۴	چوب و کاغذ
۲٫۵۹	۰٫۷۶	۱٫۸۴	۰	۲۱۰٫۳۸	۵٫۷۰۳	۱۵٫۳۳۵	۰	شیمیایی و پتروشیمی
۲٫۴۹	۰٫۴۶	۰٫۱۳	۱٫۸۹	۷٫۷۴۵	۳۶۵	۴۴۳	۶٫۹۳۷	سیمان
۷٫۷۶	۱٫۴۵	۳٫۴۸	۲٫۸۳	۴۶٫۶۴۷	۷٫۹۶۸	۲۴٫۵۷۳	۱۴٫۱۵۷	مجموع

۴-۲-۲- دستیابی به فناوری طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی مغناطیس دائم توان بالا

موتورهای الکتریکی آهنربای دائم در سال‌های اخیر به دلیل مزایایی مانند چگالی توان زیاد و حجم کوچک به عنوان جایگزینی برای موتورهای القایی در صنعت برای به حرکت درآوردن انواع فن، پمپ، کمپرسور و غیره مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند. هرچند هزینه اولیه موتورهای آهنربای دائم بیشتر از موتورهای القایی است ولی در مطالعات صورت گرفته در کشورهای دیگر این جمع بندی به دست آمده است که بازدهی موتورهای آهنربای دائم از موتورهای القایی معمول در صنعت و حتی از موتورهای القایی بازده بالا (Premium Efficiency) بیشتر است [۱۵]. این تفاوت در بازدهی با کاهش توان موتور، همان طور که در شکل ۴-۱ دیده می‌شود، بیشتر می‌شود؛ در موتورهای با توان چند صد کیلووات، بازدهی موتورهای آهنربای دائم در

حدود ۲ درصد بیشتر از موتور القایی بازده بالا است. همچنین به دلیل ساده‌تر شدن سیستم کنترل، هزینه بخش الکترونیک و کنترل آن نیز کاهش می‌یابد.

New efficiency classes defined by IEC 60034-30
(2-pole asynchronous motor without inverter)



شکل ۴-۱: مقایسه بازدهی موتورهای آهنربای دائم و القایی

در بیشتر کاربردهای صنعتی و نیروگاه‌ها، استفاده از موتور القایی نیازمند به کار بردن گیربکس به همراه آن برای کاهش سرعت می‌باشد؛ در این حالت (به خصوص در توان‌های بالا) تلفات انرژی گیربکس قابل ملاحظه است و جایگزینی موتور آهنربای دائم با سرعت پایین به جای موتورهای القایی می‌تواند باعث حذف گیربکس گردد که در نتیجه باعث افزایش بازدهی انرژی کل سیستم و همچنین افزایش قابلیت اطمینان آن می‌شود [۱۵]. این روش اتصال موتور به بار که به Direct Drive معروف است، امروزه در صنعت به دلیل مزایای زیادی که به همراه دارد مورد توجه زیادی قرار گرفته است. در تمامی این کاربردها موتورهای آهنربای دائم مورد استفاده قرار می‌گیرند. موتورهای آهنربای دائم سه فاز را به دو صورت موتور سنکرون و موتور دی‌سی بدون جاروبک می‌توان مورد استفاده قرار داد که استفاده ترکیبی از آن دو، قابلیت‌های کنترلی موتور و همچنین امکان صرفه‌جویی بیشتر در مصرف انرژی را افزایش دهد.

در ساختار موتورهای سنکرون آهنربای دائم بر خلاف روتور موتورهای القایی، جریان گردابی جاری نمی‌شود و در نتیجه علاوه بر استحکام بیشتر روتور و کاهش تنش‌های مکانیکی وارد بر آن، تولید گرما در آنها کمتر است؛ بنابراین بازدهی انرژی آنها از

موتورهای القایی بیشتر و سیستم خنک‌کننده ساده‌تری نیاز دارند. این مساله در موتورهای پر سرعت توان بالا (چند صد کیلووات تا چند مگاوات) بسیار مهم است و در نتیجه استفاده از موتورهای آهنربای دائم در این محدوده توانی مقرون به صرفه می‌باشد. شرکت‌های ABB، Siemens و Ansaldo از جمله شرکت‌هایی هستند که به تولید این نوع موتورها در محدوده ۱۰۰ کیلووات تا چند مگاوات اقدام کرده‌اند.

از موتورهای آهنربای دائم به عنوان محرک فن و پمپ‌های آب در نیروگاه‌ها می‌توان استفاده نمود. همچنین در هر جایی که نیاز به کنترل سرعت با استفاده از ادوات الکترونیک قدرت باشد (سیستم‌های ASD) موتور آهنربای دائم جایگزین مناسبی برای موتور القایی است؛ زیرا کنترل ساده‌تری از موتور القایی دارد و همچنین صرفه‌جویی انرژی آن (مخصوصاً در بارهای کمتر از مقدار نامی موتور) قابل ملاحظه می‌گردد.

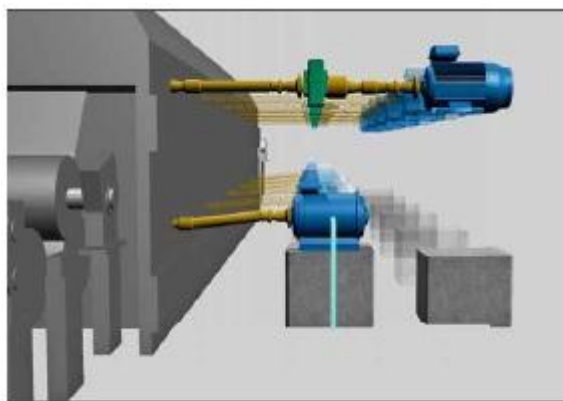
۴-۲-۱- استفاده از موتورهای آهنربای دائم برای حذف گیربکس در کاربردهای صنعتی

در موتورهای القایی، لغزش با سرعت و بار تغییر می‌کند؛ حال آنکه موتورهای سنکرون بدلیل عدم وجود لغزش رتور، دقت بیشتری را در مقایسه با موتورهای القایی خواهند داشت. موتورهای سنکرون سنتی در مقایسه با موتورهای القایی نیاز به تعمیر و نگهداری بیشتری دارند. اما در موتورهای سنکرون آهنربای دائم، بدلیل تولید شار ثابت در شکاف هوایی توسط آهنربا، نیازی به سیم پیچی تحریک بر روی رتور نخواهد بود. در نتیجه، موتور سنکرون آهنربای دائم هم از کارایی بالای موتور سنکرون برخوردار بوده و هم استحکام موتور القایی را دارا خواهد بود.

موتورهای القایی معمولاً برای سرعت‌های بین ۷۵۰ و ۳۰۰۰ دور در دقیقه طراحی می‌شوند و امکان کار در سرعت‌های پایین را بدلیل افت بازده و صاف نبودن گشتاور در سرعت‌های پایین ندارند. از این رو در صنایع برای به حرکت درآوردن باری با سرعت پایین از مجموعه موتور القایی و گیربکس استفاده می‌شود (مانند صنعت کاغذ، فولاد، ...). اما استفاده از گیربکس افزایش فضای اشغال شده و نیز افزایش نیاز به تعمیر و نگهداری را بدنبال خواهد داشت. در صورت حذف گیربکس، موتور القایی مورد نیاز برای به حرکت درآوردن باری در سرعت پایین، حجمی به مراتب بزرگتر از حالت قبل خواهد داشت. این در حالیست که موتور سنکرون آهنربای دائم با ابعادی در حدود موتور القایی با سرعت بالا، امکان اتصال مستقیم به بار سرعت-پایین را دارا می‌باشد. استفاده از موتور سنکرون آهنربای دائم با گشتاور بالا و اتصال مستقیم آن به بار، علاوه بر کاهش فضای

اشغال شده، کاهش تعمیر و نگهداری و کاهش هزینه های نصب، امکان صرفه جویی در مصرف انرژی را نیز فراهم خواهد نمود.

در سال ۲۰۰۲، برای نخستین بار در دنیا، شرکت ABB از موتور سنکرون آهنربای دائم با گشتاور بالا برای اتصال مستقیم به ماشین های تولید کاغذ در یک کارخانه تولید کاغذ در کشور فنلاند استفاده نمود. این پروژه در سال ۱۹۹۵ آغاز شد و در سال ۲۰۰۲ با نصب ۲۹ موتور سنکرون آهنربای دائم توان بالا در کارخانه مذکور به پایان رسید. استفاده از روش کنترل مستقیم گشتاور (DTC)، مشخصه گشتاور بهتر، کنترل سرعت دقیق تر، و بازده بالایی را برای موتورهای مذکور فراهم نمود. حداکثر توان این موتورها 2500 KW با ولتاژ 690 VAC بود. این شرکت پس از آن در کشورهای نظیر افریقای جنوبی، آلمان، اسپانیا، لهستان، نیوزلند، استرالیا، امریکا و آرژانتین نیز از موتور سنکرون آهنربای دائم گشتاور- بالا در کارخانه های تولید کاغذ برای حرکت و کنترل دور ماشینهای تولید کاغذ استفاده نمود. بدلیل بهره گیری از سیستم direct drive در صنعت، در سال ۲۰۰۹ جایزه Marcus Wallenberg به شرکت ABB اعطا گردید. در شکل ۲-۴ نمونه ای از پیاده سازی اولین سیستم direct drive به عنوان جایگزینی برای سیستم موتور-گیربکس توسط کمپانی ABB در کشور فنلاند و نیز کاهش فضای اشغال شده در صورت استفاده از موتور آهنربای دائم با اتصال مستقیم به بار در مقایسه با سیستم موتور-گیربکس نشان داده شده است.



(ب)



(الف)

شکل ۲-۴: (الف) پیاده سازی اولین سیستم direct drive به عنوان جایگزینی برای سیستم موتور-گیربکس توسط کمپانی

ABB در کشور فنلاند، (ب) کاهش فضای اشغال شده در صورت استفاده از موتور آهنربای دائم با اتصال مستقیم به بار در

مقایسه با سیستم موتور-گیربکس

۴-۲-۲- استفاده از موتورهای آهنربای دائم توان بالا در قطار و سیستم پیشرانش کشتی

استفاده از موتورهای آهنربای دائم سرعت پایین در سیستم پیشرانش کشتی‌ها، امکان حذف گیربکس را فراهم نموده و کاهش وزن (تا حداکثر ۵۰ درصد در مقایسه با سیستم موتور سنکرون و گیربکس)، حجم و نیز افزایش بازده را در مقایسه با موتورهای القایی و سنکرون رایج بدنبال خواهد داشت. علاوه بر برخورداری از چگالی توان قابل توجه، ساخت راحت تر (بدلیل امکان افزایش طول شکاف هوایی در مقایسه با موتورهای القایی و سنکرون رایج)، شرایط بهتر تعمیر و نگهداری و هزینه های بهره برداری پایین تر از جمله مزایای استفاده از موتور آهنربای دائم سرعت پایین در سیستم پیشرانش کشتی می باشد. علاوه بر این، این موتورها، در مقایسه با موتورهای سنکرون رایج با گیربکس کاهنده، با داشتن بازده بالا در بار نامی (۲ تا ۴ درصد بالاتر) و کمتر از بار نامی (۱۵ تا ۳۰ درصد بالاتر) امکان صرفه جویی انرژی را نیز فراهم می آورند. در سال ۲۰۰۸ یک موتور آهنربای دائم سرعت پایین با توان 36.5 MW و سرعت 127 rpm جهت استفاده در سیستم پیشرانش کشتی توسط شرکت DRS Technologies ساخته و تست شد. نمایی از این موتور و مشخصات فنی آن در شکل ۳-۴ نشان داده شده است. شرکت ABB از موتور سنکرون آهنربای دائم در سیستم پیشرانش کشتی با تکنولوژی Azipod بهره می برد. موتورهای مورد استفاده در این سیستم، در محدوده توانی 4500 KW – 1300 می باشند.

36.5 MW	توان نامی
1-127 RPM	سرعت
1450 VAC	ولتاژ نامی
97.5 %	بازده
127 tonnes	وزن
5.1 m * 5.4 m * 5.3 m	ابعاد (طول، عرض، ارتفاع) (L*W*H)
Fresh Water	خنک سازی
R (220 °C)	کلاس عایقی
180 °C	Temperature Rise



(ب)

(الف)

شکل ۳-۴: (الف) - موتور آهنربای دائم با توان 36.5 MW و سرعت 127 rpm ساخته شده توسط کمپانی DRS

Technologies برای استفاده در سیستم پیشرانش کشتی، (ب) مشخصات فنی

۴-۲-۳- میزان صرفه جویی ناشی از استفاده از موتورهای آهنربای دائم سرعت پایین به صورت Direct Drive در

صنایع

با توجه به توضیحات ارائه شده در بخش قبل و کاربرد موتورهای الکتریکی آهنربای دائم سرعت پایین در صنایع به عنوان جایگزینی برای سیستم های موتور-گیربکس رایج، برآورد میزان صرفه جویی در مصرف انرژی ناشی از جایگزینی آنها با سیستم های کنونی حائز اهمیت خواهد بود. در [۱۶] بازده سیستم موتور-گیربکس با توان 1280 KW و 300 RPM برابر 91.5 % ذکر شده و در صورت استفاده از موتور آهنربای دائم سرعت-پایین و حذف گیربکس، بازده به 95.9 % خواهد رسید. علاوه بر این، در [۱۷] نیز میزان متوسط افزایش بازده ناشی از استفاده از موتور آهنربای دائم و حذف گیربکس برابر 3 % عنوان شده است. با توجه به این میزان افزایش بازده و داشتن حدود 100 MW دیماند در صنایع چوب و کاغذ و نیز صنعت فولاد برای موتورهای با توان بالاتر از 750 KW (جدول (۱))، به میزان 5 MW کاهش دیماند تا سال ۱۴۰۴ خواهیم داشت. این میزان کاهش فقط مربوط به دو صنعت کشور بوده و با احتساب کل صنایع و با توجه به دیماند حدود 1000 MW برای کل موتورهای موجود در صنعت با توان بالاتر از 750 KW (جدول (۴-۱))، این میزان برابر 30 MW در نظر گرفته شد. با فرض کارکرد موتورها در تمام ساعات شبانه روز، میزان صرفه جویی انرژی تا سال ۱۴۰۴ بصورت بدینانه حدود 900 GWh برآورد می شود.

۴-۲-۳- دستیابی به فناوری طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی ابررسانا

استفاده از سیم پیچ تحریک ابررسانا می تواند چگالی شار مغناطیسی بالایی را با تلفات صفر در شکاف هوایی ایجاد نماید. این سیم پیچ تحریک، مشخصات عملکردی خواهد داشت که دست یافتن به آن از طریق سیستم های تحریک رایج، تاکنون امکان پذیر نبوده است. با استفاده از هادیهای ابررسانا به عنوان سیم پیچ میدان تحریک، تلفات اهمی این سیم پیچی حذف خواهد شد و علاوه بر این، میدان مغناطیسی نیز با اشباع مغناطیسی هسته استاتور محدود نخواهد شد؛ زیرا امکان ساخت استاتور بدون دندانه های فرومغناطیس وجود خواهد داشت. استاتور بدون شیار، حذف تلفات در ناحیه دندانه ها را بدنبال داشته و توزیع سینوسی چگالی شار مغناطیسی در شکاف هوایی را نتیجه خواهد داد. مزایای ماشین های سنکرون که از ابر رسانای دما-بالا در سیم پیچی تحریک رتور بهره می برند، در مقایسه با ماشین های سنکرون کلاسیک، عبارتند از:

- چگالی توان بالاتر

- وزن کمتر
- بازده بالاتر از ۹۹ درصد بدلیل کاهش تلفات به میزان ۵۰ درصد در مقایسه با ماشین های رایج
- بالا بودن بازده در همه بارها
- نویز کمتر
- پایداری گذارا بهتر
- راکتانس سنکرون و زاویه بار کوچکتر
- داشتن ویژگیهای هارمونیکی بهتر
- افزایش قابلیت اطمینان خستگی
- نیاز کمتر به تعمیر و نگهداری

ساختار ماشین های سنکرون ابررسانا به دو دسته تقسیم می شود:

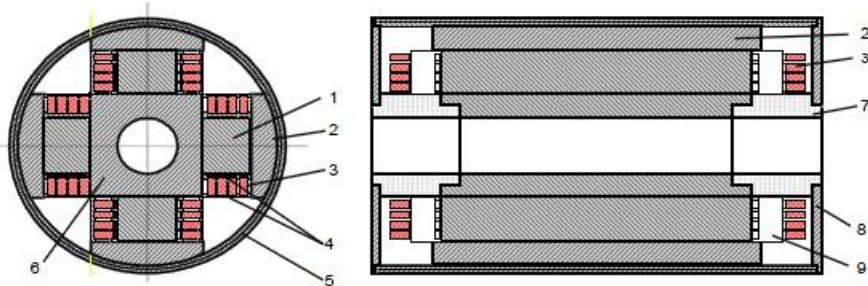
الف- ماشین های سنکرون ابررسانا با رتور بدون هسته

ب- ماشین های سنکرون ابررسانا با رتور فرومغناطیس

در ماشین ابررسانا با رتور بدون هسته، بدلیل وجود چگالی شار مغناطیسی بالا در شکاف هوایی، بالاترین چگالی گشتاور را در میان انواع ماشین های الکتریکی خواهیم داشت. عیب این ساختار آنست که نیروی الکترومغناطیسی، که باید از طریق torque tube با رسانایی حرارتی پایین، به محور که هم دمای اتاق است منتقل شود، مستقیماً بر سیم پیچی ابر رسانا اعمال می شود. علاوه بر این، در این ساختار به ابررسانای بیشتری احتیاج خواهد بود. اگرچه ماشین ابررسانا با رتور بدون هسته، چگالی گشتاور بالایی دارد اما مشکل مهار کردن کلاف ابررسانا در سرعت های بالا موجب شده است که این ساختار برای کاربردهای سرعت- بالا مناسب نباشد. در مواردیکه رتور ماشین سنکرون ابررسانا از هسته فرومغناطیس ساخته شده است، بدلیل بالا بودن نفوذپذیری مغناطیسی فولاد در مقایسه با هوا، mmf تحریک مورد نیاز به طور قابل توجهی کمتر بوده و بنابراین ابررسانای کمتری نیز برای سیم پیچ تحریک رتور مورد نیاز خواهد بود. در این ساختار، کلاف های تحریک کمتر و ساپورت مکانیکی ساده تر امکان افزایش سرعت و چگالی توان را فراهم می آورد.

ساختار معمول مورد استفاده در ماشین های سنکرون HTS از رتور فرومغناطیس قطب برجسته با سیم پیچ تحریک ابررسانا بهره می برد. ساختار رتور فرومغناطیس با کلاف های ابررسانا در شکل ۴-۴ نشان داده شده است [۱۸]. کلاف های HTS

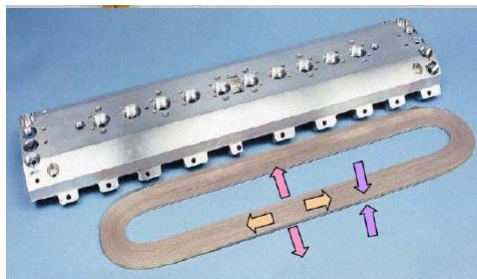
حلقوی بر روی هر قطب قرار گرفته و بصورت سری بهم متصل می شوند. رتور توسط شیلد الکترومغناطیسی و حرارتی محصور می شود.



شکل ۴-۴: رتور قطب برجسته با سیم پیچ تحریک HTS

- ۱- هسته قطب (ماده فرومغناطیسی)، ۲- کفشک قطب (ماده فرومغناطیسی)، ۳- کلاف HTS، ۴- حائل کلاف، ۵- شیلد الکترومغناطیسی سرد، ۶- یوغ رتور (ماده فرومغناطیسی)، ۷- پوشینگ غیرمغناطیسی ضد زنگ، ۸- دیسک انتهایی (فولاد ضد زنگ غیرمغناطیسی)، ۹- ساپورت اتصالات انتهایی HTS (ماده غیر رسانا و غیر مغناطیسی)

در شکل ۴-۵ سیم پیچ تحریک ابرسانا مربوط به یک ماشین سنکرون نشان داده شده است [۱۸].

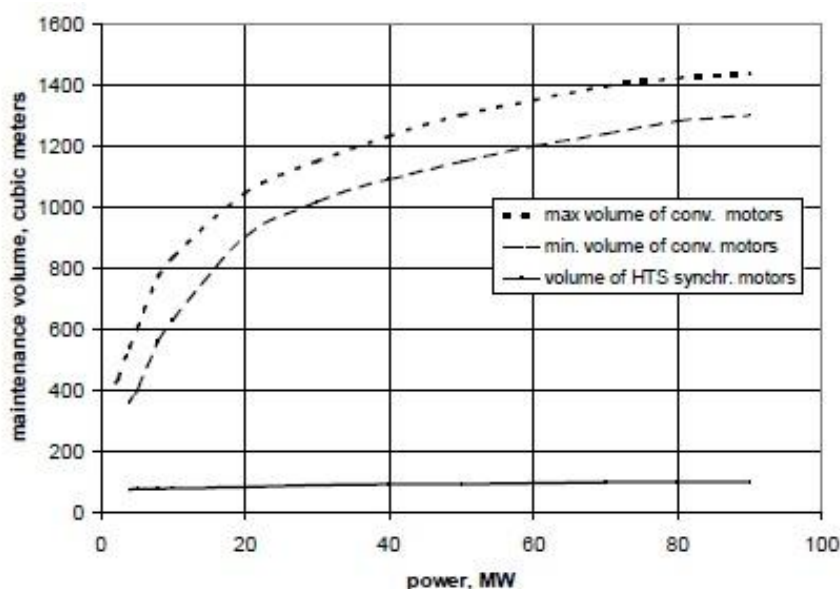


شکل ۴-۵: کلاف تحریک ابرسانا مربوط به رتور یک ماشین سنکرون که توسط شرکت American super conductors ساخته شده است. الف- کلاف ب- کلاف و کفشک قطب فرومغناطیسی. فلش ها نیز جهت تنشهای مکانیکی را نشان می

دهند.

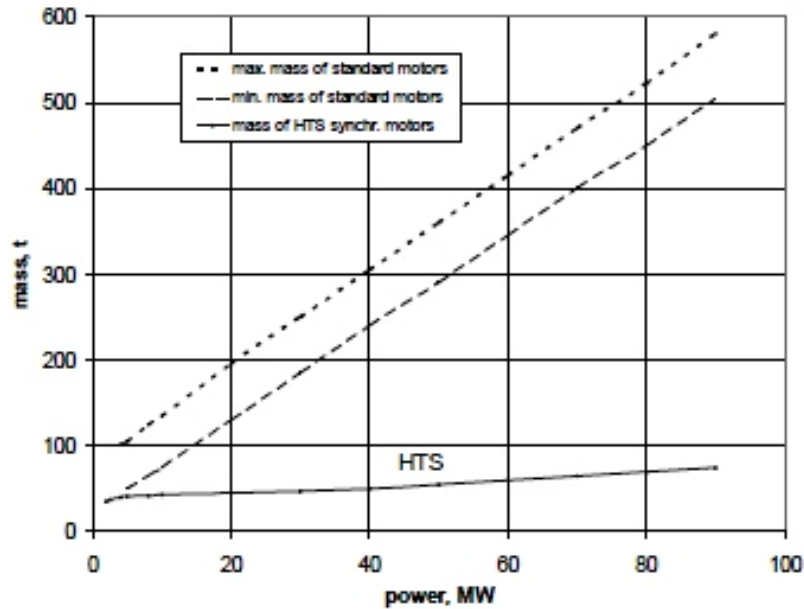
۴-۲-۳-۱- موتورهای الکتریکی ابررسانا در سرعت‌های پایین

یکی از کاربردهای مهم موتورهای الکتریکی ابررسانا در سرعت‌های پایین، استفاده از آنها در سیستم پیشرانش کشتی است. موتورهای الکتریکی سنکرون ابررسانا در مقایسه با موتورهای سنکرون کلاسیک به طور قابل توجهی کوچکتر هستند. شکل‌های ۴-۶ و ۴-۷ به ترتیب حجم و جرم موتورهای سنکرون ابررسانا را با نمونه‌های کلاسیک که در سیستم پیش رانش کشتی استفاده می‌شوند مورد مقایسه قرار داده اند [۱۸].



شکل ۴-۶: مقایسه حجم موتورهای الکتریکی سنکرون ابررسانا با نمونه‌های کلاسیک بر حسب توان‌های مختلف با

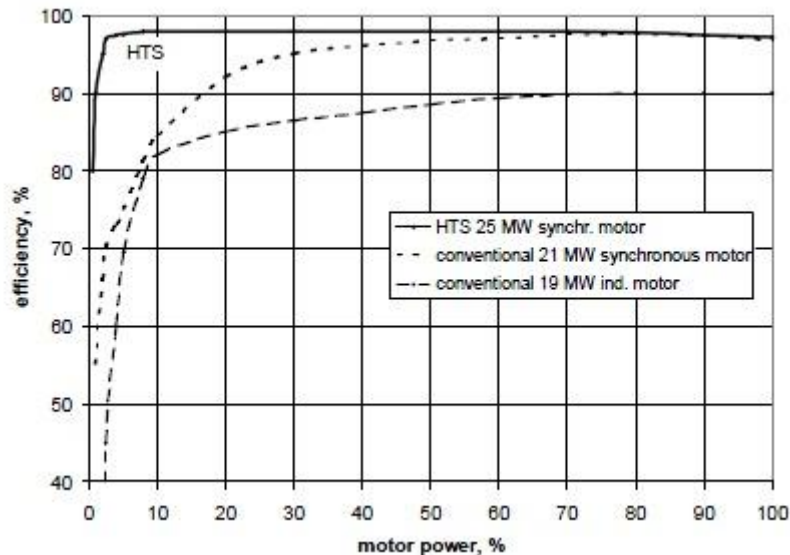
کاربرد در سیستم پیشرانش کشتی



شکل ۴-۷: مقایسه وزن موتورهای الکتریکی سنکرون ابرسانا با نمونه‌های کلاسیک بر حسب توان‌های مختلف با کاربرد

در سیستم پیشران‌ش کشتی

بازده موتورهای الکتریکی ابرسانا، و موتورهای القایی و سنکرون کلاسیک که در سیستم پیشران‌ش کشتی مورد استفاده قرار می‌گیرند بازای بارهای مختلف در شکل ۴-۸ نشان داده شده است [۱۹]. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، منحنی بازده موتورهای سنکرون ابرسانا در بازه ۵ تا ۱۰۰ درصد بار نامی بصورت یکنواخت و تقریباً بدون تغییر است و این نکته مهمترین مزیت موتورهای الکتریکی سنکرون با سیم پیچی تحریک ابرسانا می‌باشد.



شکل ۴-۸: مقایسه بازده موتورهای الکتریکی ابررسانا، و موتورهای القایی و سنکرون کلاسیک مورد استفاده در سیستم

پیشرانس کشتی بازای بارهای مختلف

۴-۲-۳-۲- پروژه های عمده انجام شده در زمینه طراحی و ساخت ماشین های الکتریکی ابررسانا در سرعت های پایین

در کشور آمریکا در سال ۱۹۸۷ رئیس جمهور وقت با حضور در کنفرانس فدرال ابررسانایی سخنرانی کرد و در آن با برشمردن موارد مورد نیاز در زمینه ابررسانایی به اهمیت تحقیق و توسعه در این زمینه اشاره نمود. از آن زمان به بعد تحقیقات در این زمینه شکل قوی تری به خود گرفت و سازمان های مختلفی در این زمینه شروع به فعالیت نمودند. در وزارت انرژی آمریکا پروژه های ذیل در ارتباط با موتورها و ژنراتورهای ابررسانا انجام شده یا در حال انجام است:

- طراحی ژنراتور ۱۰۰ مگاواتی با همکاری شرکت جنرال الکتریک

- پروژه تحقیقاتی بررسی و طراحی ژنراتور ۱۰۰ مگاوات آمپر توسط آزمایشگاه های Los Alamos و Oak Ridge در

سال ۲۰۰۵

طبق گزارش های دپارتمان انرژی آمریکا حجم بازار جهانی برای تجهیزات ابررسانای دما بالا بالغ بر ۱۰۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۰ خواهد بود. بر اساس پیش بینی دپارتمان انرژی آمریکا در سال ۲۰۰۶، موتورهای الکتریکی ابررسانا در سال ۲۰۱۶ وارد

بازار خواهند شد.

از دیگر پروژه‌های انجام شده در ایالات متحده در خصوص موتورهای ابررسانا می‌توان به دو پروژه نیروی دریایی امریکا اشاره نمود:

در سال ۲۰۰۳ طراحی و ساخت یک موتور الکتریکی سنکرون ابررسانا با توان 5 MW به سفارش نیروی دریایی امریکا توسط شرکت American Superconductors برای استفاده در سیستم پیش رانش کشتی با هزینه ای در حدود ۸ میلیون دلار انجام شد. تست های مدار باز و اتصال کوتاه این ماشین در کارخانه Alstom در انگلستان انجام گرفت. شکل ۴-۹-الف این موتور را در حال تست در کارخانه Alstom نشان می‌دهد.

در سال ۲۰۰۶ شرکت American Superconductors (AMSC) با همکاری شرکت Northrop Grumman طراحی و ساخت یک موتور الکتریکی سنکرون ابررسانا با توان 36.5 MW را برای نیروی دریایی امریکا با هزینه ای در حدود ۱۰۰ میلیون دلار به پایان رساند. شکل ۴-۹-ب این موتور را که برای نسل جدید کشتی های جنگی نیروی دریایی امریکا ساخته شد نشان می‌دهد. وزن این موتور در حدود ۷۵ تن می‌باشد که در مقایسه با موتور القایی به وزن ۲۰۰ تن با گشتاور تولیدی مشابه، به طور قابل توجهی کاهش یافته است [۱۸ و ۱۹]. مشخصات فنی دو موتور ذکر شده در جدول ۴-۴ آمده است.

طراحی و ساخت بزرگترین توربین بادی جهان با بهره گیری از ژنراتور سنکرون ابررسانا با عنوان SeaTitan با توان 10 MW و سرعت 10 RPM در سال ۲۰۱۲ توسط شرکت American Superconductors به اتمام رسید. فناوری ابررسانا در این ژنراتور باعث کوچکتر و سبکتر شدن آن در مقایسه با نمونه های رایج شده است.

جدول ۴-۴: مشخصات فنی دو موتور سنکرون ابررسانا ساخته شده توسط شرکت AMSC به سفارش نیروی دریایی

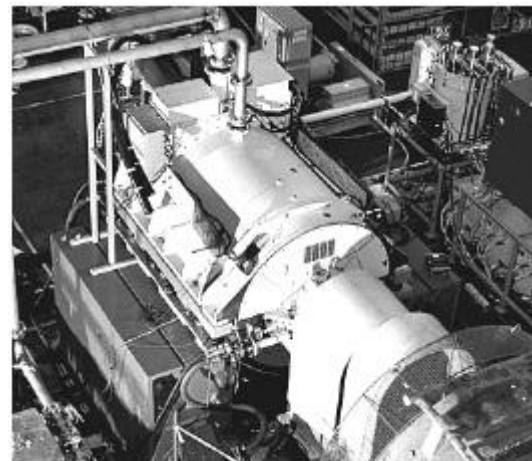
امریکا

۳۶,۵ MW	۵ MW	توان نامی
۱۲۰rpm	۲۳۰rpm	سرعت
۶۰۰۰	۴۱۶۰V (line to line)	ولتاژ نامی
۱۲۷۰A rms	۷۲۲A rms	جریان فاز
-	۰,۳۲pu	راکتانس سنکرون محور d
-	۰,۲۴pu	راکتانس گذرای محور d
%۹۷	%۹۶	بازده
۱	۱	ضریب قدرت
۹	۳	تعداد فاز

۱۶	۶	تعداد قطب‌ها
۱۶Hz	۱۱,۵Hz	فرکانس
۷۵t	۲۳t	وزن
۴,۱ * ۴,۶ * ۳,۴m	۱,۹ * ۱,۹ * ۲,۵m	ابعاد (طول، عرض، ارتفاع)



(ب)



(الف)

شکل ۴-۹: الف- موتور سنکرون ابررسانا با توان 5 MW برای سیستم پیش رانش کشتی در حال تست در کارخانه

Alstom ب- موتور سنکرون ابررسانا با توان 36.5 MW برای سیستم پیش رانش نسل جدید کشتی های جنگی نیروی

دریایی امریکا ساخته شده توسط شرکت AMSC

در کشور ژاپن، در سال ۱۹۸۶ اولین تحقیقات در زمینه تکنولوژی ابررسانایی شروع شد و مبلغ ۲ میلیون دلار در این حوزه هزینه شد. پروژه ای نیز تحت عنوان توسعه موتور ابررسانای دما بالا با توان ۱ مگاوات جهت استفاده در رانش کشتی توسط سازمان NEDO مورد حمایت مالی قرار گرفت و با همکاری شرکت صنایع سنگین کاوازاکی، دانشکده دریایی دانشگاه توکیو و انستیتو تحقیقات دریایی ژاپن، سازمان ابررسانایی ژاپن انجام شد.

از پروژه های انجام شده در آلمان در خصوص ماشین های الکتریکی ابررسانا می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ژنراتور ۴ مگاوات آمپر با بازده ۹۸/۷ درصد که در سال ۲۰۰۵ به اتمام رسید.

- طراحی و ساخت موتور کشتی با قدرت ۴ مگا وات آمپر و سرعت ۱۲۰ دور بر دقیقه

- شرکت اسوالد پروژه موتور الکتریکی ۱۵۶ کیلو وات، ۲۶۰۰۰ نیوتن متر، ۵۷ دور بر دقیقه با بازده ۹۹/۶ درصد از نوع

Torque Motor را با همکاری دانشگاهها، موسسات تحقیقاتی و اجرائی به پایان رساند.

در اتحادیه اروپا اولین پروژه توسط کنسرسیومی با عنوان POSE2IDON با همکاری شرکت های GE و AMSC و موسسات تحقیقاتی از جمله آزمایشگاه پیشرفته مغناطیس آمریکا جهت بهینه سازی بخش های الکتریکی کشتی انجام شد که بخشی از آن پروژه طراحی موتور الکتریکی کشتی بود. علاوه بر این، اتحادیه اروپا پروژه ای جهت طراحی ژنراتورهای توربین بادی ۱۰ تا ۲۰ مگاواتی (Superpower) را آغاز نموده است.

۳-۴- پیشنهاد طرح توسعه فناوری موتورهای الکتریکی توان بالا

با توجه به موارد ذکر شده در بخش های قبل، دستیابی به فناوری موتورهای الکتریکی توان بالا از اهمیت ویژه ای برخوردار خواهد بود. این نکته بویژه در خصوص موتورهای آهنربای دائم سرعت پایین و نیز موتورهای ابرسانا قابل توجه می باشد. در جدول ۴-۵ برنامه پیشنهادی برای دستیابی به فناوری های مذکور در قالب برنامه های میان مدت و بلند مدت و نیز هزینه های مربوطه آورده شده است.

جدول ۴-۵: برنامه پیشنهادی برای دستیابی به فناوری موتورهای الکتریکی توان بالا و نیز هزینه های مربوطه



برنامه	عنوان	هزینه دانش فنی (میلیارد ریال)
میان مدت	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای آهنربای دائم توان بالا در سرعت های پایین	
بلند مدت	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای ابرسانا	

۵- طرح کسب دانش فنی طراحی و

ساخت موتورهای کشنده

به صورت کلی موتورهای کشنده را می‌توان از لحاظ کاربردی به دو نوع اصلی موتورهای کشنده خودرو و موتورهای کشنده لوکوموتیو تقسیم بندی کرد. موتورهای کشنده خودرو خود به سه دسته کلی خودروهای سواری، باری و خودروهای مورد استفاده در معادن تقسیم بندی می‌شوند. و همچنین با توجه به هیبرید بودن و یا الکتریکی بودن خودرو موتورهای کشنده وضعیت متفاوتی خواهند داشت.

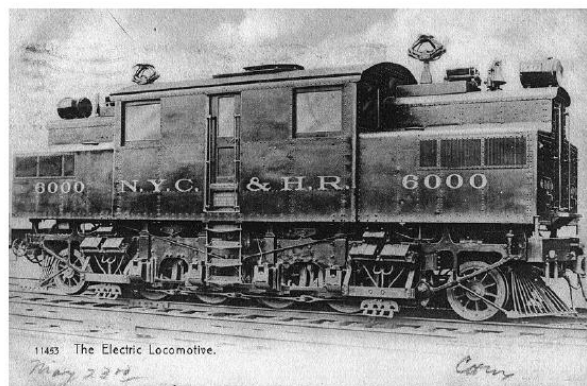
در شکل ۱-۵ نمونه ای از خودروهای الکتریکی اولیه که از موتورهای درون چرخ استفاده می‌کنند نشان داده شده است. در شکل ۲-۵ نیز اولین لوکوموتیوهای صنعتی نشان داده شده است.

 <p>1900 Lohner/Porsche</p>	 <p>1902 Lohner/Porsche</p>
<p><u>Technical Data:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 4 Wheel Hub Motors • 1800 kg Battery 	<p><u>Technical Data:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 Wheel Hub Motors • Gasoline Motor & Generator • smaller battery

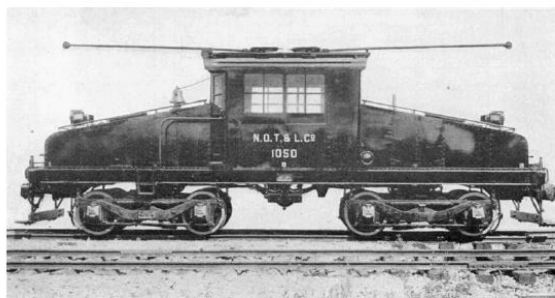
شکل ۱-۵: نمایی از اولین خودروهای الکتریکی



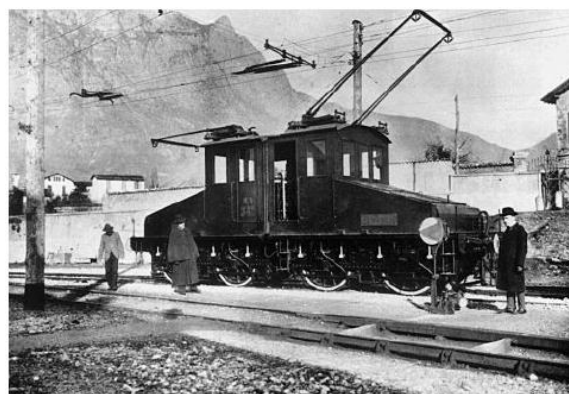
THE NEW ELECTRIC LOCOMOTIVE OF THE BALTIMORE AND OHIO RAILROAD COMPANY



Alco-GE Prototype Class S-1, NYC & HR no. 6000 (DC)



A GE steeplecab electric locomotive. This example is fitted with trolley poles for service on an interurban railroad.



AC locomotive in Valtellina (1898-1902). Power supply: 3-phase 15 Hz AC, 3000 V.

شکل ۵-۲: نمایی از اولین لوکوموتیوهای الکتریکی

۵-۱- خودروهای الکتریکی

انتخاب موتورهای کشنده برای سیستم‌های هیبرید مرحله مهمی است که نیاز به دقت بسیار بالا دارد. در عمل صنایع خودرو سازی هنوز در جستجوی بهترین و مناسبترین سیستم کشنده الکتریکی برای خودروهای هیبرید و همچنین خودروهای الکتریکی هستند که این موضوع کاری دشوار و زمانبر است. در عمل انتخاب یک سیستم کشنده الکتریکی مناسب برای خودروهای هیبریدی و الکتریکی به سه عمل اصلی نیازمندی‌های رانندگی، شرایط محدودکننده خورد و منبع انرژی وابسته است. با این مفروضات عملکرد کلی موتور بصورت جامع و کاملی مشخص نیست. [۲۰]

از این رو چهار دسته موتورهای الکتریکی اشاره شده در زیر به عنوان موتورهایی که قابلیت کار در شرایط سخت خودروهای

الکتریکی و هیبریدی را دارند معرفی می‌شوند

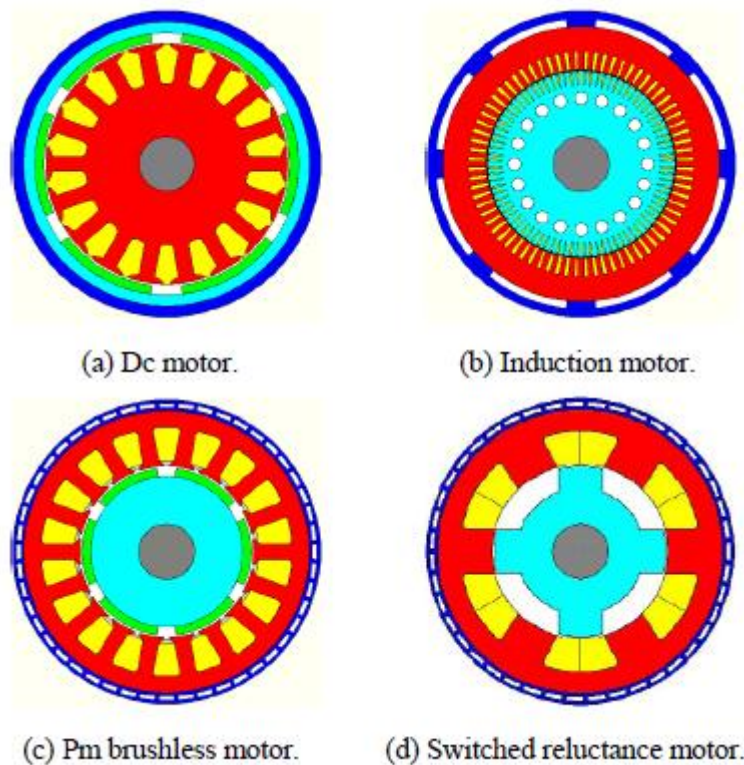
۱- موتورهای DC

۲- موتورهای سنکرون مغناطیس دائم (PMSM) به این موتورها موتورهای DC بدون جاروبک (BLDCM) نیز گفته میشود.

۳- موتورهای سوئیچ رلوکتانس (SWR)

۴- موتورهای القایی (IM)

سطح مقطع این چهار دست موتور در شکل زیر نمایش داده شده است. [۲۰]



شکل ۳-۵: انواع ساختارهای موتورهای الکتریکی کشنده

با توجه به بررسی های صورت گرفته شده می‌توان بصورت کلی اینگونه اشاره کرد که دو نوع IM و PMSM موتورهایی هستند که دارای برتری های بسیاری نسبت به دو نوع موتور دیگر هستند و همچنین کاربرد موتورهای DC به عنوان موتورهای کشنده دارای معایب بسیاری است که در نتیجه آنها، استفاده از آن رو به کاهش گذاشته است و در مقابل با انجام تحقیقات بیشماری که انجام شده و رفع نواقص موتورهای SW منجر به افزایش جذابیت برای استفاده از این نوع موتورها به

عنوان موتور کشنده شده است. [۲۰]

۵-۱-۱- نیازمندیهای موتورهای کشنده

برخی از نیازمندی‌های کلی خودروهای الکتریکی و هیبریدی که باید در طراحی، ساخت و انتخاب موتورهای کشنده الکتریکی در نظر گرفت در زیر بیان شده است.

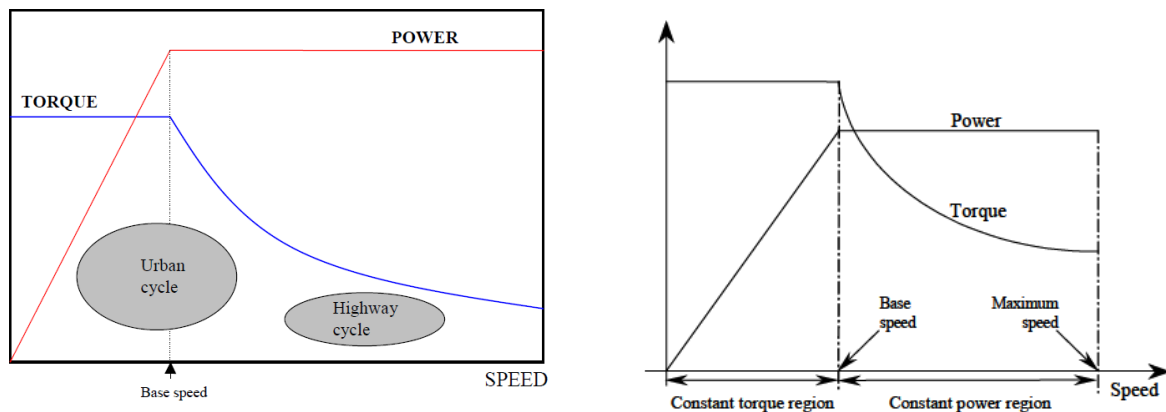
- ۱- توان لحظه‌ای بالا
- ۲- چگالی توان بالا
- ۳- گشتاور بالا در سرعت‌های پائین برای راه اندازی و حرکت در مسیرهای شیب دار
- ۴- توان بالا در سرعت‌های بالا برای حرکت در مسیرهای بدون شیب
- ۵- بازه سرعت وسیع شامل دو ناحیه اصلی گشتاور ثابت و توان ثابت
- ۶- پاسخ گشتاور سریع
- ۷- بازده بالا در بازه وسیعی از سرعت و گشتاور
- ۸- بازده بالا در ترمز اکتیو (باز تولیدی regenerative)
- ۹- قابلیت اطمینان و استحکام بالا برای شرایط کاری متفاوت خودروها
- ۱۰- قیمت منطقی و قابل قبول

همچنین در شرایط عملکرد با خطا موتور کشنده باید دارای قابلیت Fault tolerant باشد. همچنین از دید سازنده صنعتی یک محدودیت جدید نیز اضافه می‌شود و آن نیز دسترسی آسانتر و قیمت منطقی تر داریو مورد نیاز برای موتور خواهد بود [۲۰].

در شکل ۴-۵ مشخصه استاندارد یک موتور الکتریکی مورد استفاده در EV و HEV نمایش داده شده است. گشتاور موتور بیشینه بوسیله شتاب در سرعت پائین و قابلیت عبور از شیب مشخص می‌شود. سرعت دورانی بیشینه نیز از طریق سرعت بیشینه مورد نیاز خودرو و توان ثابت نیز از شتاب خودروی مورد نیاز برای افزایش سرعت از سرعت پایه به سرعت بیشینه محاسبه می‌شود و تعیین می‌گردد.

نواحی سایه زده شده در تصویر زیر مناطقی است که بصورت متوالی در این محدوده خودرو مورد استفاده قرار می‌گیرد و در نتیجه بازده بیشینه موتور باید در این نواحی باشد. در موتورهای درون سوز منطقه توان ثابت با استفاده از گیربکسهای چند مرحله‌ای ایجاد می‌شود. زمانی که خودرو را با روش start-go مورد بهره برداری قرار دهیم (منطق شهری در نمودار زیر) بازده سیستم کشنده بسیار پائین می‌آید. همچنین وجود گیربکس در خودروهای با موتور درون سوز نیاز به فضای زیادی دارد و وزن

خودرو را بالا می‌برد. از این رو خودروهای الکتریکی با گیربکس تک مرحله ای دارای بازده بالاتری در محیط شهری است. [۲۱]



شکل ۵-۴: مشخصه استاندارد یک موتور الکتریکی مورد استفاده در EV و HEV

این مزیت خودروهای الکتریکی در محیط شهری، فعالیت خودرو را در سرعت‌های بالا و در بازه سرعتی توان ثابت دچار مشکل می‌کند چرا که دستیابی به یک بازه وسیع توان ثابت دارای دشواری‌های زیادی است و یکی از اصلی‌ترین بخش‌های تحقیقات در مورد خودروهای الکتریکی و هیبریدی است.

نسبت سرعت ماکزیمم به سرعت پایه به عنوان شاخص CPSR (constant power speed ratio) در خودروهای الکتریکی تعریف می‌شوند. در زیر به معرفی انواع موتورهای کشنده و مشخصات و مزایا و معایب هر یک اشاره شده است.

۵-۱-۲- موتورهای DC

این نوع موتورها با توجه به منحنی گشتاور سرعت مناسب و همچنین کنترل سرعت آسان یکی از اولین انتخاب‌ها برای خودروهای الکتریکی بوده است اما معایبی مانند بزرگی ابعادی درایو و همچنین بازده و قابلیت اطمینان پایین و همچنین تعمیرات بالا (ناشی از وجود جاروبک و کموتاتور) به تدریج جایگاه خود را در رقابت با موتورهای AC از دست داده است.

با تمام این مسائل با توجه به هزینه‌های بالای درایو موتورهای AC (بصورت نسبی) در توان‌های پایین و مقرون به صرفه بودن آنها، موتورهای DC همچنان به عنوان یکی از گزینه‌ها در توان‌های پایین وجود دارد و مورد استفاده قرار می‌گیرد. در برخی موارد نیز برخی از سازندگان با تغییر درایو موتورهای DC امکان استفاده از آنها را در توان‌های بالا مجدد مورد بررسی

قرار داده اند که در تصویر زیر یک نمونه خودرو هیبرید با این نوع موتور نمایش داده شده است.



شکل ۵-۵: یک نمونه HEV با موتور DC

۵-۱-۳- موتور القائی

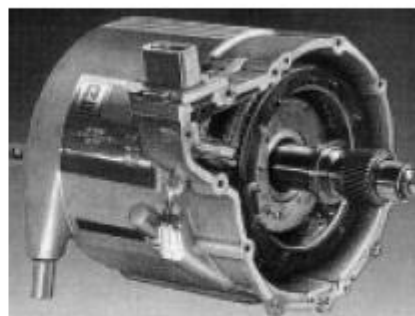
رشد سریع تکنولوژی الکترونیک قدرت و کاهش چشمگیر هزینه های ساخت درایو موتورهای AC باعث شد تا موتورهایمانند IM و PMSM به عنوان گزینه‌هایی برای موتورهای کشنده معرفی شوند.

موتورهای القائی قفس سنجابی را می‌توان با مزایایی مانند قابلیت اطمینان بالا، حجم کمتر نسبت به موتورهای DC، نیاز به تعمیرات کمتر، قیمت پائین تر و وجود توانایی عملکرد در شرایط نامطلوب به عنوان یک گزینه برای کاربرد در محیط‌های بسیار سخت صنعتی و موتورهای کشنده مناسب تشخیص داده شده است.

در شکل ۵-۶، نمایی از این موتور نمایش داده شده است. همچنین در تصاویر ۵-۷ و ۵-۸ منحنی مشخصه گشتاور سرعت و توان سرعت این نوع موتورها نشان داده شده است.

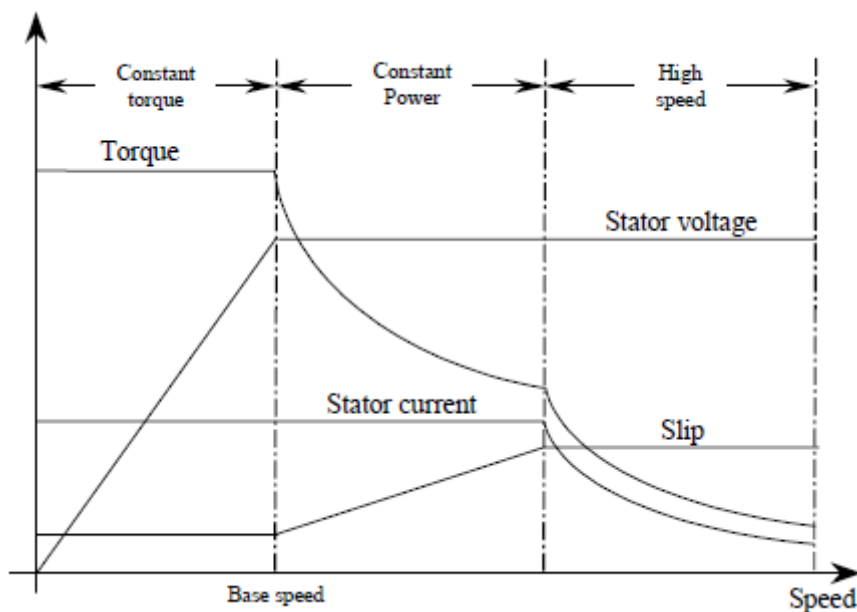


(a)

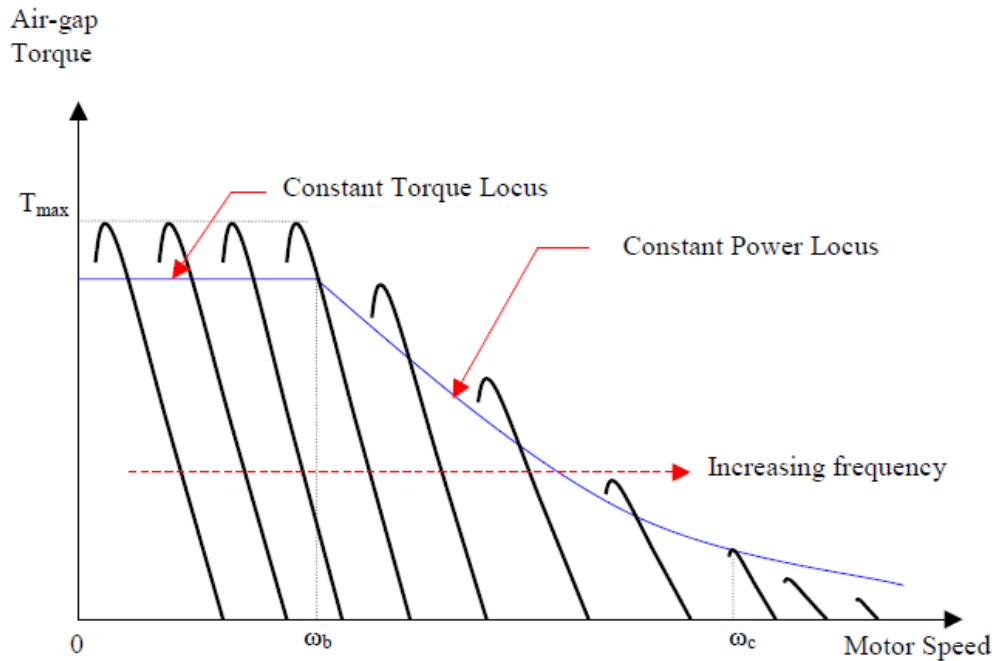


(b)

شکل ۵-۶: نمایی از موتورهای القائی مورد استفاده در خودروهای الکتریکی و هیبریدی



شکل ۵-۷: منحنی عملکردی موتور القائی در کاربرد موتورهای کشنده



شکل ۵-۸: نمونه ای از منحنی عملکردی موتور القائی در کاربرد موتورهای کشنده با درایو دور متغیر

کنترل برداری موتورهای القائی امکان تفکیک کنترل گشتاور و کنترل تحریک را بصورت مجزا در اختیار می‌گذارد.

کنترل گشتاور در موتورهای القائی با کنترل PWM جریان قابل دستیابی است.

گسترش بازه سرعت در محدوده عملکردی توان ثابت با قابلیت Flux weakening صورت می‌پذیرد. اگرچه وجود گشتاور

شکست باعث محدود شدن افزایش بازه سرعتی محدوده توان ثابت می‌شود. و این باعث می‌شود هرگونه تلاش در جهت

افزایش دور در حول و حوش سرعت ω_c باعث توقف موتور شود. یکی دیگر از گزینه‌ها برای بهبود این وضعیت افزایش

گشتاور شکست است که این موضوع باعث افزایش هزینه و بزرگ شدن ابعاد موتور می‌شود. همچنین با توجه به وجود تلفات

مسی در سمت روتور بازده این موتورها از موتورهای PMSM کمتر است.

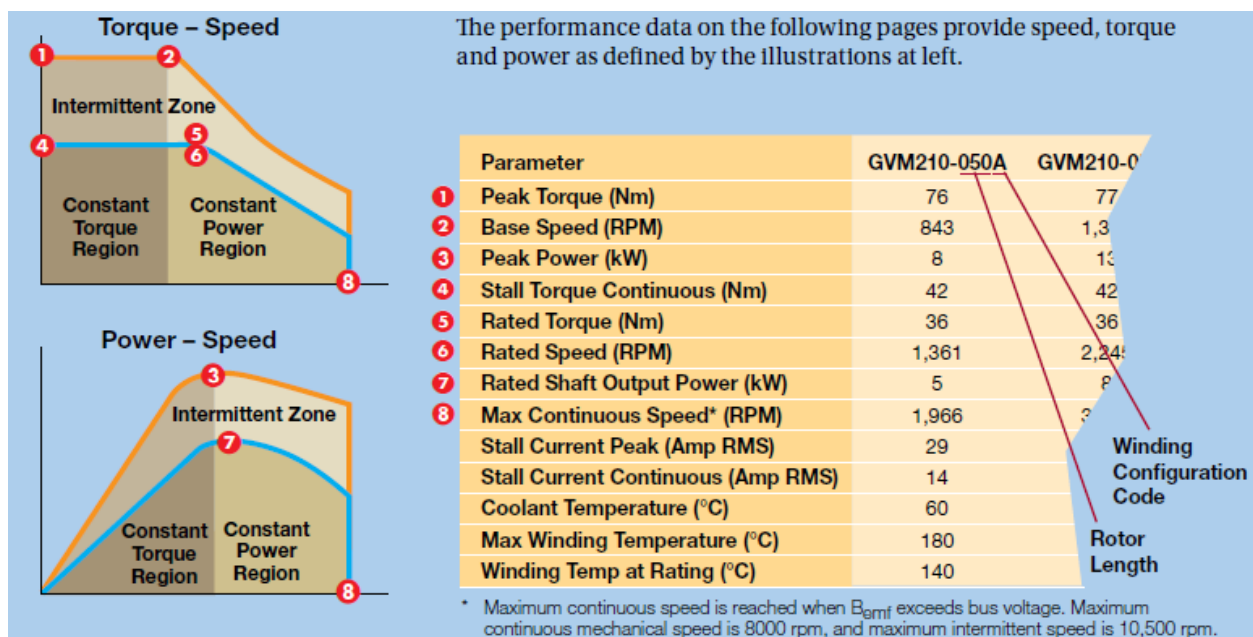
معایب کلی این نوع موتورها عبارتند از:

- تلفات بالا (کمتر از موتورهای DC)

- ضریب قدرت کم

- ضریب استفاده از اینورتر کم که در سرعت‌های بالا و موتورهای با توان بالا بسیار حادث‌تر است.

تحقیقات زیادی برای رفع این نوع معایب صورت گرفته است. به طور نمونه در مورد بازده روشهای کنترلی مدرنی در سالهای اخیر برای بهبود بازده درایوها و در مجموع سیستم کشنده با موتور القائی تدوین شده است. همچنین در برخی از کارهای تحقیقاتی بررسی در مورد امکان استفاده از موتورهای القائی با تغذیه دوگانه (DFIM) به عنوان موتور کشنده صورت گرفته است که نتیجه آن برای سرعتهای پائین رضایت بخش بوده است [۲۰].



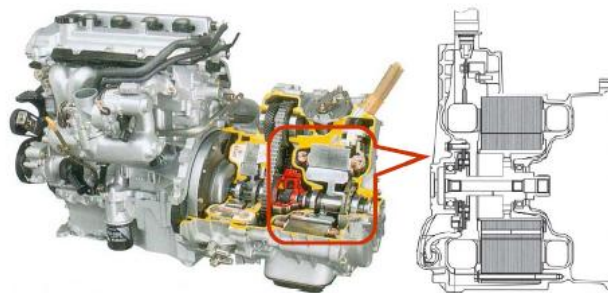
شکل ۵-۹: نمونه ای از منحنی عملکردی یک موتور کشنده القائی تجاری

۵-۱-۴- موتورهای سنکرون آهنربای دائم (PMSM)

این نوع از موتورهای AC که از نوع موتورهای بدون جاروبک هستند از موتورهای القائی بسیار کارآمدتر هستند و در سالیان اخیر فعالیت بسیاری برای تغییر و بهبود آن برای موتورهای کشنده صورت گرفته است. در شکل ۵-۱۰ دو نمونه از موتورهای کشنده PMSM مورد استفاده در خودروهای HEV نشان داده شده است.



(a) 10-kW motor of the Honda Insight



(b) 50-kW motor of the Toyota Prius

شکل ۵-۱۰: نمونه‌هایی از موتورهای کشنده از نوع PMSM

برخی از مزایای عمده این نوع موتورها در زیر اشاره شده است [۲۰ و ۲۱]:

- چگالی توان وزنی و حجمی بسیار بالا (۳۰ - ۳۵ درصد افزایش چگالی که باعث ۲,۵ درصد کوچکتری و سبکتری در یک توان خاص می‌شود).

- بازده بالا بدلیل نبود تلفات در بخش روتور (افزایش ۱ تا ۲ درصدی بازده در حدود ۸۰ درصد بازه کاری).

- انتقال و پراکندگی حرارت کمتر به محیط اطراف (نبود جریان الکتریکی در روتور و در نتیجه نبود تلفات الکتریکی و همچنین کاهش نیازمندی به خنک کنندگی).

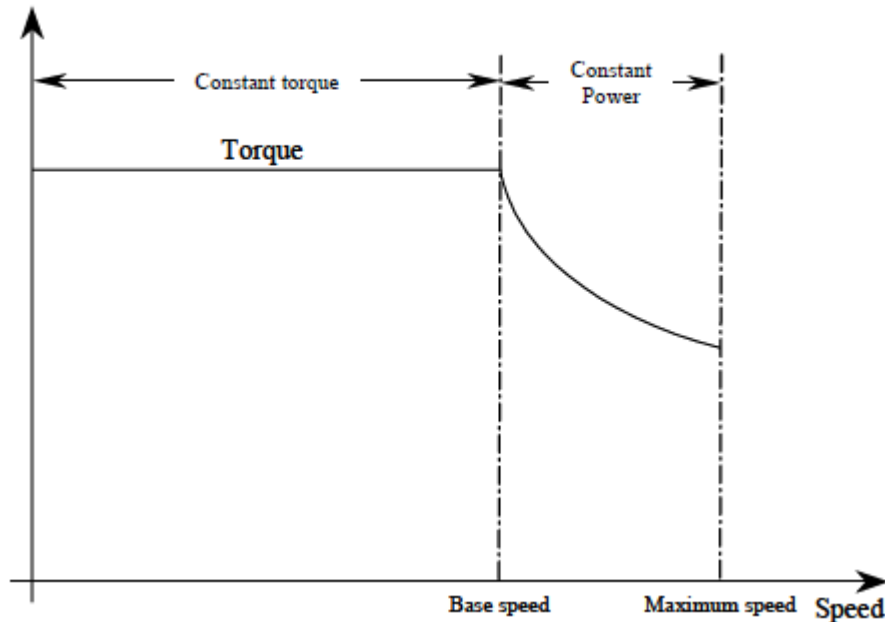
- ضریب قدرت بهتر

- سادگی ساختار استاتور و استفاده از سیم‌پیچی سه فاز معمولی

- افزایش بازه سرعتی که در آن امکان ترمز با قابلیت باز تولید وجود دارد تا سرعت‌های بسیار پایین

همچنین این موتورها بصورت ذاتی دارای ناحیه توان ثابت کوچکی هستند که این موضوع ناشی از وجود PM است. این

موضوع در تصویر زیر نشان داده شده است.



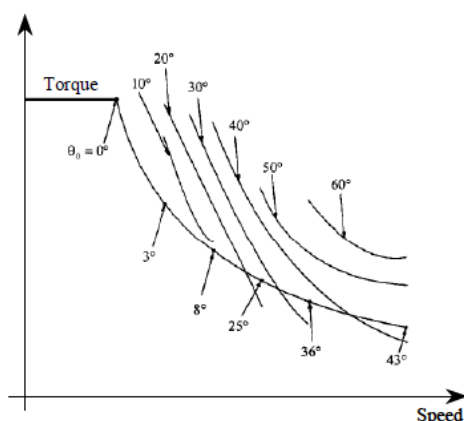
شکل ۵-۱۱: مشخصه عملکردی موتورهای کشنده از نوع PMSM

مشکل PMSM در محدود بودن ناحیه توان ثابت است چراکه با توجه به ثابت بودن میدان مغناطیسی فاصله هوایی ناشی از PM میدان مغناطیسی فاصله هوایی تنها باید با بخش تحریک جریان استاتور که با تحریک روتور مخالفت می‌کند کنترل (تضعیف) شود [۲۱]. همچنین از معایب دیگر این نوع موتورها باید به وابستگی شدید خواص مغناطیسی آهنرباها به دما را نیز ذکر کرد که باعث می‌شود مونیتورینگ دما از مسائل اصلی در این سیستم‌ها باشد. لازم به توضیح نیست که آهنربا مستعد از دست دادن خاصیت مغناطیسی خود در دمای بالا و تحریک مغناطیسی معکوس حاصل از سیم‌پیچی استاتور هستند [۲۰].

با توجه به دینامیک بسیار بالای موتورهای سنکرون به یک سنسور موقعیت با دقت بالا نیاز خواهد بود که در مقاصد قابلیت اطمینان نیز نقش اصلی خواهد داشت. همچنین از این سنسور برای سنکرون کردن جریان استاتور با موقعیت روتور و کنترل گشتاور نیز استفاده می‌شود. این موضوع باعث افزایش هزینه ساخت خواهد شد.

همچنین در زمان وقوع اتصال کوتاه جزئی و یا کلی در سیم‌پیچی استاتور و در زمانیکه روتور در حال گردش است امکان القای جریان گردشی ترمزی در سیم‌پیچی استاتور وجود دارد.

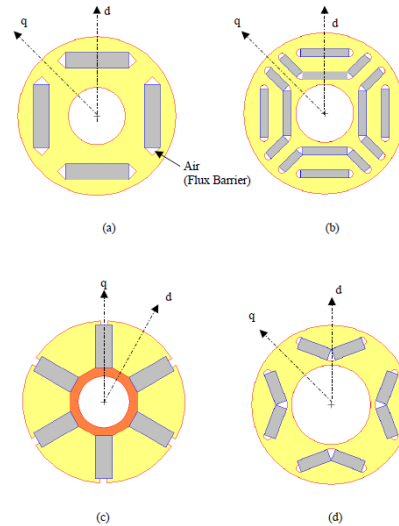
برای افزایش بازه سرعت و همچنین بهبود بازده این نوع موتورها باید زاویه هدایت در سرعت‌های بالاتر از سرعت پایه کنترل شود. در این حالت امکان افزایش بازه سرعت محدوده توان ثابت تا ۴ برابر سرعت پایه نیز وجود دارد [۱]. در سرعت‌های بسیار بالا امکان کاهش بازده بصورت چشمگیر و شدید وجود دارد.



شکل ۵-۱۲: مشخصه عملکردی موتورهای کشنده از نوع PMSM و تاثیر زاویه هدایت و کنترل آن

ساختارهای متنوعی برای این نوع موتورها وجود دارد که بیشترین تفاوت در نحوه چیدمان آهنرباها در روتور وجود دارد که این روشها و نوع ساختار روتور و پارمترهای هندسی آن تاثیر بزرگی بر روی نمودار گشتاور - آمپر و گشتاور cogging و تلفات آهنی خواهد داشت [۲۲]. دو دسته بندی کلی در این نوع موتورها وجود دارد که عبارتند از موتورهای با آهنربای سطحی (SPM) و یا دفنی (IPM).

در نوع SPM آهنربا در سطح روتور نصب می‌شود و آهنربای کمتری مصرف می‌کند ولی در IPM آهنرباها که آهنربا در داخل روتور قرار می‌گیرد به رغم استفاده از آهنربای بیشتر، چگالی شار در فاصله هوایی بسیار بالاتر خواهد بود. این دو نوع موتور PMSM در تصویر زیر نشان داده شده‌اند.

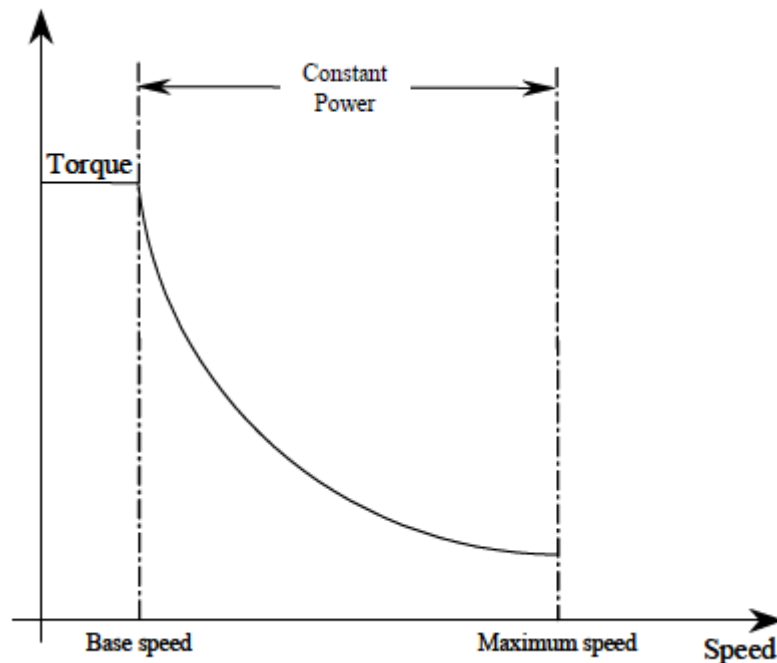


شکل ۵-۱۳: نمونه ای از ساختار موتورهای PMSM

نوع دیگری از این موتورها که به موتورهای سنکرون هیبرید معروف هستند دارای آهنربای دائم و همچنین سیم‌پیچی در روتور هستند که باعث افزایش بازه سرعتی توان ثابت خواهد شد. این موتورها خواص هر دو موتور PM و رلوکتانسی را دارا هستند. این نوع موتورها از بازده خوبی برخوردار بوده ولیکن ساختار پیچیده ای دارند. به صورت کلی با توجه به بازده بالای این نوع موتورها در سرعت‌های پائین استفاده از آنها در خودروهای EV و HEV در محیط‌های شهری بسیار کارآمد بوده است.

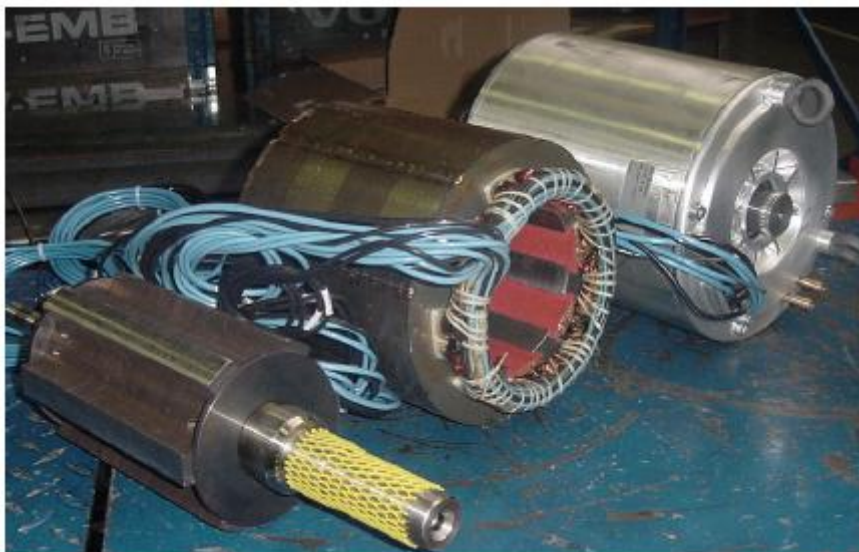
۵-۱-۵- موتورهای سوئیچ رلوکتانس

با توجه به برخی از جذابیت‌های موتورهای سوئیچ رلوکتانس رویکرد مثبتی به این نوع از موتورها ایجاد شده است و همچنین با برآوردهای انجام شده دارای پتانسیل بکارگیری به عنوان موتور کشنده نیز برای خودروهای HEV تشخیص داده شده است. مزایای این موتورها عبارت است از سادگی ساختار، Fault tolerant، کنترل ساده و مشخصه گشتاور سرعت بسیار مناسب. منحنی مشخصه این نوع موتورها در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۵-۱۴: منحنی مشخصه موتور سوئیچ رلوکتانس

همان طور که در منحنی بالا نیز قابل مشاهده است امکان استفاده از این نوع موتورها در ناحیه وسیعی از بازه سرعتی به عنوان توان ثابت وجود دارد. که این موضوع این نوع موتورها را مناسب برای استفاده در خودروهای خارج از شهری می‌کند. برخی از مزایای عمده اینوع از موتورها نیز عبارتند از نویز صوتی بالا، ریبیل گشتاور، تکنولوژی کانورتر خاص، ریبیل جریان سنگین، تولید نویز EMI بالا. تمامی این معایب موضوعاتی برا تحقیقات سالیان اخیر هستند که تلاش به استفاده از موتورهای سوئیچ رلوکتانس در صنایع مختلف از جمله به عنوان موتور کشنده در خودرو هیبرید بوده‌اند. این موتورها مناسب خودروهای سبک و سنگین هستند.



شکل ۵-۱۵: نمایی از یک موتور سوئیچ رلوکتانس

۵-۱-۶- موارد تجاری شده

در جدول زیر برخی از خودروهای الکتریکی و هیبریدی تجاری به همراه نوع موتورهای الکتریکی موجود بر روی آنها نشان داده شده است. علاوه بر خودروهای زیر برخی از سازندگان خودروهای سنگین از موتورهای سوئیچ رلوکتانس بر روی محصولات خود استفاده کرده اند که نمونه هایی از آنها در تصویر نشان داده شده است.

همچنین لازم به ذکر است که مطابق با جدول زیر موتورهای کشنده به بازه های توانی مشخصی تقسیم بندی می شوند

۳۰۰ تا ۱۲۰	۱۷۰ تا ۱۲۰	۱۱۰ تا ۹۰	۹۰ تا ۵۰	۵۰ تا ۱۰	
خودروهای سنگین باری و معدن	اتوبوسهای الکتریکی	اتوبوسهای هیبریدی	سواری الکتریکی	سواری هیبریدی	

HEV Model	Propulsion System
 PSA Peugeot-Citroën / Berlingo (France)	Dc Motor
 Holden / ECommodore (Australia)	Switched Reluctance Motor
 Nissan/Tino (Japan)	Permanent Magnet Synchronous Motor
 Honda/Insight (Japan)	Permanent Magnet Synchronous Motor
 Toyota/Prius (Japan)	Permanent Magnet Synchronous Motor
 Renault/Kangoo (France)	Induction Motor
 Chevrolet/Silverado (USA)	Induction Motor
 DaimlerChrysler/Durango (Germany/USA)	Induction Motor
 BMW/X5 (Germany)	Induction Motor

شکل ۵-۱۶: نمونه ای از محصولات تجاری شده موتورهای کشنده آنها

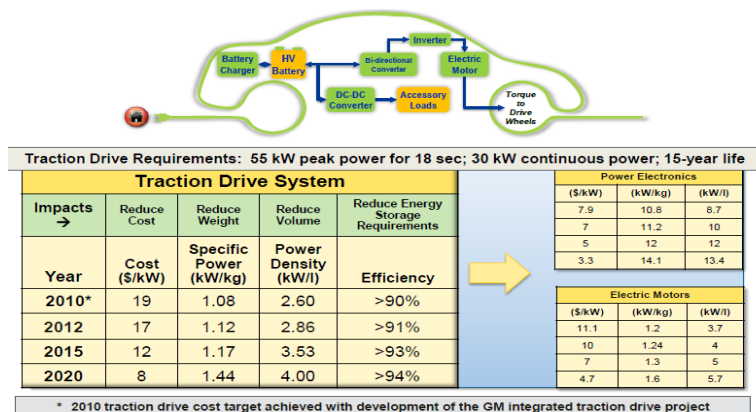
همچنین به برخی از جداول ارزشیابی در زیر اشاره شده است.

Propulsion Systems Characteristics				
	DC	IM	PM	SRM
Power Density	2.5	3.5	5	3.5
Efficiency	2.5	3.5	5	3.5
Controllability	5	5	4	3
Reliability	3	5	4	5
Technological maturity	5	5	4	4
Cost	4	5	3	4
Σ Total	 22	 27	 25	 23

شکل ۵-۱۷: نمونه ای از جداول ارزشیابی ارائه شده در مقالات

۵-۱-۷- برنامه ها و نقاط هدف در موتورهای کشنده

در تصویر زیر نقاط هدف سیاستهای موتورهای کشنده در کشور آمریکا نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود این سیاستها حول چهار محور چگالی توان حجمی و وزنی، قیمت و بازده تدوین شده است. همچنین در تصاویر بعدی برخی از خودروهای تولید شده و جایگاه آنها نسبت به هدف‌گذاری‌ها آورده شده است [۲۳].



شکل ۵-۱۸: سیاست‌گذاری‌های موتورهای کشنده در کشور آمریکا

Chevy Volt



- ~40 mile electric range
- HEV: 32 mpg /300 miles
- 120 kW electric drive
- electric drive cost:~\$2,400

Nissan Leaf



- ~75 mile electric range
- 80 kW electric drive
- electric drive cost:~\$1,600

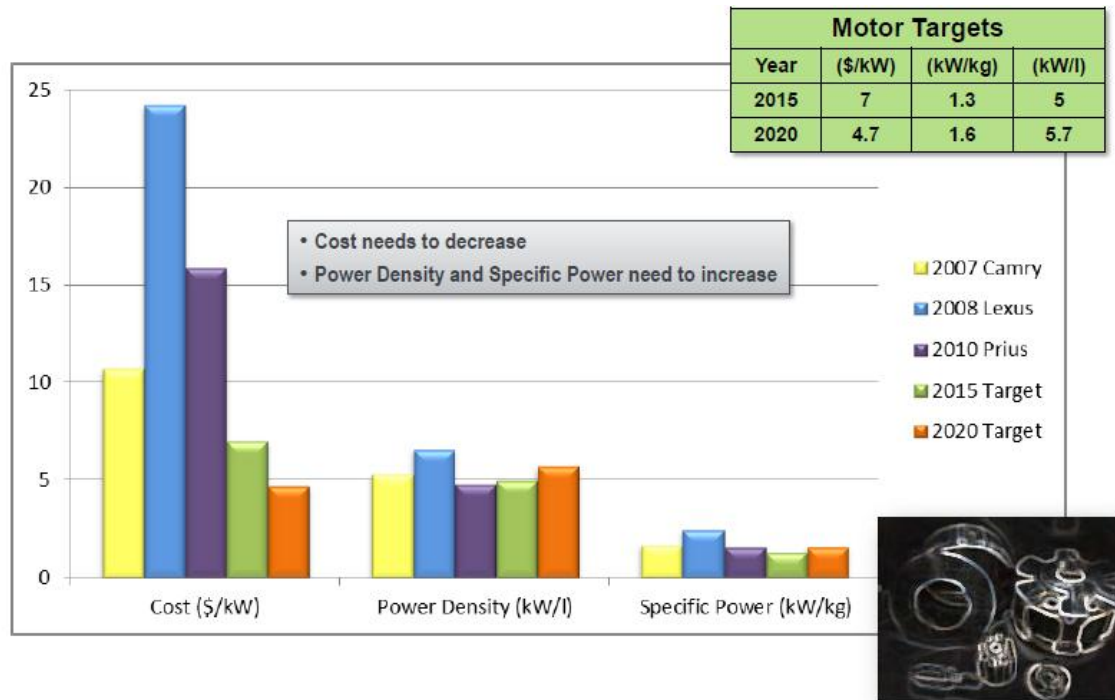
Tesla Model S



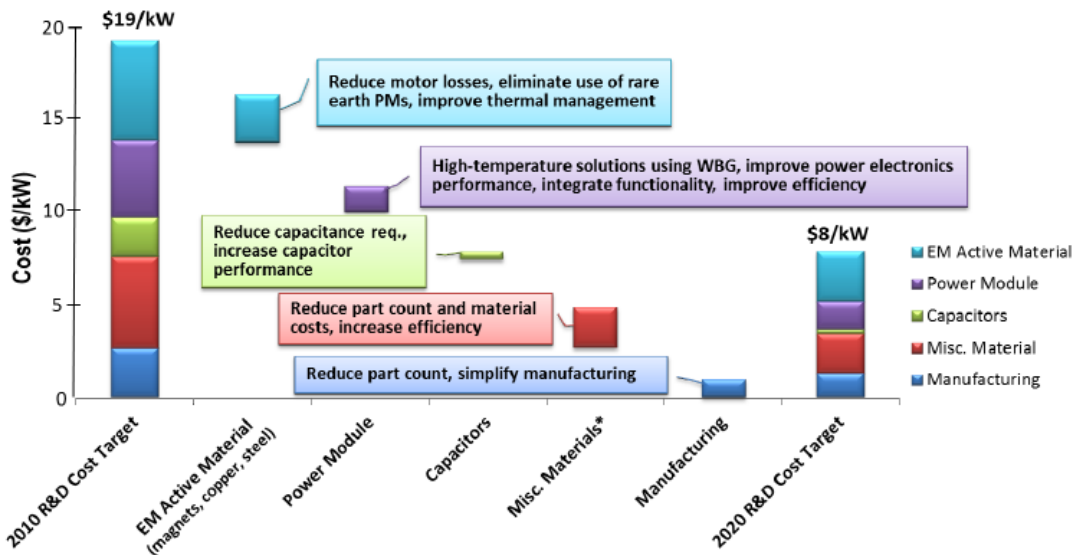
- ~ 250 mile electric range
- 270 kW electric drive
- electric drive cost:~\$5,400

EV Everywhere Target Analysis		Current Status	PHEV 40	AEV 100	AEV 300
System Cost	\$/kW	20	5	14	4
Motor Specific Power	kW/kg	1.2	1.9	1.3	1.3
PE Specific Power	kW/kg	10.5	16	12	16.7
System Peak Efficiency	%	90	97	91	98

شکل ۵-۱۹: موقعیت برخی از سازندگان خودروهای الکتریکی نسبت به هدفهای برنامه موتورهای کشنده در کشور آمریکا



شکل ۵-۲۰: موقعیت برخی از سازندگان خودروهای الکتریکی نسبت به هدفهای برنامه موتورهای کشنده در کشور آمریکا



شکل ۵-۲۱: سهم کاهش هزینه‌های هر یک از بخش‌های موتور کشنده در برنامه موتورهای کشنده کشور آمریکا

۵-۱-۸- سابقه فعالیتهای تحقیقاتی در مورد موتورهای کشنده خودرو در ایران

با توجه به بررسی‌های انجام شده تحقیقات منجر به تولید نمونه بر روی موتورهای کشنده خودروهای الکتریکی و هیبریدی در ایران انجام نشده است. تمامی تحقیقات و نمونه‌سازی خودروهای الکتریکی و هیبریدی که در سطح بیشتر دانشگاهی انجام می‌شود با استفاده از موتورهای وارداتی انجام شده‌اند. در لیست پروژه‌های شرکت موتورزن این فعالیت تحقیقاتی به عنوان یک از اهداف تعریف شده است.

۵-۲- موتورهای کشنده قطار

سیستم کشنده قطارها در طول تاریخ تغییرات گسترده‌ای داشته است و از نیروهای بخار و موتورهای درون سوز تا موتورهای الکتریکی به عنوان موتور کشنده استفاده شده است. اولین لوکوموتیو الکتریکی توسط یم مخترع اسکاتلندی در سال ۱۸۳۷ به نام رابرت داویدسون ساخته شده است. در این لوکوموتیو از باتریهای گالوانیکی استفاده شده است. اولین قطار الکتریکی نیز در سال ۱۸۷۹ توسط Warner von Siemens در آلمان ساخته شد. این لوکوموتیو از یک موتور ۲,۲ کیلووات استفاده می‌کرده است. در شکل ۵-۲ برخی از این نمونه‌ها نشان داده شده است.

بصورت کلی در حال حاضر دو دسته قطار وجود دارد که عبارتند از:

۱- قطارهای لوکوموتیو محور

۲- قطارهای با واگن خود کشش

در نوع اول در واگنها نیروی محرکه وجود ندارد و تنها واگن ابتدایی یا همان لوکوموتیو دارای نیروی محرکه است اما در نوع دوم بسته به نوع مسیر این امکان وجود دارد که در تمامی واگنها موتورهای کشنده نصب شود.

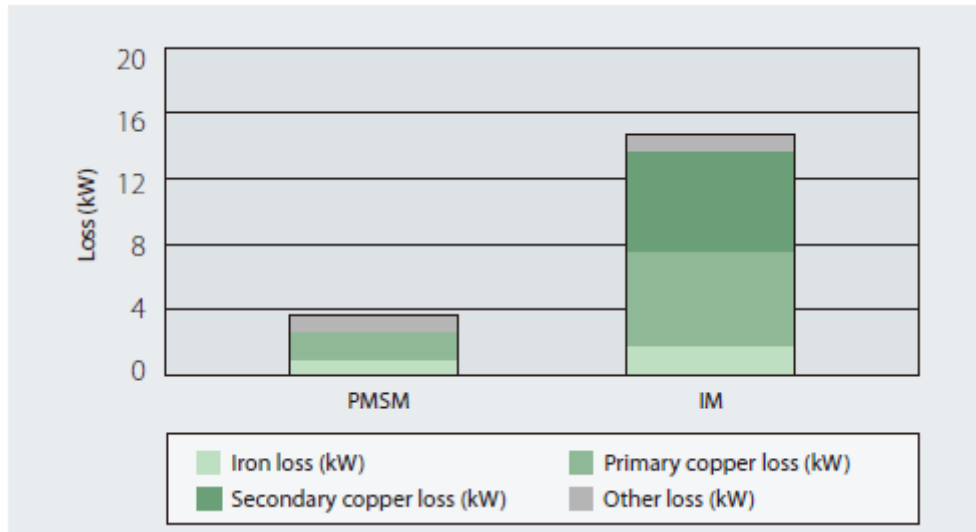
در ساختار لوکوموتیوها نحوه انتقال نیرو باعث دسته بندی انواع لوکوموتیوها می شود به طوری که در نوع دیزل انرژی مکانیکی توسط یک موتور درون سوز دیزل تولید شده و از طریق گیربکس و یا روش های مکانیکی دیگر به محور چرخها منتقل می شود. اما در نوع دیزل-الکتریک انرژی مکانیکی تولید شده در موتور درون سوز دیزل با استفاده از یک ژنراتور به انرژی الکتریکی تبدیل شده و از طریق یک یا چند موتور الکتریکی به محور چرخها منتقل می شود. در لوکوموتیوهای الکتریکی انرژی الکتریکی مورد نیاز موتورهای الکتریکی متصل به محور چرخهای قطار از طریق یک شبکه برق (بالا سری یا ریل سوم) به لوکوموتیو منتقل می شود. اما همچنان تما نیرو محرکه قطار از طریق لوکوموتیو تولید می شود و واگنها متصل به آنها دارای نیرو محرکه مجزا نخواهند بود.

در قطارهای با واگن خودکشش تولید نیرو محرکه مورد نیاز در کل واگنها (و یا بسته به مسیر در تعدادی از واگنها) توزیع شده است و از طریق موتورهای الکتریکی به محور چرخهای واگن منتقل می شود. انرژی الکتریکی مورد نیاز نیز یا از طریق خط بالاسری و یا از طریق خط سوم به قطار منتقل می شود.

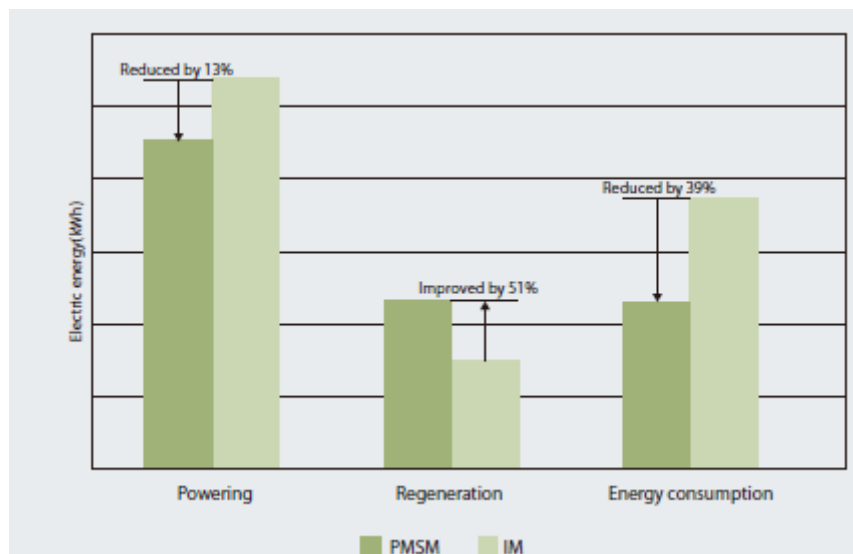
همانطور که در بخش های قبل در مورد مزایا و معایب موتورهای کشنده بحث شد در صنعت قطارهای برقی (لوکوموتیوهای دیزل-الکتریک، لوکوموتیوهای الکتریکی و واگنهای خود کشش الکتریکی) نیز رویکرد تغییر موتورهای کشنده از موتورهای DC به موتورهای AC وجود داشته و در دهه های اخیر از موتورهای سنکرون و القائی بصورت چشمگیری استفاده شده است.

۵-۲-۱- موتورهای AC

علاوه بر مزایا و معایبی که در بخش های قبل برای موتورهای PMSM ذکر شد این موضوع نیز در لوکوموتیوها حائز اهمیت می شود که باید برای هر موتور PMSM یک درایو مجزا نصب شود. همچنین با توجه به بازده بالا و کم حجمی موتورهای PMSM، این موتورها به گزینه ای اصلی در ساختار قطارها تبدیل شده است. در شکل های ۵-۲۲ و ۵-۲۳ مقایسه ای از مصرف انرژی دو موتور PMSM و IM ۲۵۰ کیلوواتی و ۱۲۰ کیلوواتی ساخت شرکت توشیبا آورده شده است [۲۱].



شکل ۵-۲۲: مقایسه میزان تلفات دو موتور ۱۲۰ کیلوواتی



شکل ۵-۲۳: مقایسه میزان مصرف انرژی دو موتور ۲۵۰ کیلوواتی

همانطور که در شکل بالا مشاهده می‌شود بصورت کلی ۳۹ درصد کاهش مصرف انرژی بین دو لوکوموتیو مشابه با توانهای یکسان و با موتورهای PMSM و IM ۲۵۰ کیلوواتی وجود دارد. در شکل زیر نیز میزان برآورد این کاهش مصرف انرژی در طول کارکرد طولانی مدت آورده شده است [۲۱].

		One year/ One train set	Eight years/ One train set	Eight years / 24 train sets	24 years / 24 train sets
Induction Motor	Electric power consumption (MWh)	953	7,623	182,958	548,874
	Electricity expense(M\$)*4	0.12	0.92	22.6	67.9
PMSM	Electric power consumption (MWh)	581	4,650	111,604	334,813
	Electricity expense(M\$)	0.07	0.57	13.8	41.4
Effect	Electric power consumption(MWh)	372	2,973	71,354	214,061
	Electricity expense(M\$)	0.05	0.35	8.8	26.5
	Quantity of reduced CO ₂ (t-CO ₂)*6	158.0	1,263.5	30,325.3	90,975.9

قیمت انرژی 12.7(¥/kWh) و \$1 = ¥102.7
میزان CO₂ تولیدی برابر با 0.425 (t-CO₂/MWh)

شکل ۵-۲۴: میزان انرژی مصرفی دو موتور PMSM و IM +۲۵ کیلوواتی

همچنین با توجه به اعلام شرکت توشیبا برنامه زمانی تعمیرات و نگهداری این موتورها بسیار کوتاهتر از موتورهای القایی است و این موتورها دارای نویز صوتی کمتری هستند.

در شکل ۵-۲۵ برخی از لوکوموتیوهای ساخته شده با موتور PMSM آورده شده است. به این لیست می توان شرکتهایی مانند توشیبا را نیز اضافه نمود که تولید بسیاری در سال‌های اخیر از این نوع موتورهای کشنده و نصب شده در قطارهای شهری داشته‌اند [۲۴].

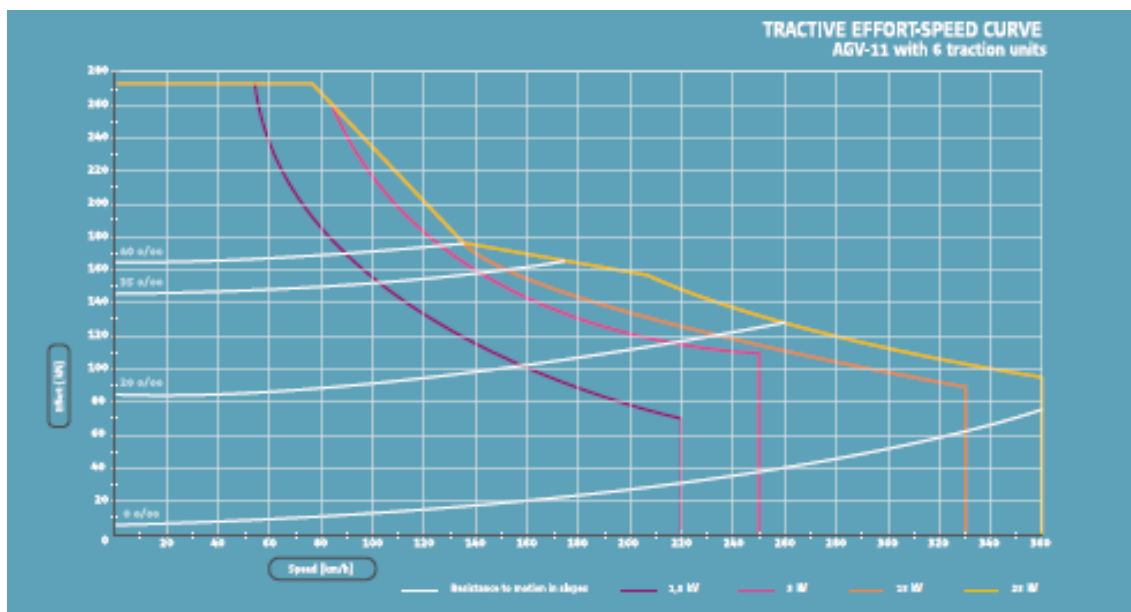
جدول ۵-۱: لیست قطارهایی که از موتور PMSM استفاده کرده‌اند

Operator	Trains	Manufacturer
NTV	25 x AGV high speed trainsets	Alstom
SBB	59 Twindexx double-deck EMUs	Bombardier
SNCF	31 x Citadis-Dualis tram-train vehicles	Alstom
SNCF	Regiolis EMUs - framework contract	Alstom
SNCF	Omneo EMUs - framework contract	Bombardier
Praha	15T ForCity low-floor tram	Skoda
Tokyo Metro	Series 16000 EMUs	Kawasaki
JR East	Series E331 EMUs for Tokyo suburban services	Toshiba
Prototypes and other test trains		
München U-Bahn	C19 metro trainset with Syntegra bogies	Siemens
China	Fuel cell loco prototype	CNR Yongji
Sweden	Gröna Tåget research EMU	Bombardier
Turkey	Citadis X04 low-floor tram	Alstom
Japan	Gauge-Changing Train 2	n/a



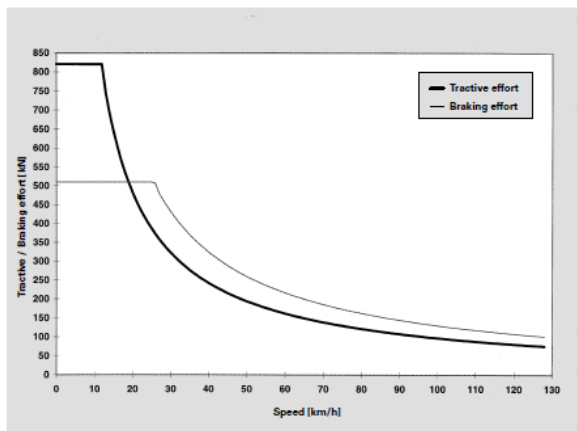
شکل ۵-۲۵ نمونه ای از موتورهای PMSM نصب شده بر روی شناسی (AGV)

منحنی عملکردی یک لوکوموتیو AGV در شکل زیر نمایش داده شده است .

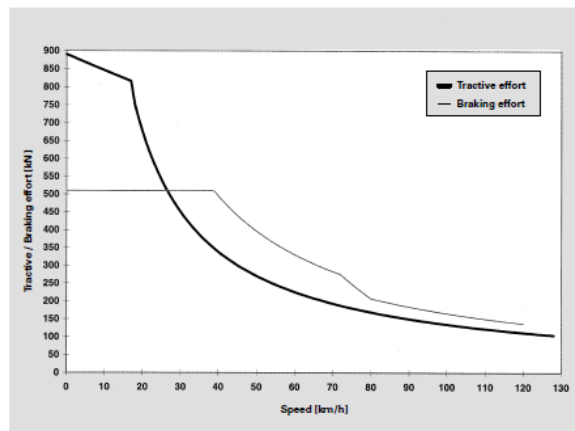


شکل ۵-۲۶: نمونه ای منحنی عملکردی لوکوموتیو (AGV) با موتورهای PMSM

در شکل زیر نمونه هایی از منحنی های عملکردی لوکوموتیوهای با موتورهای IM آورده شده است [۲۵].



SD90MAC with 4300 HP



SD90MAC with 6000 HP

شکل ۵-۲۷: نمونه‌هایی از منحنی‌های عملکردی لوکوموتیوهای با موتورهای IM ساخت شرکت زیمنس

۵-۲-۲- شبکه ریلی کشور

حمل و نقل ریلی کشور را می‌توان به دو دسته کلی داخل شهری و برون شهری تقسیم‌بندی کرد. حمل و نقل داخل شهری در ۵ کلان شهر کشور بصورت چندین خط مترو در حال بهره‌برداری و در حال توسعه است. در جدول زیر کلیه خطوط متروی کشور معرفی شده است همچنین با توجه به آمار ارائه شده از طرف شرکت متروی تهران تعداد کل قطارهای موجود در متروی تهران عنوان شده است. با استفاده از تعداد قطارهای موجود در متروی شهر تهران می‌توان تخمینی از تعداد کل قطارهای مورد نیاز کشور در چند سال آینده را تخمین زد.

۵-۲-۲-۱- درون شهری

در جداول زیر اطلاعات فنی خطوط متروی تهران و حومه آورده شده است و در نهایت در جداول ۲-۵ و ۳-۵ تخمینی از تعداد موتورهای کشنده آورده شده است. البته لازم به ذکر است که فرض بر این شده است که تمام قطارهای موجود از نوع AC باشد و تمام قطارهای ناوگان متروی تمامی شهرها نیز مشابه، و از نوع قطارهایی باشند که در خطوط ۳ و چهار متروی تهران فعال هستند.

در جدول زیر تعداد واگنهای و قطارهای خطوط ۴ گانه تهران بررسی شده است.

جدول ۵-۲: مشخصات ناوگان خطوط چهارگانه تهران (خطوط ۱، ۲، ۴ و ۵)

سال	خطوط ۲، ۱ و ۴				خط ۵		تعداد قطارها		
	تعداد قطار DC	تعداد قطار AC	تعداد واگن DC	تعداد واگن AC	تعداد لکوموتیو	تعداد واگن دو طبقه	خط ۱	خط ۲	خط ۴
خرداد ۹۰	۴۲	۴۵	۲۹۴	۳۱۵	۵۲	۱۵۵	۴۰	۴۰	۷

در جدول زیر اطلاعات فنی قطارهای مورد استفاده در خطوط متروی تهران آورده شده است.

جدول ۵-۳: مشخصات فنی قطارهای خطوط چهارگانه تهران (خطوط ۱، ۲، ۴ و ۵)

شرح	آرایش قطار	جرم قطار بدون مسافر (تن)	میانگین شتاب منفی (m/s ²)			بیشینه سرعت (km/h)	برق مصرفی	سامانه تراکشن	سامانه ترمز
			رانش	ترمز سروی	ترمز اضطرار				
خط ۱ قطار DC	Mc-M-Ms-Ms-M-M-Mc	۲۵۷	۰.۹	-۱	-۱.۲	۸۰	۷۵۰ ولت DC - ریل سوم	تراکشن موتورهای DC تحریک سری با کنترل دور چابری	الکترونیوماتیک ترکیبی
خط ۲ قطار DC	Tc-M-Ms-Ms-M-M-Tc	۲۴۰	۰.۹	-۱	-۱.۲	۸۰	۷۵۱ ولت DC - ریل سوم	تراکشن موتورهای DC تحریک سری با کنترل دور چابری	الکترونیوماتیک ترکیبی
خط ۱، ۲ و ۴ قطار AC	Mc-T-M-M-M-T-Mc	۲۵۰	۱	-۱	-۱.۲	۸۰	۷۵۲ ولت DC - ریل سوم	تراکشن موتورهای AC آسکرون با کنترل دور ۳VF	الکترونیوماتیک ترکیبی با توانمندی Regenerative انرژی
خط ۵ قطار حومه شهری	L-8T-L	۵۹۳	۰.۶	-۰.۸	-۱	۱۴۰	۲۵ کیلو ولت شبکه یالا	۲۵ کیلو ولت تحریک سری با یکتوساز ولتاژ	الکترونیوماتیک مجزا

قطارهای قرمز (فصل در خط دو)	Tc	M	MS	MS	M	M	Tc
قطارهای آبی	Mc	M	MS	MS	M	M	Mc
قطارهای نسل سوم (AC)	Mc	T	M	M	Ma	T	Mc
قطارهای نسل چهارم (آلومینیومی)	Mc	T	M	M	Ma	T	Mc

در جدول زیر اطلاعات فنی واگنهای مورد استفاده در خطوط متروی تهران آورده شده است.

جدول ۴-۵: مشخصات فنی واگن‌های خطوط چهارگانه تهران (خطوط ۱، ۲، ۴ و ۵)

نوع قطار	نوع واگن	جرم هر واگن (تن)	طول (متر)	عرض (متر)	ارتفاع تا سطح ریل (متر)	تعداد تراکشن موتورها	قدرت هر تراکشن موتور (KW)
قطار DC	TC	۲۸	۱۹.۵۲	۲.۶۴	۳.۵۶	۰	-
	MC	۳۷.۵	۱۹.۵۲	۲.۶۴	۳.۵۶	۴	۱۳۲
	M	۳۶	۱۹.۵۲	۲.۶۵	۳.۵۶	۴	۱۳۲
	MS	۳۷	۱۹.۵۲	۲.۶۶	۳.۵۶	۴	۱۳۲
قطار AC	MC	۲۰.۱	۲۰.۱	۲.۶	۳.۶۹	۴	۱۸۰
	T	۱۹.۵۲	۱۹.۵۲	۲.۶	۳.۶۹	۰	-
	M	۱۹.۵۲	۱۹.۵۲	۲.۶	۳.۶۹	۴	۱۸۰
قطار برقی حومه شهری (خط ۵)	DD	۵۲	۲۵.۵	۳.۱	۴.۷۵	۰	-
	لکوموتیوهای TM1 و TM2	۸۸	۱۶.۳	۳.۱	۴.۶۳	۴	۸۰۰

M واگن تراکشن موتوردار
 Ms واگن تراکشن موتوردار + پل هدایت و کنترل
 Mc واگن موتوردار + کابین راننده
 T واگن بدون موتور + بدون کابین راننده (تریلر)
 Ma واگن های موتوردار + کمپرسور هوا
 T واگن بدون موتور + کابین راننده
 DD واگن های دوطبقه بدون موتور (تریلر)

جدول ۵-۵: مشخصات فنی کلیه خطوط متروی درون شهری کشور و تخمین تعداد تراکشنهای AC با توان ۱۸۰ کیلووات

ردیف	شهر	طول خطوط		تعداد قطار		تعداد واگن		تعداد تراکشن	
		موجود	طرح توسعه	موجود	طرح توسعه	موجود	طرح توسعه	موجود	طرح توسعه
۱	تهران	۱۱۱	۷۲	۱۰۰	۶۵	۷۰۰	۴۵۵	۲۰۰۰	۱۳۰۰
۲	مشهد		۷۴		۶۵		۴۵۵	۰	۱۳۰۰
۳	شیراز		۹۰		۸۲		۵۷۴	۰	۱۶۴۰
۴	اصفهان		۴۲		۴۰		۲۸۰	۰	۸۰۰
۵	تبریز		۱۰۰		۹۰		۶۳۰	۰	۱۸۰۰
۶	اهواز		۴۶		۴۱		۲۸۷	۰	۸۲۰
	مجموع	۱۱۱	۴۲۴	۱۰۰	۳۸۳	۷۰۰	۲۶۸۱	۲۰۰۰	۷۶۶۰

جدول ۶-۵: مشخصات فنی کلیه خطوط متروی برون شهری کشور و تخمین تعداد تراکشنهای AC با توان ۸۰۰ کیلووات

ردیف	شهر	طول خطوط		تعداد قطار		تعداد واگن		تعداد تراکشن	
		موجود	طرح توسعه	موجود	طرح توسعه	موجود	طرح توسعه	موجود	طرح توسعه
۷	تهران	۵۲	۱۲۰	۱۵	۲۵	۱۵۰	۳۵۰	۱۲۰	۲۸۰
۸	اصفهان		۸۰		۳۰		۳۰۰	۰	۲۴۰
	مجموع	۵۲	۲۰۰	۱۵	۶۵	۱۵۰	۷۵۰	۱۲۰	۵۲۰

لازم به ذکر است اطلاعات آورده شده در جداول بالا از سایتهای شرکتهای قطار شهری هر شهر استخراج شده است و در برخی موارد برنامه های بلند مدت کشوری نیازمندیهای بالاتری از این سطح را بیان کرده است. همانطور که در جداول بالا اشاره شده است در صورت سرمایه گذاری جهت تولید موتورهای کشنده خطوط مترو در داخل کشور نیاز است که در ۱۰ سال

آینده تعداد حدود ۸۰۰۰ موتور کشنده با قدرتی در حدود ۱۸۰ تا ۲۰۰ کیلووات و حدود ۵۵۰ موتور کشنده با توان ۸۰۰ کیلووات تولید شود.

۵-۲-۲-۲- برون شهری

در جدول زیر مشخصات ناوگان حمل و نقل برون شهری بیان شده است. بر اساس این آمار تعداد لوکوموتیوهای موجود در صنعت ریلی ۸۲۱ عنوان شده است [۲۶]. از تعداد کل ۸۲۱ لوکوموتیو موجود در صنعت حمل و نقل ریلی برون شهری ایران تعداد ۹۸ لوکوموتیو از نوع مانوری هستند و ۷۲۳ لوکوموتیو از نوع اصلی است. لوکوموتیوهای ER24PC، لوکوموتیوهای ساخت شرکت مینا لوکوموتیو هستند که از تعداد کل ۱۵۰ لوکوموتیو که می بایست در این شرکت ساخته شود تعداد ۷۵ لوکوموتیو وارد چرخه حمل و نقل ریلی شده است. همان طور که در جدول ۵-۱۰ نیز بیان شده است این لوکوموتیوها دارای ۴ موتور کشنده با توان ماکزیمم پیوسته ۶۵۰ کیلووات هستند.

جدول ۵-۷: مشخصات ناوگان حمل و نقل برون شهری

سال	تعداد واگن بارگیری شده	تعداد واگن باری در گردش	تعداد کل واگن باری	تعداد واگن مسافری در سرویس و ذخیره	تعداد کل واگن مسافری	تعداد لوکوموتیو در سرویس	تعداد کل لوکوموتیو
۱۳۹۲	۵۱۸۳۸۵	۲۲۵۶۲	۲۲۵۶۲	۱۸۵۰	۲۱۶۰	۴۵۹	۸۲۱

جدول ۵-۸: مشخصات لوکوموتیوهای حمل و نقل برون شهری

(مبتدیان سال ۱۲)

نوع بهره برداری	متوسط کیلومتر از هر لوکوموتیو در گردش	جمع قدرت موتور دستگاههای در سرویس	قدرت موتور HP	تحت تعبیر	در سرویس	در گردش	نوع لوکوموتیو
مانتوری	۵۲۰۱۹	۸۴۶۶	۹۵۰	۱	۹	۹٫۷	G-۸
مانتوری	۷۵۸۸۸	۹۵۵۶۲	۱۴۲۵	۳٫۵	۶۷٫۱	۷۰٫۶	G-۱۲
مانتوری	۲۹۳۳۴	۱۰۷۰	۱۱۰۰	۰٫۰	۱٫۰	۱٫۰	G-۱۸
مانتوری	۴۷۰۷۵	۱۹۲۹۸	۱۰۵۰	۰٫۹	۱۸٫۴	۱۹٫۳	HD-۱۰
اصلی	۷۰۷۶۷	۱۸۱۱	۱۹۵۰	۰٫۱	۰٫۹	۱	G-۱۶
اصلی	۱۰۵۷۰۹	۳۵۴۷۴	۱۶۵۰	۱٫۱	۲۱٫۵	۲۲٫۶	G-۲۲
اصلی	۲۱۸۹۱۶	۵۰۶۵۵۵	۳۳۰۰	۱۵٫۱	۱۵۳٫۵	۱۶۸٫۶	GT-۲۶CW
اصلی	۳۹۸۴۲	۳۰۵۰۴	۴۶۸۰	۰٫۲	۶٫۵	۷	RC-۴
اصلی	۱۶۵۵۰۹	۱۲۱۲۷۴	۳۲۵۰	۶٫۰	۳۷٫۳	۴۱	GE
اصلی	۱۳۸۶۰۱	۱۴۹۲۷۰	۴۳۰۰	۱۰٫۸	۳۴٫۷	۴۶	AD۴C
اصلی	۱۴۶۵۵۵	۱۱۴۲۰۹	۳۳۰۰	۶٫۷	۳۴٫۶	۴۱	GT-۲۶CW-p
اصلی	۲۰۳۱۸۲	۷۸۱۹۵	۵۱۷۴	۴٫۱	۱۵٫۱	۱۹	DFAB(۱٫۲)
اصلی	۲۷۵۷۰۶	۱۱۱۶۲۴	۲۴۰۰	۴٫۶	۴۶٫۵	۵۱	ER۲۴PC
اصلی	-	۰	۲۶۴۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	DE۴۲۶
اصلی	-	۰	۲۶۴۰	۰٫۰	۰٫۰	۰٫۰	روماتی اجاره ای
-	-	۱۲۷۳۳۱۱	-	۵۲	۴۶۶	۴۹۸	جمع

منبع: اداره کل نیروی کشش

جدول ۵-۹: میانگین آمار لوکوموتیوهای حمل و نقل برون شهری در اسفند ۱۳۹۲

تعداد میانگین							تعداد کل	نوع لوکوموتیو
موتورهای (موتورهای) (موتورهای)	موتورهای (موتورهای) (موتورهای)	موتورهای (موتورهای) (موتورهای)	تعداد	در موتورهای	موتورهای	موتورهای		
۰	۱	۴۰	۰٫۴	۸٫۴	۹٫۰	۱۶	G-۸	
۱٫۴	۹٫۷	۳۷٫۷	۲٫۸	۶۶٫۴	۶۹٫۲	۱۱۸	G-۱۲	
۰	۰	۱٫۰	۰	۱٫۰	۱٫۰	۲	G-۱۸	
۲٫۰	۱۰٫۰	۴۰	۱٫۰	۱۸٫۰	۱۹٫۰	۳۷	HD-۱۰	
۱۰	۰	۹٫۰	۰٫۰	۱٫۰	۱٫۰	۲۰	G-۱۶	
۴٫۱	۴٫۰	۷٫۰	۱٫۳	۲۱٫۴	۲۲٫۹	۳۸	G-۲۲	
۷٫۴	۳۷٫۳	۲۹٫۳	۱۲٫۴	۱۵۱٫۴	۱۶۳٫۸	۲۳۸	GT-۲۴CW	
۲	۰	۰	۰٫۱	۵٫۹	۶٫۰	۸	RC-۴	
۴	۰	۱۷٫۰	۵٫۴	۳۴٫۲	۳۹٫۷	۶۱	GE	
۳۳	۰	۱۹٫۰	۱۰٫۵	۳۶٫۹	۴۷٫۴	۹۹	ADf+C	
۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰	DE۲۴	
۱۰	۰	۲٫۲	۵٫۴	۵۷٫۴	۶۳٫۰	۷۵	ER۲۴PC	
۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰	روماتی اجاره ای	
۱۱	۰	۰٫۳۸	۷٫۵	۴۱٫۱	۴۸٫۴	۶۰	GT-۲۴CW-p	
۱۳	۰	۰	۳٫۰	۱۵٫۴	۱۸٫۴	۳۱	DFABI (۱٫۲)	
۱۱۷٫۴	۴۲٫۰۳	۱۳۲٫۴	۵۰	۴۵۹	۵۰۹	۸۲۱	جمع	

ماتد : اداره کل نیروی کشش
تعداد کل لوکوموتیوها بر اساس آخرین روز اسفند محاسبه شده است

جدول ۵-۱۰: مشخصات فنی لوکوموتیوهای ER24PC

نوع تراکشن	دیزل الکتریک
موتور دیزل	MTU 16 v 4000 R43L (چهار زمانه)
دور موتور	600 RPM تا 1800RPM
حداکثر توان خروجی موتور روی میل لنگ	۲۴۰۰ کیلو وات (طبق شرایط UIC)
حداکثر نیروی کشش جهت راه اندازی (استارت)	270 KN
نیروی کشش پیوسته	180 KN
حداکثر نیروی ترمز دینامیک	115 KN
سیستم کشش الکتریکی	ژنراتور سنکرون سه فاز بدون زغال کانورتور (مبدل): ماجولزهای آب خنک IGBT شامل: - پل یکسوساز - دو مبدل PWMI هر یک برای یک بوژی - اینورتر HEP جهت تغذیه ترمینال سه فاز قطار و تجهیزات کمکی - چهار تراکشن موتور اسنکرون سه فاز - ترمز رئوستات برقی با چاپر ترمز
حداکثر توان پیوسته (تراکشن موتور)	650kw در 1475 1/min
حداکثر گشتاو راه اندازی (تراکشن موتور)	7400Nm

جدول ۵-۱۱: مشخصات کلی لوکوموتیوهای GM موجود در راه آهن ایران

ردیف	مدل	تعداد سیلندر	توان مفید به اسب بخار	پرخورانی	تعداد بوژی و محور
۱	G8 (مانوری)	۸	۸۷۵	سوپر شارژ (بلوری)	۲و۲
۲	G12	۱۲	۱۳۱۰	//	۲و۲
۳	G16	۱۶	۱۸۰۰	//	۳و۲
۴	G18W (مانوری)	۸	۱۰۰۰	//	۲و۲
۵	G22W	۱۲	۱۵۰۰	//	۲و۲
۶	GT26CW	۱۶	۳۰۰۰	سوپر توربوشارژ	۳و۲

جدول ۵-۱۲: مشخصات کلی موتورهای کشنده لکوموتیوهای DF8BI موجود در راه آهن ایران

قدرت : ۶۳۰ کیلو وات	ماکزیمم جریان : ۱۲۶۰ آمپر
ولتاژ : ۷۵۵ - ۱۰۰۰ ولت	دور نرمال : ۸۵۵ دور در دقیقه
جریان : ۶۸۰ - ۹۰۰ آمپر	حداکثر دور : ۲۴۶۵ دور در دقیقه
تراکشن ها به صورت سری می باشند	قدرت ژنراتور : ۳۱۰۰ کیلو وات

۵-۳- برنامه راهبردی

مزیت‌های چشمگیر حمل و نقل ریلی از جهت ملاحظات اقتصادی، ایمنی، زیست محیطی و ... در کنار ویژگی‌های خاص کشورمان موجب شده که این شیوه حمل و نقل از بیشترین تأکید و بالاترین اولویت در سیاست‌های کلی و برنامه‌های توسعه جمهوری اسلامی ایران برخوردار شود. موقعیت ممتاز بین‌المللی ایران برای حمل و نقل ترانزیتی، حجم بالای ترافیک در بسیاری از محورهای برون شهری و حومه‌ای کشور، وضعیت ناهنجار سوانح جاده ای و تحمیل خسارات وحشتناک به جامعه، شدت مصرف انرژی در بخش حمل و نقل و مصرف یارانه برای ائتلاف سوخت، جایگاه راه آهن در بهبود یکپارچگی ملی و توسعه متوازن مناطق مختلف کشور، نقش حمل و نقل ریلی به عنوان یکی از عناصر کلیدی در زنجیره تأمین صنایع به ویژه صنایع معدنی، آسیب پذیری کمتر راه آهن از محدودیتها و تحریمهای خارجی و بین‌المللی بر کشور، نقش کلیدی راه آهن از منظر سیاست‌های پدافند غیرعامل و ... همگی از جمله عوامل تأکید سیاست‌گذاران کلان نظام بر حمل و نقل ریلی به شمار می روند. از طرفی تجربه دهه‌های گذشته نشان می دهد که عموم مردم به علت هزینه مناسب و ایمنی بالا اغلب استقبال چشمگیری از خدمات حمل و نقل ریلی نشان داده اند. با این حال ناکافی بودن شبکه خطوط راه آهن ایران نسبت به جمعیت و وسعت کشور و سهم بسیار اندک راه آهن از حمل و نقل بار و مسافر برون شهری، افزایش شتاب توسعه راه آهن را در سالهای جاری و پیش رو اجتناب ناپذیر می کند.

سند چشم انداز ۲۰ ساله ایران را کشوری توسعه یافته می‌خواهد که دارای جایگاه اول اقتصادی، علمی و فن آوری در منطقه باشد. در این برنامه حمل ۳۰٪ بار داخلی و ۸۰٪ بار ترانزیت از کشور و همچنین دارا بودن ۲۵۰۰۰ کیلومتر خط ریلی و افزایش تدریجی سهم و عمر میانگین ۱۵ سال ناوگان ریلی بر عهده شرکت رجا گذاشته شده است. با توجه به این سند باید شبکه حمل و نقل ریلی برون شهری کشور در سال ۱۴۰۴ دارای این مشخصات باشد.

۱- دارا بودن ۲۵۰۰۰ کیلومتر خط اصلی ریلی خط یا ۱۷۰۰۰ کیلومتر شبکه، ۶۰۰۰ کیلومتر خطوط ۲ خطه در سال ۱۴۰۴

۲- دارا بودن ناوگان ریلی با متوسط عمر ۱۵ سال

۳- آزادسازی و خصوصی سازی تا حصول حداکثر ۳۰٪ سهم دولتی در جابجائی کالا و مسافر ریلی بین شهری

۳-۱- حمل ۱۶۰ میلیون مسافر در سال ۱۴۰۴ (در سال ۱۳۹۰ سهم بخش ریلی ۱۳٫۶ درصد بوده است)

۳-۲- حمل ۲۰۲ میلیون تن بار در سال ۱۴۰۴ (در سال ۱۳۹۰ سهم بخش ریلی ۷ درصد بوده است)

برخورداری از ۲۵۰۰۰ کیلومتر طول خطوط راه آهن در سال ۱۴۰۴ به این معنی است که چگالی خطوط تا افق چشم انداز باید

به حدود ۱۵ متر در هر کیلومتر مربع برسد. از آنجا که در شرایط فعلی این شاخص تقریباً برابر ۵ متر در هر کیلومتر مربع است.

مطابق با جدول زیر مزایای افزایش ظرفیت خطوط ریلی کشور در زمینه کاهش مصرف انرژی کاملاً مشهود است. همانطور که

مشاهده می‌شود مصرف انرژی خطوط ریلی ۶۰ درصد کمتر از حمل و نقل جاده ای در کشور است.

جدول ۵-۱۳: میزان مصرف انرژی الکتریکی انواع روشهای حمل و نقل

انرژی حرارتی سوخت مصرفی در هر هزارتن-کیلومتر	مصرف سوخت در هزارتن-کیلومتر (بحسب لیتر)	ناوگان حمل و نقل / مصرف انرژی
۸۷	۲/۵	دریایی
۱۰۲	۳	خط لوله
۳۴۱	۱۰	ریلی
۸۵۳	۲۵	جاده (تریلی)
۱۳۶۴	۴۰	جاده (کامیون ۱۰ تن)
۷۲۶۶	۲۲۰	هوایی

جدول ۵-۱۴: میزان مصرف سوخت هریک از روشهای حمل و نقل کشور

موقعیت	نوع ناوگان	مصرف سرانه سوخت (لیتر در روز بر هزار نفر/تن کیلومتر)	موقعیت	نوع ناوگان	مصرف سرانه سوخت (لیتر در روز بر هزار نفر/تن کیلومتر)
شهری	قطار شهری	۷	بین	اتوبوس	۱۹
	اتوبوس شهری	۱۸		مینی بوس و مدیوبوس	۳۳

موقعیت	نوع ناوگان	مصرف سرانه سوخت (لیتر در روز بر هزار نفر/تن کیلومتر)	موقعیت	نوع ناوگان	مصرف سرانه سوخت (لیتر در روز بر هزار نفر/تن کیلومتر)
شهری	مینی بوس و مدیپوس	۲۷	تاکسی	۲۵	
	تاکسی	۶۹	روستایی	۳۰	
	ون	۲۹	قطار حومه ای	۴۰	
	آژانس	۱۴۰	قطار	۱۲	
	شخصی	۲۱۴	هوایما	۴۷	
	دولتی	۹۳۸	کشتی و لنج + ۵۰۰	۳۵	
	موتورسیکلت	۲۲۵	شناور و قایق - ۵۰۰	۱۰۰	

همچنین در تصویر زیر مقایسه ای بین روشهای مختلف حمل و نقل درون شهری انجام شده است که نشان دهنده مزایای بالای خطوط مترو نسبت به دیگر روشها است ولی نباید فراموش کرد که این روش بسیار گران است.

جدول ۵-۱۵: مقایسه سیستم‌های مختلف حمل و نقل درون شهری

سیستم حمل و نقل	سرعت تجاری (کیلومتر بر ساعت)	قابلیت اعتماد خدمات	اشغال فضا	آلودگی هوا	سروصدا در خیابان	مصرف انرژی	پوشش شبکه شهری	تصویر ذهنی	هزینه
اتوبوس	۱۰-۲۰	⊖	⊕⊕	⊖	⊖	⊖	⊕⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕⊕
BRT	۱۵-۲۵	⊕	⊖	⊕⊕	⊖	⊖	⊕⊕⊕	⊕	⊕
LRT	۱۸-۳۵	⊕⊕	⊕	⊕⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕	⊕	⊕⊕⊕	⊕
مترو	۲۰-۴۵	⊕⊕⊕	⊕⊕⊕	⊕⊕⊕	⊕⊕⊕	⊕⊕⊕	⊕	⊕⊕	⊕⊕

در جداول زیر، سهم هریک از روشهای حمل و نقل از حمل بار و مسافر کشور در سال ۱۳۹۰ نشان داده شده است.

جدول ۵-۱۶: سهم هریک از روشهای حمل و نقل از حمل مسافر کشور (%)

ردیف	عنوان / سال	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰
۱	جاده‌ای	۸۴,۲	۸۴	۸۳,۹	۸۳,۶	۸۲,۴	۸۰,۹	۸۰,۳	۸۰	۷۹,۷	۷۷,۱	۷۶,۷
۲	هوایی	۶,۸	۶,۵	۶,۴	۶,۵	۷	۷,۸	۷,۶	۷,۴	۷	۸,۷	۸,۹
۳	دریایی	۰,۱۳	۰,۱۹	۰,۱۹	۰,۲۳	۰,۱۸	۰,۱۶	۰,۱۷	۰,۲۲	۰,۲۵	۰,۵۴	۰,۵۴
۴	ریلی	۸,۹	۹,۳	۹,۵	۹,۷	۱۰,۴	۱۱,۱	۱۲	۱۲,۴	۱۳	۱۳,۶	۱۳,۸

جدول ۵-۱۷: سهم هریک از روشهای حمل و نقل از حمل بار کشور (%)

ردیف	عنوان / سال	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰
۱	جاده‌ای	۶۱,۵	۶۱,۵	۶۱,۵	۶۳,۴	۶۵,۷	۶۵,۷	۶۶,۳	۶۶,۳	۶۶,۵	۶۷,۶	۶۸,۷
۲	هوایی	۰,۵	۰,۵	۰,۹	۱,۵	۱	۱	۰,۸	۰,۸	۰,۶	۰,۵	۰,۵
۳	دریایی	۴,۸	۵	۴,۶	۴,۶	۴,۴	۴,۴	۴,۱	۴,۱	۵,۱	۵,۵	۵,۳
۴	لوله‌ای	۲۴,۴	۲۳,۹	۲۲	۲۲	۲۰,۹	۲۰,۹	۲۱	۲۱	۲۰,۴	۱۹	۱۸,۵
۵	ریلی	۸,۷	۸,۷	۸,۵	۸,۵	۸	۸	۷,۷	۷,۷	۷,۴	۷,۴	۷

با توجه به مطالب بالا مشاهده می‌شود که توسعه خطوط حمل و نقل ریلی کشور از اهداف کلان محسوب می‌شود و از اینرو نیاز به لوکوموتیوها و همچنین موتورهای کشنده یکی از اولویتهای توسعه این زیر ساختارها قرار می‌گیرد.

با توجه به آمارهای موجود و با توجه به برنامه‌های کشور جهت افزایش ظرفیت حمل و نقل ریلی و همچنین کاهش سن متوسط ناوگان به نظر می‌رسد که در ده سال آینده به حدود ۴۰۰ لوکوموتیو جدید نیاز خواهد بود. در صورتیکه فرض بر این باشد که تمامی این لوکوموتیوها از نوع لوکوموتیو ER24PC باشد به تولید ۱۶۰۰ موتور کشنده جدید نیاز خواهد بود در صورتیکه بحث جایگزینی موتورهای کشنده لوکوموتیوهای قدیمی را نیز در نظر بگیریم به تعدادی در حدود ۲۰۰۰ موتور کشنده با توان نامی در حدود ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلووات نیاز خواهد بود.

همچنین با توجه به سند چشم انداز خودرو در سال ۱۴۰۴ تولید خودرو در ایران باید تا ۳ میلیون خودرو در سال افزایش یابد. از این رو و با توجه به بیانات مدیر عامل شرکت ایران خودرو در مورد تولید خودرو هیبریدی با تولید ۱۰۰۰ دستگاه خودرو در سال

۱۳۹۵ می توان در نظر گرفت که در سال ۱۴۰۴ حدود یک درصد از تولید سالیانه معادل ۳۰۰ هزار خودرو از نوع هیبریدی و الکتریکی باشند. از آنجاییکه این محصولات از نوع خودروهای سواری خواهند بود رنج توانی موتور کشنده الکتریکی آنها در حدود ۳۰ کیلووات خواهد بود.

همچنین در ایران مطابق با آمار سال ۱۳۸۸ تعداد اتوبوس و ۲۷۰۰۰ مینی بوس در شبکه حمل و نقل مسافری درون شهری ایران فعالیت دارند که در صورت تغییر ۱۰ درصد از این اتوبوسها به اتوبوسهای الکتریکی، می توان در نظر گرفت که در سال ۱۴۰۴ نیاز به تولید حدود ۵۰۰۰ موتور کشنده الکتریکی با حدود توان ۱۰۰ کیلووات نیاز خواهد بود.

در جدول زیر خلاصه ای از نیازمندیهای احتمالی کشور در ۱۰ سال آینده به موتورهای کشنده آورده شده است. با توجه به ارقام این جدول در صورتیکه تولید خودرو برقی و هیبریدی در کشور گسترش یابد بازار تولید موتورهای کشنده این خودروها بازار بزرگی (در حدود سالی ۷۰۰ میلیارد تومان) خواهد بود و همچنین در صورت عدم تولید این موتورها در داخل کشور در حدود ۳۰۰۰ میلیارد ریال از کشور بابت هزینه موتورهای کشنده عمداتاً مترو و لوکوموتیوهای قطارهای برون شهری خارج خواهد شد.

جدول ۵-۱۸: برآورد تخمینی ارزش موتورهای کشنده در ۱۰ سال آینده

عنوان	خودرو سواری (سالیانه)	اتوبوس (تا ۱۰ سال آینده)	قطار مترو (تا ۱۰ سال آینده)	قطار برون شهری (تا ۱۰ سال آینده)
	۳۰۰۰۰۰	۵۰۰۰	۸۰۰۰	۲۵۵۰
	≈۳۰	≈ ۱۰۰	≈۲۰۰	≈۷۵۰
	۸۰۰۰۰۰	۸۶۱۰۰۰	۸۰۰۰۰۰	۷۵۰۰۰۰
	۷،۲۰۰	۴۳۱	۱،۲۸۰	۱،۴۳۴

با توجه به مزایا و معایب انواع موتورهای کشنده اشاره شده در بالا پیشنهاد می شود مطابق با برنامه زیر برای تولید موتورهای کشنده برای چهار کاربرد اقدام صورت پذیرد.

جدول ۵-۱۹: برنامه پیشنهادی برای تولید موتورهای کشنده برای چهار کاربرد مختلف

سال	۱۳۹۴	۱۳۹۵ و ۱۳۹۶	۱۳۹۷ و ۱۳۹۸	۱۳۹۹ و ۱۴۰۰	۱۴۰۱ و ۱۴۰۲	۱۴۰۳ و ۱۴۰۴
اتوبوس	کسب دانش فنی		تولید سالانه ۵۰۰	تولید سالانه ۱۰۰۰	تولید سالانه ۱۰۰۰	تولید سالانه ۱۰۰۰
خودرو سواری	کسب دانش فنی		تولید سالانه ۲۰۰۰	تولید سالانه ۱۰۰۰۰	تولید سالانه ۵۰۰۰۰	تولید سالانه ۱۰۰۰۰۰

سال		۱۳۹۴	۱۳۹۵ و ۱۳۹۶	۱۳۹۷ و ۱۳۹۸	۱۳۹۹ و ۱۴۰۰	۱۴۰۱ و ۱۴۰۲	۱۴۰۳ و ۱۴۰۴
	قطار مترو		کسب دانش فنی		تولید سالانه ۵۰۰	تولید سالانه ۱۰۰۰	تولید سالانه ۱۰۰۰
	قطار برون شهری		کسب دانش فنی		تولید سالانه ۵۰	تولید سالانه ۱۰۰	تولید سالانه ۳۰۰
PMSM	اتوبوس		کسب دانش فنی		تولید سالانه ۵۰۰	تولید سالانه ۱۰۰۰	تولید سالانه ۱۰۰۰
	خودرو سواری		کسب دانش فنی		تولید سالانه ۲۰۰۰	تولید سالانه ۱۰۰۰۰	تولید سالانه ۵۰۰۰۰
	قطار مترو		کسب دانش فنی			تولید سالانه ۱۰۰	تولید سالانه ۲۰۰
	قطار برون شهری		کسب دانش فنی			تولید سالانه ۵۰	تولید سالانه ۱۰۰
SR	اتوبوس					کسب دانش فنی	
	خودرو سواری					کسب دانش فنی	

در این راستا باید علاوه بر تدوین دانش فنی می بایست خطوط مناسب برای تولید موتورهای کشنده نیز ایجاد شود که این موضوع را می توان در دو روش مختلف ایجاد خطوط تولید جدید و یا توسعه خطوط تولید شرکتهای موجود دید. در جدول زیر هزینه‌های مرتبط با پروژه آورده شده است. لازم به ذکر است که هزینه‌ها دانش فنی موتور و درایو بصورت یکپارچه دیده شده است و همچنین هزینه ساخت و تست یک نمونه نیز در جداول زیر بصورت مجموع و برای دو المان موتور و درایو آورده شده است.

جدول ۵-۲: میزان هزینه‌های برنامه پیشنهادی برای تولید موتورهای کشنده برای چهار کاربرد مختلف (میلیون ریال)

سال		۱۳۹۴	۱۳۹۵ و ۱۳۹۶	۱۳۹۷ و ۱۳۹۸	۱۳۹۹ و ۱۴۰۰	۱۴۰۱ و ۱۴۰۲	۱۴۰۳ و ۱۴۰۴
IM	اتوبوس						
	خودرو سواری						
	قطار مترو						
	قطار برون شهری						
PMSM	اتوبوس						
	خودرو سواری						
	قطار مترو						
	قطار برون شهری						
SR	اتوبوس						
	خودرو سواری						

تاسیس خطوط جدید تولید موتورهای کشنده در حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ شغل مستقیم ایجاد خواهد کرد همچنین حداقل می توان از سه شرکت دانش بنیان نیز برای برنامه های تحقیق و توسعه بر روی سه نوع موتور اصلی استفاده نمود که خود باعث افزایش اشتغالی این طرح خواهد شد.

۶- طرح بهبود مصرف انرژی

الکتروپمپ‌های چاه‌های آب کشاورزی

آب مهمترین عامل در تولید محصولات کشاورزی بوده و آبهای زیرزمینی مهمترین تامین کننده منابع آب در بخش کشاورزی محسوب می شوند. در گذشته برای انتقال آب از اعماق زمین به سطح، از دیزل استفاده می شد. اما امروزه یکی از راهکارهای اساسی جهت بهره وری بیشتر از آب، توسعه و گسترش وسیع سیستم های آبیاری است. با افزایش بازدهی آبیاری، آب بیشتری جهت توسعه اراضی کشاورزی تامین و در نتیجه افزایش بهره وری بخش کشاورزی فراهم می گردد. یکی از اقدامات جهت افزایش بازدهی، استفاده از موتور پمپ های برقی بجای پمپ های دیزلی می باشد. با توجه به افزایش قیمت حامل های انرژی این کار نتایجی مانند کاهش استفاده از سوخت فسیلی، کاهش آلودگی محیط زیست و بهینه سازی مصرف انرژی را در پی خواهد داشت. جهت پمپاژ آب از اعماق زمین توسط انرژی الکتریکی می توان از دو نوع الکتروپمپ استفاده نمود. در نوع اول، که به سیستم شفت و غلافی معروف است، موتور الکتریکی در سطح زمین قرار دارد و در نوع دوم از الکتروپمپ شناور استفاده می شود که موتور الکتریکی نیز به همراه پمپ در داخل چاه و در سطح آب قرار می گیرد. در این گزارش به وضعیت چاههای آب کشاورزی برقرار در داخل کشور و پتانسیل صرفه جویی انرژی در آنها پرداخته خواهد شد.

۱-۶- برآورد تعداد چاههای آب کشاورزی دارای پروانه بهره برداری در داخل کشور

با توجه به آمار شرکت مدیریت منابع آب ایران تعداد چاههای آب کشاورزی دارای پروانه بهره برداری در سال های ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲ در جدول ۱-۶ آمده است. با توجه به نرخ رشد تعداد چاهها از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۲، می توان با در نظر گرفتن نرخ رشد ۱/۵ درصد، برآوردی از تعداد چاهها در سالهای ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ داشت.

جدول ۱-۶: تعداد چاههای آب کشاورزی دارای پروانه بهره برداری

سال	تعداد چاهها (دارای پروانه بهره برداری)		نرخ رشد تعداد کل چاهها	نرخ رشد برقی کردن چاهها
	تعداد کل	برقی		
۱۳۸۴	۳۳۰،۴۷۵	۱۰۲،۵۲۶	-	-
۱۳۹۲	۳۹۹،۳۴۷	۱۷۴،۹۸۹	۰،۲۴	-
۱۳۹۷	۴۳۰،۲۱۰	۲۴۴،۴۱۱	۰،۱۵	۰،۰۶۹
۱۴۰۰	۴۴۹،۸۶۱	۲۹۸،۶۶۷		
۱۴۰۴	۴۷۷،۴۶۷	۳۹۰،۱۹۰		

۲-۶- بررسی وضعیت مصرف انرژی توسط چاه‌های آب کشاورزی

با توجه به آمار شرکت مدیریت منابع آب ایران از توان مصرفی چاه‌های آب کشاورزی در سالهای مختلف و نیز آمار شرکت توانیر از چاه‌های برق دار شده و متوسط توان مصرفی هر منطقه، با در نظر گرفتن متوسط دیماندهای یک چاه کشاورزی برابر ۳۸ کیلووات می‌توان برآوردی از توان مصرفی توسط چاه‌های آب کشاورزی در شرایط کنونی ارائه نمود. علاوه بر این، با در نظر گرفتن کارکرد الکتروپمپ به میزان متوسط ۹ ساعت در روز، می‌توان برآوردی از مصرف انرژی توسط این بخش در شرایط کنونی ارائه نمود. چنانچه وضعیت برق دار نمودن چاه‌ها مطابق چند سال اخیر ادامه داشته باشد، با در نظر گرفتن متوسط ذکر شده برای هر چاه، می‌توان کل انرژی مصرفی سالیانه و کل توان مصرفی را در افق‌های ۱۳۹۷، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۴ برآورد نمود (جدول ۲-۶).

جدول ۲-۶: وضعیت توان مصرفی و مصرف انرژی توسط چاه‌های آب کشاورزی

سال	نرخ رشد برقی کردن چاه‌ها	متوسط دیمانده (KW)	کل دیمانده (MW)	متوسط ساعت کار روزانه	انرژی مصرفی سالیانه (GWh)
۱۳۹۲	۰٫۰۶۹	۳۸	۶۶۵۰	۹	۲۱٫۸۴۴
۱۳۹۷			۹٫۲۸۸		۳۰٫۵۱۰
۱۴۰۰			۱۱٫۳۴۹		۳۷٫۲۸۳
۱۴۰۴			۱۴٫۸۲۷		۴۸٫۷۰۷

۳-۶- مقایسه استفاده از الکتروپمپ شناور و الکتروپمپ شفت و غلافی

۳-۶-۱- مقایسه توان و انرژی مصرفی

به منظور مقایسه میزان توان و انرژی مصرفی در دو حالت استفاده از الکتروپمپ نوع شفت و غلافی و الکتروپمپ شناور، با توجه به متوسط توان مصرفی هر چاه کشاورزی برابر ۳۸ کیلووات، با در نظر گرفتن یک چاه به عمق ۱۰۰ متر و دبی حدود ۲۵ لیتر بر ثانیه، با استعلام از فروشندگان الکتروپمپ، الکتروپمپ شناور مناسب برای این چاه حدود ۳۷ کیلووات بدست آمد. در صورت استفاده از الکتروپمپ نوع شفت و غلافی با موتور الکتریکی افقی، توان مناسب برای چاه مذکور با دبی مورد نظر حدود ۸۵ اسب بخار (63.4 کیلووات) خواهد بود. بنابراین، در صورت استفاده از الکتروپمپ شناور به جای نوع شفت و غلافی، به

میزان 26.4 کیلووات کاهش توان مصرفی خواهیم داشت و میزان صرفه جویی در مصرف انرژی (با در نظر گرفتن متوسط کارکرد ۹ ساعت در روز) برابر 86757 کیلووات ساعت در سال خواهد بود.

۶-۳-۲- مقایسه هزینه های لازم برای برقرار کردن

با استعلام از فروشندگان الکتروپمپ و پیمانکار حفر و برقرار کردن چاه‌های آب کشاورزی، هزینه برقرار کردن چاه آب دیزلی (با مشخصات ذکر شده در بخش قبل) با بکارگیری پمپ شفت و غلافی و موتور الکتریکی افقی بصورت زیر خواهد بود:

- هزینه الکتروموتور حدود ۵ میلیون تومان

- هزینه خرید برق و تجهیزات مربوطه (مانند: ترانس، تابلو، ...) حدود ۱۰ میلیون تومان (با فرض عدم نیاز به احداث خط انتقال تا محل چاه)

- هزینه کابل و هزینه نصب سیستم جدید حدود ۳ میلیون تومان

لازم به ذکر است کشاورز می تواند با فروش موتور دیزل، هزینه موتور الکتریکی و تابلو برق مربوطه را تامین نماید. بنابراین برقرار کردن چاه (با مشخصات ذکر شده) با پمپ شفت و غلافی و موتور الکتریکی افقی حدود ۱۳ میلیون تومان هزینه خواهد داشت.

در صورت استفاده از الکتروپمپ شناور، هزینه های برقرار کردن بصورت زیر می باشد:

- هزینه الکتروپمپ شناور ۵ طبقه با توان 37 KW و دبی ۲۵ لیتر بر ثانیه حدود ۱۱ میلیون تومان

- هزینه کابل حدود ۱۲ میلیون تومان

- هزینه های جمع آوری سیستم شفت و غلاف از داخل چاه و نصب سیستم شناور حدود ۷ میلیون تومان (با در نظر گرفتن سالم بودن لوله آب و امکان استفاده از آن برای سیستم شناور)

- هزینه خرید برق و تجهیزات مربوطه (مانند: ترانس، تابلو، ...) حدود ۱۰ میلیون تومان (با فرض عدم نیاز به احداث خط انتقال تا محل چاه)

لازم به ذکر است کشاورز می تواند با فروش سیستم شفت و غلاف حدود ۱۰ میلیون تومان از هزینه ها را جبران نماید. بنابراین برقرار کردن چاه (با مشخصات ذکر شده) با الکتروپمپ شناور حدود ۳۰ میلیون تومان هزینه خواهد داشت. موارد فوق به طور خلاصه در جدول ۶-۳ آمده است.

جدول ۳-۶: مقایسه هزینه برقی کردن چاه‌های آب کشاورزی با بکارگیری دو روش سیستم شفت و غلافی و الکتروپمپ

شناور برای یک چاه آب کشاورزی نمونه

کل هزینه (میلیون تومان)	جبران هزینه ها (میلیون تومان)	هزینه برقی کردن (میلیون تومان)					نوع سیستم برقی
		هزینه جمع آوری سیستم قبلی و نصب سیستم جدید	هزینه کابل	هزینه خرید برق و تجهیزات مربوطه	هزینه الکتروموتور و پمپ		
					هزینه پمپ	هزینه الکتروموتور	
۱۳	۵	۱	۲	۱۰	-	۵	سیستم شفت و غلافی
۳۰	۱۰	۷	۱۲	۱۰		۱۱	الکتروپمپ شناور

۴-۶- مقایسه برقدار کردن چاه‌های آب کشاورزی کشور از نظر تفاوت بکارگیری الکتروپمپ شناور با

سیستم شفت و غلافی

با توجه به آمار ارائه شده در جدول (۱)، تعداد چاه‌های برقدار شده در سالهای ۱۳۸۴ و ۱۳۹۲ نشان می‌دهد که به طور متوسط، سالانه تعداد ۹۰۰۰ حلقه چاه برقدار شده است. با فرض آنکه از این پس نیز تعداد چاه‌های برقدار شده در سال برابر ۹۰۰۰ حلقه باشد، می‌توان تفاوت بین استفاده از الکتروپمپ‌های شفت و غلافی و الکتروپمپ‌های شناور را از نظر توان مصرفی، انرژی مصرفی و نیز هزینه‌های برقدار کردن با یکدیگر مقایسه نمود. این مقایسه برای یک چاه نمونه (که توان مصرفی آن تقریباً متوسط توان مصرفی چاه‌های آب کشاورزی عمیق و نیمه عمیق کشور است) در بخش قبل انجام گرفت. با توجه به این اطلاعات، حدود اختلاف هزینه‌های برقدار کردن در دو حالت ذکر شده و نیز میزان کاهش توان و انرژی مصرفی برای کل چاه‌های برقدار شده در یک سال در جداول ۴-۶ و ۵-۶ محاسبه شده است.

جدول ۴-۶: مقایسه هزینه برقی کردن چاه‌های آب کشاورزی با بکارگیری دو روش سیستم شفت و غلافی و الکتروپمپ

شناور برای کل چاه‌های برقدار شده در یک سال

کاهش انرژی مصرفی با بکارگیری الکتروپمپ شناور		کاهش توان مصرفی با بکارگیری الکتروپمپ شناور		اختلاف هزینه برقدار کردن به دو روش الکتروپمپ شناور و سیستم شفت و غلافی (میلیارد تومان)
میلیارد تومان	MWh / Year	میلیارد تومان	MW	
۱۱۷	۷۸۰،۸۱۲	۴۷۵	۲۳۸	۱۵۳

لازم به ذکر است هزینه تولید هر مگاوات برابر ۲ میلیارد تومان و هزینه تولید هر کیلووات ساعت انرژی برابر ۱۵۰ تومان در نظر گرفته شده است.

۵-۶- ارائه پیشنهاد برای بهبود مصرف انرژی چاه‌های آب کشاورزی

۵-۶-۱- برقدار کردن چاه‌های آب کشاورزی دیزلی باقیمانده با بکارگیری الکتروپمپ شناور و عدم استفاده از سیستم شفت و غلافی

با توجه به مطالب ارائه شده چنانچه با اتخاذ تمهیدات لازم در قالب یک برنامه کوتاه مدت، برقدار کردن تمامی چاه‌های دیزلی باقیمانده با بکارگیری الکتروپمپ های شناور (با در نظر گرفتن ملاحظات انطباق الکتروپمپ با بار) صورت گیرد، صرفه جویی قابل توجهی در توان و انرژی مصرفی در مقایسه با برقدار کردن چاه با الکتروپمپ شفت و غلافی ایجاد خواهد شد.

۵-۶-۲- جایگزینی الکتروپمپ های شفت و غلافی موجود با الکتروپمپ های شناور

با توجه به مطالب ارائه شده در بخش (۴)، چنانچه طی یک برنامه میان مدت الکتروپمپ های شناور، جایگزین الکتروپمپ های شفت و غلافی موجود شوند کاهش قابل توجه توان و انرژی مصرفی را خواهیم داشت. جهت بررسی بهتر نتایج این کار، می توان این برنامه را ابتدا بصورت آزمایشی در یک استان منتخب اجرا نمود و در صورت تایید، به استانهای دیگر تعمیم داد. لازم به ذکر است، در برنامه جایگزینی می توان ملاحظات انطباق الکتروپمپ با بار را نیز مد نظر قرار داد.

۵-۶-۳- استفاده از درایوهای سرعت- متغیر در الکتروپمپ های شناور چاه‌های آب کشاورزی

درایوهای سرعت- متغیر می توانند نقش قابل توجهی در مصرف انرژی پمپ های آب کشاورزی داشته باشند. لذا مجهز کردن الکتروپمپ های شناور چاه‌های آب کشاورزی به درایو سرعت- متغیر می تواند به عنوان یک برنامه بلند مدت در راستای بهبود

مصرف انرژی در پمپ‌های آب کشاورزی در نظر گرفته شود. این برنامه می‌تواند ابتدا بصورت آزمایشی برای یک حوزه منتخب انجام شده و پس از بررسی نتایج و رفع نواقص، به سایر چاه‌های آب کشاورزی تعمیم داده شود.

۴-۵-۶- استفاده از موتورهای الکتریکی با بازده بهبود یافته در مقایسه با موتورهای القایی رایج

یکی از راه‌های بهبود بازده الکتروپمپ‌های شناور رایج مورد استفاده در چاه‌های آب کشاورزی، اصلاح طراحی و بکارگیری مواد مناسب جهت بهبود بازده موتور القایی مورد استفاده در این الکتروپمپ‌ها می‌باشد. به عنوان مثال، استفاده از هادی مسی در میله‌های رتور قفسه سنجابی می‌تواند بهبود بازده موتور القایی را به دنبال داشته باشد [۲۷-۲۹]. از این رو استفاده از موتورهای القایی قفسه سنجابی با بازده بهبود یافته در الکتروپمپ‌های شناور چاه‌های آب کشاورزی می‌تواند به عنوان یک برنامه کوتاه مدت در راستای بهبود مصرف انرژی چاه‌های آب کشاورزی مد نظر قرار گیرد. با استعلام از کارشناسان فنی شرکت پمپیران، بازده موتور القایی مورد استفاده در پمپ شناور با توان 37 KW حدود ۶۰ درصد می‌باشد. با بهبود بازده موتور القایی به میزان ۲ درصد، توان ورودی 35.8 KW خواهد بود.

علاوه بر گزینه فوق، استفاده از موتورهای آهنربای دائم به عنوان جایگزینی برای موتورهای القایی موجود در الکتروپمپ‌های شناور چاه‌های آب کشاورزی می‌تواند بهبود مصرف انرژی را به دنبال داشته باشد. در حال حاضر، موتور الکتریکی مورد استفاده در الکتروپمپ‌های شناور سری SQ که توسط شرکت Grundfos در کشور دانمارک تولید می‌شود از نوع آهنربای دائم می‌باشد [۳۰]. با در نظر گرفتن بازده ۶۰ درصد برای موتورهای القایی 37 KW مورد استفاده در یک نمونه الکتروپمپ شناور، در صورت استفاده از موتور آهنربای دائم و بهبود بازده به میزان ۵ درصد، توان ورودی 34.1 KW خواهد بود.

با در نظر گرفتن این میزان صرفه جویی و نیز جایگزینی ۵۰۰۰ الکتروپمپ در یک سال، می‌توان میزان صرفه جویی دیمانند و انرژی مصرفی را در یک سال محاسبه نمود. موارد ذکر شده در جداول ۶-۵ و ۶-۶ آمده است. هزینه‌های لازم برای جایگزینی و مدت زمان بازگشت سرمایه نیز در جدول ۶-۷ مشخص شده اند. لازم به ذکر است، هزینه تولید یک کیلووات-ساعت انرژی با سوخت یارانه ای برابر ۱۵۰ تومان و با سوخت آزاد برابر ۳۵۰ تومان در نظر گرفته شده است. علاوه بر این، متوسط کارکرد روزانه الکتروپمپ در طول سال حدود ۹ ساعت در نظر گرفته شده است.

جدول ۵-۶: میزان کاهش توان مصرفی و صرفه جویی در مصرف انرژی ناشی از جایگزینی موتور القایی پمپ شناور با

موتور القایی با بازده بهبود یافته و موتور آهنربای دائم

نوع موتور جایگزین	بازده موتور جدید	بازده موتور موجود	کاهش توان مصرفی (KW)	صرفه جویی در مصرف انرژی (KWh/Year)
موتور القایی با بازده بهبود یافته	۰.۶۲	۰.۶	1.2	۳۹۲۱
موتور آهنربای دائم	۰.۶۵	۰.۶	۲.۸	۹۳۵۰

جدول ۶-۶: میزان کاهش توان مصرفی و صرفه جویی سالانه در مصرف انرژی ناشی از جایگزینی موتور القایی پمپ شناور

با موتور القایی با بازده بهبود یافته و موتور آهنربای دائم

نوع موتور جایگزین	تعداد جایگزین شده در سال	کاهش دیماند (MW)	کاهش ریالی دیماند (میلیارد تومان)	میزان صرفه جویی انرژی سالیانه (MWh)	صرفه جویی ریالی انرژی در سال (میلیارد تومان)	
					سوخت آزاد	سوخت یارانه‌ای
موتور القایی با بازده بهبود یافته	۵۰۰۰	۶	۱۲	۱۹۶۰۴	۶,۹	۲,۹
موتور آهنربای دائم		۱۴	۲۸	۴۶۷۴۸	۱۶,۴	۷

جدول ۶-۷: میزان صرفه جویی ریالی و هزینه‌ها ناشی از جایگزینی موتور القایی پمپ شناور با موتور القایی با بازده بهبود

یافته و موتور آهنربای دائم برای هر چاه آب کشاورزی

بازگشت سرمایه (سال)	(میلیون تومان)											
	نوع موتور جایگزین	کاهش ریالی توان مصرفی	صرفه جویی ریالی در مصرف انرژی		کل صرفه جویی		قیمت الکتروموتور القایی	قیمت الکتروموتور جدید	هزینه نصب الکتروموتور جدید	مجموع هزینه‌ها	بازگشت سرمایه (سال)	
			سوخت آزاد	سوخت یارانه‌ای	سوخت آزاد	سوخت یارانه‌ای					با سوخت آزاد	با سوخت یارانه‌ای
موتور القایی	۲,۴	۰,۶	۱,۴	۳	۳,۸	۷	۱۱	۵	۹	۳	۲,۴	۳



										با بازده بهبود یافته	
۱,۳	۱,۷	۱۲	۵	۱۴		۹	۷,۱	۳,۳	۱,۴	۵,۷	موتور آهنربای دائم

۷- طرح "آزمایشگاه مرجع دینامومتری

ماشین‌های الکتریکی توان متوسط و

توان بالا"

۷-۱- ضرورت ایجاد آزمایشگاه:

۷-۱-۱- موتورهای توان بالا

بر اساس آمار منتشره توسط توانیر در سال ۱۳۹۲ میزان مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در بخش صنعت کشور ۴۵،۹۱۸ میلیون کیلووات ساعت (با فرض این که ۶۵ درصد انرژی را موتورهای الکتریکی مصرف می‌کنند) است. با محاسبات انجام شده در گزارش‌های قبلی، ۲۱ درصد این مقدار انرژی الکتریکی توسط موتورهای الکتریکی بزرگ (با توان نامی بیش از ۷۵۰ کیلووات) مصرف می‌شود؛ بنابراین مصرف سالانه انرژی موتورهای الکتریکی بزرگ در این سال برابر ۹،۶۰۰ میلیون کیلووات ساعت بوده است. این مقدار مصرف انرژی نشان می‌دهد که در کشور بیش از ۱۰،۰۰۰ عدد موتور الکتریکی بزرگ در حال کار می‌باشد. اگر آمار نیاز به تعمیرات و موتورهای جدید ۷ درصد تعداد کل موتورهای بزرگ نصب شده فرض شود (تعداد ۷۰ دستگاه الکتروموتور بزرگ)، مصرف انرژی این تعداد برابر ۶۷۵ میلیون کیلووات ساعت می‌شود؛ در این صورت در صورتی که موتورهای تعمیری و یا خریداری شده یک درصد کاهش بازده (به دلایلی مانند کیفیت بد ساخت، استفاده از مواد اولیه نامرغوب، نبودن دانش فنی کافی و غیره) رخ دهد، حداقل ۶،۷۵ میلیون کیلووات ساعت انرژی بیشتری مصرف می‌شود که برابر ده میلیارد ریال (با فرض قیمت ۱۵۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت) هزینه بیشتر برای کشور، برای تولید این مقدار انرژی الکتریکی است. مقدار هزینه واقعی با احتساب قیمت واقعی سوخت، در حدود سه برابر این مقدار است. اگر عمر مفید این تجهیزات ۱۵ سال فرض شود، میزان اضافه هزینه‌های این ۷۰ دستگاه الکتروموتور برای صنعت برق کشور، ۱۵ برابر (به نرخ امسال) افزایش می‌یابد و هر سال نیز همین مقدار به آن اضافه می‌شود که به صورت تجمعی، بالغ بر ۱،۲۱۵ میلیارد ریال (با فرض قیمت ۱۵۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت) به نرخ امسال می‌شود. البته در این محاسبات هزینه‌های مربوط به تغییرات ضریب توان، آلایندگی محیط زیست و عدم انطباق بار و موتور الکتریکی لحاظ نشده است.

از طرف دیگر با توجه به وجود ظرفیت استفاده از انرژی باد به مقدار ۱۰،۰۰۰ مگاوات در کشور، برنامه‌ریزی‌های زیادی برای توسعه نیروگاه‌های بادی در کشور (در حدود ۴،۵۰۰ مگاوات) در سال‌های آینده انجام شده است. این مطلب به این معنی است که در سال‌های آینده حجم بالایی از ژنراتورهای الکتریکی با توان چند مگاوات جهت استفاده در توربین‌های بادی به کشور وارد و یا در داخل کشور تولید خواهد شد که این تجهیزات قبل از نصب، نیاز به آزمون و تایید شاخص‌های عملکردی دارند؛ به عبارت دیگر وجود مرکزی برای آزمایش این تجهیزات در کشور - برای جلوگیری از تلفات انرژی و افزایش بهره‌وری -

ضروری می‌باشد. همچنین این مرکز امکان آزمایش و تعیین مشخصات فنی سایر تجهیزات دوار مورد نیاز بخش صنعت، مانند توربین‌ها، تجهیزات مورد استفاده در کشتی‌ها و ... را دارا می‌باشد.

۷-۱-۲- موتورهای توان متوسط

بر اساس تحلیل‌های ارایه شده در گزارش مربوط به طرح "جایگزینی الکتروموتورهای صنعتی با توان متوسط و ASD"، الکتروموتورهای سه فاز صنعتی کشور در بازه توانی ۷۵ کیلووات تا ۳۷۵ کیلووات سالانه در حدود ۱۲،۰۰۰ گیگا وات ساعت (معادل ۳۸ درصد انرژی مصرفی موتورهای الکتریکی صنعتی کشور) انرژی مصرف می‌کنند و در حدود ۲،۸۰۰ مگا وات دیماند برق مصرفی (معادل ۳۶،۵ درصد دیماند برق مصرفی الکتروموتورهای صنعتی کشور) را به خود اختصاص داده‌اند. در صورتی که نیاز به جایگزینی در سال در حدود ۷ درصد باشد، معادل مصرف انرژی ۹۰۸،۰۰۰ مگاوات ساعت الکتروموتور در این بازه لازم است که جایگزین گردد. در یک فرض خوشبینانه، اگر بازده این الکتروموتورها در حدود ۱ درصد نسبت به مقدار استانداردها کاهش پیدا کند، مقدار ۹،۰۰۰ مگاوات ساعت انرژی در هر سال تلف می‌شود. با فرض مبلغ ۱۵۰۰ ریال به ازای هر کیلووات، معادل ۱۳/۶ میلیارد ریال هزینه اضافی به کشور وارد می‌شود. این هزینه اضافی در یک دوره ۱۵ ساله، به صورت تجمعی ۱۶۳۵ میلیارد ریال (به نرخ امسال) می‌گردد. البته در این محاسبات هزینه‌های مربوط به تغییرات ضریب توان، آلاینده‌های محیط زیست و عدم انطباق بار و موتور الکتریکی لحاظ نشده است.

از طرف دیگر، این آزمایشگاه توانایی انجام آزمایش دینامومتری موتورهایی غیر الکتریکی مانند موتورهای بنزینی مورد استفاده در خودروها را دارا می‌باشد؛ به این معنی که غیر از شرکت‌های سازنده و یا وارد کننده موتورهای الکتریکی، شرکت‌های خودروساز و سایر شرکت‌های دخیل در این امر نیز از مشتریان این آزمایشگاه هستند. از دیگر از قابلیت‌های مهم این آزمایشگاه این است که مولد انرژی الکتریکی آن می‌تواند به کمک سیستم الکترونیک قدرت به صورت موتوری عمل کند و به این ترتیب امکان آزمایش مشخصات فنی دیگر مولدهای الکتریکی دیگر تا توان نامی دینامومتر فراهم می‌گردد. در این حالت می‌توان به کمک این موتور وضعیت‌های مختلف در سیستم پیش محرک این مولدها مانند تغییرات سرعت در موتورهای بنزینی در خودروهای هیبرید را به صورت عملی مشابه‌سازی نمود. همچنین به کمک آن می‌توان پارامترهای دینامیکی برخی از انواع بارهای مکانیکی مانند انواع دمنده‌ها، استارترها، سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی (HVAC) استخراج نمود.

۷-۲- نیاز صنعت کشور به تاییدیه معتبر برای محصولات داخلی

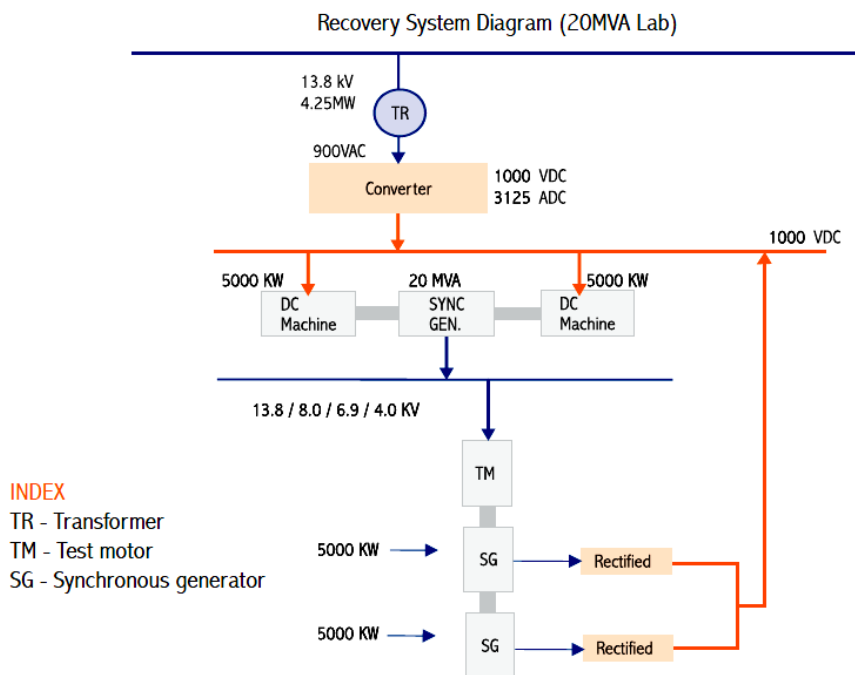
از آنجایی که شرکت‌ها و کارخانجات فعال در کشور به کیفیت محصول تولید کنندگان داخلی موتورهای الکتریکی، مخصوصاً در توان‌های بالا، اعتماد ندارند و انتظار دریافت تاییدیه‌های معتبر در این زمینه از سازندگان دارند؛ وجود آزمایشگاهی که بتواند آزمایش‌های کوتاه مدت و بلند مدت موتورهای الکتریکی را انجام دهد و به نوعی گواهی‌های کیفیت برای محصولات داخلی صادر نماید، علاوه بر جلب نظر کارخانجات مختلف داخلی، زمینه‌سازی برای به دست آوردن بازارهای خارجی و به خصوص بازارهای کشورهای همسایه را فراهم می‌کند. نکته دیگری که لازم است به آن توجه شود این است که در بررسی‌های انجام شده مشخص گردیده است که چنین آزمایشگاهی در منطقه خاور میانه و سایر کشورهای همسایه ایران وجود ندارد و با تاسیس آزمایشگاه دینامومتری موتورهای بزرگ، می‌توان از آن به عنوان آزمایشگاه مرجع در منطقه خاور میانه و سایر کشورهای همسایه بهره‌برداری نمود.

۷-۳- آزمایشگاه‌های موتورهای الکتریکی توان بالا مشابه در سایر کشورها

در این قسمت به دلیل اهمیت آزمایشگاه موتورهای الکتریکی توان بالا، به بررسی این نوع آزمایشگاه و امکانات آنها در سایر کشورها پرداخته می‌شود.

۷-۳-۱- آزمایشگاه ۲۰ مگا ولت آمپری شرکت WEG

این آزمایشگاه که در کشور آمریکا و با صرف هزینه ۳/۳ میلیون دلاری تاسیس شده است، توانایی آزمایش موتورهای الکتریکی بزرگ و ژنراتورها در توان‌های ۱،۵، ۵ و ۱۰ مگاوات را در بازه فرکانسی ۳۰ تا ۶۰ هرتز دارد. آزمایشگاه به نحوی طراحی شده است که ۸۵ درصد انرژی مصرفی موتور الکتریکی تحت آزمون، از طریق ژنراتوری که برای آزمایش موتور تعبیه شده است، تامین می‌گردد. در شکل ۷-۱ مدار تک خطی آزمایشگاه ترسیم شده است.



شکل ۷-۱: مدار تک خطی آزمایشگاه شرکت WEG

۷-۳-۲- آزمایشگاه ۵ مگاواتی دانشگاه فلوریدا

این آزمایشگاه توانایی آزمایش موتورهای الکتریکی، مبدل‌های الکترونیک قدرت، سیستم‌های کنترل و سایر تجهیزات قدرت تا توان ۵ مگاوات را دارد. موتورهای الکتریکی تا سرعت ۲۴,۰۰۰ دور در دقیقه قابل آزمون در این آزمایشگاه هستند. از جمله موتورهای مهم آزمایش شده در این آزمایشگاه، به یک نمونه موتور کشنده ابرهادی با توان ۵ مگاوات و سرعت ۲۳۰ دور در دقیقه و ژنراتور ۱,۵ مگاواتی با سرعت ۱۵,۰۰۰ دور در دقیقه اشاره نمود.

۷-۳-۳- آزمایشگاه شرکت Bradley

این آزمایشگاه که در کشور آمریکا قرار دارد، توانایی آزمون موتورها و ژنراتورهای الکتریکی تا توان ۷ مگا ولت‌آمپر را دارا می‌باشد.

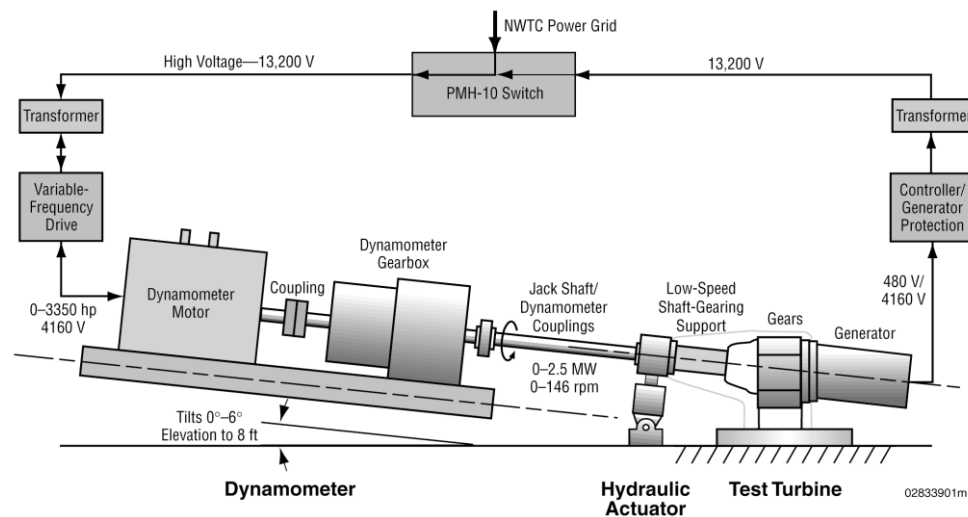
۷-۳-۴- آزمایشگاه شرکت AW Dynamometer

این آزمایشگاه در کشور آمریکا واقع است و توانایی انجام آزمون دینامومتری موتورهای الکتریکی بزرگ تا توان ۵,۰۰۰ اسب بخار و تا سرعت ۱۰,۰۰۰ دور در دقیقه را دارد. همچنین از این آزمایشگاه برای انجام آزمایش‌های سایر موتورها (غیر

الکتریکی) نیز استفاده می‌گردد. برای این منظور در این آزمایشگاه از ترمزهای (بار مکانیکی موتور) نوع آبی (Water Brake) و همچنین نوع جریان گردابی (Eddy Current Brake) استفاده می‌گردد.

۷-۳-۵- آزمایشگاه تست توربین بادی مرکز تحقیقات انرژی‌های نو آمریکا (NREL)

طرح آزمایشگاه توربین بادی ۲/۵ مگاواتی مرکز تحقیقات انرژی‌های نو آمریکا NREL در شکل ۷-۲ نشان داده شده است. مشخصات فنی تجهیزات این آزمایشگاه در جدول ۷-۱ آورده شده است.



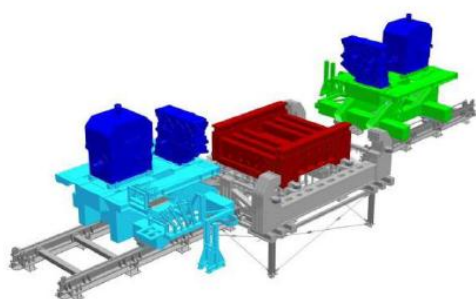
شکل ۷-۲: ساختار میز تست دینامومتر ۲/۵ مگاواتی NREL

جدول ۷-۱: مشخصات تجهیزات الکتریکی میز تست توربین بادی NREL

مورد استفاده	مشخصات	تجهیز
به عنوان محرک اولیه میز تست	موتور القائی با توان ۲/۵ مگاوات، ۴۱۶۵ ولت و ۴۱۵ آمپر	موتور الکتریکی
جهت تعیین سرعت و گشتاور اعمالی به تجهیز تحت تست	با قابلیت بازیابی انرژی و پاسخ گشتاور ۲ هرتز	درایو دور متغیر
کنترل و مانیتورینگ کل فرآیند	قابلیت کارکرد در دو حالت کنترل دور و کنترل گشتاور	سیستم کنترلی
تحلیل داده جهت مانیتورینگ فرآیند تست، جمع آوری و تحلیل داده های تست	۵۰۰ کاناله	سیستم اکتساب اطلاعات و نرم افزار تحلیل داده جهت مانیتورینگ فرآیند تست، جمع آوری و تحلیل داده های تست

۶-۳-۷- آزمایشگاه تست توربین بادی شرکت Renk Test System

این شرکت آلمانی تولید کننده تجهیزات تست توربین بادی است و خود مجهز به آزمایشگاه تست توربین بادی است که شکل آن در شکل ۳-۷ آورده شده است که در آن خروجی دو موتور القایی بکار گرفته شده به عنوان محرک اولیه ۱۷ مگاوات است. آزمایشگاههای این شرکت قابلیت انجام تست بر روی قطعات مختلف توربین بادی بصورت جداگانه و یکجا می باشد.



شکل ۳-۷: آزمایشگاه تست توربین بادی شرکت Renk test system

۷-۳-۷- آزمایشگاه تست توربین بادی مرکز تحقیقات انرژی های نو انگلستان (NAREC)

این مرکز تحقیقاتی یکی از مراکز مجهز تست منابع انرژی نو در جهان است که اولین مرکز تست توربین بادی خود به ظرفیت ۳ مگاوات را در سال ۲۰۱۱ بهره برداری نموده است که نمای آزمایشگاه آن در شکل ۴-۷ آورده شده است. مشخصات فنی تجهیزات و قابلیت‌های این آزمایشگاه در جدول ۲-۷ آورده است.

جدول ۲-۷: مشخصات و توانایی های مرکز آزمایش توربین بادی ۳ مگاواتی NAREC

Facility capability	
Continuous shaft input power	3MW
Max torque	5000kNm
Shaft Speed at max power	6 rpm
Speed range	0 – 30 rpm
Max side loading	15 000 kNm
Axial load continuous	3 000 kN
Heaviest lift	100T
Grid supply (loss make up)	0.9MW
Grid voltage	3.3kV
Supply	50Hz
Test bed	34m x 7m
DAQ	512 channels

Testing capability (Phase 1)
Overload torque
Side loading
<i>Dynamic fatigue</i>
<i>Extreme static</i>
Brake emulation
Unbalanced rotor
<i>Fouling</i>
<i>Pitch error</i>
Complete nacelle testing and proving
Condition monitoring evaluation
Control system validation
Immersion testing for cooling or seal validation

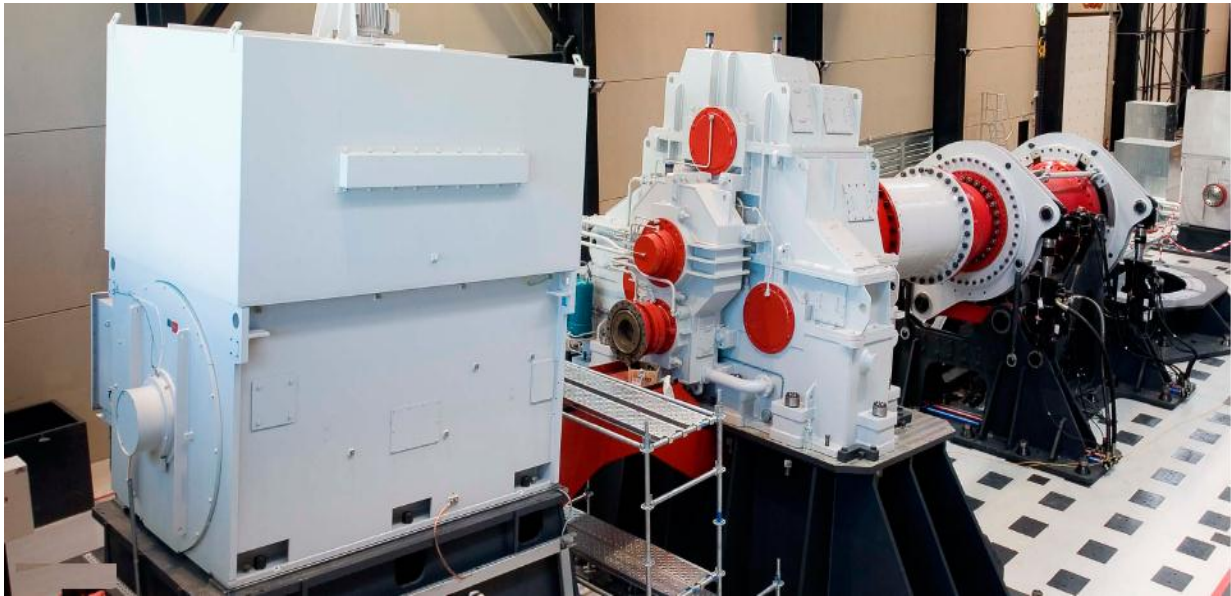
این مرکز در حال ساخت آزمایشگاه تست توربین بادی به ظرفیت ۱۵ مگاوات است.



شکل ۷-۴: آزمایشگاه توربین بادی NAREC.

۷-۳-۸- آزمایشگاه تست توربین بادی مرکز تحقیقات انرژی‌های نو اسپانیا (CENER) [4]

این مرکز مجهز به آزمایشگاه توربین‌های بادی تا ظرفیت ۸ مگاوات است که نحوه چیدمان میز آزمایشگاه در شکل ۷-۵ آورده شده است.



شکل ۵-۷: نمایی از آزمایشگاه تست توربین بادی ۸ مگاواتی CENER اسپانیا.

تجهیزات الکتریکی این آزمایشگاه توسط شرکت ABB تهیه شده است. ترانسفورمرهای قدرت ۸ مگاوات آمپر و ۱۰ مگاوات آمپر، موتورهای القائی ۶ و ۸ مگاواتی و یک درایو فرکانس متغیر ۳۶ مگاوات آمپر و چند عدد PLC برای کنترل فرآیند تست در این آزمایشگاه بکار گرفته شده است. مشخصات تجهیزات الکتریکی آزمایشگاه تست توربین بادی این مجموعه در جدول ۳-۷ خلاصه شده است.

جدول ۳-۷: مشخصات تجهیزات الکتریکی آزمایشگاه تست توربین بادی CENER اسپانیا

ACS 6000 key data	
Inverter type	Three-level Voltage Source Inverter (VSI)
Converter cooling	Water cooling
Power range	3 - 27 MW (water cooling)
Output voltage	3.0 - 3.3 kV (optional: 2.3 kV)
Maximum output frequency	75 Hz (higher on request)
Converter efficiency	Typically > 98.5% (incl. all auxiliaries)
Type of motor	Induction, synchronous and/or permanent magnet motor
Special feature	Available as single or multidrive

۷-۳-۹- آزمایشگاه تست توربین بادی شرکت YUANDA چین

این شرکت چینی یک از بزرگترین تولید کننده های توربین های بادی و ماشین های الکتریکی در کشور چین است که مجهز به آزمایشگاه توربین های بادی ۱/۵ مگاواتی است. نمایی از آزمایشگاه این شرکت در شکل ۷-۶ آورده شده است.



شکل ۷-۶: نمایی از آزمایشگاه تست توربین بادی شرکت YUANDA چین

۷-۴- انتخاب بازه توانی آزمایشگاه الکتروموتورهای توان بالا و تجهیزات مورد نیاز:

در حال حاضر موتورهای الکتریکی در صنایع مختلف با توان بیش از ۲ مگاوات فعال هستند؛ به عنوان مثال موتور با توان ۲,۵ مگاواتی در صنایع سیمان، موتورهای بیش از ۲ مگاوات در خطوط انتقال آب، با توان ۴ مگاوات در نیروگاه‌ها استفاده می‌شود. البته تعداد محدودی موتور الکتریکی با توان بیش از ۱۰ مگاوات نیز در برخی نیروگاه‌های بخار کشور فعال هستند. با توجه به این که با گذر زمان، امکان تولید موتورهای الکتریکی با توان بالاتر به دلیل ساده‌تر شدن فرایندها ساخت و تولید، بیشتر می‌شود و در نتیجه امکان استفاده از آنها فراهم می‌گردد، پیشنهاد می‌گردد ظرفیت نامی آزمایشگاه دینامومتری ۵ مگاوات انتخاب گردد. این انتخاب می‌تواند در یک افق ۱۰ ساله، تمامی نیازمندی‌های کشور را تحت پوشش قرار دهد.

تجهیزات اصلی مورد نیاز برای آزمایشگاه دینامومتری موتورهای توان بالا و توربین باد، عبارتند از:

۱- ژنراتور: برای آزمون شاخص‌های مصرف انرژی موتورهای الکتریکی، نیاز به یک ژنراتور با توان ۵ مگاوات می‌باشد. قابل توجه است که برای افزایش دقت در تمام بازه توانی آزمون موتورها (محدوده چند صد کیلووات تا چند مگاوات)، می‌توان به جای استفاده از یک ژنراتور با توان ۵ مگاوات، از دو ژنراتور کوپل شده به هم و با توان کمتر استفاده نمود.

۲- مبدل‌های الکترونیک قدرت: دو مجموعه الکترونیک قدرت، شامل مبدل‌های AC/DC و DC/AC، در این آزمایشگاه برای تغذیه موتور تحت آزمون و همچنین انتقال توان ژنراتور به شبکه نیاز می‌باشد.

۳- گیربکس: برای آزمایش تجهیزات سرعت پایین و همچنین استفاده از این آزمایشگاه برای آزمون تجهیزات توربین باد به گیربکس نیاز می‌باشد.

۴- ترانسفورمرها: ترانسفورمرها برای تغذیه تجهیزات با قدرت نامی مجموعه آنها، مورد نیاز می‌باشد.

۵- سنسورها: برای کنترل فرایند آزمون‌ها و ثبت نتایج نیاز به استفاده از سنسورهای مختلف، مانند سنسور سرعت، گشتاور، دمای قسمت‌های مختلف و ...، در آزمایشگاه می‌باشد.

۶- تجهیزات کنترل و مونیتورینگ: برای ثبت اطلاعات سنسورها و برنامه‌ریزی آزمون‌ها به سیستم کنترل و مونیتورینگ آزمایشگاه نیاز می‌باشد.

۷- شاسی: با توجه به وزن و ابعاد بزرگ تجهیزات مورد استفاده در آزمایشگاه و همچنین تجهیزاتی که مورد آزمون قرار می‌گیرند، نیاز به یک شاسی مناسب، با قابلیت تنظیم و تغییر جزئی ابعاد، می‌باشد.

۷-۵- هزینه‌های تاسیس آزمایشگاه

در جدول ۷-۴ پیش‌بینی هزینه‌های تاسیس آزمایشگاه برای توان ۵ مگاوات آورده شده است. همانطور که در این جدول آورده شده است، در حدود ۱۵ میلیارد ریال هزینه نیروی انسانی و ۲۵۰ میلیارد ریال هزینه برای خرید و یا ساخت تجهیزات آزمایشگاه مورد نیاز است. همچنین حداقل به ۵۱ ماه زمان برای آماده شدن آزمایشگاه نیاز می‌باشد.

جدول ۷-۴: هزینه و زمان مورد نیاز تاسیس آزمایشگاه برای توان ۵ مگاوات

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	نفر در ماه	هزینه (ریال)	
				نیروی انسانی	تجهیزات
۱	بررسی مستندات، طراحی مفهومی و طراحی تفصیلی آزمایشگاه	۱۵			
۲	تهیه زمین، سوله‌سازی، تاسیسات و ساخت شاسی	۲۴			
۳	خرید/ ساخت ترانسفرمر، ژنراتور و سایر موتورهای الکتریکی مورد نیاز	۲۴			
۴	خرید/ ساخت سیستم الکترونیک قدرت و کنترل	۲۴			

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	نفر در ماه	هزینه (ریال)	
				نیروی انسانی	تجهیزات
۵	خرید/ ساخت تجهیزات مکانیکی	۲۴			
۶	خرید سنسورها و تجهیزات کنترل	۲۴			
۷	مونتاژ و آزمایش	۱۲			
جمع					
مجموع هزینه ها (ریال)					

بر اساس نظر کمیته راهبردی پروژه، مقرر گردیده است که هزینه‌های اخذ لیسانس برای آزمایشگاه فوق نیز به بودجه پروژه اضافه گردد که این مساله به دلیل نیاز به استعلام و بررسی‌های بیشتر، در زمان تهیه طرح تفصیلی مد نظر قرار خواهد گرفت. همچنین در جدول ۷-۵ پیش‌بینی هزینه‌های تاسیس آزمایشگاه برای الکتروموتورهای در بازه توانی ۷۵ تا ۳۷۵ کیلووات آورده شده است. همانطور که در این جدول آورده شده است، در حدود ۵ میلیارد ریال هزینه نیروی انسانی و ۵۰ میلیارد ریال هزینه برای خرید و یا ساخت تجهیزات آزمایشگاه مورد نیاز است. همچنین حداقل به ۲۴ ماه زمان برای آماده شدن آزمایشگاه نیاز می‌باشد.

جدول ۷-۵: هزینه و زمان مورد نیاز آزمایشگاه الکتروموتورهای در بازه توانی ۷۵ تا ۳۷۵ کیلووات

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	نفر در ماه	هزینه (ریال)	
				نیروی انسانی	تجهیزات
۱	بررسی مستندات، طراحی مفهومی و طراحی تفصیلی آزمایشگاه	۶			
۲	تهیه زمین، سوله سازی، تاسیسات و ساخت شاسی	۱۲			
۳	خرید / ساخت ترانسفرمر، ژنراتور و سایر موتورهای الکتریکی مورد نیاز	۱۲			
۴	خرید/ساخت سیستم الکترونیک قدرت و کنترل	۱۲			
۵	خرید/ ساخت تجهیزات مکانیکی	۱۲			
۶	خرید سنسورها و تجهیزات کنترل	۱۲			

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	هزینه (ریال)	
			نفر در ماه	نیروی انسانی تجهیزات
۷	مونتاز و آزمایش	۶		
	جمع			
	مجموع هزینه ها (ریال)			

۷-۶- پیش‌بینی درآمدهای آزمایشگاه

برای محاسبه درآمد آزمایشگاه موتورهای توان بالا، فرض (بد بینانه‌ای) می‌شود که فقط آزمایش کوتاه مدت موتورهای الکتریکی و توربین‌های بادی که قرار است در داخل کشور ساخته و یا نصب شوند، به این آزمایشگاه ارجاع داده شود؛ همان‌طور که قبلاً نیز بیان گردید سالانه (بدون احتساب رشد) در حدود ۷۰ نمونه الکتروموتور توان بالا در کشور نیاز به نوسازی و یا جایگزینی دارند. فرض می‌شود که فقط یک چهارم این تعداد به این آزمایشگاه ارجاع داده شود (به عبارتی مابقی بدون آزمایش در صنایع نصب گردد که در این رابطه فرض بدبینانه‌ای است). همچنین فرض می‌شود پس از تاسیس آزمایشگاه، به طور متوسط سالانه ۱۰۰ مگاوات توربین بادی در کشور نصب گردد که با فرض توان نامی هر توربین ۲ مگاوات، تعداد کل توربین‌های بادی ۵۰ عدد در سال می‌گردد و این تعداد فقط جهت انجام آزمون‌های کوتاه مدت به آزمایشگاه ارجاع داده شود. با فرض اخذ هزینه به صورت متوسط ۳۰۰ میلیون ریال به ازای هر آزمون کوتاه مدت، درآمد آزمایشگاه بر اساس فرضیات فوق می‌شود:

$$\text{درآمد (ریال)} = 20,400,000,000 = (50 + 18) \times 300,000,000$$

۸- ساختار پیشنهادی برای مرکز ملی

توسعه فناوری ماشین‌های الکتریکی

۸-۱- مقدمه

بیانیه چشم انداز استخراج شده برای توسعه فناوری و صنعت موتورهای الکتریکی برای ۱۰ سال آینده، بر اساس مصاحبه با خبرگان این صنعت و راهنمایی‌های کمیته راهبردی پروژه "تدوین نقشه راه طراحی و ساخت فناوری انواع موتورهای الکتریکی مورد نیاز صنعت برق" عبارت است از:

"با اتکا به خداوند متعال و با مشارکت تمامی ذی‌نفعان در یک دوره ده ساله و با توجه به سیاست‌های کلان اقتصاد مقاومتی در جهت دستیابی به محیط زیست پاک و بهبود کیفیت زندگی مردم، حوزه صنعت و فناوری موتورهای الکتریکی جمهوری اسلامی ایران حوزه‌ای است:

- ۱- برخوردار از تلفات انرژی پایین تر به میزان ۱۰٪ ناشی از افزایش بازده،
- ۲- دارای جایگاه مناسب در میان کشورهای پیشرو در امر تحقیق و توسعه و جایگاه اول منطقه در عرصه طراحی، تولید و ارتقای فناوری با قابلیت رقابتی و رویکرد صادراتی در حوزه‌های مختلف کاربرد خانگی، صنعت و حمل و نقل
- ۳- مبتنی بر توانمندی داخلی با تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصان توانمند و خلاق و نیروی فنی ماهر
- ۴- دارای جایگاه نخست مصرف در محصولات تولید داخل
- ۵- برخوردار از فضای کسب و کار پایدار و پویا با حضور سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی

از آنجایی که تحقق بندهای چشم انداز سند توسعه فناوری موتورهای الکتریکی نیاز به پیگیری مستمر و متمرکز دارد، در این گزارش ساختار و شرح وظایف برای مرکز توسعه این فناوری پیشنهاد می‌گردد. برای تعیین ساختار مرکز ابتدا لازم است که وظایف این مرکز تشریح گردد که این کار در قسمت دوم این گزارش انجام می‌گیرد. سپس بر اساس این شرح وظایف، ساختار مناسب انجام صحیح آنها پیشنهاد گردد که این کار در قسمت سوم گزارش انجام شده است.

۸-۲- بررسی وظایف مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی

برای تدوین شرح وظایف مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی، بندهای بیانیه چشم انداز با جزئیات بیشتر بررسی می‌گردد و به کمک آنها وظایف مرکز استخراج خواهد شد.

۸-۲-۱- برخورداری از تلفات انرژی پایین تر

در بند اول بیانیه چشم انداز پیش‌بینی گردیده است که در ۱۰ سال آینده با توسعه کاربرد فناوری‌های جدید موتورهای الکتریکی، مصرف انرژی موتورهای الکتریکی ۱۰ درصد کمتر از فناوری‌های فعلی استفاده می‌گردد. برای رسیدن به این هدف، در سند نقشه راه چندین طرح مختلف شامل مواردی مانند جایگزینی الکتروموتورهای کولرهای آبی، کمپرسورهای یخچال‌ها و فریزرهای خانگی، الکتروموتورهای صنعتی و غیره تدوین گردیده است. این طرح‌ها دارای دو بخش اجرایی و تحقیق و توسعه

می‌باشند؛ هر چند وظیفه مرکز انجام بخش‌های انجام بخش‌های اجرایی طرح‌ها نیست و در این رابطه در سند نقشه راه مجری تعیین می‌گردد، ولی بررسی کیفیت اجرا، میزان صحیح تحقق طرح‌ها، بررسی وضعیت بازار، جمع‌آوری آمار و اطلاعات و تحلیل داده‌ها در این ارتباط، شناسایی و پیش‌بینی مشکلات احتمالی و پیشنهاد سیاست‌های لازم به مراجع ذیربط در رابطه با این طرح‌ها از جمله فعالیت‌هایی است که لازم است به صورت متمرکز انجام گیرد و می‌تواند در این مرکز انجام گردد.

از طرف دیگر در طرح‌های کلان، بخش‌های تحقیقاتی وجود دارد که مربوط به افق‌های میان مدت و بلند مدت اجرای طرح است؛ مانند این که در بحث جایگزینی الکتروموتورهای کولرهای آبی، موتورهای رلوکتانسی برای افق بلند مدت دیده شده است و بنابراین نیاز است که تا مدت زمان مشخصی دانش فنی الکتروموتورهای رلوکتانسی برای استفاده در کولرها تدوین گردیده و محصول آماده برای تولید صنعتی گردد و یا در صورت وجود مشکلاتی در این سیستم، فناوری جایگزین آن معرفی شود. در این حالت مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی می‌تواند تقسیم کار کسب دانش فنی و نهایی سازی آن را به عنوان یک مرجع مطمئن انجام دهد.

بنابراین در زمینه طرح‌های کلان اجرایی تعریف شده در سند نقشه راه، نظارت بر اجرا و تهیه بازخوردهای لازم برای مراجع مربوطه در بخش اجرای میدانی و پیگیری تدوین دانش فنی بخش تحقیقاتی طرح‌های کلان اجرایی از جمله وظایف مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی خواهد بود.

۸-۲-۲- دارای جایگاه مناسب در امر تحقیق و توسعه، با تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصان توانمند

برای رسیدن به جایگاه مناسب در بین کشورهای پیشرو در زمینه تحقیق و توسعه فناوری‌های موتورهای الکتریکی، همانطور که در گزارش "بررسی چالش‌های توسعه فناوری و صنعت موتورهای الکتریکی و سیاست‌های رفع آنها" پیشنهاد شده است که لازم است سیاست‌های زیر اجرا و یا پیگیری برای اجرا گردند.

۱- توسعه توانایی‌های بازیگران در حوزه توسعه دانش

۲- شکل‌گیری تعاملات فی مابین دانشگاه‌ها و موسسات پژوهشی و تولیدکنندگان موتورهای الکتریکی

۳- حمایت از اخذ لیسانس، ثبت اختراع و اخذ تأییدیه‌های بین المللی لازم برای محصولات با نام و نشان ایرانی

۴- ایجاد یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده پژوهشگران این حوزه

۵- توسعه سرمایه‌های انسانی کارآمد و زمینه‌سازی برای بکارگیری متخصصان و پژوهشگران

اجرا و یا پیگیری اجرای این سیاست‌ها، جزء وظایف مرکز توسعه فناوری ماشین‌های الکتریکی می‌گردد؛ به این ترتیب، نیاز است که این مرکز خدمات زیر را ارائه نماید:

- ۱- خدمات آموزشی مورد نیاز موسسات پژوهشی و مراکز تحقیق و توسعه شرکت‌های سازنده را از طریق چاپ نشریه، برگزاری کنفرانس و یا برگزاری دوره‌های آموزشی آرایه نماید.
- ۲- به شکل گیری ارتباط بین مراکز تحقیق و توسعه شرکت‌ها و موسسات پژوهشی کمک نماید.
- ۳- از ابداعات و اختراعات در حوزه فناوری ماشین‌های الکتریکی حمایت نماید.
- ۴- از شرکت‌های دانش بنیان و پژوهشی در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی حمایت نماید.
- ۵- از پایان نامه‌های پژوهشی تحصیلات تکمیلی در حوزه ماشین‌های الکتریکی مالی نموده و به آنها مطابق با نیاز صنعت کشور جهت دهی نماید و پیگیری‌های لازم را تا رسیدن به نتایج کاربردی ادامه دهد.
- ۶- بانک‌های اطلاعاتی و پایگاه داده برای پایان نامه‌ها، مقالات و اختراعات در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی ایجاد و در دسترس عموم محققان این حوزه قرار دهد.
- ۷- با ایجاد شبکه متخصصین حوزه فناوری موتورهای الکتریکی و شرکت‌های فعال در زمینه توسعه این فناوری، در جهت سوق دادن نیازهای پژوهشی صنایع کشور و یا نیازهای آتی کشور به این شرکت‌ها و یا متخصصین، در قالب پروژه‌های پژوهشی قابل انجام توسط این افراد اقدام نماید.
- ۸- آینده پژوهی فناوری انواع موتورهای الکتریکی و پیشنهاد سیاست‌های لازمه در راستای دستیابی به این فناوری‌ها

۸-۲-۳- جایگاه اول منطقه در عرصه طراحی، تولید با رویکرد صادراتی و جایگاه نخست مصرف در داخل

- برای رسیدن به جایگاه اول در عرصه طراحی و تولید موتورهای الکتریکی بین کشورهای منطقه، همانطور که در گزارش "بررسی چالش‌های توسعه فناوری و صنعت موتورهای الکتریکی و سیاست‌های رفع آنها" پیشنهاد شده است، لازم است که سیاست‌های زیر اجرا و یا پیگیری برای اجرا گردند.

- ۱- سازماندهی مشارکت تولیدکنندگانی که در صنعت موتورهای الکتریکی فعالیت دارند.
- ۲- تنظیم قوانین و دستورالعمل‌های مناسب جهت حمایت از تولیدکنندگان موتورهای الکتریکی
- ۳- ایجاد انجمن‌های کارآفرینی در ارتباط با حوزه‌ی فناوری موتورهای الکتریکی
- ۴- حمایت از برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه موتورهای الکتریکی و تحریک تولید کنندگان به شرکت فعال در آن
- ۵- مدیریت تقاضا و هدایت مصرف‌کنندگان داخلی موتورهای الکتریکی به سمت محصولات تولید داخل
- ۶- ایجاد آزمایشگاه‌های مرجع
- ۷- شکل‌گیری تعاملات بین نهادهای سیاست‌گذار در حوزه‌های فناوری موتورهای الکتریکی

۸- ایجاد انگیزش در کاربران (با برنامه‌های تشویقی یا اعمال استانداردهای اجباری در بخش‌های مختلف اقتصادی) برای استفاده از

موتورهایی با بازده بالاتر

۹- سازماندهی مشارکت بانک‌ها و صندوق‌ها برای حمایت از تولیدکنندگان صنعت موتورهای الکتریکی

اجرا و یا پیگیری اجرا و تهیه بازخوردهای لازم از نحوه و یا کیفیت اجرای این سیاست‌ها برای مراجع ذی ربط، جزء وظایف مرکز توسعه فناوری ماشین‌های الکتریکی می‌گردد؛ به این ترتیب، نیاز است که این مرکز:

۱- بازار داخلی و خارجی موتورهای الکتریکی را با استفاده از روش‌های مختلف رصد نماید و آمار و تحلیل‌های لازم را در این زمینه ارائه نماید و برنامه‌ها و سیاست‌های لازمه جهت افزایش سهم بازار محصولات تولیدی در کشور را به مراجع ذی‌ربط پیشنهاد نماید.

۲- پیگیری برای تاسیس و ارتباط موثر با انجمن صنفی تولیدکنندگان موتورهای الکتریکی، برگزاری نمایشگاه‌های سالانه موتورهای الکتریکی، برنامه ریزی و پیگیری تسهیلات برای شرکت در نمایشگاه‌های بین‌المللی موتورهای الکتریکی

۳- تدوین و پیشنهاد استانداردهای مصرف انرژی موتورهای الکتریکی و یا تجهیزاتی که موتورهای الکتریکی عنصر مهمی در ساختار آنها می‌باشد (مانند برخی از وسایل خانگی، الکتروپمپ‌ها و ...).

۴- ایجاد صندوق کار آفرینی و حمایت از فناوری‌های نوین و پربازده موتورهای الکتریکی برای وارد شدن به بازار مصرف

۵- پیگیری برای مشارکت بیشتر بانک‌ها و سایر موسسات مالی برای حمایت از تولیدکنندگان موتورهای الکتریکی جهت گسترش کاربرد فناوری‌های با بازدهی بالاتر، تولید انواع موتورهای الکتریکی مورد نیاز کشور و گسترش بازار محصولات تولید شده در کشور

۶- اطلاع رسانی و آگاهی بخشی به کاربران مختلف موتورهای الکتریکی برای استفاده بیشتر از محصولات داخلی موتورهای الکتریکی

۷- پیگیری برای ایجاد آزمایشگاه‌های مرجع مورد نیاز کشور در رده‌های مختلف توانی و کاربردها اولویت دار

۸-۲-۴- برخورداری از فضای کسب و کار پایدار و پویا با حضور سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی

برای برخورداری از فضای کسب و کار پایدار در زمینه موتورهای الکتریکی علاوه بر توجه به بازار داخلی مصرف، لازم است که به بازارهای خارجی (با اولویت کشورهای همسایه) توجه جدی شود. برای این کار علاوه بر وظایف که قبلاً مطرح شد، نیاز

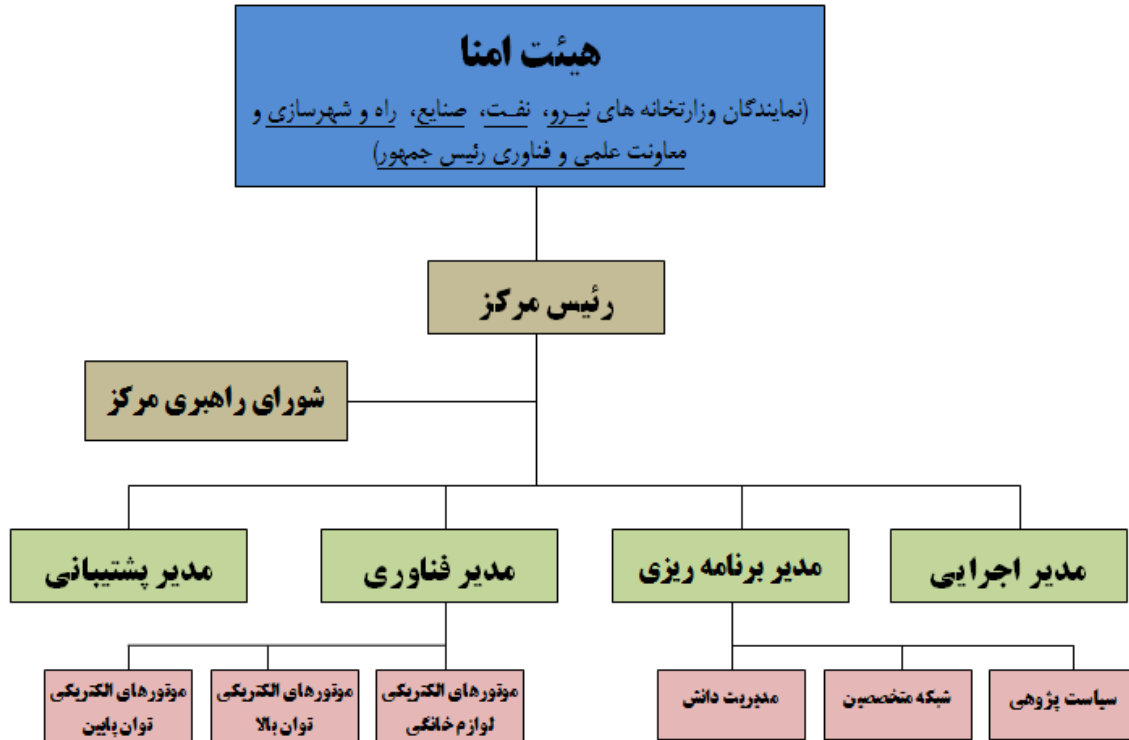
است که به همکاری‌های علمی با موسسات پژوهشی و مراکز تحقیق و توسعه معتبر در دنیا پرداخته شود و برنامه‌ریزی برای صادرات دانش و فناوری در این حوزه صورت گیرد.

۸-۳- ساختار مرکز ملی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی

وظایف تعریف شده در این گزارش برای مرکز ملی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی، در دو دسته کلی مطابق جدول ۸-۱ تقسیم بندی می‌گردد.

جدول ۸-۱: تقسیم‌بندی وظایف مرکز ملی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی

ردیف	حوزه توسعه دانش و فناوری	حوزه بازار و برنامه‌ها و سیاست‌های اجرایی
۱	برنامه‌ریزی برای تدوین دانش فنی طرح‌های اجرایی	رصد بازار و آرایه آمار و تحلیل‌ها، پیشنهاد سیاست‌ها و برنامه‌ها
۲	آموزش، چاپ مجلات و برگزاری کنفرانس	رصد طرح‌های کلان اجرایی نقشه راه
۳	برقراری ارتباط بین مراکز تحقیق و توسعه و موسسات پژوهشی	برگزاری نمایشگاه‌های سالانه، برنامه ریزی برای شرکت در نمایشگاه‌های بین المللی موتورهای الکتریکی
۴	حمایت از ابداعات و اختراعات	تدوین و پیشنهاد استانداردهای مصرف انرژی
۵	حمایت از تشکیل و توسعه توانایی‌های شرکت‌های دانش بنیان	پیگیری برای ایجاد صندوق کار آفرینی و حمایت از فناوری‌های نوین
۶	جهت دهی و حمایت از پایان نامه‌های تحصیلات تکمیلی	پیگیری برای مشارکت بیشتر موسسات مالی برای حمایت از توسعه صنعت موتورهای الکتریکی
۷	ایجاد بانک اطلاعاتی از پژوهش‌های حوزه موتورهای الکتریکی	اطلاع رسانی و آگاهی بخشی به کاربران مختلف موتورهای الکتریکی برای استفاده بیشتر از محصولات داخلی
۸	ایجاد شبکه متخصصین و موسسات فعال در حوزه توسعه دانش	پیگیری برای ایجاد آزمایشگاه‌های مرجع
۹	آینده پژوهی و سیاست پژوهی در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی	
۱۰	ایجاد ارتباط بین مراکز پژوهشی داخل کشور و موسسات پژوهشی معتبر جهانی	



شکل ۸-۱: چارت سازمانی پیشنهادی برای مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی

چارت سازمانی نشان داده شده در شکل ۸-۱ برای انجام وظایف پیش‌بینی شده در این گزارش، برای مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشنهاد شده است. عناوین پیشنهادی واحدهای مختلف مرکز و وظایف هر واحد در این چارت نشان داده شده است. وظایف بخش‌های مختلف عبارتند از:

الف) حوزه فن آوری

- ۱- رصد و آینده نگاری فن آوری
- ۲- ایجاد فن آوری موتورهای القائی کوچک، متوسط و بزرگ پربازده
- ۳- ایجاد فن آوری موتورهای مغناطیس دائم کوچک، متوسط و بزرگ
- ۴- ایجاد فن آوری موتورهای رلوکتانسی کوچک، متوسط و بزرگ
- ۵- ایجاد فن آوری نسل مدرن موتورهای الکتریکی نظیر ابرسانا، پرسرعت و ...
- ۶- ایجاد فن آوری درایوهای صنعتی مورد استفاده در موتورهای کوچک، متوسط و بزرگ
- ۷- راه اندازی آزمایشگاه‌های مرجع و تحقیقاتی
- ۸- حمایت از ابداعات و اختراعات

ب) حوزه برنامه ریزی

- ۱- آمارگیری از موتورهای الکتریکی مورد استفاده و موردنیاز صنایع (ارزیابی سمت عرضه و تقاضا)

- ۲- سیاست پژوهی در حوزه موتورهای الکتریکی
- ۳- امکان سنجی و پیشنهاد طرح های اجرایی با هدف کاهش مصرف انرژی الکتریکی موتورهای بخش های مختلف
- ۴- راه اندازی شبکه متخصصین حوزه موتورهای الکتریکی
- ۵- مدیریت دانش در حوزه موتورهای الکتریکی
- ۶- تدوین استانداردهای مصرف انرژی در حوزه موتورهای الکتریکی
- ۷- چاپ مجلات تخصصی و برگزاری کنفرانس ها و نمایشگاه های تخصصی

ج) حوزه اجرایی

- ۱- رصد طرح های کلان اجرایی نقشه راه
- ۲- ایجاد صندوق کار آفرینی و حمایت از فناوری های نوین
- ۳- پیگیری برای مشارکت بیشتر موسسات مالی برای حمایت از توسعه صنعت موتورهای الکتریکی

۹- اهداف خرد فناورانه

۹-۱- مقدمه

با توجه به این که طرح‌ها و پروژه‌های اجرایی جهت نیل به اهداف سند نقشه راه در فصل‌های اول تا هفتم به تفصیل توضیح داده شده است، اکنون زمینه برای تعیین دقیق‌تر اهداف خرد فناورانه در اجرای سند نقشه راه فراهم گردیده است. همچنین با توجه به تقسیم‌بندی افق سند نقشه راه به سه افق زمانی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت و تعیین نوع فناوری و انتظارات تجاری در هر یک از کاربردهای موتورهای الکتریکی در این افق‌های زمانی؛ اهداف خرد فناورانه در دو بخش تحقیق و توسعه و بخش تجاری سازی و تولید در هر یک از این سه زمان مطابق زیر، تعیین گردیده است.

۹-۲- اهداف کوتاه مدت

۹-۲-۱- بخش تحقیق و توسعه

- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای سه فاز القایی پربازده منطبق با استاندارد IE2
- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت درایوهای (ASD) با توان پایین و متوسط
- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت الکترومپ‌های شناور با موتورهای القایی با بازده بهبود یافته
- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت کمپرسور با موتور الکتریکی آهنربایی دائم BLDC
- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای القایی کشنده کوچک، متوسط و بزرگ

۹-۲-۲- بخش تجاری سازی و تولید

- ❖ تولید و جایگزینی موتورهای الکتریکی القایی تک فاز دو خازنه (با ساختار بهینه) به میزان ۴/۵ میلیون قطعه
- ❖ تولید کمپرسور یخچال / فریزر خانگی با موتور آهنربای دائم (BLDC) به میزان دو میلیون قطعه
- ❖ استفاده از درایو (ASD) موتورهای توان پایین و متوسط به میزان حداقل ۱۶۰ مگاوات

۹-۳- اهداف میان مدت

۹-۳-۱- بخش تحقیق و توسعه

- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی القایی سه فاز و آهنربایی دائم با توان پایین (کاربرد کولر)

- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی سه فاز القایی منطبق با استاندارد IE3
- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت درایوهای توان بالا
- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت الکترومپ‌های شناور با موتور آهنربای دائم
- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت کمپرسور خطی
- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی آهنربای دائم با توان بالا
- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی کشنده آهنربایی کوچک، متوسط و بزرگ

۹-۳-۲- بخش تجاری سازی و تولید

- ❖ تولید و استفاده از موتورهای سه فاز القایی پر بازده با استاندارد IE2 به میزان ۷۰۰ مگاوات
- ❖ تولید و جایگزینی موتورهای الکتریکی القایی سه فاز/آهنربای دائم کولر آبی به میزان ۴/۵ میلیون قطعه
- ❖ تولید کمپرسور یخچال / فریزر خانگی با موتور آهنربای دائم (BLDC) به میزان سه میلیون قطعه
- ❖ استفاده از درایو (ASD) موتورهای توان پایین، متوسط و بالا به میزان حداقل ۳۸۰ مگاوات
- ❖ تولید و جایگزینی الکترومپ شناور با موتور القایی سه فاز با بازده بهبود یافته به تعداد ۲۷،۰۰۰ دستگاه
- ❖ تولید ۱۰،۰۰۰ دستگاه موتور الکتریکی کشنده سایز کوچک و متوسط القایی (کاربردهای اتوبوس و خودروی سواری)

۹-۴- اهداف بلندمدت

۹-۴-۱- بخش تحقیق و توسعه

- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی رلوکتانسی با توان پایین (کاربرد کولر)
- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی القایی با توان بالا منطبق با استاندارد IE4
- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت الکترومپ‌های شناور با موتور رلوکتانسی
- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت کمپرسور با موتور الکتریکی رلوکتانسی
- ❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی ابررسانا با توان بالا

❖ دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی کشنده سوئیچ رلوکتانسی کوچک، متوسط و بزرگ

۹-۴-۲- بخش تجاری سازی و تولید

❖ تولید و استفاده از موتورهای سه فاز القایی پر بازده با استاندارد IE2 به میزان ۱۳۰۰ مگاوات

❖ تولید و استفاده از موتورهای سه فاز القایی پر بازده با استاندارد IE3 به میزان ۷۵۰ مگاوات

❖ تولید و جایگزینی موتورهای الکتریکی رلوکتانسی کولر آبی به میزان ۴/۵ میلیون قطعه

❖ تولید کمپرسور یخچال / فریزر خانگی خطی به میزان سه میلیون قطعه

❖ استفاده از درایو (ASD) موتورهای توان پایین، متوسط و بالا به میزان حداقل ۶۲۰ مگاوات

❖ تولید و جایگزینی الکتروپمپ شناور با موتور آهنربایی به تعداد ۲۷،۰۰۰ دستگاه

❖ تولید ۳۵۰،۰۰۰ دستگاه موتور الکتریکی کشنده سایز کوچک و متوسط القایی (کاربردهای اتوبوس و خودروی سواری)

و ۴۰۰۰ دستگاه موتور الکتریکی کشنده سایز بزرگ (قطار و مترو)

❖ تولید ۱۸۰،۰۰۰ دستگاه موتور الکتریکی آهنربای دائم کشنده سایز کوچک و متوسط (کاربردهای اتوبوس و خودروی سواری)

و ۱۰۰۰ دستگاه موتور الکتریکی آهنربای دائم کشنده سایز بزرگ (قطار و مترو)

در شکل زیر نقشه راه توسعه فناوری موتورهای الکتریکی در کوتاه، میان و بلند مدت نشان داده شده است.

بخش تجاری سازی و تولید

تولید و جایگزینی موتورهای الکتریکی القایی تک فاز دو خازنه (با ساختار بهینه) به میزان ۴/۵ میلیون قطعه

تولید کمپرسور یخچال / فریزر خانگی با موتور آهنربای دایم (BLDC) به میزان دو میلیون قطعه

استفاده از درایو (ASD) موتورهای توان پایین و متوسط به میزان حداقل ۱۶۰ مگاوات

تولید و استفاده از موتورهای سه فاز القایی پر بازده با استاندارد IE2 به میزان ۷۰۰ مگاوات

تولید و جایگزینی الکتروپمپ شناور با موتور القایی سه فاز با بازده بهبود یافته به تعداد ۲۷,۰۰۰ دستگاه

تولید ۱۰,۰۰۰ دستگاه موتور الکتریکی کشنده سایز کوچک و متوسط القایی (کاربردهای اتوبوس و خودروی سواری)

تولید کمپرسور یخچال / فریزر خانگی با موتور آهنربای دایم (BLDC) به میزان سه میلیون قطعه

استفاده از درایو (ASD) موتورهای توان پایین، متوسط و بالا به میزان حداقل ۳۸۰ مگاوات

تولید و جایگزینی موتورهای الکتریکی القایی سه فاز/آهنربای دایم کولر آبی به میزان ۴/۵ میلیون قطعه

تولید و استفاده از موتورهای سه فاز القایی پر بازده با استاندارد IE2 به میزان ۱۳۰۰ مگاوات

تولید و استفاده از موتورهای سه فاز القایی پر بازده با استاندارد IE3 به میزان ۷۵۰ مگاوات

تولید و جایگزینی موتورهای الکتریکی رلوکتانسی کولر آبی به میزان ۴/۵ میلیون قطعه

تولید کمپرسور یخچال / فریزر خانگی خطی به میزان سه میلیون قطعه

استفاده از درایو (ASD) موتورهای توان پایین، متوسط و بالا به میزان حداقل ۶۲۰ مگاوات

تولید و جایگزینی الکتروپمپ شناور با موتور آهنربایی به تعداد ۲۷,۰۰۰ دستگاه

تولید ۳۵۰,۰۰۰ دستگاه موتور الکتریکی کشنده سایز کوچک و متوسط القایی (کاربردهای اتوبوس و خودروی سواری) و ۴۰۰۰ دستگاه موتور الکتریکی کشنده سایز بزرگ (قطار و مترو)

تولید ۱۸۰,۰۰۰ دستگاه موتور الکتریکی آهنربای دائم کشنده سایز کوچک و متوسط (کاربردهای اتوبوس و خودروی سواری) و ۱۰۰۰ دستگاه موتور الکتریکی آهنربای دایم کشنده سایز بزرگ (قطار و مترو)

بخش تحقیق و توسعه و نمایش عملکرد

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای سه فاز القایی پر بازده منطبق با استاندارد IE2

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت الکتروپمپهای شناور با موتورهای القایی با بازده بهبود یافته

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای القایی کشنده کوچک، متوسط و بزرگ

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت کمپرسور با موتور الکتریکی آهنربایی دائم BLDC

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت درایوهای (ASD) با توان پایین و متوسط

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی القایی سه فاز و آهنربایی دائم با توان پایین (کاربرد کولر)

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی سه فاز القایی منطبق با استاندارد IE3

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت درایوهای توان بالا

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت کمپرسور خطی

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی آهنربای دائم با توان بالا

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی کشنده آهنربایی کوچک، متوسط و بزرگ

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی رلوکتانسی با توان پایین (کاربرد کولر)

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی القایی با توان بالا منطبق با استاندارد IE4

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت الکتروپمپهای شناور با موتور رلوکتانسی

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت کمپرسور با موتور الکتریکی رلوکتانسی

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی ابررسانا با توان بالا

دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی کشنده سوئیچ رلوکتانسی کوچک، متوسط و بزرگ

کوتاه مدت

۱۳۹۴

میان مدت

بلند مدت

۱۴۰۳

۹-۵- پیشنهاد نحوه اکتساب فناوری ها و بازیگران

ردیف	نام طرح	افق اجرای طرح	نوع فناوری	روش کسب دانش فنی	مسئول کسب دانش	مسئول خط تولید	مسئول اجرای طرح	ناظر	مدت زمان (سال)	هزینه دانش فنی (میلیارد ریال)	هزینه خط تولید (میلیارد ریال)
۱	جایگزینی موتور کولر ابی	کوتاه مدت	بهینه سازی القایی تک فاز دو خازنه	تحقیق و پژوهش	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	شرکت موتوژن	سازمان بهره‌وری انرژی	پژوهشگاه نیرو	۲		
		میان مدت	موتور القایی سه‌فاز	تحقیق و پژوهش	دانشگاه علم و صنعت	شرکت الکتروژن	سازمان بهره‌وری انرژی	پژوهشگاه نیرو	۵		
			موتور آهنربای دایم	انتقال دانش	دانشگاه تهران	شرکت الکتروژن	سازمان بهره‌وری انرژی	پژوهشگاه نیرو	۵		
		بلند مدت	موتور رلوکتانسی	تحقیق و پژوهش	دانشگاه صنعتی اصفهان	شرکت الکتروژن	سازمان بهره‌وری انرژی	پژوهشگاه نیرو	۸		
۲	الکتروموتورها ی صنعتی توان متوسط	کوتاه مدت	مطابق استاندارد IE2	انتقال دانش	پژوهشگاه نیرو	شرکت جمکو	سازمان بهره‌وری انرژی	سازمان ملی استاندارد	۳		
		میان مدت	مطابق استاندارد IE3	انتقال دانش	پژوهشگاه نیرو	شرکت جمکو	سازمان بهره‌وری انرژی	سازمان ملی استاندارد	۶		
		بلند مدت	مطابق استاندارد IE4	تحقیق و پژوهش	دانشگاه	شرکت جمکو	سازمان بهره‌وری انرژی	پژوهشگاه نیرو	۱۰		
۳	درایورهای الکتروموتورهای صنعتی	کوتاه مدت	درایورهای توان پایین و متوسط	انتقال دانش	جهاد دانشگاهی	شرکت برنا	سازمان بهره‌وری انرژی	پژوهشگاه نیرو	۳		
		میان مدت	درایورهای توان بالا	تحقیق و پژوهش	دانشگاه	شرکت مپنا	سازمان بهره‌وری انرژی	پژوهشگاه نیرو	۶		

ردیف	نام طرح	افق اجرای طرح	نوع فناوری	روش کسب دانش فنی	مسئول کسب دانش	مسئول خط تولید	مسئول اجرای طرح	ناظر	مدت زمان (سال)	هزینه دانش فنی (میلیارد ریال)	هزینه خط تولید (میلیارد ریال)
۴	الکتروموتورهای چاه‌های آب کشاورزی	کوتاه مدت	موتور القایی با بازده انرژی بهبود یافته	تحقیق و پژوهش	دانشگاه	شرکت پمپیران	سازمان بهره‌وری انرژی	پژوهشگاه نیرو	۳		
		میان مدت	موتور آهنربای دایم	تحقیق و پژوهش	دانشگاه	شرکت پمپیران	سازمان بهره‌وری انرژی	پژوهشگاه نیرو	۶		
۵	کمپرسورهای یخچال/فریزر خانگی	کوتاه مدت	با موتور آهنربای دایم BLDC	انتقال دانش	دانشگاه	شرکت موتوژن	سازمان بهره‌وری انرژی	پژوهشگاه نیرو	۳		
		میان مدت	کمپرسور خطی	تحقیق و پژوهش	دانشگاه	شرکت الکتروژن	سازمان بهره‌وری انرژی	پژوهشگاه نیرو	۶		
		بلند مدت	با موتور رلوکتانسی	تحقیق و پژوهش	دانشگاه	شرکت الکتروژن	سازمان بهره‌وری انرژی	پژوهشگاه نیرو	۱۰		
۶	الکتروموتورهای صنعتی توان بالا	میان مدت	آهنربای دایم	تحقیق و پژوهش	دانشگاه	توربوژنراتور	پژوهشگاه نیرو	وزارت صنعت	۶		
		بلند مدت	ابر رسانا	تحقیق و پژوهش	دانشگاه	توربوژنراتور	پژوهشگاه نیرو	وزارت راه	۱۰		
۷	الکتروموتورهای کسند	کوتاه مدت	موتورهای القایی	تحقیق و پژوهش	دانشگاه	شرکت موتوژن	پژوهشگاه نیرو	سازمان توسعه صنعت خودرو	۴		
						شرکت رشد صنعت نیرو	پژوهشگاه نیرو	سازمان توسعه صنعت خودرو	۵		
						شرکت مینا ژنراتور	پژوهشگاه نیرو	مرکز تحقیقات راه آهن	۵		
		میان مدت	موتورهای	تحقیق و پژوهش	دانشگاه	شرکت موتوژن	پژوهشگاه نیرو	سازمان توسعه صنعت خودرو	۴		

ردیف	نام طرح	افق اجرای طرح	نوع فناوری	روشن کسب دانش فنی	مسئول کسب دانش	مسئول خط تولید	مسئول اجرای طرح	ناظر	مدت زمان (سال)	هزینه دانش فنی (میلیارد ریال)	هزینه خط تولید (میلیارد ریال)
			آهنربایی			شرکت رشد صنعت نیرو	پژوهشگاه نیرو	سازمان توسعه صنعت خودرو	۵		
						شرکت توربوژنراتور	پژوهشگاه نیرو	مرکز تحقیقات راه آهن	۵		
						شرکت الکتروژن	پژوهشگاه نیرو	سازمان توسعه صنعت خودرو	۱۰		
		بلند مدت	موتورهای رلوکتانسی	تحقیق و پژوهش	دانشگاه	شرکت رشد صنعت نیرو	پژوهشگاه نیرو	سازمان توسعه صنعت خودرو	۱۰		
						شرکت توربوژنراتور	پژوهشگاه نیرو	مرکز تحقیقات راه آهن	۱۰		

۱۰- شناسنامه اقدامات مدیریتی توسعه

فناوری موتورهای الکتریکی

۱-۱۰ - شناسنامه اقدامات

۱) عنوان اقدام: تعریف پروژه‌های ملی مورد حمایت دولت در راستای نیازمندی‌های کشور

تشریح فعالیت‌ها:

با توجه به فناوری‌های اولویت‌دار موتورهای الکتریکی کی پروژه‌هایی در راستای نیازمندی‌های کشور تعریف شده است که عناوین این پروژه‌ها عبارتند از:

❖ طرح کلان جایگزینی موتورهای الکتریکی کولرهای آبی

❖ طرح کلان کاهش دیماندر و مصرف انرژی موتورهای الکتریکی بخش صنعت

❖ طرح کلان جایگزینی موتورهای الکتریکی چاه‌های آب کشاورزی

❖ طرح کلان جایگزینی کمپرسورهای یخچال/فریز خانگی

❖ طرح کلان کسب دانش فنی طراحی و ساخت موتورهای الکتریکی توان بالا

❖ طرح کلان کسب دانش فنی و تولید انواع موتورهای الکتریکی کشنده

این پروژه‌ها (اقدامات فنی) در گزارش در فصول اول تا ششم همین گزارش به تفصیل معرفی شده است و برای هر یک علاوه بر شناسنامه اقدام، مجری هزینه و زمان مورد نیاز مشخص شده است و لذا در این بخش بدان پرداخته نشده است.

۲) عنوان اقدام: ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران در حوزه توسعه دانش براساس

نیازمندی‌های موجود (بسترهای دانشی فناوری، کارگاه‌های آموزشی)

تشریح فعالیت‌ها:

حمایت از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری مرتبط با فناوری موتورهای الکتریکی به سه صورت امکان پذیر است:

الف) حمایت‌های مالی: این حمایت به عنوان اصلی‌ترین فعالیت به شمار می‌رود. این حمایت در سه حوزه صورت می‌گیرد:

• حمایت مالی از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد به صورت کمک نقدی به دانشجو که البته در دو نوع مطالعاتی و

کاربردی صورت می‌گیرد و میزان کمک به پایان‌نامه‌های کاربردی بیش از مطالعاتی می‌باشد.

• حمایت مالی از پایان‌نامه‌های دکتری به صورت کمک نقدی به دانشجو

- حمایت تشویقی از صنعتی شدن دستاوردهای پایان نامه‌ها بطوریکه در مواردی که پایان نامه کاملاً در راستای نیازهای صنعت بوده و در این بخش قابل اجرا باشد فرد، مبلغی را به عنوان تشویقی دریافت کند.
- (ب) پشتیبانی‌های فیزیکی: این نوع حمایت شامل دو عنوان اصلی می‌شود:
- حق استفاده از آزمایشگاه‌ها: در این مورد به دانشجویانی که پایان‌نامه‌هایی مرتبط با موضوعات مطرح شده در حوزه موتورهای الکتریکی تعریف کرده‌اند، حق استفاده به صورت رایگان ولی در تعداد محدودی آزمایش در هر سال از آزمایشگاه‌های موتورهای الکتریکی داده می‌شود.
- حق استفاده از کتابخانه‌های خارج از دانشگاه‌ها: در این مورد حق استفاده رایگان از کتابخانه‌های مرتبط با این موضوع به دانشجویان داده می‌شود.
- (ج) حمایت‌های مشاوره‌ای: این نوع حمایت به منظور رفع موانع علمی دانشجویان و کمک به ایشان در انجام پایان نامه می‌باشد که از آن به عنوان اطلاع رسانی علمی و مشاوره علمی به دانشجویان یاد شده است.

۳) عنوان اقدام: تاسیس مرکز ملی متولی توسعه فناوری ماشین‌های الکتریکی

تشریح فعالیت‌ها:

از آنجایی که تحقق بندهای سند توسعه فناوری موتورهای الکتریکی نیاز به پیگیری مستمر و متمرکز دارد، لذا نیاز به ایجاد مرکزی جهت پیگیری اهداف آن می‌باشد. وظایف تعریف شده در این گزارش برای مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی در دو دسته کلی، مطابق جدول زیر، تقسیم‌بندی می‌گردد.

جدول ۱۰-۱: تقسیم‌بندی وظایف مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی

ردیف	حوزه توسعه دانش و فناوری	حوزه بازار و برنامه‌ها و سیاست‌های اجرایی
۱	برنامه‌ریزی برای تدوین دانش فنی طرح‌های اجرایی	رصد بازار و آرایه آمار و تحلیل‌ها، پیشنهاد سیاست‌ها و برنامه‌ها
۲	آموزش، چاپ مجلات و برگزاری کنفرانس	رصد طرح‌های کلان اجرایی نقشه راه
۳	برقراری ارتباط بین مراکز تحقیق و توسعه و موسسات پژوهشی	برگزاری نمایشگاه‌های سالانه، برنامه ریزی برای شرکت در نمایشگاه‌های بین‌المللی موتورهای الکتریکی
۴	حمایت از ابداعات و اختراعات	تدوین و پیشنهاد استانداردهای مصرف انرژی

ردیف	حوزه توسعه دانش و فناوری	حوزه بازار و برنامه‌ها و سیاست‌های اجرایی
۵	حمایت از تشکیل و توسعه توانایی‌های شرکت‌های دانش بنیان	ایجاد صندوق کار آفرینی و حمایت از فناوری‌های نوین
۶	جهت دهی و حمایت از پایان نامه‌های تحصیلات تکمیلی	پیگیری برای مشارکت بیشتر موسسات مالی برای حمایت از توسعه صنعت موتورهای الکتریکی
۷	ایجاد بانک اطلاعاتی از پژوهش‌های حوزه موتورهای الکتریکی	اطلاع رسانی و آگاهی بخشی به کاربران مختلف موتورهای الکتریکی برای استفاده بیشتر از محصولات داخلی
۸	ایجاد شبکه متخصصین و موسسات فعال در حوزه توسعه دانش	پیگیری برای ایجاد آزمایشگاه‌های مرجع
۹	آینده پژوهی و سیاست پژوهی در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی	
۱۰	ایجاد ارتباط بین مراکز پژوهشی داخل کشور و موسسات پژوهشی معتبر جهانی	

در فصل هشتم همین گزارش به تفصیل درباره این مرکز بحث شده است.

۴) عنوان اقدام: تاسیس آزمایشگاه‌های تخصصی و مرجع

تشریح فعالیت‌ها:

بر اساس آمار منتشره توسط توانیر در سال ۱۳۹۲ میزان مصرف انرژی موتورهای الکتریکی در بخش صنعت کشور ۴۵،۹۱۸ میلیون کیلووات ساعت (با فرض این که ۶۵ درصد انرژی را موتورهای الکتریکی مصرف می‌کنند) است. با محاسبات انجام شده در گزارش‌های قبلی، ۲۱ درصد این مقدار انرژی الکتریکی توسط موتورهای الکتریکی بزرگ (با توان نامی بیش از ۷۵۰ کیلووات) مصرف می‌شود؛ بنابراین مصرف سالانه انرژی موتورهای الکتریکی بزرگ در این سال برابر ۹،۶۰۰ میلیون کیلووات ساعت بوده است. این مقدار مصرف انرژی نشان می‌دهد که در کشور بیش از ۱،۰۰۰ عدد موتور الکتریکی بزرگ در حال کار می‌باشد. اگر آمار نیاز به تعمیرات و موتورهای جدید ۷ درصد تعداد کل موتورهای بزرگ نصب شده فرض شود (تعداد ۷۰ دستگاه الکتروموتور بزرگ)، مصرف انرژی این تعداد برابر ۶۷۵ میلیون کیلووات ساعت می‌شود؛ در این صورت در صورتی که

موتورهای تعمیری و یا خریداری شده یک درصد کاهش بازده (به دلایلی مانند کیفیت بد ساخت، استفاده از مواد اولیه نامرغوب، نبودن دانش فنی کافی و غیره) رخ دهد، حداقل ۶,۷۵ میلیون کیلووات ساعت انرژی بیشتری مصرف می‌شود که برابر ده میلیارد ریال (با فرض قیمت ۱۵۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت) هزینه بیشتر برای کشور، برای تولید این مقدار انرژی الکتریکی است. مقدار هزینه واقعی با احتساب قیمت واقعی سوخت، در حدود سه برابر این مقدار است. اگر عمر مفید این تجهیزات ۱۵ سال فرض شود، میزان اضافه هزینه‌های این ۷۰ دستگاه الکتروموتور برای صنعت برق کشور، ۱۵ برابر (به نرخ امسال) افزایش می‌یابد و هر سال نیز همین مقدار به آن اضافه می‌شود که به صورت تجمعی، بالغ بر ۱,۲۱۵ میلیارد ریال (با فرض قیمت ۱۵۰۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت) به نرخ امسال می‌شود. البته در این محاسبات هزینه‌های مربوط به تغییرات ضریب توان، آلاینده‌گی محیط زیست و عدم انطباق بار و موتور الکتریکی لحاظ نشده است.

از طرف دیگر با توجه به وجود برنامه مصوب در خصوص ۱۰,۰۰۰ مگاوات انرژی تجدیدپذیر و سهم عمده انرژی بادی از این میزان در کشور، برنامه‌ریزی‌های زیادی برای توسعه نیروگاه‌های بادی در کشور (در حدود ۴,۵۰۰ مگاوات) در سال‌های آینده انجام شده است. این مطلب به این معنی است که در سال‌های آینده حجم بالایی از ژنراتورهای الکتریکی با توان چند مگاوات جهت استفاده در توربین‌های بادی به کشور وارد و یا در داخل کشور تولید خواهد شد که این تجهیزات قبل از نصب، نیاز به آزمون و تایید شاخص‌های عملکردی دارند؛ به عبارت دیگر وجود مرکزی برای آزمایش این تجهیزات در کشور - برای جلوگیری از تلفات انرژی و افزایش بهره‌وری - ضروری می‌باشد. همچنین این مرکز امکان آزمایش و تعیین مشخصات فنی سایر تجهیزات دوار مورد نیاز بخش صنعت، مانند توربین‌ها، تجهیزات مورد استفاده در کشتی‌ها و ... را دارا می‌باشد.

در حال حاضر موتورهای الکتریکی در صنایع مختلف با توان بیش از ۲ مگاوات فعال هستند؛ به عنوان مثال موتور با توان ۲,۵ مگاواتی در صنایع سیمان، موتورهای بیش از ۲ مگاوات در خطوط انتقال آب، با توان ۴ مگاوات در نیروگاه‌ها استفاده می‌شود. البته تعداد محدودی موتور الکتریکی با توان بیش از ۱۰ مگاوات نیز در برخی نیروگاه‌های بخار کشور فعال هستند. با توجه به این که با گذر زمان، امکان تولید موتورهای الکتریکی با توان بالاتر به دلیل ساده‌تر شدن فرایندها ساخت و تولید، بیشتر می‌شود و در نتیجه امکان استفاده از آنها فراهم می‌گردد، پیشنهاد می‌گردد ظرفیت نامی آزمایشگاه دینامومتری ۵ مگاوات انتخاب گردد. این انتخاب می‌تواند در یک افق ۱۰ ساله، تمامی نیازمندی‌های کشور را تحت پوشش قرار دهد.

در فصل هفتم همین گزارش به صورت مفصل در خصوص آزمایشگاه‌های مورد نیاز بحث شده است.

۵) عنوان اقدام: تاسیس انجمن صنفی سازندگان ماشین‌های الکتریکی

تشریح فعالیت‌ها:

توسعه فناوری موتورهای الکتریکی با در نظر گرفتن نظام نوآوری فناورانه نیازمند وجود و اثرگذاری نهادهای واسطی خواهد بود تا بوسیله آن روابط و تعاملات موجود در نظام، نهادینه و زمینه توسعه پایدار این فناوری فراهم گردد. بسترسازی و ایجاد نهادها و تشکل‌های علمی، صنفی و غیر دولتی در جوامع امروزی از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. این تشکل‌ها در واقع نماینده گروه‌های مختلف جامعه می‌باشند که به نحوی با جزء و یا اجزایی از فرآیند توسعه تکنولوژی مرتبط بوده و دارای علایق و انگیزه‌های مشترک در یک مجموعه متشکل هستند. این تشکل‌ها دارای ویژگی‌هایی هستند که در صورتی که به طور کامل رعایت شود تضمین‌کننده موفقیت و پایداری آنها خواهد بود. از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ❖ خودجوشی و نیاز طبیعی
- ❖ تعهد و هدف مشترک
- ❖ قانونمندی
- ❖ برنامه و فعالیت مشخص
- ❖ جلب مشارکت و عضویت
- ❖ مشارکت و مسئولیت‌پذیری

تشکل‌های علمی، صنفی و غیر دولتی در حوزه فناورانه براساس شرایط تحقیقاتی و علمی کشور و جهان و همچنین انگیزش‌های موجود حوزه این تکنولوژی به طور خودجوش به وجود آمده، دارای ضوابط مشخص و تعریف شده‌ای بوده و در راستای دستیابی به اهداف خود دارای برنامه و فعالیت مشخص در یک بخش یا رسته خاص می‌باشد. اصولاً هدف این تشکل‌ها سودجویانه نیست بلکه بیشتر دارای اهداف علمی، فرهنگی و اجتماعی می‌باشند.

از آنجا که فرآیند توسعه فناوری موتورهای الکتریکی دارای زمینه‌های متنوع و گسترده‌ای از موضوعات مورد توجه تشکل‌های علمی، صنفی و غیردولتی در دانشگاه، صنعت و ... می‌باشد، لذا می‌توان با کمک و حمایت لازم به منظور ایجاد و تقویت جایگاه این تشکل‌ها به تسریع در فرآیند توسعه فناوری موتورهای الکتریکی کمک نمود. به منظور هماهنگ‌سازی و هم‌افزایی نتایج و

ایجاد تعامل موثر، ارتباط با تشکل‌های علمی، صنفی و غیردولتی حامی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی به عنوان یکی از وظایف مرکز توسعه فناوری مورد توجه قرار می‌گیرد. هدف اصلی در این زمینه علاوه بر ارائه کمک‌های مالی، اطلاعاتی و ... به تشکل‌های فوق، انتقال خطوط و موضوعات راهبردی کمیته راهبری توسعه فناوری موتورهای الکتریکی به آنها و از سوی دیگر جذب نظرات و یافته‌های آنان و پیگیری‌های لازم در راستای آن می‌باشد.

در اولین گام فرصت‌ها، ظرفیت‌ها و زمینه‌های بالقوه برای ایجاد و توسعه این تشکل‌ها را در بستر دانشگاه‌ها، صنعت و سایر نهادها از جمله نهادهای مدنی شناسایی نموده و پس از مطالعه و انجام بررسی‌های لازم، از روش‌ها و ابزارهای مختلف در جهت ایجاد جذابیت برای ایجاد تشکل‌های مستعد شکل‌گیری استفاده خواهد کرد. ارائه کمک‌های مالی از طریق وام‌های بلاعوض و اطلاع‌رسانی به تشکل‌های شناسایی شده از ابعاد حمایت‌های مالی و اطلاعاتی این دفتر خواهد بود. همچنین این دفتر در راستای ارائه خدمات علمی، سمینارها و نشست‌های مختلفی با هدف ایجاد ارتباط و تبادل علمی میان این تشکل‌ها با سایر مراکز مشابه داخلی و خارجی برگزار خواهد کرد. از دیگر فعالیت‌های در این زمینه بررسی و شناسایی موانع موجود بر سر راه ایجاد و توسعه این‌گونه تشکل‌ها و پیگیری به منظور رفع آنها می‌باشد. مجموعه فعالیت‌های فوق می‌تواند زمینه‌ساز شکل‌گیری و توسعه نهادهایی کارآمد در بخش‌های مختلف از جمله دانشگاه و صنعت و در نهایت تسریع در فرآیند توسعه فناوری موتورهای الکتریکی گردد.

۶) عنوان اقدام: حمایت‌های لازم جهت ایجاد انگیزش طرف تقاضا با برنامه‌های تشویقی یا اعمال

استانداردهای اجباری در بخش‌های مختلف اقتصادی برای استفاده از موتورهایی با بازده بالا

تشریح فعالیت‌ها:

در حال حاضر مجموعه قوانین کشور چه در بخش تولید و چه در بخش واردات به نحوی نیست که مصرف‌کنندگان داخلی را راغب به استفاده از موتورهای الکتریکی با بازده بالا نماید؛ به عبارت دیگر محصولات تولیدی شرکت‌های داخلی با کیفیت و استانداردهای انرژی معمول در کشورهای پیشرفته صنعتی تطابق ندارد و از طرف دیگر وارد شدن موتورهای الکتریکی با استانداردهای انرژی پایین و یا کیفیت ساخت پایین نیز ممنوع نمی‌باشد. در نتیجه محصولات با کیفیت کم خارجی و با

قیمت‌های پایین وارد کشور می‌شود و از طرف دیگر به دلیل پایین بودن هزینه‌های مصرف انرژی، کاربران موتورهای الکتریکی به استفاده از همین محصولات با کیفیت پایین و بازدهی انرژی نسبتاً کم ترغیب می‌شوند.

یکی از مهمترین دلایل ایجاد چنین وضعیتی، نبود آزمایشگاه‌های مرجع لازم برای صدور گواهی کیفیت موتورهای الکتریکی در بازه‌های توانی مختلف است که ایجاد آنها به عنوان یک اقدام جداگانه دیده شده و قبلاً توضیح داده شده است. با استفاده از این امکان و همچنین تشکیل جلسات با شرکت‌های سازنده سیاست‌ها، راهکارها و اقدامات لازم مانند ارایه کمک‌های مالی برای ارتقاء تجهیزات خطوط تولید و غیره بررسی می‌گردد و به عنوان بسته به مراکز ذیربط پیشنهاد خواهد شد. همچنین به روش مشابه راهکارهای جلوگیری از واردات موتورهای الکتریکی با کیفیت پایین و یا افزایش هزینه‌های (مانند ارتقاء استانداردهای انرژی انواع موتورهای الکتریکی) آنها تدوین و برای مراکز تصمیم‌گیر ارسال می‌گردد.

از طرف دیگر می‌توان با اطلاع رسانی عمومی از طریق وسایل ارتباط جمعی و یا از طریق نشریات خاص برای کاربران صنعتی موتورهای الکتریکی و شناساندن مزایای زیاد موتورهای الکتریکی با فناوری نوین (مانند بازدهی انرژی بالاتر، طول عمر بیشتر و غیره)، در کاربران ایجاد انگیزه بیشتری برای استفاده از موتورهای الکتریکی با بازده انرژی بالاتر نمود.

به صورت خلاصه می‌توان گفت که برنامه ریزی برای افزایش کیفیت محصولات داخلی، افزایش هزینه‌های واردات محصولات کم بازده خارجی و افزایش اطلاعات کاربران موتورهای الکتریکی (به خصوص کاربران صنعتی)، مجموعه فعالیت‌هایی است که برای ایجاد انگیزه در طرف تقاضا برای استفاده از موتورهای الکتریکی بازده بالا باید انجام گردد.

۷) عنوان اقدام: ایجاد قوانین و دستورالعمل‌های مرتبط با جهت‌دهی به نظام توسعه صنعت و فناوری

موتورهای الکتریکی

تشریح فعالیت‌ها:

مجموعه قوانین تجاری هر کشور، مبنایی برای فعالیت‌های تجاری و سرمایه‌گذاری در آن کشور است و بر نوع، دامنه و کارایی این فعالیت‌ها اثر فراوانی دارد. اندک تاملی در کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نشان می‌دهد که نظام قانونی و حقوقی، نقش مهمی را در ابعاد حمایت از سرمایه‌گذاری و تامین منابع مالی و حمایت از حقوق مالکیت معنوی ایفا می‌کند. لذا توجه به ایجاد زیر ساخت مناسب قانونی در ابعاد مختلف تاثیر گذار بر روند توسعه فناوری حائز اهمیت بسیار است.

بدیهی است تدوین قوانین و مقررات مناسب در این حوزه نیازمند تشکیل کمیته‌های تخصصی است تا بتوانند با بررسی وضعیت موجود کشور در ابعاد مختلف قانونی و حقوقی، نیازمندی‌های قانونی را شناسایی و بر اساس تجربیات سایر کشورها در این زمینه، به تدوین مقررات و قوانینی متناسب با ساختار و موقعیت کشورمان پردازند.

همچنین این کمیته باید اقدامات لازم را در خصوص تصویب این قوانین در مراجع ذیصلاح انجام داده و مکانیزم‌هایی را در جهت اجرای این قوانین توسط بخش‌های مرتبط طراحی نماید.

۸) عنوان اقدام: تدوین استاندارد انرژی

تشریح فعالیت‌ها:

استانداردهای انرژی در کشور بر مبنای امکانات فعلی تولید کنندگان داخلی موتورهای الکتریکی تنظیم شده است و رده‌های انرژی در آنها به نحوی تنظیم گردیده‌اند که محصولات تولیدی آنها خارج از استاندارد انرژی نباشند. با ارتقاء فناوری موتورهای الکتریکی ساخت داخل بر اساس برنامه‌هایی که در سند نقشه راه موتورهای الکتریکی پر بازده دیده شده است، امکان ارتقاء استاندارد انرژی انواع موتورهای الکتریکی مورد استفاده در کشور وجود دارد. همچنین در برخی موارد که هنوز استاندارد انرژی برای آنها تدوین نشده است نیز می‌توان این استانداردها را تدوین و برچسب انرژی برای آنها پیشنهاد داد.

با ارتقای استانداردهای انرژی متناسب با تغییرات فناوری موتورهای الکتریکی و ابلاغ آنها به گمرکات کشور، از وارد شدن موتورهای الکتریکی با بازده انرژی پایین نیز جلوگیری خواهد شد.

۹) عنوان اقدام: پیگیری برای پیاده‌سازی نظام تایید صلاحیت فنی مهندسان و مشاوران حوزه صنعت

موتورهای الکتریکی

تشریح فعالیت‌ها:

یکی از دلایل افزایش مصرف انرژی در بخش محرکه‌های صنعت کشور، عدم تطابق بار و موتور الکتریکی است. مثلاً برای یک محصول در موقع طراحی، یک موتور الکتریکی با توانی بیش از آنچه که مورد نیاز محصول است انتخاب شده و این محصول به تعداد زیاد و چندین سال است که تولید و به بازار عرضه می‌گردد. در صورت تسلط فرد طراح بر نحوه انتخاب الکتروموتور، مقدار انرژی مصرفی این محصول می‌توان کاهش چشمگیری (در طول عمر آن) داشته باشد. مسایل مشابه

دیگری نیز در زمینه طراحی، ساخت، نصب و بهره‌برداری از موتورهای الکتریکی وجود دارد که برای به نتیجه صحیح رسیدن و جلوگیری از اتلاف انرژی، نیاز به افراد دارای صلاحیت شناخته شده در زمینه موتورهای الکتریکی می‌باشد. در حال حاضر به دلیل نبودن نظام تایید صلاحیت حرفه‌ای، امکان ارزیابی توانمندی‌های کارشناسان حوزه موتورهای الکتریکی برای کارفرمایان وجود ندارد و چه بسا کارهای مهمی به افراد فاقد صلاحیت لازم سپرده شود. با راه‌اندازی این کار، علاوه بر ایجاد اطمینان از توانمندی‌های متخصصان این حوزه و کمک به افزایش کیفیت خدمات ارائه شده به بخش‌های مختلف صنعت کشور، به کاهش مصرف انرژی الکتریکی در صنایع و همچنین محصولات تولیدی آنها کمک زیادی می‌توان نمود.

۱۰ عنوان اقدام: ایجاد فضا برای توسعه آگاهی بخشی در فناوری موتورهای الکتریکی

❖ چاپ نشریه تخصصی آکادمیک و دانشگاهی در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی

❖ برگزاری کنفرانس علمی و تخصصی ماشین‌های الکتریکی

❖ چاپ نشریات تخصصی صنعتی برای افزایش و به روز رسانی اطلاعات کاربران موتورهای

الکتریکی در بخش‌های مختلف صنعت

❖ برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی حوزه ماشین‌های الکتریکی

تشریح فعالیت‌ها:

به منظور ترویج فناوری موتورهای الکتریکی در قالب توسعه پایگاه‌های اطلاع‌رسانی و انتشار بولتن‌های خبری فعالیت‌های ذیل قابل تعریف می‌باشد. البته پس از شکل‌گیری مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی، این فعالیت‌ها به شکل جامع‌تری به ویژه در حوزه ترویج فناوری‌های موتورهای الکتریکی پر بازده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱. توسعه پایگاه اطلاع‌رسانی اینترنتی موتورهای الکتریکی (علمی-خبری-تحلیلی): درج دستاوردها، اخبار و مطالب مرتبط با موتورهای الکتریکی پر بازده در سایت، علاوه بر جهت‌دهی به فعالیت‌های جاری، تعداد علاقمندان به این فناوری‌ها را نیز افزایش خواهد داد.

۲. ارائه گزارشات خبری و تحلیلی فناوری موتورهای الکتریکی: ارائه این گزارشات در مورد فعالیت‌های انجام گرفته و تحولات حوزه فناوری موتورهای الکتریکی به شیوه‌های مختلف از جمله تهیه و درج مطالب مرتبط با این فناوری در نشریات به صورت گسترده، تهیه و توزیع تک‌نگاشت ۱ و ... بستری را برای ترویج موضوعات مرتبط با این فناوری در بین عموم فراهم خواهد آورد.

۳. بولتن خبری-تحلیلی: بولتن خبری، هم‌اکنون بصورت رنگی و جذاب در حال چاپ و توزیع است ولی متأسفانه گستره توزیع و تعداد آن محدود بوده که باید افزایش یابد. از ویژگی‌های این بولتن آشنایی عمیق با مباحث مرتبط با موتورهای الکتریکی پر بازده در دنیا است که اهمیت توجه به آن در کشور را نمایان می‌سازد. محتوی این بولتن با توجه به مخاطبین مختلف متفاوت خواهد بود.

۴. برگزاری جلسات گفتگو و گردهم‌آیی‌های تخصصی: برگزاری جلسات گفتگو و گردهم‌آیی با حضور مدیران کشور، نمایندگان مجلس، مدیران صنایع و پژوهشگران و ارائه اقدامات صورت گرفته علاوه بر فراهم آوردن موجبات تعامل بیشتر آنها، می‌تواند مامنی برای بیان مشکلات احتمالی پیش‌روی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی باشد.

۵. غنی‌سازی محتوی کتب درسی دانش‌آموزان در مقاطع تحصیلی: ترویج در سطح دانش‌آموزان از راهکارهای ترویج پایه‌ای و ریشه‌ای محسوب می‌شود. از این‌رو افزودن عناوین مرتبط با مفهوم فناوری موتورهای الکتریکی در کتب درسی، علاوه بر آشنا نمودن آنها می‌تواند زمینه‌ساز فعالیت‌های دانش‌آموزان نخبه و علاقمند در حوزه پ فناوری موتورهای الکتریکی در مقاطع تحصیلی بالاتر را فراهم آورد.

۷. نمایشگاه‌ها: برگزاری نمایشگاه‌های مرتبط با فناوری موتورهای الکتریکی و ارائه محصولات جدید در این غرفه‌ها موجبات آشنایی و علاقه‌مندی صاحبان صنایع و بازدیدکنندگان را با این فناوری، همچنین معرفی آخرین دستاوردهای این حوزه را فراهم خواهد کرد.

۱ منظور از تک‌نگاشت، همان بولتن است که بصورت خلاصه و مفید و در یک برگه مطالب مرتبط در آن درج خواهد شد. محتوای تک‌نگاشت بیشتر خبری-تحلیلی بوده که بیشتر برای مخاطبینی که نیاز به اطلاع‌رسانی با حجم بالا و عمق مطالب نه چندان زیاد دارند- از جمله دانش‌آموزان- مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۸. تولید و دوبله فیلم‌های علمی در مورد فناوری موتورهای الکتریکی پر بازده: یکی از قوی‌ترین رسانه‌های ترویجی برای عموم مردم و همه اقشار و گروه‌های هدف، تهیه و پخش فیلم آموزشی و علمی در این زمینه است.

۹. ترویج فناوری موتورهای الکتریکی پر بازده در تولیدات صدا و سیما: تهیه برنامه تلویزیونی مرتبط در صدا و سیما از دیگر برنامه‌های ترویجی موثر خواهد بود که به عنوان نمونه می‌توان به برنامه فن‌آوری ایرانی، پرتو و رویکرد اشاره نمود. کمک فکری به این برنامه‌ها جهت گنجاندن موضوع موتورهای الکتریکی پر بازده در شناساندن این فن‌آوری به عموم مردم نقش موثری خواهد داشت.

۱۱) عنوان اقدام: حمایت از اختراعات و نوآوری‌های حوزه فناوری ماشین‌های الکتریکی

تشریح فعالیت‌ها:

در این اقدام، هدف حمایت از فرد مبتکر و مخترع و حمایت از دستاورد وی است. امکان حمایت‌های مختلف در این زمینه وجود دارد که حمایت‌های انتخابی این موارد هستند. مهم‌ترین حمایت، حمایت مالی از ثبت اختراعات در زمینه موتورهای الکتریکی پر بازده است. بدین صورت که از ثبت اختراعات برجسته مرتبط با موتورهای الکتریکی راهبردی در سطح بین‌المللی حمایت مالی صورت گیرد و بخشی از هزینه‌های سنگین ثبت اختراع که فرد مبتکر و مخترع به تنهایی از عهده آن بر نمی‌آید و باعث انصراف وی از ثبت خواهد شد، توسط دولت پرداخت گردد.

دسته دیگری از حمایت‌ها، حمایت حقوقی و رفع موانع قانونی و حقوقی از ثبت اختراعات مرتبط با فناوری موتورهای الکتریکی راهبردی در داخل کشور می‌باشد. بدین منظور بایستی قوانینی در کشور به تصویب برسد که ضمن حفاظت از نتایج و دستاوردهای مالی و معنوی نوآوری برای مخترع، باعث شود تا بنگاه‌های اقتصادی به راحتی از نتایج و دستاوردها استفاده نمایند.

دسته سوم از حمایت‌ها، از طریق اطلاع‌رسانی دستاوردهای مبتکران و مخترعان فناوری موتورهای الکتریکی راهبردی است. این کار از طرق مختلفی امکان‌پذیر است ولی دو راهکار عمده آن یکی از طریق برگزاری نمایشگاه اختراعات و دستاوردهای موتورهای الکتریکی است که در ۵ ساله دوم و سوم می‌تواند به صورت دو سالانه برگزار گردد. راهکار دیگر، حمایت از انتشار

کتاب و مقالات در ارتباط با دستاوردهای فناوری موتورهای الکتریکی است که فعالیتی پیوسته است و در طول ۱۵ سال به فراخور حجم دستاوردها می‌تواند اجرا شود.

دسته چهارم از اقدامات حمایتی، حمایت‌ها و پشتیبانی‌های فیزیکی از دستاوردهای این فناوری است. این پشتیبانی‌ها در واقع در حین انجام تحقیقات به ایشان کمک می‌کند. از جمله مصادیق پشتیبانی در این زمینه می‌توان، در اختیار قراردادن آزمایشگاه‌های تست به منظور انجام آزمایش به مبتکران و مخترعان و همچنین حق استفاده از کتابخانه‌های مرتبط با موتورهای الکتریکی را اشاره نمود. آنچه که در این نوع حمایت مهم است، ارائه حمایت به فرد یا افرادی است که در فناوری موتورهای الکتریکی مشغول انجام تحقیقات می‌باشند.

همچنین، انجام مطالعات اولیه به منظور مشخص نمودن راهکارهای حمایتی دیگر و اصلاحات مورد نیاز این اقدام در سالهای آتی ضروری است و به همین منظور به عنوان اولین فعالیت در این اقدام دیده شده است. در ادامه ریز فعالیت‌ها و میزان هزینه و زمان هر یک از اقدامات به تفکیک نشان داده شده است.

۱۰-۲- هزینه و زمان اجرای اقدامات

ردیف	اقدامات	مدت اجرا (ماه)	بازه زمانی (سال)	هزینه (میلیون ریال)
۱	تعریف پروژه‌های ملی مورد حمایت دولت در راستای نیازمندی‌های کشور			
۲	حمایت مالی از پایان نامه های کارشناسی ارشد مطالعاتی		۱۰	
	حمایت مالی از پایان نامه های کارشناسی ارشد کاربردی		۱۰	
	حمایت مالی از پایان نامه های دکتری		۱۰	
	حمایت تشویقی از صنعتی شدن نتایج پایان نامه ها در ۳ سال اول		۳	
	حمایت تشویقی از صنعتی شدن نتایج پایان نامه ها در ۳ سال دوم		۳	
	حمایت تشویقی از صنعتی شدن نتایج پایان نامه ها در ۳ سال اول		۳	
۳	تدوین برنامه راهبردی مرکز	۸		
	اخذ موافقت تأسیس مرکز از مراجع ذیربط	۶		
	انجام اقدامات اجرایی لازم در خصوص شروع به کار دبیرخانه مرکز	۳		
	تامین محل استقرار دبیرخانه مرکز و تجهیز آن (سخت افزاری و نرم افزاری)	۳		
	تشکیل مرکز و تامین کادر اداری مورد نیاز			
۴	تاسیس آزمایشگاه‌های تخصصی و مرجع			تاسیس آزمایشگاه برای توان ۵ مگاوات

ردیف	اقدامات	مدت اجرا (ماه)	بازه زمانی (سال)	هزینه (میلیون ریال)
	آزمایشگاه الکتروموتورهای در بازه توانی ۷۵ تا ۳۷۵ کیلووات			
۵	تأسیس دفتر ارتباط با تشکل‌های علمی، صنفی و غیردولتی حامی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی	۱۲	۱	
	مطالعه و شناسایی زمینه‌های توسعه تشکل‌های علمی، صنفی و غیردولتی حامی فناوری موتورهای الکتریکی و راهکارهای انگیزشی و حمایتی از آنها	۶	۱	
	ایجاد و توسعه شبکه اطلاع‌رسانی به تشکل‌های فعال به منظور ارائه آخرین اخبار و تحولات و تصمیمات اخذ شده در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی	۱۲	۱۰	
	ارائه خدمات علمی به تشکل‌های فعال و زمینه‌سازی برای برقراری تبادل علمی و فنی بین آنها و سایر تشکل‌های داخل و خارج کشور	۱۲	۱۰	
	مطالعه و بررسی نحوه استفاده از سازوکارهای مختلف انگیزشی - حمایتی از بنگاه‌های تولیدکننده موتورهای الکتریکی	۴	۱	
۶	اعمال استانداردهای اجباری در بخش‌های مختلف اقتصادی برای استفاده از موتورهایی با بازده بالا			
	اطلاع‌رسانی عمومی و تخصصی از طریق بولتن، پایگاه اطلاع‌رسانی و نمایشگاه‌های تخصصی در جهت معرفی مزیت‌ها و جنبه‌های فنی و اقتصادی فناوری موتورهای الکتریکی با بازده بالا	۱۲	۵	

ردیف	اقدامات	مدت اجرا (ماه)	بازه زمانی (سال)	هزینه (میلیون ریال)
	تدوین و پیشنهاد مجموعه‌ای از قوانین، آئین نامه‌ها و مصوبات لازم در جهت حمایت از فن‌آوری موتورهای الکتریکی با بازده بالا و ارتقاء تحقیق و توسعه و تجاری‌سازی آن از روش‌های مختلف	۹	۱	
	هماهنگی و حمایت از ایجاد بازارهای داخلی و تسهیل دسترسی فعالان صنعت فناوری موتورهای الکتریکی با بازده بالا به بازارهای بین‌المللی	۱۲	۵	
	حمایت علمی، فنی و تکنولوژیکی از بنگاه‌های اقتصادی فناوری موتورهای الکتریکی با بازده بالا توسط نهادهای متولی تحقیق و توسعه	۱۲	۵	
۷	ایجاد قوانین و دستورالعمل‌های مرتبط با جهت‌دهی به نظام توسعه فناوری موتورهای الکتریکی	۱۲	۲	مطالعه آسیب‌شناسی نظام توسعه فناوری کشور در ابعاد مختلف مرتبط با توسعه فناوری موتورهای الکتریکی
				انجام مطالعات تطبیقی در زمینه قوانین و مقررات سایر کشورها در حمایت از توسعه فناوری موتورهای الکتریکی
				تدوین قوانین و مقررات مورد نیاز در خصوص حمایت از توسعه فناوری موتورهای الکتریکی در کشور
				پیگیری در جهت تصویب قوانین در مراجع ذی‌صلاح
۸	تدوین استاندارد انرژی	۳		مطالعه آسیب‌شناسی در خصوص استانداردهای موجود

ردیف	اقدامات	مدت اجرا (ماه)	بازه زمانی (سال)	هزینه (میلیون ریال)
	مطالعات تطبیقی در زمینه استانداردهای سایر کشورها	۳		
	تدوین استانداردهای بومی	۸		
	پیگیری در جهت تصویب در نهاد های ذی صلاح	۱۰		
۹	پیگیری برای پیاده سازی نظام تایید صلاحیت فنی مهندسان و مشاوران حوزه صنعت موتورهای الکتریکی			
۱۰	چاپ نشریه تخصصی آکادمیک و دانشگاهی در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی	۴	۱۰	
	برگزاری کنفرانس علمی و تخصصی ماشین های الکتریکی	۳	۱۰	
	چاپ نشریات تخصصی صنعتی برای افزایش و به روز رسانی اطلاعات کاربران موتورهای الکتریکی در بخش های مختلف صنعت	۴	۱۰	

هزینه (میلیون ریال)	بازه زمانی (سال)	مدت اجرا (ماه)	اقدامات		ردیف
	۱۰	۳	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی حوزه ماشین‌های الکتریکی		
	۱	۵	انجام مطالعات در زمینه روشهای حمایت از دستاوردهای مبتکران و مخترعان فناوری موتورهای الکتریکی		۱۱
	۵	۱۲	حمایت مالی از ثبت اختراعات برجسته مرتبط با موتورهای الکتریکی در سطح بین المللی در ۵ سال اول		
	۵	۱۲	حمایت مالی از ثبت اختراعات برجسته مرتبط با موتورهای الکتریکی در سطح بین المللی در ۵ سال دوم		
	۱۰	۱۲	حمایت حقوقی از ثبت اختراعات مرتبط با موتورهای الکتریکی در داخل کشور		
			اطلاع رسانی دستاوردهای مبتکران و مخترعان فناوری موتورهای الکتریکی		
	۱۰	۱۲	برگزاری نمایشگاه اختراعات موتورهای الکتریکی		

نتیجه گیری

به دلیل تنوع زیاد کاربردهای موتورهای الکتریکی و جهت انطباق بیشتر طرح‌ها و پروژه‌های پیشنهادی در سند نقشه راه بر اساس نیازها و الویت‌های کشور و از آنجایی که در جلسات کمیته راهبری مقرر گردید که اولویت‌بندی فناوری‌های موتورهای الکتریکی بر اساس کاربرد آنها نیز صورت پذیرد، تعداد ۷ طرح کلان در حوزه‌های مختلف کاربرد موتورهای الکتریکی تعریف شد که در فصل‌های یک تا هفت گزارش حاضر به تفصیل آورده شده است. در نگارش این طرح‌ها، نیازها و توانمندی‌های کشور در هر یک از کاربردهای موتورهای الکتریکی، در سه افق زمانی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت در نظر گرفته شده است و متناسب با آنها فناوری مناسب پیشنهاد شده است. همچنین برای این طرح‌ها، زمان‌بندی اجرا و بودجه مورد نیاز در افق‌های زمانی مختلف دیده شده است.

از آنجایی که رسیدن به اهداف اجرای طرح‌های پیشنهادی در سند نقشه راه، نیاز به بررسی کیفیت اجرا، بررسی میزان صحیح تحقق طرح‌ها، بررسی وضعیت بازار، جمع‌آوری آمار و اطلاعات و تحلیل داده‌ها در این ارتباط، شناسایی و پیش‌بینی مشکلات احتمالی و پیشنهاد سیاست‌های لازم به مراجع ذیربط دارد؛ لذا برای رسیدن به این هدف، ساختار و شرح وظایفی برای مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی پیشنهاد گردید که در فصل ۸ این گزارش بیان شده است. در فصل ۹ نیز اهداف خرد پیش‌بینی شده در طرح‌های کلان ارایه شده در این گزارش، در سه مقطع زمانی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت و دسته‌بندی و ارایه شدند.

مراجع

- [۱]. امیر دودابی نژاد، بررسی فنی و اقتصادی روش‌ها و منافع افزایش کارایی مصرف انرژی در کولرهای آبی، سازمان بهره‌وری انرژی ایران، ۱۳۹۰، تهران
- [۲]. سعیدی محسن، مدیریت زیست محیطی نیروگاهها، وزارت نیرو، سازمان بهره‌وری انرژی ایران ۱۳۸۴
- [۳]. ترازنامه انرژی، بخش هشتم انرژی و محیط زیست، ۱۳۸۵
- [۴]. مرکز آمار ایران، "گزیده نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰"، www.amar.org.ir
- [۵]. زهرا اشراقی، "بازنگری در استاندارد مصرف انرژی یخچال، فریزر، و یخچال فریزر"، پژوهشگاه استاندارد، ۱۳۹۰.
- [6]. "United States Industrial Electric Motor Systems Market Opportunities Assessment, Dec. 2002". DOE
- [7]. "Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems", 2011, International Energy Agency
- [۸]. آمار تفصیلی صنعت برق سال ۱۳۹۲
- [۹]. آمار تفصیلی صنایع شیمیایی و پتروشیمی سال ۱۳۹۲
- [۱۰]. آمار تولید صنایع فولاد سال ۱۳۹۲
- [۱۱]. آمار تولید صنایع سیمان سال ۱۳۹۲
- [۱۲]. آمار تولید صنایع چوب و کاغذ سال ۱۳۹۲
- [۱۳]. آمار تولید معادن ایران سال ۱۳۹۱
- [14]. IEC/EN 60034-30, "Rotating electrical machines - Part 30: Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors (IE-code)", 2008
- [15]. "Economic viability, applications and limits of efficient permanent magnet motors; Summary and Update", Swiss Federal Office of Energy SFOE, 2009.
- [16]. www.abb.com, "ABB Low Voltage Permanent Magnet motors for Slurry Pumps".
- [17]. www.siemens.com, "Lower Operating Costs-Higher Availability".

- [18]. Gieras, J.F.: Superconducting electrical machines - state of the art. Przegląd Elektrotechniczny, (Electrical Review), nr 12, 2009, str. 1 - 20.
- [19]. Gieras, J.F., "Advancements in Electric Machines", Springer 2008.
- [20]. "System Analysis of Permanent Magnet Traction Drives", FINAL REPORT PROJECT HK 06-1509/AL50, Juliette Soulard, KTH –Royal Institute of Technology
- [21]. "Permanent Magnet Synchronous Motor for Traction Systems", <http://toshiba-railway.com>
- [22]. "Inner Permanent Magnet Synchronous Machine Optimization for HEV Traction Drive Application in Order to Achieve Maximum Torque per Ampere", J. Soleimani , A. Vahedi and S. M. Mirimani, Iranian Journal of Electrical & Electronic Engineering, Vol. 7, No. 4, Dec. 2011
- [23]. "ELECTRIC DRIVE STATUS AND CHALLENGES", eere.energy.gov
- [24]. www.transport.alstom.com
- [25]. www.siemens.com
- [۲۶]. "سالنامه آماری حمل و نقل ریلی کشور در سال ۱۳۹۲"، معاونت برنامه ریزی و اقتصاد حمل و نقل شرکت راه آهن ج.ا.ا.
- [27]. S. Manoharan, N. Devarajan, M. Deivasahayam, and G. Ranganathan, "Energy Conservation in Submersible Pump Sets through Efficiency Improvements using Modified Slot Design and DCR Technology", Journal of Electrical Systems, 2010.
- [28]. D. T. Peters, J. G. Cowie, E. F. Brush, M. Doppelbauer, and R. Kimmich, "Performance of Motors with Die-cast Copper Rotors in Industrial and Agricultural Pumping Applications", IEMDC 2005.
- [29]. F. Parasiliti, M. Villani, C. Paris, O. Walti, G. Songini, A. Novello, and T. Rossi, "Three-Phase Induction Motor Efficiency Improvements with Die-Cast Copper Rotor Cage and Premium Steel", SPEEDAM 2004.
- [30]. www.grundfos.com

فهرست مطالب

- ۱- فصل اول: ارزیابی سیاست و همراستایی ارزیابی با اهداف و برنامه‌ها ۳
- ۱-۱- ارزیابی سیاست ۴
- ۲-۱- همراستایی ارزیابی با اقدامات و برنامه‌ها ۷
- ۲- فصل دوم: قالب‌های ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات ۱۰
- ۱-۲- مقایسه وضعیت قبل و بعد از برنامه ۱۱
- ۲-۲- مقایسه روند گذشته و وضعیت بعد برنامه ۱۱
- ۳-۲- مقایسه وضعیت در دو حالت بود یا نبود برنامه ۱۲
- ۳- فصل سوم: گام‌های عمومی ارزیابی سیاست و انواع روش‌های ارزیابی ۱۴
- ۱-۳- پیمایش نوآوری ۱۶
- ۲-۳- مدل‌های اقتصادسنجی: مدل‌سازی اقتصاد کلان و شبیه‌سازی ۲۰
- ۱-۲-۳- شرایط استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی کلان ۲۱
- ۲-۲-۳- مراحل استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی ۲۲
- ۳-۳- مدل‌های اقتصادسنجی: مدل‌های اقتصادسنجی خرد ۲۵
- ۱-۳-۳- شرایط استفاده از روش اقتصادسنجی خرد ۲۶
- ۲-۳-۳- مراحل پیاده‌سازی مدل ۲۶
- ۳-۳-۳- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۷
- ۴-۳- مدل‌های اقتصادسنجی: اندازه‌گیری بهره‌وری ۲۸
- ۱-۴-۳- روش انجام ۲۸
- ۲-۴-۳- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۲۹
- ۵-۳- ارزیابی توسط خبرگان ۲۹
- ۱-۵-۳- شرایط استفاده از خبرگان ۳۰

- ۳-۵-۲- مراحل انجام روش استفاده از خبرگان ۳۱
- ۳-۵-۳- داده‌های مورد نیاز ۳۱
- ۳-۵-۴- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها ۳۲
- ۳-۶- مطالعه میدانی و مطالعه موردی ۳۲
- ۴- فصل چهارم: جمع‌بندی و ارائه روش پیشنهادی برای ارزیابی ۳۴
- ۴-۱- تدوین شاخصهای ارزیابی کارایی و اثربخشی ۳۵
- ۴-۲- تدوین مکانیزم ارزیابی ۳۵
- ۴-۳- تدوین ساختار نظارت و به روزرسانی ۳۸
- ۵- فصل پنجم: فرایند ارزیابی فناوری‌های موتورهای الکتریکی ۳۹
- ۵-۱- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی ۴۰
- ۵-۲- تدوین ساختار نظارت، به روزرسانی و مکانیزم ارزیابی ۵۲
- ۵-۳- مکانیزم عملکرد ۵۳
- ۵-۴- نتیجه گیری ۵۵

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱): منطق ارزیابی اهداف و سیاست‌ها ۸
- شکل (۲-۱): مدل منطقی ارزیابی ۸
- شکل (۱-۲): قالب‌های تحلیل تأثیرات سیاست ۱۳

فهرست جدول‌ها

- جدول (۱-۴): ویژگی‌های روش‌های ارزیابی ۳۶
- جدول (۱-۵): شاخص‌های ارزیابی اهداف کلان توسعه فناوری موتورهای الکتریکی ۴۱
- جدول (۲-۵): شاخص‌های ارزیابی پروژه‌های توسعه فناوری موتورهای الکتریکی ۴۲
- جدول (۳-۵): شاخص‌های ارزیابی اقدامات توسعه فناوری موتورهای الکتریکی ۴۸

مقدمه

معمولاً هیچ تضمینی وجود ندارد که سیاست‌ها و برنامه‌های اتخاذ شده بتوانند به توسعه موفق فناوری منجر شوند. بنابراین، گاهی پس از آنکه اقدام یا سیاستی اجرا شد ذی‌نفعان، سیاست‌گذاران و یا تحلیل‌گران تصمیم می‌گیرند که میزان یا چگونگی تحقق اهداف مورد نظر را ارزیابی کنند. به عبارت دیگر، آنها می‌خواهند بدانند که اهداف سیاست یا برنامه مورد نظر تا چه حد محقق شده‌اند. دلیل این امر آن است که رویدادهای پیش‌بینی نشده، پیامدهای غیرمنتظره و روابط علی درک نشده، می‌توانند باعث فاصله افتادن میان نتایج یک سیاست یا برنامه با آنچه از آن انتظار می‌رفته شود.

به دلیل عدم قطعیت‌هایی که معمولاً در تحلیل توسعه فناوری وجود دارد، لازم است که سیاست‌ها و برنامه‌ها قبل و بعد از اجرا مورد ارزیابی قرار گیرند. به بیان دیگر، هم به "پیش‌ارزیابی"^۱ و هم به "پس‌ارزیابی"^۲ نیاز است. "پیش‌ارزیابی" اقدامی آینده‌نگر و اغلب تجویزی است. پیش‌ارزیابی به این مسئله می‌پردازد که چگونه باید از قدرت ذینفعان برای حل مسئله یا پرداختن به موضوع مورد نظر استفاده کرد. بنابراین، پیش‌ارزیابی فرآیندی است که مناسب است تا در حین تدوین سیاست‌ها و برای انتخاب میان گزینه‌های مختلف سیاستی مورد استفاده قرار بگیرد. آنچه که در این قسمت از سند مورد توجه است، داشتن نگاه پس-ارزیابی به منظور تدوین شاخص‌های کارایی و اثربخشی، تدوین مکانیزم ارزیابی و ساختار نظارت و به‌روزرسانی است. در برخی از موارد نیز این بخش خود پس‌ارزیابی است. به این معنی که با داشتن نگاه به گذشته، اثرات سیاست‌ها و برنامه‌های اتخاذ شده تحلیل و میزان محقق شدن اهداف تعیین شده اندازه‌گیری شود.

1. Ex-ante evaluation
2. Ex-post evaluation

"تحلیل تأثیرات"^۱ (که در جایگاه پس‌ارزیابی قرار می‌گیرد) حوزه‌ای از مطالعات سیاستی است که به بررسی تأثیرات و پیامدهای واقعی یک سیاست می‌پردازد. تحلیل تأثیرات یا همان پس‌ارزیابی سیاست‌ها و برنامه‌ها را می‌توان به‌صورت زیر تعریف کرد: "تعیین میزان تأثیرات یک مجموعه هدایت‌شده از فعالیت‌های بشری بر وضعیت اهداف یا پدیده‌های مورد نظر و تعیین علت کم یا زیاد بودن این تأثیرات"^[۱]. در نگاهی تخصصی‌تر، پس‌ارزیابی، ارزیابی اثربخشی کلی یک برنامه ملی در راستای اهداف و یا ارزیابی اثربخشی نسبی دو یا چند برنامه است. پس‌ارزیابی سیاست، یک تحقیق عملیاتی، نظام‌مند و هدفمند بر روی تأثیرات یک سیاست، اقدام، برنامه یا پیامدهای آن بر حسب اهدافی است که در جهت رسیدن به آن است. در همین راستا، به منظور این که در یک سند راهبرد ملی توسعه فناوری‌های راهبردی، بتوان به درستی شاخص‌های عملکردی و اثربخشی، مکانیزم ارزیابی و ساختار نظارت و به‌روزرسانی را تدوین نمود، لازم است تا روش پس‌ارزیابی را پیش‌بینی نمود و بر اساس آن موارد فوق تدوین گردند. لذا در ادامه، ابتدا مفهوم تحلیل تأثیرات و ارزیابی سیاست‌ها تشریح می‌گردد و روش‌های انجام آن‌ها به‌صورت مختصر توضیح داده می‌گردد و سپس در انتها با ارائه یک جمع‌بندی، روش‌شناسی پیشنهادی برای بخش پایش و ارزیابی ارائه می‌شود.

¹ Impact analysis

ارزیابی فصل اول

سیاست و همراستایی ارزیابی با

اهداف و برنامه‌ها

تحلیل تأثیرات بخشی از حوزه بزرگتری از مطالعات سیاسی یعنی "ارزیابی سیاست" است. ارزیابی سیاست نیز همچون بسیاری از مفاهیم مربوط به مطالعات سیاستی دارای تعاریف مختلف است که در ادامه بدان پرداخته می‌شود. در ادامه مفهوم همراستایی ارزیابی با اهداف و برنامه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۱- ارزیابی سیاست

تعاریف ارائه شده برای ارزیابی سیاست عبارتند از:

- "تلاش برای درک تأثیر رفتار انسان و به‌ویژه ارزش‌یابی تأثیرات یک برنامه خاص بر جنبه‌هایی از رفتار که به‌عنوان اهداف این مداخله منظور شده است" [۲].

- "ارزیابی اثربخشی یک برنامه ملی در تحقق اهداف خود یا ارزیابی اثربخشی نسبی دو یا چند برنامه در تحقق اهداف مشترک خود" [۳].

- "ارزیابی نظام‌مند عملیات و یا نتایج یک برنامه یا سیاست در مقایسه با مجموعه‌ای از استانداردهای صریح یا ضمنی به‌عنوان راهی برای کمک به بهبود آن برنامه یا سیاست" [۴].

آنچه در همه تعاریف ارزیابی سیاست مشترک است و آنچه ارزیابی سیاست را از سایر مطالعات سیاستی متفاوت می‌سازد، تمرکز آن بر پیامدهای واقعی ناشی از اجرای سیاست یا برنامه و یا قضاوت در مورد این پیامدها بر مبنای نوعی ملاک (هنجاری) است. ارزیابی سیاست، یک فعالیت هنجاری است که در آن آنچه هست با آنچه باید باشد، مقایسه می‌شود. بنابراین، ارزیابی سیاست به‌معنای تعیین ارزش یک سیاست یا برنامه بر مبنای تعدادی معیار است؛ و تلاشی سیستماتیک برای تعیین "خوبی" یا

"ارزشمندی" آنهاست. البته باید توجه داشت که ارزیابان سیاست‌ها و اهداف از تمامی روش‌های علوم اجتماعی (و به‌ویژه روش‌های کمی) استفاده می‌کنند. با این حال، ارزیابی سیاست فاقد ساختاریافتگی است.

تقاضا برای ارزیابی سیاست، امری فراگیر است که هم در بخش عمومی و هم در بخش خصوصی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ارزیابی می‌تواند به شکل‌های مختلفی از مطالعات آکادمیک و گزارش‌های مشاوران مدیریت گرفته تا بازنگری‌های رسمی توسط نهادهای دولتی و مدیران برنامه‌ها انجام شود. بر این اساس، منطقی است که حوزه ارزیابی سیاست بیشتر به‌عنوان یک حوزه کاربردی تلقی شود تا یک حوزه آکادمیک. بسیاری از مؤلفان به این موضوع اشاره کرده‌اند. مثلاً ویس^۱ به این نکته پرداخته است که جهت‌گیری ارزیابی سیاست بیشتر به‌سمت بهبود و اصلاح سیاست است تا تولید دانش عمومی و اگر دانشی هم به این ترتیب تولید شود غالباً خاص برنامه و سیاست مورد نظر است و معمولاً قابل تعمیم به سیاست‌ها و برنامه‌های مختلف نیست [۵].

هرچند ارزیابی سیاست دارای چند مفهوم محوری است، ولی از سوی دیگر موضوعی متغیر و فاقد مرزهای روشن است که می‌توان برای افراد مختلف معانی متفاوتی داشته باشد. تحت عنوان ارزیابی سیاست چندین رویکرد مفهومی مجزا وجود دارد که از "تحلیل تأثیر" فراتر می‌روند. متأسفانه هیچ تعریفی از قلمرو و زیرشاخه‌های ارزیابی سیاست که مقبولیت عمومی داشته باشد وجود ندارد. البته برخی محققان همچون اسمیت و لیکاری^۲ تلاش کرده‌اند دسته‌بندی‌هایی ارائه کرده و به این موضوع نظم دهند [۵].

تحلیل تأثیرات همیشه حول سه محور انجام می‌شود؛ مسئله (یا مشکل)، فعالیت و نتیجه مورد نظر. مسئله عبارت است از نتیجه یا شرایطی که رضایت‌بخش نباشد و انتظار رود که بدون دخالت از طریق یک برنامه یا سیاست عمومی کماکان نامناسب باقی

1. Weiss

2. Smith & Licari

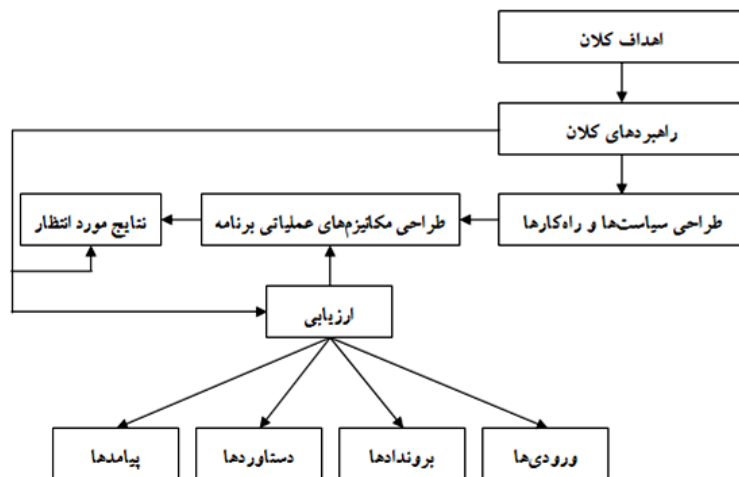
بماند. فعالیت عبارت است از رویدادی که توسط انسان هدایت می‌شود و سیاست را تشکیل می‌دهد؛ یعنی اقداماتی که زیر نظر دولت برای برخورد با یک مسئله انجام می‌شوند. نتیجه مورد نظر عبارت است از تغییری که برای ارزیابی تأثیر (پیامد) یک سیاست عملاً سنجیده می‌شود [۱].

بنابراین، تحلیل تأثیرات با پاسخ نظام‌مند به این سوال که "چه کاری انجام شده است؟" سروکار دارد و این کار را با شناسایی و سنجش نتیجه مورد نظر و آزمون عملی رابطه آن با سیاست یا برنامه مورد نظر انجام می‌دهد. این موضوع از نظر تئوری ساده به نظر می‌رسد، ولی در عمل می‌تواند دشوار باشد. مثلاً تحلیل تأثیرات به شدت به نحوه انتخاب "متغیر وابسته" بستگی دارد که همان نتیجه مورد انتظار است. نتیجه مورد انتظار باید دو کارکرد کلیدی داشته باشد. اول اینکه باید جنبه‌ای از مسئله را عملیاتی سازد^۱ و دوم اینکه باید تغییری باشد که بتوان بین آن و برنامه/سیاست رابطه علی برقرار کرد.

یکی از مسائلی که سیاست‌گذاری عمومی به طور عام و تحلیل تأثیرات به طور خاص با آن روبه‌روست، موضوع هنجارها و ملاحظات هنجاری است. در بسیاری از موارد، اهداف سیاست‌های اتخاذ شده چندان روشن نیستند و در نتیجه، ذی‌نفعان مختلف اهداف مختلفی را به یک سیاست واحد نسبت می‌دهند. حتی ممکن است باورهای متفاوتی نسبت به روابط علی بین "وسیله" و "هدف" وجود داشته باشد و این باورهای متفاوت، معانی سیاسی متفاوتی داشته باشند. از سوی دیگر، قضاوت در مورد اینکه سیاستی موفق بوده یا شکست خورده مستلزم این است که ابتدا مشخص شود کدام اهداف سیاست و چگونه باید مورد سنجش قرار گیرند. در بسیاری از موارد، همین انتخاب به تنهایی می‌تواند نتیجه ارزیابی را تغییر دهد. مثلاً اگر در زمینه سیاست‌های آموزشی بخواهیم عملکرد آموزشی را مورد سنجش قرار دهیم و مشخص کنیم که آیا یک سیاست خاص به اهداف خود رسیده است یا خیر، استفاده از روش‌هایی مثل تست‌های استاندارد، نرخ فارغ‌التحصیلان و امثال این‌ها می‌توانند نتایج کاملاً متناقضی را نشان دهند [۵].

۱-۲- همراستایی ارزیابی با اقدامات و برنامه‌ها

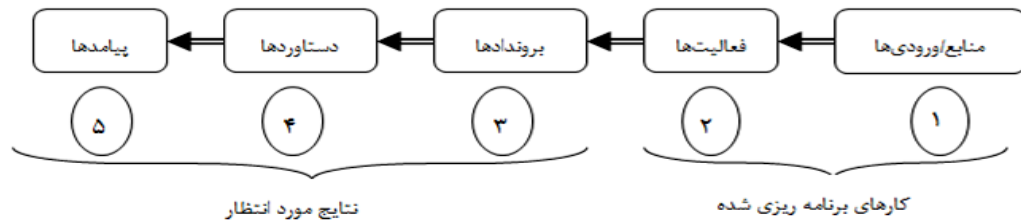
ارزیابی هنگامی اثربخش خواهد بود که هم‌راستا و منطبق با مأموریت و اهداف برنامه انجام پذیرد. همانطور که در شکل زیر دیده می‌شود، ابتدا می‌بایست اهداف کلانی را که برنامه به دنبال آنهاست، استخراج نمود. سپس باید مشخص شود برنامه از چه راهبردی برای تحقق این اهداف استفاده می‌کند. در طراحی مکانیزم‌های عملیاتی یک برنامه سیاستی، مشخص می‌شود چه ورودی‌هایی به چه برون‌دادها^۱، دستاوردها^۲ و پیامدهایی^۳ تبدیل می‌شوند. بنابراین تمرکز اصلی ارزیابی بر همین مؤلفه‌ها می‌باشد. بازخوردهای ارزیابی هم می‌تواند به بهبود مکانیزم‌های عملیاتی منجر شود و هم اصلاح راهبردهای برنامه را به دنبال داشته باشد.



- 1 .Outputs
- 2 .Results
- 3 .Outcomes

شکل (۱-۱): منطقی ارزیابی اهداف و سیاست‌ها

یکی از مفاهیمی که در ادبیات سیاست‌گذاری برای رعایت ارتباط ورودی‌ها، برون‌دادها، دستاوردها و پیامدها به دفعات مورد استفاده قرار می‌گیرد "مدل منطقی"^۱ است. مدل منطقی نه تنها در طراحی سیاست مورد استفاده قرار می‌گیرد، بلکه می‌توان از آن برای ارزیابی سیاست نیز استفاده نمود. علی‌رغم کاربردهای گسترده، این مدل بر منطقی روشن و ساده استوار است. بطور کلی، مدل منطقی روشی نظام‌مند و تصویری^۲ است که برای ارائه و انتقال درک از ارتباط میان منابعی که در برنامه مورد استفاده قرار گرفته، فعالیت‌هایی که برنامه‌ریزی شده و تغییرات و نتایجی که رسیدن به آن‌ها دنبال می‌شود، به کار می‌رود.



شکل (۲-۱): مدل منطقی ارزیابی

اغلب مدل‌های منطقی، تصویری است از نحوه کار برنامه. این مدل از کلمات و تصاویر برای تشریح توالی فعالیت‌ها و ارتباط آنها با نتایج مورد انتظار برنامه استفاده می‌کند. مؤلفه‌های اصلی یک مدل منطقی را می‌توان در دو گروه اصلی "کارهای برنامه‌ریزی شده" و "نتایج مورد انتظار" و در پنج گام متوالی شرح داد:

کارهای برنامه‌ریزی شده: به تشریح منابعی که گمان می‌رود برای اجرای برنامه نیاز هستند و فعالیت‌هایی که قصد انجام آنها وجود دارد، می‌پردازد.

1. Logic model

2. Visual

منابع: عبارتند از منابع انسانی، مالی، سازمانی و ارتباطی که برای انجام برنامه مورد نیاز می باشند. در برخی منابع از آنها به عنوان "ورودی" نیز نام برده شده است.

فعالیت‌های برنامه: عبارتند از فرآیندها، ابزارها، رخدادهای فناوری و اقداماتی که بصورت آگهانه و در راستای نیل به نتایج و یا تغییرات مورد انتظار صورت می پذیرند.

نتایج مورد انتظار: عبارتند از کلیه نتایج مطلوب برنامه شامل برون‌دادها، دستاوردها و پیامدها.

برون‌دادها: محصولات مستقیم فعالیت‌های برنامه‌اند و ممکن است شامل انواع، سطوح و اهدافی از خدمات باشند که توسط برنامه ارائه می شود.

دستاوردها: عبارت است از تغییرات در رفتار، دانش، مهارت، وضعیت و سطح کارکرد افرادی که در برنامه مشارکت دارند. دستاوردها می توانند به دو گروه کوتاه‌مدت و بلندمدت تقسیم شوند. دستاوردهای کوتاه‌مدت در بازه ۱ تا ۳ سال محقق می‌شوند؛ حال آنکه دستاوردهای بلندمدت ۴ تا ۶ سال زمان نیاز دارند. "پیامدهای" دستاوردهای کوتاه مدت در بازه ۷ تا ۱۰ سال خود را نشان می دهند.

پیامدها: عبارتند از خواسته‌های اساسی و یا تغییرات ناخواسته‌ای که در سازمان، جامعه یا سیستم بر اثر اجرای برنامه در مدت ۷ تا ۱۰ سال اتفاق می افتد [۶].

فصل دوم:

قالب‌های ارزیابی سیاست و تحلیل

تأثیرات

ارزیابی نظام‌مند سیاست‌ها و تحلیل تأثیرات آنها مشتمل بر مقایسه است، مقایسه‌ای به‌منظور یافتن تغییرات به‌وجود آمده در اثر برنامه‌های سیاستی. این مقایسه در حالت ایده‌آل باید به اندازه‌گیری تفاوت بین اتفاقات به‌وقوع پیوسته، با اتفاقاتی بپردازد که در صورتی اجرا نشدن برنامه‌ها پدید می‌آید. اندازه‌گیری اتفاقات به‌وقوع پیوسته در شرایط بعد از اعمال برنامه‌ها دشوار نیست. مشکل اصلی در برآورد وضعیت در صورت به‌اجرا درنیامدن برنامه‌ها و مقایسه دو وضعیت باهم است. این تفاوت باید ناظر بر اعمال برنامه‌ها باشد و نه سایر تغییراتی که به‌طور همزمان در جامعه به‌وقوع پیوسته است. با توجه به اهمیت این موضوع، چهار قالب کلی برای ارزیابی سیاست و تحلیل تأثیرات در نظر می‌گیرند.

۱-۲ - مقایسه وضعیت قبل و بعد از برنامه^۱

یکی از رایج‌ترین قالب‌های تحلیل سیاست‌ها و برنامه‌ها، استفاده از نوع مقایسه قبل با بعد است. در این قالب، وضعیت در دو نقطه یکی قبل از اجرای برنامه‌ها و دیگری بعد از اجرای آن‌ها مورد مقایسه باهم قرار می‌گیرند. گروه‌های هدف در تحلیل تأثیرات مقایسه‌ای قبل و بعد جایگاه محوری دارند. در این حالت، اگرچه فرآیند دستیابی به تأثیر سیاست‌ها کوتاه و آسان است، اما نمی‌توان به‌راحتی و با اطمینان مشخص نمود که تا چه حد نتایج حاصل از اعمال برنامه‌ها و سیاست‌ها ناشی شده‌اند و تا چه اثر سایر تغییرات محیطی هم‌زمان در جامعه بوده‌اند.

۲-۲ - مقایسه روند گذشته و وضعیت بعد برنامه^۲

1. Before-after comparison
2. Project trend line versus postprogram comparisons

برآورد بهتری از آنچه در اثر اجرای یک برنامه به‌وقوع پیوسته را می‌توان با مقایسه روند وضعیت گذشته در زمان حاضر (پس از اجرای برنامه‌های سیاستی) بدست آورد. سپس با مقایسه این حالت تصویر شده از گذشته با شرایط پدید آمده پس از اجرای واقعی برنامه‌ها می‌توان به تحلیل تأثیرات سیاست‌ها رسید. در این روش لازم است تا برای ترسیم روند وضعیت از گذشته تا به زمان اجرای سیاست‌ها، اطلاعات راجع به گروه‌های هدف در بازه‌های زمانی مختلف گردآوری شود. این قالب از حالت مقایسه قبل و بعد بهتر بوده و نتایج دقیق‌تری را فراهم می‌آورد، اما نیازمند تلاش بیشتر در فرآیند ارزیابی است.

۲-۳- مقایسه وضعیت در دو حالت بود یا نبود برنامه^۱

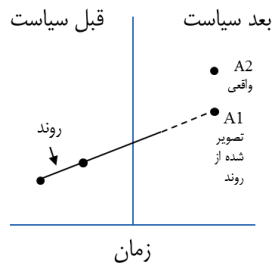
روش رایج دیگر برای ارزیابی، مقایسه میان وضعیت بخش‌هایی است که تحت تأثیر سیاست موردنظر قرار گرفته‌اند یا سایر بخش‌ها (شهرها، کشورها) است. در این حالت، مقایسه تنها در زمان بعد از اجرای برنامه‌های سیاستی انجام می‌شود، اما میان دو بخش مختلف (تحت تأثیر سیاست و فارغ از آن). همچنین به‌منظور افزودن بر دقت این قالب، تحلیل تأثیرات می‌توان وضعیت گذشته (قبل اجرای برنامه) را در هر دو بخش مشاهده نمود و تفاوت آن‌ها را درک کرد. سپس با اجرای برنامه و مقایسه دوباره میان وضعیت دو بخش، می‌توان به‌روشنی دریافت که چه حدی از تفاوت میان وضعیت دو بخش به‌دلیل اعمال برنامه سیاستی بوده و چه حدی مرتبط با تفاوت در ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی بخش‌های مورد مطالعه.

مقایسه وضعیت گروه‌های کنترل و آزمایشی قبل و بعد از اجرای برنامه: این قالب از تحلیل تأثیرات به‌عنوان یک روش مرسوم مشتمل بر انتخاب دو گروه تحت کنترل و آزمایشی است که از همه لحاظ به‌هم شبیه هستند، اما در یکی از آن‌ها (گروه آزمایشی) برنامه سیاستی اجرا شده ولی در دیگری خیر. در این حالت، مقایسه وضعیت دو گروه بعد از اجرای سیاست در یکی از

1. Comparisons between jurisdictions with and without programs

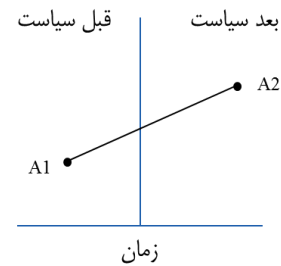
آن‌ها می‌تواند به‌طور دقیق بیان‌کننده تأثیرات سیاست‌ها باشد. این قالب، دقیق‌ترین نتایج ارزیابی سیاست‌ها را در میان سایر روش‌ها به‌همراه می‌آورد.

قالب ۲ - تصویر گذشته و بعد از اجرا



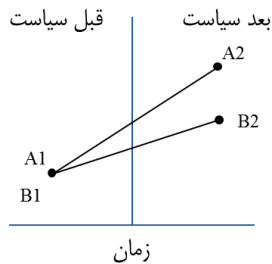
تأثیر سیاست $A1-A2$

قالب ۱ - قبل و بعد



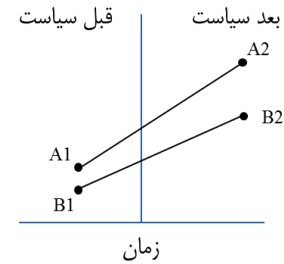
تأثیر سیاست $A1-A2$

قالب ۴ - گروه کنترل شده و آزمایشی



تأثیر سیاست A ، فارغ از سیاست B و A هر دو مشابه
تأثیر سیاست $A2-B2$

قالب ۳ - با و بدون اجرای سیاست



تأثیر سیاست B ، فارغ از سیاست A
تأثیر سیاست $(A2-A1)-(B2-B1)$

شکل (۱-۲): قالب‌های تحلیل تأثیرات سیاست

فصل سوم:

گام‌های عمومی ارزیابی سیاست و

انواع روش‌های ارزیابی

فارغ از نوع و روش ارزیابی و درجه پیچیدگی آن، به صورت کلی مراحل انجام یک ارزیابی را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

- تعیین اهداف و مخاطبان (ذی‌نفعان ارزیابی)
- طراحی سؤالات و فرضیات ارزیابی
- مشخص کردن منابع در دسترس، زمان لازم و سطح مناسب تلاشی که می‌بایست صورت پذیرد
- انتخاب روش (های) ارزیابی و تجزیه و تحلیل
- انتخاب و یا طراحی مدل مناسب ارزیابی و رویکرد جمع‌آوری اطلاعات
- جمع‌آوری و ترکیب اطلاعات
- تجزیه و تحلیل و تفسیر اطلاعات
- تدوین گزارش ارزیابی
- ارائه و انتشار نتایج

در میان این‌گام‌ها، انتخاب روش ارزیابی و تحلیل به‌عنوان محور اصلی در ارزیابی و پایش سیاست‌ها و برنامه‌ها قرار می‌گیرد. روش‌های متنوعی برای ارزیابی وجود دارد که در عین داشتن مشابهت‌هایی، هر کدام مزایا و معایب مخصوص به خود را دارا می‌باشند. هر کدام از این روش‌ها برای اهداف خاصی طراحی شده‌اند. به‌عنوان مثال برخی از آنها برای ارزیابی در مراحل اولیه یک برنامه مناسب‌اند و برخی دیگر برای ارزیابی در مراحل انتهایی برنامه به کار می‌آیند. بنابراین حتی ممکن است برای یک برنامه با گذشت زمان، از روش‌های متعدد ارزیابی استفاده شود.

از منظر زمانی، روش‌های ارزیابی به دو دسته کلی ارزیابی پیش از پیاده‌سازی و ارزیابی در حین و پس از پیاده‌سازی تقسیم می‌شوند. همچنین از منظر روش تحقیق، روش‌های ارزیابی را می‌توان به سه دسته روش‌های کمی، آماری، روش‌های مدل‌سازی و روش‌های کیفی تقسیم‌بندی کرد. در روش‌های کمی و آماری مانند پیمایش، با انجام تحلیل‌های آماری بر روی داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده، ارزیابی سیاست‌ها انجام می‌پذیرد. در روش‌های مدل‌سازی مانند روش‌های اقتصادسنجی، با استفاده از توابع و مدل‌های ریاضی/اقتصادی، به ارزیابی تأثیرات سیاست‌ها پرداخته می‌شود. در روش‌های کیفی نیز مانند موردکاوی نیز مشاهدات و داده‌های کیفی مبنای قضاوت ما در مورد اثرات سیاست‌ها می‌باشد [۷].

مجموعه‌ای از روش‌های ارزیابی که می‌توانند برای تحلیل تأثیرات سیاست‌ها و برنامه‌ها در اسناد ملی فناوری مورد استفاده قرار بگیرند به قرار زیر هستند:

۳-۱- پیمایش نوآوری^۱

در طی سه دهه گذشته تلاش‌های زیادی جهت سنجش و ارزیابی نوآوری صورت گرفته است. سازمان توسعه همکاری‌های اقتصادی (OECD) با انتشار دستورالعمل‌های متعددی در خصوص ارزیابی‌های مرتبط با نوآوری و فناوری که اصطلاحاً به دستورالعمل‌های فراسکاتی^۲ معروفند (دستورالعمل فراسکاتی، دستورالعمل پتنت، دستورالعمل اسلو و غیره) تلاش کرده است تا در زمینه ارزیابی، استانداردهای بین‌المللی را ایجاد کند.

تشریح روش‌های ارزیابی و تفسیر داده‌ها در این دستورالعمل‌ها، در کنار وجود بانک‌های اطلاعات و داده‌های متنوع^۳ باعث شد در دهه ۹۰ کشورهای اروپایی برای ارزیابی سیاست‌ها، از پیمایشی استفاده کنند که به پیمایش نوآوری معروف شد.

روش پیمایش نوآوری در ابتدا، به‌عنوان ابزاری جهت جمع‌آوری و تفسیر داده‌ها و نه ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گرفت. اما اخیراً محققان زیادی پیمایش نوآوری را به‌عنوان روشی برای پرداختن به تأثیرات و پیامدهای سیاست‌های تحقیق و توسعه دولتی مورد توجه قرار داده‌اند. به‌نظر می‌رسد در آینده با توجه به افزایش داده‌های جمع‌آوری‌شده پیرامون موضوعات مرتبط با نوآوری، افزایش استفاده از روش پیمایش برای ارزیابی سیاست‌های نوآوری دولتی به‌وقوع پیوندد [۸].

1. Innovation survey

2. FRASCATY – Family manuals

۳. از دهه ۷۰، گروه‌های پژوهشی شروع به جمع‌آوری داده‌هایی در مورد وضعیت نوآوری در بنگاه‌ها نمودند که وجود این اطلاعات و داده‌ها یکی از عوامل طراحی دستورالعمل اسلو بوده است.

اولین پیمایش نوآوری در اروپا، در سال ۱۹۹۲ و بر اساس دستورالعمل اسلو صورت گرفت. این پیمایش‌ها مجدداً در سطح اتحادیه اروپا در سال‌های ۱۹۹۶ و ۲۰۰۰ برگزار شد. تجربه این سه پیمایش، ضمن آنکه امکان‌پذیری پیمایش نوآوری را ثابت کرد، نشان داد اینگونه پیمایش‌ها می‌تواند نتایج قابل توجهی برای سیاست‌گذاران داشته باشد.

در پیمایش نوآوری، نوآوری عبارت است از محصول یا فرایند نو و یک بنگاه در صورتی نوآور معرفی می‌شود که در یک دوره زمانی سه‌ماهه موفق به طراحی حداقل یک محصول یا فرایند نو و یا بهبود در فرایندها و محصول‌های موجود شده باشد. معیار "نو" بودن، جدید بودن در بنگاه است که لزوماً به معنای جدید بودن در بازار نمی‌باشد. اطلاعات پیمایش از طریق توزیع پرسشنامه در نمونه‌هایی از جامعه آماری جمع‌آوری می‌شود، هرچند در برخی موارد تمام بنگاه‌های بزرگ تحت پوشش پیمایش قرار می‌گیرند. مهم‌ترین موضوعاتی که در یک پیمایش نوآوری مورد بررسی قرار می‌گیرند عبارتند از:

- عوامل مؤثر بر نوآوری فناورانه
- اهداف نوآوری در بنگاه‌ها
- منابع اطلاعاتی بنگاه‌ها
- موانع نوآوری در بنگاه‌ها
- فعالیت‌ها و هزینه‌های نوآوری در بنگاه‌ها
- فعالیت‌های تحقیق و توسعه
- همکاری‌های فناورانه
- خرید و تجهیز ماشین‌آلات
- محافظت از دانش و فناوری
- ویژگی‌های بنگاه‌های نوآور
- اندازه بنگاه‌های نوآوری
- بخش اقتصادی که بنگاه‌های نوآور در آن فعالیت می‌کنند
- مالکیت بنگاه‌های نوآوری

- ارتباط با سایر بنگاه‌ها مؤسسات دولتی
- سرمایه‌گذاری در دارایی‌های نامشهود
- پیامدهای نوآوری
- فروش ناشی از محصولات نو
- فروش ناشی از محصولاتی که نه تنها برای بنگاه بلکه در سطح بازار نیز جدید می‌باشند
- تأثیر نوآوری بر صادرات و رقابت‌پذیری بنگاه‌ها در سطح بین‌المللی
- تأثیر نوآوری بر اشتغال
- تأثیر نوآوری بر ساختار مهارتی نیروی کار

اما پیمایش نوآوری چگونه می‌تواند برای ارزیابی برنامه‌ها و سیاست‌های نوآوری مورد استفاده قرار گیرد؟ هر ارزیابی سیاست نیازمند وجود اطلاعات کافی و دقیق در مورد موضوع سیاست مورد تحلیل است. پیمایش نوآوری بخشی از اطلاعاتی که برای ارزیابی برنامه‌ها و سیاست‌های نوآوری دولت‌ها لازم است را فراهم می‌آورد. این اطلاعات می‌تواند تصویر واضحی از وضعیت نوآوری در بنگاه‌ها و میان آن‌ها را به نمایش بگذارد [۵].

در پیمایش نوآوری در خصوص مشارکت بنگاه‌ها در برنامه‌های نوآوری دولتی سؤالاتی طراحی شده است. در سومین پیمایش نوآوری اتحادیه اروپا، این سؤالات در سه سطح سیاست‌های اتحادیه اروپا، سیاست‌های دولتی و سیاست‌های منطقه‌ای و محلی طراحی شده بود. در برخی پیمایش‌های نوآوری مانند پیمایش نوآوری ایتالیا، سؤالات بیشتر و دقیق‌تری در خصوص سیاست‌های نوآوری دولت طراحی شده است.

با تحلیل نتایج پیمایش نوآوری می‌توان به ارزیابی برخی سیاست‌های نوآوری دولت پرداخت. به‌عنوان مثال می‌توان فهمید چه کسانی از یارانه‌های تحقیق و توسعه دولت سود برده‌اند؟ بنگاه‌های کوچک و متوسط در مقایسه با بنگاه‌های بزرگ چه سهمی از کمک‌های دولت را دریافت کرده‌اند؟ چه بخش‌های اقتصادی از تسهیلات دولتی منتفع شده‌اند؟

مقایسه پاسخ سؤالاتی از این دست، با اهدافی که برای سیاست نوآوری در نظر گرفته شده است، ارزیابی مناسبی از سیاست ارائه می‌دهد. بایستی توجه داشت هرچند پیمایش برای ارزیابی سیاست نوآوری بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است، اما این



ابزار می‌تواند برای ارزیابی سایر سیاست‌ها و حتی سیاست‌های عمومی نیز بکار رود. در واقع پیمایش ابزاری تحلیلی است که از طریق توزیع پرسشنامه و با جمع‌آوری اطلاعات از سایر منابع در یک جامعه یا نمونه آماری و با استفاده از تحلیل‌های آماری به ارزیابی یک سیاست می‌پردازد. مراحل انجام یک پیمایش عبارتند از:

- طراحی مدل مفهومی پیمایش (ارتباط و تأثیر متغیرها)؛
- تعریف متغیرهای مدل مفهومی؛
- شناسایی منابع اطلاعاتی که متغیرها از طریق آنها اندازه‌گیری می‌شوند؛
- شناسایی جامعه و یا نمونه آماری؛
- طراحی و توزیع پرسشنامه؛
- جمع‌آوری پرسشنامه و اطلاعات از سایر منابع؛
- تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات جمع‌آوری شده؛ و
- تفسیر نتایج و ارائه اقدام یا پیشنهاد.

پیمایش مانند هر ابزار دیگری مزایا و معایب متعددی دارد. مهم‌ترین مزایای این روش عبارتند از:

- با توجه به سهولت جمع‌آوری اطلاعات گسترده در روش پیمایش، می‌توان گستره وسیع‌تری از موضوعات را تحت پوشش ارزیابی قرار داد و از نقطه‌نظرات افراد و شرکت‌های بیشتری بهره جست.
 - در پیمایش می‌توان نشانگرها و متغیرهای زیادی را جمع‌آوری کرد و نتایج و پیامدهای یک برنامه را اندازه‌گیری و تحلیل کرد.
 - در پیمایش می‌توان علاوه بر استفاده از اطلاعات پرسشنامه‌ها، از اطلاعات سایر بانک‌های داده‌ها و منابع در ارزیابی بهره جست.
 - پیمایش قابلیت ترکیب با سایر روش‌ها از جمله روش‌های ریاضی و اقتصادی را دارا می‌باشد.
 - اگر پیمایش با رویکردهای قضاوت خبرگان مانند پنل همراه شود، می‌تواند تحلیل‌های پویاتری از ارزیابی ارائه نماید.
- معایب عمده روش پیمایش نیز عبارتند از:

- دقت اطلاعاتی که از پرسشنامه و بر اساس قضاوت ذهنی افراد جمع‌آوری می‌گردد، همواره محل تردید است.
 - ارزیابی دقیق و درست ورودی‌ها، پیامدها و نتایج بر اساس سنجش متغیرها همواره ممکن نیست. بسیاری از پیامدها و نتایج قابل تبدیل و اندازه‌گیری از طریق متغیرها نیستند.
 - در بسیاری مواقع، مدت‌زمانی لازم است تا سیاست و یا برنامه، تأثیر و پیامدهای خود را آشکار کند. غالباً در روش پیمایش مدت‌زمان تأثیرات برنامه در نظر گرفته نمی‌شود.
- به هر حال پیمایش بهترین روش ارزیابی سیاست نیست، اما در برخی موارد، مخصوصاً در مواردی که نیاز به ارزیابی سیاست‌های کلان و در سطح وسیعی می‌باشد، این روش می‌تواند روش مناسبی به شمار آید.

۳-۲- مدل‌های اقتصادسنجی: مدل‌سازی اقتصاد کلان و شبیه‌سازی^۱

مدل‌های اقتصادسنجی تلاش می‌کنند به ارزیابی پیامدها و آثار اقتصادی سیاست‌ها و برنامه‌ها بپردازند. در این نوع مدل‌ها، سیاست‌گذاران نتایج مورد انتظار گزینه‌ها و انتخاب‌های سیاستی را تحلیل و مقایسه می‌کنند. اینگونه مدل‌سازی و شبیه‌سازی بر اساس سناریوها با توجه به ماهیت پدیده‌های اقتصادی که غالباً پیچیده، غیرخطی و همراه با بازخوردهای متعدد است، بسیار مناسب می‌باشد.

با توجه به اینکه رفاه اجتماعی، غایت غالب سیاست‌ها و برنامه‌های دولت می‌باشد و وضعیت اقتصادی مهم‌ترین عامل مؤثر بر رفاه اجتماعی به‌شمار می‌رود، ارزیابی آثار اقتصادی برنامه‌های سیاستی از مهم‌ترین دغدغه‌های سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان می‌باشد.

1. Econometric models: Macroeconomic modeling and simulation

معمولاً تأثیر اسناد ملی فناوری‌های راهبردی بر متغیرهای اقتصادی مستقیم و ساده نیست، بلکه این تأثیر از طریق سایر متغیرهای واسطه و میانجی و به واسطه روابط علت و معلولی متعدد اعمال می‌شود. به عنوان مثال نمی‌توان به آسانی و بر اساس تجزیه و تحلیل‌های حاصل از پیمایش در خصوص تأثیر یک سند ملی بر متغیرهای اقتصادی نظیر اشتغال، رشد اقتصادی و یا بهره‌وری قضاوت کرد [۹].

یک مدل اقتصادسنجی کلان مجموعه‌ای از معادلات ساختاری است که بر اساس مبانی اقتصادی و برای تشریح اقتصاد و یا برخی از اجزای آن تدوین شده است. در این مدل‌ها دو دسته معادله وجود دارد: رفتاری^۱ و فردی^۲. همچنین در این مدل‌ها، دو نوع متغیر وجود دارد: متغیرهای درون‌زا که به ساختار اقتصادی (داخلی) می‌پردازند و متغیرهای برون‌زا که ارتباطات و تأثیرات بین‌المللی را بررسی می‌کنند.

۳-۲-۱- شرایط استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی کلان

باید توجه داشت که استفاده از این مدل‌ها برای ارزیابی برنامه‌هایی بزرگ مقیاسی مناسب است که تأثیرات اقتصادی و اجتماعی کلان و در سطح بین‌المللی دارند. بنابراین استفاده از آن برای برنامه‌های کوچک با سطح تأثیر محدود توصیه نمی‌گردد.

- استفاده از این روش نیازمند برخی الزامات است که مهم‌ترین آنها عبارتند از:
- در دسترس بودن حجم زیادی از اطلاعات اقتصادی-اجتماعی



- درجه بالایی از خبرگی و تخصص

- زمان و هزینه کافی

علاوه بر این الزامات، روش فوق برای مواقعی که برنامه اقدامات و سیاست‌ها پیامدهای اقتصادی مشهود دارد مناسب است.

۳-۲-۲- مراحل استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی

استفاده از این روش‌ها مستلزم پیمودن ۹ گام زیر است:

۱. تعریف اهداف مدل و امکان‌پذیری سنجش آن: ابتدا باید مشخص شود آیا سیاستی که قرار است ارزیابی شود، می‌تواند بر متغیرهای کلان اقتصادی تأثیر بگذارد یا نه؟ به عبارتی آیا پیامدهای اقتصادی قابل ملاحظه‌ای از سیاست متصور است یا نه؟ اگر پاسخ به سوال فوق مثبت است، این تأثیر چه میزان پیش‌بینی می‌شود و آیا این تأثیر کل اقتصاد را متأثر می‌سازد و تنها بر بخش و یا بخش‌هایی مؤثر است؟ برای اندازه‌گیری و ارزیابی این تأثیر چه متغیرهایی را می‌بایست اندازه‌گیری کرد و آیا اندازه‌گیری این متغیرها، پاسخ‌هایی را که تحلیل‌گر به دنبال آنهاست، ارائه می‌دهند یا نه؟

۲. بررسی در دسترس بودن داده‌ها: در این مرحله می‌بایست مشخص کرد چه داده‌هایی برای ارزیابی مورد نیاز است و آیا تمام داده‌های مورد نیاز در دسترس می‌باشد یا نه؟ همچنین در این مرحله می‌بایست نحوه مواجهه با داده‌های ناقص و یا مخدوش را روشن نمود.

۳. طراحی مدل مفهومی: در این گام متغیرهای اساسی مدل، روابط علی و معلولی این متغیرها، ابعاد و اجزای اصلی مدل مفهومی، مبانی زیربنایی و مطالعات تجربی صورت گرفته در این زمینه مشخص می‌شود. همچنین باید مشخص کرد آیا مدل مفهومی طراحی شده متناسب با واقعیت وضعیت موجود می‌باشد و یا نیاز به اصلاحات و تغییرات دارد؟

۴. جمع‌آوری و تحلیل و تبدیل داده‌ها: هرچند روش‌های اقتصادسنجی نیاز به حجم عظیمی از داده‌ها دارند، اما داده‌های خام موجود در بانک‌های داده، به ندرت در این معادلات قابل استفاده‌اند. بنابراین معمولاً به یک فرایند تبدیل بر روی داده‌های خام نیاز است تا این داده‌ها قابلیت استفاده در مدل را داشته باشند.



۵. طراحی معادلات اقتصادسنجی مدل^۱: در این مرحله معادلات اقتصادسنجی مدل تخمین زده می‌شوند. به عبارتی در این مرحله مدل نظری به مدل اقتصادسنجی تبدیل می‌شود. برای این کار ابتدا سری داده‌های معینی انتخاب می‌شوند که فرض می‌شود مقادیر متغیرهای موجود در مدل را نمایندگی می‌کنند. سپس فرض می‌گردد که متغیرهای نظری بر متغیرهایی که داده‌های انتخاب شده را ایجاد کرده‌اند، منطبق هستند، در نتیجه متغیرهای داده‌های واقعی در مدل جایگزین متغیرهای نظری می‌شوند. سپس یک جمله خطای تصادفی به معادله اضافه می‌شود و با تعریف فروضی بر روی جمله خطا، مدل آزمون می‌گردد.

۶. تست و کالیبره کردن مدل: حتی اگر با تخمین دقیقی، معادلات اقتصادسنجی طراحی شده باشند. ممکن است در عمل این معادلات به علت تأثیر متغیرهای بیرونی، نادیده گرفتن برخی پدیده‌ها و یا متغیرها و یا کیفیت نامناسب برخی داده‌ها، عملکرد ضعیفی از خود به نمایش بگذارند. در این مرحله، معادلات اقتصادسنجی مجدداً با داده‌های واقعی تنظیم می‌شوند و در صورت لزوم تغییراتی در معادلات و یا داده‌های مورد استفاده صورت می‌پذیرد. پس از این مرحله معادلات می‌توانند برای شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شرایط مختلف مورد استفاده قرار گیرند.

۷. شبیه‌سازی وضعیت پایه و تحلیل حساسیت: برای ارزیابی تأثیر سیاست‌ها بر عملکرد و وضعیت اقتصادی، بهتر است مشخص شود این عملکرد و وضعیت در صورت عدم وجود این سیاست‌ها چه حالتی پیدا می‌کند. با این اقدام، می‌توان وضعیت پایه را با فرض نبود این سیاست‌ها مدل‌سازی و طراحی کرد. فعالیت دیگری که در این مرحله انجام می‌شود، تحلیل حساسیت^۲

1. Econometric estimations of equations of the model
2. Sensitivity analysis

است. با تحلیل حساسیت می‌توان متوجه شد که نتایج مدل تا چه حد به تغییرات ارزش متغیرهای مدل حساس‌اند. یعنی در چه بازه‌ای ارزش هر کدام از متغیرهای مدل را می‌توان تغییر داد، بدون آنکه در نتایج مدل تغییری ایجاد شود.

۸. شبیه‌سازی وضعیت در صورت اجرای سیاست‌ها: در این حالت مقادیری که برای متغیرهای برون‌زا، ابزارهای سیاستی و سایر متغیرها به‌دست آمده است وارد عمل می‌شود و تأثیرات آنها بر مدل و نتایج مدل اندازه‌گیری می‌گردد.

۹. تفسیر نتایج: با مقایسه نتایج مراحل ۷ (شبیه‌سازی وضعیت پایه) و ۸ (شبیه‌سازی وضعیت در صورت اجرای سیاست‌ها) می‌توان به ارزیابی مفیدی از سیاست‌ها پرداخت.

باید توجه داشت با این روش می‌توان ارزیابی‌های پیش از پیاده‌سازی و پس از پیاده‌سازی را انجام داد. در موفق‌ترین تحلیل‌های اقتصادسنجی صورت‌گرفته تاکنون، حجم وسیعی از داده‌های اقتصادی مربوط به یک بازه زمانی قابل توجه (در حدود ۲۰ سال و یا حتی بیشتر از آن) جمع‌آوری و مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحلیل‌ها داده‌هایی مربوط به متغیرهای اقتصادی اجتماعی نظیر تولید ناخالص ملی، تولید ناخالص ملی بر سرمایه، رشد بهره‌وری تولید، اشتغال، نرخ واقعی دستمزدها، قیمت‌ها، نرخ بهره، نرخ برابری ارزها و داده‌هایی مرتبط با توسعه فناوری‌های راهبردی باشند هزینه‌های تحقیق و توسعه بخش دولتی و بخش خصوصی، انباشت سرمایه انسانی^۱، سرریز دانش و اطلاعاتی در خصوص ابزارهای سیاستی و برنامه‌های توسعه فناوری مثل معافیت‌های مالیاتی فعالیت‌های تحقیق و توسعه و یارانه‌های این فعالیت جمع‌آوری شده است. به هر حال در این روش مهم‌ترین ورودی، داده‌های معتبر و دقیق در یک بازه زمانی مشخص می‌باشد و بدون در اختیار داشتن این داده‌ها، روش اقتصادسنجی کارایی لازم را نخواهد داشت.

1. Human capital stock



۳-۳- مدل‌های اقتصادسنجی: مدل‌های اقتصادسنجی خرد^۱

اقتصاد خرد به بررسی عملکرد و وضعیت واحدهای اقتصادی در یک کشور می‌پردازد. واحدها می‌توانند شرکت‌ها (به‌عنوان مثال وقتی قصد بررسی وضعیت انتقال فناوری وجود دارد) و یا حتی افراد (به‌عنوان نمونه وقتی قصد مطالعه وضعیت اشتغال وجود دارد) باشند. از لحاظ مبانی نظری، روش اقتصادسنجی خرد مشابه اقتصادسنجی کلان می‌باشد. تفاوت عمده این دو روش سطح تجزیه و تحلیل و نوع متغیرها و داده‌های مورد استفاده آنهاست.

از نظر روش‌شناسی، مدل‌های اقتصادسنجی خرد به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند:

مدل‌هایی که از داده‌های مربوط به وضعیت گذشته بنگاه‌هایی که سیاست‌های مذکور در مورد آنها اعمال شده است و یا از مشوق‌ها و مزایای در نظر گرفته شده استفاده کرده‌اند بهره می‌برند و آن را با وضعیت کنونی آنها مقایسه می‌کنند.

مدل‌هایی که از داده‌های مربوط به وضعیت همزمان بنگاه‌هایی که سیاست مذکور در مورد آنها اعمال شده است و یا از مشوق‌های در نظر گرفته شده استفاده کرده‌اند و بنگاه‌هایی که این سیاست‌ها در مورد آنها اعمال نشده است و یا از این مشوق‌ها استفاده نکرده‌اند بهره‌برداری می‌کنند و ارزیابی‌ها را بر اساس مقایسه وضعیت این دو گروه از بنگاه‌ها انجام می‌دهد.

اگر از داده‌های گذشته بنگاه‌هایی که اهداف سیاست‌ها بوده‌اند استفاده گردد، باید متوجه متغیرهایی بود که خارج از سیاست‌ها، منجر به تغییر وضعیت این بنگاه‌ها از گذشته تاکنون شده‌اند. اگر از این نکته غفلت گردد، علت اصلی تغییر داده‌های گذشته تا حال، سیاست‌های طراحی شده تفسیر می‌شود، حال آنکه ممکن است در واقعیت، علل و دلایل دیگری سبب این تحولات شده باشند که آنها لحاظ نشده‌اند.

1. Arvanitis and Keilbach, 2002

همچنین اگر داده‌های مربوط به دو دسته از بنگاه‌های مشمول سیاست و بنگاه‌هایی که در دامنه تأثیر این سیاست قرار نداشته‌اند استفاده گردد، باید متوجه عوامل و دلایلی بود که خارج از سیاست‌های تدوین شده منجر به تغییر داده‌های این دو گروه بنگاه‌ها می‌شوند. اگر این نکته مورد توجه قرار نگیرد، تفاوت در داده‌های این دو گروه را ناشی از سیاست‌های طراحی شده می‌دانیم. در صورتی که ممکن است این تفاوت‌ها ناشی از سایر عوامل و دلایلی باشید که ارتباطی به این سیاست‌ها نداشته‌اند (مانند ساختار صنعت و بازار).

۳-۳-۱- شرایط استفاده از روش اقتصادسنجی خرد

روش اقتصادسنجی خرد مواقعی برای استفاده مناسب است که شرایط زیر مهیا باشد:

- دلایل کافی برای تأثیر سیاست‌ها در سطح بنگاه‌ها و سازمانها وجود داشته باشد
- اهداف سیاستی به صورت مستقیم و یا از طریق برخی شاخص‌ها قابل اندازه‌گیری باشند
- ارتباط میان تأثیر و پیامدهای سیاستی در سطح بنگاه‌ها و سازمانها با ابزارهای طراحی شده با تئوری‌های اقتصادی موجود توجیه‌پذیر باشد
- داده‌های متغیرهای اندازه‌گیری برای تعداد زیادی از بنگاه‌ها موجود باشد
- داده‌های کافی از وضعیت بنگاه‌ها قبل از پیاده‌سازی سیاست و یا وضعیت موجود بنگاه‌هایی که مشمول سیاست نمی‌باشند وجود داشته باشد.

۳-۳-۲- مراحل پیاده‌سازی مدل

مراحل پیاده‌سازی مدل‌های اقتصادسنجی خرد تا حد زیادی شبیه مراحل اجرای مدل‌های اقتصادسنجی کلان می‌باشد که در بخش قبل توضیح داده شده است. این مراحل به ترتیب عبارتند از:

تعریف متغیرهای هدف: تعیین متغیرهایی که اهداف سیاست‌های طراحی شده بوده‌اند. این اهداف می‌توانند شامل هدف‌های اولیه، ثانویه و نهایی باشند. با مشخص شدن این متغیرها در واقع مدل مفهومی ارزیابی ما مشخص می‌شود.

طراحی مدل اقتصادسنجی: مدل اقتصادسنجی بر اساس مدل مفهومی مشخص شده و بر مبنای تئوری‌های اقتصادی و با در نظر گرفتن ملاحظات در خصوص امکان جمع‌آوری داده‌ها طراحی می‌شود.

انتخاب روش اقتصادسنجی مناسب: بر اساس مدل اقتصادسنجی و داده‌های جمع‌آوری شده، روش مناسب اقتصادسنجی انتخاب می‌شود.

اجرای مدل اقتصادسنجی: در این مرحله بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده، مدل اقتصادسنجی اجرا می‌شود و برآوردهایی از متغیرهای مدل ارائه می‌شود.

تفسیر نتایج: مرحله آخر نیز تفسیر نتایج اقتصادسنجی خرد است.

۳-۳-۳- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

یکی از مهم‌ترین مزایای روش اقتصادسنجی خرد این است، تحلیل ارزیابی بر اساس رابطه علت معلولی میان متغیرهایی صورت می‌گیرد که این رابطه علت معلولی خود ریشه در تئوری‌های اقتصادی دارد. بنابراین از لحاظ نظری، روش کاملاً معتبری است.

همچنین این روش برای ارزیابی تأثیر یک سیاست، بر مجموعه بنگاه‌ها و یا سازمانی که تحت تأثیر مستقیم این سیاست قرار داشته‌اند (مثلاً بنگاه‌هایی که از مشوق‌های پیش‌بینی شده استفاده کرده‌اند) بسیار مناسب است. اما هنگامی که منظور ارزیابی، تأثیر غیرمستقیم این سیاست بر سایر بنگاه‌هایی که مشمول این سیاست نبوده‌اند (به‌عنوان مثال اثرات سرریز دانش، یا ارزیابی تأثیر سیاست بر یک بخش) این روش به‌تنهایی کافی نیست. در این مواقع می‌توان از ترکیب این روش با سایر روش‌ها مانند اقتصادسنجی کلان استفاده کرد.

مهم‌ترین ضعف مدل‌های اقتصادسنجی وابستگی شدید آنها به حجم انبوهی از داده‌ها در یک بازه زمانی طولانی می‌باشد. از سوی دیگر، حجم زیاد اطلاعات، هزینه و زمان این پروژه‌ها را افزایش می‌دهد. همانگونه که نیاز به تخصص بالا از نقطه‌ضعف‌های دیگر این نوع ارزیابی است. اختیار و اقتدار لازم برای دسترسی به این حجم از اطلاعات و الزام بنگاه‌ها به ارائه سایر اطلاعات مورد نیاز را نیز باید به فهرست فوق اضافه کرد.



همانطور که مشاهده می‌شود، اغلب نقطه ضعف‌های این روش به نحوه اجرا و مشکلات جمع‌آوری و دسترسی داده‌ها اشاره دارد. در حالیکه این روش از لحاظ تئوریک روش بسیار معتبری به‌شمار می‌رود.

۳-۴- مدل‌های اقتصادسنجی: اندازه‌گیری بهره‌وری

معمولاً بهره‌وری و افزایش بهره‌وری به‌عنوان یکی از اهداف مهم اغلب سیاست‌ها در نظر گرفته می‌شود. سطح تجزیه و تحلیل در ارزیابی بهره‌وری می‌تواند بهره‌وری نیروی کار، بهره‌وری یک واحد اقتصادی (سطح خرد)، بهره‌وری یک بخش صنعتی (سطح میانی) و یا بهره‌وری در یک منطقه یا کشور (سطح کلان) باشد.

مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد بهره‌وری می‌تواند یکی از مهم‌ترین دلایل اختلاف درآمد سرانه کشورهای مختلف باشد. بر همین اساس افزایش بهره‌وری به‌عنوان هدف نهایی اغلب اسناد ملی فناوری‌های راهبردی در نظر گرفته شده است. اسناد ملی فناوری‌های راهبردی ممکن است افزایش بهره‌وری در سطح خرد، میانی و کلان را هدف گرفته باشند. روش اندازه‌گیری بهره‌وری میزان موفقیت این سیاست‌ها در افزایش بهره‌وری را بررسی می‌کند. مهم‌ترین چالش این روش، تعدد عوامل مؤثر بر بهره‌وری است. به‌عبارت دیگر، شناسایی متغیرهای کنترلی مهم‌ترین مساله مدل اقتصادسنجی اندازه‌گیری بهره‌وری است. با توجه به اینکه شناسایی و اندازه‌گیری متغیرهای کنترل در سطح میانی و کلان با دشواری‌های فراوانی روبه‌رو است، این روش در سطح خرد امکان‌پذیری بالاتری دارد.

با این روش پروژه‌های زیادی در سطح خرد انجام شده است که در مهم‌ترین آنها، تأثیر سیاست‌های آزادسازی بر افزایش بهره‌وری در سطح واحدهای تولیدی اندازه‌گیری شده است. برخی پروژه‌ها نیز با این روش سرریزهای فناوری میان بنگاه‌ها را اندازه‌گیری کرده‌اند.

۳-۴-۱- روش انجام

شناسایی واحدهای نمونه: برای انجام ارزیابی بهره‌وری نیاز به دو گروه نمونه از بنگاه‌ها است. گروه اول بنگاه‌هایی هستند که به‌نظر می‌رسد سیاست‌های طراحی شده تأثیر مستقیمی بر بهره‌وری آنها داشته است و گروه دوم بنگاه‌هایی هستند که سیاست‌های مورد ارزیابی، افزایش بهره‌وری آنها را مد نظر نداشته‌اند.

طراحی مدل اقتصادسنجی: مدل اقتصادسنجی سنجش بهره‌وری بر اساس تابع تولید طراحی می‌شود. تابع تولید، تابعی است که ارتباط میان ورودی‌ها و بروندهای یک فعالیت اقتصادی را مشخص می‌کند.

جستجو و جمع‌آوری اطلاعات مناسب: در این مرحله می‌بایست، اطلاعات لازم از ورودی‌ها و بروندهای متناسب با مدل اقتصادسنجی جمع‌آوری شوند.

اجرای مدل اقتصادسنجی: در این مرحله بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده، مدل اقتصادسنجی اجرا می‌گردد.

تفسیر نتایج: بر اساس اطلاعات حاصل از اجرای مدل اقتصادسنجی، تأثیر سیاست‌ها بر افزایش بهره‌وری مورد تحلیل و ارزیابی قرار می‌گیرد.

۳-۴-۲- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

یکی از بزرگ‌ترین محدودیت‌های این روش نحوه سنجش خروجی‌هاست. اندازه‌گیری "ارزش افزوده" کار دشواری است که محاسبه آن همواره با ابهاماتی همراه است. چالش دیگر این روش، تعدد عوامل مؤثر بر بهره‌وری است. پارامترهای متعددی بر بهره‌وری یک واحد تولید مؤثرند که تفکیک میزان تأثیر هر یک از آنها و ارزیابی تأثیر سیاست‌ها به‌عنوان یکی از این عوامل از مسائل اصلی این روش است.

۳-۵- ارزیابی توسط خبرگان^۱

1. Expert panels and peer review

استفاده از پنل خبرگان^۱ و ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی^۲ از مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری است که در سال‌های اخیر برای ارزیابی سیاست نیز مورد استفاده قرار گرفته است. ارزیابی توسط خبرگان غالباً بر اساس قضاوت جمعی از متخصصان و صاحب‌نظران صورت می‌گیرد. مبنای قضاوت، اطلاعات و برداشت‌های تجربی و شخصی و/یا تحلیل و تفسیر شواهد و اطلاعاتی است که ممکن است حاصل ارزیابی از طریق سایر روش‌ها بوده باشند. ارزیابی از طریق خبرگان هم برای ارزیابی سیاست‌ها پس از اجرا و هم برای ارزیابی سیاست‌ها پیش از اجرا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استفاده از روش "ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی" برای ارزیابی پروژه‌ها قبل از اجرا به منظور تخصیص منابع مالی و حمایت‌ها بسیار معمول است. پنل‌های خبرگان نیز برای ارزیابی سیاست‌ها پس از اجرا بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش‌ها در مواقعی که اطلاعات و شواهد کافی وجود ندارد و ارزیابی پیامدهای اقتصادی اجتماعی برنامه‌ها و پروژه‌ها از سایر روش‌ها قابل اندازه‌گیری نیست، تصویری کلی از کیفیت و تأثیر این سیاست‌ها ارائه می‌دهد. روش پنل به‌خصوص هنگامی که ارزیابان علاقه‌مند به بررسی جنبه‌های جدیدی از تأثیرات سیاستی هستند بسیار مؤثر است. تنوع تخصصی و ذهنیتی گروه خبرگان، منبع بزرگی از ایده‌های نویی است که می‌تواند بر کیفیت ارزیابی مؤثر واقع شود.

گروه خبرگان می‌توانند علاوه بر اظهار نظر مراجع به نتایج و پیامدهای یک سیاست، در مورد روند کلی ارزیابی و مدیریت ارزیابی نیز پیشنهادهای ارائه کنند که در ارزیابی‌های آینده از آنها استفاده شود. این موضوع مزیتی است که در سایر روش‌ها کمتر به چشم می‌خورد.

۳-۵-۱- شرایط استفاده از خبرگان

1. Expert panels
2. Peer review

استفاده از نظرات خبرگان از منعطف‌ترین روش‌های ارزیابی سیاست است. اما برای استفاده از آن می‌بایست شرایطی مهیا باشد که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

- اعضای جامعه علمی با دانش کافی و خبرگان مرتبط با حوزه ارزیابی در دسترس بوده و برای مشارکت در فرایند ارزیابی تمایل داشته باشند.
- توقعات و سؤالات از گروه خبرگان باید در حد دانش و آگاهی آنها باشد. پیش‌فرض روش‌های استفاده از نظرات خبرگان، بهره‌برداری از دانش تخصصی و انباشتی حاصل از تجربه و دانش این افراد است.

۳-۵-۲- مراحل انجام روش استفاده از خبرگان

مشخص شدن موضوعات مورد بحث: در روش‌های استفاده از نظرات خبرگان، قبل از هر چیزی می‌بایست موضوعاتی که خبرگان قرار است راجع به آنها نظر دهند، مشخص شود. معمولاً این موضوعات توسط کارفرما (نهاد ارزیابی‌کننده) تعیین می‌شود.

انتخاب رییس پنل یا گروه خبرگان: با توجه به موضوعات مورد بحث، فردی با دانش و تجربه بالای تخصصی و مدیریتی به‌عنوان رییس پنل انتخاب می‌گردد.

انتخاب اعضای پنل با گروه خبره: با هماهنگی و مشارکت کارفرما و رییس پنل، اعضای خبرگان انتخاب می‌گردند.

برنامه‌ریزی پنل: زمانبندی و نحوه اجرای فرایند ارزیابی توسط اعضا و با مشارکت کارفرما مشخص می‌شود.

شناسایی و پشتیبانی نیازهای اطلاعاتی پنل: در این مرحله کلیه شواهد، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای قضاوت و تصمیم‌گیری گروه خبرگان شناسایی، تهدید و در اختیار آنها قرار داده می‌شود.

اجرای ارزیابی: اعضای پنل، مدیریت رییس پنل در خصوص موضوعات مورد بحث مطابق برنامه‌ریزی انجام‌شده به جمع‌بندی می‌رسند.

۳-۵-۳- داده‌های مورد نیاز



هرچند در این روش، برخلاف روش‌های کمی که پیشتر توضیح داده شد، عملیات خاصی بر روی داده‌ها صورت نمی‌پذیرد. اما داده‌ها به‌عنوان یکی از ورودی‌های اصلی قضاوت خبرگان اهمیت زیادی دارند. داده‌ها می‌بایست دقیق و کافی بوده و ساختار آنها به‌گونه‌ای باشد که خبرگان بدون نیاز به انجام عملیات پردازش بتوانند آن را تفسیر و تحلیل کنند.

۳-۵-۴- دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

روش‌های استفاده از نظرات خبرگان روش‌های منعطف و اثربخشی هستند که هم برای ارزیابی‌های پس از پیاده‌سازی و هم برای ارزیابی‌های پیش از پیاده‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

به نسبت سایر روش‌ها، این روش کم‌هزینه است. هرچند برگزاری پنل در مقایسه با ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی هزینه‌های پشتیبانی بیشتری را می‌طلبد. در موضوعاتی که به حوزه‌های خاص و محدودی از علم و تخصص مربوط می‌شوند بهتر است از روش ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی استفاده گردد و در حوزه‌های کلان‌تر از پنل. استفاده از ارزیابی توسط اعضای جامعه علمی برای ارزیابی و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه و حمایت از آنها بسیار معمول است. استفاده از پنل خبرگان برای ارزیابی سیاست در موضوعات مناقشه برآیند که نیاز به اجماع و توافق گروه‌های متعدد دارد، توصیه می‌شود.

۳-۶- مطالعه میدانی^۱ و مطالعه موردی^۱

1. Field study



در مطالعه میدانی به‌جای مطالعه موضوع تحت شرایط کنترل‌شده، به مشاهده مستقیم در شرایط واقعی پرداخته می‌شود. مطالعه میدانی نیازمند استفاده از طیف وسیعی از روش‌ها و تکنیک‌های مختلف است.

مطالعه موردی یکی از روش‌های مطالعه میدانی است که در ارزیابی سیاست مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مطالعه موردی، ارزیاب به تعامل اجتماعی مستقیم با موضوع ارزیابی می‌پردازد. ارزیابی با این روش مستلزم استفاده از روش‌ها و داده‌های کمی و کیفی از قبیل پیمایش، تحلیل محتوا، تحلیل آماری داده‌های ثانویه و نهایتاً مشاهده مستقیم است. ارزیابی نهایی نوعی از استنتاج تفسیری است که بر اساس این منابع اطلاعاتی و روش‌های تحلیلی متعدد استخراج می‌شود.

مطالعه میدانی و مطالعه موردی از روش‌های تحقیق کیفی در علوم اجتماعی می‌باشند که در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است.

برای ارزیابی سیاست به‌روش مطالعه میدانی با مطالعه موردی، لازم است ارزیابی با بررسی و مشاهده دقیق شامل گفتگو و مصاحبه با ذی‌نفعان مختلف سیاست، بررسی اسناد و مدارک، تحلیل داده‌های کمی از پیامدها و اثرات سیاست‌ها و سایر روش‌ها به مطالعه سیاست و نتایج آن بپردازد.

فصل چهارم:

جمع‌بندی و ارائه روش پیشنهادی

برای ارزیابی

همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد، ارزیابی سیاست‌ها و اهداف بیش از آنکه از ماهیتی نظری برخوردار باشد، متعلق به حوزه اجرا و عملیاتی است. اجرایی بودن این حوزه، ضرورت نوآوری در روش پیشنهادی برای بخش پایش و ارزیابی اسناد ملی فناوری را کم‌رنگ می‌نماید. بنابراین، آنچه در این قسمت لازم است تا به‌عنوان روش پیشنهادی بر آن تأکید گردد، ارائه یک جمع‌بندی از روش‌ها و قالب‌های موجود ارزیابی و واگذاری تصمیم برای انتخاب روش مناسب به سیاست‌گذار و اجراکنندگان سند است.

تاکنون با مرور ادبیات صورت پذیرفته، تعریف، جایگاه، قالب‌های عمومی و گام‌های ارزیابی و تحلیل تأثیرات مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس این بررسی، پایش و ارزیابی سیاست‌ها و اهداف عبارت است از مطالعه تأثیر مجموعه‌ی هدایت‌شده‌ای از راهبردها، سیاست‌ها، اقدامات و برنامه‌ها بر وضعیت اهداف کلان و خرد و تعیین چرایی موفق بودن یا ناکام بودن دستیابی به این اهداف. بر اساس این تعریف، یکی از مهمترین نکاتی که باید در ارزیابی سیاست‌ها مورد توجه قرار بگیرد همراستایی این ارزیابی با جهت‌گیری‌های بالادستی است.

چارچوب کلی گام‌هایی که باید در مؤلفه برنامه ارزیابی و به‌روزرسانی اسناد ملی توسعه فناوری‌های راهبردی طی شود شامل ۳ مرحله اساسی است که در ادامه تشریح می‌گردد:

۴-۱- تدوین شاخص‌های ارزیابی کارایی و اثربخشی

در این گام، می‌بایست انواع شاخص‌های اندازه‌گیری‌کننده اهداف خرد و کلان هر یک از فناوری‌ها احصاء شوند. در این گام، می‌بایست شاخص‌های مربوط به راستی‌آزمایی ارکان جهت‌ساز همانند اهداف کلان و هم شاخص‌های مرتبط با برنامه اقدامات و سیاست‌ها مانند اهداف خرد را احصاء و بررسی نمود. نکته مهم و قابل تأمل این است که این شاخص‌ها می‌بایست هم خروجی‌ها و هم پیامدها را ارزیابی کنند. به عبارت دیگر هم شاخص‌های مرتبط با اثربخشی می‌بایست تدوین و ارزیابی گردند و هم شاخص‌های مرتبط با کارایی.

۴-۲- تدوین مکانیزم ارزیابی

روش‌های مختلفی در مرور ادبیات برای ارزیابی و تحلیل تأثیرات نام برده شد که هر کدام آن‌ها ویژگی‌ها و نقاط قوت و ضعف مربوط به خود را داشتند. سیاست‌گذار یا ارزیابی‌کننده یک سند ملی توسعه فناوری لازم است تا با توجه به شرایط خاص مرتبط با موضوع خود، از روش (های) متناسب ارزیابی (پیمایش نوآوری، مدل‌های اقتصادسنجی (کلان، خرد، بهره‌وری)، ارزیابی توسط خبرگان، مطالعات موردی و تحلیل شبکه) بهره‌گیرد.

به‌منظور فراهم‌آوری بستر تصمیم‌سازی برای سیاست‌گذاران، می‌توان جدولی مقایسه‌ای از روش‌های مختلف ارزیابی ارائه نمود. زیر با ارائه خلاصه‌ای از ویژگی‌های هر روش از ابعاد مبنای روش، نقاط ضعف و قوت، جنس داده‌های موردنیاز و شرایط استفاده، سیاست‌گذاران را در انتخاب متناسب‌ترین روش با موضوع سند راهبردی کمک می‌کند.

جدول (۴-۱): ویژگی‌های روش‌های ارزیابی

روش	مبنای نظری	ضعف	قوت	نوع داده	شرایط استفاده
پیمایش نوآوری	جمع‌آوری و تحلیل گسترده‌ی وسیعی از داده‌ها مبتنی بر نظرات خبرگان	وجود خطر جانبدارانه بودن نظرات افراد متخصص - عدم در نظرگیری فاصله زمانی تأثیر سیاست‌ها در ارزیابی	برخورداری از نظرات افراد متخصص و در محوریت قرار دادن موضوع نوآوری	کمی-کیفی	ارزیابی سیاست‌های کلان که اثرگذاری بر شاخص-های ملی نوآوری دارند
اقتصادسنجی-کلان	معادلات ساختاری بر اساس مبنای اقتصاد و برای توضیح روابط علی معلولی میان اجزا	دشواری در جمع‌آوری حجم زیادی از اطلاعات اقتصادی-اجتماعی معتبر و دقیق در یک بازه زمانی مشخص-زمان و هزینه بالا	دقت بالا و ارائه تحلیل‌ها و نتایجی مبتنی بر منطق ریاضی	کمی	ارزیابی تأثیر سیاست‌های کلان بر فاکتورهای رفاه اقتصادی کشور
اقتصادسنجی-خرد	بررسی عملکرد و وضعیت واحدهای اقتصادی بر مبنای معادلات ساختاری	عدم توانایی در در نظرگیری در تأثیرات غیرمستقیم سیاست‌ها مانند اثرات سرریز دانش - وابستگی شدید آنها به حجم انبوهی از داده‌ها در یک بازه زمانی طولانی -	دقت بالا و ارائه تحلیل‌ها و نتایجی مبتنی بر منطق ریاضی	کمی	ارزیابی تأثیر سیاست‌ها بر مجموعه بنگاه‌ها و یا سازمان (سطح خرد)
اقتصادسنجی-بهره‌وری	بررسی بهره‌وری واحدهای اقتصادی بر مبنای روش‌های اقتصادسنجی	دشواری در حوزه سنجش خروجی (ارزش افزوده) - تعدد عوامل مؤثر بر بهره‌وری	دقت بالا و ارائه تحلیل‌ها و نتایجی مبتنی بر منطق ریاضی	کمی	بررسی تأثیر سیاست‌ها در سطح خرد

روش	مبنای نظری	ضعف	قوت	نوع داده	شرایط استفاده
گروه کنترل	جمع‌آوری اطلاعات بر مبنای نظرات خبرگان و تحلیل آن‌ها بر اساس روش‌های آماری		تفکیک اثرات سیاستی از سایر عوامل تأثیرگذار بر شاخص‌های رشد بنگاه‌ها	کمی	ارزیابی کارایی و اثربخشی سیاست‌ها در سطح خرد
تحلیل هزینه-فایده	بررسی اثرات مثبت و منفی اجتماعی-اقتصادی ناشی از اعمال سیاست‌ها با استفاده از روش‌های کمی‌سازی	دشواری در محاسبه هزینه‌ها و فایده‌ها در زمانی آینده (عدم قطعیت بالا)	همه‌جانبه بودن: پوشش کامل هزینه‌ها و فایده‌های مشهود و نامحسوس، در افق زمانی حال و آینده، و در گروه‌های هدف و غیر هدف	کمی-کیفی	ارزیابی تعداد محدودی پروژه‌های بزرگ و نه تعداد زیادی پروژه کوچک
ارزیابی توسط خبرگان	جمع‌بندی نظرات متخصصین	کم‌هزینه بودن	دقت کمتر در مقایسه با سایر روش‌ها	کیفی	شرایطی که اطلاعات و داده‌های کافی برای تحلیل‌های کمی وجود ندارد - در شرایط و سیاست‌هایی که اختلاف-نظر بر سر آن‌ها زیاد است
مطالعات موردی	پیمایش، تحلیل محتوا، تحلیل آماری و مشاهده مستقیم شرایط واقعی و نتیجه‌گیری بر اساس آن	برخورداری از طیف گسترده‌ای از ورودی‌های داده مشتمل بر مشاهده مستقیم	پرهزینه بودن و زمان	کمی-کیفی	در شرایطی که ارزیاب به تعامل اجتماعی مستقیم با موضوع ارزیابی
پهینه‌گزینی	یادگیری از مقایسه عملکرد یک واحد با نمونه‌های موفق و ناموفق	بهره‌گیری از تجارب موفق و ناموفق سایر کشورها (یا واحدها) در طراحی سیاست‌ها	نادیده‌گرفتن تمام جنبه‌های اثرات سیاست - خطر ناهمخوانی مکانی زمانی از مطالعات تطبیقی	کیفی	یادگیری‌های حاصله می‌بایست به‌عنوان یک ورودی در طراحی و یا ارزیابی سیاست مدنظر سیاست‌گذاران مورد استفاده قرار گیرد

بر مبنای این جدول، سیاست‌گذار می‌تواند نیازهای مسئله خود را با ویژگی‌های بیان شده برای هر روش تطبیق داده و مکانیزم و یا روش مناسب ارزیابی را برگزیند. با توجه به اینکه روش ارزیابی توسط خبرگان نسبت به سایر روش‌ها دقیق تر و کم هزینه تر می باشد، در این سند از این روش برای ارزیابی اهداف کلان و خرد با توجه به شاخص های تعیین شده استفاده می شود.

۳-۴- تدوین ساختار نظارت و به‌روزرسانی

پس از تدوین شاخص‌های ارزیابی و تدوین مکانیزم ارزیابی، می‌بایست ساختار نظارت و به‌روزرسانی سند تعیین گردد. عموماً هر سند ملی توسعه فناوری می‌بایست هر چند سال یکبار، مورد بازنگری قرار گرفته و بررسی مجدد شود. این موضوع به دلیل این است که هم خود فناوری در حال تغییر و تحول است، هم شرایط محیطی آن فناوری اعم از محیط اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی آن فناوری در حال تغییر است و هم توانمندی شرکت‌ها و بنگاه‌های داخلی تغییر نموده و متناسب با این تغییرات هم ارکان جهت‌ساز، هم برنامه اقدامات و سیاست‌ها و برنامه عملیاتی می‌بایست بازنگری، اصلاح و تکمیل گردد. با توجه به موارد فوق، می‌بایست ساختاری متشکل از تمامی ذی‌نفعان در زمینه توسعه فناوری موتورهای الکتریکی، اعم از سازمان‌ها و ارگان‌های دولتی، دانشگاهیان و پژوهشگران و متخصصین، و همچنین صاحبان صنایع و بنگاه‌های خصوصی تأثیرگذار وظیفه ارزیابی و به‌روزرسانی را بر عهده داشته باشد. این ارزیابی و به‌روزرسانی هم می‌تواند موردی و مقطعی بنا به ضرورت بوده و اهداف تعیین شده برای هر یک از فناوری‌ها را بازنگری کند و هم می‌تواند به طور منظم هر ۳ یا ۵ سال یکبار به منظور بازنگری و اصلاح این اهداف رخ دهد. با توجه به اینکه اهداف تعیین شده در نقشه راه هر یک از فناوری‌ها از نظر زمانی با یکدیگر تفاوت دارند، در نتیجه در این سند ارزیابی به صورت موردی برای هر یک از این فناوری‌ها انجام خواهد شد

فصل پنجم:

فرایند ارزیابی فناوری‌های موتورهای

الکتریکی

مکانیزمی که در این سند برای ارزیابی تحقق اهداف کلان، پروژه‌های فنی و اقدامات مدیریتی در نظر گرفته شده است شامل

مراحل اصلی زیر است:

- تدوین شاخصهای عملکردی و اثربخشی
- شناسایی منابع اطلاعاتی برای اندازه گیری شاخصها
- جمع آوری اطلاعات و مقایسه با معیارهای کمی تعیین شده
- تفسیر نتایج و ارائه پیشنهاد

مرحله اول از مکانیزم ارزیابی سند که شامل تدوین شاخصهای عملکردی و اثربخشی می‌باشد قبل از اجرایی شدن سند صورت می‌پذیرد. در این مرحله برای اهداف کلان، پروژه‌های فنی و اقدامات مدیریتی هر یک از فناوری‌ها تعدادی شاخص تعریف شده است. پس از آغاز اجرایی شدن سند و تشکیل ستاد راهبری سند، منابع اطلاعاتی که می‌توان میزان شاخصها را با کمک آنها تعیین کرد، شناسایی شده و طی دوره‌های زمانی مشخص مقادیر شاخصها اندازه گیری شده و نتایج حاصل از آن مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت لزوم بازنگری‌های لازم صورت می‌پذیرد. در ادامه شاخصهای مورد نیاز جهت به کارگیری موتورهای الکتریکی و نحوه دستیابی به آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

۵-۱- تدوین شاخصهای عملکردی و اثربخشی

شاخص، استاندارد است که دستیابی به آن نشان دهنده نیل به مقصد می‌باشد. جزئیات شاخصها تعیین کننده طرز اندازه‌گیری دامنه دستیابی به اهداف عینی در زمانهای مختلف می‌باشد. اندازه‌گیری‌ها می‌توانند کمی، کیفی و یا رفتاری باشند. شاخصها همان ابزار نظارت بر پیشرفت سطوح راهبردی هستند که ناظر بر طبق آنها میزان تحقق آن سطح را اندازه‌گیری می‌نماید. از همین رو شاخصها می‌باید ابعاد مختلف سطوح راهبردی را مورد توجه قرار دهند به شکلی که پیشرفت امور بر اساس شاخصها تضمین کننده تحقق کامل اقدامات گردد.

با توجه به موارد مطرح شده، در این بخش شاخصها در سطوح اهداف کلان، پروژه‌های فنی و اقدامات مدیریتی طراحی شده‌اند. در ادامه شاخصهای تعیین شده برای بررسی تحقق اهداف کلان، پروژه‌های فنی و اقدامات مدیریتی برای هر یک از فناوری‌ها در جداول زیر آورده شده‌اند.

جدول (۵-۱): شاخص های ارزیابی اهداف کلان توسعه فناوری موتورهای الکتریکی

شاخص	اهداف	کاربرد	حوزه اهداف
کاهش مصرف انرژی به میزان حداقل ۱۱،۰۰۰ گیگاوات ساعت	کاهش مصرف انرژی	خانگی	بخش کاربرد در صنعت، خانگی و کشاورزی
کاهش مصرف انرژی به میزان حداقل ۴۳۰۰ گیگاوات ساعت	کاهش مصرف انرژی	صنعت	
کاهش مصرف انرژی به میزان ۱۲۷۰ گیگاوات ساعت	کاهش مصرف انرژی	کشاورزی	
ساخت نمونه اولیه موتور سنکرون آهنربای دایم با توان بیش از ۵۰۰ اسب بخار	ساخت نمونه اولیه	صنعت	بخش کسب دانش فنی
ساخت نمونه اولیه موتور ابررسانا با توان بیش از ۵۰۰ اسب بخار			
ساخت نمونه اولیه موتورهای کشنده القایی (توان پایین، توان متوسط و توان بالا)	ساخت نمونه اولیه	حمل و نقل	
ساخت نمونه اولیه موتورهای کشنده آهنربای دایم (توان پایین، توان متوسط و توان بالا)			
ساخت نمونه اولیه موتورهای کشنده رلوکتانسی (توان پایین، توان متوسط و توان بالا)			

جدول (۵-۲): شاخص های ارزیابی پروژه‌های توسعه فناوری موتورهای الکتریکی

نام طرح	افق اجرای طرح	نوع فناوری	اهداف	شاخص	
جایگزینی موتور کولر ابی	کوتاه مدت	بهینه سازی القایی تک فاز دو خازنه	تولید و جایگزینی	به میزان ۴/۵ میلیون قطعه	
				با توان خروجی ۲۵۰ وات و بازدهی بیش از ۶۰ درصد	
	میان مدت	موتور القایی سه فاز	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت (ساخت نمونه اولیه)	تولید و جایگزینی	با توان خروجی ۲۵۰ وات و بازدهی بیش از ۶۵ درصد
					منطبق با استانداردهای بین المللی
					با توان خروجی ۲۵۰ وات و بازدهی بیش از ۶۵ درصد
					به میزان ۴/۵ میلیون قطعه (مشترک با آهنربائی دائم)
					با توان خروجی ۲۵۰ وات و بازدهی بیش از ۷۵ درصد
					منطبق با استانداردهای بین المللی
	بلند مدت	موتور آهنربای دائم	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت (ساخت نمونه اولیه)	تولید و جایگزینی	با توان خروجی ۲۵۰ وات و بازدهی بیش از ۷۵ درصد
					به میزان ۴/۵ میلیون قطعه (مشترک با القائی سه فاز)
					با توان خروجی ۲۵۰ وات و بازدهی بیش از ۷۵ درصد
					منطبق با استانداردهای بین المللی
بلند مدت	موتور رلوکتانسی	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت (ساخت نمونه اولیه)	تولید و جایگزینی	با توان خروجی ۲۵۰ وات و بازدهی بیش از ۷۵ درصد	
				به میزان ۴/۵ میلیون قطعه	
				با توان خروجی ۲۵۰ وات و بازدهی بیش از ۷۵ درصد	
				منطبق با استانداردهای بین المللی	

نام طرح	افق اجرای طرح	نوع فناوری	اهداف	شاخص
الکتروموتورهای صنعتی توان متوسط	کوتاه مدت	القائی مطابق استاندارد IE2	تولید	منطبق با استاندارد IE2
	میان مدت			با توانهای ۱۵، ۱۵۰ و ۳۷۰ کیلووات و منطبق بر جداول بازدهی موتورهای الکتریکی با استاندارد IE2
				در بازه توانی کمتر از ۵۰۰ اسب بخار و منطبق بر جداول بازدهی موتورهای الکتریکی با استاندارد IE2
				به میزان ۷۰۰ مگاوات
				با توان کمتر از ۵۰۰ اسب بخار و منطبق بر جداول بازدهی موتورهای الکتریکی با استاندارد IE2
	بلند مدت			به میزان ۱۳۰۰ مگاوات
الکتروموتورهای صنعتی توان متوسط	میان مدت	القائی مطابق استاندارد IE3	تولید	منطبق با استاندارد IE3
	بلند مدت			با توانهای ۱۵، ۱۵۰ و ۳۷۰ کیلووات و منطبق بر جداول بازدهی موتورهای الکتریکی با استاندارد IE3
				با توان کمتر از ۵۰۰ اسب بخار و منطبق بر جداول بازدهی موتورهای الکتریکی با استاندارد IE3
				به میزان ۷۵۰ مگاوات
بلند مدت	القائی مطابق استاندارد IE4	تولید	منطبق با استاندارد IE4	

نام طرح	افق اجرای طرح	نوع فناوری	اهداف	شاخص
				با توانهای ۱۵، ۱۵۰ و ۳۷۰ کیلووات و منطبق بر جداول بازدهی موتورهای الکتریکی با استاندارد IE4
دراپورهای الکتروموتورهای صنعتی	کوتاه مدت	دراپورهای توان پایین و متوسط	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت (ساخت نمونه اولیه)	در توانهای ۴۰ و ۳۷۰ کیلووات منطبق با استانداردهای بین المللی
			تولید	در بازه توانی ۴۰ تا ۳۷۰ کیلووات به میزان حداقل ۱۶۰ مگاوات
	میان مدت	دراپورهای توان بالا	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت (ساخت نمونه اولیه)	توان ۷۵۰ کیلووات منطبق با استانداردهای بین المللی
			تولید	در بازه توانی ۴۰ تا ۷۵۰ کیلووات به میزان حداقل ۳۸۰ مگاوات
دراپورهای الکتروموتورهای کشاورزی	کوتاه مدت	دراپورهای توان پایین و متوسط و بالا	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت (ساخت نمونه اولیه)	الکتروپمپ شناور با موتور القایی سه فاز و با توان ۳۷ کیلووات و بازدهی بیش از ۶۲ درصد منطبق با استانداردهای بین المللی
			تولید و جایگزینی	الکتروپمپ شناور با موتور القایی سه فاز و با توان ۳۷ کیلووات و بازدهی بیش از ۶۲ درصد به میزان حداقل ۲۷۰۰۰ دستگاه
	میان مدت	موتور آهنربای دایم	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت (ساخت نمونه اولیه)	الکتروپمپ شناور با موتور آهنربای دایم و با توان ۳۷ کیلووات و بازدهی بیش از ۶۵ درصد منطبق با استانداردهای بین المللی
			تولید و جایگزینی	

نام طرح	افق اجرای طرح	نوع فناوری	اهداف	شاخص
	بلند مدت		تولید و جایگزینی	الکترومپم شناور با موتور آهنربای دائم و با توان ۳۷ کیلووات و بازدهی بیش از ۶۵ درصد
				به میزان حداقل ۲۷۰۰۰ دستگاه
کمپرسورهای یخچال/فریزر خانگی	کوتاه مدت	با موتور آهنربای دائم BLDC	تولید	با توان مصرفی ۱۷۰ وات در سرعت ۱۸۰۰ RPM
				منطبق با استانداردهای بین المللی
				با توان مصرفی ۱۷۰ وات در سرعت ۱۸۰۰ RPM
	میان مدت		به میزان حداقل ۲ میلیون قطعه	
			با توان مصرفی ۱۷۰ وات در سرعت ۱۸۰۰ RPM	
			به میزان حداقل ۳ میلیون قطعه	
میان مدت	میان مدت	کمپرسور خطی	تولید	با توان مصرفی کمتر از ۱۷۰ وات
				منطبق با استانداردهای بین المللی
	بلند مدت		تولید	با توان مصرفی کمتر از ۱۷۰ وات
				به میزان حداقل ۳ میلیون قطعه
	بلند مدت	با موتور رلوکتانسی	تولید	با توان مصرفی ۱۷۰ وات در سرعت ۱۸۰۰ RPM
				منطبق با استانداردهای بین المللی
الکتروموتورهای صنعتی توان بالا	میان مدت	آهنربای دائم	تولید	با توان ۱ مگاوات
				منطبق با استانداردهای بین المللی

نام طرح	افق اجرای طرح	نوع فناوری	اهداف	شاخص
	بلند مدت	ابر رسانا	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت (ساخت نمونه اولیه)	با توان ۱ مگاوات
				منطبق با استانداردهای بین المللی
	کوتاه مدت		دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت (ساخت نمونه اولیه)	با توانهای ۵۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلووات
				منطبق با استانداردهای بین المللی
الکتروموتورهای کشنده	میان مدت	موتورهای القایی	تولید	بازه توانی ۱۰ تا ۵۰ کیلووات برای خودروی سواری و ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلووات برای اتوبوس
	بلند مدت			به میزان حداقل ۱۰۰۰۰ دستگاه با کاربرد اتوبوس و خودرو سواری
				بازه توانی ۱۰ تا ۵۰ کیلووات برای خودروی سواری، ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلووات برای اتوبوس، ۱۸۰ تا ۲۰۰ کیلووات برای قطار شهری و ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلووات برای قطار
			تولید	به میزان حداقل ۳۵۰۰۰۰ دستگاه با کاربرد اتوبوس و خودرو سواری و ۴۰۰۰۰ دستگاه با کاربرد قطار و مترو
	میان مدت	موتورهای آهنربایی	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت (ساخت نمونه اولیه)	با توانهای ۵۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلووات
				منطبق با استانداردهای بین المللی
	بلند مدت		تولید	بازه توانی ۱۰ تا ۵۰ کیلووات برای خودروی سواری، ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلووات برای اتوبوس، ۱۸۰ تا ۲۰۰ کیلووات برای قطار شهری و ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلووات برای قطار

نام طرح	افق اجرای طرح	نوع فناوری	اهداف	شاخص
				به میزان حداقل ۱۸۰۰۰۰ دستگاه با کاربرد اتوبوس و خودرو سواری و ۱۰۰۰ دستگاه با کاربرد قطار و مترو
	بلند مدت	موتورهای رلوکتانسی	دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت (ساخت نمونه اولیه)	با توانهای ۵۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ کیلووات
				منطبق با استانداردهای بین المللی

جدول (۳-۵): شاخص های ارزیابی اقدامات توسعه فناوری موتورهای الکتریکی

شاخص	بازه زمانی (سال)	مدت اجرا (ماه)	اقدامات
به تفصیل در جدول (۲-۵) بیان شده است			تعریف پروژه‌های ملی مورد حمایت دولت در راستای نیازمندی‌های کشور
حمایت مالی از ۲۰ پایان نامه با در نظر گرفتن استانداردهای مورد قبول مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی	۱۰		حمایت مالی از پایان نامه‌های کارشناسی ارشد مطالعاتی
حمایت مالی از ۲۰ پایان نامه با در نظر گرفتن استانداردهای مورد قبول مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی	۱۰		حمایت مالی از پایان نامه های کارشناسی ارشد کاربردی
حمایت مالی از ۲۰ پایان نامه با در نظر گرفتن استانداردهای مورد قبول مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی	۱۰		حمایت مالی از پایان نامه های دکتری
حمایت مالی از ۲ پایان نامه با در نظر گرفتن استانداردهای مورد قبول مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی	۳		حمایت تشویقی از صنعتی شدن نتایج پایان نامه ها در ۳ سال اول
حمایت مالی از ۴ پایان نامه با در نظر گرفتن استانداردهای مورد قبول مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی	۳		حمایت تشویقی از صنعتی شدن نتایج پایان نامه ها در ۳ سال دوم
حمایت مالی از ۸ پایان نامه با در نظر گرفتن استانداردهای مورد قبول مرکز توسعه فناوری موتورهای الکتریکی	۳		حمایت تشویقی از صنعتی شدن نتایج پایان نامه ها در ۳ سال اول

ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران در حوزه توسعه دانش براساس نیازمندی‌های موجود

شاخص	بازه زمانی (سال)	مدت اجرا (ماه)	اقدامات
تدوین ۶ گزارش با توجه به متدولوژی تدوین برنامه راهبردی بنگاه		۸	تدوین برنامه راهبردی مرکز
تاسیس و راه‌اندازی یک مرکز متولی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی		۶	اخذ موافقت تأسیس مرکز از مراجع ذیربط
		۳	انجام اقدامات اجرایی لازم در خصوص شروع به کار دبیرخانه مرکز
		۳	تامین محل استقرار دبیرخانه مرکز و تجهیز آن (سخت افزاری و نرم افزاری)
			تشکیل مرکز و تامین کادر اداری مورد نیاز
تاسیس و راه‌اندازی آزمایشگاه برای توان ۵ مگاوات			تاسیس آزمایشگاه برای توان ۵ مگاوات
تاسیس و راه‌اندازی آزمایشگاه الکتروموتورهای در بازه توانی ۷۵ تا ۳۷۵ کیلووات			آزمایشگاه الکتروموتورهای در بازه توانی ۷۵ تا ۳۷۵ کیلووات
راه‌اندازی یک انجمن صنفی در زمینه سازندگان ماشین‌های الکتریکی	۱	۱۲	تأسیس دفتر ارتباط با تشکل‌های علمی، صنفی و غیردولتی حامی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی
۲ مطالعه	۱	۶	مطالعه و شناسایی زمینه‌های توسعه تشکل‌های علمی، صنفی و غیردولتی حامی فناوری موتورهای الکتریکی و راهکارهای انگیزشی و حمایتی از آنها
ایجاد یک بانک اطلاعاتی مناسب با مشخصات ذکر شده با توجه به استانداردهای مرکز و	۱۰	۱۲	ایجاد و توسعه شبکه اطلاع‌رسانی به تشکل‌های فعال به منظور ارائه آخرین اخبار و تحولات و تصمیمات اخذ شده در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی
-	۱۰	۱۲	ارائه خدمات علمی به تشکل‌های فعال و زمینه‌سازی برای برقراری تبادل علمی و فنی بین آنها و سایر تشکل‌های داخل و خارج کشور

شاخص	بازه زمانی (سال)	مدت اجرا (ماه)	اقدامات
تدوین ۱ گزارش با مشخصات ذکر شده	۱	۴	مطالعه و بررسی نحوه استفاده از سازوکارهای مختلف انگیزشی - حمایتی از بنگاه‌های تولیدکننده موتورهای الکتریکی
راه‌اندازی یک پایگاه اطلاع رسانی و برگزاری نمایشگاه تخصصی هر دو سال یکبار	۵	۱۲	اطلاع رسانی عمومی و تخصصی از طریق بولتن، پایگاه اطلاع رسانی و نمایشگاه‌های تخصصی در جهت معرفی مزیت‌ها و جنبه‌های فنی و اقتصادی فناوری موتورهای الکتریکی با بازده بالا
تدوین دو گزارش در زمینه پیشنهاد مجموعه ای از قوانین مورد نیاز با مشخصات ذکر شده	۱	۹	تدوین و پیشنهاد مجموعه‌ای از قوانین، آئین نامه‌ها و مصوبات لازم در جهت حمایت از فن‌آوری موتورهای الکتریکی با بازده بالا و ارتقاء تحقیق و توسعه و تجاری‌سازی آن از روش‌های مختلف
تدوین ۲ گزارش با مشخصات ذکر شده	۵	۱۲	هماهنگی و حمایت از ایجاد بازارهای داخلی و تسهیل دسترسی فعالان صنعت فناوری موتورهای الکتریکی با بازده بالا به بازارهای بین‌المللی
حمایت علمی و فنی از ۱۰ بنگاه‌ها مشخصات ذکر شده	۵	۱۲	حمایت علمی، فنی و تکنولوژیکی از بنگاه‌های اقتصادی فناوری موتورهای الکتریکی با بازده بالا توسط نهادهای متولی تحقیق و توسعه
تدوین ۳ گزارش با مشخصات ذکر شده	۲	۱۲	مطالعه آسیب شناسی نظام توسعه فناوری کشور در ابعاد مختلف مرتبط با توسعه فناوری موتورهای الکتریکی
تدوین ۴ گزارش با مشخصات ذکر شده			انجام مطالعات تطبیقی در زمینه قوانین و مقررات سایر کشورها در حمایت از توسعه فناوری موتورهای الکتریکی
تدوین دو قانون با مشخصات ذکر شده			تدوین قوانین و مقررات مورد نیاز در خصوص حمایت از توسعه فناوری موتورهای الکتریکی در کشور

حمایت‌های لازم جهت ایجاد انگیزش طرف تقاضا با برنامه‌های تشویقی یا اعمال استانداردهای اجباری در بخش‌های مختلف اقتصادی برای استفاده از موتورهایی با بازده بالا

ایجاد قوانین و دستورالعمل‌های مرتبط با جهت‌دهی به نظام توسعه فناوری موتورهای الکتریکی

شاخص	بازه زمانی (سال)	مدت اجرا (ماه)	اقدامات
به تصویب رسید قانون			پیگیری در جهت تصویب قوانین در مراجع ذی صلاح
تدوین ۱ گزارش با مشخصات ذکر شده		۳	مطالعه آسیب شناسی در خصوص استانداردهای موجود
تدوین ۳ گزارش با مشخصات ذکر شده		۳	مطالعات تطبیقی در زمینه استانداردهای سایر کشورها
تدوین استاندارد مورد نیاز با توجه به نظر مرکز		۸	تدوین استانداردهای بومی
به تصویب رسید قانون		۱۰	پیگیری در جهت تصویب در نهاد های ذی صلاح
پیاده سازی نظام تایید صلاحیت فنی مهندسان و مشاوران حوزه صنعت موتورهای الکتریکی			پیگیری برای پیاده سازی نظام تایید صلاحیت فنی مهندسان و مشاوران حوزه صنعت موتورهای الکتریکی
چاپ نشریه با مشخصات ذکر شده هر سال ۴ مجله	۱۰	۴	چاپ نشریه تخصصی آکادمیک و دانشگاهی در حوزه فناوری موتورهای الکتریکی
برگزاری کنفرانس با مشخصات ذکر شده هر سال ۱ کنفرانس	۱۰	۳	برگزاری کنفرانس علمی و تخصصی ماشین های الکتریکی
چاپ نشریه با مشخصات ذکر شده هر سال ۴ مجله	۱۰	۴	چاپ نشریات تخصصی صنعتی برای افزایش و به روز رسانی اطلاعات کاربران موتورهای الکتریکی در بخش های مختلف صنعت

تدوین استاندارد انرژی

ایجاد فضا برای توسعه آگاهی بخشی در فناوری موتورهای الکتریکی

شاخص	بازه زمانی (سال)	مدت اجرا (ماه)	اقدامات
برگزاری نمایشگاه تخصصی با مشخصات ذکر شده هر سال ۱ نمایشگاه	۱۰	۳	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی حوزه ماشین‌های الکتریکی
تدوین ۱ گزارش با مشخصات ذکر شده	۱	۵	انجام مطالعات در زمینه روش‌های حمایت از دستاوردهای مبتکران و مخترعان فناوری موتورهای الکتریکی
حمایت مالی از ۴ اختراع با مشخصات ذکر شده	۵	۱۲	حمایت مالی از ثبت اختراعات برجسته مرتبط با موتورهای الکتریکی در سطح بین المللی در ۵ سال اول
حمایت مالی از ۱۰ اختراع با مشخصات ذکر شده	۵	۱۲	حمایت مالی از ثبت اختراعات برجسته مرتبط با موتورهای الکتریکی در سطح بین المللی در ۵ سال دوم
میزان رضایت‌مندی مخترعان از حمایت‌های حقوقی صورت گرفته	۱۰	۱۲	حمایت حقوقی از ثبت اختراعات مرتبط با موتورهای الکتریکی در داخل کشور
راه‌اندازی یک پایگاه اطلاع رسانی			اطلاع رسانی دستاوردهای مبتکران و مخترعان فناوری موتورهای الکتریکی
برگزاری نمایشگاه تخصصی با مشخصات ذکر شده سه مرتبه در ده سال	۱۰	۱۲	برگزاری نمایشگاه اختراعات موتورهای الکتریکی

حمایت از اختراعات و نوآوری‌های حوزه فناوری ماشین‌های الکتریکی

۵-۲- تدوین ساختار نظارت، به روزرسانی و مکانیزم ارزیابی

همانطور که اشاره شد، به منظور تحقق اهداف سند لازم است ساز و کاری اندیشیده شده و ساختار نظارتی برای آن تعیین گردد. وزارت نیرو وظیفه سیاستگذاری کلان، هماهنگی و نظارت کلان بر اجرای این سند را برعهده دارد. مرکز ملی متولی توسعه فناوری ماشین‌های الکتریکی بر نحوه اجرای این سند نظارت می‌کند و بازنگری‌های لازم در سند و گزارش کلان مربوطه را در فواصل زمانی مشخص ارائه خواهد نمود. این مرکز با ایجاد ساز و کارهای لازم و استفاده از

نهادهای مختلف، ضمن انجام تصمیم‌گیری‌های لازم، وظیفه نظارت بر تحقق اهداف سند و ارزیابی پیشرفت کار را بر عهده دارد. از جمله وظایف اصلی این مرکز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سیاست‌گذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی لازم برای توسعه فناوری موتورهای الکتریکی در کشور
- نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند
- پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

۵-۳- مکانیزم عملکرد

با توجه به وظایف مطرح شده برای این مرکز، می‌بایست مکانیزمی اندیشیده شود که به عنوان چارچوبی برای انجام فعالیت‌های ارزیابی در نظر گرفته شود. همانطور که اشاره شد، از جمله وظایف اصلی مرکز ملی متولی توسعه فناوری ماشین‌های الکتریکی نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند و پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد. لذا اعضای مرکز جهت انجام وظایف در نظر گرفته شده می‌بایست جلسات منظم ماهانه را برگزار کرده و در فاصله بین جلسات از طریق همکاری و اخذ آمار و گزارش‌ها از دستگاه‌های متولی حوزه‌های مرتبط، شاخص‌های تعیین شده را ارزیابی کرده و پس از نهایی‌سازی و تلفیق آنها گزارش آن را در دوره‌های زمانی ۶ ماهه به وزارت نیرو اعلام نماید.

اعضای مرکز موظفند طبق نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌ها، اقدامات لازم را جهت اطمینان از تحقق سند در افق ۱۰ ساله، اتخاذ کنند. ستاد راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و ساز و کارهای نهادی ذیربط، از طریق مراجع ذیصلاح گردش کار را انجام خواهد داد.

همچنین مرکز موظف است به رصد فناوری‌های مرتبط و در حال توسعه در این حوزه بپردازد و گزارش آن را طی دوره‌های زمانی ۲ ساله ارائه نماید. با توجه به روند تحولات و نیز وضعیت پیشرفت سند، لازم است سند طی دوره‌های ۲ ساله مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار گیرد.

وضعیت پیشرفت بر اساس شاخص‌های اهداف کلان، پروژه‌های فنی و اقدامات مدیریتی مشخص می‌شود. در صورتی که پس از گذشت ۳ سال از آغاز اجرای سند، میزان تحقق هر یک از شاخص‌های در نظر گرفته شده تا آن مقطع زمانی به طور میانگین کمتر از ۳۰ درصد باشد، ستاد راهبری سند باید نسبت به توقف اجرا اقدام نماید و تصمیمات لازم را اتخاذ کند. در صورتی که میزان تحقق شاخص‌ها کمتر از ۷۰ درصد باشد بایستی سند از سوی ستاد راهبری مورد بازنگری و اصلاح قرار گیرد. همچنین در صورت تحقق بیش از ۷۰ درصد شاخص‌های مذکور، ستاد راهبری می‌تواند با بررسی گلوگاه‌ها و موانع موجود بر سر راه تحقق کامل هر یک از اقدامات و برنامه‌ها نسبت به رفع آنها و ادامه اجرای سند اقدام نماید.

۵-۴- نتیجه گیری

مرحله ششم این سند به عنوان آخرین مرحله از طرح " تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی انواع موتورهای مورد نیاز در صنعت برق ایران " به تدوین برنامه ارزیابی و به روزرسانی " این سند پرداخته شد. در این گزارش مشخص شد که چه افرادی در چه ساختاری و بر اساس چه شاخص‌ها و معیارهایی باید به ارزیابی پیشرفت اجرای سند در طول بازه زمانی تعریف شده بپردازند. برای این کار ابتدا شاخص‌هایی در سطح اهداف کلان، پروژه‌های فنی و اقدامات مدیریتی تعریف شد. سپس ساختار نظارت، به روزرسانی و ارزیابی سند مشخص شد. در نهایت تعیین شد که مرکز متولی توسعه فناوری موتورهای الکتریکی در بازه‌های زمانی ۶ ماهه به پیگیری و ارزیابی اجرای سند بر اساس شاخص‌های تعریف شده بپردازد و گزارش آن را به وزارت نیرو ارائه کند. همچنین مقرر شد این مرکز با توجه به وضعیت پیشرفت سند نسبت به بازنگری آن اقدام نماید.

مراجع

- [1]. Mohr, Lawrence. 1995. Impact Analysis for Program Evaluation. 2nd ed. Thousand Oaks, CA: Sage.
- [2]. Haveman, Robert. 1987. Policy Evaluation Research after Twenty Years. Policy Studies Journal 16: 191–218.
- [3]. Wholey, Joseph S., et al. 1970. Federal Evaluation Policy. Washington, DC: The Urban Institute.
- [4]. Weiss, Carol H. 1998. Evaluation. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- [۵]. روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور ۱۳۹۱.
- [6]. Kellogg, W. K., 2004. Logic model development guide. Michigan: WK Kellogg Foundation .
- [7]. Polt and Rojo, 2002, evaluation methodologies. chapter in RTD evaluation toolbox. IPTS technical report series, EUR 20382 EN.
- [8]. Licht and Sirilli, 2002, innovation survey, chapter in RTD evaluation toolbox, IPTS technical report series, EUR 20382 EN.
- [9]. Capron, H., & Cincera, M. 2000. Technological performance. In The National Innovation System of Belgium (pp. 175-198). Physica-Verlag HD.