

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سند راهبردی و نقشه راه طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

مدیر پروژه: مهندس افسون پرهیزگار
گروه پژوهشی خط و پست

راهبر: معاونت فناوری
ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر
سفارش دهنده: وزارت نیرو

مهندس آرش خلیل پور

مهندس ایرج فکور

دکتر نوید تقی زادگان

دکتر مهدی داورپناه

دکتر مهدی وکیلان

مهندس محمود احمدی پور

دکتر طاهر نیک نام

مهندس حسین اعتماد رضایی

طرح راهبردی «طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین» از مجموعه طرح‌های کلان و راهبردی پژوهشگاه نیرو در اسفند ماه ۹۲ آغاز و در گام اول آن، در مدت ۹ ماه ضمن بررسی جامع ابعاد موضوع و ارزیابی مشخصه‌های فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها، سند راهبردی این طرح تدوین می‌شود. مهم‌ترین فعالیت‌های پروژه "تدوین سند راهبردی طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین" عبارتند از:

↳ تدوین مبانی سند توسعه فناوری‌های طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

↳ ارزیابی هوشمندی فناوری‌های ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

↳ تدوین ارکان جهت‌ساز

↳ تدوین برنامه اقدامات و سیاست‌ها

↳ تدوین ره نگاشت و برنامه عملیاتی

↳ تدوین برنامه ارزیابی و بروز رسانی

نوشتار پیش رو با عنوان «تدوین مبانی سند توسعه فناوری‌های طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین»، به عنوان گزارش مرحله اول از پروژه یاد شده و با هدف تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات و همچنین تبیین اساسی‌ترین مشخصه‌های فناوری‌های ترانسفورماتورهای کم‌تلفات، در اسفندماه ۹۲ توسط گروه پژوهشی خط و پست پژوهشگاه نیرو تهیه شده است.

این گزارش در دیماه ۹۴ بازنگری و تکمیل گردیده است.

فهرست مطالب

۱- مقدمه.....	۱
۲- توجیه پذیری و ضرورت توسعه فناوری	۳
۲-۱- بُعد اقتصادی.....	۳
۲-۲- بُعد زیست محیطی.....	۶
۲-۳- بُعد قانونی.....	۶
۲-۴- بُعد سیاسی- اجتماعی.....	۸
۳- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات.....	۸
۳-۱- تبیین سطح تحلیل.....	۸
۳-۲- تعیین افق زمانی برنامه‌ریزی.....	۹
۳-۳- مرزبندی فنی.....	۱۰
۳-۳-۱- فناوری‌های شناسایی شده برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای انتقال و فوق توزیع.....	۱۰
۳-۳-۱-۱- فناوری استفاده از مواد ابر رسانا.....	۱۴
برنامه‌های سایر کشورها در زمینه ابررسانای دمابالا [۲۹].....	۲۴
۳-۳-۱-۲- فناوری استفاده از عایق‌های خاص.....	۴۴
۳-۳-۱-۳- تکنولوژی‌های ساخت یافته برای هسته و سیم پیچی در جهت کاهش تلفات.....	۴۶
۳-۳-۲- فناوری‌های شناسایی شده برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای توزیع.....	۵۸
۳-۳-۲-۱- فناوری تغییر طراحی اکتیوپارت.....	۵۸
۳-۳-۲-۲- فناوری استفاده از هسته آمورف :.....	۶۵
۳-۳-۲-۳- فناوری استفاده از مواد ابررسانا.....	۶۸
۳-۳-۲-۴- فناوری استفاده از عایق‌های خاص.....	۶۹

۶۹	.....	۳-۳-۲-۵- فناوری مبدل‌های الکترونیک قدرت
۷۰	.....	۴- تبیین مشخصه‌های فناوری
۷۰	.....	۴-۱- طبقه‌بندی فناوری‌ها از منظر ماهیت
۷۰	.....	۴-۱-۱- سابقه فناوری
۷۳	.....	۴-۱-۲- پیچیدگی فناوری
۷۳	.....	۴-۱-۲-۱- چند رشته‌ای بودن
۷۳	.....	۴-۱-۲-۲- علم محوری
۷۳	.....	۴-۱-۲-۳- طول چرخه عمر
۷۴	.....	۴-۱-۲-۴- سهم فناوری در قیمت تمام شده محصول
۷۴	.....	۴-۱-۲-۵- هزینه تحقیق و توسعه
۷۶	.....	۴-۱-۳- تناسب فناوری
۷۷	.....	۴-۱-۴- حوزه استفاده (کاربرد) فناوری
۷۸	.....	۴-۱-۵- موقعیت راهبردی فناوری
۷۸	.....	۴-۲- طبقه بندی فناوری‌ها از منظر چرخه عمر
۸۱	.....	۴-۳- نتیجه‌گیری
۸۳	.....	منابع

فهرست اشکال

- شکل (۱-۲): نمودار تراز مالی صنعت برق ۴
- شکل (۲-۲): ظرفیت‌های بخش تولید در تابستان ۱۳۹۱ ۵
- شکل (۱-۳): تقسیم بندی تلفات در ترانسفورماتور ۱۱
- شکل (۲-۳) - تغییرات مشخصات بر حسب زمان - ترانسفورماتور ۲۰ MVA / ۲۲۰ KV ۱۳
- شکل (۳-۳) - نمونه یک ترانس ابر رسانا ۱۵
- شکل (۴-۳) ترانسفورماتور HTS ساخت SEC - FUJI و دانشگاه KYUSHU ۲۳
- شکل (۵-۳): سایت‌های شرکت NEXANS درگیر در پروژه LIPA ۳۴
- شکل (۶-۳): نمایی از شرکت NEXANS ۳۶
- شکل (۷-۳): پروژه‌های شرکت FCL اجرا شده در سالهای ۲۰۰۹-۲۰۱۱ ۳۷
- شکل (۹-۳): ارتباط ویسکوزیته نسبت به دما در مایعات مختلف عایقی ۴۵
- شکل (۱۰-۳): سیر تاریخی تکامل هسته فولادی ۴۸
- شکل (۱۱-۳): مشخصات الکتریکی هسته های فولادی در برابر چگالی شار هسته [۲۸] ۴۹
- شکل (۱۲-۳): ورقه ورقه کردن هسته برای کاهش تلفات ۵۰
- شکل (۱۳-۳): ترانسپوز کردن هادی‌ها بمنظور کاهش اثر پوستی ۵۱
- شکل (۱۴-۳): کاهش تلفات پراکنده با دیواره های موازی ۵۱
- شکل (۱۵-۳): ساختار سیم‌پیچ با صفحات قرار داده شده درون مارپیچ ۵۶
- شکل (۱۶-۳): مدل با مقیاس واقعی سیم پیچ با صفحات قرار داده شده در آن با استفاده از هادی‌های ترانسپوز شده ۵۷
- شکل (۱۷-۳): کل تلفات تیپ‌های مختلف از یک ترانسفورماتور توزیع ۳۱۵ کیلوولت‌آمپر در بارگیری ۴۰٪ ۶۱
- شکل (۱۸-۳): منحنی جریان در طول شبانه روز یک ترانسفورماتور عمومی ۶۴
- شکل (۱۹-۳): مقایسه نحوه قرارگیری اتم‌ها در دو حالت بلوری (A) و آمورف (B) و الگوهای پراش اشعه X آلیاژهای بلوری (C) و آمورف (D) ۶۶
- شکل (۲۰-۳): حلقه هیستریزس هسته آمورف و هسته سیلیکونی ۶۷

- شکل (۳-۲۱): مقایسه تلفات فوکو و هیستریزیس در مواد آمورف و سیلیکونی ۶۷
- شکل (۳-۲۲): ارتباط چرخه عمر فناوری با چرخه عمر زیرفناوری ها ۷۹
- شکل (۳-۲۳): وضعیت معیارهای سنجش جایگاه فناوری در چرخه عمر فناوری ۷۹

فهرست جداول

- جدول (۱-۳) - تخمین تلفات در ترانسفورماتورهای انتقال بر حسب کیلو وات ۱۲
- جدول (۲-۳): بازده و تلفات ترانس های با ظرفیت های متفاوت [۳۸] ۱۴
- جدول (۳-۳) - بازار ترانسفورماتورهای قدرت در سالهای ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶ ۱۸
- جدول (۴-۳): پروژه های ترانسفورماتور HTS در جهان ۱۸
- جدول (۳-۵): مشخصات نوارهای HTS و توالی های سیم پیچی در ترانسفورماتور HTS ساخت SEC- FUJI و دانشگاه KYUSHU ۲۲
- جدول (۶-۳): پارامترهای طراحی ترانسفورماتور (FUJI) ۲۳
- جدول (۷-۳): بودجه تحقیق و توسعه دولت فدرال آمریکا برای ابررسانایی (هزار دلار) ۲۵
- جدول (۸-۳): تلفات هسته و تلفات بارگیری برای تیپ های مختلف ترانسفورماتور ۵۹
- جدول (۹-۳): مقایسه تلفات ترانسفورماتور معمولی و کم تلفات 'AB' ۶۳
- جدول (۱۰-۳): قیمت ترانسفورماتور 100 کیلو ولت آمپر ۶۴
- جدول (۱۱-۳): مقایسه مولفه های مختلف تلفات هسته در ترانسفورماتورهای آمورف و فولادی ۶۸
- جدول (۱۲-۳): مشخصات برخی از ترانس های مورد استفاده در کشور ۷۲
- جدول (۱۳-۳): مشخصات برخی از ترانس های HTS که در جهان به صورت آزمایشی ساخته شده اند ۷۲
- جدول (۱۴-۳): وضعیت فناوری های ترانسفورماتورهای کم تلفات از نظر معیارهای پیچیدگی ۷۵
- جدول (۱۵-۳): چکیده نتایج ۸۲

۱- مقدمه

کاهش تلفات و افزایش بهره‌وری در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع نیرو همواره به عنوان یکی از مهم‌ترین نیازهای صنعت برق در جهت کاهش هزینه تمام شده و افزایش بهره‌وری مطرح بوده است و بهره‌گیری از تجهیزات و فناوری‌های کاهش تلفات در سطح شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو همواره از طرف بهره‌برداران شبکه پیگیری شده است. ظرفیت ترانسفورماتورهای قدرت نصب شده در شبکه انتقال و فوق توزیع کشور حدود ۳/۴ برابر ظرفیت عملی واحدهای نیروگاهی است که این عدد نشان دهنده اهمیت ترانسفورماتورهای قدرت در افزایش بهره‌وری شبکه انتقال است. همچنین در بخش توزیع، تعداد ترانسفورماتورهای توزیع در مالکیت شرکت‌های توزیع نیرو از ۵۸۰،۰۰۰ عبور می‌کند. با توجه به این تعداد فراوان و همچنین با احتساب ترانسفورماتورهای برق‌دار شبکه برق داخلی صنایع و مشترکین دیماندی، موضوع کاهش تلفات در ترانسفورماتورها و اثر آن در افزایش بهره‌وری شبکه سراسری برق از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

از جمله آثار کاهش تلفات توان در شبکه‌های توزیع از نقطه نظر اقتصادی می‌توان به کاهش هزینه تامین تلفات انرژی، کاهش هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای شبکه‌های توزیع، به تعویق انداختن زمان توسعه شبکه انتقال و کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی شبکه‌های انتقال و فوق توزیع قدرت، به تعویق انداختن زمان احداث واحدهای تولید و در نتیجه کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی بخش تولید اشاره نمود. همچنین سایر آثار ناشی از به‌کارگیری ترانسفورماتورهای کم‌تلفات از نقطه نظر اقتصادی، کاهش حجم آلاینده‌های نیروگاهی از طریق افزایش بهره‌وری خواهد بود. از این رو توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها، اقدامی استراتژیک در راستای تحقق اهداف برنامه پنجم توسعه مبنی بر افزایش بهره‌وری در صنعت برق خواهد بود.

فناوری‌های شناسایی شده برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورها عبارتند از: تغییر طراحی در اکتیو پارت، استفاده از هسته آمورف (در ترانسفورماتورهای توزیع)، استفاده از مواد ابررسانا، استفاده از عایق‌های خاص، مبدل‌های الکترونیک قدرت. با توجه به موارد یاد شده و نظر به ضرورت چاره‌اندیشی برای افزایش بهره‌وری در ترانسفورماتورها، در تدوین سند راهبردی "طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین" به دنبال آن هستیم که ضمن شناسایی فناوری‌های مطرح در کاهش تلفات ترانسفورماتورها، ابعاد فنی و اقتصادی هر یک از فناوری‌های کاهش تلفات را بررسی کنیم و برنامه عملیاتی جهت افزایش بهره‌وری در ترانسفورماتورها را ارائه کنیم.

یکی از فعالیت های مهم در ابتدای هر پروژه تعیین مرز و محدوده آن پروژه است. تعیین محدوده کمک می کند تا پروژه از مرز و حوزه تعیین شده منحرف نشود و از اتلاف منابع و طولانی شدن زمان انجام پروژه جلوگیری شود. با توجه به ادبیات مدیریت فناوری می توان برداشتهای متفاوتی از عنوان این پروژه یعنی «تدوین سند راهبردی طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین» داشت. بنابراین لازم است که در ابتدا تمام تفسیرهای ممکن از این عنوان و خروجی های مورد نظر آن استخراج شود. این برداشتها عبارتند از:

↳ سند راهبردی دستیابی به دانش فنی طراحی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

↳ سند راهبردی توسعه فناوری ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

↳ سند راهبردی اولویت بندی فناوری های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

↳ سند راهبردی ساخت ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

در ادامه هر یک از برداشتها توضیح داده شده است:

↳ سند راهبردی دستیابی به دانش فنی طراحی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین: هدف این سند دستیابی به روشها و مستندات، الزامات فنی برای طراحی ترانسفورماتورهای کم تلفات است.

↳ سند راهبردی توسعه فناوری ترانسفورماتورهای با تلفات پایین: هدف این سند کسب دانش فنی طراحی و چگونگی ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات و نیز تولید ترانسفورماتورهای کم تلفات است.

↳ سند راهبردی اولویت بندی فناوری های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها: در این سند کلیه فناوری های مورد نظر برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورها شناسایی و سپس اولویت بندی می شود.

↳ سند راهبردی ساخت ترانسفورماتورهای با تلفات پایین: در این سند دستیابی به دانش فنی مورد نظر نیست و فقط به دنبال ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات هستیم.

در این گزارش از مجموعه گزارش های پروژه "تدوین سند راهبردی طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین"، ابتدا دلایل توجیه پذیری و ضرورت توسعه فناوری ترانسفورماتورهای با تلفات پایین بررسی می شود. سپس ابعاد موضوع و محدوده مطالعات شامل سطح تحلیل، افق زمانی برنامه ریزی و مرز بندی فنی تعیین می شود. در بخش بعدی به

بررسی مشخصه‌های فناوری‌های کاهش تلفات ترانسفورماتورها از منظر ماهیت و چرخه عمر پرداخته می‌شود. در بخش پایانی، جمع بندی و نتیجه گیری ارائه می‌شود.

۲- توجیه پذیری و ضرورت توسعه فناوری

هدف از تدوین گزارش توجیه پذیری، بررسی محیط پیرامون فناوری و تحلیل محیط حقوقی و اسناد ملی و بخشی مرتبط با توسعه فناوری می‌باشد. تحلیل محیط پیرامون فناوری یک ابزار استراتژیک مناسب برای شناخت تصویر بزرگ از محیطی است که فناوری مورد نظر در آن اجرا می‌شود. از این ابزار می‌توان در جهت بهره‌برداری از فرصت‌ها و حداقل نمودن تهدیدهایی استفاده کرد که فناوری با آن‌ها مواجه است. در این بخش ابعاد اقتصادی، زیست محیطی، قانونی و سیاسی-اجتماعی اثرگذار بر روند توسعه فناوری مورد بررسی قرار گرفته است.

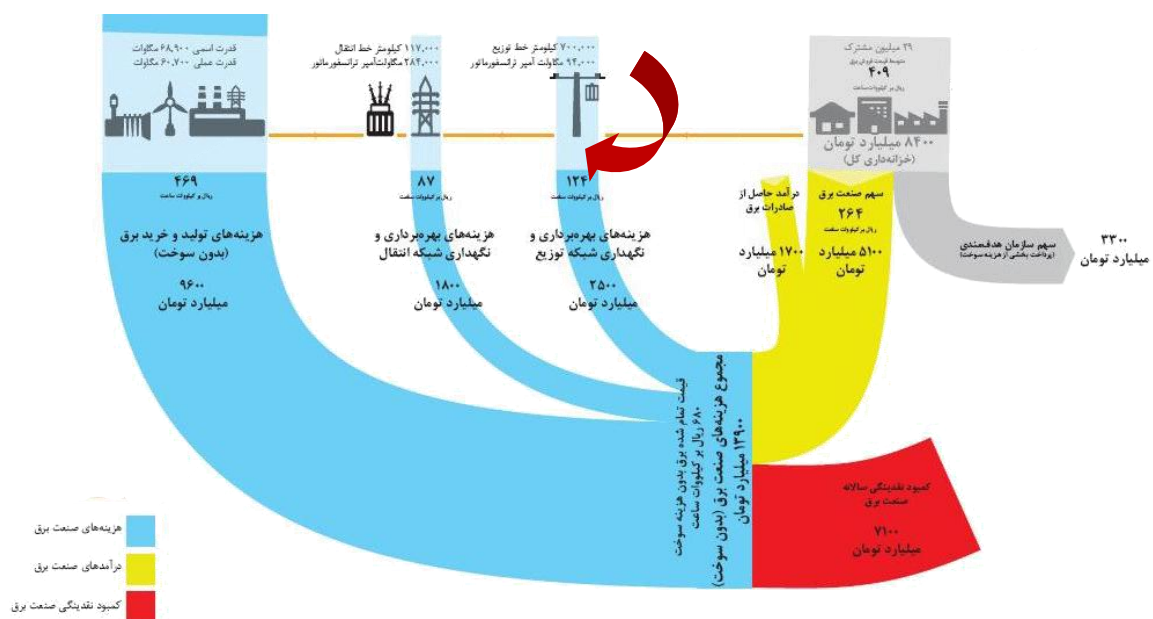
۲-۱- بُعد اقتصادی

تولید و تأمین انرژی از جمله انرژی برق همواره یکی از بخش‌های پر هزینه در کشورها به شمار می‌رود. ایجاد زیر ساخت‌های لازم و استفاده از فناوری مناسب و قطعات با کیفیت در این بخش، هزینه‌های قابل توجهی را بر اقتصاد کشورها وارد می‌کند. لذا بهبود روند سرمایه‌گذاری، ایجاد زیر ساخت و به کار گیری فناوری در این صنعت از جمله مواردی است که همواره مورد توجه دولت‌ها قرار می‌گیرد. با این حال تلفات در شبکه‌های انتقال و توزیع باعث کاهش قابل توجه بازده سرمایه‌گذاری‌ها در این زمینه می‌شود. همچنین توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در پست‌های انتقال و فوق توزیع کمتر در اولویت‌های کاری و تحقیقاتی شرکت‌های برق منطقه‌ای بوده است. اما از طرف دیگر، پتانسل‌های فراوانی برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای توزیع کشور وجود دارد.

کاهش هزینه‌های تمام شده برق

از آنجایی که هزینه‌های اصلی سرمایه‌ای و عملیاتی شبکه برق شامل هزینه‌های واحدهای نیروگاهی و شبکه‌های انتقال و فوق توزیع، هزینه شبکه‌های توزیع و همچنین هزینه‌های ناشی از تلفات نیرو در شبکه قدرت می‌باشند، با بهره‌گیری از ترانسفورماتورهای با تلفات پایین، توان و انرژی تحویلی به شبکه‌های نیرو کاهش می‌یابد و باعث کاهش فلوی توان در سطح شبکه‌های انتقال و فوق توزیع قدرت می‌شود. کاهش فلوی توان در سطح شبکه‌های انتقال و فوق توزیع موجب به تعویق انداختن زمان نیاز به احداث واحدهای تولید و توسعه شبکه و در نهایت کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی

شرکت‌های برق منطقه‌ای می‌شود. با افزایش بازدهی انتقال توان در ترانسفورماتورهای توزیع و کاهش فلولی توان در سطح شبکه فشار متوسط، مقارن با به تعویق انداختن زمان توسعه شبکه و همچنین کاهش هزینه‌های عملیاتی شرکت توزیع نیرو می‌شود. همچنین با توجه به تعداد بالای ترانسفورماتورهای توزیع در سطح شبکه‌های توزیع نیرو، بهره‌گیری از ترانسفورماتورهای کم تلفات در این شبکه‌ها موجب کاهش قابل ملاحظه در هزینه تامین تلفات در این شبکه‌ها می‌شود [۷]. شکل (۱-۲) برآیند هزینه‌های عملیاتی تولید، انتقال و توزیع نیرو و همچنین درآمدها و کمبود نقدینگی صنعت برق را نشان می‌دهد. مطابق این آمار قیمت تمام شده هر کیلو وات ساعت برق در کشور بدون هزینه سوخت به ازای هر کیلو وات ساعت در محل مصرف، ۶۸۰ ریال است [۳]. لذا به منظور کاهش قیمت تمام شده برق لازم است از راهکارهای فنی نظیر استفاده از ترانسفورماتورهای کم تلفات برای کاهش هزینه‌های بهره‌داری و نگهداری شبکه توزیع استفاده شود.



شکل (۱-۲): نمودار تراز مالی صنعت برق

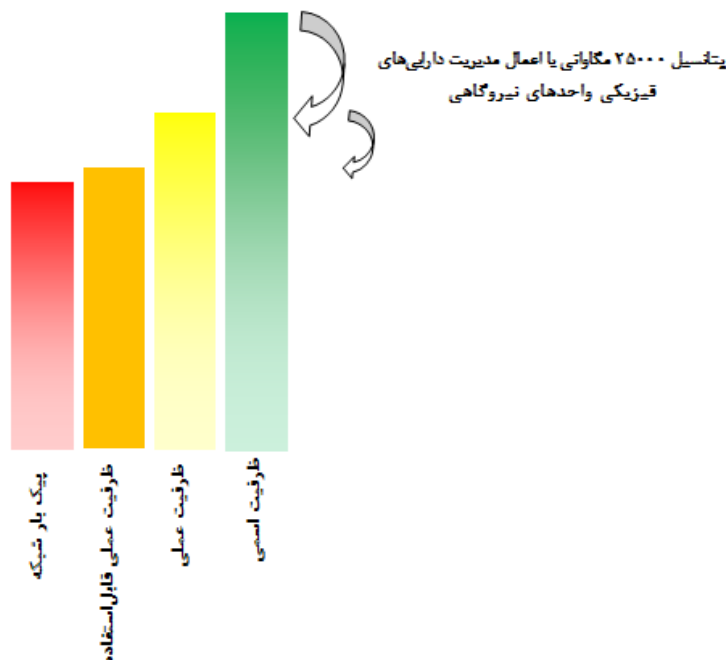
افزایش بهره‌وری در زنجیره تامین برق

با توجه به اهمیت استراتژیک، منابع و نیازهای شبکه برق و همچنین پتانسیلی که برای کاهش تلفات ترانسفورماتورهای توزیع و کاهش هزینه تمام شده و نگاشت انرژی در شبکه توزیع نیرو وجود دارد، توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای توزیع، موجب افزایش بهره‌وری نه تنها در شبکه‌های توزیع بلکه در کل واحدهای تولید و شبکه‌های

انتقال خواهد بود [۸]. بنا بر آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه تولید، مجموع ظرفیت اسمی نیروگاه‌های کشور در سال ۱۳۹۲ به ۷۰۲۷۸ مگا وات رسیده است. با وجود این ظرفیت نیروگاهی، تحمیل هر یک درصد تلفات در شبکه برق به معنی هدر رفت حداقل یک درصد ظرفیت عملی قابل استفاده نیروگاهی کشور است. به عبارت دیگر کاهش هر یک درصد در صد تلفات در شبکه‌های انتقال و توزیع برق، باعث افزایش بهره‌وری و زنجیره تامین برق می‌شود [۱۷].

پیک‌سایبی از شبکه برق

بهره‌گیری از ترانسفورماتورهای با تلفات پایین، توان و انرژی تحویلی به شبکه‌های توزیع نیرو و به بیان دیگر پیک بار شبکه را کاهش می‌دهد، به طوری که با پیک‌سایبی صورت گرفته زمان نیاز به احداث نیروگاه‌های جدید و توسعه شبکه به تعویق می‌افتد. شکل (۲-۲) بیانگر نسبت ظرفیت‌های اسمی، عملی و قابل استفاده در بخش تولید در سال ۱۳۹۱ و همچنین میزان پیک بار شبکه می‌باشد. با کاهش تلفات و در نتیجه کاهش پیک بار شبکه، تفاوت سطح ظرفیت عملی قابل استفاده و پیک بار شبکه افزایش یافته و در نهایت هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای شبکه کاهش می‌یابد [۳].



شکل (۲-۲): ظرفیت‌های بخش تولید در تابستان ۱۳۹۱

۲-۲- بعد زیست محیطی

تولید و انتقال توان در نقطه اتصال ترانسفورماتورهای توزیع مستلزم مصرف سوخت در واحدهای تولید و انتقال توان در شبکه‌های انتقال و فوق توزیع است. با در نظر گرفتن بازده ۸۰ درصدی در شبکه انتقال و توزیع، اتلاف هر مگاوات ساعت انرژی در ترانسفورماتورهای توزیع همراه با رها شدن ۷۰۰ کیلو گرم آلاینده در محیط زیست کشور است. از این رو با بهره‌گیری از ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات، علاوه بر کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو، از حجم آلاینده‌های ناشی از عملکرد واحدهای نیروگاهی نیز کاسته می‌شود.

همچنین پژوهش‌های انجام شده در شرکت ژاپنی هیتاچی نشان می‌دهد استفاده از ترانسفورماتورهای با تلفات پایین باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن به میزان تقریباً ۵,۱ تن در سال می‌شود [۹].

۲-۳- بعد قانونی

به منظور بررسی توجیه پذیری قانونی، اسناد بالادستی کشور و قوانین و سیاست‌های مرتبط با صنعت برق مورد بررسی قرار گرفته است. این اسناد عبارتند از: سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور، برنامه پنج ساله پنجم، سیاست‌های اقتصاد مقاومتی، قانون هدفمند کردن یارانه‌ها، سند راهبردی وزارت نیرو، سند اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری وزارت علوم، تحقیقات و فناوری. در ادامه به موارد مرتبط با کاهش تلفات صنعت برق در هر یک از این اسناد اشاره شده است:

☉ سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور:

☞ کسب فناوری به ویژه فناوری‌های نو شامل ریز فناوری و فناوری‌های زیستی، اطلاعات و ارتباطات، زیست

محیطی، هوافضا و هسته‌ای

☞ ایجادساز و کار مناسب برای رشد بهره‌وری عوامل تولید (انرژی، سرمایه، نیروی کار، آب، خاک و...) [۱۰]

☉ برنامه پنج ساله پنجم کشور:

☞ به منظور تنوع در عرضه انرژی کشور، بهینه‌سازی تولید و افزایش راندمان نیروگاه‌ها، کاهش اتلاف و توسعه تولید

همزمان برق و حرارت، شرکت توانیر و شرکت‌های وابسته و تابعه وزارت نیرو موظفند:

• چنانچه بخش خصوصی با سرمایه خود تلفات انرژی برق را در شبکه انتقال و توزیع کاهش دهد، نسبت به خرید انرژی بازیافت شده با قیمت و شرایط در دوره زمانی که به تصویب شورای اقتصاد می‌رسد اقدام و یا مجوز صادرات به همان میزان را صادر نماید [۱۱].

☞ سیاست‌های اقتصاد مقاومتی:

☞ افزایش بهره‌وری برق در کلیه مراحل زنجیره تولید تا مصرف

☞ توسعه زیرساخت‌های تولید و انتقال برق و تلاش برای تأمین ملزومات تبدیل کشور به قطب تأمین و تبادل برق

منطقه [۱۲]

☞ قانون هدفمند کردن یارانه‌ها:

☞ تبصره بند «ج» ماده ۱: 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 شبکه‌های انتقال و توزیع تا پایان برنامه پنجساله پنجم توسعه

اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران به چهارده درصد (۱۴٪) کاهش یابد [۱۳].

☞ سند راهبردی وزارت نیرو:

☞ شناسایی، انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های نوین و سازگار با محیط زیست

☞ توسعه ظرفیت‌های تولید، انتقال و توزیع برق متناسب با نیازهای مصرف مدیریت شده و نوسازی و بهینه‌سازی

آنها

☞ کاهش تلفات در شبکه‌های برق، درجهت نیل به سطح بهینه [۱۴]

☞ سند اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری وزارت علوم، تحقیقات و فناوری:

☞ فناوری‌های نوین و کارای شبکه‌های انتقال و توزیع برق (توسعه فناوری‌های کاهش تلفات و افزایش پایداری

شبکه) [۱۵]

بر اساس اهداف و سیاست‌های کلان اشاره شده می‌توان گفت که طرح توسعه فناوری ترانسفورماتورهای کاهنده تلفات دارای توجیه قانونی است.

۲-۴- بعد سیاسی - اجتماعی

در این بُعد از منظر سیاسی و اجتماعی به توجیه توسعه فناوری ترانسفورماتورهای کم تلفات پرداخته می‌شود. کاهش تلفات در توزیع انرژی می‌تواند به افزایش ظرفیت عرضه انرژی و به تبع آن کاهش قطعی برق و پایداری بیشتر آن کمک کند. این پیامدها باعث افزایش اطمینان کسب و کارها نسبت به وجود برق پایدارتر می‌شوند و زمینه تداوم فعالیت بنگاه‌های نیازمند انرژی برق را فراهم می‌کند. همچنین، این آثار غیر مستقیم موجب افزایش سرمایه اجتماعی (اعتماد) مردم نسبت به دولت خواهد شد. از طرف دیگر با توجه به امکان افزایش عرضه انرژی، توان مقابله با تحریم‌ها در زمینه تأمین انرژی بیشتر خواهد بود. علاوه بر این، امکان کاهش واردات برق از کشورهای همسایه و افزایش ظرفیت صادرات فراهم می‌شود. در مجموع، کاهش تلفات برق می‌تواند دارای آثار غیر مستقیم سیاسی و اجتماعی باشد.

۳- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات

در این بخش، ابعاد موضوع توسعه فناوری ترانسفورماتورهای با تلفات پایین (شامل سطح تحلیل و افق زمانی برنامه‌ریزی) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۳-۱- تبیین سطح تحلیل

با توجه به تأثیرگذاری فناوری و نوآوری فناورانه در ابعاد مختلف جامعه، تصمیم‌گیری راهبردی را می‌توان در سطوح مختلفی به انجام رساند. این سطوح را می‌توان در قالب جغرافیایی به سه سطح منطقه ای، ملی، و فراملی تقسیم نمود. سطح منطقه ای به تصمیم‌گیری درمورد زیربخش‌های ملی با پتانسیل از لحاظ ایجاد کسب و کارهای دانش بنیان می‌پردازد (مانند خوشه‌های صنعتی و قطب‌های فناورانه).

سطح ملی بیانگر تصمیمات دولت‌ها در توسعه اقتصادی مرتبط بخشها و فناوریهای موجود در یک کشور است. سطح فراملی نیز بیانگر همکاری‌های بین‌المللی در برنامه ریزی برای توسعه محصولات و فناوری‌ها است. از بعدی دیگر (فرای جغرافیا)،

اسناد راهبردی می توان د در سطوح بخشی و فناورانه نیز تدوین گردد. سطح بخشی به تعیین سیاست و تدوین راهبرد در حوزه ی یک صنعت خاص (مشتمل بر فناوریها آن) می پردازد (مانند صنعت خودرو). سطح فناورانه نیز یک فناوری خاص (مانند سلول خورشیدی) را هدف مطالعه قرار میدهد که امکان استفاده از آن فناوری در چندین بخش یا صنعت روش شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری های صنعت برق

مختلف نیز وجود دارد. پیش از شروع هرگام دیگر در تدوین اسناد ملی، لازم است تا وضعیت سطح تحلیل در هر دو بعد (جغرافیا و تخصص) تعیین گردد. مشخص شدن این سطح در تعیین اندازه مرزهای سیستم تحت مطالعه و انتخاب نوع ابزارهای سیاستگذاری و تدوین راهبرد مؤثر خواهد بود [۱].

با توجه به گستردگی شبکه سراسری برق در کشور، نقش استراتژیک کاهش تلفات ترانسفورماتورها در کاهش هزینه تمام شده و نیاز به افزایش بهره‌وری در شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو تمامی شرکت‌های برق منطقه‌ای و توزیع نیرو، می‌توان گفت محدوده مطالعات طرح از نظر جغرافیایی در تمامی استان‌های کشور خواهد بود. بنابراین تحلیل در سطح ملی انجام خواهد شد. همچنین با توجه به این که ترانسفورماتورهای با تلفات پایین فقط در حوزه کاهش تلفات انرژی در صنعت برق کاربرد دارند می‌توان گفت توسعه این فناوری در سطح بخشی صورت می‌گیرد.

۲-۳- تعیین افق زمانی برنامه‌ریزی

ماهیت اسناد راهبردی با در نظرگیری افق های برنامه ریزی فراتر از زمان حال برای اقدامات و فعالیتها معنی پیدا می‌کند. دلیل برنامه ریزی آینده و افقهای برنامه ریزی بلندمدت در اسناد راهبردی، در نظر گرفتن روندهای آتی، اتفاقات ممکن، و تغییرات احتمالی است که بر نحوه توسعه فناوری و فرآیند تصمیم گیری اثرگذار است. در نظرگیری این افق های بلندمدت امکان انجام رفتار فعالانه در توسعه فناوری را مهیا می‌نماید. در عمل، معمولاً تفاوت زیادی میان افقهای برنامه ریزی تعیین شده در مورد های مختلف وجود دارد. این اختلافها معمولاً به دلیل تفاوت موضوعات مورد بحث و فاکتورهای اثرگذار بر توسعه سیستم مورد مطالعه است. افق برنامه ریزی می تواند بلندمدت ۱۵ - ۲۵ ساله، میان مدت ۵ - ۱۵ ساله و یا کوتاه مدت ۱ - ۵ ساله باشد. عمدتاً افق برنامه ریزی در اسناد ملی توسعه فناوری های راهبردی می تواند بلندمدت یا میانمدت باشد که معمولاً در فاصله های ۵ ساله مورد ارزیابی و بازنگری قرار می‌گیرند.

با توجه به اسناد بالادستی کشور شامل سند چشم انداز ۲۰ ساله، برنامه پنج ساله سوم و سند چشم انداز صنعت برق، افق برنامه ریزی برای طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین ۱۰ ساله خواهد بود.

۳-۳-۳- مرزبندی فنی

هدف از تعیین مرز فنی، مشخص کردن حوزه تمرکز توسعه فناوری در این سند است. کاهش تلفات در ترانسفورماتورها شامل ترانسفورماتورهای انتقال، توزیع و فوق توزیع می شود. در کشورهای توسعه یافته نیز اصولاً ترانسفورماتورهای قدرت، تلفات پایینی داشته لذا ترانسفورماتورهای کم تلفات در بخش انتقال برخلاف بخش توزیع تیپ سازی نگردیده اند و از این منظر توسعه فناوریهای کاهش تلفات در پست های انتقال و فوق توزیع کمتر در اولویت های کاری و تحقیقاتی شرکت های برق منطقه ای بوده است.

از طرف دیگر، وضعیت موجود تلفات در ترانسفورماتورهای قدرت و توزیع، منابع و نیازهای موجود در شرکت های برق منطقه ای و شرکت های توزیع نیرو و همچنین آثار استراتژیک کاهش تلفات در هر یک از ترانسفورماتورهای قدرت و توزیع، نشان دهنده پتانسیل فراوان بیشتر برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای توزیع به نسبت پتانسیل موجود در ترانسفورماتورهای قدرت می باشد. البته در مقابل ارزش تلفات در ترانسفورماتورهای انتقال در مقایسه با ترانسهای توزیع عدد بسیار قابل توجهی بوده و سرمایه گذاری در زمینه کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای انتقال را توجیه پذیر می نماید.

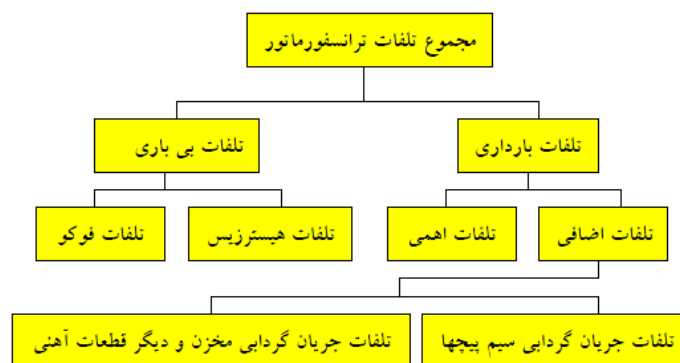
در سند راهبردی "طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین" هر دو بخش انتقال و توزیع مورد مطالعه خواهد بود. در ادامه فناوری های شناسایی شده برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای انتقال و توزیع به صورت اجمالی بررسی شده اند.

۳-۳-۱- فناوری های شناسایی شده برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای انتقال و فوق توزیع

در میان ماشین های ساخت دست بشر بالاترین راندمان متعلق به ترانسفورماتورها است که بسته به ظرفیت شان گاهی به ۹۸٪ تا ۹۹٪ می رسد. اگر چه این راندمان بسیار بالا است، اما با افزایش قدرت ترانسفورماتور مسئله دفع حرارت و انرژی تلف شده در ترانسفورماتورها اهمیت پیدا می کند. در یک ترانسفورماتور با ظرفیت ۱۰۰ MVA و راندمان ۹۹٪ با فرض ضریب قدرت یک در هر ساعت یک مگا وات انرژی تبدیل به حرارت می شود، با توجه به اثر مخرب حرارت بروی عایق ترانسفورماتورها

روشهای دفع حرارت ایجاد شده و حفظ درجه حرارت قسمت‌های داخلی ترانس در حد مجاز موجب افزایش راندمان ترانسفورماتور می‌شود. در ترانسفورماتورها انرژی الکتریکی در مس سیم‌پیچ‌ها، آهن هسته، تانک ترانس و سازه‌های نگهدارنده به صورت حرارت تلف می‌شود. حتی در زمانی که ترانسفورماتور بدون بار است، در هسته تلفات بی باری (NL) بوجود می‌آید. تلفات بی باری بخشی از تلفات ذاتی و ثابت ترانسفورماتور است که میزان آن به تکنولوژی و مواد به کار رفته در هسته آهنی ترانسفورماتور وابسته بوده و با بهبود کیفیت ورق‌های فولاد سلیکونی به کار رفته در هسته می‌توان تا حدود ۲۲۴/۳۶۸۲ میلیون کیلووات ساعت انرژی در سال صرفه جویی نمود.

اما تلفات بارداری ترانسفورماتور قدرت ناشی از میزان بار مصرفی ترانسفورماتور است و شامل تلفات مسی (اهمی) سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور، تلفات فن‌ها، پمپ‌ها، تلفات ناشی از جریان فوکو در سیم‌پیچ‌ها و تلفات ناشی از فلوی سرگردان ایجاد شده در بخش‌های فلزی مانند تانک است. تلفات ترانسفورمرهای قدرت معمولاً در حدود ۲/۵٪ ظرفیت نامی ترانسفورماتور بیان می‌شود و به جز بهینه‌سازی در طراحی و ساخت، راه دیگری جهت کاهش تلفات این ترانس‌ها به کار نمی‌رود و آن را جزئی بدیهی و لاینفک در نظر می‌گیرند البته ایجاد نقص در سیستم تهویه ترانسفورماتور می‌تواند افزایش تلفات را به این میزان قابل توجهی به همراه داشته باشد. شکل (۳-۱) تقسیم‌بندی این تلفات را به صورت نموداری نشان می‌دهد.



شکل (۳-۱): تقسیم بندی تلفات در ترانسفورماتور

جدول (۳-۱) ارزش تلفات را برای ترانسفورماتورهای انتقال در کشورهای مختلف نشان می‌دهد که در آن p_0 تلفات بی باری

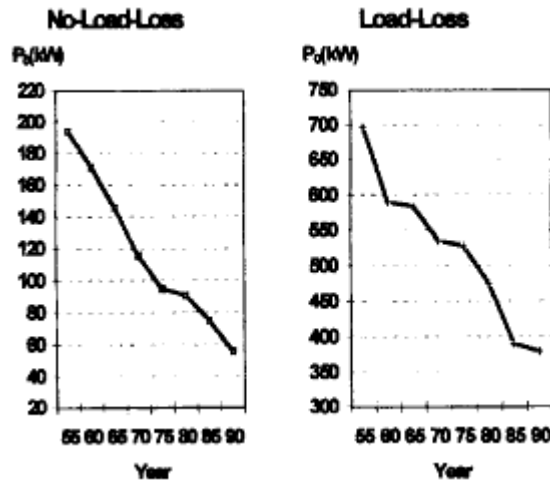
ترانسفورماتور و p_k تلفات بارداری ترانسفورماتور بار کامل می‌باشد [۴۲].

جدول (۳-۱): هزینه تلفات در ترانسفورماتورهای انتقال بر حسب دلار بر کیلو وات

Country	P_0	P_k	remarks
Algeria	4400	1800	
China	4500	1700	
China domestic bid	-	-	
China international bid	4500- 6000	2500- 3000	
Finland	5000- 1700 (400kV) (<110kV)	1300- 700	dep. on voltage level
Egypt	4800	1800	
Estonia	1200	400	
Hong Kong	3000- 4000 (400kV) (132kV)	500- 1000	dep. on voltage level
Iceland	2400	900	
Ivory Cost	1930	1190	
Jordania	5700	2470	
Lebanon	5200	2700	
Marocco	1800	330	
Mexico	4400	1800	
Portugal	5130	2260	
Qatar	4400	2200	
Saudi Arabia	4900	1170	
TEC	10440	4250	
South Africa	1030- 1950 (>275kV) (132kV)	690- 160	dep. on voltage level
Syria	5500	2500	
Thailand	2340- 8000	1330- 4530	dep. on utility
Tunesia	2250- 4500 (<->100MVA)	1200- 2400	dep. on rated power
Turkey	5000	1750	
United Kingdom	4600- 5600 (400kV) (33kV)	775- 1590	dep. on voltage level
United States	3000- 4000 (S/S) (G/SU)	1500- 1250	dep. on transf. type
Vietnam	5000	2000	
Zambia	4000	2000	
Zimbabwe	2390- 1780 (11kV) (132kV)	1570- 1150	dep. on voltage level

ترانسفورماتور قدرت

در طول دو دهه گذشته مطالعات بر روی بازده بیشتر و رسیدن به راه حل های موثر اقتصادی، دارای اهمیت ویژه بوده است. شکل (۳-۲) نسبت تلفات بی باری و بارگذاری ترانسفورماتور را در مورد ترانسفورماتور فشارقوی برای سال های عنوان شده نشان می دهد.



شکل (۳-۲) - تغییرات مشخصات بر حسب زمان - ترانسفورماتور ۲۲۰ KV / ۲۰ MVA

هنگامی که توان انتقالی از ۱۰ MVA فراتر می رود، طراحی های خاصی برای غلبه بر فشارهای مکانیکی ناشی از جریان های اتصال کوتاه، سطوح عایقی بالاتر و خنک سازی بیشتر لازم است. در این محدوده توان ها غالباً از ترانس های پر شده با مایع استفاده می شود. عایق های بین سیم پیچی در ولتاژهای بالا بسیار مقاوم تر می شوند. ترانسفورماتورهای پر شده با مایع از روغن های صنعتی و یا مایع های جایگزین همچون مواد مصنوعی و یا استرهای طبیعی استفاده می کنند. در این نوع ترانسفورماتورها، گرما از طریق دیواره های مخزن با انتقال حرارت و یا توسط جریان همرفت طبیعی و یا اجباری منتقل می شود. امروزه با استفاده از کیفیت خاص فولاد مغناطیسی و طراحی بهبود یافته بازده ترانسفورماتور تا ۹۹/۸۵٪ به دست آمده است. تلفات گرمایی حتی در این بازدهی زیاد، همچنان برای یک واحد ۴۰۰ MVA دارای اهمیت است. به طوری که این مقدار معادل ۶۰۰ kW در حالت بار کامل است. لذا سیستم خنک سازی، وزن و ابعاد سیستمها باید به دقت انتخاب شود و اینها از جمله محدودیت های اصلی در کشورهای مختلف است [۱۸].

همه ترانسفورماتورهای قدرت، دارای راندمان بالایی هستند. با این وجود نقطه نظراتی برای بهبود این بازدهی مطرح شده است. هر گونه بهبود در عملکرد ترانسفورماتورهای بزرگ، عامل بالقوه ای برای سود خالص اقتصادی است چرا که توان عملیاتی و کار مداوم نشان می دهد که انرژی اتلافی آنها همچنان بالاست.

جدول (۳-۲): بازده و تلفات ترانس‌های با ظرفیت‌های متفاوت [۳۸]

نوع ترانسفورماتور	توان مرتبط	بازده در		تلفات در	
		۱۰۰٪ بار نامی	۵۰٪ بار نامی	۱۰۰٪ بار نامی	۵۰٪ بار نامی
نیروگاهی	۱۱۰۰ MVA	۹۹/۶۰٪	۹۹/۷۵٪	۴۴۰۰ KW	۱۳۷۵ KW
نیروگاهی	۴۰۰ MVA	۹۹/۶۰٪	۹۹/۷۵٪	۱۶۰۰ KW	۵۰۰ KW
پست	۴۰ MVA	۹۹/۴۰٪	۹۹/۶۰٪	۲۴۰ KW	۸۰ KW
توزیع	۱ MVA	۹۸/۶۰٪	۹۹٪	۱۴ KW	۵ KW

۳-۳-۱-۱ - فناوری استفاده از مواد ابر رسانا

امروزه صرفه جویی در مصرف انرژی، یکی از مهم‌ترین نیازهای کشورهای صنعتی است. بودجه‌های زیادی صرف تحقیقات در زمینه کشف راه‌های تازه و موثرتر برای یافتن انرژی‌های ارزان و با ریسک کمتر می‌شود. ابررسانایی با نقشی که می‌تواند در زمینه صرفه جویی در تولید و انتقال انرژی الکتریکی بازی کند، در آینده بشر نقشی اساسی خواهد داشت و به همین دلیل در سال‌های اخیر بیش از ده هزار پژوهشگر با صرف هزینه‌های زیاد، تحقیقات خود را روی موضوع ابررسانایی و کاربردهای آن در علوم مختلف متمرکز ساخته‌اند. با توجه به مقاومت تقریباً صفر، ابررساناها در شبکه‌های توزیع و انتقال قابل استفاده هستند.

یکی از خواص مهم ابررساناها، مقاومت الکتریکی بالا به ازای دمای بیشتر از دمای بحرانی یا در اثر افزایش بیش از حد میدان مغناطیسی اطراف آن می‌باشد. در صورتی که بتوان دمای یک ابررسانا را کاهش داد، این حد میدان مغناطیسی قابل تحمل افزایش می‌یابد.

همچنین نوسانات موجود در میدان مغناطیسی باعث کاهش هدایت در ابررسانا می‌شود. پس می‌توان گفت ابررساناها در برابر جریان AC (جریان متناوب) از خود مقاومت نشان می‌دهند. بنابراین در کاربردهای جریان متناوب HTS (همچون ترانسفورماتور) نیاز به طراحی دقیق تر و دمای عملکرد پایین تری است.

به دلیل داشتن چگالی جریان بیشتر و مقاومت کمتر، هادی‌های HTS می‌توانند جایگزین مس (و دیگر هادیهای فلزی) در کاربردهایی که در آن‌ها از میدان‌های مغناطیسی قوی استفاده می‌شود (ترانسفورماتور) شوند. با وجود این مزایا و همچنین قیمت رو به کاهش ابررساناها، قیمت بسیار بالای تجهیزات مورد نیاز برای تبرید ابررسانا (شامل قسمت‌های خنک‌کننده)، به

لحاظ اقتصادی قابل توجه است. می توان نتیجه گرفت که زمانی استفاده از ابررسانا مقرون به صرفه است که سود استفاده از مزایای آن ها بیشتر از هزینه سیستم تبرید باشد. مخصوصاً در مواردی که به جز ابررسانا، تجهیزات دیگری نیز به دمای بسیار پایین نیاز داشته باشند [۴۵].

طراحی و توسعه تجهیزات ابررسانا به هیچ وجه ساده نیست، در دمای عملکرد آن ها بسیاری از گازها جامد شده و فرضیات طراحی تجهیزات عادی، دیگر صادق نیستند.

توجه جدی به ترانسفورماتورهای ابررسانا از زمان شناخت ابررساناهای دمای پایین LTS (اعم از Nb-Ti و Nb₃-Sn) از اوایل دهه ۱۹۶۰ آغاز شد. مطالعاتی که در آن زمان بر روی این ترانسفورماتورها انجام شد، نشان دهنده آن بود که جهت بهره برداری موثر از این ترانسفورماتورها، باید آن ها را در دمای 4.2 K نگهداشت که فراهم کردن چنین شرایطی ضمن پیچیدگی های فنی، از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه نبود [۱۹]. به همین دلیل تحقیقات و پژوهش ها بسوی کشف موادی با قابلیت ابررسانایی در دماهای بالاتر معطوف گردید. شکل (۳-۳) نمونه یک ترانس ابررسانا را نشان می دهد.



شکل (۳-۳) - نمونه یک ترانس ابررسانا

کشف ابررساناهای دمای بالا یا HTS¹ در سال ۱۹۸۶ به طور قابل ملاحظه ای چشم انداز استفاده از ابررساناها را در سیستم قدرت الکتریکی تغییر داد، زیرا دمای بحرانی T_c در این ابررساناها به طور چشمگیری افزایش یافته بود. تلفات پایین و قابلیت حمل جریان بالا در هادی های HTS سبب می شود تا تجهیزات الکتریکی دارای بازده کاری بهتر و توان بالاتر ساخته شوند.

علاوه بر آن تجهیزات ساخته شده با مواد HTS از نظر سازگاری محیط زیستی نیز مقبولیت بیشتری دارند که از آن جمله می‌توان از ترانسفورماتورهای HTS که در آن‌ها روغن بکار نرفته است، اشاره شود. علیرغم مزایای ذکر شده کماکان موانع جدی برای توسعه کاربرد HTS در صنعت برق وجود دارد که مهمترین آن‌ها ابتدا سیستم خنک‌کنندگی و دوم نرخ کارکرد به هزینه هادی HTS می‌باشد. به عبارتی، جهت توسعه کاربرد هادی‌های HTS، لازمست که هزینه این هادی‌ها حتی‌الامکان کاهش یابد.

پس از کشف مواد HTS در سال ۱۹۸۶، تحقیقات جهت امکان عملی ساختن ترانسفورماتورهای HTS شروع شد. طبق برآوردهای اولیه، در صورت استفاده از این ترانسفورماتورها، در هزینه‌های بهره‌برداری بیش از ۳۵٪ نسبت به ترانسفورماتورهای معمولی، صرفه‌جویی می‌شود. اما با توجه به مشخصات ناشناخته تلفات AC، این مقدار بطور دقیق قابل محاسبه نبود. در تحقیقاتی که در سال ۱۹۹۳ در آمریکا انجام شد، مشخص گردید که هزینه‌های بهره‌برداری و تعمیرات لازم در طول عمر مفید ترانسفورماتور HTS بطور متوسط، نصف هزینه ترانسفورماتور معمولی است. بدین ترتیب در صورت استفاده از این نوع ترانسفورماتورها در ایالات متحده تا سال ۲۰۳۰ مبلغ ۲۵ میلیارد دلار صرفه‌جویی خواهد شد. تحقیقات در سال ۱۹۹۴ نشان داد در صورت استفاده از ترانسفورماتورهای HTS در محدوده قدرت ۳۰ MVA تا ۱۵۰۰ MVA، صرفه‌جویی در هزینه ۷۰٪ (نسبت به ترانسفورماتورهای معمولی) و کاهش وزن آن‌ها ۴۰٪ خواهد بود. از فواید دیگر ترانسفورماتورهای HTS، که بخصوص در جاهای با تراکم جمعیت بالا مطرح است، کاهش قابل ملاحظه وزن و حجم آن‌هاست. ترانسفورماتورهای HTS می‌توانند در فضای موجود، قدرت بیشتری نسبت به ترانسفورماتورهای معمولی تامین کنند. مزیت کوچک شدن فضای اشغال شده و وزن ترانسفورماتورها به عنوان مهمترین مزیت این نوع ترانسفورماتورها مطرح است [۳۴].

در مورد کاهش وزن این ترانسفورماتورهای HTS تخمین زده می‌شود که برای یک ترانسفورماتور ۳۰ MVA وزن آن از ۴۸ تن به ۲۴ تن برسد. ترانسفورماتور HTS، ۳۰ MVA حدوداً به ۱۰۰ کیلوگرم ابرسانا نیاز خواهد داشت که تقریباً مقاومت الکتریکی ندارد و بنابراین هیچگونه حرارتی تولید نخواهد کرد، درحالی‌که در ترانسفورماتورهای رایج، سیم‌پیچ‌های مسی که هزاران کیلوگرم وزن دارند منبع اصلی تولید گرما و ایجاد تلفات می‌باشند. برای به کار بردن فناوری ترانسفورماتور HTS، از یک سیستم خنک‌کننده حلقه بسته جهت خنک نگه داشتن سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور استفاده می‌شود. به طور مثال این سیستم خنک‌کننده قادر است که دمای سیم‌پیچ را تا ۳۸۲ - درجه فارنهایت (حدود ۷۸ درجه کلوین) برساند.

فناوری ترانسفورماتورهای HTS در جهان

ساخت ترانسفورماتور فشار قوی فاقد روغن در طول عمر یکصد ساله ترانسفورماتورها، یک انقلاب محسوب می‌شود. هدف اصلی از به کار گیری ابررسانا در ترانسفورماتورهای سیستم قدرت، کاهش تلفات گرمایی سیم‌پیچ‌ها و هسته است. در دوره ۲۵ ساله ۱۹۶۱ تا ۱۹۸۶ فعالیت‌های چشمگیری در راستای توسعه ی هادی‌های انتقال انرژی الکتریکی (هادی‌های فلزی معمولی و LTS یا ابررساناهای با دمای پایین) انجام شد. اگرچه ملاحظات اقتصادی عامل مهمی در به کارگیری ابررساناها در سیستم‌های قدرت بوده است، اما امروزه عوامل دیگری نیز از قبیل مسائل زیست محیطی، ایمنی و خصوصی سازی مورد توجه قرار گرفته اند.

با وجود تلاش‌های گسترده برای توسعه‌ی استفاده از ابررساناهای دمای پایین در ترانسفورماتورها، عواملی مانند هزینه بالای سیستم برودتی لازم برای عملکرد هلیوم مایع در دمای $4/7$ کلون، نیاز به قابلیت اطمینان بالا و توسعه ابررسانای AC (جریان متناوب) با تلفات کم مانع از به کارگیری وسیع آن‌ها در شبکه الکتریکی شد. اکتشاف ابررسانای با دمای بالا (HTS) باعث جلب توجه دوباره به ابررساناها در بخش‌های تولید تا مصرف شبکه الکتریکی شد. دمای کارکرد ۷۷ کلونی مواد HTS (دمای نیتروژن مایع)، بسیار بیشتر از دمای $4/7$ کلونی مواد LTS (دمای هلیوم مایع) است که از آن‌ها در دهه ۸۰ و ۹۰ میلادی استفاده می‌شد. با افزایش دمای کاری نه تنها هزینه‌های تبرید کمتر می‌شود بلکه قابلیت اطمینان سیستم افزایش می‌یابد. از سال ۱۹۸۰ توسعه ترانس‌های LTS عمدتاً توسط شرکت‌های ABB و GEC-Alstom در اروپا و توسط شرکت‌های برق و دانشگاه‌ها در ژاپن صورت گرفته است. پیشرفت در تولید هادی‌های طویل چند رشته ای از جنس Nb-Ti و مواد با ساختار ماتریسی از جنس Cu-Ni باعث کاهش تلفات AC شده است. کاهش وزن و افزایش راندمان در ترانس‌های با توان زیر ۱۰۰ KVA انجام شده است. برای نمونه می‌توان به ترانسفورماتورهای تک فاز ۸۰ KVA (Alstom)، ۳۰ KVA (Toshiba) و سه فاز ۴۰ KVA (Osaka University) اشاره کرد. واحدهای بزرگتر نیز ساخته شده و آزمایش‌های انجام شده روی آن‌ها موفقیت آمیز بوده است. برای مثال می‌توان به ترانس تک فاز ۳۳۰ KVA ساخته شده توسط شرکت ABB که مجهز به تجهیزات حفاظتی و محدودساز جریان خطا می‌باشد، اشاره کرد. شرکت Kansai Electric Power موفق به ساخت یک ترانسفورماتور LTS با استفاده از هادی Nb3Sn شد. یک فاز از این ترانس سه فاز ۲۰۰۰ KVA، با توان ۱۳۷۹ KVA بدون تلفات گرمایی مورد استفاده قرار گرفت [۲۴].

پتانسیل و کشش بازار جهانی برای ترانسفورماتورهای ابرسانا بیش از ۱ میلیارد دلار می‌باشد. بررسی آمارهای موجود نشان می‌دهد که در ایالات متحده بیش از ۹۰٪ ترانسفورماتورها، قدرتی در محدوده ۱۰ تا ۱۰۰ MVA داشته (جدول ۳-۳) که قیمت مجموع آن‌ها برابر با ۷۰٪ قیمت کل ترانسفورماتورهای فروخته شده در آمریکا می‌باشد. در حال حاضر سه پروژه در ارتباط با ترانسفورماتور HTS در ایالات متحده، اروپا و ژاپن در حال انجام است. جدول (۳-۴) ترکیب تیم‌های تحقیقاتی، ظرفیت ترانسفورماتورهای تحت توسعه و مواد HTS مورد استفاده توسط هر یک از گروه‌ها را نشان می‌دهد [۲۵].

جدول (۳-۳) - بازار ترانسفورماتورهای قدرت در سالهای ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶

ایالات متحده	۱۰-۱۰۰ MVA	بیش از 100 MVA
واحد	۸۷۴	۷۸
MVA	۳۳۰۰۰	۲۶۰۰۰
\$	۲۶۰ میلیون	۱۰۹ میلیون

جدول (۳-۴): پروژه های ترانسفورماتور HTS در جهان

United States	Waukesha Electric -IGC-1 MVA prototype, 30MVA design, Bi-2212
Europe	ABB (ASC) -630 KVA prototype, 100MVA design, Bi-2223
Japan	Fuji Electric - (Sumitomo)-500 KVA prototype, Bi-2223

اگر چه برای هر ترانسفورماتور قدرت، ۱ درصد توان نامی آن به عنوان توان تلفاتی در نظر گرفته می‌شود، اما باید توجه داشت که آزادسازی بخش کوچکی از این تلفات در طول عمر ترانسفورماتور صرفه‌جویی کلانی را به همراه خواهد داشت. در ترانسفورماتورهای قدرت معمول، تقریباً ۸۰ درصد از کل تلفات، مربوط به تلفات بارداری ترانسفورماتور است که از این ۸۰٪، سهم تلفات اهمی سیم‌پیچ‌ها ۸۰٪ بوده و ۲۰٪ دیگر مربوط به تلفات ناشی از جریان‌های فوکو و شارهای پراکنده است. لذا تلاش‌های زیادی جهت کاهش تلفات بارداری صورت می‌گیرد. در ابرساناها به علت عدم وجود مقاومت اهمی

در برابر جریان، تلفات اهمی برابر با صفر است. لذا با استفاده از ابررسانا در ترانسفورماتورها، تلفات کل ترانسفورماتور، کاهش قابل ملاحظه‌ای خواهد یافت.

تلاش‌هایی که جهت توسعه ترانسفورماتورهای ابررسانا انجام می‌گردد، صرفاً به خاطر مسایل اقتصادی و کاهش هزینه کل نیست. یکی دیگر از دلایل طرح این مبحث آنست که استفاده از روغن در ترانس‌های روغنی مشکلات و خطرات زیست محیطی و ایمنی مربوط به خود را دارد. در حالیکه در ترانسفورماتورهای ابررسانا ماده خنک کننده نیتروژن است که خطری برای افراد و موجودات زنده نداشته، به علاوه خطر آتش سوزی نیز وجود ندارد. لذا خنک‌کننده مورد استفاده در ترانسفورماتورهای ابررسانا به هیچ عنوان قابل مقایسه با روغن‌های قابل اشتعال و مواد شیمیایی همچون PCB نیست.

ترانسفورماتور قدرت HTS در سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶ در جهان

در ایالات متحده این تحقیقات توسط شرکت IGC و با همکاری لابراتور ملی Oak Ridge انجام میشود. IGC با حمایت‌های مالی Waukesha Electric و Rochester Gas & Electric، طرح یک ترانسفورماتور HTS 1000KVA ارائه کرده و در حال ساخت آن است. در این ترانسفورماتور از نوارهای نقره باپوشش HTS استفاده شده است. استفاده از سیستم BSCCO-2212 عملکرد پایدار سیستم را تا دمای 30K عملی می‌سازد. در صورت استفاده از هادی‌های BSCCO-2223، می‌توان دمای عملکرد ترانسفورماتور را به 77K رساند. در این وضعیت بالا بودن قیمت BSCCO-2223 و ضعیفتر شدن عملکرد ترانسفورماتور (بعلت بالا رفتن دما) را نیز باید در نظر گرفت. گرچه نمونه اولیه ترانسفورماتور مذکور برای قدرت 1MVA ارائه گردید، اما هدف نهائی مؤسسه IGC و Waukesha ساخت یک ترانسفورماتور 30MVA، 138/13.8KV، 60Hz و امپدانس ۱۰٪ با اتصال مثلث – ستاره است.

از طرف دیگر شرکت ABB با همکاری Electricite de France، با استفاده از نوارهای مولتی فیلامان BSCCO-

2223 ساخت ASC، یک ترانسفورماتور 630 KVA، 50HZ، 13.72/0.42 KV و امپدانس

۴/۶٪ با اتصال مثلث – ستاره ساخته است.

فناوری ترانسفورماتورهای HTS در ایالات متحده آمریکا

پروژه ترانسفورماتور HTS در ایالت متحده آمریکا توسط چندین شرکت و سازمان دنبال می‌گردد. شرکت WES رهبری ساخت اینگونه ترانسفورماتورها را در آمریکا به عهده دارد. این شرکت مسئولیت طراحی و ساخت هسته و تانک و همچنین مونتاژ و آزمایش ترانسفورماتور HTS با قدرت ۱ MVA را به عهده داشته است. شرکت IGC در آمریکا، که سازنده هادی‌ها و کابل‌های ابررسانا می‌باشد، در این پروژه مسئول طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا، سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور و طراحی بخشی از سیستم سرمایشی بوده است. مؤسسه تحقیقاتی ORNL آمریکا نیز، مسئول طراحی و ساخت ساپورت سیم‌پیچ‌ها و زیرسیستم‌های سرمایشی بوده است. شرکت برق RG& حمایت‌های مالی و اقتصادی این پروژه را به عهده داشته و مشاوره این طرح توسط مشاوران بین‌المللی Electric Power Engineering Department انجام شد. دکتر Christine Platt از دپارتمان انرژی آمریکا بر اهمیت این پروژه اذعان می‌نماید و می‌گوید که در آمریکا تلفات انرژی الکتریکی تولید شده در حدود ۸ درصد می‌باشد که ترانسفورماتورها نیمی از این تلفات را تولید می‌کنند و با استفاده از مواد ابررسانا و تولیدات آن این رقم نصف و در نتیجه منجر به صرفه‌جویی صدها میلیون دلار در سال خواهد شد.

فناوری ترانسفورماتورهای HTS در ژاپن

پس از طراحی و ساخت یک ترانسفورماتور LTS، 220 KVA توسط شرکت Alstom و عملکرد موفق آن تحت بار 70KW، در ژاپن ترانسفورماتورهای LTS کوچکتر با قدرتهای 10KVA تا 100KVA فراوانی ساخته شد. پس از آن ترانسفورماتورهای با قدرت بیشتر توسط دانشگاه Nagoya با همکاری (100 KVA) kansai Electric و Takaoka با همکاری Mitsubishi (2000 KVA) با استفاده از (Nb3Sn)، دانشگاه Osaka با همکاری Toshiba (40 KVA) و دانشگاه Kyushu با همکاری Toshiba (1000 KVA) ساخته و تحت آزمایش قرار گرفت. هادی‌های HTS در دمای بالاتری (نسبت به هادی LTS) کار می‌کنند و اگرچه تلفات آنها بیشتر است اما با توجه به کاهش هزینه خنک‌سازی هادی این امر قابل قبول می‌باشد. در ایالات متحده و اروپا شرکت‌های برق سهم بزرگی در توسعه برنامه‌های ترانسفورماتورهای ابررسانا برعهده دارند اما در ژاپن، قسمت عمده کار بر عهده مراکز صنعتی و دانشگاهی بوده و حمایت آشکاری از سوی شرکت‌های برق دیده نمی‌شود. ژاپنی‌ها که در زمینه ساخت ترانسفورماتورهای LTS فعالیت گسترده‌ای

داشته‌اند، گزارش چندانی در مورد ترانسفورماتورهای HTS ارائه نکرده‌اند. در سال ۱۹۹۶ در ژاپن جزئیاتی از برنامه ساخت ترانسفورماتور 500 KVA HTS تحت حمایت شرکت‌های Fuji Electric و SEC (Sumitomo Electric)، ارائه گردید. احتمالاً تامین نوارهای HTS بر عهده Sumitomo و طراحی و ساخت ترانسفورماتور به عهده Fuji Electric و دانشگاه Kyushu است. در جدول (۳-۵) مشخصات نوارهای HTS و توالی‌های سیم‌پیچی آمده است.

جدول (۳-۵): مشخصات نوارهای HTS و توالی‌های سیم‌پیچی در ترانسفورماتور HTS ساخت SEC- Fuji و دانشگاه

Kyushu

Strand (Without Insulation)	
Superconductor	Bi2223
Matrix	Pure silver
Cross-section	mm $3,5 \times 0,22$
Number of filaments	۶۱
Silver ratio	۲,۵
Twist pitch	Infinite
Critical Current	A at a self-field ۳۵ (Criterion $10^{-13} \Omega m$)
Primary Winding	
Type	Three-parallel
Number of layer	۲
Number of turns	50/layer
Number of transpositions	/layer δ
Secondary Winding	
Type	Six-parallel
Number of layer	۲
Number of turns	/layer 50
Number of transpositions	/layer δ

پارامترهای طراحی این ترانسفورماتور ۵۰۰ KVA (شکل ۳-۴) در جدول (۳-۶) آمده است. در این جدول برای قطر سیم‌پیچ دو مقدار داده شده است که این دو مقدار مربوط به لایه‌های دوگانه سیم‌پیچ‌اند. علت لایه-لایه‌سازی سیم‌پیچ‌ها کاهش اثر میدان خودی هادی می‌باشد.

تلفات با استفاده از روش کالریمتری، ۱۱۵W تخمین زده شده است و شامل تلفات AC سیم‌پیچ‌ها و حرارت ناشی از Cryostat (که وظیفه پایین نگهداشتن دما را در حد مطلوب بر عهده دارد) و هادی‌های جریانی می‌باشد. اهداف بعدی تیم SEC-Fuji و دانشگاه Kyushu تغییر سیستم سرمایش از حمام نیتروژن مایع به سیستم جریان دائم نیتروژن سرد شده می‌باشد. هدف از این تغییرات، افزایش ظرفیت انتقال جریان سیم‌پیچ‌ها و استقامت عایقی سیستم عایق است.



شکل (۳-۴) ترانسفورماتور HTS ساخت Fuji – SEC و دانشگاه Kyushu

جدول (۳-۶): پارامترهای طراحی ترانسفورماتور (Fuji)

Capacity	500 KVA
Frequency	60 Hz
Voltage (primary/secondary)	V/3300V۶۶۰۰
Current (primary/secondary)	76 A/152A
Core High/width Cross-sectional area Magnetic induction	Silicon steel plate 1580 mm/1110mm 986 cm ² 1.7 T\ [21]
Cryostat Height Diameter	GFRP 1210 mm 785 mm/337mm
Winding Diameter (primary/secondary)	465, 553.509, 597 mm
Winding Height	748 mm

سیستم تبرید

یکی از مهمترین قسمت‌های تجهیزات HTS، سیستم تبرید است که شامل قسمت‌های خنک‌کننده و مخزن نگهدارنده سرما است. نگهدارنده سرما [۲۷]، همانند یک عایق سرما عمل می‌کند و معمولاً از فولاد ضد زنگ ساخته می‌شود و باید قادر به تحمل تنش‌های دمایی باشد. در کاربرهایی که نیازمند قابلیت اطمینان بالاتری هستند، از نگهدارنده سرماي خلا استفاده می‌شود.

نوع سیستم خنک‌کننده بستگی به کاربرد دستگاه HTS دارد، یک خنک‌کننده در ساده‌ترین شکل، شامل یک ماده سرمازا [۲۸] است که می‌توان این ماده سرمازا را، که در حین کار گرم شده، مجدداً سرد کرده و به سیستم تزریق کرد (به صورت چرخشی) و یا اینکه از یک مخزن خارجی ماده سرمازای جدیدی برای سرد کردن به سیستم وارد کرد. تلاش‌هایی که جهت توسعه ترانسفورماتورهای ابررسانا انجام می‌گردد، صرفاً به خاطر مسایل اقتصادی و کاهش هزینه کل نیست. یکی دیگر از دلایل طرح این مبحث آنست که استفاده از روغن در ترانس‌های روغنی مشکلات و خطرات زیست محیطی و ایمنی مربوط به خود را دارد. در حالی که در ترانسفورماتورهای ابررسانا ماده خنک‌کننده نیتروژن است که خطری برای افراد و موجودات زنده نداشته، به علاوه خطر آتش‌سوزی نیز وجود ندارد. لذا خنک‌کننده مورد استفاده در ترانسفورماتورهای ابررسانا به هیچ عنوان قابل مقایسه با روغن‌های قابل اشتعال و مواد شیمیایی همچون PCB نیست.

برنامه‌های سایر کشورها در زمینه ابررسانای دمابالا [۲۹]

در این بخش فعالیت‌ها و اقدامات تعدادی از کشورهای جهان در زمینه ابررسانای دمابالا با تمرکز بر برنامه‌های دولت این کشورها و نحوه تخصیص بودجه به انجام تحقیقات و پرداختن به کاربردهای ابررسانا بیان می‌شود.

سوابق تحقیقاتی مجامع علمی کشورهای مختلف درخصوص ابررسانا

🇺🇸 آمریکا: دولت فدرال آمریکا بودجه‌ای معادل ۴۵ میلیون دلار در سال ۱۹۸۷ برای تحقیق و توسعه درباره ابررسانای دمابالا اختصاص داد و ظرف کمتر از ۲ سال این بودجه در سال ۱۹۸۹ به ۱۲۹ میلیون دلار افزایش یافت. همچنین بودجه اختصاص یافته به ابررسانای دمابالایی نیز از ۴۰ میلیون دلار در سال ۱۹۸۷ به ۵۸ میلیون دلار افزایش یافت. بنابراین قابل توجه است که بیش از ۶۰ درصد بودجه دولت برای ابررسانا در سال ۱۹۸۹ به

ابرسانای دمابالا اختصاص داد شده است. همانطور که در جدول زیر قابل مشاهده است کل بودجه تخصیص یافته به وزارت دفاع^۱ و وزارت انرژی^۲ آمریکا برای مجموع ابرسانای دمپایین و ابرسانای دمابالا تقریباً با هم برابر است. یخش قابل توجه بودجه ابرسانای دمابالا به وزارت دفاع این کشور اختصاص داشته که تقریباً ۴۵ درصد این بودجه می‌باشد و پس از آن وزارت انرژی آمریکا با ۳۰ درصد و بنیاد ملی علوم^۳ با ۲۰ درصد بیشترین سهم را در بودجه ابرسانای دمابالا به خود اختصاص داده‌اند.

جدول (۳-۷): بودجه تحقیق و توسعه دولت فدرال آمریکا برای ابرسانایی (هزار دلار)

سال مالی ۱۹۸۸		سال مالی ۱۹۸۷		سازمان‌های فعال آمریکا در ابرسانا
ابرسانای دمپایین	ابرسانای دمابالا	ابرسانای دمپایین	ابرسانای دمابالا	
	۵۸,۰۰۰	۱۶,۱۰۰	۴۳,۷۰۰	وزارت دفاع
۳۶,۰۷۳	۳۸,۴۹۳	۲۸,۶۲۷	۲۶,۲۳۸	وزارت انرژی
۳,۸۰۰	۲۲,۴۰۰	۳,۸۰۰	۱۶,۶۰۰	بنیاد ملی علوم
۳,۰۵۰	۴,۹۰۰	۲,۶۵۰	۳,۳۰۰	سازمان ملی هوانوردی و فضایی ^۴
۴۷۰	۴,۸۰۰	۵۷۰	۲,۸۰۰	وزارت بازرگانی ^۵
۰	۱۵۰	۰	۵۰	وزارت حمل و نقل ^۶
۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	وزارت کشور ^۷
۵۸,۳۹۳	۱۲۸,۸۴۳	۵۱,۷۴۷	۹۲,۷۸۸	مجموع
۱۸۷,۲۲۶		۱۴۴,۵۳۵		مجموع (ابرسانای دمپایین و دمابالا)

^۱-Department Of Defense (DOD)

^۲-Department of Energy (DOE)

^۳-National Science Foundation (NSF)

^۴-National Aeronautics and Space Administration (NASA)

^۵-Department Of Commerce

^۶-Department of Transportation

^۷-Department of the Interior

پروژه‌ها و برنامه‌های دولت آمریکا در خصوص ابررسانا (وزارت دفاع آمریکا): با توجه به سابقه طولانی فعالیت سازمان‌های دفاعی آمریکا در حوزه ابررسانا، وزارت دفاع این کشور سرمایه‌گذاری در این زمینه را از اواخر دهه ۱۹۴۰ میلادی با تاسیس اداره پژوهش نیروی دریایی^۱ پس از جنگ جهانی دوم آغاز کرد. هم‌چنین نیروی دریایی در سال ۱۹۴۸، یک آزمایشگاه میدان مغناطیسی بزرگ مانند طرح فرانسیس بیتر^۲ ساخت و یکی از اولین مایع‌کننده‌های گاز هلیوم را خریداری کرد. در این آزمایشگاه که به نام آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی^۳ شهرت یافته بود تحقیقاتی در زمینه‌های تکنیک‌های دماپایین، و هردو تحقیقات علمی و عملی برروی مغناطیس و خواص مواد ابررسانای دماپایین انجام می‌شد. تجهیزات موجود در این آزمایشگاه مانند توانایی ایجاد میدان الکترومغناطیسی قوی، هلیوم مایع، ابزارهای دمای پایین و گروهی از دانشمندان فعال در این زمینه، این آزمایشگاه را به بهترین آزمایشگاه در سطح جهان تبدیل کرده بود. برنامه‌های پژوهشی در زمینه‌ی علمی ابررسانا و کاربردهای احتمالی آن‌ها در آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی و دفتر تحقیقات نیروی دریایی انجام می‌شد. آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی و دفتر تحقیقات نیروی دریایی با برنامه‌های پژوهشی خود در زمینه‌ی علمی ابررسانا، در دهه‌های ۵۰ و ۶۰ میلادی، ترکیبات جدیدی را با خاصیت ابررسانا پیدا کردند و به درک بیشتری از ماهیت واقعی این پدیده دست یافتند. تحقیقات در بحث فناوری، از اواخر دهه‌ی ۶۰ میلادی و با تلاش‌های بسیار این دو مرکز و همکاری مرکز جنگ نیروی دریایی آمریکا^۴ آغاز شد. توسعه‌ی ابزارهای کوانتومی مداخله‌گر ابررسانا (SQUID^۵) که برای شناسایی مین‌های زیر آب و زیردریایی‌های دیگر به کار می‌رفت، در سال ۱۹۶۹، در پاناماسیتی و زیر نظر مرکز جنگ نیروی دریایی آغاز شد. هم‌زمان با این رخداد دانشمندان و مهندسان زیر نظر همین مرکز در شهر آنابولیس، تلاش‌های خود را برای طراحی موتورهای بی‌صدا اما پر قدرت پیش‌ران کشتی‌های جنگی با استفاده از ابررساناها آغاز کردند. هم‌چنین آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی و دفتر تحقیقات نیروی

^۱ -Office of Naval Research(ONR)

^۲-Francis Bitter

^۳- Naval Research Laboratory (NRL)

^۴ - Navy Warfare Center

^۵ - Superconducting Quantum Interference Device (SQUID)

دریایی کار خود را به تحقیق در زمینه‌ی تولید محصولات الکترونیکی مانند سیم‌های بدون مقاومت با پایه‌ی ابررسانا برای کاربرد در ساخت کشتی‌های جنگی گسترش دادند. بزرگترین رویداد در زمینه ابررسانایی، در سال ۱۹۸۶ و میزبانی از کنفرانس ابررسانایی رخ داد. در این کنفرانس اولین نشانه‌ها در زمینه‌ی کشف ابررساناهای دمای بالا بیان شد. تلاش‌ها پس از کشف ابررساناهای دمای بالا (HTS)^۱ سرعت بیشتری به خود گرفت به طوری که آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی تا مارس ۱۹۸۷، از دیگر موسسه‌های تحقیقاتی فاصله گرفت و روش‌های جدیدی را در تولید اولین مواد ابررسانای دمای بالا و طراحی کرد و در طی چند سال بعد موفق به تولید چندین ماده‌ی ابررسانا با دمای تبدیل بالای صد کلوین شد و پروژه‌ی عظیمی را به منظور ساخت ابزارها و زیرسیستم‌های استراتژیک با کمک این مواد تازه کشف شده، آغاز کرد. همچنین مرکز جنگ نیروی دریایی آمریکا واقع در سن دیگو^۲ و آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی و دفتر تحقیقات نیروی دریایی برنامه‌ای را برای توسعه‌ی روشی برای تولید فیلترهای کم پارازیت^۳ در ارتباطات رادیویی و تولید وسایل دیجیتال با سرعت محاسبات سریع و کم‌مصرف به کمک این مواد جدید طراحی کردند. مهمترین برنامه‌ی ابررسانایی در آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی در دهه‌ی ۹۰ میلادی، مطالعه در زمینه‌ی موارد کاربرد ابررساناها در صنعت فضایی بود. این برنامه که به نام تحقیقات فضایی ابررساناهای دما بالا^۴ شناخته می‌شد، بزرگترین پروژه‌ی جهانی در زمینه مطالعات کاربردی ابررسانایی بوده است. از اوایل سال ۲۰۰۰ میلادی بیشتر تحقیقات آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی با جهت‌گیری شناخت خواص سیم‌های ابررسانا برای استفاده در سیستم‌های قدرت انجام گرفته و دو علت مهم این موضوع هم کاهش اتلاف انرژی و دوام بالای این مواد است. این پروژه بسیار وابسته به پروژه‌های صنعتی دیگر و توانایی‌های صنعتی برای تولید این مواد است. در همین راستا شرکتی با نام ابررسانای آمریکایی^۵

^۱ - High Temperature Superconductor (HTS)

^۲ - San Diego

^۳ - Low Loss Filters

^۴ - High Temperature Superconductivity Space Experiment (HTSSE)

^۵ - American Superconductor Corporation (AMSC)

نیز تاسیس شده است. ابرسانایی به مدت شصت سال بزرگترین پروژه‌ی تحقیقاتی در آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی بوده است و موفقیت آن‌ها در تولید اولین کشتی به نام Higgins USS، با بهره‌گیری از این تکنولوژی در سال ۲۰۰۸، نشان‌دهنده‌ی به ثمر رسیدن این تحقیقات است.

مراکز آزمایشی ابرسانا^۱: در سال ۱۹۸۸ اداره حفاظت و انرژی تجدیدپذیر^۲ وزارت انرژی آمریکا، تاسیس سه مرکز آزمایشی ابرسانایی را در آرگون، اوک ریج^۳ و آزمایشگاه‌های ملی لوس آلاموس^۴ اعلام کرد. این مراکز با هدف تجاری‌سازی نتایج آزمایش‌ها و تحقیقات صورت گرفته در آزمایشگاه‌های ملی و همچنین برطرف کردن مشکلات موجود در صنعت ایجاد شدند. این مراکز که پروژه‌های تحقیقاتی مشترک با صنعت را دنبال می‌کنند از این نظر که ارتباطات قوی‌تر با صنعت را در دستور کار خود دارند و محلی برای انتقال نتایج آزمایش‌ها و ایجاد نمونه‌های عملی هستند با مراکز پژوهشی متفاوت هستند. در گذشته شرکت‌های آمریکایی تمایل چندانی به همکاری با آزمایشگاه‌های فدرال به دلیل وجود محدودیت‌ها و الزامات خاص مراکز دولتی، نداشتند ولی این مراکز پژوهشی به دلیل ساختار بازتر نسبت به آزمایشگاه‌های فدرال، حمایت بیشتر از سرمایه‌های فکری و دسترسی آسان‌تر به نتایج دیگر تحقیقات این مشکل را برای شرکت‌های آمریکایی مرتفع کردند.

بنیاد ملی علوم آمریکا: این مرکز علاوه بر حمایت‌های فردی از پژوهشگران فعال حوزه ابرسانا، از فعالیت‌های پژوهشی مشترک در چند مرکز شامل آزمایشگاه‌های تحقیقاتی مواد، گروه‌های تحقیقاتی مواد، آزمایشگاه ملی آهنربای بیتره^۵، مراکز شتاب دهنده الکترونی^۶ در ویسکونسین^۷ و کورنل^۸ مرکز علم و فناوری در دانشگاه ایلیونز

^۱ -Pilot centers

^۲ -Office of Conservation and Renewable Energy

^۳ -Oak Ridge

^۴ -Los Alamos

^۵ -Bitter

^۶ -Synchrotrons

^۷ -Wisconsin

^۸ -Cornell

نیز پشتیبانی می‌کند. این در حالی است که بودجه اختصاص یافته به این بنیاد به صورت مستمر افزایش می‌یابد که بخش زیادی از این بودجه به مرکز علم و فناوری در دانشگاه ایلینز تعلق دارد.

↪ وزارت بازرگانی آمریکا: فعالیت‌های مرتبط با ابررسانا در وزارت بازرگانی آمریکا در موسسه ملی استانداردها و فناوری (NIST) وابسته به این وزارت، صورت می‌گیرد. این موسسه از سال ۱۹۶۹ استانداردهای مرتبط با ابررسانا را تعیین می‌کند و فعالیت‌های آن نقش کلیدی در ارتقای بهبود کیفیت اطلاعات و داده‌ها حوزه ابررسانا و فراهم آوردن امکان مقایسه و ارزیابی بین نتایج پژوهشگران و سازمان‌های این حوزه داشته است. همچنین این مجموعه برای مرکزی برای تحقیق و پژوهش کاربردهای الکترونیکی ابررسانا تاسیس کرده است و برنامه‌ای برای توسعه تجهیزات الکترونیکی ابررسانا دارد.

↪ آزمایشگاه ملی اوک ریج:

- پروژه کابل‌های برق ابر رسانا دمابالا: این پروژه با همکاری شرکت Southwire و آزمایشگاه ملی Oak Ridge با هزینه ۱,۴ میلیون دلار که توسط وزارت انرژی تامین شد، انجام گرفت. در این پروژه کابل ابر رسانا دمابالا با طول ۳۰ متر در سرویس قرار گرفت و بیش از ۱۵۰۰۰ ساعت برق رسانی انجام گرفت. عملکرد ابر رسانا در سال ۲۰۰۱ آزمایش شد ولی هیچ تغییر قابل اندازه گیری در جریان عبوری از ابر رسانا ایجاد نشده بود [۴۸].

- پروژه های مشترک آزمایشگاه ملی اوک ریج: پروژه نصب مبدل ابر رسانی دمابالا در شبکه برق ویسکانسین استفاده از مبدل در شبکه برق ویسکانسین توسط گروه Waukesha با هزینه ۶ میلیون دلار انجام گرفته است. نتیجه این پروژه نصب مبدل ابر رسانی دمابالا با مشخصات MVA ۵/۱۰ و ۴/۲۶ کیلو وات بود. این مبدل ها قدرت بیشتری در واحد حجم ایجاد می‌کنند، کارایی بیشتر و اندازه کوچکتری دارند. کارایی زیادی در مناطق پر مصرف شهری و ساختمان ها دارند.

آلمان: کشور آلمان نیز از سال ۱۹۷۰ از برنامه‌های ابررسانا حمایت کرده است و بیشتر حمایت دولت توسط وزارت

تحقیق و فناوری^۱ این کشور صورت گرفته است. این حمایت از ابررسانای دماپایین در سه حوزه:

- توسعه عمومی فناوری شامل: مواد، آهن‌رباها، فوق سردها و تجهیزات

- تحقیقات انرژی شامل: مولدهای اولیه ابررسانا

- فناوری دارویی شامل MRI و اندازه‌گیری‌های بیومغناطیسی

این سرمایه‌گذاری منجر به موفقیت شرکت‌های آلمانی در توسعه کاربردهای ابررسانا هم‌تراز با شرکت‌های آمریکایی شد به نحوی که در برخی زمینه‌های کاربردهای مقیاس بالا و زمینه‌های تجاری کاربرد ابررسانای دماپایین به عنوان رقیب جدی آمریکا مطرح است. میزان سرمایه‌گذاری وزارت تحقیق و فناوری دولت آلمان در سال ۱۹۸۸ به میزان ۱۰ میلیون دلار بوده است که از این میزان ۹ میلیون به موسسه‌های تحقیقی و پژوهشی و ۱ میلیون دلار به واحدهای صنعتی اختصاص داده شد. در سال‌های بعد میزان سرمایه‌گذاری تا سقف ۳۳ میلیون دلار افزایش یافت. حدود ۹۰ تیم تحقیق با بیش از ۵۰۰ محقق در زمینه ابررسانای دماپالا در آلمان مشغول فعالیت هستند که اطلاعات و نتایج پژوهش‌های آن‌ها با همکاری وزارت تحقیق و فناوری این کشور به خوبی در اختیار یکدیگر قرار می‌گیرد. سرمایه‌گذاری واحدهای صنعتی در زمینه ابررسانا در کشور آلمان نسبت به سایر کشورهای اروپایی بیشتر بوده و شرکت‌های بزرگی مانند زیمنس^۲، هوچست^۳، دایملر بنز^۴، دگوسا^۵، دورنیر^۶ و ویلوری-بوش^۱ در ابررسانا مشغول فعالیت هستند و شرکت‌های زیمنس و دایملر بنز بر زمینه‌های کاربردی ابررسانای دماپالا فعالیت می‌کنند و زیمنس موفق به ساخت مولد ابررسانای دماپایین شده است. به دلایلی که احتمالاً رازداری تجاری باشد اطلاعات مربوط به پروژه‌های کشورهای آلمانی به راحتی در اختیار عموم قرار نگرفته است و منبع اینترنتی مناسبی برای این موضوع در

^۱ -Ministry for Research and Technology (BMFT)

^۲ -Siemens

^۳ -Hoechst

^۴ -Daimler-Benz

^۵ -Degussa

^۶ -Dornier

دسترس نبوده است. در مورد این کشور بهترین راه کسب اطلاع از پیشرفت‌ها توجه به اخبار منتشره در سایت آن‌ها است که البته در آن‌ها صرفاً اطلاعاتی کلی مانند نوع کاربردی که شرکت به آن دست پیدا کرده است یا تعاملات شرکت با دیگر شرکت‌ها بر روی پروژه‌های تحقیقاتی یا پروژه‌های اجرایی بیان می‌گردد که البته از بیا تمامی آن‌ها در این سند معذوریم زیرا از حوصله این بحث خارج می‌باشد و صرفاً به بیان چند نمونه از اخبار که قابل توجه بوده است می‌پردازیم.

↪ شرکت زیمنس: این شرکت همکاری‌هایی با شرکت‌های دیگر در زمینه ابر رساناهای دما بالا انجام داده است که در این میان می‌توان به شرکت EHTS اشاره نمود که خروجی این همکاری تولید کابل‌های HTS در سال ۱۹۹۸، ترانسفورمر HTS در سال ۲۰۰۱ و ژنراتور HTS 4MW بوده است. همچنین این شرکت در همکاری دیگری با شرکت Nexans آلمان به فناوری بلبرینگ برای کاربردهای صنعتی در حوزه ابررساناهای دما بالا دست یافته‌اند. در اخبار سال‌های گوناگون خبر بدست آوردن فناوری استفاده ابر رساناهای دما بالا در ژنراتورهای کشتی را منتشر نموده است که بنا بر این اخبار اولین دست‌یافت‌ها در ابعاد آزمایشگاهی مربوط به سال ۲۰۰۱ می‌باشد. و بعدها در سال ۲۰۰۷ اذعان داشته‌اند که پژوهشگران شرکت زیمنس یک نوع جدید از موتورها را برای همه کشتی‌های برقی توسعه دادند. (AES) که یک ماشین همزمان، جزئی از یک سیستم الکتریکی بر پایه HTS می‌باشد. موتور ژنراتورهای HTS، ۴ مگاوات انرژی در یک پیچش ۳۰۰ کیلو نیوتون متری تولید می‌کنند. با استفاده از ژنراتورهای با قطر ابررسانا در قسمت چرخان کشتی‌ها، شدت انتقال انرژی ۱۰۰ برابر ژنراتور با قطر مسی گردید و می‌تواند تا ۵۰ درصد حجم و وزن کشتی را کاهش دهد و استفاده از مواد اولیه کمتر و هزینه‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای کم خواهد شد. پژوهشگران همچنین محدودکننده کابل‌های HTS را در ولتاژ بالا هم آزمایش کردند. این محدودکننده‌ها به صورت پژوهشگران و به سرعت از اتصال کوتاه جلوگیری می‌کنند و از آسیب به کابل ترانسفورماتور و ژنراتور جلوگیری می‌شود. این موتورها در مقابل موتورهای دیزلی کنونی بسیار

¹ - Villeory & Bosh

سبکتر و کم حجم تر هستند بگونه‌ای که موجب ۵۰٪ صرفه‌جویی در فضا می‌گردد و نیرویی به مراتب بیشتر ایجاد

می‌کند. پایگاه اینترنتی: www.siemens.com

↪ شرکت Bruker: این شرکت عضو شرکت‌های Eurotapes می‌باشد. این شرکت نیز در اروپا فعالیت گسترده‌ای

داشته است که از این میان می‌توان به پروژه Super 3C که در بخش مربوط به کشور فرانسه، شرکت Nexans

در مورد آن شرح داده شده است اشاره نمود. پایگاه اینترنتی: www.bruker.com

↪ فرانسه: دولت فرانسه پس از کشف ابررسانای دمابالا به سرعت فعالیت‌های خود را در این زمینه آغاز کرد و در

سال ۱۹۸۷ با اختصاص ۲۸ میلیون دلار به ۲۴۰ پژوهشگر در دانشگاه‌ها، مرکز ملی علوم و تحقیقات^۱، مرکز

انرژی اتمی^۲ و مرکز ملی مطالعات مخابرات^۳ توجه و حمایت جدی در ابرسانا از خود نشان داد. این کشور

همچنین یک مرکز تحقیق ابررسانای دمابالا با هزینه بالغ بر ۱ میلیون دلار ایجاد کرده است که بیش از ۷۰

پژوهشگر تمام وقت به منظور توسعه کاربردهای ابررسانا در آن فعالیت می‌کنند. این مرکز توسط شرکت‌های

بزرگ و آژانس‌های ملی فرانسه و همچنین تعدادی از شرکت‌های بزرگ اروپایی حمایت می‌شود. صنایع این

کشور نیز در سال ۱۹۸۷ با اختصاص ۶۰ پژوهشگر تمام وقت و ۴۰ پژوهشگر پاره‌وقت در زمینه ابررسانای گرم

شروع به فعالیت کرد که می‌توان نام ۴ شرکت اصلی شرکت CGE^۴، تامسون سی‌اس‌اف^۵ و رون‌پلک^۶ و نکسنز^۱

را به عنوان نقش اصلی بیان نمود. CGE و رون‌پلک با همکاری مرکز ملی علوم و تحقیقات و دانشگاه‌های

فرانسه در زمینه بهبود کاربرد مواد کپه‌ای ابررسانای دمابالا برای انرژی فعالیت می‌کنند و تامسون سی‌اس‌اف نیز

تمرکز اصلی خود را بر کاربردهای الکترونیکی ابررسانای دمابالا معطوف کرده است و حدود ۲۰ نفر پژوهشگر

تمام‌وقت حول این موضوع مشغول تحقیق و پژوهش هستند.

^۱-National Center for Scientific Research

^۲-Atomic Energy Center

^۳-National Center Studies of Telecommunications

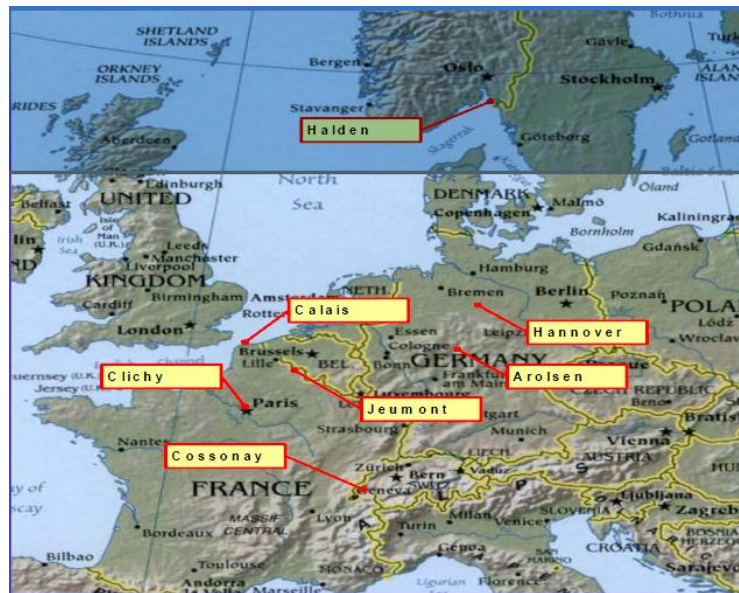
^۴-General Electricity Company (CGE)

^۵-Thomson-CSF

^۶-Rhone-Poulenc

شرکت Nexans: این شرکت فعالیت گسترده ای در زمینه کابل های ابر رسانا داشته است و همچنین در پروژه های بزرگی مانند پروژه آلبانی (نیویورک) نیز جزء همکاران بوده است. در اینجا به بعضی پروژه های این شرکت اشاره می کنیم:

- پروژه LIPA (لانگ آیلند نیویورک): این پروژه در لانگ آیلند نیویورک اجرا شده است و در زمان خود بزرگترین پروژه انتقال برق بوسیله کابل های ابر رسانا محسوب می شده زیرا طولانی ترین طول کابل (۶۰۰ متر) تا به آن زمان در این پروژه به کار رفته است. برای جلوگیری از ارائه اطلاعات تکراری، برای کسب اطلاعات بیشتر در رابطه با این پروژه می توانید به بخش مربوط به کشور آمریکا و وزارت آن مراجعه فرمایید.



¹ -Nexans



شکل (۳-۵): سایت‌های شرکت Nexans درگیر در پروژه LIPA

- پروژه Super 3C (پروژه کابل ابرسانای اروپایی): ۱۷ مارس ۲۰۰۹، پاریس. دو شرکت Bruker HTS و Nexans اتمام پروژه ابرسانا با پوشش کابل‌هادی را اعلام کردند که Super 3C نام دارد. پروژه Super 3C در ژوئن ۲۰۰۴ آغاز شد و با آزمایش موفق یک کابل با دمای بالای تک فاز به طول ۳۰ متر در دسامبر ۲۰۰۸ پایان یافت. در این آزمایش، این کابل ۱۷ مگاوات انرژی را منتقل کرد. این نوع کابل‌ها، نسل دوم می‌باشند و یک لایه نازک با دمای بالا دارند که وقتی تا دمای ۲۰۰- درجه سانتی گراد خنک می‌شوند، الکتریسیته را به صورت کامل هدایت می‌کنند.
- شرکت Bruker HTS این نوع کابل‌ها را با استفاده از هادی هیبریدی با کابل با دمای بالای مسی توسعه داد. این نسل از کابل‌ها این مزیت را دارد که ویژگی‌های ابرسانا و کابل مسی را با هم داشته باشد. این نسل از ابرسانای هیبریدی در کابل‌های Super 3C تا حدود ۴۰۰۰ متر توسط شرکت Bruker HTS آزمایش شد. این پروژه ۵.۲ میلیون یورو اعتبار کار خود را شروع کرد و ۲.۷ میلیون یورو از اتحادیه اروپا کمک مالی دریافت نموده است. هفت شرکت اروپایی همکار در پروژه:

● (EON AG آلمان)

● Tempere (دانشگاه فنی فنلاند)

● Brastislava (موسسه مهندسی برق اسلواکی)

● Lebain Teenalia (اسپانیا)

● ZFW (آلمان)

● موسسه مهندسی مواد بارسلونا (اسپانیا)

● Air Liquid (فرانسه)

پایگاه اینترنتی: www.nexans.com



شکل (۳-۶): نمایی از شرکت Nexans

• پروژه FCL:





شکل (۳-۷): پروژه‌های شرکت FCL اجرا شده در سالهای ۲۰۰۹-۲۰۱۱

• پروژه SPN: این پروژه طبق اطلاعات موجود در سال ۲۰۰۴ در دست مذاکره بوده است و مربوط به منطقه Tennessee در آمریکا می‌شود ولی سندی مبنی بر اجرا شدن آن در دست نیست.

↪ شرکت Air Liquid: این شرکت در زمینه سرمایه‌گذاری به وسیله گازهای مایع فعالیت می‌کند که نقش اساسی در پروژه‌های ابر رسانی دما بالا دارد. این شرکت در پروژه‌های LIPA و Super 3C که درباره آن‌ها توضیحاتی بیان شده است همکاری داشته است.

↪ انگلستان: کشور انگلستان نیز با اتخاذ برنامه ملی و هدایت شده فعالیت خود را در زمینه ابررسانی دما بالا آغاز کرده است. این کشور از طریق ایجاد همکاری بین وزارت تجارت و صنعت^۱ و شورای علم و مهندسی^۲ برنامه‌ای در سطح ملی در این زمینه شروع کرد. شورای علم و مهندسی با همکاری دانشگاه کمبریج^۳ بودجه ۹ میلیون دلاری

^۱-Department of Trade and Industry (DTI)

^۲-Science and Engineering Research Council (SERC)

^۳-Cambridge

برای ۶ سال به این برنامه اختصاص داد و همچنین بودجه‌ای معادل ۳,۵ میلیون دلار به عنوان بودجه مکمل به سایر دانشگاه‌ها اختصاص داد. وزارت تجارت و صنعت این کشور نیز با تخصیص بودجه ۱۲,۹ میلیون دلار از صنایع فعال در این زمینه حمایت خود را آغاز کرد و همچنین وزارت دفاع انگلستان از برنامه‌های دانشگاهی در این زمینه پشتیبانی می‌کند. بنابراین می‌توان بیان داشت که بودجه سالانه انگلستان برای ابرسانا بیش از ۱۸ میلیون دلار می‌باشد.

↪ ایتالیا: کشور ایتالیا برنامه پروژه‌های متعددی را در زمینه‌های مرتبط با انرژی ابرسانای دمایی از جمله مجموعه موتور و ژنراتور، فناوری‌های کابلی و مغناطیسی برای هم‌جوشی^۱ و همچنین هیدرودینامیک مغناطیس^۲ انجام داده است. از طرفی این کشور در ابرسانای دمابالا برنامه پژوهش محور گسترده‌ای دارد که شامل: تحلیل لایه نازک، کابل‌ها، ذخیره مغناطیسی، جداسازی مغناطیسی، سپرهای مغناطیسی، حفره‌های مغناطیسی و موتورهای مغناطیسی می‌باشد. محققین ایتالیایی به سرعت موفق به تولید YBaCuO - که از نتایج تحقیقات دانشگاه‌های هوستون^۳ و آلاباما^۴ است - شدند و میزبان چندین نشست تخصصی مرتبط با این زمینه بوده‌اند. در سال ۱۹۸۹ شورای ملی پژوهش^۵ ایتالیا بودجه‌ای بین ۱۰ تا ۱۵ میلیون دلار به ابرسانی دمابالا اختصاص داد و حدود ۲۰۰ پژوهشگر را در این زمینه به خدمت گرفت. این کشور همچنین کنسرسیومی با مشارکت ۲۷ دانشگاه ایتالیایی در مرکز توسعه کاربردهای ابرسانا در شهر جنوا^۶ و با به خدمت گرفتن ۱۰۰ پژوهشگر آغاز کرده است.

↪ هلند: دولت هلند در زمینه ابرسانای دمابالا برنامه‌ای در ابعاد کوچک در سال ۱۹۹۱ آغاز کرد که عمده این فعالیت با مشارکت شرکت فیلیپس^۱ همراه بود. دولت بودجه‌ای معادل ۴,۵ میلیون دلار و همچنین بخش خصوصی نیز به اندازه ۴,۵ میلیون دلار در این زمینه سرمایه‌گذاری کردند. شرکت فیلیپس با همکاری با آزمایشگاه‌های

¹ -fusion

² -magnetohydrodynamics

³ -Houston

⁴ -Alabama

⁵ -National Research Council

⁶ -Genoa

دانشگاه‌های کشور هلند به خصوص دانشگاه ایندهوون^۲ در این زمینه مشغول فعالیت است و با توجه به نوع کسب و کار این شرکت عمده تمرکز فعالیت‌های ابررسانا بر تجهیزات الکترونیک ابررسانا است و کمتر به کاربردهای انرژی ابررسانایی توجه دارد. سایر مراکز پژوهشی فعال در حوزه ابررسانا در کشور هلند شامل دانشگاه آمستردام^۳، لیدن^۴، نیجمگن^۵ و توتته^۶ و موسسه تحقیقات انرژی هلند^۷ و شرکت آکزو^۸ هستند.

سوئد: در کشور سوئد با همکاری و مشارکت دولت، دانشگاه‌ها و صنعت این کشور برنامه‌ای پژوهشی در زمینه کاربردهای ابررسانایی آغاز شد که در این برنامه آسابرون بووری^۹، شرکت اریکسون^{۱۰}، موسسه تحقیقات دفاعی سوئد^{۱۱} و ۷ دانشگاه سوئد مشغول فعالیت هستند. با وجود سرمایه‌گذاری اندک کشور سوئد که در حدود ۲ میلیون دلار برای ۲ سال اول فعالیت بوده است اما ABB که نقش اصلی را در این کشور به عهده دارد تجارب ارزشمندی در این زمینه داشته است و از سوی نمایندگان شرکت‌های امریکا فعال در این حوزه به عنوان یک رقیب جدی در کاربردهای بالقوه توان الکتریکی از جمله ژنراتورها و خطوط انتقال به شمار می‌رود.

روسیه: در کشور روسیه بودجه تخصیص داده شده به آکادمی علوم^۱ این کشور به منظور تحقیق و پژوهش در زمینه ابررسانا بیش از ۴۰ میلیون دلار تخمین زده می‌شود و بالغ بر ۲۰۰۰ پژوهشگر در این حوزه مشغول فعالیت هستند. انتشارات این کشور مقالات و کتب متعددی درباره ابررسانا و با محوریت لایه‌های نازک برای تجهیزات

¹ -Philips

² -Eindhoven

³ -Amsterdam

⁴ -Leiden,

⁵ -Nijmegen

⁶ -Twente

⁷ -Netherlands Energy Research Foundation

⁸ -Akzo

⁹ -ASEA-Brown-Boveri (ABB)

¹⁰ -Ericsson

¹¹ -Swedish Defense Research Establishment

الکترونیکی و مواد کپه‌ای برای کاربردهای مقیاس بالا منتشر کرده‌اند. البته پژوهشگران در این کشور برای انتشار نتایج و مطالعات خود با محدودیت‌هایی مواجه هستند. این کشور برنامه‌ی جدی‌تری در زمینه توسعه نیروگاه‌های هیدرودینامیک مغناطیسی نسبت به سایر کشورها دارد و موفق به ساخت نیروگاه ۵۰۰ مگاواتی در رایسان^۲ شده است و همچنین برنامه بلندمدتی برای توسعه این نیروگاه‌ها آغاز کرده است که به دلیل برخی مشکلات از جمله سیم‌پیچ‌های مغناطیسی ابررسانا این کشور با چالش جدی مواجه شده است. روسیه در زمینه ژنراتورهای ابررسانای دم‌پایین موفق به توسعه ژنراتور ۳۰۰ مگاواتی همانند ژنراتورهای مشابه آمریکایی شده است. یکی از موانع عمده در راه ابررسانایی در روسیه مشکل انتقال و تبادل اطلاعات و همکاری و هماهنگی بین موسسات و شرکت‌های فعال این حوزه است که منجر به کاهش نرخ رشد دستاوردها و موفقیت‌های این کشور در این زمینه شده است. روسیه کار معرفی دستگاه‌های ابررسانا به صنعت انرژی برق به طور رسمی از تاریخ ۱۶ می ۲۰۰۷ آغاز کرده است و برنامه‌های کاری شامل تحقیق و توسعه و معرفی کابل‌های HTS به صنعت برق بود.

آزمایشگاه تحقیقاتی ابررسانایی^۳

SRL بخش تحقیق و توسعه مرکز است. این آزمایشگاه به بخش‌های زیر تقسیم می‌شود:

↪ بخش مواد پیشرفته و فیزیک

↪ توسعه مواد ابررسانای پیشرفته و بهبود کارایی رساناهای پوشش‌دار^۱

زمینه‌های پژوهشی:

- جستجو برای مواد ابررسانای پیشرفته با میدان برگشت ناپذیری بالاتر
- فهمیدن مکانیسم شار و توسعه مواد ابررسانا با J_c بالاتر در میدان‌های مغناطیسی
- توسعه روش‌هایی برای توصیف صفات رساناهای پوشش‌دار و روش‌های تست پایداری دراز مدت

¹ - Academy of Sciences

² -Raysan

³ - Superconductivity Research Laboratory(SRL)

• توسعه فرآیند رشته‌ای قابل اطمینان، اتصال و فرآیند تعمیر رساناهای پوشش دار

دستاوردهای مهم، همکاری‌ها و مقالات:

<http://www.istec.or.jp/material-bulk/labo-material-E.html>

بخش نوارها و سیم‌های ابررسانا: تحقق بخشیدن به رساناهای پوشش دار قابل استفاده برای دستگاه‌های انرژی

ابررسانا

کاربردها :

• کاربردهای نیروی الکتریکی (کابل‌های ابررسانا، ترانسفورمرها، SMES، محدودکننده‌های جریان‌های ناقص

و ...)

• سیستم‌های حمل و نقل (موتورهای صنعتی، MAGLEV)

• سیستم‌های کاربردی آنالیز و پزشکی (MRI، NMR)

زمینه‌های پژوهشی، دستاوردهای مهم و مقالات:

<http://www.istec.or.jp/tape-wire/labo-tape-wire-E.html>

بخش دستگاه‌های الکترونیکی

کاربردها:

• سیستم‌های NDE برای رساناهای پوشش دار، سیم‌پیچ‌ها، محصولات صنعتی و تجهیزات کارخانه

• سیستم الکترومغناطیس گذرا (TEM) برای جستجوی معدن

• سیستم‌های بازرسی برای ایمن‌شناختی بیولوژیکی، MCG^۲ و MRI

زمینه‌های پژوهشی، دستاوردهای مهم و مقالات :

<http://www.istec.or.jp/device/labo-device-E.html>

¹ - Coated Conductors (CC)-

² - magneto-cardiogram

بخش تجهیزات برق: تحقق بخشیدن به توزیع برق به وسیله HTS. تحقیقات این بخش به وسیله سازمان

انرژی‌های نو و توسعه تکنولوژیکی صنایع^۱ حمایت می‌شود.

زمینه‌های پژوهشی :

• توسعه تجهیزات برق HTS با استفاده از رساناهای پوشش دار که به سه بخش SMES، کابل‌های برق و

ترانسفورمرها تقسیم می‌شود.

اطلاعات بیشتر در زمینه‌های پژوهشی :

<http://www.istec.or.jp/ep-equipment/labo-epq-E.html>

آزمایشگاه دستگاه‌های ابررسانا در دمای پایین

• مقالات ISTE:

<http://www.istec.or.jp/fruit/publication-E.html>

<http://www.istec.or.jp/web21/web21-E.html>

• کمپانی سوپرپاور (SuperPower) (زیر مجموعه کمپانی فوروکاواای ژاپن)

پایگاه اینترنتی : <http://www.superpower-inc.com>

این شرکت در ماه مارس سال ۲۰۰۰ برای انجام مطالعات و تحقیقات تخصصی و متمرکز روی ابررساناهای گرم و تجاری‌سازی

آنها ایجاد شد و تا سال ۲۰۱۱ در عضویت هلدینگ فیلیپس آمریکا قرار داشت. در سال ۲۰۱۱ این کمپانی به منظور گسترده تر

شدن وسعت فعالیت‌ها و تحقیقات به مالیکت شرکت فوروکاواای ژاپن درآمد.

حوزه کاری :

اصلی ترین حوزه کاری این شرکت ساخت و توسعه سیم‌های ابررسانای نسل دوم می‌باشد. قابل ذکر است که این شرکت از سال ۱۹۹۷ (قبل از تاسیس) تا کنون از بزرگترین و اولین شرکت‌های توسعه دهنده و سازنده سیم‌های ابررسانا (نسل اول و نسل دوم) می‌باشد.

شرکای تجاری، آکادمیک و تکنولوژیک :

<http://www.superpower-inc.com/?q=node/5>

سازمان‌های وابسته :

<http://www.superpower-inc.com/?q=node/6>

بانک مقالات و مستندات مفید شرکت از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۲ :

<http://www.superpower-inc.com/content/technical-documents>

رویدادها و اخبار مهم شرکت :

<http://www.superpower-inc.com/content/news-events>

فیلدهای کاربردی تحقیقات و محصولات شرکت (ابررسانای گرم نسل دوم) :

۱- انرژی

✓ محدودکننده‌های جریان‌های ناقص ابررسانا

SMES ✓

ترانسفورماتور HTS

در سال ۲۰۰۳ اولین ترانسفورماتور ۲۶ KVA در چین توسط موسسه IEE, CS و شرکت TBEA (شعبه Xinjiang) ساخته شد؛ سپس این دو با یکدیگر به تحقیق و کار ادامه دادند و توانستند ترانسفورماتور HTS سه زمانه با ۶۳۰ KVA را که در شکل (۳-۸) نشان داده شده است، بسازند.



شکل (۳-۸): یک نمونه ترانسفورماتور HTS

۳-۳-۱-۲- فناوری استفاده از عایق‌های خاص

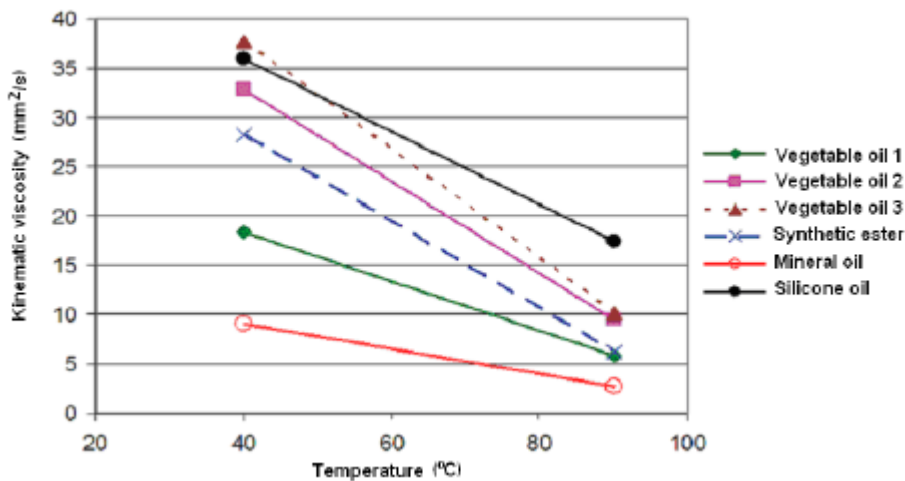
استفاده از استر^۱‌های جایگزین در سال ۲۰۰۴ مطرح شد. در آن زمان ترانسفورماتور فشارقوی در رنج ولتاژ ۲۳۸ KV و رنج توان ۱۳۵ MVA برای اولین بار در زیمنس با استر مصنوعی مورد تست قرار گرفت. پس از آن در سال ۲۰۰۸، ترانسفورماتور با رنج توان ۱۱۰ KV و توان ۴۰ MVA برای اولین بار با استر طبیعی مورد آزمایش واقع شد.

در آپریل ۲۰۱۳ اولین ترانسفورماتور قدرت فشار قوی با استر طبیعی به طور موفقیت‌آمیزی تست شد. این ترانسفورماتور در شرکت ترانسفورماتورهای فشار قوی زیمنس در نورنبرگ آلمان ساخته شد. رنج ولتاژ آن ۴۲۰ KV بوده و از معیارهای طراحی

^۱-ester

خاص استفاده می‌نمود. همچنین بزرگترین واحدی بشمار می‌آمد که از استرهای طبیعی استفاده می‌نمود. رنج توان این ترانسفورماتور ۳۰۰ MVA است که در شرایط اضافه بار می‌تواند تا ۴۰۰ MVA نیز برسد [۳۹]. البته ناگفته نماند که چگالی بیشتر و در وهله اول ویسکوزیته بیشتر استرها در بررسی اثرشان بر روی خنک‌سازی ترانسفورماتور، عامل مهمی بشمار می‌رود. در حالت کلی، کارکرد ترانسفورماتور منجر به ایجاد تلفات می‌شود. این تلفات، در سیم‌پیچی‌ها، هسته مغناطیسی، و در قسمت‌های فلزی ساختمان ترانسفورماتور رخ می‌دهد. تلفات تبدیل به گرما شده و منجر به گرمایش اجزای ترانسفورماتور می‌گردد.

ویسکوزیته بالاتر مایعات عایقی، منجر به خنک‌سازی کمتر می‌گردد. علاوه بر این، ویسکوزیته^۱ استرها و روغن صنعتی به دما وابسته است [۴۰]. شکل (۳-۹).



شکل (۳-۹): ارتباط ویسکوزیته نسبت به دما در مایعات مختلف عایقی

از آنجایی که روغن‌های صنعتی دارای ویسکوزیته بسیار کم‌تراند، بنظر می‌رسد که این روغن‌ها نسبت به استرها عملکرد بهتری در فرآیند خنک‌سازی خواهند داشت.

به عبارت دیگر، چگالی بیشتر استرها موجب می‌شود که این مایعات نتوانند به راحتی از درون کانال‌های تنگ خنک‌ساز و سیم‌پیچی‌ها و هسته مغناطیسی عبور کنند.

^۱ - ضریب گرانروی - میزان روان بودن مایعات. به عبارتی هر چه ویسکوزیته بالاتر باشد، میزان روان بودن سیال کمتر است.

مایعات استر قادر به دسترسی به تمام قسمت‌های سیستم عایقی سیم پیچ نبوده و لذا بایست خواص فیزیکی و شیمیایی ساختار عایقی سیستم پر شده با استر برای چرخش بهتر مایعات خنک ساز در گردش طبیعی و اجباری لحاظ شود. لذا سیستم گردش اجباری مایع ترانسفورماتور پر شده با استر باید با توان بالاتری در نظر گرفته شود و قطر لوله‌های روغن باید بزرگتر از حالت ترانسفورماتور با روغن صنعتی لحاظ شود [۳۷].

در ترانسفورماتورهای فشارقوی، غالباً از روغن صنعتی و و فیبروس اشباع شده بعنوان سیستم عایقی استفاده می‌شود (پیشنهاد شرکت زیمنس) [۳۶].

در صورتیکه تمایل به استفاده از استرهای طبیعی در ترانسفورماتور قدرت، می‌بایست حتی الامکان گونه ای از آن را انتخاب نمود که دارای نزدیکترین ویسکوزیته به روغن صنعتی باشد. چرا که همانگونه که پیش تر نیز ذکر شد، پایین تر بودن ویسکوزیته این مواد طبیعی نسبت به روغن، به دلیل عدم توانایی در خنک سازی مطلوب، منجر به کاهش راندمان می‌شود [۴۷].

۳-۳-۱-۳- تکنولوژی های ساخت یافته برای هسته و سیم پیچی در جهت کاهش تلفات

هسته و سیم‌پیچی از جمله اجزا مهمی هستند که عملکرد اصلی و قابلیت اطمینان را تعیین می‌کنند. با این وجود، این اجزا همواره منبع اتلاف انرژی بوده اند که مشکلات کاهش راندمان را سبب می‌شود.

برای حفظ منابع انرژی، لازم است که هسته و سیم پیچی کوچک شوند و مواد کمتری استفاده شود. علاوه بر این، این اجزا درصد بزرگی از هزینه را نیز شامل می‌شوند. پس ارائه ساختاری آسان و سریع دارای اهمیت است.

در داخل هسته از ورقه‌های استیل سلیکونی با جهت دهی مناسب و از جنس مرغوب استفاده شده است. انتخاب مواد با ورقه های نازک، ورقه‌های با روکش عایقی، و یا چگالی مغناطیسی بالا (B8)، مطابق با تلفات بی‌باری صورت می‌گیرد. برای سیم‌پیچی استفاده از هادی‌های ترانسپوز شده پیشنهاد می‌گردد. استفاده از هادی‌های ترانسپوز شده کارکرد پیوسته هادی‌ها را به طور معقولی ساده تر و کار نیروی انسانی را کوتاه تر می‌کند.

این هادی‌ها همچنین، تلفات جریان گردابی در سیم‌پیچی را نیز کوتاه تر می‌کنند [۲۱].

همانگونه که قبلاً ذکر شد، تلفات ترانسفورماتور به دو بخش هسته (بی باری) و مقاومتی (مس) تقسیم می‌شوند. تلفات هسته بمنظور انرژی دار کردن ترانسفورماتور به سیستم تحمیل می‌شوند. لذا با سائز ترانسفورماتور و مواد مورد استفاده در آن تغییر می‌کند. بهینه‌سازی اندازه ترانسفورماتور برای حداقل سازی تلفات هسته امری اساسی است. تلفات مقاومتی به طور عمده تابعی از جریان عبوری از ترانسفورماتور است، که منجر به افزایش حرارت آن می‌شود.

این تلفات با جریان به صورت نمایی تغییر می‌کنند. لذا ترانسفورماتور نباید بیش از حد کوچک باشد. یک راه حل این است که به صورت جمعی به تعداد سه ترانسفورماتور یا بیشتر در پست استفاده شود و با بی برق کردن یکی از آن‌ها و یا بیشتر، در طول دوره‌های بار گذاری اندک، (برای پیش گیری از تلفات بیش از حد هسته)، و سپس برق دار کردن آن‌ها در طول دوره‌های با تقاضای زیاد (برای جلوگیری از تلفات مقاومتی بیش از حد) این مشکل حل شود. که البته می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌های مربوط به مدارشکن‌ها و یا کاهش قابلیت اطمینان شود [۲۲].

۳-۳-۱-۳-۱- هسته ترانسفورماتور قدرت

اصلی ترین عامل برای کاهش موثر وزن و تلفات، بهبود مواد استفاده شده در هسته است [۴۲]. استفاده از تکنولوژی ساخت هسته به صورت لایه لایه که نسبت به هم عایق اند، و به کار بردن مواد با جنس مرغوب، منجر به حداقل شدن تلفات بی باری ترانسفورماتور می‌گردد [۳۵] و [۴۳].

اخیراً با جایگزینی فلزات بی شکل و غیر بلوری آمورف^۲ به جای آهن سیلیکونی در هسته ترانسفورماتورهای توزیع با قدرت نامی کوچکتر از ۱۰۰ KVA، تلفات بی باری باز هم کاهش یافته است. اما این کار در مورد ترانسفورماتورهای بزرگ با قدرت نامی بزرگتر از ۵۰۰ KVA انجام نشده است.

استفاده از هسته آمورف در ترانس‌های توزیع AMDT^۳ یک تکنولوژی موثر برای کاهش تلفات درون هسته مغناطیسی است. از آنجاییکه حد اشباع مواد آمورف در محدوده ۱/۵ تسلا و در فولادهای الکتریکی سیلیکونی ۲/۱ تسلا می‌باشد، لذا این

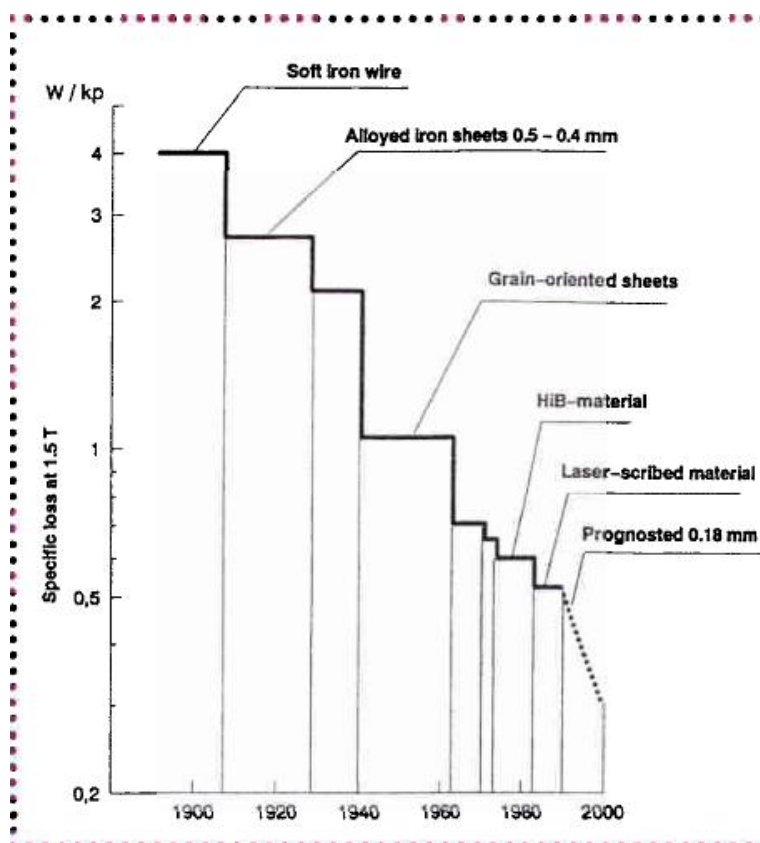
^۱ - impregnated fibrous material

^۲ - Amorphous

^۳ - Amorphous metal distribution transformers

یک محدودیت برای استفاده از این مواد در ترانسفورماتورهای بزرگ بوده [۲۶] و در ترانسفورماتورهای قدرت (فراتر از محدوده توزیع) قابل استفاده نیستند [۱۹].

شکل (۳-۶) روند تکاملی کاهش تلفات در هسته فولادی ترانسفورماتور را نشان می‌دهد [۴۲].

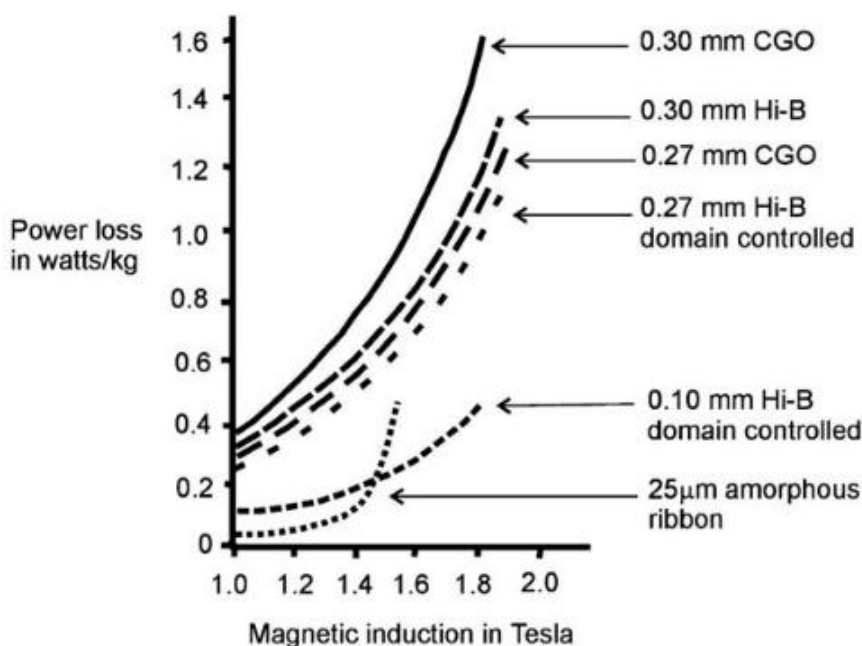


شکل (۳-۱۰): سیر تاریخی تکامل هسته فولادی

هسته ترانسفورماتور فشار قوی، که از جنس فولاد مرغوب انتخاب می‌شود، به صورت ورقه‌های نازک انتخاب می‌شود که توسط پوشش‌های عایقی به لحاظ الکتریکی از هم ایزوله شده‌اند.

در ترانس‌های فشار قوی چگالی شار به طور متوسط بین $1/3$ تسلا و $1/8$ تسلا بوده در حالیکه حد اشباع فولاد بین $2/3$ تسلا و $2/5$ تسلا می‌باشد [۲۷].

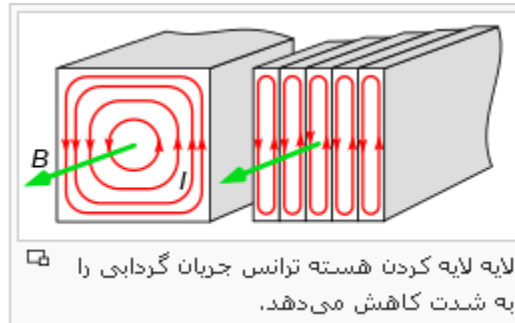
شکل (۳-۱۱) مشخصات الکتریکی هسته‌های فولادی را در برابر القای مغناطیسی نشان می‌دهد.



شکل (۳-۱۱): مشخصات الکتریکی هسته های فولادی در برابر چگالی شار هسته [۲۸]

آلیاژ فولاد سیلیکون دارای هزینه کم و تلفات کم هسته و ضریب نفوذ پذیری زیاد و چگالی شار زیاد است. این ورقه ها را جهت غلبه بر تلفات حاصل از جریان های گردابی فوکو و هیستریزیس با پوشش نازکی از کاغذ یا از لعاب یا یک قشر اکسید روی سطحشان از هم عایق می کنند. ضخامت ورقه های هسته از ۰/۳۵ میلی متر برای ۵۰ هرتز تا ۰/۵ میلی متر برای فرکانس ۲۵ هرتز تغییر می کند.

هسته ترانسفورماتور متشکل از ورقه های نازک است که سطح آن ها با توجه به قدرت ترانسفورماتور ها محاسبه می شود. این ورقه ها از آهن بدون پسماند با آلیاژی از سیلیسیم (حداکثر ۴/۵ درصد) که دارای قابلیت هدایت الکتریکی و قابلیت هدایت مغناطیسی زیاد است ساخته می شوند. در اثر زیاد شدن مقدار سیلیسیم، این ورقه ها شکننده می شود. برای عایق کردن ورقهای ترانسفورماتور، قبلا از یک کاغذ نازک مخصوص که در یک سمت این ورقه چسبانده می شد، استفاده می کردند اما امروزه بدین منظور در هنگام ساختن و نورد این ورقه ها یک لایه نازک اکسید فسفات یا سیلیکات به ضخامت ۲ تا ۲۰ میکرون به عنوان عایق در روی آن ها پوشش داده می شوند و با آن ها روی ورقه ها را می پوشانند. علاوه بر این، از لاک مخصوص نیز برای عایق کردن یک طرف ورقه ها استفاده می شود. شکل (۳-۱۲) نحوه کاهش جریان گردابی را در نتیجه ورقه ورقه نمودن هسته ترانسفورماتور نشان می دهد.



شکل (۳-۱۲): ورقه ورقه کردن هسته برای کاهش تلفات

۳-۳-۱-۳-۳ - سیم پیچی ترانسفورماتور

در مقایسه با سیر تکاملی جنس هسته، در زمینه جنس هادی‌ها محدود به همان نوع معمولی مانده است. معرفی هادی‌های به هم پیوسته ترانسپوز (CTC)^۱ به طور اساسی بر روی طراحی سیم پیچ تاثیر گذاشته و منجر به کاهش تلفات اضافی ناشی از جریان‌های گردشی و جریان‌های گردابی می‌شود [۴۲].

انتخاب بهینه سطح مقطع هادی‌ها، منجر به کاهش تلفات بارداری ترانسفورماتور می‌شود [۴۳]. همچنین روش‌هایی برای کاهش تلفات ناشی از شار نشتی نیز مطرح شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

۱. کاهش تلفات بار پراکنده و جریان گردابی در سیم پیچی

در سیم پیچ‌ها که جریان‌های بسیار زیاد را حمل می‌کنند، از هادی‌هایی که بصورت موازی به یکدیگر وصل شده‌اند، استفاده می‌شود. در قسمت اتصال، شار نشتی هر هادی اندکی تفاوت دارد که منجر به عدم تعادل در جریان‌های داخلی هادی‌ها شده و در نتیجه افزایش تلفات بار را سبب می‌شود.

تلفات جریان گردابی غالباً با فرض متعادل بودن جریان‌ها محاسبه می‌شود. اما در واقع عدم تعادل جریان‌های هادی‌ها منجر به تلفات بیش تر بار می‌شود که به تلفات جریان گردابی اضافه می‌گردد.

^۱ - continuously transposed conductors

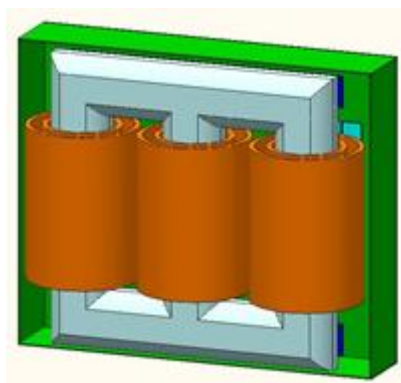
با انتخاب روش بهینه برای ترانسپوزه کردن هادی‌ها، می‌توان نا متعادل بودن جریان را کاهش داد که در نتیجه آن تلفات کلی نیز کم شود.

لایه سیم‌پیچی ترانسفورماتورهای قدرت فشارقوی به لحاظ بالا بودن قدرت آن‌ها، دارای چندین هادی ترانسپوز یا جابجا شده است تا هنگام عبور جریان الکتریکی و ایجاد اثر پوستی، از همه هادی‌های هر فاز، جریان الکتریکی عبور کند. شکل (۳-۱۳).



شکل (۳-۱۳): ترانسپوزه کردن هادی‌ها بمنظور کاهش اثر پوستی

۲. کاهش تلفات پراکنده در ترانسفورماتور فشارقوی با اعمال دیواره‌های موازی [۶]

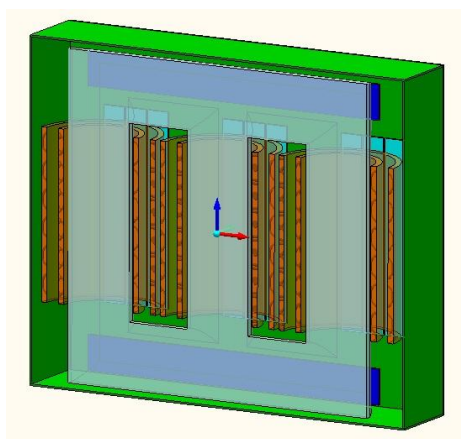


شکل (۳-۱۴): کاهش تلفات پراکنده با دیواره‌های موازی

با افزایش ظرفیت ترانسفورماتور، تلفات پراکنده بطور جدی دارای اهمیت می‌شوند. در ترانسفورماتورهای ظرفیت بالا، تلفات پراکنده در ساختار قطعات، حدود ۱۰ تا ۴۰ درصد تلفات کلی بار را تشکیل می‌دهند. که این امر می‌تواند منجر به افزایش قابل توجه دمای مخزن شود. در واحدهای بزرگ، یک راه معمول برای کنترل و کاهش تلفات پراکنده بوجود آمده ناشی از میدان نشتی، استفاده از دیواره‌های شنت مغناطیسی می‌باشد.

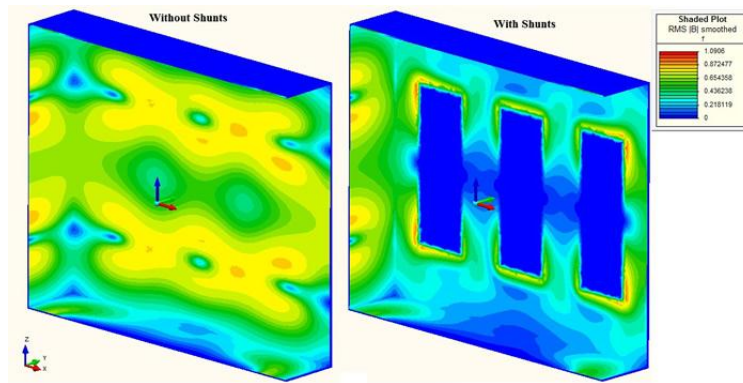
در مطالعه Trafoexperts GMBH تلفات پراکندگی در مخزن و فریم ترانسفورماتور در دو حالت اعمال دیواره های موازی و عدم اعمال آن ها بررسی گردیده است. برای بررسی تلفات پراکندگی از نرم افزار Magnet's 3D time-havmonic solver استفاده شده است.

● ترانسفورماتور با اعمال دیواره های موازی: در این مطالعه یک ترانسفورماتور قدرت 100 MVA ، $132 \text{ KV} / 230 \text{ KV}$ با دیواره های موازی مدل سازی گردیده است. هسته و سیم پیچی ها به صورت شفاف و بیرنگ تنظیم شده اند تا دیواره های موازی به رنگ آبی روشن قابل تشخیص باشند. تعداد ۹ قطعه دیواره های موازی در ۳ گروه بندی تعبیه شده اند (شکل ۳-۱۵). نرم افزار Magnet's 3D time-havmonic solver تلفات پراکندگی را محاسبه نموده است.



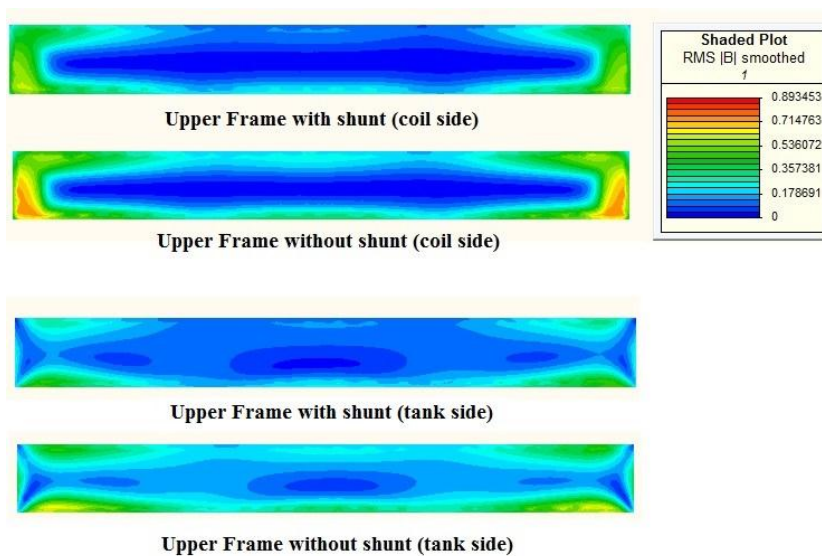
شکل (۳-۱۵): مدل سازی ترانسفورماتور قدرت به همراه دیواره های موازی

● چگالی شار در مخزن ترانسفورماتور قدرت: دیواره های مغناطیسی موازی مسیر کم رلوکتانسی پیش روی شار نشتی قرار داده و سایر اجزا و قطعات ترانسفورماتور را نسبت به شار نشتی ایزوله می نماید. پلات های چگالی فلوی مغناطیسی در دو حالت اعمال دیواره های موازی و عدم اعمال آن ها ترسیم گردیده اند. مشاهده می گردد توزیع چگالی فلوی مغناطیسی در حالت اعمال دیواره های موازی (قسمت سمت راست شکل ۳-۱۶)) کاهش قابل توجهی داشته است.



شکل (۳-۱۶): پلات چگالی فلوی مغناطیسی در مخزن ترانسفورماتور

● چگالی شار در فریم ترانسفورماتور قدرت: پلات‌های چگالی فلوی مغناطیسی در فریم ترانسفورماتور نشان می‌دهد هسته نسبت به مخزن ترانسفورماتور از چگالی شار بالاتری برخوردار می‌گردد و نیز با اعمال دیواره‌های موازی توزیع چگالی فلوی مغناطیسی نسبت به حالت عدم اعمال آن‌ها کاهش می‌یابد.



شکل (۳-۱۷): پلات چگالی شار در فریم ترانسفورماتور

● کاهش تلفات پراکندگی: جدول ذیل کل تلفات پراکندگی مخزن و فریم ترانسفورماتور را در دو حالت اعمال و تعبیه دیواره‌های موازی و عدم اعمال آن‌ها نشان می‌دهد. با مقایسه نتایج می‌توان دریافت هم در مخزن و هم در فریم ترانسفورماتور تلفات پراکندگی با اعمال و تعبیه دیواره‌های موازی بهبود قابل توجهی می‌یابد (جدول ۳-۸).

جدول (۳-۸): تلفات پراکندگی ترانسفورماتور در دو حالت تعبیه دیواره‌های موازی و عدم تعبیه آن‌ها

	Tank stray losses (W)	Frame stray losses (W)
Without Wall shunts	26158	1332
With Wall Shunts	10780	492
Stray Loss Reduction	58%	63%

۳. کاهش جریان گردابی و تلفات پراکنده با استفاده از روش المان محدود

یک روش دیگر برای کاهش جریان گردابی و تلفات پراکنده نه تنها در سیم پیچی بلکه در دیواره‌های مخزن و سایر قطعات، استفاده از روش عددی المان محدود به منظور یافتن بهترین محل برای اتصالات است. این جریان‌های گردابی ناشی از شار مغناطیسی ناشی است که در قطعات القایی همچون دیواره‌های مخزن، اتصالات، و سایر قسمت‌های ساختاری رخ می‌دهد [۲۰].

بر این مبنای، شار ناشی در اطراف سیم‌پیچی اولیه و ثانویه در جریان بار نامی محاسبه شده و تلفات جریان گردابی در قسمت‌های مختلف محاسبه می‌شود.

محاسبه دقیق تلفات جریان گردابی در ترانسفورماتور فشارقوی بر مبنای روش عددی و بهبود ساختار ترانسفورماتور بر مبنای آن می‌تواند منجر به کاهش تلفات و افزایش بازده گردد [۲۹-۳۳].

تلفات پراکندگی در ترانسفورماتور فشارقوی متشکل از تلفات در سیم‌پیچی‌ها با اضافه تلفات بوجود آمده در ساختار ترانسفورماتور است.

تلفات سیم‌پیچی وابسته به ولتاژ و توان ترانسفورماتور بوده و جز با افزایش سطح مقطع هادیها، راهی برای کاهش آن‌ها نیست. این امر منجر به ترانسفورماتور بزرگتر و بالطبع گرانتر می‌گردد.

علاوه بر تلفات ژول ناشی از مقاومت هادی‌ها، همچنین تلفات جریان گردابی را داریم که در داخل سیم‌پیچی‌ها رخ می‌دهد که منشا آن‌ها شار ناشی از سیم‌پیچ است. تلفات جریان گردابی سیم‌پیچ در انواع مختلف ترانسفورماتور فشارقوی در مرجع [۲۳] بررسی شده است.

هر چند این تلفات سهم کمی در مقایسه با کل تلفات ترانسفورماتور دارند، اما محاسبه آن‌ها پیچیده تر است. تلفات پراکنده ناشی از شار ناشی در سیم‌پیچ و ساختار ترانسفورماتور به صورت مجزا قابل محاسبه نبوده و بایست با استفاده از روش المان محدود محاسبه شوند. این تلفات بر مبنای معادله زیر محاسبه می‌شوند.

$$P_{dod_cu} - P_{cu} - P_k = P_v$$

که در آن P_{dod_cu} تلفات جریان گردابی در دیواره‌های مخزن و سایر قطعات است. P_v تلفات پراکندگی ترانسفورماتور است که با روش غیرمستقیم بر مبنای جریان اتصال کوتاه (در این حالت چون ولتاژ تغذیه پایین است، تلفات آهنی هسته قابل صرف‌نظر می‌باشد و فقط تلفات مسی به دست می‌آید) محاسبه می‌شود.

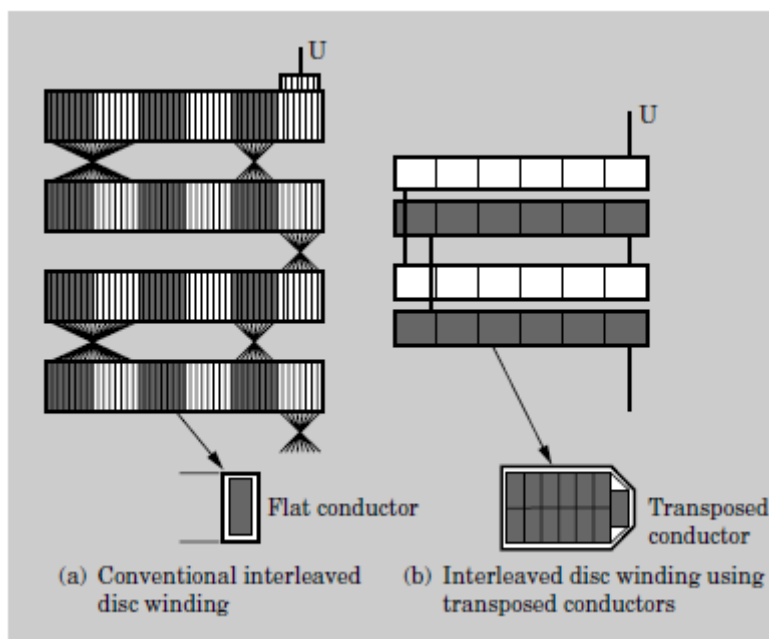
با این روش، مجموع تلفات اتصال کوتاه P_k و تلفات ژولی P_{cu} ناشی از مقاومت سیم‌پیچ‌ها در ترانسفورماتور محاسبه می‌شود. تلفات پراکندگی ناشی از شار ناشی از سیم‌پیچ‌ها بر مبنای مرجع [۲۳] محاسبه می‌شود.

۴. قرار دادن صفحاتی در داخل سیم‌پیچی‌ها با هادی‌های ترانسپوزه شده

در سیم‌پیچی‌های سمت فشار قوی، به طور معمول از دو الی ده و یا تعداد بیشتر هادی‌های مسطح استفاده می‌گردد که از عایق‌های کاغذی معمولی جهت مجزا کردن و ایجاد صفحات عایقی بین آن‌ها استفاده می‌شود. در این حالت یک مجموعه بزرگ خازنی بین هادی‌ها که مکرراً و در جهت شعاعی سیم‌پیچی قرار گرفته‌اند، به وجود می‌آید (شکل ۳-۱۸). (a)

در صورتیکه در سیم‌پیچی‌ها (با دیسک‌های مجزا)، به جای روش معمول، از هادی‌های ترانسپوزه شده استفاده شود، این مجموعه خازنی افزایش چشمگیری خواهد داشت.

با ایجاد یک صفحه عایقی بین یک و یا دو هادی ترانسپوز شده به قسمی که هادی اول سیم پیچ روی سومین هادی ادامه می‌یابد و سپس به هادی دوم بر می‌گردد، مجموعه خازنی گسترده از خازن های بین سیم پیچ شکل می‌گیرد، که به صورت محوری مرتب شده‌اند (شکل ۱۸-۳ b). شکل (۱۸-۳) ساختار سیم‌پیچی با صفحات مجزا در دو حالت معمول و با استفاده از هادی های ترانسپوز شده را با همدیگر مقایسه می‌کند.



شکل (۱۸-۳): ساختار سیم‌پیچ با صفحات مجزای عایقی

ایجاد حلقه‌های یکنواخت کننده خازنی، سبب افزایش ظرفیت خازنی در ورودی و تعادل میدان الکتریکی در دوره های انتهایی می‌شود.

روش فوق الذکر برای افزایش راندمان و کاهش تلفات جریان گردابی در سیم‌پیچ، به صورت گسترده در ترانسفورماتورهای با ولتاژ فوق العاده زیاد، مورد استفاده قرار گرفته است.

علاوه بر این، در این روش به دلیل قابلیت بسیار زیاد تحمل ولتاژهای ضربه صاعقه، نیازی به افزایش سایز ترانسفورماتور جهت افزایش استقامت در برابر ولتاژهای خیلی زیاد نیست. عملکرد سیم‌پیچ و عملکرد عایقی با استفاده از مقیاس واقعی مدل نشان داده شده در شکل (۱۹-۳) نشان داده شده است.



شکل (۳-۱۹): مدل با مقیاس واقعی سیم پیچ ترانسوزه شده با صفحات مجزا

۵. فرآیند خنک‌سازی

برای درک توزیع سرعت پخش روغن داخل و بیرون از سیم‌پیچی در جهت بهینه‌سازی ساختار خنک‌سازی در داخل و بیرون از سیم‌پیچی، لازم است که توزیع شارش روغن تشریح شود. بدین منظور، از یک موج سه بعدی با سرعت فراصوت برای محاسبه سرعت شارش استفاده می‌شود. این محاسبه گر قادر به شناسایی انعکاس پالس های موج فرا صدا است که از یک ذره ردیاب حرکت کننده درون روغن، منعکس می‌شود، و سرعت شارش آنی و سه بعدی را اندازه‌گیری می‌کند. یک حباب گاز به عنوان ردیاب هدف، درون روغن قرار داده می‌شود. به عبارتی دیگر، برای یافتن سرعت شارش مایع، از نرم تحلیل همه منظوره مایع گرم شده استفاده شده است (روش حجم محدود). معادله اصلی بر مبنای قانون بقای جرم و انرژی است.

۶. شارش روغن به صورت زیگزاگی

در ترانسفورماتورهای از نوع شارش روغن هدایت شده، از روش زیگزاگی روغن به جای روش معمولی هدایت روغن در لوله استفاده می‌شود. روش شارش زیگزاگی روغن فرآیند انتقال حرارت از درون سیم‌پیچی به روغن را بهبود داده، یک تعادل حرارتی را در افزایش دمای سیم‌پیچی ایجاد کرده، و بالاترین دمای ترانسفورماتور را کاهش می‌دهد. در نتیجه این روش اندازه تجهیزات خنک کننده را کاهش داده و قابلیت اطمینان را بهبود می‌دهد. مقایسه بین مدل تحلیلی و اندازه گیری واقعی، یک انطباق خوب در توزیع دما را نشان داده، و انتخاب بهترین ساختار عبور روغن را امکان پذیر می‌سازد [۲۲].

۳-۳-۲- فناوری‌های شناسایی شده برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای توزیع

۳-۳-۲-۱- فناوری تغییر طراحی اکتیو پارت

این فناوری از دهه ۷۰ در جهان مورد استفاده قرار گرفته است. در این فناوری با تغییر در ابعاد هسته و سیم‌پیچ‌ها، نقطه کار شدت شار مغناطیسی ترانسفورماتور تغییر کرده و متعاقب آن تلفات هسته و تلفات سیم‌پیچ‌ها تغییر می‌کند. این تغییرات بصورت استاندارد بوده و در ۹ تیپ مشخص طبقه‌بندی شده‌اند. در جدول (۳-۹) تلفات هسته و تلفات بارگیری برای تیپ‌های مختلف ترانسفورماتورهای توزیع در ظرفیت‌های ۲۵ تا ۲۵۰۰ کیلوولت‌آمپر ارائه شده است [۲].

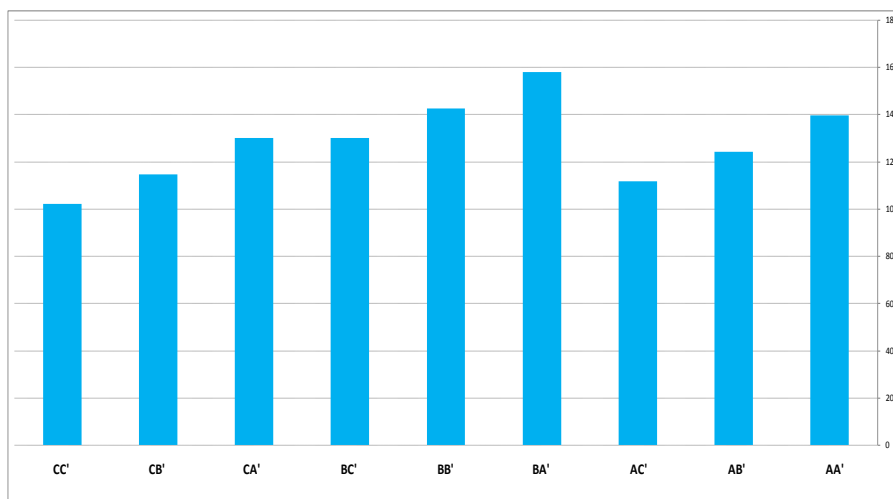
جدول (۳-۹): تلفات هسته و تلفات بارگیری برای تیپ‌های مختلف ترانسفورماتور

CC'		CB'		CA'		BC'		BB'		BA'		AC'		AB'		AA'		ظرفیت (kVA)
PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	
438	63	438	73	438	95	675	63	675	73	675	95	550	63	550	73	550	95	25
875	125	875	145	875	190	1350	125	1350	145	1350	190	1100	125	1100	145	1100	190	50
147	210	147	260	147	320	215	210	215	260	215	320	1750	210	1750	260	1750	320	100
235	355	235	445	235	550	360	355	360	445	360	550	2760	355	2760	445	2760	550	200
275	425	275	530	275	650	420	425	420	530	420	650	3250	425	3250	530	3250	650	250
325	500	325	625	325	780	500	500	500	625	500	780	3850	500	3850	625	3850	780	315
385	610	385	750	385	930	600	610	600	750	600	930	4600	610	4600	750	4600	930	400
455	720	455	875	455	1100	710	720	710	875	710	1100	5450	720	5450	875	5450	1100	500
560	800	560	940	560	1200	870	800	870	940	870	1200	6750	800	6750	940	6750	1200	630
740	940	740	115	740	145	107	940	1070	115	1070	1450	8500	940	8500	1150	8500	1450	800
950	110	950	140	950	170	130	110	1300	140	1300	1700	10500	1100	1050	1400	1050	1700	1000



CC'		CB'		CA'		BC'		BB'		BA'		AC'		AB'		AA'		ظرفیت
PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	(kVA)
140 00	170 0	140 00	220 0	140 00	260 0	200 00	170 0	2000 0	220 0	2000 0	2600	17000 0	1700	1700 0	2200	1700 0	2600	1600
175 50	205 5	175 50	264 5	175 50	313 5	253 00	205 5	2530 0	264 5	2530 0	3135	21200 0	2055	2120 0	2645	2120 0	3135	2000
220 00	250 0	220 00	320 0	220 00	380 0	320 00	250 0	3200 0	320 0	3200 0	3800	26500 0	2500	2650 0	3200	2650 0	3800	2500

به عنوان نمونه، مجموع تلفات هسته و بارگیری برای تیپ‌های مختلف از یک ترانسفورماتور توزیع ۳۱۵ کیلوولت‌آمپر در بارگیری ۴۰٪ در نمودار شکل (۳-۲۰) خلاصه شده است.



شکل (۳-۲۰): کل تلفات تیپ‌های مختلف از یک ترانسفورماتور توزیع ۳۱۵ کیلوولت‌آمپر در بارگیری ۴۰٪

۳-۳-۲-۱-۱- ارزیابی فنی و اقتصادی ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات رده AB'

ترانسفورماتورهای توزیع بسته به طراحی، نحوه ساخت، کیفیت مواد اولیه مورد استفاده و نوع بهره برداری دارای تلفات متفاوتی هستند. امروزه با پیشرفت تکنولوژی ساخت و تامین مواد اولیه مناسب می‌توان بیش از 70 درصد تلفات آن‌ها را کاهش داد.

بکارگیری و استفاده بهینه از ترانسفورماتورهای کم تلفات در شبکه‌های توزیع بجای احداث و توسعه نیروگاه، صرفه جویی قابل توجهی در سرمایه گذاری اولیه جهت احداث نیروگاهها و توسعه شبکه های انتقال و توزیع و سوخت مصرفی ایجاد می‌گردد.

عمده ترین تلفات در حالت بارداری مربوط به تلفات مسی می‌باشد و بقیه اجزاء تلفات ناچیز می‌باشند. با توجه به اینکه این بخش از تلفات مستقیماً به باری عبوری از ترانسفورماتور بستگی دارد، در بی باری، مقدار آن تقریباً معادل صفر و در حالی که بار عبوری از آن برابر قدرت اسمی باشد، مقدار تلفات بارداری نیز به حد اسمی می‌رسد. مولفه اصلی تلفات بارداری، تلفات اهمی

سیم پیچ‌های ترانسفورماتور می‌باشد و برای کاهش این تلفات باید مقاومت اهمی سیم پیچ‌ها را کاهش داد که برای این کار باید از مواد با مقاومت ویژه و یا از سیم با سطح مقطع بزرگتر استفاده نمود.

ترانسفورماتورهای با تلفات پایین که مطابق با استاندارد DIN42500 طراحی و ساخته می‌شوند دارای 9 طرح مختلف می‌باشند. تلفات بی باری ترانسفورماتور مطابق استاندارد DIN42500 به سه دسته A' ، B' ، C' تقسیم می‌شود که C' بیشترین تلفات و رده A' کمترین تلفات بی باری را دارند. تلفات بارداری نیز به سه رده A ، B و C تقسیم بندی می‌شوند.

رده B بیشترین تلفات و رده گروه C کمترین تلفات را در بار کامل دارا می‌باشد.

طرح AA' دارای تلفات بارداری متوسط و تلفات بی باری نسبتا بالا و طرح CC' تلفات بارداری پایین و

تلفات بی باری پایین می‌باشد.

تلفات بی باری این ترانسفورماتورها به طور متوسط 35 درصد و تلفات بارداری این ترانسفورماتورها به طور متوسط 25 درصد کمتر از ترانسفورماتورهای معمولی است. طرح AB' دارای تلفات بارداری متوسط و تلفات بی باری متوسط می‌باشد. جنس ورق هسته کد M150-30S با حداکثر تلفات (1.5 w/kg-1.7 T) در ترانسفورماتورهای معمولی به ورق با هسته کد M105-5 30P با حداکثر تلفات (1.05 w/kg - 1.7 T) مطابق با استاندارد IEC 60404-8-7 (1998) تغییر یافته است. روغن ترانسفورماتور استفاده شده در طرح AB' مطابق با استاندارد IEC 60296 می‌باشد. میزان تلفات در ترانسفورماتورهای معمولی و کم تلفات رده AB' برای ظرفیت‌های مختلف در جدول ذیل آمده است :

جدول (۳-۱۰): مقایسه تلفات ترانسفورماتور معمولی و کم تلفات AB'

ظرفیت (KVA)	ترانسفورماتور معمولی			ترانسفورماتور کم تلفات			میزان تفاوت		
	تلفات بار (W)	تلفات بی باری (W)	مجموع تلفات (W)	تلفات بار (W)	تلفات بی باری (W)	مجموع تلفات (W)	تفاوت در تلفات بار (W)	تفاوت در تلفات بی باری (W)	مجموع تفاوت تلفات (W)
۲۵	۷۵۰	۱۵۰	۹۰۰	۵۵۰	۷۳	۶۲۳	۲۰۰	۷۷	۲۷۷
۵۰	۱۲۵۰	۲۱۰	۱۴۶۰	۱۱۰۰	۱۴۵	۱۲۴۵	۱۵۰	۶۵	۲۱۵
۱۰۰	۲۱۵۰	۳۴۰	۲۴۹۰	۱۷۵۰	۲۶۰	۲۰۱۰	۴۰۰	۸۰	۴۸۰
۱۲۵	۲۵۰۰	۴۰۰	۲۹۰۰	۲۰۰۰	۳۱۰	۲۳۱۰	۵۰۰	۹۰	۵۹۰
۲۰۰	۳۶۰۰	۵۷۰	۴۱۷۰	۲۷۶۰	۴۴۵	۳۲۰۵	۸۴۰	۱۲۵	۹۶۵
۲۵۰	۴۴۵۰	۶۱۰	۵۰۶۰	۳۲۵۰	۵۳۰	۳۷۸۰	۱۲۰۰	۸۰	۱۲۸۰
۳۱۵	۵۴۰۰	۷۲۰	۶۱۲۰	۳۸۵۰	۶۲۵	۴۴۷۵	۱۵۵۰	۹۵	۱۶۴۵
۴۰۰	۶۴۵۰	۸۵۰	۷۳۰۰	۴۶۰۰	۷۵۰	۵۳۵۰	۱۸۵۰	۱۰۰	۱۹۵۰
۵۰۰	۷۸۰۰	۱۰۰۰	۸۸۰۰	۵۴۵۰	۸۷۵	۶۳۲۵	۲۳۵۰	۱۲۵	۲۴۷۵
۶۳۰	۹۳۰۰	۱۲۰۰	۱۰۵۰۰	۶۷۵۰	۹۴۰	۷۶۹۰	۲۵۵۰	۲۶۰	۲۸۱۰
۸۰۰	۱۱۰۰۰	۱۴۵۰	۱۲۴۵۰	۸۵۰۰	۱۱۵۰	۹۶۵۰	۲۵۰۰	۳۰۰	۲۸۰۰
۱۰۰۰	۱۳۵۰۰	۱۷۵۰	۱۵۲۵۰	۱۰۵۰۰	۱۴۰۰	۱۱۹۰۰	۳۰۰۰	۳۵۰	۳۳۵۰
۱۲۵۰	۱۶۴۰۰	۲۱۰۰	۱۸۵۰۰	۱۳۲۰۰	۱۷۳۰	۱۴۹۳۰	۳۲۰۰	۳۷۰	۳۵۷۰
۱۶۰۰	۱۹۸۰۰	۲۵۵۰	۲۲۳۵۰	۱۷۰۰۰	۲۲۰۰	۱۹۲۰۰	۲۸۰۰	۳۵۰	۳۱۵۰

با توجه به اطلاعات جدول می‌توان گفت تا ظرفیت ۶۳۰ کیلو ولت آمپر به طور متوسط مجموع تلفات بی باری و بار کامل ترانسفورماتورهای کم تلفات به میزان ۰,۵ درصد ظرفیت ترانسفورماتور، کمتر از نمونه های معمولی است.

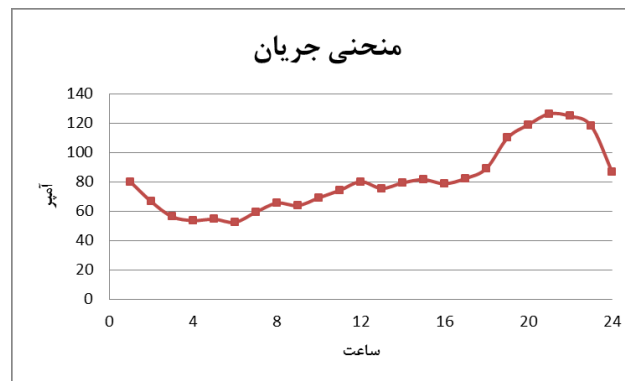
ارزیابی اقتصادی در نصب ترانسفورماتورهای کم تلفات رده AB'

بررسی اقتصادی میزان کاهش تلفات، میزان سرمایه گذاری و مدت زمان بازگشت سرمایه برای یک ترانسفورماتور KVA ۱۰۰ با شرایط حال حاضر در ادامه بررسی می‌شود. قیمت خرید ترانسفورماتور معمولی و کم تلفات ۱۰۰ کیلو ولت آمپر در جدول ذیل آمده است.

جدول (۳-۱۱): قیمت ترانسفورماتور 100 کیلو ولت آمپر

تفاوت مبلغ خرید ترانسفورماتور کم تلفات و معمولی (ریال)	قیمت ترانسفورماتور کم تلفات (ریال)	قیمت ترانسفورماتور معمولی (ریال)
۲۶/۵۹۰/۰۰۰	۱۱۸/۰۹۰/۰۰۰	۹۱/۵۰۰/۰۰۰

میزان کاهش تلفات ترانسفورماتور 100 کیلو ولت آمپر در بی باری 80 وات و در بار کامل 400 وات که در مجموع 480 وات می شود. تلفات بی باری در طول شبانه روز ثابت است اما تلفات بارداری وابسته به بار ترانسفورماتور و منحنی جریان می باشد. اگر ترانسفورماتور اختصاصی و با بار ثابت باشد می توان تلفات بارداری را نیز ثابت در نظر گرفت اما برای ترانسفورماتورهای عمومی باید منحنی جریان را مد نظر داشت. یک نمونه منحنی جریان ثبت شده توسط ثبات در یکی از ترانسفورماتورهای عمومی شهر سبزوار در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل (۳-۲۱): منحنی جریان در طول شبانه روز یک ترانسفورماتور عمومی

با توجه به منحنی فوق ضریب تلفات برای کل شبانه روز محاسبه شده که مقدار آن ۰,۴۵ می شود. بنابراین میزان کاهش تلفات یک ترانسفورماتور ۱۰۰ کیلو ولت آمپری کم تلفات در یک شبانه روز به صورت زیر خواهد بود:

$$P_e \approx (80 \times 24) + (400 \times 24 \times 0.45) \approx 6240 \text{ wh}$$

کاهش تلفات در طول یک شبانه روز به مقدار ۶,۲۴ کیلو وات ساعت می باشد و در طول یک سال ۲۲۷۷ کیلو وات ساعت

می شود.

مدت زمان بازگشت سرمایه

کاهش تلفات در شبکه دو تاثیر مستقیم به همراه دارد:

☞ کاهش سرمایه گذاری جهت توسعه تولید، انتقال و توزیع

☞ کاهش هزینه تولید مستمر انرژی

برای محاسبه مدت زمان بازگشت سرمایه در استفاده از ترانسفورماتورهای کم تلفات می بایست این دو پارامتر به ازای هر کیلو وات ظرفیت تولید و هر کیلو وات ساعت انرژی در نظر گرفته شود.

هزینه سرمایه گذاری جهت توسعه تولید، انتقال و توزیع برق به ازای هر کیلو وات سالیانه مبلغ ۲۴,۰۰۰,۰۰۰ ریال در نظر گرفته می شود با توجه به اینکه تلفات در ترانسفورماتور رده AB' به میزان ۰,۴۸ کیلو وات کمتر از نمونه معمولی است لذا کاهش هزینه های سرمایه گذاری در توسعه به صورت زیر خواهد بود:

$$S1 = 0.48 * 24000000 = 11520000 \text{ ریال}$$

این مبلغ از مبلغ تفاوت خرید ترانسفورماتور کم تلفات و معمولی کسر می گردد. هزینه تمام شده تولید هر کیلو وات ساعت انرژی مبلغ ۲,۵۰۰ ریال در نظر گرفته می شود. صرفه جویی سالیانه از محل کاهش تلفات نوع ترانسفورماتور به صورت زیر محاسبه می شود:

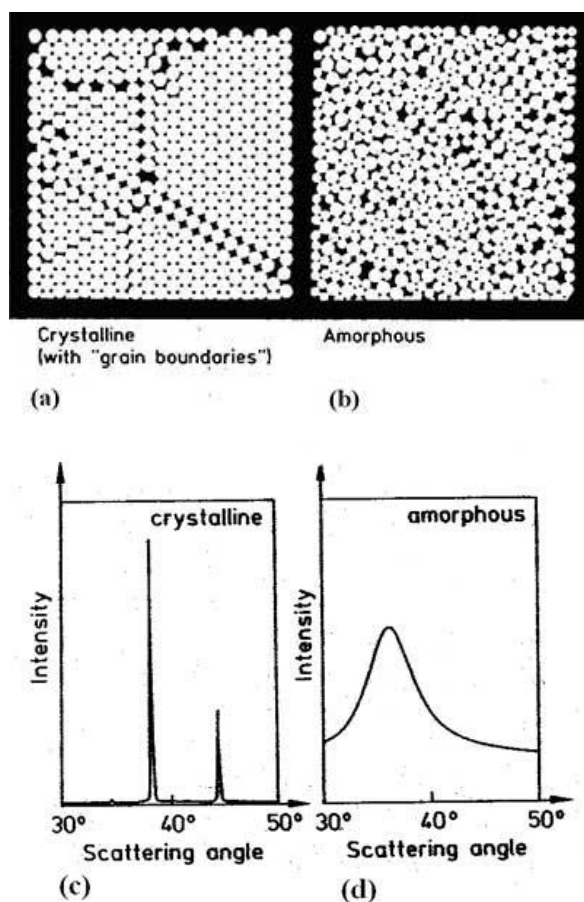
$$S2 = 6.24 * 365 * 2500 = 5694000 \text{ ریال}$$

سالیانه از محل کاهش تلفات نوع ترانسفورماتور مبلغ ۵,۶۹۴,۰۰۰ ریال صرفه جویی خواهد شد. با توجه به اینکه اضافه مبلغ پرداخت شده برای خرید یک ترانسفورماتور کم تلفات بدون در نظر گرفتن نرخ تورم ۲۶,۵۹۰,۰۰۰ ریال می باشد مدت زمان بازگشت سرمایه اگر بار ترانسفورماتور به طور ثابت ۸۰ درصد قدرت آن در نظر گرفته شود برابر ۲,۶ سال محاسبه می گردد لذا ملاحظه می گردد اضافه هزینه پرداختی از محل کاهش سرمایه گذاری در توسعه تولید، انتقال و توزیع و همچنین کاهش هزینه تولید انرژی با توجه به بار ترانسفورماتور در مدت زمان ۲ تا ۳ سال بازگشت خواهد داشت.

۳-۲-۲- فناوری استفاده از هسته آمورف :

ورقه های آمورف در هسته ترانسفورماتورها از دهه هفتاد میلادی در بسیاری از کارخانجات سازنده ترانسفورماتور به کار رفته اند. مواد آمورف نوع جدیدی از مواد هستند که دارای ساختار کریستالی نیستند. این موضوع به این معناست که اتم ها به

صورت منظم در کنار یکدیگر قرار نگرفته‌اند. آلیاژهای آمورف، آلیاژهایی هستند که در هنگام سرد شدن سریع از حالت مذاب، اتم‌های آن‌ها فرصت لازم برای قرار گرفتن در مواضع بلوری را پیدا نکرده و بدون تشکیل آرایش‌های منظم اتمی (شبکه بلوری) در جای خود محبوس شده‌اند. نظم موجود در این آلیاژها نظم کوتاه برد و تا حدودی شبیه نظم اتم‌ها در حالت مذاب است. به همین دلیل در آلیاژهای مذکور دانه‌های بلوری و مرز دانه وجود ندارد. در شکل (۳-۲۲) نحوه قرارگیری اتم‌ها در دو حالت آمورف و بلوری به صورت شماتیک نشان داده شده و الگوهای پراش اشعه X آن‌ها مقایسه شده است.



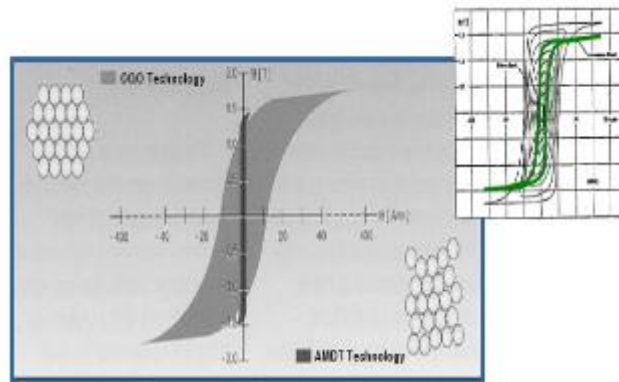
شکل (۳-۲۲): مقایسه نحوه قرارگیری اتم‌ها در دو حالت بلوری (a) و آمورف (b) و الگوهای پراش اشعه X آلیاژهای بلوری

(c) و آمورف (d).

حد اشباع مغناطیسی مواد آمورف در محدوده ۱/۵ تسلا و در فولادهای الکتریکی سیلیکونی ۲/۱ تسلا است. فلز آمورف مورد استفاده در هسته ترانسفورماتور نازک تر، سخت‌تر و شکننده‌تر از فولاد سیلیکونی است. این مواد علاوه بر سختی بالا،

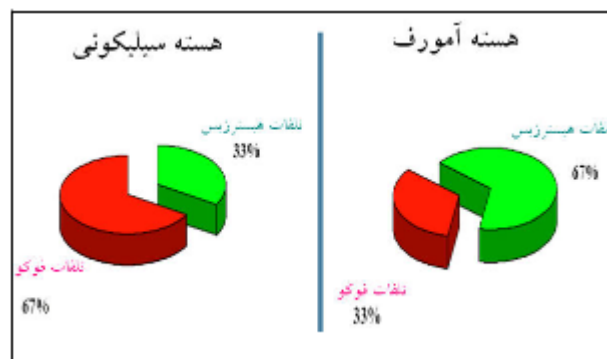
دارای خواص مغناطیسی عالی هستند. همچنین تلفات هسته آمورف ۵۰-۲۵ درصد فولاد الکتریکی سیلیکونی از نوع M4 است. استفاده از فلزات آمورف باعث کاهش حدود ۷۰-۶۰ درصدی تلفات هسته ترانسفورماتورها نسبت به ترانسفورماتورهای دارای هسته فولاد سیلیکونی می‌شود [۴].

همانگونه که در شکل زیر مشاهده می‌گردد سطح حلقه هیستریزیس مواد سیلیکونی بیشتر از مواد آمورف می‌باشد و می‌دانیم هر چقدر سطح این منحنی بیشتر باشد تلفات کمتر خواهد شد.



شکل (۳-۲۳): حلقه هیستریزیس هسته آمورف و هسته سیلیکونی

در شکل زیر درصد تلفات فوکو و هیستریزیس در مواد آمورف و سیلیکونی نشان داده شده است.



شکل (۳-۲۴): مقایسه تلفات فوکو و هیستریزیس در مواد آمورف و سیلیکونی

به عنوان نمونه، مولفه های مختلف تلفات یک ترانسفورماتور ۲۵۰ کیلوولت آمپر با هسته آمورف با هسته فولادی در جدول (۳-۱۲) مقایسه شده اند.

جدول (۳ - ۱۲): مقایسه مولفه های مختلف تلفات هسته در ترانسفورماتورهای آمورف و فولادی

تلفات	ترانسفورماتور ۲۵۰ کیلوولت آمپر با هسته آمورف	ترانسفورماتور ۲۵۰ کیلوولت آمپر با هسته فولادی
تلفات هیستریزیس (W)	۹۹	۱۵۵
تلفات جریان گردابی (W)	۳۳	۳۱۱
مجموع تلفات هسته (W)	۱۳۲	۴۶۶

۳-۳-۲-۳- فنآوری استفاده از مواد ابررسانا

ابررسانایی پدیده ای است که در بعضی از مواد در دمای بسیار پایین اتفاق می افتد. در این حالت مقاومت الکتریکی و میدان مغناطیسی در این مواد به صفر می رسد. مقاومت الکتریکی هادی های فلزی معمول، مثل مس و نقره، نیز با کاهش دما کم می شود، با این حال در اثر وجود ناخالصی در این هادی ها، حتی در دمای صفر مطلق نیز، مقاومت الکتریکی آن ها صفر نخواهد بود. اما مقاومت الکتریکی ابررسانا، با کاهش دمای آن به زیر دمای مشخصی، که دمای بحرانی (Tc) نامیده می شود، به صفر خواهد رسید. خاصیت ابررسانایی در مواد مختلفی، شامل عناصر ساده همانند آلومینیوم و قلع، آلیاژهای فلزی مختلف و بعضی از نیمه هادی ها که به شدت به آن ها ناخالصی افزوده شده است، رخ می دهد. لیکن این خاصیت در فلزات نجیب مانند طلا و نقره، و در فلزات فرو مغناطیسی اتفاق نمی افتد. بعضی از خواص فیزیکی مواد ابررسانا با یکدیگر متفاوت است. از جمله این خواص، ظرفیت گرمایی و دمای بحرانی است که در آن خاصیت ابررسانایی از دست می رود. از طرفی خواص دیگری نیز وجود دارد که مستقل از نوع ماده به کار رفته می باشد. برای مثال همه ابررساناها در نبود میدان مغناطیسی، دقیقاً دارای مقاومت الکتریکی صفر هستند.

در این فناوری بر حسب میزان نیاز به کاهش تلفات می‌توان از مواد ابررسانا در ساخت ورقه‌های هسته و شمش‌ها و کابل‌های مورد استفاده در سیم‌پیچ استفاده کرد. در حال حاضر این فناوری تجاری‌سازی نشده است و استفاده از آن محدود به تجارب آزمایشگاهی بوده است [۵].

۳-۳-۲-۴- فناوری استفاده از عایق‌های خاص

قسمت عمده‌ای از فعالیت‌های تحقیقاتی سازندگان ترانسفورماتورها بر روی بررسی و بهبود مواد عایقی متمرکز شده است. همزمان با تلاش در جهت بهبود عملکرد عایقی، مطالعات صنعتی نیز در جهت تولید عایق‌های الکتریکی (که بتوانند درجه حرارت‌های کاری بالاتری را تحمل کنند) و همچنین عایق‌های الکتریکی (که بتوانند به شیوه موثرتری حرارت تولید شده در ترانسفورماتور را از اطراف هسته و سیم‌پیچ‌ها به محیط پیرامون منتقل کنند)، صورت گرفته است [۶]. با توجه به تحقیقات انجام شده در جهت بهبود مواد عایقی ترانسفورماتورها می‌توان گفت جایگاه این فناوری در مرحله بلوغ چرخه عمر است.

۳-۳-۲-۵- فناوری میدل‌های الکترونیک قدرت

امروزه ترانسفورماتورها یکی از سنگین‌ترین و گران‌ترین تجهیزات سیستم توزیع فرکانس پایین (۵۰ هرتز) به حساب می‌آیند. در سال‌های اخیر با پیشرفت تکنولوژی، ترانسفورماتور الکترونیک قدرت به منظور انتقال ولتاژ و تحویل توان به شبکه قدرت با استفاده از ادوات الکترونیک قدرت معرفی شده است. با توجه به اینکه چگالی شار اشباع رابطه معکوسی با فرکانس دارد، لذا با استفاده از لینک‌های فرکانس بالا در PET، هسته‌های آهنی حجیم و سیم‌پیچ‌های سنگین مسی در این ترانسفورماتورها قابل حذف هستند. همچنین این نوع ترانسفورماتورها قادر به بهبود گوناگون کیفیت توان نظیر حذف نامتعادلی ولتاژ، هارمونیک‌های ولتاژ، اضافه ولتاژها و نوسانات ولتاژ شبکه توزیع هستند. از جمله تاثیرات این ترانسفورماتورها در شبکه انتقال می‌توان به کنترل ولتاژ، کنترل پخش بار و پایداری استاتیکی و دینامیکی اشاره نمود.

در سال‌های اخیر تحقیقاتی در زمینه استفاده از فناوری الکترونیک قدرت در طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای توزیع صورت گرفته است. عدم حساسیت به هارمونیک‌های ولتاژ و جریان، ممانعت از تزریق هارمونیک‌های تولید شده به وسیله بارهای ترانسفورماتور به شبکه و بالعکس، قابلیت اصلاح ضریب توان، تنظیم ولتاژ بسیار مطلوب، ممانعت از بروز مشکل در

شبکه توزیع به واسطه بروز خطا در سمت مصرف کنندگان ترانسفورماتور، توانایی تغذیه بارهای با افست DC و عدم استفاده از روغن های معدنی یا سایر مواد مایع دی الکتریک از جمله مزایای این قبیل ترانسفورماتورها به شمار می آید [۶].

۴- تبیین مشخصه های فناوری

در این بخش به بررسی مشخصه های فناوری از منظر ماهیت و چرخه عمر پرداخته می شود. طبقه بندی ابعاد فناوری به کاهش عدم قطعیت در مراحل بعدی تدوین سند کمک می کند. در ادامه مشخصات فناوری های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها مورد بررسی قرار می گیرد.

۴-۱- طبقه بندی فناوری ها از منظر ماهیت

از منظر ماهیت می توان فناوری را به پنج بعد سابقه، پیچیدگی، تناسب، حوزه استفاده و موقعیت راهبردی تقسیم کرد. در این قسمت فناوری های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها در هر یک از این ابعاد مورد بررسی قرار گرفته اند.

۴-۱-۱- سابقه فناوری

فناوری ها بر اساس سابقه حضور به فناوری های جدید و فناوری های موجود تقسیم می شوند. منظور از فناوری های جدید فناوری هایی هستند که برای اولین بار در مرز سازمانی، بخشی یا ملی وارد شده اند. فناوری های موجود فناوری هایی هستند که پیشتر بازار مربوط به آن ها شکل گرفته باشد [۱]. در ادامه به بررسی سابقه فناوری های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها می پردازیم.

فناوری های کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای توزیع عبارتند از: (۱) تغییر طراحی در اکتیوپارت (۲) استفاده از هسته های آمورف (۳) استفاده از مواد ابررسانا (۴) استفاده از عایق های خاص (۵) فناوری های الکترونیک قدرت. از بین این فناوری ها فناوری تغییر طراحی اکتیوپارت در ایران برای تولید ترانسفورماتورهای کم تلفات به کار گرفته می شود اما با توجه به نیاز به صرف هزینه اولیه و زمان زیاد برای تحویل ترانسفورماتور، تولید آن به صورت انبوه انجام نمی شود و تنها در صورت سفارش خریدار تولید می شود. بنابراین می توان گفت که این فناوری در کشور موجود می باشد.

در پی مکاتبات انجام شده با دفتر محترم تحقیق و توسعه شرکت ایران ترانسفو در خصوص ترانسفورماتورهای توزیع و قدرت کم تلفات این دفتر در خصوص سابقه فناوریهای کاهش تلفات در این شرکت، عنوان نمودند که شرکت ایران ترانسفو در راستای تامین مشخصات فنی مطلوب مشتریان محاسبات، طراحی و تولید ترانسفورماتورهای کم تلفات را در حالت‌های ذیل انجام می‌دهد:

۱- در صورتی که مشتریان در اسناد فنی مناقصات خرید ترانسفورماتور ارزش تلفات را در ارزیابی فنی لحاظ کرده باشد، نقطه بهینه ترانسفورماتور با لحاظ نمودن ارزش تلفات توسط پیشرفته ترین نرم‌افزارهای بهینه‌سازی انتخاب می‌گردد.

۲- چنانچه "کم تلفات بودن" خواسته اصلی مشتری بوده و بطور مشخص مقادیر تلفات محدود شده باشد علاوه بر طراحی ترانسفورماتور با استفاده از ورق هسته با کیفیت، از تکنولوژی ویژه در طراحی و ساخت مخزن ترانسفورماتور تلفات بی باری نیز کاهش داده می‌شود.

همچنین بیان شد در خصوص ترانسفورماتورهای توزیع روغنی قبلاً دستورالعملی تحت عنوان "دستورالعمل تعیین الزامات، معیاهای ارزیابی فنی و آزمون‌های ترانسفورماتورهای روغنی توزیع ۲۰ کیلوولت از سوی توانیر ابلاغ گردیده و در آن مقادیر گارانتی تلفات بارداری و بی باری در جدول شماره ۹ دستورالعمل تحت عنوان "تلفات و سطح صدای ترانسفورماتور" در سه سطح برای هر کدام از تلفات بارداری و بی باری مشخص گردیده است که در حال حاضر نیز ترانسفورماتورهای تولیدی گروه ایران ترانسفو در رنج گارانتی 'AB' به بازار عرضه می‌گردد. لازم به ذکر است شرکت‌های توزیع گروه ایران ترانسفو توانایی تولید ترانسفورماتور در هر کدام از ۹ تیپ تلفاتی جدول تلفاتی مذکور را دارا می‌باشد.

فناوری ساخت ترانسفورماتورهای دارای هسته‌های آمورف از دهه ۱۹۸۰ در آمریکا آغاز شده است [۱۶]. در ایران نیز پروژه‌های تحقیقاتی مختلفی در چند دانشگاه و موسسه پژوهشی برای تولید ترانسفورماتورهای با هسته آمورف تعریف شده که تاکنون موفق به توسعه تجاری این نوع ترانسفورماتورها نشده‌اند. در نتیجه می‌توان گفت این فناوری جدید است.

استفاده از عایق‌های خاص و مبدل‌های الکترونیک قدرت هنوز در مرحله تحقیق و توسعه هستند و تجاری‌سازی نشده‌اند بنابراین این سه فناوری نیز در دسته فناوری‌های جدید جای می‌گیرند.

فناوری‌های استفاده از مواد ابررسانا، اولین بار توسط ایالات متحده و پس از آن در آلمان مورد استقبال قرار گرفت، سوابق تحقیقات انجام شده در زمینه ترانسفورماتورهای HTS که تابحال ساخته شده است به طور مفصل مورد بحث قرار گرفت.

جداول (۳-۱۳) و (۳-۱۴) که نشان دهنده مشخصات نامی تعدادی از ترانسفورماتورهای به کار رفته در شبکه ایران [۷] و ترانس های HTS که تا به حال ساخته شده است، برای مقایسه آورده شده‌اند. البته لازم به ذکر است که تمامی ترانسفورماتورهای HTS که تاکنون ساخته شده‌اند به صورت آزمایشی بوده و ساخت نمونه های صنعتی با توان و ولتاژ بالاتر، در دست مطالعه می‌باشد.

جدول (۳-۱۳): مشخصات برخی از ترانس های مورد استفاده در کشور

نوع ترانس	قدرت نامی (MVA)	سطح ولتاژ (KV)	تعداد سیم پیچ
قدرت	۲۰۰	۲۰ / ۱۳۲ / ۴۰۰	سه سیم پیچ
قدرت	۱۶۰	۲۰ / ۱۳۲ / ۲۳۰	سه سیم پیچ
قدرت	۳۰۰	۲۳۰ / ۴۰۰	دو سیم پیچ
قدرت	۲۵۰	۶۳ / ۲۳۰	دو سیم پیچ
قدرت	۱۹۰	۱۵,۷۵ / ۴۱۰	دو سیم پیچ
فوق توزیع	۳۰	۲۰ / ۱۳۲	دو سیم پیچ
توزیع	۰,۱۶۷	۰,۴ / ۲۰	دو سیم پیچ
توزیع	۰,۵	۰,۴ / ۲۰	دو سیم پیچ
توزیع	۰,۶۳	۰,۴ / ۲۰	دو سیم پیچ
توزیع	۱	۰,۴ / ۲۰	دو سیم پیچ
توزیع	۲	۰,۴ / ۲۰	دو سیم پیچ
توزیع	۵	۰,۴ / ۲۰	دو سیم پیچ
توزیع	۸	۰,۴ / ۲۰	دو سیم پیچ

جدول (۳-۱۴): مشخصات برخی از ترانس های HTS که در جهان به صورت آزمایشی ساخته شده‌اند

قدرت نامی (MVA)	سطح ولتاژ (KV)	تعداد سیم پیچ
۳۰	۱۳,۸۱۳,۸	دو سیم پیچ
۵	۴,۲۲۴,۹	دو سیم پیچ
۱	۶,۹۱۳,۸	دو سیم پیچ
۰,۶۳	۰,۴۲۱۸,۷	دو سیم پیچ
۰,۶۳	۰,۴۲۱۳,۷۲	دو سیم پیچ
۰,۶۳	۰,۴۱۰	دو سیم پیچ

تعداد سیم پیچ	سطح ولتاژ (KV)	قدرت نامی (MVA)
دو سیم پیچه	۳,۳۶,۶	۰,۵

استفاده از مبدل‌های الکترونیک قدرت و فناوری استفاده از هسته آمورف، در مورد ترانسفورماتورهای قدرت قابل استفاده نیستند [۴۱].

همچنین در مورد فناوری استفاده از عایق‌های خاص نیز بایست مساله اختلاف ویسکوزیته استرها با روغن‌های صنعتی مورد توجه قرار گیرد.

۴-۱-۲- پیچیدگی فناوری

با تعیین پیچیدگی فناوری‌ها می‌توان آن‌ها را در دو دسته فناوری‌های پیشرفته و ساده طبقه‌بندی کرد. پیچیدگی فناوری بر اساس ۵ معیار چند رشته‌ای بودن، علم محوری، طول چرخه عمر، سهم فناوری در قیمت تمام شده محصول و هزینه تحقیق و توسعه مشخص می‌شود. در ادامه میزان پیچیدگی فناوری‌های کاهش تلفات ترانسفورماتورهای توزیع بررسی شده است.

۴-۱-۲-۱- چند رشته‌ای بودن

این معیار به بررسی این موضوع می‌پردازد که فناوری از ترکیب چند رشته ایجاد می‌شود. هر چه تعداد رشته‌های مرتبط با فناوری بیشتر باشد پیچیدگی آن فناوری بیشتر است.

۴-۱-۲-۲- علم محوری

در این معیار، سهم علم در برابر تجربه و دانش تکنیکال ارزیابی می‌شود. هر چه سهم علم در فناوری بیشتر باشد پیچیدگی آن بیشتر است.

۴-۱-۲-۳- طول چرخه عمر

فناوری‌های پیشرفته معمولاً طول عمر کوتاه‌تری نسبت به فناوری‌های ساده دارند. زیرا این فناوری‌ها در کسب موقعیت برتر رقابتی و یا بهبود عملکرد سازمان‌ها نقشی حیاتی ایفا می‌کنند و به همین دلیل تلاش وسیعی در جهت بهبود آن‌ها از

طریق ترکیب نتایج گذشته و یا گسترش مرزهای دانش صورت می‌پذیرد. در نتیجه فناوری‌های جدید به سرعت جایگزین فناوری‌های قبلی می‌شوند.

۴-۱-۲-۴- سهم فناوری در قیمت تمام شده محصول

قیمت تمام شده یک محصول یا کالا از مجموع ارزش ورودی‌های مصرف شده و هزینه‌های صرف شده برای تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها تشکیل می‌شود. در فناوری‌های پیشرفته، سهم فناوری در قیمت تمام شده بیشتر است.

۴-۱-۲-۵- هزینه تحقیق و توسعه

هزینه تحقیق و توسعه در فناوری‌های پیشرفته به دلیل ترکیب چند رشته ای و پیچیدگی به مراتب بیشتر از فناوری‌های ساده است.

در ادامه وضعیت هر یک از فناوری‌های کاهش تلفات ترانسفورماتورهای توزیع و انتقال در پنج معیار فوق توضیح داده شده است:

↪ تغییر در طراحی اکتیوپارت: این فناوری تنها نیازمند دانش رشته مهندسی برق است و سهم علم و تحقیقات علمی در آن بیش از تجربه و دانش تکنیکال است. از نظر چرخه عمر، این فناوری نزدیک به پنج دهه است که مورد استفاده قرار می‌گیرد و چرخه عمر طولانی دارد. این فناوری سهم خیلی بالایی در قیمت تمام شده ترانسفورماتور ندارد و میزان هزینه تحقیق و توسعه مورد نیاز آن کم است. بنابراین این فناوری در دسته فناوری‌های ساده قرار می‌گیرد.

↪ استفاده از هسته آمورف: در این فناوری از ترکیب رشته های مهندسی برق و به خصوص مهندسی مواد برای ساخت آلیاژهای آمورف استفاده می‌شود. این فناوری بیش از آن که تجربه محور باشد علم محور است. چرخه عمر این فناوری نیز همانند فناوری تغییر طراحی اکتیوپارت طولانی است و نزدیک به چهل سال از به کارگیری آن در ترانسفورماتورهای توزیع می‌گذرد. همچنین این فناوری بخش قابل توجهی از هزینه ساخت ترانسفورماتور را تشکیل می‌دهد و هزینه تحقیق و توسعه آن زیاد است. با توجه به این موارد، این فناوری در دسته فناوری‌های پیشرفته قرار می‌گیرد.

استفاده از مواد ابررسانا: این فناوری نیز از ترکیب دانش رشته های مهندسی برق و مهندسی مواد استفاده می کند و سهم علم و تحقیقات علمی در آن بیش از تجربه و دانش تکنیکال است. این فناوری هنوز در ابتدای چرخه عمر خود قرار دارد و استفاده از آن تنها محدود به تجربیات آزمایشگاهی بوده است. با توجه به هزینه بالای ساخت مواد ابررسانای مناسب برای استفاده در ترانسفورماتورهای توزیع، این فناوری سهم زیادی در قیمت تمام شده ترانسفورماتورها دارد. علاوه بر این، هزینه تحقیق و توسعه آن نیز بالا است. بنابراین این فناوری در دسته فناوری های پیشرفته قرار می گیرد.

استفاده از عایق های خاص: رشته های مهندسی برق و مهندسی مواد در توسعه این فناوری نقش دارند و همانند فناوری های فوق علم محور است. این فناوری نیز در مراحل تحقیقاتی و ابتدای چرخه عمر خود قرار دارد. ساخت عایق های خاص به دلیل نیاز به دانش فنی خاص و مواد مخصوص، هزینه بالایی دارد و سهم زیادی از قیمت تمام شده ترانسفورماتور را تشکیل می دهد. هزینه های تحقیق و توسعه این فناوری نیز زیاد است. در نتیجه، این فناوری در دسته فناوری های پیشرفته قرار می گیرد.

مبدل های الکترونیک قدرت: در این فناوری از رشته های مهندسی برق، مهندسی مواد و مهندسی مکانیک کمک گرفته می شود و سهم علم و تحقیقات علمی در آن بیش از تجربه و دانش تکنیکال است. کار بر روی این فناوری نیز همانند دو فناوری قبلی به تازگی آغاز شده است و در نتیجه در مرحله جنینی چرخه عمر واقع است. در حال حاضر ساخت ترانسفورماتورهایی با این فناوری نیازمند هزینه بالایی است و هزینه تحقیق و توسعه آن بالا است. با توجه به وضعیت فناوری در این پنج معیار، این فناوری دسته فناوری های پیشرفته قرار می گیرد.

خلاصه وضعیت هر یک از فناوری ها در جدول (۳-۱۵) نشان داده شده است.

جدول (۳-۱۵): وضعیت فناوری های ترانسفورماتورهای کم تلفات از نظر معیارهای پیچیدگی

فناوری	چند رشته ای بودن	علم محوری	طول چرخه عمر	سهم فناوری در قیمت تمام شده محصول	هزینه تحقیق و توسعه	میزان پیچیدگی فناوری
تغییر طراحی اکتیوپارت	مهندسی برق	علم محور	طولانی	کم	کم	ساده
استفاده از	مهندسی برق،	علم	طولانی	زیاد	زیاد	پیشرفته

فناوری	چند رشته ای بودن	علم محوری	طول چرخه عمر	سهم فناوری در قیمت تمام شده محصول	هزینه تحقیق و توسعه	میزان پیچیدگی فناوری
هسته‌های آمورف	مهندسی مواد	محور				
استفاده از مواد ابررسانا	مهندسی برق، مهندسی مواد	علم محور	چرخه عمر این فناوری به تازگی آغاز شده است	زیاد	زیاد	پیشرفته
استفاده از عایق‌های خاص	مهندسی برق، مهندسی مواد	علم محور	چرخه عمر این فناوری به تازگی آغاز شده است	زیاد	زیاد	پیشرفته
مبدل‌های الکترونیک قدرت	مهندسی برق، مهندسی مواد، مهندسی مکانیک	علم محور	چرخه عمر این فناوری به تازگی آغاز شده است	زیاد	زیاد	پیشرفته

۴-۱-۳- تناسب فناوری

بر اساس این بُعد می‌توان فناوری‌ها را در دو دسته فناوری‌های مناسب و نامناسب قرار داد. فناوری‌های مناسب فناوری‌هایی هستند که بیشترین سازگاری را با نیازها و منابع موجود (نظیر منابع انسانی و زیرساخت‌ها) دارند [۱].

نیازهای کشور در حوزه کاهش تلفات توزیع عبارتند از:

کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی واحدهای نیروگاهی و شبکه‌های انتقال و فوق توزیع

با بهره‌گیری از ترانسفورماتورهای با تلفات پایین، توان و انرژی تحویلی به شبکه‌های توزیع نیرو کاهش یافته و باعث کاهش فلولی توان در سطح شبکه‌های انتقال و فوق توزیع قدرت می‌شود. کاهش فلولی توان در سطح شبکه‌های انتقال و فوق توزیع موجب به تعویق انداختن زمان نیاز به احداث واحدهای تولید و توسعه شبکه و در نهایت کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی شرکت‌های برق منطقه‌ای می‌شود.

کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی شبکه‌های توزیع

با افزایش بازدهی انتقال توان در ترانسفورماتورهای توزیع، با توجه به تعداد بالای ترانسفورماتورها در سطح شبکه‌های توزیع، توان ورودی به فیدرهای فشار متوسط به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و فلوی توان در سطح فیدرهای فشار متوسط کاهش می‌یابد. کاهش فلوی توان در سطح شبکه فشار متوسط، مقارن با به تعویق انداختن زمان توسعه شبکه و همچنین کاهش هزینه‌های عملیاتی شرکت‌های توزیع نیرو می‌شود.

کاهش هزینه‌های تامین تلفات

تامین هزینه ناشی از تلفات در شبکه‌های توزیع نیرو به عنوان مولفه مهمی از هزینه‌های بهره‌برداری شبکه‌های توزیع نیرو به حساب می‌آید. با توجه به تعداد بالای ترانسفورماتورهای توزیع در سطح شبکه‌های توزیع نیرو، بهره‌گیری از ترانسفورماتورهای کم تلفات در این شبکه‌ها موجب افزایش قابل ملاحظه‌ای در بهره‌وری کلی شبکه‌های توزیع و کاهش هزینه تامین تلفات در این شبکه‌ها می‌شود.

فناوری‌های ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات می‌توانند پاسخگوی نیازهای فوق باشند. از طرف دیگر وجود منابع انسانی متخصص (اعم از هیئت علمی دانشگاه‌ها، کارشناسان، تکنسین‌ها و...) در رشته‌های برق، مواد، مکانیک و سایر رشته‌های مورد نیاز تضمین‌کننده ظرفیت علمی لازم برای توسعه فناوری‌ها است. بنابراین می‌توان گفت فناوری‌های ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات با نیازها و منابع و زیرساخت‌های موجود کشور همخوانی دارد و در نتیجه این فناوری‌ها جزء فناوری‌های مناسب هستند.

۴-۱-۴- حوزه استفاده (کاربرد) فناوری

فناوری‌ها به لحاظ حوزه استفاده به دو دسته فناوری‌های محصول و فناوری‌های فرایند تقسیم می‌شوند. فناوری‌های محصول فناوری‌هایی هستند که در ترکیب کالا یا خدمات به کار گرفته می‌شوند. فناوری‌های فرایند فناوری‌هایی هستند که در فرایند تولید یک محصول یا کالا مورد استفاده قرار می‌گیرند.

با توجه به این که فناوری‌های مورد نظر در ساخت ترانسفورماتورهای توزیع و انتقال کم تلفات به کار می‌روند حوزه کاربرد

فناوری‌ها حوزه محصول است.

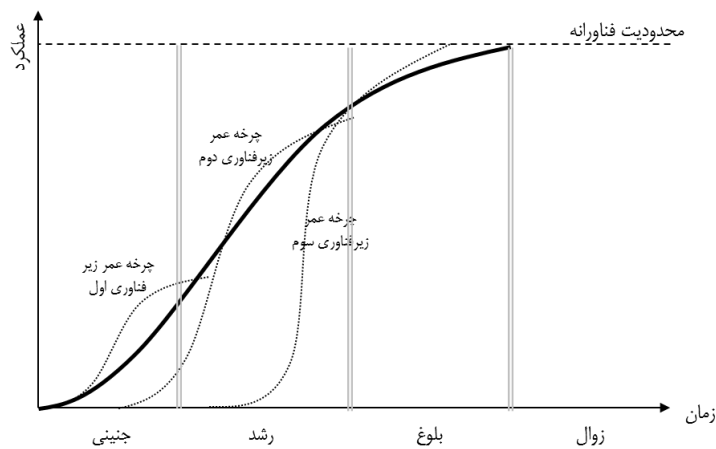
۴-۱-۵- موقعیت راهبردی فناوری

برحسب موقعیت راهبردی، فناوری‌ها را می‌توان به دو گروه فناوری‌های کلیدی یا راهبردی در مقابل فناوری‌های متعارف یا معمولی تقسیم کرد. عبارت "فناوری کلیدی یا راهبردی" به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که در تحقق اهداف راهبردی نقش کلیدی دارند. فناوری‌های متعارف یا معمولی عبارتند از فناوری‌هایی که تسلط بر آن‌ها ارزش زیادی ندارد. به عبارت دیگر امکان بهره‌گیری از توان موجود در خارج از مرزهای بنگاهی، بخشی یا ملی برای انجام عملیات مرتبط با فناوری‌های مذکور وجود دارد و مناسب است تا این عملیات را به خارج واگذار نمود [۱].

با توجه به نقش مهم کاهش تلفات در کاهش هزینه‌های تأمین برق، افزایش ظرفیت عرضه برق، کاهش هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای شبکه‌های توزیع، به تعویق انداختن زمان توسعه شبکه انتقال و کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی شبکه‌های انتقال و فوق توزیع قدرت، به تعویق انداختن زمان احداث واحدهای تولید و در نتیجه کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی بخش تولید و نیز کاهش آلاینده‌های زیست محیطی، فناوری ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات می‌تواند در دسته فناوری‌های کلیدی یا راهبردی قرار بگیرد.

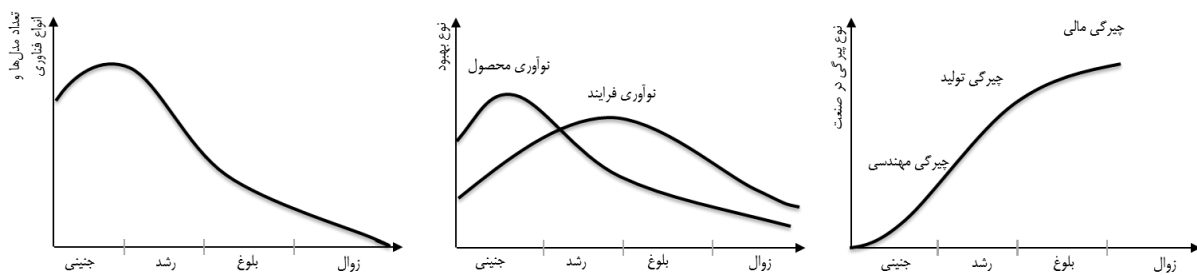
۴-۲- طبقه بندی فناوری‌ها از منظر چرخه عمر

چرخه عمر فناوری، مفهومی است که نحوه بهبود عملکرد یک فناوری را در طول زمان نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، محل قرارگیری یک فناوری در چرخه عمر، متأثر از منحنی‌های چرخه عمر فناوری‌های وابسته به آن می‌باشد. از آنجا که فناوری‌های پیچیده غالباً از فناوری‌های دیگری در سطوح پایین‌تر تشکیل شده‌اند، چرخه عمر آن‌ها نیز مرکب از چرخه عمر اجزای تشکیل‌دهنده آن است. این منحنی دارای چهار مرحله‌ی جنینی، رشد، بلوغ و زوال است. زمانی که یک فناوری به محدودیت طبیعی خودش برسد، جایی برای بهبود نداشته و به سمت زوال و جایگزینی با فناوری‌های دیگر حرکت می‌کند. بنابراین لازم است تا فناوری‌هایی برای توسعه انتخاب شوند که در مرحله زوال خود قرار نداشته باشند. برنامه ریزی برای توسعه قطعات موجود در مرحله زوال منجر به هدررفت سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته و از دست دادن رقابت‌پذیری می‌گردد.



شکل (۳-۲۵): ارتباط چرخه عمر فناوری با چرخه عمر زیرفناوری‌ها

با استفاده از سه معیار تنوع مدل‌های موجود فناوری، نوع بهبودهای صورت گرفته، و نوع چیرگی موجود در صنعت، می‌توان به صورت کیفی جایگاه هر فناوری را در چرخه عمر فناوری معین نمود. شکل (۳-۲۶) نشان‌دهنده ویژگی هر یک از این معیارها در مراحل چرخه عمر فناوری است.



شکل (۳-۲۶): وضعیت معیارهای سنجش جایگاه فناوری در چرخه عمر فناوری

تغییر در طراحی اکتیوپارت:

فناوری تغییر در طراحی ابعاد هسته و سیم‌پیچی ترانسفورماتورها از سال‌های دهه ۱۹۷۰ میلادی و همزمان با افزایش ارزش انرژی توسعه یافته است. بسیاری از سازندگان ترانسفورماتور در دنیا گزینه‌های مختلف طراحی ترانسفورماتور با

تیپ‌های مختلف را برای تصمیم‌گیری در اختیار خریدار می‌گذارند. سازندگان بزرگ ترانسفورماتور توزیع، معمولاً چند طرح را به صورت انبوه تولید می‌کنند. با توجه به عدم نوآوری زیاد در این فناوری و وجود بازار برای آن می‌توان گفت که این فناوری در مرحله بلوغ قرار دارد.

استفاده از هسته های آمورف:

این فناوری از دهه ۷۰ میلادی در بسیاری از کارخانجات سازنده ترانسفورماتور به کار گرفته شده است. با توجه به مزایای ترانسفورماتورهای با هسته آمورف، سازندگان مختلف در دنیا نسبت به عرضه ترانسفورماتورهای توزیع و به خصوص در ظرفیت‌های بالا اقدام نموده‌اند. در سال ۱۹۸۲ شرکت جنرال الکتریک در آمریکا اولین ترانسفورماتور ساخته شده با مواد آمورف را برق‌دار کرد. متعاقب آن چند شرکت دیگر اقدام به ساخت انواعی از این نوع ترانسفورماتورها کردند. از آن زمان تاکنون فعالیت‌های فراوانی از سوی تولیدکنندگان بسیار محدود مواد آمورف در جهت اقتصادی کردن روش‌های تولید این نوع ماده و معرفی کردن آن به عنوان یک جایگزین مطمئن و مناسب به جای ورق‌های سیلیکونی انجام پذیرفته است [۱۶]. بنابراین فناوری ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات با هسته آمورف در مرحله بلوغ چرخه عمر قرار دارد.

استفاده از مواد ابررسانا:

استفاده از فناوری ابررساناها در سیم‌پیچی ترانسفورماتورها نیز با توجه به موقعیت کنونی فناوری ابررسانایی خارج از محدوده تجاری بوده و استفاده از این فناوری به تجارب آزمایشگاهی محدود است. بنابراین این فناوری در مرحله جنینی چرخه عمر خود قرار دارد [۵].

استفاده از عایق‌های خاص:

قسمت عمده‌ای از فعالیت‌های تحقیقاتی سازندگان ترانسفورماتورها بر روی بررسی و بهبود مواد عایقی متمرکز شده است. همزمان با تلاش در جهت بهبود عملکرد عایقی، مطالعات صنعتی نیز در جهت تولید عایق‌های الکتریکی (که بتوانند درجه حرارت‌های کاری بالاتری را تحمل کنند) و همچنین عایق‌های الکتریکی (که بتوانند به شیوه موثرتری حرارت تولید شده در ترانسفورماتور را از اطراف هسته و سیم‌پیچ‌ها به محیط پیرامون منتقل کنند)، صورت گرفته است [۶]. با توجه به تحقیقات انجام شده در جهت بهبود مواد عایقی ترانسفورماتورها می‌توان گفت جایگاه این فناوری در مرحله بلوغ چرخه عمر است.

مبدل‌های الکترونیک قدرت:

اخیرا نمونه‌های آزمایشگاهی از این قبیل ترانسفورماتورها ساخته شده‌اند، اما هزینه آن‌ها در مقایسه با ترانسفورماتورهای توزیع معمولی بیشتر و راندمان آن‌ها نیز کمتر بوده است. با این حال، پیش‌بینی می‌شود که با کاهش قیمت و بهبود عملکرد تجهیزات الکترونیک قدرت امکان ساخت ترانسفورماتورهای توزیع مبتنی بر فناوری الکترونیک قدرت (که در مقایسه با ترانسفورماتورهای توزیع متداول اقتصادی‌تر هستند) فراهم شود [۶]. با توجه به این که ترانسفورماتورهای الکترونیک قدرت برای کاهش تلفات هنوز تجاری سازی نشده‌اند و در مرحله تحقیقاتی هستند می‌توان گفت که این فناوری در مرحله جنینی قرار دارد.

۴-۳- نتیجه‌گیری

در این گزارش از مجموعه مستندات پروژه "تدوین مبانی سند توسعه فناوری‌های طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین"، در بخش اول دلایل توجیه‌پذیری و ضرورت توسعه فناوری مورد بررسی قرار گرفت. در بخش دوم، ابعاد موضوع و محدوده مطالعات از نظر سطح تحلیل و افق زمانی توسعه فناوری و مرزبندی فنی ارزیابی شد. در ادامه ضمن انجام مقایسه‌ای بین فناوری‌های استفاده شده در ترانسفورماتورهای توزیع و قدرت، این نتیجه حاصل شد که از بین پنج فناوری استفاده شده در ترانسفورماتور توزیع، فناوری استفاده از هسته آمورف و فناوری استفاده از مبدل‌های الکترونیک قدرت قابل استفاده نمی‌باشد.

در انتها، فناوری‌ها از منظر ماهیت (شامل سابقه فناوری، پیچیدگی فناوری، تناسب فناوری، حوزه استفاده فناوری و موقعیت راهبردی فناوری) و چرخه عمر مورد تحلیل قرار گرفتند. چکیده نتایج در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۳-۱۶): چکیده نتایج

ملی و بخشی					سطح تحلیل
۱۰ سال					افق زمانی برنامه ریزی
فناوری های الکترونیک قدرت	استفاده از عایق های خاص	استفاده از مواد ابررسانا	استفاده از هسته های آمورف	تغییر در طراحی اکتیو پارت	سابقه فناوری
جدید	جدید	جدید	جدید	موجود	
فناوری های الکترونیک قدرت	استفاده از عایق های خاص	استفاده از مواد ابررسانا	استفاده از هسته های آمورف	تغییر در طراحی اکتیو پارت	پیشگامی فناوری
پیشرفته	پیشرفته	پیشرفته	پیشرفته	ساده	
توسعه فناوری ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات با نیازها و منابع و زیرساخت های کشور تناسب دارد					تناسب فناوری
فناوری ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات جزء فناوری های راهبردی است					موقعیت راهبردی فناوری
فناوری های الکترونیک قدرت	استفاده از عایق های خاص	استفاده از مواد ابررسانا	استفاده از هسته های آمورف	تغییر در طراحی اکتیو پارت	چرخه عمر فناوری
جنینی	بلوغ	جنینی	بلوغ	بلوغ	

منابع

- [۱]. «روش شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق - راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم»، پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲
- [۲]. معانی، علی، «مدیریت فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای توزیع»، سومین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران، ۱۳۹۲
- [۳]. «آمار تفصیلی صنعت برق ایران، شرکت توانیر، ۱۳۹۱»
- [4]. [available] Online: www.hitachi.com/rev/pdf/2011/r2011_05_113.pdf
- [5]. B. Dheeraj Reddy, K. Dinesh kumar, R. Sudha, "Techno-commercial aspects of superconducting transformers- A case study", International Journal of Emerging Science and Engineering (IJESE), Vol 1, No. 5, 2013.
- [6]. [Available] Online :www1.eere.energy.gov/buildings/appliancesstandards/commercial/pdfs/dist_trans_nopr_080406.pdf
- [7]. Technical Report, "Distribution transformers: proposal to increase MEPS levels", final report: October 2007.
- [8]. W. Irrek, R. Targosz, F. V. Topalis, "Energy-efficient distribution transformers in industry and commerce", ECEEE, 2009 summer study. Act! Innovate! Deliver! Reducing Energy Demand Sustainably.
- [9]. [Available] Online: http://www.hitachi.com/environment/showcase/solution/industrial/trans.html?WT.mc_id=amorphous
- [10]. [Available] Online: www.dolat.ir/pdf/20years.pdf
- [11]. [Available] Online: www.cbi.ir/page/8275.aspx
- [12]. [Available] Online: <http://www.dolat.ir/TextVersion/Detail/?Id=245070&Serv=12>
- [13]. [Available]-Online:-http://www.mpgi.ir/images/-/stories/-docs/quality_committee/hadafmandiyarane.pdf
- [14]. [Available] Online: <http://www.moe.gov.ir/Inner-Pages/MainNav/-درباره-وزارت-نیرو/چشم-انداز.aspx#a9>
- [15]. [Available] Online: <http://www.uma.ac.ir/files/resrch/olaviyatha.pdf>

- [16]. [Available] Online: http://www.amorphous-metal-transformir.com/ufiles/fck/-file/Bok%201_new_20110907.pdf Erview and the Futuer of Amorphous Metal Transformir in Asia (Updated on Sept 2011)
- [17]. [Available] Online: <http://amar.tavanir.org.ir/pages/report/stat92/-tafsili/tolid/-tolid1392.pdf>
- [18]. http://www.wtec.org/loyola/scpa/03_05.htm"SUPERCONDUCTING TRANSFORMERS – OVERVIE"
- [19]. Kralj, Lenart "Stray losses in power transformer tank walls and construction parts"
- [20]. "Recent Power Transformer Technology",..KenjiOokubo,
- [21]. Reduce Losses in the Transmission and Distribution System
- [22]. A.Jurman," Leakage magnetic field and the transformer", M.ScThesis, University of Ljubljana, Faculty of electrical engineering,2008
- [23]. Stray losses reduction of a power transformer by employing a wall shunt _ Infolytica Corporation.htm
- [24]. <http://itri.loyola.edu>
- [25]. http://www.amorphous-metal-transforme.com/-ufiles/-fck/file/book%21_new_20110907.pdf
- [26]. <http://electrical-engineering-portal.com/power-transformer-construction-core>
- [27]. Electric power transformer engineering / edited by James H. Harlow. p. cm. — (The Electric Power Engineering Series ; 9), 2004.
- [28]. P.D. Agarwal, "Eddy current losses in solid and laminated iron",Trans. AIEE, vo1.78, pt 11, pp.169-179, 1959.
- [29]. C. Guerin, et al., Surface impedance for 3D non-linear Eddy currentproblems—application to loss computation in transformers, IEEETrans. Magn. 32 (1996) 808–811.
- [30]. User's Guide Flux 3d, Cedrat, 2009.
- [31]. A. Jurman," Leakage magnetic field and the transformer", M.ScThesis, University of Ljubljana, Faculty of electrical engineering,2008.
- [32]. M.A. Venegas Vega1, R. Escarela Pérez, T. Niewierowicz, "3D FiniteElement Estimation of Stray Losses in Three-Phase Transformers,"JOURNAL OF APPLIED COMPUTER SCIENCE, Vol. 16. No 1 pp.89-100, 2008.
- [33]. Chandra T. Reis, et al, "Development of High Temperature Superconducting Power Transformers", Power Engineering Society Winter Meeting, IEEE Volume 2, Page(s): 432 – ۴۳۷,

- [34]. ABB review special report, "A world in transformation, ABB is the world's largest transformer manufacturer and service provider,"
- [35]. Siemens Energy Optimises Power Transformers with the Aid of 3D EM Simulation.
- [36]. Ronny Fritsche, Siemens AG Sector Energy T TR PN
- [37]. Hulshorst W.T.J., Groeman J.F. 2002, Pukel G.J. 2009, Martins M. A. G. 2010
- [38]. Fassbinder, Stefan," APPLICATION NOTE EFFICIENCY AND LOSS EVALUATION OF LARGE POWER TRANSFORMERS " , May 2013
- [39]. Fritsche Ronny, RimmelUwe , Trautmann Frank," Prototype 420 kV Power Transformer Using Natural Ester Dielectric Fluid",
- [40]. "PROPERTIES OF NEW ENVIRONMENTALLY FRIENDLY BIODEGRADABLE INSULATING FLUIDS FOR POWER TRANSFORMERS.", 1st Annual International Interdisciplinary Conference, AIIC 2013, 24-26 April, Azores, Portugal.
- [41]. Rathod D.K. , "Solid State Transformer (SST) "Review of Recent Developments", Department of Electrical Engineering, Institute of Diploma Studies, Nirma University, S.G. Highway, Ahmedabad, Gujarat, INDIA, 2014.
- [42]. Baehrer, R. " transformer technology state of art and trends of future development" former chairman of study committee 12 (transformers).
- [43]. Power Transformers. SGB, SMIT TRANSFORMERS, www.sgb-smit.com/contact/enquiry
- [44]. A P Malozemoff, et al, "Progress in HTS Coated Conductors and Their Applications", American Superconductor Corp. , March 2007.
- [45]. William Parks, et al, "Superconductivity for Electric Systems", Department of Energy, January 2005.
- [46]. Seventh Framework Programme, fp7-brochure_en.pdf
- [47]. DARWIN. Alan, THE USE OF NATURAL ESTER FLUIDS IN TRANSFORMERS
- [48]. David Lindsay, high temperature superconducting cable Pdf.

فهرست مطالب

۱-مقدمه	۱
۲-شناسایی حوزه‌های فناوریانه ترانسفورماتورهای کم تلفات	۱
۱-۲-مقدمه‌ای درباره ترانسفورماتورها	۳
۲-۲-درخت فناوری های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها	۶
۳-۲-فناوری های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها	۸
۳-۲-۱-تغییر طراحی اکتیویارت	۸
۳-۲-۲-استفاده از هسته‌های آمورف	۱۲
۳-۲-۱-مشخصات فنی	۱۳
۳-۲-۲-فرآیند تولید مواد آمورف	۱۴
۳-۲-۳-مزایای استفاده از مواد آمورف	۱۴
۳-۲-۴-معایب استفاده از مواد آمورف	۱۵
۳-۲-۵-مقایسه ترانسفورماتورهای توزیع با هسته آمورف و هسته فولاد سیلیکونی از دیدگاه اقتصادی	۱۵
۳-۳-۲-استفاده از مواد ابررسانا	۱۹
۳-۳-۱-ابررساناهای با دمای بحرانی پایین یا LTS	۲۰
۳-۳-۲-ابررساناهای با دمای بحرانی بالا (HTS)	۲۰
۳-۴-۲-استفاده از عایق‌های خاص	۲۴
۳-۴-۱-مایعات استر	۲۴
۳-۴-۲-سیلیکون‌ها	۲۶
۳-۴-۳-هیدروکربن‌های دما بالا (HTH)	۲۷
۳-۵-۲-مبدل‌های الکترونیک قدرت در ترانسفورماتورهای توزیع	۲۸

۲۹	.....	آینده پژوهی فناوری های ترانسفورماتورهای کم تلفات	۳-
۳۴	.....	روند تغییرات فناوری های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها	۳-۱-
۳۷	.....	آینده فناوری های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها	۳-۲-
۳۹	.....	نتیجه گیری	۴-
۴۰	.....	منابع	

فهرست اشکال

- شکل (۱-۲): درخت فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها ۷
- شکل (۲-۲): کل تلفات تیپ‌های مختلف از یک ترانسفورماتور توزیع ۳۱۵ کیلوولت‌آمپر در بارگیری ۴۰٪ ۱۱
- شکل (۳-۲): مقایسه TOC ترانسفورماتورهای توزیع با هسته آمورف و هسته فولاد سیلیکونی ۱۹

فهرست جداول

- جدول (۱-۱): بازده و تلفات ترانس‌های با ظرفیت‌های متفاوت ۵
- جدول (۱-۲): تلفات هسته و تلفات بارگیری برای تیپ‌های مختلف ترانسفورماتورهای توزیع ۹
- جدول (۲-۲): پتانسیل کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای مختلف ۱۳
- جدول (۳-۲): مقایسه هزینه کلی (TOC) ترانسفورماتور با هسته آمورف و ترانسفورماتور با هسته فولاد سیلیکونی 75KVA ۱۷
- جدول (۴-۲): مقایسه هزینه کلی (TOC) ترانسفورماتور با هسته آمورف و ترانسفورماتور با هسته فولاد سیلیکونی 200KVA ۱۷
- جدول (۵-۲): مقایسه هزینه کلی (TOC) ترانسفورماتور با هسته آمورف و ترانسفورماتور با هسته فولاد سیلیکونی 500KVA ۱۸
- جدول (۶-۲): مقایسه هزینه کلی (TOC) ترانسفورماتور با هسته آمورف و ترانسفورماتور با هسته فولاد سیلیکونی 630KVA ۱۸
- جدول (۷-۲): ویژگی‌های مایعات عایقی ترانسفورماتورهای توزیع ۲۷

۱- مقدمه

در گزارش مرحله دوم از طرح «تدوین سند راهبردی طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین»، به بررسی فنی فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها و بررسی روند توسعه این فناوری‌ها پرداخته می‌شود. در بخش اول، ابتدا حوزه‌های فناورانه شناسایی می‌شود و درخت فناوری ترسیم می‌شود. و در بخش دوم، روند توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

خروجی حاصل از این مرحله در تعیین جهت‌گیری‌های کلان اثرگذار خواهد بود. با شناسایی حوزه‌های فناورانه می‌توان به تعیین اهداف و راهبردها پرداخت. همچنین بررسی روند توسعه فناوری و آینده آن می‌تواند ما را در تعیین سناریوها، روند تحقیق و توسعه و... یاری کند [۱].

۲- شناسایی حوزه‌های فناورانه ترانسفورماتورهای کم تلفات

شناسایی فناوری‌ها و اجزای آن‌ها برای تصمیم‌گیریدر مورد اهداف، راهبردها و سیاست‌ها و نیز انجام مطالعات آینده‌پژوهی، ضروری است. در اینجا از عبارت حوزه‌های فناورانه برای استناد به این اجزا استفاده می‌شود. حوزه‌های فناورانه شامل دو مفهوم اصلی زیرفناوری‌ها و کاربردها است. در برخی از فناوری‌ها منظور از حوزه فناورانه، قطعات و زیرفناوری‌های تشکیل‌دهنده آن است. در گونه‌ای دیگر از فناوری‌ها حوزه‌های فناورانه به معنای کاربرد فناوری است. همچنین در برخی دیگر از فناوری‌ها هر دو مفهوم زیرفناوری و کاربرد مصداق پیدا می‌کند [۱].

شناخت فناوری منجر به تعیین مرزهای دانشی می‌گردد. در ادبیات راه‌های مختلفی مانند تعیین نزدیکی میان حوزه‌های فناورانه‌ها اندازه‌گیری فاصله‌ی فناورانه و برآورد حجم بازآموزی موردنیاز که متخصصان یک حوزه برای کار در سایر حوزه‌ها لازم دارند از طریق نظر خبرگان و تحلیلهای کتاب سنجی و پتنت، برای شناسایی اجزای فناوری مورد مطالعه استفاده می‌گردد [۱].

در کنار این دو روش، در ادبیات مدیریت فناوری، حوزه‌ای به نام شناسایی فناوری وجود دارد که همین هدف شناخت فناوری را دنبال می‌کند. شناسایی فناوری می‌تواند علاوه بر شناخت فناوری، شامل یک ارزیابی اولیه به منظور حذف گزینه‌های نامربوط نیز باشد. این عمل باعث می‌گردد تا تعدادی از حوزه‌ها که ارزش راهبردی بیشتری دارند در قدم‌های بعدی

ارزیابی‌گردند و حوزه‌هایی با اثر بخشی کمتر از گردونه ارزیابی خارج گردند و در زمان و هزینه فرایند تدوین راهبرد صرفه جویی شود.

با این تعریف، روش‌های فناوری را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود: روش‌هایی که تنها به شناسایی لیست ساده از فناوری‌های پردازند. روش‌هایی که علاوه بر شناسایی، دست به ارزیابی اولیه و حذف فناوری‌های نامربوط نیز می‌زنند. در ادبیات مدیریت فناوری، رویکردهای مختلفی برای شناسایی فناوری ارائه گردیده است:

↳ نگرش زنجیره ارزش فناوری

↳ نگرش فرآیندی

↳ نگرش QFD

↳ نگرش نگاهت فناوری

عموماً از نگاهت فناوری در برنامه‌ریزی فناوری در سطح ملی استفاده می‌شود. برنامه‌ریزی فناوری به فهم عمیقی از فناوری‌ها و روند تغییرات آن نیاز دارد. رسم یک نگاهت به تصمیم‌گیران در بحث و تبادل نظر کمک می‌کند. نگاهت به صورت متنی یا گرافیکی به تعیین ارتباطات در میان فناوری‌ها کمک می‌کند. ترسیم نگاهت، یک راه ایده آل برای نمایش گرافیکی متن از اجزاء، پیکربندی و ارتباطات بین اجزاء دانش مورد نظر بوده و موجب فهم دقیق‌تری از موضوع، حتی برای افراد نا آشنا، می‌شود [۱].

نگاشت فناوری معمولاً در سطح ملی و برای یک بخش یا حوزه فناوری یا صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در یک تعریف ساده عموماً یک نگاهت، شامل تعدادی گره و خط می‌باشد. هر گره می‌تواند بیانگر یک موضوع، مفهوم، فناوری، کاربرد یا هرگونه اطلاعات دیگر بوده و خطوط بین گره‌ها، ارتباط بین آنها را نشان می‌دهد. یکی از مهمترین کاربردهای نگاهت فناوری برای مدیران، برنامه ریزان و مدیران تحقیق و توسعه، امکان شناسایی و تحلیل و تصمیم‌گیری بر روی فناوری مرتبط با فعالیت‌ها یا فرایندهای بنگاه، همچنین کنترل و ردیابی اثرات فناورانه آنها بر محصولات و خدماتشان می‌باشد. از این روش می‌توان برای شناسایی حوزه‌های فناورانه در هر دو حالت زیرفناوری و کاربرد نیز استفاده نمود.

چهار روش شناخته شده زیر، برای ترسیم نگاهت فناوری وجود دارد که با توجه به نیاز تحلیلگران و برنامه ریزان می‌تواند

مورد استفاده قرار گیرد، این چهار روش عبارتند از:

نگاشت تاریخی : این نوع نگاشت بیشتر به منظور تعیین مسیر و روند یابی تغییرات و پیشرفت فناوری استفاده می شود.

نگاشت همبستگی کلمات : بر اساس تعداد انتشارات و حق ثبت اختراعاتی که در یک دوره زمانی ظهور م یکنند، روند رشد دانش با این روش تعیین می گردد. این فعالیت باعث می گردد جهت گیری های علمی و تمرکز متخصصان که احتمالاً بیشترین تغییرات فناورانه را به دنبال خواهد داشت روشن گردد.

نگاشت علی و معلولی : در نگاشت نوع سوم به روابط علی و معلولی فناوری و موضوعات تاثیرگذار بر روی آن توجه و این اثرات ترسیم می گردند.

نگاشت مفهومی : این نگاشت به ترسیم موضوعات و مفاهیم مرتبط با یک فناوری از منظر مورد علاقه می پردازد. باین نگاشت می توان حوزه های فناورانه را به صورت مبسوط ترسیم کرده و مورد بررسی قرار داد.

عموماً از نگاشت فناوری در برنامه ریزی فناوری در سطح ملی استفاده می شود. برنامه ریزی فناوری به فهم عمیقی از فناوری ها و روند تغییرات آن نیاز دارد. رسم یک نگاشت به تصمیم گیران در بحث و تبادل نظر کمک می کند. نگاشت به صورت متنی گرافیکی به تعیین ارتباطات در میان فناوری ها کمک می کند. ترسیم نگاشت، یک راه ایده آل برای نمایش گرافیکی یا متنی از اجزاء، پیکربندی و ارتباطات بین اجزاء دانش مورد نظر بوده و موجب فهم دقیقی از موضوع، حتی برای افراد نا آشنا، می شود.

با توجه به روش های مختلف شناسایی حوزه های فناورانه، در این سند، با توجه به این که حوزه فناورانه مرتبط با محصول (ترانسفورماتورهای کم تلفات) است و سطح تحلیل ملی است از روش نگاشت فناوری برای شناسایی حوزه های فناورانه استفاده می شود. در ادامه این بخش، ابتدا مقدمه ای درباره ترانسفورماتورهای توزیع ارائه می شود و سپس درخت فناوری های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها ترسیم می شود. در ادامه هر یک از فناوری ها از منظر فنی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-۱ - مقدمه ای درباره ترانسفورماتورها

در میان ماشین های ساخت دست بشر بالاترین راندمان متعلق به ترانسفورماتورها است که بسته به ظرفیتشان بین ۹۸٪ تا ۹۹٪ است. اگر چه این راندمان بسیار بالا است، اما با افزایش قدرت ترانسفورماتور مسئله دفع حرارت و انرژی تلف شده در ترانسفورماتورها اهمیت پیدا می کند. در یک ترانسفورماتور با ظرفیت ۱۰۰ MVA و راندمان ۹۹٪ با فرض ضریب قدرت یک در هر ساعت یک مگاوات انرژی تبدیل به حرارت می شود، با توجه به اثر مخرب حرارت بروی عایق ترانسفورماتورها

روش‌های دفع حرارت ایجاد شده و حفظ درجه حرارت قسمت‌های داخلی ترانس در حد مجاز موجب افزایش راندمان ترانسفورماتور می‌شود. در ترانسفورماتورها انرژی الکتریکی در مس سیم پیچها، آهن هسته، تانک ترانس و سازه‌های نگهدارنده به صورت حرارت تلف می‌شود. حتی در زمانیکه ترانسفورماتور بدون بار است، در هسته تلفات بی‌باری (NL) بوجود می‌آید.

تلفات بی‌باری بخشی از تلفات ذاتی و ثابت ترانسفورماتور است که میزان آن به تکنولوژی و مواد به کار رفته در هسته آهنی ترانسفورماتور وابسته بوده و با بهبود کیفیت ورقهای فولاد سلیکونی به کار رفته در هسته میتوان تا حدود ۲۲۴/۳۶۸۲ میلیون کیلووات ساعت انرژی در سال صرفه جویی نمود.

اما تلفات بارداری ترانسفورماتور قدرت ناشی از میزان بار مصرفی ترانسفورماتور است و شامل تلفات مسی (اهمی) سیم پیچهای ترانسفورماتور، تلفات فن‌ها، پمپ‌ها، تلفات ناشی از جریان فوکو در سیم پیچها و تلفات ناشی از فلوی سرگردان ایجاد شده در بخشهای فلزی مانند تانک است. تلفات ترانسفورمرهای قدرت معمولاً در حدود ۲/۵٪ ظرفیت نامی ترانسفورماتور بیان می‌شود و جز بهینه‌سازی در طراحی و ساخت راهی دیگر جهت کاهش این تلفات به کار نمی‌رود و آن را جزئی بدیهی و لاینفک در نظر می‌گیرند البته ایجاد نقص در سیستم تهویه ترانسفورماتور می‌تواند افزایش تلفات را از این میزان قابل قبول به همراه داشته باشد. هنگامی که توان انتقالی از ۱۰ MVA فراتر می‌رود، طراحی‌های خاصی برای غلبه بر فشارهای مکانیکی ناشی از جریان‌های اتصال کوتاه، سطوح عایقی بالاتر و خنک‌سازی بیشتر لازم است.

در این محدوده توان‌ها غالباً از ترانس‌های پر شده با مایع استفاده می‌شود. عایق‌های بین سیم‌پیچی در ولتاژهای بالا بسیار مقاوم‌تر می‌شوند.

ترانس‌های پر شده با مایع (که از روغن‌های صنعتی و یا مایع‌های جایگزین همچون مواد مصنوعی و یا استرهای طبیعی استفاده می‌کنند) است.

در ترانس‌های پر شده با مایع، گرما از طریق دیواره‌های مخزن با انتقال حرارت و یا توسط جریان همرفت طبیعی و یا اعمالی از بین می‌رود.

امروزه با استفاده از کیفیت خاص فولاد مغناطیسی و طراحی بهبود یافته بازده ترانسفورماتور تا ۹۹٫۸۵٪ به دست آمده است. تلفات گرمایی حتی در این بازدهی زیاد، همچنان برای یک واحد ۴۰۰ MVA دارای اهمیت است. بطوریکه این مقدار

معادل ۶۰۰ kw در حالت بار کامل است. لذا سیستم خنک سازی، وزن و ابعاد سیستم‌ها باید به دقت انتخاب شود و اینها از جمله محدودیت‌های اصلی در کشورهای مختلف است.

همه ترانسفورماتورهای قدرت، دارای راندمان بسیار زیادند. و بزرگترین آنها دستگاهی با بالاترین راندمان است. با این وجود نقطه نظرانی برای بهبود این بازدهی مطرح شده است. هر گونه بهبود در عملکرد ترانسفورماتورهای بزرگ، عامل بالقوه‌ای برای سود خالص اقتصادی است چرا که توان عملیاتی و کار مداوم نشان می‌دهد که انرژی اتلافی آنها همچنان بالاست.

جدول (۱-۱): بازده و تلفات ترانس‌های با ظرفیت‌های متفاوت

نوع ترانسفورماتور	توان مرتبط	بازده در		تلفات در	
		۱۰۰٪ بار نامی	۵۰٪ بار نامی	۱۰۰٪ بار نامی	۵۰٪ بار نامی
نیروگاهی	۱۱۰۰MVA	۹۹/۶۰٪	۹۹/۷۵٪	۴۴۰۰KW	۱۳۷۵KW
نیروگاهی	۴۰۰MVA	۹۹/۶۰٪	۹۹/۷۵٪	۱۶۰۰KW	۵۰۰KW
پست	۴۰MVA	۹۹/۴۰٪	۹۹/۶۰٪	۲۴۰KW	۸۰KW
توزیع	۱MVA	۹۸/۶۰٪	۹۹٪	۱۴KW	۵KW

ترانسفورماتورهای توزیع یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر میزان تلفات انرژی الکتریکی هستند. با وجود اینکه راندمان آن‌ها نسبت به تجهیزات دیگر نسبتاً بالا است اما با توجه به تعداد زیاد آن‌ها در شبکه‌های توزیع و با عنایت به اینکه در تمامی ساعات سال فعال هستند و حتی در حالت بی‌باری نیز انرژی مصرف می‌کنند، تلفات آن‌ها در مقایسه با سایر تجهیزات قابل ملاحظه بوده و افزایش جزئی بازده، این تجهیزات می‌تواند مزایای اقتصادی زیادی به همراه داشته باشد.

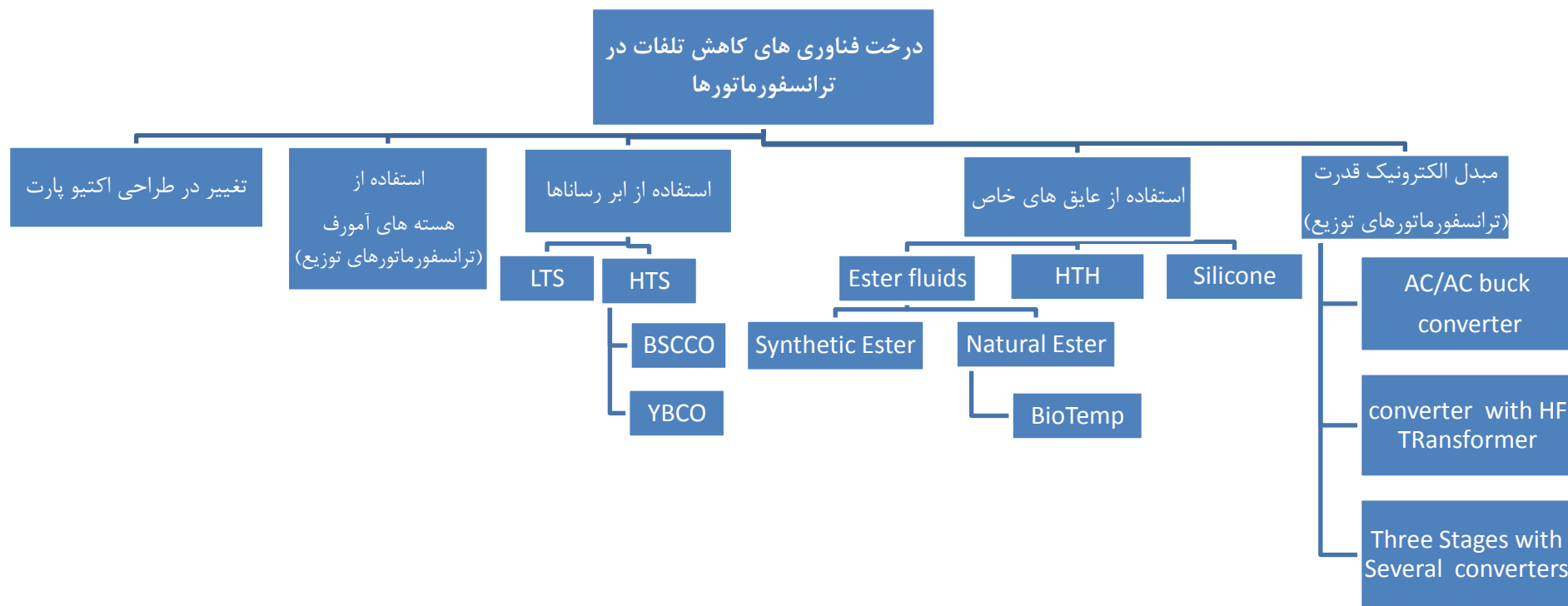
ترانسفورماتورهای توزیع بسته به طراحی، نحوه ساخت، کیفیت مواد اولیه مورد استفاده و نوع بهره‌برداری دارای تلفات متفاوتی هستند و امروزه با پیشرفت تکنولوژی ساخت و تأمین مواد اولیه مناسب می‌توان بیش از ۷۰ درصد تلفات آن‌ها را کاهش داد. به کارگیری و استفاده بهینه از ترانسفورماتورهای کم تلفات در شبکه‌های توزیع به جای احداث و توسعه شبکه، صرفه‌جویی قابل توجهی در سرمایه‌گذاری اولیه جهت احداث نیروگاه‌ها و توسعه شبکه‌های انتقال و توزیع و سوخت مصرفی ایجاد می‌کند. بنابراین ارزیابی تلفات واقعی ترانس‌های توزیع در طول عمر مفید آن‌ها کمک می‌کند تا در

طراحی، خرید و بهره‌برداری ترانس‌ها با دید بازتری اقدام نمود و امکان مقایسه واقعی گزینه‌های مختلف ترانس‌ها و خرید اقتصادی‌ترین آن‌ها به وجود آید [۲].

به دلیل تعداد بسیار زیاد ترانسفورماتورهای توزیع در شبکه و درصد تلفات بالای آن‌ها نسبت به ظرفیت آن‌ها، بررسی و کاهش تلفات آن‌ها اهمیت دارد. به گونه‌ای که در صورت اصلاح طراحی و ساخت این ترانسفورماتورها و کاهش تلفات آن‌ها می‌توان در مصرف انرژی الکتریکی صرفه‌جویی نمود. لازم به ذکر است حدود ۷۰ درصد تلفات شبکه ایران را تلفات شبکه توزیع تشکیل می‌دهد که در این میان سهم ترانسفورماتورهای توزیع بیش از ۳۰ درصد از این تلفات می‌باشد. به عبارت دیگر تلفات ترانسفورماتورهای توزیع در حدود ۲ درصد از کل مصرف انرژی الکتریکی است. امروزه امکان طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای توزیع با تلفات پایین در دنیا فراهم شده است. علیرغم این که توانایی طراحی و ساخت این ترانسفورماتورها با استفاده از بعضی از فناوری‌های موجود دنیا، در داخل کشور وجود دارد، متأسفانه به دلیل قیمت بالاتر این ترانسفورماتورها در مقایسه با ترانسفورماتورهای معمولی، چندان مورد توجه قرار نگرفته‌اند.

۲-۲- درخت فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

پس از بررسی منابع کتابخانه‌های شامل مقالات، کتاب‌ها و... و استفاده از نظر کارشناسان حوزه ترانسفورماتورها درخت فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها ترسیم شد که در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.



شکل (۱-۲): درخت فناوری های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

۲-۳- فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

در این قسمت به بررسی تفصیلی هر یک از فناوری‌های شناسایی شده در درخت فناوری می‌پردازیم.

۲-۳-۱- تغییر طراحی اکتیوپارت

این فناوری از دهه ۷۰ در جهان مورد استفاده قرار گرفته است. در این فناوری با تغییر در ابعاد هسته و سیم‌پیچ‌ها، نقطه کار شدت شار مغناطیسی ترانسفورماتور تغییر کرده و متعاقب آن تلفات هسته و تلفات سیم‌پیچ‌ها تغییر می‌کند. این تغییرات در خصوص ترانسفورماتورهای توزیع به صورت استاندارد بوده و در ۹ تیپ مشخص طبقه‌بندی شده‌اند. در جدول (۲-۱) تلفات هسته و تلفات بارگیری برای تیپ‌های مختلف ترانسفورماتورهای توزیع در ظرفیت‌های ۲۵ تا ۲۵۰۰ کیلوولت‌آمپر ارائه شده است [۳].

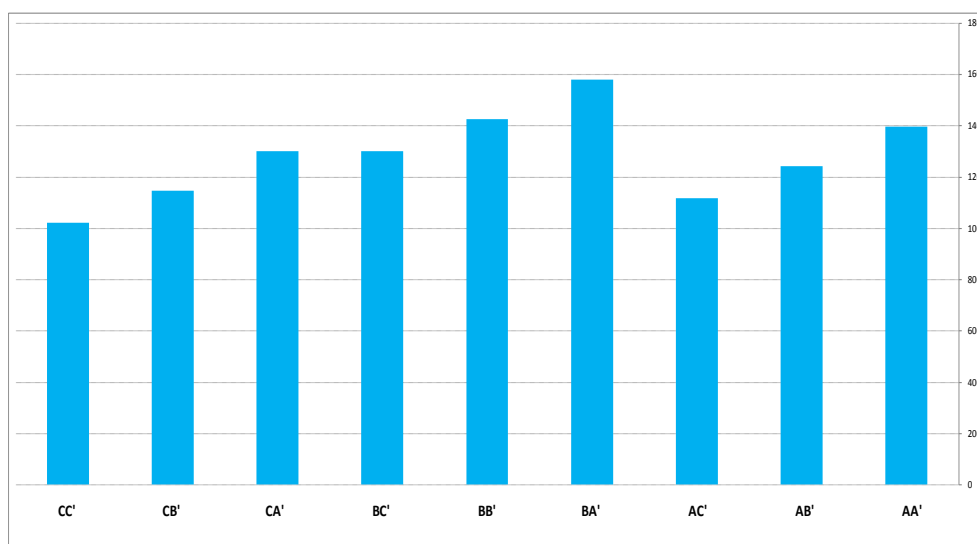
جدول (۱-۲): تلفات هسته و تلفات بارگیری برای تیپ‌های مختلف ترانسفورماتورهای توزیع

CC'		CB'		CA'		BC'		BB'		BA'		AC'		AB'		AA'		ظرفیت (kVA)
PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	
438	63	438	73	438	95	675	63	675	73	675	95	550	63	550	73	550	95	25
875	125	875	145	875	190	1350	125	1350	145	1350	190	1100	125	1100	145	1100	190	50
1475	210	1475	260	1475	320	2150	210	2150	260	2150	320	1750	210	1750	260	1750	320	100
2350	355	2350	445	2350	550	3600	355	3600	445	3600	550	2760	355	2760	445	2760	550	200
2750	425	2750	530	2750	650	4200	425	4200	530	4200	650	3250	425	3250	530	3250	650	250
3250	500	3250	625	3250	780	5000	500	5000	625	5000	780	3850	500	3850	625	3850	780	315
3850	610	3850	750	3850	930	6000	610	6000	750	6000	930	4600	610	4600	750	4600	930	400
4550	720	4550	875	4550	1100	7100	720	7100	875	7100	1100	5450	720	5450	875	5450	1100	500
5600	800	5600	940	5600	1200	8700	800	8700	940	8700	1200	6750	800	6750	940	6750	1200	630
7400	940	7400	1150	7400	1450	10700	940	10700	1150	10700	1450	8500	940	8500	1150	8500	1450	800
9500	1100	9500	1400	9500	1700	13000	1100	13000	1400	13000	1700	10500	1100	10500	1400	10500	1700	1000



CC'		CB'		CA'		BC'		BB'		BA'		AC'		AB'		AA'		ظرفیت (kVA)
PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	PL	Pc	
1400 0	1700	1400 0	2200	1400 0	2600	2000 0	1700	2000 0	2200	2000 0	2600	1700 0	1700	1700 0	2200	170 00	2600	1600
1755 0	2055	1755 0	2645	1755 0	3135	2530 0	2055	2530 0	2645	2530 0	3135	2120 0	2055	2120 0	2645	212 00	3135	2000
2200 0	2500	2200 0	3200	2200 0	3800	3200 0	2500	3200 0	3200	3200 0	3800	2650 0	2500	2650 0	3200	265 00	3800	2500

به عنوان نمونه، مجموع تلفات هسته و بارگیری برای تیپ‌های مختلف از یک ترانسفورماتور توزیع ۳۱۵ کیلوولت‌آمپر در بارگیری ۴۰٪ در نمودار شکل (۲-۲) خلاصه شده است.



شکل (۲-۲): کل تلفات تیپ‌های مختلف از یک ترانسفورماتور توزیع ۳۱۵ کیلوولت‌آمپر در بارگیری ۴۰٪

در کشورهای مختلف، تیپ‌های مختلفی از ترانسفورماتورهای توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال در کشور بلژیک از تیپ 'CC'، در کشور فرانسه از تیپ‌های 'AA' و 'BB'، در کشور آلمان از تیپ‌های 'AC' و 'BA' و 'CC'، در کشور ایتالیا تیپ 'BC' و در کشور اسپانیا از تیپ 'CC' استفاده می‌کنند. در کشور ایران نیز استفاده از تیپ 'AB' در دستور کار قرار دارد [۴]. در مرجع [۵]، ذکر شده است که اگر به جای ترانسفورماتورهای موجود در شبکه ایران از ترانسفورماتورهای تیپ 'AC' استفاده گردد، تلفات کل ترانسفورماتورهای توزیع با کاهش ۳۰ درصدی به مقدار ۱۸۶٫۳ مگاوات خواهد رسید و صرفه‌جویی ۶۷۰٫۶ گیگاوات ساعتی را بدنبال خواهد داشت. همچنین ۲۶۸۲۳۱۲ تن از گاز آلاینده CO₂ کاسته خواهد شد.

در خصوص ترانسفورماتورهای قدرت نیز در گزارش مرحله اول فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت عنوان تغییر ساخت در ترانسفورماتور در جهت کاهش تلفات مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

۲-۳-۲- استفاده از هسته‌های آمورف

اولین آلیاژهای با ساختار غیر کریستالی در سال ۱۹۵۰ میلادی توسط اداره ملی استاندارد آمریکا گزارش شد. از آن زمان تاکنون فعالیت‌های زیادی در جهت ارتقای کیفیت این نوع مواد و روش‌های بهینه تولید و اقتصادی‌تر کردن آن صورت گرفته است. معرفی و توسعه فرایند انجماد سریع^۱ در سال ۱۹۶۰ که در آن سرعت انجماد فلز به حدود 10^6 K/s می‌رسد، باعث شد که امکان تولید نوارهای باریک آلیاژی آمورف فراهم شود. ضخامت این نوارها حدود ۲۵ تا ۵۰ میکرومتر است. تولید تجاری اولین نوار آمورف با عرض $1/7$ میلی متر در سال ۱۹۷۱ توسط شرکت الاید کمیکال انجام شد. امروزه این نوارها به صورت آزمایشگاهی تا ضخامت حدود ۳۰۰ میلی متر و به صورت تجاری تا ضخامت حدود ۲۱۳ میلی متر تولید شده‌اند [۶].

از دهه هفتاد میلادی به بعد با معرفی تجاری مواد مغناطیسی آمورف، تحولی در نوع ماده مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورهای توزیع پدید آمد. آلیاژ آمورف باترکیب آهن، بُر و سیلیس دارای مقاومت الکتریکی و استحکام بالا ولی حد اشباع مغناطیسی پایین و نیز محدودیت دمای کاری در مقایسه با فولاد سیلیکونی است. در سال ۱۹۸۲ شرکت جنرال الکتریک در آمریکا اولین ترانسفورماتور ساخته شده با مواد آمورف رابرق دار کرد. متعاقب آن چند شرکت دیگر اقدام به ساخت انواعی از این نوع ترانسفورماتورها کردند. از آن زمان تاکنون فعالیت‌های فراوانی از سوی تولیدکنندگان بسیار محدود مواد آمورف در جهت اقتصادی‌کردن روش‌های تولید این نوع ماده و معرفی کردن آن به عنوان یک جایگزین مطمئن و مناسب به جای ورق‌های سیلیکونی انجام پذیرفته است. استفاده از فلزات آمورف باعث کاهش حدود ۷۰-۶۰ درصدی تلفات هسته این نوع ترانسفورماتورها نسبت به ترانسفورماتورهای دارای هسته فولاد سیلیکونی می‌شود.

طبق گزارش ارایه شده توسط انجمن تحقیقات مواد آمریکا تا پایان سال ۱۹۹۸ حدود ۱،۲۵۰،۰۰۰ ترانسفورماتور توزیع با هسته آمورف در کل جهان نصب شده است که گسترش این مساله کمک شایانی به بازده انتقال و توزیع برق در جهان خواهد کرد. البته باید توجه کرد که این ترانسفورماتورها از نوع کوچک بوده و هنوز انواع بزرگ آن‌ها چندان توسعه پیدا نکرده است. در حال حاضر در آمریکا حدود ۵ درصد سفارشات ترانسفورماتور توزیع از نوع هسته آمورف است [۶].

¹- Rapid Solidification

²- Allied Chemical

جدول (۲-۲)، پتانسیل کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای مختلف را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است می‌توان با استفاده از ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات آمورف حدود ۵۰ درصد تلفات ترانسفورماتورهای توزیع را کاهش داد [۴].

جدول (۲-۲): پتانسیل کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای مختلف

کشور	تلفات کل (TWh)	تلفات سالانه ترانسفورماتورهای توزیع (TWh)	پتانسیل صرفه‌جویی سالانه انرژی (TWh)	پتانسیل کاهش سالانه تولید گاز CO ₂
اروپای غربی	۱۸۵	۵۵	۲۲	۹
آمریکا	۴۹۷	۱۴۱	۸۴	۶۰
استرالیا	۲۱	۶	۳	۳
هند	۱۳۳	۶	۳	۳
چین	۹۴	۳۳	۱۸	۱۳
ژاپن	۴۴	۴۴	۳۱	۱۲

در کشور هند بیش از ۸۰۰ هزار دستگاه ترانسفورماتور آمورف نصب شده است که سالانه به میزان ۲۵-۳۰ TWh صرفه‌جویی در مصرف انرژی الکتریکی را به همراه داشته و از انتشار بیش از ۲۰-۳۰ میلیون تن گاز CO₂ جلوگیری می‌شود. تعداد ترانسفورماتورهای آمورف نصب شده در چین بیش از ۳۸۵ هزار دستگاه است. در کشور ژاپن نیز تعداد ترانسفورماتورهای آمورف نصب شده برابر ۴۱۰ هزار دستگاه می‌باشد. در کشور آمریکا حدود ۴۲۰ هزار ترانسفورماتور آمورف بکار می‌رود که صرفه‌جویی ۱,۵ میلیون دلاری را در سال به همراه دارد. در کشور روسیه نیز بیش از ۱۳۰ هزار ترانسفورماتور آمورف نصب شده است که صرفه‌جویی ۱۰ MWh را بدنبال دارد. تعداد ترانسفورماتورهای نصب شده در کشورهای برزیل، مکزیک و کره جنوبی به ترتیب برابر ۶۰ هزار، ۶۵ هزار و ۸۰ هزار دستگاه می‌باشد [۸۷].

۲-۳-۱- مشخصات فنی

مواد آمورف نوع جدیدی از مواد هستند که دارای ساختار کریستالی نیستند. این موضوع به این معناست که اتم‌ها به صورت منظم در کنار یکدیگر قرار نگرفته‌اند. حد اشباع مغناطیسی مواد آمورف در محدوده ۱/۵ تسلا و در فولادهای الکتریکی

سیلیکونی ۲/۱ تسلا است و این یک محدودیت برای استفاده از این نوع مواد در ترانسفورماتورهای بزرگ است [۹۶]. فلز آمورف مورد استفاده در هسته ترانسفورماتور نازکتر، سخت‌تر و شکننده‌تر از فولاد سیلیکونی است و با همه این شرایط باید برای کارکرد سی‌ساله در ترانسفورماتور توزیع سازگار شود. این مواد علاوه بر سختی بالا، دارای خواص مغناطیسی عالی هستند. همچنین تلفات هسته آمورف ۵۰-۲۵ درصد فولاد الکتریکی سیلیکونی از نوع M4 است.

۲-۳-۲- فرآیند تولید مواد آمورف

فناوری تولید این نوع مواد پیچیده بوده و به طور کلی شامل موارد ذیل است:

- ↪ مواد اولیه به خوبی مخلوط و در داخل یک کوره القایی ریخته می‌شوند.
- ↪ مواد مذاب به داخل یک محفظه متراکم‌کننده هدایت می‌شوند.
- ↪ جریان باریکی از مواد بر روی یک قالب تزریق می‌شود. سرعت انجماد در این قالب بسیار بالا و در حدود یک میلیونیم ثانیه است. محصول این بخش نوار باریک آمورف است.
- ↪ ابعاد (ضخامت و عرض) نوارهای تولیدی در بخش‌های قبل کنترل شده و نهایتاً نوار تولید به صورت رول پیچیده می‌شود.

۲-۳-۳- مزایای استفاده از مواد آمورف

به طور کلی مزایای این نوع مواد را به شرح ذیل می‌توان بیان کرد:

- ↪ کاهش بیشتر تلفات هسته نسبت به فولادهای سیلیکونی: به دلیل بیشتر بودن مقاومت الکتریکی (حدود ۳ برابر) آن‌ها و نیز کاهش ضخامت (حدود ۰،۱) در مجموع به میزان حدود ۶۰ درصد [۱۰].
- ↪ کاهش آلودگی محیط‌زیست به دلیل کاهش مصرف انرژی در نیروگاه: یکی از مزایای استفاده از ترانسفورماتورهای با هسته آمورف کمک به کاهش مشکلات زیست‌محیطی و آلودگی هواست. چرا که کاهش تلفات در ترانسفورماتور که بواسطه استفاده از این نوع مواد ایجاد می‌شود مستقیماً باعث کاهش مصرف مواد سوختی که انرژی از آن‌ها حاصل می‌شود شده و نهایتاً آلودگی محیط زیست کمتر می‌شود [۱۱].

۲-۳-۴- معایب استفاده از مواد آمورف

↪ حد اشباع شار مغناطیسی پایین: حداثباع مغناطیسی مواد آمورف در محدوده ۱/۵ تسلا و در فولادهای الکتریکی جهت دار، ۲/۱ تسلا است و این موضوع در راستای استفاده از نوارهای آمورف در ترانسفورماتورهای بزرگتر از محدوده توزیع، محدودیت ایجاد می کند.

↪ مشکلات تولید و نیز تولیدکنندگان بسیار محدود مواد آمورف: نرخ سرعت انجماد بسیار بالا (۱۰۶ k/s) نیز یکی دیگر از مسائلی است که در مجموع فرآیند تولید آنرا با مشکل روبرو ساخته است [۱۰].

↪ عدم امکان سهولت در برش به دلیل سختی بسیار بالا: سختی نوارهای آمورف زیاد است. همین مساله باعث محدودیت برش در نوارهای تولیدی است. سختی این نوارها به طور متوسط ۴ تا ۵ بار بیشتر از سختی فولادهای الکتریکی سیلیکونی است. که این مساله باعث می شود نرخ سایش در ابزار برش چنین موادی حدود ۱۰۰۰ بار بیشتر از نرخ سایش فولادهای الکتریکی سیلیکونی باشد. برای برش چنین نوارهایی باید از روش های نوین نظیر روش لیزری و یا EDM استفاده کرد [۱۲].

↪ فاکتور چینش کم: ضخامت نوار آمورف به طور متوسط ۰/۱ ورق سیلیکونی است. به همین دلیل فاکتور چینش ورق های آمورف حدود ۷۵-۸۵ درصد و در ورق های فولادی سیلیکونی حدود ۹۵ درصد است لذا این مساله باعث افزایش حجم هسته می شود [۱۲].

↪ حساسیت ویژه در حین استفاده به دلیل ضخامت بسیار کم: اعمال هرگونه نیروی نامناسب باعث ایجاد تنش های پسماند در این نوارها و نهایتاً افزایش تلفات خواهد شد.

↪ افزایش قیمت اولیه ترانسفورماتور: قیمت مواد آمورف حدود ۳-۲ برابر ورق های الکتریکی سیلیکونی است. همچنین به دلیل ضخامت کم مواد آمورف نهایتاً قطر هسته افزایش یافته و میزان مواد مصرفی مانند مس، مواد عایقی و... افزایش می یابد. این موضوع باعث افزایش قیمت اولیه ترانسفورماتور می شود [۱۰].

۲-۳-۵- مقایسه ترانسفورماتورهای توزیع با هسته آمورف و هسته فولاد سیلیکونی از دیدگاه

اقتصادی

ترانسفورماتورهای توزیع با هسته آمورف اگر چه گرانتر از ترانسفورماتورهای دارای هسته فولاد سیلیکونی هستند، اما می توانند در بسیاری از شبکه های توزیع مقرون به صرفه باشند. برای بررسی اقتصادی بودن ترانسفورماتور معمولاً از روش

"ارزیابی تلفات^۱" استفاده می‌شود. در این روش، الگوهای بارگذاری، هزینه های انرژی، تورم و سایر فاکتورهای اقتصادی برای محاسبه ارزش خالص فعلی^۲ یک وات انرژی، در نظر گرفته می‌شود. هدف ترکیب هزینه اولیه ترانسفورماتور و هزینه بهره‌برداری آن به منظور محاسبه هزینه کل (TOC) است. TOC یک ترانسفورماتور با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$TOC=IC+(A*P_0)+(B*P_k) \quad (1-2)$$

در رابطه بالا، IC هزینه اولیه خرید ترانسفورماتور (شامل هزینه حمل و هزینه نصب)، A ضریب سرمایه‌گذاری برای هر وات از تلفات بی‌باری، P_0 تلفات بی‌باری، B ضریب سرمایه‌گذاری برای هر وات از تلفات بارداری و P_k تلفات بار می‌باشد. لازم به ذکر است که در محاسبه ضرایب A و B، عوامل مختلفی از جمله ضریب ارزش زمانی، میزان سرمایه‌گذاری برای تامین یک کیلو وات تلفات توان ترانسفورماتور، ضریب متوسط بار ماکزیمم و غیره در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه ضرایب A و B می‌توان از روابط زیر استفاده نمود:

$$A=PW.EC.8760 \quad (2-2)$$

$$B=PW.EC.8760.(I_L/I_r)^2 \quad (3-2)$$

$$PW=\frac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n} \quad (4-2)$$

در روابط بالا PW ضریب ارزش زمانی، EC هزینه هر کیلووات ساعت انرژی، I_L جریان بار، I_r جریان نامی، n مدت زمان بهره‌برداری و i نرخ برگشت سرمایه می‌باشد. برای نمونه در جداول (۳-۲) الی (۶-۲)، مقدار TOC ترانسفورماتورهای مختلف با هسته آمورف و هسته فولاد سیلیکونی با هم مقایسه شده است. لازم به ذکر است که ضرایب A و B به ترتیب ۵,۵ و ۱,۵ و ضریب بار برابر ۰,۵ در نظر گرفته شده‌اند.

¹Loss-Evaluation method

²Net Present Value

جدول (۲-۳): مقایسه هزینه کلی (TOC) ترانسفورماتور با هسته آمورف و ترانسفورماتور

با هسته فولاد سیلیکونی 75KVA

ترانسفورماتور توزیع 75KVA	هسته آمورف	هسته فولاد سیلیکونی
تلفات بی باری (W)	۳۴	۱۶۸
ضریب A (\$/W)	۶	۶
تلفات بار (W)	۱۱۸۱	۱۷۰۴
ضریب B (\$/W)	۱,۵	۱,۵
قیمت اولیه (\$)	۱۵۵۰	۱۴۰۰
ارزش تلفات بی باری (\$)	۲۰۴	۱۰۰۸
ارزش تلفات بار (\$)	۱۷۷۱,۵	۲۵۵۶
TOC (\$)	۳۵۲۵,۵	۴۹۶۴

جدول (۲-۴): مقایسه هزینه کلی (TOC) ترانسفورماتور با هسته آمورف و ترانسفورماتور

با هسته فولاد سیلیکونی 200KVA

ترانسفورماتور توزیع 200KVA	هسته آمورف	هسته فولاد سیلیکونی
تلفات بی باری (W)	۱۳۷	۴۷۶
ضریب A (\$/W)	۶	۶
تلفات بار (W)	۲۸۰۰	۲۸۲۰
ضریب B (\$/W)	۱,۵	۱,۵
قیمت اولیه (\$)	۳۳۹۷	۳۴۲۶
ارزش تلفات بی باری (\$)	۸۲۲	۲۸۵۶
ارزش تلفات بار (\$)	۴۲۰۰	۴۲۳۰
TOC (\$)	۸۴۱۹	۱۰۵۱۲

جدول (۲-۵). مقایسه هزینه کلی (TOC) ترانسفورماتور با هسته آمورف و ترانسفورماتور

با هسته فولاد سیلیکونی 500KVA

ترانسفورماتور توزیع 500KVA	هسته آمورف	هسته فولاد سیلیکونی
تلفات بی باری (W)	۲۴۰	۹۳۹
ضریب A (\$/W)	۶	۶
تلفات بار (W)	۵۴۵۰	۴۵۲۲
ضریب B (\$/W)	۱,۵	۱,۵
قیمت اولیه (\$)	۱۱۵۰۰	۱۰۰۰۰
ارزش تلفات بی باری (\$)	۱۴۴۰	۵۶۳۴
ارزش تلفات بار (\$)	۸۱۷۵	۶۷۸۳
TOC (\$)	۲۱۱۱۵	۲۲۴۱۷

جدول (۲-۶). مقایسه هزینه کلی (TOC) ترانسفورماتور با هسته آمورف و ترانسفورماتور

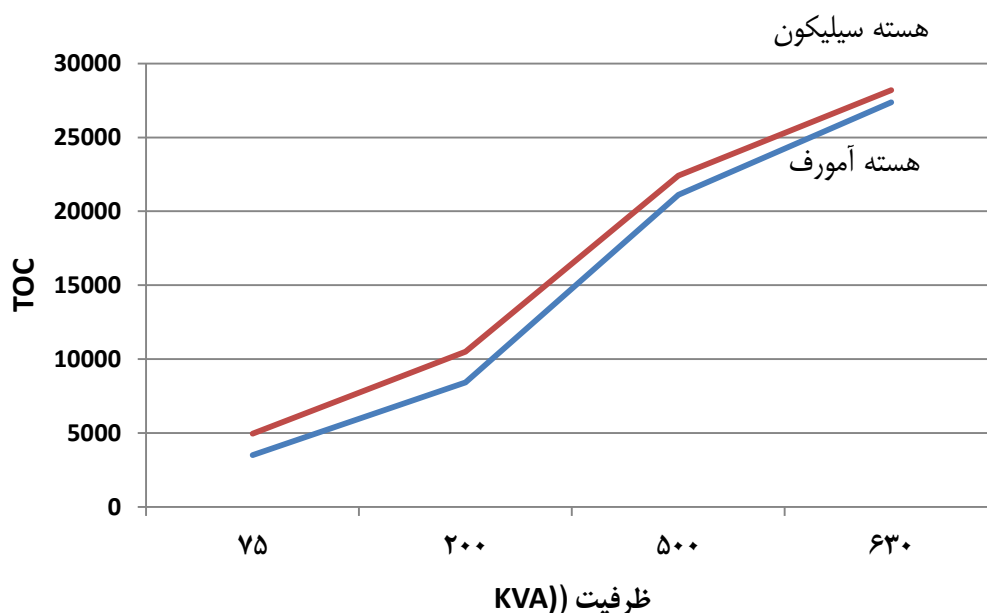
با هسته فولاد سیلیکونی 630KVA

ترانسفورماتور توزیع 630KVA	هسته آمورف	هسته فولاد سیلیکونی
تلفات بی باری (W)	۴۱۰	۱۲۰۰
ضریب A (\$/W)	۶	۶
تلفات بار (W)	۵۶۱۰	۵۶۰۰
ضریب B (\$/W)	۱,۵	۱,۵
قیمت اولیه (\$)	۱۶۴۸۸	۱۲۰۰۰
ارزش تلفات بی باری (\$)	۲۴۶۰	۷۲۰۰
ارزش تلفات بار (\$)	۸۴۱۵	۹۰۰۰
TOC (\$)	۲۷۳۶۳	۲۸۲۰۰

با توجه به جداول فوق مشخص است، در کشورهایی که هزینه انرژی بالا می‌باشد استفاده از ترانسفورماتور با هسته آمورف

مقرون به صرفه خواهد بود [۸ و ۱۳ و ۱۴]. در شکل (۲-۳)، TOC ترانسفورماتورهای توزیع مختلف با هسته آمورف و هسته فولاد

سیلیکونی با یکدیگر مقایسه شده‌اند.



شکل (۲-۳): مقایسه TOC ترانسفورماتورهای توزیع با هسته آمورف و هسته فولاد سیلیکونی

استفاده از هسته آمورف در ترانس‌های توزیع AMTD^۱ یک تکنولوژی موثر برای کاهش تلفات درون هسته مغناطیسی است. از آنجاییکه حد اشباع مواد آمورف در محدوده ۱/۵ تسلا و در فولادهای الکتریکی سیلیکونی ۲/۱ تسلا می‌باشد، لذا این یک محدودیت برای استفاده از این مواد در ترانسفورماتورهای بزرگ بوده و در ترانسفورماتورهای قدرت (فرا تر از محدوده توزیع) قابل استفاده نیستند.

۲-۳-۳- استفاده از مواد ابررسانا

ابررسانایی پدیده‌ای است که در بعضی از مواد در دمای بسیار پایین اتفاق می‌افتد. در این حالت مقاومت الکتریکی و میدان مغناطیسی در این مواد به صفر می‌رسد. مقاومت الکتریکی هادی‌های فلزی معمول، مثل مس و نقره، نیز با کاهش دما کم می‌شود، با این حال در اثر وجود ناخالصی در این هادی‌ها، حتی در دمای صفر مطلق نیز، مقاومت الکتریکی آن‌ها صفر نخواهد بود. اما مقاومت الکتریکی ابررسانا، با کاهش دمای آن به زیر دمای مشخصی، که دمای بحرانی (Tc) نامیده می‌شود، به صفر

^۱ -Amorphous metal distribution transformers

خواهد رسید. خاصیت ابررسانایی در مواد مختلفی، شامل عناصر ساده همانند آلومینیوم و قلع، آلیاژهای فلزی مختلف و بعضی از نیمه‌هادی‌ها که به شدت به آن‌ها ناخالصی افزوده شده است، رخ می‌دهد. لیکن این خاصیت در فلزات نجیب مانند طلا و نقره، و در فلزات فرو مغناطیسی اتفاق نمی‌افتد. بعضی از خواص فیزیکی مواد ابررسانا با یکدیگر متفاوت است. از جمله این خواص، ظرفیت گرمایی و دمای بحرانی است که در آن خاصیت ابررسانایی از دست می‌رود. از طرفی خواص دیگری نیز وجود دارد که مستقل از نوع ماده به کار رفته می‌باشد. برای مثال همه ابررساناها در نبود میدان مغناطیسی، دقیقاً دارای مقاومت الکتریکی صفر هستند [۱۵]. مهم‌ترین خواص ابررساناها عبارتند از:

↪ مقاومت ناچیز در مقابل عبور جریان مستقیم و توانایی عبور چگالی جریان بالا

↪ توانایی تولید میدان‌های مغناطیسی قوی

↪ خاصیت تونل زنی

۲-۳-۳-۱- ابررساناهای با دمای بحرانی پایین یا LTS

قبل از کشف ابررساناهای با دمای بحرانی بالا یا HTS در سال ۱۹۸۶، مواد LTS (ابررسانای با دمای بحرانی پایین) مورد استفاده قرار می‌گرفت. دمای بحرانی در ابررساناهای LTS معمولاً زیر ۲۰ کلوین می‌باشد. دو نمونه صنعتی ابررساناهای دما پایین، Nb_3Sn و $Nb-Ti$ هستند. اگرچه دمای بحرانی آن‌ها به ترتیب برابر با ۹ و ۱۸ کلوین است، که برای بیشتر کاربردهایشان باید در دمای زیر ۵ کلوین کار کنند، که این اغلب نیازمند سرامسازهای گران قیمت (هلیوم مایع) است که از نظر اقتصادی به صرفه نیست [۱۶].

۲-۳-۳-۲- ابررساناهای با دمای بحرانی بالا (HTS)

دمای بحرانی در هادی‌های HTS در حدود ۷۷ کلوین، برابر با دمای نیتروژن مایع است. تعداد مواد HTS که تا به حال شناخته شده‌اند چندان زیاد نبوده و از این تعداد تنها دو گروه به لحاظ اقتصادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این دو گروه شامل BSCCO (هادی‌های نسل اول) و YBCO (هادی‌های نسل دوم) می‌باشد که نام آن‌ها نمایانگر ترکیب شیمیایی آن‌ها است. هر دو گروه از نوعی سرامیک ساخته می‌شوند که به دلیل شکنندگی، مانند هادی‌های فلزی قابلیت شکل‌بندی خوبی ندارند. علاوه بر این ترتیب قرارگیری کریستال‌های موجود در سرامیک، باید در راستای طول هادی باشد و وجود هرگونه

آلودگی در آن باعث افزایش مقاومت می‌شود. بنابراین ساخت یک کابل ابررسانای بلند چندان ساده نیست. کریستال‌های موجود در ابررسانای BSCCO با استفاده از فشار مکانیکی مناسب، در وضعیت مطلوب قرار می‌گیرند ولی به دلیل استفاده از نقره در ساختار این ابررسانا قیمت تمام شده آن نسبت به مس خیلی بیشتر می‌باشد. هادی‌های YBCO نسبت به BSCCO ارزان‌تر هستند و در آینده نزدیک می‌توانند تبدیل به رقیبی برای هادی‌های مسی شوند. یک ابررسانای HTS حدوداً قادر به حمل جریان تا ۱۴۰ برابر یک هادی مسی معمولی است. یکی از خواص مهم ابررساناها، مقاومت الکتریکی بالا به ازای دمای بیشتر از دمای بحرانی یا در اثر افزایش بیش از حد میدان مغناطیسی اطراف آن می‌باشد. در صورتی که بتوان دمای یک ابررسانا را کاهش داد، این حد میدان مغناطیسی قابل تحمل افزایش می‌یابد. همچنین نوسانات موجود در میدان مغناطیسی باعث کاهش هدایت در ابررسانا می‌شود. پس می‌توان گفت ابررساناها در برابر جریان AC (جریان متناوب) از خود مقاومت نشان می‌دهند. بنابر این در کاربردهای جریان متناوب HTS (ترانسفورماتورها و کابل‌ها و غیره) نیاز به طراحی دقیق‌تر و دمای عملکرد پایین‌تری است. با وجود تلاش‌های گسترده برای توسعه استفاده از ابررساناهای دما پایین در ترانسفورماتورها، عواملی مانند هزینه بالای سیستم برودتی لازم برای عملکرد هلیوم مایع در دمای ۴٫۷ کلوین، نیاز به قابلیت اطمینان بالا و توسعه ابررسانای AC با تلفات کم مانع از به کارگیری وسیع آن‌ها در شبکه الکتریکی شد. اکتشاف ابررسانای با دمای بالا (HTS) باعث جلب توجه دوباره به ابررساناها در بخش تولید تا مصرف شبکه الکتریکی شد. با افزایش دمای کارکرد یعنی دمای ۷۷ کلوین مواد HTS (دمای نیتروژن مایع) نه تنها هزینه‌های تبرید کمتر می‌شود بلکه قابلیت اطمینان سیستم افزایش می‌یابد [۱۷].

۲-۳-۲-۱- آزمایش موفقیت‌آمیز ترانسفورماتورهای ابررسانای HTS

یک تیم تحقیقاتی صنعتی در آمریکا زیر نظر شرکت واکشا الکتریک سیستم^۱، با انجام آزمایش موفقیت‌آمیز بر روی نوع جدیدی از ترانسفورماتورهای قدرت، در سال ۱۹۹۹ خبر تحول مهمی را در صنعت برق اعلام نمودند. ترانسفورماتورهای ابررسانایی جدید در مقایسه با ترانسفورماتورهای رایج، کوچکتر و سبک‌تر و همچنین دارای طول عمر بیشتری هستند. در این ترانسفورماتورها از نیتروژن به جای روغن استفاده می‌شود و نیازی به هزاران گالن روغن جهت عایقی و خنک‌سازی نبوده و در

^۱- Waukesha Electric System

نتیجه خطر ایجاد حریق و مسائل زیست محیطی را نخواهد داشت. دو تغییر مهم در طراحی ترانسفورماتور که منجر به طراحی و ساخت این ترانسفورماتورهای جدید شده است عبارتند از:

↪ استفاده از مواد ابرسانایی دما بالا (HTS) به جای سیم‌پیچ‌های رایج مسی

↪ به کارگیری یک سیستم کوچک خنک‌سازی به جای سیستم خنک‌کننده رایج ترانسفورماتورهای معمولی

↪ مزایای ترانسفورماتورهای HTS:

به طور کلی مزایای ترانسفورماتورهای HTS به لحاظ فنی، اقتصادی و زیست محیطی شامل موارد زیر است [۱۸]:

↪ حجم و وزن کمتر نسبت به ترانس‌های معمولی: استفاده از سیستم‌های HTS با چگالی توان بالا در ترانسفورماتور، اندازه و وزن را حدوداً ۴۰ تا ۶۰ درصد نسبت به ترانسفورماتورهای معمولی با همان قدرت نامی کاهش می‌دهد. این ویژگی تاثیر فراوانی بر کاهش هزینه‌های تولید، حمل و نقل و نصب خواهد داشت و همچنین کمک زیادی به کاهش فضای پست خصوصاً در مناطق شهری خواهد کرد.

↪ طول عمر بیشتر: گرمای ایجاد شده در ترانسفورماتورهای معمولی به علت تلفات در شرایط کاری مختلف، باعث ایجاد تغییرات دمایی زیادی در طول روز می‌شود. این تغییرات دمایی عامل اصلی شکست عایقی در سیم‌پیچ‌های مسی است. این اثر به علت عملکرد دمایی ثابت در سیم‌پیچ‌های HTS وجود ندارد. نبود افزایش و کاهش دما در سیم‌پیچ‌ها، تنش‌های مکانیکی عایق‌های الکتریکی ترانس را حذف کرده و از خرابی زود هنگام آن جلوگیری می‌کند. علاوه بر این ترانسفورماتورهای معمولی قدرت عمدتاً اضافه بار را در مدت زمان محدودی تحمل کرده و اگر مدت زمان اضافه بار زیاد شود ترانس آسیب می‌بیند (طبق استاندارد IEEE/ANSI، ۲۰۰ درصد اضافه بار در مدت ۳۰ دقیقه). ولی در ترانس‌های قدرت HTS، می‌توان با مدیریت تلفات و مشخصه سیم‌پیچ مربوطه، اضافه بار را در مدت بیشتری به ترانس وارد کرد.

↪ راندمان بالاتر: با توجه به کاهش تلفات انرژی در ترانس در اثر کاهش یافتن مقاومت الکتریکی سیم‌پیچ‌ها (کاهش تلفات اهمی) و کوچک‌تر شدن حجم هسته (کاهش تلفات هسته) در ترانس‌های HTS راندمان ترانس نسبت به ترانس‌های معمولی بهبود می‌یابد.

↪ بی‌ضرر بودن برای محیط اطراف ترانسفورماتور: نیتروژن مایع به جای روغن در ترانس‌های HTS، هم به عنوان عایق و هم به عنوان وسیله خنک‌کننده به کار می‌رود. این مایع غیرقابل اشتعال بوده و ضرری برای طبیعت ندارد

و با وجود آن خطر انفجار ترانسفورماتور کاهش می‌یابد. همچنین در صورت نشت به بیرون باعث آلودگی و سمی شدن محیط نمی‌شود.

↪ مزایای اقتصادی: با توجه به کاهش تلفات، حجم و وزن و همچنین طول عمر بیشتر می‌توان انتظار داشت که هزینه‌های مرتبط با این نوع ترانسفورماتورها از قبیل هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، نگهداری و تعمیرات در بلند مدت نسبت به ترانس‌های معمولی کمتر است.

۲-۳-۳-۲-۲- مشکلات موجود در به کارگیری فناوری ترانسفورماتورهای HTS:

مشکلات موجود در بکارگیری فناوری HTS در ترانسفورماتورها را می‌توان به مشکلات اقتصادی، فنی و اجرایی تقسیم نمود. در این تقسیم‌بندی بخش اقتصادی بیشتر مربوط به تکنولوژی ابررسانایی است و بخش‌های فنی و اجرایی به ترتیب بیشتر به دانش ساخت ترانسفورماتور و شرایط حاکم بر کشور می‌باشند. از جمله مشکلات عمده ترانسفورماتور HTS که سازندگان این نوع ترانسفورماتورها با آن مواجه بوده‌اند موارد ذیل می‌باشد [۱۷، ۱۹، ۲۰، ۲۱]:

↪ راندمان کم سیستم تبرید

↪ استحکام مکانیکی سیم‌های ابررسانا

↪ تلفات AC

↪ مواد عایقی

↪ هسته

↪ هزینه

↪ مشکلات اجرایی

لازم به ذکر است با توجه به مشکلات فوق استفاده از فناوری ابررسانا در ترانسفورماتورهای توزیع محدود به تجارب آزمایشگاهی بوده و هنوز تجاری سازی نشده است.

در خصوص ترانسفورماتورهای قدرتمند، فناوری استفاده از مواد ابررسانا از جمله فناوری‌های بسیار جدی و مورد توجه می‌باشد که به طور مفصل در گزارش مرحله اول مورد بحث و بررسی واقع شد.

۲-۳-۴- استفاده از عایق‌های خاص

۲-۳-۴-۱- مایعات استر^۱

استرها از مهم‌ترین مشتقات کربوکسیلیک اسیدها هستند که طعم و بوی شاخص اغلب میوه‌ها و گل‌ها ناشی از وجود آن‌ها است. انواع استرها را می‌توان به استرهای طبیعی (گیاهی) و استرهای مصنوعی (مشتق شده از روغن‌ها و نفت) تقسیم‌بندی کرد. استرهای مصنوعی از واکنش استری شدن بین یک tetra-alcohol و اسیدهای مونوکربوکسیلیک بدست می‌آید. این روغن‌ها شامل اتم‌های کربن، اکسیژن و هیدروژن می‌باشند. استرهای مصنوعی باید مطابق استاندارد IEC61099 باشند. روغن MIDEL7131 و ElantasBecFluid 9902 برپایه این نوع استر می‌باشند. استرهای مصنوعی خواص دی‌الکتریکی مناسبی دارند ولی یکی از معایب استرهای مصنوعی را می‌توان هزینه بالای آن دانست [۲۲].

در سال‌های اخیر استفاده از روغن‌های گیاهی^۲ رایج شده است. اولین محصول تجاری در این راستا بیوتمپ است که در سپتامبر ۱۹۹۹ توسط شرکت ABB در آمریکا ارائه شده است. این مایع عایقی (با پایه گیاهی) استر طبیعی است که از روغن تجزیه‌پذیر برپایه گیاهی ساخته شده است که ۹۹ درصد قابلیت تجزیه پذیری داشته و در صورت نشت هیچ گونه آثار سوء زیست محیطی ندارد. دمای نقطه آتش آن حدود ۳۰۰ درجه بوده و جزء مایع‌های عایقی با قابلیت اشتغال کم به حساب می‌آید. از ویژگی‌های منحصر به فرد آن می‌توان به کم بودن فشار داخل تانک در شرایط اضطراری رخداد خطا نام برد که این خاصیت امکان استفاده از ترانس‌ها در فضاهای بسته و یا فضاهای باز با حساسیت ایمنی زیاد افزایش می‌دهد. میزان اشباع‌پذیری آب در این مایع بسیار بالاتر از روغن‌های معدنی بوده و این میزان اشباع‌پذیری هیچ تاثیری بر استقامت عایقی این مایع ندارد و استقامت عایقی آن از HTH (هیدروکربن‌ای دما بالا) و روغن‌های معدنی بیشتر می‌باشد. میزان رطوبت قابل حل در این مایع در دمای اتاق تا ۱۱۰۰ ppm می‌باشد. بیوتمپ پایدارترین ماده عایقی بر پایه روغن در بازار به حساب می‌آید (بیشتر از ۷۵ درصد اسیدهای چرب تک-غیر اشباع). شرکت ABB بیوتمپ را راه‌حلی کامل و جایگزینی مناسب برای محصولات مبتنی بر نفت می‌داند که اشکالاتی نظیر قابلیت احتراق و آلودگی بر آن وارد نیست و در شرایط مشابه امنیت و قابلیت اطمینان تجهیز را بالا می‌برد. از جمله ویژگی‌های این مایع می‌توان قابلیت حل‌پذیری آن در روغن‌های رایج مورد استفاده در ترانسفورماتورهای

^۱- Ester Fluids

^۲- vegetable-based

معمولی دانست (روغن‌هایی با پایه معدنی) و با ساختار مواد مورد استفاده در ترانسفورماتورهای استاندارد کاملا سازگار است. لازم به ذکر است این روغن با مایع‌های سیلیکونی مخلوط نمی‌شود. بیوتمپ در دمای زیر نقطه ریزش آن به صورت ژل در می‌آید. تبدیل به ژل شدن یک فرآیند آهسته که تابعی از زمان، حجم و درجه حرارت بوده و در تماس طولانی با دمای زیر 5°C - سانتیگراد رخ می‌دهد. استانداردهای IEC و IEEE محیط با درجه حرارت کمتر از 20°C - را شرایط دشوار کارکرد این مایع می‌دانند. هنگامی که یک ترانسفورماتور به صورت ذخیره در نظر گرفته شده و یا در قطع بار طولانی مدت قرار دارد باید نقطه ریزش و حداقل درجه حرارت مورد نیاز آن در نظر گرفته شود [۲۳].

رفتار بیوتمپ در سرما:

بیوتمپ در دمای زیر صفر درجه سانتیگراد در معرض تبدیل به ژل می‌باشد که در این فرآیند یخ‌زدگی و شبه انجماد، افزایش حجم و انبساط نداشته و همچنان به عنوان یک عایق الکتریکی و خنک کننده عمل می‌کند. نقطه ریزش این مایع از 15°C - تا 25°C - سانتیگراد بوده و شروع این فرآیند تبدیل به ژل بین 5°C - و 15°C - رخ می‌دهد. بازگشت به حالت مایع با رسیدن دما به 5°C + آغاز می‌شود. بیوتمپ در حال حاضر در ترانسفورماتورهای توزیع و قدرت کوچک در سراسر ایالات متحده آمریکا استفاده می‌شود. این مایع موفقیت ثابت شده‌ای در استفاده در مناطق پر جمعیت و محیط‌های مختلف آب و هوایی از منطقه گرمسیری هاوایی تا منطقه سردسیری دامنه‌های شمالی آلاسکا دارد [۲۴].

سازگاری با محیط زیست:

بیوتمپ برای حیوانات، انسان و پرندگان غیر سمی است. ۹۹ درصد این زیست تخریب پذیر بوده و در صورتی که در معرض میکروب‌ها قرار بگیرد در مدت ۲۷ روز تجزیه می‌شود. این مایع شامل هیچ گونه ماده نفتی، هالوژن‌ها، سیلیکون‌ها و دیگر مواد مضر محیط زیست نمی‌باشد. به منظور ارتقای پایداری اکسیداسیون آنرا با تثبیت کننده ترکیب می‌کنند [۲۴].

ذخیره‌سازی و حمل و نقل:

بیوتمپ همانند روغن‌های معدنی قابلیت جابجایی دارد. مخزن حمل و نقل و ذخیره این مایع همانند مایعات دیگر باید تمیز و عاری از مواد مضر و رطوبت باشد. در طول ذخیره‌سازی، مخزن باید محفوظ از هوا و ترجیحا ذخیره شده در زیر نیتروژن خشک باشد [۲۴].

۲-۳-۴-۲- سیلیکون‌ها

سیلیکون‌ها موادی با خاصیت عایقی الکتریکی بسیار عالی هستند که نقطه آتش آن‌ها بالاتر از روغن‌های معمولی بوده و جزو مایعات با قابلیت اشتعال‌پذیری کم به حساب می‌آیند. همچنین از جمله خواص آن‌ها باید به خاصیت ضد اکسیداتیو و ثبات حرارتی اشاره نمود. این مایع برای ترانسفورماتورهایی که برای بهره‌برداری در دمای بالای $65/55^{\circ}$ درجه سانتیگراد طراحی شده‌اند استفاده می‌شود. در صورتی که فقط خاصیت اشتعال‌پذیری کم برای ترانس مدنظر باشد، ممکن است یک واحد ترانس با عایق هیدروکربن‌های با وزن مولکولی زیاد، استر و یا روغن‌های گیاهی پیشنهاد شود، این در حالی اتفاق می‌افتد که هر دو دمای نقطه آتش آن‌ها بالای 300° سانتیگراد بوده ولی مشخصات نقطه آتش آن‌ها کاملاً متفاوت است. لازم به ذکر است که ترانس‌های با مایع سیلیکونی، ویژگی‌های فیزیکی متفاوتی نسبت به ترانس‌های با روغن‌های معدنی دارند که از جمله این موارد می‌توان به وزن بیشتر تانک ترانسفورماتور و حفاظت بیشتر از استانداردهای ANSI که به طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند اشاره نمود. از دیگر مضرات مایع سیلیکونی می‌توان به غیر زیست-تخریب‌پذیر بودن، جذب رطوبت بالا و هزینه زیاد ترانسفورماتور اشاره نمود [۲۵].

خواص عایقی انواع مواد مورد استفاده در ترانسفورماتورها در جدول (۲-۷) ارائه شده است [۲۳].

جدول (۲-۷): ویژگی‌های مایعات عایقی ترانسفورماتورهای توزیع

TYPICAL PROPERTIES OF INSULATING FLUIDS				
	BIOTEMP	Mineral Oil	H.T.H.	Silicone
Electrical				
Dielectric Strength, kV (ASTM D877)	45	30	40	43
Physical				
Viscosity, cSt. 100°C	10	3	11.5	16
(ASTM D445) 40°C	45	12	110	38
0°C	300	76	2200	90
Flash pt. °C (ASTM D92)	330	145	285	300
Fire pt. °C (ASTM D92)	360	160	308	330
Specific Heat (cal/gr/°C) (ASTM D2766)	0.47	0.43	0.45	0.36
Coefficient of Expansion, /°C (ASTM D1903)	6.88×10^{-4}	7.55×10^{-4}	7.3×10^{-4}	1.04×10^{-3}
Pour pt. °C (ASTM D97)	-15 to -25	-40	-24	-55
Sp. Gravity (ASTM D1298)	0.91	0.91	0.87	0.96
Color (ASTM D1500)	<0.5	0.5	0.5 - 2.0	<0.5
Environmental				
Biodegradation Rate (%) 21 - day CEC - L - 33	97.0	25.2	27.1	0.0

۲-۳-۴-۳- هیدروکربن‌های دما بالا (HTH)

این مایع یکی از جایگزین‌های مایعات پلی کلرینه بی فنیل (PCB) به حساب می‌آیند که مواد با وزن مولکولی بالا یا اصطلاحاً هیدروکربن‌های دما بالا نام دارند. انواع زیادی از این مایعات تجاری هیدروکربنی با نقطه آتش بالا وجود دارد. این مواد همچون سیلیکون‌ها قابل اشتعال بوده ولی دمای نقطه آتش آن‌ها بالا است. این مایعات به دلایل اقتصادی جایگزین مناسبی برای مواد معدنی نیستند. از جمله مضرات این محصول می‌توان به غیر زیست-تخریب‌پذیر بودن آن‌ها اشاره نمود [۲۶].

در ترانسفورماتورهای قدرت در خصوص فناوری استفاده از استرهای طبیعی جهت کاهش تلفات، به این نتیجه رسیده شد که استفاده از روغن‌های صنعتی در مقایسه با استرها به دلیل دارا بودن ویسکوزیته بیشتر، کارایی بهتری دارد. استرهای طبیعی با وجود مزایا و مناسبت بهتر با محیط زیست، اما به دلیل داشتن ویسکوزیته بیشتر نسبت به روغن صنعتی قادر به دسترسی به تمام نقاط برای خنک سازی ترانسفورماتور نمی‌باشند. این مبحث در گزارش مرحله اول به تفصیل بیان گردیده است.

۲-۳-۵- مبدل‌های الکترونیک قدرت در ترانسفورماتورهای توزیع

امروزه ترانسفورماتورها یکی از سنگین‌ترین و گران‌ترین تجهیزات سیستم توزیع فرکانس پایین (۵۰ هرتز) به حساب می‌آیند. در سال‌های اخیر با پیشرفت تکنولوژی، ترانسفورماتور الکترونیک قدرت به منظوراتقال ولتاژ و تحویل توان به شبکه قدرت با استفاده از ادوات الکترونیک قدرت معرفی شده است. با توجه به اینکه چگالی شار اشباع رابطه معکوسی با فرکانس دارد، لذا با استفاده از لینک‌های فرکانس بالا در PET، هسته‌های آهنی حجیم و سیم‌پیچ‌های سنگین مسی در این ترانسفورماتورها قابل حذف شدن هستند [۲۷]. همچنین این نوع ترانسفورماتورها قادر به بهبود گوناگون کیفیت توان نظیر حذف نامتعادلی ولتاژ، هارمونیک‌های ولتاژ، اضافه ولتاژها و نوسانات ولتاژ شبکه توزیع هستند. از جمله تاثیرات این ترانسفورماتورها در شبکه انتقال می‌توان به کنترل ولتاژ، کنترل پخش بار و پایداری استاتیکی و دینامیکی اشاره نمود [۲۸].

ایده ترانسفورماتور الکترونیک قدرت (PET) برای نخستین بار ۲۵ سال قبل مطرح گردید که در آن از آرایش باک ac/ac غیر ایزوله برای کاهش سطح ولتاژ استفاده نمودند. در این روش سطح ولتاژ بصورت مستقیم منتقل می‌شود. در این ساختار برای کار در سطوح ولتاژ متوسط، نیاز به کلیدهای قدرت سری زیادی می‌باشد که منجر به پیچیدگی کنترل کلیدها می‌شود. همچنین امکان اصلاح ضریب توان و ایزولاسیون مغناطیسی در این ساختار وجود ندارد. با توجه به مشکلات فوق استفاده از این ساختار برای کاربردهای ولتاژ متوسط عملی نیست [۲۹]. در روش دیگری، استفاده از مبدل مستقیم ac/ac با لینک فرکانس بالا پیشنهاد گردید. در این روش تبدیل توان مستقیماً به شکل ac بوده و برای ایزولاسیون از یک ترانسفورماتور میانی استفاده می‌گردد. در این روش، شکل موج ac بر روی یک موج مربعی فرکانس بالا مدوله شده و از یک ترانسفورماتور فرکانس بالا عبور داده می‌شود و توسط کانورتر سنکرون دوباره به شکل ac بازگردانده می‌شود. در این روش مشکل فقدان ایزولاسیون مغناطیسی حل شده است ولی همچنان اصلاح ضریب توان امکان‌پذیر نیست. همچنین به علت عدم وجود سیستم ذخیره‌ساز انرژی امکان حفاظت بارهای حساس در مقابل قطع برق موقت وجود ندارد. هر چند روش دوم بدلیل مزایایی از قبیل: کاهش استرس وارد شده بر کلیدها، ایزولاسیون ورودی - خروجی گسترش بیشتری نسبت به روش اول داشته است [۳۰، ۳۱]. در روش‌های معرفی شده، کنترلی بر شکل موج جریان ورودی از شبکه توزیع وجود ندارد. در نتیجه شکل جریان بدلیل وجود یکسوکننده‌های دیودی شدیداً هارمونیک‌ی بوده و ضمن ایجاد تلفات زیاد با استانداردهای امروزی نظیر IEC1000-3 و IEC519 مطابقت ندارد. از این‌رو ایده استفاده از مبدل‌های متوالی الکترونیک قدرت جهت کاهش ولتاژ مطرح گردید که قابلیت کنترل کیفیت توان را فراهم می‌کند. این روش شامل سه مرحله ورودی، ایزولاسیون و خروجی می‌باشد. تعداد کانورترهای

سری به سطح ولتاژ و نوع نیمه رسانا بستگی دارد. محقق نمودن این ایده نخستین بار با پشتیبانی مالی ABB و برای پیاده نمودن ترانسفورماتور تکفازی با توان ۱۰ kVA، صورت گرفت [۳۲، ۳۳].

۳- آینده‌پژوهی فناوری‌های ترانسفورماتورهای کم تلفات

آینده‌پژوهی رشته‌ای چندوجهی قلمداد می‌شود که مشتمل بر حوزه‌های مختلف است و طیف وسیعی از دیدگاه‌های پیرامون آینده‌ی محتمل و مرجع را در برمی‌گیرد. روش‌های مختلفی برای آینده‌پژوهی شناخته شده که در ادامه چند نمونه از رایج‌ترین روش‌های آینده‌پژوهی به اختصار بیان شده‌است.

پیش‌بینی

هدف این روش کشف یک نمونه در داده‌های تاریخی است تا در مرحله‌ی بعد آن را در مورد آینده ملاک‌قرار دهند. آینده‌نگری صرفاً مبتنی بر ارزش‌های تغییرپذیر گذشته و اشتباهات آینده‌نگری قبلی است. مثال‌های رایج روش تخمین عبارتند از:

مقایسه سری‌های زمانی مانند جمعیت‌شناسی؛ و تجزیه و تحلیل مسیر و جهت فناوری مبتنی بر مشاهداتاز فناوری‌هایی که به پیروی از یک فرآیند توسعه تصاعدی گرایش دارند. این تکنیک از داده‌های پیشرفت‌تولیه استفاده می‌کند تا میزان پیشرفت را تعیین کند و آن میزان را ملاکی برای ارزیابی سطح پیشرفت درمقاطع مختلف زمانی مربوط به آینده قرار دهد. نتایج به دست آمده از این روش معمولاً از کمیت بالایی برخوردار هستند. در عمل از این روش غالباً در زمینه پیشدستی دستاوردهایی از قبیل سرعت عملیات، تعیین سطح عملکرد، کاهش قیمت کیفیت ارتقاء یافته و کارایی عملیاتی استفاده می‌شود.

در حالت کلی، زمانی باید از روش پیش‌بینی استفاده کرد که اطلاعات قبلی پیرامون تغییرپذیری موضوع مورد نظر در دسترس باشد، امکان عرضه کمیت اطلاعات وجود داشته باشد، و اگر گذشته تا آینده ادامه یابد، انگاره منطقی بتواند الگوساز باشد.

تجزیه و تحلیل اهداف

این روش چارچوبی مهیا می‌سازد تا انگیزه‌ی سهامداران و نقش‌آفرینان را در محیط اطرافشان بیابند. روشم ذکور مراحل زیر را در برمی‌گیرد:

- ۱- افراد و سازمان‌هایی که در تصمیم‌گیری‌ها، مطالعات تحقیقاتی و برنامه‌های خاص سهیم هستند، شناسایی شوند؛
 - ۲- اهمیت فرد یا گروهی از افراد در رأس امور کلیدی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند؛
 - ۳- تاثیر نسبی و احتمالی آنها در پیشرفت‌ها را بررسی شود؛ و
 - ۴- تدابیر و اعمالی را که در سایه تحلیل فوق طرح می‌شوند مورد توسعه قرار گیرند.
- این روش در شرایطی مناسب است که در یک صنعت یا حوزه‌ی تحقیقاتی عوامل و افرادی کلیدی مطرح باشند که می‌توانند تا حدی محیط کارشان را شکل دهند و بر آن اثرگذار باشند.

دیده‌بانی

دیده‌بانی به معنای پایش مستمر تغییرات جهانی در زمینه‌های مختلف است. دیده‌بانی که یکی از ساده‌ترین و در حین حال موثرترین روش‌های آینده‌پژوهی است، نوعاً بر پایه بررسی نظام‌مند محتوای مطالب روزنامه‌ها، مجلات، پایگاه‌های اینترنتی و دیگر رسانه‌ها، به منظور کشف علامت‌های تغییرات صورت گرفته، انجام می‌شود. مأموریت اصلی این روش تضمین هوشیاری و جلوگیری از غافلگیری در برابر تغییرات محیطی است. دیده‌بانان به‌جای پایش رویدادها بر پایش روندها، به معنی تغییرات مستمر در طول زمان، تمرکز می‌کنند. رویدادها نمایانگر تغییراتی هستند که به سرعت اتفاق می‌افتند و به طور کلی برای درک آینده اهمیت‌چندانی ندارند. سیاستمداران، برنامه‌ریزان و به‌ویژه مدیران سازمان‌ها و شرکت‌ها که باید تبض تحول‌های جهانی را در دست داشته باشند، بیش از همه به داده‌ها و اطلاعات حاصل از دیده‌بانی نیاز دارند.

پایش، تحلیل و برونیابی روندها

روندها، الگوهای تغییر در چیزهای پراهمیت از دید مشاهده‌گر هستند که در طول زمان بوقوع می‌پیوندند. به عنوان یکی از اولین گامها در آینده‌پژوهی، پایش روندها به دنبال کشف روندهایی است که هم اکنون در جریان هستند. پایش روند بیانگر دنبال کردن روندهایی که در یک جامعه، صنعت یا بخش مشخص اهمیت ویژه دارند (مانند نرخ بیکاری یا رشد اقتصادی). این روش در حقیقت پیش‌بینی آینده از روی قرائن و شواهد تاریخی است که تغییرات یک داده در گذشته نشان می‌دهد.

منظور از تحلیل روند، مطالعه‌ی یک روند مشخص به منظور کشف ماهیت، علت‌های بروز، سرعت توسعه‌ی پیامدهای بالقوه‌ی آن است. تحلیل روندها باید بسیار دقیق صورت پذیرد، زیرا یک روند مشخص می‌تواند تاثیرهای بسیار متفاوتی بر

ابعاد گوناگون زندگی ما داشته باشد و از سوی دیگر شاید بسیاری از این تاثیرها در نگاه اول قابل کشف نباشد. تجزیه و تحلیل روندها بویژه برای سنجش کارایی سیاستگذاریها و نمایان ساختن مشکلات در حال ایجاد، مفید می باشد. در نهایت، برون یابی روندها، پیش بینی تغییرات آینده با رسم نمودار تغییرات روندها و استفاده از اطلاعات آماری و برون یابی نمودار بر پایه نرخ کنونی است. اگر اطلاعات آماری در دست باشد می توان تغییرات روندها را به صورت نموداری رسم کرد. آینده پژوهان با ادامه دادن نمودار، یعنی برون یابی آن، می کوشند تا بر پایه نرخ کنونی تغییر، آینده را پیش بینی کنند. البته باید توجه نمود که دقت این پیش بینی ها به ثابت بودن نرخ تغییر بستگی دارد. نقطه ضعف عمده این روش ها، ساده انگاری نهفته در آن است. در عمل، پیش بینی آینده به سادگی و با تعقیب روند گذشته یک داده بندرت امکان پذیر بوده است. این روش بیشتر برای مراقبت از داده هایی با تغییرات تدریجی مثل "اطلاعات و آمار نفوس" مناسب است.

روش های عمده شناسایی روندها عبارتند از:

↳ شناسایی رویدادهایی که علی رغم احتمال ناچیز وقوع، اثر بسیار شدیدی باقی می گذارند

↳ رصد منابع اطلاعاتی

↳ شناسایی پیشران ها

شبیه سازی

شبیه سازی با دریافت اطلاعات ورودی از پارامترهای محیطی و تولید نتایج مربوط، به کسب بینش از آینده کمک می کند. در شبیه سازی، پارامترهای محیطی در قالب یک مدل به نتایج آینده تبدیل می شوند. در مدل سازی، رویدادهایی که ممکن است در جهان آینده رخ دهند، به شیوه های گوناگونی تقلید و باز آفرینی می شوند و از این طریق درک بهتری نسبت به آنها به دست می آید. از شبیه سازی می توان در آینده پژوهی نظام ها و سامانه های پیچیده مانند اقتصاد یک کشور استفاده نمود. در این حالت، معادلات ریاضی و مدل سازی های کامپیوتری از آنها نتایج مربوط آینده را پدید می آورد.

تحلیل تاریخی

آینده پژوهان گاهی به منظور پیش بینی نتایج و پیامدهای آتی اتفاق های کنونی، حوادث تاریخی را مطالعه می کنند. تاریخ منبع الهام است و مطالعه تحلیلی آن می تواند برای پی بردن به رویدادهای احتمالی آینده درس آموز باشد. مطالعه ی تحلیل تاریخی، به طور ضمنی مبتنی بر این گزاره است که گاهی تاریخ تکرار می شود. اگر چنین گزاره هایی درست باشد -

که در بعضی موارد درست است- می توان یک یا چند موقعیت تاریخی مشابه را مقایسه کرد و از این رهگذر فهمید که سرانجام بعضی از وقایع چه خواهد شد.

پس‌نگری

پس‌نگری با تصور آینده مطلوب شروع می‌شود و سپس با تعیین قدم‌های لازم برای افزایش شانس رسیدن به آن آینده ادامه می‌یابد. این رویکرد تنها زمانی عملی است که اهداف آینده به روشنی و به دور از هر گونه‌ابهام تعیین شده باشند. در غیر این صورت و در جایی که تعدادی اهداف بالقوه متناقض وجود داشته باشند، بکارگیری متدولوژی سناریو ارجح است.

روش‌های نظرخواهی

در این روش با استفاده از گفتگو، مصاحبه و پرسشنامه، نظرات کارشناسان و افراد خبره نسبت به آینده جمع‌آوری شده و راجع به آنها نتیجه‌گیری صورت می‌گیرد. این نتیجه‌گیری می‌تواند بر پایه‌ی روش‌های مختلف استفاده از نظر خبرگان مانند دلفی، طوفان فکری و یا پنل خبرگی باشد.

روش دلفی فرایندی ساختار یافته برای جمع‌آوری و طبقه‌بندی دانش موجود در نزد گروهی از کارشناسان و خبرگان است که از طریق توزیع پرسشنامه‌هایی در بین این افراد و بازخورد کنترل شده پاسخ‌ها و نظرات دریافتی صورت می‌گیرد. معمولاً تحقیق دلفی با یک پرسشنامه که توسط یک تیم کوچک طراحی شده و به گروه بزرگ تری از متخصصان فرستاده می‌شود آغاز می‌شود. نتایج حاصل از نظرات این متخصصان توسط تحلیلگران جمع‌بندی و خلاصه‌سازی می‌گردد. پس از آن، گزارش خلاصه برای متخصصان فرستاده می‌شود. متخصصان اجازه دارند که پاسخ‌هایشان را بر اساس نتایج تغییر دهند و این نتایج دور دوم، مجدداً مورد ارزیابی محققان قرار می‌گیرد. بدین طریق در طول زمان و با پیشرفت کار، دیدگاه‌های مخاطبین باموضوع مطرح تطابق خواهد یافت. این فرایند ادامه می‌یابد تا اینکه اجماع در مورد نظرات حاصل شود یا مشخص شود که متخصصان به توافق نرسیده‌اند.

در کنار دلفی، روش طوفان فکری قرار می‌گیرد. در این روش، ایده‌های نو، از طریق تشکیل گروه‌های کوچک، با هدف تفکر خلاق درباره‌ی یک موضوع خاص - مثلاً مسئله‌ای که باید حل شود، فرصتی که باید از آن بهره‌گرفت، یا مسیری که باید در آن گام برداشت - تولید می‌شوند. قاعده‌ی کلیدی در طوفان فکری (هم‌اندیشی) این است که اعضای یک گروه، بدون هیچ‌گونه انتقاد یا موضع‌گیری، براساس ایده‌های دیگران در مورد یک موضوع خاص ایده‌پردازی می‌کنند. این روش برای شناسایی امکان‌ها، فرصت‌ها و ریسک‌ها بسیار مفید است. آینده‌پژوهان با استفاده از روش طوفان فکری به

مشتریان خود کمک می‌کنند تا افق ذهنی خود را گسترش داده و نوآوری مستمر و راهبردها درازمدت خود را ارتقاء دهند در نهایت در پیل خبرگی، دیدگاه‌های پیرامون آینده مبتنی بر قضاوت‌ها و عقایدیک گروه منتخب از کارشناسان است. این منتخبان متکی بر اطلاعاتی هستند که معتقدند بر موضوع موردنظر آنها تاثیرگذار خواهد بود و نتیجه گیری‌های آنها را به علم آینده‌پژوهی پیوند خواهد زد. در این روش، هیچ قالب منظمی به کارگرفته نمی‌شود و هرگز دو کارشناس به اطلاعات مشابه و به یک شیوه یکسان بسنده نمی‌کنند، ولی این روش در اکثر مواقع بینش‌های خوبی پیرامون آینده در اختیار قرار می‌دهد. شواهد تجربی و مباحث نظری نشان می‌دهند که ۵ تا ۲۰ متخصص باید در این مناظرات شرکت کنند. در شرایطی که مستلزم رسیدن سریع به به یک تصویر از آینده می‌باشند، احتمالاً آینده‌پژوهی‌های موشکافانه نامناسب تلقی شود و استفاده از پیل خبرگی مناسب.

سناریوپردازی

سناریو پیش بینی قطعی و دقیق جهان آینده‌ی نیست، بلکه توصیفی از رویدادهای ممکن و چندانگانه است که امکان وقوع آنها در آینده وجود دارد. به بیان دیگر، سناریوها آمیزه‌ای از پیش‌بینی‌های تخیلی و در عینحال واقع‌گرایانه از رخدادهای احتمالی آینده هستند. با استفاده از سناریوها می‌توان درباره آنچه که باید بعدها انجام شود، بطور جدی اندیشید. با توجه به این تعاریف، مهمترین هدف سناریوپردازی کشف موضوعات ممکن و مرتبط در رابطه با آینده است. آینده‌پژوهان برای توصیف رخدادهای احتمالی آینده از شیوه سناریوسازی استفاده می‌کنند.

در آینده‌پژوهی که به طور کلی مملو از عدم قطعیت است، سناریوها کاربرد ویژه و بسیار مهمی دارند. معمولاً چندین سناریو توسعه می‌یابند، به گونه‌ای که تصمیم‌گیران متوجه باشند که شاید برخی رویدادهای آینده سناریوی بسیار احتمالی را که مبنای برنامه‌ریزی آنها بوده از اعتبار ساقط کند.

مطالعات تطبیقی

مطالعات تطبیقی که از دیرباز در عرصه‌های پژوهش‌های اجتماعی به‌عنوان شیوه‌ای برای کشف رویکردها و تجربیات مشترک میان جوامع و سازمان‌های مختلف شناسایی می‌شده، جایگاه خود را در عرصه سیاست‌گذاری و آینده‌پژوهی نیز گشوده است. این شیوه برای ساختن چشم‌انداز و راهبرد در سطح ملتها و سازمان‌های متاخر مناسب است.

با توجه به موارد مطرح شده در رابطه با آینده‌پژوهی و روش‌های آن، در این بخش ابتدا به بررسی روند توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها می‌پردازیم و سپس روندهای احتمالی آتی را مورد تحلیل قرار می‌دهیم.

۳-۱- روند تغییرات فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

در سال‌های اولیه (۱۹۳۰-۱۹۸۰) سازندگان ترانسفورماتورها از هسته‌هایی با استیل با کربن کم استفاده می‌کردند که در آن‌ها عمر مفید هسته‌ها کم و تلفات آن‌ها زیاد بود و وزن بسیار سنگینی داشتند. در سال‌های ۱۹۶۰ از ورقه‌های استیل سیلیکونی با نورد گرم (بدون کریستال‌های جهت‌دار) استفاده شد. امروزه از این نوع هسته در مواقعی که جنبه اقتصادی آن اهمیت بیشتری داشته باشد استفاده می‌شود. در طی دهی ۱۹۷۰ از استیل سیلیکونی نورد سرد با کریستال‌های جهت‌دار CRGO^۲ استفاده می‌شد که این هسته دارای خواص مغناطیسی فوق‌العاده‌ای در جهت نورد شدن می‌باشد. مقدار سیلیکون در آلیاژ آن تا ۳٪ انتخاب می‌شود و از ورقه‌های استیل نورد سرد ساخته شده در ساختمان ترانس‌های قدرت به کار می‌رود. کل تلفات آهنی این ورقه‌ها در ماکزیمم چگالی فلوی ۱/۶ تسلا برابر ۱/۷ (وات بر کیلوگرم) است. در طی این سال‌ها خواص ورقه‌های سیلیکونی CRGO با ترکیبات اضافی مراحل ساخت، عملیات حرارتی و تشعشعات لیزری بهبود بخشیده، اما آزمایش‌ها بیانگر این واقعیت است که درصد بیشتر سیلیکون، سبب افزایش مقاومت و کاهش تلفات فوکو می‌شود، اما اگر سیلیکون از ۳/۵ درصد بیشتر باشد، ورقه‌ها شکننده می‌گردند. لذا در ساخت ورقه‌های استیل CRGO تجاری، از سیلیکون ۳٪ تا ۳/۲۵٪ استفاده می‌شود [۳۴]. به غیر از این تغییرات اعمال شده به هسته و سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور، استاندارد CENELEC سه تیپ مختلف هسته با نام‌های 'A'، 'B'، 'C' و همچنین سه تیپ مختلف سیم‌پیچ به نام‌های A، B و C را برای بررسی مقادیر مجاز تلفات بی‌باری و بارداری ترانسفورماتورهای روغنی مشخص کرده است [۳۵].

در همین سال‌ها (آوریل ۱۹۸۲) اولین ترانس با هسته آمورف توسط جنرال الکتریک آمریکا با ظرفیت ۲۵KVA ساخته شد. همچنین تجهیز مشابهی در وستینگ‌هاوس الکتریک ساخته شده و در جورجیا نصب شد. در سال ۱۹۸۳ موسسه تحقیقاتی برق در آمریکا قابلیت استفاده از ترانس‌های آمورف را از نقطه نظر اقتصادی مورد سنجش قرار داد. به منظور بررسی تاثیرات ترانسفورماتورهای با هسته آمورف بر کاهش تلفات شبکه برق، هزار واحد ۲۵KVA به عنوان پروژه پایلوت برای ۲ سال در آمریکا نصب شد. سپس از سال ۱۹۸۶ به صورت تجاری در دسترس شبکه‌های برق سراسر دنیا قرار گرفت. روند توسعه این فناوری در قاره آسیا با تولید ترانسفورماتورهای آمورف در بازه سال‌های ۱۹۹۱-۱۹۹۵ در ژاپن آغاز شد. در این سال‌ها حکومت

^۱- Cold Rolled Grain Oriented

^۲- WestingHouse Electric

هند هم به ساخت این نوع ترانسفورماتورها علاقه نشان داد و حتی استاندارد ملی برای استفاده از این ترانسفورماتورها در شبکه روستایی تدوین نمود. در سال‌های (۲۰۰۵-۱۹۹۶) تولیدکنندگان چینی، تایوانی و کره‌ای شروع به ساخت این ترانسفورماتورها کردند همچنین حکومت چین کمک مالی (مالیاتی) برای استفاده از آمورف در نظر گرفت و استاندارد ملی برای استفاده از این نوع ترانسفورماتورها تدوین کرد. حکومت هند نیز برنامه کاهش تلفات شبکه توزیع و انتقال گسترده‌ای را با استفاده از ترانسفورماتورهای آمورف شروع کرد. در بازه سال‌های (۲۰۱۰-۲۰۰۶) آمورف به عنوان یکی از اصلی‌ترین راه‌های کاهش تلفات در ایالات چین شناخته شد و ژاپن هم با تدوین استاندارد بهره‌وری انرژی برای ترانسفورماتور که با عنوان Top Runner Program شناخته می‌شود بازار ترانسفورماتورهای آمورف را گسترش داد. در این سال‌ها تولیدکنندگان فیلیپینی و ویتنامی شروع به ساخت ترانسفورماتورهای آمورف کردند. در همین زمان هند به نصب حدود ۳۵ میلیون KVA و چین به میزان ۷۰ میلیون KVA ترانسفورماتور آمورف پرداخته‌اند و چین سالانه حدود ۲۵ میلیون KVA افزایش ظرفیت نصب در نظر گرفته است [۳۶]. بعضی کشورهای اروپایی هم در سال ۲۰۱۱، تکنولوژی ترانس‌های آمورف را بهترین تکنولوژی در دسترس برای ترانس‌های توزیع می‌دانند.

فناوری ترانسفورماتورهای ابررسانای دما پایین (LTS) از سال ۱۹۸۰ توسط شرکت‌های ABB و GEC-Alstham در اروپا و شرکت‌های برق و دانشگاه‌های ژاپن انجام گرفت. پیشرفت در تولید هادی‌های طویل چند رشته‌ای از جنس Nb-Ti و مواد با ساختار ماتریسی Cu-Ni باعث کاهش تلفات AC شده است. پس از کشف ابررسانای دما بالا (HTS) در سال ۱۹۸۶، تحقیقاتی در جهت امکان عملی ساختن ترانسفورماتورهای HTS شروع شد. طبق برآوردهای اولیه، در صورت استفاده از این ترانسفورماتورها، بیش از ۳۵٪ نسبت به ترانسفورماتورهای معمولی، صرفه‌جویی می‌شد. اما با توجه به تلفات ناشناخته AC، این مقدار به طور دقیق قابل محاسبه نبود. در تحقیقاتی که در سال ۱۹۸۳ در آمریکا انجام شد، مشخص گردید که هزینه بهره‌برداری و تعمیرات لازم در طول عمر مفید ترانسفورماتورهای HTS به طور متوسط، نصف هزینه ترانسفورماتورهای معمولی است. بدین ترتیب در صورت استفاده از این ترانسفورماتورها در ایالات متحده تا سال ۲۰۳۰ مبلغ ۲۵ میلیارد دلار صرفه‌جویی خواهد شد. تحقیقات در سال ۱۹۹۴ نشان داد در صورت استفاده از ترانسفورماتورهای HTS در محدوده قدرت ۳۰ MVA تا ۱۵۰۰ MVA، صرفه‌جویی هزینه ۷۰٪ (نسبت به ترانسفورماتورهای معمولی) و کاهش وزن آن‌ها ۴۰٪ خواهد بود. در کشور ژاپن مزیت کوچک شدن فضای اشغال شده و وزن کم ترانسفورماتورها به عنوان مهمترین مزیت این نوع ترانسفورماتورها مطرح است. در اروپا، استفاده از این ترانسفورماتورهای کوچک HTS در قطارهای سریع‌السیر رو به افزایش است. پتانسیل و

کشش بازارهای جهانی برای ترانسفورماتورهای ابررسانا بیش از یک میلیارد دلار می‌باشد. در ایالات متحده و اروپا شرکت‌های برق سهم بزرگی در توسعه برنامه‌های ترانسفورماتورهای ابررسانا بر عهده دارند اما در کشور ژاپن، قسمت عمده کار بر عهده مراکز صنعتی و دانشگاهی بوده و حمایت آشکاری از طرف شرکت‌های برق دیده نمی‌شود.

از جمله مواد عایقی که سال‌ها در ترانسفورماتورها مورد استفاده قرار می‌گرفت می‌توان به آسکارل اشاره نمود که برای اولین بار در سال ۱۹۳۲ ساخته شد. این مایع شامل PCBها (پلی کلرینه بی فنیل) هستند که طی سال‌ها به عنوان ماده مضر برای محیط زیست شناخته شده‌اند. استفاده از این مواد تا میانه دهی ۷۰ میلادی ادامه داشت. پس از آن مایع سیلیکونی به عنوان جایگزین مناسب PCBها به صنعت ارائه شدند که از جمله خواص آن‌ها می‌توان به خاصیت عایقی بسیار بالا، ثبات حرارتی و خاصیت آنتی اکسیداتیو آن اشاره نمود. این مایع حدود بیش از ۲۰ سال در صنعت مورد استفاده قرار گرفت. جایگزین دومی که برای PCBها در نظر گرفته شده‌است هیدروکربن‌های دما بالا می‌باشد. هر دو این مواد به دلایل غیر زیست تخریب‌پذیر بودن و همچنین هزینه بالا فقط در تجهیزات خاص بکار می‌روند. در اوایل سال‌های ۱۹۸۰، مایعات استر (بیوتامپ‌ها بعنوان یک استر طبیعی)، به عنوان مواد عایقی با دمای نقطه آتش بالا و دوستدار محیط زیست به دنیا معرفی شدند اما به دلایل اقتصادی در ترانسفورماتورهای معمولی رایج نمی‌باشند [۳۷].

استفاده از تجهیزات الکترونیک قدرت در ترانسفورماتورهای توزیع در سال‌های اخیر رایج شده است (از سال ۱۹۹۵) و با پیشرفت فناوری تغییراتی در ساختار آن‌ها داده شده‌است. اخیراً نمونه‌های آزمایشگاهی از این قبیل ترانسفورماتورها ساخته شده‌اند، اما هزینه آن‌ها در مقایسه با ترانسفورماتورهای توزیع معمولی بیشتر و راندمان آن‌ها نیز کمتر بوده است. با این حال، پیش‌بینی می‌گردد که با کاهش قیمت و بهبود عملکرد المان‌های الکترونیک قدرت امکان ساخت ترانسفورماتورهای توزیع مبتنی بر فناوری الکترونیک قدرت که در مقایسه با ترانسفورماتورهای توزیع متداول اقتصادی‌تر باشد فراهم گردد، به ویژه اینکه این قبیل ترانسفورماتورها همانطور که ذکر گردید نسبت به ترانسفورماتورهای توزیع متداول دارای مزایای منحصر به فردی می‌باشند [۳۸].

۳-۲- آینده فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

ترانسفورماتورهای قدرت

در ترانسفورماتورهای قدرت، فناوری استفاده از هسته آمورف و فناوری استفاده از مبدل‌های الکترونیک قدرت قابل استفاده نبوده و همچنین در فناوری استفاده از استرهای طبیعی، به دلیل ویسکوزیته بیشتر روغن‌های صنعتی در مقایسه با استرها، استفاده از روغن‌های صنعتی به دلیل افزایش راندمان، پیشنهاد می‌گردد.

استرهای طبیعی با وجود مزایا و مناسبت بهتر با محیط زیست، اما به دلیل داشتن ویسکوزیته بیشتر نسبت به روغن صنعتی قادر به دسترسی به تمام نقاط برای خنک‌سازی نمی‌باشند.

فناوری استفاده از مواد ابررسانا از جمله فناوری‌های بسیار مطرح در ترانسفورماتورهای قدرت است. که با وجود گرانتر بودن ابررسانا، اما به دلیل کاهش تلفات و عدم نیاز به روغن و از جمله سالم ماندن محیط زیست، مقرون به صرفه می‌باشد.

این فناوری در کشور ایران نیز به صورت آزمایشی برای هر دو نوع ترانسفورماتور قدرت و توزیع ساخته شده و هنوز به مرحله تجاری سازی نرسیده است.

فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت به مفهوم ایجاد تغییراتی در ساخت ترانسفورماتور جهت کاهش تلفات، از جمله فناوری دیگر عنوان شده در بحث ترانسفورماتورهای قدرت است که قابلیت بومی سازی آن در کشور وجود دارد.

ترانسفورماتورهای توزیع

برای شناسایی روند آتی فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای توزیع می‌توان برنامه‌های آتی شرکت‌های پیشرو تولیدکننده ترانسفورماتور را مورد بررسی قرار داد. شرکت ای بی بی ۱ به عنوان یک شرکت پیشرو در استفاده از فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها، استفاده از فناوری‌های هسته آمورف و عایق خاص بیوتامپ را به عنوان راه حل کاهش تلفات ترانسفورماتورهای توزیع در آینده و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌های در نظر گرفته است.

^۱- ABB

همچنین شرکت آمریکایی واکشا الکترونیک سیستم، ترانسفورماتور با استر طبیعی را از جمله ترانسفورماتورهای خاص و کم تلفات می‌داند. ایرک و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله خود در بررسی صنعت ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات در اروپا به این موضوع اشاره می‌کنند که با توجه به عدم صرفه اقتصادی استفاده از فناوری ابررساناها در حال حاضر، اروپا باید از گزینه‌های دیگری نظیر فناوری استفاده از هسته‌های آمورف برای کاهش تلفات استفاده کند [۳۹].

با توجه به این که فناوری‌های استفاده از مواد ابررسانا و مبدل‌های الکترونیک قدرت هنوز در مرحله تحقیق و توسعه قرار دارد و تولید ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات با استفاده از این فناوری‌ها در حال حاضر مقرون به صرفه نیست، به نظر می‌رسد تمرکز شرکت‌های برتر تولیدکننده ترانسفورماتور در چند سال آینده بر روی بهبود فناوری استفاده از هسته آمورف، استفاده از روغن‌های گیاهی به عنوان عایق و کاهش ابعاد ترانسفورماتورهای توزیع باشد.

۴- نتیجه گیری

در گزارش مرحله دوم از مجموعه مستندات پروژه "تدوین مبانی سند توسعه فناوری‌های طراحی، ساخت و تدوین دانش فنی ترانسفورماتورهای با تلفات پایین"، در بخش اول ابتدا به شناسایی حوزه‌های فناوری‌های ترانسفورماتورهای کم تلفات پرداخت شد. سپس با بررسی منابع و استفاده از نظر خبرگان درخت فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها به دست آمد و ترسیم شد. در نهایت، هر یک از فناوری‌ها از منظر فنی مورد بررسی قرار گرفت. در بخش دوم این گزارش، ابتدا روند تغییرات فناوری‌های شناسایی شده توضیح داده شد و در انتها آینده فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها تحلیل شد.

منابع

- [۱]. «روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق - راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم»، پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲
- [2]. A.H. Al-Badi, A. Elmoudi, I. Metwally, A. Al-wahabi, A.-Ajmi, M. AlBulushi, "Lossess reduction in distribution transformers", procedding of the international multiconference of engineering and computer scientists, IMEC 2011, March 16-18, Hong kong.
- [۳]. علیمعانی، «مدیریت فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورهای توزیع»، سومین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران، ۱۳۹۲.
- [4]. T. R. Blackburn, " Distribution Transformers: Proposal to Increase MEPS Levels", Equipment Energy Efficiency Program, 2007.
- [۵]. محمد حسین امرالهی، «بررسی فنی و اقتصادی استفاده از ترانسفورماتورهای کم تلفات در شبکه های توزیع»، بیستمین کنفرانس بین‌المللی برق، تهران، ۱۳۸۴.
- [۶]. هوشنگ علیوردیلو، الهام امین نیا، « بررسی مواد آمورف مورد استفاده در هسته ترانسفورماتورهای توزیع»، ماهنامه صنعت برق، ۱۳۸۶.
- [7]. [Available] Online: http://www.unido.or.jp/en/technology_db/414/.
- [8]. N. Decristofaro, " Amorphous Metals in Electric Power Distribution Applications", MRS Bulletin, Volume 23, Number 5, 1998, P. 50-60.
- [9]. [Available] Online: http://www.amorphous-metal-transformer.com/-ufiles/-fck/file/Book%201_new_20110907.pdf
- [10]. [Available] Online: <http://epri.com>, "Amorphous metal transformer: Next Steps"
- [11]. Katsutoshi Ingaki, Masanao Kuwabara, Kohei Sato, Kazuyuki Fukui, Shin Nakajima, Daichi Azuma, "Amorphous transformer contribution to global environmental protection", Hitachi Review, Vol. 60, No. 5, pp. 250-256, 2011
- [12]. Mohamed Mostafa Saied, "Feasibility of using magnetic amorphous metals as core materials in power transformers", Electric Machines and Power Systems, Vol. 12, Issue 4-5, pp. 325-341
- [13]. Eliasson, A.; Elvfing, H.; Ramanan, V.R., "Amorphous Metal core material shows economic and environmental benefits when pre-existing transformers are to be replaced

- within Vattenfall Group's distribution network," Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe), 2010 IEEE PES , vol., no., pp.1,7, 11-13 Oct. 2010.
- [14]. Georgilakis, P.S.; Amoiralis, E.I., "Distribution transformer cost evaluation methodology incorporating environmental cost," Generation, Transmission & Distribution, IET , vol.4, no.7, pp.861,872, July 2010.
- [15]. A.P. Malozemoff et al, "Progress in HTS coated conductors and their applications", American Superconductor Corp, March 2007.
- [16]. [Available] Online: <http://copper.org.sg>, ICASEA Publications, "Technical study report- Energy Efficiency Transformers".
- [17]. B. Dheeraj Reddy et al, "Techno-Commercial aspects of superconducting transformers- a case study", Vol. 1, Issue 5, march 2013.
- [18]. [Available] Online: <http://itri.loyola.edu>
- [19]. Sam P. Metha et al, "Transforming Transformers", IEEE spectrum, July 1997.
- [20]. Joseph Mullholland et al, "Analysis of future prices and markets for high temperature superconductors", U.S. Department of Energy, September 2001.
- [21]. D.F. Lee et al, "ORNL superconducting technology program for electric power system", office of electricity delivery and energy reliability, U.S. Department of Energy, Annual report for FY 2006, September 2007.
- [22]. A.C Wilson M., "Insulating Liquids: Their Uses ,Manufacture and Properties." Stevenage, U.K :Peregrinus, 1980.
- [23]. [Available] Online: <http://www.abb.com/transformers>
- [24]. [Available] Online: <http://-www.nortrafo.no/-lastned.asp?Filnavn=biotem--pcoldstartprocedure-.pdf>
- [25]. [Available]Online: <http://www.clearcoproducts.com/pdf/library/Silicone-Transformer-Fluid.pdf>
- [26]. Vishal et al, "Transformer's history and its insulating oil", proceeding of the 5th national conference; INDIAcom-2011, computing for nation development, march 10-11, 2011.
- [27]. B.T. Kaylan, P.Ram Prasad, "Anlysis and design of power electronic transformer based power quality improvement", IOSR Journal of electrical and electronics engineering, Vol. 5, Issue 1, PP. 61-69, March-april 2013.

- [28]. R. Hooshmand, M. Ataei and M. H. Rezaei "Improving the dynamic performance of distribution electronic power transformers using sliding mode control", Journal of power electronics, Vol. 12, No.1, January 2012.
- [29]. "Proof of the principle of the solid-state transformer and the AC/AC switch mode regulator," San Jose State Univ., San Jose, CA, EPRI TR-105 067, 1995.
- [30]. W. McMurray, "Power converter circuits having a high-frequency link," U.S. Patent 3 517 300, June 23, 1970.
- [31]. M. Kang, P. N. Enjeti, and I. J. Pitel, "Analysis and design of electronic transformers for electric power distribution system," in Proc. IEEE Industry Applicat. Soc. Annu. Meet., Oct. 1997.
- [32]. H. Iman-Eini, Sh. Farhangi, "Analysis and Design of Power Electronic Transformer for Medium Voltage Levels," in proc. IEEE PESC conf., pp. 843- 847, June 2006.
- [33]. E.R. Ronan, S.D. Sudhoff, S.F. Glover, and D.L. Galloway, "A power electronic-based distribution transformer," IEEE Trans. Power Delivery., vol.17, pp. 537 – 543, April 2002.
- [34]. [Available]Online: vde.com, "Transformer technology state of the art and trends of future development".
- [35]. Cenelec HD 428.1 S1 (1992), "Three phase oil immersed distribution transformers 50 hz from 50 to 2500 kva with highest voltage for equipment not exceeding 36 kv."
- [36]. [Available]Online:http://www.amorphous-metal-transformer.com/ufiles-/fck/file/-/Book%201_new_20110907.pdf
- [37]. Vishal et al, "Transformer's History and its Insulating Oil", Proceeding of the 5th national conference, Indiacom-2011, computing for nation development, march 10-11, 2011.
- [38]. B. T. Kaylan, P. Ram Prasad, "Analysis and design of power electronic transformer based power quality improvement", IOSR Journal of electrical and electronics engineering (IOSR-JEEE), Vol. 5, Issue 1, pp. 61-69, March-April 2013.
- [39]. [Available]Online:http://www.eceee.org/library/--conference_proceedings-/ecee_Summer_Studies/-/2009/Panel_5/-/5.045/paper

فهرست مطالب

۱- مقدمه.....	۱
۲- چارچوب نظری تدوین سیاستها و اقدامات سند توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات.....	۱
۲-۱- کارکردها در نظام نوآوری فناورانه.....	۲
۲-۲- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه.....	۱۲
۲-۲-۱- بازیگران.....	۱۲
۲-۲-۲- نهادها.....	۱۴
۲-۲-۳- زیرساخت.....	۱۵
۲-۲-۴- روابط و شبکهها.....	۱۵
۳- فرایند تدوین سیاستها و اقدامات توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات.....	۱۸
۳-۱- فرایند تدوین سیاستها و اقدامات.....	۱۸
۳-۱-۱- شناسایی وضعیت موجود توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین.....	۲۰
۳-۱-۲- بازیگران نظام توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین.....	۲۰
۳-۱-۳- شناسایی مرحله توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین.....	۲۱
۳-۱-۴- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین.....	۲۳
۳-۱-۵- شناسایی چالشها و موانع توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین و تدوین سیاستها و اقدامات.....	۲۵
۲۵-.....	
۴- سیاستها و اقدامات مورد نیاز برای توسعه فناوری کاهش تلفات در ترانسفورماتورها.....	۳۶
منابع.....	۴۰

فهرست اشکال

- شکل (۳-۴): نمایش مسیر توسعه‌ی بازار تکنولوژی ۹
- شکل ۳-۱- فرایند تدوین سیاست ها و اقدامات غیرفنی توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین ۱۹
- شکل ۳-۳- مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای ۲۴

فهرست جداول

- جدول ۱-۲- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه ۱۷
- جدول ۲-۲- اهداف بررسی مشکلات سیستمی ۱۸
- جدول ۱-۳- بازیگران توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین ۲۰
- جدول ۲-۳- شاخص‌های شناسایی مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه ۲۱
- جدول ۳-۳- ویژگی مراحل توسعه به تفکیک عناصر ساختاری برای تعیین مرحله‌ی نظام نوآوری فناورانه ۲۳

۱- مقدمه

در مرحله چهارم طرح «تدوین سند راهبردی توسعه ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات»، سیاست‌ها و اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم انداز، اهداف و راهبردها مشخص می‌گردد. این سیاست‌ها و اقدامات برای رفع مشکلات موجود در ابعاد توسعه و انتشار دانش، فعالیت‌های کارآفرینی، شکل دهی به بازار، تأمین منابع مالی، انسانی و مواد، مشروعیت بخشی و جهت دهی به سیستم در حوزه توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات تعیین می‌شود [۱]. ورودی لازم برای تعیین سیاست‌ها و اقدامات غیرفنی، چالش‌ها و مشکلات موجود در هر یک از این ابعاد است که با کمک کارشناسان و خبرگان در حوزه ترانسفورماتورهای کم تلفات استخراج می‌شود. به علاوه در کارکرد توسعه دانش، اقدامات فنی نیز ارائه خواهند شد که ورودی آن‌ها راهبردهای ارائه شده در گزارش مرحله سوم می‌باشد.

ساختار این گزارش به این صورت است. در بخش اول درباره مبانی نظری تدوین اقدامات و سیاست‌ها در ادبیات سیاستگذاری فناوری صحبت می‌شود. سپس فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات سند توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات مورد بحث قرار می‌گیرد. در نهایت، سیاست‌ها و اقدامات تدوین شده برای رفع مشکلات توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات ارائه خواهد شد.

۲- چارچوب نظری تدوین سیاست‌ها و اقدامات سند توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات

مبنای تدوین این سیاست‌ها و اقدامات در این سند نظام نوآوری فناورانه (TIS) است. بنا بر تعریف کارلسون و استانکیویکز نظام فناورانه عبارت است از: «شبکه‌ای پویا از عاملان^۱ که در یک ناحیه‌ی اقتصادی/صنعتی تحت زیرساخت‌های نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهیم هستند»

نقطه آغاز تحلیل یک نظام فناورانه نوآوری بر یک منطقه جغرافیایی یا بخش صنعتی متمرکز نیست، بلکه بر یک تکنولوژی یا یک زمینه فناورانه متمرکز است. هدف بیشتر مطالعات نظام‌های نوآوری فناورانه، تحلیل و ارزیابی توسعه یک نوآوری فناورانه خاص در قالب ساختار یا فرآیندهای پشتیبان (یا مخرب) آن است. از این منظر، می‌توان به این رویکرد به‌عنوان یک گونه‌ی خردنگر^۲ از مفهوم نظام‌های بخشی نوآوری نگریست. رویکرد نظام نوآوری فناورانه دارای مشخصه‌های عمومی رویکردهای نظام نوآوری است. با این وجود، دو مشخصه، این رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اولین مشخصه، تأکید رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر نقش شایستگی اقتصادی، توانایی توسعه و استفاده از فرصت‌های جدید کسب و کار به‌عنوان جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه می‌باشد. این رویکرد بر کافی نبودن تحریک جریان‌های دانش برای وقوع تغییرات فناورانه و عملکرد

¹ - Agents

² - Micro oriented

اقتصادی تأکید می‌کند. تحریک جریان‌های دانش برای تحریک فعالانه دانش‌های موجود به منظور ایجاد فرصت‌های جدید کسب و کار، لازم است. این جنبه رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر اهمیت اشخاص به عنوان منابع نوآوری تأکید می‌کند. این موضوع توسط رویکردهای کل نگر^۱ نظام نوآوری مغفول واقع گردیده است. تمرکز بر فعالیت‌های کارآفرینانه، مکمل تأکید بر جریان‌های دانش است. مشخصه دوم متمایز کننده مطالعات مربوط به نظام نوآوری فناورانه از رویکردهای دیگر، تمرکز زیاد آن بر پویایی سیستم است. تمرکز بر اقدام کارآفرینانه، پژوهشگران حوزه نظام فناورانه نوآوری را تشویق به نگرستن به آن به عنوان چیزی کرده است که در طول زمان ایجاد می‌گردد.

۲-۱- کارکردها در نظام نوآوری فناورانه

هدف هر نظام نوآوری از جمله نظام نوآوری فناورانه، تحقق اهداف فرایند نوآوری است. این اهداف شامل خلق، انتشار و بهره‌برداری از فناوری است که در قالب توسعه‌ی فناورانه، به ظهور می‌رسد. حال دسته‌های مختلف فعالیت‌هایی که بر توسعه فناوری اثر می‌گذارند، کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نام می‌گیرند. کارکردها، فرایندهایی هستند که وجود آن‌ها در شکل‌گیری یک نظام نوآوری فناورانه ضروری است. هر یک از این کارکردها، می‌تواند از طریق فعالیت‌های گوناگون محقق شوند. در راستای شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه برای یک فناوری، ۷ کارکرد گوناگون باید محقق گردد. از طرفی، این کارکردها بر یکدیگر اثرگذار هستند و می‌توانند منجر به تقویت و یا تضعیف یکدیگر شوند. در نتیجه چنین تعاملاتی میان کارکردها، حلقه‌های علی و معلولی متفاوتی قابل شناسایی هستند. بنابراین، در ادامه به معرفی کارکردها و چگونگی اثرگذاری آن‌ها بر یکدیگر پرداخته خواهد شد.

از آنجایی که تنها با تحلیل ساختاری نظام‌های فنی-اجتماعی نمی‌توان تغییرات فناورانه را تحلیل کرد، این رویکرد می‌بایست فراهم آورنده چارچوبی برای تحلیل فرایندی نظام‌های فنی-اجتماعی باشد. بدین منظور، محققان مختلف به تعریف کارکردهای نظام نوآوری پرداخته‌اند.

اولین بار جانسون در سال ۲۰۰۱ شش کارکرد را پیشنهاد نمود. در سال ۲۰۰۷ هکرت این ۶ کارکرد را به صورت عملیاتی تست کرد و در نهایت ۷ کارکرد زیر را پیشنهاد نمود:

☞ فناوری‌های کار آفرینی

☞ توسعه دانش

☞ انتشار دانش

☞ جهت‌دهی به سیستم

¹ - Macro oriented

◀ شکل‌دهی به بازار

◀ تأمین و تسهیل منابع

◀ مقبولیت بخشی

در سال ۲۰۰۸ برگگ نیز ۷ کارکرد را با تغییراتی بسیار کوچک نسبت به کارکردهای معرفی شده توسط هکرت پیشنهاد نمود که در ادامه به توضیح آن پرداخته می‌شود [۳].

● فعالیت‌های کارآفرینی

کارآفرینان از بازیگران کلیدی در نظام‌های نوآوری به‌شمار می‌روند. فعالیت‌های کارآفرینی را نیز می‌توان در قالب یکی از فرایندهای اصلی نظام نوآوری جای داد. فعالیت کارآفرینی عبارتست از تبدیل دانش فنی موجود به کسب و کارهای جدید. این کار از طریق انجام پروژه‌های اجرایی انجام می‌شود. بنابراین، از لازمه‌های انجام فعالیت کارآفرینی، وجود دانش فنی است. نکته قابل بیان آن است که هر بازیگری (شامل هر بازیگری در بخش خصوصی یا عمومی و یا بازیگران دولتی، دانشگاهی و یا صنعتی) که به انجام فعالیت‌های کارآفرینی مبادرت ورزد، در آن مقطع خاص به‌عنوان کارآفرین شناخته می‌شود. بنابراین، در برخی موارد، حتی دولت‌ها نیز می‌توانند در نقش کارآفرین ظاهر شوند. به‌طور کلی می‌توان دو زیرکارکرد را برای فعالیت‌های کارآفرینی متصور شد: ایجاد فرصت‌های کاری جدید و شناساندن فرصت‌های کاری جدید. در ایجاد فرصت‌های کاری جدید، کسب سود به‌طور مستقیم مورد هدف قرار می‌گیرد؛ درحالی که در شناساندن فرصت‌های کاری جدید، ایجاد مشروعیت برای آن محصول یا خدمت (و در سطحی بالاتر برای تکنولوژی) هدف اصلی فعالیت است. در این حالت، با ایجاد مشروعیت برای محصول یا خدمت ارائه شده، زمینه‌ای برای کسب سود فراهم می‌شود.

می‌توان گفت که فعالیت‌های کارآفرینی شامل تلاش‌هایی است که بطور مستقیم به تجاری‌سازی محصولات و خدمات ارائه شده بر پایه دانش فنی موجود می‌پردازند. درحقیقت، این فعالیت است که یک نظام نوآوری را از یک نظام تحقیقات متمایز می‌سازد. لازم به ذکر است که انجام فعالیت‌های کارآفرینی می‌تواند منجر به شکل‌گیری دانش‌های جدید از تکنولوژی موجود گردد. بنابراین، از یک سو توسعه دانش لازمه انجام فعالیت‌های کارآفرینانه است و از سوی دیگر، فعالیت‌های کارآفرینانه با افزایش دانش فنی در رابطه با تکنولوژی همراه است.

کارآفرینان را می‌توان از منظر سابقه آن‌ها در انجام فعالیت‌های کارآفرینی به دو دسته تقسیم کرد: دسته اول کارآفرینان شرکت‌هایی هستند که به تکنولوژی جدید به‌مثابه فرصتی برای ورود به کسب و کار و استفاده از بازارهای موجود در حوزه تکنولوژی نوظهور می‌نگرند. دسته دوم کارآفرینان نیز شرکت‌هایی را شامل می‌شوند که پیش از ظهور تکنولوژی در بخش‌های دیگر مشغول به کار بوده‌اند. این دسته از کارآفرینان به تکنولوژی نوظهور به‌چشم یک فرصت جدید برای تنوع

بخشی به سبب کاری خود و استفاده از مزایای آن می‌نگرند. برخی از محققان بر این باورند که حضور پررنگ‌تر کارآفرینان دسته دوم در نظام‌های نوآوری از اثربخشی بیشتری برخوردار است.

در ادبیات، نمونه‌هایی از فعالیت‌های مربوط به این کارکرد برشمرده شده‌اند:

- ☞ سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر صورت‌پذیرفته (پروژه‌های انجام شده) در تجاری‌سازی تکنولوژی
- ☞ ورود شرکت‌های نوآور در عرصه تجاری‌سازی تکنولوژی
- ☞ تأسیس شرکت‌های نوپا
- ☞ ورود شرکت‌های موجود در حوزه‌های دیگر به حوزه تکنولوژی
- ☞ ارائه محصولات و خدمات جدید در زمینه تکنولوژی
- ☞ فعالیت‌های انجام شده با هدف نمایش و توجیه‌پذیر ساختن تکنولوژی
- ☞ برگزاری نمایشگاه تکنولوژی
- ☞ انجام پروژه‌های نمایشی

☞ خلق دانش

کارکرد خلق دانش، دربرگیرنده تمامی فعالیت‌هایی است که می‌توان در فرایند یادگیری^۱ قرار داد. بدیهی است که این کارکرد در قلب فرایند نوآوری و در نتیجه در قلب یک نظام نوآوری جای دارد. بنابراین، تحقق این کارکرد پیش‌نیاز توسعه نظام نوآوری فناورانه تلقی می‌گردد و جزء کارکردهایی است که می‌بایست پیش از کارکردهای دیگر محقق گردد. این یادگیری در رابطه با موضوعات مختلف مانند دانش فنی تکنولوژی نوظهور، بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کنندگان صادق است. با این وجود، تأکید بیشتری در رابطه با یادگیری دانش فنی تکنولوژی نوظهور وجود دارد. از این منظر (موضوع مورد تمرکز) می‌توان کارکرد خلق دانش را به دو دسته تقسیم کرد: خلق دانش فنی و خلق دانش غیرفنی.

این فرایند یادگیری، به اقسام گوناگونی می‌تواند واقع شود. از مهم‌ترین انواع یادگیری رخ داده در راستای تحقق این کارکرد، یادگیری در حین جستجو^۲ (یادگیری کتابخانه‌ای) و یادگیری در حین انجام کار^۳، یادگیری در حین تعامل^۴ و یادگیری در حین استفاده^۵ می‌باشد. البته می‌بایست به این موضوع توجه داشت که یادگیری در حین تعامل در صورت وقوع به این شکل در قالب این کارکرد قرار می‌گیرد؛ تعامل موجود بین بازیگران موجود در سیستم در حالتی که هیچ یک از

برخی از محققان این کارکرد را کارکرد یادگیری نام نهاده‌اند.^۱

۲- Learning by searching

۳- Learning by doing

۴- Learning by interacting

۵- Learning by using

آنان دانش مورد نظر را ندارد (همگی آن‌ها برای رسیدن به یک دانش مشترک با یکدیگر تعامل دارند و بین آن‌ها جریان دانشی قابل توجهی وجود ندارد)؛ تعامل موجود بین بازیگران موجود در سیستم با بازیگران خارج از سیستم که دانش از بازیگر خارجی به بازیگر داخلی جریان می‌یابد.

می‌توان برای دانش موجود در سیستم، سطوح مختلفی را متصور شد. این سطوح عبارتند از سطح بنگاه، صنعت و جامعه. دانش موجود در سطح بنگاه عبارتست از دانشی که مختص بنگاه‌ها بوده و برای دستیابی به آن می‌بایست آن را درون بنگاه‌ها جستجو کرد. این دانش (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش فنی است) در رابطه با محصولات و فرایند تولید آن‌ها در حیطه تخصصی بنگاه‌ها است و معمولاً بنگاه‌ها حاضر به تسهیم آن با سایر بنگاه‌ها نمی‌شوند. دانش موجود در سطح صنعت (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش غیرفنی است) متعلق به بنگاه خاصی نیست و حاصل از پارادایم موجود در سطح صنعت می‌باشد. برای دستیابی به دانش موجود در سطح یک صنعت می‌بایست وارد صنعت مورد نظر شد. دانش موجود در سطح جامعه نیز همچون دانش موجود در سطح صنعت متعلق به مجموعه‌ای از بازیگران موجود در آن جامعه است. برای اکتساب این نوع از دانش نیز می‌بایست وارد جامعه مورد نظر شد.

از طریق ارزیابی شاخص‌ها و رخدادهای زیر می‌توان میزان برآوردن این کارکرد را بررسی کرد:

☞ تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه تکنولوژی

☞ تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه تکنولوژی

☞ تعداد و اندازه‌ی نهادهای تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی

☞ تعداد و اندازه‌ی مطالعات علمی و فنی صورت گرفته درباره تکنولوژی

☞ تعداد تست‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی تکنولوژی

☞ تعداد انجام آزمایش و پیاده‌سازی تکنولوژی در ناحیه‌ای از محیط به‌جای محدوده گسترده‌تر (پایلوت)^۱

☞ تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از تکنولوژی (پروتوتایپ)^۲

انتشار دانش

کارکرد انتشار دانش دربرگیرنده مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف تسهیم^۳ و به اشتراک‌گذاری^۴ دانش^۱ و اطلاعات در میان بازیگران مختلف موجود در سیستم است. یک عامل ساختاری ضروری برای تحقق انتشار دانش، شبکه است. یکی از

^۱- Pilot

^۲- Prototype

^۳- Dissemination

^۴- Sharing

ویژگی‌های مهم نظام نوآوری فناورانه، وجود شبکه در ساختار آن است. مهم‌ترین نقشی که یک شبکه قادر به برآوردن آن است، فراهم‌آوری بستری برای ایجاد جریان دانش و اطلاعات در بین بازیگران موجود در سیستم است. دو نوع از شبکه‌ها را می‌توان متصور بود: شبکه‌های نرم و شبکه‌های سخت. در شبکه‌های نرم، لزوماً دانش موجود در منبع دانشی (بازیگر برخوردار از دانش) به بازیگر خواهان دانش به صورت کامل منتقل نمی‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه عبارتند از کنفرانس‌ها، همایش‌ها، کارگاه‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی مشترک بین بازیگران موجود در نظام. از این پس، این نوع از انتشار دانش، تسهیم دانش نامیده می‌شود. در شبکه‌های سخت، دانش موجود در منبع دانشی توسط بازیگر خواهان آن دریافت می‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه‌ها عبارتند از اتحادهای استراتژیک، هاب‌های تکنولوژی و سرمایه‌گذاری‌های مشترک^۲. این نوع از انتشار دانش، به اشتراک‌گذاری دانش نامیده می‌شود.

نمونه‌ای از رخدادهای شاخص‌های نشانگر تحقق این کارکرد عبارتند از:

تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)

میزان جابجایی نیروهای تحصیلکرده دانشگاهی با محوریت تکنولوژی

کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی، پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران، سرمایه‌گذاری‌های مشترک صورت

پذیرفته با موضوع تکنولوژی

تعداد و اندازه شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه

جهت‌دهی به سیستم

کارکرد جهت‌دهی به سیستم متشکل از فعالیت‌هایی است که به‌گزینه‌ها و محدود کردن گزینه‌های موجود در رابطه با تکنولوژی، کاربرد آن‌ها و بازارشان در سطوح مختلف می‌پردازد. این سطوح عبارتند از سطح فراسیستم^۳ و سطوح کلان^۴ و خرد سیستم^۵. این فعالیت‌ها به‌منظور همگرا ساختن تلاش‌های انجام گرفته در توسعه تکنولوژی انجام می‌شوند. می‌توان این فرایند گزینشی را دربرگیرنده شناسایی فرصت‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه دانست. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که به‌علت وجود محدودیت در منابع در دسترس، از میان گزینه‌های مختلف موجود باید دست به انتخاب زد

^۱ - همان‌طور که کارکرد خلق دانش مشتمل بر خلق دانش فنی و غیرفنی است، کارکرد انتشار دانش نیز قابل تقسیم به انتشار دانش فنی و انتشار دانش غیرفنی می‌باشد.

^۲ - Joint venture

^۳ یاد می‌شود. Landscape - منظور از فراسیستم، سیستمی است که سیستم مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. در ادبیات از این فراسیستم با نام

^۴ - سطوح کلان سیستم مشتمل بر سطوحی است که نسبتاً در طول زمان پایدار هستند و با توسعه‌ی تکنولوژی تغییرات اندکی در آن‌ها حاصل می‌شود. این

می‌نامند. Regime سطوح را

^۵ می‌نامند. Niche - این مجموعه از سطوح متأثر از تغییرات فراوانی هستند و به‌شدت متلاطم می‌باشند. در ادبیات این سطوح را

و بر آن تمرکز نمود. بدون انجام این مرحله، نیاز و انتظارات بازیگران از روند توسعه ناشناخته باقی مانده و منابع در دامنه وسیعی از گزینه‌های کاربردی و فناورانه پراکنده شده و به هدر می‌رود. در نتیجه، تعداد قابل توجهی از گزینه‌های توسعه با وجود صرف منبع برایشان، ناموفق باقی می‌مانند. برای جلوگیری از وقوع این رخداد، کارکرد جهت‌دهی به سیستم در روند توسعه فناورانه تعریف می‌گردد.

می‌توان فعالیت‌های انجام شده‌ی مربوط به این کارکرد را به سه دسته تقسیم کرد: تنظیمی^۱، شناختی^۲ و هنجاری^۳. در حقیقت، فعالیت‌های رخ داده در این کارکرد منجر به ایجاد، تغییر و یا از میان برداشتن نهادهای موجود در سیستم می‌شود. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که برخی از رخدادها می‌توانند انتظارات را نسبت به برخی گزینه‌های پیش‌رو افزایش دهند (شناختی). برای مثال، عملکرد خوب یک گزینه‌ی تکنولوژی منجر به افزایش انتظارات از آن گزینه می‌گردد. با افزایش انتظارات نسبت به آن گزینه، اولویت آن گزینه در اذهان بالاتر می‌رود. این رخداد به معنای تغییر در شناخت‌های پیشین و ایجاد شناخت جدید نسبت به گزینه‌های موجود است. برخی دیگر از رخدادها می‌توانند منجر به تغییر در هنجارهای موجود شوند. برای مثال، وقوع یک رخداد طبیعی ممکن است منجر به افزایش ارزش انواع خاصی از تکنولوژی‌های تولید انرژی (مانند انرژی‌های تجدیدپذیر) گردد. با افزایش ارزش این نوع از تکنولوژی‌ها، پارادایم جدیدی در نظام موجود شکل می‌گیرد. در پارادایم جدید، هنجارهای جدیدی مطرح می‌شوند (گونه‌ی هنجاری جهت‌دهی به سیستم). ممکن است در نتیجه وقوع رخدادهای اثرگذار بر شناخت‌ها و هنجارهای سیستم، قوانین، مقررات، استانداردها، توافق‌نامه‌ها و به‌طور کلی، تصمیمات جدیدی (تنظیمی) اتخاذ گردند. اتخاذ این تصمیمات نیز می‌توانند منجر به هدایت سیستم به سوی گزینه‌های خاص شود.

نمونه‌های از رخدادهای مربوط به این کارکرد در ادامه آورده شده‌اند:

◀ وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه تکنولوژی و یا موارد دیگر که بر تکنولوژی اثرگذارند

◀ 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)

¹- Regulative

²- Cognitive

³- Normative

- ☞ شکل‌گیری انتظاراتی درباره‌ی آینده تکنولوژی
 - ☞ هدف‌گذاری‌های انجام شده در سیاست‌گذاری‌های تکنولوژی
 - ☞ قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی
 - ☞ تدوین استانداردها
 - ☞ بروز نتایج مثبت از تحقیقات انجام شده در زمینه تکنولوژی
 - ☞ شناسایی مشکلات، فرصت‌ها و تهدیدهای موجود در رابطه با تکنولوژی (در طول زنجیره ارزش آن)
- ☞ شکل دهی به بازار

مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف رقابت‌پذیر ساختن تکنولوژی نوظهور نسبت به تکنولوژی‌های موجود در عرصه بازار در طول تحقق این کارکرد قرار می‌گیرند. نباید انتظار داشت که تکنولوژی‌های نوظهور، توانایی رقابت با تکنولوژی‌های موجود را داشته باشند. بنابراین نیاز است تا با هدف حمایت از نوآوری، شرایطی قابل رقابت در بازار برای تکنولوژی نوظهور پدید آورد. در واقع می‌بایست با انجام مجموعه‌ای از فعالیت‌ها، برای رقابت تکنولوژی نوظهور با سایر تکنولوژی‌ها محیطی کنترل شده پدید آورد. نوع فعالیت‌ها و هدف میان مدت آن‌ها در طول دوره تکامل تکنولوژی نوظهور متغیر است. به بیان دیگر، با توسعه تکنولوژی و افزایش قابلیت‌های آن، نوع فعالیت‌های مربوط به تکنولوژی و هدف آن‌ها برای توسعه استفاده از آن در بازار نسبت به دیگر تکنولوژی‌ها تغییر می‌کند.

درحقیقت، یک تکنولوژی نوظهور در مسیر رشد و توسعه خود نیازمند دستیابی به قابلیت‌هایی است که به واسطه آن‌ها بتواند در بازار نفوذ کرده و به‌سوی بلوغ خود حرکت نماید. شکل‌گیری بازار هر تکنولوژی نوظهور با پیدایش سه قابلیت، قابلیت‌های فنی^۱، قابلیت‌های اقتصادی^۲ و قابلیت‌های بازار^۳ در آن تکنولوژی همراه خواهد بود. به عبارت دیگر، شکل‌گیری بازار تکنولوژی در قالب دستیابی به این سه قابلیت تجلی پیدا می‌نماید. با دستیابی به هر قابلیت، توانایی‌هایی از ابعاد گوناگون در تکنولوژی ایجاد می‌گردد و زمینه را برای نفوذ تکنولوژی در بازار آماده می‌کند. در این جا مناسب است تا منظور از هر دسته از قابلیت‌ها که پیش‌نیازی برای ورود تکنولوژی به بازار است روشن گردد:

قابلیت‌های فنی اشاره به قابلیت‌هایی داشته که یک تکنولوژی با دارا بودن آن‌ها می‌تواند از لحاظ فناورانه، ممکن تلقی شود. به عبارت دیگر، زمانی که یک تکنولوژی از قابلیت فنی برخوردار باشد، دسترسی به زیرتکنولوژی‌های لازم برای تولید آن ممکن بوده، مواد اولیه و تجهیزات مکمل موردنیاز موجود می‌باشد، دانش کافی برای انتقال تکنولوژی در اختیار است،

^۱- Technological Potential

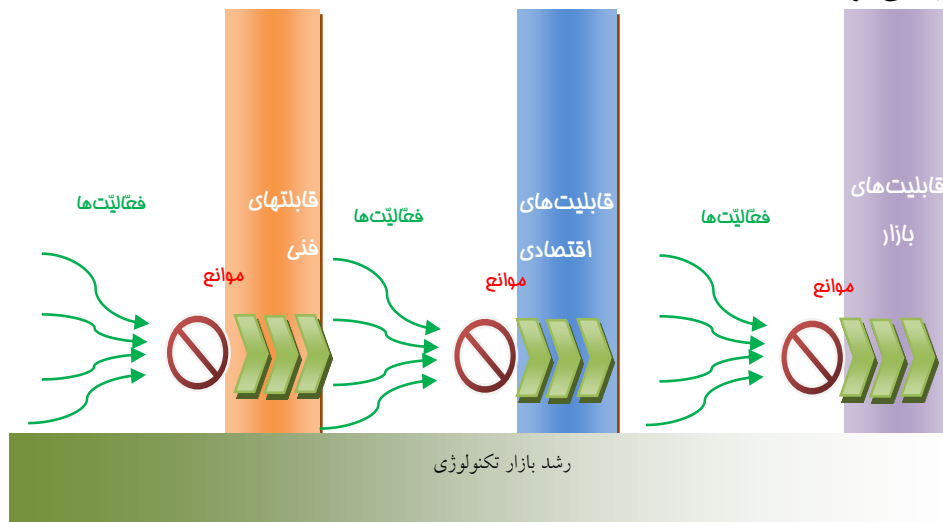
^۲- Economical Potential

^۳- Market Potential

کلیه اجزای فنی آن با یکدیگر سازگاری داشته (هماهنگی میان اجزا)، تکنولوژی به خروجی قابل قبول خود دست یافته (تکنولوژی درست عمل می‌کند) و در نهایت تکنولوژی از قابلیت اطمینان^۱ بالایی برخوردار می‌باشد. بنابراین، با دارا بودن این قابلیت در مورد یک تکنولوژی مفروض می‌توان از پشتیبانی کامل از بعد فناورانه در آن تکنولوژی اطمینان حاصل نموده و دستیابی به تکنولوژی را چه از بُعد تولیدی و چه از بُعد انتقال تکنولوژی ممکن دانست.

قابلیت اقتصادی به قابلیت‌هایی اشاره دارد که تکنولوژی با دارا بودن آن‌ها از لحاظ اقتصادی به صرفه تلقی می‌گردد. تکنولوژی که از قابلیت‌های اقتصادی برخوردار باشد، تحلیل هزینه-فایده^۲ در مورد تکنولوژی نتیجه‌ای مثبت (چیرگی فایده بر هزینه) به همراه داشته، هزینه‌های تولید، مونتاژ و یا انتقال آن به صرفه بوده، خروجی تولیدی از تکنولوژی دارای ارزش بالا بوده و در مجموع ورود به بازار این تکنولوژی پربازده تلقی می‌گردد. به طور قطع زمانی یک تکنولوژی قادر به دستیابی به این قابلیت خواهد بود که از قابلیت‌های فنی برخوردار شده باشد. به عبارت دیگر، دستیابی به قابلیت‌های فنی، پیش‌نیاز دستیابی به قابلیت‌های اقتصادی است.

قابلیت بازار در یک تکنولوژی به این معنی خواهد بود که علاوه بر دارا بودن قابلیت‌های فنی و اقتصادی، تکنولوژی توانایی رقابت با سایر گزینه‌های موجود در بازار را داشته، با تمایلات مصرف‌کنندگان سازگار بوده و در نهایت قادر خواهد بود در کنار امکان‌پذیری فنی و اقتصادی، در بازار با موفقیت توسعه پیدا کند. زمانی که یک تکنولوژی بتواند به این قابلیت دست پیدا کند، تمام شرایط برای ورود به بازار در آن مهیا شده و از این پس با این تکنولوژی به صورت یک محصول تجاری برخورد می‌شود.



شکل (۳-۴): نمایش مسیر توسعه‌ی بازار تکنولوژی

^۱- Reliability

^۲- Cost Benefit Analysis

همان گونه که از تعریف هر دسته از قابلیت‌های فناورانه استنباط می‌گردد، دستیابی به هر قابلیت برای تکنولوژی، پیش‌نیازی برای دستیابی به قابلیت‌های مراحل بعدی است. در نهایت، رسیدن تکنولوژی به مجموع این توانایی‌ها به معنی توسعه بازار برای تکنولوژی مورد نظر خواهد بود. اما همیشه روند دستیابی تکنولوژی‌ها به قابلیت‌های فنی، اقتصادی و بازار هموار نبوده و این قابلیت‌ها به سهولت حاصل نمی‌شود. به عبارت دیگر موانعی در مسیر توسعه ایجاد می‌گردد که دستیابی تکنولوژی به قابلیت‌های فنی، اقتصادی و بازار را مشکل و یا حتی غیرممکن نموده و مانع ایجاد شرایط لازم برای نفوذ تکنولوژی به بازار می‌گردد.

کارکرد شکل دهی به بازار، شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت مالی از مصرف تکنولوژی نوظهور و یا سیاست‌های مالیاتی برای تکنولوژی‌های رقیب) است که منجر به ایجا تقاضا برای تکنولوژی در راستای حمایت از آن می‌گردد. تفاوت میان این کارکرد و کارکرد جهت‌دهی به سیستم در آن است که در این کارکرد، گزینش نهایی توسط کاربران تکنولوژی انجام می‌شود؛ در حالی که در کارکرد جهت‌دهی به سیستم کاربران نقشی در فرایند گزینش ایفا نمی‌کنند. بنابراین می‌توان کارکرد شکل‌گیری بازار را حالت خاصی از کارکرد جهت‌دهی به سیستم دانست. با استفاده از شاخص‌ها و شناسایی فعالیت‌های مختلف، می‌توان میزان تحقق این کارکرد را سنجید. نمونه‌ای از این اقلام در ادامه آورده شده است:

◀ شناسایی مرحله‌ی بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار

◀ شفاف‌سازی پتانسیل بازار

◀ تعداد و تنوع کاربران موجود برای تکنولوژی

◀ تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل‌دهی به بازار

◀ میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران

◀ هزینه‌های مصرف تکنولوژی

© بسیج منابع

مجموعه‌ای از فعالیت‌های مربوط به تأمین و هماهنگی ورودی‌های لازم برای توسعه‌ی نظام نوآوری در راستای تحقق کارکرد بسیج منابع قرار می‌گیرند. دسترسی به منابع مورد نیاز، یکی از ضروری‌ترین نیازهای توسعه نظام‌های نوآوری فناورانه است. فعالیت‌هایی که در این کارکرد صورت می‌پذیرد، بیشتر از جنس سرمایه‌گذاری‌هایی است که در فرایند توسعه انجام می‌شوند. همچنین، گسترش زیرساخت‌های عمومی مورد نیاز پیشرفت تکنولوژی، مانند سیستم‌های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره این کارکرد قرار می‌گیرد. در صورت عدم وجود منابع مالی و ابزارهای مورد نیاز و نیز بازیگرانی با توانایی و قابلیت‌های متمایز، یک تکنولوژی نوظهور به هیچ وجه مورد استقبال قرار نخواهد گرفت. بنابراین، این کارکرد دارای اهمیت فراوانی در روند توسعه می‌باشد. بنابراین نگاشت کارکرد بسیج منابع در چهار بُعد مختلف، امکان‌پذیر است:

☞ منابع انسانی: تأمین و هماهنگ‌سازی افراد علمی یا فنی موردنیاز برای توسعه تکنولوژی

☞ منابع مالی: تأمین و هماهنگ‌سازی بودجه‌ها و اعتبارات موردنیاز برای توسعه تکنولوژی

☞ منابع مادی: تأمین و هماهنگ‌سازی مواد (و در پاره‌ای اوقات، قطعات) موردنیاز برای توسعه تکنولوژی

☞ منابع مکمل: تأمین و هماهنگ‌سازی زیرساخت‌ها، محصولات و یا خدمات مکمل^۱ موردنیاز برای توسعه تکنولوژی

این کارکرد می‌تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگر دیگری که در روند توسعه فناوری مشغول است، برآورده گردد. هرچه سطح بلوغ تکنولوژی نوظهور بیشتر شود، انتظار می‌رود سهم بخش خصوصی در تأمین منابع مورد نیاز نیز بیشتر گردد. نمونه‌ای از رخدادهایی که می‌تواند منجر به تحقق این کارکرد شود، در ادامه آورده شده است:

☞ کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه)

☞ سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری

☞ توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز تکنولوژی و محصولات و خدمات مکمل

☞ تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه تکنولوژی از خارج از کشور

☞ در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با تکنولوژی موردنظر

© مشروعیت بخشی

آن دسته از فعالیت‌هایی که به دنبال ایجاد مقبولیت اجتماعی برای تکنولوژی جدید هستند و می‌توانند منجر به تغییر نهادهای موجود در جامعه و هم‌راستا شدن آن‌ها با نیازهای بازیگران موجود در نظام مورد نظر گردند را می‌توان محقق‌کننده این کارکرد دانست. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که ظهور یک تکنولوژی جدید، اغلب با مخالفت بازیگرانی که دارای منافع در تکنولوژی‌های کنونی هستند، همراه می‌شود. بنابراین، نیاز است تا بازیگران تکنولوژی نوظهور، بر این لختی^۲ موجود غلبه نمایند. این کارکرد در توسعه تکنولوژی‌ها مانند یک کاتالیزگر عمل می‌کند و به فرایند توسعه نظام نوآوری سرعت می‌بخشد. این امر از طریق تشویق قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران، به ایجاد آرایش‌بندی جدیدی از بدنه‌ی قواعد و مقررات مربوط به نظام نوآوری فناورانه صورت می‌پذیرد. کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی‌های سیاسی و رایزنی‌هایی است که بین گروه ذینفعان تکنولوژی صورت می‌پذیرد. شبکه‌ها، نقشی مهم را در تحقق این کارکرد ایفا می‌کنند. این کارکرد از اهمیت بالایی در توسعه نظام نوآوری برخوردار است؛ چراکه

^۱ - منظور از این اقلام مکمل آن‌هایی است که مختص نظام نوآوری موردنظر نیستند و به راحتی می‌توان آن را از نظام‌های دیگر تأمین کرد.

^۲ - نام دیگری که بر این کارکرد نهاده می‌شود، حذف مقاومت در برای تغییر (لختی یا اینرسی) است. بنابراین، علت وجودی این کارکرد، غلبه بر اینرسی^۲

بازیگران موجود در نظام است.

معمولاً در بدو توسعه یک نظام نوآوری، بازیگران موجود در آن به آسانی دست به ایجاد شبکه‌ای میان خود نمی‌زنند. از این رو در ارتباط با تکنولوژی مطلوب و نیز روش دستیابی به آن اختلاف نظر وجود دارد و شناسایی یک موضع شفاف در این رابطه دشوار خواهد بود. بنابراین، ایجاد اتحاد برای توسعه تکنولوژی آسان نیست. در اینجا وجود شبکه‌ها علاوه بر تسهیل کردن انتشار دانش میان بازیگران، به همگرا ساختن آن‌ها نیز کمک می‌کند. بنابراین از یک سو بازیگران موجود در نظام نوآوری با یکدیگر همکاری زیادی ندارند. از سوی دیگر به علت آن که توسعه تکنولوژی نوظهور منجر به کنار زده شدن برخی تکنولوژی‌های دیگر می‌گردد^۲، بازیگران مربوط به تکنولوژی‌های موجود (رقیب تکنولوژی نوظهور) که دارای تعاملات قابل توجهی با یکدیگر هستند با توسعه تکنولوژی نوظهور مخالفت می‌کنند. بنابراین، کارکرد مشروعیت‌بخشی برای توجیه کردن تکنولوژی نوظهور به عنوان بخشی از نظام فنی جدید و مقاومت در برابر مقابله‌های انجام گرفته از سوی بازیگران موجود اهمیت دارد. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نمایانگر تحقق این کارکرد در ادامه آورده شده است:

- ↪ میزان همگرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه
- ↪ میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه تکنولوژی و محصولات مربوط به آن
- ↪ رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از تکنولوژی
- ↪ اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان تکنولوژی در بخش‌های مختلف دولت و صنعت
- ↪ میزان حمایت از تکنولوژی مورد نظر در رسانه‌ها

۲-۲-۱- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

در این بخش به چهار دسته از عوامل ساختاری موجود در نظام‌های نوآوری فناورانه پرداخته خواهد شد. این چهار دسته عبارتند از بازیگران^۲، نهادها^۳، فناوری‌ها^۴ و روابط و شبکه‌ها^۵.

۲-۲-۱- بازیگران

دسته‌ی بازیگران شامل تمام سازمان‌هایی است که به طور مستقیم به عنوان توسعه‌دهنده و یادگیرنده‌ی فناوری یا به طور غیرمستقیم به عنوان تنظیم‌کننده، تأمین‌کننده مالی و دیگر نقش‌ها در ظهور فناوری نقش دارند. در حقیقت، این بازیگران، یک

(می‌گویند. Creative Destruction - در ادبیات به این خصیصه‌ی تکنولوژی‌های نوظهور، تخریب خلاق^۱)

۲- Actors

۳- Institution

۴- Technology

۵ Network

نظام نوآوری تکنولوژیکی هستند که با انتخاب‌ها و تصمیمات خود، فناوری‌هایی را ایجاد، منتشر و بهره‌برداری می‌کنند. ایجاد یک نظام فناورانه نوآوری وابسته به وجود مهارت‌ها و اشتیاق بازیگران آن برای انجام اقدامات مختلف است. تنوع بالقوه‌ی بازیگران در یک نظام نوآوری فناورانه بسیار زیاد است و گستره‌ای از بازیگران بخش خصوصی، بازیگران دولتی، توسعه‌دهندگان فناوری تا گیرندگان آن را در بر می‌گیرد. برخی از بازیگران در توسعه یک فناوری نقش پیشرو^۱ را دارند و سایر بازیگران، پیرو^۲ هستند. بازیگران پیشرو آن‌هایی هستند که کاملاً در توسعه‌ی یک فناوری خاص وارد شده‌اند و به موفقیت آن فناوری وابسته می‌باشند. در طرف مقابل، بازیگران پیرو کاملاً در توسعه‌ی یک فناوری درگیر نشده‌اند و می‌توانند بین گزینه‌های مختلف، دست به انتخاب بزنند. به طور معمول، پیشروان توسعه‌ی یک فناوری، متشکل از واحدهای صنعتی و توسعه‌دهندگان فناوری کوچک هستند که تنها درحوزه‌ی یک فناوری به ایفای نقش مشغولند. در طرف مقابل، پیروان را می‌توان متشکل از تنظیم‌گران، تأمین‌کنندگان مالی، کاربران و بنگاه‌های بزرگ با قابلیت حمایت از انواع مختلفی از گزینه‌های تکنولوژیکی دانست.

رویکرد این دو دسته بازیگر در برخورد با واقعیت، متفاوت است. پیشروان موجود در یک فناوری به ماندن در آن حوزه تمایل دارند، از یک رویکرد تجربی برای توسعه‌ی دانش استفاده می‌کنند و بیشتر بر مزایا به‌جای هزینه‌ها تأکید می‌کنند. در مقابل، پیروان با در نظر گرفتن چند گزینه تمایل دارند و به مقایسه آن‌ها می‌پردازند، از یک رویکرد عینی برای توسعه‌ی دانش استفاده می‌کنند و از چارچوب‌های ارزیابی مختلفی بهره می‌برند.

این نگاه به بازیگران مختلف بر مبنای این اصل است که آن‌ها بسته به جایگاه خود در نظام اجتماعی برداشت‌های مختلفی از جهان دارند و بر مبنای آن عمل می‌کنند. البته ممکن است که با توسعه‌های انجام شده در یک نظام نوآوری تکنولوژیکی، نقش بازیگران تغییر کند و پیروان و پیشروان به یکدیگر تبدیل شوند.

با در نظر گرفتن وضعیت فعلی نظام نوآوری که تفاوت میان تولیدکنندگان و کاربران همواره در حال محو شدن است، تقسیم بندی بازیگران برحسب نقش آن‌ها در نظام نوآوری خیلی مفید فایده نخواهد بود. لذا در این مطالعه برای تحلیل نظام نوآوری فناورانه بازیگران (افراد، سازمان‌ها و شبکه‌ها) را برحسب نقش آن‌ها در فعالیت‌های اقتصادی تقسیم‌بندی کردیم: جامعه مدنی، سازمان‌های غیردولتی (NGO)، شرکت‌ها (نوبنیان، بنگاه‌های کوچک و متوسط (SMES)، شرکت‌های چندملیتی و نیز شرکت‌های بزرگ)، مؤسسات دانشی (دانشگاه‌ها، نهادهای فناورانه، مراکز تحقیقاتی و مدارس) و دیگر بخش‌ها شامل (سازمان‌های حقوقی، مؤسسات مالی، بانک‌ها، نهادهای واسطه‌ای (بیمه‌ها) و مشاوران). این بازیگران مختلف همگی می‌توانند نقش‌های متفاوتی را در یک نظام ایفا نمایند.

¹- Enactor

²- Selector

۲-۲-۲- نهادها

نهادها در نظام نوآوری فناورانه دو نوع هستند: نهادهای رسمی و نهادهای غیر رسمی [۲]. نهادهای رسمی قواعدی مدون شده هستند و توسط افراد ذیصلاح ملزم به اجرا شدن می‌گردند. از طرفی، نهادهای غیررسمی ضمنی‌تر هستند و در نتیجه‌ی فرایند تعامل بازیگران شکل می‌گیرند. نهادهای غیررسمی می‌توانند هنجاری یا شناختی باشند. قواعد هنجاری همان ارزش‌ها و هنجارهای اجتماعی با جنبه‌های اخلاقی هستند، درحالی‌که قواعد شناختی را می‌توان چارچوب‌های ذهنی و پارادایم‌های اجتماعی دانست [۳].

مثال‌هایی از نهادهای رسمی عبارتند از قوانین دولتی و تصمیمات سیاستی و یا بخش‌نامه‌ها یا قراردادهای بنگاه‌ها. مثالی در رابطه با قواعد هنجاری، مسئولیت احساس شده توسط یک شرکت در رابطه با عدم تولید ضایعات و یا پاکیزه‌سازی آن‌ها است. مثال‌هایی در رابطه با قواعد شناختی نیز جستجوی ذهنی^۱ (ابتکاری) یا رویه‌های حل مسأله هستند [۲]، [۶]. همچنین می‌توان نگاه‌ها و انتظارات بازیگران درون نظام را نیز در این دسته جای داد.

برای یک نظام نوآوری تکنولوژیکی که در مرحله‌ی سازندگی^۲ است، پیکربندی نهادی معمولاً توسعه نیافته است. این حرف بدان معناست که قواعد نهادی کمی (به‌ویژه از نوع رسمی) وجود دارند و حتی قواعد موجود با فناوری در حال ظهور ناسازگار هستند. انتظار می‌رود که قواعد شناختی برای هدایت بازیگران، به‌ویژه پیروان، در مراحل اولیه‌ی حمایت از فناوری نوظهور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. علاوه بر آن، نگاه‌ها و انتظارات، به‌جهتی، تنها علت حمایت از یک فناوری نوظهور است. این موضوع به مفهوم کارآفرین ریسک‌پذیر^۳ مربوط است که با نوعی فرصت تحریک می‌شود و برای برهم زدن ساختارهای موجود از طریق تطبیق دادن آن‌ها با حالت مطلوب خویش و یا ایجاد ساختارهای جدید، تلاش می‌کند. از منظر مداخله، عوامل نهادی به علت هدف واقع شدن توسط سیاست‌های حاکمیتی و حتی راهبردهای کسب و کار، از اهمیت بالایی برخوردار هستند. علاوه بر آن، حضور، مهارت‌ها و اشتیاق پیشروان و پیروان، تنها می‌تواند به صورت غیرمستقیم از طریق ساختار نهادی نوآوری فناورانه تحت تأثیر قرار گیرد. این ساختار از طریق برنامه‌ای حمایتی، مشوق‌های مالیاتی و موارد دیگر بر این بازیگران اثر می‌گذارد. همچنین ماهیت ساختار فناورانه از دایره‌ی اثر مستقیم بسیاری از بازیگران، به‌ویژه حاکمیت، خارج است.

^۱- Heuristic

^۲- Formative

^۳- Risk-taking

۲-۳- زیرساخت

زیرساخت‌ها متشکل از مصنوعات و زیرساخت‌های فناورانه (که خود آن‌ها نیز مصنوع به شمار می‌روند) به صورتی یکپارچه هستند. عملکرد فنی اقتصادی این مصنوعات که شامل ساختارهای هزینه، ایمنی، قابلیت اطمینان، آثار افزایش مقیاس و موارد دیگر هستند از اهمیت حیاتی برای فهم فرایند تغییر فناورانه برخوردارند. همچنین، در نظر گرفتن وجوه غیرمادی تر فناوری همچون دانش موجود در آن و مشخصات زنجیره‌ی ارزش ایجاد شده توسط آن معنادارتر به نظر می‌رسد. در رابطه با مورد نوآوری‌ها در انرژی پایدار، در نظر گرفتن مشخصات آلاینده‌ی و دیگر اثرات جانبی زیست‌محیطی نیز از اهمیت فراوان برخوردار هستند. علاوه بر آن، در صورت تشخیص یک فناوری به عنوان فناوری با اثرات منفی زیست‌محیطی ممکن است نظام نوآوری فناورانه با وجود جذاب بودن آن فناوری برای مجموعه‌ی بزرگی از بازیگران و توسعه یافتن نهادهایی در رابطه با آن دست به توقف آن بزند.

در صورت عدم در نظر گرفتن وجوه فناورانه به عنوان بخشی از نظام نوآوری فناورانه، یک مکانیزم بازخوردی مهم (بین تغییر فناورانه و تغییر نهادی) مغفول واقع می‌شود. برای مثال، در صورت ایجاد بهبود در ایمنی و قابلیت اطمینان در نتیجه ایجاد یک طرح، ارائه‌ی یارانه برای تحقیق و توسعه در حمایت از یک فناوری نوظهور، راه را برای اجرای طرح‌های حمایتی با جزئیات بیشتر (شامل نمایش‌های علمی) هموار خواهد کرد. این اقدام نیز می‌تواند منجر به بهبودهای فناورانه بیشتر گردد.

۲-۴- روابط و شبکه‌ها

مؤلفه‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه، صرفاً سنگ بنای آن محسوب می‌شوند. این بخش فراهم آورنده یک نگاه مفهومی به تمامی روابط ممکن است.

روابط

روابط ممکن بین مؤلفه‌های ساختاری دارای انواع گوناگونی می‌باشند. می‌توان این روابط را به روابط بین بازیگران، بین نهادها، بین فناوری‌ها و همچنین بین بازیگران و نهادها، بین بازیگران و فناوری‌ها و بین فناوری‌ها و نهادها تقسیم کرد. برای فهم این موضوع، نهادها و فناوری‌ها را به عنوان بخش‌هایی از نظام قواعد در نظر بگیرید که در آن هر قاعده به قواعد دیگر اشاره دارد. قواعد موجود می‌توانند در رابطه با یک مسأله خاص یکدیگر را رد (ناهمگرایی^۱) یا تقویت کنند (همگرایی). از این طریق نهادها می‌توانند به یک جنبه‌ی فناورانه سود (گزند) رسانند و بالعکس. برای مثال یک بخشنامه

^۱- Misalignment

برای کاهش آلودگی‌های خودرو می‌تواند به استفاده از فناوری پاک کمک کند. مثال دیگر نیز می‌تواند اثر زیرساخت‌های جاده‌ای بر الگوهای مسافرت کاربران باشد. روابط بین بازیگران و نهادهای و بین بازیگران و فناوری‌ها مشابه یکدیگر می‌باشند. هر دو این روابط از نوع روابط فاعل-مفعولی می‌باشند. این موضوع با در نظر گرفتن اختلاف بین این روابط و روابط بین بازیگران بهتر فهمیده می‌شود.

اولاً، روابط بین بازیگران با استقلال دوسویه مشخص می‌گردد. این امر بدان معناست که معمولاً بازیگران در جایگاهی قرار ندارند که به‌طور مستقیم یکدیگر را تغییر دهند، حذف نمایند و یا با هم تطبیق پیدا کنند؛ در عوض، آن‌ها می‌بایست در یک نظام متشکل از قواعد نهادی و فناورانه که در آن محاط شده‌اند، کار کنند. بازیگران می‌توانند در انجام اقدامات به‌طور عمدی دست به تغییر معماری قواعد زنده و از این طریق (به‌طور غیر مستقیم) بر محیط عملکرد سایر بازیگران اثر بگذارند. میزان انجام این اقدامات وابسته به شایستگی‌های بازیگران و جایگاه آن‌ها در نظام نوآوری فناورانه است.

ثانیاً روابط بین بازیگران با تعاملات دوسویه مشخص می‌گردد؛ در حالی که روابط بین بازیگران و فناوری‌ها و روابط بین بازیگران و نهادهای، تعاملی نیست. در حقیقت معماری قواعد فناورانه و نهادهای فراهم‌آورنده‌ی مشوق‌هایی برای بازیگران برای انجام برخی از اقدامات خاص و پرهیز از برخی اقدامات دیگر است. با این وجود، در نهایت، همواره در طرف بازیگر پیش‌قدمی در انجام اقدامات وجود دارد.

شبکه‌ها

در برخی موارد خاص، روابط موجود در یک گروه از بازیگران، نهادهای و فناوری‌ها از روابط موجود در خارج از گروه، قوی‌تر است. در صورتی که این مؤلفه‌های ساختاری باعث ایجاد یک پیکربندی متراکم گردند، می‌توان آن را یک ساختار شبکه‌ای یا یک شبکه نامید. مثالی در این رابطه می‌تواند ائتلاف بنگاه‌هایی برای کاربرد یک فناوری نوظهور باشد (قواعد فناورانه) که به‌وسیله‌ی مجموعه‌ای از روش‌های حل مساله هدایت می‌شود و توسط برنامه‌های یارانه‌ای حمایت می‌شود (قواعد نهادی). همچنین، انجمن‌های صنعتی^۱، جوامع تحقیقاتی، شبکه‌های سیاستی، روابط عرضه‌کننده و کاربر نیز مثال‌هایی از این شبکه‌ها به‌شمار می‌روند.

شبکه‌ها فراهم‌آورنده‌ی شکلی از همکاری است که در وضعیتی بین جهت‌مند نبودن منعطف بازارها و صلب بودن سلسله مراتبی‌ها (برای مثال در بنگاه‌ها) قرار می‌گیرد [۶]. شبکه‌ها همچنین بین اعتماد و رقابت میان بازیگران مستقل با علائق

^۱- Industry association

ناهمگون، تعامل برقرار می‌کنند. حفظ این تعامل در محیطی مهم تلقی می‌گردد که توسعه‌ی فناوری نوظهور وابسته به بازترکیب^۱ مفهومی و عملی دانش است.

از آنجایی که تعاملات دینامیک و پویا است، در نظر گرفتن آن‌ها به عنوان یکی از عناصر ساختاری سیستم مشکل است. در بعضی از مقالات ادبیات برای توصیف ارتباط و روابط همکاری میان بازیگران از عبارت "شبکه" استفاده شده است ولی یک "شبکه" می‌تواند به عنوان یک شکل بزرگتر بازیگران سازمانی در نظر گرفته شود. با این وجود تعاملات محدود به اتفاق افتادن در درون شبکه‌ها نیست. در مراحل اولیه توسعه یک سیستم شبکه‌هایی وجود ندارد ولی تعاملات دو طرفه میان بازیگران اتفاق می‌افتد. پس تمرکز اصلی در این مطالعه بر "روابط" است که در دو سطح شبکه‌ها و تماس‌های فردی می‌تواند مورد تحلیل واقع شود.

جدول (۱-۲) تمامی ابعاد ساختاری TIS را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

ابعاد ساختاری	زیر بخش‌ها
بازیگران	<ul style="list-style-type: none"> • جامعه مدنی • شرکت‌ها: شرکت‌های تازه تاسیس شده، بنگاه‌های کسب و کار کوچک و متوسط، کارخانجات بزرگ، شرکت‌های چند ملیتی • دولت • سازمان‌های مردم نهاد • بخش‌های دیگر: سازمان‌های قانونگذاری، بانک‌ها/ سازمان‌های مالی، نهادهای واسطه‌ای، کارگزاران دانشی مشاورین
نهادهای	<ul style="list-style-type: none"> • سخت: قوانین، مقررات، دستورالعمل‌ها • نرم: هنجارها، عادت‌های رایج، رسوم، سنتی و انتظارات و...
تعاملات	<ul style="list-style-type: none"> • در سطح شبکه • در سطح ارتباطات فردی
زیرساخت‌ها	<ul style="list-style-type: none"> • تجهیزاتی: ابزارهای فنی، ماشین‌ها، ساختمان‌ها، جاده‌ها، پل‌ها و ... • دانشی: دانش، تخصص، اطلاعات راهبردی

^۱- Recombination

قابل ذکر است که چالش‌هایی که در ارتباط با ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه تحت عنوان مشکلات سیستمی بررسی می‌شوند، از دو منظر وجود ابعاد ساختاری و میزان قوت آنها مورد مطالعه قرار خواهند گرفت. مشکلات سیستمی و اهداف بررسی آنها در جدول ۲-۲ آمده است.

جدول ۲-۲- اهداف بررسی مشکلات سیستمی

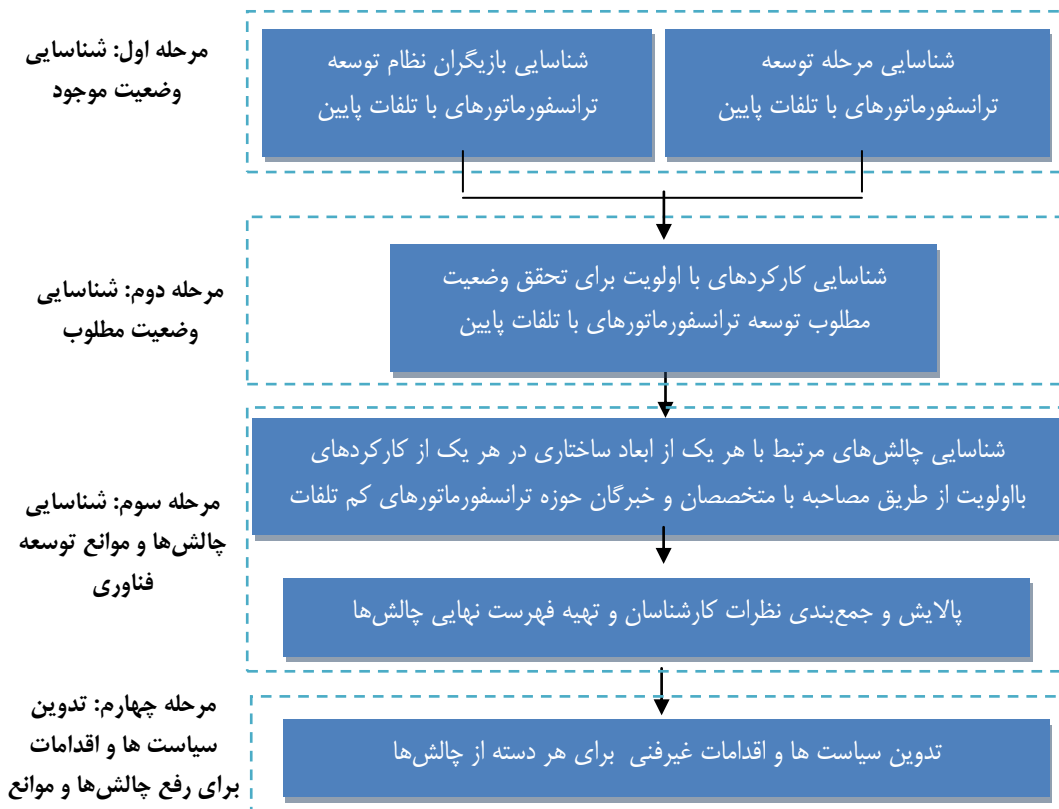
هدف بررسی مشکل	نوع مشکل سیستمی	مشکل سیستمی
تحریک و سازمان‌دهی مشارکت بازیگران متنوع (NGOها، شرکت‌ها، دولت و ...)	وجود؟	مشکلات بازیگران
ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران (به عنوان مثال از طریق یادگیری و آزمایش)	توانایی؟	مشکلات تعاملات
تحریک به وقوع انجамیدن تعاملات فی مابین بازیگران (به عنوان مثال مدیریت وجوه مشترک و ایجاد اجماع)	وجود؟	مشکلات نهادی
ممانعت کردن از گره‌هایی که یا بیشتر از حد قوی هستند و تقویت گره‌های ضعیف	شدت؟	مشکلات زیرساختی
تضمین وجود نهادها (سخت و نرم)	وجود؟	
جلوگیری کردن از اینکه نهادها خیلی ضعیف یا خیلی قوی باشند.	توانایی؟	
تحریک ایجاد زیرساخت‌های فیزیکی، مالی و دانشی.	وجود؟	
تضمین اینکه کیفیت زیر ساخت‌ها مناسب است.	کیفیت؟	

۳- فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات

سیاست‌ها و اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. و در حقیقت راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. همان طور که در بخش مبانی نظری اشاره شد مبنای تدوین سیاست‌ها و اقدامات در این سند، نظام نوآوری فناورانه (TIS) است. همان طور که اشاره شد یک دسته سیاست و اقدام غیرفنی در پاسخ به چالش‌های موجود در کارکردهای نظام نوآوری فن‌آورانه و یک دسته اقدام فنی مورد نیاز برای کارکرد توسعه دانش، ارائه می‌شود که در ادامه فرایند تدوین هریک و نتایج آنها ارائه می‌گردد.

۳-۱- فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات غیرفنی

فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات غیرفنی در شکل ۳-۱ نشان داده شده است.



شکل ۳-۱- فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات غیرفنی توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

همان طور که در شکل ۳-۱ نشان داده شده است در مرحله اول، وضعیت موجود توسعه فناوری مشخص می‌شود. بدین منظور ابتدا مرحله توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها تعیین می‌شود. سپس، بازیگران نظام توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین شناسایی می‌شوند. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین مشخص می‌گردد. در مرحله سوم، موانع موجود مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در کارکردهای با اولویت از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با ترانسفورماتورهای با تلفات پایین تعیین می‌گردد. چالش‌های شناسایی شده پالایش و جمع‌بندی می‌شود و فهرست نهایی چالش‌های توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها مشخص می‌شود. در مرحله آخر، سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها ارائه می‌شود. مراحل ذکر شده در ادامه توضیح داده شده اند. لازم به ذکر است که نتایج به دست آمده در تمامی این مراحل از طریق مصاحبه با خبرگان و کارشناسان آشنا با حوزه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها که اسامی آنها در بخش ۳-۱-۵ آمده است استخراج شده است.

۳-۱-۱- شناسایی وضعیت موجود توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

همان طور که اشاره شد در مرحله اول فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات، وضعیت موجود توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها شناسایی می‌شود. این کار بر مبنای شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها و نیز بازیگران نظام توسعه این فناوری در کشور انجام می‌شود که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۳-۱-۲- بازیگران نظام توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

ساختار هر نظام نوآوری متشکل از بازیگران و ذینفعانی است که هر یک به طور مستقیم یا غیرمستقیم نقش‌هایی را ایفا می‌کنند. این بازیگران می‌توانند شامل بخش دولتی، شرکت‌های تولیدکننده، شرکت‌های مشاور، دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، موسسات مالی، موسسات حقوقی و ... باشند. در این گام، بازیگران نظام ترانسفورماتورهای با تلفات پایین مشخص شده‌اند. بر اساس اطلاعات موجود، مهم‌ترین بازیگران شناسایی شده در ارتباط با ترانسفورماتورهای با تلفات پایین، به شرح جدول ۳-۱ هستند.

جدول ۳-۱- بازیگران توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

بازیگران	ابعاد کارکردها
دانشکده‌های برق: دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشگاه علم و صنعت، دانشگاه تهران، دانشگاه صنعت آب و برق، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، دانشگاه صنعتی سهند، دانشگاه تبریز، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه سمنان، دانشگاه گیلان، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشگاه پیام نور، دانشگاه آزاد اسلامی، پژوهشگاه نیرو، شرکت‌های مهندسی داخلی (مرتبط با خارج از کشور)، شرکت‌های EPC، شرکت‌های زیرمجموعه وزارت نیرو	توسعه دانش
دانشگاه‌ها (بند فوق)، پژوهشگاه نیرو، کنفرانس‌های برق و مکانیک، کنفرانس‌های نگهداری و تعمیرات	انتشار دانش
وزارت نیرو، شرکت مادر تخصصی توانیر، تسهیلات بانکی، صندوق‌های حمایت از فناوری	منابع مالی
دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها (تحصیلات تکمیلی)،	منابع انسانی

بازیگران	ابعاد	
	کارکردها	
شرکتهای مهندسی وارد کننده یا سازنده تجهیزات پایش و ابزار دقیق در داخل کشور (مانند شرکت رسیس افزار، شرکت مهندسی هوشمند حسگر پیش رو، شرکت ایران ترینکس و ...)، شرکت های خارجی تولید کننده تجهیزات پایش و ابزار دقیق	مواد، قطعات و تجهیزات	
وزارت نیرو، شرکت مادر تخصصی توانیر، شرکت های برق منطقه ای، شرکت های توزیع برق، شرکت های مدیریت تولید برق	جهت دهی به سیستم	
مرکز توسعه فناوری صنعت برق . انرژی (پژوهشگاه نیرو) پارک های علم و فناوری معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو) معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران شرکت های دانش بنیان	کارآفرینی	
وزارت نیرو	شکل دهی به بازار	
وزارت نیرو	مشروعیت بخشی	

۳-۱-۳- شناسایی مرحله توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

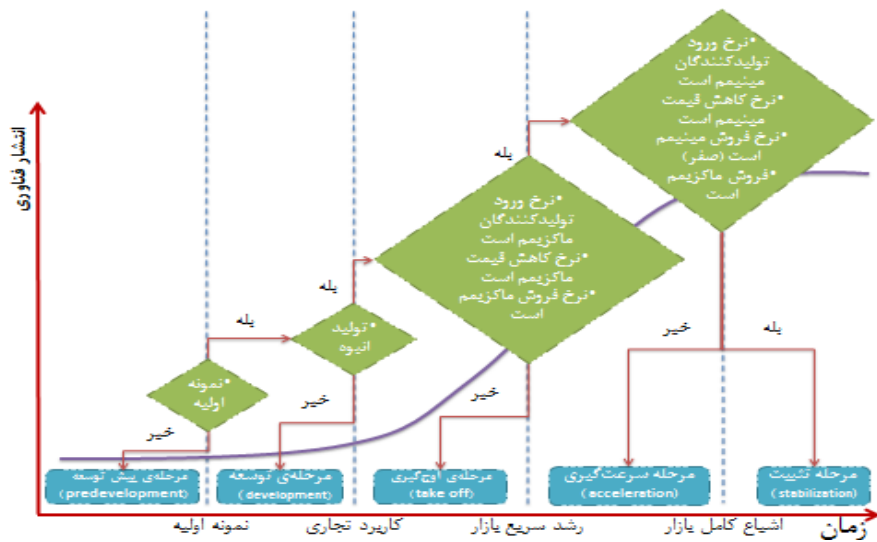
مرحله توسعه هر نظام فناورانه بر اساس وضعیت ساختاری نظام توسعه فناوری و مجموعه ای از شاخص ها یا نشانه های تحقق مرحله توسعه تعیین می شود. این مراحل عبارتند از: پیش توسعه، توسعه، اوج گیری، سرعت گیری، تثبیت. نشانه های تحقق مراحل یا شاخص های تشخیص مرحله توسعه در جدول ۳-۲ ارائه شده است.

جدول ۳-۲- شاخص های شناسایی مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه

<ul style="list-style-type: none"> • آیا نمونه اولیه از فناوری (محصول یا فرایند) ساخته شده است؟ • بازیگران اصلی در این حوزه چه کسانی هستند؟ نقش دانشگاه ها و مراکز پژوهشی چیست؟ آیا شرکت های دانش بنیان به این حوزه وارد شده اند؟ آیا دولت به این حوزه وارد شده است؟ نقش آن (سیاست گذاری، تنظیم گری و ...) چیست؟ • آیا محصول فناوری بدون حمایت های دولتی در بازار به صورت آزاد فروخته می شود؟ • و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) توجیه اقتصادی دارد؟ • و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) آغاز شده است؟ • آیا شبکه های علمی و فناوری شکل گرفته اند؟ وضعیت آن ها چگونه است؟ • وضعیت بازار چگونه است؟ در حال رشد یا به اشباع کامل رسیده است؟

• نرخ ورود تولید کنندگان محصول فناوری چگونه است؟
 • نرخ کاهش قیمت محصول فناوری چگونه است؟
 • نرخ فروش محصول فناوری چگونه است؟
 • آیا انجمن‌ها و سندیکاهاى مربوطه شکل گرفته‌اند؟

سوالات جدول ۳-۲ با توجه به شکل زیر پرسیده می‌شود؛ به این صورت که مثلاً اگر جواب سوال ابتدایی خیر بود، مرحله توسعه نظام، پیش توسعه است و دیگر نیازی به پرسیدن بقیه سوالات نیست. دیگر مراحل نیز مشابه همین است.



شکل ۳-۱- نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه

با مشخص شدن جدول ۳-۲ در واقع ساختار موجود نظام نوآوری فناورانه مشخص می‌شود و می‌توان با استفاده از آن و جدول ۳-۳ مرحله توسعه نظام را بر اساس ساختار موجود حول فناوری شناسایی کرد.

جدول ۳-۳- ویژگی مراحل توسعه به تفکیک عناصر ساختاری برای تعیین مرحله‌ی نظام نوآوری فناورانه

تعداد	سرعت‌گیری	اوج‌گیری	توسعه	پیش توسعه	بازیگران
<ul style="list-style-type: none"> تمام بازیگران در این حوزه‌ی فناورانه به صورت فعال حضور دارند 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد رقبای در حوزه‌ی توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد نقش پررنگ بانکها و موسسات مالی نقش دولت در تنظیم‌گری پررنگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان نقش دولت در سیاست‌گذاری (قابل‌گیری) پررنگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند نقش دولت در سیاست‌گذاری (حامله‌گیری) پررنگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی تعداد محدود نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد. 	بازیگران
<ul style="list-style-type: none"> شبکه‌های علمی قوی شبکه‌های صنفی قوی 	<ul style="list-style-type: none"> شبکه‌های علمی قوی شبکه‌های صنفی در حال قوی شدن است 	<ul style="list-style-type: none"> شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است شبکه‌های ضعیف صنفی کم‌کم شکل می‌گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> روابط فردی شکل گرفته است شبکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند 	تعاملات
<ul style="list-style-type: none"> نهادهای متنوعی وجود دارد 	<ul style="list-style-type: none"> افزایش تنوع نهادها یسته به نیازها 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت شکل گرفته است 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای نرم شکل می‌گیرد نهاد سختی هنوز وجود ندارد 	نهادهای

با استفاده از جدول ۳-۳ می‌توان نتیجه گرفت، فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتور به - جز فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت که در مرحله توسعه قرار دارد - در مرحله پیش توسعه می‌باشد. بخش عمده بازیگران فعال کنونی در توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتور را دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی تشکیل می‌دهند و هنوز شرکت‌های دانش‌بنیان برای توسعه این فناوری‌ها، آن‌طور که باید شکل نگرفته‌اند. همچنین شبکه‌های علمی و تحقیقاتی در این حوزه هنوز شکل نگرفته است. از طرف دیگر، بر اساس شاخص‌های موجود در جدول ۳-۳ و نشانه‌های تحقق مراحل در شکل ۲-۳ ابتدا بایستی وضعیت تولید نمونه اولیه را بررسی کرد. بر این اساس، هنوز فناوریهای کاهش تلفات در ترانسفورماتور به جز تغییر در طراحی اکتیو پارت در کشور به صورت عملیاتی اجرا نشده است. بنابراین بر اساس شکل ۲-۳ و جدول ۳-۳ می‌توان نتیجه گرفت که فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتور در مرحله «پیش‌توسعه» قرار دارد.

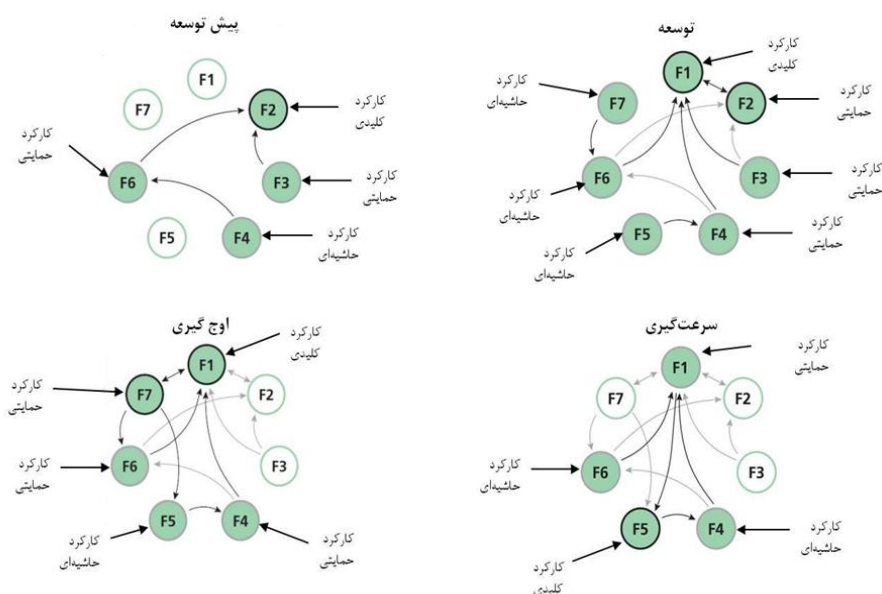
۳-۱-۴- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

فرایند نوآوری یک فرایند تکاملی است و همیشه در حال تغییر و تحول است و نمی‌توان یک سیستم بهینه برای فرایند نوآوری تعریف کرد، پس هدف نظام را باید در طول این فرایند تعریف کرد. هدف یک نظام نوآوری انتقال نظام مورد نظر از یک مرحله توسعه به مرحله بعدی است. البته باید توجه داشت که لزوماً مرحله بعدی وضعیت بهینه نیست و فقط توسعه نظام نوآوری مد نظر است.

نکته اصلی در اینجا نحوه انتقال از یک مرحله به مرحله دیگر است. کارکردهای هر مرحله به سه دسته کارکرد کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای تقسیم می‌شود. تحقق کارکرد کلیدی به منزله انتقال به مرحله بعدی است. شکل ۳-۳ مراحل توسعه و

کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای مرتبط با هر مرحله را نشان می‌دهد. در شکل زیر کارکردهای نظام نوآوری فناورانه با F_1 تا F_7 نشان داده شده است که عبارتند از:

- کار آفرینی (F_1)
- توسعه دانش (F_2)
- انتشار دانش (F_3)
- جهت دهی به سیستم (F_4)
- شکل دهی به بازار (F_5)
- تامین و تسهیل منابع (F_6)
- مقبولیت بخشی (F_7)



شکل ۳-۳- مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای

در بخش قبلی مشخص شد که نظام توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین در مرحله «پیش توسعه» قرار دارد. بر اساس شکل فوق، زمانی که سیستم در مرحله پیش توسعه قرار داشته باشد و هدف ما رسیدن به مرحله بعدی نظام توسعه فناوری باشد چهار کارکرد توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین منابع و جهت‌دهی به سیستم باید محقق شوند. در نتیجه کارکردهای مذکور به عنوان کارکردهای با اولویت شناخته می‌شوند. اما با توجه به این نکته که فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت که به عنوان یکی از فناوری‌های با اولویت‌ها در فاز ۳ شناخته شد، در مرحله توسعه قرار دارد، علاوه بر چهارکرد شناخته شده در مرحله پیش

توسعه، کارکردهای شکل‌دهی به بازار، کارآفرینی و مقبولیت بخشی برای این فناوری نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش بعدی فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات، چالش‌های مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در این کارکردها ارائه شده است.

۳-۱-۵- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین و تدوین سیاست‌ها و اقدامات

در این مرحله با استفاده از یک تحلیل ساختاری-کارکردی، چالش‌ها و موانع پیش روی توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین شناسایی شده است. همان‌طور که پیشتر بیان شد این چالش‌ها از طریق مصاحبه با ۶ نفر از خبرگان و کارشناسان آشنا با این حوزه استخراج شده است. اسامی این افراد در ادامه ارائه شده است:

- جناب آقای مهندس خزایی
- جناب آقای مهندس سلیمی
- جناب آقای مهندس معانی
- جناب آقای مهندس گودرزی
- جناب آقای مهندس حاجی پور
- جناب آقای دکتر صفایی

در نهایت، چالش‌های شناسایی شده جمع‌بندی شد و فهرست نهایی چالش‌های توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها ارائه شد.

چالش‌های توسعه دانش

چالش‌های مربوط به این کارکرد، دربرگیرنده‌ی تمامی فعالیت‌هایی است که می‌تواند منجر به مانع در فرایند یادگیری شود. این چالش‌ها در رابطه با موضوعات مختلف مانند دانش فنی تکنولوژی نوظهور، بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کنندگان ممکن است رخ دهد. در کشورهای در حال توسعه، یکی از مهم‌ترین دلایل عدم توسعه برخی صنایع تکنولوژی محور، عدم توسعه دانش آن صنعت است. در کشورهای توسعه یافته، این موضوع به دلیل رقابت تنگاتنگ شرکت‌های مختلف حل می‌شود. در واقع رقابت اصلی بنگاه‌های اقتصادی بر سر نوآوری است و این موضوع منجر به سرمایه‌گذاری بنگاه‌های مختلف در توسعه دانش می‌شود و دانش توسعه می‌یابد. ولی در کشورهای در حال توسعه عمدتاً، بنگاه‌هایی با توانایی رقابت‌پذیری بالا وجود نداشته و عملاً توسعه دانش به صورت درون‌زا رخ نمی‌دهد و می‌بایست به صورت برون‌زا یا انتقال دانش و فناوری، رخ دهد. لذا همین موضوع نیاز به مداخله دولت و ایجاد جهت‌گیری در همین موضوع را دارد.

با توجه به این که این کارکرد یکی از کارکردهای با اولویت شناسایی شده بود چالش‌های زیادی در ارتباط با آن مشخص شد. با وجود آن که دانش فنی فناوری تغییر در طراحی اکتیوپارت برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورها در کشور وجود

دارد اما در فناوری‌های جدیدتر این دانش به اندازه کافی وجود ندارد که یکی از دلایل آن کمبود نیروی انسانی متخصص در این زمینه است و دلیل دیگر آن عدم انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه در این حوزه است. به طور کلی چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

- ۱- کمبود تحقیقات مناسب و کاربردی در مراکز علمی و واحدهای تحقیق و توسعه برای کسب دانش فنی ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات
- ۲- به روز نبودن محتوای آموزشی دروس دانشگاهی مرتبط با ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات
- ۳- وجود ارتباط ضعیف میان دانشگاه و صنعت برای تبادل دانش در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات
- ۴- میزان پایین همکاری مشترک بین‌المللی بین شرکت‌های معتبر داخلی و خارجی برای انتقال دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات
- ۵- وجود ارتباط ضعیف میان بازیگران توسعه دانش با مراکز علمی، تحقیقاتی کشورهای پیشرو در زمینه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها
- ۶- عدم حمایت کافی از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات

چالش‌های انتشار دانش

چالش‌های این کارکرد در اثر نامناسب بودن شبکه‌ها و روابط ایجاد می‌شود که بخشی از آن متأثر از ماهیت شبکه‌ها است. در واقع یکی از موارد دیگری که منجر به عدم توسعه یک نظام فناورانه خاص یا یک صنعت دانش‌محور می‌شود، عدم انتشار صحیح اطلاعات و یا دانش میان بازیگران مختلف آن حوزه است. اگر دانش میان تعداد بسیاری از نقش‌آفرینان یک حوزه منتشر شود و در عین حال حقوق مالکیت معنوی و فکری رعایت شود، می‌توان شاهد بروز یک نوع رقابت سالم میان بنگاه‌های اقتصادی بود که می‌تواند منجر به توسعه شود. در غیر این صورت بعضاً دولت‌ها می‌توانند با دخالت‌های هوشمندانه از بروز این چنین چالش‌هایی جلوگیری نمایند. چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

- ۱- حضور کم رنگ شرکت‌های داخلی سازنده ترانسفورماتور در کنفرانس‌ها و همایش‌های تخصصی بین‌المللی جهت کسب دانش روز دنیا در زمینه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها
- ۲- کمبود نمایشگاه‌های تخصصی در زمینه آخرین دستاوردهای صنعت ترانسفورماتور کم تلفات
- ۳- عدم وجود همکاری کافی میان دست‌اندرکاران توسعه فناوری در به مشارکت گذاشتن دانش کسب شده با یکدیگر

۴- عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور در زمینه دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات

چالش‌های جهت‌دهی به سیستم

همان‌طور که اشاره گردید، کارکرد جهت‌دهی به سیستم متشکل از فعالیت‌هایی است که به گزینش و محدود کردن گزینه‌های موجود در رابطه با فناوری، کاربرد آن‌ها و بازارشان در سطوح مختلف می‌پردازد. در حوزه توسعه فناوری‌های کاهش تلفات از مهم‌ترین چالش‌های مربوط به این کارکرد می‌توان به عدم وجود چارچوب‌های قانونی / تنظیم‌گری مناسب اشاره کرد. در واقع وجود نهادهای اثربخش قانون‌گذار و تنظیم‌گر باعث جهت‌دهی به فعالیت‌ها، تنظیم روابط و تسهیل اقدامات منجر خواهد شد. در حال حاضر چنین چارچوبی در حوزه ترانسفورماتورها وجود نداشته که توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات را با موانعی روبرو می‌سازد. بنابراین ایجاد نوعی نهاد یا چارچوب تنظیم‌گر و قانون‌گذار که به پایش و ارزیابی تمامی فعالیت‌ها در این حوزه بپردازد الزامی است. به طور کلی چالش‌های شناسایی شده برای این کارکرد عبارتند از:

۱- نبود مرجعی به عنوان مغز متفکر که به پیگیری و شناسایی مشکلات موجود و تصمیم‌گیری منسجم برای رفع آنها بپردازد و از اختیارات کافی برخوردار باشد.

۲- عدم وجود قوانین و دستورالعمل جهت الزام در بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات

چالش‌های تأمین منابع

یکی دیگر از انواع چالش‌های سیستمی که منجر به عدم توسعه نظام یک صنعت می‌شود، عدم تخصیص بهینه منابع اعم از منابع مالی، انسانی یا تجهیزاتی به دلایل مختلف است. در واقع همین عدم تخصیص بهینه منابع منجر به ایجاد موانعی در حوزه‌های مختلف توسعه دانشی و یا مدیریتی می‌شود که دولت می‌تواند با اتخاذ سیاست‌هایی در جهت رفع این موانع برآید و از بروز چنین چالشی در سیستم جلوگیری نماید.

مداخلات دولت در رابطه با این چالش‌ها مجموعه‌ای از فعالیت‌های مربوط به تأمین و هماهنگی ورودی‌های لازم برای توسعه‌ی نظام نوآوری را پوشش می‌دهد که در راستای تحقق کارکرد تأمین و تسهیل منابع قرار می‌گیرند. این چالش‌ها به سه دسته چالش‌های مربوط به منابع انسانی، منابع مالی و مواد و تجهیزات تقسیم می‌شود. در واقع در حال حاضر نیروی انسانی متخصص به اندازه کافی در این حوزه در کشور وجود ندارد، منابع انسانی متخصص یکی از عوامل اصلی توسعه یک فناوری به شمار می‌روند. توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها نیازمند تعداد زیادی نیروی متخصص در این حوزه است. با وجود آن که افراد معدودی در کشور دارای این دانش و تخصص هستند اما توسعه فراگیر این فناوری نیازمند تعداد زیادی از منابع انسانی متخصص در حوزه طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات است.

دسترسی به منابع مالی از عواملی است که می تواند راه را برای توسعه یک فناوری هموار کند. در حال حاضر شرکت های تولیدکننده ترانسفورماتورها با مشکل نقدینگی مواجه هستند و برای انجام تحقیق و توسعه، ساخت تجهیزات، خرید مواد و قطعات مورد نیاز برای توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات به منابع مالی کافی نیاز دارند. ایجاد مسیرهای مناسب برای دسترسی شرکت های تولیدکننده به منابع مالی نظیر وام های بانکی کم بهره، منابع حاصل از هدفمندی یارانه ها و ... می تواند به توسعه فناوری ها در این بخش کمک کند.

به طور کلی چالش های مشخص شده در این کارکرد عبارتند از:

۱- کمبود منابع مالی مورد نیاز دانشگاه ها، مراکز تحقیقاتی و شرکت های سازنده ترانسفورماتور برای طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات

۲- عدم وجود بستر مناسب جهت ارتباط با شرکت های خارجی تأمین کننده مواد اولیه

۳- ارتباط ضعیف بین شرکت های داخلی و خارجی برای تبادل نیروی انسانی متخصص در زمینه فناوری های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

۴- عدم وجود برنامه مشخص و مدون برای تأمین منابع مالی مورد نیاز

۵- محدودیت دسترسی به نرم افزارهای تخصصی برای طراحی ترانسفورماتور کم تلفات

۶- کمبود آزمایشگاه برای تست تجهیزات

همان طور که اشاره شد فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت در مرحله توسعه خود قرار داشته و از این رو جهت توسعه این فناوری، چالش های کارآفرینی، مقبولیت بخشی و شکل دهی به بازار نیز مطرح می باشد، در ادامه به بررسی چالش های شناسایی شده در این کارکردها برای توسعه فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت پرداخته شده است.

چالش های کارآفرینی

یکی از دیگر انواع چالش هایی که می تواند منجر به رشد آهسته توسعه یک نظام فناورانه خاص شود، موانع ورود کارآفرینان به آن حوزه دانشی خاص است.

کارآفرینان از بازیگران کلیدی در نظام های نوآوری به شمار می روند. فعالیت های کارآفرینی را نیز می توان در قالب یکی از فرآیندهای اصلی نظام نوآوری جای داد. فعالیت کارآفرینی عبارتست از تبدیل دانش فنی موجود به کسب و کارهای جدید. این کار از طریق انجام پروژه های اجرایی انجام می شود. بنابراین، از لازمه های انجام فعالیت کارآفرینی، وجود دانش فنی است. نکته ی قابل بیان آن است که هر بازیگری (شامل هر بازیگری در بخش خصوصی یا عمومی و یا بازیگران دولتی، دانشگاهی و یا صنعتی) که به انجام فعالیت های کارآفرینی مبادرت ورزد، در آن مقطع خاص به عنوان کارآفرین شناخته می شود. بنابراین، در برخی موارد، حتی دولت ها نیز می توانند در نقش کارآفرین ظاهر شوند.

این چالش تمامی موانع پیش روی کارآفرینان را در بر می گیرد که فضای کسب و کار را برای کارآفرینان، غیرمطمئن و غیرشفاف می کند. در واقع فعالیت های کارآفرینی شامل تلاش هایی است که به طور مستقیم به تجاری سازی محصولات و

خدمات ارائه شده بر پایه‌ی دانش فنی موجود می‌پردازند. حال هر مانعی از جنس فضای کسب و کار که این فرآیند را مختل کند، مانع کسب و کار تلقی می‌شود. چالش‌های زیر برای کارکرد کارآفرینی شناسایی شده است:

۱- نبود زمینه مناسب برای تجاری‌سازی دانش به دست آمده از تحقیقات کاربردی در زمینه فناوری تغییر در طراحی

اکتیو پارت

۲- عدم وجود قوانین مناسب برای تسهیل ورود کارآفرینان

چالش‌های شکل‌دهی به بازار

چالش‌های مربوط به بازار دو نوع هستند: چالش‌های مربوط به عرضه و چالش‌های مربوط به تقاضا. دسته اول چالش‌ها با ساختار بازار و وضعیت رقابت در بین عرضه‌کنندگان ارتباط دارد. انواع حالت‌های ساختار بازار به صورت زیر است:

◀ ساختار رقابت کامل: در این حالت، تعداد زیادی خریدار و تعداد زیادی فروشنده در بازار وجود دارند.

◀ ساختار رقابت انحصاری: در این حالت نیز تعداد زیادی فروشنده یک نوع محصول خاص و تعداد زیادی خریدار وجود

دارند، ولی فروشندگان از طریق ایجاد تمایز در محصولات خود مانند تغییر بسته بندی، ارتقای کیفیت و ... به

رقابت می‌پردازند.

◀ ساختار انحصار چندجانبه: در این حالت، تعداد کمی فروشنده و تعداد زیادی خریدار وجود دارد. در حالت خاصی که

تنها دو فروشنده در بازار وجود دارند را انحصار دوجانبه می‌نامند.

◀ ساختار انحصار کامل: این حالت، زمانی است که فقط یک فروشنده و تعداد زیادی خریدار در بازار وجود داشته باشد.

◀ ساختار انحصار کامل در طرف تقاضا: هنگامی که تنها یک خریدار و تعداد زیادی عرضه‌کننده در بازار وجود داشته

باشند.

◀ ساختار انحصار چندجانبه در طرف تقاضا: در این حالت، تعداد فروشندگان محصول در بازار بسیار زیاد است، ولی

تعداد کمی خریدار در بازار وجود دارد

چالش مربوط به تقاضای بازار مفهومی در تئوری‌های اقتصادی است که در آن تخصیص کالاها و خدمات توسط نظام

بازار آزاد به ناکارآمدی می‌انجامد. این نوع چالش عمدتاً در مکاتب اقتصاد نئوکلاسیک تأکید می‌شود. گاهی اوقات این

چالش ناشی از وجود تقاضا برای برخی از کالاهاست. عمدتاً کالاهایی که فناوری محور هستند و نیاز به حمایت و خرید

دولتی دارند، دچار این نوع چالش‌ها می‌شوند. چالش‌های اصلی شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

به صرفه نبودن توسعه فناوری: با توجه به یارانه پرداختی به برق و غیر واقعی بودن قیمت برق، استفاده از فناوری‌های

کاهش تلفات در ترانسفورماتورها برای تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان این تجهیزات مقرون به صرفه نیست. از طرف

دیگر، تولید ترانسفورماتورهای کم تلفات در مقیاس محدود، هزینه‌های بالایی برای تولیدکنندگان در بر دارد. این عوامل

باعث می‌شود که توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها برای تولیدکنندگان به صرفه نباشد.

عدم وجود تقاضای کافی: وزارت نیرو و مجموعه‌های بزرگ تولیدی مصرف‌کنندگان اصلی ترانسفورماتورهای توزیع در شبکه توزیع هستند. همان‌طور که اشاره شد با توجه به بارانه‌های پرداختی قیمت برق در کشور پایین است. به همین دلیل کاهش تلفات از طریق به کارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات برای مصرف‌کنندگان توجیه‌پذیر نیست. از این رو تقاضای کافی برای ترانسفورماتورهای کم تلفات وجود ندارد.

عدم وجود بازار رقابتی: در حال حاضر چند شرکت معدود در کشور به طراحی و ساخت ترانسفورماتورها می‌پردازند. این وضعیت نوعی انحصار چندقطبی را به وجود آورده است که از یک طرف باعث عدم تمایل تولیدکنندگان برای حرکت به سمت فناوری‌های نوین کاهش تلفات در ترانسفورماتورها شده است و از طرف دیگر مانع از ورود تولیدکنندگان جدید به این عرصه شده است. رفع این مانع می‌تواند نقش مهمی در توسعه این صنعت ایفا کند.

آیین‌نامه‌های معاملاتی ناکارآمد: آیین‌نامه‌های معاملاتی موجود در مورد خرید و فروش ترانسفورماتورها در کشور فاقد کارآمدی لازم برای تحریک عرضه‌کنندگان و مصرف‌کنندگان این نوع ترانسفورماتورها هستند. بنابراین اصلاح و بازنگری در این آیین‌نامه می‌تواند به تسهیل، شفاف‌سازی و هدایت معاملات در این صنعت کمک کند. به طور کلی چالش‌های شناسایی شده برای این کارکرد عبارتند از:

- ۱- کمبود تقاضای مطمئن از سوی مصرف‌کنندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات
- ۲- انگیزه پایین سازندگان ترانسفورماتورها برای طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات به علت به صرفه نبودن توسعه این فناوری
- ۳- وجود انحصار چندقطبی در بین تولیدکنندگان فعلی ترانسفورماتور در کشور
- ۴- عدم تولید انبوه ترانسفورماتور کم تلفات از سوی سازندگان داخلی
- ۵- ضعف قوانین و آیین‌نامه‌های تنظیم‌کننده بازار
- ۶- انگیزه پایین تولیدکنندگان جدید برای ورود به این بازار
- ۷- عدم وجود قوانین حمایتی لازم برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در زمینه توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

چالش‌های مقبولیت بخشی

همان‌طور که اشاره گردید این کارکرد در توسعه فناوری‌ها مانند کاتالیزگر عمل می‌کند و به توسعه نظام نوآوری سرعت می‌بخشد. این امر از طریق تشویق قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران، به ایجاد آرایش‌بندی جدیدی از بدنه قواعد و مقررات مربوط به نظام نوآوری فناورانه و از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی‌های سیاسی و رایزنی‌هایی است که بین گروه ذینفعان فناوری صورت می‌پذیرد. چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

- ۱- عدم آگاهی مدیران از مزایای بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات

۲- عدم وجود فرهنگ افزایش بهره‌وری و راندمان در بین مدیران

در ادامه جهت درک بهتر، چالش‌های شناسایی شده به تفکیک کارکرد و بر حسب ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۳-۱- چالش‌های توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات به تفکیک هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در هر یک از ابعاد ساختاری

زیرساخت‌ها	نهاده‌ها	تعاملات	بازیگران	مشکلات ساختاری کارکردها
	<ul style="list-style-type: none"> عدم حمایت کافی از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات 	<ul style="list-style-type: none"> وجود ارتباط ضعیف میان دانشگاه و صنعت برای تبادل دانش در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات میزان پایین همکاری مشترک بین‌المللی بین شرکت‌های معتبر داخلی و خارجی برای انتقال دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات وجود ارتباط ضعیف میان بازیگران توسعه دانش با مراکز علمی، تحقیقاتی کشورها پیشرو در زمینه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها 	<ul style="list-style-type: none"> کمبود تحقیقات مناسب و کاربردی در مراکز علمی و واحدهای تحقیق و توسعه برای کسب دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات به روز نبودن محتوای آموزشی دروس دانشگاهی مرتبط با ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات 	توسعه دانش

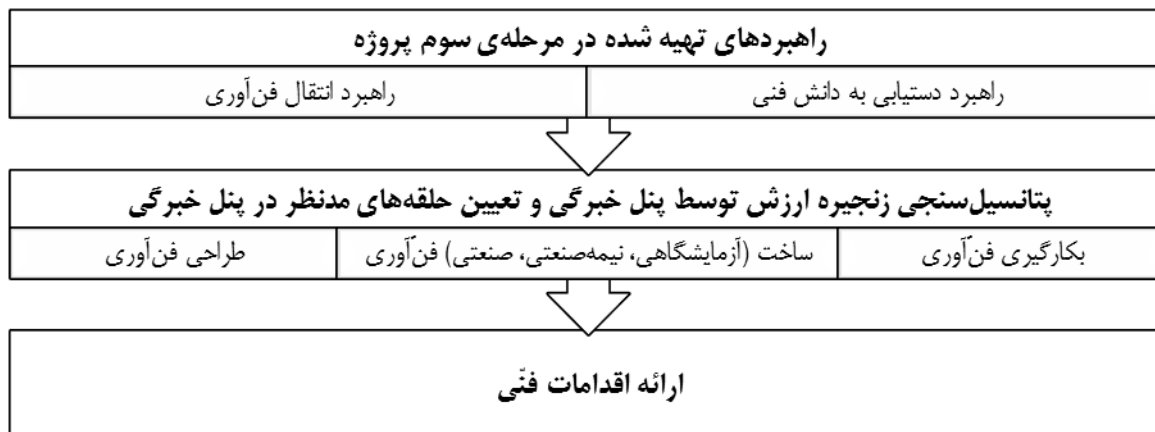
مشکلات ساختاری کارکردها	بازیگران	تعاملات	نهادهای	زیرساختها
انتشار دانش	<ul style="list-style-type: none"> • حضور کم رنگ شرکت‌های داخلی سازنده ترانسفورماتور در کنفرانس‌ها و همایش‌های تخصصی بین‌المللی جهت کسب دانش روز دنیا در زمینه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها • کمبود نمایشگاه‌های تخصصی در زمینه آخرین دستاوردهای صنعت ترانسفورماتور کم تلفات 	<ul style="list-style-type: none"> • عدم وجود همکاری کافی میان دست‌اندرکاران توسعه فناوری در به مشارکت گذاشتن دانش کسب شده با یکدیگر 		<ul style="list-style-type: none"> • عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور در زمینه ترانسفورماتور کم تلفات
جهت‌دهی به سیستم	<p>نبود مرجعی به عنوان مغز متفکر که به پیگیری و شناسایی مشکلات موجود و تصمیم‌گیری منسجم برای رفع آنها بپردازد و از اختیارات کافی برخوردار باشد</p>		<ul style="list-style-type: none"> • عدم وجود قوانین و دستورالعمل جهت الزام در بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات 	

مشکلات ساختاری کارکردها	بازیگران	تعاملات	نهادهای	زیرساختها
تامین منابع	<ul style="list-style-type: none"> • کمبود منابع مالی مورد نیاز دانشگاهها، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های سازنده ترانسفورماتور برای طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات 	<ul style="list-style-type: none"> • عدم وجود بستر مناسب جهت ارتباط با شرکت‌های خارجی تامین کننده مواد اولیه • ارتباط ضعیف بین شرکت‌های داخلی و خارجی برای تبادل نیروی انسانی متخصص در زمینه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها 	<ul style="list-style-type: none"> • عدم وجود برنامه مشخص و مدون برای تامین منابع مالی مورد نیاز 	<ul style="list-style-type: none"> • کمبود آزمایشگاه برای تست تجهیزات • محدودیت دسترسی به نرم‌افزارهای تخصصی برای طراحی ترانسفورماتور کم تلفات
کارآفرینی	<ul style="list-style-type: none"> • نبود زمینه مناسب برای تجاری‌سازی دانش به دست آمده از تحقیقات کاربردی در زمینه فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت 		<ul style="list-style-type: none"> • عدم وجود قوانین مناسب برای تسهیل ورود کارآفرینان 	
شکل‌دهی بازار	<ul style="list-style-type: none"> • کمبود تقاضای مطمئن از سوی مصرف کنندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات • انگیزه پایین سازندگان ترانسفورماتور به طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات به علت به صرفه نبودن توسعه این فناوری • وجود انحصار چندقطبی در بین تولیدکنندگان 		<ul style="list-style-type: none"> • ضعف قوانین و آیین‌نامه‌های تنظیم کننده بازار • عدم وجود قوانین حمایتی لازم برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در زمینه توسعه فناوری‌های کاهش 	

زیرساخت‌ها	نهاده‌ها	تعاملات	بازیگران	مشکلات ساختاری کارکردها
	تلفات در ترانسفورماتورها		<p>فعلی ترانسفورماتور در کشور</p> <ul style="list-style-type: none"> • عدم تولید انبوه ترانسفورماتورهای کم تلفات از سوی سازندگان داخلی • انگیزه پایین تولیدکنندگان جدید برای ورود به این بازار 	
			<ul style="list-style-type: none"> • عدم آگاهی مدیران از مزایای بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات • عدم وجود فرهنگ افزایش بهره‌وری و راندمان در بین مدیران 	مشروعیت بخشی

۲-۳- فرایند تدوین اقدامات فنی

فرایند تدوین این اقدامات، در شکل ۳-۴ نشان داده شده است.



شکل ۳-۴- فرایند تدوین اقدامات فنی توسعه فن آوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

همان‌طور که پیشتر اشاره شد راهبردهای تهیه شده در مرحله سوم طرح در جلسه کمیته راهبری مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به نظرات کمیته راهبری، در مورد هر یک از فن آوری‌های منتخب برای توسعه درون‌زا، پتانسیل‌سنجی شده و اقداماتی ارائه می‌گردد. همچنین فن آوری‌های منتخب برای انتقال فن آوری به اقداماتی جهت انتخاب روش بهینه، رهنمون می‌شود.

۴- سیاست‌ها و اقدامات مورد نیاز برای توسعه فناوری کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

همان‌طور که در شکل ۳-۱ نشان داده شده است، سیاست‌ها و اقدامات غیرفنی مورد نیاز بر اساس فهرست چالش‌ها و موانع شناسایی شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود. این سیاست‌ها و اقدامات همان‌طور که پیش از این اشاره شد بر اساس چالش‌ها و موانع شناخته شده در چهار کارکرد نظام نوآوری فناورانه پیشنهاد می‌شوند. در ادامه، با توجه به اینکه برخی از سیاست‌های توسعه فناوری 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 مورد توجه قرار گرفته است. بعلاوه، اقدامات فنی اقداماتی هستند که ذیل دو دسته چالش‌های مختص فناوری در کارکرد توسعه دانش یعنی «انتقال فناوری» و «توسعه درون‌زا» تعریف شده و بنابراین از راهبردهای تهیه شده در فاز ۳ ورودی می‌گیرند. در ادامه فهرست این اقدامات نیز ارائه شده است.

۴-۱- سیاست‌ها و اقدامات غیر فنی

جهت تدوین سیاست‌ها و اقدامات غیرفنی همان‌طور که اشاره شد، کلیه موانع و چالش‌های مورد نظر خبرگان و متخصصان استخراج شد و پس از پالایش و حذف موارد تکراری، فهرست نهایی چالش‌ها تهیه شد. در ادامه چالش‌های شناسایی شده و سیاست‌ها و اقدامات منتج شده از این چالش‌ها در جداول ۴-۱ تا ۴-۷ آمده است.

جدول ۴-۱- چالش‌ها، سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد توسعه و انتشار دانش

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
حمایت از پایان‌نامه‌های ارشد و دکتری در زمینه توسعه دانش فنی در زمینه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها	کمبود تحقیقات مناسب و کاربردی در مراکز علمی و واحدهای تحقیق و توسعه برای کسب دانش فنی ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات با فناوری‌های جدید
تدوین برنامه جامع حمایت از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات	عدم حمایت کافی از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات
بروزرسانی محتوای آموزشی در حوزه رشته‌های تخصصی مورد نیاز برای ساخت ترانسفورماتور کم تلفات از جمله در رشته‌های متالورژی و برق قدرت گرایش ماشین‌های الکتریکی	به روز نبودن محتوای آموزشی دروس دانشگاهی مرتبط با ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات
تدوین دستورالعمل همکاری میان بازیگران داخلی توسعه ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات اعم از: دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های سازنده ترانسفورماتور	وجود ارتباط ضعیف میان دانشگاه و صنعت برای تبادل دانش در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات
برقراری ارتباط میان شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی بین‌المللی با شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی در حوزه ترانسفورماتورهای کم تلفات	وجود ارتباط ضعیف میان بازیگران توسعه دانش با مراکز علمی، تحقیقاتی کشورهای پیشرو در زمینه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها
	میزان پایین همکاری مشترک بین‌المللی بین شرکت‌های معتبر داخلی و خارجی برای انتقال دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات

جدول ۴-۲- چالش‌ها، سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد انتشار دانش

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی و نمایشگاه‌های تخصصی با حضور کشورهای پیشرو در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات جهت تبادل دانش و آگاهی از جدیدترین دستاوردها در دنیا	حضور کم رنگ شرکت‌های داخلی سازنده ترانسفورماتور در کنفرانس‌ها و همایش‌های تخصصی بین‌المللی جهت کسب دانش روز دنیا در زمینه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها
	کمبود نمایشگاه‌های تخصصی در زمینه آخرین دستاوردهای صنعت ترانسفورماتور کم تلفات
شناسایی تشکلهای و انجمن‌های موجود در صنعت برق و تشویق آنها به فعالیت در زمینه ترانسفورماتورهای	عدم وجود همکاری کافی میان دست‌اندرکاران توسعه فناوری در به مشارکت گذاشتن دانش کسب شده با

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
کم تلفات	یکدیگر
ایجاد بانک اطلاعاتی محققین و دستاوردهای دانشی در حوزه ترانسفورماتورهای کم تلفات	عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور در زمینه دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات

جدول ۳-۴- چالش‌ها، سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد جهت‌دهی به سیستم

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
تشکیل ستاد راهبری نقشه راه توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات جهت هماهنگی و نظارت بر اجرای کار	نبود مرجعی به عنوان مغز متفکر که به پیگیری و شناسایی مشکلات موجود و تصمیم‌گیری منسجم برای رفع آنها بپردازد و از اختیارات کافی برخوردار باشد.
تدوین قوانین و دستورالعمل جهت ایجاد الزام برای بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات	عدم وجود قوانین و دستورالعمل جهت الزام در بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات

جدول ۴-۴- چالش‌ها، سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد تامین منابع

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
<ul style="list-style-type: none"> تدوین دستورالعمل‌های لازم برای تامین منابع مالی مورد نیاز به منظور توسعه فناوری ساخت ترانسفورماتور کم تلفات اعطای وام‌های بانکی بلندمدت و کم بهره به مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت‌های سازنده ترانسفورماتورها به منظور انجام فعالیتهای تحقیقاتی و ساخت آزمایشگاه‌های تست تجهیزات و کارگاه‌های لازم برای توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها تخصیص بخشی از منابع حاصل از هدف‌مندی یارانه‌ها در بخش برق به بومی‌سازی دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات 	<p>کمبود منابع مالی مورد نیاز دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های سازنده ترانسفورماتور برای طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات</p> <p>عدم وجود برنامه مشخص و مدون برای تامین منابع مالی مورد نیاز</p>
<ul style="list-style-type: none"> شناسایی تامین‌کنندگان داخلی و خارجی مواد و قطعات مورد نیاز برای طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات و ایجاد ارتباط با آنها برای تامین مواد و قطعات مورد نیاز کاهش تعرفه واردات مواد و قطعات مورد نیاز سازندگان داخلی برای طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات 	عدم وجود بستر مناسب جهت ارتباط با شرکت‌های خارجی تأمین‌کننده مواد اولیه
زمینه‌سازی حضور متخصصین خارجی در زمینه طراحی و	ارتباط ضعیف بین شرکت‌های داخلی و خارجی

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
ساخت ترانسفورماتور کم تلفات، در مراکز تحقیقاتی و صنعتی کشور	برای تبادل نیروی انسانی متخصص در زمینه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها
شناسایی و حمایت از تامین سخت‌افزار و نرم‌افزار مورد نیاز جهت توسعه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها	محدودیت دسترسی به نرم‌افزارهای تخصصی برای طراحی ترانسفورماتور کم تلفات کمبود آزمایشگاه برای تست تجهیزات

جدول ۴-۵- چالش‌ها، سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد کارآفرینی

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
تدوین دستورالعمل جهت حمایت از تجاری‌سازی دانش فنی به دست آمده از تحقیقات در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتور با فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت	نبود زمینه مناسب برای تجاری‌سازی دانش به دست آمده از تحقیقات کاربردی در زمینه فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت
ایجاد سازوکار انگیزشی - حمایتی ورود تولیدکنندگان جدید به بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات	عدم وجود قوانین مناسب برای تسهیل ورود کارآفرینان

جدول ۴-۶- چالش‌ها، سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد شکل‌دهی به بازار

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
اعطای مشوق‌های مالی نظیر پرداخت تسهیلات بلندمدت کم بهره، پرداخت سود تسهیلات و کاهش مالیات جهت ترغیب مصرف‌کنندگان ترانسفورماتورها به تعویض یا خرید ترانسفورماتورهای کم تلفات	کمبود تقاضای مطمئن از سوی مصرف‌کنندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات عدم تولید انبوه ترانسفورماتور کم تلفات از سوی سازندگان داخلی
ایجاد سازوکار انگیزشی - حمایتی برای تولیدکنندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات از طریق کاهش تعرفه و بخشودگی مالیاتی	انگیزه پایین سازندگان ترانسفورماتورها برای طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات به علت به صرفه نبودن توسعه این فناوری عدم وجود قوانین حمایتی لازم برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در زمینه توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها
ایجاد سازوکار انگیزشی - حمایتی ورود تولیدکنندگان جدید به بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات	وجود انحصار چندقطبی در بین تولیدکنندگان فعلی ترانسفورماتور در کشور انگیزه پایین تولیدکنندگان جدید برای ورود به این بازار
بازنگری آیین‌نامه‌های معاملاتی خرید و فروش	ضعف قوانین و آیین‌نامه‌های تنظیم‌کننده بازار

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
ترانسفورماتورهای کم تلفات	

جدول ۴-۷- چالش‌ها، سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد مشروعیت‌بخشی

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
<ul style="list-style-type: none"> آگاه سازی مدیران صنعت برق از مزایای بکارگیری ترانسفورماتور کم تلفات در صنعت برق از طریق برگزاری سمینارها و همایش‌های تخصصی 	<ul style="list-style-type: none"> عدم آگاهی مدیران از مزایای بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات عدم وجود فرهنگ افزایش بهره‌وری و راندمان در بین مدیران

۴-۲- اقدامات فنی

اقدامات فنی با توجه به فرایند شرح داده شده در بخش ۳-۲ و بر اساس راهبردهای ارائه شده در فاز سوم طرح به شرح زیر

تدوین می گردد:

- ۱- بکارگیری و استفاده از ترانسفورماتور کم تلفات تولید شده مبتنی بر فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت در شبکه
- ۲- بکارگیری و استفاده از ترانسفورماتور کم تلفات تولید شده مبتنی بر فناوری مبدل‌های الکترونیک قدرت
- ۳- تولید نمونه آزشگاهی ترانسفورماتور ابرسانا با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی
- ۴- تولید نیمه صنعتی ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوری عایق‌های خاص با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

منابع

- [۱]. «روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق - راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم»، پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲
- [2]. North, D. C., Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge university press, 1990.
- [3]. Schot, J., "Towards new forms of participatory technology development," Technology Analysis & Strategic Management, vol. 13, no. 1, pp. 39-52, 2001.
- [4]. Dosi, G., Technical change and industrial transformation. St. Martin's Press New York, 1984.
- [5]. Dosi, G., "Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation," Journal of economic literature, pp. 1120-1171, 1988.
- [6]. Carlsson B. and Stankiewicz, R., "Evolutionary Economics," pp. 93-118, 1991.

فهرست مطالب

۱- مقدمه	۱
۲- چارچوب نظری تدوین سیاستها و اقدامات سند توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات	۱
۱-۲- کارکردها در نظام نوآوری فناورانه	۲
۲-۲- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه	۱۵
۱-۲-۲- بازیگران	۱۵
۲-۲-۲- نهادها	۱۶
۳-۲-۲- زیرساخت	۱۷
۴-۲-۲- روابط و شبکه‌ها	۱۸
۳- فرایند تدوین سیاستها و اقدامات توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات	۲۱
۱-۳- فرایند تدوین سیاستها و اقدامات	۲۱
۱-۳-۱- شناسایی وضعیت موجود توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین	۲۳
۲-۳-۱- بازیگران نظام توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین	۲۳
۳-۳-۱- شناسایی مرحله توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین	۲۴
۴-۳-۱- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین	۲۶
۵-۳-۱- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین و تدوین سیاستها و اقدامات	۲۸
۲۸	
۴- سیاستها و اقدامات مورد نیاز برای توسعه فناوری کاهش تلفات در ترانسفورماتورها	۳۹
منابع	۴۴

فهرست اشکال

- شکل (۳-۴): نمایش مسیر توسعه‌ی بازار تکنولوژی ۱۱
- شکل ۳-۱- فرایند تدوین سیاست ها و اقدامات غیرفنی توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین ۲۲
- شکل ۳-۳- مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای ۲۷

فهرست جداول

- جدول ۱-۲- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه ۲۰
- جدول ۲-۲- اهداف بررسی مشکلات سیستمی ۲۱
- جدول ۱-۳- بازیگران توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین ۲۳
- جدول ۲-۳- شاخص‌های شناسایی مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه ۲۴
- جدول ۳-۳- ویژگی مراحل توسعه به تفکیک عناصر ساختاری برای تعیین مرحله‌ی نظام نوآوری فناورانه ۲۶

۱- مقدمه

در مرحله چهارم طرح «تدوین سند راهبردی توسعه ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات»، سیاستها و اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم انداز، اهداف و راهبردها مشخص می گردد. این سیاستها و اقدامات برای رفع مشکلات موجود در ابعاد توسعه و انتشار دانش، فعالیت‌های کارآفرینی، شکل دهی به بازار، تأمین منابع مالی، انسانی و مواد، مشروعیت بخشی و جهت دهی به سیستم در حوزه توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات تعیین می‌شود [۱]. ورودی لازم برای تعیین سیاستها و اقدامات غیرفنی، چالش‌ها و مشکلات موجود در هر یک از این ابعاد است که با کمک کارشناسان و خبرگان در حوزه ترانسفورماتورهای کم تلفات استخراج می‌شود. به علاوه در کارکرد توسعه دانش، اقدامات فنی نیز ارائه خواهند شد که ورودی آن‌ها راهبردهای ارائه شده در گزارش مرحله سوم می‌باشد.

ساختار این گزارش به این صورت است. در بخش اول درباره مبانی نظری تدوین اقدامات و سیاستها در ادبیات سیاستگذاری فناوری صحبت می‌شود. سپس فرایند تدوین سیاستها و اقدامات سند توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات مورد بحث قرار می‌گیرد. در نهایت، سیاستها و اقدامات تدوین شده برای رفع مشکلات توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات ارائه خواهد شد.

۲- چارچوب نظری تدوین سیاستها و اقدامات سند توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات

مبنای تدوین این سیاستها و اقدامات در این سند نظام نوآوری فناورانه (TIS) است. بنا بر تعریف کارلسون و استانکیویچک نظام فناورانه عبارت است از: «شبکه‌ای پویا از عاملان^۱ که در یک ناحیه اقتصادی/صنعتی تحت زیرساخت‌های نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهیم هستند»

نقطه آغاز تحلیل یک نظام فناورانه نوآوری بر یک منطقه جغرافیایی یا بخش صنعتی متمرکز نیست، بلکه بر یک تکنولوژی یا یک زمینه فناورانه متمرکز است. هدف بیشتر مطالعات نظام‌های نوآوری فناورانه، تحلیل و ارزیابی توسعه یک نوآوری فناورانه خاص در قالب ساختار یا فرآیندهای پشتیبان (یا مخرب) آن است. از این منظر، می‌توان به این رویکرد به‌عنوان یک گونه‌ی

¹ - Agents

خردنگر^۱ از مفهوم نظام‌های بخشی نوآوری نگر نیست. رویکرد نظام نوآوری فناورانه دارای مشخصه‌های عمومی رویکردهای نظام نوآوری است. با این وجود، دو مشخصه، این رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اولین مشخصه، تأکید رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر نقش شایستگی اقتصادی، توانایی توسعه و استفاده از فرصت‌های جدید کسب و کار به‌عنوان جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه می‌باشد. این رویکرد بر کافی نبودن تحریک جریان‌های دانش برای وقوع تغییرات فناورانه و عملکرد اقتصادی تأکید می‌کند. تحریک جریان‌های دانش برای تحریک فعالانه دانش‌های موجود به‌منظور ایجاد فرصت‌های جدید کسب و کار، لازم است. این جنبه رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر اهمیت اشخاص به‌عنوان منابع نوآوری تأکید می‌کند. این موضوع توسط رویکردهای کل‌نگر^۲ نظام نوآوری مغفول واقع گردیده است. تمرکز بر فعالیت‌های کارآفرینانه، مکمل تأکید بر جریان‌های دانش است. مشخصه دوم متمایز کننده مطالعات مربوط به نظام نوآوری فناورانه از رویکردهای دیگر، تمرکز زیاد آن بر پویایی سیستم است. تمرکز بر اقدام کارآفرینانه، پژوهشگران حوزه نظام فناورانه نوآوری را تشویق به نگرستن به آن به‌عنوان چیزی کرده است که در طول زمان ایجاد می‌گردد.

۲-۱- کارکردها در نظام نوآوری فناورانه

هدف هر نظام نوآوری از جمله نظام نوآوری فناورانه، تحقق اهداف فرایند نوآوری است. این اهداف شامل خلق، انتشار و بهره‌برداری از فناوری است که در قالب توسعه‌ی فناورانه، به‌ظهور می‌رسد. حال دسته‌های مختلف فعالیت‌هایی که بر توسعه فناوری اثر می‌گذارند، کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نام می‌گیرند. کارکردها، فرایندهایی هستند که وجود آن‌ها در شکل‌گیری یک نظام نوآوری فناورانه ضروری است. هر یک از این کارکردها، می‌تواند از طریق فعالیت‌های گوناگون محقق شوند. در راستای شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه برای یک فناوری، ۷ کارکرد گوناگون باید محقق گردد. از طرفی، این کارکردها بر یکدیگر اثرگذار هستند و می‌توانند منجر به تقویت و یا تضعیف یکدیگر شوند. در نتیجه چنین تعاملاتی میان کارکردها، حلقه‌های علی و معلولی متفاوتی قابل شناسایی هستند. بنابراین، در ادامه به معرفی کارکردها و چگونگی اثرگذاری آن‌ها بر یکدیگر پرداخته خواهد شد.

¹ - Micro oriented

² - Macro oriented

از آن جایی که تنها با تحلیل ساختاری نظام‌های فنی-اجتماعی نمی‌توان تغییرات فناورانه را تحلیل کرد، این رویکرد می‌بایست فراهم‌آورنده چارچوبی برای تحلیل فرایندی نظام‌های فنی-اجتماعی باشد. بدین منظور، محققان مختلف به تعریف کارکردهای نظام نوآوری پرداخته‌اند.

اولین بار جانسون در سال ۲۰۰۱ شش کارکرد را پیشنهاد نمود. در سال ۲۰۰۷ هکرت این ۶ کارکرد را به صورت عملیاتی تست کرد و در نهایت ۷ کارکرد زیر را پیشنهاد نمود:

☞ فناوری‌های کار آفرینی

☞ توسعه دانش

☞ انتشار دانش

☞ جهت‌دهی به سیستم

☞ شکل‌دهی به بازار

☞ تأمین و تسهیل منابع

☞ مقبولیت بخشی

در سال ۲۰۰۸ برگگ نیز ۷ کارکرد را با تغییراتی بسیار کوچک نسبت به کارکردهای معرفی شده توسط هکرت پیشنهاد نمود که در ادامه به توضیح آن پرداخته می‌شود [۳].

فعالیت‌های کارآفرینی

کارآفرینان از بازیگران کلیدی در نظام‌های نوآوری به‌شمار می‌روند. فعالیت‌های کارآفرینی را نیز می‌توان در قالب یکی از فرایندهای اصلی نظام نوآوری جای داد. فعالیت کارآفرینی عبارتست از تبدیل دانش فنی موجود به کسب و کارهای جدید. این کار از طریق انجام پروژه‌های اجرایی انجام می‌شود. بنابراین، از لازمه‌های انجام فعالیت کارآفرینی، وجود دانش فنی است. نکته قابل بیان آن است که هر بازیگری (شامل هر بازیگری در بخش خصوصی یا عمومی و یا بازیگران دولتی، دانشگاهی و یا صنعتی) که به انجام فعالیت‌های کارآفرینی مبادرت ورزد، در آن مقطع خاص به‌عنوان کارآفرین شناخته می‌شود. بنابراین، در برخی موارد، حتی دولت‌ها نیز می‌توانند در نقش کارآفرین ظاهر شوند.

به طور کلی می توان دو زیرکارکرد را برای فعالیت های کارآفرینی متصور شد: ایجاد فرصت های کاری جدید و شناساندن فرصت های کاری جدید. در ایجاد فرصت های کاری جدید، کسب سود به طور مستقیم مورد هدف قرار می گیرد؛ در حالی که در شناساندن فرصت های کاری جدید، ایجاد مشروعیت برای آن محصول یا خدمت (و در سطحی بالاتر برای تکنولوژی) هدف اصلی فعالیت است. در این حالت، با ایجاد مشروعیت برای محصول یا خدمت ارائه شده، زمینه ای برای کسب سود فراهم می شود.

می توان گفت که فعالیت های کارآفرینی شامل تلاش هایی است که بطور مستقیم به تجاری سازی محصولات و خدمات ارائه شده بر پایه دانش فنی موجود می پردازند. درحقیقت، این فعالیت است که یک نظام نوآوری را از یک نظام تحقیقات متمایز می سازد. لازم به ذکر است که انجام فعالیت های کارآفرینی می تواند منجر به شکل گیری دانش های جدید از تکنولوژی موجود گردد. بنابراین، از یک سو توسعه دانش لازمه انجام فعالیت های کارآفرینانه است و از سوی دیگر، فعالیت های کارآفرینانه با افزایش دانش فنی در رابطه با تکنولوژی همراه است.

کارآفرینان را می توان از منظر سابقه آن ها در انجام فعالیت های کارآفرینی به دو دسته تقسیم کرد: دسته اول کارآفرینان شرکت هایی هستند که به تکنولوژی جدید به مثابه فرصتی برای ورود به کسب و کار و استفاده از بازارهای موجود در حوزه تکنولوژی نوظهور می نگرند. دسته دوم کارآفرینان نیز شرکت هایی را شامل می شوند که پیش از ظهور تکنولوژی در بخش های دیگر مشغول به کار بوده اند. این دسته از کارآفرینان به تکنولوژی نوظهور به چشم یک فرصت جدید برای تنوع بخشی به سبد کاری خود و استفاده از مزایای آن می نگرند. برخی از محققان بر این باورند که حضور پررنگ تر کارآفرینان دسته دوم در نظام های نوآوری از اثربخشی بیشتری برخوردار است.

در ادبیات، نمونه هایی از فعالیت های مربوط به این کارکرد برشمرده شده اند:

↳ سرمایه گذاری های خطرپذیر صورت پذیرفته (پروژه های انجام شده) در تجاری سازی تکنولوژی

↳ ورود شرکت های نوآور در عرصه تجاری سازی تکنولوژی

↳ تأسیس شرکت های نوپا

↳ ورود شرکت های موجود در حوزه های دیگر به حوزه تکنولوژی

↳ ارائه محصولات و خدمات جدید در زمینه تکنولوژی

↳ فعالیت های انجام شده با هدف نمایش و توجیه پذیر ساختن تکنولوژی

برگزاری نمایشگاه تکنولوژی

انجام پروژه‌های نمایشی

خلق دانش

کارکرد خلق دانش، دربرگیرنده تمامی فعالیت‌هایی است که می‌توان در فرایند یادگیری^۱ قرار داد. بدیهی است که این کارکرد در قلب فرایند نوآوری و در نتیجه در قلب یک نظام نوآوری جای دارد. بنابراین، تحقق این کارکرد پیش‌نیاز توسعه نظام نوآوری فناورانه تلقی می‌گردد و جزء کارکردهایی است که می‌بایست پیش از کارکردهای دیگر محقق گردد. این یادگیری در رابطه با موضوعات مختلف مانند دانش فنی تکنولوژی نوظهور، بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کنندگان صادق است. با این وجود، تأکید بیشتری در رابطه با یادگیری دانش فنی تکنولوژی نوظهور وجود دارد. از این منظر (موضوع مورد تمرکز) می‌توان کارکرد خلق دانش را به دو دسته تقسیم کرد: خلق دانش فنی و خلق دانش غیرفنی.

این فرایند یادگیری، به اقسام گوناگونی می‌تواند واقع شود. از مهم‌ترین انواع یادگیری رخ داده در راستای تحقق این کارکرد، یادگیری در حین جستجو^۲ (یادگیری کتابخانه‌های) و یادگیری در حین انجام کار^۳، یادگیری در حین تعامل^۴ و یادگیری در حین استفاده^۵ می‌باشد. البته می‌بایست به این موضوع توجه داشت که یادگیری در حین تعامل در صورت وقوع به این شکل در قالب این کارکرد قرار می‌گیرد؛ تعامل موجود بین بازیگران موجود در سیستم در حالتی که هیچ یک از آنان دانش مورد نظر را ندارد (همگی آن‌ها برای رسیدن به یک دانش مشترک با یکدیگر تعامل دارند و بین آن‌ها جریان دانشی قابل توجهی وجود ندارد)؛ تعامل موجود بین بازیگران موجود در سیستم با بازیگران خارج از سیستم که دانش از بازیگر خارجی به بازیگر داخلی جریان می‌یابد.

می‌توان برای دانش موجود در سیستم، سطوح مختلفی را متصور شد. این سطوح عبارتند از سطح بنگاه، صنعت و جامعه. دانش موجود در سطح بنگاه عبارتست از دانشی که مختص بنگاه‌ها بوده و برای دستیابی به آن می‌بایست آن را درون

برخی از محققان این کارکرد را کارکرد یادگیری نام نهاده‌اند.^۱

^۲- Learning by searching

^۳- Learning by doing

^۴- Learning by interacting

^۵- Learning by using

بنگاهها جستجو کرد. این دانش (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش فنی است) در رابطه با محصولات و فرایند تولید آنها در حیطه تخصصی بنگاهها است و معمولاً بنگاهها حاضر به تسهیم آن با سایر بنگاهها نمی‌شوند. دانش موجود در سطح صنعت (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش غیرفنی است) متعلق به بنگاه خاصی نیست و حاصل از پارادایم موجود در سطح صنعت می‌باشد. برای دستیابی به دانش موجود در سطح یک صنعت می‌بایست وارد صنعت مورد نظر شد. دانش موجود در سطح جامعه نیز همچون دانش موجود در سطح صنعت متعلق به مجموعه‌ای از بازیگران موجود در آن جامعه است. برای اکتساب این نوع از دانش نیز می‌بایست وارد جامعه مورد نظر شد.

از طریق ارزیابی شاخص‌ها و رخدادهای زیر می‌توان میزان برآوردن این کارکرد را بررسی کرد:

☞ تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه تکنولوژی

☞ تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه تکنولوژی

☞ تعداد و اندازه‌ی نهادهای تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی

☞ تعداد و اندازه‌ی مطالعات علمی و فنی صورت گرفته درباره تکنولوژی

☞ تعداد تست‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی تکنولوژی

☞ تعداد انجام آزمایش و پیاده‌سازی تکنولوژی در ناحیه‌ای از محیط به‌جای محدوده گسترده‌تر (پایلوت)^۱

☞ تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از تکنولوژی (پروتوتایپ)^۲

انتشار دانش

کارکرد انتشار دانش دربرگیرنده مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف تسهیم^۳ و به اشتراک‌گذاری^۴ دانش^۱ و اطلاعات در میان بازیگران مختلف موجود در سیستم است. یک عامل ساختاری ضروری برای تحقق انتشار دانش، شبکه است. یکی از

^۱- Pilot

^۲- Prototype

^۳- Dissemination

^۴- Sharing

ویژگی‌های مهم نظام نوآوری فناورانه، وجود شبکه در ساختار آن است. مهم‌ترین نقشی که یک شبکه قادر به برآوردن آن است، فراهم‌آوری بستری برای ایجاد جریان دانش و اطلاعات در بین بازیگران موجود در سیستم است. دو نوع از شبکه‌ها را می‌توان متصور بود: شبکه‌های نرم و شبکه‌های سخت. در شبکه‌های نرم، لزوماً دانش موجود در منبع دانشی (بازیگر برخوردار از دانش) به بازیگر خواهان دانش به صورت کامل منتقل نمی‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه عبارتند از کنفرانس‌ها، همایش‌ها، کارگاه‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی مشترک بین بازیگران موجود در نظام. از این پس، این نوع از انتشار دانش، تسهیم دانش نامیده می‌شود. در شبکه‌های سخت، دانش موجود در منبع دانشی توسط بازیگر خواهان آن دریافت می‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه‌ها عبارتند از اتحادهای استراتژیک، هاب‌های تکنولوژی و سرمایه‌گذاری‌های مشترک^۲. این نوع از انتشار دانش، به اشتراک‌گذاری دانش نامیده می‌شود.

نمونه‌ای از رخدادهای شاخص‌های نشانگر تحقق این کارکرد عبارتند از:

☞ تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)

☞ میزان جابجایی نیروهای تحصیلکرده دانشگاهی با محوریت تکنولوژی

☞ کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی، پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران، سرمایه‌گذاری‌های مشترک صورت

پذیرفته با موضوع تکنولوژی

☞ تعداد و اندازه شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه

☞ جهت‌دهی به سیستم

کارکرد جهت‌دهی به سیستم متشکل از فعالیت‌هایی است که به‌گزینه‌ها و محدود کردن گزینه‌های موجود در رابطه با تکنولوژی، کاربرد آن‌ها و بازارشان در سطوح مختلف می‌پردازد. این سطوح عبارتند از سطح فراسیستم^۳ و سطوح کلان^۱ و

۱- همان‌طور که کارکرد خلق دانش مشتمل بر خلق دانش فنی و غیرفنی است، کارکرد انتشار دانش نیز قابل تقسیم به انتشار دانش فنی و انتشار دانش غیرفنی می‌باشد.

۲- Joint venture

۳- منظور از فراسیستم، سیستمی است که سیستم مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. در ادبیات از این فراسیستم با یاد می‌شود. Landscape نام

خرد سیستم^۲. این فعالیتها به منظور همگرا ساختن تلاشهای انجام گرفته در توسعه تکنولوژی انجام می شوند. می توان این فرایند گزینشی را دربرگیرنده شناسایی فرصت های موجود در نظام نوآوری فناورانه دانست. برای توضیح بیشتر می توان گفت که به علت وجود محدودیت در منابع در دسترس، از میان گزینه های مختلف موجود باید دست به انتخاب زد و بر آن تمرکز نمود. بدون انجام این مرحله، نیاز و انتظارات بازیگران از روند توسعه ناشناخته باقی مانده و منابع در دامنه وسیعی از گزینه های کاربردی و فناورانه پراکنده شده و به هدر می رود. در نتیجه، تعداد قابل توجهی از گزینه های توسعه با وجود صرف منبع برایشان، ناموفق باقی می ماند. برای جلوگیری از وقوع این رخداد، کارکرد جهت دهی به سیستم در روند توسعه فناورانه تعریف می گردد.

می توان فعالیت های انجام شده ی مربوط به این کارکرد را به سه دسته تقسیم کرد: تنظیمی^۳، شناختی^۴ و هنجاری^۱. درحقیقت، فعالیت های رخ داده در این کارکرد منجر به ایجاد، تغییر و یا از میان برداشتن نهادهای موجود در سیستم می شود. برای توضیح بیشتر می توان گفت که برخی از رخدادها می توانند انتظارات را نسبت به برخی گزینه های پیش رو افزایش دهند (شناختی). برای مثال، عملکرد خوب یک گزینه ی تکنولوژی منجر به افزایش انتظارات از آن گزینه می گردد. با افزایش انتظارات نسبت به آن گزینه، اولویت آن گزینه در اذهان بالاتر می رود. این رخداد به معنای تغییر در شناخت های پیشین و ایجاد شناخت جدید نسبت به گزینه های موجود است. برخی دیگر از رخدادها می توانند منجر به تغییر در هنجارهای موجود شوند. برای مثال، وقوع یک رخداد طبیعی ممکن است منجر به افزایش ارزش انواع خاصی از تکنولوژی های تولید انرژی (مانند انرژی های تجدیدپذیر) گردد. با افزایش ارزش این نوع از تکنولوژی ها، پارادایم جدیدی در نظام موجود شکل می گیرد. در پارادایم جدید، هنجارهای جدیدی مطرح می شوند (گونه ی هنجاری جهت دهی به سیستم). ممکن است در نتیجه وقوع رخدادهای اثرگذار بر شناختها و هنجارهای سیستم، قوانین، مقررات، استانداردها،

۱ - سطوح کلان سیستم مشتمل بر سطوحی است که نسبتاً در طول زمان پایدار هستند و با توسعه ی تکنولوژی^۱ می نامند. Regime تغییرات اندکی در آنها حاصل می شود. این سطوح را

۲ - این مجموعه از سطوح متأثر از تغییرات فراوانی هستند و به شدت متلاطم می باشند. در ادبیات این سطوح را^۲ می نامند. Niche.

۳ - Regulative

۴ - Cognitive

توافق نامه‌ها و به طور کلی، تصمیمات جدیدی (تنظیمی) اتخاذ کردند. اتخاذ این تصمیمات نیز می‌تواند منجر به هدایت سیستم به سوی گزینه‌های خاص شود.

نمونه‌های از رخدادهای مربوط به این کارکرد در ادامه آورده شده‌اند:

◀ وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه تکنولوژی و یا موارد دیگر که بر تکنولوژی اثرگذارند

◀ 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 آینده تکنولوژی

◀ هدف‌گذاری‌های انجام شده در سیاست‌گذاری‌های تکنولوژی

◀ قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی

◀ تدوین استانداردها

◀ بروز نتایج مثبت از تحقیقات انجام شده در زمینه تکنولوژی

◀ شناسایی مشکلات، فرصت‌ها و تهدیدهای موجود در رابطه با تکنولوژی (در طول زنجیره ارزش آن)

● شکل دهی به بازار

مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف رقابت‌پذیر ساختن تکنولوژی نوظهور نسبت به تکنولوژی‌های موجود در عرصه بازار در طول تحقق این کارکرد قرار می‌گیرند. نباید انتظار داشت که تکنولوژی‌های نوظهور، توانایی رقابت با تکنولوژی‌های موجود را داشته باشند. بنابراین نیاز است تا با هدف حمایت از نوآوری، شرایطی قابل رقابت در بازار برای تکنولوژی نوظهور پدید آورد. در واقع می‌بایست با انجام مجموعه‌ای از فعالیت‌ها، برای رقابت تکنولوژی نوظهور با سایر تکنولوژی‌ها

¹- Normative

محیطی کنترل شده پدید آورد. نوع فعالیتها و هدف میان مدت آنها در طول دوره تکامل تکنولوژی نوظهور متغیر است. به بیان دیگر، با توسعه تکنولوژی و افزایش قابلیت‌های آن، نوع فعالیت‌های مربوط به تکنولوژی و هدف آنها برای توسعه استفاده از آن در بازار نسبت به دیگر تکنولوژی‌ها تغییر می‌کند.

درحقیقت، یک تکنولوژی نوظهور در مسیر رشد و توسعه خود نیازمند دستیابی به قابلیت‌هایی است که به واسطه آنها بتواند در بازار نفوذ کرده و به سوی بلوغ خود حرکت نماید. شکل‌گیری بازار هر تکنولوژی نوظهور با پیدایش سه قابلیت، قابلیت‌های فنی^۱، قابلیت‌های اقتصادی^۲ و قابلیت‌های بازار^۳ در آن تکنولوژی همراه خواهد بود. به عبارت دیگر، شکل‌گیری بازار تکنولوژی در قالب دستیابی به این سه قابلیت تجلی پیدا می‌نماید. با دستیابی به هر قابلیت، توانایی‌هایی از ابعاد گوناگون در تکنولوژی ایجاد می‌گردد و زمینه را برای نفوذ تکنولوژی در بازار آماده می‌کند. در این جا مناسب است تا منظور از هر دسته از قابلیت‌ها که پیش‌نیازی برای ورود تکنولوژی به بازار است روشن گردد:

قابلیت‌های فنی اشاره به قابلیت‌هایی داشته که یک تکنولوژی با دارا بودن آنها می‌تواند از لحاظ فناورانه، ممکن تلقی شود. به عبارت دیگر، زمانی که یک تکنولوژی از قابلیت فنی برخوردار باشد، دسترسی به زیرتکنولوژی‌های لازم برای تولید آن ممکن بوده، مواد اولیه و تجهیزات مکمل موردنیاز موجود می‌باشد، دانش کافی برای انتقال تکنولوژی در اختیار است، کلیه اجزای فنی آن با یکدیگر سازگاری داشته (هماهنگی میان اجزا)، تکنولوژی به خروجی قابل قبول خود دست یافته (تکنولوژی درست عمل می‌کند) و درنهایت تکنولوژی از قابلیت اطمینان^۴ بالایی برخوردار می‌باشد. بنابراین، با دارا بودن این قابلیت درمورد یک تکنولوژی مفروض می‌توان از پشتیبانی کامل از بعد فناورانه در آن تکنولوژی اطمینان حاصل نموده و دستیابی به تکنولوژی را چه از بُعد تولیدی و چه از بُعد انتقال تکنولوژی ممکن دانست.

قابلیت اقتصادی به قابلیت‌هایی اشاره دارد که تکنولوژی با دارا بودن آنها از لحاظ اقتصادی به صرفه تلقی می‌گردد. تکنولوژی که از قابلیت‌های اقتصادی برخوردار باشد، تحلیل هزینه-فایده^۵ در مورد تکنولوژی نتیجه‌ای مثبت (چیرگی

1- Technological Potential

2- Economical Potential

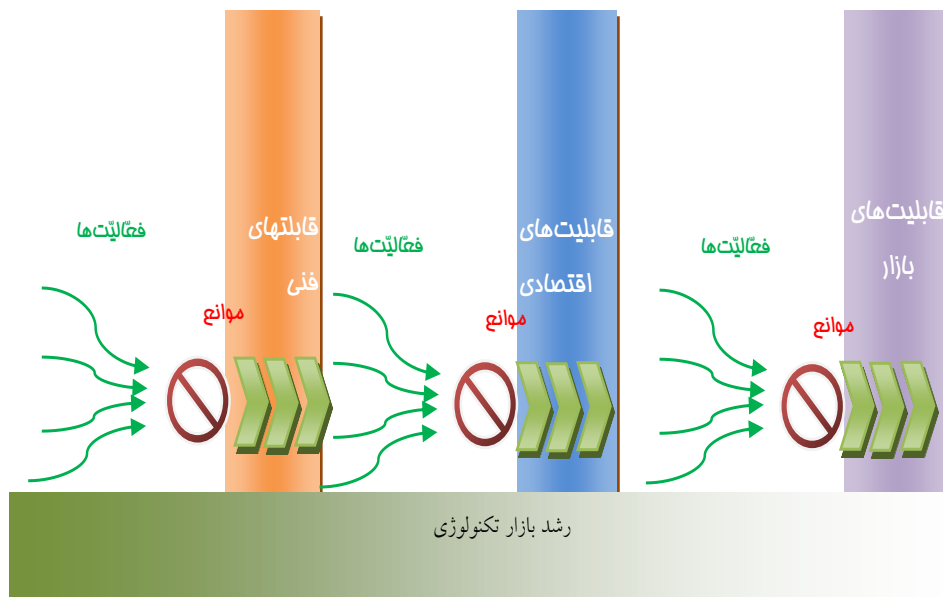
3- Market Potential

4- Reliability

5- Cost Benefit Analysis

فایده بر هزینه) به همراه داشته، هزینه‌های تولید، مونتاژ و یا انتقال آن به صرفه بوده، خروجی تولیدی از تکنولوژی دارای ارزش بالا بوده و در مجموع ورود به بازار این تکنولوژی پربازده تلقی می‌گردد. به طور قطع زمانی یک تکنولوژی قادر به دستیابی به این قابلیت خواهد بود که از قابلیت‌های فنی برخوردار شده باشد. به عبارت دیگر، دستیابی به قابلیت‌های فنی، پیش‌نیاز دستیابی به قابلیت‌های اقتصادی است.

قابلیت بازار در یک تکنولوژی به این معنی خواهد بود که علاوه بر دارا بودن قابلیت‌های فنی و اقتصادی، تکنولوژی توانایی رقابت با سایر گزینه‌های موجود در بازار را داشته، با تمایلات مصرف‌کنندگان سازگار بوده و در نهایت قادر خواهد بود در کنار امکان‌پذیری فنی و اقتصادی، در بازار با موفقیت توسعه پیدا کند. زمانی که یک تکنولوژی بتواند به این قابلیت دست پیدا کند، تمام شرایط برای ورود به بازار در آن مهیا شده و از این پس با این تکنولوژی به صورت یک محصول تجاری برخورد می‌شود.



شکل (۴-۳): نمایش مسیر توسعه‌ی بازار تکنولوژی

همان‌گونه که از تعریف هر دسته از قابلیت‌های فناورانه استنباط می‌گردد، دستیابی به هر قابلیت برای تکنولوژی، پیش‌نیازی برای دستیابی به قابلیت‌های مراحل بعدی است. در نهایت، رسیدن تکنولوژی به مجموع این توانایی‌ها به معنی توسعه بازار برای تکنولوژی موردنظر خواهد بود. اما همیشه روند دستیابی تکنولوژی‌ها به قابلیت‌های فنی، اقتصادی و بازار

هموار نبوده و این قابلیت‌ها به سهولت حاصل نمی‌شود. به عبارت دیگر موانعی در مسیر توسعه ایجاد می‌گردد که دستیابی تکنولوژی به قابلیت‌های فنی، اقتصادی و بازار را مشکل و یا حتی غیرممکن نموده و مانع ایجاد شرایط لازم برای نفوذ تکنولوژی به بازار می‌گردد.

کارکرد شکل دهی به بازار، شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت مالی از مصرف تکنولوژی نوظهور و یا سیاست‌های مالیاتی برای تکنولوژی‌های رقیب) است که منجر به ایجا تقاضا برای تکنولوژی در راستای حمایت از آن می‌گردد. تفاوت میان این کارکرد و کارکرد جهت‌دهی به سیستم در آن است که در این کارکرد، گزینش نهایی توسط کاربران تکنولوژی انجام می‌شود؛ درحالی‌که در کارکرد جهت‌دهی به سیستم کاربران نقشی در فرایند گزینش ایفا نمی‌کنند. بنابراین می‌توان کارکرد شکل‌گیری بازار را حالت خاصی از کارکرد جهت‌دهی به سیستم دانست. با استفاده از شاخص‌ها و شناسایی فعالیت‌های مختلف، می‌توان میزان تحقق این کارکرد را سنجید. نمونه‌ای از این اقدام در ادامه آورده شده است:

☞ شناسایی مرحله‌ی بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار

☞ شفاف‌سازی پتانسیل بازار

☞ تعداد و تنوع کاربران موجود برای تکنولوژی

☞ تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل‌دهی به بازار

☞ میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران

☞ هزینه‌های مصرف تکنولوژی

☞ بسیج منابع

مجموعه‌ای از فعالیت‌های مربوط به تأمین و هماهنگی ورودی‌های لازم برای توسعه‌ی نظام نوآوری در راستای تحقق کارکرد بسیج منابع قرار می‌گیرند. دسترسی به منابع مورد نیاز، یکی از ضروری‌ترین نیازهای توسعه نظام‌های نوآوری فناورانه است. فعالیت‌هایی که در این کارکرد صورت می‌پذیرد، بیشتر از جنس سرمایه‌گذاری‌هایی است که در فرایند توسعه انجام می‌شوند. همچنین، گسترش زیرساخت‌های عمومی مورد نیاز پیشرفت تکنولوژی، مانند سیستم‌های آموزشی و تسهیلات تحقیق و توسعه نیز در زمره این کارکرد قرار می‌گیرد. در صورت عدم وجود منابع مالی و ابزارهای مورد نیاز و نیز بازیگرانی با توانایی و قابلیت‌های متمایز، یک تکنولوژی نوظهور به هیچ وجه مورد استقبال قرار نخواهد گرفت.

بنابراین، این کارکرد دارای اهمیت فراوانی در روند توسعه می‌باشد. بنابراین نگاهت کارکرد بسیج منابع در چهار بُعد مختلف، امکان‌پذیر است:

☞ منابع انسانی: تأمین و هماهنگ‌سازی افراد علمی یا فنی موردنیاز برای توسعه تکنولوژی

☞ منابع مالی: تأمین و هماهنگ‌سازی بودجه‌ها و اعتبارات موردنیاز برای توسعه تکنولوژی

☞ منابع مادی: تأمین و هماهنگ‌سازی مواد (و در پاره‌ای اوقات، قطعات) موردنیاز برای توسعه تکنولوژی

☞ منابع مکمل: تأمین و هماهنگ‌سازی زیرساخت‌ها، محصولات و یا خدمات مکمل^۱ موردنیاز برای توسعه تکنولوژی

این کارکرد می‌تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگر دیگری که در روند توسعه فناوری مشغول است، برآورده گردد. هرچه سطح بلوغ تکنولوژی نوظهور بیشتر شود، انتظار می‌رود سهم بخش خصوصی در تأمین منابع مورد نیاز نیز بیشتر گردد. نمونه‌ای از رخدادهایی که می‌تواند منجر به تحقق این کارکرد شود، در ادامه آورده شده است:

☞ کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه)

☞ سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری

☞ توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز تکنولوژی و محصولات و خدمات مکمل

☞ تأمین مواد اولیه‌ی مورد نیاز برای توسعه‌ی تکنولوژی از خارج از کشور

☞ در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با تکنولوژی موردنظر

مشروعیت بخشی

آن دسته از فعالیت‌هایی که به دنبال ایجاد مقبولیت اجتماعی برای تکنولوژی جدید هستند و می‌توانند منجر به تغییر نهادهای موجود در جامعه و هم‌راستا شدن آن‌ها با نیازهای بازیگران موجود در نظام مورد نظر گردند را می‌توان محقق‌کننده این کارکرد دانست. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که ظهور یک تکنولوژی جدید، اغلب با مخالفت بازیگرانی که دارای منافع در تکنولوژی‌های کنونی هستند، همراه می‌شود. بنابراین، نیاز است تا بازیگران تکنولوژی

^۱ - منظور از این اقلام مکمل آن‌هایی است که مختص نظام نوآوری موردنظر نیستند و به راحتی می‌توان آن را از نظام‌های دیگر تأمین کرد.

نوظهور، بر این لختی^۱ موجود غلبه نمایند. این کارکرد در توسعه تکنولوژی‌ها مانند یک کاتالیزگر عمل می‌کند و به فرایند توسعه نظام نوآوری سرعت می‌بخشد. این امر از طریق تشویق قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران، به ایجاد آرایش‌بندی جدیدی از بدنه‌ی قواعد و مقررات مربوط به نظام نوآوری فناورانه صورت می‌پذیرد. کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی‌های سیاسی و رایزنی‌هایی است که بین گروه ذینفعان تکنولوژی صورت می‌پذیرد. شبکه‌ها، نقشی مهم را در تحقق این کارکرد ایفا می‌کنند. این کارکرد از اهمیت بالایی در توسعه نظام نوآوری برخوردار است؛ چراکه معمولاً در بدو توسعه یک نظام نوآوری، بازیگران موجود در آن به آسانی دست به ایجاد شبکه‌ای میان خود نمی‌زنند. از این رو در ارتباط با تکنولوژی مطلوب و نیز روش دستیابی به آن اختلاف نظر وجود دارد و شناسایی یک موضع شفاف در این رابطه دشوار خواهد بود. بنابراین، ایجاد اتحاد برای توسعه تکنولوژی آسان نیست. در اینجا وجود شبکه‌ها علاوه بر تسهیل کردن انتشار دانش میان بازیگران، به همگرا ساختن آن‌ها نیز کمک می‌کند. بنابراین از یک سو بازیگران موجود در نظام نوآوری با یکدیگر همکاری زیادی ندارند. از سوی دیگر به علت آن که توسعه تکنولوژی نوظهور منجر به کنار زده شدن برخی تکنولوژی‌های دیگر می‌گردد^۲، بازیگران مربوط به تکنولوژی‌های موجود (رقیب تکنولوژی نوظهور) که دارای تعاملات قابل توجهی با یکدیگر هستند با توسعه تکنولوژی نوظهور مخالفت می‌کنند. بنابراین، کارکرد مشروعیت‌بخشی برای توجیه کردن تکنولوژی نوظهور به عنوان بخشی از نظام فنی جدید و مقاومت در برابر مقابله‌های انجام گرفته از سوی بازیگران موجود اهمیت دارد. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نمایانگر تحقق این کارکرد در ادامه آورده شده است:

↪ میزان همگرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه

↪ میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه تکنولوژی و محصولات مربوط به آن

↪ رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از تکنولوژی

↪ اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان تکنولوژی در بخش‌های مختلف دولت و صنعت

↪ میزان حمایت از تکنولوژی مورد نظر در رسانه‌ها

۱ - نام دیگری که بر این کارکرد نهاده می‌شود، حذف مقاومت در برای تغییر (لختی یا اینرسی) است. بنابراین،^۱

علت وجودی این کارکرد، غلبه بر اینرسی بازیگران موجود در نظام است.

(می‌گویند. Creative Destruction - در ادبیات به این خصیصه‌ی تکنولوژی‌های نوظهور، تخریب خلاق^۲)

۲-۲-۲- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

در این بخش به چهار دسته از عوامل ساختاری موجود در نظام‌های نوآوری فناورانه پرداخته خواهد شد. این چهار دسته عبارتند از بازیگران^۱، نهادها^۲، فناوری‌ها^۳ و روابط و شبکه‌ها^۴.

۲-۲-۱- بازیگران

دسته‌ی بازیگران شامل تمام سازمان‌هایی است که به طور مستقیم به عنوان توسعه‌دهنده و یادگیرنده‌ی فناوری یا به طور غیرمستقیم به عنوان تنظیم‌کننده، تأمین‌کننده مالی و دیگر نقش‌ها در ظهور فناوری نقش دارند. در حقیقت، این بازیگران، یک نظام نوآوری تکنولوژیکی هستند که با انتخاب‌ها و تصمیمات خود، فناوری‌هایی را ایجاد، منتشر و بهره‌برداری می‌کنند. ایجاد یک نظام فناورانه نوآوری وابسته به وجود مهارت‌ها و اشتیاق بازیگران آن برای انجام اقدامات مختلف است. تنوع بالقوه‌ی بازیگران در یک نظام نوآوری فناورانه بسیار زیاد است و گستره‌ای از بازیگران بخش خصوصی، بازیگران دولتی، توسعه‌دهندگان فناوری تا گیرندگان آن را در بر می‌گیرد. برخی از بازیگران در توسعه یک فناوری نقش پیشرو^۵ را دارند و سایر بازیگران، پیرو^۶ هستند. بازیگران پیشرو آن‌هایی هستند که کاملاً در توسعه‌ی یک فناوری خاص وارد شده‌اند و به موفقیت آن فناوری وابسته می‌باشند. در طرف مقابل، بازیگران پیرو کاملاً در توسعه‌ی یک فناوری درگیر نشده‌اند و می‌توانند بین گزینه‌های مختلف، دست به انتخاب بزنند. به طور معمول، پیشروان توسعه‌ی یک فناوری، متشکل از واحدهای صنعتی و توسعه‌دهندگان فناوری کوچک هستند که تنها در حوزه‌ی یک فناوری به ایفای نقش مشغولند. در طرف مقابل، پیروان را می‌توان متشکل از تنظیم‌گران، تأمین‌کنندگان مالی، کاربران و بنگاه‌های بزرگ با قابلیت حمایت از انواع مختلفی از گزینه‌های تکنولوژیکی دانست.

1- Actors

2- Institution

3- Technology

4 Network

5- Enactor

6- Selector

رویکرد این دو دسته بازیگر در برخورد با واقعیت، متفاوت است. پیشروان موجود در یک فناوری به ماندن در آن حوزه تمایل دارند، از یک رویکرد تجربی برای توسعه‌ی دانش استفاده می‌کنند و بیشتر بر مزایا به‌جای هزینه‌ها تأکید می‌کنند. در مقابل، پیروان با در نظر گرفتن چند گزینه تمایل دارند و به مقایسه آن‌ها می‌پردازند، از یک رویکرد عینی برای توسعه‌ی دانش استفاده می‌کنند و از چارچوب‌های ارزیابی مختلفی بهره می‌برند.

این نگاه به بازیگران مختلف بر مبنای این اصل است که آن‌ها بسته به جایگاه خود در نظام اجتماعی برداشت‌های مختلفی از جهان دارند و بر مبنای آن عمل می‌کنند. البته ممکن است که با توسعه‌های انجام شده در یک نظام نوآوری تکنولوژیکی، نقش بازیگران تغییر کند و پیروان و پیشروان به یکدیگر تبدیل شوند.

با در نظر گرفتن وضعیت فعلی نظام نوآوری که تفاوت میان تولیدکنندگان و کاربران همواره در حال محو شدن است، تقسیم بندی بازیگران برحسب نقش آن‌ها در نظام نوآوری خیلی مفید فایده نخواهد بود. لذا در این مطالعه برای تحلیل نظام نوآوری فناورانه بازیگران (افراد، سازمان‌ها و شبکه‌ها) را برحسب نقش آن‌ها در فعالیت‌های اقتصادی تقسیم‌بندی کردیم: جامعه مدنی، سازمان‌های غیردولتی (NGO)، شرکت‌ها (نوبنیان، بنگاه‌های کوچک و متوسط (SMEs)، شرکت‌های چندملیتی و نیز شرکت‌های بزرگ)، موسسات دانشی (دانشگاه‌ها، نهادهای فناورانه، مراکز تحقیقاتی و مدارس) و دیگر بخش‌ها شامل (سازمان‌های حقوقی، مؤسسات مالی، بانک‌ها، نهادهای واسطه‌ای (بیمه‌ها) و مشاوران). این بازیگران مختلف همگی می‌توانند نقش‌های متفاوتی را در یک نظام ایفا نمایند.

۲-۲-۲- نهادها

نهادها در نظام نوآوری فناورانه دو نوع هستند: نهادهای رسمی و نهادهای غیر رسمی [۲]. نهادهای رسمی قواعدی مدون شده هستند و توسط افراد ذیصلاح ملزم به اجرا شدن می‌گردند. از طرفی، نهادهای غیررسمی ضمنی‌تر هستند و در نتیجه‌ی فرایند تعامل بازیگران شکل می‌گیرند. نهادهای غیررسمی می‌توانند هنجاری یا شناختی باشند. قواعد هنجاری همان ارزش‌ها و هنجارهای اجتماعی با جنبه‌های اخلاقی هستند، درحالی‌که قواعد شناختی را می‌توان چارچوب‌های ذهنی و پارادایم‌های اجتماعی دانست [۳].

مثال‌هایی از نهادهای رسمی عبارتند از قوانین دولتی و تصمیمات سیاستی و یا بخش‌نامه‌ها یا قراردادهای بنگاه‌ها. مثالی در رابطه با قواعد هنجاری، مسئولیت احساس شده توسط یک شرکت در رابطه با عدم تولید ضایعات و یا پاکیزه‌سازی آن‌ها است. مثال‌هایی در رابطه با قواعد شناختی نیز جستجوی ذهنی^۱ (ابتکاری) یا رویه‌های حل مسأله هستند [۲]، [۶]. همچنین می‌توان نگاه‌ها و انتظارات بازیگران درون نظام را نیز در این دسته جای داد.

برای یک نظام نوآوری تکنولوژیکی که در مرحله‌ی سازندگی^۲ است، پیکربندی نهادی معمولاً توسعه نیافته است. این حرف بدان معناست که قواعد نهادی کمی (به‌ویژه از نوع رسمی) وجود دارند و حتی قواعد موجود با فناوری در حال ظهور ناسازگار هستند. انتظار می‌رود که قواعد شناختی برای هدایت بازیگران، به‌ویژه پیروان، در مراحل اولیه‌ی حمایت از فناوری نوظهور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. علاوه بر آن، نگاه‌ها و انتظارات، به‌جهتی، تنها علت حمایت از یک فناوری نوظهور است. این موضوع به مفهوم کارآفرین ریسک‌پذیر^۱ مربوط است که با نوعی فرصت تحریک می‌شود و برای برهم زدن ساختارهای موجود از طریق تطبیق دادن آن‌ها با حالت مطلوب خویش و یا ایجاد ساختارهای جدید، تلاش می‌کند. از منظر مداخله، عوامل نهادی به علت هدف واقع شدن توسط سیاست‌های حاکمیتی و حتی راهبردهای کسب و کار، از اهمیت بالایی برخوردار هستند. علاوه بر آن، حضور، مهارت‌ها و اشتیاق پیشروان و پیروان، تنها می‌تواند به صورت غیرمستقیم از طریق ساختار نهادی نوآوری فناورانه تحت تأثیر قرار گیرد. این ساختار از طریق برنامه‌ای حمایتی، مشوق‌های مالیاتی و موارد دیگر بر این بازیگران اثر می‌گذارد. همچنین ماهیت ساختار فناورانه از دایره‌ی اثر مستقیم بسیاری از بازیگران، به ویژه حاکمیت، خارج است.

۲-۲-۳- زیرساخت

زیرساخت‌ها متشکل از مصنوعات و زیرساخت‌های فناورانه (که خود آن‌ها نیز مصنوع به شمار می‌روند) به صورتی یکپارچه هستند. عملکرد فنی اقتصادی این مصنوعات که شامل ساختارهای هزینه، ایمنی، قابلیت اطمینان، آثار افزایش مقیاس و موارد دیگر هستند از اهمیت حیاتی برای فهم فرایند تغییر فناورانه برخوردارند. همچنین، در نظر گرفتن وجوه غیرمادی تر فناوری

^۱- Heuristic

^۲- Formative

همچون دانش موجود در آن و مشخصات زنجیره‌ی ارزش ایجاد شده توسط آن معنادارتر به نظر می‌رسد. در رابطه با مورد نوآوری‌ها در انرژی پایدار، در نظر گرفتن مشخصات آلاینده‌ی و دیگر اثرات جانبی زیست‌محیطی نیز از اهمیت فراوان برخوردار هستند. علاوه بر آن، در صورت تشخیص یک فناوری به‌عنوان فناوری با اثرات منفی زیست‌محیطی ممکن است نظام نوآوری فناورانه با وجود جذاب بودن آن فناوری برای مجموعه‌ی بزرگی از بازیگران و توسعه یافتن نهادهایی در رابطه با آن دست به توقف آن بزند.

در صورت عدم در نظر گرفتن وجوه فناورانه به‌عنوان بخشی از نظام نوآوری فناورانه، یک مکانیزم بازخوردی مهم (بین تغییر فناورانه و تغییر نهادی) مغفول واقع می‌شود. برای مثال، در صورت ایجاد بهبود در ایمنی و قابلیت اطمینان در نتیجه ایجاد یک طرح، ارائه‌ی یارانه برای تحقیق و توسعه در حمایت از یک فناوری نوظهور، راه را برای اجرای طرح‌های حمایتی با جزئیات بیشتر (شامل نمایش‌های علمی) هموار خواهد کرد. این اقدام نیز می‌تواند منجر به بهبودهای فناورانه بیشتر گردد.

۲-۲-۴- روابط و شبکه‌ها

مؤلفه‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه، صرفاً سنگ بنای آن محسوب می‌شوند. این بخش فراهم آورنده یک نگاه مفهومی به تمامی روابط ممکن است.

روابط

روابط ممکن بین مؤلفه‌های ساختاری دارای انواع گوناگونی می‌باشند. می‌توان این روابط را به روابط بین بازیگران، بین نهادها، بین فناوری‌ها و همچنین بین بازیگران و نهادها، بین بازیگران و فناوری‌ها و بین فناوری‌ها و نهادها تقسیم کرد. برای فهم این موضوع، نهادها و فناوری‌ها را به‌عنوان بخش‌هایی از نظام قواعد در نظر بگیرید که در آن هر قاعده به قواعد دیگر اشاره دارد. قواعد موجود می‌توانند در رابطه با یک مسأله خاص یکدیگر را رد (ناهمگرایی^۲) یا تقویت کنند

^۱- Risk-taking

^۲- Misalignment

(همگرایی). از این طریق نهادها می‌توانند به یک جنبه‌ی فناورانه سود (گزند) رسانند و بالعکس. برای مثال یک بخشنامه برای کاهش آلودگی‌های خودرو می‌تواند به استفاده از فناوری پاک کمک کند. مثال دیگر نیز می‌تواند اثر زیرساخت‌های جاده‌ای بر الگوهای مسافرت کاربران باشد. روابط بین بازیگران و نهادها و بین بازیگران و فناوری‌ها مشابه یکدیگر می‌باشند. هر دو این روابط از نوع روابط فاعل-مفعولی می‌باشند. این موضوع با در نظر گرفتن اختلاف بین این روابط و روابط بین بازیگران بهتر فهمیده می‌شود.

اولاً، روابط بین بازیگران با استقلال دوسویه مشخص می‌گردد. این امر بدان معناست که معمولاً بازیگران در جایگاهی قرار ندارند که به طور مستقیم یکدیگر را تغییر دهند، حذف نمایند و یا با هم تطبیق پیدا کنند؛ در عوض، آن‌ها می‌بایست در یک نظام متشکل از قواعد نهادی و فناورانه که در آن محاط شده‌اند، کار کنند. بازیگران می‌توانند در انجام اقدامات به طور عمدی دست به تغییر معماری قواعد زنند و از این طریق (به‌طور غیر مستقیم) بر محیط عملکرد سایر بازیگران اثر بگذارند. میزان انجام این اقدامات وابسته به شایستگی‌های بازیگران و جایگاه آن‌ها در نظام نوآوری فناورانه است.

ثانیاً روابط بین بازیگران با تعاملات دوسویه مشخص می‌گردد؛ در حالی که روابط بین بازیگران و فناوری‌ها و روابط بین بازیگران و نهادها، تعاملی نیست. در حقیقت معماری قواعد فناورانه و نهادهای فراهم‌آورنده‌ی مشوق‌هایی برای بازیگران برای انجام برخی از اقدامات خاص و پرهیز از برخی اقدامات دیگر است. با این وجود، در نهایت، همواره در طرف بازیگر پیش‌قدمی در انجام اقدامات وجود دارد.

شبکه‌ها

در برخی موارد خاص، روابط موجود در یک گروه از بازیگران، نهادها و فناوری‌ها از روابط موجود در خارج از گروه، قوی‌تر است. در صورتی که این مؤلفه‌های ساختاری باعث ایجاد یک پیکربندی متراکم گردند، می‌توان آن را یک ساختار شبکه‌ای یا یک شبکه نامید. مثالی در این رابطه می‌تواند ائتلاف بنگاه‌هایی برای کاربرد یک فناوری نوظهور باشد (قواعد فناورانه) که به‌وسیله‌ی مجموعه‌ای از روش‌های حل مساله هدایت می‌شود و توسط برنامه‌های یارانه‌ای حمایت می‌شود (قواعد

نهادی). همچنین، انجمن‌های صنعتی^۱، جوامع تحقیقاتی، شبکه‌های سیاستی، روابط عرضه‌کننده و کاربر نیز مثال‌هایی از این شبکه‌ها به‌شمار می‌روند.

شبکه‌ها فراهم‌آورنده‌ی شکلی از همکاری است که در وضعیتی بین جهت‌مند نبودن منعطف بازارها و صلب بودن سلسله‌مراتبی‌ها (برای مثال در بنگاه‌ها) قرار می‌گیرد [۶]. شبکه‌ها همچنین بین اعتماد و رقابت میان بازیگران مستقل با علائق ناهمگون، تعامل برقرار می‌کنند. حفظ این تعامل در محیطی مهم تلقی می‌گردد که توسعه‌ی فناوری نوظهور وابسته به بازترکیب^۲ مفهومی و عملی دانش است.

از آنجایی که تعاملات دینامیک و پویا است، در نظر گرفتن آن‌ها به عنوان یکی از عناصر ساختاری سیستم مشکل است. در بعضی از مقالات ادبیات برای توصیف ارتباط و روابط همکاری میان بازیگران از عبارت "شبکه" استفاده شده است ولی یک "شبکه" می‌تواند به عنوان یک شکل بزرگتر بازیگران سازمانی در نظر گرفته شود. با این وجود تعاملات محدود به اتفاق افتادن در درون شبکه‌ها نیست. در مراحل اولیه توسعه یک سیستم شبکه‌هایی وجود ندارد ولی تعاملات دو طرفه میان بازیگران اتفاق می‌افتد. پس تمرکز اصلی در این مطالعه بر "روابط" است که در دو سطح شبکه‌ها و تماس‌های فردی می‌تواند مورد تحلیل واقع شود.

جدول (۱-۲) تمامی ابعاد ساختاری TIS را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

ابعاد ساختاری	زیر بخش‌ها
بازیگران	<ul style="list-style-type: none"> • جامعه مدنی • شرکت‌ها: شرکت‌های تازه تاسیس شده، بنگاه‌های کسب و کار کوچک و متوسط، کارخانجات بزرگ، شرکت‌های چند ملیتی • دولت • سازمان‌های مردم‌نهاد • بخش‌های دیگر: سازمان‌های قانونگذاری، بانک‌ها/ سازمان‌های مالی، نهادهای واسطه‌ای، کارگزاران دانشی مشاورین
نهادهای	<ul style="list-style-type: none"> • سخت: قوانین، مقررات، دستورالعمل‌ها • نرم: هنجارها، عادت‌های رایج، رسوم، سنتی و انتظارات و...

¹- Industry association

²- Recombination

زیر بخش‌ها	ابعاد ساختاری
	<ul style="list-style-type: none"> • در سطح شبکه • در سطح ارتباطات فردی
	<ul style="list-style-type: none"> • تجهیزاتی: ابزارهای فنی، ماشین‌ها، ساختمان‌ها، جاده‌ها، پل‌ها و ... • دانشی: دانش، تخصص، اطلاعات راهبردی

قابل ذکر است که چالش‌هایی که در ارتباط با ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه تحت عنوان مشکلات سیستمی بررسی می‌شوند، از دو منظر وجود ابعاد ساختاری و میزان قوت آنها مورد مطالعه قرار خواهند گرفت. مشکلات سیستمی و اهداف بررسی آنها در جدول ۲-۲ آمده است.

جدول ۲-۲- اهداف بررسی مشکلات سیستمی

مشکل سیستمی	نوع مشکل سیستمی	هدف بررسی مشکل
مشکلات بازیگران	وجود؟	تحریک و سازمان‌دهی مشارکت بازیگران متنوع (NGOها، شرکت‌ها، دولت و ...)
	توانایی؟	ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران (به عنوان مثال از طریق یادگیری و آزمایش)
مشکلات تعاملات	وجود؟	تحریک به وقوع انجامیدن تعاملات فی مابین بازیگران (به عنوان مثال مدیریت وجوه مشترک و ایجاد اجماع)
	شدت؟	ممانعت کردن از گره‌هایی که یا بیشتر از حد قوی هستند و تقویت گره‌های ضعیف
مشکلات نهادی	وجود؟	تضمین وجود نهادها (سخت و نرم)
	توانایی؟	جلوگیری کردن از اینکه نهادها خیلی ضعیف یا خیلی قوی باشند.
مشکلات زیرساختی	وجود؟	تحریک ایجاد زیرساخت‌های فیزیکی، مالی و دانشی.
	کیفیت؟	تضمین اینکه کیفیت زیر ساخت‌ها مناسب است.

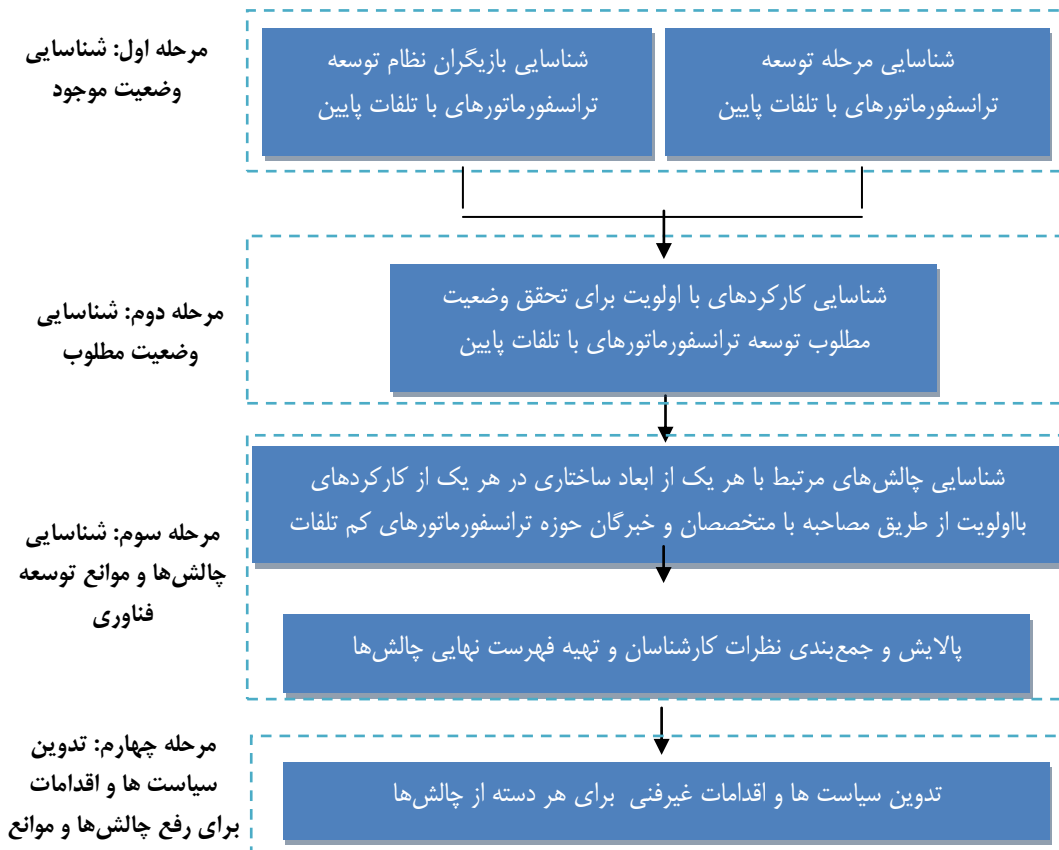
۳- فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات

سیاست‌ها و اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. و در حقیقت راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. همان طور که در بخش مبانی نظری اشاره شد مبانی تدوین سیاست‌ها و اقدامات در این سند، نظام نوآوری فناورانه (TIS) است.

همان طور که اشاره شد یک دسته سیاست و اقدام غیرفنی در پاسخ به چالش‌های موجود در کارکردهای نظام نوآوری فن‌آورانه و یک دسته اقدام فنی مورد نیاز برای کارکرد توسعه دانش، ارائه می‌شود که در ادامه فرایند تدوین هریک و نتایج آنها ارائه می‌گردد.

۱-۳- فرایند تدوین سیاستها و اقدامات غیرفنی

فرایند تدوین سیاستها و اقدامات غیرفنی در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱-۳- فرایند تدوین سیاستها و اقدامات غیرفنی توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

همان طور که در شکل ۱-۳ نشان داده شده است در مرحله اول، وضعیت موجود توسعه فناوری مشخص می شود. بدین منظور ابتدا مرحله توسعه فناوریهای کاهش تلفات در ترانسفورماتورها تعیین می شود. سپس، بازیگران نظام توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین شناسایی می شوند. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین مشخص می گردد. در مرحله سوم، موانع موجود مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در کارکردهای با اولویت از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با ترانسفورماتورهای با تلفات پایین تعیین می گردد. چالشهای شناسایی شده پالایش و جمعبندی می شود و فهرست نهایی چالشهای توسعه فناوریهای کاهش تلفات در ترانسفورماتورها مشخص می شود. در مرحله آخر، سیاستها و اقدامات پیشنهادی برای رفع چالشها و موانع توسعه فناوریهای کاهش تلفات در ترانسفورماتورها ارائه می شود. مراحل ذکر شده در ادامه توضیح داده شده

اند. لازم به ذکر است که نتایج به دست آمده در تمامی این مراحل از طریق مصاحبه با خبرگان و کارشناسان آشنا با حوزه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها که اسامی آنها در بخش ۳-۱-۵ آمده است استخراج شده است.

۳-۱-۱- شناسایی وضعیت موجود توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

همان طور که اشاره شد در مرحله اول فرایند تدوین سیاستها و اقدامات، وضعیت موجود توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها شناسایی می‌شود. این کار بر مبنای شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها و نیز بازیگران نظام توسعه این فناوری در کشور انجام می‌شود که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۳-۱-۲- بازیگران نظام توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

ساختار هر نظام نوآوری متشکل از بازیگران و ذینفعانی است که هر یک به طور مستقیم یا غیرمستقیم نقش‌هایی را ایفا می‌کنند. این بازیگران می‌توانند شامل بخش دولتی، شرکت‌های تولیدکننده، شرکت‌های مشاور، دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، موسسات مالی، موسسات حقوقی و ... باشند. در این گام، بازیگران نظام ترانسفورماتورهای با تلفات پایین مشخص شده‌اند. بر اساس اطلاعات موجود، مهم‌ترین بازیگران شناسایی شده در ارتباط با ترانسفورماتورهای با تلفات پایین، به شرح جدول ۳-۱ هستند.

جدول ۳-۱- بازیگران توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

بازیگران	ابعاد	
	کارکردها	
دانشکده‌های برق: دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشگاه علم و صنعت، دانشگاه تهران، دانشگاه صنعت آب و برق، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، دانشگاه صنعتی سهند، دانشگاه تبریز، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه سمنان، دانشگاه گیلان، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشگاه پیام نور، دانشگاه آزاد اسلامی، پژوهشگاه نیرو، شرکت‌های مهندسی داخلی (مرتبط با خارج از کشور)، شرکت‌های EPC، شرکت‌های زیرمجموعه وزارت نیرو	توسعه دانش	
دانشگاه‌ها (بند فوق)، پژوهشگاه نیرو، کنفرانس‌های برق و مکانیک، کنفرانس‌های نگهداری و تعمیرات	انتشار دانش	
وزارت نیرو، شرکت مادر تخصصی توانیر، تسهیلات بانکی، صندوق‌های حمایت از فناوری	منابع مالی	تامین منابع

بازیگران	ابعاد	
	کارکردها	
دانشگاهها و پژوهشگاهها (تحصیلات تکمیلی)،	منابع انسانی	مواد، قطعات و تجهیزات
شرکتهای مهندسی وارد کننده یا سازنده تجهیزات پایش و ابزار دقیق در داخل کشور (مانند شرکت رسیس افزار، شرکت مهندسی هوشمند حسگر پیش رو، شرکت ایران ترینکس و ...)، شرکت های خارجی تولید کننده تجهیزات پایش و ابزار دقیق		
وزارت نیرو، شرکت مادر تخصصی توانیر، شرکت های برق منطقه ای، شرکت های توزیع برق، شرکت های مدیریت تولید برق	جهت دهی به سیستم	
مرکز توسعه فناوری صنعت برق . انرژی (پژوهشگاه نیرو) پارک های علم و فناوری معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو) معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران شرکت های دانش بنیان	کارآفرینی	
وزارت نیرو	شکل دهی به بازار	
وزارت نیرو	مشروعیت بخشی	

۳-۱-۳- شناسایی مرحله توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

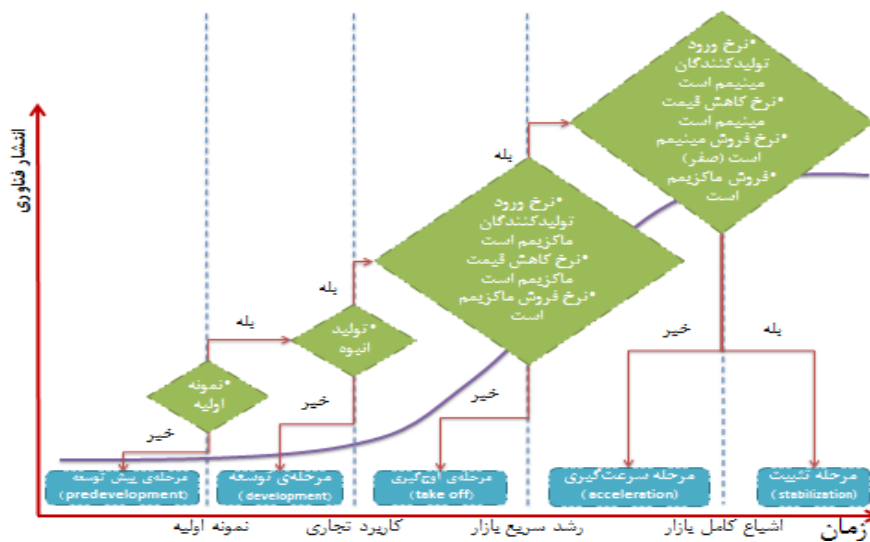
مرحله توسعه هر نظام فناورانه بر اساس وضعیت ساختاری نظام توسعه فناوری و مجموعه ای از شاخص ها یا نشانه های تحقق مرحله توسعه تعیین می شود. این مراحل عبارتند از: پیش توسعه، توسعه، اوج گیری، سرعت گیری، تثبیت. نشانه های تحقق مراحل یا شاخص های تشخیص مرحله توسعه در جدول ۳-۲ ارائه شده است.

جدول ۳-۲- شاخص های شناسایی مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه

<ul style="list-style-type: none"> • آیا نمونه اولیه از فناوری (محصول یا فرایند) ساخته شده است؟ • بازیگران اصلی در این حوزه چه کسانی هستند؟ نقش دانشگاهها و مراکز پژوهشی چیست؟ آیا شرکت های دانش بنیان به این حوزه وارد شده اند؟ آیا دولت به این حوزه وارد شده است؟ نقش آن (سیاست گذاری، تنظیم گری و ...) چیست؟ • آیا محصول فناوری بدون حمایت های دولتی در بازار به صورت آزاد فروخته می شود؟ • و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) توجیه اقتصادی دارد؟ • و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) آغاز شده است؟ • آیا شبکه های علمی و فناوری شکل گرفته اند؟ وضعیت آن ها چگونه است؟ • وضعیت بازار چگونه است؟ در حال رشد یا به اشباع کامل رسیده است؟
--

- نرخ ورود تولید کنندگان محصول فناوری چگونه است؟
- نرخ کاهش قیمت محصول فناوری چگونه است؟
- نرخ فروش محصول فناوری چگونه است؟
- آیا انجمن‌ها و سندیکاهاى مربوطه شکل گرفته‌اند؟

سوالات جدول ۳-۲ با توجه به شکل زیر پرسیده می‌شود؛ به این صورت که مثلا اگر جواب سوال ابتدایی خیر بود، مرحله توسعه نظام، پیش توسعه است و دیگر نیازی به پرسیدن بقیه سوالات نیست. دیگر مراحل نیز مشابه همین است.



شکل ۳-۱- نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه

با مشخص شدن جدول ۳-۲ در واقع ساختار موجود نظام نوآوری فناورانه مشخص می‌شود و می‌توان با استفاده از آن و جدول ۳-۳ مرحله توسعه نظام را بر اساس ساختار موجود حول فناوری شناسایی کرد.

جدول ۳-۳- ویژگی مراحل توسعه به تفکیک عناصر ساختاری برای تعیین مرحله‌ی نظام نوآوری فناورانه

تعداد	سرعت‌گیری	اوج‌گیری	توسعه	پیش توسعه	
<ul style="list-style-type: none"> تمام یازبگیران در این حوزه‌ی فناورانه به صورت فعال حضور دارند 	<ul style="list-style-type: none"> تعداد رقبای در حوزه‌ی توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد نقش پرننگ بانکها و موسسات مالی نقش دولت در تنظیم‌گری پرننگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند افزایش شرکت‌های دانش‌بنیان نقش دولت در سیاست‌گذاری (قابل‌گیری) پرننگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> شرکت‌های دانش‌بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند نقش دولت در سیاست‌گذاری (حامله‌گری) پرننگ می‌شود 	<ul style="list-style-type: none"> دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی تعداد محدود نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد. 	بازبگیران
<ul style="list-style-type: none"> شبکه‌های علمی قوی شبکه‌های صنفی قوی 	<ul style="list-style-type: none"> شبکه‌های علمی قوی شبکه‌های صنفی در حال قوی شدن است 	<ul style="list-style-type: none"> شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است شبکه‌های ضعیف صنفی کم‌کم شکل می‌گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد 	<ul style="list-style-type: none"> روابط فردی شکل گرفته است شبکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند 	تعاملات
<ul style="list-style-type: none"> نهادهای متنوعی وجود دارد 	<ul style="list-style-type: none"> افزایش تنوع نهادها یسته به نیازها 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت شکل گرفته است 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است 	<ul style="list-style-type: none"> نهادهای نرم شکل می‌گیرد نهاد سختی هنوز وجود ندارد 	نهادهای

با استفاده از جدول ۳-۳ می‌توان نتیجه گرفت، فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتور به - جز فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت که در مرحله توسعه قرار دارد - در مرحله پیش توسعه می‌باشد. بخش عمده بازبگیران فعال کنونی در توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتور را دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی تشکیل می‌دهند و هنوز شرکت‌های دانش‌بنیان برای توسعه این فناوری‌ها، آن‌طور که باید شکل نگرفته‌اند. همچنین شبکه‌های علمی و تحقیقاتی در این حوزه هنوز شکل نگرفته است. از طرف دیگر، بر اساس شاخص‌های موجود در جدول ۳-۳ و نشانه‌های تحقق مراحل در شکل ۲-۳ ابتدا بایستی وضعیت تولید نمونه اولیه را بررسی کرد. بر این اساس، هنوز فناوریهای کاهش تلفات در ترانسفورماتور به جز تغییر در طراحی اکتیو پارت در کشور به صورت عملیاتی اجرا نشده است. بنابراین بر اساس شکل ۲-۳ و جدول ۳-۳ می‌توان نتیجه گرفت که فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتور در مرحله «پیش‌توسعه» قرار دارد.

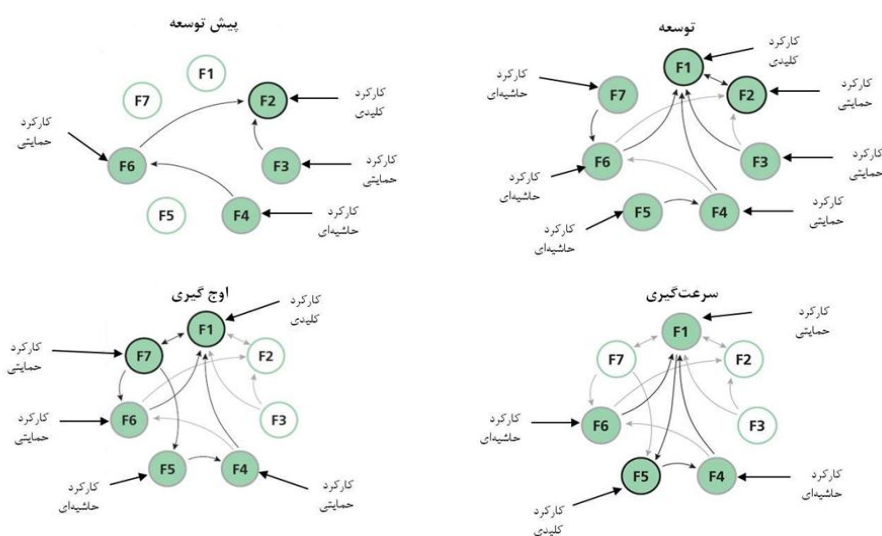
۳-۱-۴- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

فرایند نوآوری یک فرایند تکاملی است و همیشه در حال تغییر و تحول است و نمی‌توان یک سیستم بهینه برای فرایند نوآوری تعریف کرد، پس هدف نظام را باید در طول این فرایند تعریف کرد. هدف یک نظام نوآوری انتقال نظام مورد نظر از

یک مرحله توسعه به مرحله بعدی است. البته باید توجه داشت که لزوماً مرحله بعدی وضعیت بهینه نیست و فقط توسعه نظام نوآوری مد نظر است.

نکته اصلی در اینجا نحوه انتقال از یک مرحله به مرحله دیگر است. کارکردهای هر مرحله به سه دسته کارکرد کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای تقسیم می‌شود. تحقق کارکرد کلیدی به منزله انتقال به مرحله بعدی است. شکل ۳-۳ مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای مرتبط با هر مرحله را نشان می‌دهد. در شکل زیر کارکردهای نظام نوآوری فناورانه با F_1 تا F_7 نشان داده شده است که عبارتند از:

- کار آفرینی (F_1)
- توسعه دانش (F_2)
- انتشار دانش (F_3)
- جهت دهی به سیستم (F_4)
- شکل دهی به بازار (F_5)
- تامین و تسهیل منابع (F_6)
- مقبولیت بخشی (F_7)



شکل ۳-۳- مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای

در بخش قبلی مشخص شد که نظام توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین در مرحله «پیش توسعه» قرار دارد. بر اساس شکل فوق، زمانی که سیستم در مرحله پیش توسعه قرار داشته باشد و هدف ما رسیدن به مرحله بعدی نظام توسعه فناوری باشد چهار کارکرد توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین منابع و جهت‌دهی به سیستم باید محقق شوند. در نتیجه کارکردهای مذکور به عنوان کارکردهای با اولویت شناخته می‌شوند. اما با توجه به این نکته که فناوری تغییر در طراحی اکتیوپارت که به عنوان یکی از فناوری‌های با اولویت‌ها در فاز ۳ شناخته شد، در مرحله توسعه قرار دارد، علاوه بر چهارکرد شناخته شده در مرحله پیش توسعه، کارکردهای شکل‌دهی به بازار، کارآفرینی و مقبولیت بخشی برای این فناوری نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش بعدی فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات، چالش‌های مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در این کارکردها ارائه شده است.

۳-۱-۵- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین و تدوین سیاست‌ها و

اقدامات

در این مرحله با استفاده از یک تحلیل ساختاری-کارکردی، چالش‌ها و موانع پیش روی توسعه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین شناسایی شده است. همان‌طور که پیشتر بیان شد این چالش‌ها از طریق مصاحبه با ۶ نفر از خبرگان و کارشناسان آشنا با این حوزه استخراج شده است. اسامی این افراد در ادامه ارائه شده است:

- جناب آقای مهندس خزایی
- جناب آقای مهندس سلیمی
- جناب آقای مهندس معانی
- جناب آقای مهندس گودرزی
- جناب آقای مهندس حاجی پور
- جناب آقای دکتر صفایی

در نهایت، چالش‌های شناسایی شده جمع‌بندی شد و فهرست نهایی چالش‌های توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها ارائه شد.

چالش‌های توسعه دانش

چالش‌های مربوط به این کارکرد، دربرگیرنده‌ی تمامی فعالیت‌هایی است که می‌تواند منجر به مانع در فرایند یادگیری شود. این چالش‌ها در رابطه با موضوعات مختلف مانند دانش فنی تکنولوژی نوظهور، بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کنندگان ممکن است رخ دهد. در کشورهای در حال توسعه، یکی از مهم‌ترین دلایل عدم توسعه برخی صنایع تکنولوژی محور، عدم توسعه دانش آن صنعت است. در کشورهای توسعه یافته، این موضوع به دلیل رقابت تنگاتنگ شرکت‌های مختلف حل می‌شود. در واقع رقابت اصلی بنگاه‌های اقتصادی بر سر نوآوری است و این موضوع منجر به سرمایه‌گذاری بنگاه‌های مختلف در توسعه دانش می‌شود و دانش توسعه می‌یابد. ولی در کشورهای در حال توسعه عمدتاً، بنگاه‌هایی با توانایی رقابت‌پذیری بالا وجود نداشته و عملاً توسعه دانش به صورت درون‌زا رخ نمی‌دهد و می‌بایست به صورت برون‌زا یا انتقال دانش و فناوری، رخ دهد. لذا همین موضوع نیاز به مداخله دولت و ایجاد جهت‌گیری در همین موضوع را دارد.

با توجه به این که این کارکرد یکی از کارکردهای با اولویت شناسایی شده بود چالش‌های زیادی در ارتباط با آن مشخص شد. با وجود آن که دانش فنی فناوری تغییر در طراحی اکتیوپارت برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورها در کشور وجود دارد اما در فناوری‌های جدیدتر این دانش به اندازه کافی وجود ندارد که یکی از دلایل آن کمبود نیروی انسانی متخصص در این زمینه است و دلیل دیگر آن عدم انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه در این حوزه است. به طور کلی چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

۱- کمبود تحقیقات مناسب و کاربردی در مراکز علمی و واحدهای تحقیق و توسعه برای کسب دانش فنی ساخت

ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات

۲- به روز نبودن محتوای آموزشی دروس دانشگاهی مرتبط با ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های

جدید کاهش تلفات

۳- وجود ارتباط ضعیف میان دانشگاه و صنعت برای تبادل دانش در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم

تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات

۴- میزان پایین همکاری مشترک بین‌المللی بین شرکت‌های معتبر داخلی و خارجی برای انتقال دانش فنی طراحی و

ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات

۵- وجود ارتباط ضعیف میان بازیگران توسعه دانش با مراکز علمی، تحقیقاتی کشورهای پیشرو در زمینه فناوریهای

جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

۶- عدم حمایت کافی از فعالیتهای تحقیق و توسعه در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر

فناوریهای جدید کاهش تلفات

چالشهای انتشار دانش

چالشهای این کارکرد در اثر نامناسب بودن شبکهها و روابط ایجاد می شود که بخشی از آن متأثر از ماهیت شبکهها است. در واقع یکی از موارد دیگری که منجر به عدم توسعه یک نظام فناورانه خاص یا یک صنعت دانش محور می شود، عدم انتشار صحیح اطلاعات و یا دانش میان بازیگران مختلف آن حوزه است. اگر دانش میان تعداد بسیاری از نقش آفرینان یک حوزه منتشر شود و در عین حال حقوق مالکیت معنوی و فکری رعایت شود، می توان شاهد بروز یک نوع رقابت سالم میان بنگاههای اقتصادی بود که می تواند منجر به توسعه شود. در غیر این صورت بعضاً دولت ها می توانند با دخالت های هوشمندانه از بروز این چنین چالش هایی جلوگیری نمایند. چالش های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

۱- حضور کم رنگ شرکت های داخلی سازنده ترانسفورماتور در کنفرانس ها و همایش های تخصصی بین المللی جهت

کسب دانش روز دنیا در زمینه فناوری های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

۲- کمبود نمایشگاه های تخصصی در زمینه آخرین دستاوردهای صنعت ترانسفورماتور کم تلفات

۳- عدم وجود همکاری کافی میان دست اندرکاران توسعه فناوری در به مشارکت گذاشتن دانش کسب شده با یکدیگر

۴- عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور در زمینه دانش فنی طراحی و ساخت

ترانسفورماتورهای کم تلفات

چالش های جهت دهی به سیستم

همان طور که اشاره گردید، کارکرد جهت دهی به سیستم متشکل از فعالیتهایی است که به گزینش و محدود کردن گزینه های موجود در رابطه با فناوری، کاربرد آن ها و بازارشان در سطوح مختلف می پردازد. در حوزه توسعه فناوری های کاهش تلفات از مهم ترین چالش های مربوط به این کارکرد می توان به عدم وجود چارچوب های قانونی / تنظیم گری

مناسب اشاره کرد. در واقع وجود نهادهای اثربخش قانون‌گذار و تنظیم‌گر باعث جهت‌دهی به فعالیت‌ها، تنظیم روابط و تسهیل اقدامات منجر خواهد شد. در حال حاضر چنین چارچوبی در حوزه ترانسفورماتورها وجود نداشته که توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات را با موانعی روبرو می‌سازد. بنابراین ایجاد نوعی نهاد یا چارچوب تنظیم‌گر و قانون‌گذار که به پایش و ارزیابی تمامی فعالیت‌ها در این حوزه بپردازد الزامی است.

به طور کلی چالش‌های شناسایی شده برای این کارکرد عبارتند از:

۱- نبود مرجعی به عنوان مغز متفکر که به پیگیری و شناسایی مشکلات موجود و تصمیم‌گیری منسجم برای رفع

آنها بپردازد و از اختیارات کافی برخوردار باشد.

۲- عدم وجود قوانین و دستورالعمل جهت الزام در بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات

چالش‌های تأمین منابع

یکی دیگر از انواع چالش‌های سیستمی که منجر به عدم توسعه نظام یک صنعت می‌شود، عدم تخصیص بهینه منابع اعم از منابع مالی، انسانی یا تجهیزاتی به دلایل مختلف است. در واقع همین عدم تخصیص بهینه منابع منجر به ایجاد موانعی در حوزه‌های مختلف توسعه دانشی و یا مدیریتی می‌شود که دولت می‌تواند با اتخاذ سیاست‌هایی در جهت رفع این موانع برآید و از بروز چنین چالشی در سیستم جلوگیری نماید.

مداخلات دولت در رابطه با این چالش‌ها مجموعه‌ای از فعالیت‌های مربوط به تأمین و هماهنگی ورودی‌های لازم برای توسعه‌ی نظام نوآوری را پوشش می‌دهد که در راستای تحقق کارکرد تأمین و تسهیل منابع قرار می‌گیرند. این چالش‌ها به سه دسته چالش‌های مربوط به منابع انسانی، منابع مالی و مواد و تجهیزات تقسیم می‌شود. در واقع در حال حاضر نیروی انسانی متخصص به اندازه کافی در این حوزه در کشور وجود ندارد، منابع انسانی متخصص یکی از عوامل اصلی توسعه یک فناوری به شمار می‌روند. توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها نیازمند تعداد زیادی نیروی متخصص در این حوزه است. با وجود آن که افراد معدودی در کشور دارای این دانش و تخصص هستند اما توسعه فراگیر این فناوری نیازمند تعداد زیادی از منابع انسانی متخصص در حوزه طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات است.

دسترسی به منابع مالی از عواملی است که می‌تواند راه را برای توسعه یک فناوری هموار کند. در حال حاضر شرکت‌های تولیدکننده ترانسفورماتورها با مشکل نقدینگی مواجه هستند و برای انجام تحقیق و توسعه، ساخت تجهیزات، خرید مواد و

قطعات مورد نیاز برای توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات به منابع مالی کافی نیاز دارند. ایجاد مسیرهای مناسب برای دسترسی شرکت‌های تولیدکننده به منابع مالی نظیر وام‌های بانکی کم بهره، منابع حاصل از هدفمندی یارانه‌ها و ... می‌تواند به توسعه فناوری‌ها در این بخش کمک کند.

به طور کلی چالش‌های مشخص شده در این کارکرد عبارتند از:

۱- کمبود منابع مالی مورد نیاز دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های سازنده ترانسفورماتور برای طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات

۲- عدم وجود بستر مناسب جهت ارتباط با شرکت‌های خارجی تأمین‌کننده مواد اولیه

۳- ارتباط ضعیف بین شرکت‌های داخلی و خارجی برای تبادل نیروی انسانی متخصص در زمینه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

۴- عدم وجود برنامه مشخص و مدون برای تأمین منابع مالی مورد نیاز

۵- محدودیت دسترسی به نرم‌افزارهای تخصصی برای طراحی ترانسفورماتور کم تلفات

۶- کمبود آزمایشگاه برای تست تجهیزات

همان‌طور که اشاره شد فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت در مرحله توسعه خود قرار داشته و از این‌رو جهت توسعه این فناوری، چالش‌های کارآفرینی، مقبولیت‌بخشی و شکل‌دهی به بازار نیز مطرح می‌باشد، در ادامه به بررسی چالش‌های شناسایی شده در این کارکردها برای توسعه فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت پرداخته شده است.

چالش‌های کارآفرینی

یکی از دیگر انواع چالش‌هایی که می‌تواند منجر به رشد آهسته توسعه یک نظام فناورانه خاص شود، موانع ورود کارآفرینان به آن حوزه دانشی خاص است.

کارآفرینان از بازیگران کلیدی در نظام‌های نوآوری به شمار می‌روند. فعالیت‌های کارآفرینی را نیز می‌توان در قالب یکی از فرآیندهای اصلی نظام نوآوری جای داد. فعالیت کارآفرینی عبارتست از تبدیل دانش فنی موجود به کسب و کارهای جدید. این کار از طریق انجام پروژه‌های اجرایی انجام می‌شود. بنابراین، از لازمه‌های انجام فعالیت کارآفرینی، وجود دانش فنی است. نکته‌ی قابل بیان آن است که هر بازیگری (شامل هر بازیگری در بخش خصوصی یا عمومی و یا بازیگران دولتی،

دانشگاهی و یا صنعتی) که به انجام فعالیت‌های کارآفرینی مبادرت ورزد، در آن مقطع خاص به عنوان کارآفرین شناخته می‌شود. بنابراین، در برخی موارد، حتی دولت‌ها نیز می‌توانند در نقش کارآفرین ظاهر شوند.

این چالش تمامی موانع پیش روی کارآفرینان را در بر می‌گیرد که فضای کسب و کار را برای کارآفرینان، غیرمطمئن و غیرشفاف می‌کند. در واقع فعالیت‌های کارآفرینی شامل تلاش‌هایی است که به‌طور مستقیم به تجاری‌سازی محصولات و خدمات ارائه‌شده بر پایه‌ی دانش فنی موجود می‌پردازند. حال هر مانعی از جنس فضای کسب و کار که این فرآیند را مختل کند، مانع کسب و کار تلقی می‌شود. چالش‌های زیر برای کارکرد کارآفرینی شناسایی شده است:

۱- نبود زمینه مناسب برای تجاری‌سازی دانش به دست آمده از تحقیقات کاربردی در زمینه فناوری تغییر در طراحی

اکتیو پارت

۲- عدم وجود قوانین مناسب برای تسهیل ورود کارآفرینان

چالش‌های شکل‌دهی به بازار

چالش‌های مربوط به بازار دو نوع هستند: چالش‌های مربوط به عرضه و چالش‌های مربوط به تقاضا. دسته اول چالش‌ها با ساختار بازار و وضعیت رقابت در بین عرضه‌کنندگان ارتباط دارد. انواع حالت‌های ساختار بازار به صورت زیر است:

☞ ساختار رقابت کامل: در این حالت، تعداد زیادی خریدار و تعداد زیادی فروشنده در بازار وجود دارند.

☞ ساختار رقابت انحصاری: در این حالت نیز تعداد زیادی فروشنده یک نوع محصول خاص و تعداد زیادی خریدار وجود دارند، ولی فروشندگان از طریق ایجاد تمایز در محصولات خود مانند تغییر بسته بندی، ارتقای کیفیت و ... به رقابت می‌پردازند.

☞ ساختار انحصار چندجانبه: در این حالت، تعداد کمی فروشنده و تعداد زیادی خریدار وجود دارد. در حالت خاصی که تنها دو فروشنده در بازار وجود دارند را انحصار دوجانبه می‌نامند.

☞ ساختار انحصار کامل: این حالت، زمانی است که فقط یک فروشنده و تعداد زیادی خریدار در بازار وجود داشته باشد.

☞ ساختار انحصار کامل در طرف تقاضا: هنگامی که تنها یک خریدار و تعداد زیادی عرضه‌کننده در بازار وجود داشته باشند.

ساختار انحصار چندجانبه در طرف تقاضا: در این حالت، تعداد فروشندگان محصول در بازار بسیار زیاد است، ولی تعداد کمی خریدار در بازار وجود دارد

چالش مربوط به تقاضای بازار مفهومی در تئوری‌های اقتصادی است که در آن تخصیص کالاها و خدمات توسط نظام بازار آزاد به ناکارآمدی می‌انجامد. این نوع چالش عمدتاً در مکاتب اقتصاد نئوکلاسیک تأکید می‌شود. گاهی اوقات این چالش ناشی از وجود تقاضا برای برخی از کالاهاست. عمدتاً کالاهایی که فناوری محور هستند و نیاز به حمایت و خرید دولتی دارند، دچار این نوع چالش‌ها می‌شوند. چالش‌های اصلی شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

به صرفه نبودن توسعه فناوری: با توجه به یارانه پرداختی به برق و غیر واقعی بودن قیمت برق، استفاده از فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها برای تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان این تجهیزات مقرون به صرفه نیست. از طرف دیگر، تولید ترانسفورماتورهای کم تلفات در مقیاس محدود، هزینه‌های بالایی برای تولیدکنندگان در بر دارد. این عوامل باعث می‌شود که توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها برای تولیدکنندگان به صرفه نباشد.

عدم وجود تقاضای کافی: وزارت نیرو و مجموعه‌های بزرگ تولیدی مصرف‌کنندگان اصلی ترانسفورماتورهای توزیع در شبکه توزیع هستند. همان طور که اشاره شد با توجه به یارانه‌های پرداختی قیمت برق در کشور پایین است. به همین دلیل کاهش تلفات از طریق به کارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات برای مصرف‌کنندگان توجیه‌پذیر نیست. از این رو تقاضای کافی برای ترانسفورماتورهای کم تلفات وجود ندارد.

عدم وجود بازار رقابتی: در حال حاضر چند شرکت معدود در کشور به طراحی و ساخت ترانسفورماتورها می‌پردازند. این وضعیت نوعی انحصار چندقطبی را به وجود آورده است که از یک طرف باعث عدم تمایل تولیدکنندگان برای حرکت به سمت فناوری‌های نوین کاهش تلفات در ترانسفورماتورها شده است و از طرف دیگر مانع از ورود تولیدکنندگان جدید به این عرصه شده است. رفع این مانع می‌تواند نقش مهمی در توسعه این صنعت ایفا کند.

آیین‌نامه‌های معاملاتی ناکارآمد: آیین‌نامه‌های معاملاتی موجود در مورد خرید و فروش ترانسفورماتورها در کشور فاقد کارآمدی لازم برای تحریک عرضه‌کنندگان و مصرف‌کنندگان این نوع ترانسفورماتورها هستند. بنابراین اصلاح بازرگاری در این آیین‌نامه می‌تواند به تسهیل، شفاف‌سازی و هدایت معاملات در این صنعت کمک کند.

به طور کلی چالش‌های شناسایی شده برای این کارکرد عبارتند از:

- ۱- کمبود تقاضای مطمئن از سوی مصرف کنندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات
- ۲- انگیزه پایین سازندگان ترانسفورماتورها برای طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات به علت به صرفه نبودن توسعه این فناوری
- ۳- وجود انحصار چندقطبی در بین تولیدکنندگان فعلی ترانسفورماتور در کشور
- ۴- عدم تولید انبوه ترانسفورماتور کم تلفات از سوی سازندگان داخلی
- ۵- ضعف قوانین و آیین نامه‌های تنظیم کننده بازار
- ۶- انگیزه پایین تولیدکنندگان جدید برای ورود به این بازار
- ۷- عدم وجود قوانین حمایتی لازم برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در زمینه توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

چالش‌های مقبولیت بخشی

همان‌طور که اشاره گردید این کارکرد در توسعه فناوری‌ها مانند کاتالیزگر عمل می‌کند و به توسعه نظام نوآوری سرعت می‌بخشد. این امر از طریق تشویق قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران، به ایجاد آرایش‌بندی جدیدی از بدنه قواعد و مقررات مربوط به نظام نوآوری فناورانه و از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی‌های سیاسی و رایزنی‌هایی است که بین گروه ذینفعان فناوری صورت می‌پذیرد. چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

- ۱- عدم آگاهی مدیران از مزایای بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات
- ۲- عدم وجود فرهنگ افزایش بهره‌وری و راندمان در بین مدیران

در ادامه جهت درک بهتر، چالش‌های شناسایی شده به تفکیک کارکرد و بر حسب ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۱-۳ - چالش‌های توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات به تفکیک هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در هر یک از ابعاد ساختاری

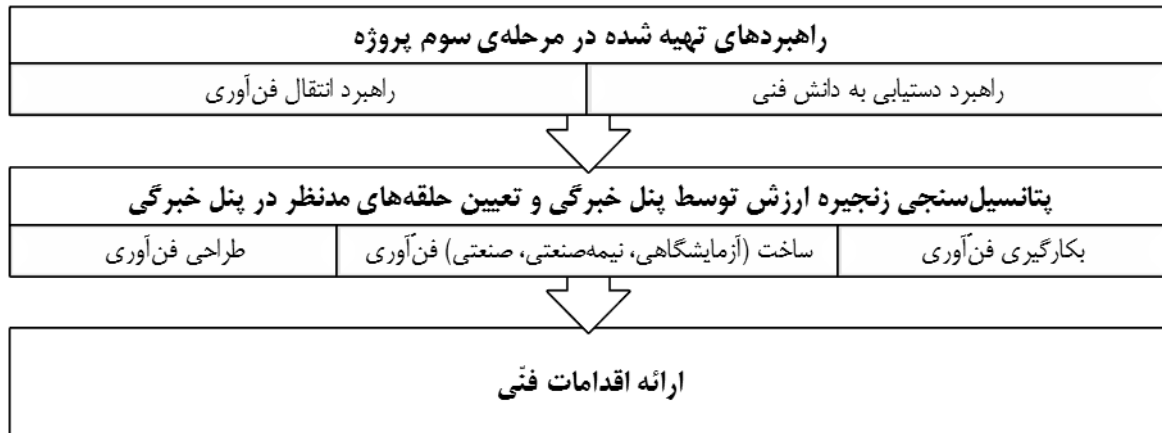
مشکلات ساختاری کارکردها	بازیگران	تعاملات	نهادهای	زیرساخت‌ها
توسعه دانش	<ul style="list-style-type: none"> • کمبود تحقیقات مناسب و کاربردی در مراکز علمی و واحدهای تحقیق و توسعه برای کسب دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات • به روز نبودن محتوای آموزشی دروس دانشگاهی مرتبط با ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات 	<ul style="list-style-type: none"> • وجود ارتباط ضعیف میان دانشگاه و صنعت برای تبادل دانش در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات • میزان پایین همکاری مشترک بین‌المللی بین شرکت‌های معتبر داخلی و خارجی برای انتقال دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات • وجود ارتباط ضعیف میان بازیگران توسعه دانش با مراکز علمی، تحقیقاتی کشورهای پیشرو در زمینه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها 	<ul style="list-style-type: none"> • عدم حمایت کافی از فعالیتهای تحقیق و توسعه در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوری‌های جدید کاهش تلفات 	
انتشار دانش	<ul style="list-style-type: none"> • حضور کم رنگ شرکت‌های داخلی سازنده ترانسفورماتور در کنفرانس‌ها و همایش‌های تخصصی بین‌المللی جهت کسب دانش روز دنیا در زمینه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها • کمبود نمایشگاه‌های تخصصی در زمینه آخرین دستاوردهای صنعت ترانسفورماتور کم تلفات 	<ul style="list-style-type: none"> • عدم وجود همکاری کافی میان دست‌اندرکاران توسعه فناوری در به مشارکت گذاشتن دانش کسب شده با یکدیگر 		<ul style="list-style-type: none"> • عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور در زمینه ترانسفورماتور کم تلفات

مشکلات ساختاری کارکردها	بازیگران	تعاملات	نهادهای	زیرساختها
جهت‌دهی به سیستم	نبود مرجعی به عنوان مغز متفکر که به پیگیری و شناسایی مشکلات موجود و تصمیم‌گیری منسجم برای رفع آنها بپردازد و از اختیارات کافی برخوردار باشد		• عدم وجود قوانین و دستورالعمل جهت الزام در بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات	
تامین منابع	• کمبود منابع مالی مورد نیاز دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های سازنده ترانسفورماتور برای طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات	• عدم وجود بستر مناسب جهت ارتباط با شرکت‌های خارجی تامین‌کننده مواد اولیه • ارتباط ضعیف بین شرکت‌های داخلی و خارجی برای تبادل نیروی انسانی متخصص در زمینه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها	• عدم وجود برنامه مشخص و مدون برای تامین منابع مالی مورد نیاز	• کمبود آزمایشگاه برای تست تجهیزات • محدودیت دسترسی به نرم‌افزارهای تخصصی برای طراحی ترانسفورماتور کم تلفات
کارآفرینی	• نبود زمینه مناسب برای تجاری‌سازی دانش به دست آمده از تحقیقات کاربردی در زمینه فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت		• عدم وجود قوانین مناسب برای تسهیل ورود کارآفرینان	
شکل‌دهی بازار	• کمبود تقاضای مطمئن از سوی مصرف‌کنندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات • انگیزه پایین سازندگان ترانسفورماتور به طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات به علت به صرفه نبودن توسعه این فناوری		• ضعف قوانین و آیین‌نامه‌های تنظیم‌کننده بازار • عدم وجود قوانین حمایتی لازم برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در زمینه توسعه فناوری‌های کاهش	

زیرساختها	نهادهای	تعاملات	بازیگران	مشکلات ساختاری کارکردها
	تلفات در ترانسفورماتورها		<ul style="list-style-type: none"> • وجود انحصار چندقطبی در بین تولیدکنندگان فعلی ترانسفورماتور در کشور • عدم تولید انبوه ترانسفورماتورهای کم تلفات از سوی سازندگان داخلی • انگیزه پایین تولیدکنندگان جدید برای ورود به این بازار 	
			<ul style="list-style-type: none"> • عدم آگاهی مدیران از مزایای بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات • عدم وجود فرهنگ افزایش بهره‌وری و راندمان در بین مدیران 	مشروعیت بخشی

۲-۳- فرایند تدوین اقدامات فنی

فرایند تدوین این اقدامات، در شکل ۳-۴ نشان داده شده است.



شکل ۳-۴- فرایند تدوین اقدامات فنی توسعه فن آوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

همان‌طور که پیشتر اشاره شد راهبردهای تهیه شده در مرحله سوم طرح در جلسه کمیته راهبری مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به نظرات کمیته راهبری، در مورد هر یک از فن آوری‌های منتخب برای توسعه درون‌زا، پتانسیل‌سنجی شده و اقداماتی ارائه می‌گردد. همچنین فن آوری‌های منتخب برای انتقال فن آوری به اقداماتی جهت انتخاب روش بهینه، رهنمون می‌شود.

۴- سیاستها و اقدامات مورد نیاز برای توسعه فناوری کاهش تلفات در ترانسفورماتورها

همان‌طور که در شکل ۳-۱ نشان داده شده است، سیاستها و اقدامات غیرفنی مورد نیاز بر اساس فهرست چالش‌ها و موانع شناسایی شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود. این سیاستها و اقدامات همان‌طور که پیش از این اشاره شد بر اساس چالش‌ها و موانع شناخته شده در چهار کارکرد نظام نوآوری فناورانه پیشنهاد می‌شوند. در ادامه، با توجه به اینکه برخی از سیاستهای توسعه فناوری 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 مورد توجه قرار گرفته است. بعلاوه، اقدامات فنی اقداماتی هستند که ذیل دو دسته چالش‌های مختص فناوری در کارکرد توسعه دانش یعنی «انتقال فناوری» و «توسعه درون‌زا» تعریف شده و بنابراین از راهبردهای تهیه شده در فاز ۳ ورودی می‌گیرند. در ادامه فهرست این اقدامات نیز ارائه شده است.

۴-۱- سیاست ها و اقدامات غیر فنی

جهت تدوین سیاستها و اقدامات غیرفنی همانطور که اشاره شد، کلیه موانع و چالشهای مورد نظر خبرگان و متخصصان استخراج شد و پس از پالایش و حذف موارد تکراری، فهرست نهایی چالشها تهیه شد. در ادامه چالشهای شناسایی شده و سیاستها و اقدامات منتج شده از این چالشها در جداول ۴-۱ تا ۴-۷ آمده است.

جدول ۴-۱- چالشها، سیاستها و اقدامات رفع چالشهای کارکرد توسعه و انتشار دانش

سیاستها و اقدامات	چالشها
حمایت از پایان نامه‌های ارشد و دکتری در زمینه توسعه دانش فنی در زمینه فناوریهای جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها	کمبود تحقیقات مناسب و کاربردی در مراکز علمی و واحدهای تحقیق و توسعه برای کسب دانش فنی ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات با فناوریهای جدید
تدوین برنامه جامع حمایت از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوریهای جدید کاهش تلفات	عدم حمایت کافی از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوریهای جدید کاهش تلفات
بروزرسانی محتوای آموزشی در حوزه رشته‌های تخصصی مورد نیاز برای ساخت ترانسفورماتور کم تلفات از جمله در رشته‌های متالورژی و برق قدرت گرایش ماشین‌های الکتریکی	به روز نبودن محتوای آموزشی دروس دانشگاهی مرتبط با ساخت ترانسفورماتور کم تلفات مبتنی بر فناوریهای جدید کاهش تلفات
تدوین دستورالعمل همکاری میان بازیگران داخلی توسعه ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات اعم از: دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های سازنده ترانسفورماتور	وجود ارتباط ضعیف میان دانشگاه و صنعت برای تبادل دانش در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوریهای جدید کاهش تلفات
برقراری ارتباط میان شرکتها و مراکز علمی و تحقیقاتی بین‌المللی با شرکتها و مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی در حوزه ترانسفورماتورهای کم تلفات	وجود ارتباط ضعیف میان بازیگران توسعه دانش با مراکز علمی، تحقیقاتی کشورهای پیشرو در زمینه فناوریهای جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها
	میزان پایین همکاری مشترک بین‌المللی بین شرکت‌های معتبر داخلی و خارجی برای انتقال دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوریهای جدید کاهش تلفات

جدول ۲-۴- چالش‌ها، سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد انتشار دانش

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی و نمایشگاه‌های تخصصی با حضور کشورهای پیشرو در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات جهت تبادل دانش و آگاهی از جدیدترین دستاوردها در دنیا	حضور کم رنگ شرکت‌های داخلی سازنده ترانسفورماتور در کنفرانس‌ها و همایش‌های تخصصی بین‌المللی جهت کسب دانش روز دنیا در زمینه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها کمبود نمایشگاه‌های تخصصی در زمینه آخرین دستاوردهای صنعت ترانسفورماتور کم تلفات
شناسایی تشکلیها و انجمن‌های موجود در صنعت برق و تشویق آنها به فعالیت در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات	عدم وجود همکاری کافی میان دست اندرکاران توسعه فناوری در به مشارکت گذاشتن دانش کسب شده با یکدیگر
ایجاد بانک اطلاعاتی محققین و دستاوردهای دانشی در حوزه ترانسفورماتورهای کم تلفات	عدم وجود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور در زمینه دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات

جدول ۳-۴- چالش‌ها، سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد جهت‌دهی به سیستم

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
تشکیل ستاد راهبری نقشه راه توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات جهت هماهنگی و نظارت بر اجرای کار	نبود مرجعی به عنوان مغز متفکر که به پیگیری و شناسایی مشکلات موجود و تصمیم‌گیری منسجم برای رفع آنها بپردازد و از اختیارات کافی برخوردار باشد.
تدوین قوانین و دستورالعمل جهت ایجاد الزام برای بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات	عدم وجود قوانین و دستورالعمل جهت الزام در بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات

جدول ۴-۴- چالش‌ها، سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد تامین منابع

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
<ul style="list-style-type: none"> تدوین دستورالعمل‌های لازم برای تامین منابع مالی مورد نیاز به منظور توسعه فناوری ساخت ترانسفورماتور کم تلفات اعطای وام‌های بانکی بلند مدت و کم بهره به مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت‌های سازنده ترانسفورماتورها به منظور انجام فعالیتهای تحقیقاتی و ساخت آزمایشگاه‌های تست تجهیزات و کارگاه‌های لازم برای توسعه فناوری‌های کاهش تلفات در ترانسفورماتورها تخصیص بخشی از منابع حاصل از هدف‌مندی یارانه‌ها در بخش برق به بومی‌سازی دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات 	<p>کمبود منابع مالی مورد نیاز دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های سازنده ترانسفورماتور برای طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات</p> <p>عدم وجود برنامه مشخص و مدون برای تامین منابع مالی مورد نیاز</p>
<ul style="list-style-type: none"> شناسایی تامین‌کنندگان داخلی و خارجی مواد و قطعات مورد نیاز برای طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات و ایجاد ارتباط با آنها برای تامین مواد و قطعات مورد نیاز کاهش تعرفه واردات مواد و قطعات مورد نیاز سازندگان داخلی برای طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات 	<p>عدم وجود بستر مناسب جهت ارتباط با شرکت‌های خارجی تأمین‌کننده مواد اولیه</p>
<p>زمینه‌سازی حضور متخصصین خارجی در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتور کم تلفات، در مراکز تحقیقاتی و صنعتی کشور</p>	<p>ارتباط ضعیف بین شرکت‌های داخلی و خارجی برای تبادل نیروی انسانی متخصص در زمینه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها</p>
<p>شناسایی و حمایت از تامین سخت‌افزار و نرم‌افزار مورد نیاز جهت توسعه فناوری‌های جدید کاهش تلفات در ترانسفورماتورها</p>	<p>محدودیت دسترسی به نرم‌افزارهای تخصصی برای طراحی ترانسفورماتور کم تلفات</p> <p>کمبود آزمایشگاه برای تست تجهیزات</p>

جدول ۴-۵- چالش‌ها، سیاست‌ها و اقدامات رفع چالش‌های کارکرد کارآفرینی

سیاست‌ها و اقدامات	چالش‌ها
<p>تدوین دستورالعمل جهت حمایت از تجاری‌سازی دانش فنی به دست آمده از تحقیقات در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتور با فناوری تغییر در طراحی اکتیو</p>	<p>نبود زمینه مناسب برای تجاری‌سازی دانش به دست آمده از تحقیقات کاربردی در زمینه فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت</p>

سیاستها و اقدامات	چالشها
پارت	
ایجاد سازوکار انگیزشی - حمایتی ورود تولیدکنندگان جدید به بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات	عدم وجود قوانین مناسب برای تسهیل ورود کارآفرینان

جدول ۴-۶- چالشها، سیاستها و اقدامات رفع چالشهای کارکرد شکلدهی به بازار

سیاستها و اقدامات	چالشها
اعطای مشوقهای مالی نظیر پرداخت تسهیلات بلندمدت کم بهره، پرداخت سود تسهیلات و کاهش مالیات جهت ترغیب مصرف کنندگان ترانسفورماتورها به تعویض یا خرید ترانسفورماتورهای کم تلفات	کمبود تقاضای مطمئن از سوی مصرف کنندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات عدم تولید انبوه ترانسفورماتور کم تلفات از سوی سازندگان داخلی
ایجاد سازوکار انگیزشی - حمایتی برای تولیدکنندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات از طریق کاهش تعرفه و بخشودگی مالیاتی	انگیزه پایین سازندگان ترانسفورماتورها برای طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات به علت به صرفه نبودن توسعه این فناوری عدم وجود قوانین حمایتی لازم برای سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در زمینه توسعه فناوریهای کاهش تلفات در ترانسفورماتورها
ایجاد سازوکار انگیزشی - حمایتی ورود تولیدکنندگان جدید به بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات	وجود انحصار چندقطبی در بین تولیدکنندگان فعلی ترانسفورماتور در کشور انگیزه پایین تولیدکنندگان جدید برای ورود به این بازار
بازنگری آیین‌نامه‌های معاملاتی خرید و فروش ترانسفورماتورهای کم تلفات	ضعف قوانین و آیین‌نامه‌های تنظیم‌کننده بازار

جدول ۴-۷- چالشها، سیاستها و اقدامات رفع چالشهای کارکرد مشروعیت‌بخشی

سیاستها و اقدامات	چالشها
• آگاه سازی مدیران صنعت برق از مزایای بکارگیری ترانسفورماتور کم تلفات در صنعت برق از طریق برگزاری سمینارها و همایش‌های تخصصی	• عدم آگاهی مدیران از مزایای بکارگیری ترانسفورماتورهای کم تلفات • عدم وجود فرهنگ افزایش بهره‌وری و راندمان در بین مدیران

۴-۲- اقدامات فنی

اقدامات فنی با توجه به فرایند شرح داده شده در بخش ۳-۲ و بر اساس راهبردهای ارائه شده در فاز سوم طرح به شرح زیر

تدوین می گردد:

- ۱- بکارگیری و استفاده از ترانسفورماتور کم تلفات تولید شده مبتنی بر فناوری تغییر در طراحی اکتیو پارت در شبکه
- ۲- بکارگیری و استفاده از ترانسفورماتور کم تلفات تولید شده مبتنی بر فناوری مبدل‌های الکترونیک قدرت
- ۳- تولید نمونه آزمایشگاهی ترانسفورماتور ابرسانا با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی
- ۴- تولید نیمه صنعتی ترانسفورماتورهای کم تلفات مبتنی بر فناوری عایق‌های خاص با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

منابع

- [۱]. «روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق - راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم»، پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲
- [2]. North, D. C., Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge university press, 1990.
- [3]. Schot, J., "Towards new forms of participatory technology development," Technology Analysis & Strategic Management, vol. 13, no. 1, pp. 39-52, 2001.
- [4]. Dosi, G., Technical change and industrial transformation. St. Martin's Press New York, 1984.
- [5]. Dosi, G., "Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation," Journal of economic literature, pp. 1120-1171, 1988.
- [6]. Carlsson B. and Stankiewicz, R., "Evolutionary Economics," pp. 93-118, 1991.

فهرست مطالب

۱- مقدمه.....	۱
۲- تدوین پروژه‌های اجرایی.....	۱
۱-۲- شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی.....	۱
۱-۱-۲- مبنای شکستن اقدامات.....	۴
۲-۱-۲- ابزارهای شکستن اقدامات.....	۴
۳-۱-۲- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی.....	۷
۲-۲- فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی توسعه فناوریهای ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات.....	۷
۳- تخصیص منابع.....	۱۱
۴- تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب).....	۱۶
۱-۴- نگاشت نهادی.....	۱۶
۱-۱-۴- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی.....	۱۸
۲-۱-۴- مراحل طراحی نگاشت نهادی فناوری‌های طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای توزیع با تلفات پایین	۲۰
۳-۱-۴- تحلیل نگاشت نهادی.....	۲۵
۲-۴- تخصیص متولیان پروژه‌های اجرایی.....	۲۷
۵- ترسیم ره‌نگاشت.....	۳۳
پیوست: معرفی اجمالی نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات.....	۳۵

فهرست اشکال

شکل (۱-۲): گام‌های تدوین برنامه عملیاتی در سطح اقدامات..... ۲

شکل (۲-۲): نحوه شکستن اقدام X..... ۳

شکل (۱-۴): ارتباط بین نهادها در توسعه فناوری‌های ترانسفورماتورهای کم تلفات..... ۲۵

شکل (۳-۵): ره‌نگاشت توسعه فناوری‌های ترانسفورماتورهای کم تلفات. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

شکل (۴-۵): ره‌نگاشت طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با هادی‌های ابررسانا. **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

فهرست جداول

- جدول (۱-۲): پروژه‌های مربوط به حمایت از توسعه دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات با فناوری ابررسانا ۸
- جدول (۲-۲): پروژه‌های مربوط به زمینه‌سازی برای انتشار دانش فنی طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا ۸
- جدول (۳-۲): پروژه‌های مربوط به کمک به تربیت و جذب نیروی انسانی متخصص در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا ۹
- جدول (۴-۲): پروژه‌های مربوط به ایجاد بستر لازم برای انجام فعالیت‌های کار آفرینی در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات ۹
- جدول (۵-۲): پروژه‌های مربوط به تسهیل و تامین منابع مالی مورد نیاز بازیگران توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات ۹
- جدول (۶-۲): پروژه‌های مربوط به کمک به توسعه بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات ۱۰
- جدول (۷-۲): پروژه‌های مربوط به ایجاد بستر مناسب برای تامین مواد و قطعات مورد نیاز سازندگان داخلی برای طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا ۱۰
- جدول (۸-۲): پروژه‌های مربوط به بهبود ساختار نهادی توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات ۱۰
- جدول (۹-۲): پروژه‌های مربوط به اقدام طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با هادی‌های ابررسانا ۱۰
- جدول (۱-۳): تخصیص منابع پروژه‌های مربوط به اقدام حمایت از توسعه دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با هادی‌های ابررسانا ۱۲
- جدول (۲-۳): زمان بندی پروژه های مربوط به اقدام زمینه سازی برای انتشار دانش فنی طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا ۱۳
- جدول (۳-۳): زمان بندی پروژه‌های مربوط به اقدام کمک به تربیت و جذب نیروی انسانی متخصص در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا ۱۳
- جدول (۴-۳): زمان بندی پروژه‌های مربوط به اقدام ایجاد بستر لازم برای انجام فعالیت‌های کار آفرینی در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات ۱۳
- جدول (۵-۳): زمان بندی پروژه‌های مربوط به اقدام تسهیل و تامین منابع مالی مورد نیاز بازیگران توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات ۱۴
- جدول (۶-۳): زمان بندی پروژه‌های مربوط به اقدام کمک به توسعه بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات ۱۴

- جدول (۷-۳): زمان بندی پروژه های مربوط به اقدام ایجاد بستر مناسب برای تامین مواد و قطعات مورد نیاز سازندگان داخلی برای طراحی و ساخت هادی های ابرسانا ۱۵
- جدول (۸-۳): زمان بندی پروژه های مربوط به اقدام بهبود ساختار نهادی توسعه ترانسفورهای کم تلفات ۱۵
- جدول (۹-۳): زمان بندی پروژه های مربوط به اقدام طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای توزیع با هادی های ابرسانا ۱۵
- جدول (۱-۴): نگاشت نهادی توسعه فناوری های طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات ۲۳
- ادامه جدول (۱-۴): **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- جدول (۲-۴): مجریان پروژه های مربوط به اقدام حمایت از توسعه دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با هادی های ابرسانا ۲۷
- جدول (۳-۴): مجریان پروژه های مربوط به اقدام زمینه سازی برای انتشار دانش فنی طراحی و ساخت هادی های ابرسانا ۲۸
- جدول (۴-۴): مجریان پروژه های مربوط به اقدام کمک به تربیت و جذب نیروی انسانی متخصص در زمینه طراحی و ساخت هادی های ابرسانا ۲۹
- جدول (۵-۴): مجریان پروژه های مربوط به اقدام ایجاد بستر لازم برای انجام فعالیت های کار آفرینی در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات ۲۹
- جدول (۶-۴): مجریان پروژه های مربوط به اقدام تسهیل دسترسی بازیگران توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات به منابع مالی مورد نیاز ۳۰
- جدول (۷-۴): مجریان پروژه های مربوط به اقدام کمک به توسعه بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات ۳۱
- جدول (۸-۴): مجریان پروژه های مربوط به اقدام ایجاد بستر مناسب برای تامین مواد و قطعات مورد نیاز سازندگان داخلی برای طراحی و ساخت هادی های ابرسانا ۳۱
- جدول (۹-۴): مجریان پروژه های مربوط به اقدام بهبود ساختار نهادی توسعه ترانسفورهای کم تلفات ۳۲
- جدول (۱۰-۴): مجریان پروژه های مربوط به اقدام طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با هادی های ابرسانا ۳۲

۱- مقدمه

در این بخش از سند، به ارائه مدلی تفصیلی مبین گام‌های لازم جهت تکمیل فرآیند برنامه عملیاتی و همچنین ابزارهای هرگام می‌پردازیم که در نهایت منجر به دستیابی به برنامه عملیاتی و ره‌نگاشت^۱ در راستای چشم‌انداز سند خواهد شد. در فاز ۳ و ۴، تدوین سطوح راهبردی از چشم‌انداز تا اقدامات انجام‌گرفته و در این فاز می‌بایست در راستای هر یک از اقدامات، پروژه‌های لازم مشخص گردد. در ادامه مواردی که در فرآیند تدوین برنامه عملیاتی می‌بایست مورد توجه قرار گیرند که شامل تدوین پروژه‌های اجرایی، تخصیص منابع، تقسیم کار ملی و ترسیم ره‌نگاشت می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۲- تدوین پروژه‌های اجرایی

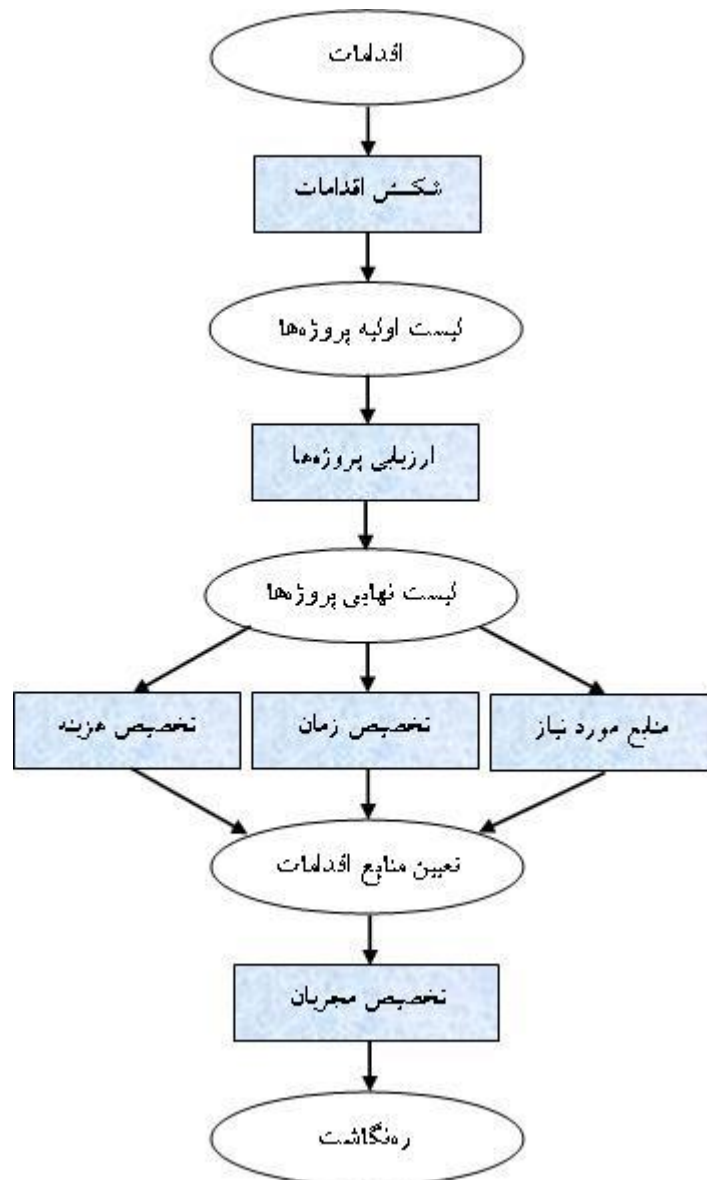
همان‌طور که اشاره شد، لازم است اقدامات تعیین شده در فاز ۴، به پروژه‌های اجرایی شکسته شود. در واقع در این بخش باید مشخص گردد که چه پروژه یا مجموعه پروژه‌هایی باید در سالیان مختلف اجرا گردد تا در صورت اجرای این پروژه‌ها بتوان اطمینان حاصل کرد که اقدامات عملیاتی مورد بحث در حوزه فناوری‌های ترانسفورماتورهای کم تلفات صورت گرفته، اهداف تحقق یافته و راهبردها به بار نشستند. در ادامه روش مورد استفاده در شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی آورده شده است.

۲-۱- شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آنها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود و از همین‌رو در تعریف پروژه‌ها می‌بایست جنبه‌های مختلف اقدام مورد توجه قرار گیرد. نکته حائز اهمیت دیگر میزان شکسته شدن اقدامات می‌باشد. همانگونه که یک اقدام می‌تواند به مجموعه‌ای از پروژه‌ها شکسته شود، هر پروژه نیز قابل شکسته شدن به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها می‌باشد و این روند را در مورد فعالیت‌ها نیز می‌توان ادامه داد. این مفهوم را می‌توان به صورت ملموس‌تری در شکل (۲-۲) مشاهده نمود که در آن اقدام X به سه پروژه و پروژه شماره ۱ به

^۱ - Road Map

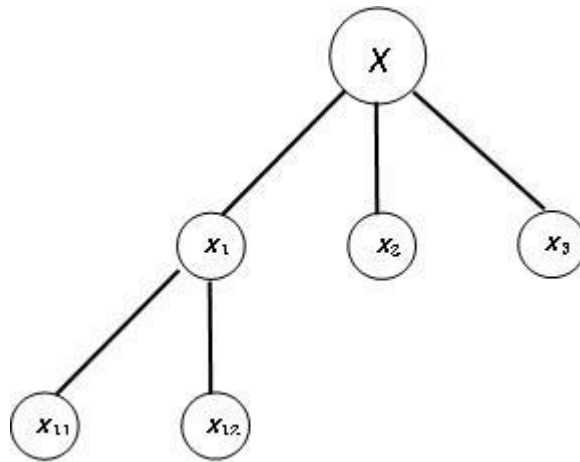
دو فعالیت شکسته شده است. حال می توان مجموعه کل پروژه هایی که برای انجام اقدام X لازم است اجرا شود را به دو صورت $X \equiv \{x_1, x_2, x_3\}$ و $X \equiv \{x_{11}, x_{12}, x_2, x_3\}$ ارائه نمود که تفاوت این دو در تعداد سطوح شکسته شدن اقدام می باشد.



شکل (۱-۲): گام های تدوین برنامه عملیاتی در سطح اقدامات

بنابراین لازم است معیارهای مناسبی برای تعیین تعداد سطح شکسته شدن اقدامات تعیین گردد. در این بررسی دو معیار به

شرح زیر مبنای عمل قرار می گیرد:



شکل (۲-۲): نحوه شکستن اقدام X

الف) میزان منابع لازم برای انجام پروژه اجرایی قابل تخمین باشد. به عبارتی در سطح خاصی می توان برآورد مناسبی از میزان منابع مورد نیاز ارائه نمود.

ب) هر پروژه اجرایی در اندازه‌ای باشد که بتوان آن را به یک مجری محول نمود. به عبارتی اگر پروژه اجرایی به اندازه کافی جزء نشده باشد، به طوری که گستردگی ابعاد مختلف آن امکان اختصاص آنرا به یک مجری سلب نماید، می بایست پروژه اجرایی مربوط، به فعالیت‌های دیگری شکسته شود تا تخصیص آن به مجری واحد امکان پذیر گردد. ساختار کلی شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی مشابه WBS^۱ می باشد که در بحث مدیریت پروژه تاکنون تحقیقات فراوانی در مورد آن صورت پذیرفته است.

نکته دیگر حصول اطمینان از جامعیت پروژه‌های اجرایی در راستای تحقق اقدامات می باشد. تاکنون الگوریتمی که تضمین نماید مجموعه پروژه‌های اجرایی منتخب برای تحقق اقدام کفایت می نماید ارائه نشده است. تنها با بهره‌گیری از قضاوت خبرگان، استفاده از تجارب پیشین و در صورت امکان به کارگیری ابزارهایی چون شبیه‌سازی می توان امیدوار بود مجموعه پروژه‌های اجرایی شرایط کافی برای حصول اقدامات را فراهم سازد.

^۱- Work-Breakdown-Structure

۲-۱-۱- مبنای شکستن اقدامات

یکی از مسائل کلیدی دیگر در فرآیند شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، تعیین مبنایی است که بر اساس آن اقدامات شکسته شوند. این که کدام مبنا برای شکستن اقدامات مورد توجه قرارگیرد بر اساس عوامل مختلفی تعیین می‌شود که ذیلاً به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

الف) ساختار و فرهنگ حاکم: اگر در ساختار موجود کشور تقسیم‌بندی ویژه و یا هنجارهای پذیرفته شده اثرگذاری وجود داشته باشد، می‌تواند مبنای شکستن پروژه‌های اجرایی را جهت‌دهی نماید.

ب) نیازمندی‌های فعلی: نیازمندی‌هایی که بر مبنای آن شکسته شدن اقدامات صورت می‌پذیرد در طول زمان قابل تغییر است.

ج) منافع اقتصادی: میزان کسب درآمد از پروژه‌های اجرایی می‌تواند مبنایی برای شکستن اقدامات باشد. به عنوان مثال درآمدزا یا هزینه‌بر بودن پروژه‌های اجرایی از این جهت می‌تواند مبنا قرار گیرد که ابتدا پروژه‌های اجرایی درآمدزا انجام شوند و از درآمد حاصل برای انجام پروژه‌های اجرایی هزینه‌بر استفاده شود.

د) نظرات ذینفعان: از آنجایی که هدف از تحقق اقدامات در واقع برآوردن نیاز ذینفعان و کسب منافع توسط این گروه می‌باشد، ضروری است نظرات ذینفعان در بخش‌های مختلف فرآیند پیاده‌سازی از جمله چگونگی شکستن اقدامات مورد توجه قرارگیرد.

در صورتی که تصمیم گرفته شود که تعدادی از پروژه‌های اجرایی نیز به زیرفعالیت‌هایشان شکسته شود، می‌توان در شکستن دوم از مبنای دیگری استفاده نمود.

۲-۱-۲- ابزارهای شکستن اقدامات

تاکنون مفاهیم و موضوعات کلیدی شکستن اقدامات مورد بحث و بررسی قرارگرفت. در این بخش چند ابزار برای انجام این مهم معرفی می‌گردد.

الف) تجزیه و تحلیل فرآیند استاندارد

در ادبیات، برخی از اقدامات فرآیندی تجربه شده‌ای وجود دارد که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه مورد پذیرش قرار گرفته‌است. چنین فرآیندهایی فرآیند استاندارد نامیده می‌شود. در صورتی که در مورد اقدامات خاصی فرآیند استاندارد وجود داشته باشد، پروژه‌های اجرایی ارائه شده در آن به‌عنوان مجموعه پروژه‌های اجرایی استاندارد پذیرفته می‌شوند.

ب) بهینه‌کاوی

در صورتی که در راستای تحقق یک اقدام، فرآیند استاندارد وجود نداشته باشد و یا به علت عدم دسترسی قابل استفاده نباشد، از ابزار بهینه‌کاوی استفاده می‌شود. بهینه‌کاوی به معنی بررسی تجربه‌های انجام شده و یادگیری می‌باشد. اگرچه در این حالت به علت عدم وجود الگویی استاندارد، انتظار می‌رود تجربه‌های پیشین در ابعاد مختلفی با یکدیگر تفاوت داشته باشند - که از علل اصلی آن خواستگاه منطقه‌ای و ویژگی‌های خاصی است که فرآیند در قالب آن طراحی و اجرا شده است - یکی از مسائل کلیدی به‌کارگیری این ابزار چگونگی در کنار هم قرار دادن نتایج تجربه‌های مختلف برای دستیابی به الگویی مطلوب می‌باشد. اگر نتوان از این روش به مجموعه‌ای از پروژه‌های اجرایی قابل قبول دست یافت، از پروژه‌های اجرایی غیرنهایی به‌دست آمده می‌توان در ابزار علی- معلولی استفاده نمود.

ج) تحلیل علی‌معلولی

هدف این ابزار استفاده از نظرات خبرگان برای شکستن اقدامات به مجموعه پروژه‌های اجرایی می‌باشد. از همین‌رو ضروری است استفاده از این ابزار با حضور خبرگانی مسلط بر ابعاد مختلف اقدام مربوطه صورت گیرد. ذیلاً چگونگی استفاده از این ابزار در جلسه‌ای با حضور خبرگان توضیح داده می‌شود:

گام ۱: در ابتدای جلسه توضیحات مربوط به معرفی اقدام ارائه می‌گردد تا کلیه افراد حاضر به نگرش یکسانی از اقدام مورد نظر دست یابند.

گام ۲: در یک بارش فکری پروژه‌های اجرایی که از نظر خبرگان برای انجام اقدام مزبور ضروری به نظر می‌رسد مطرح شده و در معرض دید همگان قرار می‌گیرد.

حاضرین جلسه می‌باید این نکته را مد نظر قرار دهند که در مرحله اول صرفاً اقدامات به پروژه‌های اجرایی اساسی تشکیل‌دهنده‌اش شکسته می‌شوند. از همین‌رو بهتر است از بیان مواردی که خود زیرفعالیت پروژه‌های اجرایی اساسی به شمار می‌روند و یا قابل بیان شدن به شکل پروژه‌های اجرایی کلان‌تری هستند اجتناب ورزند. در صورتی که تصمیم گرفته شود

برخی پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌های خود شکسته شوند، در مرحله دیگری فرآیند جاری در مورد آن پروژه‌های اجرایی تکرار می‌شود. به عبارتی در هر مرحله از به‌کارگیری این ابزار، شکستن تنها در یک سطح انجام می‌پذیرد. پس از انجام این گام فهرست اولیه‌ای از پروژه‌های اجرایی پیشنهادی به دست می‌آید. در تکمیل این فهرست می‌توان از اطلاعات به دست آمده از دو ابزار دیگر به‌ویژه بهینه‌کاوی استفاده نمود.^۱

گام ۳: کلیه موارد موجود در لیست اولیه تحت سه عنوان زیر دسته‌بندی می‌شوند:

الف) پروژه‌های اجرایی اصلی تکین: پروژه‌های اجرایی هستند که اولاً در راستای تحقق اقدام مورد نظر انجام آنها ضروری بوده و ثانیاً در بین سایر پروژه‌های اجرایی پیشنهاد شده موارد مشابه قابل جایگزینی با آن وجود ندارد.

ب) پروژه‌های اجرایی جایگزین: این دسته شامل آن بخش از پروژه‌های اجرایی ضروری می‌باشد که در بین سایر پروژه‌های اجرایی، موارد مشابه قابل جایگزینی با آنها یافت می‌شود. در این حالت هر گروه از پروژه‌های اجرایی مشابه را در مجموعه‌هایی جمع کرده که مجموعه‌های جایگزینی نامیده می‌شوند. سرانجام می‌باید از هر یک از مجموعه‌های جایگزینی یک پروژه اجرایی انتخاب شود.

مجموعه‌های جایگزینی نباید با یکدیگر دارای اشتراک باشند. همچنین در صورتی که پروژه اجرایی قابل تخصیص به بیش از یک مجموعه جایگزینی باشد، آن پروژه اجرایی به چند بخش تفکیک شده و هر بخش به مجموعه مربوطه اختصاص می‌یابد.

ج) پروژه‌های اجرایی پشتیبانی: پروژه‌های اجرایی که در راستای تحقق یک اقدام، ضروری نیستند ولی می‌توانند فرآیند انجام اقدام مورد نظر را تقویت کرده و آنرا تسریع بخشند.

↳ در صورتی که پس از دسته‌بندی فوق مواردی وجود داشته باشند که به نوعی زیرفعالیت سایر پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبانی به حساب آیند حذف می‌گردند - در صورت لزوم در شکستن پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌ها در مراحل بعد مورد استفاده قرار می‌گیرند - و در غیراینصورت لازم است پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبان دیگری تعریف شود که دربرگیرنده زیرفعالیت مزبور باشد.

^۱ - ممکن است بتوان درمورد یک فعالیت از روش تحلیل فرآیند استاندارد و یا بهینه‌کاوی به نتیجه رسید، علی‌رغم این‌که در مورد اقدام بالادست استفاده از این دو ابزار نتیجه‌بخش نبوده باشد.

در نهایت پروژه‌های اجرایی دسته‌بندی شده می‌باید دارای دو ویژگی باشند:

↔ در یک سطح باشند

↔ غیر از پروژه‌های اجرایی درون یک مجموعه جایگزینی، سایر پروژه‌های اجرایی باید بدون همپوشانی باشند. در غیر

این صورت می‌بایست تغییراتی در آنها اعمال گردد که همپوشانی موجود حذف شود.

۳-۱-۲- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی

قبل از نهایی شدن پروژه‌های اجرایی، به منظور ارزیابی جوانب مختلف پروژه‌های اجرایی ارائه شده و قضاوت در مورد موجه بودن یا عدم موجه بودن آنها، هر پروژه اجرایی می‌بایست بر اساس معیارهای مختلفی از جمله معیارهای فنی، مالی و اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مورد ممیزی قرار گیرد. بر این اساس، پروژه‌های اجرایی به دست آمده در مرحله قبل مورد بازبینی قرار گرفته و پروژه‌هایی که از نظر معیارهای مختلف ناموجه باشند، کنار گذاشته می‌شوند. در واقع پروژه‌های اجرایی نهایی می‌بایست به نحو مطلوبی موجبات دستیابی به مقاصد سایر سطوح راهبردی را فراهم سازند. از همین رو ضروری به نظر می‌رسد با نگاهی اجمالی به گام‌های طی شده نواقص احتمالی مورد بازبینی قرار گیرد.

۲-۲- فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی توسعه فناوری‌های ترانسفورماتورهای کم

تلفات

با توجه به موارد مطرح شده در ارتباط با ضرورت و نحوه شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، در این بخش، پروژه‌هایی که اجرایی شدن آنها منجر به تسهیل تحقق اقدامات می‌گردد شناسایی می‌شوند. با توجه به ابزارهای گوناگونی که جهت شکستن اقدامات معرفی گردید، با بررسی‌های صورت گرفته این نتیجه حاصل شد که ابزار تحلیل علی‌معلولی بهترین ابزار برای شکستن اقدامات در این طرح می‌باشد.

در این طرح، ابتدا پروژه‌های اجرایی توسط تیم فنی طرح شناسایی شده، سپس جهت استفاده از نظرات خبرگان و کارشناسان، در جلسه کمیته راهبری ارائه شدند که مورد تایید اعضای کمیته راهبری قرار گرفتند. همان‌طور که در بخش پیشین اشاره شد، مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آنها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود از این رو در این طرح تلاش شده است با استفاده از نظرات خبرگان و

کارشناسان، جامعیت پروژه‌های اجرایی شناسایی شده برای هر اقدام حفظ شود. مورد دیگری که در رابطه با شکستن اقدامات می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، سطح شکسته شدن اقدامات می‌باشد. در این طرح اقدامات تا سطحی شکسته شده‌اند که بتوان برای پروژه‌های اجرایی حاصل از شکستن آنها زمان و بودجه تخصیص داده و همچنین مجری جهت اجرای آنها مشخص نمود. در ادامه پروژه‌های شناسایی شده برای هر اقدام در جداول (۱-۲) الی (۹-۲) آورده شده است.

جدول (۱-۲): پروژه‌های مربوط به حمایت از توسعه دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات با فناوری

ابرسانا

ردیف	پروژه‌ها
۱	تدوین برنامه جامع حمایت از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای ابرسانا
۲	شناسایی بازیگران فعال در زمینه توسعه دانش در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا
۳	تهیه پایگاه داده بازیگران فعال در زمینه توسعه دانش در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا
۴	بروزرسانی محتوای آموزشی در حوزه رشته‌های تخصصی مورد نیاز برای ساخت ترانسفورماتور کم تلفات با هادی‌های ابرسانا از جمله در رشته‌های مواد، متالورژی و برق قدرت گرایش ماشین‌های الکتریکی
۵	تدوین دستورالعمل همکاری میان بازیگران داخلی توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات اعم از: دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های سازنده ترانسفورماتورها
۶	شناسایی شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر خارجی در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای توزیع با هادی‌های ابرسانا
۷	برقراری ارتباط میان شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی بین‌المللی با شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی در حوزه ترانسفورماتورهای کم تلفات
۸	حمایت از پایان‌نامه‌های ارشد و دکتری در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا

جدول (۲-۲): پروژه‌های مربوط به زمینه‌سازی برای انتشار دانش فنی طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا

ردیف	پروژه‌ها
۱	برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی و نمایشگاه‌های تخصصی با حضور کشورهای پیشرو در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات جهت تبادل دانش و آگاهی از جدیدترین دستاوردها در دنیا
۲	تهیه و انتشار نشریات تخصصی مربوط به ترانسفورماتورهای کم تلفات

جدول (۳-۲): پروژه‌های مربوط به کمک به تربیت و جذب نیروی انسانی متخصص در زمینه

طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا

ردیف	پروژه‌ها
۱	تدوین آیین‌نامه همکاری میان دانشگاه‌ها و صنعت برای تامین نیروی انسانی متخصص در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا
۲	اعزام متخصصان داخلی به کنفرانس‌های بین‌المللی معتبر و شرکت‌های خارجی پیشرو جهت کسب دانش روز دنیا در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا
۳	زمینه‌سازی حضور متخصصین خارجی در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا، در مراکز تحقیقاتی و صنعتی کشور
۴	برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا

جدول (۴-۲): پروژه‌های مربوط به ایجاد بستر لازم برای انجام فعالیت‌های کار آفرینی در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات

ردیف	پروژه‌ها
۱	آگاه‌سازی کارآفرینان از مزایا و منافع توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات
۲	تدوین دستورالعمل جهت حمایت از تجاری‌سازی دانش فنی به دست آمده از تحقیقات در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا
۳	شناسایی موانع ورود تولیدکنندگان جدید به بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات

جدول (۵-۲): پروژه‌های مربوط به تسهیل و تامین منابع مالی موردنیاز بازیگران توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات

ردیف	پروژه‌ها
۱	شناسایی و پایش مشکلات بازیگران توسعه صنعت ترانسفورماتورهای کم تلفات در تامین منابع مالی مورد نیاز
۲	تدوین دستورالعمل‌های لازم برای تامین منابع مالی مورد نیاز به منظور توسعه فناوری ساخت هادی‌های ابرسانا
۳	اعطای وام‌های بانکی بلند مدت و کم بهره مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت‌های سازنده ترانسفورماتورها به منظور انجام فعالیتهای تحقیقاتی و ساخت آزمایشگاه‌های تست تجهیزات و کارگاه‌های ساخت
۴	تخصیص بخشی از منابع حاصل از هدفمندی یارانه‌ها در بخش برق به بومی‌سازی دانش فنی طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا

جدول (۲-۶): پروژه‌های مربوط به کمک به توسعه بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات

ردیف	پروژه‌ها
۱	تدوین دستورالعمل‌های الزام آور در مورد استفاده از ترانسفورماتورهای کم تلفات در شبکه برق
۲	بازنگری آیین‌نامه‌های معاملاتی خرید و فروش ترانسفورماتورهای کم تلفات
۳	ایجاد سازوکار انگیزشی - حمایتی برای تولیدکنندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات از طریق کاهش تعرفه و بخشودگی مالیاتی
۴	اعطای مشوق‌های مالی نظیر پرداخت تسهیلات بلندمدت کم بهره، پرداخت سود تسهیلات و کاهش مالیات جهت ترغیب مصرف‌کنندگان ترانسفورماتورها به تعویض یا خرید ترانسفورماتورهای کم تلفات

جدول (۲-۷): پروژه‌های مربوط به ایجاد بستر مناسب برای تامین مواد و قطعات مورد نیاز سازندگان داخلی برای طراحی و

ساخت هادی‌های ابررسانا

ردیف	پروژه‌ها
۱	شناسایی تامین‌کنندگان داخلی و خارجی مواد مورد نیاز برای طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا
۲	ایجاد ارتباط با تامین‌کنندگان خارجی برای تامین مواد مورد نیاز
۳	کاهش تعرفه واردات مواد مورد نیاز سازندگان داخلی برای طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا

جدول (۲-۸): پروژه‌های مربوط به بهبود ساختار نهادی توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات

ردیف	پروژه‌ها
۱	تشکیل ستاد راهبری نقشه راه توسعه ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات جهت هماهنگی و نظارت بر اجرای کار
۲	شناسایی تشکل‌ها و انجمن‌های موجود در صنعت برق
۳	تشویق تشکل‌ها و انجمن‌های موجود در صنعت برق به فعالیت در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات

جدول (۲-۹): پروژه‌های مربوط به اقدام طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با هادی‌های ابررسانا

ردیف	پروژه‌ها
۱	تشکیل یک تیم فنی متخصص جهت دستیابی به دانش فنی سیستم تبرید مناسب
۲	انجام مطالعه جهت دستیابی به دانش فنی سیستم تبرید مناسب
۳	انجام مطالعه جهت دستیابی به دانش فنی تولید هادی‌های ابررسانا
۴	تشکیل کارگروهی جهت مطالعات و بررسی الزامات فنی طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا

ردیف	پروژه‌ها
۵	بررسی میزان توانمندی کشور در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا
۶	تصمیم‌گیری راجع به روش مناسب برای توسعه فناوری ابررسانا اعم از: طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا در کشور، همکاری با شرکت‌های خارجی جهت انتقال فناوری
۷	شناسایی شرکت‌های خارجی معتبر در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا جهت انتقال فناوری (در صورت تصمیم‌گیری برای انتقال فناوری)
۸	ایجاد ارتباط و انعقاد قرارداد با شرکت منتخب (در صورت تصمیم‌گیری برای انتقال فناوری)
۹	خرید نمونه از شرکت منتخب و اجرای مراحل انتقال فناوری توسط شرکت خارجی (در صورت تصمیم‌گیری برای انتقال فناوری)
۱۰	ایجاد آزمایشگاه تست تجهیزات ترانسفورماتور کم تلفات با هادی‌های ابررسانا
۱۱	ایجاد آزمایشگاه مدلسازی و شبیه‌سازی
۱۲	تأمین تجهیزات ابزار دقیق
۱۳	مستندسازی دانش فنی طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا توسط تیم فنی متخصص

۳- تخصیص منابع

در برنامه‌ریزی عملیاتی تخصیص منابع، فرآیند تصمیم‌گیری در مورد چگونگی به‌کارگیری منابع موجود به منظور نیل به مقاصد تعیین شده، به‌ویژه در کوتاه‌مدت می‌باشد. تخصیص منابع در سطوح مختلف راهبردی از جمله اقدامات، پروژه‌های اجرایی، فعالیت‌ها و سایر سطوح بالاتر قابل تعریف می‌باشد. همانطور که در بخش قبل عنوان شد یکی از معیارهای مورد توجه در تعیین تعداد سطوحی که اقدامات شکسته می‌شوند، رسیدن به سطحی است که در آن بتوان منابع لازم را برآورد نمود. این برآورد بر دو مبنا صورت می‌پذیرد:

الف) تجربه‌های پیشین

ب) نظر خبرگان

منابعی که در برنامه عملیاتی این سند مورد توجه قرار خواهند گرفت، عبارتند از هزینه، زمان. تأمین منابع انسانی با استفاده از هزینه اختصاص یافته توسط مجری فعالیت صورت می‌پذیرد. البته هزینه نیروی انسانی برآورد شده و جزء منابع مالی به مجری تخصیص می‌یابد.

با توجه به محدود بودن زمان، جهت دستیابی به اهداف در زمان مورد نظر، می‌بایست مدت زمان لازم برای انجام هر پروژه، به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع اجرایی شدن پروژه‌ها، به درستی مشخص گردد. لازم به ذکر است که در این پروژه تخصیص

زمان یک فرآیند تخصیص منابع محدود می‌باشد. به عبارتی کل زمان در دسترس برای تحقق پروژه‌های اجرایی از قبل تعیین شده و هر پروژه می‌بایست در این مدت زمان خاص خود به اتمام برسد. از طرف دیگر منابع مالی به عنوان منابع نامحدود در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین در مورد هر پروژه اجرایی هزینه لازم برآورد شده و اختصاص می‌یابد. منابع لازم برای سطوح بالاتر از جمله اقدامات در حالت کلی برابر مجموع هزینه‌های سطوح بلافصل پایین دست می‌باشد.^۱

در این بخش با استفاده از نظرات برخی کارشناسان و خبرگان حوزه ترانسفورماتور، زمان تخمینی و بودجه لازم برای انجام هر پروژه مشخص گردید. زمان و بودجه تخمینی برای هر پروژه، در جداول (۱-۳) الی (۹-۳) آورده شده است. زمان بندی دقیق پروژه‌ها می‌تواند به ترسیم صحیح ره نگاشت کمک کند.

جدول (۱-۳): تخصیص منابع پروژه‌های مربوط به اقدام حمایت از توسعه دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با

هادی‌های ابرسانا

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)	پروژه‌ها	ردیف
۶ ماه	۴۰۰	تدوین برنامه جامع حمایت از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با هادی‌های ابرسانا	۱
۷۸ ماه	۷۵	شناسایی بازیگران فعال در زمینه توسعه دانش در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا	۲
۳ ماه	۷۵	تهیه پایگاه داده بازیگران فعال در زمینه توسعه دانش در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا	۳
۷۸ ماه	۴۰۰	بروزرسانی محتوای آموزشی در حوزه رشته‌های تخصصی مورد نیاز برای ساخت ترانسفورماتور کم تلفات با هادی‌های ابرسانا از جمله در رشته های متالورژی و برق قدرت گرایش ماشین‌های الکتریکی	۴
۴ ماه	۳۰۰	تدوین دستورالعمل همکاری میان بازیگران داخلی توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات اعم از: دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های سازنده ترانسفورماتورها	۵
۳ ماه	۷۵	شناسایی شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر خارجی در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با هادی‌های ابرسانا	۶

^۱ - مسأله مهمی که در تخصیص منابع مالی محدود مورد ملاحظه قرار می‌گیرد اولویت بندی فعالیت‌ها به گونه‌ای است که مشخص باشد منابع اضافی که احياناً در طول پروژه اختصاص می‌یابند به کدامیک از آنها تعلق گرفته و در صورت کاهش منابع کدامیک با کمبود مواجه می‌شوند. این ملاحظه برای پروژه جاری وجود ندارد.

ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۷	برقراری ارتباط میان شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی بین‌المللی با شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی در حوزه ترانسفورماتورهای کم تلفات	۷۵	۷۸ ماه
۸	حمایت از پایان‌نامه‌های ارشد و دکتری در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا	۱۰۰۰	۷۸ ماه

جدول (۲-۳): زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به اقدام زمینه‌سازی برای انتشار دانش فنی طراحی و

ساخت هادی‌های ابررسانا

ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی و نمایشگاه‌های تخصصی با حضور کشورهای پیشرو در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات جهت تبادل دانش و آگاهی از جدیدترین دستاوردها در دنیا	۳۰۰۰	۱۱۴ ماه
۲	تهیه و انتشار نشریات تخصصی مربوط به ترانسفورماتورهای کم تلفات	۵۰۰	۱۱۴ ماه

جدول (۳-۳): زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به اقدام کمک به تربیت و جذب نیروی انسانی متخصص در زمینه طراحی و ساخت

هادی‌های ابررسانا

ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	تدوین آیین‌نامه همکاری میان دانشگاه‌ها و صنعت برای تامین نیروی انسانی متخصص در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا	۷۵۰	۶ ماه
۲	اعزام متخصصان داخلی به کنفرانس‌های بین‌المللی معتبر و شرکت‌های خارجی پیشرو جهت کسب دانش روز دنیا در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا	۱۰۰۰	۱۱۴ ماه
۳	زمینه‌سازی حضور متخصصین خارجی در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا، در مراکز تحقیقاتی و صنعتی کشور	۱۰۰۰	۱۱۴ ماه
۴	برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا	۱۵۰۰	۱۱۴ ماه

جدول (۴-۳): زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به اقدام ایجاد بستر لازم برای انجام فعالیت‌های کار آفرینی در زمینه

ترانسفورماتورهای کم تلفات

ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
------	----------	------------------------	-------------------

ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	آگاه‌سازی کارآفرینان از مزایا و منافع توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات	۷۵۰	۳۶ ماه
۲	تدوین دستورالعمل جهت حمایت از تجاری‌سازی دانش فنی به دست آمده از تحقیقات در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا	۱۰۰۰	۶ ماه
۳	شناسایی موانع ورود تولیدکنندگان جدید به بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات	-	۷۲ ماه

جدول (۳-۵): زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به اقدام تسهیل و تامین منابع مالی مورد نیاز بازیگران توسعه ترانسفورماتورهای کم

تلفات

ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	شناسایی و پایش مشکلات بازیگران توسعه صنعت ترانسفورماتورهای کم تلفات در تامین منابع مالی مورد نیاز	۷۵۰	۱۱۴ ماه
۲	تدوین دستورالعمل‌های لازم برای تامین منابع مالی مورد نیاز به منظور توسعه فناوری ساخت هادی‌های ابررسانا	۵۰۰	۶ ماه
۳	اعطای وام‌های بانکی بلند مدت و کم بهره مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت‌های سازنده ترانسفورماتورها به منظور انجام فعالیتهای تحقیقاتی	۵۰۰	۱۱۰ ماه
۴	تخصیص بخشی از منابع حاصل از هدف‌مندی یارانه‌ها در بخش برق به بومی‌سازی دانش فنی طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا	-	۱۱۰ ماه

جدول (۳-۶): زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به اقدام کمک به توسعه بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات

ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	تدوین دستورالعمل‌های الزام آور در مورد استفاده از ترانسفورماتورهای کم تلفات در شبکه برق	۷۵۰	۶ ماه
۲	بازنگری آیین‌نامه‌های معاملاتی خرید و فروش ترانسفورماتورهای کم تلفات	۷۵۰	۶ ماه
۳	ایجاد سازوکار انگیزشی - حمایتی برای تولیدکنندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات از طریق کاهش تعرفه و بخشودگی مالیاتی	-	۷۲ ماه
۴	اعطای مشوق‌های مالی نظیر پرداخت تسهیلات بلندمدت کم بهره، پرداخت سود تسهیلات و کاهش مالیات جهت ترغیب مصرف‌کنندگان ترانسفورماتورها به تعویض یا خرید ترانسفورماتورهای کم تلفات	سالانه: ۸۰۰,۰۰۰	۷۲ ماه

جدول (۷-۳): زمان بندی پروژه های مربوط به اقدام ایجاد بستر مناسب برای تامین مواد و قطعات مورد نیاز سازندگان داخلی

برای طراحی و ساخت هادی های ابررسانا

ردیف	پروژه ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	شناسایی تامین کنندگان داخلی و خارجی مواد و قطعات مورد نیاز برای طراحی و ساخت هادی های ابررسانا	۵۰۰	۷۲ ماه
۲	ایجاد ارتباط با تامین کنندگان خارجی برای تامین مواد و قطعات مورد نیاز	۵۰۰	۷۲ ماه
۳	کاهش تعرفه واردات مواد و قطعات مورد نیاز مورد نیاز سازندگان داخلی برای طراحی و ساخت هادی های ابررسانا	-	۷۲ ماه

جدول (۸-۳): زمان بندی پروژه های مربوط به اقدام بهبود ساختار نهادی توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات

ردیف	پروژه ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	تشکیل ستاد راهبری نقشه راه توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات جهت هماهنگی و نظارت بر اجرای کار	۵۰۰	۳ ماه
۲	شناسایی تشکلهای و انجمن های موجود در صنعت برق	-	۲ ماه
۳	تشویق تشکلهای و انجمن های موجود در صنعت برق به فعالیت در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات	-	۷ ماه

جدول (۹-۳): زمان بندی پروژه های مربوط به اقدام طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای توزیع با هادی های ابررسانا

ردیف	پروژه ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	تشکیل یک تیم فنی متخصص جهت دستیابی به دانش فنی سیستم های تبرید مناسب	۱۰۰۰	۶ ماه
۲	انجام مطالعه جهت دستیابی به دانش فنی سیستم های تبرید مناسب	۱۰۰۰	۱۲ ماه
۴	تشکیل کارگروهی جهت مطالعات و بررسی الزامات فنی طراحی و ساخت هادی های ابررسانا	۱۰۰۰	۶ ماه
۵	بررسی میزان توانمندی کشور در زمینه طراحی و ساخت هادی های ابررسانا	۵۰۰	۱۲ ماه
۶	تصمیم گیری راجع به روش مناسب برای توسعه فناوری آمورف اعم از: طراحی و ساخت هادی های ابررسانا در کشور، همکاری با شرکت های خارجی جهت انتقال فناوری طراحی و ساخت هادی های ابررسانا	۵۰۰	۶ ماه
۷	شناسایی شرکت های خارجی معتبر در زمینه طراحی و ساخت هادی های ابررسانا جهت انتقال فناوری (در صورت تصمیم گیری برای انتقال فناوری)	۵۰۰	۶ ماه

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)	پروژه‌ها	ردیف
۶ ماه	۵۰۰	ایجاد ارتباط و انعقاد قرارداد با شرکت منتخب (در صورت تصمیم گیری برای انتقال فناوری)	۸
۱۲ ماه	۵۰,۰۰۰	خرید نمونه از شرکت منتخب و اجرای مراحل انتقال فناوری توسط شرکت خارجی (در صورت تصمیم گیری برای انتقال فناوری)	۹
۲۴ ماه	۱۰,۰۰۰	ایجاد آزمایشگاه مدل‌سازی و شبیه‌سازی	۱۱
۴۸ ماه	۵۰,۰۰۰	تأمین تجهیزات ابزار دقیق	۱۳
۴۶ ماه	۲۵۰	مستندسازی دانش فنی طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا توسط تیم فنی متخصص	۱۴

۴- تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب)

پس از تعیین پروژه‌های اجرایی و محاسبه زمان لازم برای اجرایی شدن هر پروژه، در این بخش مجریان پروژه‌ها شناسایی خواهند شد تا با یک نگاشت نهادی مطلوب و تقسیم کار ملی بهینه، بنگاه‌ها، موسسات و سازمان‌های مختلف کشور در زمینه توسعه فناوری‌های ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات، هریک نقش خویش را در جهت برآوردن اهداف نقشه راه فناورانه صنعت برق ایفا نمایند. جهت شناسایی مجریان انجام هر پروژه، ابتدا می‌بایست کلیه بازیگران در حوزه فناوری‌های ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات شناسایی شوند، لذا برای این کار می‌بایست نگاشت نهادی ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات ترسیم شده و با تحلیل وضع موجود، وضع مطلوب نهادی ترسیم گردد. در ادامه ابتدا توضیح مختصری در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای آن آورده شده، سپس نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات رسم گردیده است. در انتها نیز متولیان پروژه‌های اجرایی با توجه به نگاشت نهادی مطلوب مشخص شده است.

۴-۱- نگاشت نهادی^۱

تعدد سازمان‌ها و نهادهای خصوصی و دولتی که هر یک به نوعی در توسعه فناوری‌های ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات نقش‌آفرینی می‌کنند از یک سو و تنوع نقش‌هایی که باید در توسعه این فناوری‌ها متولی داشته باشد از سوی دیگر نیاز به بررسی و تحلیل دقیق توسعه این فناوری‌ها را از منظر نهادی (ساختاری) نمایان تر می‌کند. برای تحلیل وضعیت ساختاری

توسعه این فناوری‌ها می‌تواند از روش‌های مختلفی نظیر نگاشت‌نهادی استفاده کرد، به کمک نگاشت نهادی می‌توان بخشی وضعیت بازیگران مختلف موجود در یک صنعت و وضعیت ایفای نقش آنها را بررسی و تحلیل نمود. نگاشت نهادی، ماتریسی است که در یک بعد سازمانها و نهادهای درگیر در این حوزه و در بعد دیگر انواع نقش‌هایی که این سازمان‌ها به عهده می‌گیرند را نمایش می‌دهد. در واقع تکمیل نگاشت نهادی بدین معناست که هر یک از این سازمانها و نهادها چگونه در این حوزه نقش‌آفرینی می‌کنند. بنابراین با تحلیل نگاشت نهادی موارد زیر را می‌توان دریافت :

↔ آیا نقشی وجود دارد که متولی نداشته باشد؟

↔ در یک نقش مشخص چه سازمان‌ها یا نهادهایی فعالیت دارد؟ تعدد سازمان‌ها و نهادها چگونه است؟ در صورت

کثرت نهادها آیا نیازی به مدیریت یکپارچه نهادهای فعال وجود دارد؟

↔ میزان درگیر بودن نهادهای مرتبط و غیرمرتبط در نقش چگونه است؟ آیا نقشی وجود دارد که هیچ نهاد مرتبگی در

آن فعالیت ندارد؟

↔ آیا در نقش مورد نظر، نیاز به وجود نهادی متمرکز احساس می‌شود؟

↔ آیا نهادهای غیردولتی در نقش مورد نظر می‌توانند جایگزین نهادهای دولتی شوند؟

نگاشت نهادی یکی از ابزارهای مطالعه سیستم نوآوری می‌باشد. نظام ملی نوآوری مجموعه‌ای است از موسسات مجزا که بطور مشترک یا انفرادی به توسعه و انتشار فناوری‌های جدید کمک می‌کنند. این موسسات چهارچوبی فراهم می‌کنند که دولت‌ها بتوانند در آن چهارچوب، سیاست‌هایی جهت تاثیرگذاری بر فرایند نوآوری را شکل داده و اجرا کنند.

در یک سطح عمومی کارکرد اصلی یا کلی نظام‌های نوآوری، تعقیب و انجام فرایندهای نوآوری یا به عبارت دیگر «خلق، اشاعه و بهره‌برداری» از نوآوری‌هاست. بنابراین کارکرد اصلی هر نظام نوآوری تولید، اشاعه و بکارگیری دانش و نوآوری می‌باشد. از نظر ادکویست، عواملی که بر خلق، اشاعه و بهره‌برداری از نوآوری‌ها تاثیرگذار باشند، فعالیت‌ها محسوب می‌شوند. به عنوان مثال تحقیق و توسعه (به عنوان ابزاری برای تولید دانش)، یکی از فعالیت‌های نظام نوآوری است. تامین منابع مالی بمنظور تجاری‌سازی دانش نیز یک فعالیت می‌باشد.

¹- Institutional mapping

نگاشت نهادی چارچوبی است که با نمایی ساده و جامع وضعیت موجود سیستم نوآوری را نشان می‌دهد و با بررسی آن می‌توان نقایص موجود در اجزا و روابط میان اجزای سیستم را شناسایی و تحلیل نمود. در این روش سعی می‌شود تا با استفاده از پرسشنامه، مصاحبه و بکارگیری منابع دیگر، میزان و کیفیت روابط موجود میان نهادها در سیستم نوآوری ترسیم شده و همچنین چگونگی مشارکت میان بخش خصوصی و دولتی تبیین شود. با استفاده از این روش تحلیلی، نقش نسبی هر کدام از بازیگران فعال در نظام ملی نوآوری همچون دولت، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی و همچنین بنگاه‌های خصوصی در فرایند نوآوری بدست می‌آید.

۴-۱-۱- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی

کارکردهای اصلی یک نظام ملی نوآوری به چهار دسته اصلی سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه خدمات تقسیم می‌شود. در فرآیند توسعه صنعتی، یکی از پرسش‌های اساسی این است که کدام مجموعه از تصمیمات سیاست‌گذاری و نهادسازی و نیز اقدامات اجرایی در سطح کلان ملی و در سطح صنعت، به عنوان زمینه‌ساز موفقیت توسعه صنعتی باید مورد توجه قرار گیرد؟ نکته مهم در پاسخ به این سوال آن است که این مجموعه اقدامات، به خودی خود شکل نمی‌گیرد، بلکه نیازمند نقش موثر دولت است. فلذا تبیین جایگاه و حوزه وظایف دولت در فرآیند توسعه صنعتی به صورت یکی از مباحث جدال‌انگیز ادبیات جدید توسعه درآمده است. در ادامه به تبیین هر یک از نقش‌های چهارگانه می‌پردازیم:

الف) سیاست‌گذاری

یک سیاست‌گذار نهادی است که برنامه‌های پی‌گیری شده توسط دولت، کسب و کارها و غیره 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. در واقع، سیاست می‌تواند شکل‌های مختلفی مانند سیاست‌های غیر مداخله‌ای، تنظیم، تشویق تغییرات داوطلبانه (مانند کمک‌های مالی) و ارائه خدمات عمومی به خود بگیرد.

ب) تنظیم‌گری

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 استاندارد های صنعتی؛

← تعیین و جمع‌آوری مالیات‌ها و دیگر در آمد ها و ...

در مجموع سه عامل اصلی بر شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری تاثیر دارند؛

۱- اهداف و منابع تنظیم‌گری،

۲- ساختار نهادی محیط تنظیم‌گری و

۳- شرایط مختلف صنعت در محیط تنظیم‌گری.

اهداف مختلف تنظیم‌گری آثار مستقیم مختلفی بر نوع تنظیم‌گری مورد استفاده به جای می‌گذارند. اگر اهداف خاص در تنظیم‌گری مد نظر باشد، شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری نیز تحت تاثیر آن قرار می‌گیرند. منابع محدود نیز می‌تواند بر ماهیت و طبیعت تنظیم‌گری اثر گذار باشد، این مسئله می‌تواند به واکنشی شدن سیاست‌های تنظیم‌گری بیانجامد.

ساختار نهادی و تشکیلاتی کشورها نیز بر قابلیت‌ها و توانایی‌های سازمان‌های تنظیم‌گر موثر است. در صورتی که محدودیت‌های اعمال شده از سوی حکومت بر نهاد تنظیم‌گر زیاد شود، توانایی‌های این نهاد برای اعمال جرائم و پاداش‌ها نیز کاهش می‌یابد. در شرایطی که فناوری‌های موجود در بازار رقابت را میان عرضه‌کنندگان افزایش دهد، توانایی‌های تنظیم‌گران نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در این حالت‌ها تقاضاکنندگان در بازار نیز از قدرت خرید بالایی برخوردار هستند و عملاً سیاست‌های دستور و کنترل نمی‌تواند کارایی لازم را داشته باشد.

ج) تسهیل‌گری

سازمان‌های محلی یا بین‌المللی هستند که معمولاً توسط دولت سرمایه‌گذاری می‌شوند و هدف آن توسعه و بهبود بازار خدمات می‌باشد. یک تسهیل‌کننده، تامین‌کنندگان 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 تاثیر تامین‌کنندگان 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 مجموع نقش تسهیل‌گری دارای زیر نقش‌های زیر می‌باشد:

↔ تسهیل‌گری در بعد فناوری

↔ تسهیل‌گری منابع دانشی

↔ تسهیل‌گری منابع مالی

↔ تسهیل‌گری ظرفیت‌سازی و ترویج

↔ تسهیل‌گری توسعه ارتباطات

(د) ارائه‌دهنده کالا و خدمات

↔ ارائه‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی: تأمین‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی شامل دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مؤسساتی هستند که در زمینه آموزش و پژوهش در حوزه توسعه فناوری‌های ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات فعالیت می‌کنند.

↔ ارائه‌کننده خدمات صنعتی: شامل شرکت‌هایی می‌شود که در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات فعالیت می‌کنند این شرکت‌ها ممکن است سازنده تمام قطعات نبوده و ترکیبی از عملیات طراحی، ساخت و مونتاژ ادوات انجام دهند و یا ارائه‌کننده محصول یا خدمتی به سازندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات باشند. همچنین بهره‌برداران و مصرف‌کنندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات نیز در این دسته جای می‌گیرند.

۴-۱-۲- مراحل طراحی نگاشت نهادی فناوری‌های طراحی و ساخت

ترانسفورماتورهای با تلفات پایین

با توجه به موارد ارائه شده در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای اصلی آن، در این بخش مراحل اصلی طراحی نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های ساخت ترانسفورماتورهای با تلفات پایین ارائه می‌گردد:

(الف) شناسایی سازمان‌ها و نهادهای موجود در سطح فناوری‌های طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با تلفات پایین کشور:

در مراجعه به اسناد، مدارک و گزارش‌های داخلی، نهادهای عمده مرتبط با فناوری‌های طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با تلفات پایین، شناسایی شدند و سپس با مطالعه‌ی ساختار سازمانی هر یک از سازمان‌ها و مطالعه‌ی شرح وظایف و اهداف در نظر گرفته شده برای سازمان‌ها و نهادهای تابعه و وابسته هر یک از آن‌ها، شناسایی نهادهای موثر در فرایند نوآوری این صنعت روشن‌تر گردید و با پیگیری‌های مستمر نهادهای مختلف فعال در زمینه کارکردهای نظام نوآوری مورد شناسایی قرار گرفت. بر اساس مطالعات صورت گرفته، کنش‌گران شناسایی شده در حوزه فناوری‌های طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با تلفات پایین شامل موارد زیر می‌باشد که در پیوست توضیحی از وظایف هر کدام آورده شده است.

۱- هیئت وزیران

۲- مجمع تشخیص مصلحت نظام

۳- شورای عالی انقلاب فرهنگی

۴- شورای عالی عتف

۵- مجلس شورای اسلامی

۶- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

۷- وزارت صنعت، معدن و تجارت

۸- وزارت نیرو

۹- معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

۱۰- مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری

۱۱- معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)

۱۲- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)

۱۳- معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی (وزارت نیرو)

۱۴- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)

۱۵- دفتر آموزش تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)

۱۶- سازمان ملی استاندارد ایران

۱۷- شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر)

۱۸- معاونت هماهنگی توزیع (توانیر)

۱۹- دفتر نظارت بر توزیع (توانیر)

۲۰- دفتر امور تحقیقات برق (معاونت منابع انسانی و تحقیقات توانیر)

۲۱- صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق

۲۲- پژوهشگاه نیرو (وزارت نیرو)

۲۳- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)

۲۴- پارک های علم و فناوری (ریاست جمهوری)

۲۵- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور

۲۶- صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران

۲۷- سندیکای صنعت برق

۲۸- دانشگاه ها و موسسات آموزشی

۲۹- شرکت های توزیع برق

۳۰- سازمان ها و مجموعه های صنعتی

ب) شناخت روابط میان بنگاهی بین نهادهای موجود در حوزه فناوری های طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با تلفات پایین:

در این بخش، تلاش شد تا ضمن شناسایی و بررسی تعاملات موجود میان نهادهای مختلف فناوری های طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با تلفات پایین، با توجه به کارکرد اصلی شان در سیستم نوآوری این صنعت، نقاط ضعف، کاستی ها و گسستگی ها در این زمینه مشخص شود. کارکردهایی که با توجه به سیستم نوآوری در نگاشت نهادی فناوری های طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با تلفات پایین، به کار برده شده است شامل: سیاست گذاری، تنظیم گری، تسهیل گری، ارائه دهنده کالا و خدمات (آموزشی، پژوهشی و صنعتی) می باشد.

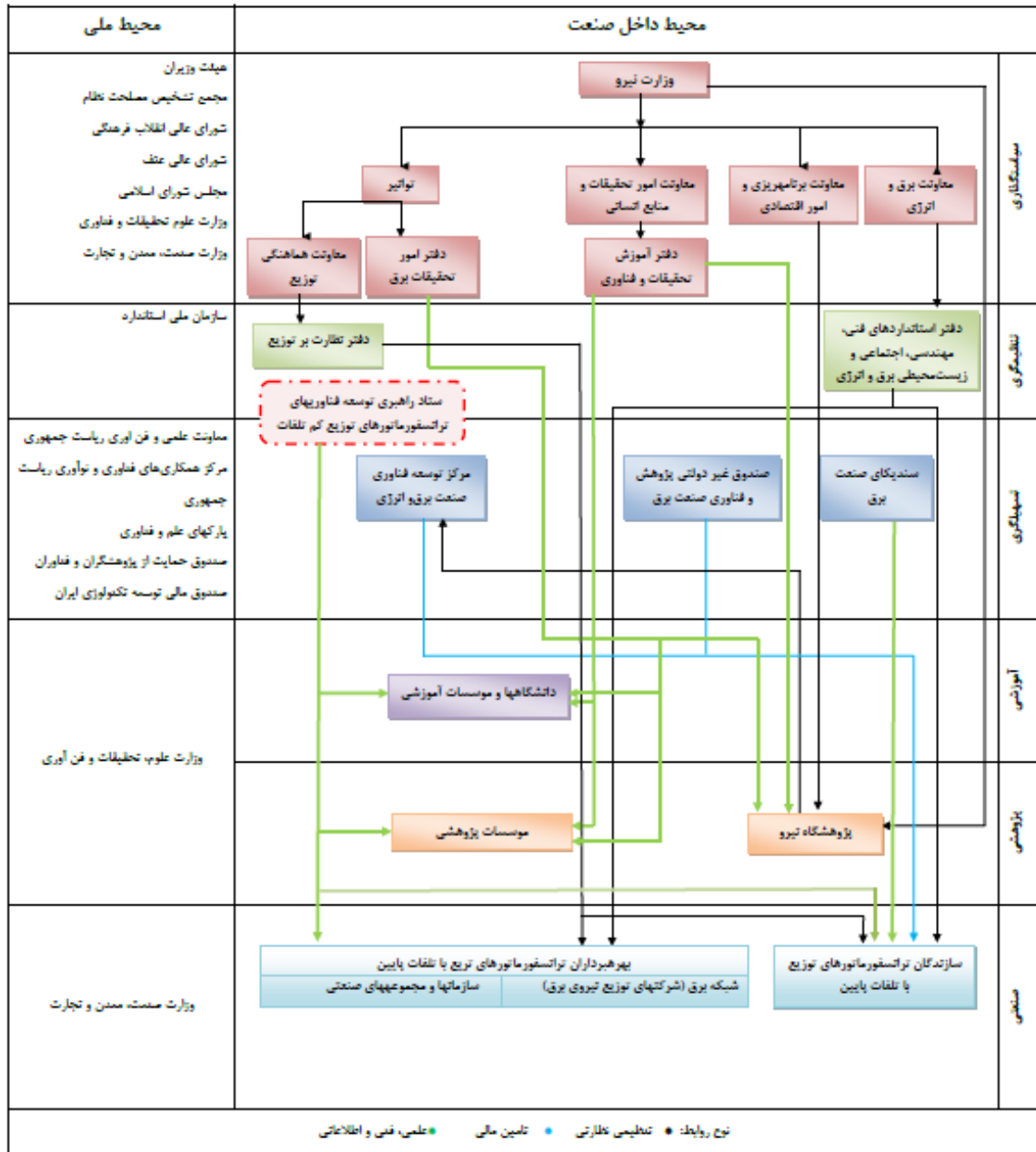
ج) تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود

باتوجه به اطلاعات جمع‌آوری شده در مراحل قبل می‌توان ماتریس نهاد-کارکرد فناوری‌های ساخت ترانسفورماتورهای با تلفات پایین را تهیه کرد. در این ماتریس همانطور که از نامش پیداست دو عامل، نهادهای مختلف و کارکردهای شناسایی شده بر اساس ادبیات نظام نوآوری در کنار هم آمده‌اند.

جدول (۴-۱): نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات

ارائه دهنده کالا و خدمات			تسهیل‌گری	تنظیم‌گری	سیاست‌گذاری	کارکرد
						نهاد
صنعتی	پژوهشی	آموزشی				
					*	هیئت وزیران
					*	مجمع تشخیص مصلحت نظام
					*	شورای عالی انقلاب فرهنگی
					*	شورای عالی عتف
					*	مجلس شورای اسلامی
					*	وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
					*	وزارت صنعت، معدن و تجارت
					*	وزارت نیرو
			*			معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
			*			مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
					*	معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)
					*	معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)
					*	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی (وزارت نیرو)
				*		دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)
					*	دفتر آموزش تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)
				*		سازمان ملی استاندارد ایران

ارائه دهنده کالا و خدمات			تسهیل‌گری	تنظیم‌گری	سیاست‌گذاری	کارکرد
صنعتی	پژوهشی	آموزشی				نهاد
					*	شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر)
					*	معاونت هماهنگی توزیع (توانیر)
				*		دفتر نظارت بر توزیع (توانیر)
					*	دفتر امور تحقیقات برق (معاونت منابع انسانی و تحقیقات توانیر)
			*			صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق
	*					پژوهشگاه نیرو (وزارت نیرو)
			*			مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)
	*		*			پارک‌های علم و فناوری (ریاست جمهوری)
			*			صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور
			*			صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران
			*			سندیکای صنعت برق
	*	*				دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی
*						شرکت‌های توزیع برق
*						سازمان‌ها و مجموعه‌های صنعتی



شکل (۴-۱): ارتباط بین نهادها در توسعه فناوریهای ترانسفورماتورهای کم تلفات

۳-۱-۴- تحلیل نگاشت نهادی

در این نگاشت ابتدا بازیگران و ذینفعان اصلی تاثیرگذار در توسعه فناوریهای طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با تلفات پایین، شناخته شده، سپس کارکردهای اصلی هرکدام از این ذینفعان در توسعه این فناوری با توجه به چهار کارکرد اصلی ذکر شده، مشخص گردیده است. در نگاشت نهادی، ۳۰ گروه تاثیرگذار اصلی شناسایی شده، که در ابتدا اهداف و وظایف هر یک

بررسی شده سپس نگاشت نهادی کلی توسعه این فناوری بر اساس این وظائف و اهداف در جدول (۴-۱) بیان شده است که در این جدول نقشی که هر بازیگر در توسعه این فناوری متولی آن است، مشخص شده است. در شکل (۴-۱) روابط بین نهادهای اثرگذار در توسعه فناوریهای طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با تلفات پایین با توجه به سه رابطه تنظیمی- نظارتی، تامین مالی و علمی، فناوری و اطلاعاتی مشخص شده است.

با توجه به نگاشت ترسیم شده، هر چند نهادها و سازمانهای مختلفی در حوزه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین، با کارکردهای مختلف سیاست گذاری، تنظیم گری، تسهیل گری و ارائه کالا و خدمات فعال هستند ولی نارساییها و خلایههایی نیز در نگاشت نهادی وجود دارد که در ادامه به آنها اشاره می‌گردد:

یکی از ضعفهای نگاشت نهادی وضع موجود، عدم وجود یک نهاد متمرکز در حوزه ترانسفورماتورهای با تلفات پایین می‌باشد. ایجاد یک نهاد با عنوان ستاد راهبری توسعه فناوریهای ترانسفورماتورهای کم تلفات، که علاوه بر مشارکت با نهادهای سیاست گذار، دارای نقش تنظیم گری و تسهیل گری نیز باشد، می‌تواند به توسعه فناوریهای ترانسفورماتورهای کم تلفات کمک قابل توجهی نماید. این نهاد می‌تواند از یکسو با تصویب قوانین و آیین‌نامه‌های جدید و همکاری با دولت جهت تصویب سریع آنها، مصرف کنندگان و بهره‌برداران را به استفاده از ترانسفورماتورهای کم تلفات و سازندگان را به ساخت این نوع از ترانسفورماتور تشویق نموده و از سوی دیگر به عنوان یک نهاد تسهیل گر به توسعه فناوری طراحی و ساخت هادیهای ابررسانا کمک کند.

در شکل (۴-۱)، این نهاد به عنوان پیشنهاد، به نگاشت نهادی وضع موجود اضافه شده و به صورت نقطه چین نشان داده شده است. نارسایی دیگری که در نگاشت نهادی وضع موجود ترانسفورماتورهای کم تلفات وجود دارد، عدم وجود یک انجمن یا تشکل مستقل در این حوزه می‌باشد. این انجمن می‌تواند ضمن مشارکت و همفکری با مراکز تصمیم گیری دولت در تدوین آیین نامه‌ها و مقررات مرتبط با توسعه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات، از ساخت ترانسفورماتور کم تلفات نیز حمایت نماید. همچنین پیشنهاد دیگری که می‌تواند به جای تاسیس انجمن در حوزه ترانسفورماتورهای کم تلفات مطرح باشد، این است که از ظرفیت‌های موجود استفاده کرده و سندیکای صنعت برق با توجه به موقعیت مناسبی که دارد، تمرکز بیشتری را بر روی توسعه فناوریهای طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای کم تلفات داشته و کمیته‌ای را تحت این عنوان ایجاد نماید.

۴-۲- تخصیص متولیان پروژه‌های اجرایی

با توجه به نگاشت نهادی ترسیم شده، می‌توان مجریان هر پروژه را شناسایی کرد. در این راستا و به منظور شناخت مجریان بالقوه هر پروژه اجرایی، طی نشست‌هایی با تیم فنی طرح و با در نظر گرفتن میزان همسویی پروژه اجرایی مربوطه با مأموریت مجری، توان علمی و فنی، توان انسانی و مدیریتی و... مجریان فعال هر پروژه اجرایی مشخص گردید. سپس جهت استفاده از نظرات خبرگان و کارشناسان، متولیان شناسایی شده برای پروژه‌ها در جلسه کمیته راهبری ارائه شدند که مورد تایید اعضای کمیته راهبری قرار گرفتند. در ادامه در جداول (۴-۲) تا (۴-۱۰) متولیان شناسایی شده برای پروژه‌های اجرایی هر اقدام آورده شده است:

جدول (۴-۲): مجریان پروژه‌های مربوط به اقدام حمایت از توسعه دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با هادی‌های

ابرسانا

ردیف	پروژه‌ها	مجریان	مجریان پیشنهادی
۱	تدوین برنامه جامع حمایت از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در زمینه طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با هادی‌های ابرسانا	ستاد راهبری	-----
۲	شناسایی بازیگران فعال در زمینه توسعه دانش در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا	ستاد راهبری	-----
۳	تهیه پایگاه داده بازیگران فعال در زمینه توسعه دانش در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا	ستاد راهبری	-----
۴	به روز رسانی محتوای آموزشی در حوزه رشته‌های تخصصی مورد نیاز برای ساخت ترانسفورماتور کم تلفات با هادی‌های ابرسانا از جمله در رشته‌های متالورژی و برق قدرت گرایش ماشین‌های الکتریکی	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی ستاد راهبری	وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۵	تدوین دستورالعمل همکاری میان بازیگران داخلی توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات اعم از: دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های سازنده ترانسفورماتور	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی ستاد راهبری سند	سندیکای صنعت برق
۶	شناسایی شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر خارجی در زمینه	ستاد راهبری سند	-----

ردیف	پروژه‌ها	مجریان	مجریان پیشنهادی
	طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با هادی‌های ابررسانا		
۷	برقراری ارتباط میان شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی بین‌المللی با شرکت‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی در حوزه ترانسفورماتورهای کم تلفات	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی ستاد راهبری سند	سندیکای صنعت برق
۸	حمایت از پایان‌نامه‌های ارشد و دکتری در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی	سازندگان صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی پارک‌های علم و فناوری

جدول (۳-۴): مجریان پروژه‌های مربوط به اقدام زمینه‌سازی برای انتشار دانش فنی طراحی و ساخت

هادی‌های ابررسانا

ردیف	پروژه‌ها	مجریان	مجریان پیشنهادی
۱	برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی و نمایشگاه‌های تخصصی با حضور کشورهای پیشرو در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات جهت تبادل دانش و آگاهی از جدیدترین دستاوردها در دنیا	ستاد راهبری سند معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی	----
۲	تهیه و انتشار نشریات تخصصی مربوط به ترانسفورماتورهای کم تلفات	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی	موسسات پژوهشی سندیکای صنعت برق

جدول (۴-۴): مجریان پروژه‌های مربوط به اقدام کمک به تربیت و جذب نیروی انسانی متخصص در زمینه طراحی و ساخت

هادی‌های ابررسانا

ردیف	پروژه‌ها	مجریان	مجریان پیشنهادی
۱	تدوین آیین‌نامه همکاری میان دانشگاه‌ها و صنعت برای تامین نیروی انسانی متخصص در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا	ستاد راهبری سند	
۲	اعزام متخصصان داخلی به کنفرانس‌های بین‌المللی معتبر و شرکت‌های خارجی پیشرو جهت کسب دانش روز دنیا در حوزه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی ستاد راهبری	سازندگان
۳	زمینه سازی حضور متخصصین خارجی در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا، در مراکز تحقیقاتی و صنعتی کشور	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی ستاد راهبری سند	سازندگان
۴	برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی	موسسات پژوهشی دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی سندیکای صنعت برق

جدول (۴-۵): مجریان پروژه‌های مربوط به اقدام ایجاد بستر لازم برای انجام فعالیت‌های کار آفرینی در زمینه

ترانسفورماتورهای کم تلفات

ردیف	پروژه‌ها	مجریان	مجریان پیشنهادی
۱	آگاه‌سازی کارآفرینان از مزایا و منافع توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی ستاد راهبری سند	----
۲	تدوین دستورالعمل جهت حمایت از تجاری‌سازی دانش فنی به دست آمده از تحقیقات در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های	ستاد راهبری سند دفتر استانداردهای	----

ردیف	پروژه‌ها	مجریان	مجریان پیشنهادی
	ابرسانا	فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی	
۳	شناسایی موانع ورود تولیدکنندگان جدید به بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات	معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی	وزارت صنعت، معادن و تجارت

جدول (۴-۶): مجریان پروژه‌های مربوط به اقدام تسهیل دسترسی بازیگران توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات به منابع مالی

موردنیاز

ردیف	پروژه‌ها	مجریان	مجریان پیشنهادی
۱	شناسایی و پایش مشکلات بازیگران توسعه صنعت ترانسفورماتورهای کم تلفات در تامین منابع مالی مورد نیاز	ستاد راهبری سند	-----
۲	تدوین دستورالعمل‌های لازم برای تامین منابع مالی مورد نیاز به منظور توسعه فناوری ساخت هادی‌های ابرسانا	ستاد راهبری سند معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی	-----
۳	اعطای وام های بانکی بلند مدت و کم بهره مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت های سازنده ترانسفورماتور به منظور انجام فعالیتهای تحقیقاتی و ساخت آزمایشگاه های تست تجهیزات متعلقه	معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی	هیئت وزیران
۴	تخصیص بخشی از منابع حاصل از هدف‌مندی یارانه‌ها در بخش برق به بومی‌سازی دانش فنی طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا	معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی معاونت برق و انرژی	-----

جدول (۴-۷): مجریان پروژه‌های مربوط به اقدام کمک به توسعه بازار ترانسفورماتورهای کم تلفات

ردیف	پروژه‌ها	مجریان	مجریان پیشنهادی
۱	تدوین دستورالعمل‌های الزام آور در مورد استفاده از ترانسفورماتورهای کم تلفات در شبکه برق	دفتر نظارت بر توزیع دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی	-----
۲	بازنگری آیین‌نامه‌های معاملاتی خرید و فروش ترانسفورماتورهای کم تلفات	معاونت هماهنگی توزیع و انتقال	-----
۳	ایجاد سازوکار انگیزشی- حمایتی برای تولیدکنندگان ترانسفورماتورهای کم تلفات از طریق کاهش تعرفه و بخشودگی مالیاتی	معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی	وزارت صنعت، معدن و تجارت
۴	اعطای مشوق‌های مالی نظیر پرداخت تسهیلات بلندمدت کم بهره، پرداخت سود تسهیلات و کاهش مالیات جهت ترغیب مصرف‌کنندگان ترانسفورماتور به تعویض یا خرید ترانسفورماتورهای کم تلفات	معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی	-----

جدول (۴-۸): مجریان پروژه‌های مربوط به اقدام ایجاد بستر مناسب برای تامین مواد و قطعات مورد نیاز سازندگان داخلی برای

طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا

ردیف	پروژه‌ها	مجریان	مجریان پیشنهادی
۱	شناسایی تامین‌کنندگان داخلی و خارجی مواد و قطعات مورد نیاز برای طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا	ستاد راهبری سند	-----
۲	ایجاد ارتباط با تامین‌کنندگان خارجی برای تامین مواد و قطعات مورد نیاز	ستاد راهبری سند	سازندگان
۳	کاهش تعرفه واردات مواد و قطعات مورد نیاز سازندگان داخلی برای طراحی و ساخت هادی‌های ابرسانا	معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی	وزارت صنعت، معدن و تجارت

جدول (۴-۹): مجریان پروژه‌های مربوط به اقدام بهبود ساختار نهادی توسعه ترانسفورهای کم تلفات

ردیف	پروژه‌ها	مجریان
۱	تشکیل ستاد راهبری نقشه راه توسعه ترانسفورماتورهای کم تلفات جهت هماهنگی و نظارت بر اجرای کار	پژوهشگاه نیرو
۲	شناسایی تشکلهای و انجمن‌های موجود در صنعت برق	ستاد راهبری سند
۳	تشویق تشکلهای و انجمن‌های موجود در صنعت برق به فعالیت در زمینه ترانسفورماتورهای کم تلفات	ستاد راهبری سند

جدول (۴-۱۰): مجریان پروژه‌های مربوط به اقدام طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای با هادی‌های ابررسانا

ردیف	پروژه‌ها	مجریان	مجریان پیشنهادی
۱	تشکیل یک تیم فنی متخصص جهت دستیابی به دانش فنی ساخت و طراحی هادی‌های ابررسانا و سیستم تبرید مربوطه	ستاد راهبری سند معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی	سازندگان
۲	انجام مطالعه جهت دستیابی به دانش فنی فرایند طراحی هادی‌های ابررسانا	ستاد راهبری سند	سازندگان
۴	تشکیل کارگروهی جهت مطالعات و بررسی الزامات فنی طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا	ستاد راهبری سند معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی	سازندگان
۵	بررسی میزان توانمندی کشور در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا	ستاد راهبری سند	سازندگان
۶	تصمیم‌گیری راجع به روش مناسب برای توسعه فناوری هادی‌های ابررسانا اعم از: طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا در کشور، همکاری با شرکت‌های خارجی جهت انتقال فناوری طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا	ستاد راهبری سند	سازندگان
۷	شناسایی شرکت‌های خارجی معتبر در زمینه طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا جهت انتقال فناوری (در صورت تصمیم‌گیری برای انتقال فناوری)	ستاد راهبری سند	سازندگان
۸	ایجاد ارتباط و انعقاد قرارداد با شرکت منتخب (در صورت تصمیم‌گیری برای انتقال فناوری)	ستاد راهبری سند	سازندگان
۹	خرید نمونه از شرکت منتخب و اجرای مراحل انتقال فناوری توسط شرکت خارجی (در صورت تصمیم‌گیری برای انتقال)	ستاد راهبری سند	سازندگان

ردیف	پروژه‌ها	مجریان	مجریان پیشنهادی
	(فناوری)		
۱۱	ایجاد آزمایشگاه مدل‌سازی و شبیه‌سازی	ستاد راهبری سند	سازندگان
۱۳	تأمین تجهیزات ابزار دقیق	ستاد راهبری سند	سازندگان
۱۴	مستندسازی دانش فنی طراحی و ساخت هادی‌های ابررسانا توسط تیم فنی متخصص	ستاد راهبری سند	سازندگان

۵- ترسیم ره‌نگاشت

به عنوان آخرین گام در فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی ره‌نگاشت تدوین خواهد شد. ره‌نگاشت نمایانگر ارکان اساسی فرآیند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی می‌باشد. نمایش کلیه سطوح راهبردی از چشم‌انداز تا فعالیت‌ها، تقدم و تأخر حاکم در سطوح مختلف به‌ویژه در سطح اقدامات و فعالیت‌ها، زمان‌بندی تحقق هر سطح به همراه منابع اختصاص یافته و در نهایت معرفی متولیان هر یک از سطوح اجزای تشکیل‌دهنده ره‌نگاشت می‌باشند.

نظر به اهمیت تهیه ره‌نگاشت در فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی، در ادامه به ارائه تعاریف دقیق‌تری از ره‌نگاشت پرداخته و مولفه‌ها و شاخص‌های مورد توجه در تهیه ره‌نگاشت بیان می‌گردد. در تلاش برای توصیف هر چه دقیق‌تر و کاربردی‌تر مفهوم ره‌نگاشت، تعاریف متعددی ارائه شده است.

الف) ره‌نگاشت ابزاری است برای ارتباط بین چشم‌انداز، ارزش‌ها و اهداف با اقدامات استراتژیکی که برای تحقق اهداف مورد نیاز است.

ب) ره‌نگاشت جدولی زمانی است که بخش‌های مختلف یک برنامه کاری را تعریف نموده و در عین حال سررسیدهای^۱ موجود در مسیر را نیز شامل می‌شود.

ج) ره‌نگاشت برنامه‌ای است برای شناسایی مسیر آینده که آنچه باید در آینده توسعه یابد را در بستر زمان نشان می‌دهد.

د) ره‌نگاشت آنچه را که باید در بین زمان‌های سررسید از زمان حال تا زمان تحقق هدف انجام شود را نشان می‌دهد.

^۱ - Deadline

ه) ره نگاشت مجموعه‌ای است که شامل اهداف کمی و کیفی، استراتژی‌ها و تاکتیک‌ها (اقدامات، فعالیت‌ها و شاخص‌ها) بوده و بازه‌های زمانی و مجریان در نظر گرفته شده برای انجام این اقدامات را نشان می‌دهد.

لذا برای رسیدن به هدف، ره نگاشت باید سطح مطلوب و مناسبی از جزئیات را در بر گرفته تا در مجموع ابزار توانمندی را برای هدایت فعالیت‌ها در طول زمان در اختیار مدیران سازمان قرار دهد.

اگر چه برخی تعاریف کارکردهایی همچون توجیه اقتصادی اقدامات و معرفی پیچیدگی‌های موجود بین زیر سیستم‌های زیرساخت‌ها را نیز از مولفه‌های یک ره نگاشت می‌دانند، برخی تعاریف سعی در هر چه واقعی‌تر کردن انتظارات کاربران از کارکردهای ره نگاشت دارند و بیان می‌کنند همانطور که ره نگاشت نباید در صدد تشریح استراتژی‌ها برآید، نباید بصورت جزئی به تشریح زیر ساخت‌های فنی لازم در پیاده‌سازی یک فناوری اشاره کنند.

در یک جمع‌بندی، می‌توان اینگونه بیان نمود که ره نگاشت، نمایش کلانی از روش پیمودن مسیر تحقق اهداف را در زمان مشخص بیان می‌کند. اگر چه استفاده از مشخصه‌هایی همچون شاخص تحقق اقدام، مجری و نقاط خاص^۱ موجود در مسیر، به توصیف هر چه روشن‌تر این مسیر کمک می‌کند. لذا به نظر می‌رسد در نخستین گام، ترسیم گام‌های اصلی در مسیر پیاده‌سازی استراتژی لازم و ضروری است.

^۱- Milestone

پیوست: معرفی اجمالی نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی توسعه

فناوری‌های ترانسفورماتورهای توزیع کم تلفات

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 وزارتخانه‌ها 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:

↔ حفاظت، نگهداری، بهره‌برداری و بهبود کمی و کیفی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی.

↔ رضایت و اقبال مردم با تامین، تصفیه و توزیع مناسب آب بهداشتی سالم و دائمی برای انواع مصارف.

↔ بالابردن بهداشت محیط شهرها و روستاها با طراحی و اجرای شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب.

↔ تامین نیازهای انرژی با کیفیت مطلوب و تمام وقت برای انواع مصارف شهروندان

↔ دیدگاه بلند مدت (دورنگر) به صیانت از منابع آب و انرژی و انتقال آن به نسل‌های آینده

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

↔ سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، اجرا و توسعه طرح‌های تولید، انتقال و توزیع انرژی برق در شهرها و روستا های سراسر

کشور

↔ 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

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

بمنظور ارتقاء سطح علمی کارکنان صنعت برق کشور

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

و انتقال برق در سراسر کشور.

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

فعالیت‌های صنعت برق کشور

↔ هدف‌مند کردن میزان مصرف برق و یارانه‌ها برابر استانداردهای جهانی

↔ سیاست‌گذاری، نظارت و هماهنگی بین شرکت‌های زیرمجموعه به منظور اجرای به موقع طرح‌های برق در راستای پیشبرد اهداف کلان صنعت برق کشور

✚ معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)

وظایف حاکمیتی بخش انرژی:

↔ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در زمینه صیانت و بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی کشور

↔ برنامه‌ریزی کلان انرژی کشور به منظور حصول اطمینان از تامین و عرضه انرژی مورد نیاز بخش‌های گوناگون

↔ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای شناسایی و در اختیار گرفتن انرژی‌های دست نیافته (انرژی‌های نو) و حمایت و ترویج کاربرد آن

↔ نظارت بر نحوه استفاده از انواع انرژی به منظور رعایت رفاه مردم و حفظ منابع انرژی کشور

↔ تعیین الگوی مصرف انواع انرژی با رعایت مصالح کشور و حفظ حقوق مردم

↔ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی به منظور مدیریت مصرف انرژی

↔ تدوین استانداردها و مقررات لازم برای تولید، مصرف و تبدیل انرژی در کلیه بخش‌های اقتصادی و اجتماعی

↔ حمایت از توسعه تحقیقات کاربردی، فناوری و منابع انسانی در بخش انرژی

↔ تولید آمار و اطلاعات پایه بخش انرژی و تسهیل دسترسی به آنها

↔ برنامه‌ریزی برای اصلاح ساختار مصرف انرژی و اعطای تسهیلات مالی و فنی لازم در بخش انرژی

↔ حذف انحصار، ایجاد و توسعه رقابت و حمایت از بخش غیردولتی برای مشارکت در فعالیت‌های بخش انرژی با هدف

افزایش کارایی و حفظ حقوق مردم

↔ تهیه، تدوین و پیشنهاد قوانین مرتبط با بخش انرژی

↔ تعیین نرخ انواع انرژی

↔ کاهش، شفاف‌سازی و هدفمند کردن یارانه

↔ ارزیابی رضایت مشترکین و سیاست‌های بهبود آن

وظایف حاکمیتی بخش برق:

↔ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان و نظارت بر اجرای طرح‌های توسعه در حد حصول اطمینان از تامین برق مورد نیاز

↔ تصویب و ابلاغ استانداردها و دستورالعمل‌های لازم برای تنظیم اثرات خارجی صنعت و رعایت حقوق مشترکین و مصالح جامعه و نظارت بر اجرای آنها در زمینه‌های فنی، زیست محیطی، ایمنی و ارائه خدمات به مشترکین

↔ کاهش، شفاف‌سازی و هدف‌مند کردن یارانه‌ها

↔ تصویب تعرفه‌های فروش برق

↔ تهیه و تصویب مقررات و آئین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های ناظر بر روابط شرکت‌های فعال در بازار برق و نظارت بر اجرای آنها

↔ ایجاد و توسعه رقابت بر آن بخش از امور صنعت برق که امکان رقابت در آنها وجود دارد

↔ تشویق و حمایت از سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی در صنعت برق

↔ تسهیل دسترسی عمومی به آمار و اطلاعات صنعت برق

↔ نظارت بر اجرای قوانین و برنامه‌ریزی برای تحقق سیاست‌های مصوب کشور در رابطه با صنعت برق و تامین هزینه اجرای سیاست‌ها و طرح‌های غیراقتصادی از دید بنگاه برق

↔ حمایت از توسعه تحقیقات کاربردی، فناوری و منابع انسانی در صنعت برق

↔ ظرفیت‌سازی و حمایت از صنایع داخلی

↔ تهیه، تدوین و پیشنهاد قوانین و مقررات مرتبط

↔ ارزیابی رضایت مشترکین و سیاست‌های بهبود آن

➤ 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 پردازد. 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:

↔ تاثیرگذاری مثبت بر کیفیت زندگی مردم

↔ 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:

↔ حفاظت از حقوق متقابل مشتریان و بخش عرضه برق

↔ حفظ پایایی و امنیت سیستم قدرت کشور

↔ بهره‌وری بخش عرضه برق

↔ مدیریت تقاضای برق

↔ تعاملات صنعت برق با محیط‌زیست

↔ خوداتکایی علمی و فنی صنعت برق

↔ بازرگانی برق (بازرگانی داخلی و خارجی)

↔ توازن و پایداری اقتصادی صنعت برق

ابزار معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو برای نظارت عالییه و اعمال حاکمیت عبارتند از: ۱. 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

وظایف حاکمیتی بخش برنامه‌ریزی و امور اقتصادی :

- ↔ مطالعات و آینده‌نگری همه جانبه شرایط محیطی و جهانی صنعت آب و برق
- ↔ تدوین برنامه دوربرد و راهبردی وزارت نیرو
- ↔ تلفیق برنامه‌های کوتاه مدت و میان مدت بخش‌های مختلف صنعت آب و برق
- ↔ تلفیق، تدوین و ارائه لایحه بودجه وزارت نیرو
- ↔ نظارت دقیق، مستمر و مؤثر بر اجرای برنامه
- ↔ تهیه و تدوین گزارش عملکرد برنامه
- ↔ تدوین سیاست‌های تشویقی و حمایت از بخش خصوصی و سرمایه‌گذاری غیردولتی و خارجی
- ↔ برنامه‌ریزی جهت اجرای اصل ۴۴ قانون اساسی و خصوصی‌سازی صنعت
- ↔ مطالعات و بررسی ظرفیت‌های داخلی صنعت آب و برق
- ↔ تدوین سیاست‌های توسعه کارآفرینی در وزارت نیرو
- ↔ انجام امور مربوطه به دبیرخانه مجامع عمومی شرکت‌های تابعه
- ↔ نظارت بر قراردادهای مرتبط با صنعت آب و برق
- ↔ مطالعات و بررسی اقتصاد کلان صنعت آب و برق
- ↔ مطالعات و بررسی بازار بین‌المللی مرتبط با وزارت نیرو
- ↔ تنظیم سیاست‌ها و روابط اقتصاد خارجی وزارت نیرو
- ↔ تدوین سیاست‌های تشویقی و حمایتی از صادرکنندگان مرتبط با صنعت آب و برق
- ↔ تدوین سیاست‌های راهبری بازار آب و برق
- ↔ تنظیم مقررات مربوط به بازار آب و برق
- ↔ تدوین و استقرار سیاست‌های توسعه رقابت در بازارهای آب و برق
- ↔ مطالعات و آینده‌نگری همه جانبه شرایط محیطی و جهانی صنعت آب و برق
- ↔ تلفیق برنامه‌های کوتاه مدت و میان مدت بخش‌های مختلف صنعت آب و برق
- ↔ تلفیق، تدوین و ارائه لایحه بودجه وزارت نیرو

- ↔ نظارت دقیق، مستمر و مؤثر بر اجرای برنامه
- ↔ تهیه و تدوین گزارش عملکرد برنامه
- ↔ تدوین سیاست‌های تشویقی و حمایت از بخش خصوصی و سرمایه‌گذاری غیردولتی و خارجی
- ↔ برنامه‌ریزی جهت اجرای اصل ۴۴ قانون اساسی و خصوصی‌سازی صنعت
- ↔ مطالعات و بررسی ظرفیت‌های داخلی صنعت آب و برق
- ↔ تدوین سیاست‌های توسعه کارآفرینی در وزارت نیرو
- ↔ انجام امور مربوطه به دبیرخانه مجامع عمومی شرکت‌های تابعه
- ↔ نظارت بر قراردادهای مرتبط با صنعت آب و برق
- ↔ مطالعات و بررسی اقتصاد کلان صنعت آب و برق
- ↔ مطالعات و بررسی بازار بین‌المللی مرتبط با وزارت نیرو
- ↔ تنظیم سیاست‌ها و روابط اقتصاد خارجی وزارت نیرو
- ↔ تدوین سیاست‌های تشویقی و حمایتی از صادرکنندگان مرتبط با صنعت آب و برق
- ↔ تدوین سیاست‌های راهبری بازار آب و برق
- ↔ تنظیم مقررات مربوط به بازار آب و برق
- ↔ تدوین و استقرار سیاست‌های توسعه رقابت در بازارهای آب و برق

✚ معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی

وظایف حاکمیتی بخش تحقیقات و منابع انسانی:

- ↔ برنامه‌ریزی جامع منابع انسانی صنعت آب و برق
- ↔ تدوین سیاست‌ها و راهبری منابع انسانی
- ↔ مطالعه و بررسی و تنظیم سیاست‌های افزایش انگیزش و کارآمدی منابع انسانی
- ↔ بررسی و تدوین راهکارهای استقرار ارزش‌های انسانی در سازمان
- ↔ مطالعات، برنامه‌ریزی و ساماندهی امر مدیریت و ارائه الگوی مناسب مدیریتی
- ↔ راهبری تحول اداری صنعت آب و برق و ارتقاء سلامت اداری

- ↔ مطالعات، تدوین، اصلاح و استقرار ساختار سازمانی، سیستم‌ها و روش‌های کارآمد در وزارت نیرو
- ↔ تدوین و ارائه طرح‌های ارتقاء کیفیت و بهبود بهره‌وری صنعت آب و برق
- ↔ تدوین سیاست‌های آموزش و تحقیقات صنعت آب و برق
- ↔ ساماندهی ارتباطات با مراکز آموزشی و پژوهشی درون و برون صنعت آب و برق
- ↔ تدوین سیاست‌ها و استراتژی توسعه فناوری
- ↔ تدوین و استقرار نظام راهبری و توسعه آموزش
- ↔ راهبری برنامه‌های آموزش‌های تخصصی مورد نیاز صنعت
- ↔ هدایت هیات‌های امناء مراکز آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق
- ↔ مطالعه و بررسی مستمر فناوری‌های نوین اطلاعاتی مورد نیاز صنعت
- ↔ تدوین نظام ارتباطات بهنگام در صنعت آب و برق
- ↔ تدوین و استقرار نظام آماری و اطلاعاتی در وزارت نیرو
- ↔ مدیریت و راهبری اطلاعات علمی، اسناد و کتابخانه
- ↔ ایجاد بانک اطلاعاتی صنعت و بروزرسانی آن
- ↔ مطالعه و ارائه سیستم‌های مکانیزه جهت ارائه خدمات به مشترکین صنعت آب و برق

📌 دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی)

ماموریت اصلی این دفتر، توسعه آموزش، تحقیقات و فناوری در صنعت آب و برق بوده و اهم برنامه‌ها و وظایف مرتبط با این ماموریت عبارت است از

- ↔ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی آموزش، تحقیقات و فناوری
- ↔ تسهیل و بهینه‌سازی فرآیند انجام آموزش، تحقیقات و فناوری
- ↔ تعمیق و توسعه فعالیت‌های آموزش، تحقیقات و فناوری
- ↔ بررسی و تحلیل نیازهای آموزش، تحقیقات و فناوری
- ↔ تسهیل و تنظیم تعاملات آموزش، تحقیقات و فناوری

← پایش، ارزیابی و تحلیل وضعیت آموزش، تحقیقات و فناوری

✚ توانیر

موضوع فعالیت شرکت توانیر: مدیریت سهام و سرمایه‌های شرکت در صنعت برق، انجام هرگونه فعالیت در راستای تأمین برق مطمئن و اقتصادی برای کلیه مصارف خانگی، عمومی، صنعتی، کشاورزی، تجاری و غیره اعم از سرمایه‌گذاری، مدیریت و نظارت بر ایجاد و بهره‌برداری از تأسیسات و انجام کلیه معاملات مربوط به برق که برای تحقق اهداف شرکت لازم می‌باشد از طریق شرکت‌های زیرمجموعه و یا در صورت لزوم با تصویب مجمع عمومی توسط خود شرکت موارد زیر از جمله وظایف شرکت می‌باشد:

← بررسی و تدوین پیشنهادهای لازم در زمینه راهبردها و سیاست‌ها و برنامه‌های بلندمدت و میان مدت صنعت برق و

ارایه آن به وزارت نیرو

← اجرای سیاست‌ها، برنامه‌ها و مصوبات وزارت نیرو

← تهیه طرح‌های لازم برای توسعه تأسیسات تولید، انتقال و توزیع برق و ارایه آن به وزارت نیرو جهت اخذ مجوز

← سرمایه‌گذاری در تأسیسات تولید و انتقال و توزیع صنعت برق.

← اتخاذ تدابیر و راهکارهای لازم به منظور حصول اطمینان از اجرای صحیح و به‌موقع طرح‌های توسعه و بهینه‌سازی تأسیسات.

← راهبری و پایش شبکه سراسری برق از طریق شرکت‌های زیرمجموعه و همچنین ایجاد سازوکارهای لازم برای

توسعه رقابت در امر تولید، خرید و فروش برق از جمله ایجاد سیستم‌ها و انجام عملیات بازار و بورس برق.

← تدوین و پیشنهاد تعرفه‌های برق به وزارت نیرو

← خرید و فروش عمده برق در داخل و خارج کشور از طریق شرکت‌های زیرمجموعه

← اخذ هرگونه وام و تسهیلات مالی از منابع داخلی و خارجی، عرضه اوراق قرضه و مشارکت داخلی و پیش فروش

انشعاب و انرژی برق و سایر روش‌های تأمین منابع مالی با اخذ مجوز از مراجع قانونی ذیربط .

← مدیریت، توسعه و تأمین منابع مالی صنعت برق و استفاده بهینه از این منابع از طریق برقراری تسهیلات و گردش

منابع مالی فی‌مابین شرکت و شرکت‌های زیرمجموعه

- ↔ انجام عملیات لازم به منظور نظارت در نحوه استفاده از انرژی برق به نمایندگی از طرف وزارت نیرو و همچنین ترویج فرهنگ مدیریت مصرف به منظور بهینه‌سازی مصرف و کاهش مصارف غیرضروری.
- ↔ بررسی، مطالعه و سایر اقدامات لازم برای توسعه فناوری، انتقال دانش فنی و اطلاع‌رسانی تأمین کالا و ساخت تجهیزات موردنیاز صنعت برق کشور
- ↔ حمایت از توسعه فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در زمینه‌های تخصصی مرتبط با صنعت برق و پشتیبانی از برنامه‌های تربیت متخصصان موردنیاز صنعت برق کشور.
- ↔ حمایت از تحقیقات و فعالیت‌های علمی و توسعه منابع انسانی و سایر عوامل موثر در بهبود مدیریت و بهره‌وری صنعت برق کشور.
- ↔ مدیریت و هماهنگی تجاری، فنی و برنامه‌ای بین شرکت‌های زیر مجموعه و هدایت و هماهنگی آنها در جهت سیاست‌های تعیین شده از طرف وزارت نیرو و دولت.
- ↔ نظارت بر امور مدیریت و نظام مالی شرکت‌های زیرمجموعه و انجام بازرسی و حسابرسی‌های لازم.
- ↔ تدوین مقررات و استانداردها و دستورالعمل‌های لازم برای حسن اجرای امور و استفاده بهینه از امکانات و تأسیسات صنعت برق و ارایه آنها به وزارت نیرو و همچنین انجام عملیات لازم به منظور نظارت بر اجرای آنها به نمایندگی وزارت نیرو
- ↔ پیشنهاد و پیگیری درخواست‌های عمومی صنعت برق از دولت
- ↔ انجام هرگونه عملیات مالی، معاملات، سرمایه‌گذاری، تشکیل شرکت، مشارکت در مؤسسات و شرکت‌های دیگر که مرتبط با موضوع شرکت باشد، با رعایت مقررات مربوط.
- ↔ مبادرت به هرگونه فعالیت که با هدف شرکت مرتبط باشد

➤ معاونت هماهنگی توزیع (توانیر):

اهداف بنیادی بخش توزیع در صنعت برق :

بخش توزیع نیرو به سبب آنکه رابط بین صنعت برق و مشترکان است نقشی چند سویه بر عهده دارد: نخست نقش فنی برای نگهداری، راهبری و توسعه شبکه‌های توزیع، دوم پذیرش و خدمات رسانی به مشترکان و تأمین رضایت ایشان و

فروش انرژی برق به عنوان یک کالای اقتصادی و سوم حفظ ارتباط و هماهنگی با بخش‌های بالادست صنعت به طوری که مجموعه صنعت برق از این رهگذر بتواند به فرایند تولید و عرضه برق ادامه دهد و راه را برای توسعه خود هموار سازد بدیهی است هدایت و راهبری این حجم فعالیت در گستره پهنای میهن اسلامی ۱. سیاست‌گذاری منسجم و هماهنگی مستمری را طلب می‌نماید. از این رو شرکت توانیر با تشکیل دفاتری به شرح زیر توجه ویژه‌ای به این بخش نموده است

↔ دفتر برنامه‌ریزی توزیع

↔ دفتر پشتیبانی فنی توزیع

↔ دفتر نظارت بر توزیع

↔ دفتر مدیریت مصرف و خدمات مشترکین

مجموعه این دفاتر با راهبری معاونت هماهنگی توزیع و وظیفه هدایت بخش توزیع در جهت کاهش عملیات اجرائی و تقویت نظام‌های مدیریتی با تکیه بر ابزار برون سپاری، عملیات اجرائی و به کارگیری مراکز ظرفیت‌های مشاوره‌ای و پیمانکاری بخش خصوصی را بر عهده دارند

اهداف دفاتر مدیریت توزیع

↔ دفاتر مدیریت توزیع در سال ۱۳۸۲ با برنامه‌های مشخص به ویژه اصلاح زیر ساختارها، کاملاً هدفمند و هماهنگ حرکت سازمانی خود را به شرح زیر شروع نموده‌اند:

↔ هدف‌گذاری و کنترل خاموشی‌ها به منظور کاهش میزان انرژی‌های تامین نشده با استفاده از یکسان‌سازی دستورالعمل‌ها و نرم افزارهای ثبت اطلاعات

↔ سنجش و اولویت‌بندی نیازها با شناسایی نقاط ضعف در بخش مهندسی توزیع و تشکیل کمیته‌های تخصصی به منظور یافتن راهکارهای عملیاتی و کاربرد فناوری‌های جدید در توزیع

↔ بهبود نظام وصول درآمدها با رعایت طرح تکریم با استفاده از ارتقاء سیستم‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری لوازم اندازه‌گیری، قرائت و وصول و ایجاد نمایندگی‌های خدمات مشترکین .

↔ گسترش فرهنگ ایمنی با اعمال سیاست‌های پیشگیری و آموزش با استفاده از ابزار مدیریتی و تجزیه و تحلیل حوادث، تدوین و یکسان‌سازی دستورالعمل‌های ایمنی و استانداردهای لوازم و ابزار در کنار بسترسازی برای پذیرش

نظارت مستمر توسط کاربران

↔ ارتقاء برنامه ریزی توزیع با دیدگاه فنی اقتصادی با استفاده از تدوین هدفمند بودجه نویسی در بخش جاری و سرمایه گذاری توزیع و ایجاد ابزار لازم برای کنترل برنامه و بودجه که این بخش از کاراز طریق تشکیل کمیته های تخصصی و برگزاری سمینارهای عمومی و انتقال تجربیات بین شرکت ها انجام گردید

📌 دفتر نظارت بر توزیع

اهداف

↔ ایجاد و ارتقاء نظام های مکانیزه جهت ثبت و تحلیل حوادث و تکمیل و توسعه مراکز فوریت برق و دیسپاچینگ های

توزیع

↔ سیاست گذاری در حوزه دیسپاچینگ و مراکز فوریت برق

↔ توسعه، تکمیل و تحول و بهبود مستمر نظام های مرتبط با نگهداری و تعمیرات شبکه های توزیع

↔ تدوین برنامه ها، راهبردها و ایجاد زیر ساخت های لازم جهت ارتقاء نظام ارزیابی و بهبود قابلیت اطمینان شبکه های

توزیع

↔ تدوین راهبردها و دستورالعمل ها و ایجاد زیر ساخت های لازم جهت پیاده سازی نظام انگیزش جهت بهبود قابلیت

اطمینان شبکه های توزیع (PBR)

↔ توسعه روش های نظارتی به منظور حصول اطمینان از بکارگیری روش های مناسب جهت رسیدگی سریع به

خاموشی ها و کاهش انرژی های تامین نشده

↔ یکسان سازی و ایجاد زبان مشترک در نظام گردآوری اطلاعات مرتبط با انرژی های تامین نشده

↔ توسعه بکارگیری و معرفی عیوب روش های نو جهت کاهش خاموشی ها، بکارگیری روش های مناسب آشکارسازی

عیوب

↔ آموزش و بازآموزی نیروی انسانی به منظور ارتقاء سطح کیفی و کمی خدمات در اجرای فعالیت های بهره برداری و

سرویس دهی به مشترکین

↔ بازنگری و ارتقاء دستورالعمل های بهره برداری با تاکید بر سخت گیری در اعمال خاموشی ها

- ↔ انجام تعاملات فنی و علمی با دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی داخلی و بین‌المللی و ایجاد رویه‌های توسعه بکارگیری مشاوران مجرب بخش خصوصی در حوزه بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع
- ↔ ایجاد و اجرای نظام‌های نظارتی در حوزه بهره‌برداری از شبکه‌های توزیع برق
- ↔ نظارت و فرهنگ‌سازی درون و برون سازمانی در ایمنی شامل کارکنان سازمان، پیمانکاران، مردم و مشترکین به منظور ایجاد و گسترش فرهنگ ایمنی
- ↔ اقدامات راهبردی در جهت پیاده‌سازی سیستم مدیریت ایمنی و کاهش ضایعات و بهداشت کار
- ↔ تشکیل و فعال نمودن کمیته‌های تخصصی بهره‌برداری و ایمنی
- ↔ آموزش و بازآموزی کارکنان به منظور ارائه خدمات بدون حادثه
- ↔ ارسال به موقع و کامل گزارش وقوع یا عدم وقوع حادثه و تجزیه و تحلیل کاربردی حوادث و مستند نمودن و اطلاع‌رسانی موثر به منظور جلوگیری از تکرار حوادث
- ↔ مدیریت بحران

📌 دفتر امور تحقیقات برق (توانیر)

شرح وظایف دفتر امور تحقیقات برق :

- ↔ حمایت، هدایت، راهبری موسسات و مراکز علمی و پژوهشی به منظور انجام تحقیقات و پژوهش‌های کاربردی در صنعت برق
- ↔ کمک به توسعه و رشد مراکز تحقیقاتی
- ↔ ترغیب موسسات و مراکز علمی به تدوین طرح‌ها و پژوهش‌های کاربردی
- ↔ تدوین نظام‌های اصلاح و بهبود فرایندها
- ↔ سیاست‌گذاری در بخش تحقیقات شرکت‌های زیرمجموعه
- ↔ ارتقاء دانش مدیریت تحقیق و توسعه در شرکت‌های زیرمجموعه
- ↔ استقرار طرح‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی کاربردی انجام شده در شرکت‌های زیرمجموعه
- ↔ تدوین شاخص‌ها و معیارهای تحقیقات در زمینه مختلف (ارزیابی - کنترل - استاندارد)

↔ نظارت عالی و راهبردی بر شرکت‌های زیرمجموعه

↔ تعامل با دستگاه‌ها و سازمان‌های برای پیشبرد امور تحقیقات (سازمان مدیریت سابق) - وزارت نیرو - شرکت‌ها و ...

↔ شناسایی پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های ارتقاء و بهبود فرایندهای پژوهش و تحقیقاتی در شرکت‌های موفق داخلی و

خارجی (bench mark)

↔ تعامل با مرکز پژوهش ملی و بین‌المللی

↔ ظرفیت‌سازی در شرکت‌ها برای مدیریت برانجام تحقیقات کاربردی (پیشنهاد تقویت ساختار - توانمندسازی

کارکنان و ...)

↔ توسعه و گسترش تبادلات علمی و تحقیقاتی ملی و بین‌المللی در صنعت برق

↔ توسعه و بکارگیری سرمایه انسانی کارآمد و دانش‌گرا در بخش تحقیقات صنعت برق

↔ تطبیق سیاست‌های صنعت برق با نیازهای آن

↔ ارزیابی نظام‌ها و فعالیت‌های تحقیقاتی و استاندارد به منظور اصلاح و بهبود فرایندها

↔ ظرفیت‌سازی در ستاد و شرکت‌های زیر مجموعه به منظور استقرار مطلوب نظام‌ها (ایجاد دانش، مهارت، شرایط و

قابلیت‌های مورد نیاز)

↔ مطالعات در زمینه تجارب گذشته و تحلیل وضع موجود جهت تنظیم فعالیت‌های آینده پژوهشی

↔ استقرار نظام یادگیری

✚ صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق

این 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 زمینه‌های 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 پروژه‌های نیروگاهی ایران (مپنا)

↔ شرکت سرمایه‌گذاری صنایع برق و آب (صبا)

↔ شرکت ایران ترانسفو

هدف از تشکیل:

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

↔ تولید و توسعه دانش فنی.

↔ ارتقاء سطح فناوری.

↔ جذب، انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های نوین جهان.

انواع حمایت‌ها:

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

↔ اعطای امانت سود برای طرح‌های تحقیقاتی که از سایر منابع مالی و اعتباری کشور تسهیلات دریافت داشته‌اند.

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

↔ مشارکت، سرمایه‌گذاری 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 توجیه‌پذیری طرح و توانایی مجریان می‌باشد.

اولویت‌های اصلی در پذیرش طرح‌ها:

↔ طرح‌های پژوهشی کاربردی.

↔ طرح‌های تدوین دانش فنی.

↔ طرح‌های تولید نمونه آزمایشگاهی.

↔ طرح‌های تولید نمونه نیمه صنعتی.

↔ طرح‌های پژوهشی توسعه‌ای.

↔ توسعه و بومی‌سازی فناوری‌های نوین.

سندیکای صنعت برق

سندیکای صنعت برق ایران یک نهاد صنفی، متشکل از ۴۷۰ شرکت سازنده تجهیزات، پیمانکار و مشاور صنعت برق است که در راستای دفاع از منافع مشروع اعضای خود و بر اساس نقش و جایگاه تشکلهای صنفی در سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور، افزایش اثربخشی سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در صنعت برق از طریق ساماندهی بخش خصوصی و تعمیق مشارکت و شکل‌دهی به سرمایه اجتماعی در میان خانواده صنعت برق ایران را دنبال می‌کند.

اهداف سندیکا:

اهداف سندیکای صنعت برق ایران بطور کلی به چهار بخش نمایندگی از اعضا، تمهید مشارکت اعضا، ارائه خدمات به اعضا و تنظیم و توسعه صنعت برق کشور تقسیم‌بندی می‌شود. اهم اهداف سندیکا عبارتند از:

↔ دفاع از حقوق و حمایت از منافع اعضا

↔ پیگیری رشد و توسعه منظم و همه‌جانبه صنعت برق کشور، به ویژه با تأکید بر اجرای ابلاغیه اصل ۴۴ قانون

اساسی

↔ مشارکت و همفکری با مراکز تصمیم‌گیری دولت در تدوین آیین‌نامه‌ها و مقررات مرتبط با صنعت برق

↔ حمایت از ساخت داخل و تکنولوژی ملی با تأکید ویژه بر هم‌افزایی ظرفیتهای موجود

↔ ساماندهی فعالیت اعضا در راستای بهبود کیفیت تولید و خدمات

↔ ایجاد فرصت‌ها و ظرفیتهای جدید اقتصادی و تجاری در حوزه صنعت برق کشور

↔ گسترش رایزنی و مذاکره با مراکز تصمیم‌سازی کشور به منظور ایفای نقش موثر در فرآیند سیاست‌گذاری عمومی

صنعت برق ایران و پایش تصمیمات در این زمینه

↔ تقویت بنیه صادراتی صنعت برق، به نحوی که دسترسی شرکتهای بزرگتر به بازارهای خارجی افزایش یافته و

زمینه کسب و کار داخلی برای شرکتهای کوچکتر توسعه یابد

↔ تلاش برای حذف انحصار و شکل‌گیری شرایط متوازن و رقابتی در حوزه صنعت برق

↔ تلاش در جهت گشودن افق‌های تازه کارآفرینی همچون بهینه‌سازی، کاهش تلفات و برق هوشمند و توسعه

انرژی‌های تجدیدپذیر

← ترویج ارتباط نزدیک تر میان اعضا و گسترش تفاهم، درون خانواده صنعت برق

← ایجاد ظرفیت های آموزشی برای رشد و به روز نگهداشتن توانایی ها، تخصص ها و ظرفیت های علمی و فنی اعضا

← تلاش در ایجاد وفاق و حفظ منافع مشترک بمنظور حضور توانمند و متحد در بازارهای منطقه

← اطلاع رسانی و آموزش قوانین، بخشنامه ها و تغییرات مرتبط با صنعت برق برای اعضا

پژوهشگاه نیرو

پژوهشگاه نیرو به منظور تحقق بخشی از وظایف پژوهشی وزارت نیرو و نیز ارتقاء کیفی امور آن وزارتخانه، 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"، "تولیدنیرو" 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 زیربنایی 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 فناوری های 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 بیانیه های ماموریت، چشم انداز و ارزش های سازمانی با تحلیل محیط داخل و خارج و همچنین مطالعات تطبیقی در عرصه بین المللی استراتژی ها و اهداف پژوهشگاه را تدوین و در سال ۱۳۸۹ با استفاده از متدولوژی کارت امتیازی متوازن (BSC) با اجرای برنامه ها و دستیابی به اهداف کمی راه رسیدن به چشم انداز را هموار نموده است.

فلسفه وجودی ماموریت پژوهشگاه نیرو شامل ارتقاء فناوری، توسعه پژوهش و نوآوری جهت افزایش توانمندی، رقابت پذیری و بهره وری 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 توسعه ای 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 موردنیاز 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

➤ مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو):

- از جمله اهداف و ماموریت‌های 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 تجاری‌سازی و حرکت نتیجه محور در فعالیت‌های علمی و پژوهشی
 - ↔ استقرار چهارچوب‌های مدیریتی و اقتصادی در پروژه‌ها و طرح‌های فنی
 - ↔ استفاده از پتانسیل صنعت برق و انرژی کشور در بخش‌های دولتی و خصوصی، به ویژه پژوهشگاه نیرو
 - ↔ روان سازی مقررات و تسهیل فرآیندهای کاری و مدیریتی مربوط
 - ↔ ایجاد و راهبری شبکه ملی مراکز رشد مرتبط با حوزه برق و انرژی
 - ↔ هموار نمودن مسیر توسعه کسب و کار بین‌المللی
 - ↔ کمک به راه‌اندازی و مدیریت صندوق‌های حمایت مالی ریسک‌پذیری

✚ معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری در ۱۵ بهمن سال ۱۳۸۵ به دستور ریاست جمهوری 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 هم‌افزایی 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

↔ هدف‌مندی‌سازی، 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 ساز و کارهای سرمایه‌گذاری خطرپذیر 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

✚ مرکز 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 تحلیلی 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

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.

- ↔ گسترش و تقویت روح پژوهش و تفکر علمی در جامعه
 - ↔ تلاش منظم و مستمر به منظور رویارویی با نیازهای حال و آینده
 - ↔ کمک به توسعه هماهنگ بخش‌های مختلف از جمله دانشگاه‌ها و صنایع از طریق برقراری ارتباط سازمان یافته
 - ↔ رشد و پرورش خلاقیت‌ها و ایجاد روحیه کارآفرینی در فارغ‌التحصیلان
 - ↔ زمینه‌سازی مناسب جهت تجاری نمودن تحقیقات
- وظایف آن نیز به شرح ذیل می‌باشد:

↔ سازماندهی امکانات تحقیق و توسعه برای ایجاد پیوند بین منابع و مهارت‌های دانشگاه‌ها و مراکز علمی و فناوری و صنعتی

- ↔ جهت دادن مؤثر جامعه علمی کشور به سوی تحقیق در رشته‌های مورد نیاز
- ↔ برنامه‌ریزی و ایجاد زمینه مناسب به منظور کاربردی و تجاری کردن نتایج تحقیقات
- ↔ ایجاد فضای مناسب علمی و پژوهشی برای جذب دانشمندان و متخصصان داخل و خارج از کشور
- ↔ ارتقاء دانش فنی متخصصین برای بروز خلاقیت‌ها و نوآوری‌ها در زمینه فناوری
- ↔ دستیابی به آخرین اطلاعات و دانش فنی مورد نیاز به منظور کسب و ایجاد فناوری برتر به منظور رقابت در جامعه

جهانی

- ↔ اشاعه فرهنگ و سازماندهی فعالیت‌های جمعی تحقیقاتی و فناوری و استفاده از امکانات پارک‌ها
- ↔ ایجاد بستر مناسب برای فعالیت واحدها و مؤسسه‌های علمی و فناوری غیردولتی و دولتی در پارک

✚ صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور

هدف از تأسیس صندوق، شکوفایی امور تحقیقاتی در راستای تولید علم، فناوری و تجاری‌سازی و بهره‌مندشدن 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 پسادکترای
- ↔ 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)
- ↔ گزنت
- ↔ کمک برای به ثمر رساندن نوآوری‌ها و خلاقیت‌های منجر به تولید
- ↔ و دیگر فعالیت‌های حمایتی

✚ 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:

↔ بیو تکنولوژی

↔ صنایع پایین دستی پتروشیمی مبتنی بر فناوری

↔ مواد پیشرفته

↔ نانو تکنولوژی

↔ تجهیزات و سیستم‌های پیشرفته الکترونیکی و مخابراتی

↔ تجهیزات پیشرفته پزشکی

↔ صنایع شیمایی و فرایندی پیشرفته

📌 وزارت علوم تحقیقات و فناوری

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

↔ 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 ذیربط 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 ذیربط.

• 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

↳ 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 برعهده دارد که وظیفه مرکز برنامه‌ریزی و

سیاست‌گذاری پژوهشی در معاونت پژوهش و فناوری این وزارتخانه است.

✚ 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.

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.

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 سه‌گانه 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

حوزه‌های علم و فناوری و پژوهش در قالب سند چشم‌انداز ۲۰ ساله از وظایف این نهاد می‌باشد.

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 چند وجهی 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.

شورای عالی انقلاب فرهنگی

شورای عالی انقلاب فرهنگی به ریاست رئیس‌جمهور یکی از نهادهای حکومتی جمهوری اسلامی ایران است که پس از انقلاب ۱۳۵۷ ایرانبا فرمان روح‌الله خمینی تشکیل شد. گسترش نفوذ فرهنگ اسلامی در شئون جامعه و تقویت انقلاب فرهنگی و اعتلای فرهنگ عمومی و تزکیه محیط‌های علمی و فرهنگی از افکار مادی و نفی مظاهر و آثار غربزدگی از جمله اهداف این شورا است. ابتدا ستاد انقلاب فرهنگی تشکیل گردید که بعداً به شورای عالی انقلاب فرهنگی تغییر ماهیت داد. اهداف این شورا عبارت‌اند از:

← گسترش و نفوذ فرهنگ اسلامی در شئون جامعه و تقویت انقلاب فرهنگی و اعتلای فرهنگ عمومی

← تزکیه محیط‌های علمی و فرهنگی از افکار مادی و نفی مظاهر و آثار غربزدگی از فضای فرهنگی جامعه

← تحول دانشگاه‌ها، مدارس و مراکز فرهنگی و هنری براساس فرهنگ صحیح اسلامی، گسترش و تقویت هر چه

بیشتر آنها برای تربیت متخصصان متعهد، اسلام‌شناسان متخصص، مغزهای متفکر و وطن‌خواه، نیروهای فعال و

ماهر، استادان، مربیان و معلمان معتقد به اسلام و استقلال کشور

← تعمیم سواد، تقویت و بسط روح تفکر و علم‌آموزی و تحقیق و استفاده از دستاوردها و تجارب مفید دانش بشری

برای نیل به استقلال علمی و فرهنگی

← حفظ و احیا و معرفی آثار و مآثر اسلامی و ملی

← نشر افکار و آثار فرهنگی انقلاب اسلامی، ایجاد و تحکیم روابط فرهنگی با کشورهای دیگر به ویژه با ملل اسلامی

وظایف شورای عالی انقلاب فرهنگی:

از جمله وظایف شورای عالی انقلاب فرهنگی، می‌توان در سه حوزه سیاست‌گذاری، تدوین ضوابط و نظارت تقسیم‌بندی نمود.

تهیه و تدوین سیاست‌ها و طرح‌های راهبردی کشور در زمینه‌های مختلف فرهنگی از جمله در حوزه‌های زنان، تبلیغات، اطلاع‌رسانی، چاپ و نشر، بیسوادی، دانشگاه‌ها، برقراری روابط علمی و پژوهشی و فرهنگی با سایر کشورها، همکاری حوزه و دانشگاه، فعالیت‌های دینی و معنوی، تهاجم فرهنگی و سایر حوزه‌های فرهنگی مربوطه از جمله وظایف سیاست‌گذاری این شورا محسوب می‌شود. همچنین تعیین ضوابط تأسیس مراکز علمی و آموزشی و نیز ضوابط گزینش مدیران و استادان و دانشجویان از جمله وظایف این شورا می‌باشد. بررسی و تحلیل شرایط فرهنگی ایران و جهان، بررسی الگوهای توسعه و پیامدهای فرهنگی آن، بررسی وضع فرهنگ و آموزش کشور و نیز نظارت بر اجرای مصوبات شورا از جمله وظایف نظارتی شورای عالی انقلاب فرهنگی می‌باشد.

🚩 سازمان ملی استاندارد ایران

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