

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه‌ی فناوری

ابرسانا در صنعت برق

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

مدیر پروژه: مهندس حسین کوهانی

گروه پژوهشی مواد غیرفلزی

راهبر: معاونت فناوری

ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر

سفارش دهنده: وزارت نیرو

✚ دکتر ارسلان حکمتی

✚ دکتر وحید دادمهر

✚ مهندس محمدرضا ده‌آفرین

✚ مهندس امرالله دهقانی سانچ

✚ دکتر مسعود رجبی

✚ دکتر هادی سلامتی

✚ دکتر مهدی فردمنش

✚ دکتر مهدی وکیلیان

ویرایش اول-۱۳۹۴

یکی از مشکلات عمده صنعت برق، تلفات انرژی از قسمت‌های مختلف این صنعت می‌باشد که موجب وارد آمدن خسارات عظیم مالی به صنعت می‌گردد. این خسارت‌ها شامل خسارت‌های مربوط به تعمیر و هزینه‌های ناشی از هدر رفت انرژی تولیدی می‌باشد. یک راهکار مناسب برای کاهش تلفات و افزایش طول عمر تجهیزات مختلف صنعت برق استفاده از تجهیزات مبتنی بر فناوری‌ها ابررسانا در صنعت برق است. مواد ابررسانا به سبب این که مقاومت الکتریکی ندارند انرژی الکتریکی را بدون هدر دادن انرژی هدایت کرده و هنگام استفاده گرم نمی‌شوند، از این رو عمر مفید بیشتری دارند. از سوی دیگر استفاده از تجهیزات مبتنی بر فناوری‌های ابررسانا تا حد زیادی حوادث غیرمترقبه را کاهش داده و سبب افزایش ایمنی خطوط انتقال و توزیع برق می‌گردند.

گسترده‌ی کاربرد تجهیزات ابررسانا و نوین بودن این فناوری‌ها در جهان از یک سو و الزامات قانونی، سیاسی، دفاعی و اجتماعی آن‌ها از سوی دیگر سبب اهمیت یافتن توسعه این فناوری‌ها در کشور شده است. با توجه به اهمیت یافتن پدیده ابررسانایی، توسعه مناسب و کارایی این فناوری در صنعت برق نیازمند رویکردی برنامه‌محور و نگاهی راهبردی به موضوع بوده و عملی ساختن این اقدامات مستلزم برنامه‌ریزی استراتژیک و تدوین سندی راهبردی می‌باشد.

فهرست مطالب

۱- تدوین مبانی سند.....	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- ضرورت تدوین سند.....	۲
۱-۲-۱- بعد اجتماعی	۲
۱-۲-۱- کاربرد در صنایع الکترونیک.....	۲
۲-۱-۲- کاربرد در علوم پزشکی	۳
۳-۱-۲- کاربرد در ترابری (حمل و نقل).....	۳
۴-۱-۲- کاربرد در حوزه علوم	۳
۵-۱-۲- کاربرد در صنعت برق.....	۴
۲-۲-۱- بعد سیاسی	۵
۱-۲-۲- کاربرد در صنایع نظامی.....	۵
۳-۲-۱- بعد زیست محیطی	۵
۴-۲-۱- بعد قانونی	۶
۱-۴-۲- سیاست های کلی اصلاح الگوی مصرف توسط مقام معظم رهبری	۶
۲-۴-۲- "کتاب اول " برنامه‌های وزارت نیرو در دولت دهم	۷
۳-۴-۲- قانون هدفمند کردن یارانه‌ها.....	۷
۴-۴-۲- قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی	۸
۵-۴-۲- فصل دهم: انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای	۹
۶-۴-۲- قانون برنامه دوم توسعه	۱۰
۷-۴-۲- قانون برنامه پنجم توسعه	۱۰
۸-۴-۲- شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران شرکت توانیر	۱۰
۹-۴-۲- مقررات اجرایی قانون اصل ۴۴ مصوبات هیات وزیران مصوبه تعیین صنایع پیشرفته	۱۱
۱۰-۴-۲- اولویتهای تحقیقاتی و فناوری مصوب کمیسیونهای تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری	۱۲
۵-۲-۱- بعد فنی	۱۲

- ۱-۲-۶- بعد اقتصادی ۱۵
- ۱-۳-۳- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند ۱۷
- ۱-۳-۱- تبیین سطح تحلیل ۱۸
- ۱-۳-۲- تبیین افق زمانی تحلیل ۱۹
- ۱-۳-۳- مرزبندی فنی یا توصیفی ۲۱
- ۱-۴- تبیین مشخصه‌های فناوری ابررساناها در صنعت برق ایران ۲۲
- ۱-۴-۱- ابعاد ماهیت ۲۲
- ۱-۴-۱-۱- سابقه فناوری ۲۳
- ۱-۴-۱-۲- پیچیدگی فناوری ۲۷
- ۱-۴-۱-۳- تناسب فناوری ۲۸
- ۱-۴-۱-۴- حوزه استفاده از فناوری (کاربرد) ۲۹
- ۱-۴-۲- چرخه عمر ۲۹

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱): بازار تجهیزات ابررسانا در صنعت برق در کل دنیا در سال ۲۰۱۲ و پیش بینی ازدیاد تقاضا در سال ۲۰۱۷ میلادی ۱۷
- شکل (۲-۱): زمان تجاری شدن محصولات مختلف ابررسانا ۲۰
- شکل (۳-۱): تاریخ دستیابی به دماهای بحرانی ابررساناهای مختلف ۲۴
- شکل (۴-۱): جدول تناوبی عناصر شامل دمای گذار و میدان بحرانی فلزهای ابررسانا ۲۵
- شکل (۵-۱): روند تجاری شدن محصولات ابررسانا در صنعت برق ۳۱

۱- تدوین مبانی سند

۱-۱- مقدمه

عمده مصرف مواد ابررسانا در نیازهای مختلف صنعت و مراکز تحقیقاتی و پژوهشی بعلت توانایی آنها در رسانش جریان الکتریکی بدون حضور مقاومت می‌باشد. ابررساناها نسبت به رساناهای معمولی دارای چهار وجه اساسی متمایز هستند:

- این مواد بدون هدر دادن انرژی، الکتریسیته را هدایت می‌کنند.

- ابررساناها به سبب اینکه مقاومت الکتریکی ندارند گرم نمی‌شوند بنابراین عمر مفید بیشتری دارند.

- ابررساناها توانایی در تولید میدانهای مغناطیسی قوی دارند.

- ساخت پیوندهای جوزفسون (Josephson Junctions) مزیت دیگر ابررساناهاست (در بخشهای بعدی به آن پرداخته خواهد شد).

با توجه به گستره وسیع کاربرد این مواد در صنایع مختلف مهندسی و نیاز مبرم صنعت برق ایران در بکارگیری علوم و فنون پیشرفته در زمینه های مختلف از جمله ذخیره انرژی (SMES) و بهبود پایداری دینامیکی شبکه به کمک محدود سازهای جریان خطا (SFCL)، نیاز فراوانی به استفاده از مواد ابررساناها و جایابی بهینه جهت بکارگیری آنها در صنعت برق ایران احساس می‌شود. از طرفی فقدان برنامه مشخص در رابطه با رویکرد صنعت برق با این فناوری باعث عقب افتادگی این شاخه علمی در کشور از کشورهای پیشرو در دنیا شده است.

۱-۲- ضرورت تدوین سند

توجه جدی به پدیده‌ی ابررسانایی، نیازمند رویکردی برنامه محور و نگاهی راهبردی به موضوع بوده و عملی ساختن این اقدامات مستلزم برنامه ریزی استراتژیک و تدوین سندی راهبردی می باشد. در این بخش به بررسی ضرورت تدوین این سند تحت عنوان "سند راهبردی و نقشه راه توسعه فن آوری ابررساناها در صنعت برق ایران" پرداخته خواهد شد. توجه پذیری تدوین سند از ابعاد گوناگونی می تواند مورد ارزیابی قرار گیرد. در ادامه این ابعاد مورد بررسی قرار خواهند گرفت:

۱-۲-۱- بعد اجتماعی

توانایی ترکیبات ابررسانا در زمینه های مختلف موجب بکارگیری این مواد در زمینه های مختلف تحقیقاتی و صنعتی شده است که از آن جمله میتوان به کاربرد در صنایع الکترونیک، پزشکی، حمل و نقل، صنایع نظامی، علوم و تحقیقات و صنعت برق اشاره کرد.

۱-۲-۱-۱- کاربرد در صنایع الکترونیک

کاربرد مهم ابررسانایی در عرصه الکترونیک عمدتاً می تواند در ارتباط با مدارهای مجتمع (IC) باشد. دما دشمن مدارهای مجتمع است بطوریکه اگر در محیطی با دمای بیشتر از آنچه در طراحی آنها مشخص شده بکار گرفته شوند سریعاً کارایی خود را از دست می دهند. با استفاده از مواد ابررسانا در مدارهای الکترونیکی دیگر چنین مشکلی وجود نخواهد داشت زیرا گرمایی تولید نمی شود. بنابراین می توان مدارهایی بسیار فشرده و با سرعت عمل بسیار بالا ساخت که فضای بسیار کمتری را نیز اشغال می کنند.

کاربرد مهم دیگر ابررساناها در الکترونیک مربوط به پیوندهای جوزفسون است که کاربردی مشابه ترانزیستور دارند ولی سرعت آنها بسیار بیشتر است. با استفاده از این پیوندها میتوان کامپیوترهایی به مراتب سریعتر از ابررایانه های موجود ساخت که اندازه بسیار کوچکتری خواهند داشت.

کشف ترکیبی ابررسانا که دمای بحرانی آن در حدود دمای اتاق باشد معادل کشف ترانزیستور است و می تواند انقلابی عظیم در صنعت الکترونیک ایجاد کند چرا که در حال حاضر سرد کردن ترکیبات موجود تا زیر دمای بحرانی خود مسئله مهمی است که باعث محدودیت استفاده از این ترکیبات در مقیاس صنعتی و تجاری می شود [۱-۴].

۱-۲-۱-۲- کاربرد در علوم پزشکی

با توجه توانایی ابررساناها در تولید میدانهای مغناطیسی قوی می‌توان از آنها برای ساخت دستگاه‌های تصویربرداری پزشکی مثل MRI یا NMR استفاده کرد. نمونه ای از دستگاه MRI توسط شرکت جنرال الکتریک طراحی و ساخته شده است. این سیستم دارای یک آهنربای مغناطیسی ابررسانایی به وزن ۵ تن است و می‌تواند میدانی به قدرت ۳۰۰۰۰ برابر میدان مغناطیسی زمین تولید کند [۵].

۱-۲-۱-۳- کاربرد در ترابری (حمل و نقل)

یکی از کاربردهای مواد ابررسانا در صنعت حمل و نقل استفاده از آنها در ساخت ترنهای بسیار سریعی است که Maglev (ترن شناور مغناطیسی) نامیده می‌شوند. شناور بودن چنین ترنهایی در خلال حرکت و عدم تماس چرخها با ریل سبب می‌شود که مشکلات ناشی از اصطکاک که در ترنهای سنتی وجود دارد در آنها وجود نداشته باشد. سرعت چنین ترنهایی بیش از ۵۰۰ km/h است در حالیکه سریعترین ترن سنتی جهان سرعتی معادل ۳۷۰ km/h دارد. نمونه ای از این ترنها در ژاپن و آلمان ساخته و آزمایش شده اند [۶].

کاربرد دیگر ابررساناها در صنعت حمل و نقل بکارگیری موتورهای الکتریکی ابررسانایی است که می‌توان از آنها در خودروهای الکتریکی کشتی‌ها و یا زیردریایی‌ها استفاده کرد.

نکته قابل توجه در بکارگیری ابررساناهای دمای پایین پیچیدگی تجهیزات و گرانی هزینه سرمایه‌ی این دسته از ترکیبات است که باعث ایجاد مشکلات و محدودیت در استفاده از آنها می‌شود در حالیکه استفاده از ابررساناهای جدید (دمای بالا) عملاً سبب کاهش این مشکلات می‌گردد زیرا نیتروژن مایع که عامل سردکننده این دسته از ابررساناهاست هم فراوانتر از هلیوم است و هم سیستم سرمایه‌ی آن ساده‌تر از سیستم مربوط به هلیوم مایع می‌باشد [۷].

۱-۲-۱-۴- کاربرد در حوزه علوم

در بخش علوم، ابررسانایی در زمینه پژوهش‌های نظری و کاربردی و نیز تهیه وسایل و ابزار آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آهنرباهای ابررسانایی در شتاب دهنده‌های بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرند زیرا بهترین روش برای تولید میدانهای مغناطیسی قوی مورد نیاز هستند. شتاب‌دهنده‌ای با نام تواترن در سال ۱۹۸۳ در امریکا ساخته شده است که محیط حلقه آن ۴ مایل بوده و در ساخت آن از ۱۰۰۰ آهنربای ابررسانا استفاده شده است. این شتاب دهنده با آلیاژ ویژه‌ای از عناصر نیوبوم و تیتانیوم (ترکیب ابررسانای دمای پایین) ساخته شده که در صورت استفاده از ابررسانای دمای بالا برای ساخت چنین سیستمی می‌توان ده‌ها میلیون دلار در سال در ارتباط با هزینه سرمایه‌ی صرفه‌جویی کرد [۹].

کاربرد دیگر ابررسانایی ساخت پرتاب کننده ابررسانایی است. این وسیله می‌تواند برای ایجاد شتاب و افزایش سرعت اجسام مورد استفاده قرار گیرد و بوسیله آن می‌توان اشیاء را به فاصله‌های خیلی دور مثلاً از سطح زمین به فضا پرتاب کرد. نمونه اولیه این وسیله ساخته شده و اجسام کوچکی بوسیله آن شتاب گرفته‌اند و توانسته‌اند با بدست آوردن سرعت‌های به قدر کافی بزرگ از میدان گرانشی زمین فرار کنند. پیش‌بینی می‌شود که در آینده امکان پرتاب محموله‌ها از داخل یک ماهواره به ایستگاه فضایی که در مدار زمین قرار دارد فراهم شود.

همجوشی هسته‌ای که به عنوان یک منبع انرژی جایگزین برای سوخت‌های فسیلی مورد توجه قرار گرفته واکنشی به شدت گرم‌است و در ظرفی که اصطلاحاً بطری مغناطیسی نامیده می‌شود انجام می‌گیرد. در اطراف این ظرف سیم پیچ‌هایی قرار دارد که با تولید میدان مغناطیسی قوی پلاسمای داغ درون ظرف را به سمت مرکز رانده و به این ترتیب از داغ شدن و در نتیجه ذوب جداره‌های ظرف جلوگیری می‌کند. سیم پیچ‌های ابررسانایی برای این منظور بسیار مفیدند زیرا چنانچه از آهنرباهای الکتریکی سنتی به این منظور استفاده شود بخش عمده‌ای از انرژی تولیدی باید صرف راه اندازی خود آنها شود. روسیه نخستین کشوری بود که که یک وسیله همجوشی هسته‌ای را با استفاده از سیم‌پیچ‌های ابررسانایی بکارگرفت [۱۰].

۱-۲-۱-۵- کاربرد در صنعت برق

یکی از ابتدایی‌ترین کاربردهای ابررسانایی، در ارتباط با صنعت برق است. بکارگیری مواد ابررسانا در سیستم‌های قدرت سبب جلوگیری از اتلاف انرژی و کاهش هزینه‌های مربوطه در مقایسه با سیستم‌های سنتی امروزی می‌شود. سیستم‌های قدرت در برگیرنده کلیه تجهیزات و روشهای تولید الکتریسیته، توزیع برای مصرف‌کنندگان، ذخیره‌سازی آن برای استفاده‌های بعدی و بالاخره وسایل و قطعات الکتریکی مربوط به آنهاست.

در بخش تولید ژنراتورها، در بخش توزیع سیم، کابل و ترانسفورماتورها در بخش ذخیره انرژی خازن همزمان، فلاپویل و ذخیره‌ساز انرژی مغناطیسی (SMES) سیستم‌هایی هستند که در ساخت آنها از ترکیبات ابررسانا استفاده می‌شود. محدودساز جریان خطا نیز از جمله تجهیزات مربوط به صنعت برق است که در ساخت آن از مواد ابررسانا استفاده می‌شود.

۱-۲-۲- بعد سیاسی

از آنجاییکه تحقیقات بصورت گسترده برای ساخت ابررساناهای دمای محیط در حال انجام می‌باشد واضح است کشورهایی که بتوانند زودتر از بقیه به این دانش بخصوص در دمای محیط آن دست یابند قادر خواهند بود از اقتصاد و در نتیجه رفاه اجتماعی بالاتری برخوردار باشند علاوه بر این یکی از کاربردهای عمده ابررساناها در صنایع نظامی می‌باشد که نا گفته اهمیت آن در حفظ نظام سیاسی مشخص می‌باشد که در زیر مختصراً به آن اشاره می‌شود:

۱-۲-۲-۱- کاربرد در صنایع نظامی

در سالهای اخیر دامنه کاربرد ابررساناها به صنایع نظامی نیز کشیده شده و بودجه های فراوانی صرف سرمایه گذاری در کاربردهای نظامی این مواد شده است. به طور مثال در سال ۱۹۹۰ وزارت دفاع امریکا متجاوز از ۱۵۰ میلیون دلار در این راه هزینه کرده است.

تفنگ ریلی ابررسانایی که در آن از حلقه آهنربای مغناطیسی ابررسانایی استفاده می‌شود، تفنگ لیزری و حساسگرهای ابررسانایی از جمله مواردی هستند که در ساخت آنها ترکیبات ابررسانا مورد استفاده قرار می‌گیرند.

موتورهای الکتریکی ابررسانایی نیز برای استفاده در کشتیها و زیر دریایی‌های جنگی ایده‌آل خواهند بود. این زیردریایی‌ها می‌توانند با سرعت بیشتری حرکت کرده و به دلیل کوچکتر و سبکتر بودن موتورهای ابررسانایی امکان حمل تجهیزات و سلاحهای بیشتری توسط اینگونه زیر دریایی‌ها فراهم می‌شود. همچنین به دلیل کم صدا بودن این دسته از موتورها ردیابی و تعیین محل زیردریایی به مراتب مشکل تر خواهد بود [۸].

۱-۲-۳- بعد زیست محیطی

در سالهای اخیر تمایل شدیدی به کاربرد ابررساناهای دمای پایین (LTS) و دمای بالا (HTS) در سیستم‌های قدرت پیدا شده است وسایل و تجهیزات ساخته شده با ترکیبات ابررسانا در مقایسه با انواع سنتی خود کوچکتر و سبکتر هستند و

هزینه‌های مربوط به نصب، راه‌اندازی و نگهداری آنها به مراتب کمتر است. با جایگزینی سیستم‌های ساخته شده از ترکیبات ابررسانا به جای سیستم‌های سنتی هم اتلاف انرژی به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد یافت و هم در مصرف سوخت‌های فسیلی صرفه جویی می‌شود که این خود به معنای کاهش تولید آلاینده‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی می‌باشد. همچنین در ترانسهای ابر رسانایی از روغن استفاده نمی‌شود بنابراین خطر زیست محیطی و آتش سوزی که به دلیل استفاده از روغن در ترانسهای سنتی وجود دارد در آنها وجود ندارد. در رابطه با کابل‌های ابررسانا بعلاوه عبور زیر زمینی این کابلها خطرات ناشی از برق گرفتگی بشدت کاهش میابد.

بور کلی در رابطه با همه تجهیزات ابررسانا ماده خنک کننده موجود در آنها باعث کاهش خطرات ناشی از سوختن و آتش گرفتن این تجهیزات می‌گردد.

۱-۲-۴- بعد قانونی

در رابطه با فناوری ابررسانایی بصورت مستقیم قانونی وجود ندارد بسیاری از ضوابط و معیارهای تعیین شده در کشور بصورت کلی و شامل کلیه موارد انرژی‌ها و فناوریهای نو بوده که در این بخش به این موارد پرداخته می‌شود همچنین از آنجاییکه کاربرد اصلی این فناوری کاهش تلفات میباشد موارد قانونی مربوط به کاهش مصرف یا تلفات نیز آورده شده‌اند.

۱-۲-۴-۱- سیاست های کلی اصلاح الگوی مصرف توسط مقام معظم رهبری

این سیاست‌ها در ده بند و در مورد سیاست‌های کلی نظام تهیه شده است که بند ۷ آن در مورد صرفه جویی در مصرف انرژی می‌باشد؛ در بخش آخر این بند به استفاده از انرژی‌ها و فناوریهای نو اشاره شده است شرح این بند در زیر آورده شده است:

بند ۷ - صرفه جویی در مصرف انرژی با اعمال مجموعه‌ای متعادل از اقدامات قیمتی و غیرقیمتی به کشور به حداقل دو سوم میزان کنونی تا پایان برنامه پنجم " شاخص شدت انرژی " منظور کاهش مستمر توسعه و به حداقل یک دوم میزان کنونی تا پایان برنامه ششم توسعه با تأکید بر سیاست‌های زیر:

- اولویت دادن به افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی در ایجاد ظرفیت‌های جدید تولید انرژی

- انجام مطالعات جامع و یکپارچه سامانه انرژی کشور به منظور بهینه‌سازی عرضه و مصرف انرژی

- تدوین برنامه ملی بهره‌وری انرژی و اعمال سیاست‌های تشویقی نظیر حمایت مالی و فراهم کردن تسهیلات بانکی برای اجرای طرح‌های بهینه‌سازی مصرف و عرضه انرژی و شکل‌گیری نهادهای مردمی و خصوصی برای ارتقاء کارایی انرژی
- پایش شاخص‌های کلان انرژی با ساز و کار مناسب
- بازنگری و تصویب قوانین و مقررات مربوط به عرضه و مصرف انرژی، تدوین و اعمال استانداردهای اجباری ملی برای تولید و واردات کلیه وسایل و تجهیزات انرژی بر و تقویت نظام نظارت بر حسن اجرای آن‌ها و الزام تولیدکنندگان به اصلاح فرآیندهای انرژی بر
- افزایش بازدهی نیروگاه‌ها، متنوع سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی‌های تجدید پذیر و نوین

۱-۲-۴-۲- "کتاب اول" برنامه‌های وزارت نیرو در دولت دهم

وزارت نیرو به منظور افزایش بهره‌وری و کارایی، برنامه‌های عملیاتی صنعت برق را در مجموعه‌ای تحت عنوان کتاب اول در مورخ تیرماه سال ۱۳۸۹ تدوین و ابلاغ نموده است این مجموعه شامل ۲۰ بند بوده و بر اساس برنامه دولت دهم تهیه شده است از این مجموعه بند سوم مربوط به انرژی‌ها و فناوریهای نو بوده و بصورت زیر می باشد:

۳- افزایش ظرفیت مصوبه نیروگاه‌های انرژی های (نوبادی، خورشیدی، برقابی کوچک و...) به سطح ۳٪ کل ظرفیت

نیروگاهی

۱-۲-۴-۳- قانون هدفمند کردن یارانه‌ها

یکی از مهمترین قوانین اجرا شده در سال‌های اخیر قانون هدفمندی یارانه‌ها می‌باشد در ماده ۸ از ۱۶ ماده این قانون به استفاده از انرژی‌ها و فناوریهای نو اشاره شده است:

ماده ۸- دولت مکلف است سی درصد (۳۰٪) خالص وجوه حاصل از اجراء این قانون را برای پرداخت کمک‌های بلاعوض، یا

یارانه سود تسهیلات و یا وجوه اداره شده برای اجراء موارد زیر هزینه کند:

الف- بهینه سازی مصرف انرژی در واحدهای تولیدی، خدماتی و مسکونی و تشویق به صرفه‌جویی و رعایت الگوی مصرف

که توسط دستگاه اجرائی ذیربط معرفی می‌شود.

ب -اصلاح ساختار فناوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهره‌وری انرژی، آب و توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر.

۱-۲-۴-۴- قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی

مجلس محترم شورای اسلامی در مورخه ۱۳۸۹/۱۲/۴ نسبت به ابلاغ قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی در ۱۲ فصل اقدام نموده است که فصل سوم مواد ۹-۵ و فصل دهم مواد ۶۳-۶۱ آن مربوط به انرژی‌ها و فناوریهای نو می باشد این موارد در ذیل آورده شده‌اند:

فصل سوم: ساختار و تشکیلات

ماده ۵: سیاست‌گذاری در بخش انرژی کشور از جمله انرژی‌های نو و بهینه‌سازی تولید و مصرف انواع حامل‌های انرژی فقط بر عهده شورای عالی انرژی است.

تبصره: ساختار شورای عالی انرژی باید به گونه‌ای اصلاح شود که امکان حضور منظم طرف‌های عرضه و تقاضای انرژی در جلسات شورا و سیاست‌گذاری مشترک آن‌ها در بخش انرژی فراهم شود.

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

ماده ۷: اصلاح سازمان‌ها یا تشکیلات لازم داخلی برای ارتقاء نظام تحقیق و توسعه موضوع ماده ۴ این قانون، در چهارچوب قانون برنامه پنجساله و قانون مدیریت خدمات کشوری به پیشنهاد مشترک وزارتخانه‌های نفت و نیرو حداکثر شش ماه پس از تصویب این قانون به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

ماده ۸: وزارت نیرو می‌تواند در چهارچوب قانون برنامه پنجساله و قانون مدیریت خدمات کشوری جهت ارتقاء بهره‌وری و استفاده هر چه بیشتر از منابع تجدیدپذیر، نسبت به تأسیس یک سازمان با شخصیت حقوقی مستقل اقدام نماید. اساس‌نامه و وظایف این سازمان توسط وزارت نیرو تهیه می‌شود و حداکثر شش ماه پس از تصویب این قانون با تأیید هیأت وزیران جهت تصویب به مجلس شورای اسلامی ارائه می‌گردد.

وزارت نیرو می‌تواند ردیف‌های بودجه مربوط به امور مذکور را از سازمان‌های زیر مجموعه خود به سازمان جدید انتقال دهد.

ماده ۹: وزارت نفت مکلف است؛ به منظور مدیریت تقاضا و اجرای سیاست‌های مرتبط با بهینه‌سازی مصرف سوخت در بخش‌های مختلف مصرف، کمک به توسعه کاربرد انواع فناوری‌های نوین تبدیل انرژی در بخش‌های مختلف مصرف، کاهش

هزینه‌های درازمدت ناشی از تقاضای انرژی، تدوین معیارها، ضوابط و دستورالعمل‌های مرتبط با بهینه‌سازی مصرف انرژی، جایگزینی اقتصادی حامل‌های انرژی همراه با توسعه به کارگیری ظرفیت‌های محلی انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر پیشنهاد اصلاح اساس‌نامه و وظایف شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت را تهیه و برای تصویب به هیأت وزیران ارائه دهد.

۱-۲-۴-۵- فصل دهم: انرژی‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای

ماده ۱: وزارت نیرو موظف است به منظور حمایت از گسترش استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی، شامل انرژی‌های بادی، خورشیدی، زمین‌گرمایی، آبی کوچک (تا ده مگاوات)، دریایی و زیست توده (مشمول بر ضایعات و زائدات کشاورزی، جنگلی، زباله‌ها و فاضلاب شهری، صنعتی، دامی، بیوگاز و بیومس) و با هدف تسهیل و تجمیع این امور، از طریق سازمان ذی ربط نسبت به عقد قرارداد بلند مدت خرید تضمینی از تولیدکنندگان غیردولتی برق از منابع تجدیدپذیر اقدام نماید.

تبصره ۱: قیمت و شرایط خرید برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر به پیشنهاد وزارت نیرو و تصویب هیأت وزیران تعیین می‌شود.

تبصره ۲: شرکت‌های تابعه وزارت نیرو اعم از شرکت‌های برق منطقه‌ای و نیز شرکت‌های توزیع موظفند با هماهنگی شرکت مدیریت شبکه برق ایران نسبت به تحویل و خرید برق از سازمان مربوطه اقدام نمایند.

تبصره ۳: منابع مالی موردنیاز برای خرید تضمینی برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر از محل ارزش سوخت صرفه‌جویی شده براساس سوخت‌های وارداتی مایع و قیمت‌های صادراتی گاز و منافع حاصل از عدم تولید آلاینده‌ها و حفاظت از محیط زیست به ازاء برق تولیدی این قبیل نیروگاه‌ها تأمین و به وزارت نیرو پرداخت می‌شود.

آیین‌نامه اجرائی این ماده شش ماه پس از تصویب این قانون به پیشنهاد مشترک وزارتخانه‌های نیرو و نفت به تصویب هیأت وزیران می‌رسد.

ماده ۶۲: وزارتخانه‌های نیرو و نفت موظفند به منظور ترویج کاربرد اقتصادی منابع تجدیدشونده انرژی در سامانه‌های مجزای از شبکه از قبیل آبگرمکن خورشیدی، حمام خورشیدی، تلمبه بادی، توربین بادی، سامانه‌های فتوولتائیک، استحصال گاز از منابع زیست توده و صرفه‌جویی در هزینه‌های تأمین و توزیع (۵۲) سوخت‌های فسیلی، حمایت لازم را به صورت عمومی اعلام و از محل بودجه‌های مصوب سالانه خود یا منابع مذکور در ماده (۷۳) این قانون تأمین و پرداخت نمایند.

ماده ۶۳: سازمان انرژی اتمی مکلف است به منظور بازیافت انرژی از تلفات حرارتی نیروگاه‌های هسته‌ای به صورت گرمایش، سرمایش یا تولید آب شیرین، قبل از احداث نیروگاه‌های اتمی نسبت به مطالعات امکان سنجی به‌کارگیری تولید همزمان برق و حرارت در نیروگاه‌های مذکور اقدام و در صورت مثبت بودن نتیجه مطالعات، این نیروگاه‌ها را صرفاً به روش فوق‌الذکر احداث و بهره‌برداری نماید. این سازمان موظف به اجرای طرح‌های تحقیقاتی و مطالعاتی به منظور کاهش مصرف انرژی تأسیسات چرخه سوخت، بومی نمودن ساخت نیروگاه هسته‌ای و طرح‌های تحقیقاتی مرتبط با گداخت هسته‌ای است.

۱-۲-۴-۶- قانون برنامه دوم توسعه

در قانون برنامه دوم توسعه بند ۱۰ که مربوط به محیط زیست و استفاده بهینه از منابع کشور می‌باشد نیز استفاده از انرژی‌های پاک بصورت زیر آورده شده است:

۱۰- حفظ محیط زیست و استفاده بهینه از منابع طبیعی کشور از طریق:

۷- استفاده بهینه از انرژی از طریق تغییر الگوهای مصرف، افزایش بهره‌وری انرژی مصرفی و استفاده از انرژی‌های پاک و جانشین.

۱-۲-۴-۷- قانون برنامه پنجم توسعه

در قانون پنجم توسعه نیز مواردی مانند قانون دوم به استفاده از انرژی‌ها و فناوریهای نو آورده شده است این موارد بصورت زیر می‌باشد:

ب: سیاست‌های کلی سایر منابع انرژی

۴- تلاش برای کسب فن‌آوری و دانش فنی انرژی‌های نو و ایجاد نیروگاه‌ها از قبیل بادی و خورشیدی و پیل‌های سوختی و زمین گرمایی در کشور

۱-۲-۴-۸- شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران شرکت توانیر

جلسه مجمع عمومی عادی بطور فوق‌العاده شرکت‌های تابعه مجمع عمومی به ریاست وقت شرکت توانیر مورخ ۸۸/۱۱/۲۵ تشکیل گردید و در خصوص خط و مشی شرکت مادر تخصصی توانیر تصمیم‌گیری شد که در ماده ۳ بند ۳-۸ آن مواردی در مورد استفاده از انرژی‌ها و فناوریهای نو بصورت زیر آورده شده است:

۳- توسعه و بهره برداری تأسیسات برق

۳-۸- توجه به مقوله محیط زیست با محوریت کاهش آلودگی‌های زیست محیطی نیروگاه‌ها و افزایش سهم انرژی‌های

تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور

۱-۲-۴-۹- مقررات اجرایی قانون اصل ۴۴ مصوبات هیات وزیران مصوبه تعیین صنایع پیشرفته

صنایع پیشرفته یا صنایع نوین (High-Tech) رویکرد نوینی از صنایع هستند که از فناوری برتر و بالایی برخوردار بوده و دانش

فنی، نوآوری و خلاقیت، توجهی در تعریف و تکوین آن دارد.

مشخصه اصلی این صنایع، ایجاد ارزش افزوده بالا، اتکا به نیروی انسانی متخصص و تحصیل کرده و تحت تاثیر قرارداد

سایر بخش‌های تولیدی و خدماتی از طریق افزایش بهره‌وری می‌باشد که این امر در کنار ارتقاء جایگاه رقابتی در حوزه‌های

کلان مربوط نمود پیدا می‌کند. همچنین این صنایع بر پایه دانش و آگاهی شکل می‌گیرد و بخش اعظم دانش فنی آن مغز افزار

بوده که با تلفیق تکنولوژی نوین مربوط تحقق می‌یابد. علاوه بر دانش و بستر فنی تخصصی در کنار الزامات و پیش نیازهایی

چون تجهیزات خط تولید و مواد اولیه مطلوب، این صنایع به زیر ساخت اطلاعاتی بسیار قوی وابسته می‌باشند.

ویژگی‌های اصلی این صنایع عموماً به شرح زیر می‌باشد:

۱- حداقل در یکی از سه بستر (فرآیند، ماشین‌آلات و تجهیزات) دارای سطح بالای فناوری جهانی هستند.

۲- محصولات و خروجی‌های این صنایع، تجهیزات و خدمات با فناوری بالاست.

۳- حداکثر بهره‌گیری از روش‌های تولید خودکار را دارا می‌باشند.

۴- هزینه‌های تحقیق و توسعه در این صنایع در طرح بالایی قرارداد (حداقل دو برابر میانگین آن در سایر صنایع)

۵- فناوری این صنایع نسبت به فناوری سایر صنایع، با نرخ سریعتری تغییر می‌کند.

۶- دارای پتانسیل (ظرفیت) و توان کاربرد فناوری جهت رشد سریع را دارا می‌باشند.

۷- نسبت نیروی انسانی دانشور، متخصص و تحصیل کرده در این صنایع حداقل بیست درصد (۲۰٪) از کل کارکنان

است.

در مصادیق صنایع پیشرفته مورد شماره ۲ صراحتاً به ابررساناها نیز اشاره شده است.

۱-۲-۴-۱- اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری مصوب کمیسیون‌های تخصصی شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری

در بخش اول این اولویت‌ها که مربوط به کمیسیون تخصصی انرژی می باشد در قسمت ب طرح های کلان ملی کمیسیون تخصصی برق و انرژی مورد شماره ۵ به توسعه فناوریهای کاهش تلفات و افزایش پایداری شبکه (با تاکید بر مواردی چون ابررساناها) اشاره شده است.

۱-۲-۵- بعد فنی

برای بررسی مزایای استفاده از ابر رسانا ها بهتر است براساس هر کاربرد این مزایا در نظر گرفته شوند.

۱- کابل ابررسانا:

۱. کابل های ابر رسانا قابلیت حمل توان AC تا ۹تا۳ برابر کابل های مس رادارامی باشند وبصورت زیر زمینی کارمی شوند.

۲. بعلت زیر زمینی بودن مشکلات بسیار کمتری در شهرها ایجاد می نمایند.

۳. بعلت کاهش امپدانس، فاصله موثر الکتریکی از محل قرار گیری ژنراتور بسیار کوتاه می شود.

۴. توانایی کار در ولتاژ های کم را دارا می باشند در نتیجه هزینه ها کاهش می یابد. کاهش توان راکتیو در کابل های ابررسانا کمتر است در نتیجه پروفیل ولتاژ در شبکه انتقال یکنواخت ترمی باشد.

۵. توانایی تغییر الگوهای شار در شبکه وكاهش توان انتقال را داراست. این کابل ها بیشتر قابل کنترل بوده وقابلیت اطمینان سیم را افزایش می دهند. ومانند مدارات DC قابل کنترل بدون نیاز به ترمینال AC-DC هستند.

۶. بعلت زیر زمینی بودن کمتر در اثر طوفان آسیب می بیند.

۷. جلوگیری از سوختن این نوع کابل ها بسیار راحت تر است.

۸. تخریب کمتری در محیط زیست دارند زیرا نیتروژن مایع در آنها جایگزینی روغن های خطرناک شده است.

۲ – ترانسفورماتور ابررسانا:

۱. دارای کارایی بالاتر بوده وتلفات آن نسبت به ترانسفورماتورهای معمولی نصف می باشد.

۲. می توان بار اعمالی برآنها بدون خرابی عایق بندی یا کاهش عمر دوبرابر کرد.

۳. دارای اثرات مثبت زیست محیطی است می‌توان آنرا در فضای بسته قرار داد بعلاوه جانشینی نیتروژن مایع بجای هزاران گالن روغن عایق‌های قابل اشتعال در ترانسفورماتورهای معمولی.

۴. امیدانس پایین و تنظیم ولتاژ بهتر

۵. قابلیت محدود سازی جریان که باعث کاهش قیمت در اثر حذف عایق‌های حفاظتی می‌گردد.

۶. کوچک تر و سبک تر (۱/۲ اندازه) از ترانسفورماتور معمولی می‌باشد که برای مکان‌های کوچک بخصوص مناطق شهری بسیار مهم است.

۳- ژنراتور ابررسانا:

۱. تلفات الکتریکی نصف و اندازه ۱/۳ حالت معمولی

۲. حذف سیکل‌های بار حرارتی و افزایش عمر کارکرد

۳. پایداری بیشتر در توان راکتیو خروجی و افزایش ضریب بدون نیاز به تجهیزات اضافی

۴- موتورهای ابررسانا:

۱. تلفات نصف حالت معمول

۲. اندازه ۱/۳ حالت معمول، این امر از آنجایی مهم است که موتورها ۶۰٪ توان الکتریکی صنعتی را مصرف نمایند.

در نتیجه قبل از هر طرحی بایستی بررسی کاملی در رابطه با شرایط ابررساناها در دنیا، داخل کشور، ابزارها و امکانات موجود

و رویکرد استفاده از این مواد بایستی مشخص گردد. از اینرو تعیین استراتژی و نقشه راه استفاده از ابررساناها امری ضروری

است. استفاده از ابررساناها دارای مزایای زیر می‌باشد:

۱. جلوگیری از هدر رفتن انرژی در انتقال و دستگاه‌های مصرف کننده.

۲. پایداری هرچه بیشتر سیستم‌های انتقال و افزایش ضریب امینی.

۳. کاهش چشم‌گیر آلودگی‌های زیست محیطی در اثر کاهش روغن‌های مصرفی در تجهیزات

۴. امکان ذخیره سازی انرژی در هنگام کاهش مصرف و استفاده از آن در مواقع پیک مصرف

۵. افزایش راندمان تجهیزات مختلف همراه با کاهش اندازه آنها

۶. امکان انتقال انرژی‌های پراکنده و متمرکز سازی آنها بدون اتلاف

۷. امکان انتقال دانش فنی، محصولات و تجهیزات به کشور های همسایه و افزایش ارزآوری

۸. امکان استفاده از منابع انرژی سیار چون باتری به مدت های طولانی بعلت از بین رفتن اتلاف انرژی.

۹. جلوگیری از آسیب های واده بعلت ماهیت محدود کنندگی ابررسانا ها

۱۰. گسترش و توسعه شهر سازی بعلت زیر زمینی بودن ابررساناها و کاهش موانع در اثر حذف کابل های هوایی

با توجه به مزایای ابررساناها ساخت تجهیزات ابررسانایی بایستی بصورت یک هدف بلند مدت تعریف شوند.

برای بررسی اقتصادی بودن ساخت این دستگاهها و انجام پروژه در این رابطه کفایست به میزان هزینه لازم برای راهاندازی

هریک از دستگاههای ذکر شده و تاریخ صنعتی شدن آن در دنیا توجه نمود:

۱- ذخیره کننده انرژی:

این دستگاه از سال ۱۹۹۷ میلادی بصورت تجاری درآمده است و هزینه راهاندازی هر واحد از این دستگاهها بسته به

ظرفیت ذخیره سازی آن بین ۵۰۰ هزار تا ۱ میلیون دلار می باشد، در صنعت ابررسانایی ذخیره کننده های انرژی اولین دستگاهی

است که بصورت تجاری در آمده است.

۲- کابل های ابررسانا:

کابل های ابررسانا از سال ۲۰۰۱ وارد بازار تولید تجاری شده اند و بسرعت در حال گسترش می باشند در پروژه های که در سال

۲۰۰۰ در آمریکا صورت پذیرفت هزینه ساخت ۱۸ مایل کابل ابررسانا ۵.۵ میلیون دلار پیش بینی گردید.

۳- موتور و ژنراتور ابررسانا:

این دستگاهها نیز از سال ۲۰۰۱ وارد بازار تجاری دنیا شده و هزینه لازم برای راهاندازی هر واحد آنها بسته به توان تولیدی

آن ۱.۵ تا ۲ میلیون دلار می باشند.

۴- ترانسفورماتورهای ابررسانا:

این دستگاه از سال ۲۰۰۳ وارد بازار شده و هزینه راهاندازی واحدهای بزرگ آن در حدود ۱۰۰ میلیون دلار می باشد.

۵- محدود کننده جریان خطا:

این دستگاه در سال های اخیر مورد استفاده قرار گرفته و تلاش فراوانی برای ساخت انواع تجاری آن صورت پذیرفته است

هزینه لازم برای ساخت هر واحد از این دستگاه بسته به رده ولتاژی کارکرد دستگاه بین ۱ تا ۳ میلیون دلار می باشد.

مشکلات مختلفی در رابطه با اجرای پروژه در زمینه ابررسانایی وجود دارد از جمله این مشکلات می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ۱- نیاز به سرمایه گذاری زیاد در رابطه با پروژه‌های مربوط به ابررساناها
- ۲- نیاز به سیستم سرمایه‌ی نیتروژن و حتی در مواردی هلیوم مایع که بسیار دشوار و پرهزینه می‌باشد
- ۳- نیاز به سیستم‌های دقیق کنترلی
- ۴- در دسترس نبودن اطلاعات در برخی از زمینه‌ها بعلاوه جدید بودن این شاخه از علم

۱-۲-۶- بعد اقتصادی

بنابر اعلام وزرات نیرو، مجموع ظرفیت اسمی نیروگاه‌های کشور در سال ۱۳۹۲ به ۷۰۱۶۵ مگاوات رسیده است. با وجود این ظرفیت نیروگاهی، تحمیل هریک درصد تلفات در شبکه برق کشور به معنی هدر رفت حداقل یک درصد ظرفیت نیروگاهی کشور است، به عبارت دیگر هر یک درصد تلفات، حداقل حدود یک درصد سرمایه‌گذاری انجام شده برای ایجاد نیروگاه‌های کشور را در اختیار خود می‌گیرد.

بنابراین باتوجه به وجود ۷۰۱۶۵ مگاوات نیروگاه در سال ۱۳۹۲، یک درصد تلفات یعنی هرزرفت ۶۵/۷۰۱ مگاوات نیروگاه. با توجه به هزینه حدود یک میلیون دلار برای ایجاد یک مگاوات نیروگاه ملاحظه می‌شود که در سال ۱۳۹۲ بیش از ۷۰۱ میلیون دلار (بیش از ۲۱۰۰۰ میلیارد ریال) سرمایه‌ای که برای ایجاد نیروگاه‌های کشور هزینه شده است، برای هریک درصد تلفات هدر رفته است.

از طرف دیگر تا تاریخ ۱۶/۱۲/۱۳۹۲ مصرف سوخت نیروگاه‌های کشور شامل ۳۳۸۶۷ میلیون مترمکعب گاز، ۱۱۶۸۰ میلیون لیتر نفت گاز و ۱۴۷۸۳ میلیون لیتر نفت کوره بوده است.

در تاریخ ۲۴/۱۱/۱۳۹۲ قیمت فوب خلیج فارس هر لیتر نفت گاز ۷/۷۶ سنت و هر لیتر نفت کوره ۷/۵۶ سنت بوده است و اگر قیمت گاز مصرفی هم برابر قیمت گاز وارداتی منظور شود ملاحظه می‌شود که ارزش سوخت نیروگاه‌های کشور تا تاریخ ۱۶/۱۲/۱۳۹۲ حدود ۸/۲۹ میلیارد دلار بوده است که هریک درصد تلفات به معنی هدررفت حدود ۳۰۰ میلیون دلار (حدود ۹۰۰۰ میلیارد ریال) سوخت مصرفی نیروگاه‌هاست.

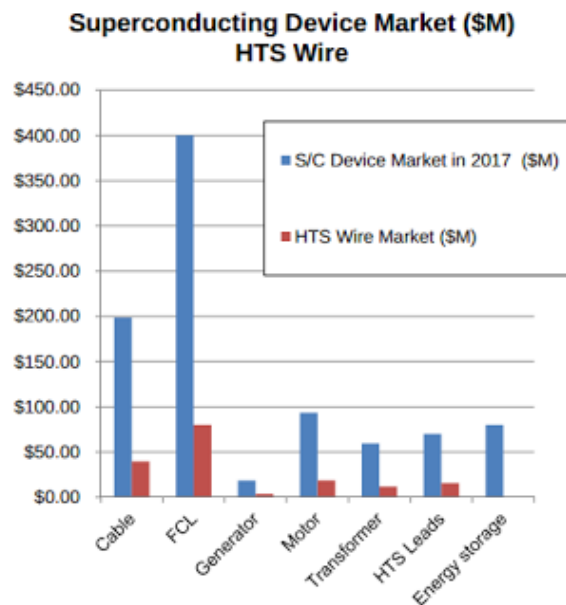
سومین زیان وارده از محل تلفات شبکه‌های انتقال و توزیع، هدررفت برق تحویلی به شبکه انتقال و توزیع کشور است که برای هر یک درصد تلفات در سال ۱۳۹۳ بیش از ۲ میلیارد کیلووات ساعت برآورد می‌گردد که باتوجه به قیمت متوسط جدید (با ۲۴٪ افزایش) می‌تواند بیش از ۱۰۰۰ میلیارد ریال زیان به کشور وارد نماید.

با توصیف فوق ملاحظه می‌شود که کاهش هریک درصد تلفات شبکه برق کشور چگونه می‌تواند بیش از ۳۰۰۰۰ میلیارد ریال (به صورت ارزی و ریالی) برای کشور منافع حاصل نماید درحالیکه افزایش ۲۴ درصدی قیمت برق فقط حدود ۲۰۰۰۰ میلیارد ریال درآمد خواهد داشت و احتمالاً نارضایتی بخشی از مردم و مشکل برای بخشی از تولید کشور به همراه خواهد داشت. در این محاسبات سرمایه‌گذاری‌های انجام شده برای تأسیس و توسعه شبکه‌های توزیع و انتقال منظور نشده است که اگر آنها هم منظور گردد ملاحظه خواهد شد که ضررهای وارده به کشور از ناحیه تلفات برق چقدر سنگین است. زیان آلودگی محیط زیست نیز اگر در این محاسبات منظور گردد ملاحظه خواهد شد که بی‌توجهی یا کم‌توجهی به کاهش تلفات چه هزینه‌های مضاعفی به کشور تحمیل می‌کند).

متأسفانه اطلاعات دقیقی در رابطه با حجم سرمایه‌گذاری و بازار تجهیزات مورد مصرف در صنعت برق دنیا وجود ندارد و آمارهای ارائه شده بسیار متفاوت از هم می‌باشند اما بطور مشخص هزینه و فروش تجاری این تجهیزات رابطه مستقیم با قیمت نوار و سیم ابررسانا دارد.

از بین محصولات ابررسانای مورد مصرف در صنعت برق تنها محدودکننده جریان و کابل وارد مرحله تولید تجاری شده و سایر محصولات در مرحله پیش از ورود به بازار می‌باشند اما تقریباً در تمام مطالعات آینده نگاری ذکر شده که این محصولات در کمتر از ۵ سال آینده با وضعیت موجود وارد عرصه رقابت تجاری خواهند شد.

بر اساس برآورد موسسه تحقیقاتی BCC بازار فعلی تجهیزات ابررسانایی مورد مصرف در صنعت برق دنیا (تا اکتبر سال ۲۰۱۲) مطابق با نمودار شکل (۱-۱) بوده و عبارت است از تقریباً ۴۰ میلیون دلار برای کابل ابررسانا، ۷۵ میلیون دلار برای محدودساز جریان خطای ابررسانا، ۴ میلیون دلار برای ژنراتور ابررسانا، ۱۵ میلیون دلار برای موتورهای ابررسانا، ۱۰ میلیون دلار برای ترانسفورماتور ابررسانا، ۱۲ میلیون دلار برای هادی‌های ابررسانا شامل سیم، نوار و... و برای ذخیره ساز این مقدار بسیار ناچیز می‌باشد.



شکل (۱-۱): بازار تجهیزات ابررسانا در صنعت برق در کل دنیا در سال ۲۰۱۲ و پیش بینی ازدیاد تقاضا در سال ۲۰۱۷

میلادی

۱-۳- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند

انرژی در حیات اقتصاد صنعتی جوامع، نقش زیر بنایی را ایفا می کند، به این معنا که هرگاه انرژی به مقدار کافی و به موقع در دسترس باشد، توسعه ی اقتصادی نیز میسر خواهد بود. شاید اغراق نباشد اگر بگوییم، بدون انرژی ها زندگی برای انسان ها بسیار سخت و دشوار و در شرایطی غیر ممکن می گردد. از سوی دیگر با توجه به رشد فزاینده ی جمعیت در سرتاسر جهان، نقش و جایگاه انرژی ها در دنیای امروز به شدت افزایش پیدا کرده است و در آینده نیز همین اهمیت صدچندان می گردد.

انرژی الکتریکی علاوه بر آن که به عنوان یک انرژی پاک می تواند جایگزین انرژی های آلاینده ی محیط زیست شود، دارای کاربردهای اختصاصی است که شاید نتوان به جای آن از دیگر منابع انرژی استفاده نمود. گذشته از این که برق به عنوان یک کالای نهایی مصرفی (روشنایی) مورد استفاده قرار می گیرد، قابلیت مهم آن ورود به عرصه تولید به صورت یک نهاده است که از این مجرا می تواند سطح تولید کل اقتصاد را نیز تحت تاثیر قرار دهد. صنعت برق به عنوان صنعت زیربنایی و مادر نقش مهمی در توسعه ی اقتصادی و رفاه جوامع دارد. در واقع برق به عنوان صنعت زیر بنایی در فرآیند توسعه ی اقتصادی کشور و ایجاد زیرساختهای توسعه نقش ارزنده و اساسی دارد و بسترهای لازم را برای پویایی و رشد کشور در زمینه های

گوناگون اقتصادی، صنعتی، فرهنگی و اجتماعی فراهم می‌سازد. روند رشد اقتصادی کشورهای پیشرفته در چند دهه ی اخیر نشان می‌دهد که افزایش در آمد ملی و تولید ناخالص داخلی، همگام با رشد نوآوری های فنی و افزایش سهم برق در سبد انرژی مصرفی بوده است.

فناوری های پیشرفته در دنیا از جایگاه ویژه ای برخوردار است و رشد اقتصادی در دهه های آینده بیشتر بر دوش فناوری های نوین خواهد بود. استفاده از این تکنولوژی ها برای تولید و توسعه ی صنعت هر کشوری همیشه مورد توجه بوده است. شناخت و ارزیابی امکانات موجود برای به دست گرفتن تولید و استقلال اقتصادی بسیار حائز اهمیت است. این موضوع در صنایع هر کشوری قابل توجه می باشد.

صنعت برق نیز نیازمند فناوری های پیشرفته است تا همگام با سایر صنایع بتواند در رفع احتیاجات انسان، موفق عمل کند. به علاوه با استفاده از آن می توان بازدهی تولید را افزایش داد. استفاده از امکانات و تجهیزات موجود برای تولید جریان برق از هر حیث حائز اهمیت است.

یکی از انواع فناوری ها که در صنعت برق بایستی مورد توجه و بررسی قرار گیرد، فناوری ابررساناها می باشد. برای حذف تلفات و ذخیره انرژی راه حلی پر اثر تر از استفاده از ابررساناها وجود ندارد.

صنعت برق ایران در طی سال های اخیر شاهد تلاش دست اندرکاران در جهت توسعه کمی و کیفی این صنعت بوده است. در همین راستا پروژه ی حاضر با هدف تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری ابررساناها در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) تعریف شده است تا با شناسایی فناوری ابررسانا در زمینه ی تجهیزات برقی، به توسعه این فناوری ها در صنعت برق کشور بپردازد. در این بخش مقدمات اصلی برای شروع تدوین سند که شامل تبیین سطح تحلیل و تبیین افق زمانی تحلیل می باشد، ارائه خواهد شد.

۱-۳-۱- تبیین سطح تحلیل

یکی از مهمترین صنایع هر کشوری صنعت برق و انرژی آن کشور می باشد هرچه یک کشور دارای صنایع پیشرفته تری باشد نیاز به انرژی بیشتری داشته و بالتبع آن صنعت برق فناوری بالاتری نیاز خواهد داشت. همچنین پیشرفت در صنعت برق و انرژی بصورت مستقیم و غیر مستقیم بر صنایع دیگر اثرگذار می باشد. در کشور ما صنعت برق به چهار بخش مهم تولید، توزیع، انتقال و مصرف دسته بندی می گردد در هر چهار بخش ذکر شده تجهیزات مختلف ابررسانا قادر به ایجاد تحول می

باشند تعریف پروژه ملی ساخت محدود کننده جریان خطای ابررسانا از طرف شرکت توانیر و اشاره به فناوریهای پیشرفته و نوین همانگونه که در بخشهای قبلی به آن اشاره شد اهمیت این فناوری برای صنعت برق را ذکر می‌نمایند. با توجه به موارد ذکر شده و بررسی نظر خبرگان این رشته، می‌توان گفت بررسی فناوری ابررساناها در صنعت برق کشور یک پروژه در سطح ملی می‌باشد.

۱-۳-۲- تبیین افق زمانی تحلیل

برای تبیین افق زمانی نیاز به بررسی موضوع فناوری از سه جهت اساسی می‌باشد این سه جهت عبارتند از:

۱- اسناد بالا دستی:

در این رابطه با توجه به موارد ذکر شده و اسناد بررسی شده سندی که بطور مستقیم به این فناوری اشاره کرده باشد در دسترس نیست اما بطور کلی با توجه به سند چشم انداز ایران ۱۴۰۴ و برنامه های توسعه کشور در زمینه فناوریهای نوین بیش از ده سال برای دستیابی به اهداف کلان زمان در نظر گرفته نشده است.

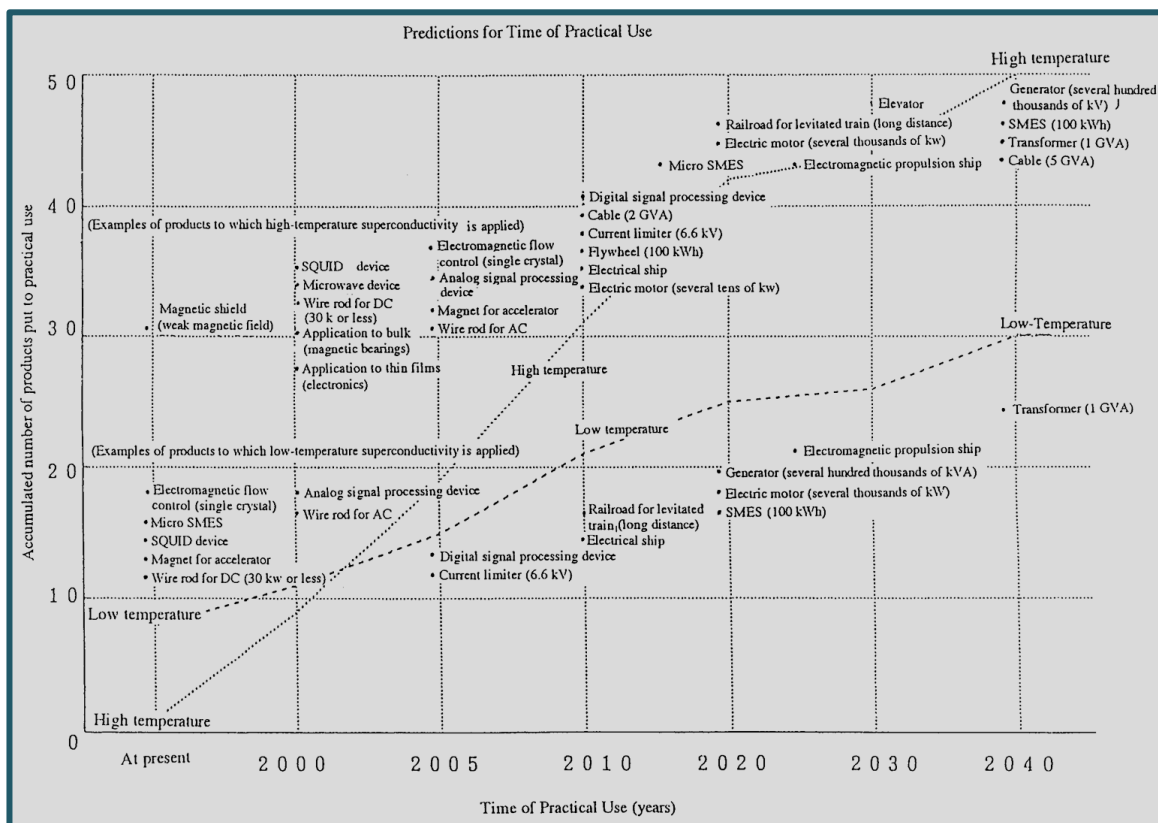
۲- اسناد مشابه در این حوزه در سایر کشورها:

روند یابی در سال ۱۹۹۸ توسط موسسه بین المللی تحقیقات فناوری و با حمایت بنیاد ملی علوم آمریکا (NSF) و DARPA (سازمان پژوهشهای تحقیقاتی پیشرفته دفاعی آمریکا) انجام گرفته است. و چشم انداز رشد ابررسانایی تا ۲۰۴۰ در دو حوزه ابررسانایی گرم و سرد، به صورت نمودار ارائه شده است. این چشم انداز بخشی از گزارش مفصلی است که فعالیتهای ژاپن را رصد کرده است.

محور عمودی جهت مقایسه تعداد استفاده های عملی از ابزارهای ابررسانا درجه بندی شده است.

در این روندیابی رشد ابررسانایی گرم و سرد تا سال ۲۰۴۰ نسبت به هم مورد مقایسه قرار گرفته است برای هر کدام حوزه هایی که به استفاده عملی خواهد انجامید نیز ارائه شده است.

نکته قابل توجه در این گزارش تاریخ انتشار آن است که بیشتر از یک دهه از آن می‌گذرد و به همین دلیل نمی‌توان زیاد به نتایج آن استناد کرد. اینگونه نمودارها تنها از آن جهت مهم هستند که صحت میزان برآوردها را نشان می‌دهند می‌توان با توجه به آن، تخمین‌های فعلی را هم با احتیاط بیشتری مطالعه کرد.



شکل (۱-۲): زمان تجاری شدن محصولات مختلف ابررسانا

در این نمودار اغلب کاربردهای عملی برق- قدرت برای سال‌های بعد از ۲۰۲۰ د نظر گرفته شده است و از سوی دیگر اغلب کاربردهای الکترونیک در سال‌های ۲۰۱۰ اتفاق می افتد. در صورتی که اتفاقی که هم اکنون در بازار ابررسانا رخ داده از این قرار است که حجم عمده بازار ابررسانا در زمان حاضر به ادوات برق قدرت اختصاص دارد و بازار الکترونیک ابررسانایی هنوز از حجم قابل توجهی برخوردار نیست.

برنامه‌ی HTS با همکاری تولیدکننده‌ها، آزمایشگاه‌ها، تاسیسات و نیز دانشگاه در سرتاسر جهان بصورت زیر (شکل ۱-۲) گسترده شده اند. دنیا بسمت نصب و راه‌اندازی تجهیزات الکتریکی در کشورهای مختلف بخصوص چین و هند می‌رود. هزینه‌ی برآورد برای دستیابی به این مهم ۱۶/۴×۱۰^{۱۲} دلار (به اندازه‌ی زیرساخت‌های روغن، گاز و زغالسنگ) می‌باشد. انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۰ یعنی حدوداً کمتر از ۲۰ سال آینده این اتفاق بیفتد. در این صورت مصرف جهانی الکتریسیته بمقدار بسیار قابل توجهی کاهش خواهد یافت.

تاریخ‌های پیش بینی شده برای ورود به بازار بیشتر وابسته به شرایط و جایگاه تکنولوژی ابررسانای دمابالا (HTS) می‌باشد اما بایستی موفقیت پروژه‌های نمایشی و قدرت و اعتبار طرح‌ها نیز لحاظ گردد.

قوی‌ترین بازارهای فعلی مطرح شده برای HTSها مربوط به ماشین‌های همزمان و محدودسازهای جریان خطا می‌باشند. اما بازارهای عمده نظیر کابل، ترانسفورماتورها، ژنراتورها با امیدانس کم و دانسیته‌ی انرژی پائین دیرتر پدیدار خواهند شد. ما مطمئن نیستیم که این بازارها چقدر طول می‌کشد تا توسعه یابند ولی حدوداً ۵-۱۰ سال برای فعالیت‌های تجربی و کاربردی شدن در هر بخش پیش از توسعه‌ی گسترده‌تر زمان لازم بوده تا بازار انبوه آنها توسعه یابد.

۳- نظرات خبرگان

در این رابطه با اساتید و صاحب‌نظران این رشته در کشور تماس برقرار گردید و نظرات آنها بررسی شد. در نتیجه چشم اندازی در حدود ده سال برای این فناوری عنوان گردید.

بنابراین برای دستیابی به هدف توسعه‌ی فناوری ابررساناها در صنعت برق، افق زمانی میان مدت (۱۰ سال) در نظر گرفته می‌شود.

۱-۳-۳- مرزبندی فنی یا توصیفی

مرزبندی نظام اجتماعی فنی باعث می‌گردد تا سیستم از محیط اطراف خود جدا شده و تحلیل از قابلیت کنترل بالاتری در ارائه‌ی نتایج برخوردار باشد. بنابراین برای تدوین سند توسعه‌ی فن‌آوری ابررساناها در صنعت برق بایستی مشخص شود که کدام بخش‌های صنعت برق در این سند مورد بررسی قرار خواهد گرفت. از آن جا که ابررساناها در صنعت برق در تجهیزات گوناگون نیروگاه‌ها و تاسیسات به کار رفته در بخش‌های انتقال و توزیع برق وجود دارند، بنابراین در سند مذکور هر چهار شاخه‌ی تولید، توزیع، انتقال و مصرف برق مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مرزبندی توصیفی واحد تحلیل، عمق و گستردگی سیستم تحت مطالعه را معین می‌کند. با تعریف نظام‌های توسعه‌ی فناوری به عنوان شبکه‌ای از عوامل متعامل در یک حوزه‌ی فناورانه و اثرگذار در فرآیند تولید، انتشار و بهره‌برداری نوآوری، سطوح مختلف تحلیلی برای این سیستم می‌توان در نظر گرفت. انتخاب سطح تحلیل بر شناسایی اجزای درون سیستم

و تحلیل های آتی اثرگذار خواهد بود. در این مرزبندی سطح تحلیل توسعه ی فناوری را باید در یکی از سه سطح زیر تعریف نمود:

- حوزه ی علم و دانش: تأکید بر یک فناوری و زیر فناوری های آن با در نظرگیری قابلیت استفاده در کاربردها و محصولات.

- محصول فناورانه: محوریت ساختن یک محصول و بررسی فناوری ها و کاربردهای مرتبط با آن.

- بخش فناورانه: بررسی یک بازار خاص و مجموعه ی بهم پیوسته ای از محصولات مورد نیاز یک حوزه.

هدف از توسعه ی فناوری ابررساناها در صنعت برق تأکید بر فناوری هایی خاص و زیر فناوری های آن ها در جهت رسیدن به تجهیزات ابررسانا در صنعت برق بوده و هم چنین قابلیت استفاده و کاربردهای این فناوری ها نیز مورد بررسی قرار می گیرد. از طرفی مشاهده می شود که هدف محوریت قرارگرفتن یک محصول و یا برسی بازار خاص نمی باشد. بنابراین می توان گفت سطح تحلیل توسعه ی فناوری ابررساناها در صنعت برق حوزه ی علم و دانش می باشد.

۱-۴- تبیین مشخصه‌های فناوری ابررساناها در صنعت برق ایران

هر فناوری را می توان برحسب ویژگیهای متمایز کننده در گروه و دسته ای از فناوری ها جای داد. به منظور داشتن نتایج به دور از انحراف از واقعیت، اسناد راهبردی باید براساس ویژگیهای خاص هر گروه فناوری تنظیم گردد. به عبارت دیگر لازم است تا ابزارهای سیاستگذاری و نیز روش شناسی های تدوین راهبرد متناسب با هر گروه فناوری مورد استفاده قرار گیرند. برای محقق شدن این هدف، ضروری است تا جایگاه فناوری مورد نظر را با ارائه ی یک طبقه بندی از مفهوم و ابعاد فناوری معین نمود. هم چنین در این بخش به منظور بررسی نحوه ی بهبود عملکرد فناوری در طول زمان، به بررسی چرخه ی عمر آن پرداخته خواهد شد.

۱-۴-۱- ابعاد ماهیت

یکی از ابتدایی ترین کاربردهای ابررسانایی، در ارتباط با صنعت برق است. بکارگیری مواد ابررسانا در سیستم‌های قدرت سبب جلوگیری از اتلاف انرژی و کاهش هزینه های مربوطه در مقایسه با سیستم‌های سنتی امروزی می‌شود. سیستم‌های

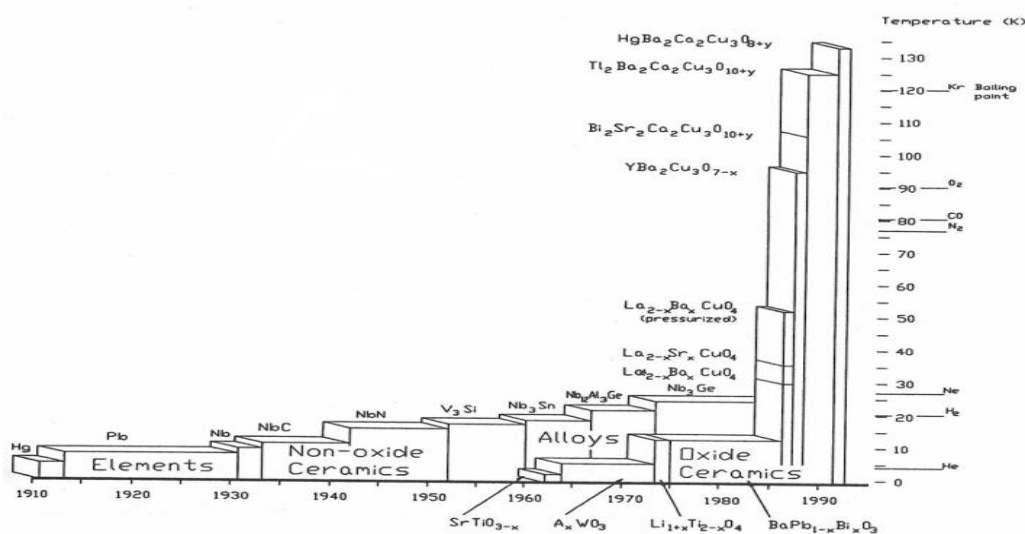
قدرت در برگیرنده کلیه تجهیزات و روشهای تولید الکتریسیته، توزیع برای مصرف کنندگان، ذخیره سازی آن برای استفاده‌های بعدی و بالاخره وسایل و قطعات الکتریکی مربوط به آنهاست.

از حیث ماهیت کاربردی، فناوری‌ها را می‌توان در چهار بعد مختلف تقسیم بندی نمود:

۱-۴-۱-۱- سابقه فناوری

تا به حال مواد زیادی که دارای خواص ابررسانایی در دماهای بالا هستند، کشف شده‌اند. ابررسانایی یک پدیده‌ی غیر معمول که در دماهای پایین گاهی از اوقات اتفاق می‌افتد، نیست. بلکه مانند رسانش الکتریکی و ظرفیت گرمایی خاصیتی از ماده است. مواد ابررسانا در رده‌ای از عناصر فلزی چکش خوار و نرم تا سرامیک‌های ترد و شکننده با ساختار شیمیایی پیچیده، می‌گنجند. خواص مواد متغیر است و کارهای متعددی برای بهینه کردن خواص مواد برای کاربردهای مخصوص انجام شده است. گروه‌های متعددی تاکنون ساخت سیم، نوار، سیم پیچ و لایه نازک را که در دمای نیتروژن مایع، ۷۷ K، ابررسانا هستند را گزارش کرده‌اند.

دو مشخصه‌ی اصلی پدیده‌ی ابررسانایی، صفر شدن مقاومت نرمال و دیامغناطیس شدن نمونه است. وقتی نمونه سرد می‌شود و به زیر دمایی که آن را دمای بحرانی، T_C ، می‌نامیم، می‌رسد، نمونه مقاومت الکتریکی خود را از دست می‌دهد. T_C را می‌توان از نمودار مقاومت ویژه بر حسب دما بدست آورد. کامرلینگ اونس پدر فیزیک دمای پایین و ابررسانایی نشان داد که افزایش چگالی جریان به بیش از یک حد معینی که جریان بحرانی، J_C ، نامیده می‌شود، ولتاژی را در نمونه ایجاد می‌کند. این مقدار جریان بحرانی با کاهش دما افزایش می‌یابد. وی چگالی جریان بحرانی را مرتبه ی 1000 A/cm^2 اندازه گیری کرد.



شکل (۳-۱): تاریخ دستیابی به دماهای بحرانی ابررساناهای مختلف






آزمایش‌ها نشان داد که یک میدان مغناطیسی به اندازه‌ی کافی قوی، ابررسانایی را از بین می‌برد و مقدار آن تابعی از دماست. مشخص شد که میدان بحرانی (HC) با کاهش دما افزایش پیدا می‌کند. میدان بحرانی ابررساناهای شناخته شده اندازه‌گیری شد و مقدار نسبتاً پایینی برای آنها به دست آمد. این امر تا مدتی استفاده از سیم‌لوله‌های تجاری با میدان‌های پایای بزرگ را که با سیم ابررسانا پیچیده شده بود را غیر ممکن می‌نمود. اونس کشف کرد که جریانی که در یک حلقه‌ی ابررسانا ایجاد می‌شود مادامی که نمونه در حالت ابررسانایی قرار دارد بدون هیچ کاهشی در مقدارش ثابت باقی می‌ماند. تاریخ دستیابی به دمای بحرانی مواد مختلف در شکل (۳-۱) خلاصه شده است.

ابررسانایی اولین بار در سال ۱۹۱۱ در Hg مشاهده شده. بعد از آن ابررسانایی در بیشتر از ۲۰ عنصر فلزی دیگر هم دیده

شد. شکل (۴-۱) این عناصر و دسته بندی آنها براساس خواص الکتریکی و مغناطیسی را نشان می‌دهد.

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											1.14 Al 105	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	0.39 Ti 100	5.38 V 1420	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	0.88 Zn 53	1.09 Ga 51	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	0.55 Zr 47	9.50 Nb 1980	0.92 Mo 95	7.77 Tc 1410	0.51 Ru 70	Rh	Pd	Ag	0.56 Cd 30	3.40 In 293	3.72 Sn 309	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Lu	0.12 Hf 830	4.48 Ta 830	0.01 W 1.07	1.4 Re 198	0.66 Os 65	0.14 Ir 19	Pt	Au	4.15 Hg 412	2.39 Tl 171	7.19 Pb 803	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra																

6.00 La 1100	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
Ac	1.37 Th 1.62	1.4 Pa	U	Np	Pu								

 Tc (K) Superconducting H _c (G)	 Nonmetallic elements
 Superconducting under high pressure or in thin films	 Elements with magnetic order
 Metallic but yet to be found to be superconducting	

شکل (۱-۴): جدول تناوبی عناصر شامل دمای گذار و میدان بحرانی فلزهای ابررسانا

ابررساناهای عنصری همگی فلز هستند و عناصر قلیایی و قلیایی خاکی و فلزهای منظم از نظر مغناطیسی ابررسانا نیستند. با تهیهی آلیاژها می‌توان به دمای گذار بالاتر از دمای گذار ابررساناهای عنصری دست یافت. بطور مثال در سال ۱۹۵۹ آلیاژ دوتایی Nb₃Sn با دمای گذار ۱۸K کشف شد. کمی بعد آلیاژ سه تایی (Nb₃(Al_{0.8}Ge_{0.2})) با دمای گذار ۲۰/۰۵K و بعد آلیاژ سه تایی Nb₃Al₂Ge با دمای گذار ۲۰/۸K و بالاتر از نقطه‌ی جوش هیدروژن مایع - کشف شد.

تئوری‌های ابررسانایی زمانی زیادی طول کشید تا کامل شوند. تئوری‌های میکروسکوپی منسوب به ف. لندن و ه. لندن و تئوری گذار فاز منسوب به گینزبرگ و لاندائو بوسیله‌ی تئوری کامل و میکروسکوپی BCS تکمیل شد. این تئوری میکروسکوپی، مکانیزم ابررسانایی و پدیده‌های مهم دیده شده در ابررساناهای متعارف را توضیح می‌دهد.

اگر چه همه‌ی پیشگویی‌های این تئوری را نمی‌توان به ابررساناهای دما بالا نسبت داد، اما قدرت توضیحی آن برای ابررساناهای متعارف باعث لزوم استفاده از آن در تحقیقات ابررسانایی دمای بالا است. قبل از انقلابی که کشف ابررساناهای دمای بالا در ۱۹۸۶ با خود به همراه آورد [۱۹]، لایه نازک Nb₃Ge دارای دمای گذار ۲۳/۳K بود. این دمای گذار بیشتر از

دمای گذار سرامیک‌های غیر اکسیدی NbC و NbN است. سرامیک‌های اکسیدی مثل پروسکایت ها، $SrTiO_3$ و $BaBiO_3$ ، واسپینل $LiTi_2O_4$ که معمولاً عایق است، اسپینل‌ها می‌توانند با احیا یا دوپینگ به ابررسانای متعارف تبدیل شوند.

$Li_{1+x}Ti_{2-x}O_4$ با دمای بحرانی $13/7K$ و $BaPb_{1-x}Bi_xO_3$ با دمای بحرانی $13K$ ، اکسیدهای والانس آمیخته هستند بدین معنی که کاتیون‌ها و آنیون‌ها می‌توانند بیشتر از یک حالت والانس را در جایگاه‌های مختلف انتخاب کنند. این ابررساناهای اکسیدی دارای دمای بحرانی کمتر از دمای بحرانی آلیاژهایی مثل Nb_3Ge هستند اما دمای بحرانی آنها خیلی بیشتر از مقداری است که از یافته‌های بر پایه‌ی چگالی الکترون حالت‌ها که از معادله $2-33$ بدست می‌آید. بعد از سالها تلاش دانشمندان روی مواد، بدنورز و مولر در سال ۱۹۸۶ ابررسانایی با دمای گذار $T_c > 30K$ را کشف کردند. این ابررسانا یک پروسکایت لایه‌ای به نام $La_{2-x}Ba_xCuO_4$ (LBCO) است که وقتی $x = 0/15$ است دمای گذار بیشتر از $30K$ را نشان می‌دهد.

LBCO اولین ابررسانای دمای بالا است. کارهای بیشتر نشان داد که سیستم مشابه $La_{2-x}Sr_xCuO_4$ دارای T_c کمی بیشتر است. گروه Chu متوجه شدند که با جایگزینی یونهای کوچکتر به جای La، می‌توان دمای گذار این کوپراتورها را افزایش داد. با جایگزینی Y به جای La و ساخت سری جدیدی از این مواد که بطور کلی به مواد Y123 معروفند، ابررسانایی با فرمول $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ ساختند که دمای گذار آن $93K$ بود.

دمای گذار $93K$ خیلی عالی بود چون بالاتر از دمای نقطه‌ی جوش نیتروژن مایع، $77K$ ، است. در همان سال ترکیب ابررسانای دیگری، $Bi-Sr-Ca-Cu-O$ (BSCCO)، کشف شد. دو فاز ابررسانای $(Bi-2212)$ و $(Bi-2223)$ $Bi_2Sr_2CaCu_3O_{10+y}$ و $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+y}$ مشخص شدند. دمای گذار این ترکیبات به ترتیب $85K$ و $110K$ است. از نظر ساختاری، راستای a و b در این دو فاز تقریباً برابر و راستای c آنها با هم فرق دارد. بعد از مدتی افزایش دمای گذار در ترکیبی با همان ساختار $(Ti-2223)$ $Ti_2Ba_2Ca_2Cu_3O_{10}$ دیده شد. دمای گذار این ترکیب $125K$ است. در سال ۱۹۹۳ ترکیب $HgBa_2Ca_2Cu_3O_{8+y}$ که دمای گذار $133K$ دارد، کشف شد.

متأسفانه ابررسانایی در ایران دارای سابقه چندانی نبوده و پروژه‌های صنعتی صورت گرفته شامل یک پروژه ساخت سیم ابررسانا مربوط به برق منطقه ای اصفهان، ساخت اسکوئید در دانشگاه صنعتی شریف و سنتز پودر های ابررسانا در مراکز دانشگاهی مختلف اشاره نمود که اسامی محققین و مراکز دانشگاهی در قسمت انتهایی پروژه به تفصیل آمده است.

۱-۴-۱- پیچیدگی فناوری

فناوری‌ها از منظر پیچیدگی به دو دسته تقسیم بندی می‌شوند، فناوریهای ساده و فناوری‌های پیشرفته. فناوریهای پیشرفته توسط چند ویژگی شناخته می‌شوند. ویژگی اول آن‌ها این است که معمولاً از ترکیب چند زمینه علمی پدید آمده‌اند و به همین دلیل پیچیدگی بالایی دارند. از این دیدگاه از آنجاییکه فناوری ابررساناها تنها شامل یک زمینه علمی نبوده و از ترکیب چند زمینه علمی حاصل شده‌اند می‌توان گفت که این فناوری‌ها اولین ویژگی فناوری‌های پیشرفته یا همان پیچیدگی را دارند.

علم محوری از دیگر ویژگی‌های فناوری‌های پیشرفته محسوب می‌شود. بر خلاف فناوریهای ساده، سهم دانش علمی در این فناوری‌ها از سهم دانش فنی و تجربه بیشتر است. از این منظر نیز فناوری‌های ابررساناها بیشتر بر اساس اصول علمی می‌باشند و مطالعات و پژوهش‌های فراوانی در مورد این فناوری‌ها انجام شده و مقالات زیادی در مورد آن‌ها به چاپ رسیده است (در حدود ۴۰۰۰ پتنت ثبت شده) که نشان دهنده‌ی سهم بالای دانش علمی در این فناوری‌ها می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که از این فناوری‌ها دومین ویژگی فناوری‌های پیشرفته که همان علم محوری می‌باشد را نیز دارا می‌باشند.

سومین ویژگی فناوری‌های پیشرفته چرخه‌ی عمر کوتاه در آن‌ها می‌باشد. از آنجاییکه فناوریهای پیشرفته در کسب موقعیت برتر رقابتی یا بهبود عملکرد سازمان‌ها نقش حیاتی ایفا می‌کنند، تلاش وسیعی در جهت بهبود آنها از طریق ترکیب نتایج گذشته و یا گسترش مرزهای دانش صورت می‌پذیرد. این امر باعث پدید آمدن ایده‌های جدید، تبدیل ایده‌ها به نوآوری فناورانه و خلق فناوری جدید خواهد شد. بدین ترتیب با تحولات سریع فناوری، با سرعتی بیشتر از قبل، منسوخ شدن فناوریها و جایگزینی آنها با فناوریهای پیشرفته‌ی نوظهور مشاهده خواهد شد. در مورد فناوری ابررساناها، از آنجاکه بیشتر این فناوری‌ها سال‌هاست که در کشورهای مختلف جهان و نیز در کشور ما مورد استفاده قرار می‌گیرند و در حال حاضر نیز در مرحله‌ی رشد در چرخه‌ی عمر خود قرار دارند، بنابراین چرخه‌ی عمر آن‌ها کوتاه نبوده و این فناوری‌ها سومین ویژگی فناوری‌های پیشرفته را ندارند. البته از آنجایی که ما این فناوری‌ها را به صورت کلی مد نظر قرار داده‌ایم، با توجه به اینکه برای هر فناوری

روش های متفاوت و مواد گوناگونی مورد استفاده قرار می گیرد، می توان گفت فرایند منسوخ شدن و جایگزینی، بیشتر در مورد روش ها و مواد به کار رفته در این فناوری ها اتفاق می افتد. برای مثال در فناوری ابررسانا، در طی سال های اخیر مواد جدید و روش های جدید ساخت سیم و نوار جایگزین موارد قبلی شده است.

ویژگی دیگر فناوری های پیشرفته هزینه ی بالای تحقیق و توسعه برای آن ها می باشد. فناوریهای پیشرفته بدلیل بین رشته ای بودن، پیچیدگی سرمایه گذاری بیشتری را در مرحله ایده و نوآوری طلب می کنند. در مورد فناوری ابررساناها با توجه به هزینه های بالای تهیه تجهیزات مورد نیاز در جهت تحقیق و توسعه ی آن ها می توان گفت این فناوری ها ویژگی چهارم فناوری های پیشرفته را نیز دارند.

ویژگی پنجم این فناوری ها سهم بالای فناوری در قیمت تمام شده ی کالا یا خدمات می باشد. از آنجاییکه هدف از فناوری ابررساناها کاهش هزینه های ناشی از تلفات می باشد، همانگونه که در بخشهای قبلی در رابطه با هزینه های ناشی از تلفات ذکر شد صرفه جویی بالایی در هزینه های تولید برق صورت خواهد گرفت.

با توجه به معیارهای ذکر شده و توضیحات پیرامون آن ها و جمع بندی نهایی، به طور کلی می توان گفت فناوری ابررسانا در دسته ی فناوری های پیشرفته قرار می گیرند.

۱-۴-۱-۳- تناسب فناوری

فناوری مناسب به فناوریهایی اطلاق می شود که بیشترین سازگاری را با نیازهای شناسایی شده از یک سو و منابع موجود از سوی دیگر داشته باشند. بنابراین فناوری مناسب لزوماً فناوری پیشرفته یا نوظهور نیست. از آنجاییکه هدف از فناوری ابررساناها، کاهش هزینه های ناشی از تلفات می باشد بنابراین می توان گفت این فناوری ها اولین ویژگی فناوری های مناسب را دارند.

از طرفی این فناوری ها در صنایع گوناگون کشورمان مورد استفاده قرار گرفته اند و زیرساخت هایی که برای استفاده از این فناوری ها مورد نیاز می باشد، برای مثال نیروی متخصص، آزمایشگاه های ابررسانا، تجهیزات و دستگاه های لازم برای استفاده از فناوری ها و... در کشور موجود می باشد و عامل محدود کننده ای برای استفاده از آن ها در کشور ما وجود ندارد. بنابراین می توان گفت این فناوری ها جزء فناوری های مناسب می باشند. البته با توجه به اینکه زیر فناوری های مربوط به هر کدام از این

فناوری‌ها در حال توسعه است، ممکن است برای اعمال هر کدام از آن‌ها نیاز به دستگاه و یا تجهیزاتی خاص وجود داشته باشد، که بایستی برای استفاده از آن زیر فناوری تجهیزات موجود به روز رسانی شده و یا تجهیزات جدید تهیه گردد.

۱-۴-۱- حوزه استفاده از فناوری (کاربرد)

از لحاظ حوزه‌ی کاربرد فناوریها به دو دسته‌ی فناوریهای محصول و فناوریهای فرآیند تقسیم می‌شوند. فناوری‌های محصول عبارتند از فناوریهایی که در ترکیب کالا یا خدمت بکار گرفته می‌شود و فناوری‌های فرآیند، فناوریهایی هستند که در فرآیند تولید یک محصول یا خدمت بکار برده می‌شوند.

از آنجاییکه هدف از فناوری ابررساناها تولید محصول و بهینه‌سازی فرآیند می‌باشد، بنابراین می‌توان گفت فناوری ابررساناها در هر دو دسته‌ی فناوری جای می‌گیرند.

۱-۴-۲- چرخه عمر

اهمیت فناوری و مدیریت آن در دهه‌های اخیر نسبت به گذشته افزایش یافته است. اقتصاد دانش محور به عنوان رویکردی نوین در تولید ثروت، اقتصادی است که در آن نقش دانش بیش از سایر مؤلفه‌های تولیدی همچون سرمایه فیزیکی، منابع طبیعی و نیروی کار غیر ماهر دانسته می‌شود. به این ترتیب تولید و به کارگیری دانش، بخش غالب خلق ثروت را در سال‌های اخیر بر عهده داشته‌اند. یکی از مهم‌ترین موضوعات مرتبط با فناوری و مدیریت آن را می‌توان در جانشینی فناوری‌های جدیدتر با قدیمی‌تر و پیدایش فناوری‌های جدید جستجو کرد. در چنین شرایطی است که مفهوم چرخه عمر فناوری اهمیت بیشتری پیدا کرده و چندان می‌یابد. تغییر ویژگی‌های عملکردی فناوری و رسیدن به بلوغ فنی در طول زمان بیان‌کننده چرخه عمر فناوری است. ورود یک فناوری جدید نیازمند تغییر در سایر اجزای اقتصادی و اجتماعی می‌باشد. به همین دلیل معمولاً ظهور یک فناوری جدید با ممانعت سیستم موجود روبرو شده و در شرایطی ممکن است با شکست مواجه شود. این موضوع جذابیت جایگزینی فناوری را پایین می‌آورد. اما از آنجا که توسعه‌ی فناوری، عاملی محوری در ایجاد مزیت رقابتی است، اتکا تنها بر فناوری‌های گذشته نیز از توان رقابت‌پذیری می‌کاهد. بنابراین برای کاهش ریسک شکست ناشی از مقاومت و نیز دستیابی به مزیت رقابتی، لازم است تا بهینه‌ترین شرایط برای ورود یک فناوری برآورده شود. معمولاً مراحل چرخه عمر بین ۴ تا ۶ مرحله تقسیم بندی می‌شود که مهمترین این مراحل (مورد توافق غالب نویسندگان)، عبارتند از: معرفی، رشد، بلوغ و زوال.

در مرحله‌ی معرفی، محصول فناوری وارد بازار شده است، منتهی بهره‌گیری از فناوری رشد بسیار کندی دارد؛ به همین دلیل به آن دوره‌ی جنینی نیز می‌گویند. فناوری در این مرحله بسیار متغیر و نامشخص (تثبیت نشده) است که به تبع آن تنوع در محصول بالا است. هر چند فناوری در این دوره دارای مشتری است، ولی هنوز مصرف‌کنندگان، آن را به‌طور کامل نشناخته‌اند و فناوری نیز مصرف‌کنندگان خود را نشناخته است؛ به همین دلیل، در این مرحله شرکت‌های بزرگ انگیزه و رغبتی برای سرمایه‌گذاری در فناوری ندارند. بنابراین تعداد شرکت‌های کوچک در این مرحله بیشتر است که به‌واسطه‌ی عدم توانایی مالی بالای آنها، ظرفیت تولید پایین است و در نتیجه‌ی آن، محصول به تولید انبوه نمی‌رسد. در این مرحله ریسک سرمایه‌گذاری بسیار بالا و در عوض قیمت‌ها و سود آن نیز بالا است.

در مرحله‌ی رشد، روند استفاده و بهره‌برداری از فناوری به سرعت افزایش می‌یابد. با معرفی بیشتر و تثبیت نسبی موقعیت محصول در بازار و آشنا شدن مصرف‌کنندگان با آن، رقابت برای افزایش تولید و کاهش قیمت بالا می‌گیرد. بدین ترتیب، تولید انبوه در این مرحله آغاز می‌شود. این تلاش‌ها که در جهت کاهش قیمت‌ها و تولید انبوه محصولات صورت می‌پذیرد، منجر به تحولات بنیادی در فرآیندهای تولید می‌شود. تحقق مرحله‌ی رشد یعنی تولید در مقیاس انبوه، مستلزم وجود منابع قابل ملاحظه‌ی مالی، تحقیقاتی، توسعه‌ای، مهندسی، مدیریتی و بازاریابی است.

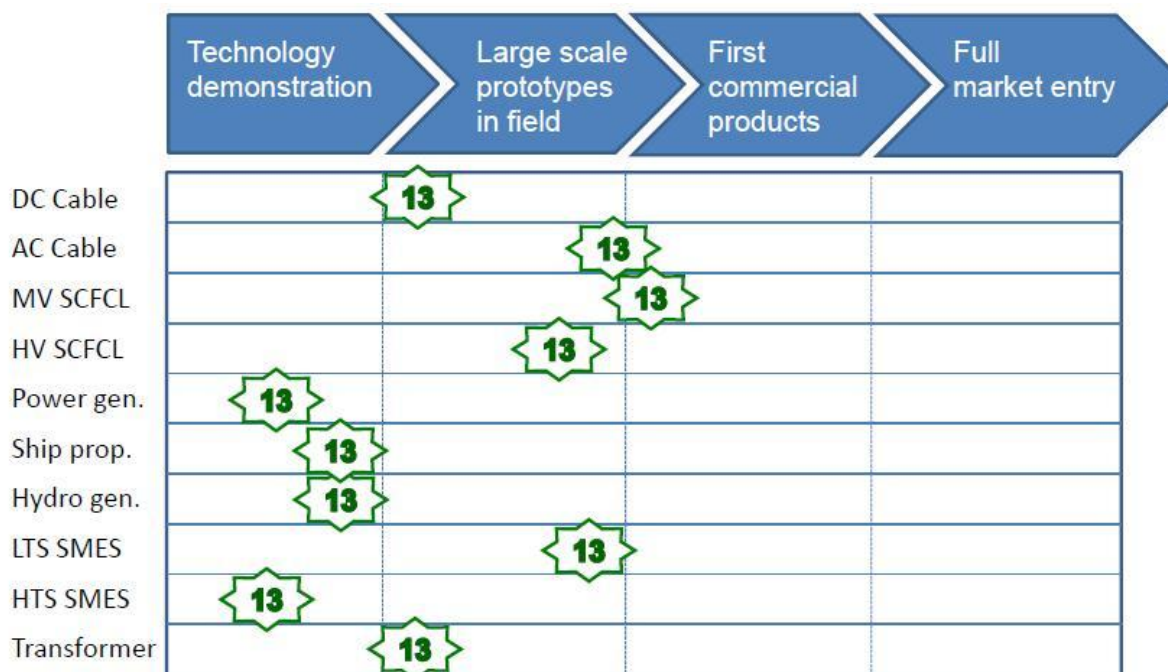
از آنجایی که فناوری در قالب محصول، خدمات و یا فرآیند جلوه می‌نماید، رشد آن تا حدودی دوام دارد و بالاخره بازار اشباع می‌شود که در این زمان، فناوری وارد مرحله‌ی بلوغ شده است. در طی این مرحله، تغییرات عمده‌ای در فناوری رخ نمی‌دهد، نوآوری به شدت کاهش می‌یابد و عمدتاً به بهینه‌سازی سیستم محدود می‌شود (نوآوری غالباً اقتصادی). در این دوره، به دلیل بلوغ صنعت و تکنولوژی، بازار به بیشترین حد گسترش می‌یابد و رقابت در کاهش قیمت تشدید می‌شود.

طول دوره‌ی اشباع با توجه به ماهیت فناوری بسیار متغیر بوده و ممکن است از چند ماه تا چند دهه به طول بیانجامد، اما از زمانی که فناوری‌های جایگزین پا به عرصه‌ی ظهور می‌گذارند، مرحله‌ی افول فناوری قدیمی‌تر شروع می‌شود. از دست رفتن بازار فروش و کاهش شدید قیمت‌ها در این مرحله، شرکت‌های کشورهای توسعه‌یافته را مجبور می‌کند که فناوری را به کشورهای کمتر توسعه‌یافته که هزینه‌های تولید در آنجا کمتر است انتقال دهند؛ زیرا کاهش قیمت محصول در این مرحله تا حدی است که تولید آن دیگر اقتصادی نیست. زمانی که یک فناوری به محدودی تطبیعی 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 ی فناوری های موجود در مرحله ی زوال منجر به هدر رفت سرمایه گذاری های صورت گرفته و ازدست دادن رقابت پذیری می گردد.

با بررسی میزان تولید و تقاضای بازار تجهیزات به کار رفته در فناوری ابررساناها می توان به بررسی چرخه ی عمر آن ها پرداخت. پس از بررسی کاربرد فناوری ابررساناها در جهان مشاهده می شود که تجهیزات مورد استفاده در این فناوری ها در اکثر کشورهای جهان در حال تولید بوده و میزان این تولید و نیز تقاضای بازار نیز رو به افزایش است. در قسمتهای قبل به این موارد اشاره شد.

در رابطه با وضعیت فناوری ابررسانا در جهان نیاز به بررسی تجهیزات مختلف و روند رشد آنها می باشد در نمودار زیر این روند تا آخر سال ۲۰۱۳ میلادی آورده شده است.



شکل (۱-۵): روند تجاری شدن محصولات ابررسانا در صنعت برق

توضیح شکل: روند تجاری شدن محصولات ابررسانا در صنعت برق از سال ۲۰۰۰ در بازه های زمانی ۵ ساله تا آخر سال (۲۰۱۳) تنها محصولاتی که قابلیت ارائه بصورت تجاری در بازار را دارا می باشند محدودساز و کابل ابررسانا هستند.

با در نظر گرفتن مطالب ذکر شده، با توجه به رشد تولید و تقاضای بازار برای تجهیزات مورد استفاده در فناوری ابررساناها مشاهده می‌شود که بر اساس معیار نوع چیرگی، فناوری ابررساناها در وضعیت چیرگی تولید به سر می‌برند. بنابراین می‌توان گفت فناوری ابررساناها در جهان در مرحله‌ی رشد چرخه عمر خود قرار دارند.

اما در کشور با توجه به انجام پروژه‌های متعدد دانشگاهی و در دسترس بودن اطلاعات اولیه ساخت تجهیزات این فناوری در مرحله جنینی قرار دارد.

فهرست مطالب

۱	۲- هوشمندی فناوری ابررسانا	۱
۱	۱-۲- شناسایی حوزه های فناورانه ابررساناها	۱
۲	۱-۱-۲- کاربرد ابررساناها در صنعت برق	۲
۲	۱-۱-۱-۲- ژنراتور	۲
۶	۲-۱-۱-۲- سیم و کابل	۶
۸	۳-۱-۱-۲- کابل های ابررسانا	۸
۱۲	۴-۱-۱-۲- ترانسفورماتور	۱۲
۱۶	۵-۱-۱-۲- خازن همزمان	۱۶
۱۹	۶-۱-۱-۲- فلاپویل	۱۹
۲۲	۷-۱-۱-۲- ذخیره ساز انرژی مغناطیسی ابررسانایی	۲۲
۲۷	۸-۱-۱-۲- محدودساز جریان خطا	۲۷
۳۱	۲-۱-۲- امکان سنجی ساخت دستگاه های دارای کاربرد در داخل کشور	۳۱
۳۲	۳-۱-۲- ساخت سیم ابررسانا	۳۲
۳۲	۱-۳-۱-۲- مطالعه در خصوص روش PIT و روش های دیگر ساخت سیم	۳۲
۳۷	۴-۱-۲- درخت فناوری ابررسانا	۳۷
۳۸	۲-۲- آینده پژوهی فناوری ابررسانا	۳۸
۳۸	۱-۲-۲- فعالیت های ایالات متحدهی امریکا در حوزه ی ابررسانا در صنعت برق	۳۸
۴۱	۱-۱-۲-۲- شرکتهای بزرگ فعال در حوزهی ابررسانا در امریکا	۴۱
۴۲	۲-۱-۲-۲- چالش های پیشرو در پروژه های ابررسانا در امریکا	۴۲
۴۳	۳-۱-۲-۲- پروژه های ابررسانایی با رویکرد تجاری سازی در امریکا	۴۳
۴۷	۲-۲-۲- فعالیت های چین	۴۷
۴۸	۱-۲-۲-۲- تاریخچه ی تحقیقات ابررسانایی در چین	۴۸
۴۹	۲-۲-۲-۲- کاربردهای ابررسانا در ابعاد وسیع در چین:	۴۹
۶۰	۳-۲-۲- فعالیتهای ژاپن	۶۰
۶۷	۴-۲-۲- فعالیت های کره جنوبی: نمایش کابل ۲۲.۹ کیلوولتی در شهر ایچوآن	۶۷
۷۰	۵-۲-۲- فعالیت های هلند: کابل های HTS ۵ کیلوولتی، ۶ کیلومتری پیشنهادی در آمستردام	۷۰
۷۳	۶-۲-۲- فعالیت های روسیه: سیستم کابل ۲۰ کیلوولتی در حال توسعه در مسکو	۷۳
۷۶	۷-۲-۲- تجهیزات ابررسانایی در سیاست های کلان جهان در صنعت برق	۷۶
۸۲	مراجع	۸۲

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۲): ژنراتور ابررسانا ۳
- شکل (۲-۲): سیم‌پیچ تخت ۵
- شکل (۳-۲): سطح مقطع سیم NBTI ۶
- شکل (۴-۲): سطح مقطع سیم NB_3SN ۶
- شکل (۵-۲): سیم‌های ساخته شده از $YBCO[19]$ ۷
- شکل (۶-۲): کابل NBTI ۸
- شکل (۷-۲): نمایی از کابل دی الکتریک گرم ۱۱
- شکل (۸-۲): نمایی از کابل دی الکتریک سرد ۱۱
- شکل (۹-۲): نمایی از سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور ۱۴
- شکل (۱۰-۲): نمایی از سیم پیچ ثانویه ۱۴
- شکل (۱۱-۲): خازن ابررسانایی ۱۷
- شکل (۱۲-۲): طرح کلی یک فلاپویل ۲۰
- شکل (۱۳-۲): مغناطیس ابررسانا درون سیستم سردساز ۲۲
- شکل (۱۴-۲): نمای کلی SMES ۲۳
- شکل (۱۵-۲): نمایی از بوبین ۲۹
- شکل (۱۶-۲): HTS COIL AND COIL LTS ۳۰
- شکل (۱۷-۲): ساخت سیم و نوار ابررسانا به روش [PIT 56] ۳۳
- شکل (۱۸-۲): صفحات ابررسانای BSCCO در یک نوار ابررسانا ۳۶
- شکل (۱۹-۲): درخت فناوری ابررسانا ۳۷
- شکل (۲۰-۲): مقایسه‌ی روند قیمت سیم‌های نسل اول و دوم ۳۹
- شکل (۲۱-۲): ترانسفورماتور ابررسانای محدودساز جریان خطا ۴۶
- شکل (۲۲-۲): ژنراتورهای بادی ۴۶
- شکل (۲۳-۲): برنامه‌ی ذخیره‌ساز انرژی مغناطیسی ARPA-E ۴۷
- شکل (۲۴-۲): میدان مغناطیسی بزرگ آهنربای ابررسانا با میدان ۱۰ تسلا و قطر داخلی ۱۰۰ میلی‌متر ۵۱
- شکل (۲۵-۲): کابل انتقال برق ابررسانای HTS سه فاز با طول ۳۳ متر و ۳۵ کیلوولت/۲ کیلوآمپر در ایستگاه پوجی ۵۴

- شکل (۲-۲۶): کابل انتقال برق سه فاز HTS بطول ۷۵ متر و با مشخصات ۱۰.۵ کیلوولت / ۱.۵ کیلوآمپر در کمپانی کابل چانگتونگ بیائین ۵۴
- شکل (۲-۲۷): کابل HTS ۳۶۰ متری / ۱۰ کیلوآمپری در حال راه اندازی ۵۵
- شکل (۲-۲۸): محدودساز جریان خطای نصب شده در ایستگاه لودی ۱۰ کیلوولت / ۱.۵ کیلوآمپر ۵۶
- شکل (۲-۲۹): SFCL از نوع هسته ی آهنی اشباع شده ۳۵ کیلوولت / ۹۰ مگاولت آمپر در ایستگاه پوجی ۵۶
- شکل (۲-۳۰): ترانسفورماتور HTS سه فاز ۶۳۰ کیلوولت آمپری ۵۷
- شکل (۲-۳۱): وسیله ذخیره انرژی ابررسانای دمابالا ۱MJ/0.5MVA ۵۸
- شکل (۲-۳۲): موتور HTS ۱۰۰ کیلوواتی ۵۸
- شکل (۲-۳۳): ایستگاه برق ابررسانای بیائین ۱۰.۵ کیلوولتی ۵۹
- شکل (۲-۳۴): نقشه راه کاربردهای ابررساناها در ژاپن ۶۰
- شکل (۲-۳۵): ذخیره ساز انرژی فلابویل ۵ کیلووات ساعتی ۶۱
- شکل (۲-۳۶): پروژه ی نمایشی سیستم کابل ابررسانای دمابالای ۶۶ کیلوولتی در ایستگاهی در کمپانی برق الکتریک توکیو ۶۲
- شکل (۲-۳۷): دیاگرام خطی نصب کابل یوکوهاما در ایستگاه آساهی ۶۳
- شکل (۲-۳۸): طراحی پیشنهادی پروژه ی کابل ابررسانای دمابالا در ایستگاه آساهی ۶۳
- شکل (۲-۳۹): دورنمایی از ایستگاه آساهی ۶۵
- شکل (۲-۴۰): ارائه کابل ۲۲.۹ کیلوولتی در اینچوان کره (طراحی ایستگاه) ۶۸
- شکل (۲-۴۱): طراحی اولیه کابل ۲۲.۹ کیلوولتی در گوچانگ چین تست ۶۹
- شکل (۲-۴۲): مروری بر فعالیت های در حوزه کاربردهای ابررساناها در کره ۷۰
- شکل (۲-۴۳): سیستم کابل برای تغذیه آمستردام ۷۲
- شکل (۲-۴۴): کابل ۶ متری HTS پیشنهادی ۷۲
- شکل (۲-۴۵): شمای کلی پروژه کابل HTS آمستردام ۷۳
- شکل (۲-۴۶): طراحی کابل HTS ۷۴
- شکل (۲-۴۷): نقشه راه جهان در نصب تجهیزات الکتریکی در جهان ۷۷

فهرست جداول

جدول (۱-۲): پارامترهای مربوط به ژنراتور	۴
جدول (۲-۲): مقایسه بین نوارهای YBCO و BSCCO	۸
جدول (۳-۲): مقایسه بین کابل BI۲۲۲۳ و کابل NB ₃ SN	۹
جدول (۴-۲): پارامترهای ترانسفورماتور HTS	۱۳
جدول (۵-۲): پارامترهای مربوط به سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه	۱۵
جدول (۶-۲): مقایسه ترانس‌های روغنی و ابررسانایی	۱۵
جدول (۷-۲): خازن با استفاده از سیم NBTI	۱۸
جدول (۸-۲): خازن با استفاده از سیم BSCCO	۱۹
جدول (۹-۲): سیم‌پیچ ابررسانا	۲۴
جدول (۱۰-۲): مشخصات SMES	۲۵
جدول (۱۱-۲): پارامترهای مربوط به SMES	۲۶
جدول (۱۲-۲): پارامترهای سیستم SMES	۲۷
جدول (۱۲-۲): پروژه‌های جاری ابررسانایی در امریکا در حوزه ی صنعت برق	۴۰
جدول (۱۳-۲): فعالیت‌های ژاپن در ابررسانایی در صنعت برق	۶۶
جدول (۱۴-۲): پروژه‌های کابل‌های HTS در دنیا	۷۵
جدول (۱۵-۲): پروژه‌های تجهیزات الکتریکی در سرتاسر جهان	۷۶
جدول (۱۶-۲): پروژه‌های کابل‌های ابررسانای HTS در جهان	۷۸
جدول (۱۷-۲): پروژه‌های مهم در رابطه با محدودساز جریان خطا در جهان	۷۹
جدول (۱۸-۲): پروژه‌های مربوط به ذخیره سازهای انرژی ابررسانا در جهان	۸۰
جدول (۱۹-۲): پروژه‌های مربوط به ترانسفورماتورهای ابررسانا در جهان	۸۰
جدول (۲۰-۲): پروژه‌های مرتبط با ژنراتورهای ابررسانا در جهان	۸۱

۲- هوشمندی فناوری ابررسانا

۲-۱- شناسایی حوزه های فناورانه ابررساناها

پدیده ابررسانایی برای نخستین بار در سال ۱۹۱۱ توسط اونس کشف شد. او درحین آزمایشات خود متوجه شد که اگر جیوه تا دمای 4 K سرد شود مقاومتش در مقابل عبور الکتریسیته را از دست می دهد. وی این ویژگی را ابررسانایی نامید [۱]. ابررسانایی دارای جنبه‌های بسیاری است و دانشمندان مختلف به منظور توسعه و پیشرفت این جنبه ها فعالیت می کنند. تلاش دانشمندان برای استفاده عملی از ابررساناها تقریباً همزمان با کشف این پدیده در سال ۱۹۱۱ آغاز شد اما فعالیت در این زمینه با کشف ابررساناهای سرامیکی با دمای بحرانی بالاتر از نقطه جوش نیتروژن مایع در سال ۱۹۸۷ به میزان چشمگیری افزایش یافت. البته ویژگی های بسیار ابررساناها نیز در توسعه فعالیت ها نقش مهمی ایفا می کرد. از جمله این ویژگی ها: توانایی عملکرد در سیمها و کابل‌های با طول زیاد، چگالی جریان بحرانی بالا، اتلاف AC کم و خواص مکانیکی خوب ابررساناها می باشد. چنین به نظر میرسد که به زودی ابررساناها با تلاش ها محققین سبب ایجاد تحولی بزرگ در روند زندگی انسان ها شوند. هدف اصلی این تلاش ها بکارگیری عملی ابررساناها در صنعت و فناوری استو یکی از ابتدایی ترین کاربردهای ابررسانایی، در ارتباط با صنعت برق است. بکارگیری مواد ابررسانا در سیستم‌های قدرت سبب جلوگیری از اتلاف انرژی و کاهش هزینه‌های مربوطه در مقایسه با سیستم‌های سنتی امروزی می‌شود. سیستم‌های قدرت در برگیرنده کلیه تجهیزات و روش‌های تولید الکتریسیته، توزیع برای مصرف کنندگان، ذخیره سازی آن برای استفاده‌های بعدی و بالاخره وسایل و قطعات الکتریکی مربوط به آنهاست.

در سالهای اخیر نیز تمایل شدیدی به کاربرد ابررساناهای دما پایین (LTS) و دما بالا (HTS) در سیستم‌های قدرت پیدا شده است و وسایل و تجهیزات ساخته شده با ترکیبات ابررسانا در مقایسه با انواع سنتی خود کوچکتر و سبک تر هستند و هزینه‌های مربوط به نصب، راه اندازی و نگهداری آنها به مراتب کمتر است. با جایگزینی سیستم‌های ساخته شده از ترکیبات ابررسانا به جای سیستم‌های سنتی هم اتلاف انرژی به میزان قابل ملاحظه ای کاهش خواهد یافت و هم در مصرف سوخت‌های فسیلی صرفه جویی می‌شود که این خود به معنای کاهش تولید آلاینده‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی می‌باشد.

ابررساناها می‌توانند در ساخت مولدهای موجود در مرکز نیروگاه و نیز در شبکه‌های توزیع برق که به هر مصرف‌کننده می‌رسد بکار روند که در این صورت از اتلاف انرژی و صرف هزینه به مقدار زیادی جلوگیری خواهد شد. مولدهایی که در ساخت آنها به جای سیم مسی از سیم‌های ابررسانا استفاده می‌شود با اندازه‌ای کوچکتر و کار کمتر می‌توانند الکتریسیته بیشتری تولید کنند. الکتریسیته می‌تواند توسط کابل‌های ابررسانا در شبکه توزیع شود. کابل‌های معمولی در حدود ۲۰٪ توان الکتریکی را به سبب داشتن مقاومت الکتریکی تلف می‌کنند در صورتی که با استفاده از کابل‌های ابررسانایی در شبکه اتلاف به میزان بسیار زیادی کاهش می‌یابد. ابررساناها را می‌توان در سایر وسایل و تجهیزات مربوط به صنعت برق مورد استفاده قرار داد ترانسفورماتورها، محدودسازهای جریان خطا و یا ذخیره‌سازهای انرژی از جمله این مواردند. [11]

در بخش تولید ژنراتورها، در بخش توزیع سیم، کابل و ترانسفورماتورها، در بخش ذخیره انرژی خازن همزمان، فلاپویل و ذخیره‌ساز انرژی مغناطیسی (SMES) سیستم‌هایی هستند که در ساخت آنها از ترکیبات ابررسانا استفاده می‌شود. محدودساز جریان خطا نیز از جمله تجهیزات مربوط به صنعت برق است که در ساخت آن از مواد ابررسانا استفاده می‌شود. در ادامه به توضیح ویژگی‌های مربوط به بخش ابررسانایی هر یک از موارد نام برده شده می‌پردازیم.

۲-۱-۱- کاربرد ابررساناها در صنعت برق

۲-۱-۱-۱- ژنراتور

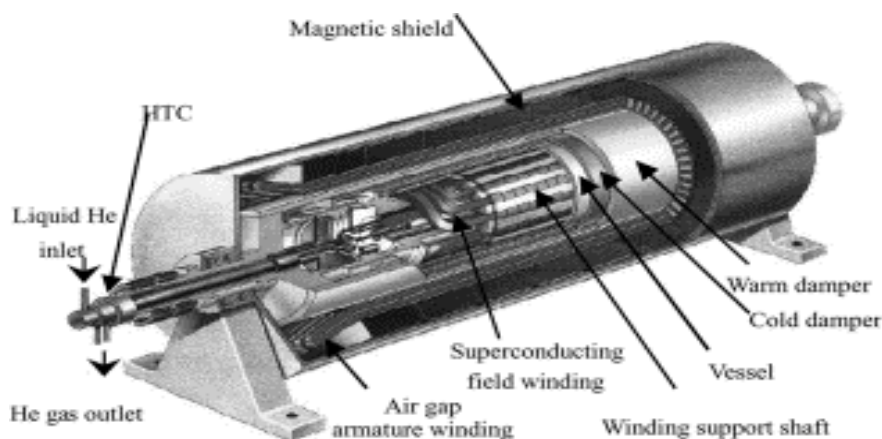
ژنراتور یا مولد جریان متناوب ماشینی است که قدرت مکانیکی را به قدرت الکتریکی تبدیل می‌کند. یک ژنراتور شامل بخش‌های مختلفی است مثل روتور (قسمت چرخنده سیستم)، استاتور، سیستم خنک‌کننده، سیستم روانکاری و ... دو بخش روتور و استاتور اصلی‌ترین بخش‌های یک ژنراتور را تشکیل می‌دهند و خود شامل قسمت‌های مختلفی هستند. استاتور شامل قسمت‌هایی چون هسته، قاب و سیم‌پیچ است. در سیم‌پیچ استاتور که به نام سیم‌پیچ القایی یا سیم‌پیچ آرمیچر نیز خوانده می‌شود توسط شار مغناطیسی متغیر، حاصله از جریان روتور و حرکت آن، جریان و ولتاژ القا می‌شود. جنس این سیم‌پیچ از هادی‌هایی مثل مس است که تلفات اهمی پایینی دارند. نوع و اندازه این سیم‌پیچ‌ها بوسیله میزان توان نامی مورد نیاز، ولتاژ نامی، راندمان، هزینه و ... تعیین می‌شود.

روتور نیز شامل بخش‌های مختلفی است مثل شفت، هاب، طوقه مغناطیسی، هسته (قاب) و سیم‌پیچی. بخش مهم روتور سیم‌پیچی و هسته آن است. هسته روتور مانند هسته استاتور از ورقه‌های فولادی که بوسیله مواد عایق پوشانده شده‌اند ساخته

می‌شود. سیم‌پیچ روتور که سیم‌پیچ میدان نیز گفته می‌شود شامل نوارهای هادی است که در نوع سنتی از مس ساخته می‌شوند. در این سیم‌پیچ جریان مستقیم برقرار می‌شود و میدان مغناطیسی حاصله وظیفه القای ولتاژ در سیستم پیچ استاتور را بر عهده دارد.

در ژنراتور نیز مانند سایر ماشینهای الکتریکی تلفات وجود دارد این تلفات شامل تلفات مکانیکی، تلفات هسته آهنی و تلفات مسی می‌باشند. همگی این تلفات به صورت گرما تبدیل شده و تبعات ناشی از آن باعث کاهش بازده سیستم می‌شود. تلفات مکانیکی و هسته آهنی درصد کمی از کل تلفات را تشکیل می‌دهند اما تلفات مسی در سیم‌پیچ‌ها بخش عمده اتلاف را باعث شده و طول عمر و کارایی سیستم را کاهش می‌دهند. میزان این تلفات با افزایش دما افزایش می‌یابد. برای جبران تلفات مسی که ناشی از مقاومت اهمی است میتوان سیم‌پیچ روتور را از مواد ابررسانا ساخت که به دلیل عدم وجود مقاومت اهمی گرمایی تولید نمی‌کنند و در نتیجه طول عمر و کارایی سیستم به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد.

در ژنراتورهای ساخته شده از مواد ابررسانا برای سرد کردن سیم‌پیچ‌های روتور نیاز به یک سیستم خنک کننده وجود دارد. این سیستم با توجه به نوع ماده بکار رفته در سیم‌پیچ متفاوت است که اگر از ترکیبات ابررسانای دمای پایین استفاده شود مثل NbTi از هلیوم مایع استفاده می‌شود و اگر از ترکیبات دمای بالا مثل BSCCO استفاده شود از نیتروژن مایع برای سرد سازی استفاده می‌شود. شکل زیر ساختار یک ژنراتور ابررسانا را نشان می‌دهد. [12]



شکل (۲-۱): ژنراتور ابررسانا

۲-۱-۱-۱-۱-۱-۲ ژنراتور ابررسانایی دمای پایین

برای ساخت این نوع ژنراتور ها از سیم‌های ابر رسانای دمای پایین NbTi برای ساخت سیم‌پیچ‌های روتور استفاده می‌شود. این سیم‌پیچ ها توسط هلیوم مایع سرد می شوند. هلیوم با فشار بالای ۴۰۰KPa فشرده شده و برای سرد سازی سیستم مورد استفاده قرار می گیرد. عایقهایی که مورد استفاده قرار می گیرند. (برای حفاظت سیم‌های ابررسانایی) باید بتوانند در برابر ولتاژ بالا مقاومت کنند و همچنین ابر رسانا را در برابر نیروی لورنتز و گریز از مرکز محافظت کنند. جنس این عایقه‌ها میتواند از نوارهای پلیمری مثل impregnated GFRP باشد [13].

چندین نوع سیم‌پیچ ساخته شده اند که نوعی که به شکل زین است دوام و سختی بالاتری دارد و تحمل آن در برابر نیروهای لورنتز و گریز از مرکز بیشتر است. پهنای سیم‌پیچ ۵۴mm و طول آن ۱۹۲ mm در نظر گرفته شده است. در جدول زیر برخی از پارامترهای مربوط به این سیستم داده شده است. [14]

جدول (۲-۱): پارامترهای مربوط به ژنراتور

Rated Capacity	30 kVA
Rated Voltage	220 V
Rated Current	80 A
Rated Speed	1800 rpm
Pole Number	4
Superconductor	NbTi
(short sample) I_c	580 A (at 4.2 K 5T)
cgrid Operating Temperature	402 K
Excitation Current	200 A

۲-۱-۱-۱-۱-۲ ژنراتور ابررسانایی دمای بالا

در ژنراتورهای ابررسانایی دمای پایین از آنجا که از هلیوم مایع برای سرد سازی بخش ابررسانایی (سیم‌پیچ روتور) استفاده می‌شود هزینه سرمایه‌ی بسیار بالا است و از این رو این سیستمها از جهت اقتصادی مقرون به صرفه نیستند. با کشف ابررساناهای دمای بالا از این ترکیبات برای ساخت سیم‌پیچ روتور استفاده شده که این امر باعث کاهش هزینه سرمایه‌ی و ساده تر شدن سیستم سرد سازی شده است. به طور مثال در یک ژنراتور KVA100 با ولتاژ نامی ۷۴۱۵ و جریان نامی A193 از نوارهای BSCCO برای سیم‌پیچی روتور استفاده شده است.

در این سیستم ۱۲ سیم‌پیچ تخت^۱ وجود دارد که هرکدام شامل ۵۰ دور نوار Bi-2223 هستند که غلافی از جنس نقره دارند. جریان بحرانی نامی این سیم‌ها بزرگتر از A100 در k77 است. برای از بین بردن (یا کم کردن) اثر خود میدان بین سیم‌ها از عایق‌های فایبر گلاس بین آنها استفاده می‌شود.

قطر داخلی شعاعی و محوری سیم‌پیچ به ترتیب mm168 و mm344 است و شعاع خمیدگی سیم در گوشه‌ها حدود mm30 و پهنا سیم‌پیچ mm25 می‌باشد [۱۵].

چگالی شار در شکاف هوایی (بین روتور و استاتور) حدود T75/0 در دمای k77 است که با یک جریان مستقیم A54 بدست می‌آید.



شکل (۲-۲): سیم‌پیچ تخت

برای سرمایه‌گذاری این سیستم از یک سرد ساز نیتروژن مایع با توان w100 استفاده می‌شود که حداقل دمای قابل تولید توسط آن k65 است (نقطه انجماد نیتروژن 64 k است).

استفاده از ژنراتورهای ابررسانایی موجب بهبود پایداری شبکه به میزان ۳۰٪ بیشتر از انواع سنتی آن میشود.

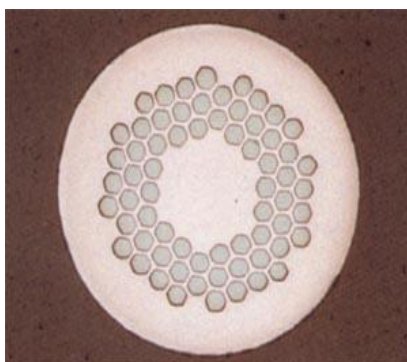
میزان اتلاف در این ژنراتورها ۵۰٪ کمتر و بازده ۱ تا ۲ درصد بیشتر از نوع سنتی است. حجم ژنراتورهای ابررسانایی حدود ۱/۳ و وزن آنها حدود ۱/۲ کمتر از انواع سنتی میباشد. [۱۶]

^۱ Pancake Coil

۲-۱-۱-۲- سیم و کابل

۲-۱-۱-۲-۱- سیم‌های ابر رسانای فلزی از جنس آلیاژهای NbTi و Nb₃Sn (ابررسانای دمای پایین)

سیم‌هایی از جنس آلیاژ NbTi چگالی جریانی در حدود $4 \times 10^3 \text{ A/mm}^2$ دارند و میدان بحرانی آنها در حدود 5 T است. این دسته از سیم‌ها در دمای $k/4$ مورد استفاده قرار می‌گیرند. این دسته از سیم‌ها به دلیل میدان مغناطیس بحرانی بالایی که دارند بیشتر در دستگاه‌هایی که نیاز به میدان مغناطیسی قوی دارند مورد استفاده قرار می‌گیرند به طور مثال در دستگاه MRI.



شکل (۲-۳): سطح مقطع سیم NbTi

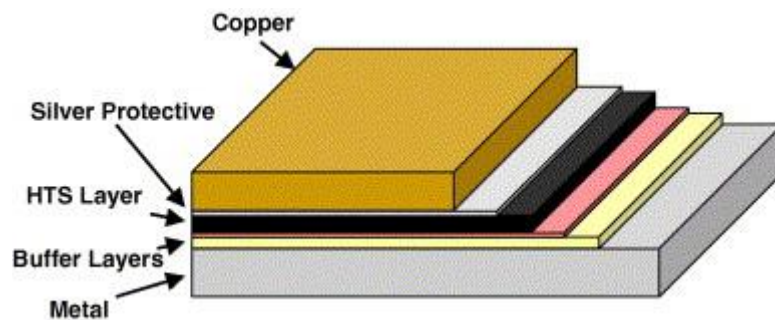
سیم‌هایی از جنس آلیاژ Nb₃Sn نیز میدان مغناطیسی بحرانی بالایی دارند و در دستگاه‌های مثل ژنراتورهای همجوشی

هسته‌ای یا دستگاه رزونانس هسته‌ای (NMR) مورد استفاده قرار می‌گیرند. [۱۷]



شکل (۲-۴): سطح مقطع سیم Nb₃Sn

۲-۱-۱-۲- سیم‌های ابررسانای اکسیدی مثل سیم‌های ساخته شده از YBCO یا BSCCO (ابررسانای دمای بالا) سیم‌هایی از سرامیک ابررسانای (BSCCO (Bi-2223) با غلاف نقره ساخته و مورد استفاده قرار گرفته اند. برای بهبود خواص مکانیکی این دسته از سیم‌ها که در کاربرد آنها در ساخت کابل یا مغناطیس‌ها بسیار مهم است کارهای زیادی انجام شده است. برای مثال بجای نقره خالص از ترکیب نقره و منیزیم به عنوان غلاف استفاده می‌شود. غلاف‌های آلیاژی استحکامی در حدود 110 MPa را نشان می‌دهند که حدود دومرتبه بزرگی بیش از غلاف‌های نقره خالص است. اگر به عنوان کابل (چند رشته سیم در یک غلاف واحد) بخواهیم از این ماده استفاده کنیم باید اتلاف AC این سیم‌های ابررسانا را کاهش دهیم و آنرا به حداقل ۵۰٪ مقدار کنونی آن برسانیم (زیر ۰/۱ تسلا). [۱۸] ساخت سیم‌های YBCO مشکل‌تر از سیم‌های پایه Bi با غلاف نقره است. این دسته از سیم‌ها شامل چندین لایه اند و نسبت به سیم‌های پایه Bi انعطاف پذیری کمتری دارند.



شکل (۲-۵): سیم‌های ساخته شده از YBCO [19]

ضخامت سیم‌های ابررسانایی غالباً $24/00/0.2 \text{ mm} \pm$ و پهنای آنها $1/5$ تا 5 میلی‌متر در نظر گرفته میشود. در جدول زیر

مقایسه‌ای بین نوارهای YBCO و BSCCO آورده شده [۲۰].

در مورد سیم‌های ابررسانای اکسید مسی مسئله اتلاف AC و I_c کم هنوز به طور کامل حل نشده است و تحقیقات برای

کاهش اتلاف AC و افزایش I_c همچنان ادامه دارد.

جدول (۲-۲): مقایسه بین نوارهای YBCO و BSCCO

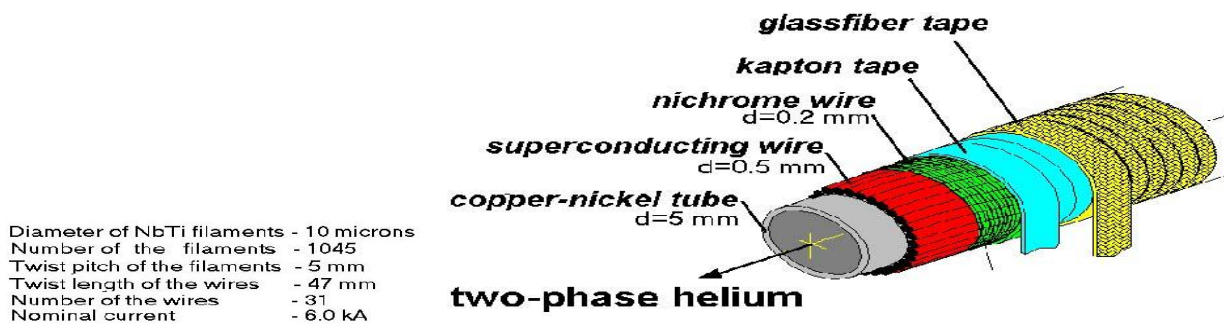
Property	BSCCO	YBCO	Operational advantage
Cost	/۵.۰\$→kA m	/۱۰.۰\$ >→kA m	Significant savings in purchases; economic viability
Operating temperature (motor, generator, etc)	۳۰-۲۰ K	۷۷-۶۰ K	Order magnitude reduction in cooling requirements/ refrigeration weight and size
AC loss minimization	Low	Moderate	AC YBCO wire can enable all cryogenic motors & generators (greater weight and size reduction) ; BSCCO cannot
Engineering current density, self field	۱۸-۱۰ kA/cm ²	+۴۰→kA/cm ²	Less wire needed for equivalent amp-turns
Pinning properties	۱>A/cm ² , 3 T, 77 K	۱۰.<A/cm ² , 3 T, 77 K	BSCCO optimized, YBCO optimization in progress

۲-۱-۱-۳- کابل های ابررسانا

کابل‌های ابررسانایی از آنجایی که دارای اتلاف توان کم و توان انتقال زیادی هستند مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته اند. این کابلها میتوانند جریانی تا ۱۵۰ برابر کابل‌های مسی را از خود عبور دهند.

۲-۱-۱-۳-۱- کابل های ابررسانای دمای پایین

کابل‌های LTS یا کابل‌های ساخته شده از ابررساناهای دمای پایین با موفقیت ساخته شده‌اند اما با این وجود در شبکه‌های قدرت مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. دلیل این امر پیچیدگی و هزینه بالای سرمایه‌ی این دسته از کابلها است که در دمای حدود ۴/۲k و بوسیله هلیوم مایع سرد می شوند. در شکل زیر یک کابل NbTi و مشخصات آن نشان داده شده است.[۲۱]



شکل (۲-۶): کابل NbTi

امکان ساخت کابل های تک لایه LTS برای حالت بدون انعطاف و دو لایه برای سیستمهای انعطاف پذیر وجود دارد.

۲-۱-۱-۲-۳-۲- کابل‌های ابررسانای دمای بالا

کشف ترکیبات ابررسانای دمای بالا (HTS) پژوهشگران را دوباره به این موضوع علاقه‌مند کرد. زیرا با استفاده از ابررساناهای دمای بالا مشکل گرانی و پیچیدگی استفاده از سیستم خنک کننده هلیوم مایع با استفاده از سیستم ساده تر و ارزانتر نیتروژن مایع حل شده و انتقال انرژی به صرفه تر می‌شود. در کابل‌های HTS ویژگی‌های مکانیکی و ظرفیت حمل جریان (CCC) مشخص کننده میزان کارایی می‌باشد در جدول زیر مقایسه ای بین کابل Bi_{2223} و کابل Nb_3Sn ارائه شده است. [۲۲]

جدول (۲-۳): مقایسه بین کابل Bi_{2223} و کابل Nb_3Sn

Property	HTS	LTS
Critical current density per 1 mm width (A)	15-40 at 77 K	200-400 at 6 K
J_c (B) dependence	Sharp decay	Relatively smooth decay
Operating temperature (K)	65-80	5-8
Allowable tensile strain (%)	0.15-0.20	0.20
Thickness of superconducting region in tape (mm)	0.15-0.20	0.04-0.08
Allowable bending radius (mm)	40-50	25-30
Index n	10-20	40-50
Power losses per unit of the tape surfaces under 50/60 Hz ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	~30 at 20 mT and 77 K	~10 at 100mT and 4.2 K

طبق اطلاعات به دست آمده ویژگی‌های مکانیکی دو سیم تقریباً مشابه است و اختلاف عمده دو سیستم در ظرفیت حمل جریان (CCC) و هزینه سرمایه‌گذاری است. بواسطه کوچکی CCC در کابل‌های HTS لازم است حداقل ۴ تا ۱۰ لایه نوار در این کابل‌ها مورد استفاده قرار گیرد برای آنکه جریانی در حدود KA_2 با جریان بحرانی بین ۳ تا ۴ کیلو آمپر داشته باشیم (بیشینه جریان بحرانی بدست آمده در کابل‌های ابررسانایی در حال حاضر حدود KA_{126} می‌باشد) [۲۳].

برای ساخت کابل‌های ابررسانا چند نکته مهم باید مد نظر قرار گیرد از جمله:

- ۱- انعطاف پذیری کابل که بوسیله ساختار مارپیچی کابل تامین می‌شود.
- ۲- حفظ ویژگی‌های ابررسانایی هنگامی که نوارها دور هسته پیچیده می‌شوند (هنگام ساخت کابل) و هنگامی که کابل ساخته شده روی یک غلطک خم می‌شود.

۳- کمینه کردن اتلاف جریان ادی (eddy) در قسمت مرکزی

۴- کمینه کردن اتلاف جریان در پوشش Cryostat

در کابل‌های LTS به علت ظرفیت حمل جریان بالا تنها به دو لایه ابررسانا نیاز است که به منظور ایجاد حفاظ مغناطیسی در دو جهت مخالف پیچیده می‌شوند. در حالیکه در کابل‌های HTS به تعداد لایه‌های بیشتری نیاز است. برای یک کابل N لایه 2^{N-1} حالت برای جهت چرخش وجود دارد که برخی از این حالات شرایط عملکرد بهتری را فراهم می‌کنند. تحلیل هسته‌های کابل شامل یک تا ده لایه نشان داده که امکان بدست آوردن ظرفیت حمل جریان بالاتر فقط برای دو حالت طراحی امکان پذیر است:

۱- TDT: پیچش نیمه نخست لایه‌ها در یک جهت و نیمه دوم لایه‌ها در جهت مخالف (طراحی پیچش دو جهتی) در این روش تعداد لایه‌های فرد نمی‌توانیم داشته باشیم.

۲- ODT: پیچش همه لایه‌ها در یک جهت

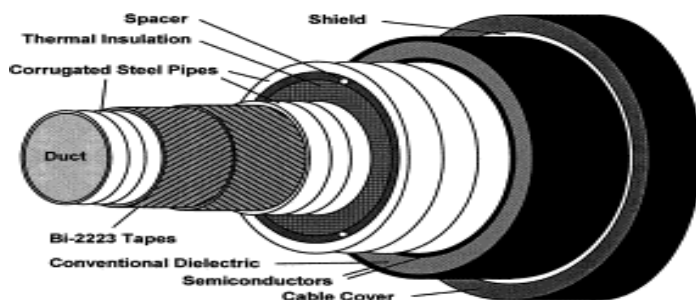
گاهی ساخت هسته‌های چند لایه بدون آنکه نوارهای ابررسانا خراب شوند تقریباً غیر ممکن می‌شود بویژه وقتی قطر هسته کاهش می‌یابد این اثر بدتر می‌شود. با وجود مشکلات موجود در راه استفاده از کابل‌های HTS چون دمای عملکرد آنها حدود K77 است به نظر می‌آید این دسته از مواد کاربردی تر باشند. کابل‌های LTS به دلیل پیچیدگی در سیستم سرمایه‌ش و همچنین هزینه سرمایه‌ش بالا فقط برای انتقال توان GW3 و بیشتر با کابل‌های سنتی قابل رقابت اند در حالی که کابل‌های HTS به دلیل هزینه سرمایه‌ش کمتر در حد Mw500 به بالا قابل رقابت هستند [۲۴].

کابل‌های HTS به دو صورت ساخته می‌شوند:

۱- کابل‌های دی الکتریک گرم (Warm Dielectric)

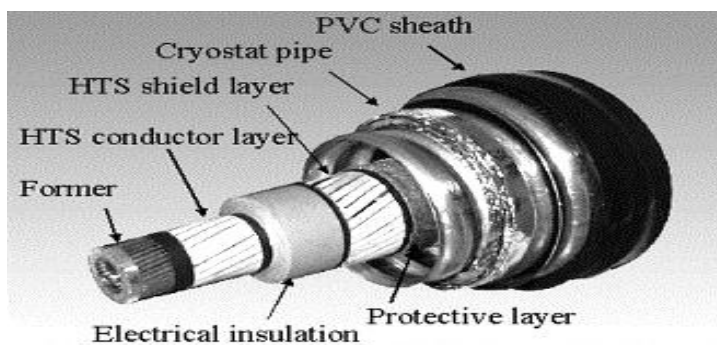
۲- کابل‌های دی الکتریک سرد (cold) Cryogeic Dielectric

در کابل‌های دی الکتریک گرم قسمت مرکزی یا هسته کابل (Former) شامل یک لوله استیل انعطاف پذیر و تو خالی است که نوارهای ابررسانا به صورت مارپیچ روی آن پیچیده می‌شوند. در قسمت تو خالی هسته کابل جریان نیتروژن مایع به منظور سرد سازی سیم‌های ابررسانا برقرار می‌شود. قطر این لوله معمولاً بین ۲۰ تا ۴۰ میلیمتر در نظر گرفته می‌شود. لایه‌های مجاور ابررسانا بوسیله عایق‌های نازک الکتریکی مثل رزین از یکدیگر جدا می‌شوند که دلیل این امر جلوگیری از جابجایی جریان بین این لایه‌ها است. نوارهای ابررسانا به گونه‌ای پیچیده می‌شوند که برآیند میدان‌های مغناطیسی محوری در مرکز کابل تقریباً صفر باشد. کابل‌های دی الکتریک گرم بیشتر برای بهبود و تقویت سیستم‌های موجود در صنعت برق مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل (۲-۷): نمایی از کابل دی الکتریک گرم

در کابل‌های دی الکتریک گرم مشکل عمده اندرکنش مغناطیسی فازهای مختلف است بنابراین در این دسته از کابل‌ها همچنان یک اتلاف اضافی خواهیم داشت که ناشی از جریان ادی (eddy) است. بنابراین بیشینه توان انتقالی باید کمتر از GW1 باشد. برای ساخت ۱ متر کابل دی الکتریک گرم تک فاز به حداقل ۳۲ متر نوار ابررسانا نیاز است. کابل‌های دی الکتریک سرد ساختمانی مشابه کابل‌های دی الکتریک گرم دارند با این تفاوت که روی لایه دی الکتریک یک لایه نوار ابررسانای دیگر پیچیده می‌شود و به کمک نیتروژن مایع سرد میشود. این لایه (لایه برگشتی) به منظور ایجاد حفاظ مغناطیسی است. در این روش اتلاف‌هایی که ناشی از نفوذ گرمایی عایق حرارتی و اتلاف دی الکتریک است کمتر شده (در کابل‌های دی الکتریک گرم میزان این اتلاف‌ها بیشتر است) و سیم اصلی از ولتاژهای آسیب رساننده محافظت می‌شود. نتیجه این طراحی افزایش بازده سیستم، کاهش قابل ملاحظه اتلاف‌ها و افزایش توان انتقال تا ۵ برابر کابل‌های موجود می‌باشد. کابل‌های دی الکتریک سرد بیشتر به منظور توسعه سیستم‌های جدید مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای ساخت ۱ متر کابل دی الکتریک سرد تک فاز بیش از ۷۰ متر نوار ابررسانا لازم است که حدود دو برابر نوار لازم برای کابل دی الکتریک گرم است.



شکل (۲-۸): نمایی از کابل دی الکتریک سرد

یکی از مزایای استفاده از کابل‌های ابررسانا حل کردن مشکل گرم شدن عایق‌های بکار رفته در کابل‌های معمول (سنتی) است. گرمای ایجاد شده ناشی از گرمای ژول و اتلاف دی الکتریک است که طول عمر مفید عایق‌ها را به شدت کاهش می‌دهد. مزیت دیگر کابل‌های ابررسانا کاهش اتلاف و افزایش توان انتقالی است [۲۵].

۲-۱-۱-۴- ترانسفورماتور

به منظور کاهش افت ولتاژ (افت انرژی) در هنگام انتقال انرژی به فواصل دور باید میزان جریان الکتریسیته تولید شده در نیروگاهها را کاهش داده و در مقابل ولتاژ را بالا برد. ترانسفورماتور وسیله‌ای است که این کار را انجام می‌دهد. یک ترانس دارای تلفاتی هستند. مهمترین بخش این تلفات مربوط به سیم‌پیچ‌ها می‌شود. این سیم‌پیچ‌ها در ترانسهای سنتی از هادیهای مسی ساخته می‌شوند که به دلیل وجود مقاومت باعث ایجاد تلفات اهمی شده که به صورت گرما نمایان شده و دمای سیم‌پیچ‌ها را بالا می‌برد. این امر باعث اتلاف انرژی و کاهش بازده سیستم می‌شود. برای رفع مشکل گرم شدن سیم‌پیچ‌ها از یک خنک کننده استفاده می‌شود که عموماً روغنهای خاص این منظور هستند. این روغن‌ها قابل اشتعال اند و خطرات زیست محیطی فراوانی دارند.

برای غلبه بر این مشکلات می‌توان از سیم‌های ساخته شده از مواد ابررسانا در ساخت سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه ترانسفورماتورها استفاده کرد. اگر چه برای خنک کردن سیم‌های ابررسانایی نیز باید از یک خنک کننده مثل هلیوم مایع یا نیتروژن مایع استفاده کرد اما این مواد دیگر خطرات مربوط به استفاده از روغن را ندارند. ترانسهای ابررسانایی هم با استفاده از ترکیبات ابررسانای دمای پایین ساخته شده‌اند و هم با استفاده از ترکیبات ابررسانای دمای بالا.

مسائلی که در ساخت ترانسفورماتور باید حل شود یکی تعداد دورهای سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه و دیگری قطر هسته آهنی میباشد. جرم و حجم کل نیز از جمله مسائلی است که قبل از ساخت باید به دقت تعیین شوند. معمولاً در ساخت ترانسفورماتورها جرم و حجم کوچکتر مورد توجه است. برای محاسبه تعداد دورهای سیم‌پیچ‌ها ابتدا تعداد دور برای یک ولت محاسبه می‌شود و سپس با توجه ولتاژ مورد نیاز تعداد دورهای لازم تعیین می‌شود. با توجه به اتلافهایی که در ترانس وجود دارد پس از انجام محاسبات باید برای جبران افت ولتاژ در تعداد دورهای سیم‌پیچ‌ها تصحیحاتی با توجه به درصد افت ولتاژ صورت بگیرد که این امر در ترانسهای ابررسانایی به دلیل افت ولتاژ بسیار اندک ضرورتی ندارد. اگر طول نوار ابررسانای بکار رفته در سیم‌پیچ‌های

ترانس بیشتر شود میشود سطح هسته را کوچکتر کرد که با اینکار هم اتلاف هسته کمتر شده و هم وزن ترانس کمتر میشود البته با توجه به قیمت طول بین ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ متر برای نوارهای HTS پیشنهاد می‌شود [۲۶].

۲-۱-۱-۱-۴-۱- ترانسفورماتور ابررسانایی HTS

ترانسفورماتوری با ویژگی‌های VA M100 / kV66 - kV22 با استفاده از نوارهای ابررسانای BSCCO ساخته شده است. چگالی جریان این سیستم حدود 40 A/mm^2 یعنی تقریباً ۱۰ برابر نوع سنتی آن می‌باشد.

- سیم‌پیچ اولیه شامل ۳ لایه است و لایه‌ها در مجموع ۱۶۳ دور دارند.

- سیم‌پیچ ثانویه شامل ۵ لایه است و هر لایه ۹۸ دور دارد و در مجموع شامل ۴۹۰ دور است.

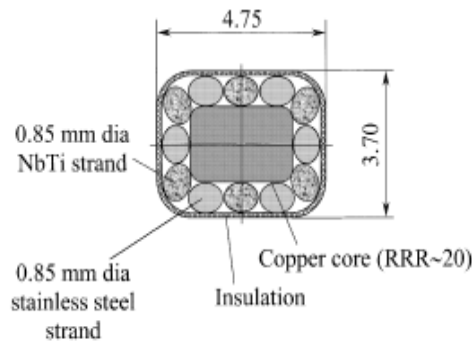
از آنجا که استحکام مکانیکی سیم‌پیچ‌ها باید به اندازه نوع روغنی آن باشد از نوارهای استنلس استیل (Stain Less Steel) با همان سایز نوارهای HTS در بین نوارهای ابررسانا استفاده می‌شود [۲۷]. پارامترهای این سیستم در جدول زیر داده شده است.

جدول (۲-۴): پارامترهای ترانسفورماتور HTS

HTS Transformer	Parameters
Structure	3-Phase core-type
Capacity	100 MVA
Voltae (prim./sec.)	66 kV/22 kV
Current (prim./sec.)	505 A/1515 A
% Impedance	7.5%
One turn voltage	135 V
Flus density in core	1.73 T
Conductor	Bi-2223/Ag tape
Number of turns	489/163
Tape length	34021 m/30150 m
Winding cooling	Liquid nitrogen
Field at air gap	0.27 T

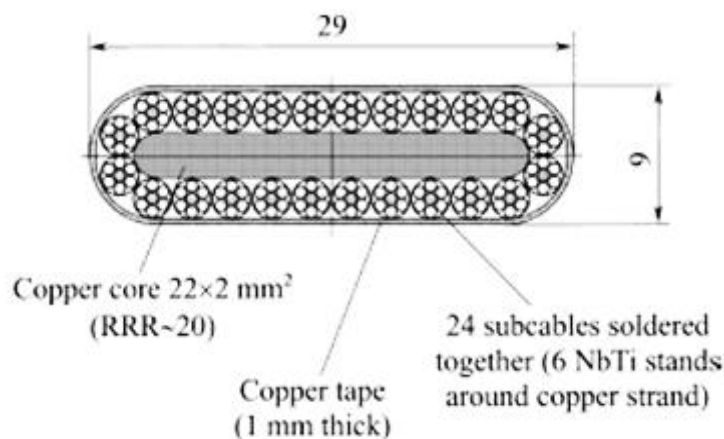
۲-۱-۱-۱-۴-۲- ترانس ساخته شده با نوارهای NbTi

ترانسفورماتورهای ابررسانایی با ابررساناهای دمای پایین (LTS) مثل NbTi هم ساخته شده‌اند. در سیم‌پیچ اولیه ۶ رشته NbTi بکار رفته است. همچنین شش رشته استنلس استیل با قطری برابر رشته‌های NbTi در ساخت سیم‌پیچ اولیه مورد استفاده قرار گرفته است. این رشته‌ها در اطراف یک هسته آهنی قرار گرفته‌اند.



شکل (۲-۹): نمایی از سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور

استنلس استیل نقشه‌ی دو گانه دارد. این ترکیب هم به منظور تقویت رسانا و هم به منظور جدا کردن رشته‌های ابررسانا برای کاهش اتلاف ناشی از جفت شدگی بکار می‌رود. اتلاف جفت شدگی در چنین ابررسانایی با جدا شدگی کاهش می‌یابد. در سیم‌پیچ ثانویه رشته‌های NbTi مثل سیم‌پیچ اولیه هستند. ابتدا شش رشته NbTi در اطراف یک سیم مسی مرکزی پیچیده می‌شوند (Subcable) سپس ۲۴ تا از سیم‌پیچ‌ها در اطراف یک سیم (باریکه) مسی مرکزی قرار می‌گیرند. در اطراف سیم‌ها از عایق الکتریکی با ضخامت 0.6 میلی‌متر استفاده می‌شود. سیم‌پیچ اولیه ثانویه بوسیله He مایع خنک می‌شوند. [۲۸] در جدول زیر پارامترهای مربوط به سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه داده شده است



شکل (۲-۱۰): نمایی از سیم پیچ ثانویه

جدول (۲-۵): پارامترهای مربوط به سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه

Parameters	Value
Primary Coil	
Inner diameter	445 mm
Outer diameter	535 mm
Height	547 mm
Number of layers	10
Number of turns	1180
Inductance	0.4 H
Maximum field at 500 A	1.1 T
Secondary Coil	
Inner diameter	576 mm
Outer diameter	600 mm
Number of turns	4
Inductance	6.77 μ H
Primary- Secondary mutual inductance (coupling coefficient k=0.8)	1.29 mH

مقایسه ترانس‌های سنتی (روغنی) و ترانس‌های ابررسانایی

- ✓ چگالی جریان ترانس‌های ابررسانایی حدود ۱۰ برابر نوع سنتی.
- ✓ وزن هسته ترانس‌های ابررسانایی حدود ۱۵٪ ترانس سنتی.
- ✓ اتلاف Ac در ترانس ابررسانایی حدود ۰/۱ ترانس سنتی.
- ✓ جرم و حجم ترانس‌های ابررسانایی کمتر از نوع سنتی آن است که درصد آن بستگی به طول نوار ابررسانا در سیم‌پیچ ها و فاکتور شکل سیم‌پیچ ها دارند که معمولا بین ۳۰ تا ۴۰ درصد است.
- ✓ بازده ترانس‌های سنتی غالبا کمتر از ۹۴٪ است در حالی که بازده ترانس‌های ابررسانایی حدود ۹۹٪ است.
- ✓ در ترانس‌های ابررسانایی از روغن استفاده نمی‌شود بنابراین خطر زیست محیطی و آتش سوزی که به دلیل استفاده از روغن در ترانس‌های سنتی وجود دارد در آنها وجود ندارد [۲۹].

جدول (۲-۶): مقایسه ترانس‌های روغنی و ابررسانایی

	Oil-immersed Transformer	HTS Transformer
Window (H×W)	2600×550 mm	1950×620 mm
Flux density in iron core	1.73 T	1.73 T
One turn voltage	135 V	135 V
%IX	7.5%	7.5%
Core weight	37.0 t	32.5 t
Loss	380 kW	90 kW
Efficiency	99.62%	99.91%

۲-۱-۱-۵- خازن همزمان^۱

بدون حضور بار القایی در مدار جریان و ولتاژ هم فاز می ماند و ضریب توان برابر ۱ است (ضریب توان واحد). هنگامیکه بار القایی به مدار اضافی می شود (مثلاً ترانسفورماتور یا موتور) جریان از ولتاژ عقب افتاده و ضریب توان از یک کوچکتر می شود. هرچه ضریب توان بالاتر باشد اتلاف خطوط انتقال جریان کمتر است و اجازه میدهد توان بیشتری در شبکه وجود داشته باشد. با کاهش ضریب توان اتلاف بیشتر شده و کارایی وسایل کاهش میابد.

برای تصحیح ضریب توان راههای چندی وجود دارد از جمله استفاده از انواع خازنها مثل:

۱- Fixed Capacitor

۲- Switched Capacitor

۳- Static VAR Compensator

۴- Rotating Synchronous Capacitor

تقریباً همیشه مقداری هارمونیک در شبکه‌های قدرت وجود دارد. اگر هارمونیکهای قابل توجهی در شبکه داشته باشیم خازنهای ۱ و ۲ ممکن است به علت تولید گرمای زیاد و تشدید الکتریکی نتوانند به خوبی عمل کرده و وظیفه خود را انجام دهند. برای رفع این مشکل میتوان از فیلترهای هارمونیک استفاده کرد که مشکل هارمونیکها را تا حدودی کاهش می دهند اما این فیلترها گران قیمت هستند. جبران ساز استاتیک (خازن ۳) که در واقع یک وسیله یکسو ساز توان است و پاسخ سریعی دارد ولی بسیار گران قیمت است، نصب آن مشکل است و به فضای زیادی نیاز دارد و همچنین هزینه نصب و نگهداری آن بسیار بالا است.

خازنهای همزمان چرخنده (خازن ۴) که در حقیقت یک موتور همزمان هستند و با فعال شدن شبکه به کار می‌افتند. به دلیل مشکلاتی مثل گرم شدن بیش از حد که در خازنهای سنتی وجود دارد تمایل به استفاده از این نوع خازنها رو به افزایش است. این وسیله به عنوان یک ذخیره کننده برای اصلاح ضریب توان (یا ثابت نگه داشتن ضریب توان در یک سطح خاص) بکار می‌رود. همچنین هنگامیکه نیاز به تقویت ولتاژ در شبکه وجود دارد مثلاً وقتی که یک موتور بزرگ به شبکه متصل می‌شود میتوان از این وسیله استفاده کرد. کاربرد دیگر این نوع خازنها زمانی است که فاصله بین محل تولید و توزیع توان زیاد است.

مزیت عمده این نوع از خازنها این است که بوسیله هارمونیکها تحت تاثیر قرار نمی‌گیرند و حتی برخی از هارمونیکها توسط

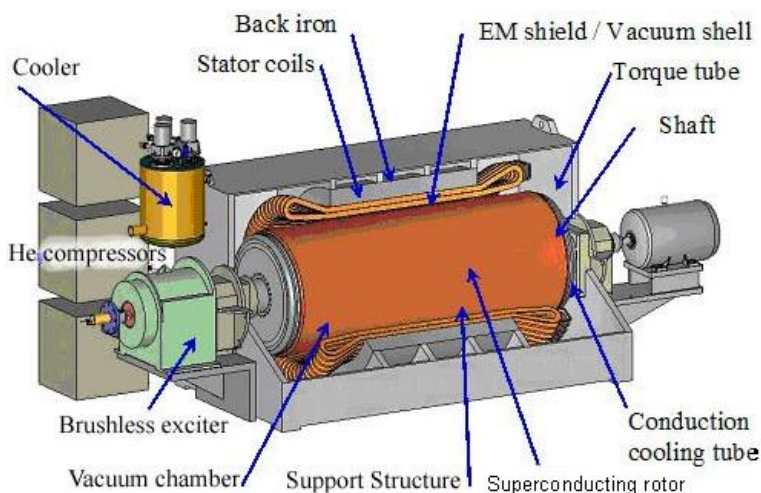
آنها جذب می‌شود. همچنین این سیستم ها سطح ولتاژ بیش از حد تولید نمی‌کنند [۳۰].

^۱. synchronouscapacitor

مواد ابررسانا در ساخت خازنهای همزمان نیز کاربرد دارند. خازنهای ابر رسانایی جدیدی معرفی شده‌اند که همان قاب و سیم‌پیچ‌های استاتور خازنهای همزمان سنتی را دارند ولی سیم‌پیچ روتور آنها با استفاده از مواد ابررسانای دمای بالا ساخته شده است. این خازنهای جدید کار آمد تر هستند و بازده بیشتری نسبت به نوع سنتی خود دارند.

در این خازنها جریان میدان بین حالت‌های بی باری و بار کامل تغییرات بسیار اندکی دارد و چون اتلافهای مقاومتی تحت شرایط عملکرد نرمال (حالت ابررسانایی) بسیار کم و قابل چشم‌پوشی هستند و سیم‌پیچ‌های میدان ابررسانا تقریباً همیشه در یک دمای ثابت کار می کنند هیچ انبساط و انقباضی در سیم‌پیچ‌ها در شرایط عادی اتفاق نمی افتد (بر خلاف خازنهای سنتی) و در نتیجه هیچ تنش حرارتی به سیم پیچ میدان وارد نمی‌شود و عمر مفید آن افزایش می یابد در حالیکه در خازنهای سنتی گرمای ایجاد شده بین شرایط بی باری و بار کامل باعث ایجاد انقباض و انبساط شدید سیم‌پیچ میدان شده و باعث فرسودگی زود هنگام عایقها و از کار افتادن سیم‌پیچ میشود.

خازنهای همزمان چرخنده ابررسانایی میتوانند حدود نیمی از انرژی مصرفی توسط خازنهای همزمان سنتی را مصرف کرده و به سبب اتلاف کمی که دارند بازده بالا و در حدود ۹۹٪ داشته باشند که بین ۱ تا ۲ درصد بیشتر از انواع سنتی آنها میباشد. [۳۱] در شکل زیر یک خازن ابررسانایی نشان داده شده است [۳۲].



شکل (۲-۱۱): خازن ابررسانایی

استفاده از سیم‌پیچ ابررسانایی در این وسایل باعث کاهش حجم و وزن آنها میشود. به عنوان مثال یک موتور MW25 سنتی (که به عنوان خازن استفاده میشود) حدود Ton135 وزن دارد که با استفاده از سیم BSCCO وزن آن با ضریب ۳ یا بیشتر کاهش مییابد. حجم موتور نیز $1/3$ یا کمتر نسبت به نوع سنتی آن است.

استفاده از سیم های ابررسانای دمای پایین در سیم‌پیچی باعث کاهش وزن بیشتر موتور (خازن) میشود ولی به دلیل افزایش هزینه سرمایه‌ی کاربرد آنها مقرون به صرفه نیست. [۳۳] در جدول زیر برخی پارامترهای مربوط به یک خازن 380 kw داده شده است. این خازن با استفاده از سیم NbTi ساخته شده است. [۳۴]

جدول (۲-۷): خازن با استفاده از سیم NbTi

Electrical characteristics	NbTi 4 K
Rating	۳۸۰kw
Armature	۴۰۰V, 560A
Ac loss	۳۵
Synchronous reactance	۴۵
Dimensions (mm)	
Mean armature radius (r_0)	۵۵۰
Internal magnetic core radius (r_s)	۶۲۵
Active length	۱۱۵۰
Excitation	۲۸۰
Armature	۱۲۰
Magnetic core	۱۹۰۰
Cryostate	۵۰۰۰
Cooling system	۴۵۰۰
Total	۱۲۸۰۰

جدول (۲-۸) پارامترهای خازن ساخته شده با نوارهای BSCCO را میدهد. [۳۵]

جدول (۲-۸): خازن با استفاده از سیم BSCCO

Electrical characteristics	BSCCO 40 K
Rating	۳۸۰kw
Armature	۴۰۰V, 560A
Ac loss	۴۵
Synchronous reactance	۱۷۰
Dimensions (mm)	
Mean armature radius (r_0)	۶۰۰
Internal magnetic core radius (r_s)	۶۷۵
Active length	۱۲۵۰
Weight (kg)	
Excitation	۱۱۰۰
Armature	۱۶۰
Magnetic core	۳۷۰۰
Cryostat	۵۵۰۰
Cooling system	۴۵۰۰
Total	۱۵۰۰۰

با توجه به داده‌های جدول تفاوت عمده‌ای بین سیستم ساخته شده با نوارهای LTS و HTS وجود ندارد ولی در سیستم ساخته شده با نوار BSCCO سرمایه‌ش ساده‌تر است و هزینه کمتری دارد.

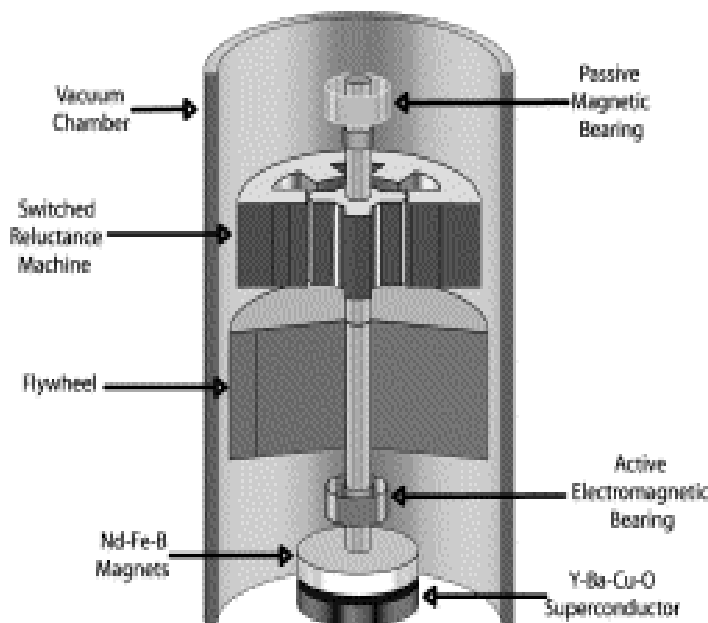
۲-۱-۱-۶- فلاپویل^۱

فلاپویل در حقیقت یک باطری الکترومکانیکی است و به منظور ذخیره انرژی به کار برده می‌شود. این سیستم شامل دیسک یا سیلندرهایی چرخانی است که انرژی را در بازه زمانی طولانی ذخیره کرده و در مدت زمان کوتاهی آزاد می‌سازند. انرژی جنبشی ذخیره شده در یک فلاپویل می‌تواند به راحتی به صورتهای دیگر انرژی مثل انرژی الکتریکی تبدیل شود. از فلاپویل‌ها می‌توان به منظور تنظیم فرکانس در شبکه‌های قدرت و یا رفع افت ولتاژ یا آشفستگی ولتاژ استفاده کرد. یک فلاپویل شامل بخشهای مختلفی از جمله چرخ گردان، تکیه‌گاه‌ها (bearing)، بخشهای کنترلی سیستم خنک کننده و مبدلها می‌باشد. میزان ذخیره انرژی متناسب با جرم چرخ گردان و مربع سرعت چرخشی آن است $(E=1/2 I \omega^2)$. در فلاپویل‌های سنتی از فلزی مثل استیل برای ساخت چرخ گردان استفاده می‌شود که سرعت چرخش آنها نسبتاً پایین است که

^۱. flywheel

این امر به دلیل عدم تحمل تنشهای وارد بر سیستم در سرعتهای چرخش بالا می‌باشد. امروزه برای غلبه بر این مشکل از چرخشی بالا دست پیدا کرد. بنابراین میتوان جرم ماده مورد استفاده را کاهش داد که به این ترتیب سیستم کوچکتر و سبکتر می‌شود. یک مسئله مهم در کاربرد فلاپویل ها وجود اتلاف در تکیه‌گاه ها می‌باشد که محل اتصال بخش چرخنده و قسمت ساکن فلاپویل هستند. این اتلاف ناشی از اصطکاک است و به صورت گرما در سیستم ظاهر می‌شود و باعث سایش و از بین رفتن تکیه گاه می‌شود.

برای حل این مشکل از تکیه گاههای مغناطیسی استفاده می‌شود که در نوع سنتی از سیم‌پیچ های مسی به این منظور استفاده می‌شود. این سیم‌پیچ‌ها برای برقراری میدان مغناطیسی نیاز به انرژی الکتریکی دارند که بخشی از این انرژی به دلیل وجود مقاومت اهمی به صورت گرما تلف می‌شود و هر چه دمای سیستم بالاتر رود این اتلاف بیشتر خواهد بود. این امر باعث می‌شود این نوع سیستم ها از نظر اقتصادی خیلی مقرون به صرفه نباشند. در یک فلاپویل نیز همانند سایر تجهیزات بکار رفته در شبکه‌های قدرت اتلاف کمتر و بازده بیشتر مورد توجه است. به این منظور در نسل جدید این سیستم ها از ترکیبات ابررسانا در ساخت تکیه‌گاهها استفاده شده که استفاده از این سیستم ها را از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می‌سازد. [۳۶] در شکل زیر طرح کلی یک فلاپویل نشان داده شده است.



شکل (۲-۱۲): طرح کلی یک فلاپویل

در این نوع فلاپیول‌ها ضرایب سایشی بسیار کوچک در حد 10^{-6} و یا کوچکتر را میتوان بدست آورد که باعث ایجاد اتلافهای بسیار کوچکی می‌شوند. همچنین این نوع تکیه گاهها اتلافی حدود 10^{-3} - 10^{-2} وات در هر کیلوگرم وزن چرخ گردان دارند) برای روتوری با سرعت چرخش (rpm2000). این مقدار در فلاپیولهای سنتی دو تا سه مرتبه بزرگتر است.

در ضمن برای کاهش اثر مقاومت هوا سیستم فلاپیول را در یک محفظه خلا قرار میدهند فشار این محفظه در حدود 10^{-2} Pa در نظر گرفته میشود [۳۸].

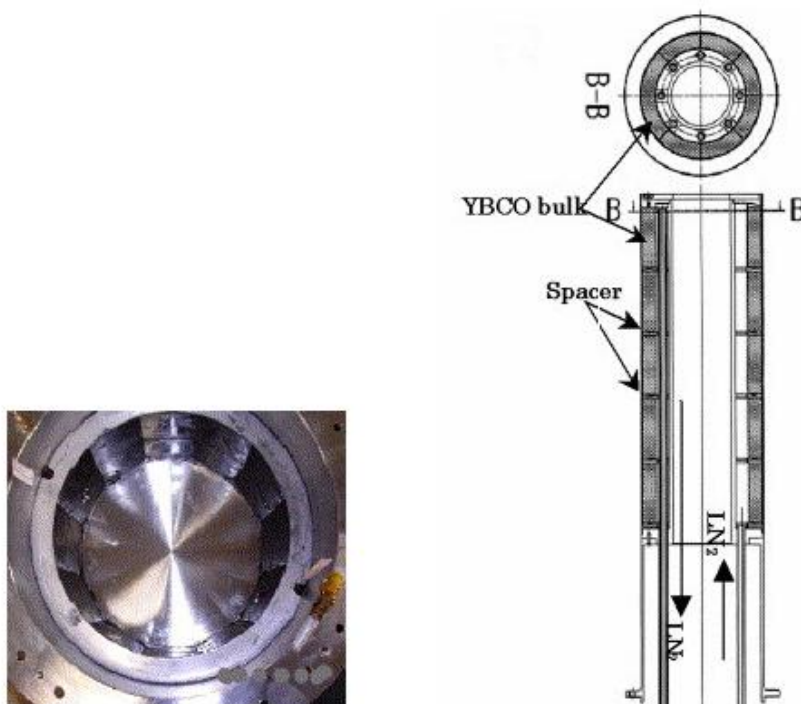
در ساخت تکیه گاه های فلاپیول‌هایی که در آنها از مواد ابررسانا استفاده می‌شود از آهنربای دائم که جنس آن غالباً از ترکیب NdFeB است برای ایجاد شناوری (معلق نگه داشتن چرخ گردان) استفاده می‌شود و بخش ابر رسانایی برای ایجاد پایداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از آهنرباهای دائم باعث می‌شود نیازی به ابر رساناهای با کیفیت خیلی بالا نداشته باشیم که این کار باعث کاهش هزینه‌ها میشود.

فلاپیول‌های ابر رسانایی براساس جهت محور چرخش به دو گروه عمودی محور و افقی محور تقسیم می‌شوند. در سیستم‌های عمودی محور چون بخش ابر رسانایی باید وزن چرخش را به تنهایی تحمل کند باید دارای کیفیت بالایی باشد که این امر هزینه ساخت و سرمایه‌ش را افزایش می‌دهد که برای اجتناب از این امر از ترکیب ابر رسانا و آهنربای دائمی در ساخت تکیه گاه استفاده می‌شود. [۳۹]

برای ساخت فلاپیول غالباً از ترکیب ابررسانای YBCO استفاده میشود که به دلیل نیروی میخکوب کنندگی بالای این ترکیب است.

به عنوان مثال برای یک فلاپیول KWh10 مغناطیس ساخته شده شامل دوازده قطعه ابررسانای YBCO میباشد با قطر داخلی mm2/93، قطر خارجی mm2/123 و ارتفاع 60 mm. این قطعات کنار هم و داخل سیستم سردساز قرار داده میشوند به گونه ای که جهت محور کریستالی آنها عمود بر محور چرخش روتور میباشد.

به منظور تقویت استحکام مکانیکی و جلوگیری از فرسایش تدریجی سطح، مغناطیسهای ساخته شده بوسیله لایه ای از اپوکسی رزین پوشانده می شوند. [۴۰] در شکل‌های زیر مغناطیس ابررسانا درون سیستم سردساز نشان داده شده.



شکل (۲-۱۳): مغناطیس ابررسانا درون سیستم سردساز

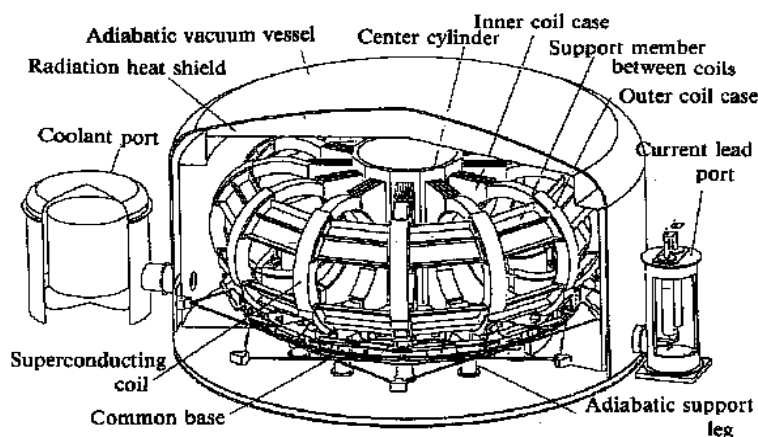
استفاده از ترکیبات ابررسانا در فلاپیول باعث کاهش اتلاف چرخشی بین ۱ تا ۱۰ درصد نسبت به نوع سنتی آنها میشود. همچنین حجم و وزن این سیستمها به مقدار قابل توجهی کاهش می یابد به گونه ای که میتوان آنها را در هر مکانی نصب کرد.

۲-۱-۱-۷- ذخیره ساز انرژی مغناطیسی ابرسانایی

در سیستم‌های قدرت بین قدرت الکتریکی تولیدی و مصرفی تعادل لحظه ای برقرار است و هیچگونه ذخیره انرژی در آنها صورت نمی گیرد. بنابراین تولید شبکه ناچار به تبعیت از منحنی مصرف است که غیراقتصادی میباشد SMES یا ذخیره ساز انرژی مغناطیسی ابرسانایی وسیله ای است که برای ذخیره کردن انرژی، بهبود پایداری سیستم قدرت و کم کردن نوسانات قابل استفاده است. این انرژی توسط میدان مغناطیسی که بوسیله جریان مستقیم ایجاد می‌شود ذخیره می گردد. ویژگی ابر رسانی سیم پیچ SMES موجب می‌شود که بازده رفت و برگشت فرآیند ذخیره انرژی بسیار بالا و حدود ۹۵٪ باشد. این وسیله هزاران بار قابلیت شار و دشارژ دارد بدون آنکه تغییری در خواص مغناطیس آن ایجاد شود.

سیستم‌های SMES به دو منظور استفاده می‌شوند یکی به منظور تراز منحنی مصرف و افزایش ضریب بار به منظور افزایش میرایی نوسانات شبکه مانند نوسان در فرکانس، توان و... که برای این منظور از سیستم‌هایی با قدرت و ظرفیت بالا مثلاً MJ1800/ Mw100 استفاده می‌شود. دوم به منظور بهبود پایداری سیستم که برای این منظور از ذخیره‌سازهایی با توان و ظرفیت کمتر استفاده می‌شود مثلاً در حد [41] MJ50 / Mw100.

سیم‌پیچ‌های ابررسانای SMES از طریق مبدل‌هایی به سیستم قدرت متصل شده، شارژ و دشارژ می‌شوند. ورودی ذخیره ساز میتواند تغییرات ولتاژ شبکه، تغییرات فرکانس و... باشد و خروجی آن نیز توان دریافتی خواهد بود. در شکل زیر نمای کلی یک SMES نشان داده شده است [۴۲].



شکل (۲-۱۴): نمای کلی SMES

هر دو نوع SMES طراحی و ساخته شده اند هم با استفاده از ابررساناهای دمای پایین LTS و هم با استفاده از ابررساناهای دمای بالا HTS.

۲-۱-۱-۱-۱-۲ SMES دمای پایین

۲-۱-۱-۱-۱-۲ SMES برای پایدار سازی سیستم قدرت: SMES با ظرفیت کم

در SMES‌هایی که به منظور پایدار سازی سیستم قدرت مورد استفاده قرار می‌گیرند باید گرمای کمی تولید شود. در این سیستمها نرخ تغییرات در جریان سیم‌پیچ بسیار بالا است. بنابراین توسعه سیم‌پیچ‌های ابررسانایی با عملکرد بالا که بتوانند ولتاژهای بالا را تحمل کنند و همچنین استحکام مکانیکی زیادی داشته باشند ضروری است.

این دسته از SMES ها ممکن است فقط چند بار در سال مورد استفاده قرار گیرند. یعنی در مد نوسانی گسسته فعالیت میکنند. دوره تناوب این سیستم ها بسیار کوچک و مثلاً در حد S2-1 است.

برای ساخت سیم‌پیچ این سیستم یک سیم‌پیچ استوانه ای ساخته شده که جنس آن از ابر رسانای دمای پایین NbTi است که از آلومینیوم به عنوان محافظ این سیمها استفاده شده است. همچنین از لایه‌های نازک اکسیدی روی - آلومینیوم به منظور کاهش جریان جفت شدگی (بویژه در بین رشته ها) استفاده شده است. این سیم‌پیچ بوسیله هلیوم مایع سرد می‌شود (یک کانال مرکزی در هر رسانا وجود دارد برای کاهش فشار پمپاژ در بین رسانا). سیم‌پیچ طراحی شده دارای ۱۶ لایه است که در ۲۴ سطر پیچیده شده اند و مجموعاً ۳۸۴ دور سیم‌پیچ دارد. برای ساخت این سیم‌پیچ حداقل 1 km سیم ابررسانا نیاز است [۴۳].

جدول (۲-۹): سیم‌پیچ ابررسانا

Specifications of the model coil for the 54 MJ/100 MW SMES system

Item	Commercial system	Model coil
<i>System specifications</i>		
Input/output power	Rectangular pulses (1 s cycle)	
Maximum current	9.6 kA@5.66 T	
Holding current	6.7 kA	
Minimum current	6.7 kA	
Stored energy/cryostat	96 MJ	2.9 MJ
Ratio of available energy	0.52	
Dump time constant	2.1 s	
<i>Coil specifications</i>		
Outer diameter	1.65 m	1.10 m
Inner diameter	1.15 m	0.40 m
Coil height	1.54 m	0.52 m
Numbers of turns and layers	70 turns, 11 layers	24 turns, 16 layers
Number of coils	4	1
Total conductor length	13.55 km	0.91 km
Coil configuration	Multi-pole solenoid	Single solenoid

۲-۱-۱-۷-۱-۲ SMES برای تصحیح افت و خیز نوسانات بار و تنظیم فرکانس با ظرفیت بالا

این نوع ذخیره سازها باید ظرفیت بالای ذخیره سازی انرژی را داشته باشند و در مد پالسی پیوسته فعالیت می‌کنند و بر خلاف نوع اول به دفعات بسیار زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند.

دوره تناوب این سیستم ها بزرگتر از نوع اول و مثلاً حدود S18 است. از آنجا که این نوع SEMS ها به دفعات استفاده می‌شوند بنابراین داشتن ساختار هادی ساده شده که اتلاف AC خیلی کمی داشته باشد بسیار مهم و ضروری است. برای ساخت این نوع SMES یک سلنویید چهار قطبی طراحی شده است که جنس آن آلیاژ ابر رسانای دمای پایین NbTi است که با مس پایدار شده است. رشته‌های ابر رسانایی غلافی از جنس CuNi در خارجی ترین لایه خود دارند که به منظور کاهش جریان

جفت شدگی بین رشته‌ها می‌باشد. برای سرد سازی این سیم‌پیچ از هلیوم مایع استفاده می‌شود. برای ساخت این سیم‌پیچ حداقل 3 km سیم ابررسانا نیاز است. جدول زیر مشخصات این SMES را نشان می‌دهد [۴۴].

جدول (۲-۱۰): مشخصات SMES

Specifications of the model coil for the 1800 MJ/100 MW SMES system

Item	Commercial system	Model coil
<i>System specifications</i>		
Input/output power	Rectangular pulses (18 s cycle)	
Maximum current	10 kA@4.8 T	
Holding current	7.7 kA	
Minimum current	4.2 kA	
Stored energy/cryostat	733 MJ	10.5 MJ
Ratio of available energy	0.82	
Dump time constant	3.6 s	
<i>Coil specifications</i>		
Outer diameter	3.26 m	1.15 m
Inner diameter	2.75 m	0.60 m
Coil length	3.36 m	0.53 m
Numbers of turns and layers	140 turns, 10 layers	24 turns, 12 layers
Total conductor length	53.0 km	3.2 km
Number of coils in a cryostat	4	
Coil configuration	Multi-pole solenoid	

۲-۱-۱-۲-۲ SMES دمای بالا

SMES‌های ساخته شده بوسیله ابر رساناهای دمای بالا نسبت به SMES‌هایی که از ابر رساناهای دمای پایین ساخته

می‌شوند دارای برتری‌هایی هستند از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- دمای عملکرد بالاتر و بازده سرمایه‌گذاری بیشتر
- ۲- کاهش هزینه‌ها به دلیل پیچیدگی کمتر
- ۳- سرمایه‌گذاری رسانا بوسیله Cryocooler
- ۴- نسبت به نوع LTS می‌توانند Over heat گذرای مجاز بیشتر داشته باشند.

۲-۱-۱-۲-۱ SMES برای پایدار سازی شبکه: SMES با ظرفیت پایین

برای این سیستم از یک تک سلنویید استفاده می‌شود (Single Solenoid) (که به دلیل سادگی ساختار و ظرفیت ذخیره بالا

انتخاب شده است).

این نوع SMES دارای ذخیره انرژی 50 kJ است و به منظور بررسی ظرفیت SMES در بهبود پایداری دینامیکی شبکه قدرت طراحی شده است. برای ساخت سیم‌پیچ این سیستم از نواری Bi-2223 استفاده می‌شود. در جدول زیر پارامترهای مربوط به این سیستم داده شده است. [۴۵]

جدول (۲-۱۱): پارامترهای مربوط به SMES

Superconducting conductor	Single tape	Four-parallel tapes
Conductor length (m)	4600	1250
Operating current (A)	130	500
Magnetic field $B_{//max}$ (T)	3.3	3.1
Magnetic field $B_{\perp max}$ (T)	1.73	1.44
Inductance (H)	5.92	0.37
Turns	4300	1200
Inner radius (mm)	122	100
Outer radius (mm)	218	221
Length (mm)	97	112

پس از ساخت نوارهای BSCCO باید بیشینه تنش القایی که توسط نیروی لورنتز به سیم‌پیچ وارد می‌شود تعیین شود زیرا تنش مکانیکی روی کارایی سیستم به شدت تاثیر می‌گذارد.

۲-۱-۱-۷-۲-۲- برای تصحیح افت و خیز نوسانات بار و تنظیم فرکانس SMES با ظرفیت بالا

به منظور تنظیم فرکانس و تصحیح افت و خیز نوسانات بار SMES هایی با استفاده از ابر رساناهای دمای بالا مانند BSCCO نیز ساخته شده اند. یک سیستم نوعی از این دست با ظرفیت ذخیره انرژی 1 GJ و توان 100 kw ساخته شده است. بری ساخت سیم‌پیچ این سیستم از نوارهای Bi-2223 با غلاف Ag استفاده شده است. از آنجا که ترکیبات ابر رسانا هنوز از نظر قیمت گران هستند بنابراین ساخت سیستم هایی با کمینه مقدار این مواد برای کاهش هزینه ها (شامل مواد اولیه، ساخت، سرمایش و...) مورد نظر است. هرچه قدرت میدان مغناطیسی تولید شده بوسیله این ترکیبات بالاتر باشد. سایز مغناطیس مورد استفاده کاهش خواهد یافت. وابستگی سایز مغناطیس (سیم‌پیچ تولید کننده میدان مغناطیس) به میدان تا میدان T10 نمود بیشتری دارد و برای میدانهای بالا تر از این مقدار وابستگی خیلی کم می‌شود. همچنین با افزایش میدان مغناطیسی، حجم مغناطیسی SMES را میتوان کاهش داد که اینکار باعث کاهش مقدار ابر رسانای مورد نیاز می‌شود. با توجه اندازه گیریهای انجام شده میدان بین ۱۰ تا ۱۴ تسلا برای کاهش نیاز به ابر رسانا پیشنهاد می‌شود.

در جدول زیر پارامترهای سیستم ارائه شده است. [۴۶]

جدول (۲-۱۲): پارامترهای سیستم SMES

Number of coils	12
Rated DC current	10 kA
Current density	51 A/mm
Outsidw radius of toriod	7050 mm
Maximum magnetic field	13.4 T
Maximum hoop stress of tape	250 Mpa
Elementary coil	
Inside radius	719 mm
Outside radius	1055 mm
Width	504 mm
Thickness	336 mm
Cinductor length	4.8 km
Number of turn	864

طبق داده‌های جدول برای ساخت SMES با قدرت ذخیره JG 1 به حدود 5 km نوار ابررسانای BSCCO نیاز است. البته اگر از هسته مغناطیسی برای این منظور استفاده شود طول سیم مورد نیاز به مقدار زیادی کاهش می‌یابد.

۲-۱-۱-۸- محدودساز جریان خطا

اتصال کوتاه یکی از خطاهای مهم در سیستم قدرت است که در زمان وقوع، جریان خطا تا بیش از ۱۰ برابر جریان نامی افزایش می‌یابد. با رشد و گسترش شبکه برق به قدرت اتصال کوتاه شبکه نیز افزوده می‌شود. تولید جریانهای خطای بزرگتر، ازدیاد گرمای حاصله ناشی از عبور جریان القایی زیاد در ژنراتورها، ترانسفورماتورها و سایر تجهیزات و همچنین کاهش قابلیت اطمینان شبکه را در پی دارد. لذا عبور چنین جریانی از شبکه احتیاج به تجهیزاتی دارد که توانایی تحمل آنرا داشته باشند و جهت قطع این جریان نیازمند کلیدهایی با قدرت قطع بالا هستیم که هزینه‌های سنگینی را به سیستم تحمیل می‌کنند. تاکنون انواع مختلفی از محدود کننده‌های خطا برای شبکه‌های توزیع و انتقال معرفی شده اند. ساده ترین آنها فیوزهای معمولی هستند که بعد از هر بار وقوع اتصال کوتاه باید تعویض شوند.

محدود سازهای جریان خطای ابر رسانایی (SFCL) رده تازده ای از وسایل حفاظتی هستند که قادرند شبکه را از اضافه جریانهای خطرناکی که باعث قطعی پر هزینه برق و خسارت به قطعات حساس سیستم می شوند حفاظت نمایند. این محدود کننده ها در شرایط عادی بهره برداری سیستم یک سیم پیچ با خاصیت ابر رسانایی بوده، مقاومت و افت ولتاژ بسیار اندکی را موجب می شوند ولی به محض وقوع اتصال کوتاه و افزایش جریان از یک حد معینی یکباره مقاومت آنها افزایش یافته و جریان خطا را به شدت محدود می کنند. کارایی این دستگاهها بیش از ۱۰ برابر مدارهای قطع جریان کلاسیک است. [۴۷]

مزایای استفاده از محدود سازهای ابر رسانایی به طور خلاصه عبارتند از:

- ۱- کاهش هزینه کلیدهای قدرت و فیوزها
 - ۲- کاهش نیاز به توسعه آینده سیستم
 - ۳- ظرفیت عملیاتی تقویت شده برای سیستم قدرت و عدم نیاز به تصحیح خازنی
- انواع مختلفی از محدود سازهای جریان خطای ابر رسانایی وجود دارد که شامل موارد زیرند:

۱- Resistive type with impedance in parallel

۲- Bridge type sfcl

۳- DC biased iron Core type sfcl

۴- shielded iron core type sfcl (inductive sfcl)

۵- fault Current controller type sfcl

طراحی SFCL با ظرفیت 2/1 kV / 80 A از نوع محدود ساز القایی (Sfclinductive)

یک Sfcl القایی از سه بخش اصلی تشکیل شده است:

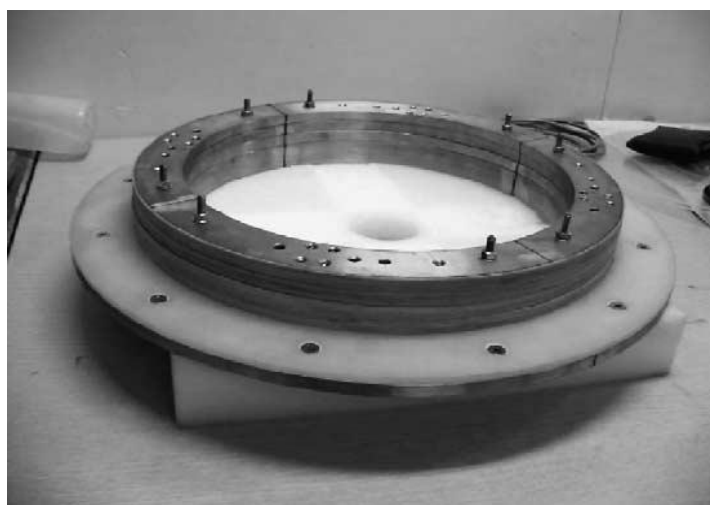
- ۱- یکسو ساز: برای تبدیل جریان متناوب به سیستم
- ۲- راکتور هسته _ مغناطیس
- ۳- راکتور dc: برای محدود کردن جریان خطای ایجاد شده در مدار بوسیله القای مغناطیسی که در این بخش از ماده ابر رسانا استفاده میشود.

از آنجا که این وسیله جریان خطا را بوسیله القای راکتور dc کاهش می دهد بنابراین طراحی راکتور dc آن بسیار مهم است. برای ساخت بخش ابر رسانای این سیستم از نوارهای BSCCO استفاده می شود. جریان بحرانی بکار رفته بین ۱۲۱ تا ۱۳۵ آمپر است. طول هر قطعه نوار بکار رفته حدود ۲۰۰ متر است. اما برای ساخت راکتور dc برای محدود سازی با مشخصات داده شده حدود ۸۰۰ متر نوار لازم است. در چنین شرایطی باید نوارها به گونه ای به هم متصل شوند. برای این منظور می توان مثلاً از جوش PbSn در دمای ۳۴۰ °C استفاده کرد.

با انجام اتصال میزان جریان بحرانی کاهش می یابد که اندازه آن به طول اتصالات و کیفیت آنها بستگی دارد نه به تعداد آنها. به طور مثال در این طراحی جریان بحرانی نوار بدون اتصال A134 بود و بعد از اتصال به حدود A113 کاهش یافت.

[۴۸]

چون نوارهای HTS ناهمسا نگردند بررسی جهت چگالی شار اعمالی به این نوارها فاکتور مهمی برای تخمین جریان بحرانی است. جریان بحرانی راکتور dc بوسیله مولفه عمودی چگالی شار تعیین می شود. نوارهای ساخته شده BSCCO با طول ۲۰۰ متر به یکدیگر متصل شده و برای سیم پیچی چهار جفت سیم پیچ مسطح مورد استفاده قرار میگیرند. هر جفت سیم پیچ روی یک بوبین که با عایق الکتریکی پوشانده شده پیچیده می شود. قطر خارجی بوبین ۴۰۰ میلی متر و ارتفاع آن ۵۲ میلی متر است شکل زیر این بوبین را نشان میدهد.

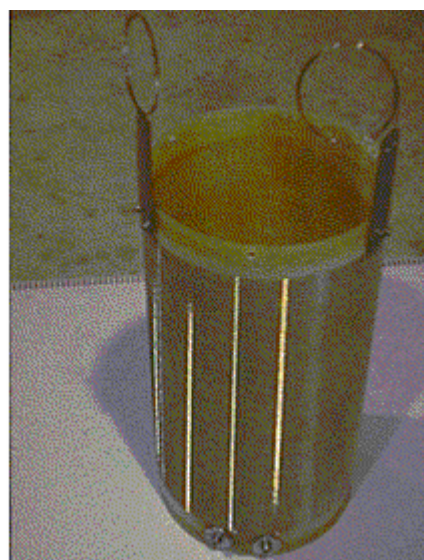


شکل (۲-۱۵): نمایی از بوبین

چهار جفت سیم‌پیچ باید با کشش یکسانی از نوارهای BSCCO پیچیده شوند و به همین منظور از دستگاه‌های خاصی برای سیم‌پیچی استفاده می‌شود. نکته قابل توجه ارتباط بین میزان کشش و جریان بحرانی است. طبق تحقیقات انجام شده بهینه اندازه کشش سیمها در این آزمایش 5/1-1 kgf است [۴۸].

برای یک سیستم محدود ساز جریان خطا با مشخصات KV8/13 /MVA20 جریان نامی اتصال کوتاه حدود A800 تعیین شده است. مقاومت مورد نیاز برای محدود کردن این جریان خطا حدود $9/5 \Omega$ میباشد. سیستم ساخته شده قادر به محدود کردن جریان خطای 8/2 kA به حدود A480 می‌باشد. اگر از نوار LTS مثل NbTi به این منظور استفاده شود حدود m95 نوار نیاز است در حالیکه اگر از نوار HTS مثل BSCCO استفاده شود بیش از m1500 نوار لازم است. ضخامت این نوارها mm22/0 و پهنای آنها mm4-3 در نظر گرفته میشود.

با وجود کمتر بودن طول مورد نیاز از نوارهای LTS به دلیل هزینه سرمایش بالای این ترکیبات در مقابل ترکیبات HTS استفاده از آنها مقرون به صرفه نمی‌باشد [۴۹].



شکل (۲-۱۶): HTS coil and coil LTS

۲-۱-۱-۱-۸-۱- سیستم سرمایش

هرچه دما پایین تر باشد جریان بحرانی نوارهای HTS بیشتر خواهد بود. بنابراین با افزایش دما ممکن است ناپایداریهایی در سیستم ایجاد شود. برای رفع این مشکل باید یک سیستم سرد ساز مطمئن و کار آمد مورد استفاده قرار گیرد. برای سردسازی

سیستم از نیتروژن مایع و برای کنترل دما از سنسورهای حرارتی مثل Cernoxes یا دیودهای سیلیکونی استفاده می‌شود که در قسمتهای مختلف راکتور قرار می‌گیرند. در این سیستم‌ها از رابطه‌ی حرارتی برای ارتباط بین سرد ساز و سیم‌های ابررسانا استفاده می‌شود [۵۰].

۲-۱-۲- امکان سنجی ساخت دستگاه‌های دارای کاربرد در داخل کشور

در تمامی تجهیزات مربوط به تولید توزیع و ذخیره انرژی الکتریکی از سیم یا سیم‌پیچ استفاده می‌شود و برای ساخت سیستمی که بتوان از آن در مقیاس صنعتی استفاده کرد به کیلومترها سیم نیاز است. این امر در مورد وسایل و ادوات ساخته شده با سیم‌های ابررسانایی نیز صادق است هر چند طول سیم‌های ابررسانای بکاررفته در این سیستم‌ها نسبت به سیم‌های مسی، که در انواع سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بسیار کمتر است اما همچنان به مقادیر زیادی از این سیمها نیاز است. بنابراین نخستین قدم در راه تولید وسایل و تجهیزات نیروگاهی ابررسانایی تولید سیم و نوارهای ابررسانا با طول زیاد است. پروژه ساخت محدود ساز جریان خطا در پژوهشگاه نیرو از جمله این موارد است که برای ساخت این وسیله نیز به سیم ابررسانا با طول زیاد نیاز است. سیم‌های ساخته شده از ترکیبات ابررسانای دمای پایین مثل NbTi یا Nb_3Sn چگالی جریان بالا و ویژگی‌های مکانیکی خوبی دارند اما هلیوم مایع که برای سرد کردن این دسته از ابررساناها مورد استفاده قرار می‌گیرد بسیار گران است و تجهیزات و وسایل مورد نیاز در رابطه با آن پیچیده و پرهزینه هستند و همچنین فضای نسبتاً وسیعی را اشغال می‌کنند. با توجه به هزینه زیاد رسیدن به دمای پایین، استفاده از این نوع ابررساناها به جای رساناهای معمول مقرون به صرفه نخواهد بود و فقط در موارد خاصی از قبیل ساخت آهنرباهای الکتریکی بسیار قوی، که رساناهای معمول برای آن مناسب نیستند. مورد استفاده عملی قرار می‌گیرند. بنابراین برای ورود ابررسانایی به صنعت در وهله اول لازم است مشکل سرد کردن آن به طریقی حل شود. مشکل سرمایه‌ی ابررساناها با کشف ابررسانای دمای بالا در سال ۱۹۸۷ تا حدودی بر طرف شد. دمای گذار این ترکیبات بالاتر از ۷۷k (نقطه جوش نیتروژن مایع) است. نیتروژن مایع نسبت به هلیوم دو برتری دارد نخست آنکه قیمت هر لیتر از آن (کمتر از ۱ دلار) در مقایسه با هلیوم (چندین دلار به ازای هر لیتر) بسیار کمتر است و دیگر اینکه نیتروژن مایع بر خلاف هلیوم مایع به راحتی و با استفاده از ظروف عایق قابل حمل است. در نتیجه وسایل خنک کننده‌ای که با نیتروژن مایع کار می‌کنند بسیار ساده تر و کم هزینه تر از تجهیزات مربوط به هلیوم مایع میباشند. بنابراین ترکیبات ابررسانای دمای بالا با وجود آنکه چگالی جریان کمتری دارند اما چون سرمایه‌ی آنها، که با نیتروژن مایع انجام میشود، با سیستمی بسیار ساده تر از

سیستم مربوط به هلیوم مایع امکان پذیر است و از طرفی هزینه بسیار کمتری دارد، برای ساخت سیم مناسب تر به نظر می‌رسند [۵۱].

در حال حاضر از میان ترکیبات ابررسانای دمای بالا ترکیب Bi-2223 با توجه به ویژگی‌های مکانیکی، چگالی جریان و... مناسبترین گزینه جهت ساخت سیم به شمار می‌رود. در ادامه به توضیح مراحل ساخت این ترکیب می‌پردازیم.

۲-۱-۳- ساخت سیم ابررسانا

برای تهیه ابررساناهای دمای بالای طولی روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است. روش ذوب منطقه ای یکی از این روشهاست که بیشتر برای ساخت سیم‌های ابررسانای YBCO مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش پودر $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ به شکل میله فشرده می‌شود. این میله بطور پیوسته از طریق حرکت داخل یک کوره استوانه ای با یک منطقه دمایی بسیار باریک و با گرادیان دمایی تند برای جامد سازی تک محوری به ترتیب ذوب و جامد می‌شود. به این طریق میله ای به طول 5cm بدون آنکه J_c آن کاهش یابد ساخته می‌شود. این روش منجر به ساخت سیم‌هایی می‌شود که به اندازه کافی طولی نیستند و در نتیجه برای استفاده عملی مناسب نمی‌باشند [۵۲].

چاپ کردن (prinying) یا افشاندن (spraying) پیش مواد فاز ابررسانا بر روی نوار و سپس انجام عملیات حرارتی بعدی یکی دیگر از روشهای ساخت نوارهای ابررساناست. نوارهایی که به این ترتیب ساخته می‌شوند دمای گذاری حدود 85k دارند اما J_c آنها همچنان کوچک است [۵۳].

روش پودر- داخل- لوله (powder-in-tube) موفق‌ترین روش ساخت سیم‌های ابررسانای دمای بالای طولی است. این روش خصوصاً برای ساخت سیم از ترکیبات پایه Bi بسیار ثمر بخش بوده است [۵۴].

۲-۱-۳-۱- مطالعه در خصوص روش PIT و روش‌های دیگر ساخت سیم

ساده‌ترین راه ساخت سیم از مواد ابررسانا بر پایه بیسموت، شکل دهی این مواد به صورت سیم است. ابررسانا به دلیل سرامیک بودن شکننده بوده و همچنین از رطوبت هوا متاثر می‌شود. بنابراین وجود نگهدارنده‌هایی چه به عنوان پوشش و چه به عنوان زیر لایه لازم است. حامل‌های جریان معمولاً به شکلهای مختلفی ساخته می‌شوند. از آن جمله می‌توان به سیم، نوار چند رشته و لایه‌های ضخیم اشاره کرد. در روش PIT پودر ابررسانا را درون لوله نقره‌ای ریخته و پس از بستن مجاری لوله، کامپوزیت حاصله را تحت تغییر شکل مکانیکی قرار می‌دهند و بعد از این مرحله نمونه آماده شده راتحت عملیات حرارتی قرار

میدهند. مراحل تغییر شکل مکانیکی و عملیات حرارتی ممکن است چندین بار تکرار شوند. این روش در ساخت سیمهای جریان، بیشتر مورد استفاده قرار میگیرد. به این ترتیب امکان ساخت سیم های ابررسانا با طول چند صد متر فراهم می شود. استفاده از نقره به عنوان پوشش دو مزیت دارد: اول اینکه با ترکیبات ابررسانا وارد واکنش نمی شود و به علاوه اکسیژن به راحتی از طریق آن نفوذ می کند و در نتیجه مرحله ی بازپخت با مشکل مواجه نمی شود. برای ساخت نوار ابررسانا لوله هنگام کشش تحت یک فشار تک جهت قرار می گیرد.

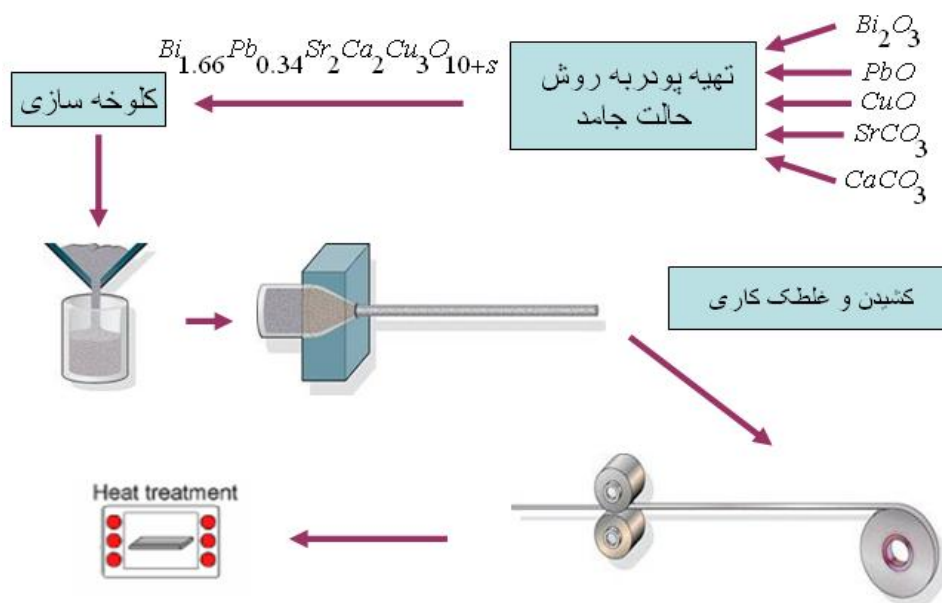
گرچه این روشها در هم جهت کردن دانه ها موثر هستند اما چنانکه مراحل حرارتی کنترل شده نباشد، منجر به تشکیل اتصالات ضعیف و در نتیجه تضعیف چگالی جریان بحرانی می شود. ایده ی بهبود اتصالات بین دانه ای با افزودن Ag_2O به پودر ترکیب اصلی و یا عناصری مثل Gd برای کاهش فازهای ثانوی و یا فلئورین برای رشد دانه ها نیز به مرحله ی آزمایش گذاشته شده و نتایج مثبتی به همراه داشته است [۵۵].

به طور کلی روش ساخت سیم را میتوان به سه مرحله تقسیم کرد:

(۱) تهیه پودر ماده ابررسانا

(۲) تغییر شکل مکانیکی

(۳) عملیات حرارتی



شکل (۲-۱۷): ساخت سیم و نوار ابررسانا به روش [56] PIT

۲-۱-۳-۱-۱- فیلم‌های ضخیم

از روشهای ساخت این گونه فیلم ها میتوان به روشهای زیر اشاره کرد.

Doctor – Blade –

Dip– Coated –

Organic – Precursor –

روش Doctor Blade

در این روش برای تهیه پودر ابر رسانا از هر روش ساخت پودر می توان استفاده کرد. سپس پودر ابر رسانای تهیه شده را به مخلوطی از ترکیبات آلی اضافه می کنند. تا ماده ای دوغابی حاصل شود. در مرحله بعد فیلم خام با استفاده از این ماده در ریختن آن بر روی یک سطح پهن و سپس هموار کردن آن با یک تیغه ساخته می‌شود. ضخامت فیلم به فاصله‌ای تیغه هموار کننده تا صفحه پهن بستگی دارد. در مرحله بعد فیلم را خشک کرده و آن را بر روی ورق نقره قرار می دهند. و عملیات حرارتی بر روی نمونه انجام می‌شود.

روش Dip-Coating

در این روش ورق نقره از میان ماده تهیه شده به روش فوق عبور کرده و در طی این عمل ماده به ورق می‌چسبد ضخامت فیلم در این روش را میتوان از راههای زیر کنترل کرد.

۱- تغییر ترکیبات آلی

۲- اصلاح نسبت آنها در مخلوط

۳- تنظیم میزان مواد جامد افزوده شده به مواد آلی

بعد از این مرحله فیلم را خشک می کنند. تا مواد آلی آن خارج شود و سپس فرآیند ذوب بر روی فیلم انجام می‌شود.

روش Organic- Precursor

در این روش ماده اولیه محلولی از ترکیبات آلی فلزی Cu, Bi, Br, Ca است که بر روی یک ورق نقره قرار می‌گیرد و سپس حلال را محترق می نمایند. بسته به اینکه چه ضخامتی از فیلم مورد نظر باشد این مراحل را چندین بار تکرار می کنند. در آخر کار فرآیند ذوب انجام می‌شود.

روش Metallic Precursor

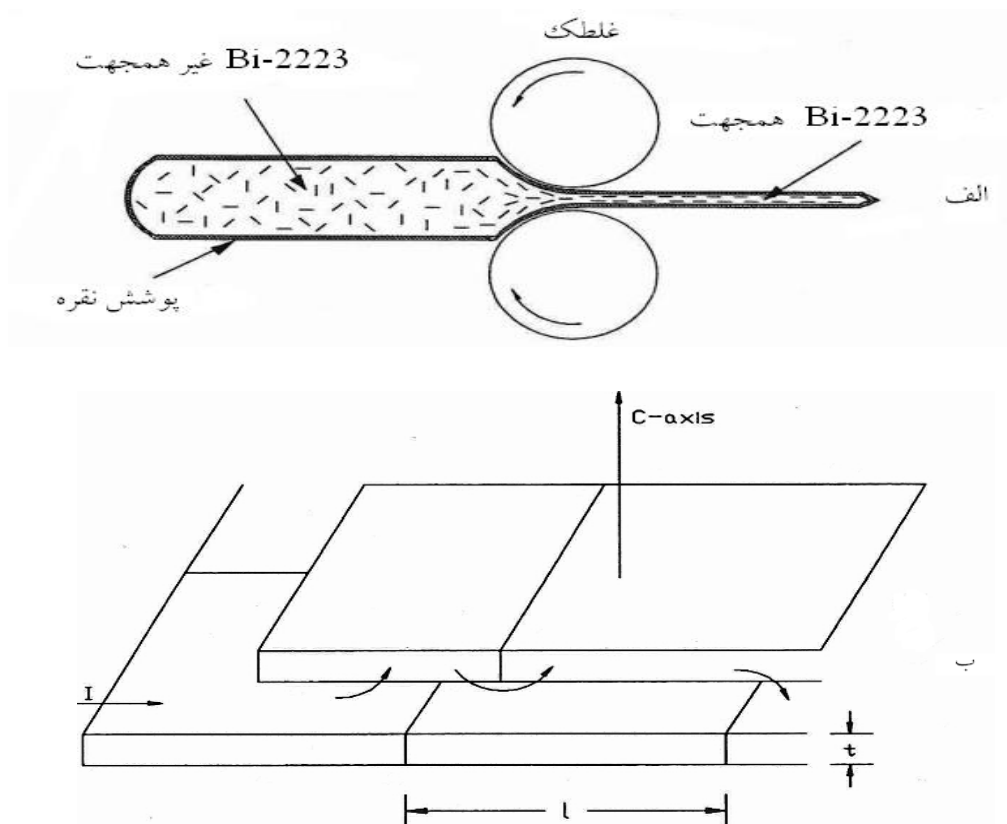
این روش توسط شرکت American Superconductor بسط و توسعه داده شده است. در این روش مراحل کشیدن و نورد بر روی یک آلیاژ فلزی انجام می‌شود. و تنها بعد از اینکه سیستم به ابعاد نهایی خود رسید مرحله اکسیژن دهی برای تبدیل آن به یک ابر رسانا انجام می‌شود.

ابتداء پودرهای فلزی Cu, Bi, Pb, Sr, Ca به نسبتی که بتوانند فاز BSCCO را بسازند. با یکدیگر در وسیله ای به نام Ball mill مخلوط می شوند. در اثر این عمل پودر آلیاژی که در مقیاس اتمی همگن است، بدست می آید. بعد از این مرحله پودر حاصله در داخل یک قوطی نقره ای ریخته شده و سپس این قوطی را به شکل شش وجهی بلند تبدیل می‌کنند. در مرحله بعد از میله بریده، تکه‌های بریده شده را کنار یکدیگر دسته کرده و بار دیگر عمل کشش انجام می‌شود. بار دیگر میله حاصل را قطعه قطعه کرده و کنار یکدیگر دسته کرده و عمل کشش را انجام می‌دهند. این فرآیند ممکن است چندین بار انجام شود. در هر بار سطح مقطع کاهش می یابد. به طوری که آخر سر هر رشته فقط دارای ضخامت $5\mu\text{m}$ می‌باشد. بعد از اتمام مراحل تغییر شکل مکانیکی با فرآیند اکسیژن دهی ماده به ابر رسانا تبدیل می‌شود.

۲-۱-۳-۱-۲- ساخت نوار

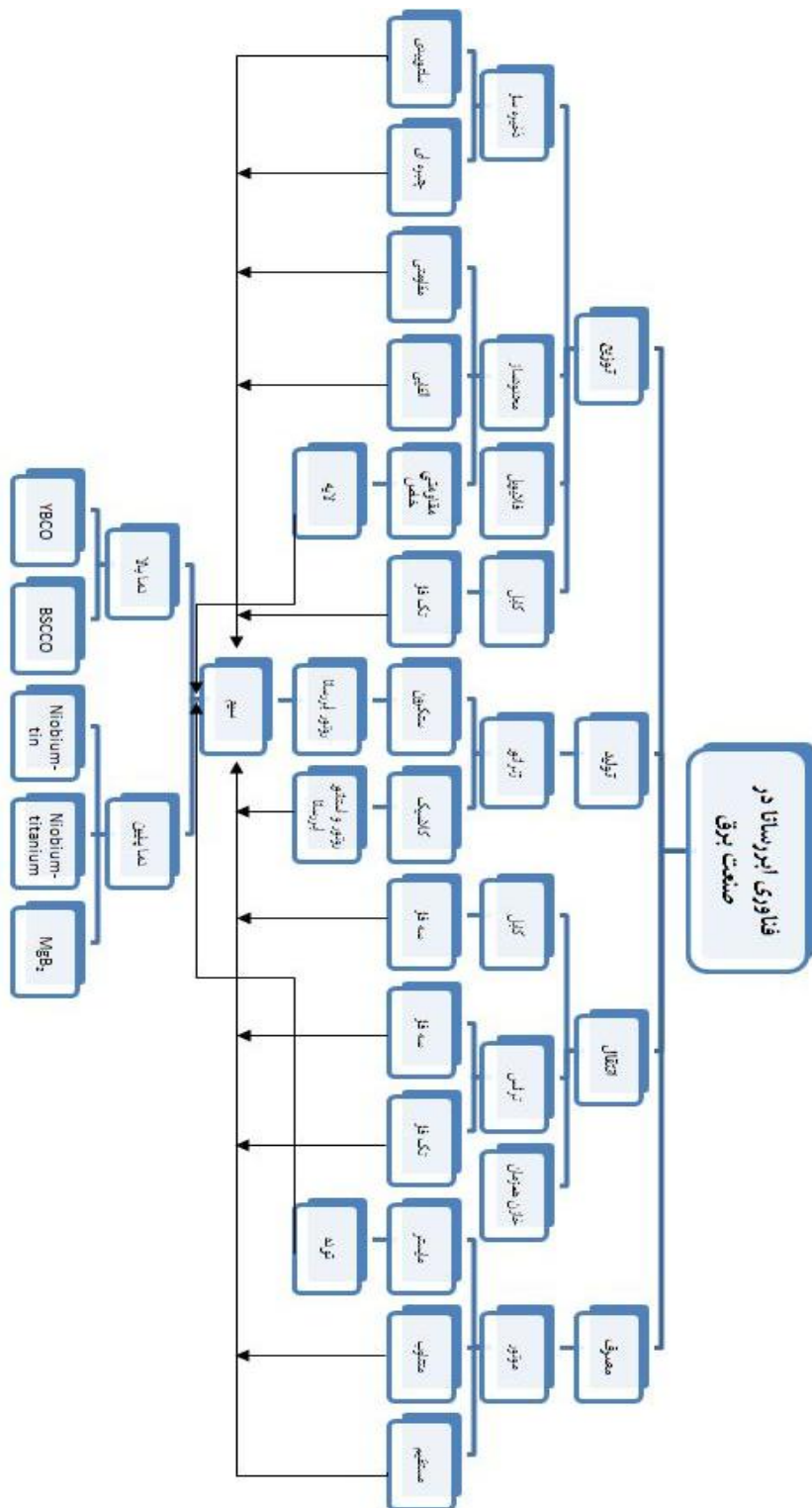
آتیه‌ی درخشانی را می‌توان برای نوارهای ابررسانای دما بالا در نظر گرفت و این امر به این علت است که Bi-2223 و Bi-2212 با ریخت شناسی صفحه‌ای می‌توانند در نوارها هم جهت شوند. نوارها می‌توانند هم با پوشش نقره و هم با صحاف آلی ساخته شوند. ذرات صفحه‌ای شکل در سیم با پوشش Ag را می‌توانیم با فشار مکانیکی حین غلتش همجهت کنیم همانطور که در شکل زیر (الف) نشان داده شده است.

با تکرار کلوخه سازی و رشد دانه‌ها با کاهش تدریجی ضخامت نوار می‌توانیم نوارهای با کیفیت بالا با طول زیاد یا سیم‌پیچ بسازیم. ریخت شناسی دانه‌ها که از همپوشانی صفحه‌ها حاصل می‌شود در شکل زیر (ب) نشان داده شده است. جریان (که توسط پیکان‌ها نشان داده شده است) می‌تواند با عبور از یک گذرگاه فرعی از طریق صفحات بسل که دارای تماس زیادی بین دانه هستند از اتصالات ضعیف عبور کند. ساخت نوارهای یکنواخت و سطح مقطع ثابت در طولشان، مستلزم شرایط کشش و غلطش ثابت است.



شکل (۲-۱۸): صفحات ابررسانای BSCCO در یک نوار ابررسانا

۲-۱-۴- درخت فناوری ابررسانا



شکل (۲-۱۹): درخت فناوری ابررسانا

۲-۲- آینده پژوهی فناوری ابررسانا

ابرسانایی تنها یک کشف علمی نیست بلکه دستاورد و کاری علمی است که دست کم صدها دانشمند در کشورهای بزرگ و پیشرفته ای هم چون ایالات متحده، چین، ژاپن و برخی کشورهای اروپایی چون هلند و روسیه در حال حاضر مشغول بررسی مسائل مرتبط به آن در آزمایشگاه ها و کمپانی های بزرگ دنیا میباشند. در این بخش به بررسی فعالیت های این کشورها و سایرین در زمینهی ابرسانایی و عمده ی سرمایه گذاری آنها روی حوزههای برگزیده ی این فناوری و نیز اولویت های توسعه ی ابرسانایی مبتنی بر نیازهای جهانی و پتانسیل موجود بطور مشخص در کاربردهای مربوطه در صنعت برق پرداخته می شود.

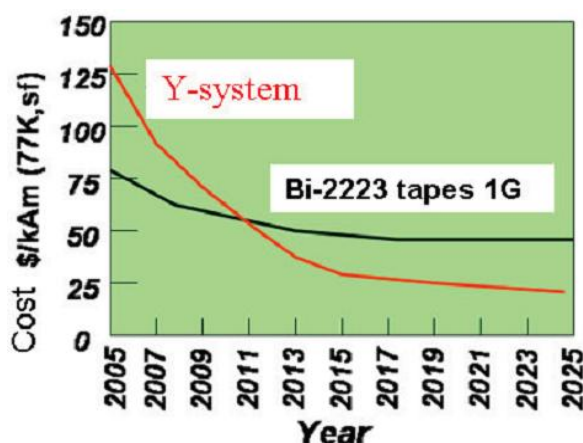
۲-۲-۱- فعالیت های ایالات متحدهی امریکا در حوزه ی ابررسانا در صنعت برق

پروژه های موجود و فعال جهت بهبود عملکرد سیم های ابررسانا و تجهیزات موردنیاز در شبکه ی برق در امریکا شامل تأسیسات و تجهیزات و تولیدکننده های سیم ها، کابل ها، موتور و ترانسفورماتورها با حمایت چندین آژانس مربوط به دولت امریکا در جریان است. در امریکا تولید تجاری سیمهای ابرسانای HTS نسل دوم، عمدتاً سوپرپاور^۱ و AMSC و شماری از سایر اقدامات جهت توسعه سیم های کارآفرینی در حال انجام هستند. اما فعالیت های امریکا در زمینه ی سیم های ابررسانا و تکنولوژی شبکه های برقی بطور چشمگیری تحت تأثیر خاتمه ی برنامه ی دپارتمان انرژی امریکا روی تجهیزات ابررسانا در صنعت برق است که تقریباً دو دهه مرکز اقدامات ایالات متحده در این عرصه بود. ادامه ی تمرکز روی کاربردها، در کنار صنعت روبه رشد امریکا (جهانگستر) در پلزنی به بازار تجاری و در حال شکوفایی تجهیزات ابررسانا نیازمند حمایت دولت و مساله ی تجاری سازی در این کشور است.

در این بخش به طور مختصر به بررسی شرایط و چشم اندازهای آتی فعالیت امریکا در تکنولوژی شبکه ی الکتریکی برقی ابررسانا با مرور کلی پروژه های مشخص و کمپانی ها پرداخته میشود. در اینجا تمرکز روی تکنولوژی شبکه ی برقی مبتنی بر سیم های ابررسانای دمابالا HTS با استفاده از ابررساناهای کوپرات؛ بطور مشخص سیم های ابررسانای نسل اول (G) $(\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10})$ (BSCCO-2223) و نسل دوم $(\text{REBCO}-123\text{r})$ $(\text{RE1Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7)$ (G) و سیم با اندازه کوچک

¹ SuperPower

MgB₂ با کاربرد به عنوان محدودسازهای جریان و ماشین‌های چرخشی می‌باشد. اگرچه همه‌ی این انواع سیم‌های ابررسانا می‌توانند در کاربردهای مغناطیسی مانند MRI، آهنرباهای تحقیقاتی میدان بالا و قویک انرژی بالا بکار روند اما در اینجا تمرکز روی کشش بازار بسمت سیم‌های ابررسانا در آمریکا متمرکز می‌باشد. در شکل ۲-۲۰ مقایسه‌ای بین سیم‌های نسل اول مبتنی بر بیسموت و سیم‌های نسل دوم مبتنی بر ایتربیم انجام شده است.



شکل (۲-۲۰): مقایسه‌ی روند قیمت سیم‌های نسل اول و دوم

بطور کلی فعالیت ایالات متحده در حوزه‌ی ابررسانا و بطور مشخص در تکنولوژی شبکه‌ی ابررسانا، جهان را در این حوزه در سطح عالی هدایت می‌کند. AMSC و سوپرپاور دو تامین‌کننده‌ی بزرگ سیم‌های ابررسانای نسل دوم می‌باشند. نصب پیشرفته‌ترین کابل HTS، کابل LIPA، که از سال ۲۰۰۸ در شبکه‌ی Long Island در حال کار است و در ابتدا با سیم‌های نسل اول کار می‌کرده ولی در حال حاضر در حال معرفی سیم‌های نسل دوم به یکی از سه فازش است. پیشرفته‌ترین ماشین چرخشی HTS، یک موتور نیروی محرکه‌ی کشتی MW توسط اداره تحقیقات نیروی دریایی آمریکا در سال ۲۰۰۸ نمایش داده شد. پروژه‌های اصلی و بزرگی در حال راه‌اندازی اولین کابل محدودساز جریان خطا در شبکه‌ی شهر نیویورک و نیز توسعه‌ی یک ترانسفورماتور محدودساز جریان ۵ MW هستند. برخی از پروژه‌های فعال در جدول ۲-۱۲ به خلاصه آورده شده‌اند.

جدول (۲-۱۲): پروژه‌های جاری ابررسانایی در امریکا در حوزه‌ی صنعت برق

Table I. Sponsored U. S.-Based Power Systems Projects							
Project Sponsor	Application	Title	Technical Targets	Status, Target	Member	Budget, Period	Source
DOE OE	Cable	LIPA HTS Cable I and II	138kV/2.4kA, 600m 3-phase cable system in-grid, Phase I with 3 1G HTS cables, Phase II with 1 2G HTS cable	In operation since 2008, Phase II complete 2012	AMSC(lead), Nexans, Air Liquide, LIPA	\$49 M, 2003-2011; \$0.2 M, 2012	Wolsky 2012
DHS	Cable	Resilient Electrical Grids (Project Hydra)	13.8 kV/4 kA, 170 m, 3-phase coaxial fault-current-limiting cable to be installed in NYC grid.	25m test completed, full cable being fabricated	AMSC (lead), Con Edison, Ultera, Air Liquide, Altran, ORNL	\$29 M, 2007-2014	Wolsky 2012
Tres Amigas LLC	DC Cable	Tres Amigas Super Station	DC power transfer between 3 main U. S. interconnects; first phase not superconducting	Raising funds	Tres Amigas LLC	TBD	Wolsky 2012; http://www.tresamigasllc.com/location.php
DOD ONR	DC Cable	Superconducting DC Cable	Study of helium-cooled DC superconducting cable for warship power; demo of 1 kV 30 m monopole cable	Underway	CAPS, Southwire, NSWC	\$5M, 2007-2013	Wolsky 2012
DOE Smart Grid	Transformer	Fault Current Limiting Superconducting Transformer	28MVA, 3-phase (69kV/12.47kV) with current limiting, 2G HTS wire, Smart Grid commun./control, in-grid test starting by end 2013	Design under development	Waukesha (lead), SuperPower, SCE, ORNL, TCSUH	\$21.5M (\$10.7M from DOE), 2010.2.1-2015.1.31	Wolsky 2012, http://www.smartgrid.gov/sites/default/files/waukesha-oe0000244-final.pdf
DOE EERE	Wind generator	Fully Superconducting Direct-Drive Generator for Large Wind Turbines	Performance tests of specific drivetrain components, build and demonstrate a sub-scale system and complete detailed design for 10 MW, using MgB ₂ conductor	case study	AML, Emerson Electric, Argonne, Creare, BEW Engineering	Phase I \$0.7 M, Phase II \$2.5 M, 2012-2014	Wolsky 2012
NASA	Rotating machine	High-Fidelity Sizing Model for Superconducting Rotating Machines	Model for high-power superconducting machines for electrical generators and turbo-electric propulsion fans.	Started	AML, Boeing, Empirical Systems Aerospace	\$0.9 M, 2011.6.13-2014	Wolsky 2012
DOE ARPA-E	SMES	Magnetic Energy Storage System	Storage using ultra high field HTS magnets, for storing intermittent wind and solar power, technology demonstration only in first phase	first wire delivered, coil trial begun	ABB (lead), Brookhaven Nat'l Lab, SuperPower	\$4.2M, 2010.10.1-2013.9.30	Wolsky 2012, http://arpa-e.energy.gov/?q=arpa-e-projects/magnetic-energy-storage-system
DOE ARPA-E	Flywheel	Grid-Scale Rampable Intermittent Dispatchable Storage (GRIDS)	In-grid demonstration of flywheel energy storage system with advanced fiber technology and superconducting bearings	Design complete, assembly underway, June 2012	Boeing Research & Technology	\$2.3 M, 2010.10.1-2013.9.30	Wolsky 2012, https://www.uaf.edu/files/acep/BoeingFlywheelOverview_06_20_2012.pdf

۲-۲-۱-۱- شرکت‌های بزرگ فعال در حوزه‌ی ابررسانا در امریکا

AMSC، بوئینگ^۱، امرسون الکتریک^۲، جنرال الکتریک^۳، ساوث وایر^۴، سیستم‌های برقی واریان^۵ و واکشا^۶ در کنار کمپانی‌های کوچکتتری نظیر گرید لاجیک^۷، هایپر تک ریسرچ^۸، متوکس^۹، تکنولوژی‌های ابررساناها (STI) و G-HTS^۳ روی سیم‌ها و برخی نظیر آزمایشگاه آهنربای پیشرفته، مهندسی BEW، سیستم‌های تجربی هوافضا^{۱۰} و تای-یانگ^{۱۱} روی سیم پیچ‌ها و سیستم‌ها متمرکز هستند.

اصلیترین تاسیسات امریکا شامل برق الکتریک امریکا، کن ادیسون^{۱۲}، لانگ آیلند پاور اتوریتی^{۱۳} (LIPA) و ادیسون کالیفرنیا^{۱۴} جنوبی هستند. حمایت بودجه‌ی دولتی توسط دپارتمان‌های دفاعی امریکا، انرژی و هوملند سکوریتی^{۱۵} و ناسا صورت می‌گیرد. فعالیت امریکا توسط بخش تحقیق و توسعه در آزمایشگاه‌های ملی نظیر آرگون^{۱۶}، بروکهاون^{۱۷}، لوس آلاموس^{۱۸} و اوک ریج^{۱۹} و در بسیاری دانشگاه‌ها؛ بطور مشخص مرکز کاربردی ابررسانایی و مرکز سیستم‌های برقی پیشرفته در دانشگاه ایالتی فلوریدا و مرکز تگزاس در دانشگاه هوستون تقویت می‌شود. کاربردهای برقی ابررسانا توسط کاربردهای تجاری و انتلافی ابررسانایی (CCAS)، برنامه‌ی ۳۶ اپری^{۲۰} روی انتقال زیرزمینی و گروه IEEE روی آزمایش محدودساز جریان خطا مورد مطالعه و ارتقا قرار گرفته است.

البته بایستی مشخص گردد که بخش قابل توجهی از فعالیت کنونی امریکا توسط کمپانی‌های امریکایی هدایت می‌شود که در اصل متعلق به کمپانی‌های خارجی اند (نظیر سوپراپاور که در حال حاضر متعلق به کمپانی ژاپنی فوروکاوا الکتریک^{۲۰}

¹ Boeing

² Emerson Electric

³ General electric

⁴ Southwire

⁵ Varian power systems

⁶ Waukesha electric systems

⁷ Grid logic

⁸ Hyper tech research

⁹ MetOx

¹⁰ Empirical systems Aerospace

¹¹ Tai-Yang

¹² Con Edison

¹³ Long island power authority

¹⁴ Homeland Security

¹⁵ Argonne

¹⁶ Brookhaven

¹⁷ Los Alamos

¹⁸ Oak Ridge

¹⁹ EPRI

²⁰ Furukawa electric

است و نیز تکو-واشنگتن هاوس^۱ که در حال حاضر متعلق به شرکت چینی-تایوانی TECO می باشد، توسط بخش های امریکایی کمپانی های خارجی (نظیر ABB سوئیس)، مستقیماً توسط کمپانی های خارجی (نگزانس^۲ و ایر لیکوئید^۳ فرانسه) یا توسط شرکتهای با سرمایه گذاری مشترک (اولترا^۴، سرمایه گذاری مشترک کمپانی ساوت وایر امریکا و کابلهای nkt دانمارک).

۲-۱-۲-۲- چالش های پیشرو در پروژه های ابررسانا در امریکا

در سال های اخیر برخی ابهامات در زمینه آینده تکنولوژی شبکه ابررسانا در امریکا مطرح شده است. یکی از اینها خاتمی برنامه ی تقریباً دو دهه ای دپارتمان انرژی امریکا توسط ادارهی الکتریسته روی تجهیزات برقی ابررسانایی بوده است که با یک شیوهی منظم توسعه ی سیم های ابررسانای HTS و تشکیل تیم های یکپارچه جهت نمایش تجهیزات برقی ابررسانا درون شبکه ای توسعه داده اند. این برنامه توسط LIPA، کلومبس-بیکسبی^۵ و نمایشهای کابل های آلبانی (که اولی هنوز فعال است، آلبانی متوقف شده و پروژهی کلومبس-بیکسبی انتظار میرفت پایان سال ۲۰۱۲ به نتیجه برسد). توسعه ی تکنولوژی محدودساز جریان خطا، اوج موفقیت در ارائه ی موفق انتقال ولتاژ فاز مجزای محدودساز جریان خطا توسط زیمنس، نگزانس و AMSC بوده است. یک دلیل برای خاتمه ی برنامه این تصور بود که تکنولوژی بقدر کافی تأسیس و راه اندازی شده بود تا به صنعت اجازه ی تجاری سازی بدون نیاز به حمایت های بیشتر دولت را بدهد.

در حالیکه این موضوع می تواند برای تکنولوژی کابلهای AC ابررسانا و محدودساز جریان صحیح باشد، برای برخی فرصت های بزرگ تجاری نظیر ژنراتورهای ابررسانا در توربین های بادی، کابلهای DC و ترانسفورماتورها جهت انتقال برق در مسیرهای طولانی این موضوع صدق نمی کند. به علاوه در حالی که سیم های MgB₂ و HTS به سطوح عملکرد کافی جهت نمایش های تجهیزات الکتریکی در ابعاد تجاری دست یافته اند، پیشرفت های بیشتر در ویژگی های سیم و کاهش قیمت می تواند به طور چشمگیری کمک به تجاری سازی و پیشرفت تحقیقات جاری تحت حمایت دولت کند.

یک برنامه ی دیگر تحت حمایت اداره ی نیروی هوایی امریکا جهت تحقیقات علمی (AFOSR)^۶، برنامه ی MURI راجع به مواد اصلی برای تکنولوژی سیم HTS چندسال پیش اتمام یافته است، در حالیکه یک برنامه ی AFOSR جدید شروع به

¹ TECO Washington house

² Nexans

³ Air liquid

⁴ Ultera

⁵ Columbus-Bixby

⁶ Air force office for scientific research

تحقیق برای ابررساناهای دماهای بالاتر بطور ایده آل دمای اتاق آغاز شده است. بطور مشابه در دپارتمان انرژی آمریکا DOE با پایان یک برنامه‌ی تجهیزات الکتریکی، یک برنامه‌ی جدید مرکز تحقیقاتی فرونتیر (EFRC) شروع به تحقیق و بررسی ابررساناهای جدید کرده بود (مرکز ابررسانایی در حال ظهور (CES) تحت حمایت دپارتمان علوم پایه‌ی انرژی DOE است). یکی از روابط اصلی این فوکوس جدید روی کشف ابررساناهای دمابالا، توسط AFOSR و EFRC-CES مبتنی بر این ایده بود که کاربرد شبکه‌ی ای موفق نیازمند یک ابررسانای در دمای محیط است تا مسائل و هزینه‌های مربوط به سرمایه‌گذاری حذف شوند. این چشمانداز توسط افرادی به چالش کشیده شده که تصور می‌کردند که مواد HTS کنونی در حال حاضر برای کاربرد تجاری و موفق شبکه‌ی مطلوب هستند. در واقع سوالها نه تنها درباره‌ی مشکل مربوط به کشف یک ابررسانای در دمای اتاق بلکه راجع به عملی بودن چنین ابررسانایی حتی اگر کشف شود افزایش یافته‌اند که در صورت کشف آنها زمینه‌های کلی که ابعاد همگرایی بسیار کوتاه و فعالیت حرارتی سد مرزهای انرژی و خزش شار را افزایش داده و لذا از جریان بحرانی فراتر می‌رود. اخیراً CES اقدام جدیدی برای درک خزش شار و افزایش جریان بحرانی در کوپرات‌ها با تمرکز مشخص روی شرایط کاری یک ژنراتور بادی صورت داده است.

۲-۱-۳- پروژة های ابررسانایی با رویکرد تجاری سازی در آمریکا

در نهایت شاید بزرگترین نومییدی کمبود پروژه‌ی در حوزه‌ی برق در آمریکا جهت تجاریسازی است. قیمت سیم هنوز بقدر کافی بالاست و سیستمهای سرمایه‌گذاری نیز پرهزینه و پیچیده‌اند، اما ممکن است از منظر تجاری از مزایای منحصربفرد تجهیزات الکتریکی HTS بهرمنند شوند. برای مثال کابل‌های AC ابررسانا نظیر کابل LIPA بخوبی نمایش داده شده و در سرتاسر جهان مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. در نواحی شهری با زیرساختار متراکم، این کابلها شیوه‌های برای نصب اتصالات زیرزمینی با توان بیشتر ارائه می‌دهند و هزینه‌های مربوط به حفاری در شهرهای بزرگ و تغییر مسیر زیرساخت‌های زیرزمینی موجود را از بین می‌برد. دلایل تأخیر در بهره‌وری از مزایای این تکنولوژی نوین برای چنین کاربردهایی بیشمار است.

گريت رسشن^۱ و متعاقباً بازبایی ضعیف بطور موقت سرعت رشد نیازهای موجود به برق و لذا ضرورت نیاز به اتصالات شهری با توان بالاتر را کاهش دادند. عدم آشنایی تاسیسات با تکنولوژی قطعاً یک فاکتور محسوب می‌شود اگرچه تاسیسات درون شبکه‌ی ای نظیر کابل‌های LIPA و Bixby در شرف فراهم آوری نمایش‌های امکان‌پذیری و قابلیت اعتماد درازمدت

¹ Great Resseccion

می باشند. بالا پائین کردن هزینه ها هم چنان یک مساله ی مهم است پس اندازه‌های مربوط به نصب بایستی بقدر کافی مهم باشد تا از هزینه ی در حال حاضر بالاتر خود کابل HTS با زیربنای سرمایه‌ی اش مهمتر باشد. مسائل مشابه در مورد سایر کاربردها نظیر ماشین آلات چرخشی و محدودسازهای جریان نیز وجود دارد. تکنولوژی ژنراتورهای بادی، ترنسفورماتورها یا کابل های DC، که پیشتر اشاره شد هنوز بقدر کافی توسعه نیافته یا مورد نمایش قرار داده نشده است؛ این کاربردها نیازمند تمرکز تازه تری هستند.

اگرچه گستره ی وسیعی از برنامه های مهم در امریکا در جریان هستند. از سوی دیگر هم AMSC و سوپرپاور فعال بوده و با همکاری بخش تحقیق و توسعه تولید تجاری سیم های آنها حمایت شده و رو به افزایش است، به علاوه فروش آنها بطور ثابت در حال افزایش است. مثلاً AMSC ارائه سیم HTS نسل دوم در حد ۲۰۱۰ از کابل کرهای LS برای ۳ میلیون متر (دلپوری در طی چند سال) را ادامه می دهد که تا امروز بلندترین سیم بوده است. هایپر تک ریسرچ هم اکنون سیم MgB₂ را به یک پروژه ی محدودساز جریان خطای ۱۲ کیلوولتی متعلق به رولز رویس^۱ و ابررسانایی کاربردی^۲ ارائه میدهد. در بریتانیا چند اقدام جدید در راستای تولید و پیشرفت سیم ها در گرید لاجیک (MgB₂)، (MetOx (2G HTS، (STI (2G HTS و G-۳ و HTS (سیم گرد با YBCO) در حال انجام است. اگرچه این کمپانی های جدید خیلی از AMSC و سوپرپاور در زمینه ی راه اندازی تولید HTS نسل دوم دور هستند، اما آنها مدعی اند که فرایندهای سیم HTS نسل دوم آنها مزایای درازمدتی دارد که موفقیت آنها با گذشت زمان مشخص خواهد شد.

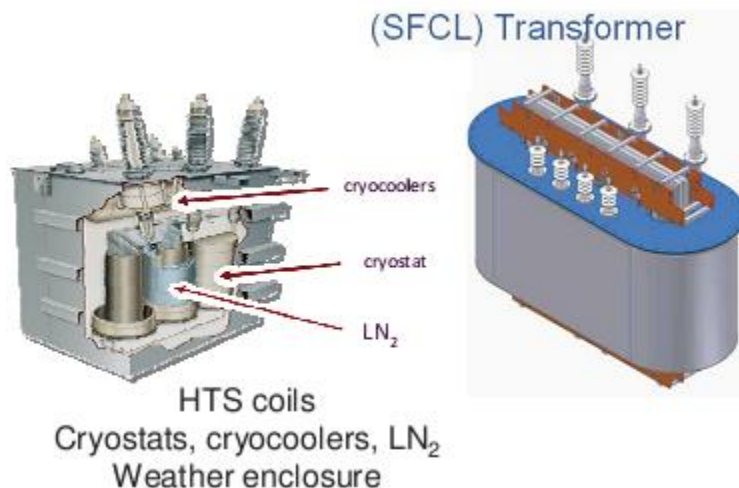
چندین پروژهی دولت امریکا کمپانی دهایی امریکایی را در توسعه ی سیم ها حمایت میکنند. ARPA-E، که شاخه ی نسبتاً جدیدی در حمایت DOE از تکنولوژی های مربوط به انرژیهای نوآورانه میباشد، یک سری پروژه های جدیدی جهت بهبود و تقویت سیم های HTS نوین دارند. برنامه ی EFRC-CES که بیشتر به آن اشاره شد با AMSC و سوپرپاور کار می کند. درحالیکه این برنامه ها کمکی اند، بسختی می توانند جایگزین اقدام هماهنگ و تحت حمایت برنامه تجهیزات ابررسانایی DOE شده، غالب اقدامات توسط Oak Ridge و آزمایشگاه های ملی لوس آلاموس صورت می گیرد که همگی منتفی شده اند.

¹ Rolls Royce

² Applied superconductivity

در زمینه‌ی کاربردها شاید مهم‌ترین پروژه، هیدرا است که توسط AMSC و کن ادیسون برای نصب محدودساز جریان خطای کابل AC، متصل‌کننده‌ی دو ایستگاه در شهر نیویورک در توزیع سطح ولتاژ (۱۳/۸ کیلوولت) اداره می‌شود. این پروژه تحت حمایت دپارتمان امنیت هوملند با هدف افزایش امنیت دارایی‌های حیاتی نظیر بخش مالی نیویورک با فراهم‌آوری اتصالات انرژی جایگزین به ایستگاه نیرو در یک ناحیه مشخص می‌باشد. کابل توسط اولترا و سیستم سرمایشی توسط ایر لیکوئید تهیه شده‌اند. دو پروژه‌ی دیگر با هدف کابل DC وجود دارند: پروژه‌ی نیروی دریایی با اداره‌ی مرکز سیستم‌های برقی پیشرفته (CAPS) برای مطالعه و ساخت یک کابل DC پروتوتایپ برای توزیع برق روی عرصه کشتی و پروژه‌ی تجاری ترس آمیگاس برای اتصال سه شبکه‌ی برقی امریکایی غیرهمزمان توسط کابل‌های DC (در وهله‌ی اول با تکنولوژی مرسوم، تنها بعدتر با HTS).

دیگر پروژه‌ی بزرگ، پروژه‌ی ترانسفورماتور ابررسانای محدودساز جریان خطا با اداره‌ی سیستم‌های الکتریکی واکشا با همکاری سوپرپاور و ادیسون کالیفرنیا (جنوبی (SCE) میباشد (شکل ۲-۲۱). ویژگی ۲۸ MVA، محدودسازی جریان خطا و دوری از روغن برای بهبود امنیت می‌باشند. این دستگاه در شبکه‌ی SCE تست خواهد شد. یک محدودساز جریان خطای مقاوم ابررسانا نیز در یک برنامه‌ی داخلی در سیستم‌های برقی واریان در حال توسعه است. AMSC و نگزانس یا همکاری هم محدودسازهای جریان خطای سطح توزیع را برای بازار امریکا ارائه می‌دهند.



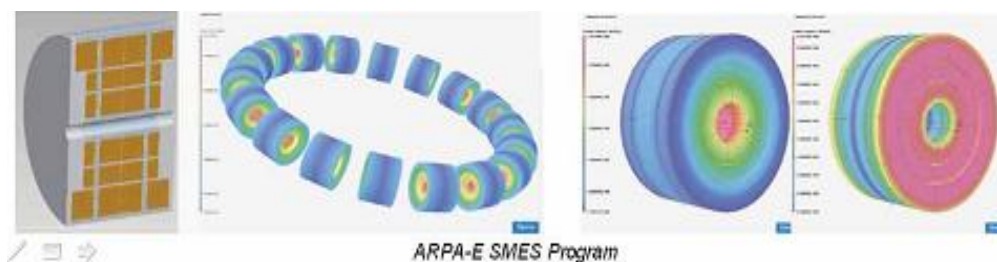
شکل (۲-۲۱): ترانسفورماتور ابررسانای محدودساز جریان خطا

تکنولوژی ژنراتور بادی (شکل ۲-۲۲) تحت حمایت دپارتمان انرژی تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی DOE در یک برنامه چند بخشی با رهبری آزمایشگاه آهنربای پیشرفته در جریان می‌باشد. GE شامل کانورت تیم فرعی مورد نیاز بریتانیا و نیز علاقه‌ی داخلی جاری به تکنولوژی ژنراتور ابررسانا می‌باشد. متأسفانه هیچ برنامه‌ای در امریکا هنوز تکنولوژی پیشرفته‌ترین ماشین‌الات چرخشی را که در موتور محرکه کشتی نیروی دریایی ONR 5/36 مگاواتی تا ژنراتورهای بادی با توان بالا ارائه شده را بکار نگرفته است.



شکل (۲-۲۲): ژنراتورهای بادی

یک پروژه تحت رهبری ABB شامل آزمایشگاه ملی بروکهاون و سوپرپاور با حمایت ARPA-E در حال توسعه‌ی یک سیستم ذخیره‌ی انرژی مغناطیسی (SMES) است. هدف ذخیره‌ی انرژی خورشیدی و بادی متناوب است، اگرچه فاز تازه تأسیس پروژه، برای طراحی و ارائه‌ی یک سیم پیچ راه‌اندازی شده است (شکل ۲-۲۳). یک کاربرد به مراتب مطرح شده‌ی SMES شیب ولتاژ و محافظت از افت ولتاژ شبکه‌ی حساس و مکانهای شبکه‌ی صنعتی میباشد، اما بیش از یک دهه‌ی گذشته AMSC 9 سیستم SMES تجاری درون شبکه‌ی (با استفاده از LTS) برای این هدف طراحی شده، آنها در واقع اولین محصولات ابررسانای تجاری دنیا برای شبکه‌ی های برقی بودند. اما AMSC نهایتاً این محصول را برای راه حل با مصرف الکتریسیته کمتر و استفاده‌ی بیشتر خاتمه دادند. یک پروژه‌ی ذخیره‌ی انرژی دیگر نیز در بوئینگ و تحت حمایت ARPA-E روی ذخیره‌ی چرخ هواپیما با استفاده از یاتاقان ابررسانا متمرکز است.



شکل (۲-۲۳): برنامه‌ی ذخیره‌ساز انرژی مغناطیسی ARPA-E

چند برنامه‌ی دیگر دولت امریکا و غیرمتمرکز روی شبکه، تمایل بازار به سیم‌های ابررسانا را فراهم ساخته است: برنامه‌ی فیزیک انرژی بالای متعلق به DOE برای توسعه‌ی سیم‌های HTS برای تسریع‌کننده‌های ذرات در آینده، انستیتوی ملی سلامت در زمینه‌ی NMR مبتنی بر HTS با میدان بسیار بزرگ و آهنربای مبتنی بر HTS32T متعلق به سازمان ملی علم برای آزمایشگاه آهنربای میدان بالا.

در مجموع، بیش از دو دهه‌ی پیش کمپانی‌های امریکایی و دولت سرمایه‌گذاری‌های عظیمی برای توسعه‌ی سیم‌های ابررسانا و تجهیزات موردنیاز برای شبکه‌های برقی با امید بازار بزرگ تجاری و نیاز به چنین تجهیزاتی الکتریکی ابررسانا انجام داده‌اند. سیم‌ها حالا آماده شده‌اند و کاربردهای زیادی از آن‌ها به خوبی ارائه شده است. صنعت در حال رشد بوده و حمایت دولت همچنان جهت تکمیل سیم‌ها و ارائه‌ی دیگر کاربردهای مهم آنها بسیار مهم بوده و به پل زدن صنعت برای گشایش بازار تجاری مربوط به آن کمک میکند.

۲-۲-۲- فعالیت‌های چین

در این بخش به مطالعه‌ی پروژه‌های انجامیافته و جاری در کشور چین و بررسی رویکرد این کشور در حوزه‌ی ابررسانا در صنعت برق پرداخته خواهد شد.

۲-۲-۲-۱- تاریخچه‌ی تحقیقات ابررسانایی در چین

تحقیق در مورد ابررساناهای کاربردی در چین از دهه‌ی ۱۹۶۰ آغاز شد. در طول ۵۰ سال گذشته محققین چینی در عرصه‌های مختلف و متعددی کار کرده و پیشرفتهای گسترده‌ای نیز حاصل شد. در این بخش بسته به دستاوردها و رویدادهای مربوطه در چین در سه بخش اصلی تحقیقاتی ابررسانایی شامل: کاربردهای در ابعاد گسترده، مواد و الکترونیک به

مروری بر فعالیتهای کشور چین در این عرصه پرداخته خواهد شد. در سال ۱۹۵۹، میعان هلیم که که بطور موفقیت آمیزی در استنتیوی فیزیک آکادمی علوم چین در بیجینگ صورت گرفت، نقطه‌ی آغاز تحقیق در زمینه‌ی ابررساناها در چین بود. از آن به بعد تحقیق روی کاربردهای ابررسانایی رفته رفته سرعت گرفت. این دوره‌ی تقریباً ۵۰ ساله را میتوان به سه بخش دسته بندی کرد. پیش از ۱۹۸۷، فعالیتهای تحقیقاتی غالباً محدود به ابعاد آزمایشگاهی می شد. کار اصلی در راستای پیشرفت سیم ها و آهنرباها بود اگرچه بطور همزمان تحقیق روی کاربردهای الکترونیکی نیز صورت میگرفت.

در زمینه‌ی کشف ابررساناهای دمابالا چینیها تحقیقات موفق‌ی انجام داده و در میان نخستین افرادی بودند که توانستند مواد با دمای بحرانی بالایی؛ فراتر از دمای نیتروژن مایع را سنتز کنند. این موضوع پیشرفتهای عظیمی در زمینه‌ی ابررساناها را در چین رقم زد: دولت چین بودجه‌ی مشخصی را به تحقیق در مورد مواد ابررسانای دمابالا اختصاص داد. از سال ۱۹۸۷ تا اواخر دهه‌ی ۹۰ میلادی بودجه‌ی تحقیقات مربوط به مواد ابررسانا غالباً مربوط به مواد ابررسانای دما بالا بوده و بطور خاص روی تهیه و توسعه‌ی عملکرد نوارهای هادی مبتنی بر BSCCO، مواد بالک ReBCO با بافت مذاب، لایه‌ی نازک و اتصالات جوزفسون متمرکز بود. تحقیق راجع به کاربردهای الکترونیکی شامل کاربردهای با استفاده از وسایل تداخل کوانتومی مواد ابررسانای دمابالا (SQUID) و وسایل HTS میکروویو می باشد.

از اواخر دهه‌ی ۱۹۹۰ به علت رشد سریع اقتصادی، بودجه بندی تحقیقات در چین با سرعت بیشتری افزایش یافته است. همانند سایر زمینه‌های تحقیقاتی، تحقیقات در زمینه‌ی ابررساناهای کاربردی حمایت گسترده‌ای از سوی دولت از طریق برنامه‌های مختلفی نظیر برنامه‌ی تحقیق و توسعه‌ی تکنولوژی پیشرفته‌ی ملی چین^۲ (۸۶۳ پروژه)، برنامه‌ی تحقیق بنیادی ملی چین^۳ (۹۷۳ پروژه)، پروژه‌های بودجه‌بندی شده توسط نهاد علوم طبیعی ملی چین^۴ (NSFC) و برنامه‌ی خلاقیت علمی آکادمی علوم چین دریافت نمود. نه تنها شمار پروژههای تحقیقاتی افزایش پیدا کرده است بلکه پروژه‌های کاربردی در ابعاد گسترده فراوانی نیز میتواند تحت حمایت قرار گیرد. مشارکت چین در پروژه‌ی بین المللی راکتور حرارت هسته‌ای آزمایشی^۵ (ITER)، تکمیل ابررسانای پیشرفته‌ی آزمایشی توکاماک^۶ (EAST)، تأسیس ایستگاه برق الکتریک ابررساناهای

¹ Superconducting quantum interference devices

² National high technology research and development program of china

³ National basic research program of china

⁴ National natural science foundation of china

⁵ International Thermonuclear Experimental Reactor

⁶ Experimental advanced superconducting Tokamak

دمابالا و نمایش کاربردهای مربوط به ارتباط از راه دور برخی از این نمونه‌ها هستند. در مجموع در طول ۵۰ سال گذشته تحقیقات وسیعی در زمینه‌ی تحقیق در مورد ابررسانایی کاربردی در چین صورت گرفته است.

۲-۲-۲-۲-۲ کاربردهای ابررسانا در ابعاد وسیع در چین:

الف) آهنرباهای ابررسانا

در سال ۱۹۶۵ پروفیسور گوآن ویان در انستیتوی فیزیک، آکادمی علوم چین (CAS) با ونگی و دستیارانش از انستیتوی تحقیقات نیروی محرکه‌ی الکتریکی در کار مشترکی برای تهیه و طراحی یک موتور ابررسانا ۲۰ کیلوواتی همکاری نمودند. سیم پیچ روتور با سیم‌های ابررسانای تک هسته‌های NbTi توسط تنستیتوی باوجی برای فلزات غیرآهنی توسعه داده شد. این اولین آهنربای ابررسانای توسعه یافته در چین بود. در سال ۱۹۷۰ ژانگ چاوجی و سایرین در انستیتوی مهندسی برق و لی ژیشو و سایرین در انستیتوی فیزیک بمنظور توسعه‌ی یک سیم پیچ ذخیره ساز انرژی مغناطیسی (SMES) با بیشینه‌ی ذخیره‌ی انرژی ۱۰۰ کیلوژول همکاری نمودند که در تست به عنوان منبع لیزر مورد استفاده قرار گرفت.

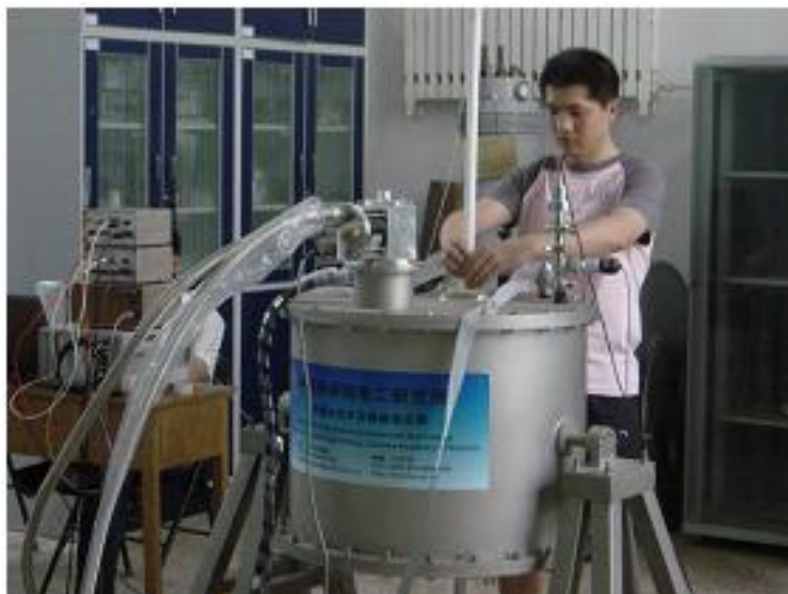
در سال ۱۹۷۰ وانگ کیوو و سایرین از انستیتوی جنوب غربی فیزیک شروع به توسعه‌ی یک دستگاه حبس آینه مغناطیسی ابررسانا برای تحقیقات جوش هسته‌ای نمودند. این دستگاه متشکل از دو سلنوئید ابررسانای مجزا در فاصله‌ی ۵۰۶ میلیمتری بود. در سال ۱۹۸۰ پس از تلاش بسیار تست دستگاه‌ها انجام شد. اگرچه مشخصات تکنیکی در زمان تکمیل بالا نبودند، فرآیند توسعه و پیشرفت چین ابزار مهندسی مجتمعی شامل تکنولوژی‌های سرمایه‌ی و ابررسانایی نه تنها تجربه و آموزه‌های ارزشمند فراوانی را اندوخته بلکه توسعه‌ی کلی تکنولوژی ابررسانایی و سرمایه‌ی را نیز در چین برانگیخته است.

در سال ۱۹۷۳، مبتنی بر برنامه‌ی توسعه‌ی یک پروتون سینکروتون برای تحقیق فیزیک انرژی بالا، انستیتوی مهندسی برق، CAS (IEE, CAS) شروع به توسعه‌ی آهنرباهای دوقطبی ابررسانا برای شتاب دهنده و آهنربای ابررسانا برای دتکتور انرژی بالا نمودند. آن‌ها با استفاده از سیم‌های NbTi ابررسانا توسعه یافته توسط انستیتوی تحقیقاتی باوجی برای فلزات غیرآهنی، دو آهنربای دوقطبی را سیم‌پیچی کردند و دو آهنربای ابررسانای پایدار از نظر سرمایه‌ی را با قطر داخلی ۱۰ و ۳۵ سانتیمتر توسعه بخشیدند. هم‌چنین این تحقیق بعثت تغییر برنامه‌ی اولیه معین شده بود که انگیزه‌ی برای بهبود و توسعه‌ی سیم‌های ابررسانای NbTi در چین بود.

در سال ۱۹۷۵، سه استنتیوی CAS، استنتیوی مهندسی برق، رصدخانه بیجینگ و استنتیوی الکترونیک با هم برای توسعه‌ی آهنربای ابررسانا با یکنواختی بالا برای فوکوس مغناطیسی در یک تلسکوپ همکاری کردند. این آهنربا که در مود جریان دائمی از طریق یک سوئیچ ابررسانا کار میکرد، به یک رزولوشن خط طیفی بهتر از ۱.۵ میکرون در کل گستره‌ی کاری در تلسکوپ دست یافت.

بطور همزمان محققین چینی تحقیق روی سیستم‌های آهنربایی برای انواع کاربردها نظیر ژنراتور برق مغناطوهیدرودینامیک، دستگاه توکاماک برای جوش هسته‌ای، موتور ابررسانا و غیره را پیش می‌بردند. پس از دهه‌ی ۸۰ میلادی، تحقیق کاربردی روی آهنرباهای ابررسانای با دمای بحرانی کم برای استفاده در صنعت، حمل و نقل، پزشکی و... ادامه یافت.

در اوایل دهه‌ی ۱۹۹۰ استنتیوی فیزیک پلاسما، CAS سیم پیچ ابررسانای NbTi ابررسانای نسل اول را توسعه دادند. در سال ۱۹۹۹ استنتیوی مهندسی برق و مرکز تکنولوژی سرمایه‌ی آزمایشی با همکاری هم یک آهنربای ابررسانای NbTi با قطر داخلی ۵۰ میلی‌متر و میدان مرکزی ۵ تسلا که مستقیماً سرد می‌شد را توسعه بخشیدند. این نخستین آهنربای ابررسانا از این دست بود که در چین توسعه یافت. پس از این IEEE، CAS بطور موفقیت آمیزی آهنربای جدایش مغناطیسی ابررسانای دما بالا را با قطر داخلی ۳۵ میلی‌متر و میدان مغناطیسی ۳.۱ تسلا را توسعه بخشیدند. آن‌ها همچنین یک آهنربای ابررسانای با قطر داخلی نسبتاً بزرگ و بدون سیستم سرمایه‌ی با میدان ۱۰ تسلا و قطر داخلی ۱۰۰ میلی‌متر را نیز توسعه دادند. آهنربای موجود در شکل ۲-۲۴ متشکل از آهنربای زمینه‌ی ابررسانای NbTi با قدرت ۶ تسلا و یک آهنربای جاداده شده‌ی ابررسانا Nb₃Sn با قدرت میدان ۴ تسلا است. بالاترین میدان مغناطیسی که می‌تواند تولید کند برابر با ۱۰.۳ تسلا است. برای این آهنربا اخلاف دمایی در جاهای مختلف سیم پیچ کمتر از ۱ کلوین بوده و حداقل دمای کاری به ۳.۶ کلوین می‌رسد.



شکل (۲-۲۴): میدان مغناطیسی بزرگ آهنربای ابررسانا با میدان ۱۰ تسلا و قطر داخلی ۱۰۰ میلی متر

از سال ۲۰۰۰ IEEE و CAS در پروژه‌ی «تحقیق روی اسپکترومتر مغناطیسی آلفا» را به رهبری پروفسور تینگ برای دکتور ژنراتور نسل دوم با آهنربای ابررسانا همکاری کردند. آهنربا جزء کلیدی اسپکترومتر -بعنوان دکتور ذرات پرانرژی برای کشف ذرات پرانرژی- برای کشف مواد تاریک^۱، پادماده^۲ و منشأ اشعه‌های کیهانی در فضا مورد استفاده قرار می‌گیرد. IEEE و CAS تحقیق و توسعه‌ی آهنربای دکتور ژنراتور نسل دوم با استفاده از سیم‌های ابررسانای پایدارشده با آلومینیم صورت گرفت.

در سالهای اخیر IEEE و CAS یک سیستم آهنربای ابررسانا را برای استفاده در یک ژیروتون شتاب دهنده‌ی الکترون طراحی و تکمیل کردند. آهنربا فاقد سیستم سرمایشی بوده و شامل چندین بخش میدان مغناطیسی می‌شود. این آهنربا می‌تواند پروفیل میدان مغناطیسی پیچیده‌ای را در بخش مرکزی با قطر ۸۰ میلی متر تولید کند. بزرگترین میدانی که قابل تولید است برابر ۴.۵ تسلا بوده و یکنواختی آن بیش از ۳-۱۰ می‌باشد. این سیستم برای کاربران فراهم شده و در سیستم مایکروویو با توان بالا نصب شده است. IEEE و CAS هم چنین تحقیق روی مسائل مربوط به الکترومغناطیس را در سیستم‌های مربوط به جراحی که از نظر مغناطیسی جهت‌یابی می‌شوند را هدایت کرده و بک ساختار مغناطیسی چهارقطبی

¹ Dark matter

² Anti-matter

کروی و ابررسانا را پیشنهاد کردند. براین اساس آنها یک وسیله‌ی مدل برای سیستم چراحی مذکور ارائه دادند و یک سری آزمایشات شبیه سازی روی آن انجام دادند.

در سال ۲۰۰۶ انستیتوی ابررسانایی و کرایونیک^۱، انستیتوی تکنولوژی هاربین^۲ و آزمایشگاه ملی لورنس برکلی^۳ در امریکا پروژه‌ی «سیستم آهنربای تزویجی ابررسانای MICE» همکاری کردند. این آهنربای سلنویید تزویجی ابررسانا تهیه شده از سیم پیچ ابررسانای NbTi می باشد که میدان مغناطیسی به قدرت ۲.۶ تسلا با جریان ۲۱۰ آمپر تولید می کند. قطر داخلی سیم پیچ، طول و ضخامت آن به ترتیب برابر ۱۵۰۰، ۲۸۵ و ۱۱۰ میلیمتر میباشند. در حال حاضر یک آهنربای ۴۰ تسلائی دوگانه در آزمایشگاه میدان بالای مغناطیسی در هوفی چین تحت توسعه است. آهنربای ابررسانای تهیه شده توسط Nb₃Sn و NbTi با اندازه‌ی قطر داخلی ۵۸۰ میلی متر در دمای اتاق قادر به تولید میدان مغناطیسی ۱۱ تسلائی می باشد.

(ب) کابل های HTS

کشف ابررسانایی دمابالا در سال ۱۹۸۶ اشتیاق جهانی را در زمینه‌ی تحقیق در مورد ابررساناها ایجاد نمود. اقدامات عظیمی در راستای کاربردهای مربوط به مواد ابررسانای دمابالا صورت گرفت. در چین بودجه بندی برای تحقیقات کاربردی در زمینه‌ی ابررسانایی دمابالا بطور گستردهای تقویت شد.

در ادامه‌ی توسعه‌ی نوارهای رسانای از جنس ابررساناهای دمابالا، تحقیق و توسعه روی سیستم های الکتریکی دمابالا در طول نهمین نقشه‌ی ۵ ساله (۲۰۰۰-۱۹۹۶) با تمرکز روی کابل های انتقال برق و محدودسازهای جریان خطا انجام شد. در سال ۱۹۹۸ IEE و CAS و انستیتوی تحقیقاتی شمال غربی فلزات غیرآهنی^۴ و انستیتوی تحقیقات عام بیجینگ فلزات غیرآهنی^۵ همکاری کرده و یک مدل کابل انتقال DC از جنس ابررسانای دمابالا را بطور موفقیت آمیزی توسعه بخشیدند. طول این کابل ۱ متر بوده و می تواند جریان هزار آمپری را در دمای ۷۷کلوین حمل کند. در سال ۲۰۰۰ سه انستیتو مجددا با هم همکاری کرده و یک کابل انتقال DC از جنس ابررسانای دمابالا بطول ۶متر و توانایی حمل جریان ۲ کیلوآمپر را توسعه بخشیدند. پس از آن با حمایت ۸۶۳ برنامه‌ی ملی و پروژه‌ی تولید دانش CAS و حمایت از کسب و کار بومی نظیر کمپانی

¹Institute of Cryogenics and Superconducting Technology

²Harbin Institute of Technology

³Lawrence Berkeley National Laboratory

⁴Northwest institute for nonferrous metals

⁵Beijing general research institute for nonferrous metals

TBEA، شعبه‌ی ژینژیانگ^۱ و کمپانی کابل های گانزو چانگتونگ^۲، سلسله مطالعات مربوط به کاربردهای ابررساناهای دمابالا در صنعت برق را برگزار کردند. این ها شامل کابل های انتقال جریان AC سه فازی، ترنسفورماتورها، محدودسازهای جریات خطا و سیستم های SMES می باشند.

در آگوست ۲۰۰۳، IEE و CAS بطور موفقیت آمیزی یک کابل ابررسانای دمابالای با طول ۱۰ متر و سه فاز ۱۰.۵ کیلو ولتی/ ۱.۵ کیلوآمپری را توسعه بخشیدند. در آوریل ۲۰۱۴ کمپانی کابل ابررسانای اینوپاور بیجینگ^۳ بطور موفقیت آمیزی یک کابل انتقال برق ابررسانای دمابالای AC سه فازی بطول ۳۳ متر و ۳۵ کیلوولت/۲ کیلوآمپر را توسعه دادند که در ایستگاه پوجی در استان یونان برای عملکرد آزمایشی (شکل ۲-۲۵) نصب شد. در دسامبر ۲۰۰۴ IEE و CAS و کمپانی کابل های گانزو بائین چانگتونگ^۴ در شهر بائین در استان گانزو با همکاری هم توانستند یک کابل انتقال برق سه فازی ابررسانای دمابالای AC بطول ۷۵ متر و با مشخصات ۱۰.۵ کیلوولت/ ۱.۵ کیلوآمپر را توسعه داده که در کمپانی کابل های گانزو بائین چانگتونگ نصب شده و با شبکه ی برق در کمپانی در ارتباط قرار گرفته است (شکل ۲-۲۶). بعلاوه IEE و CAS و کمپانی صنعتی هنان ژونگفو در استان هنان با اتصال بهم در حال تلاش برای توسعه ی یک کابل ابررسانای دمابالای DC بطول ۳۶۰ متر و با توانایی حمل مقدار جریان ۱۰ کیلو آمپر برای الکترولیز آلومینیم هستند. این کابل در سایت (شکل ۲-۲۷) نصب شده و انتظار می رود در ۲۰۱۲ راه اندازی شود.

¹ Xinjiang Branch

² Gansu Chagtong cables Co., Ltd

³ Beijing Innopower Superconductor Cable Co., Ltd

⁴ Gansu Baiyin Changtong Cables Company



شکل (۲-۲۵): کابل انتقال برق ابررسانای HTS سه فازی بطول ۳۳ متر و ۳۵ کیلوولت/۲ کیلوآمپر در ایستگاه پوجی



شکل (۲-۲۶): کابل انتقال برق سه فازی ابررسانای HTS بطول ۷۵ متر و با مشخصات ۱۰.۵ کیلوولت/ ۱.۵ کیلوآمپر در

کمپانی کابل چانگتونگ بیائین



شکل (۲-۲۷): کابل HTS ۳۶۰ متری / ۱۰ کیلوآمپری در حال راه اندازی

ج) محدودسازهای جریان خطای ابررسانا

در سال ۲۰۰۰ IEE و CAS اولین محدودساز جریان خطای چینی^۱ (SFCL) را راه اندازی کردند (۴۰۰ ولت/۲۵ آمپر). در ادامه ی این دستاورد آن ها انواع مختلف و متعددی از قوانین جدید را برای SFCL وضع کردند. در سال ۲۰۰۵ یک SFCL ابررسانای دمابالا پل مداری با مشخصه ی ۱۰.۵ کیلوولت/۱.۵ کیلوآمپر با سیم پیچ ابررسانای دمابالا (شکل ۲-۲۸) به طرز موفقیت آمیزی توسعه یافت و سپس در استگاه گائوکسی با مشخصات ۱۱۰ کیلوولت/۱۰.۵ کیلوولت واقع در استان هونان نصب شده و عملکرد نمایشی آن برای بیش از ۱۱ هزار ساعت انجام شد. در یک تست شبکه ای اتصال کوتاه سه فاز ی به زمین جریان خطای ۳.۵ کیلوآمپری بطرز موفقیت آمیزی به ۳۶۵ آمپر در نقطه ی اتصال کوتاه پیش از راه اندازی محدود شد.

^۱ Superconducting fault current limiter



شکل (۲-۲۸): محدودساز جریان خطای نصب شده در ایستگاه لودی ۱۰ کیلوولت/۱.۵ کیلوآمپر

کمپانی کابل‌های ابررسانای اینوپاور بیچینگ یک SFCL از نوع هسته‌ی آهنی اشباع شده با مشخصات ۳۵ کیلوولت/۹۰ مگاولت‌آمپر توسعه داده و در ایستگاه پوجی واقع در استان یونان در سال ۲۰۰۷ راه اندازی و نصب کرد (شکل ۲-۲۹). برای بررسی توانایی آن در محدودسازی جریان، در سال ۲۰۰۹ تست عملکرد آن انجام شد. در حال حاضر یک SFCL از نوع هسته‌ی آهنی اشباع شده با مشخصات ۲۲۰/۳۰۰ MVA/۳۰۰ kV توسط اینوپاور، IEE و CAS با همکاری هم در حال توسعه‌ی SFCL از نوع مقاوم به ۲۲۰ کیلوولت برای شبکه‌ی کاربردی برق هستند.



شکل (۲-۲۹): SFCL از نوع هسته‌ی آهنی اشباع شده ۳۵ کیلوولت/۹۰ مگاولت‌آمپر در ایستگاه پوجی

د) ترانسفورماتورهای ابرسانای دمابالا

در سال ۲۰۰۳ اولین ترانسفورماتور ابرسانای دمابالای ۲۶ کیلوولتامپری در چین بطور موفقیت آمیزی توسط IEE، CAS و شعبه‌ی ژینژیانگ کمپانی TBEA توسعه یافت. آنها مجدد با یکدیگر کار کرده و بطور موفقیت آمیزی یک ترانسفورماتور ابرسانای سه فاز ۶۳۰ کیلوولتامپری (شکل ۲-۳) توسعه دادند. این ترانسفورماتور در سال ۲۰۰۷ تحت تست‌های مختلف قرار گرفته و در شعبه‌ی ژینژیانگ کمپانی TBEA با شبکه برق اتصال برقرار کرده است.



شکل (۲-۳): ترانسفورماتور HTS سه فاز ۶۳۰ کیلوولت آمپری

ه) سایر کاربردهای ابرساناها

در سال ۱۹۹۶ IEE و CAS بطور موفقیت آمیزی یک وسیله‌ی SMES با مشخصات $kJ/5kW25$ را توسعه بخشیدند. بعدتر در سال ۲۰۰۴ یک SMES با مشخصات $kJ/25kW100$ ساخته و مورد ارزیابی توسط تست‌های تجربی قرار گرفت. در پایان سال ۲۰۱۰ اولین سیستم SMES ابرسانای دمابالا با ویژگی‌های $MJ/0.5MVA1$ توسعه یافته و به یک شبکه‌ی توزیع برق جهت عملکرد آزمایشی متصل شد (شکل ۲-۳). در سال ۲۰۰۵ جیانگ ژیاوهوآ و سایرین در دانشگاه تسینگهوا^۱ بطور موفقیت آمیزی یک سیستم SMES با ویژگی‌های $kJ/150kVA500$ را توسعه و مورد ارزیابی قرار دادند. در این میان

¹Tsinghua University

تانگ یوئجین و سایرین در دانشگاه علم و صنعت هواژونگ^۱ با موفقیت توانستند یک SMES ابررسانای دمابالا مینیاتوری با مشخصاتی اعم از $kJ/7kVA35$ توسعه دهند که در مدلسازی دینامیک سیستم برقی مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۲۰۰۶ تانگ شائودونگ و دستیارانش از انستیتوی تحقیقات نیروی محرکه ی الکتریکی نیروی دریایی ووهان^۲ یک موتور هموپولار ابررسانای دمابالا با ویژگی های $100\text{rpm}/500\text{kw}$ (شکل ۲-۳۲) را طراحی و ساختند که شامل ۶ سیم پیچ ابررسانای دمابالای بوده که توسط کمپانی تکنولوژی ابررسانای اینووا^۳ ساخته شده و در دمای نئون مایع عمل می کرد.



شکل (۲-۳۱): وسیله ذخیره انرژی ابررسانای دمابالا $1\text{MJ}/0.5\text{MVA}$



شکل (۲-۳۲): موتور HTS 100 کیلوواتی

¹Huazhong University of Science & Technology

²Wuhan Marine Electrical Propulsion research Institute

³Innova Superconductor Technology Co.,Ltd

در ابتدای سال ۲۰۱۱ IEE و CAS موفق شدند یک ایستگاه برق ابررسانای ۱۰.۵ کیلوولتی شامل کابل برق ابررسانای دما بالای ۱۰ کیلوولت/۱.۵ کیلوآمپر، یک SFCL 10 کیلوولت/۱.۵ کیلوآمپر، یک ترانسفورماتور ابررسانای دما بالای ۱۰ کیلوولت/۰.۴ کیلوولت با ظرفیت ۶۳۰ کیلوولت آمپر و یک SMES 1 مگاژول/۰.۵ مگاولت آمپر (شکل ۲-۳۳) تهیه و تکمیل کردند. عملکرد آزمایشی ایستگاه موجود در پارک صنعتی ملی با تکنولوژی بالای بیائین در استان گانزو انجام و برق با اطمینان و کیفیت بالا برای سه شرکت موجود در ناحیه تأمین شد. عملکرد و توسعه‌ی موفق ایستگاه برق بعنوان نمایشی است که نشان می‌دهد تکنولوژی برق ابررسانا کاندیدای احتمالی برای کاربردهای در ابعاد گسترده در شبکه‌های برق آتی بوده که در سیطره‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر قرار خواهند گرفت.

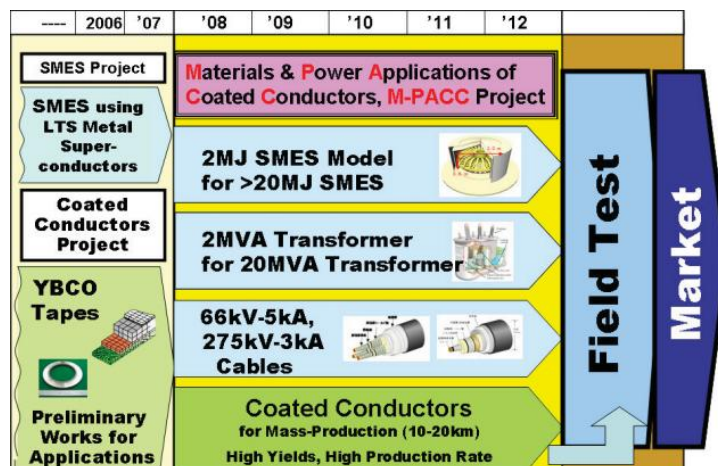


شکل (۲-۳۳): ایستگاه برق ابررسانای بیائین ۱۰.۵ کیلوولتی

محققین چینی در کنار انجام تحقیقات مربوط به کاربرد ابررساناها اهمیت زیادی به تحقیقات پایه‌ای تکنولوژی ابررسانا در صنعت برق می‌دهند. انستیتوهایی نظیر IEE، CAS با حمایت انجمن علوم طبیعی ملی چین و برنامه‌ی ابداع دانش CAS تحقیقات پایه‌ای و کاربرد-محوری راجع به اساس فیزیک الکترومغناطیس ابررساناهای دما بالا و ویژگی‌های الکترومغناطیسی وسایل برقی ابررسانا را انجام دادند. آن‌ها خواص الکترومغناطیسی نوارهای ابررسانای دما بالا و نیز مشکلات مربوط به پایداری آهنرباهای ابررسانای دما بالا را مورد مطالعه قرار دادند. این مطالعات نه تنها دانش مهمی در طول طراحی و تولید وسایل ابررسانا فراهم می‌کند بلکه کمک به اکتشاف کاربردهای جدید آهنرباهای ابررسانا و سایر مواد نیز خواهد کرد. برای مثال بر اساس این مطالعات و نیز تکنولوژی برق، شمار زیادی از طراحی‌های نوین برای سیستم‌های SFCL و SFCL-SMES نیز مطرح شده‌اند.

۲-۲-۳- فعالیتهای ژاپن

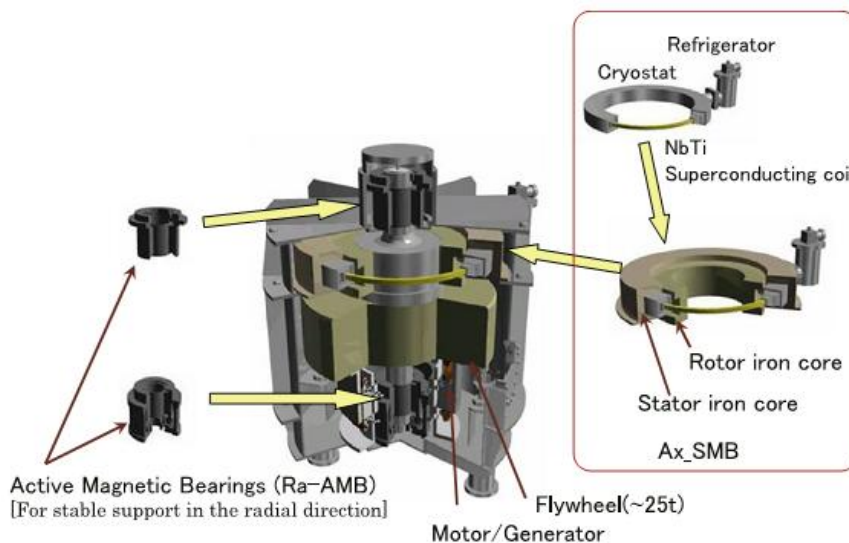
نقشه راه تحقیق و توسعه‌ی ژاپن برای کاربردهای وسایل الکتریکی در شکل ۲-۳۴ آورده شده است. در ادامه به بررسی فعالیت های کشور ژاپن در حوزه ی ابرسانا در صنعت برق پرداخته می شود که با توجه به تمرکز فعالیت های این کشور روی ابرساناهای دما بالای -مورد استفاده به عنوان کابل- این بخش غالباً روی این موارد متمرکز است.



شکل (۲-۳۴): نقشه راه کاربردهای ابرساناها در ژاپن

الف) ذخیره ساز انرژی فلاپویل (با استفاده از ابرساناهای HTS)

برنامه ی تحقیق و توسعه‌ی ذخیره‌ساز انرژی فلاپویلی با در سال ۲۰۰۵ به عنوان یک پروژه ی NEDO راه اندازی شد. هدف این پروژه راه اندازی سیستم ذخیره ساز فلاپویل ۵۰ کیلووات ساعت برای اهداف مختلف صنعتی نظیر توزیع بار الکتریکی، پایداری تولید برق طبیعی و عملکرد پایدار سیستم های راه آهنی بود. این دستگاه با سیستم بلبرینگ مغناطیسی انتظار می‌رود در کاربردهای مختلف و عملی با هزینه ی پائین بکار رود. این ذخیره سازها برای بررسی چرخش ثابت فلاپویل در ۲هزار دور بر دقیقه مونتاژ و مورد آزمایش قرار گرفت. این دستگاه به محل تست منتقل شده و تست ارزیابی آن انجام گرفت (شکل ۲-۳۵).



شکل (۲-۳): ذخیره ساز انرژی فلایویل ۵ کیلووات ساعتی

ب) ارائه‌ی کابل ۶۶ کیلوولتی، ۳۵۰ مگاوات آمپری در یوکوهاما، ژاپن

سیستم کابل ابررسانای دمابالای ۶۶ کیلوولتی در ایستگاهی در کمپانی برق الکتریک توکیو به عنوان پروژه‌ی نمایشی نصب خواهد شد. سیستم کابل ابررسانای دمابالای سه فاز و ۲۵۰ متری در ۶۶ کیلوولتی/۲۰۰ مگاوات آمپر (۱.۵ کیلوآمپر) در ایستگاه آساهی، واقع در ۲۰ کیلومتری جنوب غربی شهر توکیو در یوکوهامای ژاپن عمل خواهد کرد (شکل ۲-۳۶). سیستم کابلی با استفاده از یک هادی ۱۵۰ میلیمتری قادر خواهد بود تا یک ترانسفورماتور ۶۶/۱۵۴ کیلوولتی را به یک ایستگاه گذرگاه ۶۶ کیلوولتی وصل کند. تیم همکار در این پروژه به اختصار عبارتند از:

۱- وزارت اقتصاد، تجارت و صنعت^۱ (METI)

وزارت دولت ژاپن که فعالیت‌های اقتصادی و سیاسی شامل صنعت و تجارت را تسهیل می‌بخشد. METI بودجه‌ی پروژه را برای NEDO فراهم می‌سازد.

۲- سازمان توسعه‌ی تکنولوژی صنعتی و انرژی جدید^۲ (NEDO)

NEDO مسئول طراحی و تشکیل پروژه‌ی تحقیق و توسعه‌ی، مدیریت پروژه و عملکردهای ارزیابی تکنولوژی پس از پروژه در ابتدا توسط دولت ژاپن در سال ۱۹۸۰ برای توسعه‌ی تکنولوژی‌های جدید جایگزین نفت راه اندازی شد. NEDO

^۱ The ministry of economy, trade, and industry

^۲ New energy and industrial technology development organization

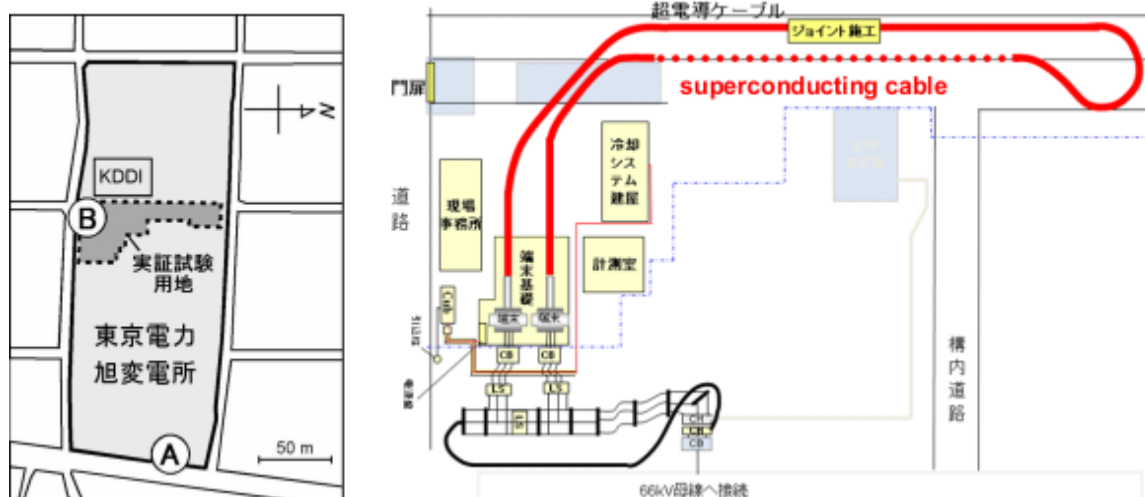
تحت نظارت سازمان METI می باشد.

۳- صنایع الکتریکی سامیتومو^۱ (SEI)

تولیدکننده‌ی جهانی کابل‌ها و سیم‌های الکتریکی و سایر محصولات، توسعه‌دهنده‌ی سیم‌ها و کابل‌های برقی ابررساناهای دمایی.

۴- کمپانی مایکاو^۲ Mfg

تهیه، توسعه و مهندسی ابزارآلات و فرایندهای سرمایه‌ی برای کاربردهای صنعتی و استفاده‌ی تجاری اولین برنامه‌ی نصب کابل‌های ابررسانا در سیستم برقی (۶۶ کیلوولت - ۳ کیلوآمپر: برای ۵۰ هزار خانه) (یک کابل ۲۳۰ متری ابررسانای جدید در ایستگاه آساهی در شهر یوکوهاما جهت بررسی قابلیت اطمینان کل سیستم)



شکل (۲-۳۶): پروژه‌ی نمایشی سیستم کابل ابررسانای دمایی ۶۶ کیلوولتی در ایستگاهی در کمپانی برق الکتریک

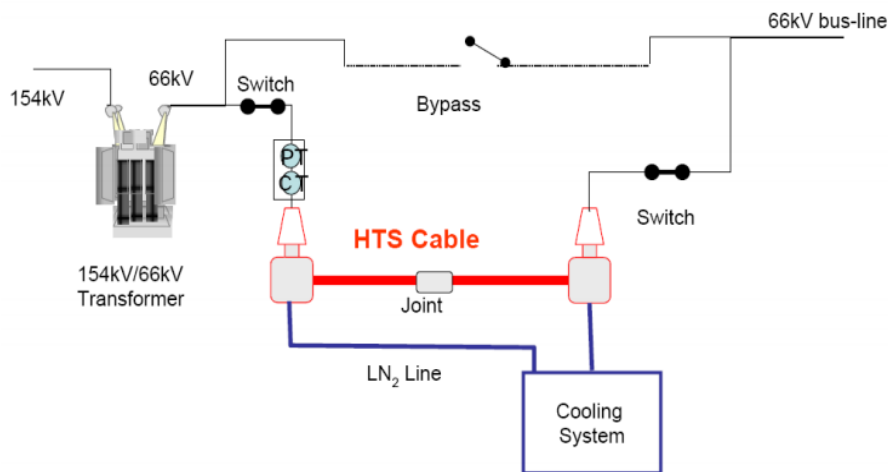
توکیو

کمپانی برق الکتریکی توکیو^۳ (TEPCO)

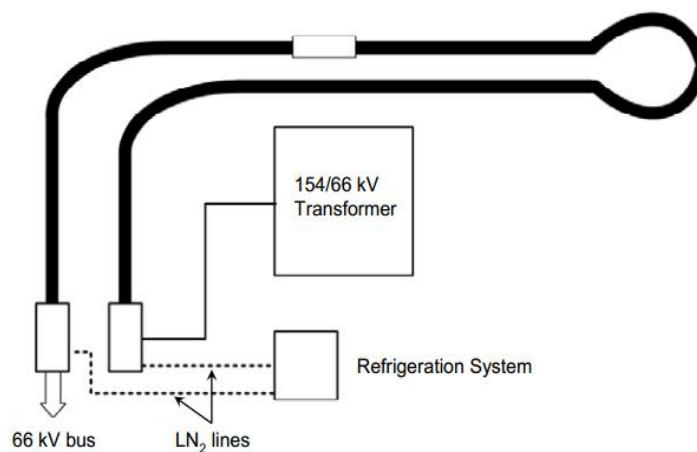
تأسیسات برق الکتریکی با ارائه‌ی محصولات، انتقال و توزیع برق به مشتریان محلی در توکیو و نواحی بزرگتر از توکیو سرویس دهی می کند. دیاگرام یک خطی ارائه شده در شکل ۲-۳۷ کاربرد کابل در ایستگاه آساهی به عنوان لینک میان

^۱ Sumitomo electric industries
^۲ Mayekawa Mfg. Co. Ltd
^۳ Tokyo electric power company

گذرگاه ۶۶ کیلوولتی و ترانسفورماتور را تشریح می‌کند. در حالی که این کابل دارای نرخ ۳۶۰ مگاوات آمپر (۳ کیلو آمپر) خواهد بود، اجزاء شبکه‌های رایج تنها برای ۲۰۰ مگاوات آمپر طراحی شده‌اند. بنابراین کابل‌های ابررسانای دمابالا برای ارائه طراحی شده اما نرخ‌های بالاتری برای کاربردهای درون شبکه‌ای در آینده مورد نیاز خواهد بود. طراحی پیشنهادی پروژه‌ی کابل ابررسانای دمابالا در ایستگاه آساهی در شکل ۲-۳۸ ارائه شده است. کابل ابررسانای دمابالا از ترانسفورماتور حوالی ۱۰۰ متر خارج خواهد شد و با یک چرخش U شکل به سمت گذرگاه ۶۶ کیلوولتی خواهد رفت.



شکل (۲-۳۷): دیاگرام خطی نصب کابل یوکوهاما در ایستگاه آساهی



شکل (۲-۳۸): طراحی پیشنهادی پروژه‌ی کابل ابررسانای دمابالا در ایستگاه آساهی

هدف ارائه مطالعه‌ی امکان‌پذیری تکنولوژی و کسب تجربه با فاکتورهای عملکردی متعدد بشرح زیر بود:

- مدیریت سرمایه (نگهداری و اجرا)
- قابلیت اعتماد به سیستم
- پایداری سیستم با وجود نوسان‌های وارده
- مراحل محافظت از سیستم برق
- کنترل اتوماسیون و از راه دور

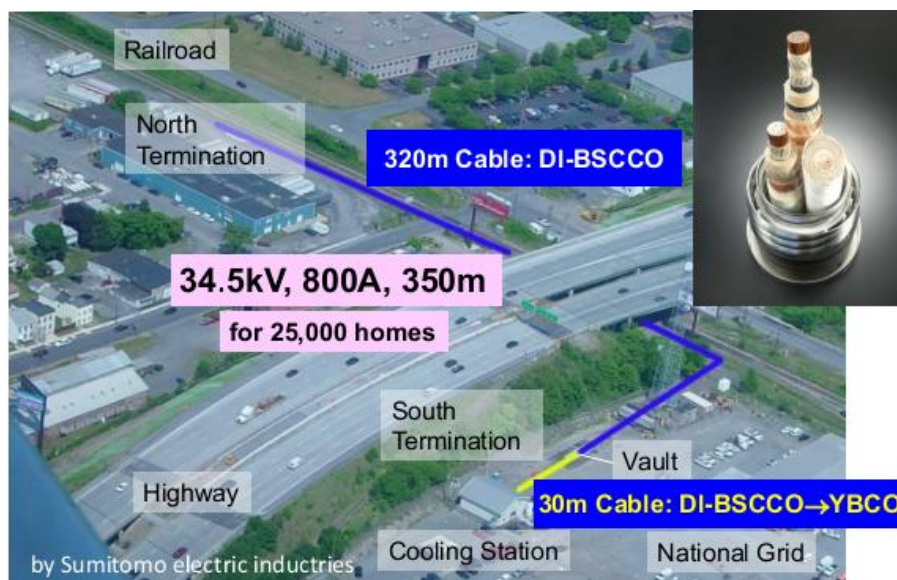
پروژه در سال ۲۰۰۷ آغاز شده و طبق برنامه‌ی بایستی تا ۲۰۱۳ ادامه یابد. سیستم کابلی ابررسانای دمابالا طبق برنامه‌ی ریزی می‌بایست در سال ۲۰۱۱ راه‌اندازی شود. طبق برنامه‌ی ریزی سیستم کابل برای یک سال کار خواهد کرد و پس از آن مجدد بررسی می‌شود تا در صورتی که خرابی پیش از موعد و وضعیت اجزا پس از یک سال مورد ارزیابی قرار بگیرند.

کابل ابررسانای دمابالا، بخش‌های انتهایی و نقاط اتصال کابلها توسط SEI تهیه خواهد شد. کابل دارای هندسه‌ی سه تایی بوده که در آن سه کابل هم‌محور بوده که سه فاز الکتریکی ایجاد می‌کند که یک سیستم سرمایشی مشترک دارند. یک جریان مجزای LN2 بطور همزمان سه هسته‌ی کابلی را سرد خواهد کرد.

معیار جریان خطا برای طراحی کابل توانایی تحمل خطای ۳۱.۵ کیلوآمپری به مدت دو ثانیه بدون آسیب به نوارها یا دی‌الکتریک‌های ابررسانای دمابالا می‌باشد. به علاوه سیستم کابلی بایستی قادر به بازگشت فوری به سرویس در ادامه‌ی جریان خطا ۱۰ کیلوآمپری برای دوره‌هایی تا مدت زمان ۲ ثانیه باشد. یک تست ۳۰ متری در ۲۰۰۸-۲۰۰۹ برای اثبات این موضوع انجام شد. نتیجه‌ی تست مبنی بر عملکرد خوب سیم‌های ابررسانا بوده و عایق‌سازی الکتریکی در هر دو اجزاء کابل و فصل مشترک خوب بود. تست‌ها اهداف طراحی جریان خطا که در بالا بطور کلی به آنها اشاره شد را تصدیق کردند و مشخص شد سطوح تلفات AC کم‌تر از ۱ W/m/phase در ۲ کیلوآمپر، ۵۰ هرتز بود. سیستم سرمایش حلقه‌ی بسته‌ی LN2 با استفاده از کولرهای استرلینگ و پمپ‌های سرمایشی دمای کار بهینه را برای سیستم کابلی HTS حفظ خواهد کرد. دمای کاری سیستم‌های کابلی بین ۶۷ تا ۷۷ کلوین در فشار کاری ۰.۲ تا ۰.۵ مگاپاسکال خواهد بود. از یک چشم‌انداز اقتصادی، مطالعه‌ی صورت‌گرفته توسط SEI مشخص می‌کند کابل‌های HTS نیازمند ظرفیت‌هایی حداقل برابر ۳۵۰ مگاوات آمپر می‌باشند تا از منظر قیمت با تکنولوژی کابل‌های رایج رقابت کنند. مطالعات بیان می‌کنند که استانه‌ی ۳۵۰

مگاوات آمپر جایی است که ارزش سیستم کابلی های HTS هزینه های بسیار بالای مربوط به ساخت آن ها را جبران می کند. به این دلیل تیم توسعه تصمیم به ارائه ی کابل با نرخ جریان ۳ کیلو آمپر دارند. اگرچه سیستم کابل ارائه شده در نرخی بیش از ۱.۵ کیلو آمپر (۲۰۰ مگاوات آمپر) بدلیل محدودیت های مربوط به تجهیزات مرسوم در ایستگاه آساهی کار نخواهد کرد. در شکل ۲-۲۰ دورنمایی از ایستگاه قابل مشاهده است.

ژاپن بمنظور بهبود ظرفیت و اطمینان به شبکه ی TEPCO به دنبال راه حل های دراز مدت می گردد. یک راه حل ساخت تونل های زیرزمینی جدیدی است که بتواند کابل های رایج زیرزمینی ۲۷۵ کیلوولتی را در خود جای بدهد. اگرچه منطقه ی جغرافیایی محدود برای توسعه ی شبکه، کابل های ابررسانا را به عنوان یک جایگزین مطلوب برای حل مشکلات اشاره شده مطرح می کند. کابل های ابررسانای دمابالا دانسیته های جریان بسیار بالا داشته که به کابل های با سطح مقطع کوچک امکان استفاده و کاربرد مناسب را می دهد. کمپانی فوروکاو الکتریک یک تولیدکننده ی ژاپنی کابل های برقی در حال حاضر مشغول توسعه ی کابل ابررسانای دمابالای سرد-دی الکتریک ۲۷۵ کیلوولتی بوده تا این نیاز را برآورده کند. در حال حاضر اطلاعات محدودی از این کابل های ۲۵۷ کیلوولتی فوروکاو در دست است.



شکل (۲-۳۹): دورنمایی از ایستگاه آساهی

شمایی کلی از فعالیتهای ژاپن در حوزه ابررسانایی و متمرکز بر کاربردهای در صنعت برق در جدول ۲-۱۳ آورده شده است.

جدول (۲-۱۳): فعالیت های ژاپن در ابررسانایی در صنعت برق

	<p>۲۷۵ کیلوولتی</p>	<p><u>کابل های برقی ابررسانا</u></p>
	<p>۲۰-۳۰ مگاوات آمپری YBCO با محدودساز جریان خطا</p>	<p><u>ترانسفورماتور HTS</u></p>
	<p>۱۱.۶ کیلوولتی / ۱ کیلوآمپری با فیلم نازک YBCO</p>	<p><u>محدوساز جریان خطا</u></p>
	<p>۵- کیلووات ساعتی سیستم بلبرینگ مغناطیسی</p>	<p><u>ذخیره ساز انرژی فلاپویل</u></p>
	<p>ماشین همزمان با میدان YBCO موتور ابررسانای ۴۰۰ کیلوواتی</p>	<p><u>ماشین چرخشی</u></p>

۲-۲-۴- فعالیت های کره جنوبی: نمایش کابل ۲۲.۹ کیلوولتی در شهر ایچوان

وزارت اقتصاد دانش کره^۱ (MKE) طرح های خود را در نوامبر ۲۰۰۸ مبنی بر نصب یک کابل ۵۰۰ متری ابررسانای دمابالا در شبکه ی برق شرکت برق الکتریک کر^۲ (KEPCO) نهایی کرد. پروژه ی نمایش در ادامه ی تست موفق ۲ سیستم کابلی ابررسانای دمابالای ۱۰۰ متری در مرکز تست گوجانگ KEPCO می باشد. همکاران اصلی این پروژه عبارتند از:

- KEPCO

تأسیسات برقی با عمده ی سهم دولتی. KEPCO حدوداً ۱۳ میلیون مشتری داشته و تقریباً ۶۰ مگاوات توان تولیدی دارد.

- انستیتوی تحقیقات برق الکتریک کره^۳ (KEPR)

انستیتوی تحقیقات مرکزی متعلق به KEPCO جهت انجام تحقیقات مربوط به تأسیسات

- کمپانی کابل LS

تولیدکننده ی کره ای کابل های برقی

KEPCO سیستم کابلی ابررسانای دمابالایی را در یک ایستگاه در شهر ایچوان کره ارائه داد. مکان این ایستگاه تقریباً در ۵۰ کیلومتری جنوب کره است. این کابل برای عملکرد در ۲۲.۹ کیلوولت و ۵۰ مگاوات آمپر خواهد بود. این پروژه سیستم کابلی ابررسانای دمابالای سه فاز را به یک فضایی ارائه می دهد که پیشتر در اشغال کابل مرسوم و زیرزمینی سه فاز ۱۰ مگاوات آمپر بوده است. کابل ابررسانای دمابالا ظرفیتی ۵ برابر بیشتر از کابل مرسوم و زیرزمینی صرف نظر از هزینه های مربوط به ساخت و راه اندازی کانال های بزرگ تر ارائه می دهد. کابل ابررسانای دمابالا بین بخش دوم ترانسفورماتور اصلی ۲۲.۹/۱۵۲ کیلوولتی و اتوبوس ایستگاه ۲۲.۹ کیلوولتی نصب خواهد شد. شماتیک ایستگاه در شکل ۲-۴۰ نمایش داده شده است.

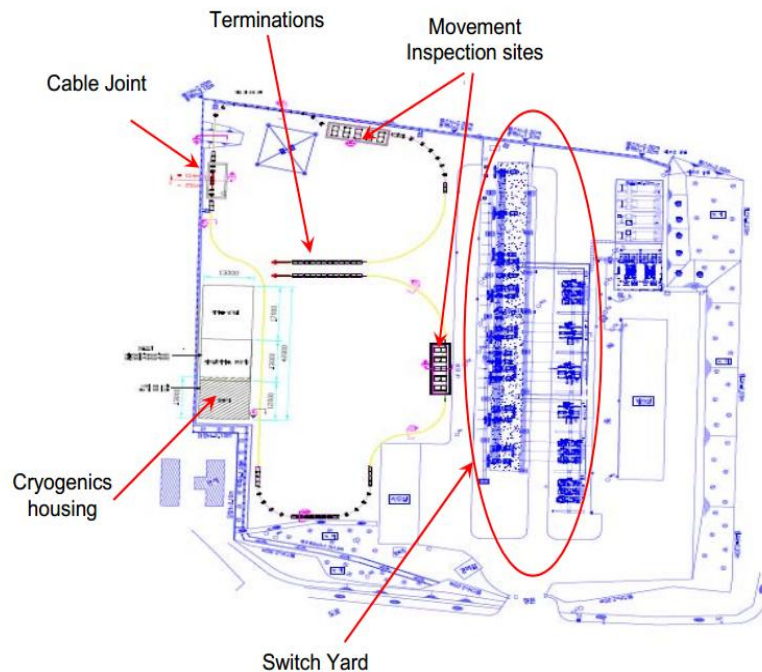
طراحی سیستم کابل ابررسانای دمابالای ۵۰۰ متری شامل ۳ هسته ی هم محور و دربردارنده ی سیستم سرمایشی مجزا، دارای پیکربندی مشابه دو کابل ۱۰۰ متری موجود در گوجانگ می باشد (شکل ۲-۲۲). کمپانی کابل LS با استفاده از نوارهای ۲ گیگی تهیه شده توسط AMSC بمنظور ساخت مسیرهای هدایتی (شیلد) جلویی و پشتی برای هر فاز، کابل ها را تهیه و تولید می کند. تولید کابل هم چنان در راه است و کمپانی کابل LS 80 کیلومتر نوار ۲ گیگی از AMSC خریداری نموده است.

¹ Ministry of Knowledge Economy

² Korean electric power corporation

³ Korean electric power research institute

قسمت انتهایی و نقاط اتصال کابل‌ها نیز توسط کمپانی LS تهیه خواهد شد. این کابل‌ها برای تحمل خطاهایی بیش از ۲۵ کیلوآمپر برای ۵ سیکل در ۵۰ هرتز بدون آسیب طراحی خواهند شد. سرمایه‌ی کابل‌ها، نقاط اتصال و انتهایی توسط سیستم حلقه بستهی LN2 فراهم خواهد شد. KEPRI یک یخچال با سیکل استیرلینگ از استیرلینگ هلند خریداری نموده است. کمپانی کابل LS سیستم کامل سرمایه‌ی و کنترل‌های مربوطه را تهیه و تولید خواهد نمود. ظرفیت طراحی شده‌ی سیستم سرمایه‌ی بیش از ۸ کیلووات در دمای ۷۷ کلون می‌باشد. تهیه‌ی کابل‌های ابررسانای دمابالا انتظار میرفت در پایان ۲۰۰۹ آغاز شود و در اواخر سال ۲۰۱۰ راه‌اندازی آن پس از یک سال تست مربوط به تهیه و تولید کابل‌ها صورت گیرد.



شکل (۲-۴۰): ارائه کابل ۲۲.۹ کیلوولتی در اینچوان کره (طراحی ایستگاه)



HTS Cable Joint



Termination



LS Cable Design

شکل (۲-۴۱): طراحی اولیه کابل ۲۲.۹ کیلوولتی در گوجانگ چین تست

علاوه بر ارائه‌ی کابل ابررسانای ۲۲.۹ کیلوولتی توسعه‌ی سیستم برق پیشرفته‌ی کره^۱ با استفاده از ابررسانایی کاربردی^۲ (DAPAS) یک کابل ابررسانای دمابالای با سطح انتقال بالا را جهت کار در ۱۵۴ کیلوولتی فراهم خواهد نمود. یک نمونه‌ی اولیه برای راه اندازی در مرکز تست گوجانگ در سال ۲۰۱۰ یا ۲۰۱۱ طراحی شده و ظرفیتی برابر با ۱ گیگاوات آمپر را داراست (۳۷۵۰ کیلو آمپر در هر فاز). کابل ارائه شده‌ی ۱۰۰ متری لینکی به گذرگاه انتقالی نزدیک فراهم خواهد کرد که از یک واحد انرژی هسته‌ای در چند مایلی تغذیه می‌شود. برای تطبیق تست کابل ۱۵۴ کیلوولتی و دیگر کابل‌های با سطوح انتقال دیگر تأسیسات تست جدیدی در حال راه اندازی در سایت گوجانگ می‌باشد. تأسیسات ولتاژ بالا (۱۰۰ کیلوولتی) تست کابل‌های ولتاژ بالا را تطبیق داده و ضرورت جریان‌پذیری برای کمی کردن ظرفیت توان چنین کابل‌هایی را فراهم خواهد کرد.

در ادامه در شکل ۲-۴۲ مرور کلی بر فعالیت‌های انجام شده در کره جنوبی در حوزه‌ی ابررسانایی در صنعت برق صورت

می‌گیرد.

¹ Korea's development of advanced power system

² Applied superconductivity



شکل (۲-۴۲): مروری بر فعالیت های در حوزه کاربردهای ابررساناها در کره

۲-۲-۵- فعالیت های هلند: کابل های HTS ۵ کیلوولتی، ۶ کیلومتری پیشنهادی در آمستردام

اپراتور سیستم هلندی توزیع کننده ی الیاندر^۱ (پیشتر NUON) و اولترا^۲ پروژه ای را بمنظور توسعه و نصب سیستم کابلی ابررسانای دمابالای ۶ کیلومتری و ۵۰ کیلوولتی در شهر آمستردام تحت عنوان یک پروژه پیشنهاد کرده است. شرکت کننده های این پروژه به طور خلاصه عبارتند از:

▪ الیاندر:

اپراتور سیستم هلندی توزیع کننده که برق ۲.۹ میلیون مشتری را تأمین می کند. الیاندر منطقه ی آمستردام و نواحی بزرگتر از آن را نیز خدمات رسانی می کند.

▪ اولترا:

سرمایه گذاری مشترک میان تولیدکننده ی کابل های nkt در اروپا و کمپانی سیم جنوبی در امریکا

¹ Alliander

² Ultera

▪ دانشگاه دلفت تکنولوژی^۱

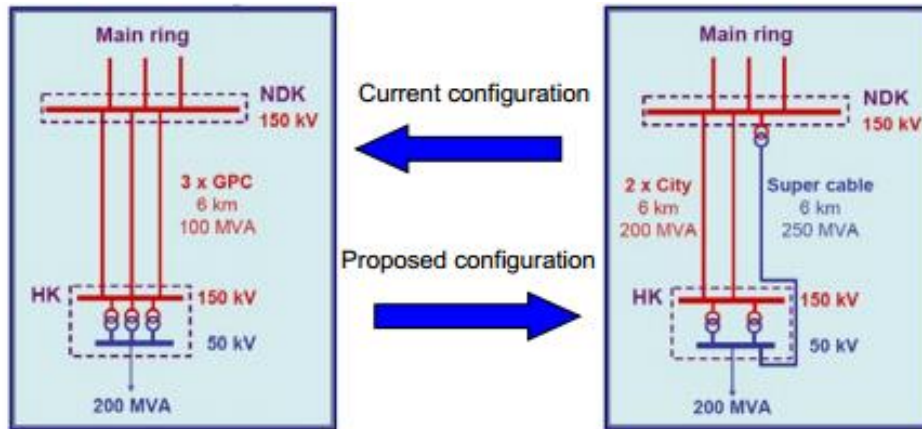
دانشگاه فنی و بزرگ واقع در هلند. دانشگاه دلفت بخش مربوط به مطالعات و تحقیقات را انجام داده و یک آزمایشگاه ولتاژ بالا برای تست کابل ۵۰ کیلوولتی فراهم می‌سازد.

کاربرد کابل ابررسانای دمابالا راه حل مناسبی برای تنگنای انتقال برق می‌باشد که جریان برق را در مرکز شهر محدود می‌سازد. سیستم کابل های رایج در ابتدا برای فراهم آوری ۱۰۰ مگاوات آمپر در مرکز شهر طراحی شده بودند. طراحی اولیه شرایط فزونی N-2 موردنیاز الیاندر را فراهم می‌کرد زیرا هر یک از سه کابل به تنهایی ۱۰۰ مگاوات آمپر موردنیاز را می‌تواند فراهم سازد. پس از اینکه کابل های فشارگاز خارجی نصب شدند تقاضای برق مرکز شهر به ۲۰۰ مگاوات آمپر افزایش پیدا کرد و شرایط فزونی N-2 دیگر تأثیری نداشت. پروژه ی پیشنهادی مایل به تعویض سه تا از کابل های فشار گاز خارجی ۱۵۰ کیلوولت/۱۰۰ مگاوات آمپری با دو تا کابل سه فازی را با عملکرد بالای XLPE 150 کیلوولت/۲۰۰ مگاوات آمپری (کابل های شهر نامیده می‌شوند) و یک کابل سه محوری ابررسانای دمابالای ۵۰ کیلوولتی/۲۵۰ مگاوات آمپری جایگزین کردند. راه حل اصلاح شرایط فزونی N-2 و فراهم آوری ۲۰۰ مگاوات آمپر مورد نیاز در مرکز شهر می‌باشد. شکل ۲-۴۳ توضیحی از کاربرد جاری و راه حل پیشنهادی است.

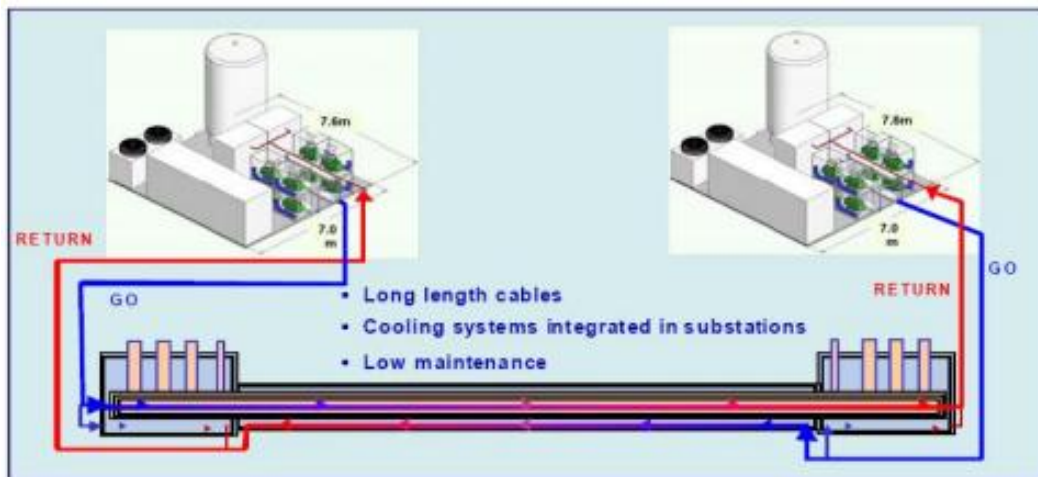
کابل ابررسانای دمابالا ذاتاً جریان خطا را محدود ساخته تا مقادیر خطای جریان مورد انتظار با کاهش امپدانس خط ابررسانا را جبران کند. تحت شرایط نرمال خط HTS 200 مگاوات آمپر را با کابل های XPLE تنها در صورت عملکرد در شرایط محتمل الوقوع را فراهم خواهد کرد.

یک مانع بزرگ تکنیکی در این پروژه سیستم سرمایشی موردنیاز برای سرمایش کابل ۶ کیلومتری می‌باشد. یک مطالعه ی امکان سنجی مشخص می‌کند دو ایستگاه سرمایشی، در صورت بازدهی بالا و کم بودن تلفات ac و حرارتی بسنده خواهد کرد. توضیح تصویری بخش سرمایشی دو ایستگاه در شکل ۲-۴۴ نمایش داده شده است.

¹ Delft university of technology



شکل (۲-۴۳): سیستم کابل برای تغذیه آمستردام



شکل (۲-۴۴): کابل ۶ متری HTS پیشنهادی

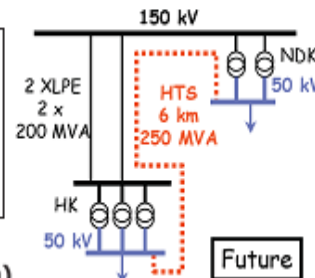
تیم توسعه مشخص کرده که کار توسعه‌ی قابل ملاحظه نیازمند مشخصه‌های طراحی برای این پروژه خواهد بود. گروه پروژه در حال حاضر روی بخشی از مفهوم جهت تهیه‌ی سیستم کابل نمونه برای تست کامل کار می‌کنند. نصب و راه‌اندازی کابل ۶ کیلومتری در قالب زمانی ۲۰۱۴-۲۰۱۵ پیشنهاد شده است. شمای کلی این پروژه و زمان بندی آن در شکل ۲-۴۵ آورده شده است.

HTS Triax Development project

6 km, 250 MVA, 50 kV



1. Feasibility study: 2006-2008 / Done
2. Proof of concept: 2009-2011 / Ongoing
3. Type test: 2011-2012
4. Installation project: 2013-2014



The challenge: **Cooling only at the ends (6 km)**

	Present value	Required value
Cryostat losses	1.5-2 W/m	0.5 W/m
AC losses (@2.9 kA)	1.4 W/m/phase	0.2 W/m/phase

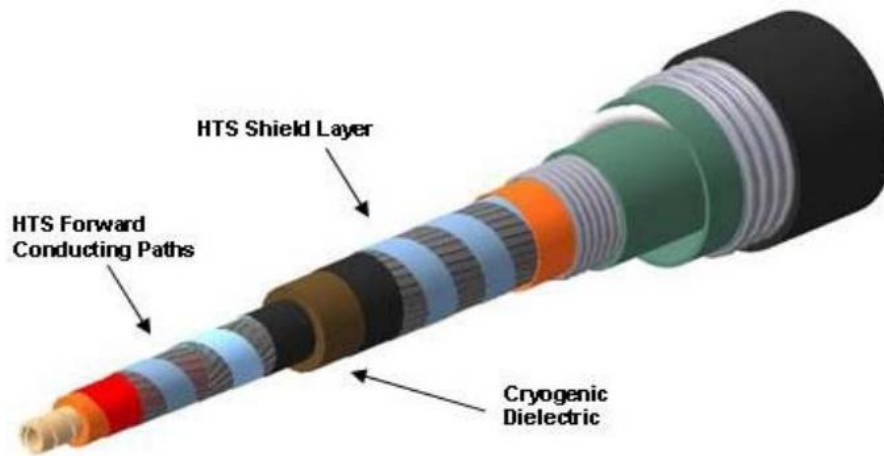
شکل (۲-۴۵): شمای کلی پروژه کابل HTS آمستردام

۲-۲-۶- فعالیت های روسیه: سیستم کابل ۲۰ کیلوولتی در حال توسعه در مسکو

بخش تحقیق و توسعه ی علمی انستیتوی کابل روسیه^۱ (VNIIEP) به همکاری انستیتوی مهندسی برق کرژیزانوفسکی^۲ (ENIN) و مرکز تحقیق و توسعه ی مهندسی برق در حال توسعه ی یک سیستم کابل برای نصب در ایستگاه مسکو در ۲۰۱۰ می باشند. سیستم کابل ۲۰۰ متری در ۲۰ کیلوولت با ماکسیمم ظرفیت ۷۰ مگاوات آمپری عمل میکند. کابل HTS دارای طراحی هم محور با مسیر هدایتی رو به جلو بوده و محافظ HTS در خود یک سرمایه ی مجزا دارد. سیستم کامل از سه تا از کابل های هم محور برای جا دادن سه فاز الکتریکی استفاده می کند. سامیتومو به عنوان تامین کننده ی نوار G1 برای مابل انتخاب شده است. تصویر طراحی هسته ی کابل در شکل ۲-۴۶ آورده شده است.

¹ Russian scientific R&D cable institute

² R&D center for power engineering



شکل (۲-۴۶): طراحی کابل HTS

تست موفق نمونه اولیه کابل HTS 30 متری در سال ۲۰۰۹ توسط VNIKP در مرکز تحقیق و توسعه مهندسی برق تکمیل شد. نوارهای HTS دور کابل تستی ۳۰ متری پیچیده شدند و کاربرد عایق‌سازی ولتاژ بالا در کامکابل^۱، تولیدکننده‌ی کابل روسی صورت گرفت. تهیه‌ی سیستم ۲۰۰ متری در سپتامبر ۲۰۰۹ تکمیل شد. سیستم کابل ۲۰۰ متری در مرکز تحقیق و توسعه مهندسی برق نصب و راهاندازی شد و یک سری تست‌هایی پیش از نصب در ایستگاه مسکو از آنها انجام شد.

مرکز تحقیق و توسعه مهندسی برق که امکان‌سنجی و ضرورت استفاده از کابل‌های برقی HTS را در شبکه‌های برقی را مشخص می‌کند، مشخص کرده که کاربرد اولیه‌ی کابل‌های HTS در روسیه، خطوط زیرزمینی ظرفیت بالای مسکو و دیگر نواحی بسیار پرجمعیت می‌باشد. ایده‌ی پیشنهادی توسط مرکز تحقیق و توسعه مهندسی برق نصب کابل‌های HTS در نواحی با تراکم بالای مشتری در ولتاژهای نسبتاً پائین می‌باشد. این کاربرد پتانسیل کاهش یا حذف کامل نیاز به ترانسفورماتور را دارد زیرا برق در طول خطوط امپدانس پائین بطور مستقیم به مراکز بار از ایستگاه‌های تولیدی در جریان است. VNIKP ادعا میکند که این راه حل میتواند صرفه‌جویی چشمگیری در هزینه‌ها علی‌رغم قیمت بالای کابل‌های HTS فراهم سازد زیرا نیاز به ایستگاه‌های میانی از بین خواهد رفت.

در حال حاضر بحث روی ارائه‌ی کابل‌های با طول بیش از ۱ کیلومتر در شبکه‌های روسی است اما در این مورد هیچ طرحی نهایی نشده است. شرایط پروژه‌ی ۲۰۰ متری در کنار سایر فعالیت‌ها در روسیه در آینده به روز رسانی خواهد شد. فهرست برخی از پروژه‌های مربوط به کابل‌های ابررسانای دمابالا در جدول ۲-۱۴ آورده شده است.

^۱ Kamkabel

جدول (۲-۱۴): پروژه‌های کابل‌های HTS در دنیا

Country/Area	Project	AC/DC	V/ kV	I/ kA	Length/m	Place	HTSC	Status
Japan	TEPCO-SEI	AC	66	1	100	CRIEPI	Bi	trial termination (2002)
	CEPCO-Furukawa	AC (1p)	77	1	500	CRIEPI	Bi	trial termination (2005)
	Chubu Univ.	DC	20	2	200	Chubu Univ.	Bi	in operation
	Y-system power device	AC	66	5	15	Kumatori test station	Y	trial termination (2013)
		AC	275	3	30	Shenyang Furukawa	Y	trial termination (2012)
	Demonstration PJ	AC	66	3	250	TEPCO substation	Bi	in operation (2012/10~)
Demonstration of DC cable	DC	each ~50 MVA	500, 2000		Ishikari, Hokkaido	Bi	starting in 2014	
USA	Albany	AC	34.5	0.8	350	grid (distribution line)	Bi/Y	trial termination (2008)
	OHIO	AC	13.2	3	200	grid (substation)	Bi	trial termination (2012)
	LIPA	AC	138	2.4	600	grid (cable)	Bi/Y	in operation
	Hydra	AC	13.8	4	200	grid (cable)	Y	starting in 2014
Mexico	CASAT	AC	13.8	1.75	17	water power plant	Bi	scheduled
Europe	Denmark	AC	30	0.2	30	grid (substation)	Bi	trial termination
	VNIKP(Rus)	AC	20	1.4	200	factory	Bi	connecting to grid
	St.Petersburg (Rus)	DC	20	2.5	2,500	grid (system connection)	Bi	connecting to grid in 2015
	Essen (Germany)	AC	10	2.3	1,000	grid (cable)	Bi	starting in 2013
China	Yunnan	AC	35	2	33.5	grid (substation)	Bi	trial termination
	Lanzhou	AC	10.5	1.5	75	factory	Bi	in operation
	Electric Works	DC	1.5	10	380	Al smelting plant	Bi	Installed, waiting for cooling
Korea	KEPCO	AC	22.9	1.25	100	test station	Bi	in testing
	DAPAS(1)	AC	22.9	1.25	100	test station	Bi	trial termination
	DAPAS(2)	AC	154	3.75	30, 100	test station	Y	trial termination
	GENI	AC	22.9	1.25	500	grid (Icheon substation)	Y	trial termination (2013)
	JEJU	DC	80	3.12	500	grid (GuemAk C/S)	Y	connecting to grid in 2014

۲-۲-۷- تجهیزات ابررسانایی در سیاست های کلان جهان در صنعت برق

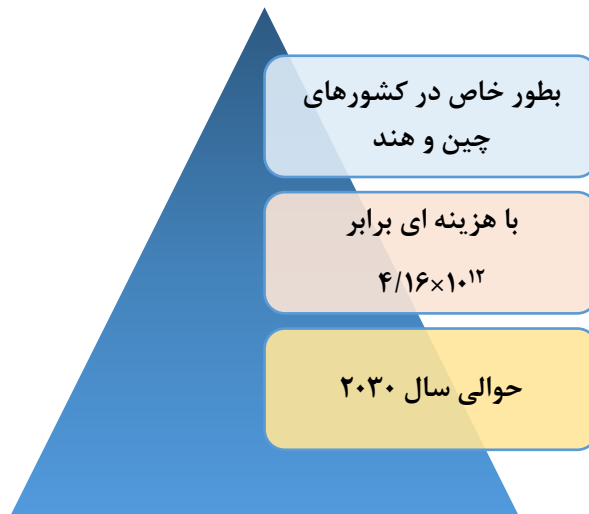
در جدول ۲-۱۵ پروژه های مربوط به تجهیزات الکتریکی در سرتاسر جهان آورده شده است. نیمی از سرمایه گذاری ها برای شبکه های انتقال و توزیع در نیمی از ایستگاه های برق دنیا مورد نیاز می باشد.

جدول (۲-۱۵): پروژه های تجهیزات الکتریکی در سرتاسر جهان

	Investment, 2007-2015 (\$2007, billion)				Investment, 2016-2030 (\$2007, billion)			
	Capacity additions	Power generation	Transmission	Distribution	Capacity additions	Power generation	Transmission	Distribution
	(GW)				(GW)			
OECD	514	982	278	656	1 107	2 467	403	922
North America	215	379	121	260	480	1 136	238	512
Europe	221	457	93	281	465	1 048	94	286
Pacific	78	146	65	115	163	283	71	124
Non-OECD	1 177	1 215	589	1 285	1 730	2 177	837	1 793
E. Europe/ Eurasia	137	180	55	183	159	274	51	173
Asia	781	794	433	894	1 170	1 379	596	1 231
China	574	521	296	612	718	753	299	618
Middle East	78	59	32	67	160	135	71	146
Africa	59	59	28	58	91	159	47	97
Latin America	121	123	41	84	149	230	72	148
World	1 691	2 197	867	1 941	2 837	4 644	1 239	2 716

جهان به سمت نصب و راه اندازی تجهیزات الکتریکی می رود. نقشه راه کلی و سیاست اتخاذ شده برای این مهم در شکل

۲-۴۷ آورده شده است.



شکل (۲-۴۷): نقشه راه جهان در نصب تجهیزات الکتریکی در جهان

در این میان تجهیزات ابررسانا با ارائه محاسنی نظیر بهبود کارایی انرژی، دانسیته برق افزایش یافته، کیفیت برق بهتر، زیست سازگاری به عنوان مهم ترین و تاثیرگذارترین تجهیزات الکتریکی در این سیاست جهانی به شمار می روند. بر این اساس در اقصی نقاط جهان پروژه های متعددی در مورد انواع تجهیزات ابررسانا جاری است. در جدول ۲-۱۶ الی ۲-۲۰ آورده شده است.

جدول (۲-۱۶): پروژه‌های کابل‌های ابررسانای HTS در جهان

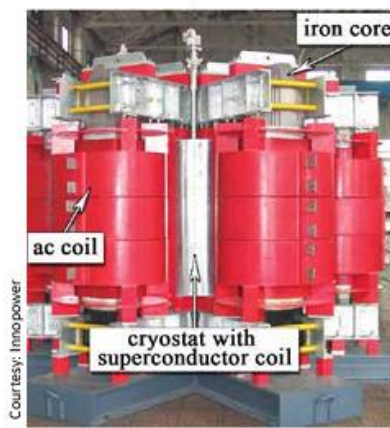
Manufacturer	Place/Country/Year	Type	Data	HTS
Innower	Yunnan, CN, 2004	WD	35 kV, 2 kA, 33 m, 3-ph.	Bi 2223
Sumitomo	Albany, US, 2006	CD	34.5 kV, 800 A, 350 m, 3-ph.	Bi 2223
Ultera	Columbus, US, 2006	Triax	13.2 kV, 3 kA, 200 m, 3-ph.	Bi 2223
Sumitomo	Gochang, KR, 2006	CD	22.9 kV, 1.25 kA, 100 m, 3-ph.	Bi 2223
LS Cable	Gochang, KR, 2007	CD	22.9 kV, 1.26 kA, 100 m, 3-ph.	Bi 2223
Sumitomo	Albany, US, 2007	CD	34.5 kV, 800 A, 30 m, 3-ph.	YBCO
Nexans	Hannover, D, 2007	CD	138 kV, 1.8 kA, 30 m, 1-ph.	YBCO
Nexans	Long Island, US, 2008	CD	138 kV, 1.8 kA, 600 m, 3-ph.	Bi 2223
Nexans	Spain, 2008	CD	10 kV, 1 kA, 30 m, 1-ph	YBCO
Ultera	New York, US, 2010	Triax	13.8 kV, 4 kA, 240 m, 3-ph.	YBCO
Ultera	Amsterdam, NL, -	Triax	50 kV, 2.9 kA, 6000 m, 3-ph.	YBCO
Nexans	Long Island, US, 2011	CD	138 kV, 2.4 kA, 600 m, 1-ph.	YBCO
LS Cable	Gochang, KR, 2011	CD	154 kV, 1 GVA, 100 m, 3-ph.	YBCO
LS Cable	Seoul, KR, 2011	CD	22.9 kV, 50 MVA, 500 m, 3-ph.	YBCO
Sumitomo	Yokohama, JP, 2012	CD	66 kV, 200 MVA, 200 m, 3-ph.	Bi 2223
Sumitomo	TEPCO, JP	CD	66 kV, 5 kA	TBD
Furukawa	TEPCO, JP	CD	275 kV, 3 kA	Bi 2223
Sumitomo	Chubu U., JP, 2010	CD	10 kV, 3 kA DC, 20 m, 200 m	Bi 2223
VNIKP	Moscow, RU, 2010	CD	20 kV, 200 m	Bi 2223
Nexans	Spain	CD	10 kV, 3.2 kA, 30 m, 1 ph.	Bi 2223

Nexans SuperConductors



Resistive Type
12 kV, 800 A, 120 ms
Bi 2212 bulk material
Power system auxiliary
Energized 2009
First commercial system

Innower



DC Biased Iron Core Type
35 kV, 90 MVA
Bi 2223 tapes
Substation
Energized 2008

Zenergy Power



DC Biased Iron Core Type
15 kV, 1.2 kA, 60 cycles
Bi 2223 tapes
Substation Feeder
Energized March 9, 2009

جدول (۲-۱۷): پروژه های مهم در رابطه با محدودساز جریان خطا در جهان

Lead Company	Country/Year ¹⁾	Type	Data ²⁾	Phase	Superconductor
ACCEL/NexansSC	D / 2004	Resistive	12 kV, 600 A	3-ph.✓	Bi 2212 bulk
CAS	China / 2005	Diode bridge	10.5 kV, 1.5 kA	3-ph.✓	Bi 2223 tape
CESI RICERCA	Italy / 2005	Resistive	3.2 kV, 220 A	3-ph.	Bi 2223 tape
Siemens / AMSC	D / USA / 2007	Resistive	7.5 kV, 300 A	1-ph.	YBCO tape
LSIS	Korea / 2007	Hybrid	24 kV, 630A	3-ph.	YBCO tape
Hyundai / AMSC	Korea / 2007	Resistive	13.2 kV, 630 A	1-ph.	YBCO tape
KEPRI	Korea / 2007	Res.-hybrid	22.9 kV, 630 A	3-ph.	Bi 2212 bulk
Innopower	China / 2008	DC biased iron core	35 kV, 90 MVA	3-ph.✓	Bi 2223 tape
Toshiba	Japan / 2008	Resistive	6.6 kV, 72 A	3-ph.✓	YBCO tape
Nexans SC	D / 2009	Resistive	12 kV, 100 A	3-ph.✓	Bi 2212 bulk
Zenergy Power	USA / 2009	DC biased iron core	12 kV, 1.2 kA	3-ph.✓	Bi 2223 tape
Zenergy Power	USA / 2010	DC biased iron core	12 kV, 1.2 kA	3-ph.✓	Bi 2223 tape
Nexans SC	D / 2009	Resistive	12 kV, 800 A	3-ph.✓	Bi 2212 bulk
Nexans SC	D / 2011	Resistive	12 kV, 800 A	3-ph.✓	YBCO tape
Innopower	China / 2010	DC biased iron core	220 kV, 300 MVA	3-ph.✓	Bi 2223 tape
RSE	Italy / 2010	Resistive	9 kV, 250 A	3-ph.✓	Bi 2223 tape
RSE	Italy / 2011	Resistive	9 kV, 1 kA	3-ph.✓	YBCO tape
KEPRI	Korea / 2010	Resistive	22.9 kV, 3 kA	3-ph.✓	YBCO tape
AMSC / Siemens	USA / D / 2012	Resistive	66 kV, 1.2 kA	1-ph.	YBCO tape
Zenergy Power	USA / 2012	DC biased iron core	138 kV	3-ph. ✓	Bi 2223 tape
Nexans SC	EU / 2012	Resistive	24 kV, 1005 A	3-ph. ✓	YBCO tape

جدول (۲-۱۸): پروژه‌های مربوط به ذخیره‌سازهای انرژی ابررسانا در جهان

Lead Institution	Country	Year	Data	Super-conductor	Application
KIT	D	1997	320 kVA, 203 kJ	NbTi	Flicker compensation
AMSC	USA		2 MW, 2,6 MJ	NbTi	Grid stability
KIT	D	2004	25 MW, 237 kJ	NbTi	Power modulator
Chubu	J	2004	5 MVA, 5 MJ	NbTi	Voltage stability
Chubu	J	2004	1 MVA, 1 MJ	Bi 2212	Voltage stability
KERI	Korea	2005	750 kVA, 3 MJ	NbTi	Power quality
Ansaldo	I	2005	1 MVA, 1 MJ	NbTi	Voltage stability
Chubu	J	2007	10 MVA, 19 MJ	NbTi	Load compensation
CAS	China	2007	0,5 MVA, 1 MJ	Bi 2223	-
KERI	Korea	2007	600 kJ	Bi 2223	Power-, Voltage quality
CNRS	F	2008	800 kJ	Bi 2212	Military application
KERI	Korea	2011	2.5 MJ	YBCO	Power quality

جدول (۲-۱۹): پروژه‌های مربوط به ترانسفورماتورهای ابررسانا در جهان

Country	Inst.	Application	Data	Phase	Year	HTS
Switzerland	ABB	Distribution	630 kVA/18,42 kV/420 V	3 Dyn11	1996	Bi 2223
Japan	Fuji Electric Kyushu Uni	Demonstrator	500 kVA/6,6 kV/3,3 kV	1	1998	Bi 2223
Germany	Siemens	Demonstrator	100 kVA/5,5 kV/1,1 kV	1	1999	Bi 2223
USA	Waukesha	Demonstrator	1 MVA/13,8 kV/6,9 kV	1		Bi 2223
USA	Waukesha	Demonstrator	5 MVA/24,9 kV/4,2 kV	3 Dy		Bi 2223
Japan	Fuji Electric U Kyushu	Demonstrator	1 MVA/22 kV/6,9 kV	1	< 2001	Bi 2223
Germany	Siemens	Railway	1 MVA/25 kV/1,4 kV	1	2001	Bi 2223
EU	CNRS	Demonstrator	41 kVA/2050 V/410 V	1	2003	P-YBCO S- Bi 2223
Korea	U Seoul	Demonstrator	1 MVA/22,9 kV/6,6 kV	1	2004	Bi 2223
Japan	U Nagoya	Demonstrator	2 MVA/22 kV/6,6 kV	1	2009	P-Bi 2223 S-YBCO
Germany	KIT	Demonstrator	1 MVA, 20 kV	1	2015	P-Cu/S-YBCO
USA	Waukesha	Prototype	28 MVA/69 kV	3	2013	YBCO
Japan	Kyushu	Demonstrator	400 kVA	1	2010	YBCO
Australia	Callaghan Innovation	Demonstrator	1 MVA	3	2013	YBCO

جدول (۲-۲۰): پروژه‌های مرتبط با ژنراتورهای ابرسانا در جهان

Manufacturer / Country	Machine	Timeline
AMSC (US)	5 MW demo-motor	2004
	8 MVA, 12 MVA synchronous condenser	2005/2006 (Field test)
	40 MVA generator design study	2006
	36 MW ship propulsion motor 8 MW wind generator design study	2008 2010
GE (US)	100 MVA utility generator	2006 (discontinued)
	5 MVA homopolar induction motor	2008
LEI (US)	5 MVA high speed generator	2006
Reliance Electric (US)	10.5 MVA generator design study	2008
Kawasaki (JP)	1 MW ship propulsion	200?
IHI Marine, SEI (JP)	365 kW ship propulsion motor	2007
	2.5MW ship propulsion motor	2010
Doosan, KERI (Korea)	1 MVA demo-generator	2007
	5 MW motor ship propulsion	2011
Siemens (Germany)	4 MVA industrial generator	2008 (Field test)
	4 MW ship propulsion motor	2010
Converteam (UK), now GE	1.25 MVA hydro-generator	2012
	500 kW demo-generator	2008
	8 MW wind generator design study	2010

منابع اطلاعاتی مورد جستجو

کتابخانه مرکزی دانشگاه تربیت مدرس

کتابخانه مرکزی دانشگاه صنعتی شریف

فصلنامه پژوهش فیزیک

www.sciencedirect.com

www.answers.com

www.superconductors.org

www.physicsweb.org

www.americanmagnetics.com

www.springerlink.com

www.elsevier.com

www.magneticmagazine.com

www.sumitomoelectricusa.com

www.ieeexplore.ieee.org

www.iop.org

www.amsuper.com

www.en.wikipedia.org

مراجع

- [1] H.K.Onnes,Leiden Commun.124 C (1911)
- [2] F.M.Asner,High Field Superconducting Magnets.Oxford.1999.
- [3] B.Josephson,Phys.Lett.1 (1962) 251.
- [4] S.Weber,Electronics 19 (1987) 49.
- [5] M.Tinkham,Introduction to Superconductivity,(McGraw-Hill,N.Y,1969) .
- [6] T.D.Rossing,The Physics Teacher,1999.
- [7] T.Hoshino et al., Proc.ICE M98. 2 (1998) 690.
- [8] P.Manuel et al.,Physica C 372 (2002) 1591.
- [9] S.W.Schwenterly et al.,IEEE.Trans.Appl.Supercond. 9 (1999) 680.
- [10] Y.Iijima et al.,Appl.Phys.Lett. 60 (1992) 76.

- [11] V.P.Agalako et al.,IEEE.Trans.Magn. 32 (1996) 2312.
- [12] I.Oishi K.Nishijima,Cryogenics 42 (2002) 157.
- [13] Sm.Leung et al.,IEEE Trans. App.l supercond.10 (2000) 832.
- [14] Y.Sikjo et al.,Physica C 416(2004) 108.
- [15] W.Nick et al.,Physica C 372 (2002) 1306.
- [16] T.Havgan et al.,Nature 430 (2004) 243.
- [17] P.Libeyre et al.,Fusion Engineering and design 58 (2001) 117.
- [18] M.Minami et al., Physica C 357 (2001) 1323.
- [19] P.N.Barner et al.,Cryogenics 45 (2005) 670.
- [20] I.B.Peshkov and V.E Sitnikov,wire industry 2 (1994) 85.
- [21] S.Mokoyama et al.,Physica C 445 (2006) 1050.
- [22] R.Wesche et al.,Cryogenics 39 (1999) 767.
- [23] P.Kummeth et al.,Superconduct.Sci.Technol. 13 (2000) 60.
- [24] T.Nitta et al.,J.Cryogenic Society of Japan. 3 (2001) 36.
- [25] M.Leghisa et al.,Physica C 372 (2002) 1688.
- [26] E.Sissimatos et al.,Physica C 354 (2001) 23.
- [27] T.Nagasawa et al.,Physica C 372 (2002) 1715.
- [28] F.Darmann,Cryogenics 41 (2001) 611.
- [29] S.Baang et al.,Physica C 354 (2001) 105.
- [30] P.Tixador,InternationlJournal of Refrigeration. 22 (1999) 150.
- [31] L.K.Kovalev et al.,Physica C 372 (2002) 1524.
- [32] K.Lushin et al.,IEEE Trans. Appl. Supercond. 9 (1999) 1261.
- [33] I.Muta et al.,Physica C 372 (2006) 1531.
- [34] H.Ohsahi et al.,J.Mater.Proc.Technol. 108 (2001) 148.
- [35] T.Habisreuther et al.,IEEE.Trans Appl.Supercond. 72 (1997) 900.
- [36] T.H.Sung et al.,Cryogenics 42 (2002) 357.
- [37] R.de Andrade et al.,Physica C 468 (2004) 936.
- [38] R.m.Stephan, Physica C 386 (2003) 490.
- [39] 2001 NEDO Report on R&D of Superconducting Bearing Technologies for Flywheel Energy Storage System.
- [40] A.M.Wolsky,Supercond.Sci.Technol.15 (2002) 836.
- [41] I.Vajda et al.,Physica C 372 (2002) 1500.

- [42] A.Friedman et al.,J.Mater.Proc.Tech. 161 (2005) 28.
- [43] H. Ohsaki et al.,Physica C 412 (2004) 1198.
- [44] T. Dai et al.,Physica C 412 (2004) 1239.
- [45] S.Hanai et al.,IEEE Trans.Appl.supercond.13 (2003) 1810
- [46] H.Hayashi et al.,Physica C 357 (2001) 1327.
- [47] C.A.Baldan et al.,Physica C 408 (2004) 937.
- [48] H.Kang et al.,Cryogenics 43 (2003) 621.
- [49] S.Elschner et al.,Physica C 372 (2002) 1668.
- [50] K.W.lay et al.,Advanced in Cryogenic Engineering 42 (1998) 985.
- [51] M.Cryot,D.Pavuna,High T_c Materials,World Scientific,1992.
- [52] D.Shi et al.,J.Appl.Phys.68 (1990) 228.
- [53] K.T.Gano et al.,Jpn.J.Appl.Phys.27 (1988) 145.
- [54] R.Flukiger et al.,Physica C 153 (1988) 1574.
- [55] S.Jin et al.,Physica C 198 (192) 333
- [56] M.Murakami,Supercond.Sci.Technol.5 (1992) 185
- [57] B.S.Deaver et al.,Future Trands in Superconductive Electronics,New York: Ameican Institute of Phisics,1999.
- [58] T.A.Heppenheimer,"Superconducting: The New Billion Dollars Business." High Technology.July 1997.
- [59] World project now for superconductor, International superconductivity center, April 2013.
- [60] Superconductivity in Energy Technology application 2010, Temper University of technology, Finland, 2010.
- [61] Superconducting Electronic Power applications,
- [62] L. Ramesh, S. Chowdhury, S. Chowdhury, A. Natarajan, and C. Gaunt, "Minimization of Power Loss in Distribution Networks by Different Techniques," International Journal of Electrical Power and Energy Systems Engineering, vol. 2, 2009.
- [63] High temperature superconductivity market readiness review, Office of electricity delivery and England reliability, August 2006.
- [64] History of applied superconductivity research in China, IEEE/CSC & ESAS European superconductivity news forum, No. 19, January 2012.
- [65] Superconductivity: 100th anniversary of its discovery and its future, Japanese journal of applied physics 51, 2012.

- [66] Overview of superconductivity in Japan- Strategy roadmap and R&D status. Physica C 468, 2008.
- [67] M. Stemmler, "Medium voltage superconductor cable systems for inner city power supply," presented at the Second seminar on Undergrounding of electric
- [68] Distribution Networks 8-10 November, Alagoas, Brazil. 2011.
- [69] M. Elsherif, P. Taylor, and D. Hampshire, "Investigating the Impact of High temperature Superconductor Cables on Electrical Distribution Networks, "In International Conference on Energy Systems and Technologies (ICEST 2011) , pp. 11-14, 2011.
- [70] Z. Melhem, Oxford Instruments on IMPDAHMA project a tSB project to develop an integrated modelling package for Designing Advanced HTS materials Applications. by a Consortium led by Oxford Instruments and in collaboration with vector fields and Southampton University, 2007-2010.
- [71] Superconducting power cables, Technology watch, 2009.
- [72] R. Smith, "UK Future Energy Scenarios: National Grid, " NationalGrid2011.
- [73] High temperature superconductors change the game, materials research society, vol 37, 2012.
- [74] Present and future applications, coalition for the commercial application of superconductors, 2009.
- [75] HTS from recommercial to commercial, a roadmap to future use of HTS by the power sector, 2013.
- [76] J. Zhang and J. Jin, "Simulation analysis of DC power transmission using high Tc Superconducting cables," Industrial Technology, IEEE, pp. 1-4, 2008
- [77] European roadmap on superconductor electronics

فهرست مطالب

۱- فصل اول: تدوین چشم انداز توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ۱	
۱-۱- مقدمه	۱-۱-۱
۲-۱- چهارچوب نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم‌انداز	۲-۱-۱
۲-۲-۱- تعریف چشم‌انداز	۲-۲-۱-۱
۲-۲-۱- ویژگی‌های یک چشم‌انداز مطلوب	۲-۲-۱-۲
۳-۲-۱- ضرورت تدوین چشم‌انداز	۳-۲-۱-۱
۴-۲-۱- انواع چشم‌اندازها	۴-۲-۱-۱
۵-۲-۱- روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز	۵-۲-۱-۱
۳-۱- فرآیند (روش منتخب) تدوین چشم‌انداز توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق	۳-۱-۱
۴-۱- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی	۴-۱-۱
۵-۱- نتایج حاصل از ارزیابی دیدگاه خبرگان	۵-۱-۱
۱-۵-۱- مصاحبه خبرگزاری مهر با دکتر مرتضی خیاط	۱-۵-۱-۱
۲-۵-۱- سومین کنفرانس ملی پیشرفت‌های ابررسانایی	۲-۵-۱-۱
۳-۵-۱- مصاحبه با دکتر مسعود رجبی	۳-۵-۱-۱
۶-۱- تبیین چهارچوب بیانیه و ارائه پیش‌نویس اولیه بیانیه چشم‌انداز	۶-۱-۱
۱-۶-۱- توصیفات پساچشم‌اندازی	۱-۶-۱-۱
۲- فصل دوم: تدوین اهداف کلان توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ۲۰	
۱-۲- مقدمه	۱-۲-۱
۲-۲- چارچوب نظری تدوین اهداف کلان برنامه راهبردی	۲-۲-۱
۱-۲-۲- حوزه‌های اهداف تعیین شده	۱-۲-۲-۱
۳-۲- گام‌های ضروری تدوین اهداف	۳-۲-۱
۱-۳-۲- دریافت ورودی از نظرات خبرگان هم‌راستا با چشم‌انداز، اصول ارزشی، هوشمندی فناوری	۱-۳-۲-۱
۲-۳-۲- تدوین اولیه اهداف کلان بر اساس اطلاعات ورودی	۲-۳-۲-۱
۳-۳-۲- تأیید و نهایی‌سازی اهداف کلان	۳-۳-۲-۱
۴-۳-۲- دریافت بازخورد	۴-۳-۲-۱
۴-۲- تدوین اهداف توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران	۴-۲-۱
۱-۴-۲- نتایج حاصل از بررسی گزارش توجیه‌پذیری	۱-۴-۲-۱
۲-۴-۲- نتایج حاصل از بررسی چشم‌انداز تدوین شده	۲-۴-۲-۱
۳-۴-۲- نتایج حاصل از بررسی گزارش اسناد بالادستی	۳-۴-۲-۱
۵-۲- اهداف کلان تعیین شده در سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق	۵-۲-۱
۳- فصل سوم: تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ۳۲	
۱-۳- مقدمه	۱-۳-۱

- ۳-۲- روش منتخب تدوین راهبرد ۳۲
- ۳-۳- دسته‌بندی فناوری‌ها بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی ۳۴
- ۳-۳-۱- تعیین شاخص‌های جذابیت و توانمندی ۳۵
- ۳-۳-۴- شاخص‌های جذابیت و توانمندی در حوزه به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق ۳۹
- ۳-۳-۱-۴- ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ۴۰
- ۳-۳-۲- تحلیل نتایج ۴۳
- ۳-۳-۴-۳- ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های تولید مواد ابررسانا و به‌کارگیری آن‌ها در تجهیزات صنعت برق ۴۸
- ۳-۳-۵- روش اکتساب فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ۵۱
- ۳-۳-۱-۵- ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت- توانمندی ۵۱
- ۳-۳-۲-۵- تحلیل ابرهای فناوری در حوزه فناوری‌های ابررسانا در تجهیزات صنعت برق ۵۸
- ۳-۳-۵-۳- الگوریتم پیشنهادی تعیین روش اکتساب فناوری‌های ناحیه ۲ ۶۱
- ۳-۳-۶- راهبردهای تعیین شده برای توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ۶۶
- ۴- نتیجه‌گیری ۶۶
- ۵- مراجع ۶۸
- ۶- پیوست ۶۹
- ۶-۱- پیوست شماره یک ۶۹
- ۶-۲- پیوست شماره دو ۷۳
- ۶-۳- پیوست شماره سه ۷۷
- ۶-۴- پیوست شماره چهار ۸۲

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱): ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز ۶
- شکل (۲-۱): گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب ۱۰
- شکل (۳-۱): مدل اجرایی خلق چشم‌انداز ۱۱
- شکل (۴-۱): نحوه ارتباط تم‌های چشم‌انداز با ورودهای تدوین چشم‌انداز ۱۷
- شکل (۱-۲): ویژگی‌های اهداف کلان ۲۴
- شکل (۲-۲): نحوه تعیین اهداف کلان در سند توسعه فناوری‌های ابرسانا در صنعت برق ایران ۲۵
- شکل (۳-۲): نحوه استخراج اهداف از محورهای اصلی گزارش توجیه‌پذیری، بیانیه چشم‌انداز و گزارش اسناد بالادستی ۳۱
- شکل (۱-۳): رابطه سلسله‌مراتبی مؤلفه‌های راهبرد ملی فناوری ۳۳
- شکل (۲-۳): نحوه ارتباط شاخص‌های جذابیت فناوری‌های ابرسانا با رویکردهای کلان سند توسعه فناوری‌های ابرسانا ۳۷
- شکل (۳-۳): ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های تولید مواد ابرسانا ۴۹
- شکل (۴-۳): ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابرسانا در تجهیزات صنعت برق ۴۹
- شکل (۵-۳): اثر پراکندگی فناوری‌ها در ماتریس جذابیت و توانمندی بر انتخاب نواحی ماتریس ۵۲
- شکل (۶-۳): اثر تغییر تنوع کاربرد و حساسیت دستیابی فناوری بر نحوه ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت-توانمندی ۳ ناحیه‌ای ۵۳
- شکل (۷-۳): اثر تغییر تنوع کاربرد و حساسیت دستیابی فناوری بر نحوه اولویت‌بندی نواحی در نظر گرفته شده ماتریس جذابیت-توانمندی ۵۴
- شکل (۸-۳): ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های تولید مواد ابرسانا ۵۵
- شکل (۹-۳): ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابرسانا در تجهیزات صنعت برق ۵۷
- شکل (۱۰-۳): نمودار ابرهای فناوری و دسته‌بندی فناوری‌های تولید مواد ابرسانا ۵۹
- شکل (۱۱-۳): نمودار ابرهای فناوری و دسته‌بندی فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابرسانا در تجهیزات صنعت برق ۶۰
- شکل (۱۲-۳): الگوریتم تعیین روش اکتساب فناوری‌های ابرسانا ۶۴

فهرست جداول

جدول (۱-۱):	عناوین اسناد و سیاست‌های بررسی شده.	۱۲
جدول (۲-۱):	ویژگی‌های موجود در اسناد بالادستی مرتبط با توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران.	۱۳
جدول (۱-۲):	عناوین سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب بررسی شده.	۲۸
جدول (۲-۲):	اهداف قابل استنتاج از اسناد بالادستی در حوزه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق.	۲۸
جدول (۱-۳):	فهرست افراد پاسخ‌دهنده به پرسشنامه‌های جذابیت-توانمندی.	۴۱
جدول (۲-۳):	جمع‌بندی نتایج جذابیت و توانمندی فناوری تولید مواد ابررسانا.	۴۲
جدول (۳-۳):	جمع‌بندی نتایج جذابیت و توانمندی فناوری به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف صنعت برق.	۴۲
جدول (۴-۳):	نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت فناوری تولید مواد ابررسانا.	۴۴
جدول (۵-۳):	نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت فناوری به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف.	۴۴
جدول (۶-۳):	نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی فناوری تولید مواد ابررسانا در کشور.	۴۶
جدول (۷-۳):	نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف صنعت برق در داخل کشور.	۴۶
جدول (۸-۳):	دسته‌بندی بر اساس ابرهای فناوری‌های تولید مواد ابررسانا.	۶۰
جدول (۹-۳):	دسته‌بندی بر اساس ابرهای فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف صنعت برق.	۶۰
جدول (۱۰-۳):	روش پیشنهادی اکتساب فناوری‌ها.	۶۵
جدول (۱۱-۳):	روش پیشنهادی اکتساب فناوری‌ها.	۶۵

۱- فصل اول: تدوین چشم‌انداز توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

۱-۱- مقدمه

به طور کلی چشم‌انداز^۱ بیانگر افق و جایگاه مطلوب، آرمانی و رقابتی برای سازمان، صنعت یا تکنولوژی است. چشم‌انداز همواره امیدها و اهداف آرمانی را نشان می‌دهد و یادآوری می‌کند که جهت حرکت به کدام سو ادامه می‌یابد. به عبارت دیگر چشم‌انداز آینده‌ای است واقع‌گرایانه، محقق‌الوقوع و جذاب که کلید رهبری حرکت به سوی اهداف است. بر این اساس در خصوص موضوع سند، چشم‌انداز شامل جایگاه مطلوب کشور در موضوع سند خواهد بود.

اهمیت چشم‌انداز از ابعاد گوناگونی قابل بررسی است، با توجه به موارد ذکر شده می‌توان گفت که چشم‌انداز دو کارکرد اصلی دارد: نخست از به بیراهه کشیده شدن فعالیت‌ها جلوگیری کرده و دوم اینکه همواره امید را برای نیل به اهداف تعیین شده تقویت می‌نماید.

انواع آینده که در چشم‌انداز به آن پرداخته می‌شود، در سه دسته، طبقه‌بندی می‌شود: آینده ممکن، آینده محتمل و آینده مطلوب. **آینده ممکن:** شامل تمامی آینده‌هایی است که می‌تواند اتفاق بیفتد. مهم نیست که این آینده‌ها تا چه حد احتمال وقوع داشته باشند و یا حتی دست‌نیافتنی باشند.

آینده‌های محتمل: آنچه به احتمال بسیار زیاد در آینده به وقوع خواهد پیوست.

آینده‌های مطلوب: آنچه مطلوب‌ترین و ارجح‌ترین رویداد آینده به شمار می‌رود.

هدف از نگارش این فصل، تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) می‌باشد. بیانیه اولیه چشم‌انداز باید مبتنی بر مطالعات صورت گرفته (خصوصاً چشم‌انداز سایر کشورها) و اسناد بالادستی (خصوصاً اسناد راهبردی صنعت برق) تدوین گردد. با توجه به اینکه تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز نیازمند شناخت اساس و چهارچوب نظری تدوین چشم‌انداز و ملاحظات کلی تدوین چشم‌انداز است در ابتدا به بررسی چارچوب نظری و ملاحظات کلی تدوین و تبیین چشم‌انداز پرداخته می‌شود. پس از آن با تجزیه و تحلیل مطالعات انجام شده و اسناد بالادستی، به تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز پرداخته می‌شود.

۱-۲- چهارچوب نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم‌انداز

همان طور که اشاره شد یکی از گام‌های اساسی در تدوین برنامه راهبردی، تدوین چشم‌انداز است. در حقیقت، پس از تدوین مأموریت، می‌بایست مقصد نهایی در یک افق زمانی مشخص تعیین گردد. با تهیه چنین تصویری از آینده، فعالیت‌ها و تصمیم‌گیری‌های کلان فرابخشی و بخشی دارای یک هدف واحد می‌باشد، که این هدف واحد رسیدن به چشم‌انداز تعیین شده است.

در این بخش از گزارش به بررسی مبانی نظری در انتخاب یک چشم‌انداز مناسب و همچنین بررسی الزامات آن پرداخته شده است. بر این اساس در این بخش ابتدا تعاریف و ویژگی‌های چشم‌انداز از منابع علمی مختلف ارائه و سپس متدولوژی‌های تدوین چشم‌انداز معرفی شده است.

۱-۲-۱- تعریف چشم‌انداز

واژه چشم‌انداز در زبان فارسی به معنی تصویری است که از آینده در نظر انسان مجسم می‌شود. در مطالعات انجام گرفته، تعاریف مختلفی از چشم‌انداز وجود دارد که برخی از مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر است:

- (۱) آینده واقع‌گرایانه، قابل تحقق و جذاب
- (۲) بیان صریح سرنوشتی که باید به سوی آن حرکت کرد
- (۳) هنر دیدن نادیدنی‌ها
- (۴) چشم‌انداز یک عامل کلیدی در رهبری و یک جنبش ذهنی از شناخته‌ها به ناشناخته‌ها است که رهبران اثربخش را قادر می‌سازد، با در کنار هم قرار دادن حقایق، آرزوها، ایده‌آل‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها، آینده‌ای جذاب برای خود خلق کنند.
- (۵) چشم‌انداز عبارت است از تصویر مطلوب و آرمان قابل دستیابی جامعه در یک افق زمانی معین بلندمدت که متناسب با مبانی ارزشی و آرمان‌های نظام و مردم تعیین می‌گردد.
- (۶) چشم‌انداز به عنوان تصویر آینده‌ای که در جستجوی خلق آن هستیم معرفی شده، که هر چه این تصویر از نظر جزئیات غنی‌تر باشد، جالب‌تر خواهد بود.
- (۷) چشم‌انداز علاوه بر این که برانگیزاننده، هدایتگر و جهت‌دهنده اداره جامعه و همچنین الهام‌بخش، وحدت‌آفرین و قابل فهم برای همه اقشار می‌باشد، باید از ویژگی‌های آینده‌نگری، واقع‌گرایی، ارزش‌گرایی و جامع‌نگری برخوردار بوده و نسبت

به وضع موجود، چالش اساسی داشته باشد تا بتوان عزم ملی را جهت تحقق آن فراهم آورد.

(۸) چشم‌انداز هر مجموعه اگر به صورت دقیق، جامع و آینده‌نگرانه تعریف شده باشد، می‌تواند مسیر حرکت را همواره هدفمند و جهت‌دار نماید. آگاهی کامل ذینفعان به چشم‌انداز، می‌تواند آن‌ها را در تصمیمات کلیدی یاری دهد. البته چشم‌انداز می‌تواند در طی زمان تکمیل گردد.

(۹) چشم‌انداز آمیزه‌ای از ارزش و داورهای مبتنی بر ایدئولوژی و واقعیت‌های اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی می‌باشد. طبق این دیدگاه، هر ایدئولوژی، ترسیم‌کننده یک چشم‌انداز است، لذا در مقام برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری باید ایدئولوژی واحدی حاکم باشد تا چشم‌انداز واحدی شکل بگیرد.

(۱۰) چشم‌انداز، ارائه‌دهنده یک تصویر مطلوب، آرمانی و قابل دستیابی است که مانند چراغی در افق بلندمدت، فرآوری سازمان و ذینفعان آن قرار دارد و واجد ویژگی‌های جامع‌نگری، آینده‌نگاری، ارزش‌گرایی و واقع‌گرایی می‌باشد.

(۱۱) چشم‌انداز عبارت است از تصویر مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در افق زمانی معین بلندمدت، که متناسب با مبانی ارزشی ذینفعان تعیین می‌گردد.

مبتنی بر تعاریف مختلف ارائه شده، ویژگی‌های زیادی را برای یک چشم‌انداز مطلوب می‌توان مدنظر قرار داد که در ادامه و مبتنی بر یافته‌های کتابخانه‌ای به تعدادی از آن‌ها اشاره خواهد شد.

۱-۲-۲- ویژگی‌های یک چشم‌انداز مطلوب

در تعاریف اشاره شده ویژگی‌های مختلفی برای چشم‌انداز مطلوب بیان شده است که در این بخش برخی از مهم‌ترین ویژگی چشم‌انداز مطلوب بیان شده است. ویژگی‌هایی که چشم‌انداز مطلوب باید دارای آن‌ها باشد عبارت‌اند از:

(۱) قابل دستیابی در زمان مورد نظر و کمیت‌پذیر

(۲) برآیند آثار ناشی از مزیت‌ها (مؤلفه‌های قوت و فرصت) از یک طرف و رافع چالش‌ها (نقاط ضعف و تهدید) از طرف دیگر بوده و با توجه به استراتژی‌های تعیین شده تبیین گردد.

(۳) جامع، تحول‌گرا، آینده‌نگر و پویا

(۴) دارای افق زمانی معین

(۵) بلندپروازانه و درعین حال منحصربه‌فرد

- (۶) برانگیزاننده مشارکت همگانی و مشوق حرکت
- (۷) پیونددهنده حال و آینده به همدیگر (یعنی در عین آنکه باید واقع‌گرایانه باشد، مطابق با آرمان‌ها نیز باشد)
- (۸) اطمینان‌بخش و توجه‌برانگیز برای ذینفعان
- (۹) دارای حس مالکیت و تعلق و تقویت‌کننده این حس در ذینفعان
- (۱۰) تعیین‌کننده مسیر حرکت و به وجود آورنده هدفی منسجم (در این خصوص چشم‌انداز باید تصویری ممکن از اهداف مطلوب را دارا باشد)
- (۱۱) تداوم‌بخش به برنامه‌ریزی و اجرا آن‌ها
- (۱۲) نشان‌دهنده فرصت‌های موجود و راه بهره‌جویی از این فرصت‌ها
- این در حالی است که در سیستم‌ها و سازمان‌هایی با مقیاس‌های کوچک‌تر ویژگی‌های زیر را نیز باید برای چشم‌انداز متصور شد:

- ایجادکننده رضایت شغلی، تعهد، علاقه و غرور در کارکنان و انرژی‌دهنده به آن‌ها و در حوزه سازمانی اثرگذار و معنی‌بخش به جوانب مختلف زندگی
- مشوق یادگیری
- مشخص‌کننده مخاطب
- مشخص‌کننده استاندارد برتر
- کوتاه و دقیق
- مرتبط با تمام ذینفعان مرتبط

۱-۲-۳- ضرورت تدوین چشم‌انداز

از دیگر مواردی که باید در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز در نظر گرفته شود، درک و بیان ضرورت و اهمیت تدوین چشم‌انداز می‌باشد. همان‌طور که اشاره شد ضرورت اصلی تدوین چشم‌انداز تعیین افق، جایگاه و موقعیت مطلوب است که با تعیین آن از منحرف شدن از مسیر اصلی جلوگیری شده و امید فعالیت در مجموعه ذینفعان مدنظر تقویت می‌شود.

به طور کلی چشم‌انداز در سطوح مختلف ملی، بخشی و سازمانی در پاسخ به مجموعه سؤالاتی مشابه سؤالات زیر تعریف می‌شود:

- ۱) آیا اختلال و سردرگمی نسبت به اهداف وجود دارد؟
 - ۲) آیا افراد از کافی بودن چالش در کار خود شکایت دارند؟
 - ۳) آیا در حال از دست دادن بازار، شهرت یا اعتبار هستیم؟
 - ۴) آیا رقبای جدیدی در حال ظهور هستند که قرار است خدمات بهتری ارائه دهند؟
 - ۵) آیا به نظر می‌رسد حرکت جامعه با روندهای تغییر محیطی هماهنگ نیست؟
 - ۶) آیا احساس غرور و افتخار در جامعه ما کاهش یافته است؟
 - ۷) آیا کسانی هستند که صرفاً برای پول کار می‌کنند و هیچ تعهدی نسبت به جامعه نداشته باشند؟
 - ۸) آیا اجتناب از ریسک در جامعه بیش از حد لازم است؟ (افراد تمایل به مسئولیت‌پذیری ندارند، در چارچوب قوانین و مقررات، محدود مانده‌اند و در مقابل تغییر مقاومت می‌کنند؟)
 - ۹) آیا احساس مشترک نسبت به پیشرفت یا حرکت به سمت جلو مشاهده می‌شود؟
- چنانچه پاسخ هر یک از سؤالات فوق در یک نظام توسط کارشناسان مستقل مثبت قلمداد شود، اصلاح ساختارهای راهبردی و در رأس آن تعریف چشم‌اندازی جدید اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.
- لذا باید جهت‌دهی جدید و نوبنی تعریف و تنظیم گردد و از این رو برخورداری از یک چشم‌انداز مؤثر، جامع و کارآمد حائز اهمیت خواهد شد.

۱-۲-۴- انواع چشم‌اندازها

هر بیانیه چشم‌انداز از لحاظ محتوایی، باید سه عنصر زیر را به صورت روشن دارا باشد:

۱) صحنه و یا مرزهای رقابتی

۲) مزیت رقابتی

۳) قابلیت رقابتی یا شایستگی‌های محوری.

برخی از مزایا و ابعاد قدرت چشم‌انداز در شکل (۱-۱) ارائه شده است.



شکل (۱-۱): ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز

اکثر چشم‌اندازها به بیان جمله‌ای کیفی و کلی پرداخته‌اند. با این وجود، می‌توان چشم‌انداز را به چهار نوع دسته‌بندی نمود:

۱.۲.۴.۱.۱ چشم‌انداز کمی

چشم‌اندازی است که در آن شاخص‌های کمی برای آینده مطلوب بیان شده و سپس هر یک از این شاخص‌ها عددگذاری می‌شوند. چشم‌اندازهای کمی می‌توانند از نوع عددی (به عنوان مثال، میزان تولید در افق زمانی چشم‌انداز) و یا از نوع درصدی (درصد سهم تولید در کشور یا منطقه در افق زمانی چشم‌انداز) باشند.

۱.۲.۴.۱.۲ چشم‌انداز کیفی

بر خلاف چشم‌انداز کمی، در این چشم‌انداز به بیان جملاتی کیفی و عاری از اعداد و ارقام پرداخته می‌شود. در این نوع چشم‌انداز، شاخص‌های کیفی را برای نشان دادن آینده مطلوب سازمان یا بخش به کار برده می‌شود.

۱.۲.۴.۱.۳ چشم‌انداز رتبه‌ای

در چشم‌انداز رتبه‌ای، جایگاه کشور، سازمان یا بخش بین دیگران به عنوان ملاک بیان آینده مطلوب در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال، ممکن است کشور یا سازمانی در بیانیه چشم‌انداز خود اعلام نماید که قصد دارد در بین رقبا جایگاه سوم را دارا باشد.

۱.۲.۴.۱.۴ چشم‌انداز مقایسه‌ای

در چشم‌انداز مقایسه‌ای، جایگاه آینده در مقایسه با رقبای اصلی ترسیم شده و ملاک پیشرفت و توسعه برتری نسبت به یک رقیب خاص اعلام شده است. البته باید توجه داشت که چشم‌اندازهای رتبه‌ای و مقایسه‌ای تا حدی زیرمجموعه چشم‌اندازهای کمی و کیفی هستند و از این رو چشم‌اندازها در دو دسته کلی کیفی و کمی قابل طبقه‌بندی خواهند بود. پس از شناسایی مبانی پایه، ضرورت‌های خلق چشم‌انداز و معرفی انواع آن نوبت به شناخت روش‌های تبیین چشم‌انداز می‌رسد، از این رو در ادامه به بررسی روش‌های مختلف تبیین چشم‌انداز پرداخته شده است.

۱-۲-۵- روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز

فرآیند تدوین چشم‌انداز دارای پیچیدگی و سختی وصف‌ناپذیری است، از این رو روش‌های بسیار متنوعی توسط محققان مختلف برای تدوین بیانیه چشم‌انداز پیشنهاد شده است. به دلیل پیچیدگی موجود در این فرآیند، می‌توان گفت که هیچ کدام از روش‌های موجود کامل نبوده و به همین دلیل در اکثر موارد برای تدوین بیانیه چشم‌انداز باید از ترکیب چند روش استفاده نمود. از این رو در ادامه برخی از مهم‌ترین روش‌های تدوین و خلق چشم‌انداز ارائه شده است.

۱.۲.۵.۱.۱ روش ۵ چرا

کالینز و پوراس در سال ۱۹۹۶ طی مقاله‌ای در مجله "بررسی‌های بازرگانی هاروارد" توصیه کردند که با این پرسش کار را آغاز کنید که "چرا این کالاها و خدماتی را که ما تولید می‌کنیم مهم هستند؟" این سؤال را ۵ بار تکرار کنید تا به هدف بنیادین خود پی ببرید.

۱.۲.۵.۱.۲ روش استوارت

توماس استوارت قالبی را طراحی کرده که تدوین چشم‌انداز را برای هر جامعه‌ای تسهیل می‌نماید:

- ✓ جایگاه جامعه (رهبر، پیشرو، جهانی،...)
- ✓ کالا و خدمات (نوآور، ارزان، متنوع، باکیفیت،...)
- ✓ مشتریان و ذینفعان (بازار جهانی، خلق ارزشی به ذینفعان،...)
- ✓ صنعت

۱.۲.۵.۱.۳ روش برت نی‌نوس

برت نی‌نوس روش نسبتاً پیچیده ولی جامع‌تری را برای تدوین چشم‌انداز معرفی کرده است که این روش شامل مراحل زیر می‌باشد:

- ✓ وضعیت فعلی جامعه، کسب و کار و نحوه فعالیت
- ✓ تعیین مرزهای چشم‌انداز (شناسایی ذینفعان و نیازهای آنان)
- ✓ تعیین جایگاه جامعه در محیط آتی
- ✓ ارزیابی و انتخاب چشم‌انداز نهایی

۱.۲.۵.۱.۴ روش کیگلی

به زعم کیگلی، چشم‌انداز رهبر، بر درک گذشته و حال دلالت دارد و مهم‌تر از آن، نقشه‌راهی برای آینده ارائه می‌کند و به افراد راهکارهایی در جهت عمل و عکس‌العمل برای تحقق آینده مطلوب عرضه می‌دارد. باید توجه داشت که پس از تبیین هر یک از ارکان چشم‌انداز، کیگلی در فرآیندی با نام فرآیند برنامه‌ریزی رایزنی رهبری، نحوه تدوین چشم‌انداز را در گام‌های زیر خلاصه می‌کند:

- (۱) انتخاب افراد شرکت‌کننده در تدوین چشم‌انداز
- (۲) تدارک جلسه آشنایی مختصری برای تمام افراد گروه مرکزی
- (۳) تهیه و ارسال پرسشنامه برای هر یک از اعضا و گروه‌های مرتبط
- (۴) مصاحبه با افرادی که این شیوه را ترجیح می‌دهند.
- (۵) جمع‌آوری پاسخ‌ها و دسته‌بندی پاسخ‌های مشابه

۶) خلاصه کردن نتایج

۷) آماده‌سازی و ارسال کتاب داده‌ها برای اعضای گروه مرکزی

۱.۲.۵.۱.۵ روش لاتام

در این شیوه هشت گام معرفی شده که به شرح زیر می‌باشند:

۱) گام اول: جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات بنیادین

۲) گام دوم: طوفان ذهنی

۳) گام سوم: حذف اضافات

۴) گام چهارم: تدوین سند اولیه

۵) گام پنجم: تصحیح بیانیه

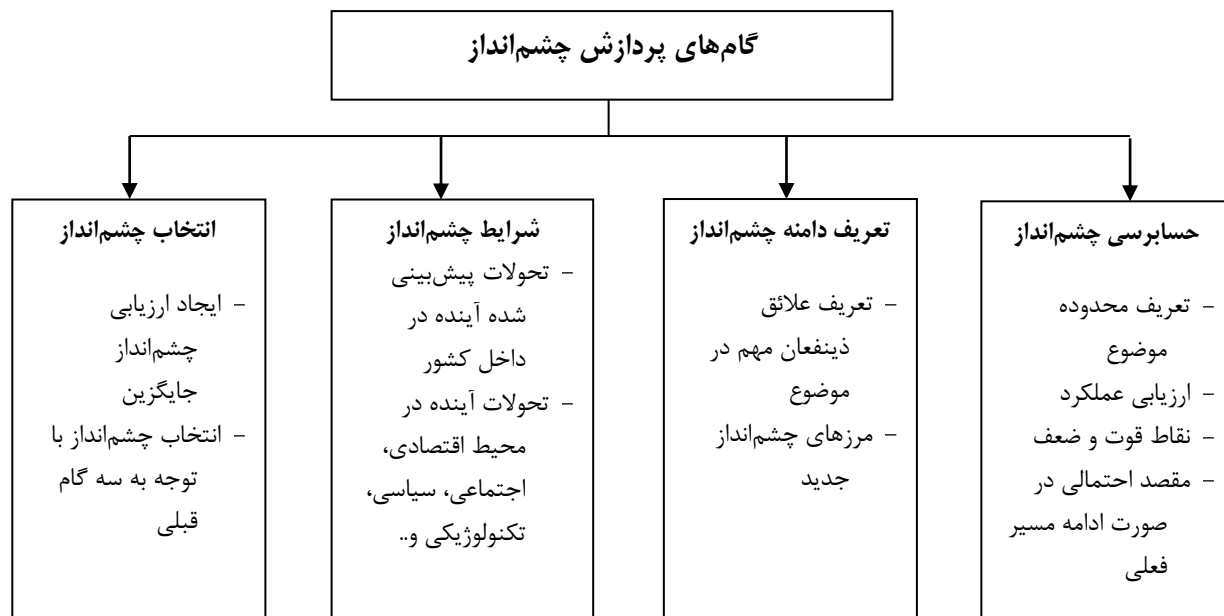
۶) گام ششم: آزمون معیارها

۷) گام هفتم: کسب تأیید یا تصحیح

۸) گام هشتم: ابلاغ چشم‌انداز

این در حالی است که چشم‌انداز به هر روشی که انتخاب و خلق گردد باید مبتنی بر گام‌های خلق آن و مطابق با رویکرد ارائه

شده در شکل (۱-۲) پردازش و ارائه شود. در شکل (۱-۳) گام‌های پردازش چشم‌انداز به طور خلاصه ذکر شده است:



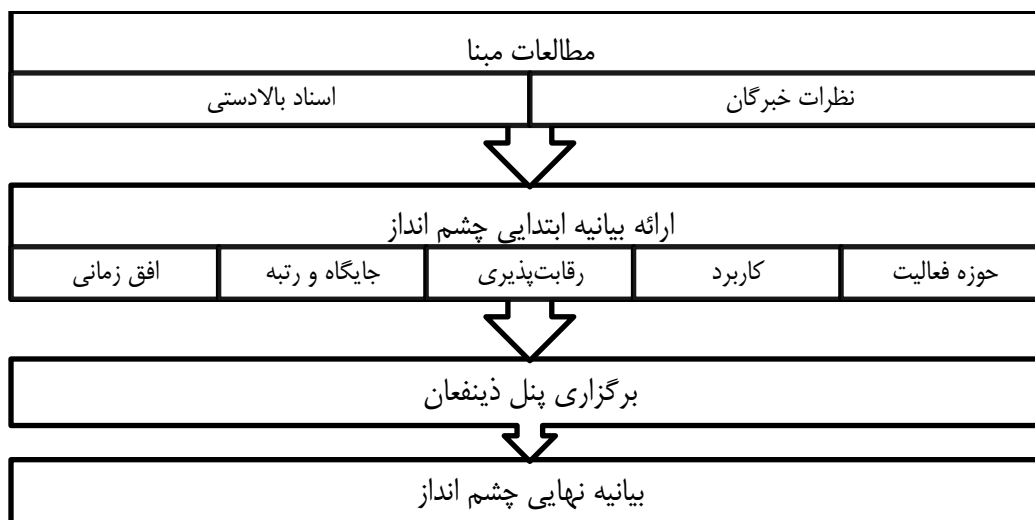
شکل (۲-۱): گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب

۳-۱- فرآیند (روش منتخب) تدوین چشم‌انداز توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

با توجه مطالب ذکر شده در رابطه با تعریف، ویژگی‌ها و روش‌های تدوین چشم‌انداز و جمع‌بندی این مطالب می‌توان به انتخاب یک روش پیشنهادی ترکیبی برای تدوین چشم‌انداز پرداخت. همان‌طور که اشاره شد موارد مختلفی در بسط و تدوین چشم‌انداز دارای اهمیت می‌باشند، که به منظور در نظر گرفتن این موارد در بیانیه چشم‌انداز باید به یک سری سؤالات کلیدی و اساسی توجه شود. این سؤالات عبارت‌اند از:

- ۱) رسالت اصلی چیست؟ ما امروز چه هستیم؟ آرزو داریم چه بشویم؟ توانمندی اصلی ما چیست؟
- ۲) چگونه آرزوی اصلی بیان شده در بیانیه چشم‌انداز را محقق خواهد شد؟ راهبرد رشد داخلی سیستم در هر یک از زیربخش‌های اصلی آن چیست؟
- ۳) اگر زیر بخش‌های اصلی پتانسیل لازم برای رشد را نداشته باشند، راهبرد رشد خارجی برای تحقق آرزوی چشم‌انداز تبیین شده کدام است؟

در واقع می‌توان اشاره کرد که روش (متدلوژی) منتخب تدوین هر چشم‌انداز پاسخ به سؤالات فوق‌الذکر بوده و پیشنهاد می‌شود برای تدوین چشم‌انداز بر اساس فلوجارت ارائه شده در شکل (۳-۱) عمل شود.



شکل (۳-۱): مدل اجرایی خلق چشم‌انداز

از این رو بر اساس روش منتخب گام‌های خلق یک چشم‌انداز به شرح زیر می‌باشد:

در مرحله اول به بررسی اسناد بالادستی و نظرات خبرگان پرداخته شده و با استفاده از این بررسی‌ها یک دید کلی نسبت به فضای صنعت و یا سیستم مدنظر به دست می‌آید. در مرحله دوم باید ویژگی‌های اساسی ذکر شده در یک بیانیه اولیه مطلوب لحاظ شود. در مرحله سوم، با توجه به مطالعات انجام شده و دید به دست آمده از مرحله قبل، به تدوین بیانیه ابتدایی از چشم‌انداز پرداخته می‌شود. در مرحله چهارم که در شکل (۳-۱) از آن تحت عنوان برگزاری پنل ذینفعان یاد شده است، چشم‌انداز اولیه با ذینفعان در میان گذاشته می‌شود. در این مرحله پس از دریافت و بررسی نظرات ذینفعان در صورت لزوم تغییراتی در بیانیه اولیه چشم‌انداز داده می‌شود. با استفاده از تکنیک‌هایی مانند طوفان ذهنی بیانیه چشم‌انداز که مورد قبول تمام ذینفعان اصلی باشد نهایی و تدوین می‌شود.

لازم به یادآوری است که چشم‌انداز تدوین شده باید مورد ارزیابی قرار گیرد تا کارایی آن اثبات شود. برای اثبات کارایی چشم‌انداز، بیانیه نهایی چشم‌انداز تدوین شده از لحاظ دارا بودن صفات و ویژگی‌های ضروری چشم‌انداز بررسی و سنجیده می‌شود و در صورتی که صفات و ویژگی‌های ذکر شده را دارا باشد چشم‌انداز از کارایی خوبی برخوردار خواهد بود.

بر اساس کلیات اجمالی بیان شده از روش منتخب تدوین چشم‌انداز در ادامه مطابق با گام‌های بیان شده به بررسی اسناد بالادستی حوزه چشم‌انداز توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) پرداخته می‌شود.

۴-۱- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی

منظور از اسناد بالادستی، قوانین و سیاست‌های کلان کشور است که چشم‌انداز و اهداف کلان حوزه‌های مختلف توسعه فناوری باید منطبق بر این اسناد تدوین گردد. همان طور که اشاره شد یکی از مهم‌ترین مراحل در تدوین سند راهبردی تبیین چشم‌انداز است، که به منظور تدوین چشم‌انداز نیاز به بررسی اسناد مختلف پرداخته می‌شود. یکی از منابع اصلی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز اسناد بالادستی مرتبط با حوزه مدنظر می‌باشند. با توجه به متنوع بودن ارگان‌های قانون‌گذار، اسناد بالادستی متعددی در رابطه با توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) بررسی شده‌اند که لیست این اسناد در جدول (۱-۱) ارائه شده است. در اکثر اسناد بررسی شده سیاست‌های کلی کشور مشخص شده و به طور خاص به موضوع فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق اشاره نشده است. با مطالعه قوانین و سیاست‌های مرتبط، با توجه به پتانسیل‌های موجود در به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا، ویژگی‌های قابل‌تصور برای چشم‌انداز پیشنهادی را می‌توان برداشت کرد. ویژگی و مواردی که با توجه به اسناد بالادستی می‌توانند در بیانیه چشم‌انداز در نظر گرفته شوند، در جدول (۲-۱) ارائه شده‌اند.

جدول (۱-۱): عناوین اسناد و سیاست‌های بررسی شده.

ردیف	قانون	مرجع صادرکننده	تاریخ تصویب
۱	چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴	قانون اساسی ج.ا.ا، سیاست‌های کلی نظام و سند چشم‌انداز	۱۳۸۲
۲	قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران	مجلس شورای اسلامی	۱۳۵۸
۳	اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری	شورای عالی عتف	۱۳۹۰
۴	مقررات اجرایی قانون اصل ۴۴	هیات وزیران	۱۳۸۷
۵	سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف ابلاغی دفتر مقام معظم رهبری	دفتر مقام معظم رهبری	۱۳۸۹
۶	سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو	وزارت نیرو	۱۳۹۰
۷	سیاست‌های اقتصاد مقاومتی	مقام معظم رهبری	۱۳۹۲
۸	نقشه جامع علمی کشور	شورای عالی انقلاب فرهنگی و رئیس‌جمهوری	۱۳۸۹
۹	قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران	مجلس شورای اسلامی	۱۳۹۰

جدول (۱-۲): ویژگی‌های موجود در اسناد بالادستی مرتبط با توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران

ردیف	قانون تصویب شده	بخش مربوطه	موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز باید در نظر گرفته شوند
۱	چشم‌انداز ۱۴۰۴	برخوردار از <u>دانش پیشرفته و متکی بر تولید داخلی</u> دست یافتن به <u>جایگاه اول اقتصادی، علم و فناوری</u> در سطح منطقه آسیای جنوب غربی (آسیای میانه، قفقاز، خاورمیانه و کشورهای همسایه)	بومی‌سازی دانش تولید و به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به منظور تحقق در افق ۱۴۰۴
۲	قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران	اصل ۸۱: <u>خودکفایی</u> کشور در امور صنعت و تجارت و عدم اعطای امتیاز تجاری، اقتصادی و صنعتی به بیگانگان.	بومی‌سازی دانش تولید و به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به منظور <u>تأمین خودکفایی کشور</u>
۳	اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری	<u>کاهش تلفات</u> <u>افزایش پایداری شبکه</u> (با تأکید بر مواردی چون ابررساناها)	ایجاد دانش فنی تولید و به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در راستای <u>کاهش تلفات شبکه</u> انتقال و توزیع برق دستیابی به دانش فنی به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در شبکه انتقال و توزیع به منظور <u>افزایش پایداری شبکه</u>
۴	اصل ۴۴ قانون مقررات اجرایی	صنایع پیشرفته یا <u>صنایع نوین (High-Tech)</u> رویکرد نوینی از صنایع هستند که از فناوری برتر و بالایی برخوردار بوده و دانش فنی، نوآوری و خلاقیت، توجهی در تعریف و تکوین آن دارد	توسعه فناوری‌های ابررسانا به عنوان یکی از موارد <u>صنایع پیشرفته (High-Tech)</u> .
۵	سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف ابلاغی مقام معظم رهبری	اولویت دادن به <u>افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی</u> در ایجاد ظرفیت‌های جدید تولید انرژی	<u>کاهش تلفات در تولید و انتقال انرژی</u> با استفاده از فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق
۶	سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو	وزارت نیرو با <u>ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط‌زیست</u> و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، <u>افزایش خوداتکایی</u> و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند	<ul style="list-style-type: none"> بهره‌گیری از فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به مصداقی از <u>فناوری نوین</u> بهره‌گیری از فناوری‌های ابررسانا در خطوط انتقال برق به منظور <u>کاهش تلفات (ارتقای بهره‌وری)</u> توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به منظور <u>افزایش سازگاری با محیط زیست</u> توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به منظور <u>افزایش پایداری شبکه</u> دستیابی به دانش فنی فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق در راستای <u>خودکفایی کشور</u>

ردیف	قانون تصویب شده	بخش مربوطه	موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون که در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز باید در نظر گرفته شوند
		گسترش بازار صنعت آب و برق کشور به سطح جهانی، به ویژه کشورهای منطقه از طریق توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات در سطح ملی	توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به منظور کاهش تلفات، افزایش پایداری شبکه و کیفیت توان
		ارتقای ایمنی در فعالیتهای صنعت برق	توسعه به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در راستای افزایش ایمنی و کاهش حوادث غیرمترقبه در خطوط انتقال
۷	سیاست‌های اقتصادی مقاومتی	پیشتازی اقتصاد دانش بنیان، پیاده‌سازی و اجرای نقشه جامع علمی کشور و ساماندهی نظام ملی نوآوری به منظور ارتقاء جایگاه جهانی کشور و افزایش سهم تولید و صادرات محصولات و خدمات دانش بنیان و دستیابی به رتبه اول اقتصاد دانش بنیان در منطقه.	دستیابی به جایگاه مناسب منطقه‌ای در تولید دانش به‌کارگیری از فناوری‌های ابررسانا
۸	نقشه جامع علمی کشور	بخش ۲-۲ سند: اهداف کلان نظام علم و فناوری کشور	دستیابی به جایگاه مناسب منطقه‌ای در تولید دانش به‌کارگیری از فناوری‌های ابررسانا
۹	قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران	دستیابی به فناوری‌های پیشرفته مورد نیاز	دستیابی به دانش فنی ساخت و به‌کارگیری فناوری‌های مختلف ابررسانا به عنوان مصداقی از فناوری‌های پیشرفته مورد نیاز کشور
		دستیابی به جایگاه دوم علمی و فناوری در منطقه و تثبیت آن	دستیابی به جایگاه مناسب علمی منطقه‌ای در زمینه تولید و به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

۱-۵- نتایج حاصل از ارزیابی دیدگاه خبرگان

اطلاعات این بخش از سه دسته بررسی انجام شده از نظرات خبرگان به دست آمده است. بخش اول اطلاعات حاصل از نظرات دکتر مرتضی خیاط که در مصاحبه با خبرگزاری بوده، بخش دوم شامل سخنرانی‌های دکتر کتابی و خوشنویسان در حاشیه سومین کنفرانس ملی پیشرفت‌های ابررسانایی است و در بخش سوم نظرات دکتر مسعود رجیبی در رابطه با نحوه تدوین بیانیه چشم‌انداز فناوری‌های ابررسانا در جلسه مصاحبه با ایشان می‌باشد.

۱-۵-۱- مصاحبه خبرگزاری مهر با دکتر مرتضی خیاط

دکتر مرتضی خیاط، عضو هیات علمی دانشکده مهندسی مکانیک و هوافضا واحد علوم تحقیقات دانشگاه آزاد در مصاحبه خود با خبرگزاری مهر (منتشر شده در تاریخ ۱۵ دی‌ماه ۱۳۹۳) عنوان کرده است که صرفه‌جویی در مصرف انرژی یکی از بزرگ‌ترین دغدغه‌های عصر حاضر به شمار می‌رود. همین امر سبب شده است تا بودجه‌های زیادی به تحقیق و پژوهش در راستای بهبود مصرف انرژی و دستیابی به انرژی‌های ارزان و کم‌خطرتر اختصاص یابد.

دکتر خیاط با بیان این مطلب که علم ابرسانایی علمی کوانتومی است که می‌تواند نقش بسزایی را در بهبود مصرف انرژی ایفا کند، افزود: یک ماده ابررسانا که در دمای بحرانی خود دارای مقاومت الکتریکی صفر است، می‌تواند انرژی را بدون هیچ‌گونه اتلافی از خود عبور داده و بر روی یک میدان مغناطیسی معین شناور بماند. بدیهی است که این پدیده دارای چشم‌اندازی روشن بوده و نقشی اساسی را در آینده بشر ایفا می‌کند.

از این رو با توجه به موارد ذکر شده توسط دکتر خیاط می‌توان نتیجه گرفت که در تدوین بیانیه چشم‌انداز توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق باید به مقوله بهبود مصرف انرژی الکتریکی و کاهش تلفات موجود در بخش انتقال و توزیع برق توجه نمود.

۱-۵-۲- سومین کنفرانس ملی پیشرفت‌های ابرسانایی

دکتر عباس کتابی سرپرست دانشگاه کاشان در حاشیه برگزاری سومین کنفرانس ملی پیشرفت‌های ابرسانایی در دانشگاه کاشان استفاده از فناوری ابررسانا را یکی از مناسب‌ترین روش‌های کاهش مصرف انرژی دانست و اظهار داشت که استفاده صحیح از این فناوری علاوه بر توسعه کارآفرینی در کشور، موجب پیشگیری از اتلاف انرژی در بخش‌های مختلف می‌گردد. همچنین افزودند که با کاربردی کردن علوم و به خصوص در بخش انرژی می‌توان تحول عظیمی در صنعت ایجاد کرد.

دکتر بهرام خوشنویسان دبیر برگزاری سومین کنفرانس ملی پیشرفت‌های ابرسانایی نیز در این مراسم گفت: ابررسانا موادی هستند که مقاومت الکتریکی ندارند و در صورتی که از این مواد در خصوص انتقال انرژی استفاده شود ۱۸ تا ۲۰ درصد اتلاف انرژی از بین می‌رود. ایشان با اشاره به اینکه از مواد ابررسانا می‌توان میدان‌های مغناطیسی بسیار زیاد ایجاد کرد

اظهار داشت: این میدان‌های خیلی قوی در صنایع پزشکی، ام‌ار‌آی و شاخه‌های مختلف صنعت و سامانه‌های فضایی کاربردهای بسیاری دارند.

۱-۵-۳- مصاحبه با دکتر مسعود رجیبی

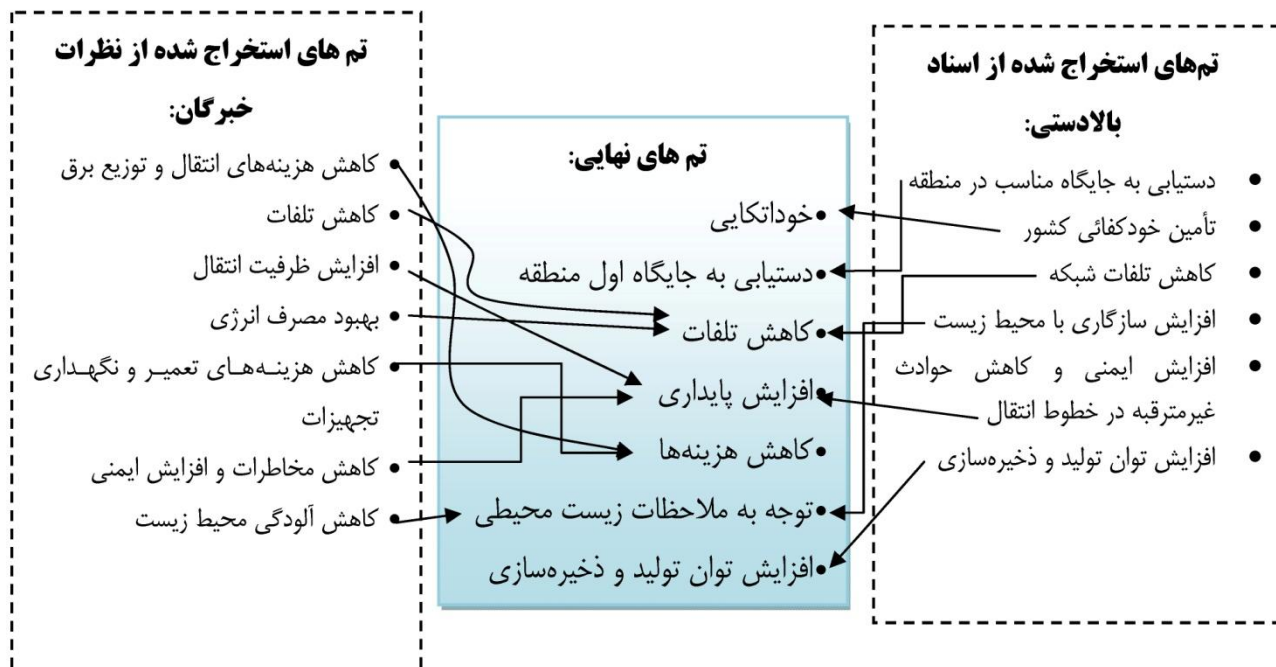
دکتر مسعود رجیبی عضو هیات علمی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) با اشاره به مطالعات و پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه به‌کارگیری مواد ابررسانا، معتقدند که با توجه به کاربردهای وسیع و ویژگی‌های مواد ابررسانا سرمایه‌گذاری و فعالیت در این حوزه بسیار حائز اهمیت بوده و مسئولین کشور خصوصاً مسئولین صنعت برق باید توجه ویژه به این حوزه داشته باشند.

دکتر رجیبی با بیان این مطلب که در حال حاضر مطالعاتی در رابطه با ساخت پودر ابررسانا در کشور می‌شود ولی تحقیقات کاربردی در زمینه تولید سیم ابررسانا و تجهیزات مبتنی بر آن انجام نمی‌شود. از این رو ایشان معتقد هستند که در چشم‌انداز ۱۰ ساله این سند باید به دانش فنی تولید و به‌کارگیری تجهیزات مبتنی بر فناوری ابررسانا دست پیدا کرد تا در دوره‌های بعد بتوان با استفاده از این تجهیزات به کاهش تلفات، کاهش هزینه‌های انتقال و توزیع، کاهش مخاطرات و افزایش ایمنی، افزایش توان تولید و ذخیره‌سازی انرژی، کاهش انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی، افزایش ظرفیت انتقال و پایداری شبکه برق کمک نمود.

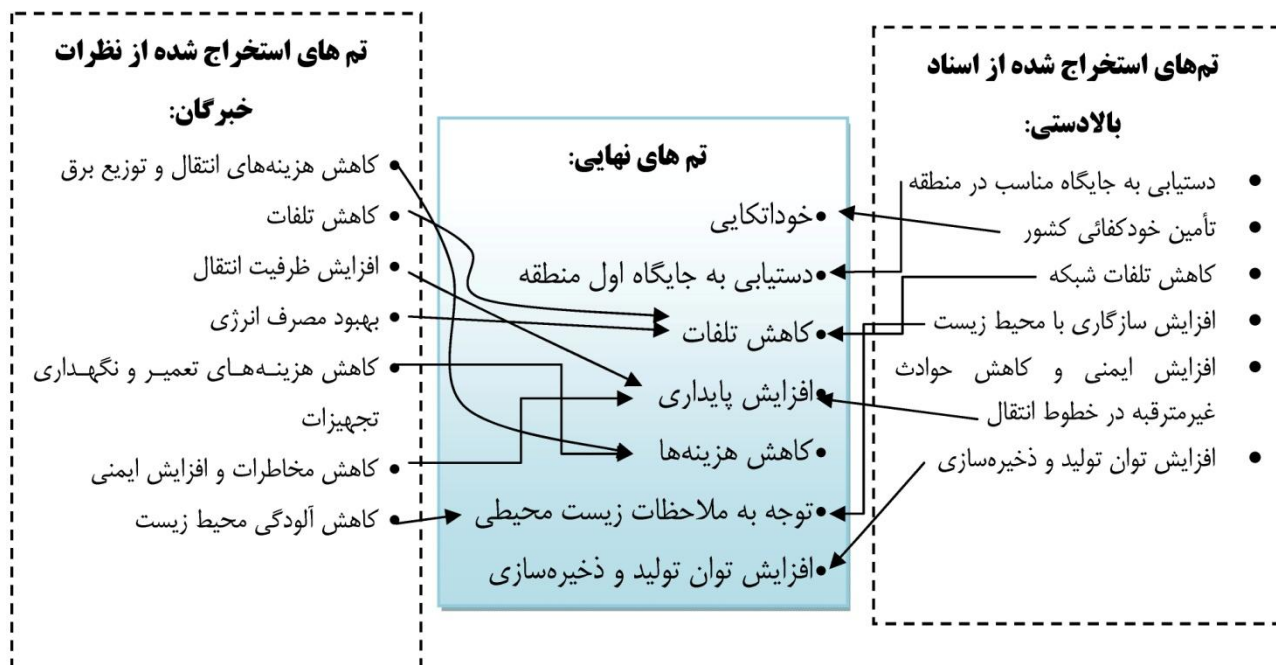
۱-۶- تبیین چهارچوب بیانیه و ارائه پیش‌نویس اولیه بیانیه چشم‌انداز

پس از بررسی‌های صورت گرفته بر روی اسناد بالادستی و نظرات خبرگان حوزه ابررسانا ویژگی‌ها و زمینه‌های مهم برای تدوین بیانیه چشم‌انداز مشخص شده که عبارت‌اند از: افزایش توان تولید و ذخیره‌سازی، افزایش پایداری و کاهش هزینه‌های شبکه، کاهش تلفات، کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش کیفیت شبکه با توسعه فناوری نوین

ابرسانا در راستای دستیابی به جایگاه اول علمی منطقه. این ویژگی‌ها و نحوه ارتباط آن‌ها در



شکل (۴-۱) آمده است.



شکل (۴-۱): نحوه ارتباط تم‌های چشم‌انداز با ورودهای تدوین چشم‌انداز.

با توجه به نکات اشاره شده بیانیه اولیه به صورت زیر تهیه شد:

"با اتکا به خداوند متعال و مجاهدت ملی، جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ در راستای تحقق سند چشم‌انداز بیست‌ساله، سیاست‌های اقتصاد مقاومتی خود و دستیابی به جایگاه اول در منطقه، با تأکید بر خوداتکایی و با بهره‌گیری از دانش پیشرفته و مبتنی بر نیروی انسانی بومی و ضمن توجه به مقوله حفظ محیط زیست، دستیابی به توانمندی ساخت و بهره‌برداری از کاراترین و مناسب‌ترین تجهیزات بر پایه فناوری ابررسانا را در راستای کمک به کاهش تلفات در انتقال، افزایش پایداری شبکه و افزایش توان تولید و ذخیره‌سازی و کاهش هزینه‌های صنعت برق کشور در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع دنبال می‌نماید."

پس از تهیه بیانیه اولیه چشم‌انداز، این بیانیه در جلسه‌ای با حضور اعضای کمیته راهبری، رئیس پژوهشگاه شیمی و مواد، و مدیر گروه ارائه شد. اسامی افراد حاضر در این جلسه به شرح ذیل است:

- جناب آقای مهندس ژام (رئیس مرکز شیمی و مواد غیرفلزی پژوهشگاه نیرو)
- جناب آقای دکتر حکمتی (عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی)
- جناب آقای دکتر سلامتی (عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی اصفهان)
- جناب آقای دکتر رجبی (عضو هیات علمی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره))
- جناب آقای دکتر دادمهر (عضو هیات علمی دانشگاه الزهرا)

پس از بررسی اولیه محتوای بیانیه چشم‌انداز جناب آقای مهندس ژام عنوان کردند که با توجه به پیشرفته بودن فناوری‌های ابررسانا و نبود دانش فنی استفاده از آن‌ها در کشور، در قدم اول چشم‌انداز باید مبتنی بر دستیابی به دانش فنی ساخت و به‌کارگیری تجهیزات مبتنی بر این فناوری باشد و در مراحل بعدی توانمندی ساخت قطعات ایجاد خواهد شد، همچنین استفاده از لغات کاراترین و مناسب‌ترین در محدوده صنعت برق را صحیح ندانستند. در ادامه آقای دکتر حکمتی بیان نمودند که استفاده از افزایش توان در متن بیانیه چندان صحیح نیست و اشاره نمودند که استفاده از لفظ افزایش کیفیت توان بسیار مناسب‌تر و دقیق‌تر می‌باشد و از سوی دیگر اشاره کردند که افزایش کیفیت توان و پایداری شبکه از ویژگی‌های خاص فناوری ابررسانا می‌باشد، که این عبارتها باید عیناً در بیانیه چشم‌انداز استفاده شود. آقای دکتر سلامتی به فقدان کاهش تلفات که کاربرد اصلی ابررساناها است اشاره نمودند و آقایان دکتر رجبی و دکتر دادمهر با توجه به بازه ده ساله تعیین شده برای فناوری اشاره کردند باید حوزه تولید و دستیابی به جایگاه اول منطقه از بیانیه چشم‌انداز حذف گردد. در نهایت با ارائه توضیحات از جانب تیم مشاور

و مشورت در رابطه با نحوه تدوین بیانیه چشم‌انداز، بیانیه چشم‌انداز توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق کشور به شرح زیر تبیین و اعلام می‌گردد:

با اتکا به خداوند متعال صنعت برق کشور در افق ۱۴۰۴ و در راستای تحقق سند چشم‌انداز بیست‌ساله، با تأکید بر خوداتکایی و با بهره‌گیری از دانش و فناوری‌های پیشرفته و مبتنی بر نیروی انسانی بومی و ضمن توجه به مقوله حفظ محیط زیست، دستیابی به دانش فنی ساخت و بهره‌برداری از تجهیزات کارا و مناسب بر پایه‌ی فناوری ابررسانا در صنعت برق کشور را به منظور افزایش کیفیت توان، پایداری شبکه و کاهش تلفات الکتریکی و هزینه‌های صنعت برق کشور در حوزه‌های انتقال و توزیع دنبال می‌نماید.

۱-۶-۱- توصیفات پساچشم‌اندازی

در این قسمت به توضیح و تعریف عبارت‌ها و تم‌های چشم‌انداز در نظر گرفته شده برای پروژه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق (انتقال و توزیع) به جهت شفاف‌سازی هرچه بیشتر این عبارت‌ها و تم‌ها پرداخته شده است:

➤ تجهیزات کارا و مناسب: عبارت است از تجهیزات مبتنی بر فناوری‌های ابررسانا که دارای بازده و کارایی بالا بوده، به واسطه استفاده از آن‌ها هزینه‌ها و تلفات شبکه برق کاهش قابل‌ملاحظه‌ای پیدا کنند و نسبت به سایر فناوری‌های موجود از کارایی بیشتری برخوردار هستند. به عبارت دیگر استفاده از این تجهیزات سبب می‌شود که با صرف هزینه کمتر، راندمان بخش‌های توزیع و انتقال شبکه برق افزایش یابد.

➤ پایداری شبکه: بیانگر سطح احتمال تأمین بار مشترکین در چهارچوب استانداردهای مرتبط و به میزان مورد تقاضا می‌باشد. این سطح با استفاده از شاخص‌هایی از قبیل تعداد دفعات، مدت و دامنه اثرات نامطلوب در تأمین نیاز مصرف‌کنندگان بیان می‌شود.

➤ تلفات الکتریکی: در بخش‌های مختلف صنعت برق از جمله تولید، انتقال و توزیع برق، بخشی از انرژی الکتریکی در تجهیزات مختلف و خطوط انتقال و توزیع تلف می‌شود، که این اتلاف ناشی از مقاومت الکتریکی مواد رسانا و بازده

تجهیزات می‌باشد. با استفاده از تجهیزات مبتنی بر فناوری‌های ابررسانا می‌توان اتلاف بخش‌های مختلف صنعت برق را کاهش داد.

➤ کیفیت توان: این ترم بیان‌کننده وضعیت پارامترهای انرژی الکتریکی منتقل شده نظیر ولتاژ، شدت جریان، ضریب توان و فرکانس می‌باشد.

➤ دانش فنی: دانش مورد نیاز برای طراحی، تولید و استفاده از یک مصنوع فنی یا دسته‌ای از مصنوعات فنی دانش فنی است، منظور از مصنوعات فنی ابزارها و دستگاه‌ها است. کسی که قابلیت به‌کارگیری دانش فنی را داشته باشد و بتواند آن را در عمل پیاده کند دارای مهارت فنی است [۱۷].

➤ توانمندی ساخت: توانمندی ساخت در واقع مهارت ساخت و تولید تجهیزات مدنظر از مواد اولیه در مقیاس صنعتی می‌باشد.

➤ هزینه صنعت برق: به مجموعه هزینه‌های ساخت، بهره‌برداری، نگهداری، تعمیرات و... در تجهیزات صنعت برق اطلاق می‌شود.

۲- فصل دوم: تدوین اهداف کلان توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

۲-۱- مقدمه

در ادامه روند تدوین اهداف ارائه شده و بر اساس روند تشریح شده، اهداف کلان در توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) تعیین شده‌اند. اهداف در برنامه‌های توسعه یک فناوری بیانگر مقاصد و یا خواسته‌های مطلوب حاصل از توسعه فناوری می‌باشند، که این اهداف از طریق انجام اقدامات پیشنهادی محقق می‌شوند. اگرچه اهداف ممکن است در سطوح مختلفی قابل تعریف باشند، اما در سند راهبردی لازم است صرفاً اهداف اساسی معرفی شوند. اهداف اساسی به اهدافی گفته می‌شود که بر جهت‌گیری‌های اصلی فعالیت‌های حوزه سند تأثیرگذار هستند.

۲-۲- چارچوب نظری تدوین اهداف کلان برنامه راهبردی

یکی از گام‌های اساسی در تعیین جهت‌گیری‌های کلان یک برنامه راهبردی، تدوین اهداف توسعه، در راستای چشم‌انداز تعریف شده است. این هدف‌گذاری در سطح کلان به منظور شفاف نمودن مسیر نیل به چشم‌انداز انجام می‌گیرد. در حقیقت اهداف

مذکور، پاسخگوی یک سؤال اساسی با عنوان "به منظور رسیدن به چشم‌انداز در افق زمانی تعیین شده، به چه مقاصدی باید دست یافت؟" می‌باشد. با تعیین این اهداف در مسیر دستیابی به چشم‌انداز، کنشگران دخیل در نظام توسعه فناوری، اهدافی بلندمدت را دنبال می‌کنند و در نتیجه، برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و فعالیت‌های خود را بر اساس آن به صورت دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر انجام می‌دهند.

در روش‌شناسی پیشنهادی، تدوین اهداف با دو رویکرد بالا-به-پایین و پایین-به-بالا صورت می‌پذیرد. رویکرد بالا-به-پایین رویکردی هدف‌محور است که به دنبال ترسیم یک آینده مطلوب برای توسعه صنعت است. در طرف مقابل، رویکرد پایین-به-بالا نگاهی مسئله‌محور به توسعه صنعت دارد. با استفاده از این رویکرد ترکیبی، از یک طرف هم‌راستایی اهداف با چشم‌اندازهای کلان ملی و سایر ارکان جهت‌ساز بالادستی حفظ شده، و از طرف دیگر تمام مسائل و مشکلات موجود در مسیر توسعه صنعت نیز مورد هدف تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند. در این بخش، فرآیند تدوین اهداف کلان با نگاهی بالا-به-پایین صورت می‌گیرد. این اهداف در راستای چشم‌انداز و با تعریف حوزه‌های اهداف مشخص می‌شوند. علاوه بر حوزه‌های هدف که بیان‌کننده ابعاد اهداف هستند، کیفیت و ویژگی‌های این اهداف باید تعیین شود. به منظور تعیین کردن حوزه‌ها و ویژگی‌های ضروری هدف، به بررسی مدل‌های هدف‌گذاری پرداخته شده است.

۲-۲-۱- حوزه‌های اهداف تعیین شده

در منابع برنامه‌ریزی راهبردی در سطح بنگاه، مطالعات مختلفی با موضوعیت تدوین حوزه‌های اهداف تعیین شده است. در زیر به طور خلاصه به بررسی این مدل‌ها پرداخته می‌شود:

۲.۲.۱.۱. حوزه‌های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن (Kaplan and Norton, 1996)

- منظر مالی (سودآوری، رشد در آمد، و افزایش بهره‌وری)
- منظر مشتری (تعیین مشتریان مخاطب، تعیین ارزش‌های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)
- منظر فرآیندهای داخلی (روابط با تأمین‌کنندگان، تصمیم‌گیری در مورد توسعه محصولات و خدمات جدید، خدمات پس از فروش و مهندسی مجدد فرآیندهای تولید)
- منظر یادگیری و رشد (رضایت کارکنان، فضای مناسب کاری، دسترسی به سیستم‌های اطلاعاتی لازم و برنامه‌های آموزش

کارکنان)

۲.۲.۱.۱.۲ حوزه‌های اهداف در مدل پیرس و رابینسون^۱ (۱۳۸۳)

- توجه به مشتری،
- نوآوری،
- بهره‌وری،
- توجه به بخش مالی،
- منابع انسانی
- و لحاظ کردن محیط خارجی

۲.۲.۱.۱.۳ حوزه‌های اهداف بر اساس مدل ترکیبی فیلیپس

- بازار (سعی در حفظ سهم بازار فعلی، افزایش صادرات)
- نوآوری (بالا بردن توان نوآوری و طراحی محصول)
- بهره‌وری (بهبود کیفیت محصولات تولیدی، افزایش بهره‌وری واحدهای تولیدی و خدماتی شرکت)
- منابع مالی (استفاده بهینه از منابع مالی شرکت و خارج از شرکت برای تأمین اهداف بازار)
- منابع انسانی (ایجاد انگیزه برای ارائه کار بهتر)
- مسئولیت‌های اجتماعی (حفظ محیط زیست و حفظ ایمنی و بهداشت محیط کار)
- منابع اولیه (تلاش برای تأمین مواد اولیه مورد نیاز از داخل کشور)

۲.۲.۱.۱.۴ حوزه‌های اهداف بر اساس مدل دکتر اعرابی^۲

- سودآوری
- بهره‌وری (ساده‌سازی رویه‌ها و سیستم‌ها بر مبنای استانداردهای جهانی)
- موضع رقابتی (ارتقای نقش و جایگاه در اقتصاد ملی، توسعه همکاری‌های بین‌المللی و منطقه‌ای)
- پیشرفت کارکنان (سرمایه‌گذاری در نیروی انسانی و ظرفیت‌سازی)

1- Pierce & Robinson

۲- این مدل در مورد تدوین استراتژی گمرک ایران مورد استفاده قرار گرفته است.

- روابط کارکنان
- رهبری فناورانه
- مسئولیت اجتماعی (جلب رضایت، اعتماد و مشارکت خدمت‌گیرندگان)

۲-۳-گام‌های ضروری تدوین اهداف

با در نظر داشتن مدل‌های هدف‌گذاری، می‌توان به معرفی گام‌های ضروری در تدوین اهداف پرداخت. روش پیشنهادی زیر می‌تواند برای تدوین اهداف کلان مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۳-۱- دریافت ورودی از نظرات خبرگان هم‌راستا با چشم‌انداز، اصول ارزشی، هوشمندی فناوری

در ابتدا لازم است تا از نظرات خبرگان پیرامون اهداف کلان توسعه صنعت استفاده شود. این کار با برگزاری پنل‌های خبرگی و بحث گروهی میان متخصصین، در چارچوب نتایج حاصل از هوشمندی فناوری (روندهای رشد و توسعه فناوری در آینده)، تأکید بر مؤلفه‌های موجود در چشم‌انداز، و در نظر داشتن اصول ارزشی صورت می‌گیرد. در مجموع می‌توان این طور بیان نمود که اهداف ترجمه چشم‌انداز در ابعاد مختلف هستند.

۲-۳-۲- تدوین اولیه اهداف کلان بر اساس اطلاعات ورودی

با توجه به نظرات جمع‌آوری شده متخصصین پیرامون اهداف کلان، در این مرحله لازم است تا تحلیل‌گران به پالایش این نتایج با در نظر داشتن دو محور حوزه‌های هدف و ویژگی‌های هدف بپردازند. به عبارت دیگر، تحلیل‌گران نظرات خبرگان را در حوزه‌های هدف دسته‌بندی نموده و با در نظر داشتن ویژگی‌های ضروری، آن‌ها را بازنویسی می‌کنند.

حوزه‌های اهداف به معرفی ابعادی می‌پردازند که لازم است تا به آن‌ها پرداخته شود. اگرچه این حوزه‌ها در هر مورد مطالعاتی دارای تفاوت‌ها و دسته‌بندی‌های مختلفی هستند، اما می‌توان یک حالت عمومی برای این حوزه‌ها ارائه نمود. این دسته‌بندی تنها به منظور سامان‌دهی ذهنی برنامه‌ریزان در تدوین اهداف اسناد راهبردی است و الزامی در پوشش همه‌جانبه آن‌ها در هر مورد مطالعاتی به وجود نمی‌آورد.

اهداف تدوین شده در یک سند ملی باید دارای ویژگی‌های ضروری نیز باشند. این ویژگی‌ها در ادبیات با نام SMART Goals مطرح می‌شود. این ویژگی‌ها عبارت‌اند از (شکل ۲-۱):

- مشخص باشد^۱ (به طور واضح و عینی بیان‌کننده تغییری باشد که قرار است اتفاق بیفتد)،
- قابل اندازه‌گیری باشد^۲،
- قابل دستیابی باشد^۳،
- واقع‌گرایانه باشد^۴
- و محدود به زمان باشد^۵.



شکل (۱-۲): ویژگی‌های اهداف کلان

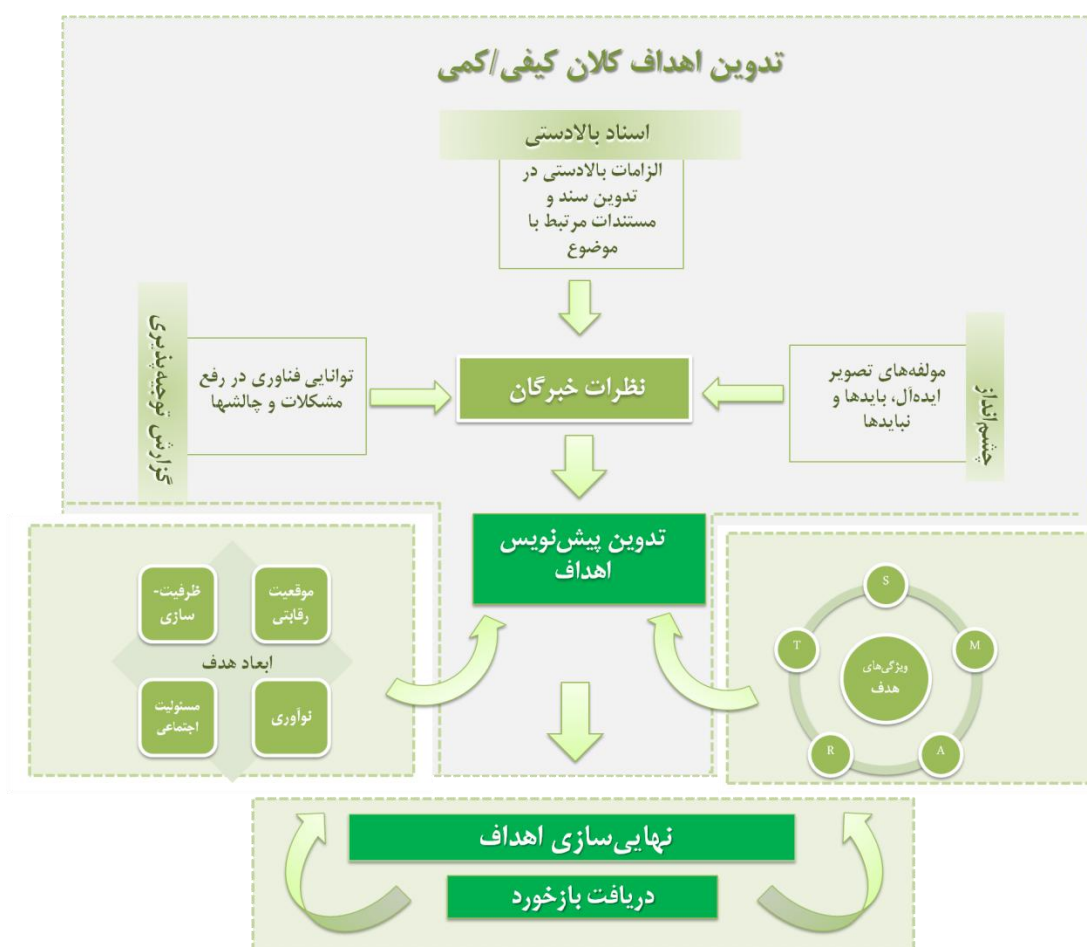
۲-۳-۳- تأیید و نهایی‌سازی اهداف کلان

اهداف کلان، راهنماهای توسعه در سایر مراحل خواهند بود. بنابراین، اهداف اولیه طراحی شده برای نهایی شدن نیازمند تأیید دوباره افراد متخصص هستند. اجرای این مرحله به کاهش خطای ناشی از بازنویسی و پالایش اهداف توسط تحلیل‌گران کمک می‌کند.

1- Specific
2- Measurable
3- Achievable
4- Realistic
5- Time Bound

۲-۳-۴- دریافت بازخورد

از آنجا که تدوین گام‌های مختلف سند در یک فرایند تعاملی به وقوع می‌پیوندد، اهداف کلان تدوین شده در این بخش ممکن است با تدوین گام‌های بعدی سند دچار تغییر و اصلاح شوند. تدوین اهداف خرد (اهداف پایین-به-بالا) و دریافت تصویر واقعی‌تر از وضعیت موجود یکی از مهم‌ترین بازخوردهایی است که می‌تواند منجر به بازبینی در اهداف کلان شود. مراحل تدوین اهداف کلان به طور خلاصه در شکل (۲-۲) به صورت گرافیکی ارائه شده است.



شکل (۲-۲): نحوه تعیین اهداف کلان در سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران

۲-۴- تدوین اهداف توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران

به منظور تدوین اهداف توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)، ابتدا باید به مرور ادبیات و مطالعه تعاریف و مفاهیم مرتبط با اهداف پرداخت. نتیجه مرور ادبیات و مطالعات انجام گرفته در بخش‌های قبلی این فصل ارائه شده است. مراحل تدوین اهداف کلان برای فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) به طور خلاصه در

شکل (۲-۲): نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل (۲-۲): مشخص است اهداف فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) باید در جهت رسیدن به چشم‌انداز و در مسیر مأموریت و استراتژی کلان انرژی کشور باشد و از سوی دیگر اهداف با توجه به قابلیت‌های فناوری تعیین گردند. در اینجا لازم است تفاوت بین شاخص‌های چشم‌انداز و اهداف بیان شود. شاخص‌های چشم‌انداز از یک سری عوامل کلی تشکیل شده‌اند که بازه زمانی آن بلندمدت است، درحالی‌که اهداف بازه زمانی کوتاه‌تر و نیز ابعاد و سنجه‌های جزئی‌تری نسبت به شاخص‌های چشم‌انداز دارا هستند.

در گام بعدی با اخذ نظرات خبرگان حوزه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) به بررسی اطلاعات حاصل از این منابع یاد شده پرداخته و پیش‌نویس اهداف سند مورد بحث تعیین می‌گردد. در نهایت پس از نهایی‌سازی اهداف و تعیین بازخوردها، اهداف کلان تعیین می‌گردند.

مطابق فرآیند ارائه شده در شکل (۲-۲): به منظور تعیین اهداف توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) از منابع مختلفی استفاده شد، که عبارت‌اند از:

- ۱- چشم‌انداز تدوین شده سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق (تولید، انتقال و توزیع)
 - ۲- گزارش اسناد بالادستی مرتبط با فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)
 - ۳- گزارش توجیه‌پذیری استفاده از فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)
- در ادامه اهداف استخراج شده به عنوان نتایج حاصل از بررسی منابع مختلف ارائه شده است.

۲-۴-۱- نتایج حاصل از بررسی گزارش توجیه‌پذیری

یکی از پارامترهای مهم در تعیین اهداف کلان توسعه فناوری‌های مختلف، توانایی و پتانسیل به‌کارگیری فناوری در زمینه‌های مختلف است، که با فعال‌سازی و شکوفاسازی پتانسیل‌های فناوری در حوزه‌های مختلف می‌توان به نتایج مناسبی دست یافت. قابلیت‌ها و پتانسیل‌های به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) به طور مفصل در گزارش توجیه‌پذیری توسعه این فناوری‌ها بحث شده و می‌توان گفت که گزارش توجیه‌پذیری یک منبع مناسب برای تعیین توانایی فناوری‌های ابررسانا و تعیین اهداف برای آینده می‌باشد. اهداف استنباط شده از این گزارش عبارت‌اند از:

- ۱- افزایش استفاده از فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به منظور کاهش اتلاف انرژی از خطوط انتقال و توزیع
- ۲- استفاده از فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق کشور در راستای بهبود پایداری شبکه

۳- به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به منظور افزایش ایمنی و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجهیزات مختلف صنعت برق

۲-۴-۲- نتایج حاصل از بررسی چشم‌انداز تدوین شده

با توجه به چشم‌انداز تدوین شده برای توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)، تم‌های اصلی چشم‌انداز، افزایش پایداری شبکه، کاهش تلفات، افزایش کیفیت توان، کاهش هزینه در شبکه برق و توجه به ملاحظات زیست‌محیطی است. لذا برای دستیابی به موارد ذکر شده در چشم‌انداز باید اهداف توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (انتقال و توزیع) را طوری تعریف کرد که امکان دستیابی به موارد ذکر شده در چشم‌انداز را در افق تعیین شده امکان‌پذیر سازد، اهداف زیر را می‌توان در راستای چشم‌انداز تعریف کرد:

- ۱- دستیابی به دانش فنی تولید و به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات با اولویت صنعت برق
- ۲- کسب توانایی به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در راستای کاهش تلفات انرژی از خطوط توزیع و انتقال صنعت برق
- ۳- کاهش هزینه‌های بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعت برق با بهره‌گیری از فناوری‌های ابررسانا
- ۴- ارتقای سطح کیفیت شبکه با استفاده از تجهیزات کارای ابررسانا در بخش‌های مختلف صنعت برق کشور
- ۵- کسب دانش فنی بهره‌گیری از فناوری‌های ابررسانا به عنوان مصداقی از فناوری‌های نوین
- ۶- بومی‌سازی دانش فنی استفاده از فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به منظور افزایش پایداری شبکه انتقال و توزیع برق

۲-۴-۳- نتایج حاصل از بررسی گزارش اسناد بالادستی

با توجه به متنوع بودن ارگان‌های قانون‌گذار اسناد بالادستی متعددی در رابطه با فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق بررسی شده‌اند که لیست این اسناد در

جدول (۱-۲) ارائه شده است. در اکثر اسناد بررسی شده سیاست‌های کلی کشور مشخص شده و به طور خاص به سیاست‌های مربوط به فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق اشاره نشده است. با مطالعه قوانین و سیاست‌های مرتبط، با توجه به پتانسیل‌های موجود در به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق اهداف قابل استنتاج از این قوانین تعیین شده‌اند.

جدول (۱-۲): عناوین سیاست‌ها و برنامه‌های مصوب بررسی شده

ردیف	قانون	مرجع صادرکننده	تاریخ تصویب
۱	اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری	شورای عالی عتف	۱۳۹۰
۲	مقررات اجرایی قانون اصل ۴۴	هیات وزیران	۱۳۸۷
۳	سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف	مجمع تشخیص مصلحت نظام	۱۳۸۹
۴	سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو	وزارت نیرو	۱۳۹۰
۵	قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی	هیات وزیران	۱۳۸۹
۶	پیش‌نویس سند جامع فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر	شورای عالی انقلاب فرهنگی	
۷	قانون برنامه دوم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران	مجلس شورای اسلامی	۱۳۸۲
۸	قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران	مجلس شورای اسلامی	۱۳۹۰

جدول (۲-۲): اهداف قابل استنتاج از اسناد بالادستی در حوزه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

ردیف	قانون تصویب شده	بخش مرتبط با توسعه فناوری‌های ابررسانا	اهداف قابل استنتاج از قانون
۱	اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری	کاهش تلفات	استفاده از سامانه‌های ابررسانا در حوزه انتقال و توزیع برق به منظور کاهش تلفات شبکه
		افزایش پایداری شبکه (با تاکید بر مواردی چون ابررساناها)	افزایش استفاده از فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به منظور افزایش پایداری شبکه برق
۲	اصل ۴۴ قانون مقررات اجرایی	صنایع پیشرفته یا صنایع نوین (High-Tech) رویکرد نوینی از صنایع هستند که از فناوری برتر و بالایی برخوردار بوده و دانش فنی، نوآوری و خلاقیت، توجهی در تعریف و تکوین آن دارد.	توسعه و بومی‌سازی فناوری‌ها ابررسانا در کشور به عنوان مصداقی از صنایع نوین (High-Tech)
۳	سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف ابلاغی مقام معظم رهبری	اولویت دادن به افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی در ایجاد ظرفیت‌های جدید تولید انرژی	به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به منظور افزایش بهره‌وری در انتقال و مصرف انرژی
۴	سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو.	وزارت نیرو با ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط‌زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، افزایش خوداتکایی و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند	استفاده از فناوری‌های ابررسانا در راستای کاهش تلفات انتقال و در نتیجه افزایش تبادل برق با کشورهای منطقه دستیابی به دانش فنی استفاده از فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق در راستای خوداتکایی کشور

ردیف	قانون تصویب شده	بخش مرتبط با توسعه فناوری‌های ابررسانا	اهداف قابل استنتاج از قانون
۵	قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی	الزام وزارتخانه‌های نیرو، نفت، کشاورزی و صنایع و معادن برای شناسایی و تمهید کلیه فناوری‌های مورد نیاز حوزه تخصصی برای عرضه و مصرف انرژی در بیست سال آینده در حیطه تخصصی خود و طراحی و بهبود آن‌ها برای بکارگیری توسط سازندگان و تولیدکنندگان داخلی	توسعه فناوری‌های ابررسانا (به عنوان یکی از فناوری‌های مورد نیاز) برای عرضه و مصرف مناسب انرژی در بیست سال آینده
		بهینه‌سازی مصرف سوخت در بخش‌های مختلف مصرف، کمک به توسعه کاربرد انواع فناوری‌های نوین تبدیل انرژی در بخش‌های مختلف مصرف	توسعه کاربرد فناوری‌های ابررسانا (به عنوان یکی از مصادیق فناوری‌های نوین) در بخش‌های مختلف صنعت برق
۶	سند جامع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر کشور	بهره‌مندی از توانمندی‌های فناورانه کشور و افزایش سهم صادرات فناوری در بازارهای جهانی	بومی‌سازی فناوری‌های ابررسانا و صادرات فناوری‌های آن به سایر کشورها
۷	قانون برنامه دوم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران	استفاده بهینه از انرژی از طریق تغییر الگوهای مصرف، افزایش بهره‌وری انرژی مصرفی و استفاده از انرژی‌های پاک و جانشین	توسعه به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در راستای کاهش تلفات و افزایش بهره‌وری برق
۸	قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران	دستیابی به فناوری‌های پیشرفته مورد نیاز	دستیابی به فناوری‌های کاربردی ابررسانا در صنعت برق به عنوان فناوری پیشرفته مورد نیاز این صنعت

۲-۵- اهداف کلان تعیین شده در سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

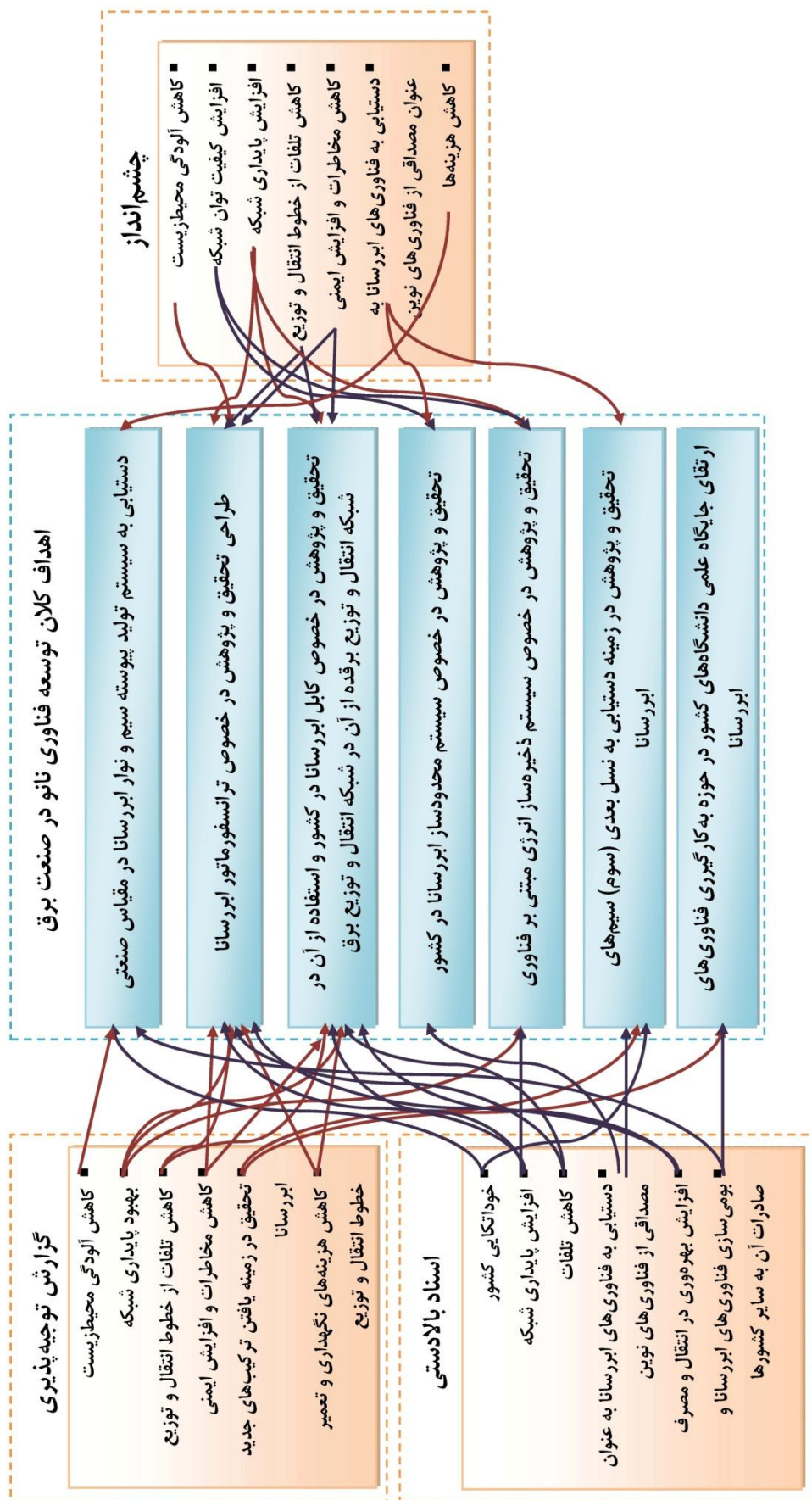
با جمع‌بندی نتایج حاصل از بررسی بیانیه چشم‌انداز، اسناد بالادستی و گزارش توجیه‌پذیری محورهای اهداف کلان سند توسعه

فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق استخراج شد. محورهای استخراج شده اهداف عبارت‌اند از:

۱. کاهش تلفات شبکه
۲. افزایش ایمنی و کاهش حوادث غیرمترقبه
۳. افزایش پایداری و کیفیت توان شبکه
۴. کاهش هزینه‌ها
۵. بومی‌سازی دانش فنی تولید و به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در تجهیزات
۶. تحقیق در زمینه یافتن مواد ابررسانا جدید
۷. پیشرو بودن در میان کشورهای منطقه
۸. دستیابی به جایگاه علمی مناسب به منظور صادرات فناوری ابررسانا به سایر کشورها

این محورها در جلسه کمیته راهبری سند ارائه شد. در این جلسه هر یک از اهداف به ترتیب مطرح شد و پس از تأیید خود هدف، شاخص کمی مربوط به آن با توجه به مستندات موجود و بر اساس بحث و بررسی جمعی تعیین شد. کمیته راهبری پروژه با توجه به اینکه بیانیه چشم‌انداز مبتنی بر دستیابی به دانش فنی ساخت و به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا تأکید کردند که در بین اهداف ارائه شده نباید اهداف کمی در رابطه با بهره‌برداری از فناوری‌های ابررسانا وجود داشته باشد. از این رو در کمیته راهبری اشاره شد که اهداف «کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق»، «کاهش حوادث غیرمترقبه و افزایش ایمنی در شبکه‌های توزیع و انتقال برق» و «بهبود کیفیت توان و جلب نظر مشتریان» از فهرست اهداف باید حذف شوند. از سوی دیگر تیم مشاور پیشنهاد داد که به منظور تطابق اهداف با چشم‌انداز (دستیابی به دانش فنی) می‌توان اهداف را به صورت ساخت یک نمونه از هر تجهیز با اولویت در نظر گرفت، که این پیشنهاد با تأیید کمیته راهبری همراه بود. نحوه استخراج اهداف از محورهای اصلی گزارش توجیه‌پذیری، بیانیه چشم‌انداز و گزارش اسناد بالادستی در شکل (۲-۳) نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده، ۷ هدف به عنوان اهداف کلان سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق (انتقال و توزیع) مشخص شدند که این اهداف عبارت‌اند از:

۱. دستیابی به سیستم تولید پیوسته سیم و نوار ابررسانا در مقیاس صنعتی
۲. تحقیق و پژوهش در خصوص ترانسفورماتور ابررسانا
۳. تحقیق و پژوهش در خصوص کابل ابررسانا در کشور و استفاده از آن در شبکه انتقال و توزیع برق
۴. تحقیق و پژوهش در خصوص سیستم محدودساز ابررسانا در کشور
۵. تحقیق و پژوهش در خصوص سیستم ذخیره‌ساز انرژی مبتنی بر فناوری ابررسانا در کشور
۶. تحقیق و پژوهش در زمینه دستیابی به نسل بعدی (سوم) سیم‌های ابررسانا
۷. ارتقای جایگاه علمی دانشگاه‌های کشور در حوزه به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا



شکل (۳-۳): نحوه استخراج اهداف از محورهای اصلی گزارش توجیه‌پذیری، بیابیه چشم‌انداز و گزارش اسناد بالادستی

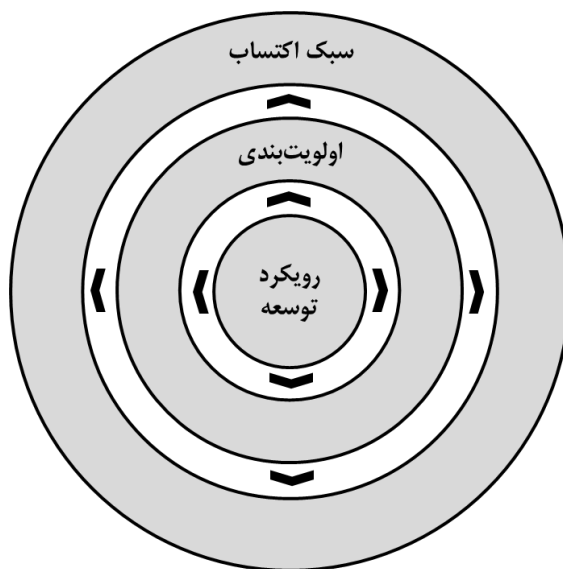
۳- فصل سوم: تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

۳-۱- مقدمه

در گام سوم از مرحله سوم طرح تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به تدوین راهبردهای توسعه فناوری پرداخته می‌شود. راهبردها دربرگیرنده مجموعه‌ای از جهت‌گیری‌هایی است که به سؤالات اساسی سیاست‌گذاران در مسیر دستیابی به اهداف کلان پاسخ می‌دهد. راهبردها را می‌توان معین‌کننده مجموعه جهت‌گیری‌های اصلی برای دستیابی به اهداف دانست. این جهت‌گیری‌ها مشتمل بر انتخاب اولویت‌های فناورانه، تعیین رویکرد توسعه و مشخص نمودن سبک اکتساب است [۱]. به عبارت دیگر راهبرد، راه رسیدن به اهداف طراحی شده در مسیر چشم‌انداز با رویکرد بالا-به-پایین است. این راه در حقیقت منتخبی از گزینه‌های جایگزین است که در نهایت به توسعه فناوری می‌انجامد. در این بخش با استفاده از روش‌های موجود استخراج روش اکتساب و اهداف تعیین شده راهبردهای توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق تعیین و توضیح داده می‌شوند.

۳-۲- روش منتخب تدوین راهبرد

راهبردها رویکردهای کلانی هستند که به منظور تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند توسعه فناوری تعریف می‌شوند. اجزای راهبرد توسعه فناوری متشکل از رویکرد توسعه، اولویت‌بندی و سبک اکتساب به صورت سلسله‌مراتبی است و هر یک تحت اثر لایه بالایی خود تعیین می‌شوند و در نهایت اجرای راهبردها به تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان منجر می‌شود. به عبارت دیگر، تعیین رویکرد توسعه ضرورت اولویت‌بندی و انتخاب فناوری‌های برتر را مشخص می‌کند و هر دو آن‌ها بر تعیین سبک اکتساب فناوری تأثیر می‌گذارند.



شکل (۱-۳): رابطه سلسله‌مراتبی مؤلفه‌های راهبرد ملی فناوری

تعیین اولویت‌های توسعه و انتخاب حوزه‌های برگزیده فناوری در قالب راهبرد پورتفولیو به انجام می‌رسد. راهبرد پورتفولیو در واقع راهبردی است که با تعیین چستی توسعه فناوری، به انتخاب حوزه‌های برگزیده فناوری و تعیین اولویت‌های توسعه آن می‌پردازد. زمانی که انتخاب اولویت‌ها مورد نظر است، روش فناوری‌های حیاتی یا کلیدی، یک رویکرد ارزشمند و مفید جهت ارزیابی حوزه‌های تحقیقاتی و فناوری‌های مختلف به شمار می‌رود. در این روش با اندازه‌گیری میزان اهمیت یا کلیدی بودن هر حوزه، فهرستی از حوزه‌های مهم و کلیدی فناورانه برای سرمایه‌گذاری و توسعه مشخص می‌گردد. سطح اهمیت و کلیدی بودن یک فناوری بستگی به میزان اثر آن فناوری بر تحقق اهداف و چشم‌انداز دارد. نوع سؤالاتی که معمولاً جهت شناسایی فناوری‌های کلیدی پرسیده می‌شود از این قبیل است:

- حوزه‌های کلیدی فناوری برای توسعه کدام‌اند؟
- فناوری‌های حیاتی که باید به وسیله منابع عمومی حمایت شوند، کدام‌اند؟
- چه معیارهایی باید به منظور انتخاب فناوری‌های حیاتی به کار گرفته شوند؟
- شاخص‌های اندازه‌گیری هر معیار چیست؟
- بر اساس معیارهای انتخاب شده، فناوری‌های اولویت‌دار برای توسعه و سرمایه‌گذاری کدام‌اند؟

روش پیشنهادی برای این مؤلفه حاصل از جمع‌بندی روش‌های مختلف راهبرد ملی و فناوری است. از آنجا که هدف راهبرد پورتفولیو اولویت‌بندی حوزه‌های فناورانه است، باید از روشی استفاده شود که قادر به برآوردن این مؤلفه باشد. از میان روش‌های مختلف، روش فناوری‌های حیاتی که به انتخاب فناوری‌های مهم با دو معیار جذابیت و امکان‌پذیری می‌پردازد، به عنوان مبنای روش پیشنهادی استفاده می‌گردد. در این روش پیشنهادی، تعیین فناوری‌های برگزیده با استفاده از ماتریس دو بعدی جذابیت-قابلیت^۱ صورت می‌پذیرد. معیارهای جذابیت فناوری با توجه به اهداف کلان تعیین شده و فناوری‌هایی که توسعه آن‌ها بیش‌ترین اثر در تحقق اهداف را دارند دارای جذابیت بالایی خواهند شد. در این روش، بر اساس دو دسته معیار جذابیت و قابلیت به مقایسه میان گزینه‌های مختلف رقیب پرداخته می‌شود. مدل پیشنهادی در چهار مرحله (سطح) پیش‌بینی شده که این مراحل عبارت‌اند از:

۱- تشکیل و تحلیل ماتریس ارزیابی جذابیت-توانمندی

۲- دسته‌بندی (اولویت‌بندی) فناوری‌ها

۳- تعیین روش اکتساب

۴- تدوین راهبردهای توسعه فناوری

۳-۳- دسته‌بندی فناوری‌ها بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی

در این گام به منظور دسته‌بندی فناوری‌های شناسایی شده، فناوری‌ها بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی ارزیابی می‌شوند. شاخص جذابیت بیان‌کننده ابعاد ذاتی گزینه‌هایی است که برای سیاست‌گذار دارای مطلوبیت هستند. در مقابل، شاخص توانمندی به دنبال ارزیابی قابلیت‌های موجود در انتخاب هر یک از گزینه‌ها می‌باشد. بدین منظور ابتدا شاخص‌های جذابیت و توانمندی تولید و به‌کارگیری از فناوری‌های ابررسانا در تجهیزات مختلف صنعت برق مشخص شد و سپس به منظور ارزیابی این شاخص‌ها پرسشنامه‌هایی طراحی شد. این پرسشنامه‌ها برای خبرگان و متخصصان شناسایی شده هر یک از حوزه‌های فناوری ارسال شد و با جمع‌بندی نتایج پرسشنامه‌ها میزان جذابیت و توانمندی هر یک از فناوری‌ها مشخص شد. نتایج به دست آمده وارد ماتریس جذابیت-توانمندی شده و جایگاه هر فناوری در این ماتریس مشخص شده است. در ادامه روند دسته‌بندی فناوری‌ها به صورت مفصل توضیح داده شده است.

1- Bi-dimensional matrix of attractiveness-capability

۳-۳-۱- تعیین شاخص‌های جذابیت و توانمندی

همان طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد، جذابیت یک فناوری به میزان اثرگذاری آن بر تحقق اهداف کلان و ویژگی‌ها و موقعیت آن فناوری در مقایسه با سایر فناوری‌ها برمی‌گردد. تعیین موقعیت نسبی جایگاه یک فناوری از سوی متخصصان، میزان جذابیت آن را مشخص خواهد کرد. برای اندازه‌گیری جذابیت توسعه یک فناوری ابتدا باید شاخص‌های مرتبط با آن را شناسایی نمود. نمونه‌ای از شاخص‌های جذابیت موجود در ادبیات عبارت‌اند از:

↪ تنوع کاربرد فناوری

↪ هزینه‌های دستیابی به دانش فنی فناوری

↪ میزان منافع اقتصادی ناشی از به‌کارگیری فناوری

↪ میزان اشتغال‌زایی ناشی از توسعه فناوری و...

همان طور که در مطالعات فنی انجام شده اشاره شده با توجه به شرایط (دما) عملیاتی استفاده از مواد ابررسانا و ساختار و ویژگی‌های تجهیزات مختلف صنعت برق، فناوری به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف متفاوت می‌باشد. این امر به صورت واضح در مطالعات فنی انجام شده (فاز ۲ سند) و بیانیه چشم‌انداز (بخش اول فاز ۳ "بیان لفظ توانایی به‌کارگیری فناوری در تجهیزات کارا و مناسب") اشاره شده است. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که در توسعه استفاده از تجهیزات مبتنی بر فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق دو حوزه اصلی وجود دارد، که در توسعه استفاده از تجهیزات مبتنی بر این فناوری‌ها باید به آن‌ها توجه شود. دو حوزه ذکر شده عبارت‌اند از:

(۱) **حوزه تولید مواد ابررسانا:** دستیابی به فناوری تولید مواد ابررسانای مختلف شامل فناوری YBCO, BSCCO.

Niobiumtin, Niobiumtitanium و MgB_2 :

(۲) **حوزه به‌کارگیری مواد در تجهیزات مختلف:** دستیابی به توانایی به‌کارگیری هر یک از این فناوری‌ها در تجهیزات

مختلف صنعت برق از جمله کابل تک فاز، کابل سه فاز، ترانسفورماتور، محدودساز، ذخیره‌ساز، فلاپویل و خازن همزمان.

با توجه به موارد ذکر شده به منظور تحلیل جذابیت-توانمندی فناوری‌های ابررسانا باید فناوری‌های هر دو حوزه را به صورت جداگانه بررسی نمود. بنابراین در ابتدا باید شاخص‌های جذابیت-توانمندی هر حوزه را به صورت جداگانه تعیین کرد. برای تعیین شاخص‌های مرتبط ابتدا مجموعه‌ای از شاخص‌های موجود در ادبیات شناسایی شد و پس از بررسی کارشناسان و خبرگان،

شاخص‌های نهایی به تأیید رسید.

۳.۳.۱.۱.۱ شاخص‌های جذابیت و توانمندی در حوزه تولید مواد ابررسانا

- شاخص‌های جذابیت مستقل از نوع سند

با توجه به مطالعات صورت گرفته مشخص است که برخی از شاخص‌های جذابیت مستقل از نوع، جایگاه، بیانیه چشم‌انداز و اهداف کلان توسعه فناوری بوده که از جمله این شاخص‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

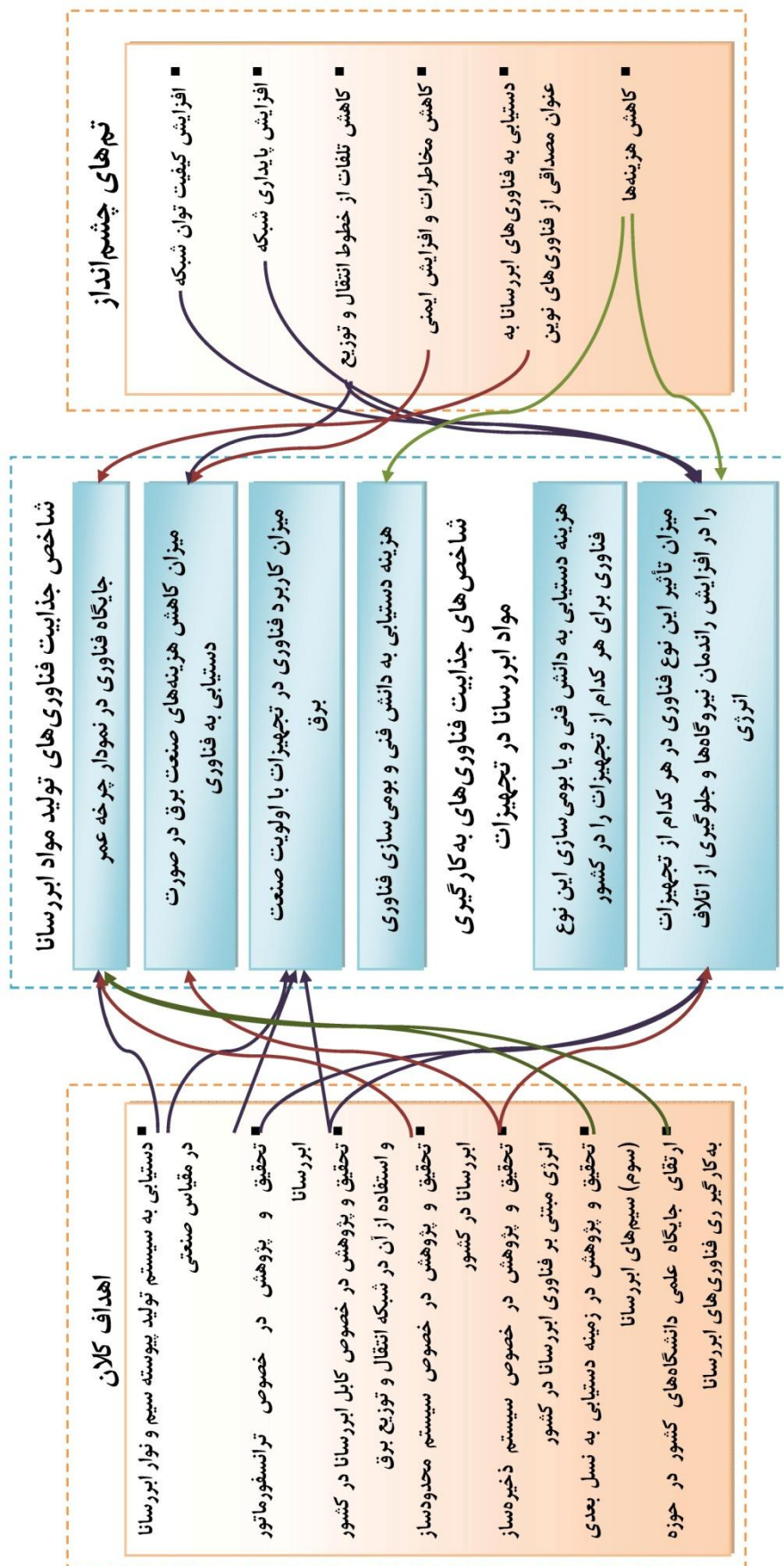
- ✓ میزان تقاضای موجود برای فناوری
- ✓ نقش فناوری در توسعه سایر فناوری‌های نوین
- ✓ تنوع کاربرد (میزان اشتراک هر یک از فناوری‌ها در تجهیزات مختلف صنعت برق)
- ✓ نرخ رشد استفاده از فناوری در آینده کشور
- ✓ میزان فوریت دستیابی کشور به فناوری

- شاخص‌های جذابیت تعیین شده بر اساس بیانیه چشم‌انداز و اهداف کلان در حوزه تولید مواد ابررسانا

برخی از شاخص‌های جذابیت-ابسته به موضوع سند، بیانیه چشم‌انداز و اهداف تعیین می‌گردند. با توجه به اینکه در بیانیه چشم‌انداز اشاره شده که هدف کسب توانمندی ساخت و بهره‌برداری از تجهیزات مبتنی بر ابررسانا در راستای کاهش هزینه‌ها و تلفات بوده و در اهداف نیز محورهایی چون طراحی و ساخت تجهیزات با اولویت و تحقیق در رابطه با مواد ابررسانای جدید وجود دارد. نحوه ارتباط بین شاخص‌های جذابیت استخراج شده از بیانیه چشم‌انداز و اهداف کلان سند در شکل (۲-۳) نشان داده شده است. شاخص‌های مرتبط با بیانیه چشم‌انداز و اهداف عبارت‌اند از:

- شاخص جذابیت

- ✓ جایگاه فناوری در نمودار چرخه عمر
- ✓ میزان کاهش هزینه‌های صنعت برق در صورت دستیابی به فناوری
- ✓ میزان کاربرد فناوری در تجهیزات با اولویت صنعت برق
- ✓ هزینه دستیابی به دانش فنی و بومی‌سازی فناوری



شکل (۳-۳): نحوه ارتباط شاخص‌های جذابیت فناوری‌های ابررسانا با رویکردهای کلان سند توسعه فناوری‌های ابررسانا.

- شاخص توانمندی

- ✓ میزان دسترسی به قطعات مورد نیاز برای توسعه فناوری در داخل کشور
- ✓ وضعیت دسترسی به دانش فنی مربوط به فناوری
- ✓ وضعیت دسترسی به مواد اصلی مورد نیاز برای توسعه فناوری
- ✓ وضعیت دسترسی به منابع انسانی متخصص برای توسعه فناوری
- ✓ وضعیت دسترسی به زیرساخت سخت‌افزاری مورد نیاز (مانند آزمایشگاه‌ها، ابزار، ماشین‌آلات و...) برای توسعه فناوری
- ✓ وضعیت منابع مالی قابل تخصیص برای توسعه این فناوری

در مجموع با توجه به شاخص‌های مستقل و وابسته ذکر شده در این بخش شاخص‌های جذابیت-توانمندی فناوری‌های

ابررسانا عبارت‌اند از:

- شاخص‌های تعیین شده برای جذابیت:

- (۱) میزان تقاضای موجود برای فناوری
- (۲) نقش فناوری در توسعه سایر فناوری‌های نوین
- (۳) تنوع کاربرد (میزان اشتراک هر یک از فناوری‌ها در تجهیزات مختلف صنعت برق)
- (۴) جایگاه فناوری در نمودار چرخه عمر
- (۵) میزان کاربرد فناوری در تجهیزات با اولویت صنعت برق
- (۶) نرخ رشد استفاده از فناوری در آینده کشور
- (۷) میزان کاهش هزینه‌های صنعت برق در صورت دستیابی به فناوری
- (۸) هزینه دستیابی به دانش فنی و بومی‌سازی فناوری
- (۹) میزان فوریت دستیابی کشور به فناوری

- شاخص‌های تعیین شده برای توانمندی عبارت‌اند از:

- (۱) وضعیت دسترسی به دانش فنی مربوط به فناوری

- (۲) میزان دسترسی به قطعات مورد نیاز برای توسعه فناوری در داخل کشور
- (۳) وضعیت دسترسی به مواد اصلی مورد نیاز برای توسعه فناوری
- (۴) وضعیت دسترسی به منابع انسانی متخصص برای توسعه فناوری
- (۵) وضعیت دسترسی به زیرساخت سخت‌افزاری مورد نیاز (مانند آزمایشگاه‌ها، ابزار، ماشین‌آلات و...) برای توسعه فناوری
- (۶) وضعیت منابع مالی قابل تخصیص برای توسعه این فناوری

۳-۴- شاخص‌های جذابیت و توانمندی در حوزه به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق

با توجه به موارد توضیح داده شده در تعیین شاخص‌های جذابیت فناوری‌های تولید مواد ابررسانا برخی از شاخص‌های جذابیت با توجه به اهداف کلان و بیانیه چشم‌انداز تعیین می‌شوند. نحوه استخراج شاخص‌های جذابیت فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق در مقابل آن‌ها ذکر شده و نحوه ارتباط شاخص‌های مستخرج از رویکردهای کلان سند با اهداف کلان و بیانیه چشم‌انداز در شکل (۳-۲) نشان داده شده است.

• شاخص‌های تعیین شده برای جذابیت فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق عبارت‌اند از:

- (۱) میزان تقاضای موجود برای استفاده از فناوری در هر یک از تجهیزات صنعت برق (مستقل از سند)
- (۲) نقش فناوری به‌کارگیری مواد ابررسانا در هر یک از تجهیزات، در توسعه سایر فناوری‌ها (مستقل از سند)
- (۳) هزینه دستیابی به دانش فنی و یا بومی‌سازی این نوع فناوری برای هر کدام از تجهیزات را در کشور (منطبق بر رویکردهای کلان سند)
- (۴) میزان تأثیر این نوع فناوری در هر کدام از تجهیزات را در افزایش راندمان نیروگاه‌ها و جلوگیری از اتلاف انرژی (منطبق بر رویکردهای کلان سند)

• شاخص‌های تعیین شده برای توانمندی عبارت‌اند از:

- (۱) وضعیت دسترسی به دانش فنی مربوط به به‌کارگیری مواد در هر یک از تجهیزات صنعت برق
- (۲) وضعیت دسترسی به مواد اصلی مورد نیاز برای توسعه فناوری به‌کارگیری مواد در تجهیزات مختلف
- (۳) وضعیت دسترسی به زیرساخت سخت‌افزاری مورد نیاز (مانند آزمایشگاه‌ها، ابزار، ماشین‌آلات و...) برای توسعه فناوری

(۴) میزان توانمندی مجریان (شرکت‌ها) در توسعه به‌کارگیری فناوری ابررسانا در تجهیزات

۳-۴-۱- ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

در این بخش به بررسی روش ارزیابی شاخص‌ها پرداخته می‌شود. روش‌های مختلفی برای ارزیابی وجود دارد (از روش‌های ریاضی محض گرفته تا روش‌های کاملاً کیفی همچون پنل خبرگان) که روش منتخب در این قسمت استفاده از نظر کارشناسان از طریق ارسال پرسشنامه‌ها است.

پرسشنامه‌های طراحی شده (ارائه شده در پیوست) حاصل ساعت‌ها تلاش کارشناسان تیم فنی و مشاور پروژه بوده و سعی شده پرسشنامه‌ها تا حد ممکن گویا و موجز بوده تا برای فرد پاسخ‌دهنده خسته‌کننده نباشد. از طرف دیگر سؤالات به نحوی طراحی شده است که پاسخ آن‌ها توانایی تفکیک جذابیت و توانمندی فناوری‌های مورد استفاده را داشته باشد و از سؤالات دارای پاسخ مشترک یا بسیار شبیه هم برای فناوری‌های مختلف خودداری شده است. همان‌طور که در قسمت‌های قبل اشاره شده با توجه به تفاوت زیاد موجود در استفاده از فناوری‌های ابررسانا در تجهیزات مختلف صنعت برق (مانند کابل، ترانسفورماتور، خازن و...)، جذابیت و توانمندی فناوری‌های ابررسانا در حوزه تولید مواد ابررسانا و به‌کارگیری آن‌ها در تجهیزات مختلف باید به صورت جداگانه بررسی شود. از این رو دو پرسشنامه یکی به منظور ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری تولید مواد ابررسانا و دیگری به منظور ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف تهیه شد. پرسشنامه مربوط به ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری تولید مواد ابررسانا دارای دو بخش مختلف ارزیابی جذابیت با ۱۱ سؤال و ارزیابی توانمندی تولید مواد ابررسانا در داخل کشور شامل ۷ سؤال می‌باشد. پرسشنامه تهیه‌شده برای ارزیابی فناوری به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف نیز شامل دو بخش مختلف است، بخش اول سؤالات مربوط به ارزیابی جذابیت و اهمیت به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف صنعت برق، بخش دوم سؤالات مربوط به ارزیابی توانمندی به‌کارگیری مواد ابررسانا در هر یک از تجهیزات صنعت برق در داخل کشور می‌باشد.

از پرسشنامه‌های ارسالی به اعضای کمیته راهبری و خبرگان معرفی شده از سوی این کمیته در مجموع ۱۷ پرسشنامه دریافت شد. خبرگان پاسخ‌دهنده به پرسشنامه‌ها که نظرات آن‌ها در ماتریس جذابیت-توانمندی در نظر گرفته شد عبارت‌اند از:

جدول (۳-۱): فهرست افراد پاسخ‌دهنده به پرسشنامه‌های جذابیت-توانمندی

ردیف	نام خبره	سمت خبره
۱	جناب آقای دکتر هادی سلامتی	دانشگاه صنعتی اصفهان
۲	جناب آقای دکتر هادی عربی	دانشگاه فردوسی مشهد
۳	جناب آقای مهندس محمدرضا ده‌آفرین	کارشناس شرکت توانیر
۴	جناب آقای مهندس امراله دهقانی سانجیح	کارشناس دفتر همکاری‌های ریاست جمهوری
۵	جناب آقای دکتر حسن صدقی	دانشگاه ارومیه
۶	جناب آقای دکتر ارسلان حکمتی	هیأت علمی دانشگاه شهید بهشتی
۷	جناب آقای دکتر مسعود رجبی	هیأت علمی دانشگاه بین‌المللی قزوین
۸	سرکار خانم دکتر نسترن ریاحی نوری	پژوهشگاه نیرو
۹	جناب آقای دکتر پیمان صاحب سرا	دانشگاه تهران
۱۰	جناب آقای دکتر فرخ سررشته‌داری	دانشگاه تهران
۱۱	جناب آقای مهندس بهرام شمس ملک‌آرا	کارشناس انجمن سیم و کابل ایران
۱۲	جناب آقای دکتر علی‌اکبر بابائی بروجنی	دانشگاه صنعتی اصفهان
۱۳	جناب آقای مهندس حسام فلاح‌آرانی	پژوهشگاه نیرو
۱۴	جناب آقای دکتر مهدی وکیلان	هیأت علمی دانشگاه صنعتی شریف
۱۵	سرکار خانم دکتر هوشیار	هیأت علمی دانشگاه شهید بهشتی
۱۶	جناب آقای مهندس کوهانی	پژوهشگاه نیرو
۱۷	جناب آقای دکتر فرید	دانشگاه شهید چمران اهواز
۱۸	جناب آقای دکتر زرگر شوشتری	دانشگاه شهید چمران اهواز
۱۹	جناب آقای مهندس ژام	پژوهشگاه نیرو
۲۰	جناب آقای دکتر مهدی فردمنش	هیأت علمی دانشگاه صنعتی شریف
۲۱	جناب آقای دکتر احمد امیرآبادی‌زاده	دانشگاه صنعتی اصفهان

که نتایج این پرسشنامه‌ها وارد نرم‌افزار اکسل شد و محاسبات لازم برای ارزیابی انجام شد. در ادامه نتایج مربوط به جذابیت و توانمندی تولید و به‌کارگیری فناوری‌های مختلف ابررسانا در تجهیزات صنعت برق از نظر خبرگان در جدول (۳-۳) و (۳-۳) ارائه شده است. منطق تعیین امتیاز جذابیت و توانمندی در هر فناوری به این صورت بوده که ابتدا ضریب اهمیت هر یک از پارامترهای مربوط به توانمندی و جذابیت توسط خبرگان تعیین شده است. این ضریب نشان می‌دهد که در این فناوری خاص به عنوان مثال میزان اهمیت «میزان تقاضای حال و روند تقاضای آینده فناوری» به عنوان یک پارامتر نسبت به پارامتر «وجود زیرساخت‌های موردنیاز برای دستیابی به فناوری در کشور» چقدر است. در ادامه میانگین وزنی جذابیت‌ها و توانمندی‌های ارائه شده توسط خبرگان مختلف برای هر فناوری با لحاظ نمودن ضریب فوق محاسبه گردیده است.

با توجه به اطلاعات دریافتی از خبرگان مختلف حوزه ابررسانا، ابتدا به جمع‌بندی نتایج هر فرد به صورت جداگانه پرداخته شد. نحوه جمع‌بندی نتایج به این صورت بود که نمره اختصاص داده شده به هر سؤال را در ضریب وزنی آن ضرب کرده و میانگین جذابیت و توانمندی هر فناوری با استفاده از سؤالات مربوط به آن فناوری و ضریب وزنی هر سؤال محاسبه شده است. پس از محاسبه مقادیر میانگین جذابیت و توانمندی با توجه به نظرات هر یک از خبره‌ها، نتیجه نظرات هر خبره در ضریب آشنایی شخص (که عددی بین ۱ تا ۱۰ می‌باشد) ضرب شده و با استفاده از مجموع نتیجه‌های حاصل از ضرب نظرات در ضریب آشنایی بر مجموع ضریب آشنایی افراد نظر دهنده در فناوری مدنظر تقسیم شده تا مقادیر جذابیت و توانمندی هر فناوری حاصل گردد. لازم به ذکر است که خالی گذاشتن پاسخ هر سؤال و یا اختصاص عدد صفر به آن توسط خبره به معنای عدم آگاهی خبره در رابطه با سؤال دانسته شد و نظر خبره در رابطه با آن سؤال در محاسبه میزان جذابیت و توانمندی در نظر گرفته نشد. نتایج این محاسبه‌ها برای فناوری‌های تولید و به‌کارگیری مواد ابررسانا در جدول (۳-۲) و (۳-۳) ارائه شده است.

جدول (۳-۲): جمع‌بندی نتایج جذابیت و توانمندی فناوری تولید مواد ابررسانا

ردیف	فناوری ابررسانا در تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱	فناوری تولید YBCO	۸/۴۷	۷/۹۰
۲	فناوری تولید BSCCO	۸/۳۹	۷/۷۵
۳	فناوری تولید Niobiumtin	۳/۶۰	۵/۶۹
۴	فناوری تولید Niobiumtitanium	۳/۲۳	۵/۵۹
۵	فناوری تولید MgB ₂	۵/۰۹	۵/۶۶

جدول (۳-۳): جمع‌بندی نتایج جذابیت و توانمندی فناوری به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف صنعت برق

ردیف	فناوری ابررسانا در تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱	فناوری به‌کارگیری YBCO در خازن همزمان	۴/۷۱	۲/۶۷
۲	فناوری به‌کارگیری YBCO در ترانسفورماتور	۵/۵۷	۳/۷۶
۳	فناوری به‌کارگیری YBCO در کابل سه فاز	۶/۷۶	۴/۴۴
۴	فناوری به‌کارگیری YBCO در کابل تک فاز	۶/۲۰	۴/۷۳
۵	فناوری به‌کارگیری YBCO در فلاپویل	۴/۲۵	۲/۳۹
۶	فناوری به‌کارگیری YBCO در محدودساز	۵/۸۱	۴/۲۳
۷	فناوری به‌کارگیری YBCO در ذخیره‌ساز	۵/۹۱	۳/۴۰

ردیف	فناوری ابررسانا در تجهیز	جذابیت	توانمندی
۸	فناوری به‌کارگیری BSCCO در خازن همزمان	۴/۴۸	۲/۵۸
۹	فناوری به‌کارگیری BSCCO در ترانسفورماتور	۵/۶۴	۳/۸۳
۱۰	فناوری به‌کارگیری BSCCO در کابل سه فاز	۶/۷۳	۴/۵۲
۱۱	فناوری به‌کارگیری BSCCO در کابل تک فاز	۶/۱۵	۵/۱۹
۱۲	فناوری به‌کارگیری BSCCO در فلاپویل	۴/۳۵	۲/۴۸
۱۳	فناوری به‌کارگیری BSCCO در محدودساز	۶/۰۲	۴/۶۶
۱۴	فناوری به‌کارگیری BSCCO در ذخیره‌ساز	۶/۱۲	۳/۳۵
۱۵	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در خازن همزمان	۴/۸۴	۲/۵۸
۱۶	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در ترانسفورماتور	۵/۴۲	۳/۰۲
۱۷	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در کابل سه فاز	۶/۳۸	۳/۴۹
۱۸	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در کابل تک فاز	۵/۸۹	۳/۸۹
۱۹	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در فلاپویل	۴/۴۸	۲/۵۵
۲۰	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در محدودساز	۵/۸۷	۲/۹۷
۲۱	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در ذخیره‌ساز	۶/۰۹	۳/۱۲
۲۲	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در خازن همزمان	۴/۸۵	۲/۵۸
۲۳	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در ترانسفورماتور	۵/۴۶	۳/۰۲
۲۴	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در کابل سه فاز	۶/۴۲	۳/۵۲
۲۵	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در کابل تک فاز	۵/۸۸	۳/۹۰
۲۶	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در فلاپویل	۴/۵۲	۲/۵۷
۲۷	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در محدودساز	۵/۸۲	۲/۹۴
۲۸	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در ذخیره‌ساز	۶/۰۹	۳/۱۲
۲۹	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در خازن همزمان	۴/۶۵	۲/۴۷
۳۰	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در ترانسفورماتور	۵/۴۵	۲/۷۰
۳۱	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در کابل سه فاز	۶/۱۵	۳/۳۹
۳۲	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در کابل تک فاز	۵/۶۵	۳/۶۱
۳۳	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در فلاپویل	۴/۲۷	۲/۴۴
۳۴	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در محدودساز	۵/۶۴	۲/۶۵
۳۵	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در کابل ذخیره‌ساز	۵/۶۶	۲/۸۹

۳-۴-۲- تحلیل نتایج

در ابتدا می‌توان میزان جذابیت و توانمندی را تفکیک کرد و نتایج مربوط به فناوری در هر تجهیز را بر اساس هر یک از این دو معیار را مرتب نمود. نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت مربوط به فناوری تولید مواد ابررسانا و فناوری به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف صنعت برق به ترتیب در جدول‌های (۳-۴) و (۳-۵) نشان داده شده است.

جدول (۳-۴): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت فناوری تولید مواد ابررسانا

ردیف	فناوری ابررسانا در تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱	فناوری تولید YBCO	۸/۴۷	۷/۹۰
۲	فناوری تولید BSCCO	۸/۳۹	۷/۷۵
۳	فناوری تولید MgB ₂	۵/۰۹	۵/۶۶
۴	فناوری تولید Niobiumtin	۳/۶۰	۵/۶۹
۵	فناوری تولید Niobiumtitanium	۳/۲۳	۵/۵۹

جدول (۳-۵): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت فناوری به کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف

ردیف	فناوری ابررسانا در تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱	فناوری به کارگیری YBCO در کابل سه فاز	۶/۷۶	۴/۴۴
۲	فناوری به کارگیری BSCCO در کابل سه فاز	۶/۷۳	۴/۵۲
۳	فناوری به کارگیری Niobiumtitanium در کابل سه فاز	۶/۴۲	۳/۵۲
۴	فناوری به کارگیری Niobiumtin در کابل سه فاز	۶/۳۸	۳/۴۹
۵	فناوری به کارگیری YBCO در کابل تک فاز	۶/۲۰	۴/۷۳
۶	فناوری به کارگیری MgB ₂ در کابل سه فاز	۶/۱۵	۳/۳۹
۷	فناوری به کارگیری BSCCO در کابل تک فاز	۶/۱۵	۵/۱۹
۸	فناوری به کارگیری BSCCO در ذخیره‌ساز	۶/۱۲	۳/۳۵
۹	فناوری به کارگیری Niobiumtin در ذخیره‌ساز	۶/۰۹	۳/۱۲
۱۰	فناوری به کارگیری Niobiumtitanium در ذخیره‌ساز	۶/۰۹	۳/۱۲
۱۱	فناوری به کارگیری BSCCO در محدودساز	۶/۰۲	۴/۶۶
۱۲	فناوری به کارگیری YBCO در ذخیره‌ساز	۵/۹۱	۳/۴۰
۱۳	فناوری به کارگیری Niobiumtin در کابل تک فاز	۵/۸۹	۳/۸۹
۱۴	فناوری به کارگیری Niobiumtitanium در کابل تک فاز	۵/۸۸	۳/۹۰
۱۵	فناوری به کارگیری Niobiumtin در محدودساز	۵/۸۷	۲/۹۷
۱۶	فناوری به کارگیری Niobiumtitanium در محدودساز	۵/۸۲	۲/۹۴
۱۷	فناوری به کارگیری YBCO در محدودساز	۵/۸۱	۴/۲۳
۱۸	فناوری به کارگیری MgB ₂ در کابل ذخیره‌ساز	۵/۶۶	۲/۸۹
۱۹	فناوری به کارگیری MgB ₂ در کابل تک فاز	۵/۶۵	۳/۶۱
۲۰	فناوری به کارگیری MgB ₂ در محدودساز	۵/۶۴	۲/۶۵
۲۱	فناوری به کارگیری BSCCO در ترانسفورماتور	۵/۶۴	۳/۸۳
۲۲	فناوری به کارگیری YBCO در ترانسفورماتور	۵/۵۷	۳/۷۶
۲۳	فناوری به کارگیری Niobiumtitanium در ترانسفورماتور	۵/۴۶	۳/۰۲

ردیف	فناوری ابررسانا در تجهیز	جذابیت	توانمندی
۲۴	فناوری به‌کارگیری MgB_2 در ترانسفورماتور	۵/۴۵	۲/۷۰
۲۵	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در ترانسفورماتور	۵/۴۲	۳/۰۲
۲۶	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در خازن همزمان	۴/۸۵	۲/۵۸
۲۷	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در خازن همزمان	۴/۸۴	۲/۵۸
۲۸	فناوری به‌کارگیری YBCO در خازن همزمان	۴/۷۱	۲/۶۷
۲۹	فناوری به‌کارگیری MgB_2 در خازن همزمان	۴/۶۵	۲/۴۷
۳۰	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در فلاپویل	۴/۵۲	۲/۵۷
۳۱	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در فلاپویل	۴/۴۸	۲/۵۵
۳۲	فناوری به‌کارگیری BSCCO در خازن همزمان	۴/۴۸	۲/۵۸
۳۳	فناوری به‌کارگیری BSCCO در فلاپویل	۴/۳۵	۲/۴۸
۳۴	فناوری به‌کارگیری MgB_2 در فلاپویل	۴/۲۷	۲/۴۴
۳۵	فناوری به‌کارگیری YBCO در فلاپویل	۴/۲۵	۲/۳۹

طبق جدول (۳-۴) مشخص است که در میان فناوری‌های تولید مواد رسانا فناوری‌های زیر دارای بیش‌ترین جذابیت هستند:

- فناوری تولید YBCO
 - فناوری تولید BSCCO
- و فناوری‌های زیر کمترین جذابیت را در بین فناوری‌های تولید مواد رسانا دارا هستند:
- فناوری تولید Niobiumtin
 - فناوری تولید Niobiumtitanium
- از طرف دیگر در جدول (۳-۵) مشخص که
- فناوری به‌کارگیری YBCO در کابل سه فاز
 - فناوری به‌کارگیری BSCCO در کابل سه فاز
 - فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در کابل سه فاز
 - فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در کابل سه فاز
 - فناوری به‌کارگیری YBCO در کابل تک فاز
- دارای بیش‌ترین جذابیت و فناوری‌های
- فناوری به‌کارگیری BSCCO در فلاپویل

• فناوری به‌کارگیری MgB₂ در فلاپویل

• فناوری به‌کارگیری YBCO در فلاپویل

نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی تولید مواد ابررسانا و به‌کارگیری آن‌ها در تجهیزات مختلف صنعت برق به ترتیب در جدول (۳-۶) و جدول (۳-۷) ارائه شده است.

جدول (۳-۶): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی فناوری تولید مواد ابررسانا در کشور

ردیف	فناوری ابررسانا در تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱	فناوری تولید YBCO	۸/۴۷	۷/۹۰
۲	فناوری تولید BSCCO	۸/۳۹	۷/۷۵
۳	فناوری تولید Niobiumtin	۳/۶۰	۵/۶۹
۴	فناوری تولید MgB ₂	۵/۰۹	۵/۶۶
۵	فناوری تولید Niobiumtitanium	۳/۲۳	۵/۵۹

جدول (۳-۷): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف صنعت برق در

داخل کشور

ردیف	فناوری ابررسانا در تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱	فناوری به‌کارگیری BSCCO در کابل تک فاز	۶/۱۵	۵/۱۹
۲	فناوری به‌کارگیری YBCO در کابل تک فاز	۶/۲۰	۴/۷۳
۳	فناوری به‌کارگیری BSCCO در محدودساز	۶/۰۲	۴/۶۶
۴	فناوری به‌کارگیری BSCCO در کابل سه فاز	۶/۷۳	۴/۵۲
۵	فناوری به‌کارگیری YBCO در کابل سه فاز	۶/۷۶	۴/۴۴
۶	فناوری به‌کارگیری YBCO در محدودساز	۵/۸۱	۴/۲۳
۷	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در کابل تک فاز	۵/۸۸	۳/۹۰
۸	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در کابل تک فاز	۵/۸۹	۳/۸۹
۹	فناوری به‌کارگیری BSCCO در ترانسفورماتور	۵/۶۴	۳/۸۳
۱۰	فناوری به‌کارگیری YBCO در ترانسفورماتور	۵/۵۷	۳/۷۶
۱۱	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در کابل تک فاز	۵/۶۵	۳/۶۱
۱۲	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در کابل سه فاز	۶/۴۲	۳/۵۲
۱۳	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در کابل سه فاز	۶/۳۸	۳/۴۹
۱۴	فناوری به‌کارگیری YBCO در ذخیره‌ساز	۵/۹۱	۳/۴۰

ردیف	فناوری ابررسانا در تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱۵	فناوری به‌کارگیری MgB_2 در کابل سه فاز	۶/۱۵	۳/۳۹
۱۶	فناوری به‌کارگیری BSCCO در ذخیره‌ساز	۶/۱۲	۳/۳۵
۱۷	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در ذخیره‌ساز	۶/۰۹	۳/۱۲
۱۸	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در ذخیره‌ساز	۶/۰۹	۳/۱۲
۱۹	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در ترانسفورماتور	۵/۴۶	۳/۰۲
۲۰	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در ترانسفورماتور	۵/۴۲	۳/۰۲
۲۱	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در محدودساز	۵/۸۷	۲/۹۷
۲۲	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در محدودساز	۵/۸۲	۲/۹۴
۲۳	فناوری به‌کارگیری MgB_2 در کابل ذخیره‌ساز	۵/۶۶	۲/۸۹
۲۴	فناوری به‌کارگیری MgB_2 در ترانسفورماتور	۵/۴۵	۲/۷۰
۲۵	فناوری به‌کارگیری YBCO در خازن همزمان	۴/۷۱	۲/۶۷
۲۶	فناوری به‌کارگیری MgB_2 در محدودساز	۵/۶۴	۲/۶۵
۲۷	فناوری به‌کارگیری BSCCO در خازن همزمان	۴/۴۸	۲/۵۸
۲۸	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در خازن همزمان	۴/۸۵	۲/۵۸
۲۹	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در خازن همزمان	۴/۸۴	۲/۵۸
۳۰	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در فلاپویل	۴/۵۲	۲/۵۷
۳۱	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در فلاپویل	۴/۴۸	۲/۵۵
۳۲	فناوری به‌کارگیری BSCCO در فلاپویل	۴/۳۵	۲/۴۸
۳۳	فناوری به‌کارگیری MgB_2 در خازن همزمان	۴/۶۵	۲/۴۷
۳۴	فناوری به‌کارگیری MgB_2 در فلاپویل	۴/۲۷	۲/۴۴
۳۵	فناوری به‌کارگیری YBCO در فلاپویل	۴/۲۵	۲/۳۹

طبق نتایج جدول (۳-۶) مشخص می‌گردد که در میان فناوری تولید مواد ابررسانای مختلف بیش‌ترین توانمندی مربوط است

به:

- فناوری تولید YBCO
- فناوری تولید BSCCO
- و کمترین توانمندی مربوط است به:
- فناوری تولید MgB_2
- فناوری تولید Niobiumtitanium

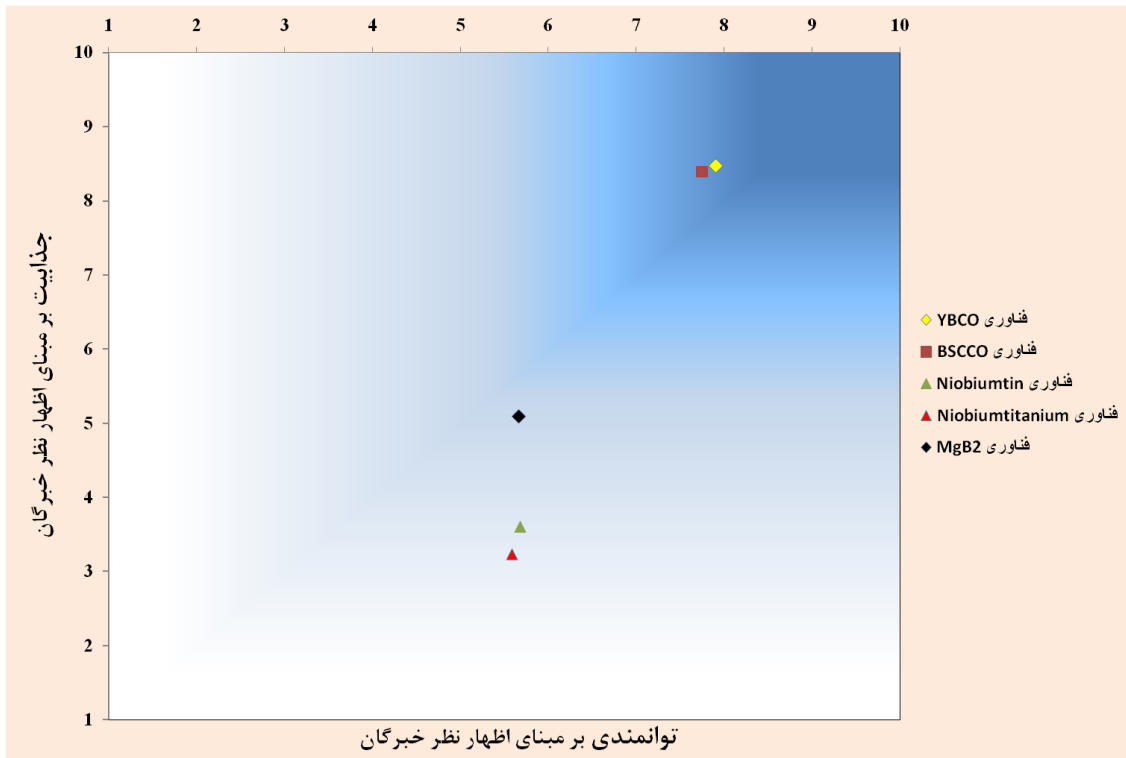
می‌باشد. بر اساس جدول (۳-۷)، در میان فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف صنعت برق بیش‌ترین توانمندی به ترتیب مربوط به

- فناوری به‌کارگیری BSCCO در کابل تک فاز
 - فناوری به‌کارگیری YBCO در کابل تک فاز
 - فناوری به‌کارگیری BSCCO در محدودساز
- و کمترین توانمندی مربوط است به:
- فناوری به‌کارگیری MgB_2 در خازن همزمان،
 - فناوری به‌کارگیری MgB_2 در فلاپیویل و
 - فناوری به‌کارگیری YBCO در فلاپیویل

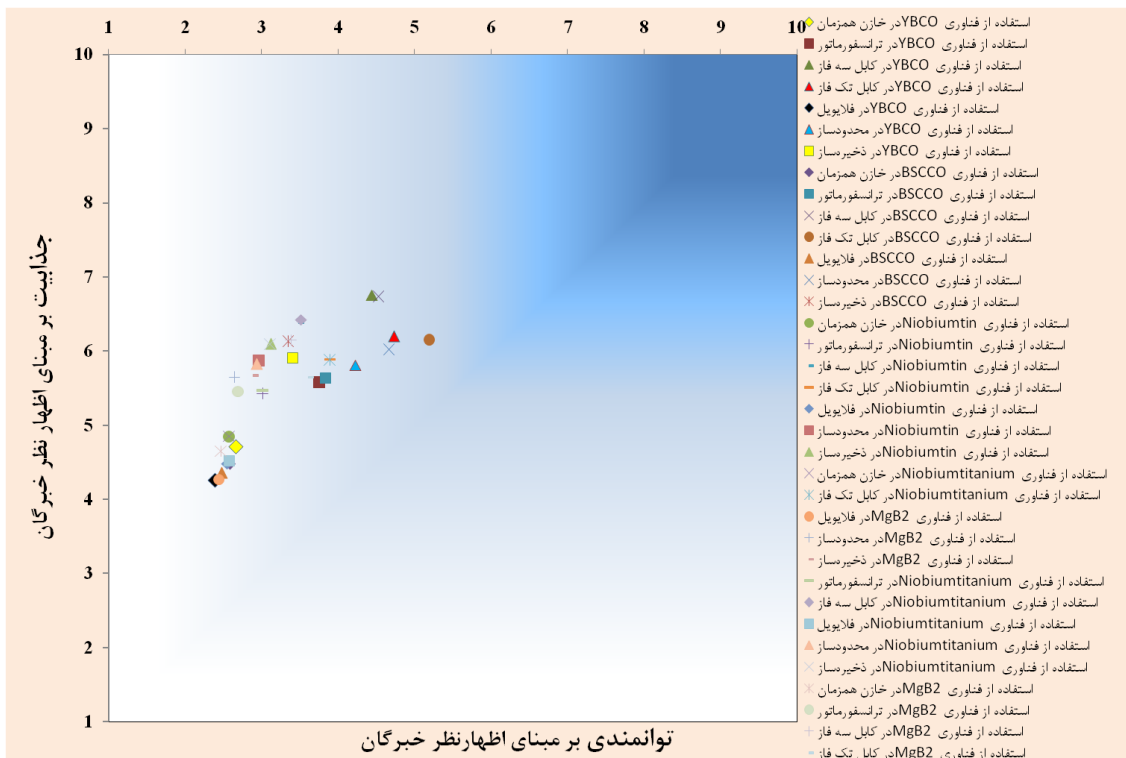
۳-۴-۳- ماتریس جذابیت - توانمندی فناوری‌های تولید مواد ابررسانا و به‌کارگیری آن‌ها در تجهیزات

صنعت برق

قسمت اصلی تحلیل نتایج با توجه به متدولوژی، از طریق تعیین جایگاه در ماتریس جذابیت-توانمندی صورت می‌گیرد. همان‌طور که از نام این ماتریس نیز مشخص است از دو بعد جذابیت و توانمندی تشکیل شده است. بر اساس جمع‌بندی نتایج پرسشنامه‌ها مقادیر هر کدام از ابعاد جذابیت و توانمندی تعیین شده‌اند و کافی است که این مقادیر در ماتریس نمایش داده شوند. ماتریس اولیه‌ای حاصل برای هر دو حوزه در شکل (۳-۳) و شکل (۴-۳) نمایش داده شده است.



شکل (۳-۳): ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های تولید مواد ابررسانا



شکل (۳-۴): ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق

همان طور که در شکل (۳-۳) مشخص است از میان فناوری‌های تولید،

- فناوری تولید YBCO و

- فناوری تولید BSCCO

دارای بیش‌ترین جذابیت و

- فناوری‌های تولید Niobiumtin و

- فناوری تولید Niobiumtitanium

دارای کمترین جذابیت هستند و از منظر توانمندی نیز

- فناوری تولید YBCO و

- فناوری تولید BSCCO

دارای بیش‌ترین توانمندی بوده و

- فناوری تولید Niobiumtin،

- فناوری تولید Niobiumtitanium و

- فناوری تولید MgB_2

دارای کمترین توانمندی هستند. با توجه به شکل (۳-۴) مشخص است که

- فناوری به‌کارگیری YBCO در کابل سه فاز

- فناوری به‌کارگیری BSCCO در کابل سه فاز

- فناوری‌های به‌کارگیری Niobiumtitanium در کابل سه فاز

- فناوری‌های به‌کارگیری Niobiumtin در کابل سه فاز

- فناوری به‌کارگیری YBCO در کابل تک فاز

دارای بیش‌ترین جذابیت در بین فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق هستند. کمترین میزان جذابیت

مربوط است به:

- فناوری به‌کارگیری BSCCO در خازن همزمان

- فناوری به‌کارگیری YBCO در فلاپویل

- فناوری به‌کارگیری BSCCO در فلاپویل
- فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در فلاپویل
- فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در فلاپویل
- فناوری به‌کارگیری MgB_2 در فلاپویل

می‌باشد. همچنین در زمینه توانمندی، بیش‌ترین توانمندی مربوط است به:

- فناوری به‌کارگیری BSCCO در کابل تک فاز
 - فناوری به‌کارگیری YBCO در کابل تک فاز،
 - فناوری به‌کارگیری BSCCO در محدودساز
 - فناوری به‌کارگیری BSCCO در کابل سه فاز
- و کمترین میزان توانمندی مربوط است به:
- فناوری به‌کارگیری MgB_2 در فلاپویل
 - فناوری به‌کارگیری YBCO در فلاپویل

۳-۵- روش اکتساب فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

۳-۵-۱- ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت-توانمندی

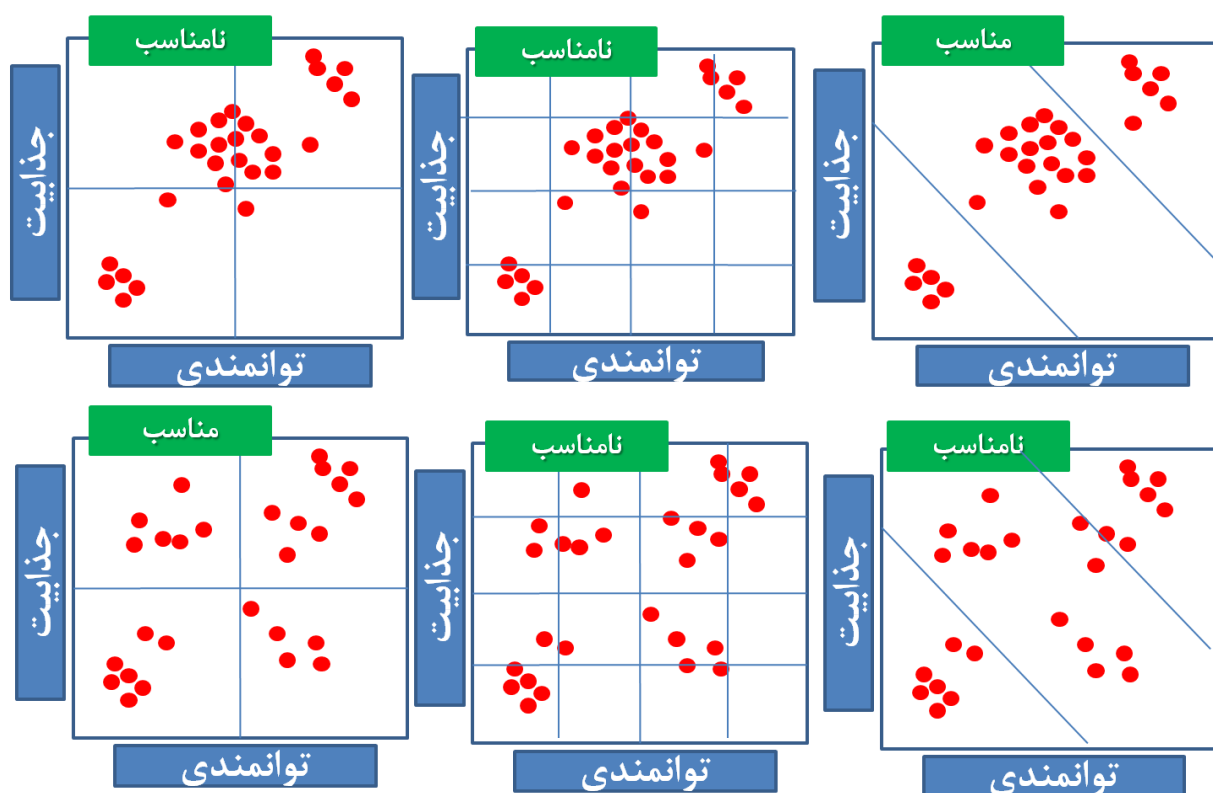
با توجه به ادبیات موضوع، ماتریس جذابیت-توانمندی به چند ناحیه باید تقسیم شود تا بتوان بر اساس آن، رویکرد مناسب در قبال هر فناوری را به صورت دقیق‌تر تعیین نمود. این ماتریس، بیانگر جایگاه جذابیت و امکان‌پذیری هر یک از فناوری‌ها است. در تقسیم‌بندی این ماتریس می‌توان از تقسیم سه ناحیه‌ای (با استفاده از خطوط شیب‌دار)، چهار ناحیه‌ای، نه ناحیه‌ای و شانزده ناحیه‌ای استفاده نمود.

۳.۵.۱.۱. نحوه ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت توانمندی

تعداد نواحی ماتریس و نحوه ناحیه‌بندی در نظر گرفته شده در ماتریس جذابیت-توانمندی وابسته به دو پارامتر پراکندگی فناوری‌ها در ماتریس جذابیت-توانمندی و کاربردهای فناوری (آیا توسعه فناوری کاربردهای متنوع و حساس مثل کاربرد دفاعی دارد یا نه؟) می‌باشد.

• اثر پراکندگی در تعیین نواحی ماتریس جذابیت-توانمندی

پراکندگی فناوری‌ها در ماتریس جذابیت-توانمندی تعیین‌کننده تعداد و شیب مرزهای نواحی تعیین شده در ماتریس جذابیت-توانمندی است. ناحیه‌بندی در نظر گرفته شده باید به گونه‌ای انجام پذیرد که بتوان دسته فناوری‌ها را از هم تمیز داد، به عبارت دیگر فناوری‌های دارای توانمندی و جذابیت تقریباً یکسان در یک ناحیه قرار گیرند. نحوه صحیح دسته‌بندی با توجه به پراکندگی زیرفناوری‌ها در ماتریس جذابیت-توانمندی در شکل (۳-۵) ارائه شده است. در مجموع ترجیح داده می‌شود که از یک سو تا حد امکان **تعداد نواحی انتخاب شده در ماتریس کمتر** بوده و از سوی دیگر زیرفناوری‌ها بر روی مرزهای نواحی مختلف قرار نگیرند.

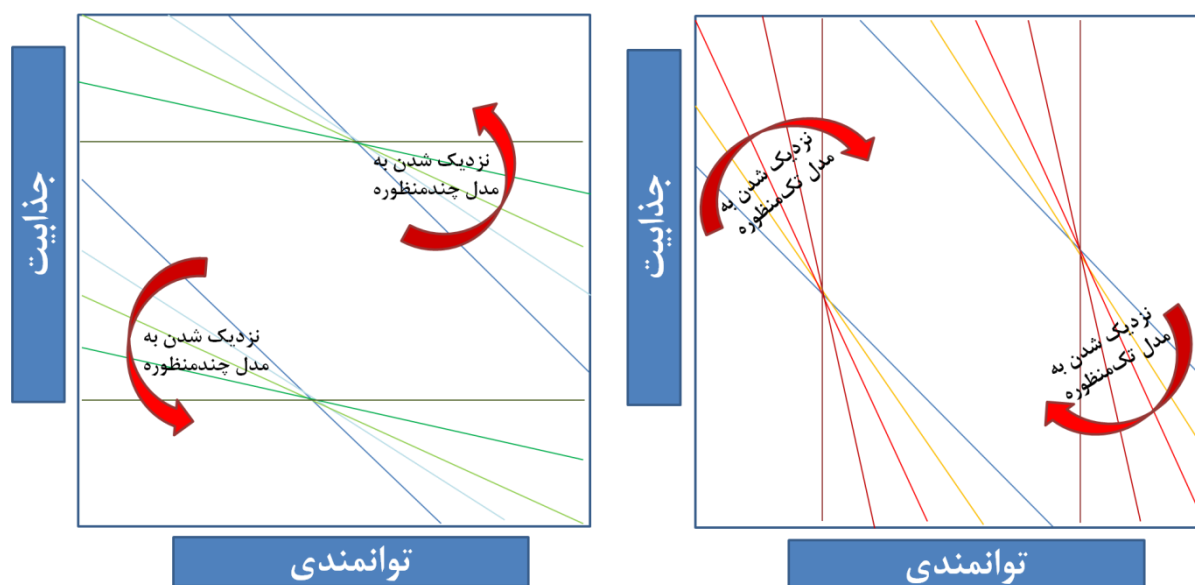


شکل (۳-۵): اثر پراکندگی فناوری‌ها در ماتریس جذابیت و توانمندی بر انتخاب نواحی ماتریس

• اثر تنوع کاربرد فناوری‌ها در تعیین نواحی ماتریس جذابیت-توانمندی

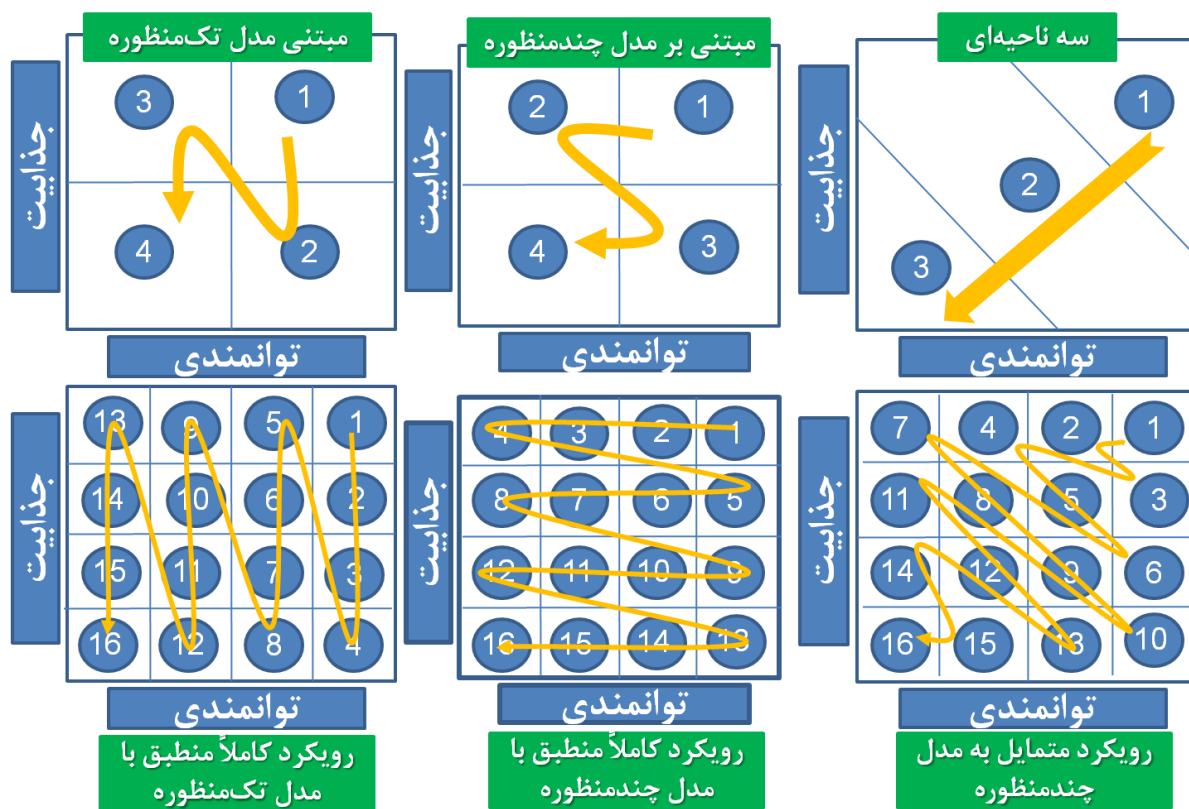
کاربردهای متنوع فناوری سبب افزایش تأثیر جذابیت نسبت به توانمندی می‌شود، فناوری‌های دارای بیش‌ترین تنوع کاربردی و حساسیت دستیابی بسیار بالا (مانند فناوری‌های دارای کاربرد دفاعی) را فناوری‌های مبتنی بر مدل چندمنظوره و فناوری‌های

دارای کمترین کاربرد و حساسیت دستیابی را فناوری‌های مبتنی بر مدل تک‌منظوره می‌نامند. هر چه فناوری مدنظر به مدل چندمنظوره نزدیک باشد اهمیت پارامتر جذابیت نسبت به توانمندی در اولویت‌بندی فناوری‌ها افزایش می‌یابد و به صورت عکس هر چه فناوری مدنظر به مدل تک‌منظوره نزدیک باشد اهمیت پارامتر توانمندی نسبت به جذابیت افزایش می‌یابد. در ماتریس تقسیم شده به ۳ ناحیه با خطوط مورب تغییر اهمیت یک پارامتر نسبت به پارامتر دیگر با تغییر در شیب مرزهای نواحی نشان داده می‌شود، به این صورت که با نزدیک شدن فناوری به مدل چندمنظوره شیب مرزها (خطوط تعیین‌کننده نواحی سه‌گانه ماتریس) کم شده و با نزدیک شدن فناوری به مدل چندمنظوره شیب مرزها زیاد می‌شود. نحوه تغییر نواحی سه‌گانه مشخص شده در ماتریس جذابیت-توانمندی با تغییر تنوع کاربرد و حساسیت دستیابی فناوری در شکل (۳-۶) نشان داده شده است.



شکل (۳-۶): اثر تغییر تنوع کاربرد و حساسیت دستیابی فناوری بر نحوه ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت-توانمندی ۳ ناحیه‌ای اولویت‌بندی نواحی مختلف ماتریس جذابیت-توانمندی تقسیم شده به ۳ ناحیه همواره به صورت نشان داده شده در شکل (۳-۷) است اما در رابطه با ماتریس‌های جذابیت-توانمندی تقسیم شده به بیش از ۳ ناحیه وابسته به فاصله فناوری از مدل چندمنظوره و تک‌منظوره می‌باشد. نحوه اولویت‌بندی نواحی ماتریس جذابیت-توانمندی در شکل (۳-۷) نشان داده شده است، همواره ناحیه دارای بالاترین جذابیت و توانمندی بیش‌ترین اولویت و ناحیه دارای پایین‌ترین سطح جذابیت-توانمندی کمترین اولویت را در میان نواحی مختلف ماتریس دارند. با توجه به شکل (۳-۷) مشخص می‌گردد که هر چه فناوری به مدل

چندمنظوره نزدیک باشد اولویت‌بندی به اولویت‌بندی ردیفی نزدیک شده و هر چه فناوری به مدل تک‌منظوره نزدیک‌تر باشد، اولویت‌بندی به اولویت‌بندی ردیفی نزدیک می‌شود.

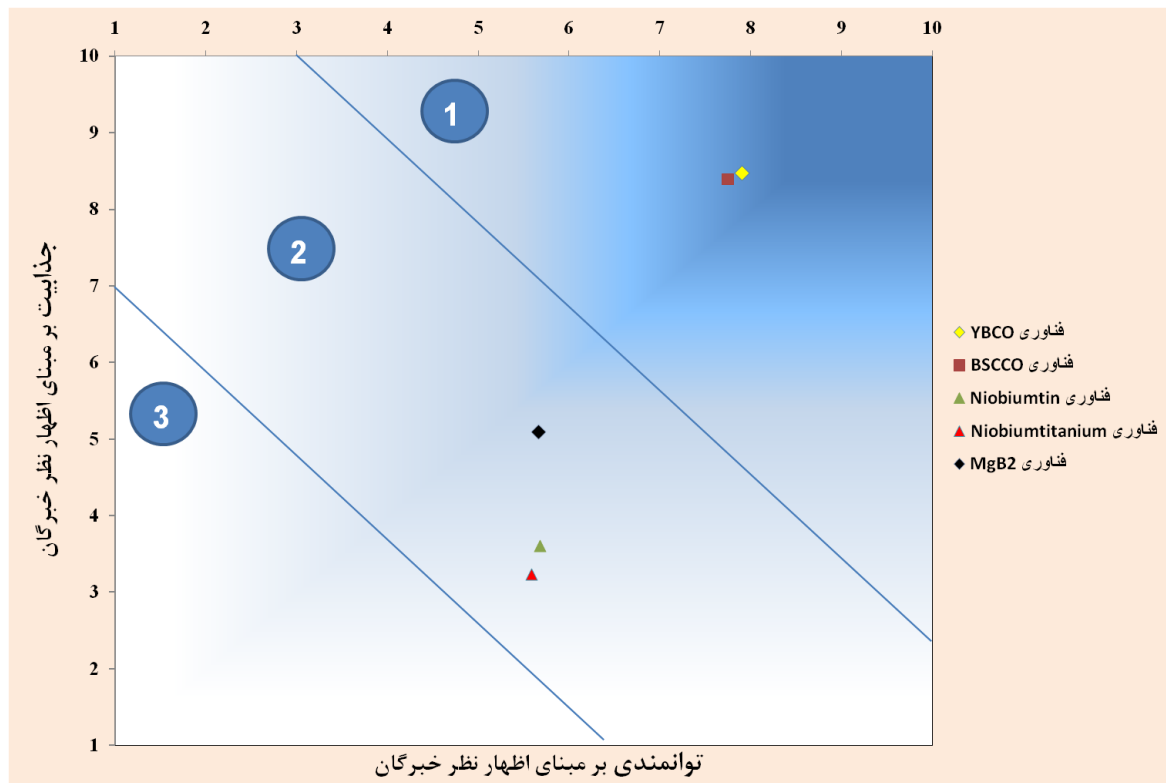


شکل (۳-۷): اثر تغییر تنوع کاربرد و حساسیت دستیابی فناوری بر نحوه اولویت‌بندی نواحی در نظر گرفته شده ماتریس

جذابیت-توانمندی

۳.۵.۱.۱.۲ ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت-توانمندی فناوری‌های تولید مواد ابررسانا

با توجه به نحوه پراکندگی فناوری‌ها در ماتریس و تنوع کاربرد فناوری‌های ابررسانا در سایر صنایع (غیر صنعت برق) و صنایع دفاعی، در این پروژه از روش تقسیم‌بندی سه ناحیه‌ای (با استفاده از خطوط شیب‌دار با شیب مناسب) استفاده شده است. شکل (۳-۸) و شکل (۳-۹) تقسیم‌بندی سه ناحیه‌ای ماتریس جذابیت و توانمندی فناوری‌های تولید مواد ابررسانا و به‌کارگیری آن‌ها در تجهیزات صنعت برق را نشان می‌دهد.



شکل (۳-۸): ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت - توانمندی فناوری‌های تولید مواد ابررسانا

روش‌های مختلف اکتساب فناوری سه دسته توسعه درون‌زا، انتقال فناوری و خرید خارجی می‌باشد. طبق راهبرد پورتفولیو فناوری‌های دارای اولویت که دارای جذابیت و توانمندی بالایی هستند باید با استفاده از توسعه همه‌جانبه در داخل حاصل شوند. بر این اساس روش اکتساب فناوری‌های هر کدام از ناحیه‌های سه‌گانه به طور کلی به صورت زیر است:

۱. **توسعه درون‌زا:** منظور از توسعه درون‌زا، توسعه بنیادین همه‌جانبه مبتنی بر توان داخلی است و معمولاً از تحقیق و توسعه برای کسب یک فناوری شروع می‌شود. در برخی موارد به دلیل انحصار چندجانبه در ساختار بازار، امکان همکاری فناوری یا خرید فناوری چندان میسر نمی‌باشد. بنابراین در فناوری‌هایی که بازار جهانی آن‌ها نیز در مراحل معرفی یا رشد قرار دارد و از اولویت و ضرورت دستیابی بالایی برخوردار هستند، اتخاذ سیاست‌ها و برنامه‌های مبتنی بر توسعه درون‌زا در اولویت بیشتری قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بر اساس راهبرد پورتفولیو توسعه درون‌زا به ناحیه یک بر می‌گردد و در این ناحیه، استراتژی انتخابی توسعه درون‌زا است.

۲. **انتقال فناوری:** در فناوری‌هایی با جذابیت و اولویت کمتر که معمولاً دارای بازاری بالغ هستند و به دلیل تعدد رقبا و

پدیدآمدن بازار مناسب خرید و نیز شکست قیمت‌ها، توسعه بنیادین فناوری معقولانه نبوده و مناسب است تا از سیاست‌های مبتنی بر انتقال فناوری و یا توسعه فناوری با تکیه بر توانمندی نیروهای خارجی بهره گرفته شود. با توجه به موارد ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که این استراتژی به فناوری‌های واقع در ناحیه دو بر می‌گردد. به این معنا که برای کسب و فراهم آوردن فناوری مورد نظر از روش‌های مختلف انتقال فناوری باید استفاده شود. در این پروژه استخراج دقیق نتایج، فناوری‌هایی که در ناحیه ۲ قرار گرفته‌اند، بار دیگر در معرض اظهارنظر خبرگان قرار خواهد گرفت، که با توجه به شرایط مختلف فناوری ممکن است روش اکتساب فناوری‌های این ناحیه هر یک از سه مورد یاد شده باشد.

۳. **خرید خارجی:** این استراتژی به فناوری‌هایی برمی‌گردد که در ناحیه سه واقع شده‌اند. دستیابی این دسته از فناوری‌ها به

دلیل جذابیت و توانمندی که با استفاده از توسعه درون‌زا و انتقال فناوری مناسب نبوده و از روش کسب این فناوری‌ها خرید خارجی فناوری می‌باشد. البته با توجه به اولویت کم دستیابی به این تکنولوژی رویکرد می‌توان از فناوری‌های این دسته باید چشم‌پوشی کرد.

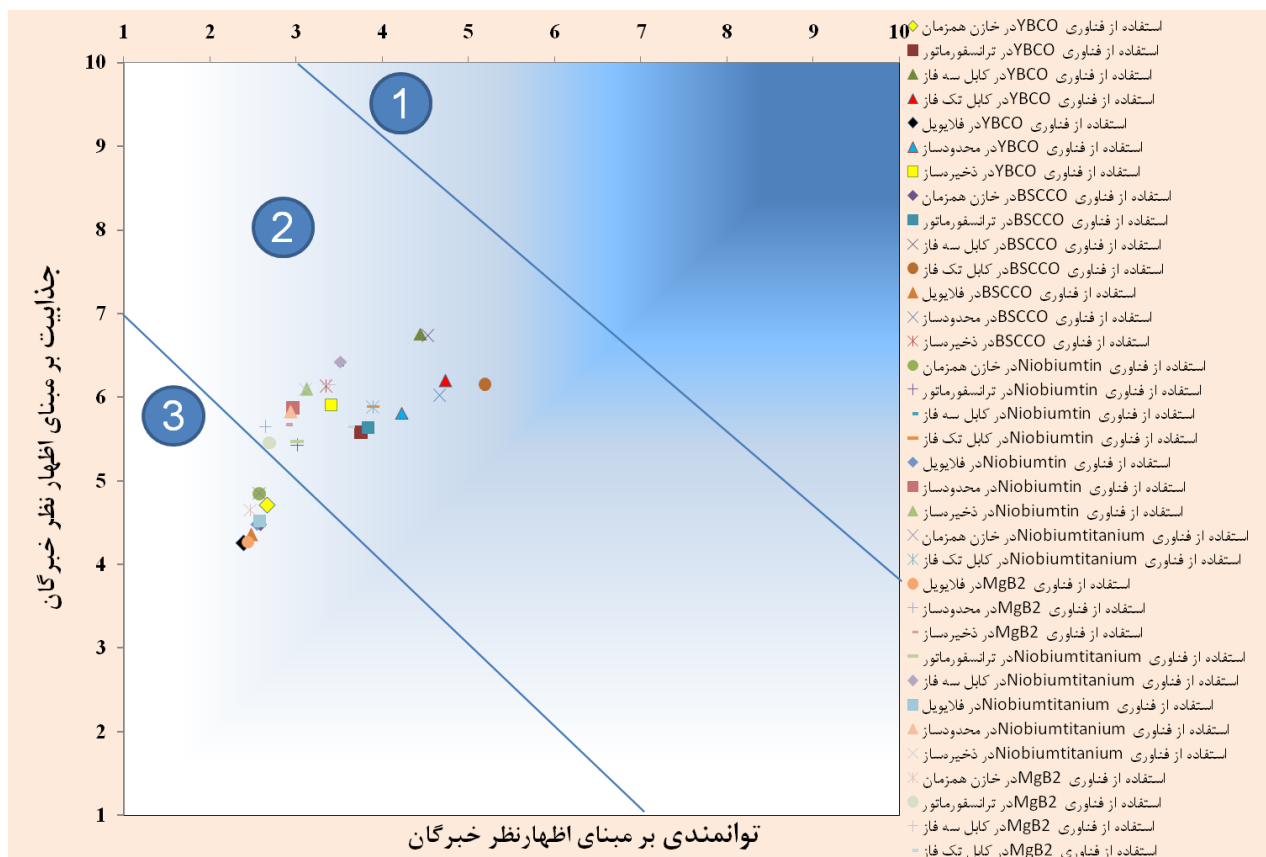
بر اساس شکل (۳-۸) مشخص می‌شود فناوری تولید YBCO و فناوری تولید BSCCO در ناحیه یک قرار می‌گیرند که نتیجه این امر نشان دهنده جذابیت و توانمندی بالای کشور در توسعه این فناوری‌ها است و از این رو روش اکتساب پیشنهادی برای توسعه فناوری تولید YBCO و BSCCO توسعه درون‌زا می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به شکل (۳-۸) مشخص می‌گردد که فناوری‌های تولید Niobiumtin، Niobiumtitanium و MgB_2 در ناحیه ۲ قرار گرفته‌اند که دلیل آن جذابیت و توانمندی نسبتاً بالای (البته کمتر از مقادیر ناحیه ۱) این فناوری‌ها می‌باشد، با توجه به قرار گرفتن این سه فناوری در ناحیه دوم ماتریس جذابیت-توانمندی و اینکه میزان جذابیت و توانمندی این فناوری‌ها در حد مناسب بالا نیست، به منظور تعیین روش اکتساب فناوری‌های قرارگرفته در ناحیه دوم باید دست به انتخاب زد و با توجه به شرایط فناوری مدنظر روش اکتساب مناسب آن را تعیین نمود. در شکل (۳-۸) مشخص است که هیچ یک از فناوری‌های تولید مواد ابررسانا در ناحیه سوم قرار نگرفته‌اند. همان طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد نوین، پیشرفته و پرکاربرد بودن مواد ابررسانا سبب می‌شود که جذابیت فناوری‌های تولید این مواد نسبتاً بالا باشد. با توجه پایین بودن توانمندی کشور در تولید مواد ابررسانا از یک سو و بالا بودن جذابیت فناوری‌های

تولید مواد ابررسانا از سوی دیگر سبب شده که هیچ یک از فناوری‌های تولید مواد ابررسانا در ناحیه سوم ماتریس جذابیت-توانمندی قرار نگیرد.

۳.۵.۱.۱.۳ ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت-توانمندی فناوری‌های به کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات

صنعت برق

با توجه به شکل (۳-۹) مشخص می‌گردد که طبق نظر خبرگان هیچ یک از فناوری‌های به کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق در ناحیه یک قرار نمی‌گیرند. با توجه به توانمندی بسیار اندک کشور در به کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق چنین نتیجه محتمل بوده و صحیح به نظر می‌رسد. در شکل (۳-۹) نیز مشخص است جذابیت بسیاری از فناوری‌های به کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف صنعت برق در حد بالایی است اما با توجه به توانمندی کم کشور در توسعه این فناوری‌ها هیچ فناوری از این گروه در ناحیه سوم قرار نگرفته است.



شکل (۳-۹): ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت-توانمندی فناوری‌های به کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق

همان طور که در شکل (۳-۹) مشاهده می‌شود اکثریت فناوری‌های ابررسانا در ناحیه دوم ماتریس جذابیت-توانمندی قرار گرفته‌اند. همان طور که قبلاً نیز اشاره شد با توجه به نوین و پیشرفته بودن فناوری‌های ابررسانا و خواص و کاربردهای وسیع تجهیزات مبتنی بر فناوری‌های ابررسانا، جذابیت فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق نیز تا حد زیادی بالا است. بنابراین جذابیت بالای بسیاری از این فناوری‌ها (به دلیل نوین بودن و قابلیت بالایی به‌کارگیری فناوری) و بالا نبودن توانمندی کشور در به‌کارگیری آن‌ها دور از تصور نیست که تعداد زیادی از فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق، در ناحیه دوم ماتریس توانمندی-جذابیت قرار گیرند. در بیان اصول ناحیه‌بندی فناوری‌ها ذکر شد که فناوری‌های قرارگرفته در ناحیه ۲ از توانمندی و جذابیت نسبتاً بالایی برخوردار (نسبت به فناوری‌های ناحیه ۳) هستند، ولی با توجه به اینکه میزان جذابیت و توانمندی تولید و به‌کارگیری این فناوری‌ها در حد مناسب بالا نیست، به منظور تعیین روش اکتساب فناوری‌های قرارگرفته در این ناحیه باید دست به انتخاب زد و با توجه به شرایط فناوری مدنظر روش اکتساب مناسب آن را تعیین نمود. فناوری‌های به‌کارگیری BSCCO در کابل تک فاز و سه فاز، محدودساز، ترانسفورماتور و ذخیره‌ساز؛ YBCO در کابل تک فاز و سه فاز، محدودساز، ترانسفورماتور و ذخیره‌ساز؛ Niobiumtitanium در کابل تک فاز و سه فاز، محدودساز، ترانسفورماتور و ذخیره‌ساز؛ Niobiumtin در کابل تک فاز و سه فاز، محدودساز، ترانسفورماتور و ذخیره‌ساز و MgB₂ در کابل تک فاز و سه فاز، ترانسفورماتور و ذخیره‌ساز در این ناحیه قرار گرفته‌اند.

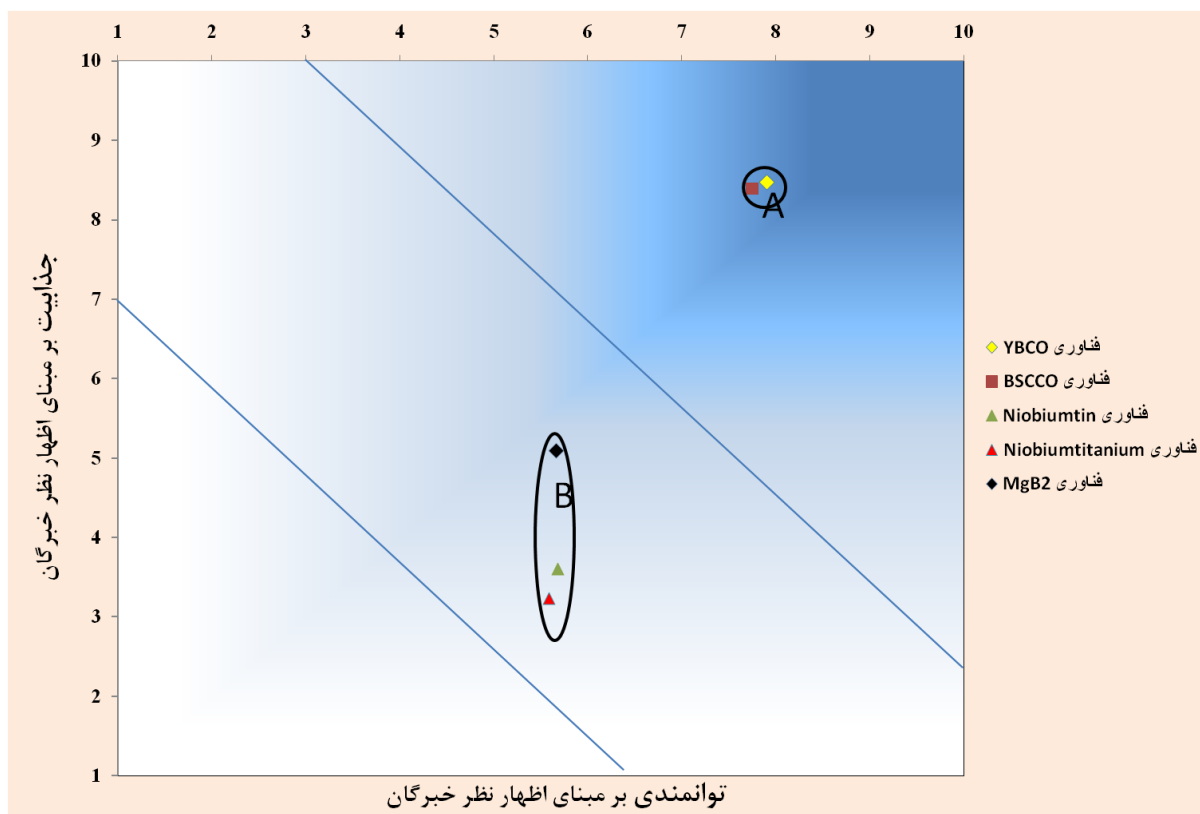
فناوری‌های موجود در ناحیه سوم از توانمندی و جذابیت نسبتاً پایینی نسبت به سایر فناوری‌ها برخوردار هستند که راهکار مناسب در قبال این فناوری‌ها خرید خارجی است که برای این راهکار از لفظ چشم‌پوشی استفاده می‌شود. طبق نظر خبرگان این حوزه فناوری‌های به‌کارگیری YBCO، BSCCO، Niobiumtin، Niobiumtitanium و MgB₂ در خازن همزمان و فلایویل در این ناحیه قرار می‌گیرند.

۳-۵-۲- تحلیل ابرهای فناوری در حوزه فناوری‌های ابررسانا در تجهیزات صنعت برق

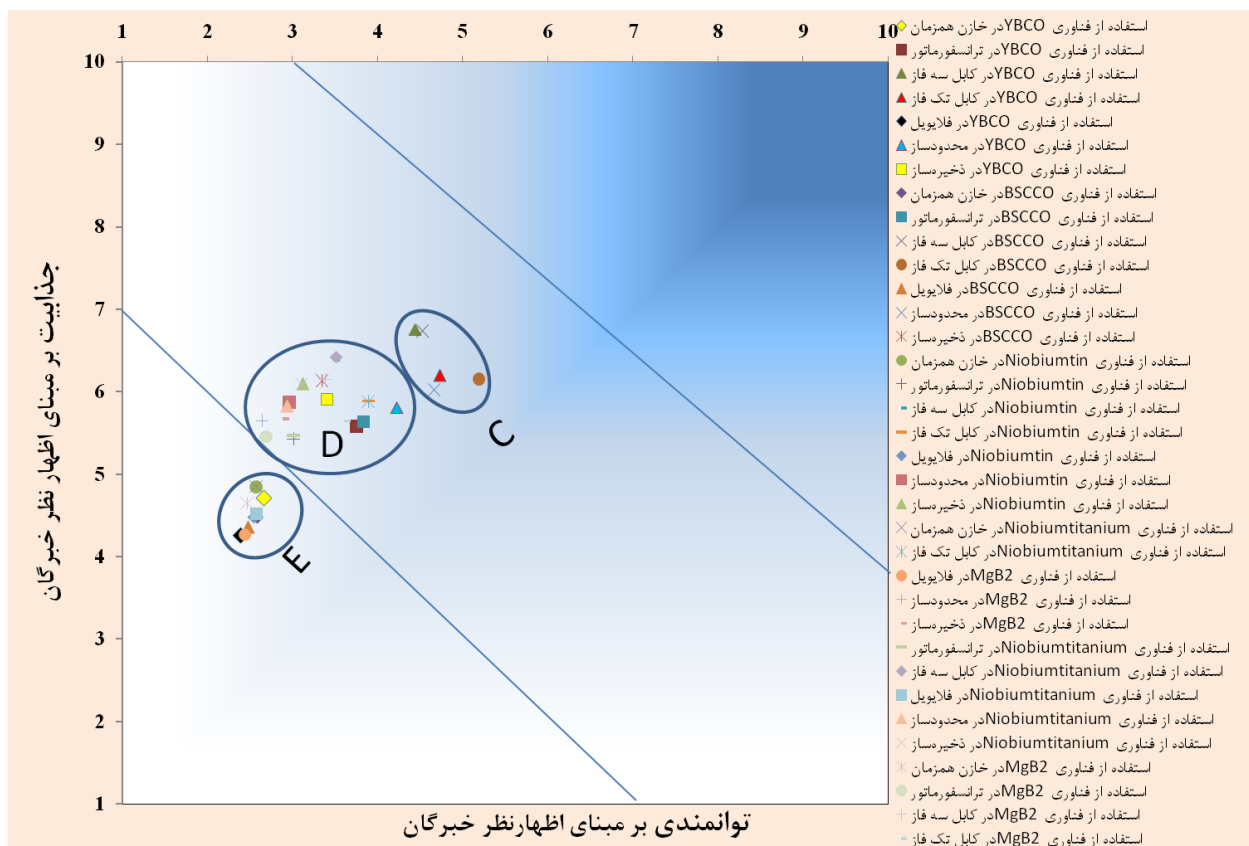
پس از ترسیم و ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت-توانمندی با توجه به ناحیه‌ای که فناوری در آن قرار دارد روش اکتساب هر فناوری تعیین می‌شود. همان طور که قبلاً اشاره شد روش اکتساب فناوری‌های قرارگرفته در ناحیه یک و سه کاملاً مشخص است و با توجه به شرایط فناوری‌های قرارگرفته در ناحیه دو روش اکتساب فناوری‌های این ناحیه تعیین می‌گردد. از طرفی دیگر می‌توان نقاط حاصله در ماتریس توانمندی-جذابیت را بر اساس شباهت در محتوا و میزان جذابیت یا توانمندی به دسته‌هایی تقسیم

کرد. در این مطالعه فناوری‌های تولید مواد ابررسانا به دو دسته و فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق به سه دسته تقسیم شده‌اند. از این دسته‌ها تحت عنوان ابر فناوری نیز یاد می‌شود که در شکل (۳-۱۰) و شکل (۳-۱۱) این دسته‌بندی‌ها مشخص است.

همان‌طور که از شکل (۳-۱۰) و شکل (۳-۱۱) مشخص است، بر مبنای توضیحات ذکر شده، فناوری‌های تولید مواد ابررسانا به دو دسته A و B و فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق به سه دسته C، D و E تقسیم شده‌اند. فناوری‌های موجود در هر دسته در جدول (۳-۸) و جدول (۳-۹) نشان داده شده است.



شکل (۳-۱۰): نمودار ابرهای فناوری و دسته‌بندی فناوری‌های تولید مواد ابررسانا



شکل (۳-۱۱): نمودار ابرهای فناوری و دسته‌بندی فناوری‌های به کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق

جدول (۳-۸): دسته‌بندی بر اساس ابرهای فناوری‌های تولید مواد ابررسانا

عنوان دسته	فناوری
A	فناوری تولید YBCO
	فناوری تولید BSCCO
B	فناوری تولید Niobiumtin
	فناوری تولید MgB ₂
	فناوری تولید Niobiumtitanium

جدول (۳-۹): دسته‌بندی بر اساس ابرهای فناوری‌های به کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق

عنوان دسته	فناوری
C	فناوری به کارگیری YBCO در کابل سه فاز
	فناوری به کارگیری BSCCO در کابل تک فاز
	فناوری به کارگیری YBCO در کابل تک فاز
	فناوری به کارگیری BSCCO در محدودساز
	فناوری به کارگیری BSCCO در کابل سه فاز

عنوان دسته	فناوری
D	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در کابل سه فاز
	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در کابل سه فاز
	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در کابل سه فاز
	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در ذخیره‌ساز
	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در ذخیره‌ساز
	فناوری به‌کارگیری BSCCO در ذخیره‌ساز
	فناوری به‌کارگیری YBCO در ذخیره‌ساز
	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در کابل تک فاز
	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در کابل تک فاز
	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در محدودساز
	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در محدودساز
	فناوری به‌کارگیری YBCO در محدودساز
	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در ذخیره‌ساز
	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در کابل تک فاز
	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در محدودساز
	فناوری به‌کارگیری BSCCO در ترانسفورماتور
	فناوری به‌کارگیری YBCO در ترانسفورماتور
	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در ترانسفورماتور
	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در ترانسفورماتور
	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در ترانسفورماتور
E	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در خازن همزمان
	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در خازن همزمان
	فناوری به‌کارگیری YBCO در خازن همزمان
	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در خازن همزمان
	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در فلاپویل
	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در فلاپویل
	فناوری به‌کارگیری BSCCO در خازن همزمان
	فناوری به‌کارگیری BSCCO در فلاپویل
	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در فلاپویل
	فناوری به‌کارگیری YBCO در فلاپویل

۳-۵-۳- الگوریتم پیشنهادی تعیین روش اکتساب فناوری‌های ناحیه ۲

جهت تعیین روش اکتساب فناوری‌های ناحیه ۲ الگوریتمی توسط تیم مشاور و فنی طراحی شده است. با توجه به ویژگی‌های فناوری‌های ابررسانا از جمله نوین و در مرحله رشد بودن این فناوری و با توجه به اینکه بیانیه چشم‌انداز و اهداف کلان مبتنی

بر کسب توانمندی ساخت و به‌کارگیری این فناوری‌ها است شاخص‌های اساسی اصلی تعیین‌کننده روش اکتساب فناوری تعیین شدند. شاخص‌های تعیین شده بر اساس گزارش توجیه‌پذیری، بیانیه چشم‌انداز و اهداف کلان عبارت‌اند از:

- ۱) جایگاه فناوری در چرخه عمر (نوین بودن فناوری مدنظر)
- ۲) میزان وجود زیرساخت‌های توسعه فناوری در کشور
- ۳) چگونگی توجیه‌پذیری اقتصادی تولید و به‌کارگیری فناوری نسبت به خرید آن
- ۴) ضرورت دستیابی فناوری توسط کشور
- ۵) نسبت هزینه تحقیق و توسعه و مدت زمان دستیابی به فناوری نسبت به هزینه و زمان انتقال فناوری

پس از تعیین شاخص‌های اصلی اثرگذار بر روش اکتساب فناوری، ترتیب قرارگیری این شاخص‌ها در الگوریتم روش اکتساب طبق نظر مشاور و تیم فنی طراحی شد. پس از طراحی الگوریتم حاصل در جلسه کمیته راهبری ارائه و توضیح داده شد و بازخورد اعضای کمیته راهبری در رابطه با الگوریتم دریافت و اصلاحات مدنظر آن‌ها اعمال گردید. الگوریتم حاصل در شکل (۳-۱۲) ارائه شده است. همان طور که در شکل (۳-۱۲) مشاهده می‌شود در الگوریتم روش اکتساب فناوری از چند شرط و ورودی و تصمیم‌گیری در هر مرحله استفاده شده است. با ورود هر فناوری، اولین شرطی که پس از تعیین ناحیه فناوری بررسی می‌شود جایگاه فناوری در چرخه عمر می‌باشد، با توجه به اینکه فناوری مد نظر در مرحله جنینی، رشد و بلوغ و یا زوال باشد مسیر تعیین روش اکتساب آن متفاوت خواهد بود. با توجه به مسیر تعیین شده پس از بررسی جایگاه در چرخه عمر، در گام بعدی برخی از چهار شرط اساسی زیر باید بررسی شوند:

- ۱) وضعیت زیرساخت‌های استفاده از فناوری در کشور چگونه است؟
 - ۲) آیا تولید و به‌کارگیری فناوری نسبت به خرید آن توجیه‌پذیری اقتصادی دارد؟
 - ۳) ضرورت دستیابی به فناوری در کشور چگونه است؟
 - ۴) نسبت هزینه تحقیق و توسعه و مدت زمان دستیابی به فناوری نسبت به هزینه و زمان انتقال فناوری چگونه است؟
- با توجه به این شروط و برخی شروط دیگر روش اکتساب مشخص می‌گردد. برای درک بهتر مطالب در ادامه تمامی حالات ممکن بررسی شده‌اند که عبارت‌اند از:

↔ اولین حالت، حالتی است که فناوری در مرحله رشد و بلوغ بوده، زیرساخت مورد نیاز در کشور موجود نبوده، تولید فناوری

نسبت به خرید آن توجیه‌پذیری اقتصادی داشته و هزینه تحقیق و توسعه آن کم باشد که در این حالت روش اکتساب تعیین شده با توجه به شرایط ذکر شده توسعه درون‌زا است.

↩ حالت دوم، حالتی است که فناوری در مرحله رشد و بلوغ بوده، زیرساخت مورد نیاز در کشور موجود نبوده، تولید فناوری نسبت به خرید آن توجیه‌پذیری اقتصادی داشته ولی هزینه تحقیق و توسعه آن نسبتاً زیاد باشد که روش اکتساب پیشنهادی برای این فناوری با توجه به هزینه بالای تحقیق و توسعه، انتقال فناوری است.

↩ در حالت سوم که فناوری در مرحله رشد و بلوغ بوده، زیرساخت مورد نیاز در کشور موجود نبوده و تولید فناوری در داخل کشور توجیه‌پذیری اقتصادی نداشته باشد که در این حالت روش اکتساب پیشنهادی خرید خارجی فناوری است.

↩ حالت چهارم زمانی اتفاق می‌افتد که فناوری در مرحله رشد و بلوغ بوده، زیرساخت مورد نیاز در کشور موجود بوده و هزینه تحقیق و توسعه آن کم باشد، در این حالت نیز روش اکتساب تعیین شده توسعه درون‌زا است.

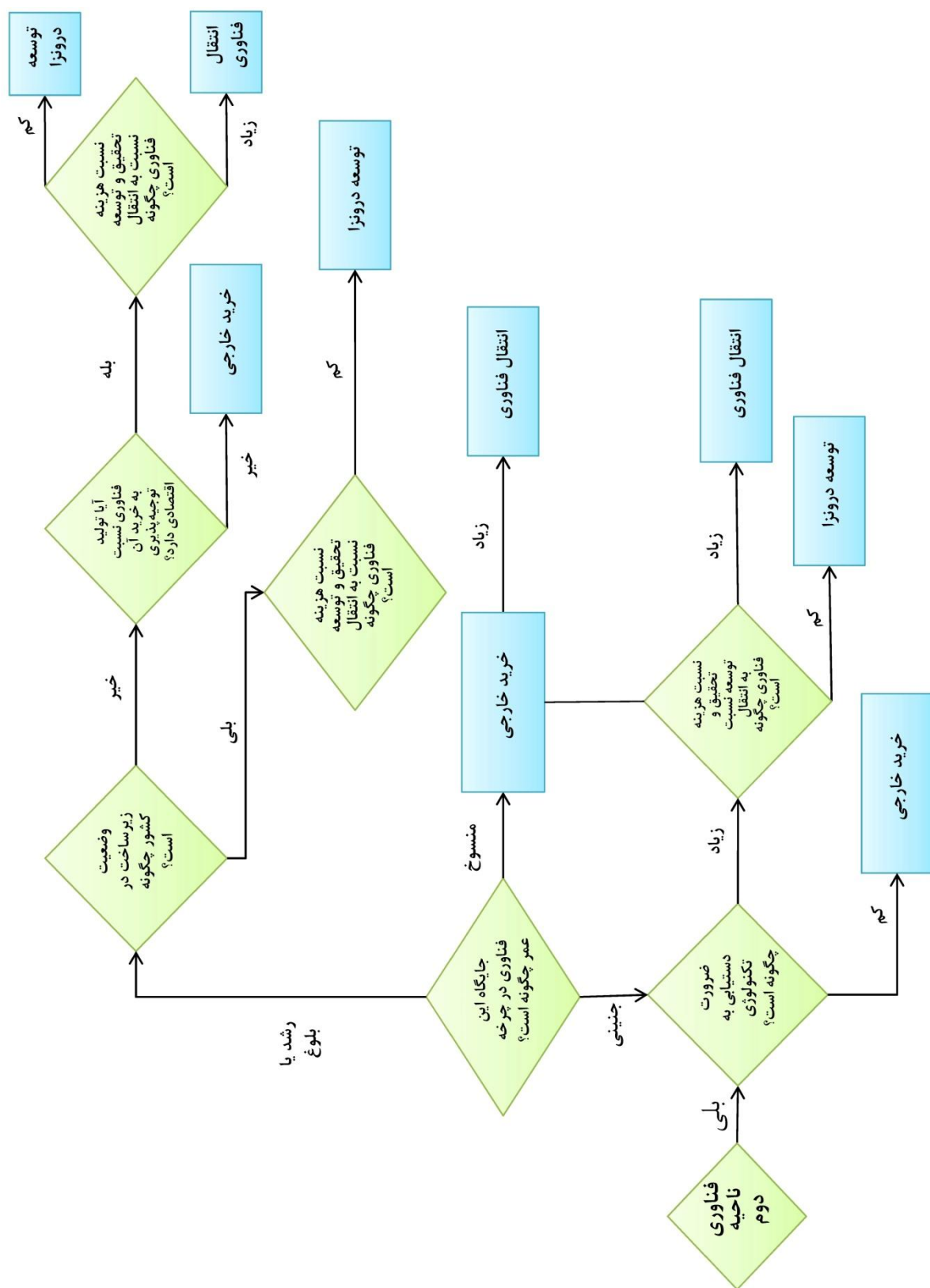
↩ حالت پنجم درست مشابه حالت چهارم است با این تفاوت که هزینه تحقیق و توسعه فناوری بالا است و به همین دلیل فناوری باید از طریق انتقال فناوری حاصل شود.

↩ اگر فناوری مد نظر در جهان منسوخ شده باشد بدون بررسی سایر شرایط نتیجه می‌شود که روش اکتساب این فناوری خرید خارجی است.

↩ اگر فناوری در مرحله جنینی بوده، دستیابی به تکنولوژی برای کشور ضروری بوده و هزینه تحقیق و توسعه آن کم باشد فناوری به توسعه درون‌زای فن‌آوری پرداخته و در صورتی که هزینه تحقیق و توسعه نسبت به انتقال فناوری زیاد باشد روش اکتساب پیشنهادی انتقال فن‌آوری به فن‌آوری خواهد بود.

↩ در صورتی که فناوری در مرحله جنینی بوده اما ضرورتی در دستیابی به فناوری وجود نداشته باشد خرید خارجی به عنوان روش اکتساب این فناوری پیشنهاد می‌گردد.

تمامی این حالات را می‌توان در فلوچارتی به صورت شکل (۳-۱۲) به نمایش گذاشت.



شکل (۳-۱): الگوریتم تعیین روش اکتساب فناوری‌های ابررسانا

با توجه به نظرات خبرگان (پاسخ‌های خبرگان به این سؤالات در پرسشنامه جذابیت-توانمندی)، خروجی الگوریتم (روش اکتساب پیشنهادی) برای فناوری‌های ابررسانا ناحیه ۲ تعیین شده و در نهایت روش اکتساب فناوری‌های مختلف ابررسانا در صنعت برق به تأیید کمیته راهبری پروژه رسید که نتایج آن به شرح جدول (۳-۱۰) و جدول (۳-۱۱) می‌باشد.

جدول (۳-۱۰): روش پیشنهادی اکتساب فناوری‌ها

روش اکتساب پیشنهادی	فناوری	ناحیه
توسعه درون‌زا	فناوری تولید YBCO	ناحیه ۱
توسعه درون‌زا	فناوری تولید BSCCO	
خرید خارجی	فناوری تولید Niobiumtin	ناحیه ۲
خرید خارجی	فناوری تولید MgB ₂	
خرید خارجی	فناوری تولید Niobiumtitanium	

جدول (۳-۱۱): روش پیشنهادی اکتساب فناوری‌ها

روش اکتساب پیشنهادی	فناوری	ناحیه
توسعه درون‌زا	فناوری به‌کارگیری BSCCO در کابل تک فاز	ناحیه ۲
توسعه درون‌زا	فناوری به‌کارگیری YBCO در کابل تک فاز	
توسعه درون‌زا	فناوری به‌کارگیری BSCCO در محدودساز	
توسعه درون‌زا	فناوری به‌کارگیری BSCCO در کابل سه فاز	
توسعه درون‌زا	فناوری به‌کارگیری YBCO در کابل سه فاز	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در کابل سه فاز	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در کابل سه فاز	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در کابل سه فاز	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در ذخیره‌ساز	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در ذخیره‌ساز	
توسعه درون‌زا	فناوری به‌کارگیری BSCCO در ذخیره‌ساز	
توسعه درون‌زا	فناوری به‌کارگیری YBCO در ذخیره‌ساز	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در کابل تک فاز	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در کابل تک فاز	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در محدودساز	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در محدودساز	
توسعه درون‌زا	فناوری به‌کارگیری YBCO در محدودساز	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در ذخیره‌ساز	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در کابل تک فاز	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در محدودساز	
توسعه درون‌زا	فناوری به‌کارگیری BSCCO در ترانسفورماتور	

روش اکتساب پیشنهادی	فناوری	ناحیه
توسعه درون‌زا	فناوری به‌کارگیری YBCO در ترانسفورماتور	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در ترانسفورماتور	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در ترانسفورماتور	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در ترانسفورماتور	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در خازن همزمان	ت ج س
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در خازن همزمان	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری YBCO در خازن همزمان	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در خازن همزمان	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtitanium در فلاپویل	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری Niobiumtin در فلاپویل	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری BSCCO در خازن همزمان	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری BSCCO در فلاپویل	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری MgB ₂ در فلاپویل	
خرید خارجی	فناوری به‌کارگیری YBCO در فلاپویل	

۳-۶- راهبردهای تعیین شده برای توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

در راستای نیل به اهداف توسعه فناوری‌های ابررسانا باید راهبردهای توسعه این فناوری شناخته شود. در نهایت پس از بررسی روش اکتساب فناوری‌های ابررسانا و ۲ راهبرد متناسب با روش اکتساب مشخص شده شناسایی شد. این راهبردها عبارت‌اند از:

(۱) دستیابی به دانش فنی فناوری‌های تولید YBCO و BSCCO.

(۲) دستیابی به دانش فنی فناوری‌های به‌کارگیری BSCCO و YBCO در کابل تک فاز و سه فاز، محدودساز، ذخیره‌ساز و ترانسفورماتور و فناوری در کابل تک فاز و سه فاز، محدودساز، ذخیره‌ساز و ترانسفورماتور.

۴- نتیجه‌گیری

در فاز سوم از پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)، ارکان جهت‌ساز تدوین گردید. این ارکان شامل چشم‌انداز، اهداف و در نهایت راهبردها بوده است. متدولوژی تدوین هر یک از این بخش‌ها در گزارش ارائه گردیده است. در مجموع این گزارش با روش تحلیلی و با تأکید بر نظرات خبرگان این حوزه تدوین گردیده است.



۵- مراجع

۱. روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فن‌آوری‌های صنعت برق، راهنمای شماره ۱. پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲. ویرایش دوم.
2. <http://www.dolat.ir/PDF/20years.pdf> .
3. <http://www.moe.gov.ir> .
4. legal.iuims.ac.ir/uploads/ghanune-barname_panjom.pdf .
5. <http://rc.majlis.ir/fa/law/show/99709> .
6. <http://maslahat.ir/DocLib2/Approved%20Policies/Offered%20General%20Policies/NO%2025-20-10-1391-APPROVED%20GENERAL%20POLICY%20OF%20INDUSTRY.aspx> .
7. http://www.isacmsrt.ir/files/site1/pages/naghshe_jame_elmi.pdf .
8. www.corrosion.com.au .
9. www.corrosion.org .
10. Kaplan, R.S., Norton, D.P., The balanced scorecard: translating strategy into action, 1996, Harvard Business Press .
11. Pearce, J.A, Robinson, R.B, Strategic management: formulation, implementation, and control, 1997, Irwin/McGraw-Hill .
۱۲. مهدی فتح‌اله، علیرضا علی احمدی، و ایرج تاج‌الدین. نگرشی جامع بر مدیریت استراتژیک. تهران: تولید دانش، ۱۳۸۲.
۱۳. سید محمد اعرابی. دستنامه برنامه‌ریزی استراتژیک. تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی، ۱۳۸۵.
14. <http://www.irna.ir/fa/News/81449874>
۱۵. فاز اول طرح تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا ایران (تولید، انتقال و توزیع)، تعیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند، مهرماه ۹۳
۱۶. فاز دوم طرح تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)، هوشمندی فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران، آذرماه ۹۳
17. Ropohl, G. 'Knowledge Types in Technology', in Vries, M.J. de and Tamir, A. (Eds.), Shaping Concepts of Technology: From Philosophical Perspectives to Mental Images. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1997, 65-72

۶- پیوست

۶-۱- پیوست شماره یک

پرسشنامه چشم‌انداز فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)

صاحب‌نظر ارجمند

احتراماً، به اطلاع می‌رساند در راستای تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)، چشم‌انداز این سند در حال تدوین است. بر این اساس از جنابعالی خواهشمند است ضمن مطالعه خلاصه گزارش تدوین چشم‌انداز، نظر خود را در مورد بیانیه چشم‌انداز در فرم پیوست منعکس نمایید.

۱) آیا عبارت "ساخت و بهره‌برداری" در چشم‌انداز سند مورد تأیید است؟

بله

خیر

در صورتی که عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

۲) آیا عبارت "تجهیزات کارا و مناسب بر پایه فناوری ابررسانا" در چشم‌انداز قید شده، از نظر شما مورد تأیید است؟

بله

خیر

در صورتی که عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

۳) آیا عبارت "حفظ محیط زیست" که به عنوان اولین زمینه (تم) چشم‌انداز در بیانیه قید شده است از نظر شما مورد تأیید است؟

بله

خیر

در صورتی که عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

۴) آیا عبارت "فناوری پیشرفته" که به عنوان دومین زمینه (تم) چشم‌انداز در بیانیه قید شده است از نظر شما مورد تأیید است؟

بله

خیر

در صورتی که عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

۵) آیا عبارت "افزایش کیفیت توان" که به عنوان سومین زمینه (تم) چشم‌انداز در بیانیه قید شده است از نظر شما مورد تأیید

است؟

بله

خیر

در صورتی که عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

۶) آیا عبارت "افزایش پایداری شبکه" که به عنوان چهارمین زمینه (تم) چشم‌انداز در بیانیه قید شده است از نظر شما مورد

تأیید است؟

بله

خیر

در صورتی که عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

۷) آیا عبارت "کاهش تلفات" که به عنوان پنجمین زمینه (تم) چشم‌انداز در بیانیه قید شده است از نظر شما مورد تأیید است؟

بله

خیر

در صورتی که عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

۸) آیا عبارت "کاهش هزینه‌های صنعت برق کشور" که به عنوان ششمین زمینه (تم) چشم‌انداز در بیانیه قید شده است از نظر شما مورد تأیید است؟

بله

خیر

در صورتی که عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

۹) در این قسمت، اگر از نظر شما بیانیه چشم‌انداز آینده مطلوب برای فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق را به طور کامل منعکس نمی‌کند، آینده مطلوب مورد نظر خود را یادداشت فرمایید.

۱۰) لطفاً بیانیه چشم‌انداز را مطالعه کرده و جدول ذیل را در مورد آن پر نمایید.

ویژگی	بسیار مطلوب	مطلوب	متوسط	ضعیف	بسیار ضعیف	نظر ویژه
قابل دستیابی در زمان مورد نظر (۱۰ سال)						
تا حد ممکن کمیت‌پذیر می‌باشد.						
جامع، تحول‌گرا، آینده‌نگر و پویا می‌باشد.						
بلندپروازانه و منحصر به فرد می‌باشد.						
برانگیزاننده می‌باشد.						
حال و آینده را به هم پیوند می‌دهد یعنی در عین آنکه واقع‌گرایانه می‌باشد، با آرمان‌ها نیز مطابقت دارد.						
توجه‌برانگیز برای جلب توجه ذینفعان (و فعالین این حوزه) بوده و موجب ایجاد اطمینان میان ایشان می‌گردد						
حس مالکیت و تعلق را در فعالین این حوزه ایجاد می‌کند						
ایجاد تداوم در برنامه‌ریزی و اجرا می‌کند.						
فرصت‌های موجود را نشان داده، راه بهره‌جویی از فرصت‌ها را می‌نماید.						
کوتاه و به خاطر ماندنی می‌باشد.						

۶-۲- پیوست شماره دو

پرسشنامه اهداف فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)

صاحب‌نظر ارجمند

احتراماً، به اطلاع می‌رساند در راستای تدوین سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)، اهداف مربوط به این سند در حال تدوین است. بر این اساس از جنابعالی خواهشمند است ضمن مطالعه اهداف که در ذیل آمده است، نظر خود را در مورد آن‌ها در فرم پیوست منعکس نمایید.

نام و نام خانوادگی: پست سازمانی:

تحصیلات/ تخصص: شماره تماس:

آدرس پست الکترونیک:

آیا مایل هستید اطلاعات شخصی جنابعالی در بانک اطلاعاتی متخصصین ذخیره گردد؟ بلی خیر

تجربیات قبلی (در صورت امکان) به صورت خلاصه ضمیمه گردد.

اهداف قابل تصور به قرار زیر می‌باشد:

۱. دستیابی به سیستم تولید پیوسته سیم و نوار ابررسانا در حجم انبوه (مقیاس صنعتی)
۲. طراحی، ساخت و راه‌اندازی ۱ ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی
۳. تولید ۱۰۰ متر کابل ابررسانا در کشور و استفاده از آن در شبکه انتقال و توزیع برق
۴. طراحی، ساخت و راه‌اندازی یک سیستم محدودساز ابررسانا در کشور
۵. طراحی یک سیستم ذخیره‌ساز انرژی مبتنی بر فناوری ابررسانا در کشور
۶. تحقیق و پژوهش در زمینه دستیابی به نسل بعدی (سوم) سیم‌های ابررسانا
۷. ارتقای جایگاه علمی دانشگاه‌های کشور در حوزه به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا



۱) لطفاً با توجه به اهداف، جدول ذیل را در مورد آن تکمیل نمایید.

ویژگی	بسیار مطلوب	مطلوب	متوسط	ضعیف	بسیار ضعیف	نظر ویژه
مشخص بودن						
قابل اندازه‌گیری بودن						
قابل دستیابی بودن						
واقع‌گرایانه بودن						
محدود به زمان بودن						

۲) در این قسمت، اگر از نظر شما اهداف مشخص شده، اهداف توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران را به طور کامل منعکس نمی‌کند، اهداف مورد نظر خود را یادداشت بفرمایید.

۳) در این قسمت، اگر از نظر شما اهداف مشخص شده، با اسناد بالادستی هم‌راستا نمی‌باشد، اهداف مورد نظر خود را یادداشت بفرمایید.

۴) در این قسمت، اگر از نظر شما اهداف مشخص شده، با چشم‌انداز توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران، هم‌راستا نمی‌باشد، اهداف مورد نظر خود را یادداشت بفرمایید.

۶-۳- پیوست شماره سه

پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌های تولید مواد ابررسانا

فرهیخته گرامی

به استحضار می‌رساند در راستای سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه فناوری در حوزه ابررسانا، سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران با مشارکت کلیه فعالان و صاحب‌نظران در حال تدوین است. بر این اساس و به منظور ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌های ابررسانا پرسشنامه‌ای تهیه شده است که مستدعی است در تکمیل این پرسشنامه دقت لازم را مبذول فرمایید. لطفاً در صورت نیاز به راهنمایی با مدیر پروژه تماس حاصل فرمایید.

پژوهشگاه نیرو

مرکز شیمی و مواد

گروه پژوهشی غیرفلزی

تهران، شهرک غرب، انتهای بلوار دامن، پژوهشگاه نیرو، مرکز شیمی و مواد، گروه پژوهشی غیرفلزی

مدیر پروژه: حسین کوهانی

تلفن: ۴۹۷۹-۸۸۰۷۹۴۴۷

پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌های تولید مواد ابررسانا

نام و نام خانوادگی:

پست سازمانی:

تحصیلات/ تخصص:

شماره تماس:

آدرس پست الکترونیک:

آیا مایل هستید اطلاعات شخصی جنابعالی در بانک اطلاعاتی متخصصین ذخیره گردد؟ بلی خیر

تجربیات قبلی (در صورت امکان) به صورت خلاصه ضمیمه گردد

ملاحظات:

این پرسشنامه حاوی ۱۹ سؤال است که ۷ سؤال اول مربوط به ارزیابی توانمندی و ۱۲ سؤال بعدی مربوط به ارزیابی جذابیت فناوری ابررسانا است. برای پاسخ به سؤالات ۲ و ۱۱ خواهشمند است عدد گزینه مورد نظر خود (از ۱ تا ۴) را انتخاب کنید و در داخل خانه مربوط به هر یک از فناوری‌ها وارد کنید. برای پاسخ به بقیه سؤالات، عدد مربوط به پاسخ هر سؤال را (از عدد ۱ تا ۱۰) در داخل خانه مربوط به هر یک از فناوری‌ها وارد نمایید. لطفاً میزان آشنایی خود را با هر یک از فناوری‌های ابررسانا در جدول زیر با عدد ۱ تا ۵ وارد نمایید.

MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO	نام فناوری
					میزان آشنایی

سؤال					ردیف
سؤالات مربوط به ارزیابی توانمندی					
وضعیت دسترسی به دانش فنی مربوط به این فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟					(۱)
دانش فنی موجود در سطح ایده آل است					۱۰
دانش فنی موجود بسیار ناچیز است					۱
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO	
آیا مواد اصلی مورد نیاز برای توسعه این فناوری در کشور موجود است؟					(۲)
بلی					
در صورت منفی بودن پاسخ، کدام یک از حالات زیر وجود دارد؟					
تهیه مواد اصلی از خارج از کشور به سهولت امکان‌پذیر است.					
تهیه مواد اصلی از خارج از کشور ممکن اما با محدودیت مواجه است.					
به علت تحریم، امکان تهیه مواد اولیه از خارج از کشور امکان‌پذیر نیست.					
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO	
وضعیت دسترسی به منابع انسانی متخصص برای توسعه این فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟					(۳)
تعداد منابع انسانی متخصص این فناوری در سطح ایده آل است					۱۰
تعداد منابع انسانی متخصص این فناوری بسیار کم است					۱
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO	
وضعیت آمادگی و هماهنگی دستگاه‌ها و سازمان‌های مرتبط را برای توسعه این فناوری چگونه ارزیابی می‌کنید؟					(۴)
دستگاه‌ها و سازمان‌های مرتبط آمادگی و هماهنگی بسیار بالایی برای توسعه این فناوری دارند					۱۰
دستگاه‌ها و سازمان‌های مرتبط آمادگی و هماهنگی بسیار پایینی برای توسعه این فناوری دارند					۱
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO	
وضعیت دسترسی به زیرساخت سخت‌افزاری مورد نیاز برای توسعه این فناوری (مانند آزمایشگاه‌ها، ابزار، ماشین‌آلات و...) را چگونه ارزیابی می‌کنید؟					(۵)

<p>زیرساخت سخت‌افزاری مورد نیاز به طور کامل وجود دارد</p> <p style="text-align: center;">۱۰ _____ ۵ _____ ۱</p> <p>زیرساخت سخت‌افزاری مورد نیاز وجود ندارد</p>				
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO
<p>(۶) وضعیت منابع مالی قابل تخصیص برای توسعه این فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p> <p>منابع مالی قابل تخصیص برای توسعه این فناوری کاملاً مناسب است</p> <p style="text-align: center;">۱۰ _____ ۵ _____ ۱</p> <p>منابع مالی قابل تخصیص برای توسعه این فناوری بسیار کم است</p>				
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO
<p>سوالات مربوط به ارزیابی جذابیت</p>				
<p>(۸) تنوع کاربرد (میزان اشتراک این فناوری در تجهیزات مختلف صنعت برق) را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p> <p>بسیار زیاد</p> <p style="text-align: center;">۱۰ _____ ۵ _____ ۱</p> <p>بسیار کم</p>				
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO
<p>(۹) چه میزان از قطعات مورد نیاز برای توسعه این فناوری در داخل کشور تولید می‌شود؟</p> <p>بخش عمده قطعات مورد نیاز در داخل کشور تولید می‌شود</p> <p style="text-align: center;">۱۰ _____ ۵ _____ ۱</p> <p>بخش اندکی از قطعات مورد نیاز در داخل کشور تولید می‌شود</p>				
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO
<p>(۱۰) هزینه دستیابی به دانش فنی و بومی‌سازی این فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p> <p>بسیار کم</p> <p style="text-align: center;">۱۰ _____ ۵ _____ ۱</p> <p>بسیار زیاد</p>				
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO
<p>(۱۱) این فناوری در کجای چرخه عمر خود قرار دارد؟</p> <p>جینی (فناوری در مرحله تحقیقات اولیه است و پیشرفت آن در حدی نیست که حتی بتوان از آن در پایلوت‌های صنعتی استفاده کرد)</p> <p>رشد (فناوری به طور کامل تجاری‌سازی نشده است اما استفاده از آن به سرعت در حال رشد است)</p> <p>بلوغ (فناوری به مرحله تجاری‌سازی کامل رسیده است و در تعداد زیادی از واحدهای صنعتی به کار گرفته می‌شود)</p> <p>زوال (نوآوری‌ها به شدت کاهش می‌یابند و فناوری‌های جدید جایگزین فناوری موجود می‌شوند)</p>				

MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO
<p>(۱۲) میزان تقاضا برای این فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p> <p style="text-align: center;">بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم</p>				
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO
<p>(۱۳) میزان فوریت دستیابی کشور ما به این فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p> <p style="text-align: center;">بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم</p>				
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO
<p>(۱۴) نقش این فناوری را در توسعه سایر فناوری‌ها چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p> <p style="text-align: center;">بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم</p>				
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO
<p>(۱۵) میزان کاربرد این فناوری را در تجهیزات با اولویت صنعت برق چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p> <p style="text-align: center;">بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم</p>				
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO
<p>(۱۶) نرخ رشد این فناوری را در آینده کشور چگونه پیش‌بینی می‌کنید؟</p> <p style="text-align: center;">بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم</p>				
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO
<p>(۱۷) کاهش هزینه‌ها در صورت دستیابی به این فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟</p> <p style="text-align: center;">بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم</p>				
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO
<p>(۱۸) میزان مشارکت این نوع فناوری را در افزایش آمادگی صنعت برق ایران برای پذیرش فناوری‌های نوین ابررسانا</p>				

چگونه ارزیابی می‌کنید؟				
بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم				
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO
(۱۹) میزان کاربرد این فناوری را در خارج از صنعت برق چگونه ارزیابی می‌کنید؟				
بسیار زیاد ۱۰ ۵ ۱ بسیار کم				
MgB ₂	Niobiumtitanium	Niobiumtin	BSCCO	YBCO

۴-۶- پیوست شماره چهار

پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) فرهیخته گرامی

به استحضار می‌رساند در راستای سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه فناوری در حوزه ابررسانا، سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران با مشارکت کلیه فعالان و صاحب‌نظران در حال تدوین است. بر این اساس و به منظور ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌های ابررسانا پرسشنامه‌ای تهیه شده است که مستعدی است در تکمیل این پرسشنامه دقت لازم را مبذول فرمایید. لطفاً در صورت نیاز به راهنمایی با مدیر پروژه تماس حاصل فرمایید.

پژوهشگاه نیرو

مرکز شیمی و مواد - گروه پژوهشی غیرفلزی

تهران، شهرک غرب، انتهای بلوار دادمان، پژوهشگاه نیرو، مرکز شیمی و مواد، گروه پژوهشی غیرفلزی

مدیر پروژه: حسین کوهانی

تلفن: ۴۹۷۹-۸۸۰۷۹۴۴۷ و ۰۹۱۲۳۰۹۲۰۳۷

پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق ایران

نام و نام خانوادگی: پست سازمانی: تحصیلات/ تخصص:

شماره تماس: آدرس پست الکترونیک

آیا مایل هستید اطلاعات شخصی جنابعالی در بانک اطلاعاتی متخصصین ذخیره گردد؟

تجربیات قبلی (در صورت امکان) به صورت خلاصه ضمیمه گردد

نحوه پاسخگویی به سؤالات:

این پرسشنامه شامل ۸ سؤال است که ۵ سؤال آن مربوط به ارزیابی جذابیت و ۳ سؤال مربوط به ارزیابی توانمندی فناوری‌های ابررسانای شناسایی شده در هر یک از تجهیزات می‌باشد. هر سؤال به همراه ماتریس پاسخ مربوط به آن در یک صفحه جداگانه قرار داده شده است. پاسخ به هر سؤال می‌تواند توسط عددی بین ۱ (به منزله جذابیت یا توانمندی بسیار کم فناوری در هر تجهیز) تا ۱۰ (به منزله جذابیت یا توانمندی بسیار زیاد فناوری در هر تجهیز) بیان شود. همچنین، خواهشمند است در مورد برخی سلول‌ها، در صورت عدم استفاده از فناوری مربوط به آن سلول در تجهیز مربوطه، عدد ۰ (صفر) در سلول قرار داده شود. نحوه پاسخگویی به سؤالات به این نحو است که در ستون‌های ماتریس پاسخ هر سؤال (ارائه شده در صفحه مربوط به همان سؤال)، تجهیزات مورد نظر و در سطرهای این ماتریس، فناوری ابررسانای تجهیزات آورده شده است. لذا، هر سلول ماتریس پاسخ، نشان‌دهنده استفاده از فناوری قرارگرفته در سطر آن سلول برای تجهیز قرارگرفته در ستون آن سلول است. از این رو، خواهشمند است برای پاسخ به سؤالات، عدد مورد نظر برای هر کدام از سؤالات را در سلول‌های ماتریس پاسخ مربوط به آن سؤال وارد کنید. همچنین، مستدعی است برای هر سؤال، در قسمت مشخص شده تحت عنوان «درجه اهمیت سؤال»، میزان کارایی هر سؤال برای اولویت‌بندی فناوری‌ها را با عددی بین ۱ (به منزله کارایی بسیار کم سؤال) و ۱۰ (به منزله کارایی بسیار زیاد سؤال) وارد نمایید.

با تشکر

۱. میزان تقاضای برای استفاده از این نوع فناوری برای هر کدام از تجهیزات را در کشور چگونه می‌بینید؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

بسیار زیاد ۱ ۵ بسیار کم

توزیع برق			انتقال برق			تجهیز	
ذخیره‌ساز	محدودساز	فلاپویل	کابل تک فاز	کابل سه فاز	ترانسفورماتور	خازن همزمان	فناوری
							دما بالا
							YBCO
							BSCCO
							Niobiumtin
							Niobiumtitanium
							MgB2
							دما پایین

(سوالات ارزیابی جذابیت فناوری‌های ابررسانا)

۲. هزینه دستیابی به دانش فنی و یا بومی‌سازی این نوع فناوری برای هر کدام از تجهیزات را در کشور چگونه ارزیابی می‌کنید؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

بسیار زیاد ۱ ۵ بسیار کم

توزیع برق			انتقال برق			تجهیز	
ذخیره‌ساز	محدودساز	فلاپویل	کابل تک فاز	کابل سه فاز	ترانسفورماتور	خازن همزمان	فناوری
							BSCCO
							Niobiumtin
							Niobiumtitanium
							MgB ₂

(سوالات ارزیابی جذابیت فناوری‌های ابررسانا)

۳. میزان مشارکت این نوع فناوری در هر کدام از تجهیزات را در افزایش آمادگی صنعت برق ایران برای پذیرش فناوری‌های

نوین ابررسانا چگونه ارزیابی می‌کنید؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

بسیار زیاد
۱۱
۱۵
 بسیار کم

تجهیز			انتقال برق				توزیع برق				
			کابل سه فاز	کابل تک فاز	فلایویل	محدودساز	ذخیره‌ساز	خازن همزمان	ترانسفورماتور	کابل سه فاز	
دما بالا	YBCO										
	BSCCO										
دما پایین	Niobiumtin										
	Niobiumtitanium										
	MgB ₂										

(سوالات ارزیابی جذابیت فناوری‌های ابررسانا)

۴. میزان تأثیر این نوع فناوری در هر کدام از تجهیزات را در افزایش راندمان نیروگاه‌ها و جلوگیری از اتلاف انرژی چگونه

ارزیابی می‌کنید؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

بسیار زیاد ۱ ۵ ۱ بسیار کم

تجهیز			انتقال برق				توزیع برق			
فناوری			دما بالا		دما پایین					
			YBCO	BSCCO						
خازن همزمان	ترانسفورماتور	کابل سه فاز	کابل تک فاز	فلاپویل	محدودساز	ذخیره‌ساز				

(سؤالات ارزیابی جذابیت فناوری‌های ابررسانا)

۵. نقش این نوع فناوری در هر کدام از تجهیزات را در توسعه سایر فناوری‌ها چگونه ارزیابی می‌کنید؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

بسیار زیاد ۱ ۵ بسیار کم

توزیع برق			انتقال برق				تجهیز	
ذخیره‌ساز	محدودساز	فلایویل	کابل تک فاز	کابل سه فاز	ترانسفورماتور	خازن همزمان	فناوری	
							YBCO	دما بالا
							BSCCO	
							Niobiumtin	دما پایین
							Niobiumtitanium	
							MgB ₂	

(سوالات ارزیابی جذابیت فناوری‌های ابررسانا)

۶. وضعیت دانش فنی برای توسعه این نوع فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

دانش فنی لازم در حد ایده‌آل وجود دارد $\frac{1}{5}$ دانش فنی موجود در مقایسه با سطح مورد

نیاز ناچیز و قابل چشم‌پوشی است

توزیع برق			انتقال برق			تجهیز	
ذخیره‌ساز	محدودساز	فلایویل	کابل تک فاز	کابل سه فاز	ترانسفورماتور	خازن همزمان	فناوری
							دما بالا
							YBCO
							BSCCO
							Niobiumtin
							Niobiumtitanium
							MgB ₂
							دما پایین

(سؤالات ارزیابی توانمندی فناوری‌های ابررسانا)

۷. وضعیت زیرساخت‌های موجود (نرم‌افزاری و سخت‌افزاری) برای توسعه این نوع فناوری را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

زیرساخت لازم در حد ایده‌آل وجود دارد $\frac{1}{5}$ زیرساخت موجود در مقایسه با سطح مورد

نیاز ناچیز و قابل چشم‌پوشی است

توزیع برق				انتقال برق			تجهیز	
ذخیره‌ساز	محدودساز	فلایویل	کابل تک فاز	کابل سه فاز	ترانسفورماتور	خازن همزمان	فناوری	
							YBCO	دما بالا
							BSCCO	
							Niobiumtin	دما پایین
							Niobiumtitanium	
							MgB ₂	

(سؤالات ارزیابی توانمندی فناوری‌های ابررسانا)

۸. میزان توانمندی مجریان (شرکت‌ها) برای توسعه این نوع فناوری در کشور چگونه می‌باشند؟

درجه اهمیت سؤال: ----- (با اعداد ۱ تا ۱۰ امتیازدهی شود)

مجریان داخلی دارای بالاترین دانش فنی به

۱ ۵

توسعه این نوع فناوری باید توسط مجریان

منظور توسعه فناوری ارزیابی وضعیت

خارج از کشور صورت گیرد

می‌باشند

توزیع برق			انتقال برق			تجهیز		
ذخیره‌ساز	محدودساز	فلایویل	کابل تک فاز	کابل سه فاز	ترانسفورماتور	خازن همزمان	فناوری	
							YBCO	دمای بالا
							BSCCO	
							Niobiumtin	دمای پایین
							Niobiumtitanium	
							MgB ₂	

(سؤالات ارزیابی توانمندی فناوری‌های ابررسانا)

فهرست مطالب

۱- فصل اول: چارچوب نظری تدوین اقدامات سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۱-۲- نظام نوآوری فناورانه.....	۱
۱-۲-۱- ویژگی‌های نظام نوآوری فناورانه.....	۲
۱-۳- شناخت مؤلفه‌های مختلف نظام نوآوری فناورانه.....	۲
۱-۳-۱- شناخت ساختاری نظام نوآوری فناوری.....	۲
۱-۳-۱-۱- بازیگران.....	۲
۱-۳-۱-۲- نهادها.....	۳
۱-۳-۱-۳- فناوری.....	۴
۱-۳-۱-۴- روابط و شبکه‌ها.....	۴
۱-۳-۲- شناخت کارکردی نظام نوآوری فناوری.....	۵
۱-۳-۲-۱- فعالیت‌های کارآفرینی.....	۶
۱-۳-۲-۲- توسعه دانش.....	۷
۱-۳-۲-۳- انتشار دانش.....	۸
۱-۳-۲-۴- مدیریت جستجو.....	۹
۱-۳-۲-۵- شکل‌گیری بازار.....	۱۱
۱-۳-۲-۶- مدیریت منابع.....	۱۲
۱-۳-۲-۷- مشروعیت‌بخشی.....	۱۳
۱-۴- فرآیند تدوین اقدامات توسعه فناوری.....	۱۶
۱-۴-۱- شناسایی وضعیت مطلوب.....	۱۷
۱-۴-۱-۱- شناسایی بازیگران نظام توسعه فناوری.....	۱۷
۱-۴-۱-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری.....	۱۷
۱-۴-۲- شناسایی وضعیت مطلوب و تعیین کارکردهای کلیدی و فعال در توسعه فناوری.....	۱۹
۱-۴-۳- شناسایی چالش‌ها و موانع موجود در توسعه فناوری.....	۲۱
۱-۴-۴- پایش و جمع‌بندی نظرات خبرگان.....	۲۶
۱-۴-۵- تدوین اقدامات.....	۲۶
۲- فصل دوم: تدوین اقدامات توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق.....	۲۷

۲۷	۱-۲- مقدمه
۲۸	۲-۲- شناسایی وضعیت موجود توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق
۲۸	۱-۲-۲- بازیگران نظام توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق
۳۲	۲-۲-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های ابررسانا
۳۳	۳-۲- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق
۳۳	۴-۲- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ابررسانا
۳۳	۱-۴-۲- سرکار خانم دکتر ریاحی
۳۷	۲-۴-۲- جناب آقایان دکتر فردمنش و دکتر حکمتی
۳۹	۳-۴-۲- جناب آقایان دکتر دادمهر
۴۲	۴-۴-۲- جناب آقای مهندس ژام
۴۵	۵-۴-۲- جناب آقای مهندس فلاح
۴۷	۶-۴-۲- جناب آقای دکتر رجبی
۴۹	۷-۴-۲- جناب آقایان دکتر فرید و دکتر زرگر شوشتری
۵۱	۵-۲- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ابررسانا
۵۱	۱-۵-۲- چالش‌های مربوط به کارکرد توسعه دانش
۵۲	۲-۵-۲- چالش‌های مربوط به کارکرد انتشار دانش
۵۲	۳-۵-۲- چالش‌های مربوط به کارکرد تأمین منابع
۵۳	۴-۵-۲- چالش‌های مربوط به کارکرد جهت‌دهی به سیستم
۵۶	۶-۲- سیاست‌های حوزه توسعه فناوری‌های ابررسانا
۵۹	۷-۲- اقدامات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های ابررسانا
۵۹	۱-۷-۲- اقدامات غیرفنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های ابررسانا
۵۹	۱-۱-۷-۲- اقدامات مربوط به توسعه دانش
۶۰	۲-۱-۷-۲- اقدامات مربوط به انتشار دانش
۶۰	۳-۱-۷-۲- اقدامات مربوط به تأمین منابع (مالی، انسانی و مواد)
۶۰	۴-۱-۷-۲- اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم
۶۱	۲-۷-۲- اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق
۶۲	جمع‌بندی
۶۳	مراجع

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱): حالت‌های ممکن خلق دانش در حین یادگیری در حین تعامل..... ۸
- شکل (۲-۱): نمایش مسیر توسعه بازار فناوری..... ۱۲
- شکل (۳-۱): فرایند تدوین اقدامات توسعه فناوری نوظهور..... ۱۶
- شکل (۴-۱): نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه..... ۱۹
- شکل (۵-۱): مراحل توسعه‌ی نظام نوآورانه فناورانه و موتورهای فعال در هر مرحله..... ۲۰
- شکل (۶-۱): موتورها و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای، F1: فعالیت‌های کارآفرینی، F2: توسعه دانش، F3: انتشار دانش، F4: جهت‌دهی به سیستم، F5: شکل‌دهی به بازار، F6: تأمین منابع، F7: مشروعیت‌بخشی..... ۲۱
- شکل (۱-۲): فرایند تدوین اقدامات توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق..... ۲۷
- شکل (۲-۲): نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه..... ۳۲

فهرست جداول

- جدول (۱-۱): ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه..... ۵
- جدول (۲-۱): کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آن‌ها..... ۱۴
- جدول (۳-۱): سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک علم و فناوری در مرحله اول..... ۲۲
- جدول (۴-۱): سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک کارآفرینی در مرحله توسعه..... ۲۳
- جدول (۵-۱): سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور ساختاردهی به سیستم در مرحله سوم..... ۲۴
- جدول (۶-۱): سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور شکل‌دهی به بازار در مرحله چهارم..... ۲۵
- جدول (۱-۲): بازیگران و ذینفعان فعال در حوزه فناوری‌های ابررسانا..... ۳۰
- جدول (۲-۲): چالش‌های توسعه فناوری‌های ابررسانا به تفکیک ابعاد ساختاری کارکردهای نظام توسعه فناوری (TIS)..... ۵۴
- جدول (۳-۲): سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های شناسایی شده در توسعه فناوری‌های ابررسانا..... ۵۶

۱- فصل اول: چارچوب نظری تدوین اقدامات سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

۱-۱- مقدمه

مبنای تدوین این اقدامات در این سند، نظام نوآوری فناورانه (TIS) است. بنا بر تعریف کارلسون و استانکیویکز [۲] 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 (با مخرب) آن است. از این منظر، می‌توان به این رویکرد به عنوان یک گونه 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 کسب‌وکار به عنوان 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 به منظور ایجاد فرصت‌های جدید کسب‌وکار، لازم است. این جنبه رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر اهمیت اشخاص به عنوان منابع نوآوری تأکید می‌کند. این موضوع توسط رویکردهای کلی‌نگر^۳ نظام نوآوری مغفول واقع گردیده است. تمرکز بر فعالیت‌های کارآفرینانه، مکمل تأکید بر جریان‌های دانش است. مشخصه دوم متمایزکننده 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.

۱-۲- نظام نوآوری فناورانه

نظام‌های نوآوری با تمرکز خاص بر فناوری، نمونه‌ای از رویکردهای سیستمی هستند که در ادبیات از آن‌ها تحت عنوان نظام نوآوری فناورانه یاد می‌گردد. نقطه شروع تحلیل در نظام‌های نوآوری فناورانه مرزهای جغرافیایی و یا یک صنعت خاص نبوده، بلکه این رویکرد تمرکز بر فناوری را هدف مطالعه قرار می‌دهد.

1- Agents

2- Micro oriented

3- Macro oriented

هدف تحلیل‌های نظام نوآوری فناورانه ارزیابی روند توسعه یک نوآوری فناورانه از نگاه ساختار و فرآیندهایی است که به پشتیبانی و یا ممانعت از آن می‌پردازد. در تعریف نظام نوآوری فناورانه، فناوری هم به معنای مواد، سخت‌افزارها، و نرم‌افزارهایی است که به شکل مستقیم در فرایند توسعه بکار می‌روند، و هم به شکل دانشی است که چه به شکل عمومی و یا نهفته در محصول وجود دارد.

۱-۲-۱- ویژگی‌های نظام نوآوری فناورانه

نظام نوآوری فناورانه علی‌رغم دارا بودن ویژگی‌های مشترک سایر رویکردهای نظام نوآوری، دارای دویژگی متمایزکننده از سایر رویکردهای نظام نوآوری می‌باشند که عبارت‌اند از:

۱- تأکید بر نقش شایستگی اقتصادی.

۲- تأکید جدی بر پویایی سیستم.

نظام نوآوری فناورانه دارای چهار ویژگی اساسی بوده که این ویژگی‌ها با سایر رویکردهای نظام نوآوری مشترک می‌باشد، که به شرح زیر می‌باشند:

۱- سیستم (نه تک‌تک اجزا) به عنوان واحد تحلیل قرار می‌گیرد.

۲- سیستم دارای ماهیتی پویا دارد.

۳- فرصت‌های فناورانه عملاً نامحدود هستند. بنابراین لازم است تا تمرکز بیشتری در شناسایی، جذب و بهره‌برداری از فرصت‌های فناورانه صورت پذیرد.

۴- بازیگران این نظام خرد پذیر هستند، اما با محدودیت‌هایی از جنس توانایی‌ها و اطلاعات روبه‌رو هستند.

۱-۳-۱- شناخت مؤلفه‌های مختلف نظام نوآوری فناورانه

به منظور شناخت کافی از مؤلفه‌های مختلف نظام نوآوری فناورانه، لازم است تا مفهوم دو حوزه اساسی نظام‌های نوآوری فناورانه، شناخت ساختاری و شناخت کارکردی تبیین گردد.

۱-۳-۱- شناخت ساختاری نظام نوآوری فناورانه

ساختار نظام نوآوری فناورانه از اجزایی مختلفی تشکیل شده که عبارت‌اند از: بازیگران، نهادها، روابط و شبکه‌ها و فناوری.

۱-۳-۱-۱- بازیگران

منظور از بازیگران عبارت است از هر سازمانی است که در ظهور فناوری به طور مستقیم به عنوان توسعه‌دهنده و یادگیرنده‌ی فناوری یا به طور غیرمستقیم به عنوان تنظیم‌کننده، تأمین‌کننده مالی و دیگر نقش‌ها مهم هستند. در حقیقت، این بازیگران، یک نظام نوآوری تکنولوژیکی هستند که با انتخاب‌ها و تصمیمات خود، فناوری‌هایی را ایجاد، منتشر و بهره‌برداری

می‌کنند. تنوع بالقوه بازیگران در یک نظام نوآوری تکنولوژیکی بسیار زیاد است و گستره‌ای از بازیگران خصوصی، بازیگران عمومی، توسعه‌دهندگان فناوری تا گیرندگان آن را در بر می‌گیرد. در کل بازیگران را می‌توان به دو دسته پیشرو پیرو تقسیم کرد.

ا بازیگران پیشرو

بازیگران پیشرو آن‌هایی هستند که کاملاً در توسعه یک فناوری خاص وارد شده‌اند و به موفقیت آن فناوری وابسته می‌باشند. از این گروه از بازیگران می‌توان به عنوان بازیگران مستقیم یاد کرد که شامل توسعه‌دهندگان و یا گیرندگان فناوری می‌شوند. به طور معمول، پیشروان توسعه یک فناوری، متشکل از واحدهای صنعتی و توسعه‌دهندگان فناوری کوچک هستند که تنها در حوزه‌ی یک فناوری به ایفای نقش مشغول هستند. برای مثال، اندازه کوچک یک شرکت، جایگاه آن را به عنوان یک توسعه‌دهنده فناوری وابستگی آن به یک گزینه تکنولوژیکی، نشانگر نقش آن به عنوان یک پیشرو است.

بازیگران پیشرو در یک فناوری به ماندن در آن حوزه تمایل دارند، از یک رویکرد تجربی^۱ برای توسعه‌ی دانش استفاده می‌کنند و بیشتر بر مزایا به جای هزینه‌ها تأکید می‌کنند، از این رو این گروه برای به‌کارگیری در برنامه اطلاع‌رسانی بسیار مناسب بوده و انگیزه کافی را دارا می‌باشند و می‌توان با استفاده از آن‌ها بازیگران پیرو را به فعالیت وادار کرد.

ب بازیگران پیرو

این گروه از بازیگران کاملاً در توسعه یک فناوری درگیر نشده‌اند و می‌توانند بین گزینه‌های مختلف، دست به انتخاب بزنند. از بازیگران پیرو می‌توان به عنوان بازیگران غیرمستقیم در توسعه فناوری نوظهور یاد کرد. بازیگران پیرو را می‌توان متشکل از تنظیم‌گران، تأمین‌کنندگان مالی، کاربران و بنگاه‌های بزرگ با قابلیت حمایت از انواع مختلفی از گزینه‌های تکنولوژیکی دانست. نمونه این گروه سرمایه‌گذاران می‌باشند که می‌توانند در صنایع و تکنولوژی‌های مختلف سرمایه‌گذاری کنند و هدف آن‌ها کسب درآمد و سود هرچه بیشتر می‌باشد.

پیروان با گزینه‌های مختلفی برای اجرا و سرمایه‌گذاری روبرو می‌باشند، از این رو با تمایل به فعالیت در گزینه‌های مختلف را داشته و با در نظر گرفتن چند گزینه و مقایسه آن‌ها، از یک رویکرد عینی^۲ برای توسعه‌ی دانش استفاده می‌کنند و از چارچوب‌های ارزیابی مختلفی بهره می‌برند. این گروه از بازیگران در حقیقت گروه هدف (مخاطبان) برنامه اطلاع‌رسانی می‌باشند که باید با اجرای برنامه اطلاع‌رسانی تمایل این گروه را به فناوری مدنظر بیشتر کرد.

۱-۳-۱-۲- نهادهای

نهادهای به عنوان قواعد بازی در یک جامعه یا به طور رسمی تر «تنگناهای تدبیر شده‌ی انسانی که شکل‌دهنده‌ی تعاملات

1- Experience based

2- Objective

انسان‌ها می‌باشد» شناخته می‌شوند، به عبارت دیگر نهادها را می‌توان اصول، قوانین و مقررات نحوه برقراری و ایجاد ارتباط و تعامل بین بازیگران مختلف دانست. در واقع می‌توان از این نهادها در تعیین نحوه برقراری تعامل با ذینفعان و مخاطبان مختلف استفاده کرد.

نهادها را می‌توان به دو دسته نهادهای رسمی (دارای قوانین مدون شده) و غیررسمی (ضمنی‌تر بوده و می‌توانند هنجاری «بر مبنای هنجارهای اجتماعی» یا شناختی «چارچوب‌های ذهنی و پارادایم‌های اجتماعی» باشند) تقسیم کرد. مثال‌هایی از نهادهای رسمی عبارت‌اند 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 مسئله هستند. قواعد نهادی خصوصاً نهادهای رسمی بسیار کمی وجود دارد و حتی قواعد موجود با فناوری در حال ظهور سازگاری چندانی ندارند. به همین منظور در توسعه فناوری نوظهور قواعد شناختی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند و از این قواعد برای هدایت بازیگران (به ویژه بازیگران پیرو) و جلب حمایت برای توسعه فناوری استفاده می‌شود.

۱-۳-۱-۳- فنآوری

عوامل فناورانه متشکل از مصنوعات و زیرساخت‌های فناورانه به صورتی یکپارچه هستند. عملکرد فنی-اقتصادی از اهمیت زیادی (برای فهم فرآیند تغییر فناورانه) برخوردار می‌باشد. عملکردها فنی شامل ساختارهای هزینه، ایمنی، قابلیت اطمینان، اثرات افزایش مقیاس و موارد دیگر می‌شود.

۱-۳-۱-۴- روابط و شبکه‌ها

این بخش فراهم‌آورنده یک نگاه مفهومی به تمامی روابط می‌باشد. روابط ممکن بین مؤلفه‌های ساختاری دارای انواع گوناگونی باشند، که این روابط شامل روابط بین بازیگران مختلف، بازیگران - نهادها، بازیگران - فناوری‌ها و فناوری‌ها-نهادها می‌شود.

روابط بین بازیگران-نهادها و بین بازیگران-فناوری‌ها مشابه یکدیگر بوده و هر دو این روابط از نوع روابط فاعل-مفعولی می‌باشند مثل تغییر قوانین و مقررات مرتبط با موضوع. 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 و معمولاً بازیگران در جایگاهی قرار ندارند که به طور مستقیم یکدیگر را تغییر، تطبیق و یا حذف نمایند؛ در عوض، روابط بین بازیگران مختلف در یک نظام متشکل از قواعد نهادی و فناورانه محدود شده‌اند. بازیگران می‌توانند در انجام اقدامات به طور عمدی معماری قواعد نهادی و فناورانه را تغییر دهند و از

این طریق (به طور غیرمستقیم) بر محیط عملکرد سایر بازیگران اثر بگذارند. میزان انجام این اقدامات وابسته به شایستگی‌های بازیگران و جایگاه آن‌ها در نظام نوآوری فناورانه است.

ثانیاً درحالی که روابط بین بازیگران و فناوری‌ها و روابط بین بازیگران و نهادها، تعاملی نبوده، بلکه یک‌سویه می‌باشد. در حقیقت معماری قواعد فناورانه و نهادهای فراهم‌آورنده مشوق‌هایی برای بازیگران برای انجام برخی از اقدامات خاص و پرهیز از برخی اقدامات دیگر است.

زمانی که روابط دارای پیکربندی مشخص و متراکم باشند می‌توان از این پیکربندی به عنوان ساختار شبکه‌ای یاد کرد. در شبکه ارتباط تمام انواع روابط و نحوه برقراری هر یک از آن‌ها مشخص شده است. جدول (۱-۱) تمامی ابعاد ساختاری TIS را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول (۱-۱): ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

ابعاد ساختاری	زیر بخش‌ها
بازیگران	<ul style="list-style-type: none"> جامعه مدنی شرکت‌ها: شرکت‌های تازه تأسیس شده، بنگاه‌های کسب‌وکار کوچک و متوسط، کارخانه‌ها بزرگ، شرکت‌های چندملیتی 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

۱-۳-۲- شناخت کارکردی نظام نوآوری فناوری

نظام‌های نوآوری فناورانه را می‌توان به عنوان رویکردی برای تحلیل تغییرات فناورانه به کاربرد. توسعه، انتشار و بکارگیری نوآوری‌ها را در عمل می‌توان به عنوان کارکردهای اصلی نظام‌های نوآوری قلمداد کرد. در کل نظام نوآوری فناورانه دارای

هفت کارکرد مختلف می‌باشد که عبارت‌اند از: فعالیت‌های کارآفرینی، توسعه دانش، انتشار دانش، جهت‌دهی به جستجو، شکل‌دهی بازار، تأمین و تخصیص منابع و مشروعیت‌بخشی.

۱-۳-۲-۱- فعالیت‌های کارآفرینی

در ابتدای توسعه فناوری تعداد گزینه‌ها زیاد بوده و ریسک و عدم قطعیت بالا از ویژگی‌های اصلی فناوری می‌باشد. بر این اساس، هدف اصلی از انجام فعالیت کارآفرینی بهره‌برداری از فرصت‌های موجود از طریق انجام ریسک در شرایط عدم قطعیت بازار و فناوری و نهادهای چالش‌برانگیز است. بنابراین بدون انجام فعالیت‌های کارآفرینی، نظام نوآوری شکل نخواهد گرفت. بنابراین می‌توان گفت که لازمه خلق دانش و افزایش دانش فنی در رابطه با فناوری انجام فعالیت‌های کارآفرینی می‌باشد. به طور کلی می‌توان دو زیرکارکرد را برای فعالیت‌های کارآفرینی متصور شد: ایجاد فرصت‌های کاری جدید و شناساندن فرصت‌های کاری جدید.

کارآفرینان را می‌توان از منظر سابقه آن‌ها در انجام فعالیت‌های کارآفرینی به دو دسته تقسیم کرد: دسته‌ی اول بازیگرانی هستند که به فناوری جدید به مثابه فرصتی برای ورود به کسب‌وکار می‌نگرند و به استفاده از بازارهای موجود در حوزه فناوری نوظهور می‌اندیشند. که برای جذب سرمایه و حمایت این دسته از کارآفرین‌ها باید در تعامل با آن‌ها بر سوددهی و منفعت مالی ناشی از بکارگیری فناوری نوظهور تأکید کرد. دسته‌ی دوم بازیگرانی را شامل می‌شوند که فناوری جدید را به دید یک فرصت جدید برای تنوع‌بخشی به سبد کاری خود می‌بینند و برای استفاده از مزایای آن به فعالیت در این زمینه می‌پردازند. در تعامل با این گروه از کارآفرین‌ها باید بر نو بودن فناوری، تنوع محصولات تولیدی با استفاده از این فناوری و رقابت‌پذیری محصولات تولیدی آن در بازار تأکید کرد.

می‌توان گفت که فعالیت‌های کارآفرینی شامل تلاش‌هایی است که به طور مستقیم به تجاری‌سازی محصولات و خدمات ارائه شده بر پایه‌ی دانش فنی موجود می‌پردازند. در حقیقت، 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 یکسو توسعه دانش لازمه انجام فعالیت‌های کارآفرینانه است و از سوی دیگر، فعالیت‌های کارآفرینانه با افزایش دانش فنی در رابطه با تکنولوژی همراه است.

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

- سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر صورت پذیرفته (پروژه‌های انجام شده) در تجاری‌سازی تکنولوژی
- ورود شرکت‌های نوآور در عرصه‌ی تجاری‌سازی تکنولوژی
- تأسیس شرکت‌های نوپا
- ورود شرکت‌های موجود در حوزه‌های دیگر به حوزه تکنولوژی
- ارائه‌ی محصولات و خدمات جدید در زمینه‌ی تکنولوژی

• فعالیت‌های انجام شده با هدف نمایش و توجیه‌پذیر ساختن تکنولوژی

◎ برگزاری نمایشگاه تکنولوژی

◎ انجام پروژه‌های نمایشی

۱-۳-۲- توسعه دانش

تمام فعالیت‌های این مرحله را می‌توان شامل فرآیند یادگیری فناوری و موضوعات مرتبط به آن دانست. در مبحث توسعه دانش بحث مهم خلق دانش می‌باشد که کارکردهای خلق دانش را می‌توان به دو دسته خلق دانش فنی و خلق دانش غیرفنی تقسیم کرد. در بخش خلق دانش فنی مسائل فنی و تخصصی فناوری بررسی و تعیین می‌گردد و در مبحث خلق دانش غیرفنی موضوعاتی چون مدیریت، بازار و مصرف‌کنندگان بررسی و تعیین می‌گردند.

مهم‌ترین موانع در برابر انجام فعالیت در این زمینه توسعه دانش را می‌توان به دو بخش ضعف‌های نهادی و ضعف‌های بازیگران دسته‌بندی کرد. منظور از ضعف‌های نهادی نبود برنامه‌ریزی صحیح برای انجام تحقیقات و جمع‌آوری اطلاعات در مورد فناوری بوده و منظور از ضعف‌های بازیگران نبود افراد متخصص، آگاه و توانا در موضوع می‌باشد.

از نتایج و کارکردهای عمده یادگیری و خلق دانش می‌توان به افزایش عمق و گستره دانش موجود در رابطه با فناوری اشاره کرد. باید توجه داشت که با افزایش عمق دانش از عدم قطعیت موجود در رابطه با فناوری کاسته می‌شود، درحالی‌که افزایش گستره دانش موجود به دلیل افزایش تنوع، عدم قطعیت موجود در سیستم را افزایش می‌دهد.

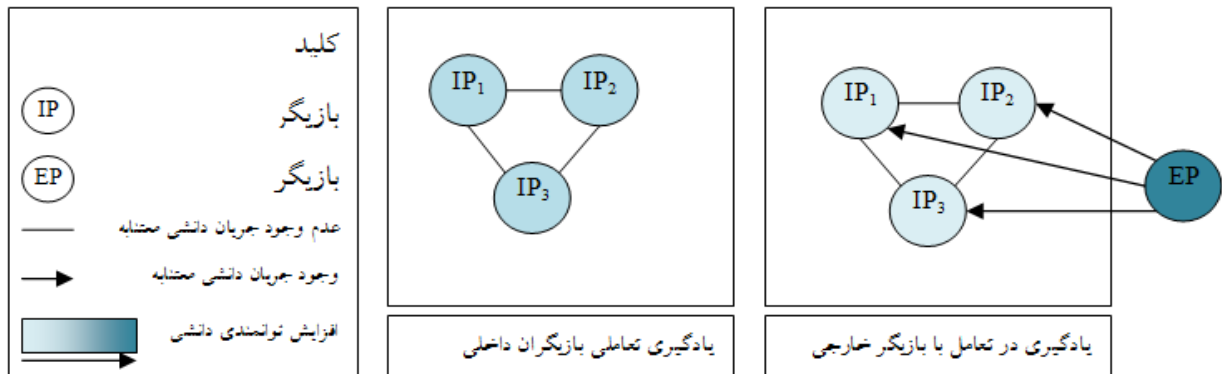
کسب شناخت و یادگیری بازیگران در صورت وقوع در حین تعامل احتمال دارد به دو صورت مختلف اتفاق بیفتد که این دو

عبارت‌اند از:

۱- تعامل موجود بین بازیگران مختلف موجود در سیستم. در این حالت در مواردی که هیچ یک از آنان دانش مورد نظر را به اندازه کافی ندارد همگی آن‌ها برای رسیدن به یک دانش مشترک با یکدیگر تعامل دارند و بین آن‌ها جریان دانشی قابل توجهی وجود ندارد.

۲- تعامل بازیگران موجود در سیستم با بازیگران خارج از سیستم. در این حالت اطلاعات از خارج از سیستم به بازیگران داخلی انتقال داده شده و سبب افزایش جریان دانش انتقالی در بین بازیگران داخلی می‌شود.

با توجه به مسائل بیان شده به منظور اجرای مؤثرتر این کارکرد می‌توان با اجرای برنامه اطلاع‌رسانی شناخت و دانش مورد نیاز را به بازیگران موجود در سیستم انتقال داد و با این کار سبب افزایش سطح دانش انتقالی بین بازیگران مختلف شد. به عبارت دیگر با اجرای برنامه اطلاع‌رسانی با استفاده از حالت دوم بازیگران موجود در سیستم را نسبت به فناوری جدید آگاه شده و سبب افزایش دانش انتقالی بین بازیگران (انتقال به صورت اول) می‌شود.



شکل (۱-۱): حالت‌های ممکن خلق دانش در حین یادگیری در حین تعامل.

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 اندازه نهادهای تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی
- تعداد و اندازه 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 به جای محدوده گسترده‌تر (پایلوت^۱)
- تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از تکنولوژی (پروتوتایپ^۲)

۱-۳-۲-۳- انتشار دانش

در مواردی این کارکرد و کارکرد قبل (توسعه و انتشار دانش) را در قالب یک کارکرد در نظر می‌گیرند و این دو بسیار به یکدیگر نزدیک می‌باشند، در واقع در توسعه دانش هدف کسب و یادگیری دانش بوده درحالی‌که در این کارکرد هدف از انجام فعالیت‌های انجام شده تسهیم^۳ و به اشتراک‌گذاری^۴ دانش^۵ و اطلاعات در میان بازیگران مختلف موجود در سیستم است. مهم‌ترین نقشی که کارکرد انتشار دانش بر عهده دارد، ایجاد یادگیری تعاملی است.

یکی از ویژگی‌های مهم نظام نوآوری فناورانه، وجود شبکه در ساختار آن است. مهم‌ترین نقشی که یک شبکه قادر به

- 1- Pilot
- 2- Prototype
- 3- Dissemination
- 4- Sharing

۵- همان طور 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.

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 عبارت‌اند 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 عبارت‌اند از اتحادهای استراتژیک، هاب‌های تکنولوژی و سرمایه‌گذاری‌های مشترک^۱. این نوع از انتشار دانش، به اشتراک‌گذاری دانش نامیده می‌شود. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نشانگر تحقق این کارکرد عبارت‌اند از:

- تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)
- میزان جابجایی نیروهای تحصیل کرده 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

به منظور استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی در این مورد اطلاعات باید به بازیگران کم اثرتر انتقال داده شود و معمولاً مخاطب برنامه‌های اطلاع‌رسانی در این موارد عموم مردم می‌باشند. در این مرحله دانش‌های مربوط به فناوری به مصرف‌کنندگان محصولات فناوری مدنظر انتقال داده می‌شود. این نوع یادگیری، بر پایه تجربه استفاده‌کنندگان از نظام نوآوری فناورانه قرار دارد، مانند تعاملی که بین مصرف‌کننده و تولیدکننده فناوری برقرار می‌شود.

۱-۳-۲-۴- مدیریت جستجو

کارکرد جهت‌دهی به سیستم متشکل از فعالیت‌هایی است که به‌گزینش و محدود کردن گزینه‌های موجود در رابطه با تکنولوژی، کاربرد آن‌ها و بازارشان در سطوح مختلف می‌پردازد. این سطوح عبارت‌اند از سطح فراسیستم^۲ و سطوح کلان^۳ و خرد سیستم^۴. این فعالیت‌ها به منظور 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

1- Joint venture

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

۳- 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 سطوح را Regime می‌نامند.

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

به علت وجود محدودیت در منابع در دسترس، از میان گزینه‌های 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 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.

از این کارکرد به عنوان مدیریت سیستم نیز یاد می‌شود، فعالیت‌ها در این کارکرد در مسیر جهت‌دهی و یکپارچه‌سازی تمام فعالیت‌های انجام گرفته برای توسعه فناوری می‌باشد. این کارکرد در سطوح فراسیستم^۱، کلان^۲، و خرد^۳ به انجام می‌رسد. در این کارکرد به منظور جلوگیری از هدر رفت منابع (انرژی، هزینه و پتانسیل‌های موجود) به جهت‌دهی فعالیت‌ها پرداخته می‌شود.

می‌توان فعالیت‌های انجام شده مربوط به این کارکرد را به سه دسته تقسیم کرد: تنظیمی^۴، شناختی^۵ و هنجاری^۶. 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 گزینه 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 به طور 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
- شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی

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

۲- 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 سطوح را Regime می‌نامند.

۳- این مجموعه از سطوح متأثر از تغییرات فراوانی هستند و به شدت متلاطم می‌باشند. در ادبیات این سطوح را Niche می‌نامند.

4- Regulative

5- Cognitive

6- Normative

- رشد تکنولوژی در کشورهای دیگر
- شکل‌گیری انتظاراتی درباره‌ی آینده‌ی تکنولوژی
- هدف‌گذاری‌های انجام شده در سیاست‌گذاری‌های تکنولوژی
- قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی
- تدوین استانداردها

۱-۳-۲-۵- شکل‌گیری بازار

هدف از این کارکرد رقابت‌پذیر ساختن فناوری نوظهور نسبت به فناوری‌های موجود بازار می‌باشد. در واقع این کارکرد با انجام مجموعه‌ای از فعالیت‌ها، محیطی کنترل شده‌ای برای رقابت فناوری نوظهور سایر فناوری‌ها پدید می‌آورد. برای اینکه یک فناوری نوظهور توانایی برای رشد، توسعه و نفوذ در بازار را داشته باشد باید قابلیت‌های خاصی را دارا باشد، تا به واسطه آن‌ها بتواند به سوی بلوغ حرکت نماید. این قابلیت‌ها به سه دسته قابلیت‌های فنی^۱، قابلیت‌های اقتصادی^۲ و قابلیت‌های بازار^۳ تقسیم می‌شوند. در این مرحله نیز باید توجه داشت که با استفاده برنامه اطلاع‌رسانی مناسب می‌توان هر یک از این قابلیت‌ها را برای فناوری مورد نظر (در صورت داشتن پتانسیل‌ها) ایجاد کرد.

ا قابلیت فنی

فناوری مورد بحث باید از نظر فنی و فناورانه قابل رقابت با سایر فناوری‌های موجود در بازار باشد. در صورت استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی برای بزرگ کردن این قابلیت فناوری در دید مخاطبان باید بر ارائه اطلاعات فنی و تخصصی تأکید کرد.

ب قابلیت اقتصادی

فناوری نوظهور مدنظر باید از لحاظ اقتصادی توانایی و قابلیت رقابت با سایر فناوری‌های موجود را داشته باشد و استفاده از این فناوری در مقابل سایر فناوری‌ها به صرفه به نظر برسد. به طور قطع زمانی یک فناوری قادر به دستیابی به این قابلیت خواهد بود که از قابلیت‌های فنی برخوردار شده باشد. به عبارت دیگر، دستیابی به قابلیت‌های فنی، پیش‌نیاز و شرط لازم دستیابی به قابلیت‌های اقتصادی است. در صورت استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی برای ایجاد این قابلیت در یک فناوری باید اطلاعات اقتصادی و صرفه اقتصادی بکارگیری این تکنولوژی به مخاطبان انتقال داده شود.

ت قابلیت بازار

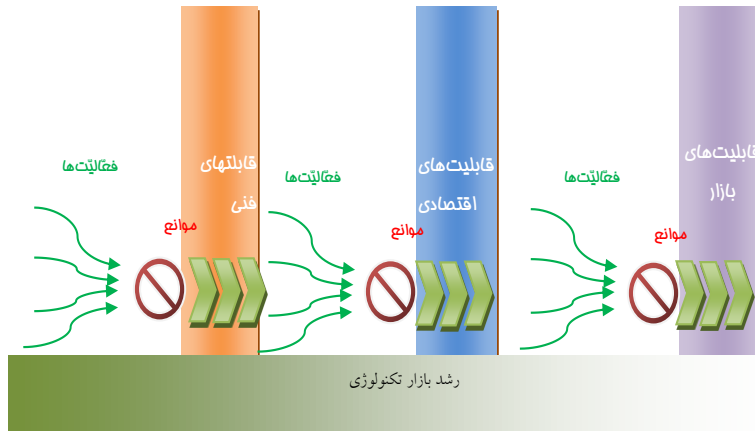
در صورتی که یک فناوری قابلیت‌های فنی و اقتصادی را دارا باشد برای رشد به سمت بلوغ نیازمند داشتن قابلیت بازار و رقابت‌پذیری با سایر موارد موجود در بازار می‌باشد. در واقع می‌توان این فناوری باید با تمایلات مصرف‌کنندگان سازگار بوده و قابلیت توسعه یافتن موفقیت‌آمیز در بازار را داشته باشد. در این مورد نیز در صورت استفاده از برنامه اطلاع‌رسانی، اطلاعات و

1-Technological Potential

2- Economical Potential

3- Market Potential

محتوای انتقالی باید در رابطه با خصوصیات، ویژگی‌ها و برتری‌های فناوری و محصولات آن نسبت به سایر فناوری‌ها باشد.



شکل (۱-۲): نمایش مسیر توسعه بازار فناوری

کارکرد شکل‌دهی به بازار، شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت مالی از مصرف تکنولوژی نوظهور و یا سیاست‌های مالیاتی برای تکنولوژی‌های رقیب) است که منجر به ایجاد 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 مرحله 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

۱-۳-۲-۶- مدیریت منابع

برای توسعه فناوری نیاز به در دسترس بودن منابع مختلف برای انجام فعالیت‌ها و پیشبرد اهداف می‌باشد. 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. نگاشت کارکرد بسیج منابع در چهار بُعد مختلف، امکان‌پذیر است:

- منابع انسانی: تأمین و هماهنگ‌سازی نیروهای انسانی مورد نیاز برای توسعه‌ی فناوری
 - منابع مالی: تأمین و هماهنگ‌سازی بودجه‌ها و اعتبارات مورد نیاز برای توسعه‌ی فناوری
 - منابع مادی: تأمین و هماهنگ‌سازی مواد (و در برخی موارد قطعات) مورد نیاز برای توسعه‌ی فناوری
 - منابع مکمل: تأمین و هماهنگ‌سازی زیرساخت‌ها، محصولات و یا خدمات مکمل مورد نیاز برای توسعه فناوری
- تأمین این منابع می‌تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگری که در روند توسعه فناوری نقش اساسی دارد، انجام شود. در تأمین نیروهای مختلف اطلاع‌رسانی بسیار حائز اهمیت می‌باشد که در بخش بعد به طور کامل بررسی می‌شود. 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 مورد نظر

۱-۳-۲-۷- مشروعیت‌بخشی

هدف از این کارکرد ایجاد مقبولیت اجتماعی برای به‌کارگیری فناوری جدید، تغییر نهادهای موجود در جامعه و هم‌راستا شدن نهادها با نیازهای بازیگران موجود در نظام نوآوری فناوری می‌باشد. اهمیت این کارکرد بسیار زیاد می‌باشد زیرا با ظهور یک فناوری جدید اغلب با مخالفت بازیگرانی که دارای منافع در فناوری‌های کنونی هستند، همراه می‌شود و این مخالفت سبب جلوگیری و یا کاهش سرعت پیشرفت فناوری نوظهور می‌شود. بنابراین بازیگران یک نظام نوآوری فناوری باید با استفاده از اطمینان بخشی به جامعه، ذینفعان و مخالفان بر لختی^۱ حاصل از این مخالفت‌ها غلبه نمایند.

اهمیت مشروعیت‌بخشی زمانی بیشتر مشخص می‌گردد که توجه داشت که این کارکرد یک کاتالیزگر عمل می‌کند و برای انجام فعالیت در سایر کارکردها مانند مدیریت منابع و شکل‌دهی بازار ضروری است و تا این کارکرد فراهم نشود فعالیت در سایر کارکردها مشکل و یا غیرممکن می‌باشد.

با توجه به نوع و مشخصات فرآیند، نوع و میزان منابع مورد نیاز و محدوده‌ی اثرگذاری محدوده جغرافیایی که این مشروعیت‌بخشی در سطح آن باید اجرا شود متفاوت خواهد بود. این کارکرد می‌تواند در چهار حوزه صنعت، دانشگاه، دولت و سطح عمومی جامعه به ایجاد مشروعیت بپردازد. رایزنی‌هایی بین گروه ذینفع، اتحادیه‌ها، انجمن‌ها، سازمان‌های مردم‌نهاد و

۱- نام دیگری که بر این کارکرد نهاد می‌شود، حذف مقاومت در برای تغییر (لختی یا اینرسی) است. بنابراین، علت وجودی این کارکرد، غلبه بر اینرسی بازیگران موجود در نظام است.

مانند این‌ها اجزایی هستند که در انجام فعالیت‌های این کارکرد دخیل هستند.

این کارکرد به خودی خود دارای زیرکارکردهای مختلفی می‌باشد که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- ایجاد مقبولیت برای پذیرش فناوری در حوزه‌های مختلف (ظرفیت‌سازی برای بکارگیری فناوری نوظهور)،

۲- متقاعدسازی نظام‌های پشتیبان برای فعالیت در زمینه کارکردهای دیگر مانند تأمین منابع و مدیریت سیستم

۳- حذف/کاهش مخالفت‌های موجود در برابر توسعه فناوری

۴- و ترغیب بازیگران دارای قدرت اجرایی برای انجام فعالیت در راستای استفاده از فناوری نوظهور.

البته باید توجه داشت که مشروعیت‌بخشی دارای قدرت اجرایی برای تغییر قواعد موجود در نظام نوآوری فناورانه نیست، بلکه تنها به متقاعدسازی نهادهای پشتیبان پرداخته و از طریق با کارکردهای دیگر (مانند مدیریت سیستم و تأمین منابع) در سیستم اثرگذار می‌گردد. به عبارت دیگر در تمام فعالیت‌های این کارکرد گروهی از بازیگران، سایر بازیگران را برای به‌کارگیری فناوری نوظهور ترغیب می‌کنند. مشروعیت‌بخشی در سه سطح محیط صنعت، محیط سیاست‌گذاری و سطح جامعه (مقبولیت عمومی) انجام می‌پذیرد. 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

مجموعه کارکردهای ذکر شده به همراه شاخص‌هایی برای سنجش سطح برآورده شدن این کارکردها در جدول (۲-۱) ارائه شده است.

جدول (۲-۱): کارکردهای پیشنهادی و شاخص‌های آن‌ها

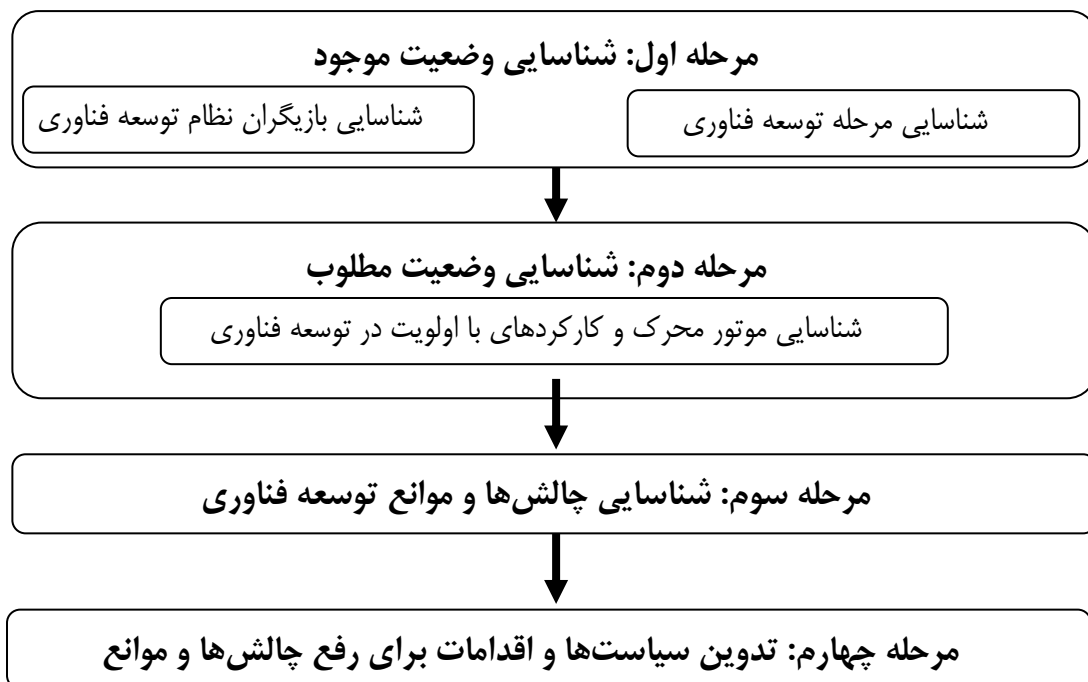
شاخص‌های کمی	شاخص‌های کیفی	زیرعامل	عامل
۱. تعداد پروژه‌های انجام شده با هدف تجاری‌سازی		ایجاد فرصت‌های جدید	فعالیت‌های کارآفرینانه
۲. تعداد شرکت‌های ثبت شده در زمینه فناوری			
۳. ورود شرکت‌های موجود به عرصه فناوری			
۴. حجم سرمایه‌گذاری‌های خطرپذیر انجام شده			
		نمایش فرصت‌های جدید	
۱. برگزاری نمایشگاه تکنولوژی			
۲. انجام پروژه‌های نمایشی			

عامل	زیرعامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
توسعه‌ی دانش	فنی	۱. تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه تکنولوژی ۲. تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه تکنولوژی ۳. تعداد سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی ۴. اندازه سازمان‌های تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه تکنولوژی ۵. تعداد مطالعات علمی و فنی صورت گرفته از تکنولوژی ۶. تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از تکنولوژی (Prototype)	۱. تعداد گزارش‌های تولید شده در رابطه با مطالعه بازار ۲. تعداد مطالعات امکان‌سنجی انجام شده
	غیرفنی	۱. تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش) ۲. تعداد کنفرانس‌ها و کارگاه‌های برگزار شده در رابطه با فناوری ۳. تعداد شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام تکنولوژیک ۴. اندازه شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام تکنولوژیک	۱. تعداد گزارش‌های منتشر شده در رابطه با مطالعه بازار ۲. تعداد مطالعات امکان‌سنجی منتشر شده
انتشار دانش	فنی	۱. میزان جابه‌جایی نیروهای تحصیل کرده دانشگاهی با محوریت تکنولوژی	۱. قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی ۲. استانداردهای تدوین شده
	غیرفنی	۱. وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه تکنولوژی و یا موارد دیگر که بر تکنولوژی اثرگذارند ۲. شکل‌گیری محرک‌هایی برای توسعه تکنولوژی یا نوع خاصی از آن (مانند ارزان شدن قیمت منابع مصرفی تکنولوژی) ۳. شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی ۴. رشد تکنولوژی در کشورهای دیگر ۵. ایجاد تغییر در عوامل کلان اثرگذار بر سیستم (مانند تغییرات آب و هوایی) ۶. شکل‌گیری انتظاراتی درباره آینده تکنولوژی	۱. وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه تکنولوژی و یا موارد دیگر که بر تکنولوژی اثرگذارند ۲. شکل‌گیری محرک‌هایی برای توسعه تکنولوژی یا نوع خاصی از آن (مانند ارزان شدن قیمت منابع مصرفی تکنولوژی) ۳. شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی ۴. رشد تکنولوژی در کشورهای دیگر ۵. ایجاد تغییر در عوامل کلان اثرگذار بر سیستم (مانند تغییرات آب و هوایی) ۶. شکل‌گیری انتظاراتی درباره آینده تکنولوژی
جهت‌دهی به سیستم	رسمی (وضع نهادها)	۱. وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه تکنولوژی و یا موارد دیگر که بر تکنولوژی اثرگذارند ۲. شکل‌گیری محرک‌هایی برای توسعه تکنولوژی یا نوع خاصی از آن (مانند ارزان شدن قیمت منابع مصرفی تکنولوژی) ۳. شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی ۴. رشد تکنولوژی در کشورهای دیگر ۵. ایجاد تغییر در عوامل کلان اثرگذار بر سیستم (مانند تغییرات آب و هوایی) ۶. شکل‌گیری انتظاراتی درباره آینده تکنولوژی	۱. قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی ۲. استانداردهای تدوین شده
	غیررسمی (شکل‌گیری انتظارات)	۱. وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه تکنولوژی و یا موارد دیگر که بر تکنولوژی اثرگذارند ۲. شکل‌گیری محرک‌هایی برای توسعه تکنولوژی یا نوع خاصی از آن (مانند ارزان شدن قیمت منابع مصرفی تکنولوژی) ۳. شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی ۴. رشد تکنولوژی در کشورهای دیگر ۵. ایجاد تغییر در عوامل کلان اثرگذار بر سیستم (مانند تغییرات آب و هوایی) ۶. شکل‌گیری انتظاراتی درباره آینده تکنولوژی	۱. قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی ۲. استانداردهای تدوین شده
شکل‌گیری بازار		۱. شفاف‌سازی پتانسیل بازار ۲. میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران ۳. شناسایی مرحله بلوغ (دوره عمر) بازار	۱. تعداد و تنوع کاربران موجود برای تکنولوژی ۲. تعداد و تنوع نهادهای تنظیم شده برای شکل‌دهی به بازار
بسیج منابع	مالی		۱. کمک‌های بلاعوض دولتی (بارانه) ۲. سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری

عامل	زیرعامل	شاخص‌های کیفی	شاخص‌های کمی
	انسانی	در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با تکنولوژی مورد نظر	
	مواد	تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه تکنولوژی از خارج از کشور	
	دارایی‌های مکمل	توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز تکنولوژی، محصولات و خدمات مکمل	
مشروعیت بخشی		۱. میزان هم‌گرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری تکنولوژیک در حال توسعه ۲. میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه تکنولوژی و محصولات مربوط به آن ۳. رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از تکنولوژی ۴. اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان تکنولوژی در بخش‌های مختلف دولت و صنعت ۵. میزان حمایت از تکنولوژی مورد نظر در رسانه‌ها	

۱-۴- فرآیند تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه فناوری

اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. این اقدامات راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. فرآیند تدوین اقدامات در شکل (۱-۳) نشان داده شده است.



شکل (۱-۳): فرآیند تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه فناوری نوظهور

همان طور که در شکل (۱-۳) نشان داده شده است در مرحله اول، باید وضعیت موجود توسعه فناوری مشخص شود، که شامل تعیین مرحله توسعه فناوری و شناسایی بازیگران نظام توسعه فناوری مدنظر می‌باشد. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، موتور محرک توسعه فناوری شناسایی شده و با توجه به آن، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه فناوری 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 حوزه مدنظر تعیین شده و چالش‌های شناسایی شده پالایش و جمع‌بندی می‌شود. در مرحله آخر، سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ابررسانا ارائه می‌شود. در نهایت اقدامات لازم برای تحقق سیاست‌های تعیین شده و ارائه می‌گردند. در ادامه این مراحل توضیح داده شده است.

۱-۴-۱ - شناسایی وضعیت موجود

در این مرحله باید وضعیت کنونی و مرحله توسعه فناوری مدنظر تعیین گردد که برای تعیین این موارد باید از جنبه‌های مختلف (کارکردی و ساختاری) به بررسی فناوری مدنظر پرداخته شود. این مرحله شامل دو بخش شناخت بازیگران نظام توسعه فناوری و تعیین مرحله توسعه فناوری می‌باشد.

۱-۴-۱-۱ - شناسایی بازیگران نظام توسعه فناوری

همان طور که در بخش شناخت ساختاری نظام توسعه فناورانه اشاره شد، 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، مؤسسات مالی، مؤسسات حقوقی و ... باشند. در این مرحله باید تمام بازیگران نظام توسعه فناوری را در حوزه‌های و کارکردهای مختلف نظام توسعه فناوری شامل تحقیق و توسعه، انتشار دانش، تأمین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات و سیاست‌گذاری و جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری تعیین گردد.

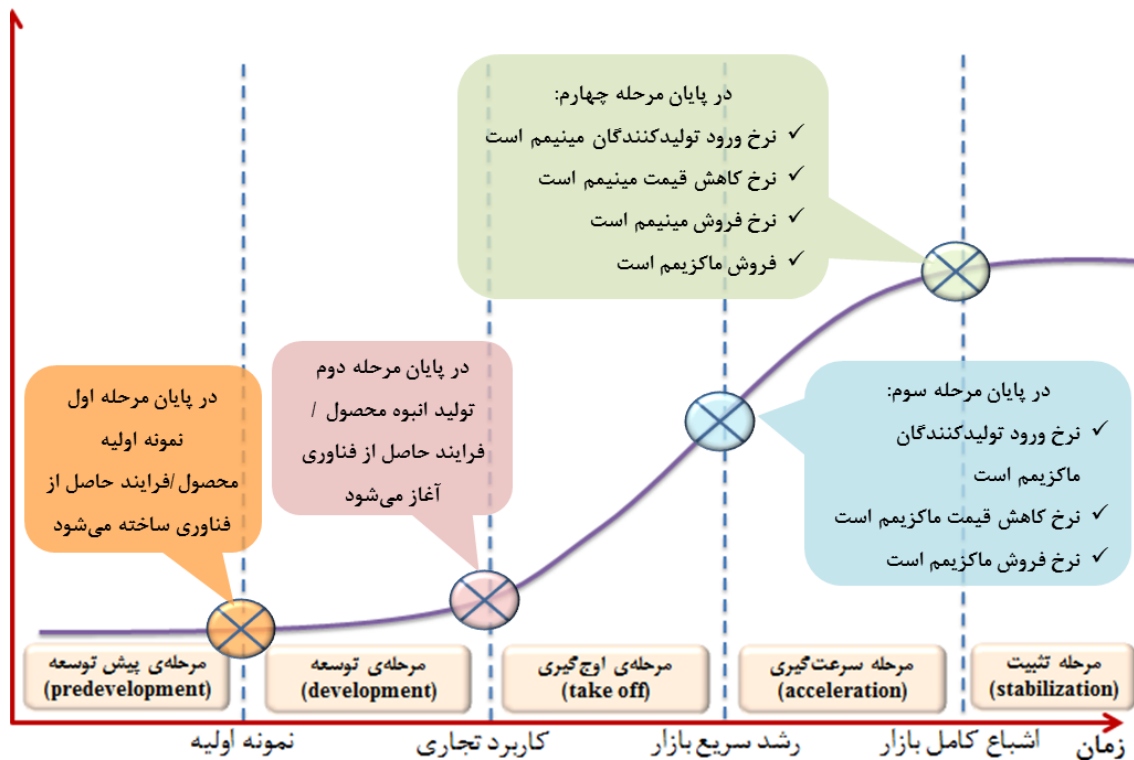
۱-۴-۱-۲ - شناسایی مرحله توسعه فناوری

به منظور شناخت مرحله توسعه فناوری در ابتدا باید به یک شناخت نسبی از فناوری دست پیدا کرد تا با استفاده از این شناخت بتوان مرز نظام نوآوری فناوری را شناخت و با استفاده از شناخت مرزها مرحله توسعه فناوری را تعیین نمود. مرز سیستم توسعه فناوری را می‌توان از سه طریق مورد ارزیابی قرار داد که عبارت‌اند از فاصله‌ای-جغرافیایی، بخشی و کارکردی. بر اساس این موضوع به منظور شناسایی مرحله توسعه فناوری ابتدا باید مرز نظام نوآوری مورد مطالعه را از سه طریق فاصله‌ای-جغرافیایی، بخشی و کارکردی مشخص کرد. شناسایی و تعیین مرحله‌ی توسعه نظام نوآوری فناوری، از طریق بررسی همزمان مشخصه‌های ساختاری و نشانه‌های تحقق مراحل انجام می‌شود. با توجه به مشخصه‌های ساختاری به تفکیک کارکردها و نشانه‌های تحقق مراحل می‌توان مرحله توسعه نظام نوآوری را که در واقع همان وضع موجود حوزه‌ی فناورانه است، مشخص

کرد. مراحل مختلف توسعه فناوری چهار مرحله پیش توسعه، توسعه، اوج‌گیری و سرعت‌گیری هستند و پس از آن فناوری به مرحله تثبیت می‌رسد. نشانه‌های تحقق مراحل یا شاخص‌های تشخیص مرحله توسعه با پاسخ‌گویی به سؤالات زیر تعیین می‌گردد.

- ۱- آیا نمونه اولیه از فناوری (محصول یا فرایند) ساخته شده است؟
- ۲- بازیگران اصلی در این حوزه چه کسانی هستند؟ نقش دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی چیست؟ آیا شرکت‌های دانش‌بنیان به این حوزه وارد شده‌اند؟
- ۳- آیا دولت به این حوزه وارد شده است؟ نقش آن (سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری و ...) چیست؟
- ۴- آیا محصول فناوری بدون حمایت‌های دولتی در بازار به صورت آزاد فروخته می‌شود؟
- ۵- و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) توجیه اقتصادی دارد؟
- ۶- و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) آغاز شده است؟
- ۷- آیا شبکه‌های علمی و فناوری شکل گرفته‌اند؟ وضعیت آن‌ها چگونه است؟
- ۸- وضعیت بازار چگونه است؟ در حال رشد یا به اشباع کامل رسیده است؟
- ۹- نرخ ورود تولیدکنندگان محصول فناوری چگونه است؟
- ۱۰- نرخ کاهش قیمت محصول فناوری چگونه است؟
- ۱۱- نرخ فروش محصول فناوری چگونه است؟
- ۱۲- آیا انجمن‌ها مربوطه شکل گرفته‌اند؟

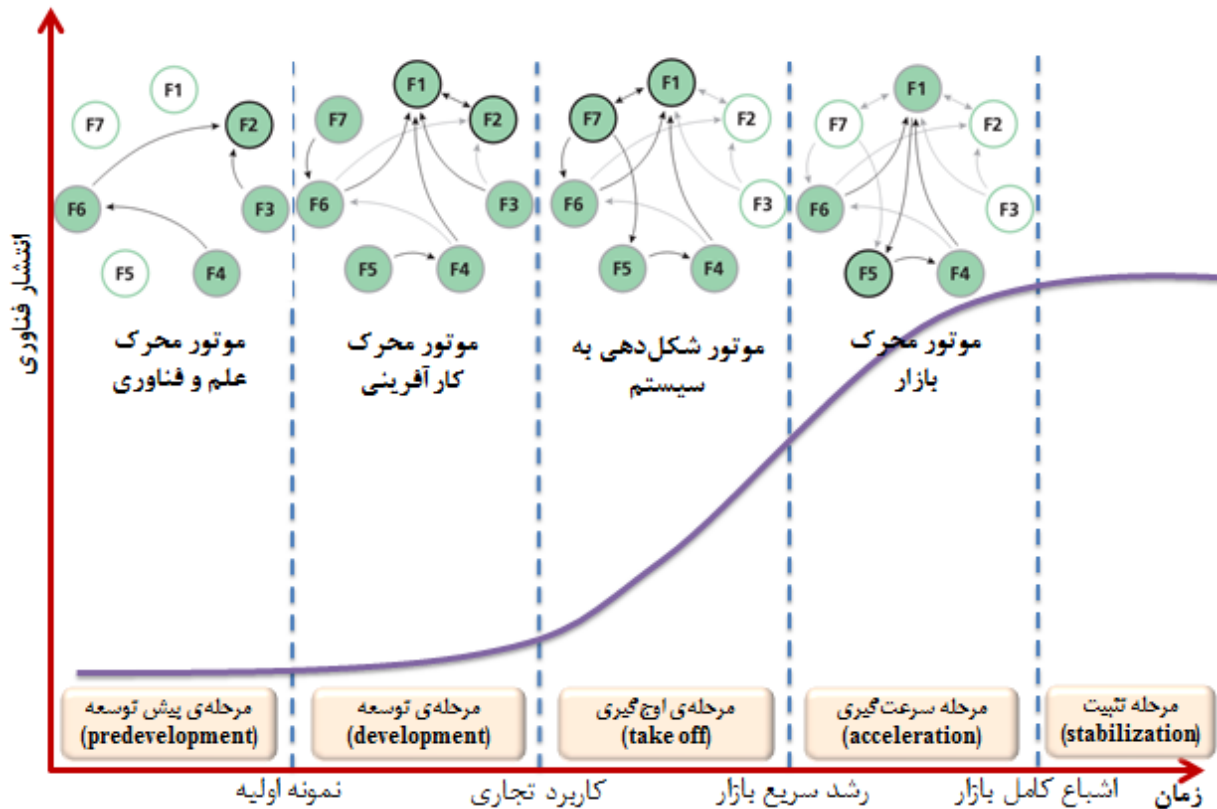
همان طور که در بالا اشاره شد بر اساس سؤالات فوق وضعیت ساختاری نظام توسعه فناوری مشخص می‌شود، که معیارها در شکل (۴-۱) نشان داده شده‌اند.



شکل (۴-۱): نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه

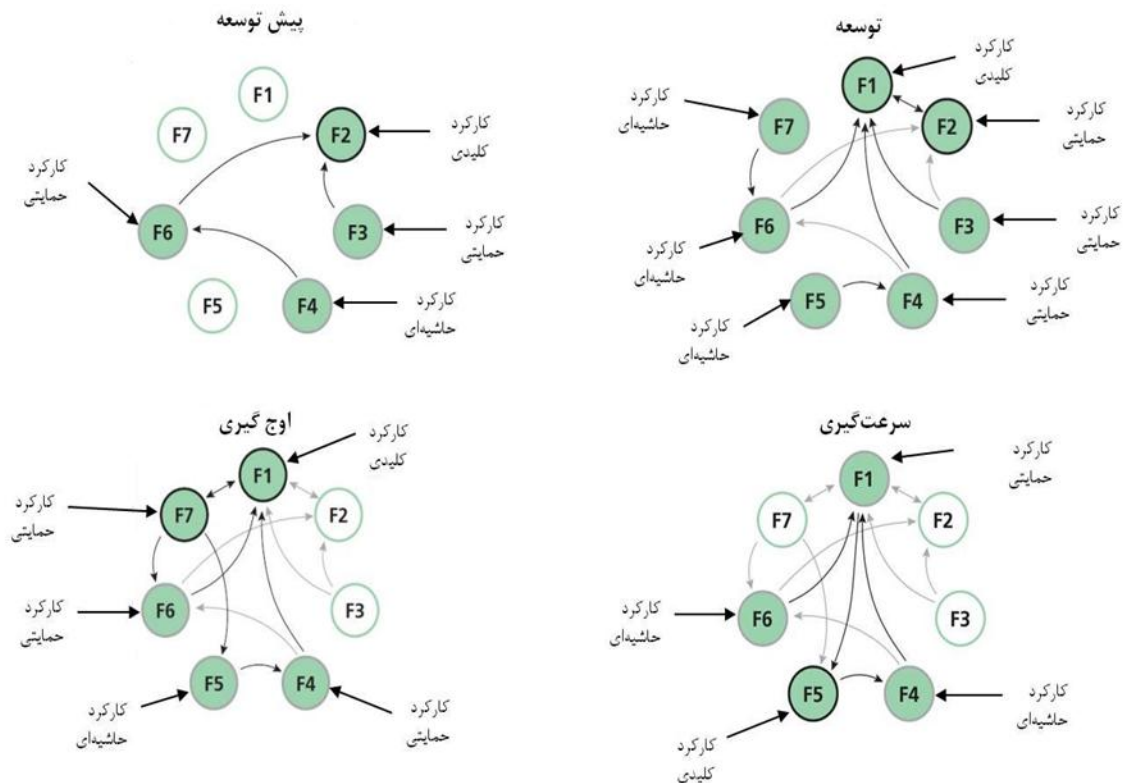
۱-۴-۲- شناسایی وضعیت مطلوب و تعیین کارکردهای کلیدی و فعال در توسعه فناوری

هکرت بیان معتقد است که هر یک از مراحل چهارگانه فاز شکل‌گیری با یک موتور نوآوری در ارتباط است. در این متدولوژی، پس از تعیین فاز توسعه نظام نوآوری فناورانه، موتور فعال در نظام نوآوری فناورانه مشخص می‌شود. در شکل (۵-۱) تطبیق مراحل مختلف توسعه نظام نوآوری فناورانه با موتورهای محرک نظام بر اساس مطالعات هکرت (۲۰۱۲) را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۵): مراحل توسعه‌ی نظام نوآورانه فناورانه و موتورهای فعال در هر مرحله

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. کارکردهای هر موتور به سه دسته کارکرد کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای تقسیم می‌شود. تحقق کارکرد کلیدی به منزله‌ی محقق شدن کل موتور و انتقال به موتور بعدی است. بنابراین اگر کارکرد کلیدی محقق شود، نظام نوآوری فناورانه از یک موتور به موتور بعدی منتقل می‌شود و در نتیجه نظام نوآوری فناورانه از یک مرحله به مرحله بعدی منتقل می‌شود. شکل (۱-۶) موتورها و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای مرتبط با هر موتور را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۶): موتورهای و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای، F1: فعالیت‌های کارآفرینی، F2: توسعه دانش، F3: انتشار دانش، F4: جهت‌دهی به سیستم، F5: شکل‌دهی به بازار، F6: تأمین منابع، F7: مشروعیت‌بخشی.

۱-۴-۳- شناسایی چالش‌ها و موانع موجود در توسعه فناوری

پس از تعیین موتور محرک فعال در نظام نوآوری، باید آن را بر اساس رویکرد تحلیل توأمان ساختاری- کارکردی ارزیابی کرد. مزیت این تحلیل نسبت به تحلیل کارکردی این است که با تحلیل ساختاری در کنار تحلیل کارکردی علت ایجاد مشکل در یک کارکرد مشخص می‌شود. در واقع با تحلیل کارکردی، مشکلات و موانع نظام نوآوری در کارکرد مربوطه مشخص شده، ولی علت آن بروز مشخص نمی‌شود؛ به این معنا که مشخص نمی‌شود کدام جزء ساختاری باعث ایجاد چنین مشکلی در کارکرد مربوط شده است. ولی با تحلیل توأمان ساختاری- کارکردی از یک سو علت این مشکلات مشخص شده و از سوی دیگر مشکلات سیستمی با توجه به تحلیل ساختاری به راحتی شناسایی می‌شوند. برقراری اتصال کارکردها به عناصر ساختار نظام نوآوری نه تنها به خاطر انجام فرآیندهای تحلیلی بلکه به دلایل عملیاتی و کاربردی لازم و ضروری است. کارکردها تنها از طریق تغییرات اجزای ساختاری خود تحت تأثیر سیاست‌های اتخاذ شده قرار می‌گیرند.

تفاوت مهم این مدل با رویکردهای مشابه در این مرحله این است که در این رویکرد برای ارزیابی نظام نوآوری لازم نیست همه کارکردهای نظام تحلیل شوند. بلکه با توجه به مرحله توسعه‌ی فناوری و کارکردهای مرتبط با آن، فقط کارکردهای مرتبط تحلیل می‌شوند. بنابراین با توجه به مرحله توسعه فناوری ابتدا کارکرد کلیدی موتور محرک شناسایی شده در مرحله قبل

تحلیل می‌شود، اگر این کارکرد تحقق یافته بود به هدف تعیین شده موتور فعال در آن فاز توسعه رسیده و بدین ترتیب نظام نوآوری بدون مشکل به فاز بعدی توسعه منتقل می‌گردد؛ ولی اگر کارکرد مربوطه محقق نشده بود باید کارکردهای حمایتی کارکرد کلیدی که موجبات تولید و تحقق آن را فراهم می‌کنند، ارزیابی گردند. لذا پس از تعیین کارکردهای حمایتی، کارکردهای مذکور تحلیل می‌شوند و به همین ترتیب ادامه می‌یابد.

در تحلیل توأمان کارکردی - ساختاری هر یک از این کارکردها عوامل ساختاری ضعیف مرتبط با کارکرد شناسایی و از طریق به‌کارگیری ابزارها و توصیه‌های سیاستی عنصر ساختاری ضعیف تقویت شده و به این ترتیب مشکلات موجود بر سر راه توسعه نظام برداشته می‌شود.

به عبارت دیگر، وقتی یک حوزه‌ی فناورانه در مرحله‌ای قرار دارد، موتور محرک نوآوری متناسب با آن مرحله برای آن حوزه‌ی فناورانه فعال است. از طرفی بیان شد اگر کارکرد کلیدی موتور تحقق یابد، حوزه‌ی فناورانه مورد مطالعه از این موتور به موتور بعدی منتقل می‌شود. پس در یک موتور باید مشکلات بر سر راه کارکرد کلیدی را شناسایی کرد. مشکلات کارکرد کلیدی به سه دسته‌ی مشکلات مربوط به عوامل ساختاری، مشکلات مربوط به کارکردهای حمایتی و مشکلات مربوط به عوامل محیطی تقسیم می‌شوند. شکل زیر این دسته از عوامل را نشان می‌دهد.

پس تعیین کارکردهای مؤثر در توسعه فناوری چالش‌ها، مشکلات و موانع موجود پیش روی توسعه فناوری مدنظر از طریق مصاحبه و دریافت نظرات خیرگان حوزه مدنظر تعیین می‌گردد. کارکردهای مختلف مؤثر در هر مرحله توسعه فناوری بر اساس جواب به یک سری از سؤالات عارضه‌یاب مورد ارزشیابی قرار می‌گیرند. در صورت قوی نبودن کارکرد کلیدی، کارکردهای حمایتی و حاشیه‌ای به همین صورت مورد بررسی قرار می‌گیرند. نمونه‌هایی از پرسش‌های قابل تصور برای تحلیل کارکردهای مختلف موجود در هر موتور توسعه فناوری به تفکیک هر مرحله در جدول (۱-۳) تا جدول (۱-۶) ارائه شده است.

جدول (۱-۳): سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک علم و فناوری در مرحله اول.

مرحله‌ی اول: موتور محرک علم و فناوری		سؤالات برای ارزشیابی کارکرد
کارکردهای کلیدی	کارکرد توسعه دانش	۱- وضعیت دانش پایه موجود در نظام در ارتباط با کمیت و کیفیت آن چگونه است؟
		۲- دانش موجود در سیستم بنیادی است یا کاربردی (توانمندی فناورانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟
		۳- آیا تعداد پروژه‌های پژوهشی و اختراع و مقاله به مقدار کافی موجود است؟
		۴- آیا یک جایگاه بین‌المللی پیشرو، برنامه‌های راه‌اندازی و ارجاعات فراوان به مقاله در نظام وجود دارد؟
		۵- آیا توسعه دانش صورت گرفته در نظام تقاضا محور است؟
		۶- آیا فناوری با نیازهای نظام نوآوری هماهنگ و مرتبط است؟

مرحله‌ی اول: موتور محرک علم و فناوری		سوالات برای ارزشیابی کارکرد
کارکردهای حمایتی	انتشار دانش	۱- آیا همکاری‌های فناورانه بین بازیگران فعال در این زمینه اعم از خرید فناوری، لیسانس، همکاری تحقیق و توسعه و غیره وجود دارد یا خیر؟ ۲- همایش، کنفرانس و یا مجله‌ای در مورد این فناوری وجود دارد یا خیر؟
	منابع	آیا منابع مالی کافی در جهت توسعه دانش وجود دارد (پژوهشی، کاربردی، پایلوت و ...)? سهولت دسترسی به این منابع چگونه است؟ آیا تربیت نیروی انسانی در حوزه‌ی آموزش و پژوهش مرتبط با فناوری به میزان کافی وجود دارد یا خیر؟ کیفیت منابع انسانی تربیت‌شده در چه سطحی است؟
کارکردهای حاشیهای	جهت‌دهی به سیستم	آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک برای تأمین منابع مالی وجود دارد؟ آیا توسعه دانش در این حوزه‌ی فناورانه، جهت‌دهی شده است؟ آیا منابع مالی و انسانی در جهت این هدف مشخص هست یا خیر؟

جدول (۴-۱): سوالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور محرک کارآفرینی در مرحله توسعه

مرحله‌ی دوم: موتور محرک کارآفرینی		سوالات برای ارزشیابی کارکرد
کارکردهای کلیدی	کارآفرینی	آیا شرکت‌های دانش‌بنیان به منظور توجیه اقتصادی فناوری کافی هستند؟ آیا فعالیت‌های کارآفرینی دارای کیفیت خوبی هستند؟ نرخ ورود کارآفرینان در این حوزه را چگونه برآورد می‌کنید (آیا کارآفرینان جدید وارد سیستم می‌شوند)؟ سرمایه‌گذاری خطرپذیر که منجر به توجیه اقتصادی می‌شود، وجود دارد یا خیر؟
	توسعه دانش	وضعیت دانش پایه موجود در نظام در ارتباط با کمیت و کیفیت آن چگونه است؟ دانش موجود در سیستم بنیادی است یا کاربردی (توانمندی فناورانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟ آیا تعداد پروژه‌های پژوهشی و اختراع و مقاله به مقدار کافی موجود است؟ آیا یک جایگاه بین‌المللی پیشرو، برنامه‌های راه‌اندازی و ارجاعات فراوان به مقاله در نظام وجود دارد؟ آیا توسعه دانش صورت گرفته در نظام تقاضا محور است؟ آیا فناوری با نیازهای نظام نوآوری هماهنگ و مرتبط است؟
کارکردهای حمایتی	تأمین و تسهیل منابع	آیا منابع مالی کافی برای توسعه فعالیت‌های کارآفرینی وجود دارد یا خیر؟ میزان منابع دولتی چقدر است؟ کافی است یا خیر؟ میزان سرمایه خطرپذیر چه قدر است؟ کافی است یا خیر؟ سهولت دسترسی به این منابع را چگونه ارزیابی می‌کنید؟ آیا تربیت نیروی انسانی در حوزه‌ی آموزش و پژوهش مرتبط با فناوری به میزان کافی وجود دارد یا خیر؟ کیفیت منابع انسانی تربیت‌شده در چه سطحی است؟

سؤالات برای ارزشیابی کارکرد	مرحله‌ی دوم: موتور محرک کارآفرینی	
آیا همکاری‌های فناورانه بین بازیگران فعال در این زمینه اعم از خرید فناوری، لیسانس، همکاری تحقیق و توسعه و غیره وجود دارد یا خیر؟ همایش، کنفرانس و مجله‌ای در مورد این فناوری وجود دارد یا خیر؟ آیا نمایشگاه‌های تخصصی برای ارائه دستاوردهای کارآفرینی وجود دارد یا خیر؟	انتشار دانش	
آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک برای نظام وجود دارد؟ آیا فعالیت‌های کارآفرینی در این حوزه‌ی فناورانه جهت‌دهی شده است؟ آیا منابع مالی و انسانی در جهت توسعه فعالیت‌های است یا خیر؟ آیا سیاست‌های دولت در جهت حمایت از فعالیت‌های کارآفرینی هست یا خیر؟	جهت‌دهی به سیستم	
آیا سرمایه‌گذاری در تکنولوژی به عنوان یک تصمیم مشروع پذیرفته شده است؟ (مشروعیت‌بخشی اتفاق افتاده است یا خیر)؟ آیا مقاومت زیادی در جهت تغییر وجود دارد؟ این مقاومت از کجا نشأت می‌گیرد؟ آیا فعالیت‌های مشروعیت‌بخشی منجر به تخصیص منابع به فعالیت‌های کارآفرینی شده است یا خیر؟	مشروعیت‌بخشی	کارکردهای حاشیهای
آیا بازار اولیه شکل گرفته است؟ اندازه‌ی آن را چقدر است؟ آیا این بازار باعث جهت‌دهی به سیستم برای توسعه‌ی فعالیت‌های کارآفرینی شده است یا خیر؟ آیا جذابیت بازار باعث ورود کارآفرینان جدید شده است یا خیر؟	شکل‌دهی بازار	

جدول (۱-۵): سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور ساختاردهی به سیستم در مرحله سوم

سؤالات برای ارزشیابی کارکرد	مرحله‌ی سوم: موتور محرک ساختاردهی سیستم	
آیا کارآفرینان کافی در سیستم وجود دارند؟ کیفیت فعالیت‌های کارآفرینی در سیستم چه قدر است؟ آیا نرخ ورود کارآفرینان به حداکثر خود رسیده است؟ وضعیت آن‌ها چگونه است؟ آیا کارآفرینان از سیستم خارج می‌شوند؟	کارآفرینی	کارکردهای کلیدی
آیا استفاده از این فناوری از مشروعیت و مقبولیت قابل قبول برخوردار شده است؟ آیا فعالیت‌های مشروعیت‌بخشی منجر به تخصیص و تأمین منابع مالی مورد نیاز کارآفرینان شده است؟ آیا فعالیت‌های مشروعیت‌بخشی منجر به تصویب برنامه‌های حمایتی و بلندمدت و تصویب استراتژی‌های کلان از طرف دولت در جهت حمایت از فعالیت‌های کارآفرینی شده است؟ آیا فعالیت‌های مشروعیت‌بخشی منجر به رونق بازار شده است؟	مشروعیت‌بخشی	کارکردهای حمایتی

سؤالات برای ارزشیابی کارکرد	مرحله‌ی سوم: موتور محرک ساختاردهی سیستم	
آیا استراتژی‌های کلان و سیاست‌ها، برنامه‌ها و اقدامات دولت جهت حمایت و پشتیبانی بلندمدت از فعالیت‌های کارآفرینی تدوین شده است؟	جهت‌دهی به سیستم	
آیا منابع مالی کافی برای توسعه فعالیت‌های کارآفرینی توسط دولت، سازمان‌های مالی خصوصی و اشخاص حقیقی تخصیص داده شده است؟ سهولت دسترسی به این منابع چگونه است؟ آیا نیروی انسانی متخصص برای توسعه فعالیت‌های کارآفرینی کافی است؟ کیفیت آن‌ها چگونه است؟	تأمین و تسهیل منابع	
آیا بازار انبوه در حال شکل‌گیری می‌باشد؟ اندازه بازار کدام است؟ (نیچ/توسعه یافته) کاربران چه کسانی هستند؟ (بالفعل و بالقوه) رهبر بازار چه کسی است؟ (دولت/ واحدهای خصوصی) آیا رهبری بازار از دولت به شرکت‌های خصوصی انتقال یافته است؟	شکل‌دهی به بازار	کارکردهای حاشیهای

جدول (۱-۶): سؤالات برای ارزشیابی کارکردهای موتور شکل‌دهی به بازار در مرحله چهارم

سؤالات برای ارزشیابی کارکرد	مرحله‌ی چهارم: موتور محرک بازار	
آیا رهبری بازار کاملاً به بخش خصوصی انتقال یافته است؟ آیا بازار انبوه شکل گرفته است؟ اندازه بازار کدام است؟ (نیچ/توسعه یافته) کاربران چه کسانی هستند؟ (بالفعل و بالقوه) آیا لازم است که یک بازار جدید ایجاد شود یا بازار موجود گسترش یابد؟	شکل‌دهی به بازار	کارکردهای کلیدی
آیا کارآفرینان کافی در سیستم وجود دارند؟ کیفیت فعالیت‌های کارآفرینی در سیستم چه قدر است؟ نرخ ورود کارآفرینان چگونه است؟ آیا کارآفرینان از سیستم خارج می‌شوند؟	کارکرد کارآفرینی	کارکردهای حمایتی
آیا قوانین و مقررات (از جنس تنظیم‌گری) در جهت حمایت و پشتیبانی از فعالیت‌های کارآفرینی و جهت‌دهی به بازار تدوین شده است؟	جهت‌دهی به سیستم	کارکردهای حاشیهای

سؤالات برای ارزشیابی کارکرد	مرحله‌ی موتور محرک بازار: چهارم	
<p>اندازه بازار کدام است؟ (نیچ/توسعه‌یافته) کاربران چه کسانی هستند؟ (بالفعل و بالقوه) رهبر بازار چه کسی است؟ (دولت/ واحدهای خصوصی) آیا محرک‌ها / موانع نهادی برای شکل‌گیری بازار وجود دارد؟ آیا لازم است که یک بازار جدید ایجاد شود یا بازار موجود گسترش یابد؟</p>	<p>توسعه و تعمیر و نگهداری</p>	

۱-۴-۴- پایش و جمع‌بندی نظرات خبرگان

در این مرحله بر اساس پاسخ‌های خبرگان مختلف فناوری مدنظر به سؤالات، کلیه موانع و چالش‌های مورد نظر خبرگان و متخصصان استخراج می‌شود. در ادامه با جمع‌بندی نظرات خبرگان حوزه مدنظر موانع و چالش‌های توسعه فناوری پس از پالایش و حذف موارد تکراری، تعیین می‌گردد.

۱-۴-۵- تدوین سیاست‌ها و اقدامات

سیاست‌ها و اقدامات مجموعه‌ای از طرح‌ها و برنامه‌های اجرایی هستند که به تحقق راهبردها و دستیابی به اهداف کمک می‌کنند. سیاست‌ها رویکردهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند و اقدامات طرح‌ها و برنامه‌هایی جهت تحقق سیاست‌ها می‌باشند از این رو می‌توان گفت که اقدامات راهکارهایی جهت رفع موانع توسعه یک فناوری هستند. همان طور که در شکل (۱-۳) نشان داده شده است سیاست‌ها و اقدامات مورد نیاز بر اساس فهرست چالش‌ها و موانع شناسایی شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود. این اقدامات به دو دسته اقدامات غیرفنی و اقدامات فنی تقسیم می‌شود. اقدامات غیرفنی شامل چهار دسته اقدامات مربوط به کارکردهای مختلف مؤثر در موتور توسعه فناوری می‌باشند. اقدامات فنی اقدامات برگرفته شده از راهبردهای توسعه فناوری مدنظر بوده و در جهت تحقق راهبردها تدوین می‌گردند.

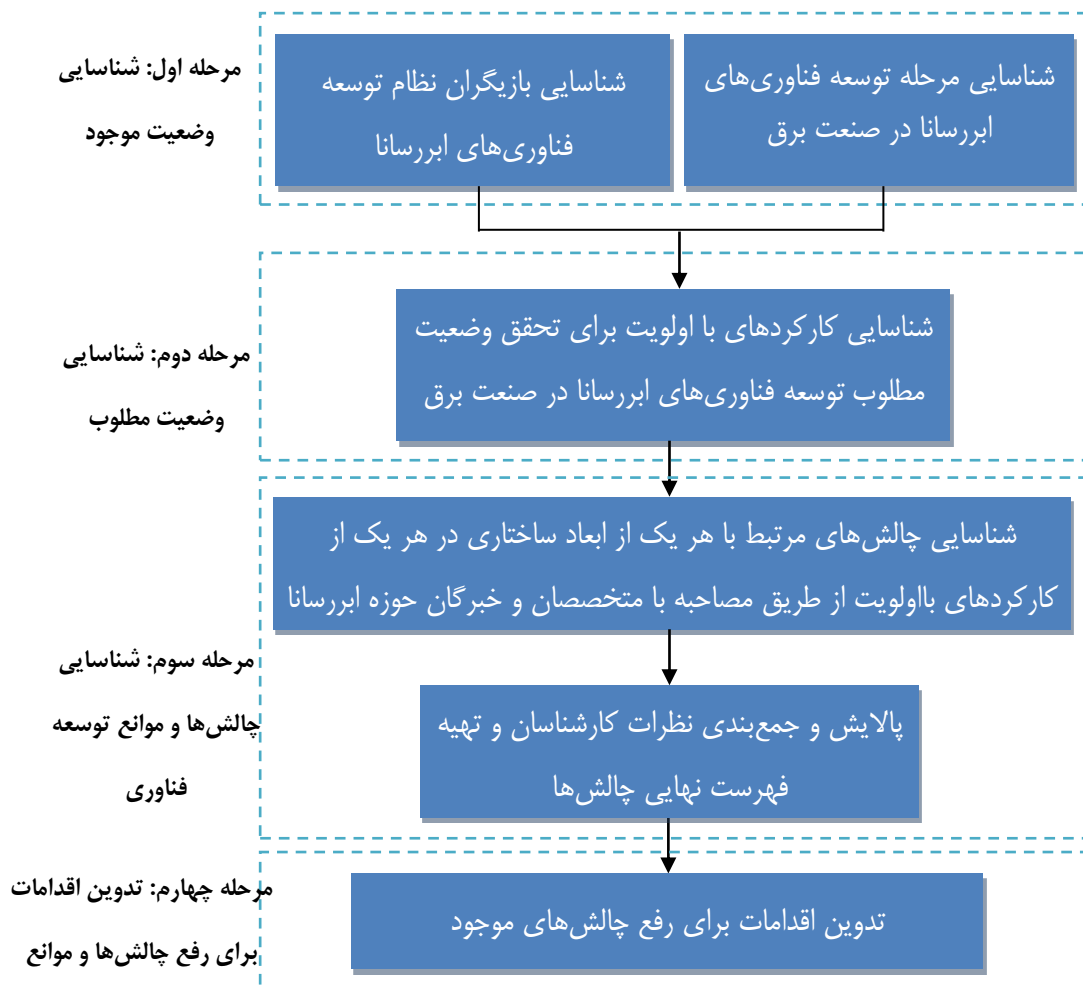
۲- فصل دوم: تدوین اقدامات توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

۱-۲- مقدمه

همان طور که در فصل قبل (

شکل (۱-۲)) اشاره شد به منظور تدوین سیاست‌ها و اقدامات در مرحله اول باید چالش‌ها و موانع پیشروی توسعه فناوری را شناسایی نمود. چالش‌ها و موانع پیشروی شناسایی شده در واقع مجموعه‌ای از مشکلات موجود در مسیر تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند هستند و از آنجایی که سیاست‌ها و اقدامات رویکردهایی در جهت رفع این چالش‌ها و موانع می‌باشند، می‌توان نتیجه گرفت که سیاست‌ها و اقدامات در جهت تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند تدوین می‌شوند. همان طور که در بخش قبل اشاره شد مبنای تدوین اقدامات در این سند، نظام نوآوری فناورانه (TIS) بوده و فرایند تدوین آن‌ها در

شکل (۱-۲) نشان داده شده است.



شکل (۱-۲): فرایند تدوین اقدامات توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

۲-۲- شناسایی وضعیت موجود توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

همان طور که اشاره شد در مرحله اول فرایند تدوین اقدامات، وضعیت موجود توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت شناسایی می‌شود. این کار بر مبنای شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق و نیز بازیگران نظام توسعه این سیستم‌ها در کشور انجام می‌شود که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۲-۲-۱- بازیگران نظام توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

همان طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد نظام نوآوری فناوری 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، مؤسسات مالی، مؤسسات حقوقی و ... باشند. در مرحله اول باید مرحله توسعه فناوری را تعیین نمود. با توجه به ویژگی‌ها و شاخص‌های مختلف فناوری‌های ابررسانا در ایران مشخص می‌گردد که فناوری‌های تولید مواد ابررسانا و به‌کارگیری این مواد در تجهیزات صنعت برق در مرحله پیش توسعه می‌باشد. از آنجایی که در مرحله پیش توسعه فقط چهار کارکرد توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین منابع و جهت‌دهی به سیستم فعال هستند، به منظور بررسی وضعیت کنونی، بازیگران و چالش‌های توسعه فناوری ابررسانا این چهار کارکرد مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در این گام، بازیگران نظام توسعه فناوری‌های ابررسانا در حوزه‌های تحقیق و توسعه، انتشار دانش، تأمین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات و سیاست‌گذاری و جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری‌های ابررسانا مشخص شده‌اند.

۲-۲-۱-۱- بازیگران زمینه توسعه دانش

بر اساس اطلاعات موجود بازیگران موجود در زمینه توسعه دانش و فعالیت‌های تحقیق و توسعه در ارتباط با فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به شرح ذیل هستند:

- پژوهشگاه‌ها: پژوهشگاه نیرو، پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشگاه‌های دانش‌های بنیادین، مرکز تحقیقات شرکت توانیر، دفتر مهندسی مرکز همکاری‌های ریاست جمهوری، ایران ترانسفو انجمن سیم و کابل ایران.
- دانشگاه‌ها: دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه زنجان، دانشگاه تهران، دانشگاه علم و صنعت، دانشگاه الزهراء، دانشگاه شهید بهشتی، دانشگاه ارومیه، دانشگاه تبریز، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه کاشان، دانشگاه علوم و تحقیقات، دانشگاه یزد و دانشگاه بیرجند.

۲-۲-۱-۲- بازیگران در زمینه انتشار دانش

بازیگران موجود در زمینه انتشار دانش در ارتباط با فناوری‌های ابررسانا به شرح ذیل هستند:

- دانشگاه شهید چمران اهواز (برگزاری دومین کنفرانس ملی پیشرفت‌های ابررسانایی)
- دانشگاه کاشان (برگزاری سومین کنفرانس ملی پیشرفت‌های ابررسانایی).

- انجمن فیزیک ایران (برگزاری کنفرانس‌های ملی پیشرفت‌های ابررسانایی).
- پژوهشگاه‌های دانش‌های بنیادین (همکاری در برگزاری سومین کنفرانس ملی پیشرفت‌های ابررسانایی)
- دانشگاه صنعتی شریف (برگزاری اولین و چهارمین کنفرانس ملی پیشرفت‌های ابررسانایی)
- دانشگاه شیراز (برگزاری همایش بررسی ابررسانایی)
- دبیرخانه کنفرانس بین‌المللی برق (توانیر) (بالقوه)
- دبیرخانه کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق (توانیر) (بالقوه)
- دبیرخانه کنفرانس ملی نیروگاه‌های برق (انجمن مهندسين برق و الکترونیک ایران) (بالقوه)
- انجمن علوم و فناوری سطح ایران (بالقوه)

۲-۲-۱-۳- بازیگران در زمینه تأمین منابع

بازیگران موجود در زمینه تأمین منابع مورد نیاز فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق اعم از منابع انسانی، مالی و مواد و تجهیزات به شرح ذیل هستند:

- منابع مالی:

- صندوق مهر امام رضا (ع) (اعطای وام کم بهره به تحقیقات)، بانک‌ها و مؤسسات اعتباری، صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران، صندوق توسعه فناوری‌های نوین، صندوق حمایت از طرح‌های نوآورانه در پژوهشگاه نیرو، توانیر، مرکز تحقیقات شرکت توانیر، پژوهشگاه مواد و انرژی، دفتر مهندسی مرکز همکاری‌های ریاست جمهوری،

- منابع انسانی:

- دانشگاه‌ها: دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشگاه صنعتی شریف، دانشگاه تهران، دانشگاه علم و صنعت، دانشگاه الزهراء، دانشگاه شهید بهشتی، دانشگاه ارومیه، دانشگاه تبریز، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشگاه زنجان، دانشگاه کاشان، دانشگاه علوم و تحقیقات، دانشگاه یزد و دانشگاه بیرجند.
- پژوهشگاه‌ها: پژوهشگاه نیرو، پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشگاه‌های دانش‌های بنیادین، مرکز تحقیقات شرکت توانیر، دفتر مهندسی مرکز همکاری‌های ریاست جمهوری، ایران ترانسفو انجمن سیم و کابل ایران.

- منابع مواد و قطعات:

- شرکت‌های تأمین‌کننده مواد و تجهیزات آزمایشگاهی فیزیک
- شرکت‌های تأمین‌کننده تجهیزات خطوط توزیع و انتقال نیرو

۲-۲-۱-۴- بازیگران در زمینه جهت‌دهی به سیستم

در زمینه جهت‌دهی به سیستم، در حال حاضر این بخش‌ها در وزارت نیرو فعال هستند.

- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
- وزارت نیرو (دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری)
- معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
- توانیر (دفتر پشتیبانی فنی تولید)
- پژوهشگاه نیرو
- شورای سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور
- انجمن فیزیک ایران

خلاصه اطلاعات مربوط به بازیگران توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق در جدول (۲-۱) ارائه شده است:

جدول (۲-۱): بازیگران و ذینفعان فعال در حوزه فناوری‌های ابررسانا.

ردیف	نام مرکز	نوع خدمات	افراد فعال
۱	دانشگاه صنعتی اصفهان	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر هادی سلامتی، دکتر عبدالحسینی و دکتر کاملی
۲	دانشگاه کاشان	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر بهرام خوشنویسان
۳	دانشگاه صنعتی شریف	تحقیقات، انتشار دانش و تأمین نیروی انسانی	دکتر دادمهر، دکتر فرید، دکتر وکیلپان و دکتر اخوان
۴	دانشگاه الزهرا	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر دادمهر و دکتر دادرس
۵	دانشگاه شهید بهشتی	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر حکمتی
۶	دانشگاه ارومیه	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر صدقی
۷	دانشگاه شیراز	انتشار دانش	دکتر غلامحسین بردبار
۸	دانشگاه شهید چمران اهواز	تحقیقات، انتشار دانش و تأمین نیروی انسانی	دکتر فرید، دکتر زرگر
۹	دانشگاه فردوسی مشهد	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر عربی
۱۰	دانشگاه تبریز	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر رنجبر
۱۱	دانشگاه بیرجند	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر امیرآبادی زاده
۱۲	دانشگاه یزد	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر مفتخرزاده
۱۳	دانشگاه تهران	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر سررشته‌داری
۱۴	دانشگاه علم و صنعت	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر بیت‌الهی، دکتر جوادپور و دکتر ابریشمی‌فر
۱۵	دانشگاه بین‌المللی قزوین	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر رجبی و دکتر صدقی
۱۶	مرکز تحقیقات شرکت توانیر	تحقیقات و نظارت	مهندس ده‌آفرین

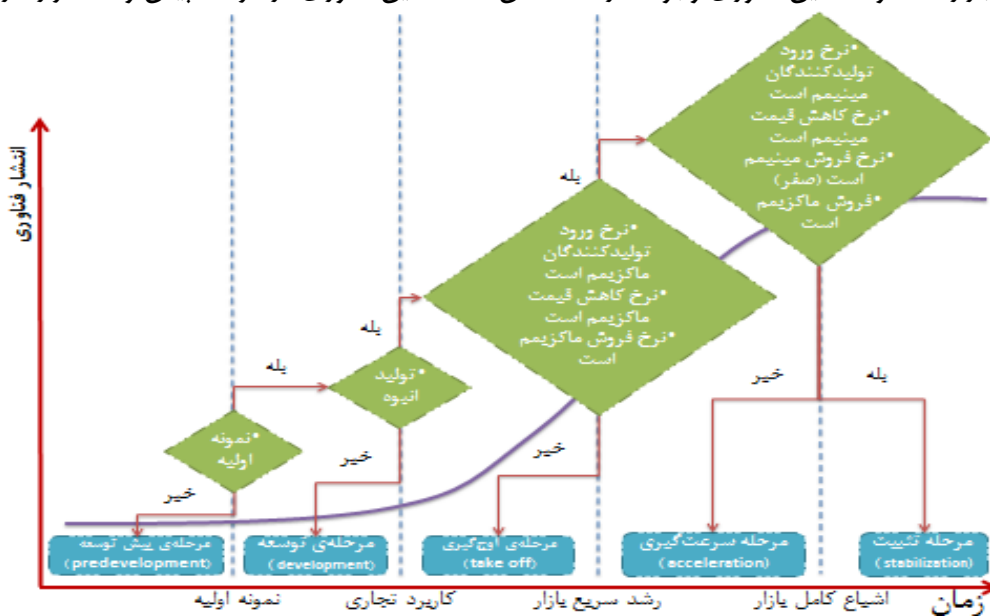
ردیف	نام مرکز	نوع خدمات	افراد فعال
۱۷	دفتر مهندسی مرکز همکاری‌های ریاست جمهوری	تحقیقات و جهت‌دهی به سیستم	مهندس دهقانی
۱۸	پژوهشگاه مواد و انرژی	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر آقای
۱۹	انجمن سیم و کابل ایران	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	مهندس شمس
۲۰	ایران ترانسفو	تحقیقات	-
۲۱	پژوهشگاه نیرو	تحقیقات و جهت‌دهی به سیستم	-
۲۲	دانشگاه علوم و تحقیقات	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر مرتضی خیاط، مهندس صدف طایفه و مهندس حمیده منصوری
۲۳	دانشگاه زنجان	تحقیقات و تأمین نیروی انسانی	دکتر می روحید حسینی
۲۴	پژوهشگاه‌های دانش‌های بنیادین	تحقیقات، انتشار دانش و تأمین نیروی انسانی	-
۲۵	مرکز تحقیقات شرکت توانیر	تحقیقات، تأمین منابع و تأمین نیروی انسانی	-
۲۶	انجمن فیزیک ایران	انتشار دانش و جهت‌دهی به سیستم	-
۲۷	دبیرخانه کنفرانس بین‌المللی برق	انتشار دانش	-
۲۸	انجمن علوم و فناوری سطح ایران	انتشار دانش	-
۲۹	دبیرخانه کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق	انتشار دانش	-
۳۰	دبیرخانه کنفرانس ملی نیروگاه‌های برق (انجمن مهندسیین برق و الکترونیک ایران)	انتشار دانش	-
۳۱	صندوق مهر امام رضا (ع)	تأمین منابع مالی	-
۳۲	بانک‌ها و مؤسسات اعتباری	تأمین منابع مالی	-
۳۳	صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور	تأمین منابع مالی	-
۳۴	صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران	تأمین منابع مالی	-
۳۵	صندوق توسعه فناوری‌های نوین	تأمین منابع مالی	-
۳۶	صندوق حمایت از طرح‌های نوآورانه در پژوهشگاه نیرو	تأمین منابع مالی	-
۳۷	توانیر	تأمین منابع مالی و جهت‌دهی به سیستم	-
۳۸	شرکت‌های تأمین‌کننده مواد و تجهیزات آزمایشگاهی فیزیک	تأمین مواد و قطعات	-
۳۹	شرکت‌های تأمین‌کننده تجهیزات	تأمین مواد و قطعات	-

ردیف	نام مرکز	نوع خدمات	افراد فعال
	خطوط توزیع و انتقال نیرو		
۴۰	وزارت علوم، تحقیقات و فناوری	جهت‌دهی به سیستم	-
۴۱	وزارت نیرو (دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری)	جهت‌دهی به سیستم	-
۴۲	معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری	جهت‌دهی به سیستم	-
۴۳	شورای سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور	جهت‌دهی به سیستم	-

همان طور که در جدول (۲-۱) مشاهده می‌شود اکثر بازیگران فعال در حوزه ابررسانا دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و پژوهشگاه‌ها در حوزه ابررسانا فعال بوده و اکثر فعالیت‌ها شامل انجام تحقیقات و مطالعات در این زمینه می‌باشد.

۲-۲-۲- شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های ابررسانا

همان طور که در بخش‌های قبلی اشاره گردید در تعیین وضعیت موجود توسعه فناوری، علاوه بر تعیین بازیگران مختلف حوزه مدنظر باید مرحله توسعه فناوری‌های ابررسانا را تعیین نمود. با توجه به وضعیت شاخص‌های توسعه فناوری (شکل (۲-۲) و جدول (۲-۱)) و نظرات خبرگان مشخص شد که با توجه به اینکه نمونه اولیه سیستم ساخته نشده، قوانین، دستورالعمل‌ها و استانداردهای مربوط به این حوزه یا محدود است یا اصلاً تدوین نشده، بازیگران اصلی توسعه فناوری دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی بوده و بازار محصولات این فناوری وجود ندارد مشخص شد که این فناوری در مرحله پیش توسعه قرار دارد.



شکل (۲-۲): نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه

۲-۳- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

همان طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد در مرحله پیش‌توسعه کارکردهای مؤثر عبارت‌اند از: توسعه دانش (کارکرد کلیدی)، انتشار دانش و بسیج منابع (کارکردهای حمایتی) و جهت‌دهی به سیستم (کارکرد حاشیه‌ای). به منظور توسعه فناوری و انتقال فناوری از مرحله پیش‌توسعه به توسعه باید چالش‌ها، مشکلات و موانع موجود در ابعاد ساختاری چهار کارکرد ذکر شده تعیین و مرتفع شوند.

۲-۴- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ابررسانا

در گام قبلی مشخص شد که کارکردهای توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین منابع و جهت‌دهی به سیستم به عنوان کارکردهای با اولویت شناسایی شدند. در این گام با استفاده از یک تحلیل ساختاری-کارکردی، چالش‌ها و موانع پیش روی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق شناسایی شده است. همان طور که پیش‌تر بیان شد این چالش‌ها از طریق مصاحبه با ۹ نفر از خبرگان و کارشناسان آشنا با این حوزه استخراج شده است. اسامی این افراد در ادامه ارائه شده است:

- سرکار خانم دکتر ریاحی (مدیر گروه مواد غیرفلزی پژوهشگاه نیرو)
- جناب آقای دکتر فردمنش (عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شریف)
- جناب آقای دکتر حکمتی (عضو هیأت علمی دانشگاه شهید بهشتی)
- جناب آقای دکتر دادمهر (عضو هیأت علمی دانشگاه الزهرا)
- جناب آقای مهندس ژام (رئیس مرکز شیمی و مواد غیرفلزی پژوهشگاه نیرو)
- جناب آقای مهندس فلاح (دانشجوی دکتری رشته مواد، گرایش ابررسانا)
- جناب آقای دکتر رجبی (عضو هیأت علمی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین)
- جناب آقای دکتر فرید (عضو هیأت علمی دانشگاه شهید چمران)
- جناب آقای دکتر زرگر شوشتری (عضو هیأت علمی دانشگاه شهید چمران)

همان‌گونه که در فصل قبل اشاره شد به منظور شناسایی و تعیین چالش‌ها و موانع پیشروی توسعه فناوری سؤالات مختلفی در رابطه با وجود، تعداد و کیفیت ابعاد ساختاری هر یک از چهار کارکرد مؤثر در مرحله پیش‌توسعه طرح شد و در جلسات مصاحبه این سؤالات از خبرگان و کارشناسان فوق‌الذکر پرسیده شد. در ادامه خلاصه‌ای از مصاحبات صورت گرفته ارائه شده است.

۲-۴-۱- سرکار خانم دکتر ریاحی

دانش فنی موجود در کشور بنیادی است و کاربردی نیست، البته از لحاظ بنیادی نیز در هر پنج دسته فناوری به شدت از سایر کشورهای جهان عقب هستیم. در سطح صنعتی و کاربردی فعالیتی در کشور انجام نشده است.	دانش فنی موجود در کشور بنیادی است یا کاربردی (توانمندی)
به لحاظ دانشی دانشگاه‌ها در حال کار کردن هستند ولی فاصله زیادی با علم روز دنیا وجود دارد و در مجموع	به کارگیری فناوری‌ها در کشور در چه

می‌توان گفت که دانش فنی موجود در کشور بنیادی است.	سطحی قرار دارد؟
از نظر تعداد دانشگاه‌ها می‌توان گفت به تعداد دانشگاه فعال در زمینه ابررسانا کم است، به گونه‌ای که تعداد مقالات، پروژه‌ها و اختراعات ثبت شده در این زمینه بسیار اندک است. از جمله دانشگاه‌های فعال در این زمینه می‌توان به دانشگاه صنعتی اصفهان، چمران اهواز، فردوسی مشهد، شهید بهشتی، صنعتی شریف، دانشگاه ارومیه اشاره کرد	برای توسعه و انتشار دانش در حوزه ابررسانا، به اندازه کافی بازیگر و یا نهاد متولی وجود دارد؟
<p>کیفیت فعالیت دانشگاه‌ها در اندازه دانشگاهی است و دید دانشگاهی صنعتی نیست، ما در هر پنج شاخه فناوری ابررسانا بسیار عقب‌تر از کشورهای پیشرو هستیم، حتی فعالیت‌هایی که در دانشگاه‌ها انجام می‌شوند آن قدر ابتدایی است که نمی‌توان آن‌ها را جز پنج شاخه اصلی ابررسانا دسته‌بندی کرد. به عنوان مثال در اکثر دانشگاه‌ها در حد ساخت پودر ابررسانا و بررسی خواص آن مطالعاتی انجام شده است و در زمینه تهیه مواد اولیه برای صنعتی کردن و تولید سیم ابررسانا فعالیتی انجام نشده است. البته فعالیت‌های انگشت‌شماری آن هم در مقیاس کم و در تعداد اندکی از دانشگاه‌ها انجام شده است.</p> <p>دلیل اصلی عدم فعالیت‌هایی در مقیاس نیمه‌صنعتی و صنعتی می‌تواند ناشی از جدید بودن فناوری در سطح دنیا و ریسک‌پذیر نبودن صنعت برای فعالیت در این حوزه باشد. یکی از راهکارهای مناسب برای حل این معضل ورود دولت به صنعت ابررسانا و حمایت از توسعه آن است، که چنین رویکردی در کشورهای دیگر وجود دارد.</p> <p>مشکل اصلی دانشگاه‌ها نبود تجهیزات آزمایشگاه‌ها، زیرساخت‌های مورد نیاز برای تحقیق و عدم جهت‌دهی مناسب به فعالیت‌ها است و گرنه توان دانشگاه‌ها نسبتاً خوب است اما به دلیل اینکه از طرف صنعت درخواستی وجود ندارند، دانشگاه‌ها بیشتر با توجه به دارایی‌های و صلاحیت خود و بر پایه کارهایی که در سطح دنیا انجام می‌شود پروژه‌هایی را تعریف کرده و انجام می‌دهند.</p>	کیفیت بازیگران فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟
هیچ‌گونه قانون حمایتی در زمینه تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا در کشور وجود ندارد و تقریباً می‌توان گفت که از تحقیقات حوزه ابررسانا اصلاً حمایتی صورت نمی‌گیرد، مثلاً در زمینه نانو ما یک ستاد نانو داریم که یک حمایت‌هایی در زمینه نانو انجام می‌دهد ولی اگر یک ستاد این‌گونه در ابررسانا باشد می‌تواند مفید واقع شده و سبب پیشرفت در فناوری‌های ابررسانا شود و اثر مهم این ستاد هم می‌تواند جهت‌دهی به فعالیت‌های دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی باشد. دلیل اینکه دانشگاه‌های ما در زمینه ابررسانا ضعیف هستند عقب‌ماندگی آن‌ها نیست بلکه به دلیل این است که دانشگاه‌ها در این زمینه کار نمی‌کنند.	سیاست‌های کشور (قوانین و مقررات) را در زمینه توسعه دانش چگونه ارزیابی می‌کنید و کیفیت آن چقدر است

<p>زیرساخت‌های موجود بسیار اندک بوده و نیاز به ایجاد آزمایشگاه‌های مجهز و توانا در این زمینه در کشور به شدت احساس می‌شود. در حال حاضر به جرئت می‌توان گفت که دو آزمایشگاه مجهز در این زمینه در کشور وجود ندارد. بحث دیگر وارد کردن صنعت در این زمینه است که باز هم این صنعت بدون حمایت دولتی توسعه پیدا نمی‌کند و همان طور که اشاره شد دلیل اصلی عدم توجه صنعت به این حوزه ریسک بالا استفاده از فناوری‌های ابررسانا در صنعت می‌باشد.</p> <p>از سوی دیگر به دلیل هزینه بالای تجهیزات و زیرساخت‌های مورد نیاز برای تحقیق و توسعه کاربردی ابررسانا در کشور، امکان تهیه این تجهیزات و زیرساخت‌ها در دانشگاه‌ها وجود ندارد. از سوی دیگر نیاز به آموزش افراد متخصص با دید صنعتی در این زمینه احساس می‌شود. مباحث موجود در این زمینه در کتاب‌های درسی بسیار کوتاه بیان شده است، از این رو می‌توان پیشنهاد داد که مثل نانو رشته دانشگاهی در زمینه ابررسانا ایجاد شود.</p>	<p>چه زیرساخت‌هایی اعم از فیزیکی، دانشی، مالی برای بهتر شدن فعالیت‌های پژوهشی نیاز است؟ زیرساخت‌های موجود کنونی از نظر کمیت و کیفیت چگونه‌اند؟</p>
<p>تعداد همایش‌ها و کنفرانس‌های برگزار شده بسیار کم است که دلیل اصلی آن عدم حمایت مالی از همایش‌های مرتبط با این حوزه توسط سازمان‌های دولتی و صنایع مرتبط می‌باشد. مجله‌ای در این حوزه وجود ندارد البته تعداد مقالات و فعالیت‌های پژوهشی انجام شده در این حوزه کم است، تعداد مقالات موجود بسیار اندک است و برای ایجاد مجله مرتبط در کشور مناسب نیست. دوره‌های آموزشی برگزار شده نیز بسیار کم و با کیفیت پایین بوده (در حد آشنایی با ابررسانا)، البته تعداد افراد توانا برای برگزاری کلاس‌ها و دوره‌های آموزشی در کشور کافی است اما دلیل برگزاری کم کلاس‌ها تقاضای کم افراد علاقمند برای شرکت در این دوره‌ها می‌باشد.</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه انتشار دانش ابررسانا در کشور چگونه است؟</p>
<p>من ارتباط چندانی ندیدم و ممکن است که به دلیل شرایط ایران باشد، مثال تا زمانی که به چمران نرفته بودیم از فعالیت اساتید این دانشگاه در این زمینه آگاهی نداشتیم و سایر بازیگران این حوزه اطلاعی در رابطه با فعالیت‌های این دانشگاه در اختیار ما قرار ندادند. دانشگاه‌ها و اساتید فعال در این زمینه تعامل و ارتباط مناسبی با یکدیگر ندارند و هر کدام از فعالیت‌ها و حوزه تحقیقاتی خودشان را کامل می‌دانند و با هم ارتباط علمی ندارند.</p> <p>در زمینه ابررسانا اساتید فیزیکی و برق کار می‌کنند که هر کدام از آن‌ها فعالیت‌های گروه دیگر را از لحاظ علمی قبول ندارد و حتی در بین خود اساتید فیزیکی هم این عدم ارتباط وجود دارد.</p> <p>به نظر بنده راهکار مناسب برای افزایش تعاملات بین بازیگران حوزه ابررسانا می‌تواند از یک حمایت منسجم استفاده کرد، این حمایت می‌تواند سبب افزایش ارتباط بین این افراد شود. از سوی دیگر تدوین یک نقشه‌راه برای توسعه فناوری‌های ابررسانا و تعیین فعالیت‌های هر دسته از بازیگران می‌تواند سبب افزایش ارتباط بین بازیگران شود. مشابه چنین کاری در رابطه با بحث نانو صورت گرفته است، در آن حوزه نیز اساتید ممکن است که اتفاق نظر نداشته باشند و نخواهند با هم ارتباط داشته باشند ولی چون آن‌ها از یک منبع (ستاد نانو) تغذیه می‌شوند با هم ارتباط دارند و حتی مرکز می‌تواند آن‌ها را مجبور به همکاری نماید.</p>	<p>تعاملات بازیگران مختلف حوزه توسعه و انتشار دانش ابررسانا با یکدیگر چگونه است؟</p>

<p>در زمینه پژوهشی به نسبت کاربردی بهتر است ولی در زمینه‌های کاربردی و پایلوت وضع بسیار وخیم است و هیچ منبع مالی برای تأمین نیازها وجود ندارد. حمایت‌های انجام شده از فعالیت‌های پژوهشی نیز در حد حمایت از پایان‌نامه‌های دانشگاهی بوده و بودجه کلانی به این حوزه تخصیص داده نشده است. تنها فعالیت انجام شده در خصوص حمایت مالی از طرف توانیر و پژوهشگاه نیرو بوده است، که مقدار این حمایت‌ها بسیار کم و ناچیز بوده است و نیاز به حمایت بیشتر وجود دارد.</p> <p>دلیل اندک بودن حمایت‌های مالی انجام شده این است که بازیگران فعال در این حوزه که شامل توانیر، پژوهشگاه نیرو دانشگاه‌ها ردیف بودجه خاصی برای حمایت از این حوزه ندارند و از سوی دیگر سیاست، قانون و یا هنجاری برای تخصیص بودجه تحقیقاتی به این حوزه در کشور وجود ندارد. با توجه به نوظهور بودن فناوری‌های ابررسانا و با تأکید بر قوانین منطبق بر حمایت از فناوری‌های پیشرفته در کشور می‌توان به تأمین منابع مالی پرداخت. البته باید در نظر داشت که حمایت‌ها باید به سمت کسب دانش کاربردی و صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا پیش رود. باید توجه داشت که مسلماً اگر بخواهد به تولید تجهیزات ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی برسیم باید مسیر آزمایشگاهی را طی کند ولی سرمایه‌گذاری و حمایت از تحقیقات دانشگاهی با این دید صنعتی‌سازی انجام شود نه فقط به منظور بررسی برخی خواص مواد جدید سنتزی.</p>	<p>میزان منابع مالی در زمینه ابررسانا در زمینه‌های پژوهشی و کاربردی و پایلوت چگونه است؟</p>
<p>متأسفانه همان طور که قبلاً گفتیم نه واحد مجزا و نه گرایشی مختص دانش ابررسانا وجود دارد به دلیل تعداد افراد متخصص آموزش دیده در این زمینه کم است، که دلیل این امر نبود جاذبه‌های مختلف خصوصاً مادی در این زمینه است. به عنوان مثال حمایت‌ها ستاد نانو از تحقیقات انجام شده در این حوزه سبب گرایش محققان زیادی برای فعالیت در آن زمینه شده است. از این رو افرادی که وارد ابررسانا شده و در این حوزه فعالیت می‌کنند، با انگیزه شخصی وارد این حوزه شده‌اند و معمولاً خودشان تمایل به فعالیت در این زمینه دارند. افراد فعال در این حوزه از دانش کافی در سطح مطلوب برخوردار هستند ولی به منظور اثربخشی بیشتر و توسعه سریع‌تر فناوری نیاز شدید به حمایت دارند. به منظور صنعتی‌سازی نیاز به حمایت در سه حوزه تجهیزاتی و مالی و دانشی به شدت احساس می‌شود.</p>	<p>به نظر شما وضعیت آموزش نیروهای متخصص در کشور از نظر کمی و کیفی چگونه است؟</p>
<p>در بخش تولید مواد ابررسانا در سطح آزمایشگاهی فعالیت‌های زیادی صورت گرفته و تقریباً دانش تولید این مواد خصوصاً دما بالا وجود دارد و در صورتی که قصد تولید مواد ابررسانا در مقیاس صنعتی وجود داشته باشد می‌توان با انجام فعالیت‌هایی این توانمندی را در کشور ایجاد کرد. اما در زمینه ساخت و تولید سیم و تجهیزات مبتنی بر ابررسانا در کشور فعالیتی انجام نشده است که امر مهم کاربردی کردن دانش ابررسانا در کشور است. البته نیازی از سوی صنعت وجود نداشته تا تحقیقات و فعالیت‌ها در جهت رفع آن نیازها باشد.</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه ابررسانا چه میزان منطبق بر نیازهای کشور است؟</p>
<p>واقعیت این‌طور است که خیلی جهت‌گیری‌ها بر اساس نیاز نیستند و بیشتر بر اساس سلیقه و توصیه اساتید هستند، در حال حاضر فقط توانیر و پژوهشگاه نیرو قادر به کنترل اندک فعالیت‌های بازیگران و جهت‌دهی به آن‌ها هستند ولی اگر یک ستادی مثل نانو تشکیل شود نتایج بسیار خوب و مناسبی حاصل می‌شود.</p>	<p>آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک در رابطه با فعالیت‌های</p>

<p>در سایر کشورها خصوصاً کشورهای پیشرو در حوزه ابررسانا بحث حمایت و جهت‌دهی بیشتر توسط دولت و شرکت‌های خصوصی بزرگ انجام می‌شود و با توجه به اینکه فناوری ابررسانا در این کشورها تا حدی صنعتی‌سازی شده است اعلام نیاز شرکت‌ها و صنایع به دانشگاه‌ها و مراکز فعال در این حوزه، فعالیت‌ها را جهت‌دهی می‌کند.</p>	<p>انجام شده وجود دارد؟ فعالیت‌های انجام شده در این حوزه جهت‌دهی شده است؟</p>
---	---

۲-۴-۲ - جناب آقایان دکتر فردمنش و دکتر حکمتی

<p>دانش فنی موجود در کشور از نظر کمی و کیفی در سطوحی که همه (اکثر) دانشگاه‌ها فعال هستند کمبودی وجود ندارد، اما گستره فناوری‌های ابررسانا از دانش تولید مواد تا ساخت تجهیزات را در نظر بگیریم، توزیع فعالیت‌ها در سطوح مختلف تکنولوژی کمبودهای زیادی در برخی از بخش‌ها وجود دارد. به عبارت دیگر اگر طیف تکنولوژی را در ابعاد مختلف بررسی کنیم مشاهده می‌کنیم که همه نیروهای لازم برای فعالیت در تمام حوزه‌ها را نداریم چون همه نیروها آموزش لازم را فعالیت در حوزه‌های مختلف ندیده‌اند و فقط در یکی-دو حوزه (مثل تولید پودر ابررسانا) دانش فنی وجود دارد. مثال یک نیرو در زمینه خودش نیروهای زیادی تربیت کرده و در نتیجه در یک بعد از تکنولوژی اطلاعات خیلی خوب داریم اما تکنولوژی یک زنجیر است که در این قسمت تراکم به وجود آمده اما در جاهای دیگر جای خالی زیادی وجود دارد.</p> <p>دانش فنی موجود در کشور بیشتر متمایل به دانش بنیادی است و اندکی کاربردی است، مثال در ابررسانا افراد زیادی فعالیت کرده‌اند اما هیچ کس به مرحله‌ای که نتیجه آن فعالیت، خاص و کاربردی باشد نرسیده است، دلیل این امر نبود دانش کاربردی کردن فناوری در میان بازیگران فعال است و از سوی دیگر می‌توان گفت که کاربردی کردن فناوری انرژی و علم خیلی کامل تری نیاز دارد. دلیل کمبود این دانش، ضعف دانشگاهیان و محققین نیست بلکه عدم حمایت و صبر سیستم است. هزینه سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای به کارگیری فناوری ابررسانا در تجهیزات مختلف بسیار بالا بوده و معمولاً خروجی حاصل از فعالیت در این زمینه نمود خارجی بزرگی ندارد از این رو صنعت و دولت‌مردان تمایل کمتری به فعالیت در این بخش از توسعه فناوری دارند.</p>	<p>دانش فنی موجود در کشور بنیادی است یا کاربردی (توانمندی به کارگیری فناورانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟</p>
<p>همان طور که اشاره شد بازیگران فعال در حوزه‌های خاص زیاد بوده و چگالی نقطه‌ای در جایی خیلی بالا اما در سایر بخش‌ها می‌توان گفت که هیچ بازیگری فعالیت ندارد. می‌توان گفت که همه دانشگاه‌های کشور در زمینه ابررسانا فعالیت می‌کنند اما فعالیت‌های آن‌ها همواره دچار همان مشکل توزیع در ابعاد مختلف صنعت می‌باشد و در واقع در زمینه ابررسانا با مشکل عدم توزیع مناسب فعالیت‌ها روبرو هستیم.</p>	<p>برای توسعه و انتشار دانش در حوزه ابررسانا، به اندازه کافی بازیگر و یا نهاد متولی وجود دارد؟</p>
<p>کیفیت فعالیت دانشگاه‌ها در زمینه‌هایی که فعال هستند بالا است اما در اکثر زمینه‌های فعالیتی وجود ندارد و بالطبع کیفیت فعالیت در آن حوزه‌ها معنی ندارد.</p>	<p>کیفیت بازیگران فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>

<p>هیچ‌گونه قانون حمایتی در زمینه تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا در کشور وجود ندارد و البته نیازی چندانی به وضع چنین قوانینی وجود ندارد زیرا فعالیت در حد پایان‌نامه خروجی مناسبی ندارد. سعی در انجام پایان‌نامه و تربیت این مدل نیروها، در نهایت سبب ایجاد مشکل و معضلات بیشتر در حوزه ابررسانا می‌شوند چون در جهت پیشرفت و توسعه صنعت ابررسانا (که هدف اصلی پروژه است) نیست. توزیع موضوع پایان‌نامه باید هدفمند باشد تا معضل ایجاد نشود. یکی از مشکلات بزرگ کشور نبود استاد و نیروی متخصص در برخی از زمینه‌های توسعه فناوری ابررسانا است، که همان طور که اشاره شد توزیع موضوعات پایان‌نامه بسیار کم است.</p>	<p>سیاست‌های کشور (قوانین و مقررات) در زمینه توسعه دانش (حمایت از پایان‌نامه‌ها) را چگونه ارزیابی می‌کنید و کیفیت آن چقدر است</p>
<p>همان طور که در مبحث بازیگران و فعالیت‌های آن‌ها اشاره شد زیرساخت‌های موجود نیز در برخی بخش‌ها (همان بخش‌هایی که فعالیت‌ها در آن انجام می‌پذیرد) زیاد است اما در بسیاری از بخش‌ها تجهیزات و زیرساخت‌ها وجود ندارد. یکی از دلایل اصلی فعالیت بازیگران در حوزه‌های خاص وجود تجهیزات مورد نیاز برای تحقیق و توسعه در آن زمینه‌ها است. با توجه به موارد ذکر شده نیاز به ایجاد زیرساخت‌های مختلف در زمینه‌های مختلف ابررسانا وجود دارد اما باید در نظر داشت که ایجاد زیرساخت‌ها باید کنترل شده و جهت‌دهی شده باشد.</p>	<p>چه زیرساخت‌هایی اعم از فیزیکی، دانشی، مالی برای بهتر شدن فعالیت‌های پژوهشی نیاز است؟ زیرساخت‌های موجود کنونی از نظر کمیت و کیفیت چگونه‌اند؟</p>
<p>تعداد همایش‌ها و کنفرانس‌های برگزار شده بسیار کم است اما با توجه به اینکه فعالیت‌های انجام شده در این زمینه کم است همین تعداد همایش و کنفرانس کافی، در حال حاضر افزایش تعداد کنفرانس و همایش سبب کاهش کیفیت آن‌ها شود. دوره‌های آموزشی کمی در کشور برگزار می‌گردد و افرادی که توانایی آموزش مباحث کاربردی در زمینه ابررسانا را داشته باشند بسیار اندک هستند. در کل نیرو کم نیست اما در زمینه نیروی متخصص آموزشی و حمایت از آن کمبود وجود دارد. همان طور که چندین بار اشاره شد توزیع نیرو در زمینه‌های مختلف ابررسانا نامناسب است و تجمع در برخی بخش‌ها بالا است درحالی‌که در سایر بخش‌ها تقریباً کسی فعالیت نمی‌کند.</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه انتشار دانش ابررسانا در کشور چگونه است؟</p>
<p>در بین بازیگران داخل کشور از آنجایی که همه موازی کاری می‌کنند نمی‌توانند با هم همکاری داشته باشند. در واقع نه تنها به هم دیگر نیاز ندارند بلکه برای یکدیگر نیز مشکل‌ساز هستند. در رابطه با کشورهای خارجی و بحث خرید لیسانس و انتقال فناوری مشکلات زیادی وجود دارد که دلیل اصلی آن تحریم‌های شدید است که با توجه به تحریم‌های موجود حتی در رابطه با فروش فناوری و تجهیزات ابررسانا به کشورهای دیگر مشکل داریم زیرا کشورهای دیگر هزینه دستگاه و فن آوری را نمی‌توانند مستقیماً به شرکت‌ها و افراد فعال در داخل کشور پرداخت کنند.</p> <p>برقراری تعاملات داخلی و خارجی می‌تواند بسیار مفید واقع شود چون به نظر بنده ذهنیتی که یک متخصص به افراد فعال در این زمینه می‌دهد جهت‌گیری و هدف فعالیت‌های آینده را مشخص می‌کند و بسیار مفید است.</p>	<p>تعاملات بازیگران مختلف حوزه توسعه و انتشار دانش ابررسانا با یکدیگر چگونه است؟</p>
<p>متأسفانه بودجه‌ها بسیار اندک است. دلیل اصلی کم بودن بودجه تخصیصی به این حوزه را می‌توان ناشی از دو</p>	<p>میزان منابع مالی در زمینه</p>

<p>مورد دانست: اولاً افراد و مجموعه‌هایی که بتوانند فعالیت تولید تجهیز ابررسانا را از ابتدا تا انتها برای مسئولین به نمایش بگذارند کم هستند، ثانیاً انجام فعالیت اجرای از ابتدا تا انتها سبب بالا رفتن هزینه می‌شود به خصوص در مورد فعالیت‌هایی که برای اولین بار قرار است به مرحله اجرا برسند. البته ریسک سرمایه‌گذاری در چنین پروژه‌هایی بسیار بالا است.</p> <p>مشخص است که اگر بودجه در دسترس باشد مشکلات مربوط به تأمین مواد اولیه، تجهیزات و ... با صرف هزینه بیشتر مرتفع می‌شود. در حال حاضر نهادی برای حمایت و تخصیص بودجه‌های تحقیقاتی در کشور وجود ندارد، در راه‌اندازی چنین نهادی باید توجه داشت که حتماً از افراد آگاه به صنعت و حوزه ابررسانا استفاده شود تا فعالیت‌ها و سرمایه‌گذاری‌های این نهاد در جهت درست انجام پذیرد.</p>	<p>ابررسانا در زمینه‌های پژوهشی و کاربردی و پایلوت چگونه است؟</p>
<p>باز هم مشکل توزیع وجود دارد. نیرو زیاد اما جذب آن‌ها برای فعالیت در زمینه‌های مرتبط کم است. در آموزش نیروها باید فازها و مراحل مختلف صنعت ابررسانا دیده شود. افراد باید در قسمت‌های مختلف مانند بخش‌های بنیادی، اثبات فناوری، کاربردی سازی و در نهایت صنعتی کردن آموزش داده شوند تا بتوانند در آینده در این بخش‌ها به فعالیت بپردازند.</p>	<p>به نظر شما وضعیت آموزش نیروهای متخصص در کشور از نظر کمی و کیفی چگونه است؟</p>
<p>نیاز به توسعه تکنولوژی در ایران بسیار بالا است و این فناوری بسیار پرکاربرد است. وزارت نیرو می‌تواند زمینه‌های تحقیقاتی با اولویت خود در زمینه کاربرد بعضی از فناوری در صنعت برق را تعیین کند و برای انجام آن‌ها فراخوان بدهد. البته لازمه این کار سرمایه‌گذاری زیاد در این حوزه است. در واقع نیازی از سوی صنعت و دولت نبوده تا فعالیت‌ها منطبق بر آن باشد.</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه ابررسانا چه میزان منطبق بر نیازهای کشور است؟</p>
<p>واقعیت این‌طور است فعالیت‌های بازیگران جهت‌گیری مناسبی ندارد و می‌توان برای جهت‌دهی از نهادی استفاده شود اما باید در نظر داشت که لازمه مؤثر بودن این راهکار وجود بینش و علم کافی در بین اعضای نهاد یا سازمان مسئول در رابطه با جهت‌دهی فعالیت‌ها است.</p> <p>در سایر کشورها خصوصاً کشورهای پیشرو مشاورها بسیار هوشمند و باتجربه در سطح مدیران کشور وجود دارد، که این مشاوره‌ها با استفاده از ابزارهای پشتیبانی و حمایتی فرآیند توسعه فناوری را در مسیر مدنظر جهت‌دهی می‌کنند.</p>	<p>آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک در رابطه با فعالیت‌های انجام شده وجود دارد؟ فعالیت‌های انجام شده در این حوزه جهت‌دهی شده است؟</p>

۲-۴-۳- جناب آقایان دکتر دادمهر

<p>فعالیت در حوزه ابررسانا از دو جنبه اهمیت دارد یکی از لحاظ علمی فناوری برجسته‌ای و دوم اینکه می‌تواند به صورت کاربردی در صنعت استفاده شود. هم در زمینه علمی-تخصصی و کاربردی امکان فعالیت وجود دارد. در رابطه با ابررسانا اولین گام دستیابی به سیم ابررسانا است، اگر سیم ابررسانا ساخته شود مشکل اساسی به کارگیری فناوری ابررسانا تا حد زیادی حل شده است. در صورت ساخت سیم ابررسانا یک متری می‌توان برای ساخت انبوه آن در آینده برنامه‌ریزی کرد که البته تولید انبوه سیم نیازمند سرمایه‌گذاری انبوه در این حوزه</p>	<p>دانش فنی موجود در کشور بنیادی است یا کاربردی (توانمندی به کارگیری فناورانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟</p>
--	--

<p>است.</p> <p>دانش موجود در کشور نه اینکه بنیادی است بلکه در حد آزمایشگاهی نیز وجود دارد حتی می‌توان گفت از حالت آزمایشگاهی نیز عبور کرده است ولیکن به عنوان مثال یک استاد در یک دانشگاه یک مقدار ساخته است ولیکن در حدی نیست که بتوان دو شهر را به یکدیگر متصل کرد یا نیازهای پژوهشگاه نیرو را برطرف کند. پژوهشگاه نیرو باید بر اساس دانش موجود یک کارخانه تولید راه‌اندازی کند. مثال در خصوص نحوه انجام این کار مشابه دستیابی به دانش و تولید کابل فیبر نوری است که هم اکنون در حال تولید است. انجام پروژه صنعتی‌سازی تولید سیم باید به صورت ملی و دولتی انجام شود. در حد آزمایشگاهی آقای دکتر فردمنش، اخوان و در حد پروژه دکتری سیم ابررسانا تولید کرده‌اند البته تولید در مترائز پایین است و از لحاظ قیمت قابل رقابت با سیم ابررسانا چینی نیست و باید استفاده‌کننده نهایی که دولت است برای کاربردی کردن دانش حمایت کند. تعداد پروژه‌ها و مقالات تولید شده در این زمینه در کشور بسیار کم است.</p>	
<p>از نظر تعداد دانشگاه‌ها می‌توان گفت به تعداد دانشگاه فعال در زمینه ابررسانا کم است، به گونه‌ای که تعداد مقالات، پروژه‌ها و اختراعات ثبت شده در این زمینه بسیار اندک است. از جمله دانشگاه‌های فعال در این زمینه می‌توان به دانشگاه شریف، دانشگاه الزهراء، صنعتی اصفهان، دانشگاه خواجه نصیر، دانشگاه فردوسی مشهد و دانشگاه تبریز اشاره کرد. فعالیت‌های پژوهشی انجام شده در زمینه ابررسانا را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:</p> <p>(۱) جنبه آزمایش‌های خاص در خصوص بررسی ویژگی مواد ابررسانا</p> <p>(۲) ساخت سیم است</p> <p>(۳) تحقیق در زمینه مواد ابررسانای جدید</p>	<p>برای توسعه و انتشار دانش در حوزه ابررسانا، به اندازه کافی بازیگر و یا نهاد متولی وجود دارد؟</p>
<p>کم و بیش مناسب است. به دلیل اینکه در حد آزمایشگاه و پروژه دانشجویی است و از نظر کسب دانش به‌کارگیری در تجهیزات فعالیت‌ها چندان مناسب نیست.</p>	<p>کیفیت بازیگران فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>
<p>قوانینی در این حوزه وجود دارد، در سند چشم‌انداز پنج ساله به توسعه ابررسانا اشاره‌ای شده است ولی سیاست کاربردی نیست و بیان در سند چشم‌انداز کافی نیست. نیاز به وضع قوانین و مصوباتی در جهت حمایت از بازیگران فعال در این حوزه نیاز است مشابه کاری در خصوص فناوری نانو انجام شد.</p>	<p>سیاست‌های کشور (قوانین و مقررات) در زمینه توسعه دانش (حمایت از پایان‌نامه‌ها) را چگونه ارزیابی می‌کنید و کیفیت آن چقدر است</p>

<p>تجهیزات وجود دارد و مشکلی نیست ولی در حد انبوه وجود ندارد. برای استفاده از ابررسانا در مقیاس کوچک تجهیزات موجود کافی هستند دارد ولی برای تولید انبوه نیاز به تهیه تجهیزات عریض و طولی وجود دارد، که این تجهیزات در حال حاضر در کشور موجود نیستند.</p>	<p>چه زیرساخت‌هایی اعم از فیزیکی، دانشی، مالی برای بهتر شدن فعالیت‌های پژوهشی نیاز است؟ زیرساخت‌های موجود کنونی از نظر کمیت و کیفیت چگونه‌اند؟</p>
<p>تعداد همایش‌ها و کنفرانس‌های برگزار شده که با توجه به تعداد مقالات تولیدی در هر سال این تعداد کافی است، مجله‌ای در حوزه ابررسانا در کشور وجود ندارد، اما سایر مجلات مرتبط موجود کافی است و نیازی به ایجاد مجله ویژه‌ای احساس نمی‌شود. دوره‌های آموزشی برگزار شده نیز بسیار کم می‌باشند.</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه انتشار دانش ابررسانا در کشور چگونه است؟</p>
<p>ارتباط خاصی در بین بازیگران داخلی وجود ندارد در رابطه با تعاملات با سایر کشورها نیز اطلاعی ندارم ولی در صورتی که توان داخلی در کشور وجود دارد نیازی به خرید لیسانس از خارج احساس نمی‌شود. در خصوص تجهیزات برخی موارد هست برخی را باید وارد کرد ولی در خصوص دانش همه موارد وجود دارد و نیازی به واردات آن نیست.</p>	<p>تعاملات بازیگران مختلف حوزه توسعه و انتشار دانش ابررسانا با یکدیگر چگونه است؟</p>
<p>در زمینه پژوهشی به نسبت کاربردی بهتر است ولی در زمینه‌های کاربردی و پایلوت وضع بسیار وخیم است و هیچ منبع مالی برای تأمین نیازها وجود ندارد. حمایت مالی باید در سطح دولتی انجام شود زیرا منابع مالی بخش خصوصی به دلیل ریسک بالا وارد این حوزه نمی‌شوند، درست مانند انرژی‌های نو وزارت نیرو باید حمایت مالی از حوزه ابررسانا را انجام دهد.</p>	<p>میزان منابع مالی در زمینه ابررسانا در زمینه‌های پژوهشی و کاربردی و پایلوت چگونه است؟</p>
<p>کافی است و در حد نیاز کنونی کشور مناسب است و کیفیت آموزش در حد بین‌المللی و روز دنیا است به گونه‌ای که دانشجوی دکتری تخصصی این حوزه با چندین مقاله چاپ شده در مجلات معتبر فارغ‌التحصیل می‌شود، بنابراین می‌توان گفت کیفیت نیروهای متخصص در کشور عالی است.</p>	<p>به نظر شما وضعیت آموزش نیروهای متخصص در کشور از نظر کمی و کیفی چگونه است؟</p>
<p>فعالیت‌های انجام شده در سطح دانشگاهی تطبیق چندانی با نیازهای صنعت و کاربردی کردن دانش ابررسانا در کشور ندارد، زیرا با توجه به قوانین غلط وزارت علوم در رابطه با امتیاز انتشار مقاله، لزوم چاپ دو مقاله برای دریافت امکان فارغ‌التحصیلی دانشجوی دکتری و ارزیابی رتبه و امتیاز اساتید بر اساس مقالات ارائه شده و فاصله صنعت ابررسانا در کشور با علوم روز دنیا (قابل چاپ در مجلات) فعالیت‌ها تطبیق چندانی با نیازها ندارد. یک راهکار مناسب برای افزایش تطابق تغییر قوانین امتیازدهی به اساتید و دانشجویان می‌باشد که به عنوان مثال شاخص مقاله را حذف و شاخص‌های دیگری همچون صنعتی‌سازی فناوری را قرار دهند. البته این راهکار بدون تأمین مواد، تجهیزات، منابع مالی کافی و زیرساخت‌های توسعه راهگشا نخواهد بود.</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه ابررسانا چه میزان منطبق بر نیازهای کشور است؟</p>

<p>اگر چه فعالیت‌های صورت گرفته در این حوزه بی‌هدف نیست اما باید بررسی شود که فعالیت‌های انجام چه میزان در راستای نیل به هدف اصلی (توسعه فناوری) قرار دارند. پس نیاز به شخص با نهادی وجود دارد که هدف کلی را تعیین کرده و تمام بازیگران حوزه ابررسانا و فعالیت‌های آن‌ها را جهت‌دهی کند. مشکل موجود در جهت‌دهی به فعالیت‌ها فقط با تزریق پول در بخش‌ها مرتبط مرتفع نمی‌شود و باید سایر مشکلات نیز حل گردند. در زمینه پژوهش مشکلاتی دیگری وجود دارد به عنوان مثال در کشورهای پیشرو در زمینه ابررسانا اساتید خود دانشجو نیروی تحقیقاتی مناسب برای فعالیت در این حوزه را انتخاب می‌نمایند درحالی‌که در کشور ما دانشجو به استاد داده شده و اساتید امکان اعمال نظر زیادی ندارند.</p>	<p>آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک در رابطه با فعالیت‌های انجام شده وجود دارد؟ فعالیت‌های انجام شده در این حوزه جهت‌دهی شده است؟</p>
---	---

۲-۴-۴- جناب آقای مهندس ژام

<p>دانش در مقیاس صنعتی و صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا اصلاً وجود ندارد، در دانشگاه‌ها و پژوهشگاه فعالیت‌ها در حد ساخت انواع پودرهای ابررسانا و سیم انجام شده است، البته تمام فقط بر مواد ابررسانای دمای بالا متمرکز بوده است و در زمینه مواد ابررسانای دما پایین فعالیت چندانی صورت نگرفته است. فعالیت‌های دانشگاهی باید افزایش یابند و نیاز به افزایش تحقیقات است اما همان طور که اشاره شد در زمینه صنعتی‌سازی و پابلوت فعالیت‌ی انجام نشده که در این حوزه باید مطالعات و تحقیقاتی بسیار زیادی انجام شود. با توجه به موارد ذکر شده می‌توان گفت که دانش موجود در کشوری بنیادی بوده و اصلاً کاربردی نیست. باید در نظر داشت که در زمینه به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزاتی همچون ترانس، محدودساز و ... اصلاً فعالیت‌ی انجام نشده است.</p>	<p>دانش فنی موجود در کشور بنیادی است یا کاربردی (توانمندی به‌کارگیری فناورانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟</p>
<p>از نظر تعداد دانشگاه‌ها می‌توان گفت به تعداد دانشگاه فعال در زمینه ابررسانا کم است، به گونه‌ای که تعداد مقالات و پروژه‌ها ثبت شده در این زمینه بسیار اندک است و تا آنجایی که بنده اطلاع دارم اختراعی در این زمینه ثبت نشده است. از جمله بازیگران فعال در این زمینه می‌توان به دانشگاه صنعتی شریف، صنعتی اصفهان، پژوهشگاه انرژی، دانشگاه الزهرا و دانشگاه همدان اشاره کرد. فعالیت‌های این مراکز تحقیقاتی کیفیت مناسبی ندارد و فعالیت‌ها در راستای علایق شخصی انجام شده و در چارچوب یک برنامه جامع کامل نیست.</p>	<p>برای توسعه و انتشار دانش در حوزه ابررسانا، به اندازه کافی بازیگر و یا نهاد متولی وجود دارد؟</p>
<p>همان طور که اشاره شد فعالیت‌های این مراکز تحقیقاتی کیفیت مناسبی ندارد و در راستای علایق شخصی انجام شده و در چارچوب یک برنامه جامع کامل نیست. تا آنجایی که بنده اطلاع دارم تعاملی بین دانشگاه‌های مختلف وجود ندارد و پروژه‌های انجام شده در دانشگاه‌ها در حد دانشجویی و تدوین پایان‌نامه بوده و استفاده‌ای از پایان‌نامه‌ها و رساله‌های انجام شده نمی‌شود.</p>	<p>کیفیت بازیگران فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>
<p>هیچ‌گونه قانون حمایتی در زمینه تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا در کشور وجود ندارد، فقط در نهاد ریاست جمهوری جلساتی در رابطه با ابررسانا برگزار شده اما فعالیت‌ی در زمینه حمایت انجام نشده است. البته در راستای توسعه فناوری‌های ابررسانا می‌توان سازمان/کمیته‌ای در وزارت برق ایجاد کرد که بحث حمایت از</p>	<p>سیاست‌های کشور (قوانین و مقررات) را در زمینه توسعه دانش</p>

<p>تحقیقات در این حوزه را بر عهده داشته باشد.</p>	<p>چگونه ارزیابی می‌کنید و کیفیت آن چقدر است؟</p>
<p>مسلماً برای توسعه فناوری‌های ابررسانا نیاز به تأمین آزمایشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی مناسب وجود دارد. البته یک سری از تجهیزات و امکانات در دانشگاه‌های مختلف وجود دارد که به دلیل تعامل نه چندان مناسب دانشگاه‌ها با یکدیگر امکان استفاده توسط سایر بازیگران وجود ندارد و باید امکان استفاده از تجهیزات موجود برای همه بازیگران فراهم شود. از سوی دیگر برخی تجهیزات در فرآیند تحقیق و توسعه بسیار ضروری و پرکاربرد می‌باشند که باید در هر مرکز پژوهشی وجود داشته و در دسترس سریع محققین قرار داده شود. در مجموع می‌توان گفت که در رابطه با حل این مشکل باید دو رویکرد مدنظر داشت اولاً تعامل بین دانشگاه‌های مختلف و مراکز تحقیقاتی افزایش یافته و از سوی دیگر تجهیزات ضروری حتماً خریداری شده و در اختیار محققین قرار داده شوند.</p>	<p>چه زیرساخت‌هایی اعم از فیزیکی، دانشی، مالی برای بهتر شدن فعالیت‌های پژوهشی نیاز است؟ زیرساخت‌های موجود کنونی از نظر کمیت و کیفیت چگونه‌اند؟</p>
<p>همایش‌ها و کنفرانس‌هایی برگزار می‌شود، اما مجله وجود ندارد، کیفیت همایش‌های برگزار شده نسبتاً بالا است و برخی از آن‌ها در سطح بین‌المللی برگزار شده‌اند. تعداد همایش‌ها و کنفرانس‌ها کم است که دلیل اصلی آن کم بودن تعداد پژوهش‌ها و تحقیقات انجام شده در این زمینه است و در حال حاضر افزایش تعداد کنفرانس‌ها و همایش‌ها سبب کاهش کیفیت آن‌ها خواهد شد.</p> <p>دوره‌های آموزشی برگزار شده نیز بسیار کم بوده و دلیل اصلی برگزاری کم کلاس‌ها تقاضای کم افراد علاقمند برای شرکت در این دوره‌ها می‌باشد. تقاضای برگزاری کلاس‌ها باید بیشتر از جانب صنعت خصوصاً صنعت برق باشد. لازم به ذکر است که برخی شرکت‌های تابعه وزارت نیرو سمینارهایی در جهت آشنایی با فناوری‌ها و تجهیزات مبتنی بر ابررسانا برگزار کرده‌اند.</p> <p>سازمان خاصی در زمینه هماهنگ‌سازی و حمایت از کنفرانس‌های حوزه ابررسانا در کشور وجود ندارد و معمولاً کنفرانس‌ها را خود دانشگاه‌ها انجام برگزار می‌کنند. توانایی دانشگاه‌ها در برگزاری کنفرانس‌ها کافی است و نیاز به راه‌اندازی چنین سازمانی وجود ندارد.</p> <p>بازیگران فعال در زمینه انتشار دانش از توانایی بالایی برخوردار هستند و در صورت نیاز به نیروی متخصص برای برگزاری کلاس و دوره مشکلی در تأمین متخصص برای تدریس وجود ندارد و در حال حاضر اساتید موجود در دانشگاه برای انجام این فعالیت کافی هستند.</p> <p>در زمینه انتشار دانش ابررسانا قانون یا مصوبه‌ای وجود ندارد اما می‌توان با استفاده از پخش برنامه‌های علمی از شبکه‌های تلویزیونی و با به‌کارگیری تمهیدات ویژه‌ای دانش موجود ابررسانا را در بین بازیگران و ذینفعان ابررسانا انتشار داد و مسیر توسعه فناوری را همراه‌تر ساخت. از سوی دیگر انجام فعالیت‌های مختلف در حوزه</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه انتشار دانش ابررسانا در کشور چگونه است؟</p>

<p>انتشار دانش هزینه‌بر است که هزینه‌های مورد نیاز برای برگزاری کلاس، دوره و همایش تا حدی تأمین شود.</p>	
<p>من ارتباط چندانی نکرده‌ام و در زمینه تعامل با خارج از کشور و خرید لیسانس فناوری‌های مختلف ابررسانا فعالیتی وجود نداشته و در کل می‌توان گفت تعاملات بسیار ضعیف است.</p>	<p>تعاملات با بازیگران مختلف حوزه توسعه و انتشار دانش ابررسانا با یکدیگر چگونه است؟</p>
<p>در زمینه پژوهشی بودجه خاصی تخصیص داده نشده و در حال حاضر فقط می‌توان از بخش اندکی از بودجه‌هایی تحقیقاتی کلی که کشور برای تحقیقات در حوزه ابررسانا استفاده کرد. در کل هزینه‌های تخصیص داده شده به این حوزه بسیار کم بوده و فعالیت در زمینه ابررسانا اولویتی بر سایر زمینه‌ها نداشته و از این رو دسترسی به موانع مالی در حال حاضر بسیار مشکل است.</p> <p>در رابطه به دسترسی به مواد و تجهیزات مورد نیاز در رابطه با تحقیق در زمینه ابررسانا باید اشاره کرد که تجهیزات اصلی مبتنی بر ابررسانا برای تحقیق در زمینه صنعتی‌سازی فناوری‌ها در کشور ساخته نمی‌شود ولی برخی از تجهیزات مورد نیاز برای مطالعه در سطح آزمایشگاهی در داخل کشور ساخته می‌شوند. یکی از مشکلات تأمین تجهیزات و مواد این است شرکت یا سازمانی برای تأمین مواد و تجهیزات در کشور وجود نداشته و در صورتی مه دانشگاهی در خواست تأمین این تجهیزات را داشته باشد، خودش باید وارد عمل شده و تجهیزات مورد نیاز را سفارش داده و تهیه نماید.</p>	<p>میزان منابع مالی در زمینه ابررسانا در زمینه‌های پژوهشی و کاربردی و پایلوت چگونه است؟</p>
<p>در دانشگاه‌ها در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی نیروهایی تربیت می‌شوند ولی چون صنعت ابررسانا در کشور وجود ندارد نیازی به نیروها احساس نمی‌شود. با توجه به نیازهای کنونی کشور تعداد نیروهای تربیت شده در حد مناسبی است و نیاز به افزودن گرایشی با عنوان ابررسانا در دانشگاه‌های کشور وجود ندارد. البته لازم به ذکر است که نیروهای تربیت شده از کیفیت صنعتی بالایی برخوردار نیستند و نمی‌توان آن‌ها را کارشناس ابررسانا دانست، هر کدام از نیروها در یک زمینه کار انجام داده و می‌توان گفت که در آن زمینه تخصص دارند ولی هیچ نیرویی وجود ندارد که با توجه به آن گفته شود که یک کارشناس محدودساز جریان ابررسانا و یا کارشناس کابل ابررسانا داریم.</p> <p>در حال حاضر منابع مالی برای تربیت نیروی انسانی متخصص وجود ندارد و اگر هدف انجام فعالیت در زمینه توسعه فناوری‌های ابررسانا باشد باید در سطح ملی کاری انجام شود و مثال معاونت علم و فناوری ریاست جمهوری و یک سری ستادها مثل ستاد انرژی‌های نو ستاد نانو در رابطه با ابررسانا تشکیل شود، که این ستاد از پروژه‌های مربوط به ابررسانا حمایت کند. در صورتی هدف توسعه در وزارت نیرو باشد وزارت نیرو باید بخشی از بودجه خود را به این امر اختصاص دهد و دقتی را برای توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق ایجاد کند و</p>	<p>به نظر شما وضعیت آموزش نیروهای متخصص در کشور از نظر کمی و کیفی چگونه است؟</p>

بودجه مدنظر را به آن اختصاص دهد.	
<p>به نظر بنده فعالیت‌ها و تحقیقات انجام شده بسیار علمی و در سطح دانشگاهی است به گونه‌ای که هنوز به آن حد از رشد نرسیده است که نیازها را برطرف کند. مثال سیمی که در دانشگاه صنعتی اصفهان تولید شده است کلی ایراد دارد و هنوز یک نمونه اولیه است که نسبت به سیم‌های تولید خارجی مشکلاتی زیادی دارد و برای صنعتی‌سازی و تولید باکیفیت و انبوه آن نیاز به انجام فعالیت‌های بسیار زیادی وجود دارد.</p> <p>از سوی دیگر با توجه به اینکه صنعت اعلام نیازی نمی‌کند فعالیت‌ها بیشتر بر اساس علایق شخصی انجام می‌شود و ارتباطی با صنعت ندارند. در صورتی که صنعت اعلام نیاز کند و بازار فروش محصولات حوزه ابررسانا در کشور وجود داشته باشد، بخش خصوصی به صورت خودکار وارد عمل شده و در زمینه صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا سرمایه‌گذاری می‌نماید.</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه ابررسانا چه میزان منطبق بر نیازهای کشور است؟</p>
<p>نه هدف خاصی وجود ندارد و هر دانشگاه به صلاحدید خود فعالیت می‌کند و طبق برنامه مشخص فعالیت نمی‌کنند. ایجاد ستاد یا دفتر مرتبط با حوزه ابررسانا می‌تواند این مشکل را تا حد زیادی مرتفع کرد. در سایر کشورها خصوصاً کشورهای پیشرو در حوزه ابررسانا بحث حمایت و جهت‌دهی بیشتر توسط دولت و شرکت‌های خصوصی بزرگ انجام می‌شود و با توجه به اینکه فناوری ابررسانا در این کشورها تا حدی صنعتی‌سازی شده است اعلام نیاز شرکت‌ها و صنایع به دانشگاه‌ها و مراکز فعال در این حوزه، فعالیت‌ها را جهت‌دهی می‌کند.</p>	<p>آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک در رابطه با فعالیت‌های انجام شده وجود دارد؟ فعالیت‌های انجام شده در این حوزه جهت‌دهی شده است؟</p>

۲-۴-۵- جناب آقای مهندس فلاح

<p>دانش فنی موجود در کشور بنیادی است و کاربردی نیست، البته از لحاظ کاربردی فعالیتی اندکی انجام شده است. دانش فنی موجود در کشور از نظر کمی و کیفی در سطوحی که همه (اکثر) دانشگاه‌ها فعال هستند کمبودی وجود ندارد، اما کمبودهای زیادی در برخی از بخش‌ها وجود دارد و فعالیت‌ها در تمام زمینه‌ها به خوبی توزیع نشده‌اند.</p>	<p>دانش فنی موجود در کشور بنیادی است یا کاربردی (توانمندی به کارگیری فناورانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟</p>
<p>از نظر تعداد دانشگاه‌ها می‌توان گفت که تعداد دانشگاه‌های فعال در زمینه ابررسانا کافی است، به گونه‌ای که تعداد مقالات، پروژه‌ها و اختراعات ثبت شده در این زمینه مناسب است، اما کیفیت فعالیت‌های آن‌ها چندان جالب نیست و فعالیت‌های آن‌ها همپوشانی زیادی دارد و کارهای تکراری نیز زیاد انجام می‌شود. از جمله دانشگاه‌های فعال در این زمینه می‌توان به دانشگاه صنعتی اصفهان، چمران اهواز، فردوسی مشهد، شهید بهشتی، صنعتی شریف، دانشگاه ارومیه اشاره کرد</p>	<p>برای توسعه و انتشار دانش در حوزه ابررسانا، به اندازه کافی بازیگر و یا نهاد متولی وجود دارد؟</p>
<p>همان طور که اشاره شد کیفیت فعالیت‌های آن‌ها چندان جالب نیست و فعالیت‌های آن‌ها همپوشانی زیادی دارد و کارهای تکراری نیز زیاد انجام می‌شود. فعالیت‌ها در جهت تولید مقاله بوده و رویکرد صنعتی ندارد.</p>	<p>کیفیت بازیگران فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>

<p>سیاست‌های کشور (قوانین و مقررات) را در زمینه توسعه دانش چگونه ارزیابی می‌کنید و کیفیت آن چقدر است.</p> <p>قانون حمایتی خاصی در زمینه تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا در کشور وجود ندارد، فقط در سند چشم‌انداز توسعه اشاره‌ای به ابررسانا شده است.</p>	<p>سیاست‌های کشور (قوانین و مقررات) را در زمینه توسعه دانش چگونه ارزیابی می‌کنید و کیفیت آن چقدر است</p>
<p>چه زیرساخت‌هایی اعم از فیزیکی، دانشی، مالی برای بهتر شدن فعالیت‌های پژوهشی نیاز است؟ زیرساخت‌های موجود کنونی از نظر کمیت و کیفیت چگونه‌اند؟</p> <p>زیرساخت‌های موجود بسیار برای انجام تحقیقات دانشگاهی در حوزه ابررسانا کافی هستند اما هماهنگی لازم برای بهره‌مندی از این زیرساخت‌ها وجود ندارد. امکانات مورد نیاز در شهرهای مختلف پخش شده‌اند و تعادل مناسب در توزیع وجود ندارد. برای توسعه فناوری‌های ابررسانا به تجهیزات بیشتری نیاز است. دو زیرساخت اساسی مورد نیاز برای توسعه از نظر بنده راه‌اندازی مرکز آزمایشگاهی قوی و مجهز برای ارائه خدمات به تمام بازیگران و تدوین استانداردها و معیارهای مورد نیاز برای فعالیت در حوزه ابررسانا است.</p> <p>به منظور آگاهی بخشی به ذینفعان و بازیگران حوزه ابررسانا نیاز به ایجاد زیرساخت‌های نرم‌افزاری احساس می‌شود که از جمله این زیرساخت‌ها می‌توان به راه‌اندازی وبسایت ابررسانا، چاپ هفته‌نامه و ... اشاره کرد.</p>	<p>چه زیرساخت‌هایی اعم از فیزیکی، دانشی، مالی برای بهتر شدن فعالیت‌های پژوهشی نیاز است؟ زیرساخت‌های موجود کنونی از نظر کمیت و کیفیت چگونه‌اند؟</p>
<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه انتشار دانش ابررسانا در کشور چگونه است؟</p> <p>تعدادی همایش‌ها و کنفرانس‌های برگزار شده در دانشگاه‌ها برگزار شده و هر دانشگاه با توجه به نیاز خود به برگزاری همایش دست زده است. مجله‌ای در حوزه ابررسانا در کشور وجود ندارد اما راه‌اندازی یک مجله می‌تواند کمک شایانی به توسعه فناوری نماید و تا بازیگران حوزه توسعه دانش از فعالیت‌ها سایرین آگاه سازد و جهت‌دهی فعالیت‌ها را تا حد زیادی بهبود بخشد. با توجه به متقاضیان اندک و عدم استقبال از برگزاری کلاس‌ها و دوره‌های آموزشی تعداد دوره‌های برگزار شده بسیار کم است.</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه انتشار دانش ابررسانا در کشور چگونه است؟</p>
<p>تعاملات بازیگران مختلف حوزه توسعه و انتشار دانش ابررسانا با یکدیگر چگونه است؟</p> <p>ارتباط و تعامل مناسبی بین بازیگران این حوزه وجود ندارد. دانشگاه‌ها و اساتید فعال در این زمینه تعامل و ارتباط مناسبی با یکدیگر ندارند و هر کدام از فعالیت‌ها و حوزه تحقیقاتی خودشان را کامل می‌دانند و با هم ارتباط علمی ندارند. از جمله بازیگران فعال در زمینه انتشار دانش فقط می‌توان به انجمن سیم و کابل اشاره کرد که فعالیت‌های اندکی در این زمینه انجام داده است. ذینفعان بالقوه‌ای در رابطه با انتشار دانش ابررسانا در کشور وجود دارد که می‌توانند در حوزه انتشار دانش فعالیت کنند از جمله صنایع برق، دفاع و پزشکی.</p> <p>در زمینه تعامل با کشورهای خارجی و خرید لیسانس درخواستی نبوده و فعالیت خاصی انجام نشده است.</p>	<p>تعاملات بازیگران مختلف حوزه توسعه و انتشار دانش ابررسانا با یکدیگر چگونه است؟</p>
<p>میزان منابع مالی در زمینه ابررسانا در زمینه‌های پژوهشی و کاربردی و پایلوت چگونه است؟</p> <p>در زمینه پژوهشی و کاربردی منبعی مالی خاصی وجود ندارد و دسترسی به موانع مالی برای حمایت از طرح‌های این حوزه بسیار مشکل است. در زمینه تأمین مواد و تجهیزات شرکت‌های تخصصی در کشور وجود ندارد اما امکان تأمین مواد و تجهیزات از طریق شرکت‌های موجود امکان‌پذیر است، با توجه به قیمت بالای تجهیزات مورد نیاز مشکل اصلی نبود منبع مالی برای تأمین هزینه‌ها می‌باشد.</p> <p>در حال حاضر نهادی برای تأمین منابع مالی وجود ندارد، البته نهاد ریاست جمهوری فعالیت‌هایی داشته اما به</p>	<p>میزان منابع مالی در زمینه ابررسانا در زمینه‌های پژوهشی و کاربردی و پایلوت چگونه است؟</p>

<p>دلیل نداشتن بودجه خاص کافی نیست، ایجاد نهاد تأمین منابع مالی می‌تواند در جهت‌دهی به فعالیت‌ها نیز اثرات مثبت زیادی داشته باشد.</p>	
<p>از نظر تعداد افراد آموزش دیده در حد کافی هستند و کیفیت آن‌ها با توجه به وضع کنونی کشور خوب است اما در صورت توسعه بیشتر فناوری در آینده و صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا کیفیت فارغ‌التحصیلان کنونی و نحوه آموزش آن‌ها چندان مناسب نیست.</p>	<p>به نظر شما وضعیت آموزش نیروهای متخصص در کشور از نظر کمی و کیفی چگونه است؟</p>
<p>نیازی از سوی صنعت وجود نداشته تا تحقیقات و فعالیت‌ها در جهت رفع آن نیازها انجام شود، فعالیت‌های انجام شده با رویکرد صنعتی کمتر از ۵ مورد هستند.</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه ابررسانا چه میزان منطبق بر نیازهای کشور است؟</p>
<p>جهت‌گیری خاصی وجود ندارد و مشکل اصلی در توسعه فناوری‌های ابررسانا در کشور نیز همین امر است. افراد بیشتر بر اساس سلیقه و صلاحیت خود فعالیت کرده‌اند، اگر چه هر گروه فعال اهداف خود را دنبال می‌کند اما برآیند فعالیت‌های بازیگران مختلف در حد صفر است. یک روش پیشنهادی برای جهت‌دهی به فعالیت‌ها این است که هر سازمان مرتبط با حوزه ابررسانا (صنایع برق، دفاع، ترابری، مغناطیس، پزشکی و ...) دفتری را برای جهت‌دهی به فعالیت‌ها ایجاد کنند که با توجه نیازهای صنعت مدنظر بودجه به فعالیت‌های مناسب تخصیص داده شود.</p> <p>در سایر کشورها خصوصاً کشورهای پیشرو در حوزه ابررسانا بحث حمایت و جهت‌دهی بیشتر توسط صنایع مرتبط با حوزه ابررسانا انجام می‌شود و با توجه به اینکه فناوری ابررسانا در این کشورها تا حدی صنعتی‌سازی شده است اعلام نیاز صنایع مرتبط به دانشگاه‌ها و مراکز فعال در این حوزه، فعالیت‌ها را جهت‌دهی می‌کند.</p>	<p>آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک در رابطه با فعالیت‌های انجام شده وجود دارد؟ فعالیت‌های انجام شده در این حوزه جهت‌دهی شده است؟</p>

۲-۴-۶- جناب آقای دکتر رجبی

<p>دانش فنی موجود در کشور بنیادی است و کاربردی نیست، البته از لحاظ تعداد نسبتاً فعالیت‌ها کم بوده اما در زمینه کاربردی صنعت فعالیت چندان انجام نشده است. کیفیت فعالیت‌ها در زمینه کاربردی بسیار پایین است و فعالیت‌های انجام شده چندان مناسب نیست.</p>	<p>دانش فنی موجود در کشور بنیادی است یا کاربردی (توانمندی به کارگیری فناوریانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟</p>
<p>از نظر تعداد دانشگاه‌ها می‌توان گفت به تعداد دانشگاه فعال در زمینه ابررسانا کم است، در دانشگاه‌های مختلفی از جمله دانشگاه صنعتی اصفهان، فردوسی مشهد، شهید بهشتی، صنعتی شریف، دانشگاه الزهرا فعالیت‌هایی انجام شده است.</p>	<p>برای توسعه و انتشار دانش در حوزه ابررسانا، به اندازه کافی بازیگر و یا نهاد متولی وجود دارد؟</p>
<p>کیفیت فعالیت دانشگاه‌ها در اندازه دانشگاهی مناسب است و تحقیقات انجام شده در برخی زمینه‌ها بسیار مناسب بوده و در حد مرزهای دانش است زیرا رساله دانشجویان دکتری در این زمینه‌ها تعریف و انجام می‌شود</p>	<p>کیفیت بازیگران فعال در حوزه</p>

<p>اما در زمینه‌های صنعتی‌سازی و دانش کاربردی فعالیت‌هایی چندانی در کشور انجام نشده و محدود پروژه‌های انجام شده از کیفیت بالایی برخوردار نبوده و چندان قابل استناد نیستند. افراد فعال در این حوزه به دلیل نبود جذابیت هر روز در حال کم شدن هستند. تعامل میان دانشگاه‌ها و بازیگران مختلف با یکدیگر چندان مناسب نیست و جهت‌دهی باید توسط صنایع مرتبط و پژوهشگاه نیرو انجام پذیرد.</p>	<p>توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>
<p>هیچ‌گونه قانون حمایتی در زمینه تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا در کشور وجود ندارد و تقریباً می‌توان گفت که از تحقیقات حوزه ابررسانا اصلاً حمایتی صورت نمی‌گیرد، مرکز خاصی برای حمایت از پایان‌نامه‌ها وجود ندارد. مشکل اساسی تمام دانشگاه‌ها عدم وجود حمایت از طرح‌های پژوهشی است و افراد فعال بر اساس علایق شخصی به فعالیت در این حوزه پرداخته‌اند.</p>	<p>سیاست‌های کشور (قوانین و مقررات) را در زمینه توسعه دانش چگونه ارزیابی می‌کنید و کیفیت آن چقدر است</p>
<p>آزمایشگاه‌های و تجهیزاتی در برخی از دانشگاه‌ها وجود دارد که به نظر بنده این زیرساخت‌ها برای انجام فعالیت‌های کنونی کافی است اما در آینده نیاز به افزایش زیرساخت‌ها و تجهیزات در کشور وجود دارد. البته باید تعامل میان بازیگران افزایش یابد تا تمام بازیگران بتوانند از تجهیزات مراکز مختلف استفاده کنند. برای کاربردی کردن صنعت ابررسانا باید یک ستاد یا مرکز فعال راه‌اندازی شود که بتوان با آن حمایت مالی انجام داد و زیرساخت‌های مورد نیاز را تأمین نمود.</p>	<p>چه زیرساخت‌هایی اعم از فیزیکی، دانشی، مالی برای بهتر شدن فعالیت‌های پژوهشی نیاز است؟ زیرساخت‌های موجود کنونی از نظر کمیت و کیفیت چگونه‌اند؟</p>
<p>تعداد همایش‌ها و کنفرانس‌های برگزار شده بسیار کم است هر چند که از سال‌های بسیار دور فعالیت در زمینه ابررسانا در کشور شروع شده است اما به دلیل عدم توجه دولت به این حوزه و حمایت از این زمینه فعالیت‌ها به شدت کاهش یافته و مقالات و پژوهش‌ها در سطحی نیستند که نیاز باشد همایش‌ها افزایش یابند. مجله وجود ندارد اما استفاده از آن نتیجه چندانی در این زمینه وجود ندارد. دوره‌های آموزشی برگزار شده نیز بسیار کم و با کیفیت پایین بوده (در حد آشنایی با ابررسانا)، اما کتاب‌هایی در این زمینه چاپ شده‌اند.</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه انتشار دانش ابررسانا در کشور چگونه است؟</p>
<p>بازیگران خاصی در زمینه برگزاری همایش و کنفرانس‌ها فعالیتی ندارند اما لازم به ذکر است تعامل میان بازیگران چندان مناسب نیست. دانشگاه‌ها و اساتید فعال در این زمینه تعامل و ارتباط مناسبی با یکدیگر ندارند. به نظر بنده راهکار مناسب برای افزایش تعاملات بین بازیگران حوزه ابررسانا می‌تواند از یک حمایت منسجم استفاده کرد، این حمایت می‌تواند سبب افزایش ارتباط بین این افراد شود.</p>	<p>تعاملات بازیگران مختلف حوزه توسعه و انتشار دانش ابررسانا با یکدیگر چگونه است؟</p>
<p>در زمینه پژوهشی به نسبت کاربردی بهتر است و می‌توان با استفاده منابع مالی تخصیص داده شده به هر فعالیت‌ها تحقیقاتی در کشور استفاده کرد به عنوان مثال صندوق مهر امام رضا وام کم بهره به پژوهش می‌دهد و دسترسی به این نسبتاً ساده است. ولی در زمینه‌های کاربردی و پایلوت منبع مالی وجود ندارد و هیچ منبع</p>	<p>میزان منابع مالی در زمینه ابررسانا در زمینه‌های پژوهشی و کاربردی و پایلوت چگونه است؟</p>

<p>مالی برای تأمین نیازها وجود ندارد. در زمینه برگزاری همایش و کنفرانس به شدت نیاز به حمایت‌های مالی و دولتی است و بدون انجام این حمایت‌ها وضع برگزاری همایش‌ها و کنفرانس‌ها بهبود نخواهد شد.</p>	
<p>نیروی کاری موجود در کشور در حد کافی است و نیاز کنونی کشور را برطرف می‌کند اما مشکل اصلی است که از پتانسیل‌ها و نیروهای موجود در کشور استفاده نمی‌شود. به نظر بنده کیفیت نیروهای تربیت شده در حد خوبی هستند و در صورتی که حمایت‌های مالی و معنوی مورد نیاز به خوبی انجام پذیرد این نیروها می‌توانند مفید واقع شده و به توسعه فناوری‌های ابررسانا کمک بیشتری نمایند.</p>	<p>به نظر شما وضعیت آموزش نیروهای متخصص در کشور از نظر کمی و کیفی چگونه است؟</p>
<p>فعالیت‌های انجام شده هیچ‌گونه تطبیقی با نیازهای کشور ندارد و بیشتر بر مبحث تولید مواد اولیه تمرکز می‌شود درحالی‌که برای ایجاد بازار و توسعه فناوری نیاز به تولید سیم و تجهیزات است.</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه ابررسانا چه میزان منطبق بر نیازهای کشور است؟</p>
<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه ابررسانا با هدف خاصی انجام نمی‌شوند و اساتید بیشتر بر اساس سلیقه و علاقه خود فعالیت می‌کنند. به نظر بنده بهتر این است که نهاد یا سازمانی برای جهت‌دهی ایجاد شود. در کشورهای بزرگ صنایع خصوصی با تزریق بودجه به دانشگاه، فعالیت‌های آن‌ها را جهت‌دهی می‌کنند.</p>	<p>آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک در رابطه با فعالیت‌های انجام شده وجود دارد؟ فعالیت‌های انجام شده در این حوزه جهت‌دهی شده است؟</p>

۲-۴-۷- جناب آقایان دکتر فرید و دکتر زرگر شوشتری

<p>دانش تولید مواد ابررسانا خصوصاً مواد دما بالا در کشور وجود دارد. مواد اولیه مورد نیاز برای تولید مواد ابررسانا از خارج تأمین می‌شود و توانایی در تولید تجهیزات و سیم وجود ندارد و دانش فنی موجود در کشور بنیادی است و کاربردی نیست.</p>	<p>دانش فنی موجود در کشور بنیادی است یا کاربردی (توانمندی به کارگیری فناورانه کشور در چه سطحی قرار دارد)؟</p>
<p>از نظر تعداد دانشگاه‌ها می‌توان گفت به تعداد دانشگاه فعال در زمینه ابررسانا کم است، به گونه‌ای که تعداد مقالات، پروژه‌ها و اختراعات ثبت شده در این زمینه در حال حاضر بسیار اندک است و دلیل آن حمایت از سایر حوزه‌ها مانند نانو است. از جمله دانشگاه‌های فعال در این زمینه می‌توان به دانشگاه صنعتی اصفهان، چمران اهواز، فردوسی مشهد، شهید بهشتی، صنعتی شریف، دانشگاه ارومیه اشاره کرد.</p>	<p>برای توسعه و انتشار دانش در حوزه ابررسانا، به اندازه کافی بازیگر و یا نهاد متولی وجود دارد؟</p>
<p>کیفیت فعالیت دانشگاه‌ها در اندازه دانشگاهی است و خواص مواد تولید شده را مورد بررسی قرار می‌دهند اما در زمینه کاربردی و ساخت تجهیزات فقط تحقیقات اندکی در دانشکده برق دانشگاه انجام شده است.</p>	<p>کیفیت بازیگران فعال در حوزه توسعه دانش (دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها) چگونه است؟</p>

<p>هیچ‌گونه قانون حمایتی در زمینه تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا در کشور وجود ندارد و عدم فعالیت در زمینه‌های باولویت به دلیل نبود حمایت و جذابیت برای فعالیت در این حوزه است.</p>	<p>سیاست‌های کشورهای کشور (قوانین و مقررات) را در زمینه توسعه دانش چگونه ارزیابی می‌کنید و کیفیت آن چقدر است</p>
<p>زیرساخت‌های موجود برای تولید مواد ابررسانا و بررسی خواص آن زیرساخت‌ها وجود دارد و نیازی به افزایش زیرساخت‌ها نیست اما در زمینه تولید سیم و تجهیزات زیرساخت‌های نیز زیرساخت خاصی نیاز ندارد. دسترسی به تجهیزات از طریق خرید خارجی امکان‌پذیر است اما مشکلات زیادی در رابطه با مسائل گمرک و انتقال تجهیزات وجود دارد.</p>	<p>چه زیرساخت‌هایی اعم از فیزیکی، دانشی، مالی برای بهتر شدن فعالیت‌های پژوهشی نیاز است؟ زیرساخت‌های موجود کنونی از نظر کمیت و کیفیت چگونه‌اند؟</p>
<p>همایش ابررسانایی فیزیک هر دو سال یک بار در دانشگاه‌های مختلف برگزار می‌شود و یک کنفرانس منطقه‌ای نیز وجود دارد که در کشورهای مختلف منطقه برگزار می‌شود. با توجه به نبود حمایت از این حوزه تعداد افراد فعال در این زمینه به شدت کاهش یافته‌اند. کیفیت همایش‌ها در سطح خوبی برگزار می‌شوند. مجله خاصی در این حوزه وجود ندارد، فقط مقالات ارائه شده در کنفرانس‌ها و همایش‌ها به صورت مجله و کتاب چاپ شده‌اند. دوره‌های آموزشی برگزار شده نیز در کشور برگزار نشده است.</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه انتشار دانش ابررسانا در کشور چگونه است؟</p>
<p>تعامل دانشگاه‌ها بسیار کم است و ارتباط خوبی با هم ندارند و مشکلات زیادی در استفاده از زیرساخت‌های یک دانشگاه توسط سایر دانشگاه‌ها وجود دارد. در زمینه بازیگران فعال در حوزه انتشار دانش ابررسانا معمولاً خود دانشگاه‌ها هستند که با برگزاری همایش ابررسانا این فعالیت را انجام می‌دهند. تعاملاتی با خارج از کشور در زمینه خرید لیسانس و غیره وجود ندارد.</p>	<p>تعاملات بازیگران مختلف حوزه توسعه و انتشار دانش ابررسانا با یکدیگر چگونه است؟</p>
<p>چالش اصلی تأمین منابع مالی در زمینه پژوهش و تحقیق در زمینه ابررسانا است، که هیچ منبع مالی وجود ندارد و تأمین نیازهای مالی از سایر منابع بسیار سخت است. هیچ‌گونه قانونی در این زمینه وجود ندارد.</p>	<p>میزان منابع مالی در زمینه ابررسانا در زمینه‌های پژوهشی و کاربردی و پیلوت چگونه است؟</p>
<p>با توجه به اینکه حمایت زیادی از تحقیق در زمینه ابررسانا وجود ندارد، تعداد افراد آموزش داده شده در این زمینه رو به کاهش است اما تعداد موجود در حال حاضر برای تأمین نیازها کافی بوده و کیفیت آن‌ها نیز در حد خوبی است.</p>	<p>به نظر شما وضعیت آموزش نیروهای متخصص در کشور از نظر کمی و کیفی چگونه است؟</p>
<p>هدف اصلی کشور باید تولید سیم از مواد ابررسانای تولید شده است که اکثر فعالیت‌ها به حوزه تولید مواد اولیه</p>	<p>فعالیت‌های انجام شده در زمینه</p>

<p>اختصاص داشته و توجهی به تولید سیم ابررسانا نشده است. بنا بر موارد ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که فعالیت‌های انجام شده تطبیق چندانی با اولویت‌ها و نیازهای کشور ندارند.</p>	<p>ابررسانا چه میزان منطبق بر نیازهای کشور است؟</p>
<p>واقعیت این‌طور است که خیلی جهت‌گیری‌ها بر اساس نیاز نیستند و بیشتر بر اساس سلیقه و توصیه اساتید هستند و بازیگر خاصی در رابطه با جهت‌دهی فعالیت‌ها وجود ندارد. افزایش نهاد می‌تواند به جهت‌دهی فعالیت‌ها کمک کند. جهت‌دهی به فعالیت‌ها سایر کشورها با تخصیص بودجه برای فعالیت در حوزه خاص انجام می‌پذیرد.</p>	<p>آیا یک هدف کاملاً مشخص و مشترک در رابطه با فعالیت‌های انجام شده وجود دارد؟ فعالیت‌های انجام شده در این حوزه جهت‌دهی شده است؟</p>

۲-۵- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ابررسانا

همان‌طور که در نظرات متخصصان فوق‌الذکر مشخص است چالش‌های فراوانی در رابطه با توسعه فناوری‌های ابررسانا وجود دارد و با توجه به اینکه فناوری‌های ابررسانا در کشور در مرحله پیش‌توسعه هستند چالش‌های موجود مربوط به چهار کارکرد اصلی موتور توسعه اول می‌باشد. همان‌طور که اشاره شد به منظور تعیین چالش‌های توسعه فناوری‌های ابررسانا در کشور مصاحبه‌هایی انجام شد که نتایج این مصاحبه‌ها در بخش قبل ارائه شده است، در این مرحله با پایش، بررسی و جمع‌بندی نظرات خبرگان و کارشناسان حوزه ابررسانا چالش‌های پیش‌روی توسعه فناوری‌های ابررسانا در هر یک از چهار کارکرد با اولویت تعیین شده‌اند. در ادامه چالش‌های استخراج شده به تفکیک کارکرد مربوطه ارائه شده‌اند.

۲-۵-۱- چالش‌های مربوط به کارکرد توسعه دانش

همان‌طور که در فصل قبل اشاره شد چالش‌های مربوط به این کارکرد، دربرگیرنده تمامی فعالیت‌هایی است که می‌تواند منجر به مانع در فرایند یادگیری شود. در کشورهای در حال توسعه، یکی از مهم‌ترین دلایل عدم توسعه برخی صنایع تکنولوژی محور، نبود توسعه دانش فنی صنعت در کشور می‌باشد. در این کشورها معمولاً شرکت‌هایی با توانایی رقابت‌پذیری بالا وجود نداشته و عملاً توسعه دانش به صورت درون‌زا رخ نمی‌دهد و توسعه باید به صورت برون‌زا یا انتقال دانش و فناوری، رخ دهد. به همین دلیل توسعه فناوری نیازمند مداخله دولت و ایجاد جهت‌گیری در میان بازیگران است.

چالش‌ها و موانع شناسایی شده در زمینه خلق دانش فنی فناوری‌های ابررسانا عبارت‌اند از:

- سهم اندک تحقیقات کاربردی در مقایسه با تحقیقات انجام شده در حوزه فناوری‌های ابررسانا
- کم بودن تعداد تحقیقات و پژوهش‌های انجام شده در حوزه ابررسانا
- عدم توزیع مناسب فعالیت‌های پژوهشی انجام شده در بخش‌های مختلف حوزه ابررسانا
- عدم توجه کافی به تحقیق در زمینه تولید سیم‌های ابررسانا به عنوان گلوگاه توسعه صنعت ابررسانا
- تمرکز ناکافی موضوعات پژوهشی به موضوعات اولویت دار و نیازهای کشور

- کمبود تعداد دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی فعال در حوزه ابررسانا
- نبود ارتباطات مناسب بین دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی مختلف با یکدیگر
- نبود تعامل مناسب با صنایع و دانشگاه‌های خارجی و عدم توجه به انتقال دانش در فناوری در تعاملات برقرارشده قبلی
- عدم توجه صنایع مرتبط به حوزه ابررسانا به دلیل ریسک بالای فعالیت در این حوزه
- کمبود محتوای آموزشی مرتبط با زمینه‌های صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا
- نبود مکانیزم‌های مناسب حمایت از فعالیت‌های تحقیق و پژوهش در حوزه فناوری‌های ابررسانا
- عدم وجود انجمن یا ستاد تخصصی در حوزه ابررسانا
- عدم ارتباط مراکز R&D شرکت‌های صنعتی با دانشگاه‌ها
- کمبود آزمایشگاه‌های مناسب برای تحقیق و پژوهش در حوزه ابررسانا
- نبود دستورالعمل و استانداردهای مشخص در رابطه با سنجش کیفیت مواد اولیه و تجهیزات مبتنی بر فناوری ابررسانا
- دشوار بودن تبادلات مالی برای انتقال فناوری در سطح بین‌المللی
- نبود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور در حوزه ابررسانا
- نبود سیستم مدیریت دانش در زمینه فناوری‌های ابررسانا

۲-۵-۲- چالش‌های مربوط به کارکرد انتشار دانش

همان‌طور که در فصل قبل اشاره شد چالش‌های مربوط به این کارکرد، در اثر نامناسب بودن شبکه‌ها و روابط موجود بین اجزا مختلف نظام نوآوری فناورانه ایجاد می‌شوند. 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 دانش مربوط به حوزه مدنظر در میان بازیگران مختلف آن حوزه می‌باشد. چالش‌های شناسایی شده حوزه ابررسانا در ارتباط با کارکرد انتشار دانش عبارت‌اند از:

- عدم انتشار نشریه تخصصی حاوی فعالیت‌های انجام شده در حوزه ابررسانا
- اندک بودن تعداد کنفرانس‌ها و همایش‌های تخصصی برگزار شده در زمینه ابررسانا
- عدم برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی در رابطه با به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا
- نبود قوانین و دستورالعمل‌هایی در رابطه با حمایت از برگزاری کنفرانس، همایش و ... در حوزه ابررسانا
- عدم برگزاری نمایشگاه تخصصی جهت ارائه دستاوردهای حوزه ابررسانا
- نبود هدف مشخص در برگزاری کنفرانس‌ها، همایش‌های تخصصی حوزه ابررسانا

۲-۵-۳- چالش‌های مربوط به کارکرد تأمین منابع

یکی از کارکردهای مؤثر بر فناوری موجود در مرحله پیش‌توسعه کارکرد تأمین منابع است که شامل تأمین منابع مالی، مادی (مواد، تجهیزات و ...)، نیروی انسانی و منابع مکمل (زیرساخت‌ها، محصولات و خدمات) می‌باشد. چالش‌های سیستمی مربوط به این کارکرد تأثیر زیادی بر عدم توسعه نظام یک صنعت یا فناوری می‌گذارد، عدم تخصیص بهینه منابع مختلف می‌تواند ناشی از دلایلی مختلف چون ریسک‌پذیری بالای فعالیت در حوزه فناورانه، نبود صرفه اقتصادی و حمایت‌های دولتی باشد. در واقع همین عدم تخصیص بهینه منابع منجر به ایجاد موانعی زیادی در حوزه‌های مختلف توسعه فناوری مدیریتی می‌شود. در

راستای رفع چالش‌های این حوزه 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 می‌تواند مجموعه‌ای از فعالیت‌های مربوط به تأمین و هماهنگی ورودی‌های لازم برای توسعه‌ی نظام نوآوری که در راستای تحقق کارکرد تأمین و تسهیل منابع است را پوشش دهد. مشخص است که این چالش‌ها به سه دسته چالش‌های مربوط به منابع انسانی، منابع مالی و مواد و تجهیزات تقسیم می‌شود. چالش‌های مشخص شده در ارتباط با این کارکرد در توسعه فناوری‌های ابررسانا عبارت‌اند از:

- کمبود منابع مالی مورد نیاز دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی فعال در حوزه ابررسانا
- نبود صندوق تأمین مالی دولتی به منظور حمایت از انجام فعالیت‌های تحقیقاتی در راستای صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا
- عدم توجه به تربیت نیروهای متخصص و توانا در زمینه صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا
- انگیزه پایین بخش خصوصی به فعالیت در زمینه تأمین منابع حوزه ابررسانا به دلیل نوین بودن فناوری و ریسک بالای فعالیت در آن
- عدم وجود قوانین و مقررات حمایتی مناسب در زمینه تأمین مواد، قطعات و تجهیزات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های ابررسانا
- عدم وجود برنامه مشخص و مدون برای تأمین منابع مالی مورد نیاز توسعه فناوری‌های ابررسانا
- دشوار بودن تبادلات مالی برای انتقال فناوری در سطح بین‌المللی
- نبود تسهیلاتی همچون وام کم‌بهره برای حمایت از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا

۲-۵-۴ - چالش‌های مربوط به کارکرد جهت‌دهی به سیستم

کارکرد جهت‌دهی به سیستم، اشاره به فعالیت‌هایی دارد که به مشخص شدن نیازها و جهت‌دهی به فعالیت‌های بازیگران موجود در نظام فناوری منجر می‌گردد. همچنین، رفع مشکلات موجود در کارکردهای دیگر نظام نیز می‌تواند در قالب این کارکرد انجام شود. این کارکرد می‌تواند توسط بازیگران مختلفی از جمله صنعت، دولت و بازار تحقق پیدا کند. چالش‌های این کارکرد در ارتباط با وجود چشم‌انداز توسعه فناوری، انتظارات، تعهد، هنجارها، قوانین و مقررات، استانداردها تعریف می‌شود.

چالش‌های شناسایی شده مربوط به این کارکرد در حوزه ابررسانا عبارت‌اند از:

- نبود مرجعی که به عنوان مغز متفکری فناوری برای جهت‌دهی به فعالیت‌ها و پیگیری و شناسایی مشکلات موجود،
- نبود هدف مشخص از توسعه فناوری در آینده که با تدوین سند جامع توسعه فناوری‌های ابررسانا این مشکل مرتفع می‌شود،
- مشخص نبودن نحوه همکاری بین بازیگران توسعه فناوری‌های ابررسانا
- عدم وجود هماهنگی بین نهادهای سیاست‌گذار مختلف از جمله وزارت نیرو، وزارت صنعت و ... در زمینه فناوری‌های ابررسانا

در **(Error! Reference source not found.)** چالش‌های توسعه فناوری‌های ابررسانا از نظر ابعاد ساختاری (وجود و کیفیت بازیگران، قوانین، تعاملات و زیرساخت‌ها) هر یک از چهار کارکرد بااهمیت نظام نوآوری فناورانه در موتور اول توسعه

ارائه شده است.

جدول (۲-۳): چالش‌های توسعه فناوری‌های ابررسانا به تفکیک ابعاد ساختاری کارکردهای نظام توسعه فناوری (TIS).

کارکرد	بازیگران	نهادهای (نهادهای نرم و سخت)	تعاملات	زیرساخت
توسعه دانش	سهم اندک تحقیقات کاربردی در مقایسه با تحقیقات انجام شده در حوزه فناوری‌های ابررسانا	نبود مکانیزم‌های مناسب حمایت از فعالیت‌های تحقیق و پژوهش در حوزه فناوری‌های ابررسانا	نبود ارتباطات مناسب بین دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی مختلف با یکدیگر	کمبود آزمایشگاه‌های مناسب برای تحقیق و پژوهش در حوزه ابررسانا
	کمبود تعداد دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی فعال در حوزه ابررسانا		عدم توجه صنایع مرتبط به حوزه ابررسانا به دلیل ریسک بالای فعالیت در این حوزه	کمبود محتوای آموزشی مرتبط با زمینه‌های صنعتی سازی فناوری‌های ابررسانا
	کم بودن تعداد تحقیقات و پژوهش‌های انجام شده در حوزه ابررسانا	نبود سیستم مدیریت دانش در زمینه فناوری‌های ابررسانا	عدم وجود انجمن یا ستاد تخصصی در حوزه ابررسانا	نبود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور در حوزه ابررسانا
انتشار دانش	عدم توزیع مناسب فعالیت‌های پژوهشی انجام شده در بخش‌های مختلف حوزه ابررسانا	نبود دستورالعمل و استانداردهای مشخص در رابطه با سنجش کیفیت مواد اولیه و تجهیزات مبتنی بر فناوری ابررسانا	عدم ارتباط مراکز R&D شرکت‌های صنعتی با دانشگاه‌ها	دشوار بودن تبادلات مالی برای انتقال فناوری در سطح بین‌المللی
	تمرکز ناکافی موضوعات پژوهشی به موضوعات اولویت دار و نیازهای کشور	نبود قوانین و دستورالعمل‌هایی در رابطه با حمایت از برگزاری کنفرانس، همایش و ... در حوزه ابررسانا	نبود تعامل مناسب با صنایع و دانشگاه‌های خارجی و عدم توجه به انتقال	عدم انتشار نشریه تخصصی حاوی فعالیت‌های انجام شده در حوزه ابررسانا
انتشار دانش	عدم توجه کافی به تحقیق در زمینه تولید سیم‌های ابررسانا به عنوان گلوگاه توسعه صنعت ابررسانا			عدم برگزاری نمایشگاه تخصصی جهت ارائه دستاوردهای حوزه ابررسانا
	اندک بودن تعداد کنفرانس‌ها و همایش‌های تخصصی برگزار شده در زمینه ابررسانا	نبود هدف مشخص در برگزاری کنفرانس‌ها، همایش‌های تخصصی حوزه ابررسانا		

ادامه جدول (۲-۲)

کارکرد	بازبرگران	نیادهما (نیادهای نرم و سخت)	تعاملات	زیرساخت	
جهت‌دهی به سیستم	نبود مرجعی که به عنوان مغز متفکری فناوری برای جهت‌دهی به فعالیت‌ها و پیگیری و شناسایی مشکلات موجود،	نبود هدف مشخص از توسعه فناوری در آینده که با تدوین سند جامع توسعه فناوری‌های ابررسانا این مشکل مرتفع می‌شود	عدم وجود قوانین و مقررات حمایتی مناسب در زمینه تأمین مواد، قطعات و تجهیزات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های ابررسانا	عدم وجود هماهنگی بین نهادهای سیاست‌گذار مختلف از جمله وزارت نیرو، وزارت صنعت و ... در زمینه ابررسانا مشخص نبودن نحوه همکاری بین بازبرگران توسعه فناوری‌های ابررسانا	-
بسیج منابع	عدم توجه به تربیت نیروهای متخصص و توانا در زمینه صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا انگیزه پایین بخش خصوصی به فعالیت در زمینه تأمین منابع حوزه ابررسانا به دلیل نوبین بودن فناوری و ریسک بالای فعالیت در آن روابط ناسالم در ارائه وام توسط بانک به متقاضیان	عدم وجود برنامه مشخص و مدون برای تأمین منابع مالی مورد نیاز توسعه فناوری‌های ابررسانا	دشوار بودن تبادلات مالی برای انتقال فناوری در سطح بین‌المللی	نبود تسهیلاتی همچون وام کم‌بهره برای حمایت از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا	

۲-۶- سیاست‌های حوزه توسعه فناوری‌های ابررسانا

پس از شناسایی چالش‌های توسعه فناوری‌های ابررسانا در هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در قسمت قبل در این مرحله باید سیاست‌های رفع این چالش‌ها را تعیین نمود. سیاست‌های رفع هر یک از این چالش‌های توسعه فناوری‌های ابررسانا در جدول (۲-۳) ارائه شده است.

جدول (۲-۳): سیاست‌های پیشنهادی برای رفع چالش‌های شناسایی شده در توسعه فناوری‌های ابررسانا.

سیاست	ابعاد	چالش‌ها	کارکرد
ایجاد فضا برای توسعه توانایی‌های بازیگران در حوزه توسعه دانش براساس نیازمندی‌های موجود (بسترهای دانشی فناوری، کارگاه‌های آموزشی)	بازیگران توانایی	سهم اندک تحقیقات کاربردی در مقایسه با تحقیقات انجام شده در حوزه فناوری‌های ابررسانا	توسعه دانش
	بازیگران توانایی	کمبود تعداد دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی فعال در حوزه ابررسانا	
	بازیگران توانایی	کم بودن تعداد تحقیقات و پژوهش‌های انجام شده در حوزه ابررسانا	
	بازیگران توانایی	عدم توزیع مناسب فعالیت‌های پژوهشی انجام شده در بخش‌های مختلف حوزه ابررسانا	
	بازیگران توانایی	تمرکز ناکافی موضوعات پژوهشی به موضوعات اولویت‌دار و نیازهای کشور	
	بازیگران توانایی	عدم توجه کافی به تحقیق در زمینه تولید سیم‌های ابررسانا به عنوان گلوگاه توسعه صنعت ابررسانا	
ایجاد قوانین و دستورالعمل‌های مرتبط با حمایت از تحقیق و پژوهش در حوزه ابررسانا	نهاد وجود	نبود مکانیزم‌های مناسب حمایت از فعالیت‌های تحقیق و پژوهش در حوزه فناوری‌های ابررسانا	
	نهاد وجود	نبود سیستم مدیریت دانش در زمینه فناوری‌های ابررسانا	
	نهاد وجود	نبود دستورالعمل و استانداردهای مشخص در رابطه با سنجش کیفیت مواد اولیه و تجهیزات مبتنی بر فناوری ابررسانا	
تحریک ایجاد انجمن‌های دانشی در ارتباط با فناوری‌های ابررسانا	تعاملات وجود	عدم وجود انجمن یا ستاد تخصصی در حوزه ابررسانا	
	تعاملات وجود	عدم توجه صنایع مرتبط به حوزه ابررسانا به دلیل ریسک بالای فعالیت در این حوزه	
	تعاملات وجود	عدم ارتباط مراکز R&D شرکت‌های صنعتی با دانشگاه‌ها	

سیاست	ابعاد	چالش‌ها	کارکرد
و دانشگاه‌ها و صنایع خارجی فعال در حوزه ابررسانا	تعاملات وجود	نبود تعامل مناسب با صنایع و دانشگاه‌های خارجی و عدم توجه به انتقال	
	تعاملات شدت	نبود ارتباطات مناسب بین دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی مختلف با یکدیگر	
تحریک دانشگاه‌ها به ارائه محتوای آموزشی مرتبط با زمینه‌های به کارگیری فناوری‌های ابررسانا در مقیاس صنعتی	زیرساخت شدت	کمبود محتوای آموزشی مرتبط با زمینه‌های صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا	
حمایت از تجهیز آزمایشگاهی موجود و ایجاد مراکز آزمایشگاهی برای تحقیق و پژوهش در حوزه ابررسانا	زیرساخت شدت	کمبود آزمایشگاه‌های مناسب برای تحقیق و پژوهش در حوزه ابررسانا	
ایجاد زیرساخت‌های دانشی در ارتباط با دانش تولید شده و ایجاد یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آن‌ها در این بانک اطلاعاتی	زیرساخت وجود	نبود پایگاه اطلاعاتی جامع از آخرین دستاوردهای کشور در حوزه ابررسانا	
	محیطی	دشواری بودن تبادلات مالی برای انتقال فناوری در سطح بین‌المللی	
حمایت از برگزاری کنفرانس، همایش و کارگاه‌های آموزشی در حوزه ابررسانا	بازیگران توانایی	اندک بودن تعداد کنفرانس‌ها و همایش‌های تخصصی برگزار شده در زمینه ابررسانا	انتشار دانش
	بازیگران توانایی	عدم برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی در رابطه با به کارگیری فناوری‌های ابررسانا	
ایجاد فضا برای توسعه فعالیت‌های مرتبط به انتشار دانش	نهاد وجود	نبود قوانین و دستورالعمل‌هایی در رابطه با حمایت از برگزاری کنفرانس، همایش و ... در حوزه ابررسانا	
	نهاد وجود	نبود هدف مشخص در برگزاری کنفرانس‌ها، همایش‌های تخصصی حوزه ابررسانا	
ایجاد زیرساخت‌های مورد نیاز برای تولید و انتشار نشریه تخصصی و برگزاری نمایشگاه تخصصی در حوزه ابررسانا	زیرساخت وجود	عدم انتشار نشریه تخصصی حاوی فعالیت‌های انجام شده در حوزه ابررسانا	جهت‌دهی به سیستم
	زیرساخت وجود	عدم برگزاری نمایشگاه تخصصی جهت ارائه دستاوردهای حوزه انتقال برق با ظرفیت بالا	
ایجاد فضا برای توسعه فعالیت‌های متولیان	بازیگران	نبود مرجعی که به عنوان مغز متفکری فناوری	

سیاست	ابعاد	چالش‌ها	کارکرد
جهت‌دهی به پژوهش‌های حوزه‌های فناوریانه	وجود	برای جهت‌دهی به فعالیت‌ها و پیگیری و شناسایی مشکلات موجود،	
ایجاد قوانین و دستورالعمل‌های مرتبط با جهت‌دهی به نظام توسعه فناوری‌های ابررسانا	نهاد وجود	نبود هدف مشخص از توسعه فناوری در آینده که با تدوین سند جامع توسعه فناوری‌های ابررسانا این مشکل مرتفع می‌شود	
تحریک شکل‌گیری تعاملات فی مابین نهادهای سیاست‌گذار در حوزه‌های فناوری‌های ابررسانا	تعاملات وجود	عدم وجود هماهنگی بین نهادهای سیاست‌گذار مختلف از جمله وزارت نیرو، وزارت صنعت و ... در زمینه ابررسانا	
	تعاملات شدت	مشخص نبودن نحوه همکاری بین بازیگران توسعه فناوری‌های ابررسانا	
تحریک و سازمان‌دهی مشارکت بانک‌ها و صندوق‌ها برای حمایت از فعالیت در حوزه فناوری‌های ابررسانا	بازیگران وجود	کمبود منابع مالی مورد نیاز دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی فعال در حوزه ابررسانا	بسیج منابع
	بازیگران وجود	نبود صندوق تأمین مالی دولتی به منظور حمایت از انجام فعالیت‌های تحقیقاتی در راستای صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا	
	زیرساخت وجود	نبود تسهیلاتی همچون وام کم‌بهره برای حمایت از فعالیت‌های تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا	
	بازیگران شدت	انگیزه پایین بخش خصوصی به فعالیت در زمینه تأمین منابع حوزه ابررسانا به دلیل نوین بودن فناوری و ریسک بالای فعالیت در آن	
	نهاد وجود	عدم وجود برنامه مشخص و مدون برای تأمین منابع مالی مورد نیاز توسعه فناوری‌های ابررسانا	
توسعه سرمایه‌های انسانی کارآمد و زمینه‌سازی برای به‌کارگیری متخصصان و پژوهشگران موجود در این زمینه	بازیگران شدت	عدم توجه به تربیت نیروهای متخصص و توانا در زمینه صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا	
	محیطی	روابط ناسالم در ارائه وام توسط بانک به متقاضیان	
تحریک ایجاد قوانین و برنامه‌های مرتبط با ارائه تسهیلات بانک‌ها به فعالان حوزه	نهاد وجود	عدم وجود قوانین و مقررات حمایتی مناسب در زمینه تأمین مواد، قطعات و تجهیزات مورد نیاز	

سیاست	ابعاد	چالش‌ها	کارکرد
فناوری‌های ابررسانا		برای توسعه فناوری‌های ابررسانا	

۲-۷- اقدامات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های ابررسانا

همان طور که در فصل قبل اشاره شد، اقدامات مورد نیاز بر اساس سیاست‌ها و راهبردها شناسایی و پیشنهاد می‌شوند. این اقدامات به دو دسته اقدامات غیرفنی و اقدامات فنی تقسیم می‌شود. با توجه به اینکه اقدامات غیرفنی شامل چهار دسته اقدامات مربوط به توسعه دانش، اقدامات مربوط به انتشار دانش، اقدامات مربوط به تأمین منابع و اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم می‌باشند. اقدامات فنی با توجه به راهبردهای تدوین شده در گزارش فاز ۳ تعیین شده‌اند. در ادامه فهرست این اقدامات ارائه شده است.

۲-۷-۱- اقدامات غیرفنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های ابررسانا

اقدامات غیرفنی آن دسته از اقداماتی هستند که به توسعه نظام نوآوری در حوزه فناوری‌های ابررسانا کمک می‌کنند. همان طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد اقدامات غیرفنی در راستای اجرای سیاست‌ها تعیین و تدوین می‌گردند. نحوه تعیین سیاست‌ها و اقدامات به صورت کامل و دقیق در بخش (۱-۴) تشریح شده و در

شکل (۱-۲) نشان داده شده است. همان طور که در ابتدای این فصل (

شکل (۱-۲)) اشاره شد به منظور تدوین سیاست‌ها و اقدامات در مرحله اول باید چالش‌ها و موانع پیشروی توسعه فناوری را شناسایی نمود. از آنجایی که سیاست‌ها به منظور رفع چالش‌ها و موانع پیشروی توسعه فناوری و تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان سند تدوین می‌گردد می‌توان نتیجه گرفت که در واقع اقدامات غیرفنی در راستای تحقق چشم‌انداز و پیشبرد اهداف کلان سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق تدوین می‌شوند. همان طور که در بخش قبل اشاره شد مبنای تدوین اقدامات در این سند، نظام نوآوری فناورانه (TIS) بوده و فرایند تدوین آن‌ها در

شکل (۱-۲) نشان داده شده است. این اقدامات بر مبنای سیاست‌های شناسایی شده در چهار کارکرد با اولویت (توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین منابع و جهت‌دهی به سیستم) در چهار دسته قرار گرفتند که در ادامه به ترتیب ارائه شده است.

۲-۷-۱-۱- اقدامات مربوط به توسعه دانش

- ۱- حمایت از انجام پایان‌نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه ابررسانا به شکل کمک‌های مالی و ارائه خدمات آزمایشگاهی
- ۲- ایجاد یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آن‌ها در این بانک اطلاعاتی
- ۳- ایجاد سامانه اتصال آنلاین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی مختلف این حوزه به یکدیگر
- ۴- ایجاد انجمن‌های دانشی در ارتباط با فناوری‌های ابررسانا در کشور
- ۵- کمک به جذب و پذیرش واحدهای تحقیقاتی در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن دانش به دست آمده در حوزه ابررسانا
- ۶- زمینه‌سازی ارتباط میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی کشورهای پیشرو

- ۷- تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه فناوری‌های ابررسانا میان دانشگاه‌ها و صنایع مرتبط نیز صنعت برق، راه و ترابری، پزشکی و ...
- ۸- تسهیل همکاری‌های بین‌المللی با شرکت‌های معتبر جهت انتقال فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق

۲-۷-۱-۲ اقدامات مربوط به انتشار دانش

- ۱- تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه فناوری‌های ابررسانا
- ۲- تهیه و چاپ مجله حاوی اطلاعاتی در رابطه با فعالیت‌ها و دستاوردهای دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقات مختلف در حوزه ابررسانا
- ۳- برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مرتبط جهت ارائه آخرین دستاوردها در حوزه ابررسانا
- ۴- برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی برای صنایع مرتبط با حوزه ابررسانا

۲-۷-۱-۳ اقدامات مربوط به تأمین منابع (مالی، انسانی و مواد)

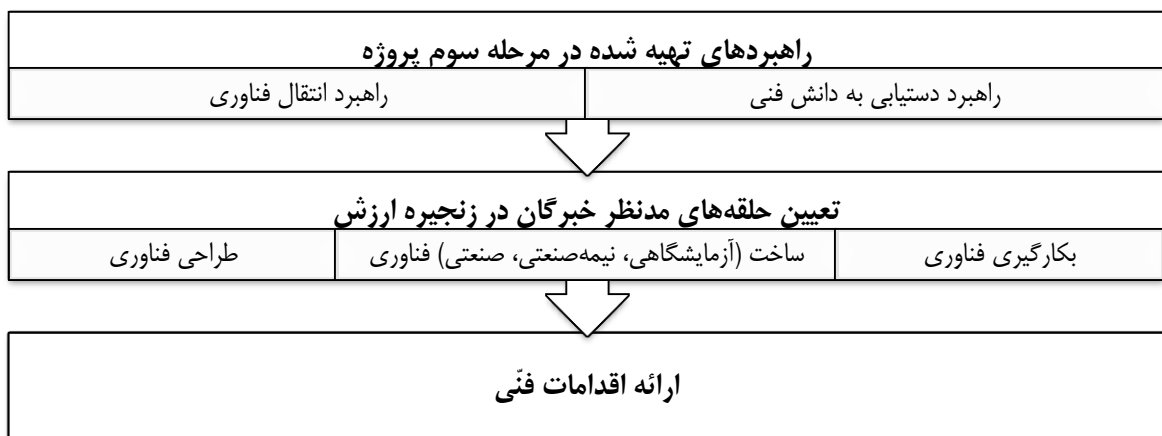
- ۱- تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا
- ۲- کمک به تأمین مالی مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها از طریق:
- اعطای تسهیلات بلندمدت کم‌بهره یا بدون بهره
 - پرداخت بخشی از سود تسهیلات بانکی
 - ارائه کمک‌های بلاعوض
- ۳- اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا
- ۴- حمایت از تشکیل و فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه ابررسانا از طریق:
- اعطای مشوق‌های مالیاتی
 - انعقاد قراردادهای تحقیقاتی-پژوهشی با آنها
- ۵- زمینه‌سازی برای به‌کارگیری نیروهای متخصص و کارآمد در صنایع مرتبط با حوزه ابررسانایی
- ۶- ایجاد یک مرکز آزمایشگاهی مجهز مربوط به حوزه ابررسانا ارائه‌دهنده خدمات به بازیگران فعال در این حوزه
- ۷- تدوین استانداردها و شاخص‌هایی برای ارزیابی مواد ابررسانا و تجهیزات مبتنی بر مواد ابررسانا در کشور

۲-۷-۱-۴ اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم

- ۱- تأسیس ستاد ابررسانایی در کشور جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات
- ۲- تدوین آیین‌نامه حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی با اولویت در حوزه ابررسانا
- ۳- تهیه و تدوین نقشه‌راه ابررسانایی کشور

۲-۷-۲- اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

اقدامات فنی با توجه به راهبردهای توسعه فناوری‌های ابررسانا تدوین شده است. فرایند تدوین این اقدامات، در شکل (۳-۲) نشان داده شده است. همان طور که در شکل (۳-۲) مشاهده می‌شود در مرحله اول تدوین اقدامات فنی، راهبردهای تهیه شده در مرحله سوم پروژه در جلسه کمیته‌ی راهبردی بررسی شده و بر اساس نظرات اعضای کمیته راهبردی هر یک از فناوری‌های منتخب توسعه درون‌زا حلقه‌های زنجیره ارزش تعیین شده و با توجه به شناسایی صورت گرفته اقدامات لازم برای تحقق راهبردها تعیین می‌شود.



شکل (۳-۲): فرایند تدوین اقدامات فنی توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

فهرست اقدامات فنی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق عبارت‌اند از:

- ۱- مطالعات فنی-اقتصادی به کارگیری تجهیزات با اولویت مبتنی بر ابررسانا
- ۲- تسلط به دانش فنی ساخت (سنتز) پودرهای ابررسانا دما بالا
- ۳- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی) سیم و نوار ابررسانای دما بالا
- ۴- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی (آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی) در دمای پایین جهت استفاده در تجهیزات با اولویت مبتنی بر ابررسانا
- ۵- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) کابل ابررسانا (تک‌فاز و سه‌فاز)
- ۶- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) محدودساز ابررسانا
- ۷- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) ترانس ابررسانا
- ۸- تسلط به دانش فنی طراحی سیستم ذخیره‌ساز ابررسانا

جمع‌بندی

هدف از انجام مرحله چهارم «تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)» تدوین اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردهای توسعه فناوری‌های ابررسانا بود. در ابتدای این گزارش مبانی نظری مربوط به تدوین اقدامات شامل کارکردها و ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه (TIS) به تفصیل مورد بحث قرار گرفت. سپس فرایند چهار مرحله‌ای تدوین اقدامات سند توسعه فناوری توضیح داده شد. پس از مراحل چهارگانه تدوین اقدامات برای حوزه ابررسانا انجام شد به این صورت که در مرحله اول این فرایند وضعیت موجود توسعه فناوری با شناسایی مرحله توسعه فناوری‌های ابررسانا و بازیگران نظام توسعه این فناوری مشخص شدند. در مرحله دوم، با توجه اینکه فناوری در مرحله پیش توسعه بوده، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه فناوری ابررسانا چهار کارکرد توسعه دانش، انتشار دانش، بسیج منابع و جهت‌دهی تعیین شدند. در مرحله سوم، چالش‌ها و موانع موجود در تحقق هر یک از چهار کارکرد اصلی از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با حوزه ابررسانا تعیین شدند. در نهایت با توجه به چالش‌های تعیین شده و راهبردهای تدوین شده حوزه ابررسانا اقدامات مورد نیاز برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های ابررسانا پیشنهاد شد.

مراجع

۱. «روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق - راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم»، پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲
2. Carlsson, B. and Stankiewicz, R., "Evolutionary Economics," pp. 93-118, 1991.
3. Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., and Rickne, A., "Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis," *Research policy*, vol. 37, no. 3, pp. 407-429, 2008.
4. North, D. C., *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge university press, 1990.
5. Schot, J., "Towards new forms of participatory technology development," *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 13, no. 1, pp. 39-52, 2001.
6. Dosi, G., "Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation," *Journal of economic literature*, pp. 1120-1171, 1988.

فهرست مطالب

۱- فصل اول: تدوین پروژه‌های اجرایی.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۲-۱- فرآیند تدوین پروژه‌های اجرایی.....	۱
۱-۲-۱- شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی.....	۲
۲-۲-۱- مبنای شکستن اقدامات.....	۴
۳-۲-۱- ابزارهای شکستن اقدامات.....	۵
۴-۲-۱- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی.....	۷
۳-۱- فهرست پروژه‌های اجرایی سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران.....	۷
۴-۱- تخصیص منابع.....	۱۰
۲- فصل دوم: تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب).....	۱۵
۱-۲- مقدمه.....	۱۵
۲-۲- نگاشت نهادی.....	۱۵
۳-۲- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی.....	۱۶
۱-۳-۲- سیاست‌گذاری.....	۱۶
۲-۳-۲- تنظیم‌گری.....	۱۷
۳-۳-۲- تسهیل‌گری.....	۱۷
۴-۳-۲- ارائه‌دهنده کالا و خدمات.....	۱۸
۴-۲- طراحی نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق کشور.....	۱۸
۱-۴-۲- شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق کشور.....	۱۹
۲-۴-۲- شناخت روابط میان بنگاهی بین نهادهای موجود در حوزه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق:.....	۲۰
۳-۴-۲- تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود.....	۲۰
۴-۴-۲- تحلیل نگاشت نهادی.....	۲۲
۵-۲- تخصیص متولیان اقدامات.....	۲۲
۳- فصل سوم: رهنگاشت.....	۲۶
۱-۳- مقدمه.....	۲۶

۲۶ ۲-۳- تعریف رهنگاشت

۲۷ ۳-۳- ترسیم رهنگاشت

۳۳ نتیجه‌گیری

۳۴ مراجع:

۳۵ پیوست الف: شناسنامه اقدامات غیرفنی

۶۰ پیوست ب: شناسنامه اقدامات فنی

۱۲۶ پیوست ج: معرفی اجمالی نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۱): فرایند تدوین برنامه‌های عملیاتی..... ۲
- شکل (۲-۱): نحوه شکستن اقدام X..... ۳
- شکل (۱-۳): نقشه‌راه توسعه نظام نوآوری فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات غیرفنی)..... ۳۱
- شکل (۲-۳): نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات فنی)..... ۳۲
- شکل (ب-۱): مراحل سنتز پودر ابررسانای دما بالا BSCCO به روش سل-ژل..... ۶۱
- شکل (ب-۲): سیستم تولید پودر ابررسانا..... ۶۳
- شکل (ب-۳): ساخت سیم و نوار ابررسانا به روش PIT..... ۶۵
- شکل (ب-۴): صفحات ابررسانای BSCCO در یک نوار ابررسانا..... ۶۸
- شکل (ب-۵): نمونه‌ای از کوره قابل کنترل تولید پیوسته سیم ابررسانا..... ۶۹
- شکل (ب-۶): نحوه عملکرد سیستم جوش لیزری تیوب نقره..... ۷۰
- شکل (ب-۷): نمایی از مقطع یک سیم ابررسانای BSCCO حاوی عیب SAUSAGING..... ۷۲
- شکل (ب-۸): لایه‌های موجود در سیم ابررسانا..... ۷۷
- شکل (ب-۹): نمونه‌هایی از محفظه‌های فشار بالای نیتروژن مایع و دی اکسید کربن مایع..... ۷۹
- شکل (ب-۱۰): اجزاء یک سیستم ساده تبرید کرایجنیک و نمایی از اجزای مخزن LN₂..... ۸۰
- شکل (ب-۱۱): تصویر شماتیکی از اجزا محفظه خنک‌کاری..... ۸۱
- شکل (ب-۱۲): نمونه‌هایی از انواع استاندارد اتصالات مسی‌های نیتروژن مایع..... ۸۲
- شکل (ب-۱۳): نمونه‌هایی از شیلنگ‌ها و اتصالات..... ۸۲
- شکل (ب-۱۴): مشخصات و محدوده‌های دمایی سیالات کرایجنیک و هزینه‌ها و ارزش سرمایه‌های آن‌ها..... ۸۳
- شکل (ب-۱۵): آرایش ترکیبات مختلف عایق‌ها و مقایسه هزینه‌های ساخت هر کدام..... ۸۶
- شکل (ب-۱۶): رابطه فشار و دما در سیالات کرایجنیک..... ۸۷
- شکل (ب-۱۷): نمایی از سیستم تبرید مادون سرد و موقعیت سنسورهای آن..... ۸۹
- شکل (ب-۱۸): نمایی از یک محدودکننده جریان خطا با سیستم سرمایه‌های..... ۹۳
- شکل (ب-۱۹): طرح یک کرایواستات مورد استفاده در دستگاه‌های ابررسانا و منابع اتلاف حرارتی در آن..... ۹۵
- شکل (ب-۲۰): کابل دی الکتریک گرم..... ۱۰۳
- شکل (ب-۲۱): کابل دی الکتریک سرد..... ۱۰۳
- شکل (ب-۲۲): مراحل ساخت محدودساز جریان خطای ابررسانا..... ۱۰۶
- شکل (ب-۲۳): بلوک دیاگرام سیستم..... ۱۰۷

- شکل (ب-۲۴): تصویر دستگاه و شرح قسمت‌های مختلف آن..... ۱۰۸
- شکل (ب-۲۵): مدار معادل سیم ابررسانا در دمای محیط و در نیتروژن مایع..... ۱۱۱
- شکل (ب-۲۶): تصویر سیم‌پیچ اولیه ترانسفورماتور..... ۱۱۶
- شکل (ب-۲۷): تصویر سیم‌پیچ ثانویه ترانسفورماتور..... ۱۱۷
- شکل (ب-۲۸): ساختار کلی SMES..... ۱۲۰
- شکل (ب-۲۹): ساختار ذخیره کننده انرژی دما پایین..... ۱۲۲

فهرست جداول

- جدول (۱-۱): لیست اقدامات غیرفنی تدوین شده سند. ۸
- جدول (۲-۱): پروژه‌های اجرایی حاصل از شکسته شدن اقدامات فنی تدوین شده سند. ۹
- جدول (۳-۱): بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات غیرفنی در توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق کشور. ۱۱
- جدول (۴-۱): بودجه‌بندی و زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به پروژه‌های اقدامات فنی در توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق کشور. ۱۲
- جدول (۱-۲): نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران. ۲۱
- جدول (۲-۲): متولیان اقدامات غیرفنی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران. ۲۳
- جدول (۳-۲): متولیان پروژه‌های فنی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران. ۲۴
- جدول (الف-۱): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام حمایت از انجام پایان‌نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه ابررسانا. ۳۶
- جدول (الف-۲): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: ایجاد و به‌روزرسانی یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده پژوهشگران حوزه ابررسانا. ۳۷
- جدول (الف-۳): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: اتصال آنلاین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی مختلف این حوزه به یکدیگر. ۳۸
- جدول (الف-۴): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: ایجاد انجمن‌های دانشی در ارتباط با فناوری‌های ابررسانا. ۳۹
- جدول (الف-۵): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: جذب و پذیرش واحدهای تحقیقاتی در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن دانش به دست آمده در حوزه ابررسانا. ۴۱
- جدول (الف-۶): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: رایزنی با دستگاه‌های ذی‌ربط جهت افزایش ارتباطات میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت‌های معتبر کشورهای پیشرو. ۴۲
- جدول (الف-۷): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه فناوری‌های ابررسانا میان دانشگاه‌ها و صنعت برق. ۴۴
- جدول (الف-۸): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه فناوری‌های ابررسانا. ۴۶
- جدول (الف-۹): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تهیه و چاپ مجله حاوی اطلاعاتی در رابطه با فعالیت‌ها و دستاوردهای دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقات مختلف در حوزه ابررسانا. ۴۷
- جدول (الف-۱۰): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مرتبط جهت ارائه آخرین دستاوردها در حوزه ابررسانا. ۴۸
- جدول (الف-۱۱): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی برای صنایع مرتبط با حوزه ابررسانا. ۴۹

- جدول (الف-۱۲): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا..... ۵۰
- جدول (الف-۱۳): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تدوین و اجرای آیین‌نامه حمایت مالی از مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها..... ۵۱
- جدول (الف-۱۴): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا..... ۵۲
- جدول (الف-۱۵): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تدوین و اجرای اساس‌نامه حمایت از تشکیل و فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه ابررسانا..... ۵۳
- جدول (الف-۱۶): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تدوین و اجرای آیین‌نامه به‌کارگیری نیروهای متخصص و کارآمد حوزه ابررسانایی در صنایع مرتبط..... ۵۴
- جدول (الف-۱۷): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: ایجاد یک مرکز آزمایشگاهی مجهز مربوط به حوزه ابررسانا ارائه‌دهنده خدمات به بازیگران فعال در این حوزه..... ۵۵
- جدول (الف-۱۸): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تدوین استانداردها و شاخص‌هایی برای ارزیابی مواد ابررسانا و تجهیزات مبتنی بر مواد ابررسانا در کشور..... ۵۶
- جدول (الف-۱۹): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تأسیس ستاد ابررسانایی در کشور جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات..... ۵۸
- جدول (الف-۲۰): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تهیه و تدوین نقشه‌راه ابررسانایی کشور..... ۵۹
- جدول (ب-۱): مشخصات فیزیکی LN_2 ۸۴
- جدول (ب-۲): مقایسه کابل‌های دما بالا و دما پایین..... ۱۰۲
- جدول (ب-۳): معیارهای مهم طراحی محدودکننده‌های جریان..... ۱۰۹
- جدول (ب-۴): پارامترهای مربوط به ترانسفورماتور با کابل ابررسانا..... ۱۱۵
- جدول (۳-۲۵): پارامترهای اصلی سیم‌پیچ اولیه و ثانویه..... ۱۱۷
- جدول (ب-۶): مشخصات سیم‌پیچ ذخیره‌ساز انرژی..... ۱۲۱
- جدول (ب-۷): مشخصات سیم‌پیچ ذخیره‌ساز انرژی با ظرفیت بالا..... ۱۲۲
- جدول (ب-۸): مشخصات ذخیره‌ساز انرژی با ظرفیت پایین..... ۱۲۳
- جدول (ب-۹): مشخصات مغناطیس مربوط به ذخیره‌ساز..... ۱۲۴

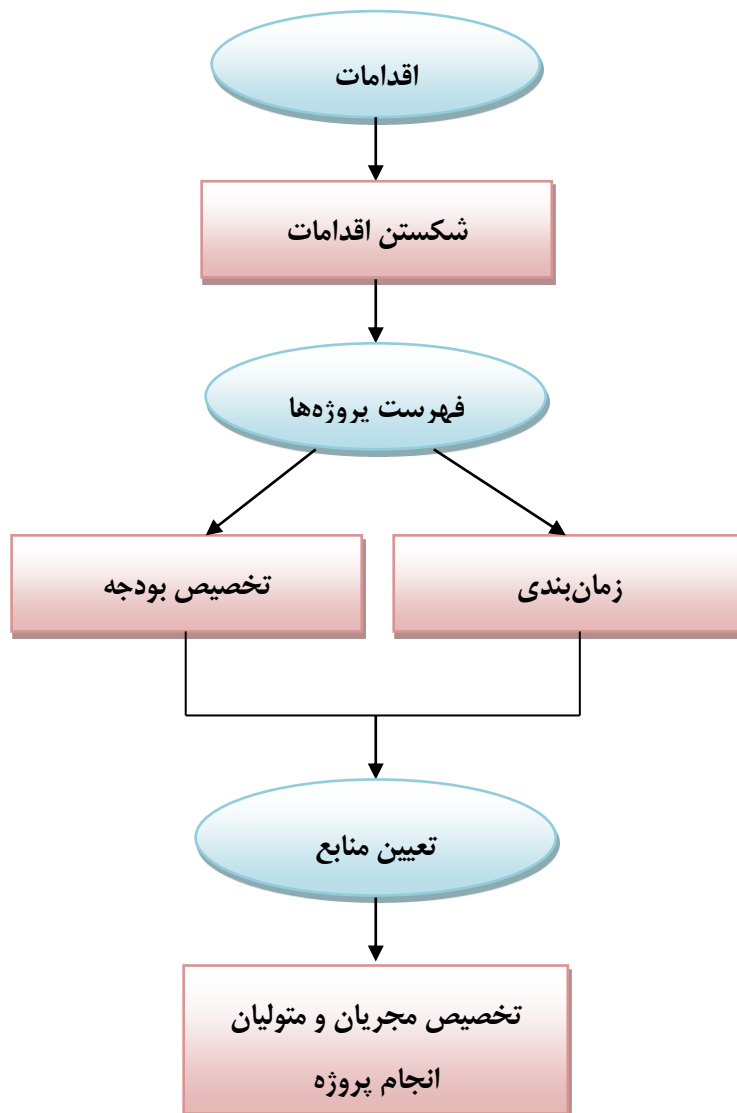
فصل اول: تدوین پروژه‌های اجرایی

۱-۱- مقدمه

در این بخش فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) توضیح داده می‌شود و در نهایت فهرست پروژه‌ها ارائه می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، لازم است اقدامات تعیین شده در مرحله چهارم تدوین سند، به پروژه‌های اجرایی شکسته شوند. در واقع در این بخش باید مشخص گردد که چه پروژه یا مجموعه پروژه‌هایی باید در سالیان مختلف اجرا گردد تا با اجرای این پروژه‌ها بتوان اطمینان حاصل کرد که اقدامات، راهبردها، اهداف و در نهایت چشم‌انداز تدوین شده "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)" محقق شده است.

۱-۲- فرآیند تدوین پروژه‌های اجرایی

نحوه تعیین پروژه‌های اجرایی و استنتاج آن‌ها از اقدامات تدوین شده در مرحله چهارم سند امری مهم و ضروری است از این رو در این بخش فرآیند تدوین پروژه‌های اجرایی بررسی شده است. فرآیند تدوین برنامه عملیاتی در شکل (۱-۱) نشان داده شده است. مطابق این شکل، در مرحله اول باید اقدامات تدوین شده در مرحله ۴ شناسایی شده و بر اساس معیارهایی به پروژه‌ها شکسته شوند و فهرست پروژه‌ها استخراج شود. سپس زمان و بودجه مورد نیاز برای انجام هر یک از پروژه‌ها مشخص شده و از این طریق منابع لازم برای تحقق اقدامات تعیین می‌گردد. در نهایت با شناسایی نهادهای مرتبط در محیط داخلی و بیرونی و نقش آن‌ها، متولی و مجری انجام پروژه‌ها شناسایی می‌شود.

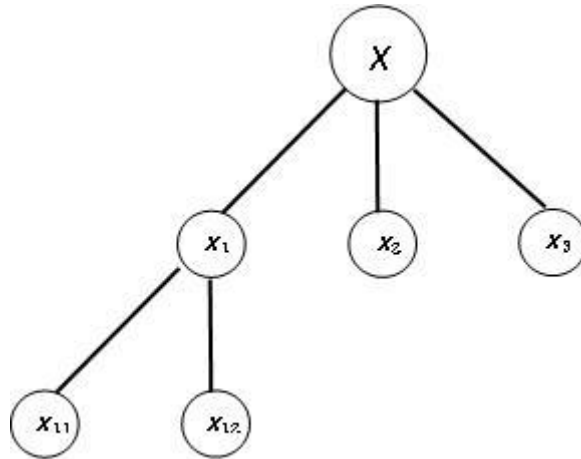


شکل (۱-۱): فرایند تدوین برنامه‌های عملیاتی

۱-۲-۱- شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، باید به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود و از همین رو در تعریف پروژه‌ها باید به جنبه‌های مختلف اقدام توجه شود. نکته حائز اهمیت دیگر در شکستن اقدامات، میزان و سطح شکستن اقدامات می‌باشد. همان‌گونه که یک اقدام می‌تواند به مجموعه‌ای از پروژه‌ها شکسته شود، هر پروژه نیز قابل شکسته شدن به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها است و این روند را در مورد فعالیت‌ها نیز می‌توان ادامه داد. این مفهوم را می‌توان به صورت ملموس‌تری در شکل (۱-۲) مشاهده نمود که در آن اقدام X به سه پروژه و پروژه شماره ۱ به دو فعالیت شکسته شده است. حال می‌توان مجموعه کل پروژه‌هایی که برای انجام اقدام X باید اجرا شوند 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 است. بنابراین لازم است معیارهای مناسبی برای تعیین تعداد و سطح شکسته شدن اقدامات معرفی و تعیین گردد.



شکل (۲-۱): نحوه شکستن اقدام X

در این بررسی دو معیار به شرح زیر مبنای شکستن اقدامات به پروژه‌ها قرار می‌گیرد:

الف) میزان منابع لازم برای انجام پروژه اجرایی قابل تخمین باشد. به عبارتی در سطح خاصی می‌توان برآورد مناسبی از میزان مورد نیاز ارائه نمود.^۱

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 پروژه امکان اختصاص آن به یک مجری را سلب نماید، باید پروژه اجرایی مربوط به فعالیت‌های دیگری شکسته شود تا تخصیص آن به مجری واحد امکان‌پذیر باشد.

ساختار کلی شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی مشابه WBS^۲ می‌باشد 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 می‌باشد. تاکنون الگوریتمی که تضمین نماید مجموعه پروژه‌های اجرایی منتخب برای تحقق اقدام کفایت می‌نماید ارائه نشده است. تنها با بهره‌گیری از قضاوت

۱- توضیحات بیش‌تر در مورد اقسام منابع در قسمت‌های آتی بیان خواهد شد.

خبرگان، استفاده از تجارب پیشین و در صورت امکان به کارگیری ابزارهایی چون شبیه‌سازی می‌توان امیدوار بود مجموعه پروژه‌های اجرایی شرایط کافی برای حصول اقدامات را فراهم سازند.

۱-۲-۲- مبنای شکستن اقدامات

یکی از مسائل کلیدی دیگر در فرآیند شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، تعیین مبنایی است که بر اساس آن شکستن اقدامات انجام شود. برای درک بهتر اقدام نمونه‌ای با عنوان تأسیس آزادراه را در نظر بگیرید. این اقدام می‌تواند بر دو مبنای جغرافیایی^۱ (راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی) و عملکردی^۲ (زیرسازی راه، روسازی و آسفالت، حفاظت حاشیه راه و ...) به پروژه‌های اجرایی زیرمجموعه خود شکسته شود. مبنای شکستن اقدامات مورد توجه بر اساس عوامل مختلفی تعیین می‌شود که در ادامه به مهم‌ترین این عوامل اشاره می‌شود.

الف) ساختار و فرهنگ حاکم: اگر در ساختار موجود کشور تقسیم‌بندی ویژه و یا هنجارهای پذیرفته شده اثرگذاری وجود داشته باشد، می‌توان شکستن پروژه‌های اجرایی را بر اساس آن‌ها جهت‌دهی کرد. به عنوان نمونه در مورد مثال فوق اگر سیستم راه‌سازی کشور بر اساس مناطق جغرافیایی در بخش‌های راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی شکل گرفته باشد که هر بخش توانایی‌ها و قابلیت‌های کلیدی لازم در حوزه فعالیت خود به دست آورده است، و بنابراین تقسیم‌بندی مذکور می‌تواند مبنای شکستن اقدامات قرار گیرد.

ب) نیازمندی‌های فعلی: نیازمندی‌هایی که بر مبنای آن شکسته شدن اقدامات صورت می‌پذیرد در طول زمان قابل تغییر است. در مورد مثال اخیر ممکن است در فاز طراحی آزادراه‌ها نیازهای طراحی موجب شکستن پروژه‌های اجرایی بر مبنای جغرافیایی شود ولیکن در زمان اجرا نیازها تغییر کرده و مبنای عملکردی مورد استفاده قرار گیرد.

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 مبنای 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 به نظرات ذینفعان در بخش‌های مختلف فرآیند پیاده‌سازی از جمله چگونگی شکستن اقدامات توجه شود.

1- Geographical Base

2- Functional Base

در صورتی که تصمیم گرفته شود که تعدادی از پروژه‌های اجرایی نیز به زیرفعالیت‌ها شکسته شوند، می‌توان در شکستن دوم از مبنای دیگری استفاده نمود. به طور مثال در مرحله اول بر مبنای جغرافیایی و در مرحله دوم بر مبنای عملکردی شکستن انجام پذیرد.

۱-۲-۳- ابزارهای شکستن اقدامات

تاکنون مفاهیم و موضوعات کلیدی شکستن اقدامات مورد بحث و بررسی قرار گرفت، در این بخش چند ابزار برای انجام این مهم معرفی می‌گردد.

الف) تجزیه و تحلیل فرآیند استاندارد

در ادبیات برخی از اقدامات فرآیند تجربه شده‌ای وجود دارد که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه مورد پذیرش است. چنین فرآیندهایی فرایند استاندارد نامیده می‌شود و در صورتی که در مورد اقدامات خاصی فرآیند استاندارد وجود داشته باشد، پروژه‌های اجرایی ارائه شده در آن حوزه به عنوان 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 فرایند در قالب آن طراحی و اجرا شده است - یکی از مسائل کلیدی به کارگیری 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 غیر نهایی به دست آمده می‌توان در ابزار علی- معلولی استفاده نمود.

ج) تحلیل علی معلولی

اساس این ابزار استفاده از نظرات خبرگان برای شکستن اقدامات به مجموعه پروژه‌های اجرایی می‌باشد. از همین‌رو حضور خبرگانی مسلط بر ابعاد مختلف اقدام مربوطه ضرورت و لازمه استفاده از این ابزار است. در ادامه 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 طوفان فکری پروژه‌های اجرایی که از نظر خبرگان برای انجام مزبور ضروری به نظر می‌رسد مطرح شده و در معرض دید همگان قرار می‌گیرد.

حاضرین جلسه باید این نکته را مد نظر قرار دهند که در مرحله اول صرفاً اقدامات به پروژه‌های اجرایی اساسی تشکیل دهنده شکسته می‌شوند. از همین رو بهتر است از بیان مواردی که خود زیرفعالیت‌های 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 فرایند 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 به ویژه 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 است که در بین سایر پروژه‌های اجرایی، موارد مشابه قابل جایگزینی با آن‌ها یافت می‌شود. در این حالت هر گروه از پروژه‌های اجرایی مشابه در مجموعه‌هایی جمع می‌شوند که از آن‌ها تحت عنوان مجموعه‌های جایگزینی یاد می‌شود. سرانجام باید 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 آن را 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، این موارد حذف شده - در صورت لزوم در شکستن پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌ها در مراحل

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.

بعد استفاده می‌شوند - و در غیر این صورت لازم است پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبان دیگری تعریف شود که دربرگیرنده موارد ذکر شده به عنوان زیرفعالیت خود باشد.

در مجموع مشخص می‌گردد که پروژه‌های اجرایی دسته‌بندی شده باید دارای دو ویژگی زیر باشند:

☞ در یک سطح باشند،

☞ غیر از پروژه‌های اجرایی درون یک مجموعه جایگزینی، سایر پروژه‌های اجرایی باید بدون هم‌پوشانی باشند. در غیر این صورت باید تغییراتی در آن‌ها اعمال گردد تا هم‌پوشانی موجود حذف شود.

۱-۲-۴- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی

قبل از نهایی شدن پروژه‌های اجرایی، به منظور ارزیابی جوانب مختلف پروژه‌های ارائه شده و قضاوت در مورد موجه بودن یا عدم موجه بودن آن‌ها، هر پروژه اجرایی باید 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 باید به نحو مطلوبی موجبات دستیابی به مقاصد سایر سطوح راهبردی را فراهم سازند. از همین رو ضروری است با نگاهی اجمالی به بازبینی گام‌های طی شده نواقص احتمالی پرداخته شود.

۱-۳- فهرست پروژه‌های اجرایی سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران

با توجه به موارد مطرح شده در ابتدای این بخش در ارتباط با ضرورت و نحوه شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، در این بخش، پروژه‌هایی شناسایی می‌شود که اجرایی شدن آن‌ها منجر به تحقق اقدامات می‌گردد. با توجه به ابزارهای گوناگونی که جهت شکستن اقدامات در بخش قبل معرفی شده با بررسی‌های صورت گرفته این نتیجه حاصل شد که ابزار تحلیل علی‌معلولی بهترین ابزار برای شکستن اقدامات در این طرح می‌باشد.

همان طور که در گزارش مرحله چهارم سند اشاره شد اقدامات مربوط به این سند در دو دسته اقدامات فنی و غیرفنی تدوین شد. با توجه به سطح اقدامات غیرفنی تعریف شده در مرحله چهارم، تصمیم گرفته شد تا این اقدامات به سطح پایین‌تر شکسته نشود و زمان‌بندی و بودجه‌بندی بر روی اقدامات انجام شود. اما در ارتباط با اقدامات فنی، با توجه به امکان شکستن اقدامات تصمیم بر این شد تا پروژه‌های اجرایی ذیل هر یک از اقدامات فنی تعریف شود. برای تدوین پروژه‌های اجرایی اقدامات فنی، ابتدا کارشناسان فنی سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران به طور مجزا فهرست پروژه‌های اولیه مربوط به خود را استخراج کردند و سپس در مرحله بعد با برگزاری جلسه‌ای با حضور ۵ نفر از خبرگان و کارشناسان حوزه

ابرسانا (کمیته راهبری)، فهرست اولیه پروژه‌ها بررسی شد و پس از جمع‌بندی پروژه‌های اصلی جهت اجرایی شدن اقدامات شناسایی شدند. اسامی افراد حاضر در این جلسه به شرح ذیل است:

- جناب آقای دکتر حکمتی (عضو هیئت‌علمی دانشگاه شهید بهشتی)
- جناب آقای دکتر فردمنش (عضو هیئت‌علمی دانشگاه صنعتی شریف)
- جناب آقای دکتر رجبی (عضو هیئت‌علمی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره))
- جناب آقای دکتر دادمهر (عضو هیئت‌علمی دانشگاه الزهرا)
- سرکار خانم دکتر ریاحی (مدیر گروه مواد غیرفلزی پژوهشگاه نیرو)

همان طور که در قسمت‌های قبل اشاره شد، مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، باید به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود در این بخش تلاش شده 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 باید مورد توجه قرار گیرد، سطح شکسته شدن اقدامات است. 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 لیست اقدامات مدیریتی شناسایی شده در جدول (۱-۱) و لیست پروژه‌های شناسایی شده برای هر یک از اقدامات فنی در جدول (۲-۱) ارائه شده است.

جدول (۱-۱): لیست اقدامات غیرفنی تدوین شده سند.

ردیف	عنوان اقدام
۱	حمایت از انجام پایان‌نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه ابررسانا به شکل کمک‌های مالی و ارائه خدمات آزمایشگاهی
۲	ایجاد و به‌روزرسانی یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آن‌ها در این بانک اطلاعاتی
۳	ایجاد سامانه اتصال آنلاین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی مختلف این حوزه به یکدیگر
۴	ایجاد انجمن‌های دانشی در ارتباط با فناوری‌های ابررسانا در کشور
۵	جذب و پذیرش واحدهای تحقیقاتی در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن دانش به دست آمده در حوزه ابررسانا
۶	رایزنی با دستگاه‌های ذی‌ربط جهت افزایش ارتباطات میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت‌های معتبر کشورهای پیشرو جهت انتقال فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق
۷	تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه فناوری‌های ابررسانا میان دانشگاه‌ها و صنعت برق
۸	تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه فناوری‌های ابررسانا
۹	تهیه و چاپ مجله حاوی اطلاعاتی در رابطه با فعالیت‌ها و دستاوردهای دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقات مختلف در حوزه ابررسانا
۱۰	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مرتبط جهت ارائه آخرین دستاوردها در حوزه ابررسانا
۱۱	برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی برای صنایع مرتبط با حوزه ابررسانا
۱۲	تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا

ردیف	عنوان اقدام
۱۳	تدوین و اجرای آیین‌نامه حمایت مالی از مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها
۱۴	اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا
۱۵	تدوین و اجرای اساس‌نامه حمایت از تشکیل و فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه ابررسانا
۱۶	تدوین و اجرای آیین‌نامه به‌کارگیری نیروهای متخصص و کارآمد حوزه ابررسانایی در صنایع مرتبط
۱۷	ایجاد یک شبکه آزمایشگاهی مجهز مربوط به حوزه ابررسانا ارائه‌دهنده خدمات به بازیگران فعال در این حوزه
۱۸	تدوین استانداردها و شاخص‌هایی برای ارزیابی مواد ابررسانا و تجهیزات مبتنی بر مواد ابررسانا در کشور
۱۹	تأسیس ستاد ابررسانایی در کشور جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات
۲۰	تهیه و تدوین نقشه‌راه ابررسانایی کشور

جدول (۲-۱): پروژه‌های اجرایی حاصل از شکسته شدن اقدامات فنی تدوین شده سند.

ردیف	عنوان پروژه‌ها
اقدام ۱: تسلط به دانش فنی ساخت (سنتز) پودرهای ابررسانا دما بالا	
۱	طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس نیمه‌صنعتی
۲	طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس صنعتی
اقدام ۲: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی) سیم و نوار ابررسانای دما بالا	
۳	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل اول (دما بالا) در مقیاس نیمه‌صنعتی
۴	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل دوم (دما بالا) در مقیاس نیمه‌صنعتی
۵	طراحی و ساخت کوره تولید پیوسته قابل کنترل
۶	طراحی و ساخت سیستم شکل‌دهی و جوش لیزری تیوب نقره
۷	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل اول (دما بالا) به صورت پیوسته در مقیاس صنعتی
۸	طراحی و ساخت سیستم پوشش‌دهی نوار نقره
۹	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل دوم (دما بالا) به صورت پیوسته در مقیاس صنعتی
۱۰	طراحی و ساخت سیستم عایق‌بندی الکتریکی سیم و نوار ابررسانا
اقدام ۳: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی (آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی) در دمای پایین جهت استفاده در تجهیزات با اولویت مبتنی بر ابررسانا	
۱۱	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۱۲	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی
۱۳	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس صنعتی
۱۴	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۱۵	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی
۱۶	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی
۱۷	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۱۸	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی
۱۹	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس صنعتی
۲۰	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۲۱	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی
۲۲	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس صنعتی

ردیف	عنوان پروژه‌ها
اقدام ۴: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) کابل ابررسانا (تک‌فاز و سه‌فاز)	
۲۳	شبیه‌سازی کابل ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux
۲۴	طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی
۲۵	طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)
۲۶	طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی
۲۷	طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)
اقدام ۵: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) محدودساز جریان خطا ابررسانا	
۲۸	شبیه‌سازی محدودساز جریان خطا ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux
۲۹	طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۳۰	طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا در رده ۲۰ kV (توزیع)
۳۱	طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا در رده ۶۳ kV (فوق توزیع)
اقدام ۶: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) ترانسفورماتور ابررسانا	
۳۲	شبیه‌سازی ترانسفورماتور ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux
۳۳	طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۳۴	طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا ۲۰/۰/۴ kV - ۵۰ kVA
۳۵	طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا ۲۰/۰/۴ kV - ۲ MVA
اقدام ۷: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا	
۳۶	شبیه‌سازی ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux
۳۷	طراحی و ساخت ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۳۸	طراحی و ساخت ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی (۱MJ)

۱-۴- تخصیص منابع

در برنامه‌ریزی عملیاتی تخصیص منابع فرایند تصمیم‌گیری در مورد چگونگی به‌کارگیری منابع موجود به منظور نیل به مقاصد تعیین شده، به ویژه در کوتاه‌مدت مشخص می‌گردد. تخصیص منابع در سطوح مختلف راهبردی از جمله اقدامات، پروژه‌های اجرایی، فعالیت‌ها و سایر سطوح بالاتر قابل تعریف است. 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، عبارت‌اند از هزینه، زمان و در صورت لزوم منابعی چون دانش و فناوری. 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، مدت زمان لازم برای انجام هر پروژه، باید 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 باید در مدت زمان خاص خود به اتمام برسد. از طرف دیگر منابع مالی به عنوان منابع نامحدود در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین برای هر پروژه اجرایی هزینه لازم برآورد شده و برای انجام آن پروژه تخصیص داده می‌شود. منابع لازم برای سطوح بالاتر از جمله اقدامات در حالت کلی برابر مجموع هزینه‌های سطوح پایین‌تر است^۱ در این بخش زمان و بودجه تخمینی لازم برای انجام اقدامات غیرفنی و پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی به ترتیب در جدول (۳-۱) و جدول (۴-۱) ارائه شده است. زمان‌بندی دقیق پروژه‌ها می‌تواند به ترسیم صحیح رهنگاشت کمک کند.

جدول (۳-۱): بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات غیرفنی در توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق کشور.

ردیف	اقدامات	زمان (ماه)	هزینه (میلیون ریال)	
			هزینه پرسنلی	هزینه مواد مصرف‌شده و نشدنی
۱	حمایت از انجام پایان‌نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه ابررسانا به شکل کمک‌های مالی و ارائه خدمات آزمایشگاهی			
۲	ایجاد و به‌روزرسانی یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آن‌ها در این بانک اطلاعاتی			
۳	ایجاد سامانه اتصال آنلاین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی مختلف این حوزه به یکدیگر			
۴	ایجاد انجمن‌های دانشی در ارتباط با فناوری‌های ابررسانا در کشور			
۵	جذب و پذیرش واحدهای تحقیقاتی در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن دانش به دست آمده در حوزه ابررسانا			
۶	رایزنی با دستگاه‌های ذی‌ربط جهت افزایش ارتباطات میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت‌های معتبر کشورهای پیشرو جهت انتقال فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت			

۱- مسأله مهمی که در تخصیص منابع مالی محدود مورد ملاحظه قرار می‌گیرد اولویت‌بندی فعالیت‌ها به‌گونه‌ای 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	اقدامات	زمان (ماه)	هزینه (میلیون ریال)		
			هزینه پرسنلی	هزینه مواد مصرف‌شده و نشدنی	هزینه کل
	برق				
۷	تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه فناوری‌های ابررسانا میان دانشگاه‌ها و صنعت برق				
۸	تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه فناوری‌های ابررسانا				
۹	تهیه و چاپ مجله حاوی اطلاعاتی در رابطه با فعالیت‌ها و دستاوردهای دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقات مختلف در حوزه ابررسانا				
۱۰	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مرتبط جهت ارائه آخرین دستاوردها در حوزه ابررسانا				
۱۱	برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی برای صنایع مرتبط با حوزه ابررسانا				
۱۲	تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا				
۱۳	تدوین و اجرای آیین‌نامه حمایت مالی از مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها				
۱۴	اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا				
۱۵	تدوین و اجرای اساس‌نامه حمایت از تشکیل و فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه ابررسانا				
۱۶	تدوین و اجرای آیین‌نامه به‌کارگیری نیروهای متخصص و کارآمد حوزه ابررسانایی در صنایع مرتبط				
۱۷	ایجاد یک شبکه آزمایشگاهی مجهز مربوط به حوزه ابررسانا ارائه‌دهنده خدمات به بازیگران فعال در این حوزه				
۱۸	تدوین استانداردها و شاخص‌هایی برای ارزیابی مواد ابررسانا و تجهیزات مبتنی بر مواد ابررسانا در کشور				
۱۹	تأسیس ستاد ابررسانایی در کشور جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات				
۲۰	تهیه و تدوین نقشه‌راه ابررسانایی کشور				

جدول (۱-۴): بودجه‌بندی و زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به پروژه‌های اقدامات فنی در توسعه فناوری‌های ابررسانا در

صنعت برق کشور

ردیف	پروژه	زمان (ماه)	هزینه (میلیون ریال)		
			هزینه پرسنلی	هزینه مواد مصرف‌شده و نشدنی	هزینه کل
اقدام ۱: تسلط به دانش فنی ساخت (سنتز) پودرهای ابررسانا دما بالا					
۱	طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس نیمه‌صنعتی				
۲	طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس صنعتی				

ردیف	پروژه	زمان (ماه)	هزینه (میلیون ریال)		
			هزینه پرسنلی	هزینه مواد مصرف شدنی و نشدنی	هزینه کل
اقدام ۲: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی) سیم و نوار ابررسانای دما بالا					
۳	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل اول (دما بالا) در مقیاس نیمه‌صنعتی				
۴	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل دوم (دما بالا) در مقیاس نیمه‌صنعتی				
۵	طراحی و ساخت کوره تولید پیوسته قابل کنترل				
۶	طراحی و ساخت سیستم شکل‌دهی و جوش لیزری تیوب نقره				
۷	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل اول (دما بالا) به صورت پیوسته در مقیاس صنعتی				
۸	طراحی و ساخت سیستم پوشش‌دهی نوار نقره				
۹	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل دوم (دما بالا) به صورت پیوسته در مقیاس صنعتی				
۱۰	طراحی و ساخت سیستم عایق‌بندی الکتریکی سیم و نوار ابررسانا				
اقدام ۳: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی (آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی) در دمای پایین جهت استفاده در تجهیزات با اولویت مبتنی بر ابررسانا					
۱۱	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی				
۱۲	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی				
۱۳	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس صنعتی				
۱۴	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی				
۱۵	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی				
۱۶	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی				
۱۷	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی				
۱۸	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی				
۱۹	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس صنعتی				

ردیف	پروژه	زمان (ماه)	هزینه (میلیون ریال)	
			هزینه پرسنلی	هزینه مواد مصرف شدنی و نشدنی
۲۰	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی			
۲۱	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی			
۲۲	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس صنعتی			
اقدام ۴: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) کابل ابررسانا (تک‌فاز و سه‌فاز)				
۲۳	شبیه‌سازی کابل ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux			
۲۴	طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی			
۲۵	طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)			
۲۶	طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی			
۲۷	طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)			
اقدام ۵: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) محدودساز جریان خطا ابررسانا				
۲۸	شبیه‌سازی محدودساز جریان خطا ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux			
۲۹	طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی			
۳۰	طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا در رده ۲۰ kV (توزیع)			
۳۱	طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا در رده ۶۳ kV (فوق توزیع)			
اقدام ۶: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) ترانسفورماتور ابررسانا				
۳۲	شبیه‌سازی ترانسفورماتور ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux			
۳۳	طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی			
۳۴	طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا ۲۰/۰/۴ kV - ۵۰ kVA			
۳۵	طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا ۲۰/۰/۴ kV - ۲ MVA			
اقدام ۷: تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا				
۳۶	شبیه‌سازی ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux			
۳۷	طراحی و ساخت ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی			
۳۸	طراحی و ساخت ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی (۱MJ)			

فصل دوم: تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب)

۲-۱- مقدمه

پس از تعیین پروژه‌های اجرایی و محاسبه زمان لازم برای اجرایی شدن هر پروژه، در این بخش با یک نگاشت نهادی مطلوب، مجریان پروژه‌های اجرایی برای توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق کشور شناسایی خواهند شد. جهت شناسایی مجریان انجام هر پروژه، ابتدا باید کلیه بازیگران حوزه ابررسانایی شناسایی شوند، لازمه انجام این ترسیم نگاشت نهادی محیط داخلی و بیرونی و تحلیل وضع موجود است، که با استفاده از آن‌ها وضع مطلوب نهادی ترسیم می‌گردد. در ادامه ابتدا توضیح مختصری در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای آن بیان شده، سپس نگاشت نهادی فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ترسیم شده است. در انتها با توجه به نگاشت نهادی ترسیم شده متولیان پروژه‌های اجرایی مشخص می‌شوند.

۲-۲- نگاشت نهادی^۱

تعدد سازمان‌ها و نهادهای خصوصی و دولتی که هر یک به نوعی در حوزه ابررسانایی نقش‌آفرینی می‌کنند از یک سو و تنوع نقش‌هایی که باید در توسعه این سیستم‌ها ایفا شود از سوی دیگر سبب اهمیت یافتن نیاز به بررسی و تحلیل دقیق توسعه این سیستم‌ها از منظر نهادی (ساختاری) می‌شود. برای تحلیل وضعیت ساختاری می‌توان از روش‌های مختلفی نظیر نگاشت نهادی استفاده کرد. به کمک نگاشت نهادی به خوبی می‌توان 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 به این 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 دارند؟ 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 مرتبطی 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 است. نظام ملی نوآوری مجموعه‌ای است از مؤسسات مجزا که به طور مشترک یا انفرادی به توسعه و انتشار فناوری‌های جدید کمک می‌کنند. این مؤسسات چهارچوبی فراهم می‌کنند که دولت‌ها بتوانند در آن چهارچوب، سیاست‌هایی جهت تأثیرگذاری بر فرایند نوآوری را شکل داده و اجرا نمایند. در یک سطح عمومی کارکرد اصلی یا کلی نظام‌های نوآوری، تعقیب و انجام فرآیندهای نوآوری یا به عبارت دیگر «خلق، اشاعه و بهره‌برداری» از نوآوری‌ها است. بنابراین کارکرد اصلی هر نظام نوآوری تولید، اشاعه و به‌کارگیری دانش و نوآوری می‌باشد. از نظر ادکویست، عواملی که بر خلق، اشاعه و بهره‌برداری از نوآوری‌ها تأثیرگذار باشند، فعالیت محسوب می‌شوند. به عنوان مثال تحقیق و توسعه (به عنوان ابزاری برای تولید دانش)، یکی از فعالیت‌های نظام نوآوری است. تأمین منابع مالی به منظور تجاری‌سازی دانش نیز یک فعالیت است.

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 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 به دست می‌آید.

۲-۳- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی

کارکردهای اصلی یک نظام ملی نوآوری به چهار دسته اصلی سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه خدمات تقسیم می‌شود. در فرایند 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 سؤال آن است که این مجموعه اقدامات، به خودی خود شکل نمی‌گیرد، بلکه نیازمند نقش مؤثر دولت است. بنابراین 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 پرداخته می‌شود.

۲-۳-۱- سیاست‌گذاری

سیاست‌گذار نهادی است که برنامه‌های پیگیری شده توسط دولت، کسب‌وکارها 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 غیرمداخله‌ای، تنظیم، تشویق تغییرات داوطلبانه (مانند کمک‌های مالی) و ارائه خدمات عمومی به خود بگیرد.

۲-۳-۲- 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 استانداردهای صنعتی
- ↔ تعیین و جمع‌آوری مالیات‌ها و دیگر درآمدها و ...

در مجموع سه عامل اصلی بر شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری تأثیر دارند:

- ۱- اهداف و منابع تنظیم‌گری
- ۲- ساختار نهادی محیط تنظیم‌گری
- ۳- شرایط مختلف صنعت در محیط تنظیم‌گری

اهداف مختلف تنظیم‌گری آثار مستقیم مختلفی بر نوع تنظیم‌گری استفاده شده به جای می‌گذارند. اگر اهداف خاص در تنظیم‌گری مد نظر باشد، شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری نیز تحت تأثیر آن قرار می‌گیرند. منابع محدود نیز می‌تواند بر ماهیت و طبیعت تنظیم‌گری اثرگذار باشد، این مسئله می‌تواند به واکنشی شدن سیاست‌های تنظیم‌گری منجر شود. ساختار نهادی و تشکیلاتی کشورها نیز بر قابلیت‌ها و توانایی‌های سازمان‌های تنظیم‌گر مؤثر 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 تأثیر 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.

۲-۳-۳- تسهیل‌گری

تسهیل‌کنندگان در واقع سازمان‌های محلی یا بین‌المللی هستند که معمولاً توسط دولت سرمایه‌گذاری می‌شوند و هدف آن توسعه و بهبود بازار خدمات می‌باشد. یک تسهیل‌کننده، تأمین‌کنندگان خدمات را از طریق ایجاد محصولات خدماتی جدید،

ارتقاء تجارب مفید و ایجاد ظرفیت حمایت می‌کند. به علاوه، تسهیل‌کننده می‌تواند بر طرف تقاضا از طریق آموزش صنایع کوچک درباره مزایای خدمات یا فراهم کردن محرک‌هایی برای امتحان آن‌ها نیز متمرکز شود. کارکردهای دیگر یک تسهیل‌کننده شامل ارزیابی خارجی تأثیر تأمین‌کنندگان خدمات، تضمین خدمات و حمایت برای محیط سیاسی بهتر می‌باشد. عمل تسهیل، کارکردی است که به طور معمول توسط سازمان‌های توسعه‌گرا انجام شده و می‌تواند شامل سازمان‌های غیردولتی، انجمن‌های صنعتی و کارفرمایان و عامل‌های دولتی باشد. در مجموع نقش تسهیل‌گری دارای زیرنقش‌های زیر می‌باشد:

- ↔ تسهیل‌گری در بعد فناوری
- ↔ تسهیل‌گری منابع دانشی
- ↔ تسهیل‌گری منابع مالی
- ↔ تسهیل‌گری ظرفیت‌سازی و ترویج
- ↔ تسهیل‌گری توسعه ارتباطات

۲-۳-۴- ارائه‌دهنده کالا و خدمات

ارائه‌دهندگان شامل دو گروه ارائه‌دهندگان خدمات آموزشی-پرورشی و ارائه‌دهندگان خدمات صنعتی می‌شود.

↔ ارائه‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی: این دسته از تأمین‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی شامل دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مؤسساتی هستند، که در زمینه آموزش و پژوهش در حوزه ابررسانایی فعالیت می‌کنند.

↔ ارائه‌کننده خدمات صنعتی: این گروه شامل شرکت‌هایی هستند که در زمینه تولید یا تأمین تجهیزات مورد نیاز توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق فعالیت می‌کنند. این شرکت‌ها ممکن است سازنده تمام قطعات نبوده و ترکیبی از عملیات طراحی، ساخت و مونتاژ ادوات را انجام دهند و یا ارائه‌کننده محصول یا خدمتی به تولیدکنندگان مواد ابررسانا و تجهیزات مبتنی بر مواد ابررسانا باشند. البته همان‌طور که در مرحله چهارم تدوین سند ذکر شد، در حال حاضر تولیدکننده مواد ابررسانا و تجهیزات مبتنی بر مواد ابررسانا در کشور وجود ندارد که ارائه‌دهنده خدمات به آن‌ها وجود داشته باشد اما برخی از سازمان‌ها پتانسیل ارائه این خدمات را دارند، که در تدوین نگاشت نهادی در نظر گرفته می‌شوند.

۲-۴- طراحی نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق کشور

با توجه به موارد ارائه شده در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای اصلی آن، در این بخش به طراحی نگاشت توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق پرداخته شده است. به منظور طراحی نگاشت نهادی مطلوب باید سه مرحله اصلی انجام

شود، که این مراحل به ترتیب اجرا عبارت‌اند از: شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با حوزه تدوین سند، شناسایی روابط میان بنگاهی بین نهادها و سازمان‌های موجود و تهیه ماتریس نهاد کارکرد برای وضع موجود. در ادامه مراحل ذکر شده در رابطه با توسعه فناوری‌های ابررسانای در صنعت برق انجام شده است.

۲-۴-۱- شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق کشور

نهادهای اصلی مرتبط با توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق کشور از طریق جستجو و بررسی اسناد، مدارک و گزارش‌های داخلی شناسایی شدند و سپس با مطالعه ساختار سازمانی هر یک از سازمان‌ها و مطالعه شرح وظایف و اهداف در نظر گرفته شده برای سازمان‌ها و نهادهای تابعه و وابسته هر یک از آن‌ها نهادهای مختلف فعال در زمینه کارکردهای نظام نوآوری مورد شناسایی قرار گرفت. بر اساس مطالعات صورت گرفته در رابطه با بازیگران کارکردهای مختلف موتور توسعه فناوری ابررسانا در فاز چهارم تدوین سند و نظر خبرگان حوزه ابررسانا (شامل اعضای کمیته راهبری تدوین سند توسعه فناوری‌های ابررسانا)، کنشگران شناسایی شده در حوزه ابررسانا شامل موارد زیر می‌باشد که در پیوست توضیحی از وظایف هر کدام آورده شده است.

- ۱- هیئت‌وزیران
- 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- دفتر امور تحقیقات برق (معاونت منابع انسانی و تحقیقات توانیر)
- ۱۸- صندوق غیردولتی پژوهش و فناوری صنعت برق
- ۱۹- پژوهشگاه نیرو (وزارت نیرو)
- ۲۰- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)
- ۲۱- پارک‌های علم و فناوری (ریاست جمهوری)
- ۲۲- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور
- ۲۳- صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران
- ۲۴- صندوق توسعه فناوری‌های نوین
- ۲۵- صندوق حمایت از طرح‌های نوآورانه در پژوهشگاه نیرو
- ۲۶- دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی
- ۲۷- سایر پژوهشگاه‌های فعال (پژوهشگاه دانش‌های بنیادین و پژوهشگاه مواد و انرژی)
- ۲۸- شورای سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور
- ۲۹- شرکت‌های تأمین‌کننده مواد و تجهیزات آزمایشگاهی فیزیک
- ۳۰- شرکت‌های تأمین‌کننده تجهیزات خطوط توزیع و انتقال نیرو
- ۳۱- شرکت خصوصی (ایران ترانسفو)

۲-۴-۲- شناخت روابط میان بنگاهی بین نهادهای موجود در حوزه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق:

در این بخش، تلاش شده است تا ضمن شناسایی و بررسی تعاملات موجود میان نهادهای مختلف و توجه به کارکرد اصلی آن‌ها در نظام توسعه این فناوری، نقاط ضعف، کاستی‌ها و گسستگی‌ها در این زمینه مشخص شود. کارکردهایی که با توجه به نظام نوآوری در نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق به‌کاربرده شده است شامل: سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری، ارائه‌دهنده کالا و خدمات (آموزشی، پژوهشی و صنعتی) می‌باشد.

۲-۴-۳- تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده در مراحل قبل می‌توان ماتریس نهاد-کارکرد را در حوزه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق تهیه کرد. همان‌گونه که از نام این ماتریس مشخص است دو عامل، نهادهای مختلف و کارکردهای شناسایی شده

بر اساس ادبیات نظام نوآوری در کنار هم آمده‌اند. تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود توسعه ابررسانا در صنعت برق کشور در جدول (۱-۲) ارائه شده است.

جدول (۱-۲): نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران

نهاد	کارکرد	سیاست‌گذاری	تنظیم‌گری	تسهیل‌گری	ارائه‌دهنده کالا و خدمات		
					آموزشی	پژوهشی	صنعتی
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			*				
دفتر امور تحقیقات برق (معاونت منابع انسانی و تحقیقات توانیر)		*					
صندوق غیردولتی 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				*			
صندوق توسعه فناوری‌های نوین				*			

نهاد	کارکرد	سیاست‌گذاری	تنظیم‌گری	تسهیل‌گری	ارائه‌دهنده کالا و خدمات		
					آموزشی	پژوهشی	صنعتی
صندوق حمایت از طرح‌های نوآورانه در پژوهشگاه نیرو				*			
دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی					*	*	
سایر پژوهشگاه‌های فعال					*		
شورای سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور		*					
شرکت‌های تأمین‌کننده مواد و تجهیزات آزمایشگاهی فیزیک							*
شرکت‌های تأمین‌کننده تجهیزات خطوط توزیع و انتقال نیرو							*
شرکت خصوصی (ایران ترانسفو)						*	

۲-۴-۴- تحلیل نگاشت نهادی

در این نگاشت ابتدا بازیگران و ذینفعان اصلی تأثیرگذار در زمینه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق شناخته شده است و در ادامه کارکردهای اصلی هر کدام از این ذینفعان در توسعه این فناوری با توجه به چهار کارکرد اصلی ذکر شده مشخص شده است. در نگاشت نهادی، ۳۱ گروه تأثیرگذار اصلی شناسایی شده است که در ابتدا اهداف و وظایف هر یک بررسی شده است و سپس نگاشت نهادی کلی توسعه این فناوری بر اساس این وظایف و اهداف در جدول (۲-۱) بیان شد. در این جدول نقشی که هر بازیگر در توسعه این فناوری متولی آن است، مشخص شده است.

با توجه به نگاشت ترسیم شده، هر چند نهادها و سازمان‌های مختلفی با کارکردهای مختلف سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه کالا و خدمات در حوزه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق فعال هستند ولی نارسایی‌ها و خلأهایی نیز در این 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 ابررسانایی می‌باشد. ایجاد یک نهاد با عنوان مرکز ملی ابررسانایی، که علاوه بر مشارکت با نهاد‌های سیاست‌گذار، دارای نقش تنظیم‌گری و تسهیل‌گری نیز باشد، می‌تواند به توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق کمک کند. این نهاد می‌تواند نقش تنظیم‌گر و تسهیل‌گر را ایفا کند.

۲-۵- تخصیص متولیان اقدامات

با توجه به نگاشت نهادی ترسیم شده، می‌توان مجریان هر یک از اقدامات را شناسایی کرد. در این راستا و به منظور شناخت مجریان بالقوه، با در نظر گرفتن میزان همسویی اقدام با مأموریت مجری، توان علمی و فنی، توان انسانی و مدیریتی و ... مجریان فعال هر اقدام مشخص خواهد شد. در ادامه با توجه به موارد اشاره شده متولیان شناسایی شده برای اقدامات غیرفنی و فنی در جدول (۲-۲) و جدول (۲-۳) ارائه شده است.

جدول (۲-۲): متولیان اقدامات غیرفنی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران.

ردیف	اقدامات	متولی
۱	حمایت از انجام پایان‌نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه ابررسانا به شکل کمک‌های مالی و ارائه خدمات آزمایشگاهی	- کمیته آموزش و پژوهش مرکز ابررسانایی - صندوق‌ها و مؤسسات مالی - مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی
۲	ایجاد و به‌روزرسانی یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آن‌ها در این بانک اطلاعاتی	- معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو - پژوهشگاه نیرو
۳	ایجاد سامانه اتصال آنلاین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی مختلف این حوزه به یکدیگر	- پژوهشگاه نیرو - وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۴	ایجاد انجمن‌های دانشی در ارتباط با فناوری‌های ابررسانا در کشور	- کمیته آموزش و پژوهش مرکز ابررسانایی - معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی (وزارت نیرو)
۵	جذب و پذیرش واحدهای تحقیقاتی در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن دانش به دست آمده در حوزه ابررسانا	- پارک‌های علم و فناوری (ریاست جمهوری) - صندوق‌ها و مؤسسات مالی
۶	رایزنی با دستگاه‌های ذی‌ربط جهت افزایش ارتباطات میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و شرکت‌های معتبر کشورهای پیشرو جهت انتقال فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق	- کمیته تعامل با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقات مرکز ابررسانایی - وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - سندیکای صنعت برق
۷	تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه فناوری‌های ابررسانا میان دانشگاه‌ها و صنعت برق	- معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو - پژوهشگاه نیرو
۸	تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه فناوری‌های ابررسانا	- مرکز ابررسانایی در پژوهشگاه نیرو
۹	تهیه و چاپ مجله حاوی اطلاعاتی در رابطه با فعالیت‌ها و دستاوردهای دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقات مختلف در حوزه ابررسانا	- مرکز ابررسانایی در پژوهشگاه نیرو
۱۰	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مرتبط جهت ارائه آخرین دستاوردها در حوزه ابررسانا	- وزارت نیرو
۱۱	برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی برای صنایع مرتبط با حوزه ابررسانا	- سندیکای صنعت برق - کمیته آموزش و پژوهش مرکز ابررسانایی
۱۲	تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا	- وزارت نیرو - وزارت صنعت، معدن و تجارت
۱۳	تدوین و اجرای آیین‌نامه حمایت مالی از مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها	- معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو - صندوق‌ها و مؤسسات مالی
۱۴	اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا	- کمیته فنی - اقتصادی مرکز ابررسانایی - سندیکای صنعت برق
۱۵	تدوین و اجرای اساس‌نامه حمایت از تشکیل و فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه ابررسانا	- کمیته فنی - اقتصادی مرکز ابررسانایی - صندوق‌ها و مؤسسات مالی - مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی - معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی
۱۶	تدوین و اجرای آیین‌نامه به‌کارگیری نیروهای متخصص و کارآمد حوزه ابررسانایی در صنایع مرتبط	- وزارت نیرو - وزارت صنعت، معدن و تجارت

ردیف	اقدامات	متولی
۱۷	ایجاد یک شبکه آزمایشگاهی مجهز مربوط به حوزه ابرسانا ارائه‌دهنده خدمات به بازیگران فعال در این حوزه	- کمیته فنی - اقتصادی مرکز ابرسانایی
۱۸	تدوین استانداردها و شاخص‌هایی برای ارزیابی مواد ابرسانا و تجهیزات مبتنی بر مواد ابرسانا در کشور	- کمیته استاندارد مرکز ابرسانایی - دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو) - سازمان ملی استاندارد ایران
۱۹	تأسیس ستاد (مرکز) ابرسانایی در کشور جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات	- پژوهشگاه نیرو - معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
۲۰	تهیه و تدوین نقشه‌راه ابرسانایی کشور	- شورای عالی عتف

جدول (۲-۳): متولیان پروژه‌های فنی توسعه فناوری‌های ابرسانا در صنعت برق ایران.

ردیف	پروژه	متولی
۱	طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابرسانای دما بالا در مقیاس نیمه‌صنعتی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲	طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابرسانای دما بالا در مقیاس صنعتی	دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابرسانای نسل اول (دما بالا) در مقیاس نیمه‌صنعتی	دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۴	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابرسانای نسل دوم (دما بالا) در مقیاس نیمه‌صنعتی	دانشگاه‌ها و پژوهشگاه نیرو
۵	طراحی و ساخت کوره تولید پیوسته قابل کنترل	دانشگاه‌ها، پژوهشگاه نیرو و پژوهشگاه مواد و انرژی
۶	طراحی و ساخت سیستم شکل‌دهی و جوش لیزری تیوب نقره	دانشگاه‌ها، پژوهشگاه نیرو و پژوهشگاه مواد و انرژی
۷	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابرسانای نسل اول (دما بالا) به صورت پیوسته در مقیاس صنعتی	دانشگاه‌ها و پژوهشگاه نیرو
۸	طراحی و ساخت سیستم پوشش‌دهی نوار نقره	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۹	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابرسانای نسل دوم (دما بالا) به صورت پیوسته در مقیاس صنعتی	شرکت خصوصی
۱۰	طراحی و ساخت سیستم عایق‌بندی الکتریکی سیم و نوار ابرسانا	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۱۱	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابرسانا در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی
۱۲	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابرسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی	شرکت خصوصی
۱۳	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابرسانا در مقیاس صنعتی	شرکت خصوصی
۱۴	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابرسانا در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی
۱۵	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت	شرکت خصوصی

ردیف	پروژه	متولی
	استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی	
۱۶	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی	شرکت خصوصی
۱۷	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی
۱۸	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی	شرکت خصوصی
۱۹	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس صنعتی	شرکت خصوصی
۲۰	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی
۲۱	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی	شرکت خصوصی
۲۲	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس صنعتی	شرکت خصوصی
۲۳	شبیه‌سازی کابل ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۴	طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۵	طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۶	طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۷	طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۸	شبیه‌سازی محدودساز جریان خطای ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۹	طراحی و ساخت محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۰	طراحی و ساخت محدودساز جریان خطای ابررسانا در رده ۲۰ kV (توزیع)	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۱	طراحی و ساخت محدودساز جریان خطای ابررسانا در رده ۶۳ kV (فوق توزیع)	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۲	شبیه‌سازی ترانسفورماتور ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux	شرکت خصوصی (ایران ترانسفو)، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۳	طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی (ایران ترانسفو)، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۴	طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا ۲۰/۰/۴ kV - ۵۰ kVA	شرکت خصوصی (ایران ترانسفو)، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۵	طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا ۲۰/۰/۴ kV - ۲ MVA	شرکت خصوصی (ایران ترانسفو)، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۶	شبیه‌سازی ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۷	طراحی و ساخت ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۸	طراحی و ساخت ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی (۱MJ)	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

فصل سوم: رهنگاشت

۳-۱- مقدمه

آخرین گام در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی تدوین رهنگاشت است. رهنگاشت نمایانگر ارکان اساسی فرآیند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی می‌باشد. نمایش کلیه سطوح راهبردی از چشم‌انداز تا فعالیت‌ها، تقدم و تأخر حاکم در سطوح مختلف به ویژه در سطح اقدامات، زمان‌بندی تحقق هر سطح به همراه منابع اختصاص یافته و در نهایت معرفی متولیان هر یک از سطوح اجزای تشکیل‌دهنده رهنگاشت هستند.

همان‌گونه که در ابتدای این مرحله عنوان شد تجربه انجام پروژه‌های تدوین برنامه استراتژیک در سازمان‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از این استراتژی‌ها یا هیچ‌گاه پیاده نشده‌اند و یا در مسیر پیاده‌سازی با موانع زیادی روبرو شده‌اند. در بررسی علل این موضوع دو دلیل عمده قابل تأمل است، اول اینکه سازمان‌ها معمولاً با قابلیت‌های مدیریتی اداره می‌شوند حال آنکه پیاده‌سازی استراتژی در کنار توانمندی‌های مدیریتی نیازمند برنامه می‌باشد. دلیل دوم این امر، وجود شکافی است که بین لایه استراتژیک و لایه عملیاتی سازمان‌ها وجود دارد. آن چنان که در بسیاری از موارد، درحالی که استراتژی‌های ارزشمندی بر روی کاغذ آمده‌اند، تصمیمات و برنامه‌های اجرایی بدون توجه به استراتژی‌ها و سیاست‌ها به اجرا گذاشته می‌شوند. هرچند این دو عامل تا اندازه زیادی با هم مرتبط است ولی فقدان یک سازوکار مناسب برای تبدیل استراتژی به برنامه و اهداف عملیاتی و روزمره نیز یک علت اصلی در ایجاد این شرایط به شمار می‌آید. بنابراین مرحله پایانی (و یا یکی از مراحل پایانی) در فرایند برنامه‌ریزی استراتژیک، تدوین برنامه عملیاتی است که یکی از مهم‌ترین دستاوردها در این مرحله، تهیه نقشه‌راه است که نمایانگر ارکان اساسی فرایند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی اصلی فرایند برنامه‌ریزی است. هر چند باید تاکید کرد که هیچ‌گاه رهنگاشت نمی‌تواند جای راهبر را بگیرد و کلید به‌کارگیری این الگو در پیاده‌سازی استراتژی قابلیت‌های هنرمندانه راهبری است. آن چنان که استفاده از تکنیک‌ها و متدولوژی‌های تدوین و پیاده‌سازی استراتژی در فقدان قابلیت‌های راهبری نمی‌تواند به تحول سازمانی منجر شود. نظر به اهمیت تهیه رهنگاشت در فرآیند برنامه‌ریزی عملیاتی، در ادامه به ارائه تعاریف دقیق‌تری از رهنگاشت پرداخته و مؤلفه‌ها و شاخص‌های مورد توجه در تهیه رهنگاشت بیان می‌شوند.

۳-۲- تعریف رهنگاشت

تعاریف: در تلاش برای توصیف هر چه دقیق‌تر و کاربردی‌تر مفهوم رهنگاشت، تعاریف متعددی ارائه شده است. در تعریفی نسبتاً تفصیلی، رهنگاشت ابزار مناسبی جهت ایجاد ارتباط بین فعالیت‌های استراتژیک و طرح‌های کسب و کار سازمان محسوب می‌شود. همچنین تعاریف ذیل در تفسیر مفهوم رهنگاشت 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 درعین 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 نشان می‌دهد.

(ه) رهنگاشت 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، رهنگاشت 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 مؤلفه‌های یک رهنگاشت می‌دانند، اما برخی تعاریف سعی در هر چه واقعی‌تر کردن انتظارات کاربران از کارکردهای رهنگاشت دارند و بیان می‌کنند همان طور که رهنگاشت نباید در صدد تشریح استراتژی‌ها برآید، نباید به صورت جزئی به تشریح زیرساخت‌های فنی لازم در پیاده‌سازی یک فناوری اشاره کنند.

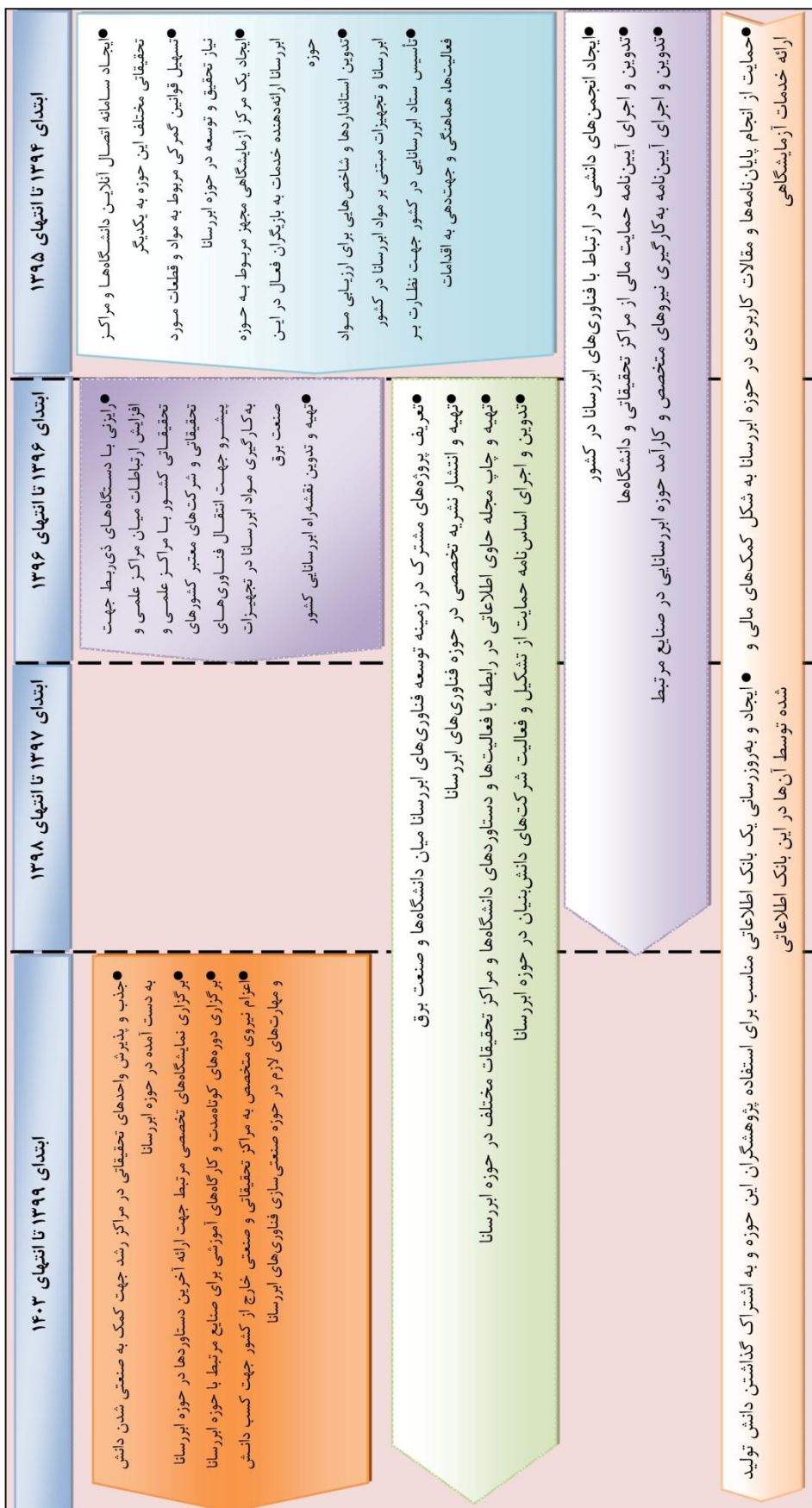
در مجموع، می‌توان این‌گونه بیان نمود که رهنگاشت، نمایش کلانی از روش پیمودن مسیر تحقق اهداف را در زمان مشخص بیان می‌کند. اگر چه استفاده از مشخصه‌هایی همچون شاخص تحقق اقدام، مجری و نقاط خاص^۲ موجود در مسیر، به توصیف هر چه روشن‌تر این مسیر کمک می‌کند. لذا به نظر می‌رسد در نخستین گام، ترسیم گام‌های اصلی در مسیر پیاده‌سازی استراتژی لازم و ضروری است.

۳-۳- ترسیم رهنگاشت

با توجه به موارد ذکر شده در بخش‌های قبل، رهنگاشت‌های توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق در افق زمانی ۱۰ ساله ترسیم شده است. این رهنگاشت‌ها شامل نقشه‌راه توسعه نظام نوآوری فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات غیرفنی) و نیز نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات فنی) است. این رهنگاشت‌ها در

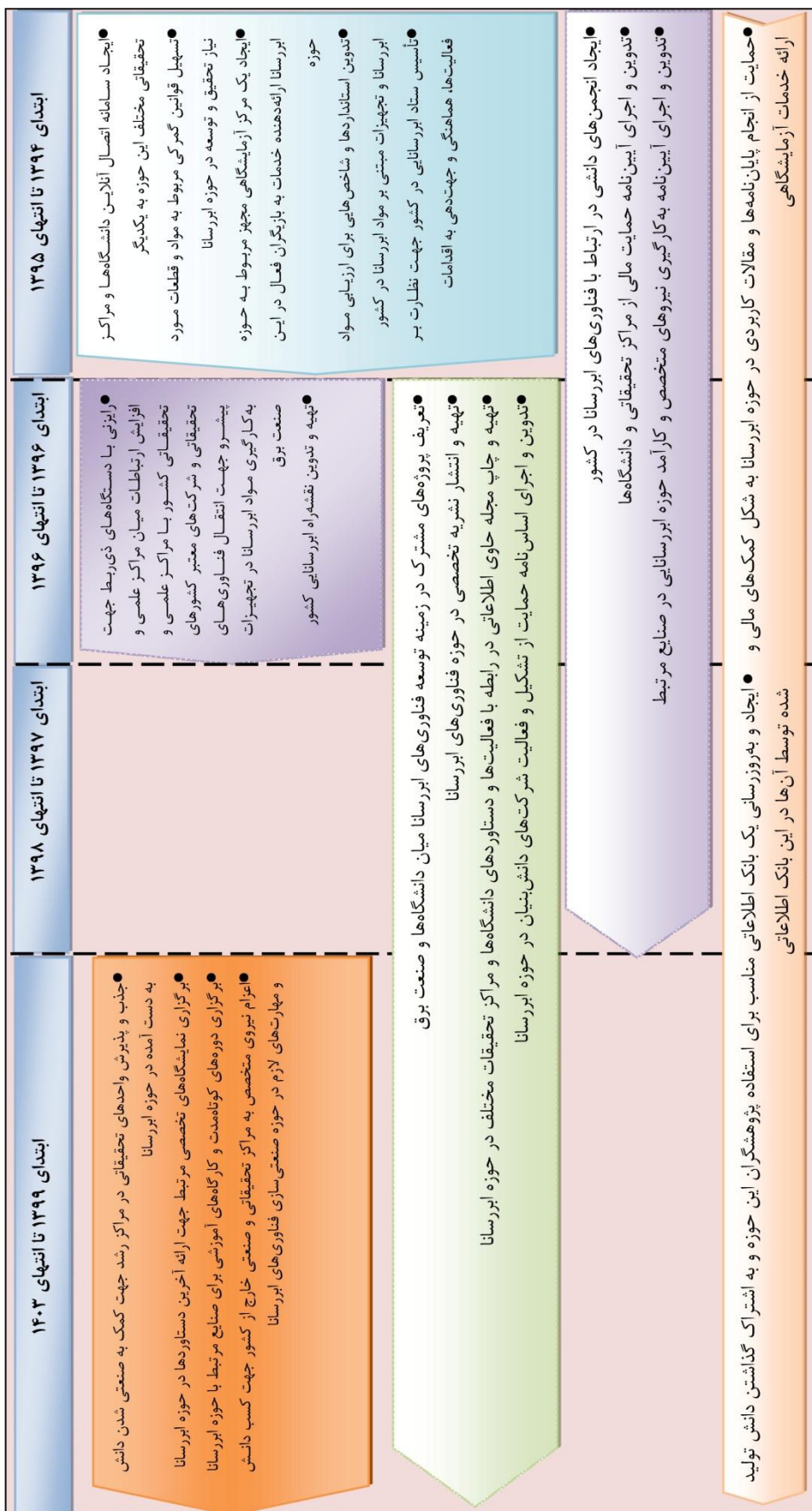
1- Deadline

2- Milestone



شکل (۳-۱): نقشه‌راه توسعه نظام نوآوری فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات غیرفنی).

(و شکل (۲-۳) نشان داده شده‌اند.



شکل (۳-۱): نقشه‌راه توسعه نظام نوآوری فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات غیرفنی).

نتیجه‌گیری

در مرحله پنجم از طرح «تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)»، برنامه عملیاتی سند و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق تدوین شد. این برنامه عملیاتی شامل پروژه‌ها، زمان‌بندی و بودجه مورد نیاز آن‌ها است. در این گزارش ابتدا فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی سند بر اساس اقدامات شناسایی شده در مرحله چهارم توضیح داده شد، سپس با توجه به سطح اقدامات غیرفنی تصمیم گرفته شد تا این اقدامات به سطح پایین‌تر شکسته نشود. پس از این مرحله زمان‌بندی و بودجه‌بندی مربوط به اقدامات و پروژه‌ها مشخص شد و با توجه به شکسته نشدن اقدامات غیرفنی، زمان و هزینه برای اقدامات تعیین شد. در گام بعدی فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی، متولیان انجام اقدامات و پروژه‌ها مشخص شد. برای این کار ابتدا وضعیت موجود نهادهای مرتبط با توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق مشخص شد و سپس پیشنهادهایی برای بهبود آن ارائه شد و نگاشت نهادی فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ترسیم شد. در نهایت با توجه به این که اقدامات به دو دسته فنی و غیرفنی تقسیم شده بود دو رهنگاشت برای توسعه نظام نوآوری فناوری فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق و نیز برای توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق در بازه ۱۰ ساله ترسیم شد.

مراجع:

۱. روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور. ۱۳۹۱.

پیوست الف: شناسنامه اقدامات غیرفنی

۱) عنوان اقدام: حمایت از انجام پایان‌نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه ابررسانا به شکل کمک‌های مالی و ارائه خدمات آزمایشگاهی

تشریح فعالیت‌ها:

همان‌طور که بر اساس چالش‌ها و ویژگی‌های توسعه فناوری‌های ابررسانا در کشور مشخص شد که فناوری‌های ابررسانایی در کشور (همچنین در جهان) در مرحله پیش‌توسعه قرار دارد. با توجه به توضیحات ارائه شده در رابطه با مراحل مختلف توسعه فناوری مشخص می‌گردد که کارکرد اصلی برای فناوری‌های قرار گرفته در این مرحله کارکرد توسعه دانش می‌باشد. از این رو یک مبحث بااهمیت در توسعه فناوری‌های ابررسانا توجه به تحقیق و پژوهش در این حوزه بوده و یکی از اساسی‌ترین بازیگران کارکرد توسعه دانش دانشگاه‌ها می‌باشند. با این نگرش یکی از اقدامات سند راهبردی توسعه فناوری‌های تولید و به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق به پیشنهاد کمیته راهبری تدوین سند، "حمایت از انجام پایان‌نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه ابررسانا به شکل کمک‌های مالی و ارائه خدمات آزمایشگاهی" در نظر گرفته شده است.

حمایت از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری مرتبط با تولید و به‌کارگیری مواد ابررسانا به سه روش امکان‌پذیر است:

الف) حمایت‌های مالی: این حمایت به عنوان اصلی‌ترین فعالیت به شمار می‌رود. این حمایت در سه حوزه مختلف قابل انجام است:

- حمایت مالی از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد به صورت کمک نقدی به دانشجو
 - حمایت مالی از پایان‌نامه‌های دکتری به صورت کمک نقدی به دانشجو
 - حمایت تشویقی از صنعتی شدن دستاوردهای پایان‌نامه‌ها به طوری که در مواردی که پایان‌نامه کاملاً در راستای نیازهای صنعت بوده و در این بخش قابل اجرا باشد فرد، مبلغی را به عنوان تشویقی دریافت کند.
- ب) پشتیبانی‌های فیزیکی: این نوع حمایت شامل دو عنوان اصلی می‌شود:
- حق استفاده از آزمایشگاه‌ها: در این مورد به دانشجویانی که پایان‌نامه‌هایی مرتبط با موضوعات مطرح شده در حوزه ابررسانا تعریف کرده‌اند، حق استفاده به صورت رایگان ولی در تعداد محدودی آزمایش در هر سال از آزمایشگاه‌های تجهیزات الکترونیک قدرت داده می‌شود.
 - حق استفاده از کتابخانه‌های خارج از دانشگاه‌ها: در این مورد حق استفاده رایگان از کتابخانه‌های مرتبط با این موضوع به دانشجویان داده می‌شود.
- ج) حمایت‌های مشاوره‌ای: این نوع حمایت به منظور رفع موانع علمی دانشجویان و کمک به ایشان در انجام پایان‌نامه می‌باشد که از آن به عنوان اطلاع‌رسانی علمی و مشاوره علمی به دانشجویان یاد شده است.

به منظور ارتقای سطح پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه و جلوگیری از هدر رفت هزینه و انرژی حمایت از پایان‌نامه‌ها باید به صورت گزینشی انجام پذیرد و با بررسی پایان‌نامه‌های مختلف تعریف شده در این حوزه از پایان‌نامه‌های کاربردی و منطبق بر نیازهای صنعت برق حمایت شود. در راستای اجرای این اقدام فعالیت‌های مختلفی باید انجام شود، که لیست این فعالیت‌ها به همراه زمان و بودجه اجرای هر یک از این فعالیت‌ها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۱-۱): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام حمایت از انجام پایان‌نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه ابررسانا.

ردیف	فعالیت	تعداد (در سال)	هزینه حمایت از پایان‌نامه (میلیون ریال)	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	شناسایی پایان‌نامه‌های کاربردی	-				
۲	حمایت مالی از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد	۱۲				
۳	حمایت مالی از پایان‌نامه‌های دکتری	۸				
۴	حمایت تشویقی از صنعتی شدن دستاوردهای پایان‌نامه‌ها	۲				
۵	حق استفاده از آزمایشگاه‌ها	۲۰				
۶	حق استفاده از کتابخانه‌های خارج از دانشگاه‌ها	-				
۷	حمایت‌های مشاوره‌ای	-				
	مجموع					

شاخص اقدام: تعداد پایان‌نامه‌ها و مقالات حمایت شده در هر سال، که تعداد پایان‌نامه‌ها به تفکیک نوع و نحوه حمایت در جدول (۱-۱) ارائه شده است.

زمان‌بندی و بودجه‌بندی: با توجه به جدول (۱-۱) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۱۲۰ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۱۳۲۰۰ میلیون ریال شامل ۱۳۲۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

۲) عنوان اقدام: ایجاد و به‌روزرسانی یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آن‌ها در این بانک اطلاعاتی

تشریح فعالیت‌ها:

همان‌طور که در فاز چهارم تدوین سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق مشخص گردید یکی از چالش‌های اساسی پیشروی توسعه فناوری‌های ابررسانا، عدم دسترسی بازیگران این حوزه به اطلاعات مورد نیاز و نبود ارتباط مناسب بین بازیگران می‌باشد. یکی از اقدام‌های مهم و قابل اجرا برای رفع این چالش و توسعه دانش در زمینه فناوری‌های ابررسانا ایجاد یک بانک اطلاعاتی کامل و جامع در حوزه ابررسانا می‌باشد.

یک بخش مهم که باید در این سامانه در نظر گرفته شده و همواره به‌روز شود، بخش اولویت‌های تحقیقاتی صنعت برق، پروژه‌های انجام شده و در حال اجرا در این حوزه می‌باشد. بخش ذکر شده می‌تواند به تطبیق تحقیقات با اولویت‌ها و جلوگیری از دوباره‌کاری و هدر رفت منابع مالی کمک کند. اطلاعات مربوط به حوزه ابررسانا پس از جمع‌آوری به منظور دستیابی عموم بازیگران این حوزه در سیستم نرم‌افزاری طراحی شده قرار می‌گیرند. بازیگران مختلف این حوزه بدون پرداخت هزینه می‌توانند از اطلاعات ارائه شده در این سیستم استفاده نمایند.

فعالیت‌های در نظر گرفته شده در رابطه با این اقدام و زمان و هزینه هر فعالیت در جدول زیر تعیین شده است.

جدول (۲-۱): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: ایجاد و به‌روزرسانی یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده

پژوهشگران حوزه ابررسانا.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	گردآوری و دسته‌بندی محتوای مناسب برای ارائه در بانک اطلاعاتی			
۲	طراحی سیستم نرم‌افزاری مورد نیاز			
۳	ایجاد امکان دسترسی بازیگران و ذینفعان مختلف این حوزه به اطلاعات			
۴	به‌روزرسانی اطلاعات ارائه شده در بانک اطلاعاتی			
	مجموع			

شاخص اقدام: وضعیت راه‌اندازی بانک اطلاعاتی مورد نیاز برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده در آن‌ها

زمان بندی و بودجه بندی: با توجه به جدول (۲-۱) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۱۲۰ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۸۷۰ میلیون ریال شامل ۸۷۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

۳) عنوان اقدام: ایجاد سامانه اتصال آنلاین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی مختلف این حوزه به یکدیگر تشریح فعالیت‌ها:

با توجه به اینکه فناوری‌های ابررسانایی در مرحله پیش توسعه هستند بازیگران اصلی این حوزه بازیگران کارکرد توسعه دانش (دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی) می‌باشند. از آنجایی که در تعیین چالش‌های این حوزه مشخص گردید که دانشگاه‌ها با هم و با مراکز تحقیقاتی موجود ارتباط مناسبی ندارند، ایجاد سامانه اتصال آنلاین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی به عنوان یکی از راهکارهای مناسب و کارا برای ایجاد ارتباط و هماهنگی هر چه بیشتر پیشنهاد شد.

در این سامانه دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی می‌توانند از زمینه‌های تحقیقاتی، تجهیزات و امکانات دانشگاهی و نحوه انجام تحقیقات بازیگران مختلف این حوزه آگاه شوند. همچنین در این سامانه می‌توان امکان پرسش و پاسخ در بین اعضا را فراهم نمود، که محققین مختلف سؤالات و مشکلات خود در این حوزه را مطرح نموده و سایر محققین می‌توانند به اظهارنظر و ارائه

راهکار اقدام نمایند. از طرف دیگر در صورت ایجاد هماهنگی‌های لازم می‌توان امکان رزرو استفاده از امکانات تجهیزات آزمایشگاهی مراکز و دانشگاه‌های مختلف را از طریق سامانه ایجاد کرد.

فعالیت‌های مربوط به اقدام: ایجاد سامانه اتصال آنلاین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی مختلف این حوزه به یکدیگر " در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۳-۱): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: اتصال آنلاین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی مختلف این حوزه به یکدیگر

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	شناسایی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی فعال در حوزه ابررسانا			
۲	ایجاد هماهنگی‌ها و کسب مجوزهای لازم جهت راه‌اندازی سامانه آنلاین			
۳	طراحی سامانه اتصال آنلاین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی			
۴	ایجاد امکان دسترسی اعضا به سامانه اتصال آنلاین			
	مجموع			

شاخص اقدام: وضعیت راه‌اندازی سامانه اتصال آنلاین دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی مختلف به یکدیگر

زمان بندی و بودجه بندی: با توجه به جدول (۳-۱) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۲۴ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۷۰۰ میلیون ریال شامل ۷۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

۴) عنوان اقدام: ایجاد انجمن‌های دانشی در ارتباط با فناوری‌های ابررسانا در کشور

تشریح فعالیت‌ها:

ایجاد انجمن‌های دانشی در داخل کشور یکی از راهکارهای پیشنهادی برای کمک به توسعه دانش در زمینه فناوری‌های ابررسانا می‌باشد. انجمن‌های علمی و دانشی از جمله مراکزی هستند که به منظور پرورش استعدادها، علمی، مدیریتی، تقویت نشاط علمی و اجرای برنامه‌های تکمیلی همسو با نیازهای حوزه مدنظر ایجاد می‌شوند. بسترسازی و ایجاد انجمن‌های علمی-دانشی در جوامع امروزی از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. به طور کلی فعالیت‌های انجمن‌های علمی دانشی این دانشگاه در چند بخش کلی خلاصه می‌شود، که عبارت‌اند از:

۱. فعالیت در زمینه کمک به برگزاری سمینارها و کارگاه‌های علمی در سطح منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی
۲. برگزاری دوره‌های آموزشی تکمیلی و تقویتی و تشکیل کارگاه‌های تخصصی برای انجام
۳. برگزاری و همکاری در اجرای جشنواره‌ها، کنفرانس‌ها و مسابقات علمی (داخلی و خارجی)

۴. تولید و انتشار نشریه علمی، کتاب و نشریات الکترونیکی، نرم‌افزارهای رایانه‌ای و فیلم‌های علمی - آموزشی

۵. حمایت و تشویق مادی و معنوی از ابتکارات، خلاقیت‌های علمی، فعالیت‌های پژوهشی و اختراعات مرتبط با حوزه

ابررسانا

با توجه به شرح فعالیت‌های یاد شده مشخص است که ایجاد چنین انجمن‌هایی می‌تواند به تولید دانش، افزایش تحقیق و توسعه در زمینه فناوری‌های کمک کند. با توجه به اینکه اساس انجمن‌های دانشی، ایجاد توسط نیروهای داوطلب می‌باشد، تیم مجری سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق (وزارت نیرو) با ارائه خدمات و حمایت‌های مختلف به ایجاد انجمن در حوزه ابررسانا کمک نماید.

در اولین گام از اجرای این اقدام باید کارگروه و مرکزی برای انجام فعالیت‌های مربوط به حمایت از تشکیل انجام‌ها ایجاد شود. در ادامه باید فرصت‌ها، ظرفیت‌ها و زمینه‌های بالقوه برای ایجاد و توسعه این انجمن‌ها را در بستر دانشگاه‌ها، صنعت و سایر نهادها از جمله نهادهای مدنی شناسایی شده و پس از مطالعه و انجام بررسی‌های لازم، از روش‌ها و ابزارهای مختلف در جهت ایجاد جذابیت برای ایجاد انجمن‌های مستعد شکل‌گیری استفاده کرد. ارائه کمک‌های مالی از طریق وام‌های بلاعوض و اطلاع‌رسانی به انجمن‌های شناسایی شده از ابعاد حمایت‌های مالی و اطلاعاتی خواهد بود. همچنین در راستای ارائه خدمات علمی، باید سمینارها و نشست‌های مختلفی با هدف ایجاد ارتباط و تبادل علمی میان این انجمن‌ها با سایر مراکز مشابه داخلی و خارجی برگزار شود. از دیگر فعالیت‌های در این زمینه بررسی و شناسایی موانع موجود بر سر راه ایجاد و توسعه این‌گونه انجمن‌ها و پیگیری به منظور رفع آن‌ها می‌باشد. مجموعه فعالیت‌های فوق می‌تواند زمینه‌ساز شکل‌گیری و توسعه نهادهایی کارآمد در بخش‌های مختلف از جمله دانشگاه و صنعت و در نهایت تسریع در فرآیند توسعه فناوری تجهیزات الکترونیک قدرت گردد. در جدول زیر فعالیت‌های قابل انجام در راستای اجرای این اقدام ذکر شده‌اند.

جدول (۴-ا): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: ایجاد انجمن‌های دانشی در ارتباط با فناوری‌های ابررسانا.

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	تشکیل کارگروه مسائل مربوط به انجمن در کمیته آموزش مرکز ملی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق	۱			
۲	حمایت مالی از انجمن‌ها فعال در زمینه ابررسانا	۴			
۳	حمایت حقوقی از انجمن‌ها فعال در زمینه ابررسانا	-			
۴	ارائه مشاوره و خدمات علمی به انجمن‌ها	-			
	مجموع				

شاخص اقدام: تعداد انجمن‌های دانشی مورد حمایت در سال، این تعداد در جدول (۴-ا)، ۴ انجمن در سال مشخص شده است.

زمان بندی و بودجه بندی: با توجه به جدول (۴-ا) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۴۲۰۰ میلیون ریال شامل ۴۲۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

۵) عنوان اقدام: جذب و پذیرش واحدهای تحقیقاتی در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن دانش به دست آمده در حوزه ابررسانا

تشریح فعالیت‌ها:

با توجه به اینکه در حوزه فناوری‌های ابررسانا تمرکز بر صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا بوده و استفاده کاربردی از مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق بسیار حائز اهمیت است، نیاز است علاوه بر توجه به دانشگاه‌ها و انجمن‌های دانشی باید از پتانسیل موجود در واحدهای تحقیقاتی مراکز رشد نیز استفاده کرد. مراکز رشد مراکزی هستند که تحت مدیریت متخصصین حرفه‌ای با ارائه خدمات حمایتی از ایجاد و توسعه حرفه‌هایی جدید توسط کارآفرینانی که در قالب واحدهای نوپای فعال پشتیبانی می‌کند. این خدمات شامل موارد زیر است:

- تأمین محل کار (به صورت اجاره)
- خدمات آزمایشگاهی، کارگاهی و اطلاع‌رسانی
- خدمات مدیریتی، حقوقی، مالی، اعتباری، پروژه‌یابی و بازاریابی
- آموزش‌های تخصصی ویژه و مشاوره
- سایر خدمات مرتبط با توسعه، رشد و ارتقای واحدهای فناوری

واحدهای تحقیقاتی ایجاد شده در مراکز رشد واحدهایی دارای هویت حقوقی مستقل از مرکز رشد بوده، که با توجه به اساس‌نامه و یا سایر اسناد قانونی در زمینه تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای، طراحی مهندسی، مهندسی معکوس، انتقال فناوری، ارائه خدمات تخصصی و فعالیت در جهت تجاری‌سازی نتایج تحقیقات فعالیت می‌نمایند. از جمله نمونه‌های این واحدها می‌توان به شرکت‌های خصوصی، واحدهای تحقیق و توسعه صنایع، و یا مراکز تحقیقاتی وابسته به دانشگاه‌ها و دستگاه‌های اجرایی اشاره نمود. بر اساس مطالب ذکر شده مشخص است که به‌کارگیری توانایی واحدهای تحقیقاتی مراکز رشد می‌تواند به توسعه دانش فنی به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا در تجهیزات صنعت برق و تجاری‌سازی محصولات تولیدی کمک شایانی کند.

کمک به رشد جذب و پذیرش واحدهای تحقیقاتی در مراکز رشد چند روش مختلف انجام می‌پذیرد که عبارت‌اند از:

- حمایت مالی از واحدهای تحقیقاتی فعال در حوزه ابررسانا
 - تلاش برای فراهم آوردن حمایت‌های قانونی جهت تسریع رشد واحدهای تحقیقاتی مرتبط با حوزه
 - ارائه خدمات مشاوره‌ای مورد نیاز به واحدها در راستای تبدیل شدن ایده‌های نو به محصولات قابل تجاری‌سازی و تجاری‌سازی آنها
 - نظارت بر روند رشد واحدها و تحلیل مستمر دستاوردها با اهداف کلان تدوین شده در سند توسعه فناوری‌های ابررسانا
- لازمه اجرای این اقدام مشابه سایر اقدامات انجام یک سری فعالیت‌ها می‌باشد که فعالیت‌های مربوط به این اقدام، به همراه و مدت زمان و بودجه مورد نیاز در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۵-ا): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: جذب و پذیرش واحدهای تحقیقاتی در مراکز رشد جهت کمک به

صنعتی شدن دانش به دست آمده در حوزه ابررسانا

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	شناسایی و انتخاب واحدهای تحقیقاتی کاربردی به منظور انجام حمایت‌ها	۱			
۲	حمایت مالی از واحدهای تحقیقاتی منتخب	۵			
۳	حمایت حقوقی از واحدهای تحقیقاتی منتخب	۲۰			
۴	ارائه خدمات مشاوره‌ای مورد نیاز به واحدها	-			
۵	نظارت بر روند رشد واحدها و تحلیل مستمر دستاوردها با اهداف کلان	-			
	مجموع				

شاخص اقدام: تعداد واحدهای تحقیقاتی حمایت شده در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن فناوری‌های ابررسانا، که تعداد مراکز تحت حمایت به تفکیک نوع حمایت در هر سال در جدول (۵-ا) مشخص شده است.

زمان بندی و بودجه بندی: با توجه به جدول (۵-ا) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۵۴۵۰ میلیون ریال شامل ۵۴۵۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

۶) عنوان اقدام: رایزنی با دستگاه‌های ذی‌ربط جهت افزایش ارتباطات میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت‌های معتبر کشورهای پیشرو جهت انتقال فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق

تشریح فعالیت‌ها:

در سال‌های اخیر در زمینه به‌کارگیری مواد ابررسانا در صنعت برق و ساخت، صنعتی‌سازی و به‌کارگیری برخی تجهیزات مبتنی بر فناوری‌های ابررسانا از جمله کابل‌های تک‌فاز و سه‌فاز، ترانسفورماتورها و ذخیره‌سازهای مختلف پیشرفته‌های زیادی در کشورهای پیشرو در حوزه ابررسانا (از جمله ژاپن، ایالات متحده، آلمان و ...) اتفاق افتاده است. نمونه‌های بسیار زیادی از پیشرفته حاصل شده در کشورهای پیشرو در گزارش توجیه‌پذیری سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ارائه شده است. با توجه به موارد ذکر شده مشخص است که ایجاد ارتباط بین بازیگران داخلی با مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت‌های معتبر کشورهای پیشرو می‌تواند به توسعه فناوری‌های ابررسانا و کسب دانش فنی به‌کارگیری این فناوری‌ها کمک زیادی نماید. در حال حاضر ارتباط چندانی میان مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی و شرکت‌ها و دانشگاه‌های خارجی وجود ندارد، که افزایش و بهبود این ارتباط‌ها بدون فراهم نمودن مقدمات مورد نیاز و زمینه‌سازی لازم امکان‌پذیر نخواهد بود. در راستای انجام زمینه‌سازی‌های لازم می‌توان به رایزنی با دستگاه‌های ذی‌ربط در جهت عقد تفاهم‌نامه همکاری با کشورهای پیشرو در حوزه ابررسانا اشاره نمود. فعالیت‌های زیرمجموعه این اقدام در جدول زیر لیست شده‌اند.

جدول (۶-۱): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: رایزنی با دستگاه‌های ذی‌ربط جهت افزایش ارتباطات میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت‌های معتبر کشورهای پیشرو.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	شناسایی مراکز علمی-تحقیقاتی و شرکت‌های معتبر فعال در کشورهای پیشرو		
۲	رایزنی با دستگاه‌های ذی‌ربط در رابطه لازمه ورود شرکت‌ها و مراکز خارجی فعال در این حوزه		
۳	تصویب قانون همراهی نماینده ابررسانا در سفرهای خارجی وزیر نیرو به منظور انعقاد قرارداد همکاری با کشورهای پیشرو در حوزه ابررسانا		
	مجموع		

شاخص اقدام: وضعیت تصویب قانون همراهی نماینده ابررسانا در سفرهای خارجی وزیر نیرو

زمان بندی و بودجه بندی: با توجه به جدول (۶-۱) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۱۲ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۸۰۰ میلیون ریال شامل ۸۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

۷) عنوان اقدام: تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه فناوری‌های ابررسانا میان دانشگاه‌ها و صنعت برق

تشریح فعالیت‌ها:

مطابق آمار و تحقیقات صورت گرفته حدود هشتاد درصد از نیروهای عالم و تحصیل کرده در دانشگاه‌ها هستند و کمتر از بیست درصد در مراکز تحقیقاتی؛ صنایع و شرکت‌ها مشغول به کار می‌باشند. بنابراین می‌توان گفت که نهاد علم در جامعه دانشگاه است. ارتباط مناسب بین صنعت و دانشگاه یکی از عوامل مهم و ضروری در توسعه همه‌جانبه کشورها است و بدون ایجاد این ارتباط توسعه فناوری‌هایی که در مرحله پیش توسعه هستند امکان‌پذیر نخواهد بود. ارتباط صنعت و دانشگاه در واقع استفاده از توانمندی‌های دانشگاه در جهت رفع نیازهای صنعت است.

همان طور که در فاز چهارم سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق اشاره شد یکی از مشکلات اصلی در توسعه فناوری‌های ابررسانا عدم توجه صنایع مرتبط (از جمله صنایع برق، راه و ترابری، پزشکی و ...) به حوزه ابررسانا به دلیل ریسک بالای فعالیت در این حوزه می‌باشد. عدم توجه صنعت به حوزه ابررسانا سبب شده که از یک سو در تأمین منابع مالی مورد برای توسعه مشکلات زیادی وجود داشته باشد و از سوی دیگر تحقیقات انجام شده منطبق بر نیازهای صنعت مدنظر نباشند. با توجه به موارد ذکر شده ایجاد ارتباط و تعامل مناسب بین صنایع مرتبط و دانشگاه‌های فعال در حوزه ابررسانا می‌تواند تأثیر بنیادین بر توسعه فناوری‌های ابررسانا در کشور داشته باشد، از این رو کمک به شکل‌گیری تعاملات مناسب میان صنایع مرتبط با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی به عنوان یکی از سیاست‌های اصلی سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق در نظر گرفته شده است.

بر اساس نظر کمیته راهبری تدوین سند توسعه فناوری‌های ابررسانا یک اقدام مناسب در جهت تحقق سیاست ذکر شده "تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه فناوری‌های ابررسانا میان دانشگاه‌ها و صنایع مرتبط نیز صنعت برق، راه و ترابری، پزشکی و ..." است. با توجه به اینکه محدوده اجرای سند صنعت برق کشور می‌باشد اقدام مستخرج از سیاست کمک به ایجاد ارتباط بین صنعت و دانشگاه، تعریف پروژه میان صنعت برق و دانشگاه‌ها در نظر گرفته شد. اجرای این اقدام بدون انجام فعالیت‌هایی چون تدوین آیین‌نامه و دستورالعمل‌های مورد نیاز، شناسایی حوزه‌های با اولویت صنعت به منظور تعریف پروژه و تعریف پروژه‌های کاربردی مورد نیاز صنعت امکان‌پذیر نخواهد بود، زمان و بودجه پیش‌بینی شده برای انجام فعالیت‌های مربوط به این اقدام در جدول زیر مشخص شده است.

جدول (۷-ا): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه فناوری‌های ابررسانا میان دانشگاه‌ها و صنعت برق

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	تدوین آیین‌نامه همکاری بین صنعت و دانشگاه‌ها و ابلاغ آن به این نهادها			
۲	شناسایی حوزه‌های با الویت تحقیقاتی در به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق			
۳	تعیین و تعریف پروژه‌های صنعتی قابل اجرا توسط دانشگاه‌ها			
	مجموع			

شاخص اقدام: تعداد طرح‌های توسعه ابررسانا تعریف شده مابین صنعت و دانشگاه در هر سال، که معیار این شاخص تعریف حداقل سه طرح توسعه ابررسانا توسط صنایع مرتبط به دانشگاه‌ها در هر سال می‌باشد.

زمان بندی و بودجه بندی: با توجه به

جدول (۷-ا) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۹۶ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۸۰۰ میلیون ریال شامل ۸۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

۸) عنوان اقدام: تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه فناوری‌های ابررسانا تشریح فعالیت‌ها:

همان طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد از جمله چالش‌های مهم در حوزه ابررسانا نبود جریان علمی و تعامل دانش مناسب میان بازیگران مختلف این حوزه می‌باشد، که این چالش سبب بروز مشکلاتی زیادی از جمله موازی‌کاری، ناآگاهی از فعالیت سایر گروه‌ها، عدم دسترسی به دانش موجود در داخل کشور و ... می‌شود. یکی از راهکارهای مناسب برای رفع برخی از مشکلات ذکر شده تهیه و چاپ نشریه تخصصی در حوزه فناوری ابررسانا است. روند عملکرد این نشریه به این صورت است که محققین داخلی کشور می‌توانند نتایج حاصل از تحقیقات علمی به صورت مقالات علمی به این نشریه ارسال نموده و مقالات دریافت شده پس از انجام داوری و تأیید توسط کارشناسان حوزه ابررسانا در نشریه چاپ می‌گردد. از آنجایی که در حال حاضر مقالات مربوط به ابررسانایی در نشریات تخصصی برق و فیزیک چاپ می‌شوند، دسترسی به مقالات این حوزه سخت و زمان‌بر است و این در حالی است که با چاپ چنین نشریه‌ای، محققین حوزه ابررسانای به طور جامع و یکپارچه به نتایج علمی جدید به دست آمده در این حوزه دسترسی پیدا کنند.

فعالیت‌ها لازم برای تهیه و انتشار نشریه تخصصی حوزه فناوری‌های ابررسانا در کشور، به همراه زمان و بودجه مورد نیاز برای اجرا در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۸-ا): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه فناوری‌های ابررسانا.

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	کسب مجوزهای لازم برای چاپ و انتشار نشریه تخصصی	-			
۲	تشکیل و تجهیز دفتر تحریریه نشریه	-			
۳	طراحی و ساخت سیستم دریافت مقالات از محققین	-			
۴	شناسایی خبرگان حوزه ابررسانا و دعوت از آنها برای داوری مقالات	۱			
۵	تهیه و انتشار نشریه	۲			
	مجموع				

شاخص اقدام: تعداد شماره‌های منتشر شده نشریه تخصصی در حوزه فناوری‌های ابررسانا، که معیار این شاخص انتشار ۲ شماره در سال در نظر گرفته شده است.

زمان بندی و بودجه بندی: با توجه به

جدول (۸-ا) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۹۶ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۱۳۰۰ میلیون ریال شامل ۱۳۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

۹) عنوان اقدام: تهیه و چاپ مجله حاوی اطلاعاتی در رابطه با فعالیت‌ها و دستاوردهای دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقات مختلف در حوزه ابررسانا

تشریح فعالیت‌ها:

از جمله دلایل اصلی عدم توجه بخش‌های مختلف صنعت برق و سایر صنایع مرتبط به حوزه ابررسانا، می‌توان به نداشتن آگاهی کافی از قابلیت استفاده از تجهیزات ابررسانا و برتری این تجهیزات نسبت به تجهیزات موجود و عدم شناخت توانایی‌های محققین داخلی فعال در این حوزه اشاره کرد. چاپ و انتشار مجله‌ای که حاوی اطلاعاتی در رابطه با فعالیت‌ها و دستاوردهای دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقات مختلف کشور می‌تواند تا حد زیادی دیدگاه مدیران کلان و صنایع مختلف را نسبت به حوزه ابررسانا تغییر دهد و آن‌ها را به حمایت، فعالیت و سرمایه‌گذاری در این حوزه ترغیب نماید.

به منظور چاپ و انتشار مجله ابررسانایی فعالیت‌های مختلفی باید انجام شود که بخش اعظم این فعالیت‌ها مشابه با فعالیت‌های مورد نیاز برای تهیه و چاپ نشریه تخصصی است، با این تفاوت که اطلاعات مورد نیاز برای ارائه در مجله از طریق انجام مصاحبه، تهیه گزارش توسط خبرنگاران و تدوین مقاله تحلیلی توسط تحلیل‌گران دفتر نشریه فراهم می‌شود. از این رو در راه‌اندازی دفتر تحریریه مجله باید از افراد متخصص حوزه رسانه استفاده شود.

جدول (الف-۹): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تهیه و چاپ مجله حاوی اطلاعاتی در رابطه با فعالیت‌ها و

دستاوردهای دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقات مختلف در حوزه ابررسانا

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	کسب مجوزهای لازم برای چاپ و انتشار مجله	-			
۲	تشکیل و تجهیز دفتر تحریریه مجله	-			
۳	انتخاب و به‌کارگیری نیروهای مورد نیاز برای فعالیت در دفتر تحریریه مجله	-			
۴	تهیه و انتشار مجله	۲			
	مجموع				

شاخص اقدام: تعداد شماره‌های منتشر شده مجله با ویژگی‌های ذکر شده، که معیار این شاخص انتشار ۲ شماره در سال در نظر گرفته شده است.

زمان‌بندی و بودجه‌بندی: با توجه به جدول (الف-۹) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۹۶ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۱۴۰۰ میلیون ریال شامل ۱۴۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

۱۰) عنوان اقدام: برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مرتبط جهت ارائه آخرین دستاوردها در حوزه ابررسانا

تشریح فعالیت‌ها:

یکی از ابزارهای مهم برای رونق بخشیدن به صادرات و انجام فعالیت موثر در تبلیغات و بازاریابی کالاها و خدمات، نمایشگاه‌ها می‌باشند. بر اساس طبقه‌بندی صورت گرفته نمایشگاه‌های بین‌المللی را می‌توان به چهار دسته مختلف تقسیم کرد که عبارت‌اند از: نمایشگاه‌های عمومی، نمایشگاه‌های تخصصی، نمایشگاه‌های اختصاصی و نمایشگاه‌های اکسپو.

نمایشگاه‌های تخصصی به منظور نمایش و عرضه گروه خاصی از کالاها، مصرف‌کنندگان خاص و یا فناوری خاص برگزار می‌شوند. در حال حاضر حدود ۹۰٪ از نمایشگاه‌های برگزاری در دنیا از این نوع می‌باشند. با توجه به نظرات کارشناسان اقتصادی و بازرگانی برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی (صادراتی) بین‌المللی یکی از موثرترین روش‌های توسعه فناوری و توسعه صادرات غیر نفتی در کشورهای در حال توسعه است. از این رو می‌توان گفت که نمایشگاه‌های ملی و بین‌المللی به عنوان یکی از مجاری و کانال‌های معرفی کالاهای تولید شده و انتقال تکنولوژی در دنیا، می‌توانند نقش بسیار موثری در فرآیند افزایش ارتباط سطح و دانشگاه، توسعه فناوری‌های نوظهور و صادرات فناوری و محصولات آن داشته باشند.

با توجه به چالش‌های موجود در رابطه با انتشار دانش ابررسانا و تعاملات بین بازیگران (صنعت و دانشگاه) برگزاری نمایشگاه تخصصی این حوزه که بازیگران مختلف داخلی و خارجی در آن به ارائه دستاوردهای خود بپردازند، بسیار مفید خواهد بود. فعالیت‌های مربوط به این اقدام در جدول زیر ارائه شده‌اند.

جدول (الف-۱۰): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مرتبط جهت ارائه آخرین

دستاوردها در حوزه ابررسانا

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	کسب مجوزهای لازم برای برگزاری نمایشگاه	-			
۲	دعوت از شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی فعال برای شرکت در نمایشگاه	۱			
۳	برگزاری نمایشگاه	۱			
۴	تبلیغات و اطلاع‌رسانی به بازدیدکنندگان	۱			
۵	تعیین دستاوردهای برتر سال و اهدای پاداش	۱			
	مجموع				

شاخص اقدام: تعداد نمایشگاه‌های تخصصی برگزار شده در سال، که معیار این شاخص برگزاری یک نمایشگاه در سال در نظر گرفته شده است.

زمان‌بندی و بودجه‌بندی: با توجه به جدول (الف-۱۰) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۲۸۰۰ میلیون ریال شامل ۷۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۲۱۰۰ میلیون ریال هزینه مواد مصرفی و غیرمصرفی است.

۱۱) عنوان اقدام: برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی برای صنایع مرتبط با حوزه ابررسانا

تشریح فعالیت‌ها:

طبق نظر خبرگان حوزه ابررسانا عدم توجه صنایع مرتبط به حوزه ابررسانا و عدم برگزاری دوره‌های آموزش تخصصی با موضوع به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا از جمله چالش‌های پیشرو توسعه فناوری ابررسانا در کشور است. یکی از راهکارها و اقدامات مناسب برای رفع این چالش‌ها و افزایش توجه صنایع به حوزه ابررسانا برگزاری کلاس‌ها، دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی برای آن‌ها می‌باشد. در این دوره‌ها و کارگاه‌ها می‌توان به آموزش موضوعاتی همچون پتانسیل بالای فناوری ابررسانا برای استفاده در صنایع مختلف، اساس ابررسانایی و نحوه طراحی، ساخت و تولید تجهیزات مبتنی بر مواد ابررسانا و ... پرداخت.

برای اجرایی کردن این اقدام نیاز به انجام فعالیت‌های مختلفی وجود دارد که از جمله فعالیت‌های قابل تصور برای عملی شدن این اقدام می‌توان به تعریف دوره‌ها و مطالبی که در هر یک باید ارائه شود، ایجاد هماهنگی‌های لازم با صنایع برای برگزاری دوره‌ها و برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی اشاره کرد. زمان و هزینه مورد نیاز برای انجام هر یک از این فعالیت‌ها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (الف-۱۱): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی برای صنایع

مرتبط با حوزه ابررسانا

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	تعریف تعیین سیلابس دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی	-			
۲	ایجاد هماهنگی‌های لازم با صنایع	۵			
۳	برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی	۵			
	مجموع				

شاخص اقدام: تعداد دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی برگزارشده در سال، همان‌طور که در جدول (الف-۱۱) مشخص معیار این شاخص برگزاری پنج دوره و کارگاه در سال در نظر گرفته شده است.

زمان‌بندی و بودجه‌بندی: با توجه به جدول (الف-۱۱) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۳۰۰۰ میلیون ریال شامل هزینه‌های پرسنلی می‌باشد.

۱۲) عنوان اقدام: تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا

تشریح فعالیت‌ها:

همان طور که در فاز چهارم تدوین سند توسعه فناوری‌های ابررسانا اشاره شد فناوری ابررسانا در مرحله پیش توسعه قرار دارد و برای توسعه این فناوری باید به تولید دانش و تحقیق و توسعه توجه زیادی شود. مواد و تجهیزات مورد نیاز برای تحقیق و توسعه از جمله مواردی ضروری برای توسعه دانش در زمینه ابررسانایی است و بدون تأمین این موارد توسعه این فناوری‌ها امکان پذیر نخواهد بود. بر اساس نظر خبرگان حوزه ابررسانا مشخص شد که یکی از چالش‌های موجود در مقابل توسعه فناوری‌های ابررسانا در کشور "عدم وجود قوانین و مقررات حمایتی مناسب در زمینه تأمین مواد، قطعات و تجهیزات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های ابررسانا" می‌باشد.

راهکارهای مختلفی همچون حمایت از سازمان‌ها و شرکت‌های تأمین کننده مواد و تجهیزات و ارائه حمایت‌های تشویقی مختلف برای تأمین مواد و تجهیزات مدنظر می‌توان اشاره کرد. اما در این پروژه با توجه به اینکه اکثر تجهیزات و مواد مورد نیاز برای آنالیز و به کارگیری مواد ابررسانای تولیدی در کشور فناوری پیچیده دارند و به عبارت دیگر جز فناوری‌های نوین (High Tech) به شمار می‌آیند در این طرح "تسهیل قوانین گمرکی برای کمک به واردات مواد و قطعات مورد نیاز تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا" به عنوان اقدام مناسب برای حل این چالش پیشنهاد شد. لیست فعالیت‌های قابل تصور برای انجام این اقدام در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (الف-۱۲): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز تحقیق و

توسعه در حوزه ابررسانا.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	تهیه بانک اطلاعاتی از مواد و تجهیزات موجود در کشور و تعیین خلأهای موجود		
۲	رایزنی با سازمان‌های مربوطه برای اصلاح تعرفه‌های گمرکی		
۳	پیگیری تعیین و اعمال قوانین گمرکی مربوط به این حوزه		
	مجموع		

شاخص اقدام: وضعیت قوانین گمرکی در مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا، معیار این شاخص بازنگری و اصلاح قوانین گمرکی در رابطه با مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا در نظر گرفته شده است.

زمان بندی و بودجه بندی: با توجه به جدول (الف-۱۲) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۲۴ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۳۰۰ میلیون ریال شامل هزینه‌های پرسنلی می‌باشد.

۱۳) عنوان اقدام: تدوین و اجرای آیین نامه حمایت مالی از مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها

تشریح فعالیت‌ها:

از نظر اکثر خبرگان حوزه ابررسانایی کشور کمبود منابع مالی و نبود تسهیلاتی مالی همچون وام کم‌بهره برای تحقیق و توسعه در زمینه فناوری‌های ابررسانا اصلی‌ترین مشکلات پیشروی توسعه فناوری‌های ابررسانا است. با توجه به کمبود منابع مالی موجود اختصاص منابع مالی به دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی باید بر اساس یک برنامه مشخص انجام پذیرد و تا حد امکان از هدر رفت سرمایه جلوگیری و به موضوعات با اولویت این حوزه پرداخته شود.

منابع مالی مورد نیاز مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌های فعال در حوزه ابررسانا را می‌توان از روش‌های مختلفی همچون

- اعطای تسهیلات بلندمدت کم‌بهره یا بدون بهره

- پرداخت بخشی از سود تسهیلات بانکی

- ارائه کمک‌های بلاعوض

در اختیار آن‌ها قرار دارد. به منظور جلوگیری از هدر رفت سرمایه پیشنهاد شد که دستورالعملی برای تأمین منابع مالی تدوین گردد که در این دستورالعمل نحوه و سطح بهره‌مندی هر یک از مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها بر اساس رتبه آن مرکز یا دانشگاه در کشور تعیین شود. مبنای و شاخص‌های رتبه‌بندی بین مراکز و دانشگاه‌های فعال در حوزه ابررسانا باید در این دستورالعمل‌ها به صورت دقیق مشخص گردد. مشخص است که برای تحقق این اقدام نیاز به انجام فعالیت‌هایی چون تدوین دستورالعمل تأمین منابع مالی مورد نیاز تحقیق و توسعه، شناسایی و رتبه‌بندی دانشگاه‌ها و مراکز فعال در این حوزه و رایزنی با صندوق‌ها جهت تأمین منابع مالی مورد نیاز وجود دارد.

جدول (الف-۱۳): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تدوین و اجرای آیین‌نامه حمایت مالی از مراکز تحقیقاتی و

دانشگاه‌ها

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	تدوین دستورالعمل تأمین منابع مالی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی	-			
۲	شناسایی و رتبه‌بندی دانشگاه‌ها و مراکز فعال در این حوزه	۲			
۳	رایزنی با صندوق‌ها جهت تأمین منابع مالی مورد نیاز	۱			
	مجموع				

شاخص اقدام: میزان کمک مالی به مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها برای تأمین نیازهای تحقیقاتی، معیار این شاخص کمک ۸۰۰ میلیون ریال در سال به دانشگاه‌ها و مراکز فعال در حوزه ابررسانا در نظر گرفته شده است.

زمان‌بندی و بودجه‌بندی: با توجه به جدول (الف-۱۳) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۵۵۰ میلیون ریال شامل هزینه‌های پرسنلی می‌باشد.

۱۴) عنوان اقدام: اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا

تشریح فعالیت‌ها:

در بررسی‌های انجام شده در رابطه با وضعیت کنونی فناوری ابررسانا در کشور مشخص گردید، که دانش تولید مواد ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی در کشور هم‌تراز کشورهای پیشرفته است اما در زمینه تولید سیم ابررسانا و به‌کارگیری آن در تجهیزات مختلف شکاف فناورانه وجود دارد. به منظور از بین بردن این شکاف فناورانه باید منابع مختلفی اعم از نیروی انسانی، مواد، تجهیزات و منابع مالی مورد نیاز تأمین گردد، که در موارد قبل راهکارهای مختلفی برای تأمین هر یک از موارد ذکر شده بیان شد. در مصاحبه‌های انجام شده با خبرگان مشخص شد که نیروهای فعال در زمینه ابررسانا دارای تخصص و مهارت صنعتی مورد نیاز برای به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق را ندارد. یک راهکار مناسب برای تربیت نیروی متخصص با دید صنعتی اعزام نیروی به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا می‌باشد.

لازمه اجرای مناسب این اقدام انجام فعالیت‌هایی همچون تدوین اساس‌نامه اعزام نیرو به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارجی، شناسایی افراد شایسته و واجد شرایط بر مبنای اساس‌نامه تدوین شده، ایجاد هماهنگی‌های لازم با سازمان‌های داخلی و مراکز خارجی برای اعزام نیرو و اعزام نیرو به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارجی است. لازم به ذکر است که در اساس‌نامه تدوین شده شرایط لازم برای ثبت‌نام افراد در لیست اعزام به خارج از کشور، نحوه امتیازدهی و رتبه‌بندی افراد داوطلب اعزام، نحوه و اصول انتخاب مراکز تحقیقاتی-صنعتی خارجی برای اعزام نیرو باید به صورت واضح مشخص شود. زمان و بودجه انجام هر یک از فعالیت‌های در نظر گرفته شده در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (الف-۱۴): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور

جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا.

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	تدوین اساس‌نامه اعزام نیرو به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارجی	-			
۲	شناسایی افراد شایسته و واجد شرایط بر مبنای اساس‌نامه تدوین شده	۱			
۳	ایجاد هماهنگی‌های لازم با سازمان‌های داخلی و مراکز خارجی برای اعزام نیرو	۱			
۴	اعزام نیرو به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارجی	۵ نفر			
	مجموع				

شاخص اقدام: تعداد متخصصان اعزام شده به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور در سال، که بر اساس اطلاعات موجود در جدول (الف-۱۴) تعداد متخصصان اعزام شده ۵ نفر در نظر گرفته شده است.

زمان‌بندی و بودجه‌بندی: با توجه به جدول (الف-۱۴) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۵۴۸۰ میلیون ریال شامل ۴۸۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۵۰۰۰ میلیون ریال هزینه مصرفی (هزینه اعزام) است.

۱۵) عنوان اقدام: تدوین و اجرای اساس‌نامه حمایت از تشکیل و فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان در

حوزه ابررسانا

تشریح فعالیت‌ها:

همان‌طور که در تشریح برخی از اقدامات اشاره شد دانش تولید مواد ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی در داخل کشور وجود دارد، اما در رابطه با صنعتی‌سازی و به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات مختلف فعالیت‌های چندانی صورت نگرفته است. یکی از راهکارهای پیشنهادی برای کمک به تبدیل ایده دانش قابل ارائه به فناوری که منجر به تولید ثروت نیز می‌شود تأسیس و فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه مختلف از جمله فناوری‌های ابررسانا در کشور می‌باشد. توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان می‌تواند هزینه‌های دستیابی به دانش فنی تولید مواد ابررسانا و تجهیزات مبتنی بر آن در کشور را کاهش دهد.

به منظور اجرای مناسب این اقدام لازم است که حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در حوزه ابررسانا به صورت جهت‌دار و اصولی انجام پذیرد. از جمله فعالیت‌هایی که در راستای اجرای این اقدام باید انجام شود می‌توان به تدوین اساس‌نامه حمایت از تشکیل و فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان، شناسایی شرکت‌های دانش‌بنیان واجد شرایط، الزام شرکت‌های فعال در صنعت برق به انعقاد قراردادهای تحقیقاتی با شرکت‌های دانش‌بنیان منتخب و انجام ریزنی‌های لازم در جهت اعطای مشوق‌های مختلف به شرکت‌های فعال در زمینه ابررسانا اشاره کرد. در جدول زیر مدت زمان و بودجه تقریبی مورد نیاز برای انجام هر یک از فعالیت‌ها پیشنهاد شده است.

جدول (الف-۱۵): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تدوین و اجرای اساس‌نامه حمایت از تشکیل و فعالیت شرکت‌های

دانش‌بنیان در حوزه ابررسانا

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	تدوین اساس‌نامه حمایت از تشکیل و فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان	-			
۲	شناسایی شرکت‌های دانش‌بنیان واجد شرایط	۱			
۳	الزام شرکت‌های فعال در صنعت برق به انعقاد قراردادهای تحقیقاتی با شرکت‌های دانش‌بنیان منتخب	۱			
۴	انجام ریزنی‌های لازم در جهت اعطای مشوق‌های مختلف به شرکت‌های فعال در زمینه ابررسانا	-			
	مجموع				

شاخص اقدام: تعداد شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در حوزه ابررسانا ایجاد شده در سال، که معیار این شاخص تشکیل حداقل ۴ شرکت در هر سال در نظر گرفته شده است.

زمان‌بندی و بودجه‌بندی: با توجه به جدول (الف-۱۵) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۹۶ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۴۰۰ میلیون ریال شامل ۴۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

۱۶) عنوان اقدام: تدوین و اجرای آیین‌نامه به کارگیری نیروهای متخصص و کارآمد حوزه ابررسانایی در صنایع مرتبط

تشریح فعالیت‌ها:

طبق مطالب ذکر شده در فاز چهارم تدوین سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق مشخص شد که به دلیل عدم توجه صنایع مرتبط به حوزه ابررسانا به دلیل ریسک بالای فعالیت در این حوزه و نبود نیاز به نیروهای متخصص در این زمینه، اکثر افراد تربیت شده در این حوزه یا به فعالیت در سایر حوزه‌ها پرداخته و یا به خارج کشور مهاجرت می‌کنند. از این رو به منظور فعالیت نیروهای متخصص حوزه ابررسانایی در زمینه تخصصی خود و جلوگیری از هدر رفت این سرمایه‌های ملی در این طرح پیشنهاد شد که زمینه‌سازی‌های لازم برای به کارگیری نیروهای متخصص و کارآمد این حوزه در صنایع مرتبط انجام شود. زمینه‌سازی‌ها می‌تواند به صورت در نظر گرفتن تسهیلات و قوانین تشویقی برای شرکت‌های استخدام‌کننده افراد متخصص حوزه ابررسانا باشد.

فعالیت‌های قابل تصور در زیرمجموعه این فعالیت عبارت‌اند از:

- تدوین آیین‌نامه به کارگیری افراد متخصص حوزه ابررسانا در بخش‌های انتقال و توزیع صنعت
- انجام رایزنی‌های مورد نیاز جهت اجرای آیین‌نامه تدوین شده در صنعت برق کشور
- رایزنی با صندوق‌ها جهت تأمین منابع مالی مورد نیاز برای ارائه تسهیلات و اجرای قوانین تشویقی
- شناسایی شرکت‌های واجد شرایط و ارائه تسهیلات مشخص شده به آن‌ها

شرایط و ویژگی‌های افرادی که به عنوان متخصص حوزه ابررسانا شناخته می‌شوند، نحوه فعالیت این افراد در صنایع مرتبط، شرایط صنایع و شرکت‌هایی که افراد متخصص را به کار گرفته‌اند، نحوه حمایت از این شرکت‌ها و ... از جمله مواردی هستند که در آیین‌نامه تدوین شده باید مشخص شوند. جدول زیر زمان و هزینه مورد نیاز برای اجرای این اقدام را نشان می‌دهد.

جدول (الف-۱۶): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تدوین و اجرای آیین‌نامه به کارگیری نیروهای متخصص و کارآمد

حوزه ابررسانایی در صنایع مرتبط

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	تدوین آیین‌نامه به کارگیری افراد متخصص حوزه ابررسانا در بخش‌های انتقال و توزیع صنعت	-			
۲	انجام رایزنی‌های مورد نیاز جهت اجرای آیین‌نامه تدوین شده در صنعت برق کشور	-			
۳	رایزنی با صندوق‌ها جهت تأمین منابع مالی مورد نیاز برای ارائه تسهیلات و اجرای قوانین تشویقی	-			
۴	شناسایی شرکت‌های واجد شرایط و ارائه تسهیلات مشخص شده به آن‌ها	۱			

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
	مجموع				

شاخص اقدام: تعداد نیروهای متخصص استخدام شده در هر سال توسط صنایع مرتبط برای فعالیت در حوزه ابررسانا در سال، که تعداد نیروهای متخصص استخدام شده ۲ نفر در سال در نظر گرفته شده است.

زمان بندی و بودجه بندی: با توجه به جدول (الف-۱۶) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۴۶۰ میلیون ریال شامل ۴۶۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

عنوان اقدام: ایجاد یک مرکز آزمایشگاهی مجهز مربوط به حوزه ابررسانا ارائه دهنده خدمات به بازیگران فعال در این حوزه

تشریح فعالیت‌ها:

در فاز چهارم تدوین "سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران" مشخص شد که یکی از اساسی‌ترین چالش‌های زیرساختی موجود در توسعه دانش فناوری‌های ابررسانا در کشور "کمبود امکانات آزمایشگاه‌های مناسب برای تحقیق و پژوهش در حوزه ابررسانا" است. طبق نظر برخی از خبرگان حوزه ابررسانا (که نظر آن‌ها در گزارش فاز چهارم موجود است)، نبود امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی مورد نیاز سبب شده که توسعه فناوری حتی در زمینه‌هایی که توانایی تئوری متخصصان داخلی در آن‌ها بالا است اتفاق نیفتد. بنا بر موارد ذکر شده نتیجه می‌شود که ارائه خدمات آزمایشگاهی ابررسانایی به محققان این حوزه از موارد کلیدی توسعه فناوری‌های ابررسانا در کشور می‌باشد. از این رو "ایجاد یک مرکز آزمایشگاهی مجهز مربوط به حوزه ابررسانا ارائه دهنده خدمات به بازیگران فعال در این حوزه" به عنوان اقدام توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق کشور در نظر گرفته شد. لیست فعالیت‌ها به همراه زمان و هزینه آن‌ها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (الف-۱۷): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: ایجاد یک مرکز آزمایشگاهی مجهز مربوط به حوزه ابررسانا

ارائه دهنده خدمات به بازیگران فعال در این حوزه

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	هزینه سالانه (میلیون ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	کسب مجوزهای لازم برای ایجاد یک مرکز آزمایشگاهی مجهز برای تحقیق و توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق			
۲	تجهیز و راه‌اندازی مرکز آزمایشگاهی			
۳	جذب و به کارگیری نیروهای متخصص در آزمایشگاه به منظور انجام آنالیزهای مختلف			
۴	تدوین دستورالعمل نحوه و تعرفه ارائه خدمات به بازیگران مختلف			
	مجموع			

شاخص اقدام: وضعیت راه‌اندازی مرکز آزمایشگاهی مجهز مربوط به حوزه ابررسانا، معیار سنجش این شاخص راه‌اندازی یک مرکز آزمایشگاهی مجهز در نظر گرفته شده است.

زمان بندی و بودجه بندی: با توجه به جدول (أ-۱۷) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۲۴ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۸۷۳۰ میلیون ریال شامل ۵۷۳۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۳۰۰۰ میلیون ریال هزینه مواد مورد نیاز می‌باشد.

۱۸) عنوان اقدام: تدوین استانداردها و شاخص‌هایی برای ارزیابی مواد ابررسانا و تجهیزات مبتنی بر مواد ابررسانا در کشور

تشریح فعالیت‌ها:

با توجه به نوپا بودن فناوری‌های ابررسانا و عدم تولید تجاری تجهیزات مبتنی بر این فناوری در جهان، استانداردهای خاصی برای مواد و تجهیزات ابررسانای تولیدی وجود ندارد. در یک استاندارد آنچه به چشم می‌خورد، چند پیشنهاد و ساده، دو سه فرمول کلی، یک یا چند جدول و مقداری اعداد و ارقام است که شاید در مرحله اول به نظر چیزی عادی و بی‌اهمیت جلوه کند اما در واقع این مطالب راهگشای پیشرفت و ترقی بسیاری از مشکلات علمی در صنایع و فنون است. تدوین استانداردها و شاخص‌های هر صنعت لازمه توسعه آن می‌باشد، به عبارت دیگر توسعه یک فناوری بدون وجود استانداردها و شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی محصولات آن فناوری امکان‌پذیر نیست. در مرحله چهارم تدوین "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران" بر مبنای وضعیت شاخص‌های توسعه فناوری و نظرات خبرگان مشخص شد که با توجه به اینکه نمونه اولیه از تجهیزات و مواد در کشور ساخته نشده، قوانین، دستورالعمل‌ها و استانداردهای مربوط به این حوزه اصلاً تدوین نشده است.

به منظور تدوین استانداردها و معیارهای ارزیابی مواد و تجهیزات ابررسانای تولیدی در داخل کشور در وهله اول باید به بررسی استانداردهای موجود برای مواد و تجهیزات ابررسانا در کشورهای مختلف پرداخت و پس از آن با توجه به وضعیت کشور و استانداردهای سایر کشورها، استانداردها و شاخص‌های داخلی را تدوین کرد. البته به منظور مشروعیت بخشیدن به استانداردهای تدوین شده لازم است تا این استانداردها به تأیید سازمان ملی استاندارد ایران برسد و تمام فعالیت‌های فنی در زمینه ابررسانا بر اساس این استانداردها و شاخص‌ها ارزیابی گردد.

جدول (ألف-۱۸): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تدوین استانداردها و شاخص‌هایی برای ارزیابی مواد ابررسانا و

تجهیزات مبتنی بر مواد ابررسانا در کشور

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	بررسی استانداردهای موجود برای مواد و تجهیزات ابررسانا در سایر کشورها		
۲	تدوین استانداردها و شاخص‌های ارزیابی مواد ابررسانا و تجهیزات مبتنی بر مواد ابررسانا در کشور		

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	هزینه کل (میلیون ریال)
۳	کسب تأییدیه از دفتر استاندارد ستاد توسعه فناوری‌های ابررسانا و سازمان ملی استاندارد ایران		
	مجموع		

شاخص اقدام: وضعیت تدوین مرجع جامع ابررسانا در کشور، معیار سنجش این شاخص تهیه یک کتاب مرجع شامل استانداردها و شاخص‌هایی برای ارزیابی مواد و تجهیزات ابررسانا در کشور در نظر گرفته شده است.

زمان‌بندی و بودجه‌بندی: با توجه به جدول (الف-۱۸) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۲۴ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۳۰۰ میلیون ریال شامل ۳۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

۱۹) عنوان اقدام: تأسیس ستاد (مرکز) ابررسانایی در کشور جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات

تشریح فعالیت‌ها:

نظر خبرگان حوزه ابررسانا و بررسی وضعیت نظام توسعه فناوری‌های ابررسانا در کشور نشان داد که "نبود مرجعی که به عنوان مغز متفکری فناوری برای جهت‌دهی به فعالیت‌ها و پیگیری و شناسایی مشکلات موجود" و "مشخص نبودن نحوه همکاری بین بازیگران توسعه فناوری‌های ابررسانا" مهم‌ترین مشکلات موجود در جهت‌دهی فعالیت‌های ابررسانایی در کشور هستند. این چالش‌ها به نوبه خود سبب بروز مشکلات دیگری همچون موازی‌کاری، نامناسب بودن توزیع فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه‌های مختلف این حوزه، تمرکز ناکافی به نیازهای کشور و موضوعات با اولویت و ... می‌گردد. از سوی دیگر به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی مختلف تعریف شده برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد.

به منظور تحقق اهداف سند نیاز است که ستادی برای توسعه فناوری‌های ابررسانا در کشور ایجاد شود. این ستاد با ایجاد ساز و کارهای لازم و استفاده از نهادهای مختلف، ضمن انجام تصمیم‌گیری‌های لازم، وظیفه نظارت بر تحقق اهداف سند و ارزیابی پیشرفت کار را بر عهده دارد. از جمله وظایف اصلی این ستاد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سیاست‌گذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی لازم برای توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق
- نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند
- پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی
- بررسی طرح‌ها و برنامه‌های بخشی و فرابخشی، و نظارت بر اجرای صحیح اقدامات
- تصمیم‌گیری برای تخصیص بودجه‌ها به پروژه‌های اجرایی

این ستاد موظف هستند با تشکیل کمیته‌های تخصصی روند توسعه فناوری‌های ابررسانا را در سطح کشورهای مختلف دنیا مورد بررسی قرار داده و هر کمیته وظیفه رسیدگی به یکی از حوزه‌های مورد نظر ستاد را بر عهده دارند. این کمیته‌ها عبارت‌اند از:

- کمیته آموزش و پژوهش
- کمیته ارتباط با قانون‌گذاران، سیاست‌گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها
- کمیته تعامل با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی
- کمیته فنی - اقتصادی
- کمیته استاندارد
- کمیته حقوقی و مناقصات

فعالیت‌های مورد نیاز برای اجرای این اقدام در جدول زیر لیست شده‌اند.

شاخص اقدام: وضعیت تأسیس ستاد ابررسانایی در کشور و توانایی آن در جهت‌دهی به فعالیت‌ها، معیار سنجش اجرای این شاخص تأسیس ستاد ابررسانایی در کشور به عنوان تنها متصدی جهت‌دهی به فعالیت‌های ابررسانایی کشور در نظر گرفته شده است.

زمان‌بندی و بودجه‌بندی: با توجه به **(Error! Not a valid bookmark self-reference.)** مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۲۴ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۷۰۰۰ میلیون ریال شامل ۷۰۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

جدول (۱۹-ا): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تأسیس ستاد ابررسانایی در کشور جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	مطالعه تدوین اهداف و مأموریت‌ها و طراحی ساختار سازمانی ستاد		
۲	اخذ موافقت تأسیس ستاد از مراجع ذی‌ربط		
۳	انجام اقدامات اجرایی لازم در خصوص شروع به کار دبیرخانه ستاد		
۴	تأمین محل استقرار دبیرخانه ستاد و تجهیز آن (سخت‌افزاری و نرم‌افزاری)		
۵	تشکیل دبیرخانه و تأمین کادر اداری مورد نیاز		
۶	تشکیل کمیته‌های ذی‌ربط و انجام مطالعات مورد نیاز اقدامات سند		
	مجموع		

۲۰) عنوان اقدام: تهیه و تدوین نقشه‌راه ابررسانایی کشور

تشریح فعالیت‌ها:

اهمیت فناوری‌های ابررسانا، حجم بالای برنامه‌ریزی‌ها، سرمایه‌گذاری‌های بین‌المللی و تجربیات حاصل در داخل کشور همگی مؤید این نکته هستند که توسعه فناوری‌های ابررسانا در داخل کشور، نیازمند عزمی ملی با حضور تمام ذینفعان تأثیرگذار بر توسعه این فناوری می‌باشد. با توجه به اینکه فناوری‌های ابررسانا علاوه بر صنعت برق کاربرد فراوانی در سایر صنایع (از جمله هوافضا، راه‌وترابری، نظامی، پزشکی و ...) دارد، مشخص است که توسعه فناوری ابررسانا نیازمند رویکردی ملی است. به منظور ایجاد این رویکرد ملی در این سند پیشنهاد شد که پس از تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران به تدوین سند راهبرد ملی فناوری‌های ابررسانا و تدوین برنامه عملیاتی آن پرداخته شود.

اجرای این اقدام مشابه سایر اقدامات نیازمند اجرای یک سری فعالیت‌ها از جمله رایزنی با سازمان‌های ذی‌ربط جهت تعریف طرح تدوین سند راهبرد ملی فناوری‌های ابررسانا در کشور، تشکیل و تعیین تیم تدوین‌کننده این سند، تخصیص بودجه مورد نیاز برای تدوین سند، انجام طرح و تدوین سند ملی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در کشور می‌شود. زمان و هزینه مورد نیاز برای عملی شدن فعالیت‌های این اقدام در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (الف-۲۰): فهرست فعالیت‌های مربوط به اقدام: تهیه و تدوین نقشه‌راه ابررسانایی کشور

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	رایزنی با سازمان‌های ذی‌ربط جهت تعریف طرح تدوین سند راهبرد ملی فناوری‌های ابررسانا در کشور		
۲	تشکیل و تعیین تیم تدوین‌کننده این سند		
۳	تخصیص بودجه مورد نیاز برای تدوین سند		
۴	انجام طرح و تدوین سند ملی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در کشور		
	مجموع		
	مجموع		

شاخص اقدام: وضعیت تدوین نقشه‌راه ابررسانایی کشور، تهیه سند راهبردی توسعه ابررسانا و نقشه‌راه آن در سطح ملی در نظر گرفته شده است.

زمان‌بندی و بودجه‌بندی: با توجه به جدول (الف-۲۰) مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۱۲ ماه و هزینه مورد نیاز برای اجرای آن ۸۵۰ میلیون ریال شامل ۸۵۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی است.

پیوست ب: شناسنامه اقدامات فنی

ب-۱- تسلط به دانش فنی ساخت (سنتز) پودرهای ابررسانا دما بالا

تهیه مواد ابررسانا یکی از اصلی‌ترین چالش‌های پیشروی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق می‌باشد. مطالعات زیادی در رابطه با تولید پودرهای مواد ابررسانا در کشور انجام شده که اکثر این مطالعات در زمینه تولید و بهبود خواص این مواد در مقیاس آزمایشگاهی است. با توجه به اهمیت بالای تولید مواد ابررسانا تسلط به دانش فنی ساخت پودرهای ابررسانا دما بالا به عنوان یکی از اقدامات فنی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق در نظر گرفته شد. در راستای انجام این اقدام پروژه‌های زیر تعریف شده‌اند:

۱. طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس نیمه‌صنعتی

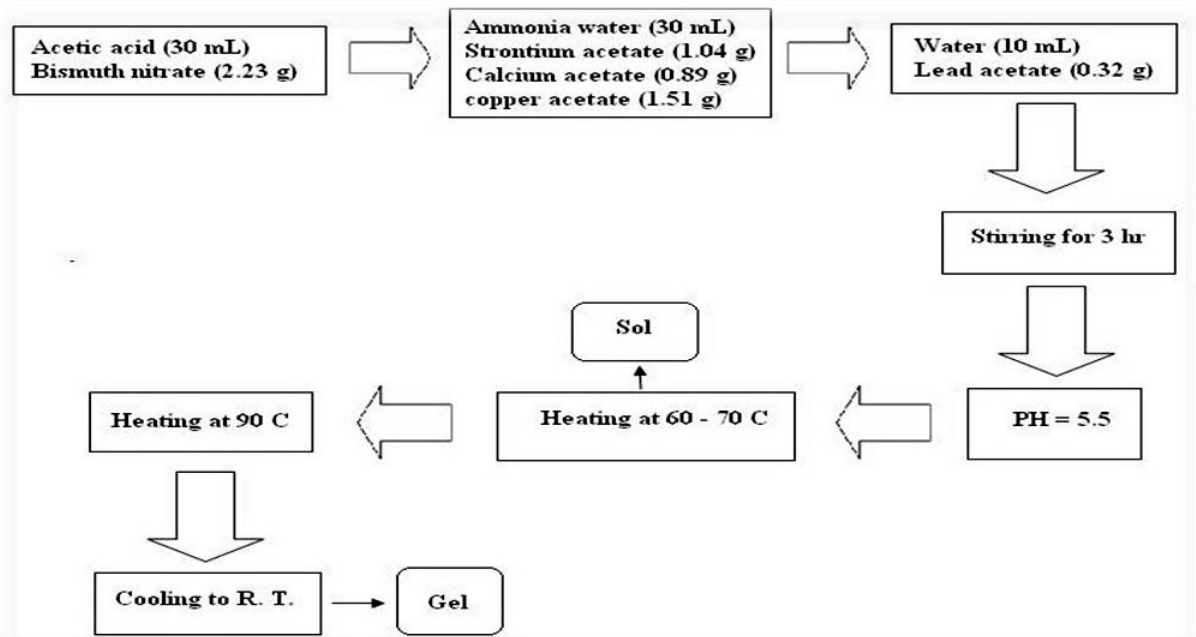
۲. طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس صنعتی

ب-۱-۱- طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس نیمه‌صنعتی

مطالعات نشان می‌دهد که در روش سل-ژل برای به‌دست آوردن فاز ابررسانای دما پایین (۲۲۱۲)، دمای پایین‌تری در مقایسه با روش معمول واکنش در حالت جامد (Solid-State Reaction) نیاز است. همچنین در ماده نهایی به دست آمده، مقدار فاز دما بالا (۲۲۲۳) در روش سل-ژل بیشتر است. علاوه بر این، در این روش نیاز به انجام عملیات حرارتی در فشارهای کم اکسیژن ($1/13$ فشار اتمسفر) نمی‌باشد و عملیات حرارتی می‌تواند در هوا انجام گیرد. علاوه بر موارد ذکر شده، ذرات کریستال رسوب داده شده در این روش کوچک‌تر و یکنواخت‌تر می‌باشند. که این مسئله مربوط به دمای پایین‌تر تشکیل فاز ابررسانا می‌باشد. طی دهه گذشته، روش‌های مختلفی در فرآیند سل-ژل به منظور بهبود خواص پودر تولید شده به کار گرفته شده است. یکی از مراحل تأثیرگذار، روش خشک کردن در فرآیند سل-ژل می‌باشد. روش متداول، روش خشک کردن در کوره است. روش‌های دیگر شامل روش ابروسل، اسپری درای، فریزدرای و روش هیدروترمال می‌باشد.

روش متداول خشک کردن داخل کوره زیان‌هایی را به همراه دارد. برای مثال خشک شدن مایع محبوس شده در تخلخل‌های ریز باعث پدید آمدن نیروی کاپیلاری قوی در ساختار ژل و به دنبال آن باعث ایجاد انقباض قابل توجه و تخریب ساختار می‌شود. این متراکم شدن در هنگام انقباض، باعث سخت شدن پودر حاصله می‌شود و بنابراین نیاز به آسیاب‌های طولانی لازم و ضروری به نظر می‌رسد. عیب دیگر این روش این است که حذف آب حبس شده در تخلخل‌های ریز (با قطر کمتر از ۱۰ nm) بسیار آهسته صورت می‌گیرد و برای تکمیل فرآیند خشک شدن نیاز به زمان‌های طولانی خشک شدن در دماهای بالاست. ژل به دست آمده با استفاده از روش خشک کردن در کوره زیروژل (Xerogel) نامیده می‌شود. با توجه به مطالب گفته شده چنین به نظر می‌رسد که خشک شدن به روش متداول و در کوره باعث ایجاد آلگومره و درشت شدن ذرات پودر می‌شود و برای به دست آوردن پودرهای ریز نیاز به عملیات کلسیناسیون و آسیاب بعد از مرحله خشک کردن است. این

مسئله باعث از بین رفتن برخی از مزایای روش سل-ژل می‌شود. چنین به نظر می‌رسد که رسیدن به پودرهایی با اندازه زیر میکرومتر و با درجه آگومریزاسیون پایین با استفاده از این روش خشک کردن مشکل است. تنها با استفاده از روش‌های خشک کردن پیشرفته‌تری مانند آبروسل، اسپری درآیینگ، فریزدرآیینگ و روش ئیدروترمال می‌توان به پودرهایی با ویژگی‌های مطلوب رسید.



شکل (۶-۱): مراحل سنتز پودر ابررسانای دما بالا BSCCO به روش سل-ژل

هدف از انجام این پروژه به دست آوردن دانش فنی سنتز پودرهای ابررسانا به روشی مقرون به صرفه و مقیاس بالا است. تهیه پودر ابررسانا قلب انجام کلیه پروژه‌های مربوط به توسعه فناوری‌های ابررساناها در صنعت برق می‌باشد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه تخمین زده شده برای انجام این پروژه ۴۰۰۰ میلیون ریال و مدت ۲۴ ماه زمان نیاز است. ۱۲۰۰ میلیون ریال از هزینه‌های این پروژه مربوط به هزینه‌های پرسنلی و ۲۸۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات مورد نیاز برای انجام این پروژه می‌باشد.

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس نیمه‌صنعتی

ب-۱-۲- طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس صنعتی

به منظور تولید پودر اولیه ابررسانا معمولاً از اکسیدها، کربنات‌ها یا نیترات‌ها استفاده می‌گردد که برای مثال در تولید پودر ابررسانای دما بالای Bi2223 از Bi_2O_3 ، PbO ، SrCO_3 ، CuO و CaO استفاده می‌شود. مخلوط پودری حاصل با نسبت مشخص به منظور اختلاط مواد اولیه همگن می‌گردد و تحت سیکل عملیات حرارتی اولیه قرار می‌گیرد. پس از انجام فرآیند کلسیناسیون پودر، آسیاب پودرها مجدداً تکرار می‌شود. البته در شروع کار نیز مواد اولیه باید آسیاب گردند. پس از آن پودر حاصله به صورت قرص‌هایی در آمده و قرص‌ها به منظور عملیات کلوخه‌سازی در بوت‌های آلومینایی گذاشته و داخل کوره قرار می‌گیرد و عملیات حرارتی خاصی در مورد آن‌ها اعمال می‌شود. تصویری کلی از این فعالیت‌ها را می‌توان در شکل (ب-۲) مشاهده کرد.

در انتها پودر حاصل از این روش به منظور بررسی فازهای حاصل شده تحت آنالیز XRD قرار می‌گیرد. ممکن است به دلایلی نظیر دما، زمان نامناسب و ... فاز مناسب حاصل نگردد که در این حالت باید فرآیند تشکیل فاز را به تکرار کرد. ولی موضوع اصلی کنترل پارامترهایی است که بر شرایط سنتز تأثیر گذارند و در ادامه در مورد آن‌ها بحث خواهد شد. به منظور تشریح بیشتر مراحل شکل زیر را در مورد پودر BSCCO با جزئیات بیشتر بیان خواهیم کرد. پارامترهای متفاوتی در سنتز پودرهای ابررسانا تأثیرگذار هستند که میزان این تأثیرپذیری را می‌توان با توجه به شدت پیک‌های مربوط به فازهای ابررسانا در تست XRD، منحنی DTA، تغییرات دمای بحرانی و ... مورد مطالعه و بررسی قرار داد. از جمله این پارامترها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- دمای کلسیناسیون

۲- زمان کلسیناسیون

۳- آسیاب کردن

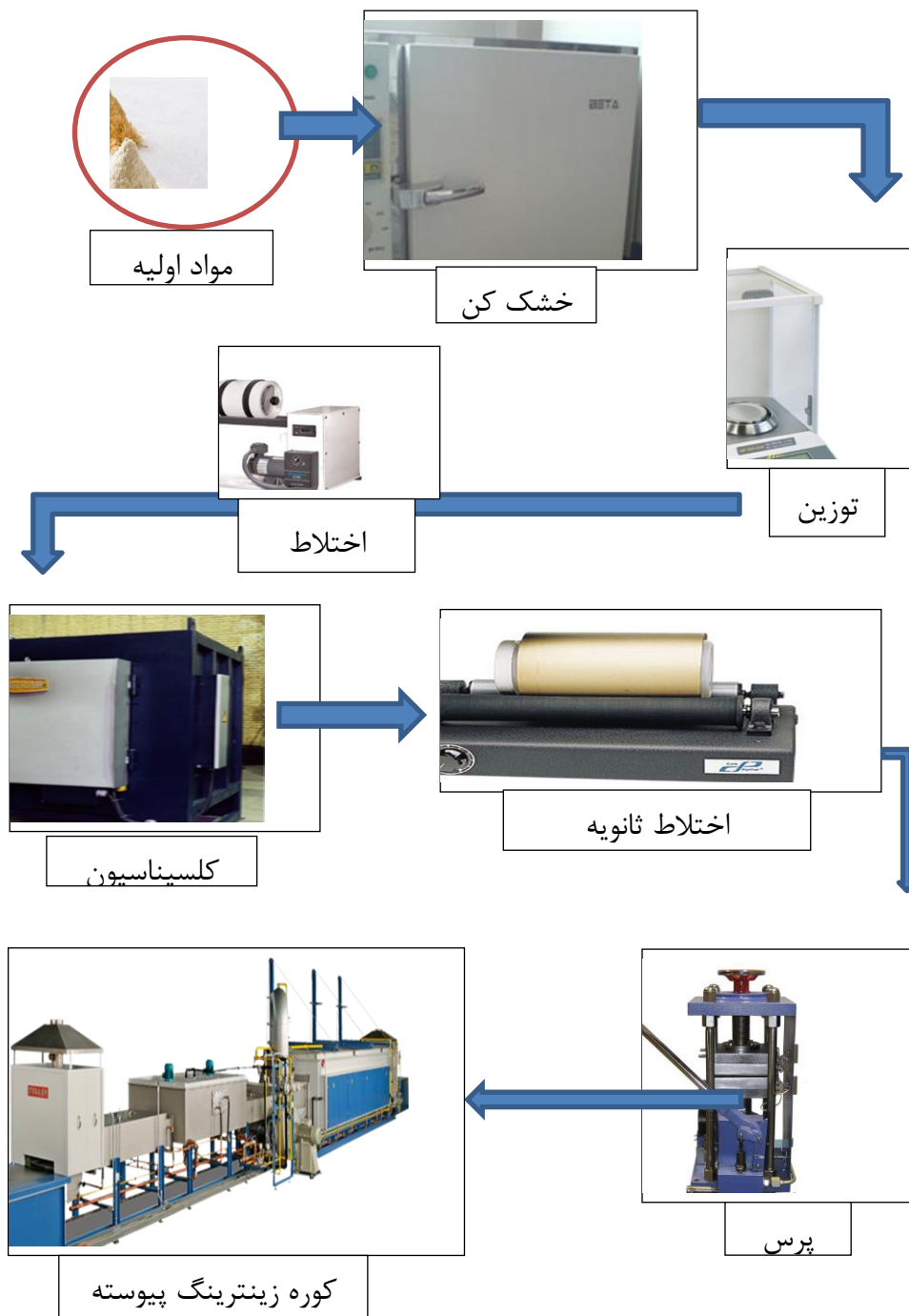
۴- پست آنیلینگ

۵- مرفولوژی پودر

۶- دمای زینتر

۷- زمان زینتر

هدف از انجام این پروژه به دست آوردن دانش فنی سنتز پودرهای ابررسانا به روشی مقرون به صرفه در مقیاس صنعتی است.



شکل (۶-۲): سیستم تولید پودر ابررسانا

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه و زمان در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه به ترتیب برابر ۱۰۰۰۰ میلیون ریال و

مدت ۳۶ ماه می‌باشد که شامل ۳۰۰۰ هزینه پرسنلی و ۷۰۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات است.

شاخص پروژه: تعداد واحدهای راه‌اندازی شده برای تولید پودر ابررسانا در مقیاس صنعتی

ب-۲- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی) سیم و نوار ابررسانای دما بالا

همان طور که در گزارش فاز چهارم سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ایران اشاره شد، گلوگاه توسعه فناوری‌های ابررسانا طراحی و ساخت سیم و نوار ابررسانا برای استفاده در تجهیزات مختلف صنعت برق می‌باشد. با توجه به اینکه در حال حاضر سیم و نوار ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی تولید نمی‌شود در تدوین این سند "تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی) سیم و نوار ابررسانای دما بالا" به عنوان یکی از اقدامات توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق تعریف شد. پروژه‌های در نظر گرفته شده برای اجرای این اقدام به شرح زیر می‌باشد:

۱. طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل اول (دما بالا) به صورت پیوسته در مقیاس نیمه‌صنعتی
۲. طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل دوم (دما بالا) در مقیاس نیمه‌صنعتی
۳. طراحی و ساخت کوره تولید پیوسته قابل کنترل
۴. طراحی و ساخت سیستم شکل‌دهی و جوش لیزری تیوب نقره
۵. طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل اول (دما بالا) به صورت پیوسته در مقیاس صنعتی
۶. طراحی و ساخت سیستم پوشش‌دهی نوار نقره
۷. طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل دوم (دما بالا) به صورت پیوسته در مقیاس صنعتی
۸. طراحی و ساخت سیستم عایق‌بندی الکتریکی سیم و نوار ابررسانا

ب-۲-۱- طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل اول (دما بالا) به صورت پیوسته در مقیاس نیمه‌صنعتی

ساده‌ترین راه ساخت سیم از مواد ابررسانا بر پایه بیسموت، شکل‌دهی این مواد به صورت سیم است. ابررسانا به دلیل سرامیک بودن شکننده بوده و همچنین از رطوبت هوا متأثر می‌شود. بنابراین وجود نگهدارنده‌هایی چه به عنوان پوشش و چه به عنوان زیرلایه لازم است. حامل‌های جریان معمولاً به شکل‌های مختلفی ساخته می‌شوند. از آن جمله می‌توان به سیم، نوار چند رشته و لایه‌های ضخیم اشاره کرد. در روش PIT پودر ابررسانا را درون لوله نقره‌ای ریخته و پس از بستن مجاری لوله، کامپوزیت حاصله را تحت تغییر شکل مکانیکی قرار می‌دهند و بعد از این مرحله نمونه آماده شده را تحت عملیات حرارتی قرار می‌دهند. مراحل تغییر شکل مکانیکی و عملیات حرارتی ممکن است چندین بار تکرار شوند. این روش در ساخت سیم‌های جریان، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این ترتیب امکان ساخت سیم‌های ابررسانا با طول چند صد متر فراهم می‌شود. استفاده از نقره به عنوان پوشش دو مزیت دارد: اول اینکه با ترکیبات ابررسانا وارد واکنش نمی‌شود و به علاوه اکسیژن به

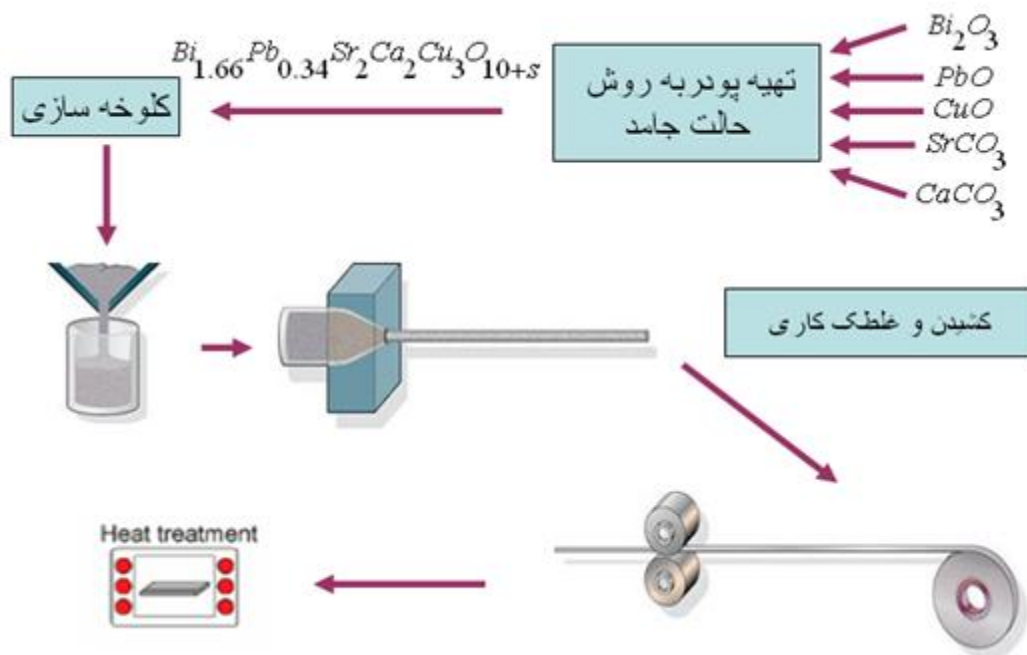
راحتی از طریق آن نفوذ می‌کند و در نتیجه مرحله بازپخت با مشکل مواجه نمی‌شود. برای ساخت نوار ابررسانا لوله هنگام کشش تحت یک فشار تک جهت قرار می‌گیرد. اگر چه این روش‌ها در هم‌جهت کردن دانه‌ها مؤثر هستند اما چنان که مراحل حرارتی کنترل شده نباشد، منجر به تشکیل اتصالات ضعیف و در نتیجه تضعیف چگالی جریان بحرانی می‌شود. ایده بهبود اتصالات بین دانه‌ای با افزودن Ag_2O به پودر ترکیب اصلی و یا عناصری مثل Gd برای کاهش فازهای ثانوی و یا فلئورین برای رشد دانه‌ها نیز به مرحله آزمایش گذاشته شده و نتایج مثبتی به همراه داشته است.

به طور کلی روش ساخت سیم را می‌توان به سه مرحله تقسیم کرد:

(۱) تهیه پودر ماده ابررسانا

(۲) تغییر شکل مکانیکی

(۳) عملیات حرارتی



شکل (۳-۶): ساخت سیم و نوار ابررسانا به روش PIT.

همان طور که در بخش قبلی اشاره شد گلوگاه توسعه فناوری‌های ابررسانا ساخت سیم ابررسانا است. هدف از انجام این پروژه دستیابی به دانش فنی ساخت سیم ابررسانا و توانایی تولید سیم در مقیاس صنعتی به صورت پیوسته می‌باشد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه و مدت زمان مورد نیاز برای انجام این پروژه برابر ۱۵۰۰۰ میلیون ریال و مدت زمان لازم ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است، که ۴۵۰۰ میلیون ریال از این هزینه به عنوان هزینه پرسنلی و ۹۵۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات است.

شاخص پروژه: وضعیت راهاندازی سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل اول در مقیاس نیمه‌صنعتی

ب-۲-۲- طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل دوم (دما بالا) در مقیاس نیمه‌صنعتی

اساس ساخت سیم و نوار نسل دوم بر پایه پوشش‌دهی نوار نقره با پودرهای YBCO به روش‌های متفاوتی می‌باشد که برخی از آن‌ها به اختصار آورده می‌شوند:

❖ فیلم‌های ضخیم

از روش‌های ساخت این گونه فیلم‌ها می‌توان به روش‌های زیر اشاره کرد.

- [1] Doctor-Blade
- [2] Dip-Coated
- [3] Organic-Precursor

❖ روش Doctor Blade

در این روش برای تهیه پودر ابررسانا از هر روش ساخت پودر می‌توان استفاده کرد. سپس پودر ابررسانا تهیه شده را به مخلوطی از ترکیبات آلی اضافه می‌کنند. تا ماده‌ای دوغابی حاصل شود. در مرحله بعد فیلم خام با استفاده از این ماده در ریختن آن بر روی یک سطح پهن و سپس هموار کردن آن با یک تیغه ساخته می‌شود. ضخامت فیلم به فاصله‌ای تیغه هموار کننده تا صفحه پهن بستگی دارد. در مرحله بعد فیلم را خشک کرده و آن را بر روی ورق نقره قرار می‌دهند و عملیات حرارتی بر روی نمونه انجام می‌شود.

❖ روش Dip-Coating

در این روش ورق نقره از میان ماده تهیه شده به روش فوق عبور کرده و در طی این عمل ماده به ورق می‌چسبد ضخامت فیلم در این روش را می‌توان از راه‌های زیر کنترل کرد.

- ۱- تغییر ترکیبات آلی
- ۲- اصلاح نسبت آن‌ها در مخلوط
- ۳- تنظیم میزان مواد جامد افزوده شده به مواد آلی

بعد از این مرحله فیلم را خشک می‌کنند. تا مواد آلی آن خارج شود و سپس فرآیند ذوب بر روی فیلم انجام می‌شود.

❖ روش Organic-Precursor

در این روش ماده اولیه محلولی از ترکیبات آلی فلزی Cu، Bi، Br و Ca است که بر روی یک ورق نقره قرار می‌گیرد و سپس حلال را محترق می‌نمایند. بسته به اینکه چه ضخامتی از فیلم مورد نظر باشد این مراحل را چندین بار تکرار می‌کنند. در آخر کار فرآیند ذوب انجام می‌شود.

❖ روش Metallic Precursor

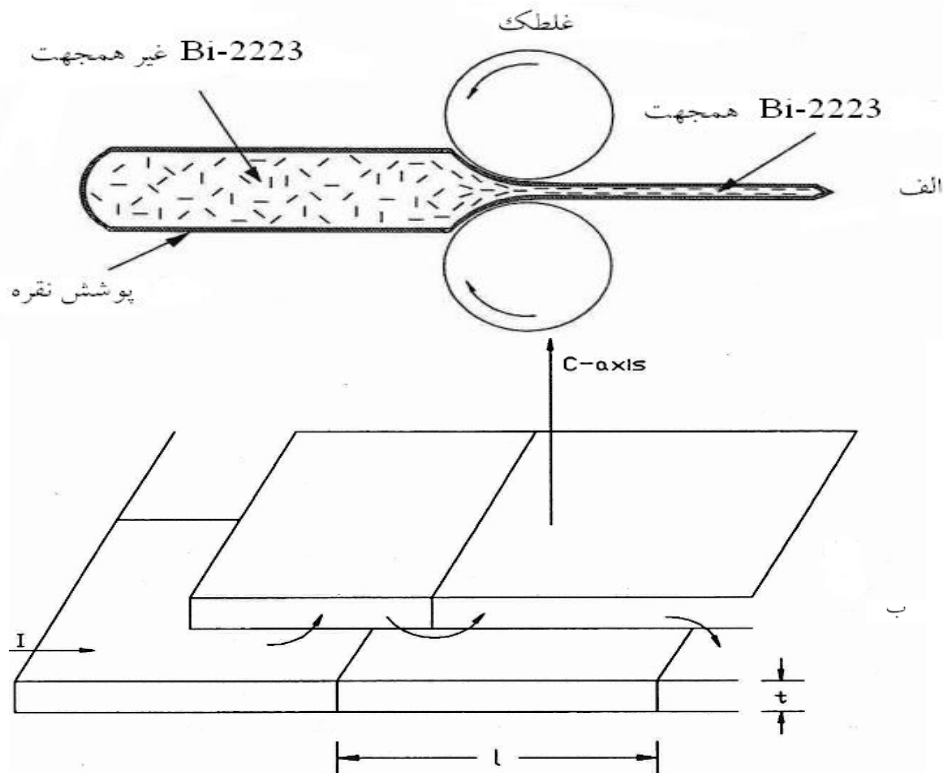
این روش توسط شرکت American Superconductor بسط و توسعه داده شده است. در این روش مراحل کشیدن و نورد بر روی یک آلیاژ فلزی انجام می‌شود و تنها بعد از اینکه سیستم به ابعاد نهایی خود رسید مرحله اکسیژن‌دهی برای تبدیل آن به یک ابررسانا انجام می‌شود.

ابتدا پودرهای فلزی Cu، Bi، Pb، Sr و Ca به نسبتی که امکان ایجاد فاز BSCCO وجود داشته باشد با یکدیگر در وسیله‌ای به نام Ball mill مخلوط می‌شوند. در اثر این عمل پودر آلیاژی که در مقیاس اتمی همگن است، به دست می‌آید. بعد از این مرحله پودر حاصله در داخل یک قوطی نقره‌ای ریخته شده و سپس این قوطی را به شکل شش وجهی بلند تبدیل می‌کنند. در مرحله بعد از میله بریده، تکه‌های بریده شده را کنار یکدیگر دسته کرده و بار دیگر عمل کشش انجام می‌شود. در مرحله بعد میله حاصل را قطعه‌قطعه کرده و کنار یکدیگر دسته کرده و عمل کشش را انجام می‌دهند. این فرآیند ممکن است چندین بار انجام شود، که در هر بار سطح مقطع کاهش می‌یابد، به طوری که در نهایت هر رشته فقط دارای ضخامت $5\mu\text{m}$ می‌باشد. بعد از اتمام مراحل تغییر شکل مکانیکی با فرآیند اکسیژن‌دهی ماده به ابررسانا تبدیل می‌شود.

❖ ساخت نوار

آینده روشنی را می‌توان برای نوارهای ابررسانای دما بالا در نظر گرفت و Bi-2223 و Bi-2212 با ریخت‌شناسی صفحه‌ای می‌توانند در نوارها هم‌جهت شوند. نوارها می‌توانند هم با پوشش نقره و هم با صحاف آلی ساخته شوند. ذرات صفحه‌ای شکل در سیم با پوشش Ag را می‌توانیم با فشار مکانیکی حین غلتش هم‌جهت کرد همان طور که در شکل زیر نشان داده شده است. با تکرار کلوخه‌سازی و رشد دانه‌ها با کاهش تدریجی ضخامت نوار می‌توان نوارهای با کیفیت بالا با طول زیاد یا سیم‌پیچ ساخت. ریخت‌شناسی دانه‌ها که از همپوشانی صفحه‌ها حاصل می‌شود در شکل زیر نشان داده شده است. جریان (که توسط پیکان‌ها نشان داده شده است) می‌تواند با عبور از یک گذرگاه فرعی از طریق صفحات بسل که دارای تماس زیادی بین دانه

هستند از اتصالات ضعیف عبور کند. ساخت نوارهای یکنواخت و سطح مقطع ثابت در طول این نوارها، مستلزم شرایط کشش و غلطش ثابت است.



شکل (۴-۶): صفحات ابررسانای BSCCO در یک نوار ابررسانا.

هدف از انجام این پروژه همانند پروژه قبلی به دست آوردن دانش فنی ساخت سیم و نوار ابررسانای نسل دوم می‌باشد. دستیابی به توانایی ساخت این سیم‌ها می‌تواند انقلابی در توسعه فناوری‌های ابررسانا ایجاد کند.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۱۵۰۰۰ میلیون ریال و مدت زمان لازم برای انجام آن ۱۲ ماه می‌باشد. ۴۵۰۰ میلیون ریال از هزینه کل این پروژه مربوط به هزینه پرسنلی و ۹۵۰۰ میلیون ریال آن شامل هزینه مواد و تجهیزات است.

شاخص پروژه: وضعیت راه‌اندازی سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل دوم در مقیاس نیمه‌صنعتی

ب-۲-۳- طراحی و ساخت کوره تولید پیوسته قابل کنترل

برای دستیابی به تجهیزات ابررسانا با کارایی بالا نیاز به تولید سیم و نوار پیوسته در ابعاد کیلومتری می‌باشد قلب سیستم تولید این اندازه از سیم یا نوار کوره آنیلینگ آن‌ها است، لذا نیاز به طراحی و ساخت کوره پیوسته با امکان عبور نوار یا سیم با نرخ مشخص و کنترل دمایی لازم دارد. نمونه‌ای از این کوره در شکل زیر آورده شده است.



شکل (۵-۶): نمونه‌ای از کوره قابل کنترل تولید پیوسته سیم ابررسانا.

هدف از تعریف این پروژه ساخت کوره‌ای برای آنیلینگ پیوسته سیم ابررسانا است، که در این کوره باید قابلیت کنترل دما وجود داشته باشد. وجود این کوره در ساخت هر یک از تجهیزات ابررسانا ضروری است و بدون استفاده از این کوره امکان تولید سیم و نوار ابررسانا در مقیاس صنعتی وجود ندارد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: دانشگاه‌ها، پژوهشگاه نیرو و پژوهشگاه مواد و انرژی

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه و مدت زمان لازم برای انجام این پروژه به ترتیب ۸۰۰۰ میلیون ریال و ۱۲ ماه در نظر گرفته

شده که تقسیم‌بندی هزینه انجام این پروژه به صورت زیر می‌باشد:

هزینه پرسنلی: ۲۴۰۰ میلیون ریال

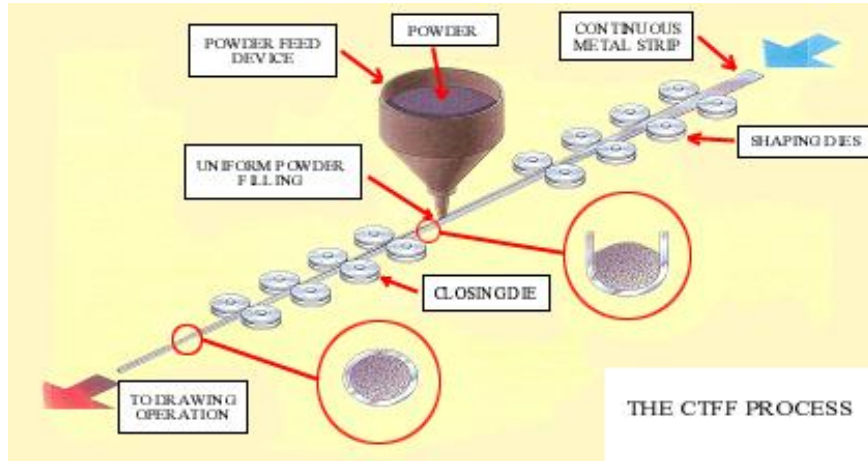
هزینه مواد و تجهیزات: ۵۶۰۰ میلیون

شاخص پروژه: وضعیت ساخت کوره تولید پیوسته قابل کنترل

ب-۲-۴- طراحی و ساخت سیستم شکل‌دهی و جوش لیزری تیوب نقره

در سیستم ساخت سیم پیوسته ابررسانا ابتدا نوار نقره توسط یکسری غلتک به صورت U شکل در آمده، سپس از زیر دستگاه فیدر پودر عبور می‌نماید. در قسمت بعدی سری غلتک‌ها نوار را به صورت مقطع دایره در آورده، سپس با استفاده از سیستم جوش نقره درزهای ایجاد شده پر (سیل) می‌شود. در مرحله بعد سیم شکل گرفته راهی قسمت‌های بعدی چون کشش

و نورد و ... می‌گردد. جوش لیزر برای بستن یکنواخت و با کنترل دمایی درز ایجاد شده بسیار ضروری است، نحوه عملکرد دستگاه در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل (۶-۶): نحوه عملکرد سیستم جوش لیزری تیوب نقره.

ساخت و تولید سیم یکنواخت ابررسانا بدون ساخت و راه‌اندازی خط جوش لیزری مناسب که دارای دقت و یکنواختی مورد نیاز باشد امکان‌پذیر نیست. از این رو هدف از انجام این پروژه، طراحی، ساخت و راه‌انداز یک سیستم لیزری مناسب برای این منظور می‌باشد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: دانشگاه‌ها، پژوهشگاه نیرو و پژوهشگاه مواد و انرژی

هزینه و زمان برآورد شده: بر اساس برآوردهای انجام شده هزینه اجرای این پروژه برابر ۵۰۰۰ میلیون ریال و مدت زمان مورد نیاز ۳۶ ماه است، که نحوه تقسیم‌بندی هزینه‌ها به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

هزینه پرسنلی: ۱۵۰۰ میلیون ریال

هزینه مواد و تجهیزات: ۳۵۰۰ میلیون ریال

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم شکل‌دهی و جوش لیزری تیوب نقره

ب-۲-۵- طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل اول (دما بالا) به صورت پیوسته در

مقیاس صنعتی

ساده‌ترین راه ساخت سیم از مواد ابررسانا بر پایه بیسموت، شکل‌دهی این مواد به صورت سیم است. ابررسانا به دلیل سرامیک بودن شکننده بوده و همچنین از رطوبت هوا متأثر می‌شود. بنابراین وجود نگهدارنده‌ها به عنوان پوشش یا به عنوان زیر لایه لازم است. حامل‌های جریان معمولاً به شکل‌های مختلفی ساخته می‌شوند. از آن جمله می‌توان به سیم، نوار چندرشته

و لایه‌های ضخیم اشاره کرد. در روش PIT پودر ابررسانا را درون لوله نقره‌ای ریخته و پس از بستن مجاری لوله، کامپوزیت حاصله را تحت تغییر شکل مکانیکی قرار می‌دهند و بعد از این مرحله نمونه آماده شده را تحت عملیات حرارتی قرار می‌دهند. مراحل تغییر شکل مکانیکی و عملیات حرارتی ممکن است چندین بار تکرار شوند. این روش در ساخت سیم‌های جریان، بیشتر استفاده می‌شوند. به این ترتیب امکان ساخت سیم‌های ابررسانا با طول چند صد متر فراهم می‌شود. استفاده از نقره به عنوان پوشش دو مزیت دارد: اول اینکه با ترکیبات ابررسانا وارد واکنش نمی‌شود و به علاوه اکسیژن به راحتی از طریق آن نفوذ می‌کند و در نتیجه مرحله بازپخت با مشکل مواجه نمی‌شود. برای ساخت نوار ابررسانا لوله هنگام کشش تحت یک فشار تک جهت قرار می‌گیرد. گرچه این روش‌ها در هم جهت کردن دانه‌ها مؤثر هستند اما چنان که مراحل حرارتی کنترل شده نباشد، منجر به تشکیل اتصالات ضعیف و در نتیجه تضعیف چگالی جریان بحرانی می‌شود. ایده بهبود اتصالات بین دانه‌ای با افزودن Ag_2O به پودر ترکیب اصلی و یا عناصری مثل Gd برای کاهش فازهای ثانوی و یا فلئورین برای رشد دانه‌ها نیز به مرحله آزمایش گذاشته شده و نتایج مثبتی به همراه داشته است.

به طور کلی روش ساخت سیم را می‌توان به سه مرحله تقسیم کرد:

(۱) تهیه پودر ماده ابررسانا

(۲) تغییر شکل مکانیکی

(۳) عملیات حرارتی

هدف از انجام این پروژه دستیابی به دانش فنی ساخت سیم ابررسانا به صورت پیوسته است.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: دانشگاه‌ها و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۵۰۰۰۰ میلیون ریال و مدت زمان لازم ۳۶ ماه در نظر گرفته شده که ۱۵۰۰۰ میلیون ریال از هزینه‌ها مربوط به هزینه پرسنلی و ۳۵۰۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات می‌باشد.

شاخص پروژه: تعداد واحدهای راه‌اندازی شده برای تولید سیم و نوار ابررسانای نسل اول در مقیاس صنعتی

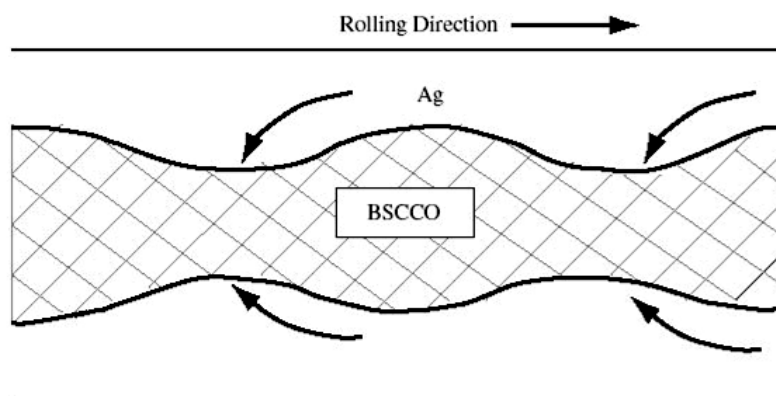
ب-۲-۶- طراحی و ساخت سیستم پوشش‌دهی نوار نقره

نقره خالص به طور گسترده‌ای در تولید سیم‌ها، نوارها و فیلم‌های ابررسانا دمای بالا کاربرد دارد. نقره نه تنها به عنوان یک غلاف برای نگهداری مواد ابررسانا عمل می‌کند، بلکه انعطاف‌پذیری خوبی به سیم یا نوار ابررسانا می‌دهد. اگر چه نقره تا حدودی گران‌قیمت است، اما خصوصیات منحصر به فرد آن باعث شده که در تولید مواد رسانا و ابررسانا کاربرد داشته باشد. نقره در تولید مواد رسانا و ابررسانا تأمین‌کننده موارد زیر می‌باشد:

- (۱) نگه‌دارنده پودر سرامیکی اولیه در حین فرآیندهای مکانیکی
- (۲) نگه‌دارنده پودرهای ابررسانا در حین عملیات حرارتی کامپوزیت که در این حال اجازه عبور اکسیژن را نیز می‌دهد.
- (۳) در حین کار پایدارکننده ابررسانا از طریق فراهم آوردن یک مسیر جایگزین جریان و حرارت است.
- (۴) مقاومت مکانیکی خوبی به محصول نهایی می‌دهد.
- (۵) اگر نقره به مقدار مشخص به پودر اضافه شود می‌تواند به عنوان آزادکننده کرنش داخلی مطرح شود.

در ابررساناهای دمای پایین بیشتر موارد بالا توسط مس تأمین می‌شود. اما برای ابررساناهای دمای بالا، تنها نقره است که می‌تواند به دلیل خاصیت عبوردهی اکسیژن استفاده شود. دیگر ویژگی‌های مهم نقره عبارت‌اند از: هدایت بالای حرارتی و الکتریکی، دیامغناطیس بودن و خاصیت ارتجاعی بالای آن.

از نقطه نظر شیمیایی، نقره بهترین انتخاب به عنوان پوشش سیم‌های ابررسانای BSCCO است. این ماده در هنگام عملیات حرارتی هیچ واکنشی با مواد سرامیکی نمی‌دهد. به علاوه به دلیل خاصیت شکل‌پذیری بالایی که دارد اجازه نفوذ اکسیژن را به داخل غلاف داده و در هنگام انجام کار سرد هیچ گونه کار سختی از خود نشان نمی‌دهد. نقره فلز نسبتاً گران‌قیمتی است، با این حال مشکل اصلی آن به عنوان پوشش سیم‌های ابررسانا، ضعف مکانیکی است. هر چه غلاف استفاده شده استحکام کمتری داشته باشد، محل اتصال ماده سرامیکی با غلاف زبری و پستی بلندی بیشتری خواهد داشت.



شکل (۶-۷): نمایی از مقطع یک سیم ابررسانای BSCCO حاوی عیب Sausaging.

استفاده از آلیاژهای Ag-Mg یا Ag-Mg-Ni در این موارد پیشنهاد شده است در واقع پس از عملیات حرارتی طولانی MgO در سیم رسوب کرده و سخت‌شدگی اکسیداسیونی در آلیاژ Ag-Mg-Ni رخ می‌دهد. این مسئله باعث می‌شود که تفاوت زیادی میان استحکام و در نتیجه میکروسختی این آلیاژ و نقره خالص به وجود آید ($HV_{Ag-Mg-Ni} \approx 115 \text{ Kgf mm}^{-2}$) در برابر ($HV_{Ag} \approx 40 \text{ Kgf mm}^{-2}$). در نتیجه این کار غلاف حاصله تنش و کرنش بحرانی بالایی از خود نشان می‌دهد. تنها مشکل این روش این است که قابلیت کارپذیری چنین آلیاژی به دلیل سخت‌شدگی لایه درونی افت می‌کند. آلیاژهای نقره-طلا مانند

Ag-3%Au و Ag-11%Au نیز در مواقعی که نیاز به کاهش هدایت حرارتی نوار است به کار می‌روند. این نوارها برای استفاده در مگنت‌های ابررسانا که در دمای ۴/۲ کلوین کار می‌کنند مناسب هستند.

یکی از اصلی‌ترین مراحل تهیه سیم‌های طویل Bi-۲۲۲۳/Ag به روش PIT کشش سرد آن‌ها در قالب‌هایی با سطح مقطع دایره‌ای شکل با کاهش نسبی سطح مقطع در حدود ۱۰٪ در هر مرحله است. مراحل کشش اولیه توسط ماشین‌هایی با میز کشش مستقیم (Straight Draw Bench Machine) انجام می‌شود. اما هنگامی که سیم به طول قابل قبولی رسید در مرحله بعد از دستگاه‌های کشش مدور استفاده می‌شود. به منظور جلوگیری از ایجاد ریزترک، چرخک جمع‌آوری سیم (Bullblock) باید قطر مناسبی داشته باشد (مثلاً در حدود ۹۰۰ mm). در هر حال کشش سیم به صورت چرخان کرنش بیشتری نسبت به کشش به صورت مستقیم ایجاد می‌کند. بیش‌ترین کرنش خمشی (ϵ_{max}) توسط چرخک به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\epsilon_{max} = t / 2R$$

که در این رابطه R قطر چرخک و t قطر سیم است.

برای ساخت سیم‌های ابررسانای چندرشته‌ای، مرحله آخر کشش در یک قالب شش ضلعی انجام می‌شود تا رشته‌ها در کنار هم فشرده شده و شکل بگیرند. در آخر سیم‌های تک یا چندرشته‌ای (برای مثال با قطر خارجی ۲mm) تبدیل به نوارهایی با ضخامت در حدود ۰/۲-۰/۲۵ mm می‌شوند. این کار با تکرار عملیات پهن شدن^۱ انجام می‌شود. پس از مرحله کشش مرحله نورد انجام می‌شود. این مرحله یکی از مراحل مهم در ساخت سیم است. علت اهمیت این مرحله به دو دلیل است:

- ۱- در این مرحله ذرات ورقه‌ای شکل پودر در جهت موازی با سطح نوار جهت‌گیری می‌کنند.
 - ۲- دانسیته خام مواد سرامیکی داخل نوار در این مرحله افزایش می‌یابد و این کار باید به صورت کاملاً یکنواخت انجام شود تا از بروز عیب Sausaging جلوگیری شود.
- عواملی که در این مرحله می‌توانند مؤثر باشند عبارت‌اند از:

- ثابت کاهش ضخامت (برای مثال ۱۰٪) یا کاهش ضخامت در آزادی بالا^۲ که آن را با Δf نشان می‌دهند)

$$\Delta f = t / (R\Delta t)^{1/2}$$
 و R قطر غلتک است.)
- فشار اعمالی در هنگام نورد بر روی نوار قبل و در هنگام عملیات حرارتی نیز عامل مهم دیگر است.

در یک نورد مطلوب، نواری با دانسیته بالا به همراه تشکیل ساختاری با جهت‌گیری مناسب ذرات پودر سرامیکی و بدون ایجاد ریزترک حاصل می‌شود.

1- Flatening

2- Freedom Parameter

با توجه به موارد فنی شرح داده شده در این سند پروژه‌ای تحت عنوان "طراحی و ساخت سیستم پوشش‌دهی نوار نقره" تعریف شده که هدف از انجام آن کسب دانش فنی طراحی و ساخت سیستم پوشش‌دهی نوار نقره در کشور بوده و در انتهای این پروژه باید حداقل یک سیستم پوشش‌دهی نوار نقره طراحی، ساخته و راه‌اندازی شود.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: بر اساس بررسی‌های صورت گرفته توسط تیم فنی تدوین سند مشخص گردید که هزینه تخمینی برای انجام این طرح برابر ۸۰۰۰ میلیون ریال است که شامل ۲۴۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۵۶۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات می‌باشد. از طرفی مدت زمان لازم برای انجام این طرح ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است.

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم پوشش‌دهی نوار نقره در مقیاس صنعتی

ب-۲-۷- طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل دوم (دما بالا) به صورت پیوسته در مقیاس صنعتی

اساس ساخت سیم و نوار نسل دوم بر پایه پوشش‌دهی نوار نقره با پودرهای YBCO به روش‌های متفاوتی انجام می‌پذیرد، که برخی از این روش‌ها به اختصار در ادامه شرح داده شده‌اند. از روش‌های ساخت فیلم‌های ضخیم می‌توان به روش‌های زیر اشاره کرد.

- ❖ Doctor – Blade
- ❖ Dip– Coated
- ❖ Organic – Precursor

❖ روش Doctor Blade

در این روش برای تهیه پودر ابررسانا از هر روش ساخت پودر می‌توان استفاده کرد. سپس پودر ابررسانای تهیه شده را به مخلوطی از ترکیبات آلی اضافه می‌کنند، تا ماده‌ای دوغابی حاصل شود. در مرحله بعد فیلم خام با از ریختن این ماده بر روی یک سطح پهن و سپس هموار کردن آن با یک تیغه ساخته می‌شود. ضخامت فیلم به فاصله‌ای تیغه هموارکننده تا صفحه پهن بستگی دارد. در مرحله بعد فیلم خشک شده و بر روی ورق نقره قرار داده می‌شود، سپس عملیات حرارتی بر روی نمونه انجام می‌شود.

❖ روش Dip-Coating

در این روش ورق نقره از میان ماده تهیه شده به روش فوق عبور کرده و در طی این عمل ماده به ورق می‌چسبد ضخامت فیلم در این روش را می‌توان از راه‌های زیر کنترل کرد.

۱- تغییر ترکیبات آلی

۲- اصلاح نسبت آن‌ها در مخلوط

۳- تنظیم میزان مواد جامد افزوده شده به مواد آلی

بعد از این مرحله فیلم را خشک می‌کنند، تا مواد آلی آن خارج شود و سپس فرآیند ذوب بر روی فیلم انجام می‌شود.

❖ روش Organic- Precursor

در این روش ماده اولیه محلولی از ترکیبات آلی فلزی Cu, Bi, Br و Ca است که بر روی یک ورق نقره قرار می‌گیرد و سپس حلال را محترق می‌نمایند. بسته به اینکه چه ضخامتی از فیلم مورد نظر باشد این مراحل را چندین بار تکرار می‌کنند. در آخر کار فرآیند ذوب انجام می‌شود.

هدف از انجام این پروژه دستیابی به دانش فنی ساخت نوار ابررسانا است و در پروژه باید به طراحی سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل دوم پرداخته شده و در نهایت یک نمونه از سیستم پیوسته تولید سیم و نوار ابررسانا ساخته شود.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۵۰۰۰۰ میلیون ریال است که ۱۵۰۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۳۵۰۰۰ میلیون ریال مربوط به هزینه مواد و تجهیزات می‌باشد. مدت زمان لازم برای اجرای این پروژه ۳۶ ماه در نظر گرفته شده است.

شاخص پروژه: تعداد واحدهای راه‌اندازی شده برای تولید سیم و نوار ابررسانای نسل دوم در مقیاس صنعتی

ب-۳- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی

(آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی) در دمای پایین جهت استفاده در تجهیزات با

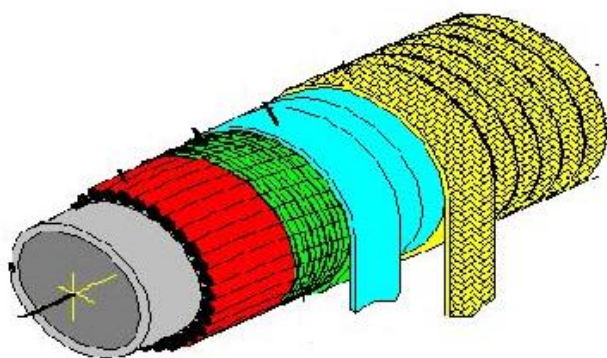
اولویت مبتنی بر ابررسانا

همان‌طور که در مطالعات فنی مربوط به انجام فناوری صورت گرفت مشخص شد مشکل اصلی به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات بالویت صنعت برق سیستم خنک‌کن سیم‌های ابررسانا در تجهیزات مختلف و عایق‌بندی آن‌ها می‌باشد. با توجه به موارد ذکر شده مشخص می‌گردد که طراحی و ساخت تجهیزات بالویت مبتنی بررسانا بدون طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی این تجهیزات امکان‌پذیر نیست. اهمیت طراحی این سیستم‌ها سبب شده که طراحی و ساخت‌های سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی به عنوان یک اقدام جداگانه در نظر گرفته شود. پروژه‌های قابل‌تصور در ذیل این اقدام عبارت‌اند از:

۱. طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۲. طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی
۳. طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس صنعتی
۴. طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۵. طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی
۶. طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی
۷. طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۸. طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی
۹. طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس صنعتی
۱۰. طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۱۱. طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی
۱۲. طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس صنعتی

ب-۳-۱- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

کابل‌های ابررسانا همان طور که در شکل (۶-۸) مشاهده می‌شود دارای لایه‌های زیادی هستند. بعضی از لایه مانند لایه‌های کوپراته و لایه‌های ابررسانایی وظیفه تأمین جریان بالا را به عهده دارند و در مقابل بعضی از لایه‌ها مسئولیت عایق‌بندی الکتریکی مناسب در برابر جریان‌های سطحی زیاد را دارا می‌باشند.



شکل (۶-۸): لایه‌های موجود در سیم ابررسانا.

عایق‌بندی برای ساخت سیم و نوار ابررسانا بسیار مهم است. در ساخت کابل ابررسانا باید از عایق‌بندی حرارتی و الکتریکی صورت استفاده شود. این طرح با هدف دستیابی به دانش فنی ساخت و اعمال عایق‌های مختلف مورد نیاز تعریف شده است. در صورت انجام این پروژه قابلیت ساخت و اعمال این عایق‌بندی‌ها در کشور وجود خواهد داشت.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۵۰۰۰ میلیون ریال و مدت زمان مورد

نیاز برای اجرا ۱۲ ماه است که تقسیم‌بندی هزینه‌ها به صورت زیر می‌باشد:

هزینه پرسنلی: ۱۵۰۰ میلیون ریال

هزینه مواد و تجهیزات: ۳۵۰۰ میلیون ریال

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل

ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

ب-۳-۲- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی

سیستم‌های تبرید کرایجنیک با توجه به نوع استفاده و کاربردهای مختلفی که دارند دارای ساختارهای گوناگون هستند. شکل ساده خنک‌کاری استفاده از محفظه‌های عایقی^۱ است که معمولاً از سیالات نیتروژن مایع و یا دی‌اکسید کربن مایع پر شده‌اند. به طور کلی به فرآیندهای جذب حرارت سرمایش^۲ اطلاق می‌شود. روش‌های زیادی برای خنک کردن اجسام وجود دارد. به طور مثال در صورتی که ماهی‌تابه آشپزخانه را بر روی شعله قرار داده تا کاملاً داغ شود و سپس از روی شعله برداشته شده و یک لیوان آب داخل آن اضافه شود، در این حالت آب با بخار شدن، گرمای کف ماهی‌تابه را جذب کرده و به سرعت آن را خنک می‌کند، چرا که با ریختن آب در ماهی‌تابه، اختلاف دمایی زیاد باعث انتقال حرارت از جسم گرم به جسم سرد می‌شود. آب گرمای جسم گرم را به سرعت جذب کرده و به دمای جوش خود می‌رسد. با این انتقال حرارت، آب به جوش آمده و تبخیر می‌شود. در واقع گرمای جذب شده در فرآیند تبخیر بسیار بزرگ‌تر از مقدار گرمایی است که به آب داده می‌شود تا به نقطه جوش برسد. با ذکر این مثال، مفهوم بسیار ساده ترمودینامیکی سرمایش روشن می‌گردد. هر مایعی که دارای قابلیت تبخیر و تبدیل به گاز را داشته باشد می‌تواند حرارت جذب کند. دمای تبخیر یک سیال تابعی از فشار آن است. می‌توان با تنظیم فشار سیال در مقدار تبخیر تغییر ایجاد نمود. در محفظه‌های حاوی سیال، با کاهش فشار سیال، آن را به نقطه تبخیر رسانده که درعین حال حرارت را نیز جذب می‌کند. سپس بخار ناخواسته که به علت جذب حرارت ایجاد شده را از محفظه خارج می‌کنند. با ادامه دادن فرآیند به طور پیوسته محفظه خنک نگه داشته می‌شود. دو نوع سیال متداول در این محفظه‌ها عبارت‌اند از نیتروژن مایع (LN₂) و دی‌اکسید کربن مایع (LCO₂). این سیالات که به عنوان مبرد استفاده می‌شوند که معمولاً بسیار سرد و تحت فشار هستند. این محفظه‌ها دارای کانال‌هایی هستند که بخار حاصله را از محفظه خارج می‌کنند.

1- Dewar

2- Cooling



شکل (۶-۹): نمونه‌هایی از محفظه‌های فشار بالای نیتروژن مایع و دی اکسید کربن مایع.

یک سیستم ساده تقطیر سرمایشی نیتروژن مایع که طرح آن در شکل (۶-۱۰) نشان داده شده است، شامل قسمت‌های اساسی زیر است:

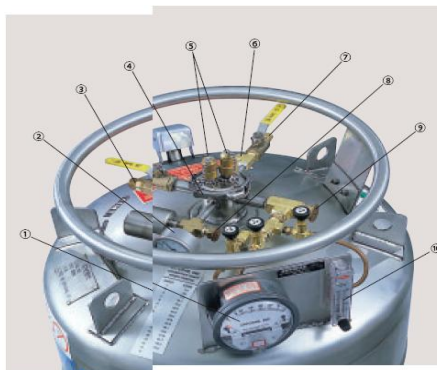
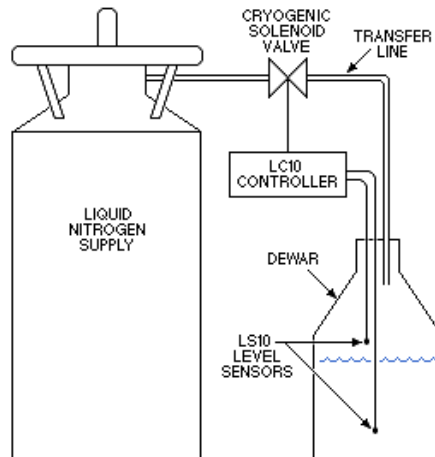
- مخزن نیتروژن مایع
- محفظه (Dewar)
- لوله‌های ارتباطی
- فیلتر
- شیر برقی و شیر اطمینان
- حسگر سطح سیال
- افشانه خفگی (Throtting injector)
- گیج سطح سنج مایع از نوع Differential Pressure
- گیج فشار
- شیر خروج گاز
- نگه‌دارنده
- درگاه‌های دسترسی

- دیسک Rupture

- شیر کنترل فشار

- شیر اطمینان

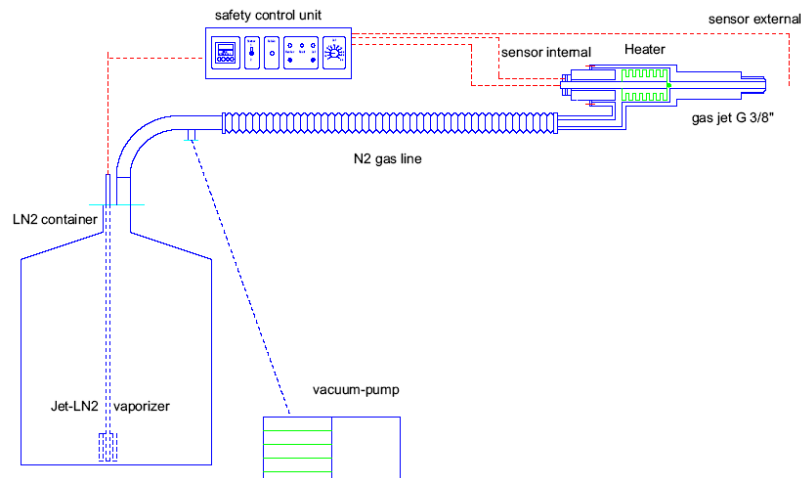
- فلومتر



شکل (۶-۱۰): اجزاء یک سیستم ساده تبرید کرایجنیک و نمایی از اجزای مخزن LN_2

اجزای عمومی این سیستم بر اساس عملکرد سیستم‌های Fail-Safe کار می‌کنند. اولین و مهم‌ترین جزء سیستم، ظرف نگهداری مبرد است. هر سیستم شامل یک فیلتر است، که شیرهای اندازه‌گیری در محفظه‌ها نیز باید طوری طراحی شوند که صلب بوده و در برابر تکانه‌های ایجاد شده، عمر طولانی داشته باشند.

افشانه خفگی باید طوری طراحی شود که جریان مناسب و توزیع خوبی را ایجاد کند. در سیستم‌های Fail-safe یک حسگر دمایی جداکننده و کنترل‌کننده وجود دارد که زمانی که دما به بیش از حدود مد نظر می‌رسد، جریان سیستم را در قطع می‌کند. در صورتی که مشکلی در سیستم ایجاد شود و باعث شکست مکانیکی در شیر کنترل شود، شیر افزایشنده بسته خواهد شد تا جریان مبرد کرایجنیک قطع شود.



شکل (۶-۱۱): تصویر شماتیکی از اجزا محفظه خنک‌کاری.

❖ لوله‌های ارتباطی و اتصالات در سیستم کرایجنیک

شیلینگ‌ها و اتصالات برای ارتباط میان محفظه با منبع سرمایه‌ش که ممکن است یک سیستم حجمی^۱، محفظه عایق شده یا یک سلیندر فشار بالا باشد، استفاده می‌شود. استفاده از اندازه مناسب، نحوه نصب صحیح، عایق‌کاری و در نظر داشتن ویژگی‌های ایمنی بسیار ضروری است. بسیاری از اجزای اتصالی، اتصالات قیفی شکل هستند. تمام محفظه‌های حاوی نیتروژن مایع دارای استاندارد SAE و اتصال خروجی نرینگی^۲ با اندازه ۱/۲ اینچ هستند. البته این نوع اتصال به استاندارد CGA-295 نیز معروف است (CGA استاندارد انجمن گازهای فشرده آمریکا). در محفظه‌های دارای فشار، یک خروجی بخار تعبیه شده است. البته با استاندارد CGA-580 محفظه‌های نیتروژن فشار پایین معمولاً خروجی‌های بخار ندارند، زیرا فشار تانک به اندازه کافی برای استفاده پایین است.

شیلینگ‌های تجاری استاندارد معمولاً بر دو نوع است:

- شیلینگ‌های زره دار و مسلح (armoured hoses)
- شیلینگ‌های با پوشش خلأ (Vacume jacket)

شیلینگ‌های مسلح عایق نشده‌اند، لذا نیاز به یک عایق خارجی دارند. شیلینگ‌های با پوشش خلأ یک لایه محافظ دارند و کاملاً با لوله داخلی توخالی عایق شده‌اند و نیازی به عایق‌کاری بیرونی نیست. شیلینگ‌های مورد استفاده باید تماماً از فولاد ضد زنگ باشند. شیلینگ‌های تفلونی، لاستیکی و یا با محتوای مشابه بسیار ضعیف و بی‌دوام هستند و ایمنی لازم را ندارند.

1- Bulk system

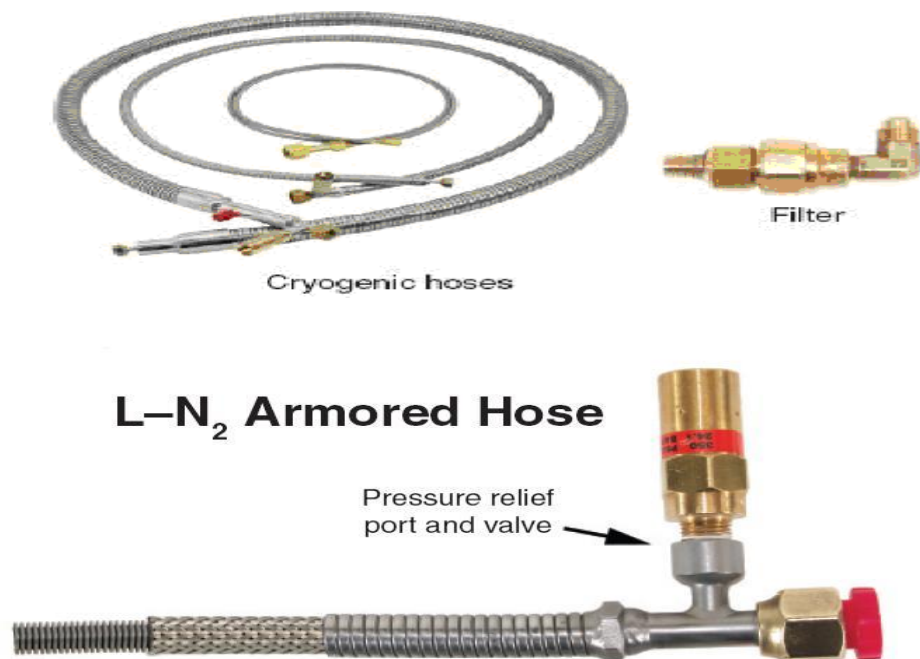
2- Male

فولاد ضد زنگ تجاری استاندارد معمولاً با قطر داخلی نیم اینچ و با اتصال مادگی قیفی شکل در دو انتها با اندازه نیم اینچ تولید می‌شوند. سوراخ‌های انتهایی نیز می‌تواند بر اساس استاندارد SAE یا JIC باشد.



شکل (۶-۱۲): نمونه‌هایی از انواع استاندارد اتصالات مسیره‌های نیتروژن مایع

نیتروژن به عنوان مایع در دمای اتاق قابل نگهداری نیست. در نتیجه وقتی یک محفظه استفاده نمی‌شود، شیر در مخزن بسته خواهد شد. اگر تمام یا قسمتی از نیتروژن در شیلنگ باقی بماند و سپس اپراتور سیستم را خاموش کند ورود ناگهانی و احتمالی حرارت محیط به داخل شیلنگ باعث تبخیر نیتروژن مایع محبوس شده و بخار با فشار از شیلنگ خارج می‌شود. در این حالت چون شیلنگ‌ها با شیر اطمینان تجهیز نشده‌اند باعث آسیب دیدگی شیلنگ‌ها می‌شود.



شکل (۶-۱۳): نمونه‌هایی از شیلنگ‌ها و اتصالات.

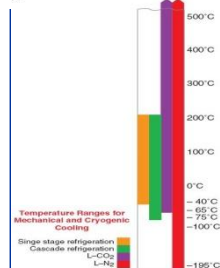
❖ انتخاب نوع سیال مبرد برای سیستم کرایجنیک

دو نوع متداول مبرد که در سیستم‌های کرایجنیک کاربرد دارد عبارت‌اند از: CO₂ مایع و N₂ مایع. تفاوت اصلی آن‌ها در حد دمایی پایین، نگهداری و کاربرد است. در ادامه، مشخصات مبردهای مذکور شرح داده شده است.

الف) CO₂ مایع: دارای نقطه جوش 78.4- درجه سانتیگراد و حد سرمایشی 65- الی 55- درجه سانتیگراد است. دارای بازدهی پایین و تراکم یخ خشک^۱ نزدیک به حد پایین است. البته مزیت‌هایی نسبت به N₂ مایع دارد، از جمله هزینه کمتر در واحد ظرفیت سرمایشی. در ضمن می‌توان CO₂ مایع را به عنوان گاز در داخل لوله‌ها جاری کرد و به نقطه مورد استفاده انتقال داد و سپس با سرمایش معمول آن را تبدیل به مایع کرد که به تجهیزات مورد استفاده به این منظور عموماً اکونومایزر^۲ گفته می‌شود. سیستم‌های CO₂ حجمی (bulk) نیز که بتوانند مایع سرد شده را به نقطه مورد استفاده جاری سازند، در دسترس هستند.

اما یکی از نقاط ضعف CO₂ مایع این است که وقتی در فشار اتمسفر سرد می‌شود، ابتدا به جامدی که اصطلاحاً یخ خشک نامیده می‌شود، تبدیل شده و سپس درحالی که حرارت را جذب می‌کند به بخار تبدیل می‌گردد (تصعید). یخ خشک تشکیل شده در محفظه که اصطلاحاً dry ice Snow خوانده می‌شود، به عنوان ذراتی که به صورت جزئی در جریان بخار در دماهای پایین معلق هستند می‌توانند به آسانی در گوشه‌ها به صورت پف کرده، متراکم شوند. این یخ خشک متراکم شده ممکن است با ایجاد خزش‌های سریع به دماهای پایین در زمانی که کنترل‌کننده، جریان را قطع کرده است عمل کنترل را مشکل کند. اگرچه این فرآیند و تشکیل یخ خشک و تراکم آن در دمای 45- °C آشکار می‌شود، اما به طور قابل توجه در دمای 55- °C مشکل‌زا خواهد شد.

	Boiling-Point @1bar (K)	Density (kg/l)	Heat of evaporation (kJ/kg)	Cost (EUR/litre)	Cost of cooling (EUR/kJ)
He	4.2	0.125	20.5	5	2
H ₂	20.39	0.071	448.0	0.5	0.02
Ne	27.2	1.2	87.0	300	3
N ₂	77.37	0.808	199.0	0.2	0.002



شکل (۶-۱۴): مشخصات و محدوده‌های دمایی سیالات کرایجنیک و هزینه‌ها و ارزش سرمایش آن‌ها

1- Dry ice accumulation

2- Economizer

ب) N_2 مایع: دارای نقطه جوش حدود $195.8^{\circ}C$ - بوده و به صورت ایده‌آل، برای سرد کردن تا دماهای حدود $209^{\circ}C$ بکار می‌رود. LN_2 همیشه به صورت سرد شده تحویل می‌شود و نمی‌تواند در دماهای بالاتر از $148^{\circ}C$ - به صورت مایع باقی بماند. در نتیجه، ضروری است که منبع نیتروژن مایع دارای فشار کافی برای عملکرد مناسب در محفظه‌ها باشد. استفاده از LN_2 آسان است و این مزیت را دارد که جامد یخ خشک تشکیل نمی‌دهد. در ضمن به علت نقطه جوش خیلی پایین، همواره سطح آن پوشیده از بخار است، در نتیجه گرادیان دمایی پایین آمده و مقادیر دمایی دقیق‌تر هستند. به خاطر این محدوده وسیع دمایی و رفتار قابل پیش‌بینی، LN_2 به عنوان یک مبرد کرایجنیک برای قسمت عمده‌ای از موارد پیشنهاد می‌شود.

جدول (۶-۱): مشخصات فیزیکی LN_2 .

Critical point	
Critical temperature	$-147^{\circ}C$
Critical pressure	33.999 bar
Critical density	314.03 kg/m^3
Triple point	
Triple point temperature	$-201.1^{\circ}C$
Triple point pressure	0.1253 bar
Solid Phase	
Molecular weight	28.0134 g/mol
Solid Phase	
Melting Point	$-210^{\circ}C$
Latent heat of fusion (1,013 bar, at triple point)	25.73 kJ/kg
Liquid Phase	
Liquid density (1,013 bar at boiling point)	808.607 kg/m^3
Liquid/gas equivalent (1,013 bar and $15^{\circ}C$ ($59^{\circ}F$))	691 vol/vol
Boiling Point (13 bar)	$-195.9^{\circ}C$
Latent heat of vaporization (1,013 bar, at triple point)	198.38 kJ/kg
Gaseous phase	
Gas density (1,013 bar at boiling point)	4.614 kg/m^3
Specific gravity (air=1) (1.013 bar and $21^{\circ}C$ ($70^{\circ}F$))	0.967
Specific volume (1.013 bar and $21^{\circ}C$ ($70^{\circ}F$))	$0.862 \text{ m}^3/\text{kg}$
Ratio of specific heat ($\text{Gamma } C_p/C_v$) (1,013 bar, at triple point)	1.403846
Thermal conductivity (1.013 bar and $0^{\circ}C$ ($32^{\circ}F$))	24 mW/(m.K)
Compressibility Factor (z) (1.013 bar and $15^{\circ}C$ ($59^{\circ}F$))	0.9997

❖ عایق‌بندی محفظه‌ها با خلأ

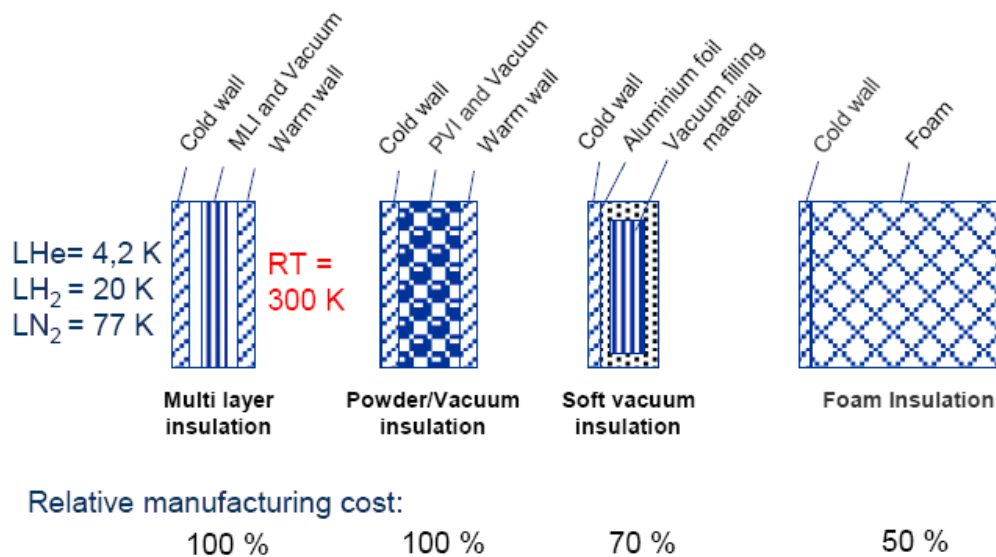
عایق‌بندی محفظه‌های کرایجنیک با مشکلات عدیده‌ای همراه است و راه‌حل‌های متنوعی نیز در این رابطه ارائه شده است. یکی از این راه‌ها استفاده از خلأ در عایق‌بندی است، یعنی به جای تکیه بر بسته‌های هوا که به عنوان مانع حرارتی عمل می‌کند از مفهوم خلأ استفاده شده است چرا که هیچ‌گونه حرارت جابه‌جایی^۱ یا هدایت^۲ از خلأ عبور نمی‌کند. در مورد نوع سوم انتقال حرارت یعنی تشعشع نیز می‌توان با تعبیه بازتاب‌دهنده‌های تابشی^۳ مقدار تشعشع را کاهش داد. در حالت طبیعی، عموماً خلأ در میان دیواره محفظه سیال که به صورت یک جفت استوانه متحدالمرکز با قطرهای نزدیک به هم ساخته شده، ایجاد می‌گردد. این سیلندرها به هم جوش داده می‌شود. لایه‌های آلومینیوم و فایبرگلاس نیز در فضای حلقه‌ای میان سیلندرها که خلأ حدود 10 torr دارد، به صورت پوششی قرار می‌گیرند. اساساً ظرف گرمایی صنعتی، عایق کاملی نیست.

مقدار اصلی حرارتی که با روش هدایت جسم جامد از سیلندر بیرونی و همچنین از تقاطع سیلندرهای بیرونی و درونی انتقال می‌یابد، می‌تواند با طراحی دقیق کم شود. ضخامت مواد نیز تا حد ممکن کم نگه داشته می‌شود. تنش‌های حلقه‌ای که در نتیجه اختلاف فشار بین فضای خالی و محیط بیرونی ایجاد می‌شود، با هندسه سیلندر تطبیق داده می‌شود. وزن بار حداکثر، توسط اتصال سیلندر بیرونی و درونی تحمل می‌شود و به اجزای حمایتی^۴ که ایجاد پل حرارتی می‌کند، نیازی نیست. جرم کمتر، باعث اتلاف کمتر LN₂ می‌شود و در واقع بازده عملکردی را زیاد می‌کند. عایق جامد، حرارت به دست آمده را کمتر کرده و در نتیجه عملکرد حرارتی کاهش نخواهد یافت.

در یک مثال عددی، حرارت به دست آمده از شش اینچ عایق فوم که به صورت صفحه است و عایق خلأ که شامل بازتاب‌دهنده‌های تابشی است، مقایسه شده است. هر کدام از آن‌ها تفاوت دمایی را در حدود 220 °C در سطوح مورد نظرشان حفظ می‌کنند. فوم مقدار 15.3 Btu/hr.ft و خلأ 0.008 Btu/hr.ft حرارت را از خود عبور می‌دهد. در مقایسه این دو، خلأ بیش از ۱۹۰۰ برابر بازده عایقی دارد درحالی‌که به شکل قابل ملاحظه‌ای فضای کمتری برای آن مورد نیاز است.

1- Convection
2- Conduction
3- Radiation reflector
4- Supports

Insulation material	Heat flux (W/m ²) through 2,5 cm thick material between 300 and 77K
Stainless steel	160000
Polyurethane	200
Vacuum	8
VSI / VSI + rad. shields + adsorber	0,3 / 0,06
VSI theoretical minimum	0,04



شکل (۶-۱۵): آرایش ترکیبات مختلف عایق‌ها و مقایسه هزینه‌های ساخت هر کدام.

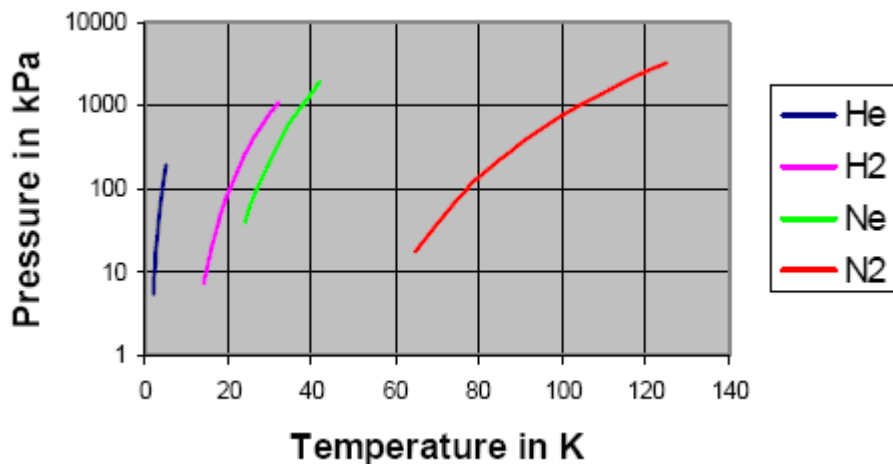
❖ کنترل فشار سیال داخل محفظه

فشار اضافه مبرد ممکن است به خرابی شیرها منجر شود. همچنین فشار ناکافی و نامناسب نیز به عملکرد غیراستاندارد سیستم منتهی می‌شود. برای افزایش فشار، اغلب نیازی به ورود حرارت محیط که باعث ایجاد سطوحی از فشار می‌شود نیست، بلکه کافی است شیر ایجاد کننده فشار را باز کرده و اجازه داده شود مقداری مایع به داخل سیکل در گردش در محفظه عایق وارد شود. برای کاهش فشار، شیر تخلیه را باز کرده و اجازه داده می‌شود مقداری از گاز مبرد خارج شود.

تصور نادرستی مبنی بر اینکه خروجی مقداری از بخار مبرد از محفظه عایق باعث ایجاد اتلاف می‌شود، وجود دارد. اگر هدف از ایجاد محفظه، تحویل گاز بود این مطلب درست بود، درحالی‌که وظیفه محفظه، تحویل مایع برای سرد کردن است. به بیان دیگر حرارت در داخل محفظه بالا می‌رود و مبرد را گرم می‌کند. در نتیجه فشار آن نیز افزایش می‌یابد. با خروج بخار اضافه، آزاد کردن بخاری که برای جذب حرارت ایجاد شده، به آسانی ممکن است.

هر حرارتی که به اجبار وارد محفظه عایق شود محتوای حرارت مبرد داخل آن را افزایش داده و در نتیجه به همان مقدار ظرفیت تبرید (سرماسازی) مبرد کاهش می‌یابد. خروج حرارت از محفظه به شکل بخار ظرفیت تبرید را بیش از حد نیاز کم

نمی‌کند بلکه در عوض سطح فشار را به مقدار قابل استفاده می‌رساند. درحالی‌که محفظه‌های حاوی CO_2 مایع دارای شیرهای اطمینان برای رساندن فشار به مقدار مورد نیاز یعنی 300 psi هستند، محفظه‌های N_2 مایع دارای شیرهایی با فشار 230-psi 300 می‌باشند.



شکل (۶-۱۶): رابطه فشار و دما در سیالات کرایجنیک.

❖ ویژگی‌های انتقال حرارت در سیستم‌های کرایجنیک

اگرچه رفتار ساختاری انتقال حرارت کرایجنیک بسیار شبیه سطوح معمولی است اما بعضی از مسائل خاص در این سیستم‌ها مطرح است که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره شده است:

۱- اثرات تغییر در خواص مواد:

خواص انتقالی مواد عموماً در محدوده دماهای کرایجنیک مشخص و بارز است. به عنوان مثال گرمای ویژه جامدات در دماهای پایین با توان سوم دمای مطلق تغییر می‌کند درحالی‌که گرمای ویژه فلزات در دمای اتاق ممکن است تغییراتی در حد کمتر از 5% در دماهای بالاتر از 100°F داشته باشد. آنالیز constant-property درحالی‌که برای کاربردهای دمای محیط معتبر است، اما اغلب برای محدوده‌های کرایجنیک نادرست است.

۲- عایق حرارتی:

تمام مایعات کرایجنیک دارای مقدار کمی گرمای نهان هستند. این گرمای نهان تبخیر (حرارت تبخیر شدن) برای نیتروژن مایع در فشار یک اتمسفر 85.7 Btu/Lb و برای آب در همین فشار 970 Btu/Lb است. به خاطر هزینه‌های مایع شدن با در نظر گرفتن مقدار پایین گرمای نهان، برای عملکرد بالا به عایق‌هایی نیاز است که بتوان نرخ تبخیر شدن سیالات کرایجنیک را

در ظروف ذخیره کاهش داد. هدایت حرارتی عایق‌های چند لایه استفاده شده در سیستم‌های کرایجنیک تقریباً $1/1000$ هدایت حرارتی عایق فایبرگلاس با همان مشخصات است.

۳- جابه‌جایی:

فشار بحرانی ترمودینامیکی برای بسیاری از مایعات کرایجنیک مانند هیدروژن و هلیوم خیلی پایین‌تر از فشار بحرانی بسیاری از مایعات مانند آب است. مسائل انتقال حرارت جابه‌جایی، بیشتر در نقاط نزدیک بحرانی و یا فوق بحرانی مطرح است.

۴- تابش^۱:

طول موجی که در آن ماکزیمم شدت تابش برای جسم سیاه^۲ اتفاق می‌افتد نسبت عکس با دمای مطلق دارد. بعضی از سپرهای حرارتی که برای کاهش انتقال حرارت تابشی در سیستم‌های کرایجنیک استفاده می‌شوند، دارای مشخصاتی کمتر از مقادیر مورد نظر هستند. بنابراین خواص تابشی این مواد قابل تغییر است. مثلاً اگر مواد در دمای نزدیک به دمای اتاق باشد، ماکزیمم طول موج حدود 0.01 mm خواهد بود.

اهمیت انتقال حرارت در این سیستم‌ها با شرح کاربردهای مختلف آن در زیر ارائه شده است:

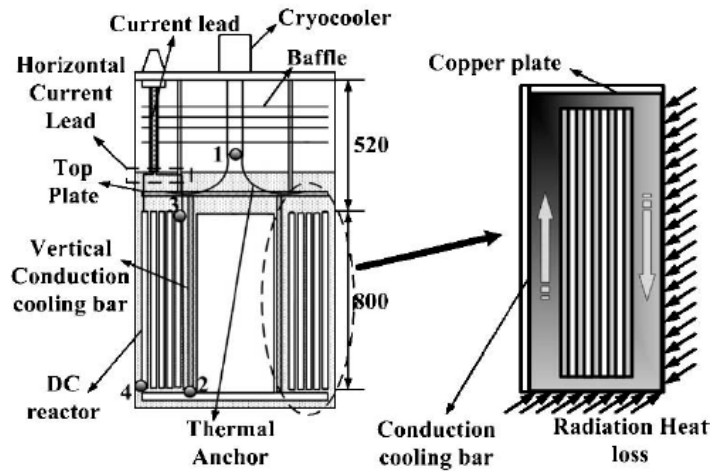
۵- ظروف ذخیره سیال:

در طراحی محفظه‌ها، انتقال حرارت هدایتی در عایق باید تا حد ممکن کوچک باشد. عایق‌های کرایجنیک به آسانی هدایت حرارتی گازی را کمینه می‌کنند. سپرهای حرارتی شناور مانند سپرهای چندلایه برای کمینه کردن حرارت تابشی استفاده می‌شود و جداکننده‌های با قابلیت هدایت پایین^۳ برای کمینه کردن هدایت در اجسام جامد مورد استفاده قرار می‌گیرند. در طراحی محفظه برای کاربردهای فضایی، محفظه داخلی ممکن است توسط سپرهای حرارتی خنک شونده محافظت شود. از انتقال حرارت تابشی، به وسیله سپرها جلوگیری می‌شود و حرارت به بیرون سیستم منتقل می‌گردد تا نرخ تبخیر مایع کرایجنیک حداقل گردد. از تسمه‌های کامپوزیتی به عنوان ساپورت‌های محفظه داخلی استفاده می‌شود. البته شایان ذکر است که خصوصیات مانند هدایت حرارتی، جریان بحرانی و عایق‌بندی الکتریکی نوارهای HTS در نیتروژن مادون سرد نسبت به خصوصیات آن در حالت مشابه در نیتروژن مایع اشباع بسیار برتر است. شرایط نیتروژن فشار 1 atm و دمای 64 درجه کلوین در نظر گرفته شده است. نمایی از سیستم تبرید و موقعیت اجزای آن در شکل (۶-۱۷) آمده است. بار حرارتی مجموع سیستم، معادل 87 وات محاسبه شد.

1- Radiation

2- Black body

3- Low – thermal conduction spacers



شکل (۶-۱۷): نمایی از سیستم تبرید مادون سرد و موقعیت سنسورهای آن.

برای آنکه سیستم کابل ابررسانا بتواند به خوبی عمل نماید نیاز به سیستم سرمایش به همراه عایق‌بندی مناسب است از این رو هدف از انجام این پروژه دستیابی به قابلیت طراحی و ساخت سیستم خنک‌کن ابررسانا می‌باشد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۸۰۰۰ میلیون ریال و مدت زمان لازم

برای اجرا ۱۲ ماه است که تقسیم‌بندی هزینه‌ها به صورت زیر خواهد بود:

هزینه پرسنلی: ۲۴۰۰ میلیون ریال

هزینه مواد و تجهیزات: ۵۶۰۰ میلیون ریال

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل

ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی

ب-۳-۳- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل

ابررسانا در مقیاس صنعتی

شرح مربوط به سیستم‌های سردسازی مختلف، شرایط عملیاتی و نحوه عملکرد این سیستم‌ها در پروژه طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی ارائه شد که برای جلوگیری از تکرار در این قسمت بررسی صورت نگرفت. از آنجایی که لازمه استفاده از کابل ابررسانا بکارگیری سیستم‌های خنک‌کننده در این کابل‌ها است، این پروژه با هدف دستیابی به دانش فنی طراحی، ساخت و بکارگیری سیستم‌های خنک‌کننده در کابل‌های ابررسانای تولیدی در سایر پروژه‌ها تعریف شده است.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی

هزینه و زمان برآورد شده: مدت زمان لازم برای طراحی، ساخت و بکارگیری یک سیستم خنک‌کننده کابل ابررسانا ۳۶ ماه و هزینه مورد نیاز برای انجام این پروژه برابر ۳۰۰۰۰ میلیون ریال در نظر گرفته شده است که ۹۰۰۰ میلیون ریال از هزینه‌ها مربوط به هزینه پرسنلی و ۲۱۰۰۰ میلیون ریال مربوط به هزینه مواد و تجهیزات می‌باشد.

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل

ابررسانا در مقیاس صنعتی

ب-۳-۴- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در

ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

با توجه به اهمیت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی و توضیحات ارائه شده در رابطه با انواع و ویژگی‌های سیستم‌های مختلف، طراحی و ساخت این سیستم‌ها برای تجهیزات مختلف مبتنی بر فناوری ابررسانا خصوصاً ترانسفورماتورهای ابررسانا الزامی است. از این رو می‌توان گفت که بدون ساخت و بکارگیری سیستم سرمایش به همراه عایق‌بندی مناسب، امکان استفاده از ترانسفورماتور ابررسانا وجود ندارد. با توجه به عنوان این پروژه مشخص است که هدف از تعریف این پروژه دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا و ساخت و بکارگیری یک نمونه در مقیاس آزمایشگاهی می‌باشد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای این پروژه برابر ۳۰۰۰ میلیون ریال و مدت زمان در نظر گرفته

شده ۱۲ ماه است. سهم هزینه‌های مختلف در این پروژه به صورت زیر می‌باشد:

هزینه پرسنلی: ۹۰۰ میلیون ریال

هزینه مواد و تجهیزات: ۲۱۰۰ میلیون ریال

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در

ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

ب-۳-۵- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در

ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی

همان طور که در شناسنامه پروژه‌های قبلی اشاره شد طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در ساخت تجهیزات مختلف مبتنی بر فناوری ابررسانا امری الزامی است. با توجه به اینکه طراحی و ساخت تجهیزات مختلف مبتنی بر فناوری ابررسانا در مقیاس‌های مختلف مدنظر است طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌کاری برای تجهیزات مختلف نیز باید در مقیاس‌های مختلف انجام پذیرد.

هدف از تعریف این پروژه دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا و ساخت و بکارگیری یک نمونه در مقیاس نیمه‌صنعتی است.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه ۵۰۰۰ میلیون ریال شامل ۱۵۰۰ میلیون ریال و ۳۵۰۰ میلیون ریال و مدت زمان مورد نیاز ۱۲ ماه می‌باشد.

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی

ب-۳-۶- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی

از آنجایی که ساخت ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی در چشم‌انداز ده ساله (۱۴۰۴) این سند مورد توجه است طراحی و ساخت سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی به عنوان یکی از پروژه‌های فنی تعریف شده در این سند در نظر گرفته شده است. هدف از انجام این پروژه طراحی، ساخت و بکارگیری حداقل یک سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی است.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۳۰۰۰۰ میلیون ریال شامل ۹۰۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۲۱۰۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات می‌باشد. مدت زمان لازم برای انجام این پروژه ۳۶ ماه تخمین زده شده است.

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی

ب-۳-۷- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

همان‌طور که در فاز چهارم و پنجم تدوین این سند مشخص شد، طراحی و ساخت محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس‌های مختلف یکی از اهداف سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق است، از این رو طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا نیز باید در دستورکار این سند قرار گیرد. هدف از اجرای این پروژه طراحی، ساخت و بکارگیری یک سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی می‌باشد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه و مدت زمان در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه به ترتیب برابر ۳۰۰۰ میلیون ریال و ۱۲ ماه می‌باشد که ۹۰۰ میلیون ریال آن هزینه پرسنلی و ۲۱۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات است.

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

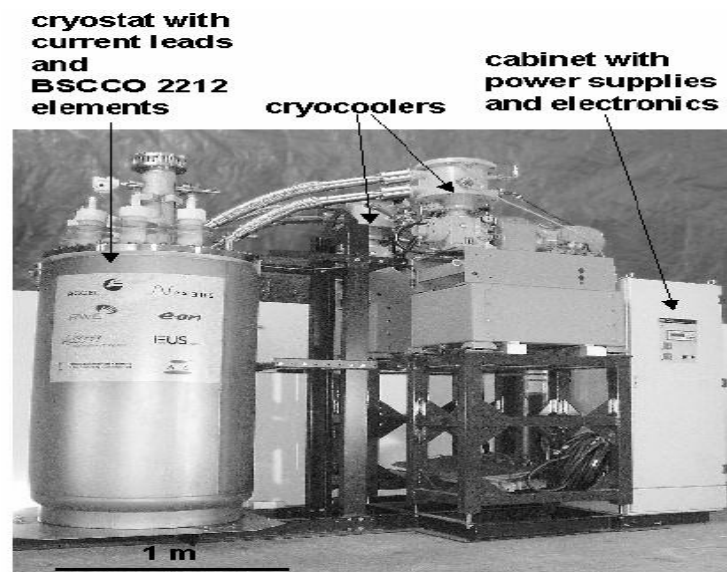
ب-۳-۸- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی

سیستم‌های کرایجنیک^۱ مورد نیاز برای سرمایه‌های سیم ابررسانا به منظور کاربرد در دستگاه‌های توان الکتریکی مورد استفاده در شبکه برق، باید توان سرمایه‌های ۱۰۰-۱۰۰۰ وات را در محدوده دمایی ۶۰ تا ۷۰ کلوین دارا باشند. همچنین باید هزینه سرمایه‌گذاری و نگهداری نسبتاً پایینی داشته و راندمان و قابلیت اطمینان بالاتری نسبت به سیستم‌های کرایجنیک متداول داشته باشند. در کنار موارد فوق، لازم است ابعاد و ملزومات بهره‌برداری، در تضاد با منافع خاص مورد انتظار از کاربرد ابررسانا در تجهیز نباشد.

محدودکننده‌های جریان خطا در شبکه‌های برق به منظور محدود کردن اولین پیک جریان در حالت خطا مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سیستم‌های ولتاژ متوسط (MV) و ولتاژ بالا (HV) فعلی، راه‌حل‌های محافظه‌کارانه‌ای از قبیل راکتورهای محدودکننده جریان یا محدودکننده (FCL) های مبتنی بر فیوزها، استفاده می‌شوند. ابررساناهای دمای بالا راه‌حل‌های بالقوه جذابی برای ساخت FCL های شبکه‌های MV و HV مطرح می‌سازند. از میان ایده‌های مختلفی که در این زمینه در

1- Cryogenic

پروژه‌های مختلف در سطح جهانی مورد بررسی قرار گرفته، نوع مقاومتی محدودکننده‌های جریان خطا یکی از مطلوب‌ترین دیدگاه‌ها است. در این سیستم یک المان ابررسانا که نوعاً در دمای ۷۷ کلوین (نقطه جوش LN₂) کار می‌کند، مستقیماً به طور سری با یک کلید در مدار قدرت قرار می‌گیرد. در لحظه وقوع خطا، هنگامی که دانسیته جریان به حد بحرانی می‌رسد، المان ابررسانا کوئنج (شوک سرمایشی) شده، سپس گرم می‌شود و در پی آن افزایش ولتاژ حاصل، سبب محدودسازی جریان می‌گردد. برای دستیابی به محدودیت مؤثر در جریان خطا، افزایش دما باید در فاصله زمانی حدود ۱ میلی ثانیه یا کمتر بعد از وقوع خطا رخ دهد. با این حال چنین بازه‌های زمانی گرمایشی، تنها با استفاده از مواد ابررسانا که دارای جریان بحرانی $J_c > 25 \text{ kA/Cm}^2$ هستند، حاصل می‌گردد. علاوه بر این، جریان دائمی ابررسانا سبب اتلاف AC قابل ملاحظه‌ای می‌گردد. یک راه حل، اتصال یک کلید مکانیکی به موازات المان ابررسانا است که در حالت نرمال، جریان از مسیر آن عبور می‌کند. در این حالت المان ابررسانا تنها در طول چندین میلی ثانیه بعد از وقوع خطا عمل می‌کند و در شرایط نرمال، در حالت بدون بار است. در شکل زیر نمونه‌ای از یک سیستم SFCL همراه با واحد سرمایش آن نشان داده شده است.



شکل (۶-۱۸): نمایی از یک محدودکننده جریان خطا با سیستم سرمایش

سیستم تبرید کرایجنیک، شرایط دمایی ۶۵ تا ۷۷ درجه کلوین را که برای کار ادوات شامل ابررساناهای دمایی بالا (HTS) مورد نیاز است، فراهم می‌کنند. با پیشرفت‌های جدید در تکنولوژی سیم ابررسانا، بیشتر دستگاه‌ها برای کار به دماهای ۸۰ درجه کلوین و بالاتر نیاز دارند که در نتیجه هزینه‌های سرمایش نیز تا حدود زیادی کاهش می‌یابد.

سیستم‌های تبرید بر اساس جزء مهم آن یعنی کرایوکولرها^۱ طبقه‌بندی می‌شوند. از این رو، سیستم‌های تبرید به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

- سیستم‌های حلقه بسته^۲ که از یک کرایوکولر به منظور فراهم کردن سرمایش مورد نیاز استفاده می‌کنند.
- سیستم‌های حلقه باز^۳ که از یک سیال کرایجنیک تک مسیره^۴ به منظور سرمایش بهره می‌برند.

نوع ترکیبی از انواع فوق تحت عنوان سیستم‌های هیبریدی نیز وجود دارد که در آن، در کنار سیستم حلقه باز، یک واحد سرمایشی کوچک (کرایوکولر یا پمپ خالاً) نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای کاربردهای در مقیاس صنعتی، با توجه به جنبه‌های اقتصادی، استفاده از حمام نیتروژن مایع (سیستم حلقه باز) توصیه نمی‌شود. در مقیاس کوچک، تنها زمانی که دمای مورد نیاز زیر دمای کار LN_2 ($65^\circ K$) باشد، باید از سیستم‌های دارای مبرد مکانیکی استفاده شود.

۱- مشخصات عمومی محفظهٔ سیم ابررسانا (Cryostat) در SFCL

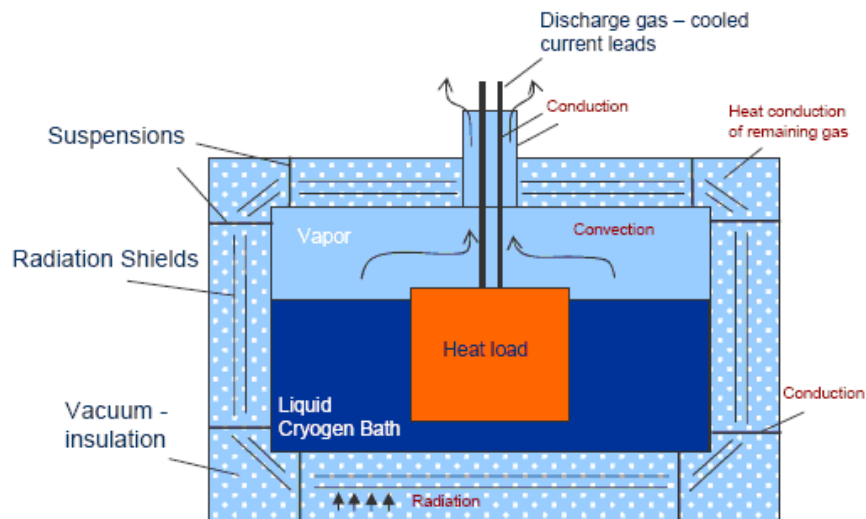
کرایواستات محفظه‌ای است که در آن، مایع دمای پایین نگهداری و کنترل می‌شود و ممکن است ساختاری ساده (مثلاً حمام ساده نیتروژن مایع) یا پیچیده (به طور مثال کاربرد در پدیده‌های پرنرژی) داشته باشد. شکل (۶-۱۹) طرحی از یک کرایواستات مورد استفاده در محدودکننده جریان خطا و منابع اتلاف حرارتی در آن را نشان می‌دهد. نکتهٔ اساسی در طراحی کرایواستات، کاربرد و عوامل مؤثر در عملکرد آن است. برخی از ملاحظات مهم، در زیر آورده شده است:

- تجهیزات ایمنی برای تأسیسات و پرسنل
- محدودیت‌های تجهیزاتی
- شرایط سرویس و شرایط زیست محیطی
- تعیین موقعیت و سایز مورد نیاز
- نیازمندی به دسترسی‌های متناوب
- عمر مفید
- ابزار و کنترلرهای مورد نیاز
- دما و منبع تبرید

1- Cryocooler
2- Closed loop
3- Open loop
4- Once - through

- ویژگی‌های برجسته مانند شرایط فشار بالا، ایجاد میدان مغناطیسی بالا، عایق‌بندی ارتعاشی و ...
- سرویس‌های مورد نیاز شامل توان، سیال کرایجنیک، ...

بعضی از موارد مطرح شده فوق ممکن است بدیهی باشد اما در زمان طراحی باید مورد بررسی قرار گیرند. بهترین رویکرد آن است که ابتدا فرآیند به صورت تجربی طراحی شده و سپس بر مبنای آن، کار ساخت انجام گردد.



شکل (۶-۱۹): طرح یک کرایواستات مورد استفاده در دستگاه‌های ابررسانا و منابع اتلاف حرارتی در آن

امروزه طراحان کرایواستات نسبت به گذشته، گزینه‌های بیشتری برای انتخاب مواد، پیش‌رو دارند. خواص زیر مهم‌ترین مواردی هستند که در کاربردهای ساخت محفظه سیال سیستم‌های کرایجنیک باید مورد توجه قرار گیرد:

- تحمل دمایی و استحکام تسلیم
- استحکام مکانیکی در دمای طراحی
- هدایت حرارتی
- قابلیت تابش حرارتی سطح
- خصوصیات خلأ
- روش‌های ساخت

برخی از مهم‌ترین مواد مورد استفاده در ساخت محفظه‌های کرایجنیک در زیر آمده است:

- فولاد ضد زنگ آستنیتیک: انواع 304، 304L، 304N و 316 این نوع فولاد برای تمام محدوده‌های دمایی در سیستم کرایجنیک قابل استفاده است. این فولاد در فرم‌های مختلف در دسترس است و دارای استحکام فشاری مناسب، تحمل کششی بالا و قابلیت جوشکاری می‌باشد.

- فولاد با ۹٪ نیکل: استفاده از آن به دماهای 77 K و بالاتر محدود شده است. طبق استاندارد ASME تنش مجاز این نوع % 26.6 بیشتر از فولاد ضد زنگ 304 است و تا حدودی نیز ارزان‌تر است. بنابراین مصرف گسترده‌ای در محفظه‌های گاز بزرگ صنعتی دارد.
- آلیاژهای آلومینیوم: آلیاژهای 1100، 2003، 6061، 6063، 5083 برای ظروف داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- آلیاژهای تجاری مس CDA110: این آلیاژها با درصد بالای مس، هدایت حرارتی بالا و گسیل تابشی کمی دارند. همان طور که در قسمت‌های قبل اشاره شد لازمه ساخت و استفاده از سیستم محدودساز ابررسانا، طراحی، ساخت و استفاده از سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی آن می‌باشد. بدون استفاده از این سیستم‌ها محدودساز ابررسانا عمل مناسبی نخواهد داشت. از این رو در این پروژه طراحی و ساخت سیستم‌ها ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی مدنظر گرفته شده است.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۵۰۰۰ میلیون ریال شامل ۱۵۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۳۵۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات بوده و مدت زمان لازم برای انجام آن ۱۲ ماه می‌باشد.

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز

جریان خطای ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی

ب-۳-۹- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز

جریان خطای ابررسانا در مقیاس صنعتی

از آنجایی که ساخت و بکارگیری محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس صنعتی به عنوان یکی از پروژه‌های فنی اساسی در این طرح در نظر گرفته شده است، نیاز به طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس صنعتی وجود دارد و بدون ساخت و بکارگیری این سیستم‌ها، ذخیره‌ساز ابررسانا کارایی مناسبی نخواهد داشت. با توجه به عنوان این پروژه فنی مشخص است که هدف از اجرای این پروژه طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس صنعتی می‌باشد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی

هزینه و زمان برآورد شده: مدت زمان لازم برای انجام این پروژه ۳۶ ماه و هزینه مورد نیاز ۸۰۰۰ میلیون ریال شامل

۲۴۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۵۶۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات در نظر گرفته شده است.

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس صنعتی

ب-۳-۱۰- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

هدف از انجام این پروژه طراحی و ساخت سیستم خنک‌کن و عایق‌کاری مناسب قابل استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا است. در انتهای این پروژه سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی ساخته شده باید در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا بکار گرفته شود.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۳۰۰۰ میلیون ریال شامل ۹۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۲۱۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات در مدت ۱۲ ماه می‌باشد.

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

ب-۳-۱۱- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی

هدف از تعریف این طرح تعیین ویژگی‌ها و شرایط سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی قابل استفاده در ذخیره ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی است. سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در نظر گرفته شده باید امکان scale up در مقیاس صنعتی را نیز داشته باشد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر با ۵۰۰۰ میلیون ریال و مدت زمان لازم ۱۲ ماه است که تقسیم‌بندی هزینه به صورت زیر می‌باشد:

هزینه پرسنلی: ۱۵۰۰ میلیون ریال

هزینه مواد و تجهیزات: ۳۵۰۰ میلیون ریال

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی

ب-۳-۱۲- طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره ساز انرژی ابررسانا در مقیاس صنعتی

استفاده از سیستم‌های خنک‌کن در مقیاس بزرگ و صنعتی شرایط و ویژگی‌های خاصی دارد که باید در طراحی و ساخت آن در نظر گرفته شود. با توجه به اهمیت نحوه عملکرد سیستم‌های خنک‌کن و اثر این سیستم‌ها بر تجهیز ابررسانای ساخته شده در این پروژه طراحی، ساخت و بکارگیری سیستم خنک‌کن مناسب برای استفاده در ذخیره‌ساز ابررسانا مد نظر قرار گرفته است.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی

هزینه و زمان برآورد شده: با توجه به بررسی‌های صورت گرفته توسط تیم فنی سند توسعه فناوری ابررسانا در صنعت برق مشخص شد که هزینه لازم برای انجام این پروژه هزینه در نظر گرفته شده برابر ۸۰۰۰ میلیون ریال در شامل ۲۴۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۵۶۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات بوده و مدت زمان اجرا ۳۶ ماه تخمین زده شده است.

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس صنعتی

ب-۴- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) کابل ابررسانا (تک‌فاز و سه‌فاز)

با توجه به اولویت‌بندی صورت گرفته در فاز سوم مشخص شد که یکی از تجهیزات بالویت مبتنی بر ابررسانا که تولید آن هم از لحاظ فنی و هم اقتصادی توجیه‌پذیری خوبی دارد تولید کابل ابررسانا تک‌فاز و سه‌فاز می‌باشد، زیرا بخش اعظمی از برق تولیدی در نیروگاه‌ها در خطوط انتقال به هدر می‌روند. با توجه به اینکه در حال حاضر کابل‌های تک‌فاز و سه‌فاز ابررسانا حتی در مقیاس آزمایشگاهی در کشور تولید نمی‌شوند، "تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) کابل ابررسانا (تک‌فاز و سه‌فاز)" به عنوان یکی از اقدامات فنی طرح توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق در نظر گرفته شد که پروژه‌های تعریف شده برای اجرایی شدن این اقدام به شرح زیر می‌باشند:

۱. شبیه‌سازی کابل ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux

۲. طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی

۳. طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (20 kV)

۴. طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی

۵. طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (20 kV)

ب-۴-۱- شبیه‌سازی کابل ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux

در سیستم‌های ابررسانا قبل از ساخت سیستم نیاز به طراحی و شبیه‌سازی شرایط ایجاد شونده در زمان عملکردی سیستم وجود دارد. از نرم‌افزارهای مختلفی برای این منظور می‌توان استفاده کرد اما بهترین نرم‌افزار موجود نرم‌افزار فلاکس است. در این نرم‌افزار ماژول‌های مختلفی بسته به کاربرد سیستم‌های ابررسانایی موجود می‌باشد. در این مورد خاص با استفاده از ماژول مربوط به کابل ابررسانا می‌توان اطلاعات مختلف مربوط به شرایط عملکردی از جمله حجم، زمان، سرعت شارژ مایع خنک‌کننده، دما، جریان، ولتاژ و ... را تعیین نموده و شرایطی چون عملکرد معمولی، اضافه جریان یا ولتاژ و غیره را شبیه‌سازی کرد.

استفاده از روش‌های شبیه‌سازی منجر به ساخت تجهیزات کارآمد و قابل پیش‌بینی در شرایط مختلف عملکردی می‌شود. امروزه استفاده از این شبیه‌سازی‌ها به تنهایی به عنوان پایان‌نامه‌ها و مقالات تحقیقاتی ارائه می‌شوند. هدف از انجام این پروژه شبیه‌سازی عملکردی کابل ابررسانا پس از طراحی است که انجام این طرح می‌تواند سبب اطمینان پیدا کردن از صحت عملکرد کابل تولیدی نهایی شود.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۱۲۰۰ میلیون ریال و مدت زمان لازم

برای اجرا ۱۲ ماه می‌باشد که تقسیم‌بندی هزینه‌ها به صورت پیشنهاد شده است:

هزینه پرسنلی : ۳۶۰ میلیون ریال

هزینه مواد و تجهیزات : ۸۴۰ میلیون ریال

شاخص پروژه: گزارش حاصل از شبیه‌سازی کابل ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux

ب-۴-۲- طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی

کابل‌های ابررسانایی از آنجایی که دارای اتلاف توان کم و توان انتقال زیادی هستند مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته‌اند.

این کابل‌ها می‌توانند جریانی تا ۱۵۰۰ برابر کابل‌های مسی را از خود عبور دهند.

۱- کابل‌های ابررسانای دمای پایین

کابل‌های LTS یا کابل‌های ساخته شده از ابررساناهای دمای پایین با موفقیت ساخته شده‌اند اما با این وجود در شبکه‌های

قدرت مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. دلیل این امر پیچیدگی و هزینه بالای سرمایش این دسته از کابل‌ها است که در دمای حدود

۴/۲k و به وسیله هلیوم مایع سرد می‌شوند.

امکان ساخت کابل‌های تک لایه LTS برای حالت بدون انعطاف و دو لایه برای سیستم‌های انعطاف‌پذیر وجود دارد.

۲- کابل‌های ابررسانای دمای بالا

کشف ترکیبات ابررسانای دمای بالا (HTS) پژوهشگران را دو باره به این موضوع علاقه‌مند کرد. زیرا با استفاده از ابررساناهای دمای بالا مشکل گرانی و پیچیدگی استفاده از سیستم خنک‌کننده هلیوم مایع با استفاده از سیستم ساده‌تر و ارزان‌تر نیتروژن مایع حل شده و انتقال انرژی به صرفه‌تر می‌شود.

در کابل‌های HTS ویژگی‌های مکانیکی و ظرفیت حمل جریان (CCC) مشخص‌کننده میزان کارایی آن‌ها است. طبق اطلاعات به دست آمده ویژگی‌های مکانیکی دو سیم تقریباً مشابه بوده و اختلاف عمده دو سیستم در ظرفیت حمل جریان (CCC) و هزینه سرمایه‌گذاری است. به واسطه کوچکی CCC در کابل‌های HTS لازم است حداقل ۴ تا ۱۰ لایه نوار در این کابل‌ها مورد استفاده قرار گیرد. برای آنکه جریانی در حدود ۲ kA با جریان بحرانی بین ۳ تا ۴ کیلو آمپر باشد (بیشینه جریان بحرانی به دست آمده در کابل‌های ابررسانایی در حال حاضر حدود ۱۲۶KA می‌باشد). برای ساخت کابل‌های ابررسانا چند نکته مهم باید مد نظر قرار گیرد از جمله:

۱- انعطاف‌پذیری کابل که به وسیله ساختار مارپیچی کابل تأمین می‌شود.

۲- حفظ ویژگی‌های ابررسانایی هنگامی که نوارها دور هسته پیچیده می‌شوند (هنگام ساخت کابل) و هنگامی که کابل ساخته شده روی یک غلتک خم می‌شود.

۳- کمینه کردن اتلاف جریان ادی در قسمت مرکزی

۴- کمینه کردن اتلاف جریان در پوشش Cryostat

در کابل‌های LTS به علت ظرفیت حمل جریان بالا تنها به دو لایه ابررسانا نیاز است که به منظور ایجاد حفاظ مغناطیسی در دو جهت مخالف پیچیده می‌شوند. درحالی‌که در کابل‌های HTS به تعداد لایه‌های بیشتری نیاز است. برای یک کابل N لایه 2^{N-1} حالت برای جهت چرخش وجود دارد که برخی از این حالات شرایط عملکرد بهتری را فراهم می‌کنند. تحلیل هسته‌های کابل شامل یک تا ده لایه نشان داده که امکان به دست آوردن ظرفیت حمل جریان بالاتر فقط برای دو حالت طراحی امکان‌پذیر است:

۱- TDT: پیچش نیمه نخست لایه‌ها در یک جهت و نیمه دوم لایه‌ها در جهت مخالف (طراحی پیچش دو

جهتی)، در این روش تعداد لایه‌های فرد قابل ایجاد نیست.

۲- ODT: پیچش همه لایه‌ها در یک جهت

گاهی ساخت هسته‌های چند لایه بدون آنکه نوارهای ابررسانا خراب شوند تقریباً غیرممکن می‌شود به ویژه وقتی قطر هسته کاهش می‌یابد این اثر بدتر می‌شود.

با وجود مشکلات موجود در استفاده از کابل‌های HTS چون دمای عملکرد آن‌ها حدود ۷۷ K است به نظر می‌آید این دسته از مواد کاربردی‌تر باشند.

کابل‌های LTS به دلیل پیچیدگی در سیستم سرمایه‌ی و همچنین هزینه سرمایه‌ی بالا فقط برای انتقال توان ۳GW و بیشتر با کابل‌های سنتی قابل رقابت هستند. درحالی‌که کابل‌های HTS به دلیل هزینه سرمایه‌ی کمتر در حد ۵۰۰Mw به بالا قابل رقابت هستند.

کابل‌های HTS به دو صورت ساخته می‌شوند:

۱- کابل‌های دی‌الکتریک گرم^۱

۲- کابل‌های دی‌الکتریک سرد^۲

در کابل‌های دی‌الکتریک گرم قسمت مرکزی یا هسته کابل (Former) شامل یک لوله استیل انعطاف‌پذیر و توخالی است که نوارهای ابررسانا به صورت مارپیچ روی آن پیچیده می‌شوند. در قسمت توخالی هسته کابل جریان نیتروژن مایع به منظور سردسازی سیم‌های ابررسانا برقرار می‌شود. قطر این لوله معمولاً بین ۲۰ تا ۴۰ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. لایه‌های مجاور ابررسانا به وسیله عایق‌های نازک الکتریکی مثل رزین از یکدیگر جدا می‌شوند که دلیل این امر جلوگیری از جابجایی جریان بین این لایه‌ها است. نوارهای ابررسانا به گونه‌ای پیچیده می‌شوند که برآیند میدان‌های مغناطیسی محوری در مرکز کابل تقریباً صفر باشد.

کابل‌های دی‌الکتریک گرم بیشتر برای بهبود و تقویت سیستم‌های موجود در صنعت برق استفاده قرار می‌شوند. در کابل‌های دی‌الکتریک گرم مشکل عمده اندرکنش مغناطیسی فازهای مختلف است بنابراین در این دسته از کابل‌ها یک اتلاف اضافی وجود دارد که ناشی از جریان ادی^۳ است. بنابراین بیشینه توان انتقالی باید کمتر از ۱ GW باشد. برای ساخت ۱ متر کابل دی‌الکتریک گرم تک فاز به حداقل ۳۲ متر نوار ابررسانا نیاز است. کابل‌های دی‌الکتریک سرد ساختمانی مشابه کابل‌های دی‌الکتریک گرم دارند با این تفاوت که روی لایه دی‌الکتریک یک لایه نوار ابررسانای دیگر پیچیده می‌شود و به کمک نیتروژن مایع سرد می‌شود. این لایه (لایه برگشتی) به منظور ایجاد حفاظ مغناطیسی است. در این روش اتلاف‌هایی که ناشی از نفوذ گرمایی عایق حرارتی و اتلاف دی‌الکتریک است کمتر شده (در کابل‌های دی‌الکتریک گرم میزان این اتلاف‌ها بیشتر است) و سیم اصلی از ولتاژهای آسیب رساننده محافظت می‌شود. نتیجه این طراحی افزایش بازده سیستم، کاهش قابل ملاحظه اتلاف‌ها و افزایش توان انتقال تا ۵ برابر کابل‌های موجود می‌باشد. کابل‌های دی‌الکتریک سرد بیشتر به منظور توسعه سیستم‌های جدید استفاده می‌شوند. برای ساخت ۱ متر کابل دی‌الکتریک سرد تک فاز بیش از ۷۰ متر نوار ابررسانا لازم است که حدود دو برابر نوار لازم برای کابل دی‌الکتریک گرم است.

1- Warm Dielectric

2- (cold) Cryogenic Dielectric

3- Eddy

یکی از مزایای استفاده از کابل‌های ابررسانا حل کردن مشکل گرم شدن عایق‌های بکار رفته در کابل‌های معمول (سنتی) است. گرمای ایجاد شده ناشی از گرمای ژول و اتلاف دی‌الکتریک است که طول عمر مفید عایق‌ها را به شدت کاهش می‌دهد. مزیت دیگر کابل‌های ابررسانا کاهش اتلاف و افزایش توان انتقالی است. هدف از انجام این پروژه طراحی و ساخت کابل ابررسانای تک فاز در مقیاس آزمایشگاهی است. کابل طراحی و ساخته شده باید از لحاظ خواص و ویژگی‌های ابررسانایی بررسی و تأیید شود.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه ۸۰۰۰ میلیون ریال و مدت زمان اجرا ۲۴

ماه می‌باشد. تقسیم‌بندی هزینه‌های در نظر گرفته شده به صورت زیر است:

هزینه پرسنلی: ۲۴۰۰ میلیون ریال

هزینه مواد و تجهیزات: ۵۶۰۰ میلیون ریال

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی

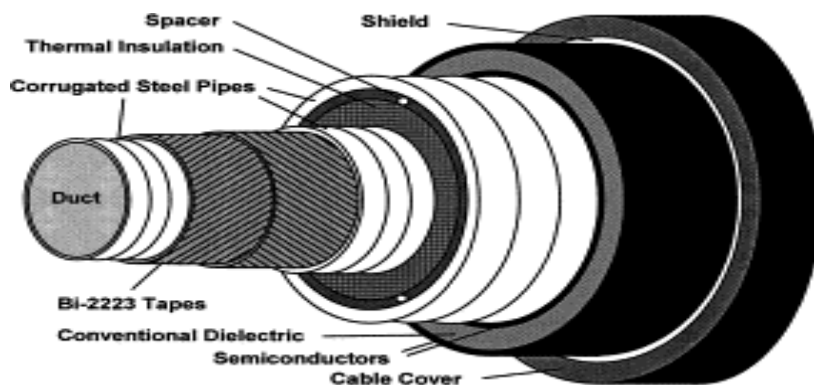
ب-۴-۳- طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (20 kV)

همان طور که در بخش قبلی اشاره شد کابل‌های ابررسانا معمولاً در دو گروه دما پایین و دما بالا دسته‌بندی می‌شوند که مقایسه بین خواص این دو دسته در جدول زیر انجام شده است.

جدول (۲-۶): مقایسه کابل‌های دما بالا و دما پایین.

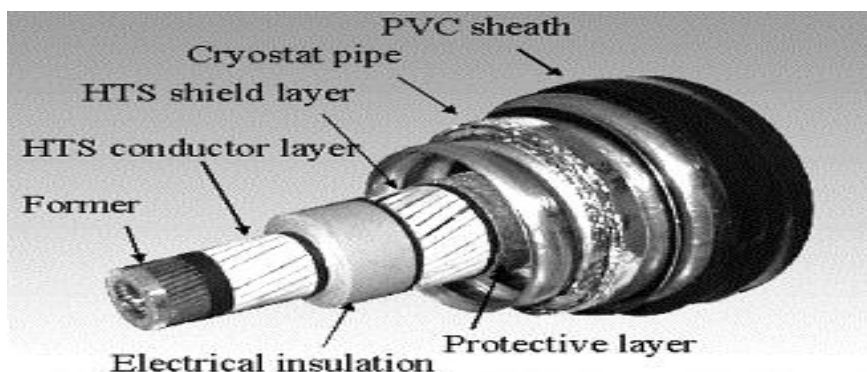
Properties	HTS	LTS
Critical current density per 1 mm width (A)	15-40 at 77 K	200-400 at 6 K
J_c (B) dependence	Sharp decay	Relatively smooth decay
Operating teperature	65-80	5-8
Allowable tensile strain (%)	0.15-0.20	0.2
Thickness of superconducting region in tape (mm)	0.15-0.20	0.04-0.08
Allowable bending radius (mm)	40-50	25-30
Index n	10-20	40-50
Power losses per unit of the tape surfaces under 50/60 Hz ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	30 at 20 mT and 77 K	10 at 100 mT and 4.2 K

در قسمت توخالی هسته کابل جریان نیتروژن مایع به منظور سردسازی سیم‌های ابررسانا برقرار می‌شود. قطر این لوله معمولاً بین ۲۰ تا ۴۰ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. لایه‌های مجاور ابررسانا به وسیله عایق‌های نازک الکتریکی مثل رزین از یکدیگر جدا می‌شوند که دلیل این امر جلوگیری از جابه‌جایی جریان بین این لایه‌ها است. نوارهای ابررسانا به گونه‌ای پیچیده می‌شوند که برآیند میدان‌های مغناطیسی محوری در مرکز کابل تقریباً صفر باشد. کابل‌های دی‌الکتریک گرم بیشتر برای بهبود و تقویت سیستم‌های موجود در صنعت برق استفاده می‌شوند.



شکل (۶-۲۰): کابل دی‌الکتریک گرم

کابل‌های دی‌الکتریک سرد ساختمانی مشابه کابل‌های دی‌الکتریک گرم دارند با این تفاوت که روی لایه دی‌الکتریک یک لایه نوار ابررسانای دیگر پیچیده می‌شود و به کمک نیتروژن مایع سرد می‌شود. این لایه (لایه برگشتی) به منظور ایجاد حفاظ مغناطیسی است. در این روش اتلاف‌هایی که ناشی از نفوذ گرمایی عایق حرارتی و اتلاف دی‌الکتریک است کمتر شده (در کابل‌های دی‌الکتریک گرم میزان این اتلاف‌ها بیشتر است) و سیم اصلی از ولتاژهای آسیب رساننده محافظت می‌شود. نتیجه این طراحی افزایش بازده سیستم، کاهش قابل ملاحظه اتلاف‌ها و افزایش توان انتقال تا ۵ برابر کابل‌های موجود می‌باشد. کابل‌های دی‌الکتریک سرد بیشتر به منظور توسعه سیستم‌های جدید استفاده می‌شود. برای ساخت ۱ متر کابل دی‌الکتریک سرد تک فاز بیش از ۷۰ متر نوار ابررسانا لازم است که حدود دو برابر نوار لازم برای کابل دی‌الکتریک گرم است.



شکل (۶-۲۱): کابل دی‌الکتریک سرد

یکی از مزایای استفاده از کابل‌های ابررسانا حل کردن مشکل گرم شدن عایق‌های بکار رفته در کابل‌های معمول (سنتی) است. گرمای ایجاد شده ناشی از گرمای ژول و اتلاف دی‌الکتریک است که طول عمر مفید عایق‌ها را به شدت کاهش می‌دهد. مزیت دیگر کابل‌های ابررسانا کاهش اتلاف و افزایش توان انتقالی است. هدف از انجام این پروژه طراحی و ساخت کابل ابررسانای تک فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی با قابلیت scale up برای استفاده پرظرفیت و ایمن در خطوط انتقال برق کشور می‌باشد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه مورد نیاز برای انجام این پروژه ۱۵۰۰۰ میلیون ریال شامل ۴۵۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۱۰۵۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات و مدت زمان لازم ۳۶ ماه است.

شاخص پروژه: میزان کابل ابررسانا تک‌فاز تولید شده در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)

ب-۴-۴- طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی

با توجه به اینکه در این سند، به ساخت کابل‌های سه فاز ابررسانا در مقیاس صنعتی توجه شده است، از این رو طراحی و ساخت کابل ابررسانای سه فاز در مقیاس آزمایشگاهی به عنوان هدف این پروژه در نظر گرفته شده است.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۱۰۰۰۰ میلیون ریال و مدت زمان لازم ۲۴ ماه است. لازم به ذکر است که هزینه پرسنلی در نظر گرفته شده ۳۰۰۰ میلیون ریال و هزینه مواد و تجهیزات در حدود ۷۰۰۰ میلیون ریال می‌باشد.

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی

ب-۴-۵- طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (20 kV)

با توجه به اینکه در این سند، به ساخت کابل‌های سه فاز ابررسانا در مقیاس صنعتی توجه شده است، از این رو همانند کابل‌های تک‌فاز طراحی و ساخت کابل ابررسانای سه فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی با قابلیت scale up برای استفاده پرظرفیت و ایمن در خطوط انتقال برق کشور به عنوان هدف این پروژه در نظر گرفته شده است.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه مورد نیاز برای انجام این پروژه ۲۰۰۰۰ میلیون ریال شامل ۶۰۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۱۴۰۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات و مدت زمان لازم ۳۶ ماه است.

شاخص پروژه: میزان کابل ابررسانا سه‌فاز تولید شده در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)

ب-۵- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) محدودساز جریان خط ابررسانا

یکی دیگر از تجهیزاتی که در فاز سوم طرح به عنوان یک تجهیز بالویت برای تولید با مواد ابررسانا دما بالا تعیین شد محدودساز جریان ابررسانا است. اقدام "تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) محدودساز جریان خط ابررسانا" مربوط به طراحی و ساخت این تجهیز است. لیست پروژه‌های مربوط به این اقدام در زیر ارائه شده است.

۱. شبیه‌سازی محدودساز جریان خط ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux

۲. طراحی و ساخت محدودساز جریان خط ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

۳. طراحی و ساخت محدودساز جریان خط ابررسانا در رده ۲۰ kV (توزیع)

۴. طراحی و ساخت محدودساز جریان خط ابررسانا در رده ۶۳ kV (فوق توزیع)

ب-۵-۱- شبیه‌سازی محدودساز جریان خط ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux

نرم‌افزار Flux از محدود نرم‌افزارهایی است که قابلیت شبیه‌سازی تجهیزات مبتنی بر فناوری‌های ابررسانا را دارا است. در این نرم‌افزار ماژول‌های مختلفی برای بکارگیری فناوری ابررسانا در تجهیزات مختلف وجود دارد. در این مورد خاص با استفاده از ماژول مربوط به محدودساز جریان خط ابررسانا می‌توان اطلاعات مختلف مربوط به شرایط عملکردی از جمله حجم، زمان، سرعت شارژ مایع خنک‌کننده، دما، جریان، ولتاژ و ... را تعیین نموده و شرایطی چون عملکرد معمولی، اضافه جریان یا ولتاژ و غیره را شبیه‌سازی نمود.

هدف از انجام این پروژه شبیه‌سازی محدودساز ابررسانا و بررسی اثر پارامترهای مختلف بر عملکرد و کارایی تجهیز طراحی شده و تعیین شرایط بهینه عملیاتی و طراحی است.

مشخصات پروژه:

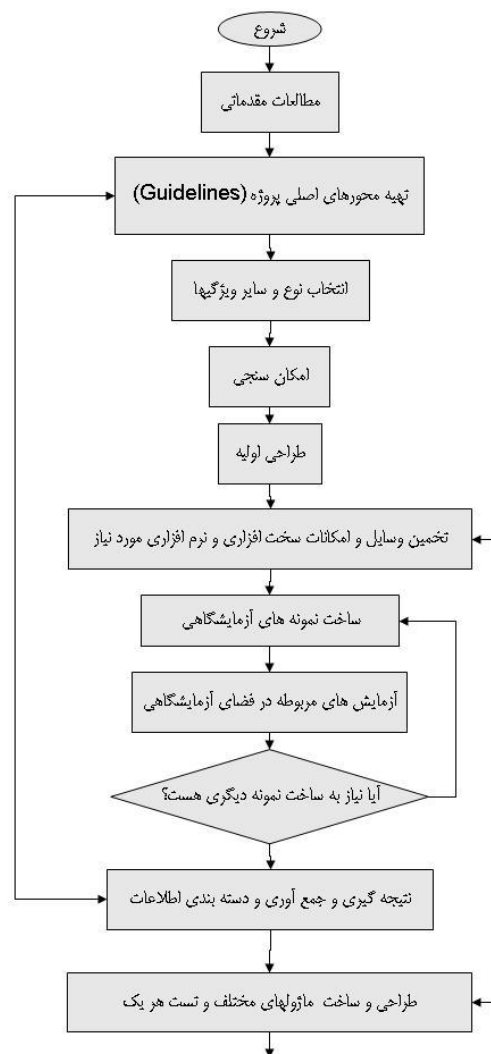
مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۱۲۰۰ میلیون ریال و مدت لازم برای اجرا ۱۲ ماه است، که هزینه‌های در نظر گرفته شده شامل ۳۶۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۸۴۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات می‌شود.

شاخص پروژه: گزارش حاصل از شبیه‌سازی محدودساز جریان خطای ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم افزار Flux

ب-۵-۲- طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

در شکل زیر خلاصه فلوچارت کلی مربوط به پروسه کلی ساخت دستگاه محدودساز جریان خطای ابررسانا نشان داده شده است.

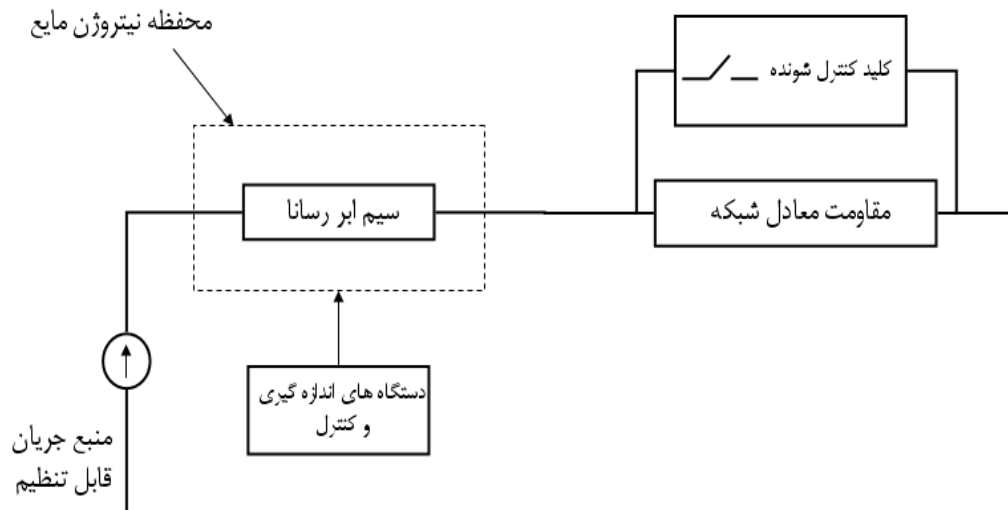


شکل (۶-۲۲): مراحل ساخت محدودساز جریان خطای ابررسانا.

در نمونه‌های آزمایشگاهی محدودساز می‌توان اهداف زیر را مورد بررسی قرار داد:

- بررسی پدیده فرونشانی (Quench)
- بررسی میزان جریان دهی سیم J_c
- بررسی چگونگی افزایش دما در نقاط مختلف سیم در حالت فرونشانی و خروج از حالت ابررسانایی
- تأثیر افزایش دما و جریان روی سیم و چگونگی تخریب آن در اثر افزایش دمای احتمالی
- چگونگی و میزان تبخیر نیتروژن در هنگام افزایش دمای ابررسانا و ظرفیت گرمایی آن

بررسی دقیق هر یک از موارد فوق‌الذکر تأثیر بسیاری در چگونگی طراحی و اطمینان از عملکرد صحیح سیستم خواهد داشت. البته شایان ذکر است که نمونه آزمایشگاهی، آزمون کاملی برای اطمینان از طراحی مناسب نخواهد بود. به دلیل مقاومت بسیار کم سیم یک متری انتخاب المان‌های سیستم باید با دقت بسیار زیادی انجام شود. شکل زیر بلوک دیاگرام سیستم را نشان می‌دهد.



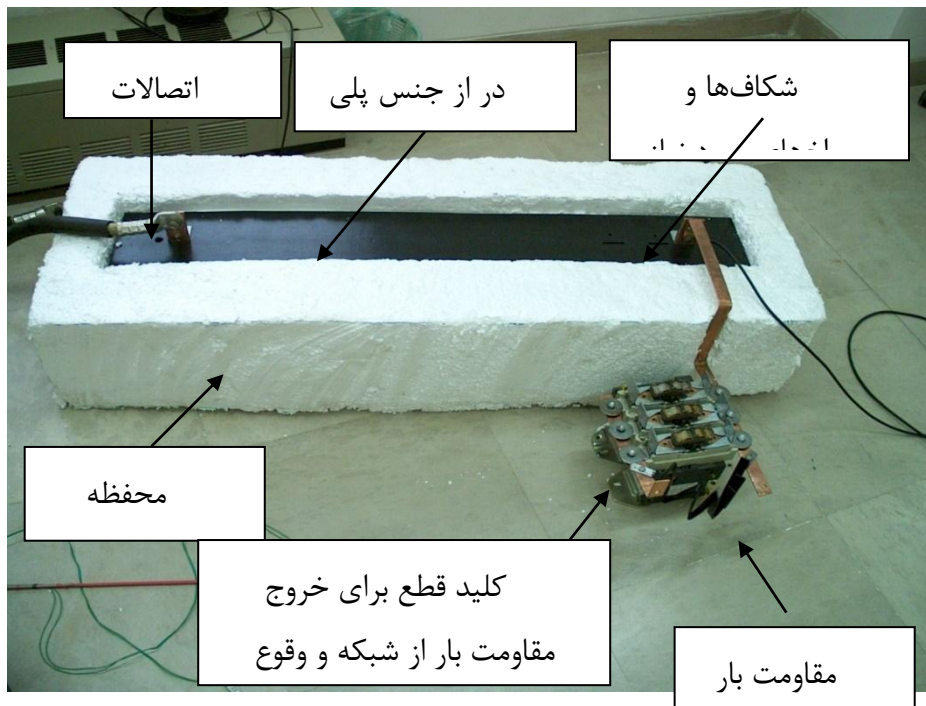
شکل (۶-۲۳): بلوک دیاگرام سیستم.

نحوه تنظیم المان‌های سیستم و چگونگی برقراری اتصالات با توجه به مقاومت سیم باید با دقت زیادی صورت می‌پذیرفت. در زیر ملاحظات مربوط به هر المان توضیح داده شده است.

۱- محفظه

برای ساخت محفظه از یک بلوک یونولیتی به ابعاد $۱۵۰ \times ۳۰ \times ۵۰$ سانتیمتر استفاده می‌شود. درون این بلوک فضایی برای ریختن مایع نیتروژن و قرار دادن سیم ایجاد شده و یک حائل فلزی نیز برای این منظور طراحی و ساخته شده است. در محفظه

از جنس پلی آمید و متناسب با فضای درون بلوک یونولیتی ساخته شده و بر روی در و در نقاط مناسب شیارها و سوراخ‌هایی برای نصب سیم و ابزارهای اندازه‌گیری و کنترل در نظر گرفته شده است. شکل زیر این بخش از سیستم را نشان می‌دهد. این محفظه با توجه به امکانات موجود طراحی و ساخته شده است. محفظه اصلی دارای ویژگی‌های کاملی است که معمولاً محفظه‌های حاوی مواد بسیار سرد دارای آن‌ها هستند.



شکل (۶-۲۴): تصویر دستگاه و شرح قسمت‌های مختلف آن

۲- ابزارهای کنترل

هرچند که این سیستم فقط یک نمونه آزمایشگاهی است اما حفاظت و کنترل آن نیز تا حدی لازم است. ضمن اینکه تست ابزارهای کنترلی در شرایط واقعی نیز مد نظر بوده است. نصب حسگرهای دما به منظور اطلاع از نحوه افزایش و توزیع دما در طول سیم انجام می‌شود. دستگاه اندازه‌گیری سطح نیز برای کنترل میزان سطح نیتروژن مایع در سیستم نصب می‌گردد.

۳- کلمپ و مبدل جریان

با توجه به نوع سیم و ظرفیت جریان‌دهی آن منبع جریان طوری تنظیم می‌شود که تا حداکثر ۲۵۰ آمپر را می‌تواند تأمین نماید. بر همین اساس برای اندازه‌گیری جریان از کلمپ‌های جریان با نسبت تبدیل ۱ به ۱۰۰ استفاده می‌گردد. دقت اندازه‌گیری این کلمپ‌ها در حدود ۱ درصد است.

۴- منبع جریان

برای تزریق جریان به سیم از یک واریاک و ترانسفورماتور استفاده شده است. در حقیقت جریان ثانویه ترانسفورماتور به وسیله یک حلقه کابل با سطح مقطع ۳۰۰ میلی مترمربع ایجاد می‌شود. کاهش یا افزایش جریان ثانویه ترانسفورماتور با تغییر ولتاژ وردی توسط واریاک انجام می‌گیرد.

۵- مقاومت بار و کلید قدرت

به منظور شبیه‌سازی شبکه و کنترل جریان سیم ابررسانا از یک مقاومت معادل شبکه استفاده شده است. مقدار این مقاومت با توجه به مقاومت سیم در دمای محیط حدود ۴ میلی اهم در نظر گرفته می‌شود. کلید قدرت در زمانی در حدود ۱۰۰ میلی ثانیه (معادل ۵ سیکل) جریان بار را از مدار خارج می‌کند که معادل شبیه‌سازی شده جریان اتصال کوتاه می‌باشد. کلید قدرت بکار رفته در این سیستم دارای قدرت قطع ۷۰۰ آمپر برای هر فاز است که با سری کردن فازها قدرت آن به ۲۱۰۰ آمپر افزایش می‌یابد.

۶- اسیلوسکوپ

برای ثبت نتایج خروجی کلمپ‌های جریان به یک اسیلوسکوپ دارای حافظه با قابلیت تریگر کردن شکل موج متصل است. هدف از انجام این پروژه طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا در مقیاس آزمایشگاهی است.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۴۰۰۰ میلیون ریال شامل ۱۲۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۲۸۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات بوده و مدت زمان لازم ۲۴ ماه تخمین زده شده است.

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

ب-۵-۳- طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا در رده 20 kV (توزیع)

محدودساز جریان خطای ابررسانایی مانند هر وسیله دیگری باید دارای شرایط و ویژگی‌های خاصی است. ملاک کارایی و مفید بودن سیستم را این ویژگی‌ها و شرایط تعیین می‌کنند. هر چقدر که طراحان و سازندگان در رسیدن به این شرایط ویژه موفق‌تر باشند فرایند ساخت دارای ارزش کاربردی بیشتری خواهد بود. محدودساز جریان خطای ابررسانایی به عنوان یک سیستم که به صورت دائم در شبکه برق قرار خواهد گرفت و باید مشخصات خاصی را دارا باشد. در حال حاضر در سطح دنیا استاندارد خاصی برای محدودسازهای جریان خطا وجود ندارد با این وجود در جدول زیر برخی از ملاحظات طراحی که به صورت عرفی رعایت می‌شوند، مورد اشاره گرفته است.

جدول (۳-۶): معیارهای مهم طراحی محدود کننده‌های جریان.

معیارها	ملاحظات
مواد مورد استفاده	اتصالات مکانیکی، اتصالات الکتریکی، شکل قطعات و همگن بودن آن‌ها
پارامترهای الکتریکی	محدودیت جریان، پیک جریان، حالت گذرا، توان دستگاه، مقاومت در حالت عادی
رفتار گرمایی	تبادل حرارتی، مقاومت در برابر شوک‌های حرارتی، رسانایی حرارتی لایه‌ها
سیستم خنک‌کننده	حجم و شکل دستگاه، قسمت‌های کنترلی، سیستم خنک‌کننده، تلفات کم ($> 1\%$)، سیستم حفاظتی

ملاحظات	معیارها
نیتروژن مایع با قسمت جبران کننده، خنک کننده بدون فیدبک، قیمت، نگهداری و قابلیت اطمینان	مواد خنک کننده
کمترین اندازه و حجم برای سیستم، سازگاری با پست‌ها و تأسیسات شهری	اندازه و وزن
اتصال به شبکه برق استاندارد، زمان واکنش، امپدانس، رفتار دینامیکی	اتصال قطعات
قابلیت تفکیک، اتصالات	ساختار قطعات
قیمت کل سیستم، عمر مواد، کنترل از راه دور، سرویس یک روز در سال، قیمت کمتر از ۱۰ برابر یک مدارشکن در ولتاژ فشار ضعیف	سرویس و نگهداری
بسته به مورد استفاده از ۰/۲ ثانیه تا چند دقیقه	زمان باز-بست
تلفات در جریان نامی باید مینیمم باشد، کل تلفات سیستم باید شامل تلفات AC باشد	تلفات

رعایت همه یا بخشی از این معیارها در طراحی دستگاه محدودساز باید لحاظ شود. به همین دلیل ساخت نمونه آزمایشگاهی در ابعاد کوچک‌تر و آزمایش در شرایط مختلف برای حصول اطمینان از امکان دستیابی به این معیارها بسیار حائز اهمیت است. هدف از انجام این پروژه طراحی و ساخت محدودساز جریان خطای ابررسانا در رده 20 kV (توزیع) می‌باشد.

مشخصات پروژه:

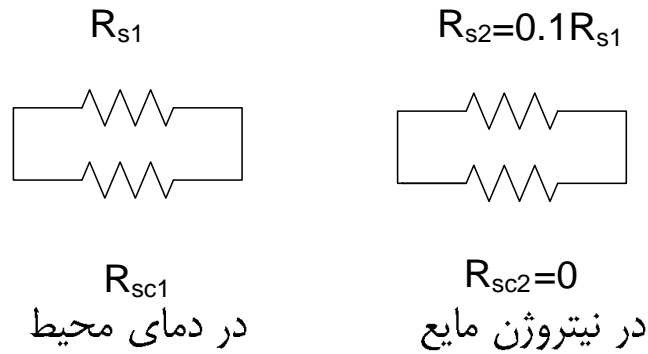
مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه مورد نیاز برای انجام این پروژه در حدود ۱۰۰۰۰ میلیون ریال شامل ۳۰۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۷۰۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات و مدت زمان لازم حدود ۳۶ ماه تخمین زده شده است.

شاخص پروژه: تعداد محدودساز جریان خطای ابررسانا تولید شده در رده ۲۰ kV (توزیع)

ب-۴-۵- طراحی و ساخت محدودساز جریان خطا ابررسانا در رده 63 kV (فوق توزیع)

سیم مورد استفاده در این پروژه از نوع PIT (Powder In Tube) است. به این معنی که پودر ابررسانا در غلافی از نقره قرار گرفته است. به همین دلیل در دمای عادی نیز مقاومت سیم پایین و در حد نقره بکار رفته در آن می‌باشد. بدیهی است مواد دیگر مورد استفاده در سایر بخش‌ها مانند اتصالات مکانیکی و الکتریکی باید با این ویژگی سیم هم‌خوانی لازم را داشته باشد. اگر سیم به عنوان یک المان الکتریکی ارزیابی استفاده شود باید سیم ابررسانا نوع PIT در حقیقت از دو مقاومت موازی تشکیل شده باشد که یکی سیم نقره و دیگری مقاومت پودر ابررسانا است. شکل زیر وضعیت این دو مقاومت را در دمای محیط و در نیتروژن مایع نشان می‌دهد.



شکل (۶-۲۵): مدار معادل سیم ابررسانا در دمای محیط و در نیتروژن مایع

اگر مقاومت کل سیم را R_{wire} تعریف کنیم در دو حالت ذکر شده روابط زیر برقرار است:

$$R_{wire} = \frac{R_s \times R_{sc}}{R_s + R_{sc}}$$

چون در دمای محیط داریم:

$$R_{sc} \gg R_s$$

بنابراین:

$$R_{wire} = R_s$$

و در نیتروژن مایع از آنجایی که:

$$R_{sc} \ll R_s$$

پس:

$$R_{wire} = R_{sc} \approx 0$$

یعنی در نیتروژن مایع مقاومت کلی سیم به صفر اهم می‌رسد. مقاومت صفر در حالت عادی با توجه به قرار گرفتن سیستم به صورت سری در شبکه بسیار مهم است.

۲- پارامترهای الکتریکی :

امکان دستیابی به جریان و ولتاژ نامی و توان دستگاه برای محدودساز جریان خطا یکی دیگر از معیارهای طراحی به شمار می‌آید. هرچقدر که جریان، ولتاژ و توان دستگاه بالاتر باشد دامنه کاربرد و صرفه‌جویی‌های مربوط به استفاده از آن در شبکه بیشتر خواهد بود. سطح بالاتر ولتاژ و توان به معنای تحت پوشش قرار گرفتن حجم بیشتری از شبکه، تجهیزات و در نتیجه کارایی بالاتر سیستم خواهد بود. هر چقدر که محدودساز جریان خطا در سطح ولتاژ بالاتری قرار گیرد تعداد تجهیزات تحت

پوشش آن افزایش می‌یابد و بالطبع صرفه‌جویی‌های ناشی از کاهش سطح مدارشکن‌ها و همچنین افزایش عمر شبکه افزایش خواهد داشت.

۳- رفتار گرمایی:

امکان تبادل حرارتی سیم با محیط اطرافش بسیار حائز اهمیت است. تبادل خوب به معنای محافظت بیشتر از سیم، عمر بیشتر سیستم و زمان بازگشت سریع‌تر خواهد بود. استقامت مکانیکی در مقابل شوک‌های دمایی نیز در این بخش باید مورد توجه باشد. خوشبختانه نیتروژن مایع دارای ظرفیت گرمایی بالایی است به این معنا که برای تبدیل آن به بخار احتیاج به انرژی زیادی می‌باشد.

۴- سیستم‌ها و مواد خنک‌کننده :

بخش خنک‌کننده سیستم یکی از موارد مهمی است که باید در طراحی نهایی مورد توجه قرار گیرد. مدل‌های مختلفی برای بخش خنک‌کننده وجود دارد که استفاده از Cryocooler و محفظه کمکی از جمله آن‌ها هستند. مقایسه این مدل‌ها از نظر فنی و اقتصادی باید در ساخت نمونه‌های آزمایشگاهی مد نظر باشد. سیستم خنک‌کننده می‌تواند به صورت حلقه بسته یا حلقه باز کار کند. از آنجایی که سیستم‌های حلقه بسته حتماً باید شامل Cryocooler باشند، لذا نسبت به سیستم‌های حلقه باز بسیار گران‌تر و پیچیده‌تر هستند. با توجه حجم نیتروژن تبخیر شده در آزمایش‌ها به نظر می‌رسد استفاده از سیستم حلقه باز مقرون به صرفه‌تر و مناسب‌تر باشد. بررسی دقیق منوط به آزمایش بیشتر در محفظه ساخته شده و بررسی تلفات آن می‌باشد.

۵- اندازه و وزن و اتصال قطعات:

همان‌طور که ذکر شد دستگاه محدودساز جریان خطای ابررسانایی در پست‌های برق نصب خواهد شد. طراحی مطلوب اندازه، شکل ظاهری و وزن و تناسب آن با سایر تجهیزات بسیار حائز اهمیت است. نحوه اتصال قطعات دستگاه به هم و همچنین نحوه اتصال به شبکه از جهت کارایی و ایمنی نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

۶- سرویس و نگهداری:

از آنجایی که دستگاه محدودساز جریان خطا یک سیستم نسبتاً گران‌قیمت است نحوه سرویس و نگهداری از آن نیز باید مورد توجه باشد. این مسئله وقتی اهمیت بیشتری می‌یابد که بدانیم محدودساز جریان خطا به صورت سری در مدار قرار خواهد گرفت و از کار افتادن آن به معنای قطع احتمالی شبکه پایین‌دست آن خواهد بود. سرویس‌های مناسب، به موقع و مقرون به صرفه از نظر اقتصادی باعث کارایی بالاتر دستگاه خواهد شد. قابلیت اطمینان سیستم و نحوه طراحی ابزارهای کنترلی در این بخش بسیار مهم هستند.

۷- زمان بازبست (Recovery Time) :

این زمان یکی از معیارهای اساسی و مهم دستگاه محدودساز جریان خطا است. این زمان طبق تعریف زمانی است که طول می‌کشد تا دستگاه محدودساز پس از محدودسازی یک جریان خطا با مقدار بیشینه (اتصال کوتاه سه فاز) ، به حالت اولیه برگردد و آماده محدودسازی مجدد باشد. هر چقدر که این زمان کوتاه‌تر باشد، قابلیت‌های محدودساز جریان خطا نیز بیشتر خواهد بود. زمان "بازبست" یا "بازگشت" سیستم از سایر پارامترهای سیستم متأثر است به عنوان مثال نوع محفظه و مایع خنک‌کننده و نحوه اتصالات در کاهش این زمان موثر است.

دستیابی به همه یا بخشی از پارامترهای ذکر شده در این بخش برای ساخت سیستم محدودساز جریان خطا باید لحاظ شود. هدف از انجام این پروژه طراحی و ساخت محدودساز با بیش‌ترین استفاده و کارایی در خطوط انتقال برق کشور در مقیاس فوق توزیع است.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۱۵۰۰۰ میلیون ریال و مدت زمان لازم ۶۰ ماه است. هزینه مورد نیاز شامل ۴۵۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۱۰۵۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات می‌باشد.

شاخص پروژه: تعداد محدودساز جریان خطای ابررسانا تولید شده در رده ۶۳ kV (فوق توزیع)

ب-۶- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) ترانسفورماتور ابررسانا

ترانسفورماتور ابررسانا در کنار کابل تک‌فاز و سه‌فاز، محدودساز جریان محدود و ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا یک تجهیز بالویت مبتنی بر ابررسانا است، که در این اقدام طراحی و ساخت آن در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی مورد توجه قرار گرفته است. پروژه‌هایی که انجام آن‌ها اجرای این اقدام را تحت پوشش خود قرار می‌دهد عبارت‌اند از:

۱. شبیه‌سازی ترانسفورماتور ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux
۲. طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۳. طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا 50 kVA - 4/0/20 kV
۴. طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا 2 MVA - 4/0/20 kV

ب-۶-۱- شبیه‌سازی ترانسفورماتور ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار

Flux

در سیستم‌های ابررسانا قبل از ساخت سیستم نیاز به طراحی و شبیه‌سازی شرایط ایجاد شونده در زمان عملکردی سیستم است. نرم‌افزارهای مختلفی را می‌توان برای این منظور استفاده نمود اما بهترین نرم‌افزار موجود نرم‌افزار فلاکس است. در این نرم‌افزار ماژول‌های مختلفی بسته به کاربرد سیستم‌های ابررسانایی وجود دارد، در این مورد خاص با استفاده از ماژول مربوط به ترانسفورماتور ابررسانا می‌توان اطلاعات مختلف مربوط به شرایط عملکردی از جمله حجم، زمان، سرعت شارژ مایع خنک‌کننده، دما، جریان، ولتاژ و ... را تعیین نموده و شرایطی چون عملکرد معمولی، اضافه جریان یا ولتاژ و غیره را شبیه‌سازی کرد.

استفاده از روش‌های شبیه‌سازی منجر به ساخت تجهیزاتی کارآمد و قابل پیش‌بینی در شرایط مختلف عملکردی خواهد شد. از این رو هدف از انجام این پروژه شبیه‌سازی عملکردی ترانسفورماتور ابررسانا است که پس از شبیه‌سازی باید صحت اثر پارامترهای مختلف بر کارایی ترانسفورماتور را بررسی کرده و شرایط بهینه تعیین کرد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی (ایران ترانسفو)، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه لازم برای انجام این پروژه برابر ۱۲۰۰ میلیون ریال شامل ۳۶۰ میلیون ریال هزینه

پرسنلی و ۸۴۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات در نظر گرفته شده و مدت زمان مورد نیاز ۱۲ ماه تخمین زده شده است.

شاخص پروژه: گزارش حاصل از شبیه‌سازی ترانسفورماتور ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم

افزار Flux

ب-۶-۲- طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

به منظور کاهش افت ولتاژ و افت انرژی در هنگام انتقال انرژی به فواصل دور باید میزان جریان الکتریسیته تولید شده در نیروگاه‌ها را کاهش داده و در مقابل ولتاژ را بالا برد. ترانسفورماتور وسیله‌ای است که این کار را انجام می‌دهد. یک ترانسفورماتور شامل بخش‌های مختلفی مثل هسته سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه و سیستم خنک‌کننده است. هر یک از بخش‌های یک ترانسفورماتور دارای تلفاتی هستند، که مهم‌ترین بخش این تلفات مربوط به سیم‌پیچ‌ها است. این سیم‌پیچ‌ها در ترانسفورماتورهای سنتی از هادی‌های مسی ساخته می‌شوند که به دلیل وجود مقاومت باعث ایجاد تلفات اهمی شده که به صورت گرما نمایان شده و دمای سیم‌پیچ‌ها را بالا می‌برد. این امر باعث اتلاف انرژی و کاهش بازده سیستم می‌شود. برای رفع مشکل گرم شدن سیم‌پیچ‌ها از یک خنک‌کننده استفاده می‌شود که عموماً روغن‌های خاص این منظور هستند. این روغن‌ها قابل اشتعال هستند و خطرات زیست محیطی فراوانی دارند. برای غلبه بر این مشکلات می‌توان از سیم‌های ساخته شده از مواد ابررسانا در ساخت سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه ترانسفورماتورها استفاده کرد. اگر چه برای خنک کردن سیم‌های ابررسانایی نیز

باید از یک خنک‌کننده مثل هلیوم مایع یا نیتروژن مایع استفاده کرد اما این مواد دیگر خطرات مربوط به استفاده از روغن را ندارند. ترانسفورماتورهای ابررسانایی هم با استفاده از ترکیبات ابررسانای دمای پایین و هم با استفاده از ترکیبات ابررسانای دمای بالا ساخته می‌شوند.

مسائلی که در ساخت ترانسفورماتور باید حل شود یکی تعداد دورهای سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه و دیگری قطر هسته آهنی است. جرم و حجم کل نیز از جمله مسائلی است که قبل از ساخت باید به دقت تعیین شوند. معمولاً در ساخت ترانسفورماتورها جرم و حجم کوچک‌تر مورد توجه است.

برای محاسبه تعداد دورهای سیم‌پیچ‌ها ابتدا تعداد دور برای یک ولت محاسبه شده و سپس با توجه ولتاژ مورد نیاز تعداد دورهای لازم تعیین می‌شوند. با توجه به اتلاف‌هایی که در ترانسفورماتور وجود دارد پس از انجام محاسبات باید برای جبران افت ولتاژ در تعداد دورهای سیم‌پیچ‌ها تصحیحاتی با توجه به درصد افت ولتاژ صورت گیرد که این امر در ترانسفورماتورهای ابررسانایی به دلیل افت ولتاژ بسیار اندک ضرورتی ندارد.

اگر طول نوار ابررسانای بکار رفته در سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور بیشتر باشد می‌توان سطح هسته را کوچک‌تر کرد، که با این کار هم اتلاف هسته کمتر شده و هم وزن ترانسفورماتور کمتر می‌شود البته با توجه به قیمت طول بین ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ متر برای نوارهای HTS پیشنهاد می‌شود.

۱- ترانسفورماتور ابررسانایی HTS

ترانسفورماتوری با ویژگی‌های $۲۲ \text{ kV} - ۶۶ \text{ kV} / ۱۰۰ \text{ MVA}$ با استفاده از نوارهای ابررسانای BSCCO ساخته شده است. چگالی جریان این سیستم حدود ۴۰ A/mm^2 یعنی تقریباً ۱۰ برابر نوع سنتی آن است.

- سیم‌پیچ اولیه شامل ۳ لایه است و لایه‌ها در مجموع ۱۶۳ دور دارند.
- سیم‌پیچ ثانویه شامل ۵ لایه است و هر لایه ۹۸ دور دارد و در مجموع شامل ۴۹۰ دور است.

از آنجا که استحکام مکانیکی سیم‌پیچ‌ها باید به اندازه نوع روغنی آن باشد از نوارهای فولاد زنگ^۱ با همان سایز نوارهای HTS در بین نوارهای ابررسانا استفاده می‌شود. پارامترهای این سیستم در جدول زیر داده شده است.

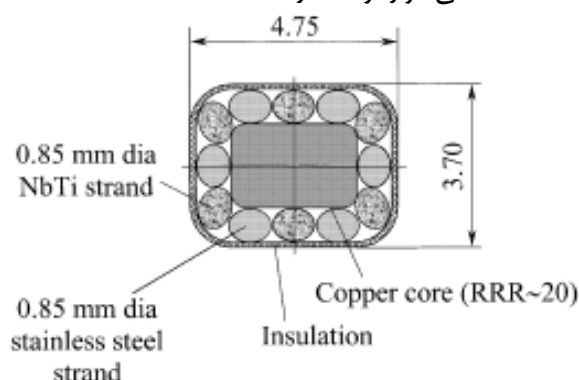
جدول (۴-۶): پارامترهای مربوط به ترانسفورماتور با کابل ابررسانا

HTS transformer	
	Parameters
Structure	3-Phase core-type

Capacity	100 MVA
Voltage (prim./sec.)	66 kV/22 kV
Current (prim./sec.)	505 A/1515 A
% Impodance	7.5%
One turn voltage	135 V
Flux density in core	1.73 T
Conductor	Bi-2223/Ag tape
Number of turns	489/163
Tape length	34021 m/30150 m
Winding cooling	Liquid nitrogen
Field at air gap	0.27 T

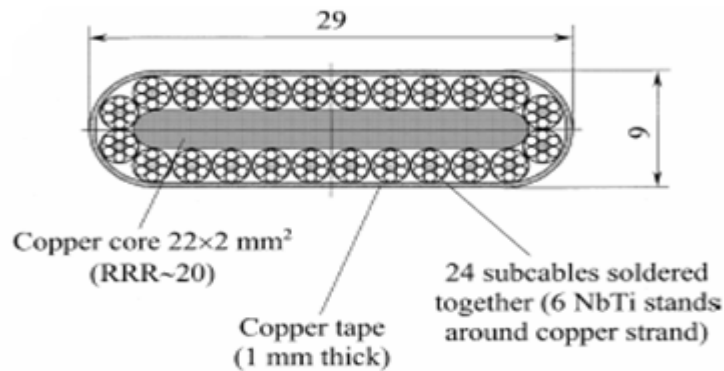
۲- ترانسفورماتور ساخته شده با نوارهای NbTi

ترانسفورماتورهای ابررسانایی با ابررساناهای دمای پایین (LTS) مثل NbTi هم ساخته شده‌اند. در سیم‌پیچ اولیه ۶ رشته NbTi بکار رفته است. همچنین شش رشته فولاد ضد زنگ با قطری برابر رشته‌های NbTi در ساخت سیم‌پیچ اولیه استفاده شده است. این رشته‌ها در اطراف یک هسته آهنی قرار گرفته دارند.



شکل (۶-۲۶): تصویر سیم‌پیچ اولیه ترانسفورماتور.

فولاد ضد زنگ نقشی دو گانه دارد. این ترکیب هم به منظور تقویت رسانا و هم به منظور جدا کردن رشته‌های ابررسانا برای کاهش اتلاف ناشی از جفت‌شدگی بکار گرفته می‌شود. اتلاف جفت‌شدگی در چنین ابررسانایی با جداسازی کاهش می‌یابد. در سیم‌پیچ ثانویه رشته‌های NbTi مثل سیم‌پیچ اولیه هستند. ابتدا شش رشته NbTi در اطراف یک سیم مسی مرکزی پیچیده می‌شوند (Subcable) سپس ۲۴ تا از سیم‌پیچ‌ها در اطراف یک سیم (باریکه) مسی مرکزی قرار می‌گیرند. در اطراف سیم‌ها از عایق الکتریکی با ضخامت ۰/۶ میلی‌متر استفاده می‌شود.



شکل (۶-۲۷): تصویر سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور.

سیم پیچ اولیه و ثانویه به وسیله He مایع خنک می‌شوند. در جدول (۶-۵) پارامترهای مربوط به سیم پیچ‌های اولیه و ثانویه ارائه شده است.

جدول (۶-۵): پارامترهای اصلی سیم پیچ اولیه و ثانویه.

Parameter	Value
Primary coil	
Inner diameter	455 mm
Outer diameter	525 mm
Hight	547 mm
Number of layers	10
Number of tums	1180
Inductance	0.4 H
Maxium field at 500 A	1.1 T
Secondary coil	
Inner diameter	576
Outer diameter	600 mm
Number of tums	4
Inductance	6.77 μ H
Primary-secondary mutual inductance (coupling coefficient k=0.8)	1.29 mH

مقایسه ترانسفورماتورهای سنتی (روغنی) و ترانسفورماتورهای ابررسانایی:

- چگالی جریان ترانسفورماتورهای ابررسانایی حدود ۱۰ برابر نوع سنتی.
- وزن هسته ترانسفورماتورهای ابررسانایی حدود ۱۵٪ ترانسفورماتور سنتی.
- اتلاف AC در ترانسفورماتور ابررسانایی حدود ۱/۰ ترانسفورماتور سنتی.
- جرم و حجم ترانسفورماتورهای کمتر از نوع سنتی آن است که در صد آن بستگی به طول نوار ابررسانای بکار رفته در سیم پیچ‌ها و فاکتور شکل سیم پیچ‌ها دارند که معمولاً بین ۳۰ تا ۴۰ درصد است.

- بازده ترانسفورماتورهای سنتی غالباً کمتر از ۹۴٪ است درحالی‌که بازده ترانسفورماتورهای ابررسانایی حدود ۹۹٪ است.
- در ترانسفورماتورهای ابررسانایی از روغن استفاده نمی‌شود بنابراین خطر زیست محیطی و آتش‌سوزی که به دلیل استفاده از روغن در ترانسفورماتورهای سنتی وجود دارد در آن‌ها وجود ندارد.

همان‌طور که در بخش‌های قبلی اجرای این سند اشاره شد ساخت و راه‌اندازی یک ترانسفورماتور ابررسانا جز اهداف کلان سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق است، از این رو دستیابی به دانش فنی ساخت آن بودن نمونه‌هایی از این تجهیز در مقیاس‌های مختلف امکان‌پذیر نخواهد بود. هدف از انجام این پروژه طراحی و ساخت یک ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی با ویژگی‌های مشخص می‌باشد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی (ایران ترانسفو)، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۸۰۰۰ میلیون ریال و مدت زمان لازم

۲۴ ماه می‌باشد که تقسیم‌بندی هزینه‌ها به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

- هزینه پرسنلی: ۲۴۰۰ میلیون ریال
- هزینه مواد و تجهیزات: ۵۶۰۰ میلیون ریال

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

ب-۶-۳- طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا 50 kVA – 4/0/20 kV

در راستای دستیابی به دانش فنی ساخت و بکارگیری ترانسفورماتور ابررسانا در صنعت برق، نیاز است که ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس‌های مختلف، طراحی و تولید شود. از این رو در هدف از انجام این پروژه طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا با مشخصات ذکر شده در کشور می‌باشد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی (ایران ترانسفو)، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۲۰۰۰۰ میلیون ریال شامل ۶۰۰۰

میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۱۴۰۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات بوده و مدت زمان لازم برای اجرای پروژه ۳۶ ماه تخمین زده شده است.

شاخص پروژه: تعداد ترانسفورماتور ابررسانا تولید شده ۴/۰/۲۰ kV – ۵۰ kVA

ب-۶-۴- طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا 2 MVA - 20/0/4 kV

با توجه به موارد ذکر شده در این پروژه هدف طراحی، ساخت و بکارگیری ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی است از این رو طراحی، ساخت و استفاده از ترانسفورماتور ابررسانا 2 MVA - 20/0/4 kV است.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی (ایران ترانسفو)، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه لازم برای انجام این پروژه ۱۲۰۰۰ میلیون ریال شامل ۳۶۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۸۴۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات بوده و مدت زمان مورد نیاز برای اجرا ۶۰ ماه می‌باشد.

شاخص پروژه: تعداد ترانسفورماتور ابررسانا تولید شده 2 MVA - 20/0/4 kV

ب-۷- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا

با توجه به اینکه سیستم ذخیره‌ساز انرژی الکتریکی مبتنی بر مواد ابررسانا در فاز سوم به عنوان یک الویت توسعه فناوری در نظر گرفته شد در این اقدام طراحی و ساخت آن در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی در نظر گرفته شده است. در ادامه لیست پروژه‌های تعریف شده در ذیل این اقدام و شرح مختصری در رابطه با انجام آن‌ها ذکر شده است.

۱. شبیه‌سازی ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux

۲. طراحی و ساخت ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

۳. طراحی و ساخت ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی (MJ1)

ب-۷-۱- شبیه‌سازی ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از

نرم‌افزار Flux

همان طور که در پروژه‌های شبیه‌سازی قبلی اشاره شد نرم‌افزار Flux ماژول‌های مختلفی برای سیستم‌های ابررسانا دارد. در این مورد خاص با استفاده از ماژول مربوط به ذخیره‌ساز ابررسانا می‌توان اطلاعات مختلف مربوط به شرایط عملکردی از جمله حجم، زمان، سرعت شارژ مایع خنک‌کننده، دما، جریان، ولتاژ، شرایط بهینه و ... را تعیین نموده و شرایطی چون عملکرد معمولی، اضافه جریان یا ولتاژ و غیره را شبیه‌سازی کرد.

استفاده از روش‌های شبیه‌سازی منجر به ساخت تجهیزاتی کارآمد و قابل پیش‌بینی در شرایط مختلف عملکردی خواهد شد. هدف از انجام این پروژه شبیه‌سازی و تعیین شرایط بهینه عملکردی برای استفاده از یک ذخیره‌ساز ابررسانا است.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه در نظر گرفته شده برای انجام این پروژه برابر ۱۲۰۰ میلیون ریال و مدت ۱۲ ماه

لازم می‌باشد که هزینه در نظر گرفته شده شامل دو بخش بوده که تقسیم‌بندی هزینه‌های مورد نیاز به صورت زیر است:

هزینه پرسنلی : ۳۶۰ میلیون ریال

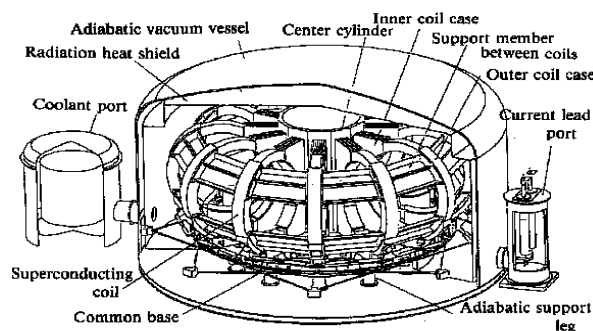
هزینه مواد و تجهیزات : ۸۴۰ میلیون ریال

شاخص پروژه: گزارش حاصل از شبیه‌سازی ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم

افزار Flux

ب-۷-۲- طراحی و ساخت ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

در سیستم‌های قدرت بین قدرت الکتریکی تولیدی و مصرفی تعادل لحظه‌ای برقرار است و هیچ گونه ذخیره انرژی در آن‌ها صورت نمی‌گیرد. بنابراین تولید شبکه ناچار به تبعیت از منحنی مصرف است که غیراقتصادی است. SMES یا ذخیره ساز انرژی مغناطیسی ابررسانایی وسیله‌ای است که برای ذخیره کردن انرژی، بهبود پایداری سیستم قدرت و کم کردن نوسانات قابل استفاده است. این انرژی توسط میدان مغناطیسی که به وسیله جریان مستقیم ایجاد و ذخیره می‌گردد. ویژگی ابررسانایی سیم‌پیچ SMES موجب شده که بازده رفت و برگشت فرآیند ذخیره انرژی بسیار بالا و حدود ۹۵٪ باشد. این وسیله هزاران بار قابلیت شار و دشارژ بدون تغییری در خواص مغناطیسی دارد. سیستم‌های SMES به دو منظور استفاده می‌شوند یکی به منظور تراز منحنی مصرف و افزایش ضریب بار به منظور افزایش میرایی نوسانات شبکه مانند نوسان در فرکانس، توان و... که برای این منظور از سیستم‌هایی با قدرت و ظرفیت بالا مثلاً $100\text{Mw} / 1800\text{MJ}$ استفاده می‌شود. دوم به منظور بهبود پایداری سیستم که برای این منظور از ذخیره‌سازهایی با توان و ظرفیت کمتر استفاده می‌شود مثلاً در حد $100\text{Mw} / 50\text{MJ}$. سیم‌پیچ‌های ابررسانای SMES از طریق مبدل‌هایی به سیستم قدرت متصل شده، شارژ و دشارژ می‌شوند. ورودی ذخیره ساز می‌تواند تغییرات ولتاژ شبکه، تغییرات فرکانس و... باشد و خروجی آن نیز توان دریافتی خواهد بود. در شکل زیر نمای کلی یک SMES نشان داده شده است.



شکل (۶-۲۸): ساختار کلی SMES

در SMES هایی که به منظور پایدارسازی سیستم قدرت مورد استفاده قرار می‌گیرند باید گرمای کمی تولید شود. در این سیستم‌ها نرخ تغییرات در جریان سیم‌پیچ بسیار بالا است. بنابراین توسعه سیم‌پیچ‌های ابررسانایی با عملکرد بالا که بتوانند ولتاژهای بالا را تحمل کنند و همچنین استحکام مکانیکی زیادی داشته باشند ضروری است.

این دسته از SMES ها ممکن است فقط چند بار در سال مورد استفاده قرار گیرند. یعنی در مد نوسانی گسسته فعالیت می‌کنند. دوره تناوب این سیستم‌ها بسیار کوچک و مثلاً در حد $1-2$ S است.

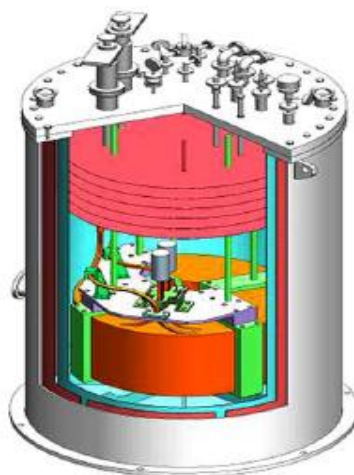
برای ساخت سیم‌پیچ این سیستم یک سیم‌پیچ استوانه‌ای ساخته شده که جنس آن از ابررسانای دمای پایین NbTi است که از آلومینیوم به عنوان محافظ این سیم‌ها استفاده شده است. همچنین از لایه‌های نازک اکسیدی روی-آلومینیوم به منظور کاهش جریان جفت‌شدگی (به ویژه در بین رشته‌ها) استفاده شده است.

این سیم‌پیچ به وسیله هلیوم مایع سرد می‌شود (یک کانال مرکزی در هر رسانا وجود دارد برای کاهش فشار پمپاژ در بین رسانا). سیم‌پیچ طراحی شده دارای ۱۶ لایه است که در ۲۴ سطر پیچیده شده‌اند و مجموعاً ۳۸۴ دور سیم‌پیچ دارد. برای ساخت این سیم‌پیچ حداقل ۱ km سیم ابررسانا نیاز است.

جدول (۶-۶): مشخصات سیم‌پیچ ذخیره ساز انرژی

Specifications of the model coil for the 54 MJ/100 MW SMES system

Item	Commercial system	Model coil
<i>System specifications</i>		
Input/output power		Rectangular pulses (1 s cycle)
Maximum current		9.6 kA@5.66 T
Holding current		6.7 kA
Minimum current		6.7 kA
Stored energy/cryostat	96 MJ	2.9 MJ
Ratio of available energy		0.52
Dump time constant		2.1 s
<i>Coil specifications</i>		
Outer diameter	1.65 m	1.10 m
Inner diameter	1.15 m	0.40 m
Coil height	1.54 m	0.52 m
Numbers of turns and layers	70 turns, 11 layers	24 turns, 16 layers
Number of coils	4	1
Total conductor length	13.55 km	0.91 km
Coil configuration	Multi-pole solenoid	Single solenoid



Single solenoid

شکل (۶-۲۹): ساختار ذخیره کننده انرژی دما پایین

این نوع ذخیره‌سازها باید ظرفیت بالای ذخیره‌سازی انرژی را داشته باشند و در مد پالسی پیوسته فعالیت می‌کنند و بر خلاف نوع اول به دفعات بسیار زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند. دوره تناوب این سیستم‌ها بزرگ‌تر از نوع اول و مثلاً حدود ۱۸ است. از آنجا که این نوع SEMS ها به دفعات استفاده می‌شوند بنابراین داشتن ساختار هادی ساده شده که اتلاف AC خیلی کمی داشته باشد بسیار مهم و ضروری است.

برای ساخت این نوع SMES یک سلنویید چهار قطبی طراحی شده است که جنس آن آلیاژ ابررسانای دمای پایین NbTi است که با مس پایدار شده است. رشته‌های ابررسانایی غلافی از جنس CuNi در خارجی‌ترین لایه خود دارند که به منظور کاهش جریان جفت‌شدگی بین رشته‌ها می‌باشد.

برای سردسازی این سیم‌پیچ از هلیوم مایع استفاده می‌شود. برای ساخت این سیم‌پیچ حداقل ۳ km سیم ابررسانا نیاز است.

جدول زیر مشخصات این SMES را نشان می‌دهد

جدول (۶-۷): مشخصات سیم‌پیچ ذخیره‌ساز انرژی با ظرفیت بالا

Specifications of the model coil for the 1800 MJ/100 MW SMES system		
Item	Commercial system	Model coil
<i>System specifications</i>		
Input/output power	Rectangular pulses (18 s cycle)	
Maximum current	10 kA@4.8 T	
Holding current	7.7 kA	
Minimum current	4.2 kA	
Stored energy/cryostat	733 MJ	10.5 MJ
Ratio of available energy	0.82	
Dump time constant	3.6 s	
<i>Coil specifications</i>		
Outer diameter	3.26 m	1.15 m
Inner diameter	2.75 m	0.60 m
Coil length	3.36 m	0.53 m
Numbers of turns and layers	140 turns, 10 layers	24 turns, 12 layers
Total conductor length	53.0 km	3.2 km
Number of coils in a cryostat	4	
Coil configuration	Multi-pole solenoid	

SMES های ساخته شده به وسیله ابررساناهای دمای بالا نسبت به SMES هایی که از ابررساناهای دمای پایین ساخته می‌شوند دارای برتری‌هایی هستند از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- دمای عملکرد بالاتر و بازده سرمایه‌گذاری بیشتر
- ۲- کاهش هزینه‌ها به دلیل پیچیدگی کمتر
- ۳- سرمایه‌گذاری رسانا به وسیله Cryocooler
- ۴- نسبت به نوع LTS می‌تواند Over heat مجاز بیشتری داشته باشد.

برای این سیستم از یک تک سلنوئید^۱ استفاده شود (که به دلیل سادگی ساختار و ظرفیت ذخیره بالا انتخاب شده است). این نوع SMES دارای ذخیره انرژی ۵۰kJ است و به منظور بررسی ظرفیت SMES در بهبود پایداری دینامیکی شبکه قدرت طراحی شده است. برای ساخت سیم‌پیچ این سیستم از نواری Bi- 2223 استفاده می‌شود. در جدول زیر پارامترهای مربوط به این سیستم داده شده است.

جدول (۶-۸): مشخصات ذخیره ساز انرژی با ظرفیت پایین

Optimal results of 50 KJ SMES magnet

Superconducting conductor	Single tape	Four-parallel tapes
Conductor length (m)	4600	1250
Operating current (A)	130	500
Magnetic field $B_{//max}$ (T)	3.3	3.1
Magnetic field $B_{\perp max}$ (T)	1.73	1.44
Inductance (H)	5.92	0.37
Turns	4300	1200
Inner radius (mm)	122	100
Outer radius (mm)	218	221
Length (mm)	97	112

پس از ساخت نوارهای BSCCO باید بیشینه تنش القایی که توسط نیروی لورنتز به سیم‌پیچ وارد می‌شود تعیین شود زیرا تنش مکانیکی روی کارایی سیستم به شدت تأثیر می‌گذارد. به منظور تنظیم فرکانس و تصحیح افت و خیز نوسانات بار SMES هایی با استفاده از ابررساناهای دمای بالا مانند BSCCO نیز ساخته شده‌اند. یک سیستم نوعی از این دست با ظرفیت ذخیره انرژی ۱ GJ و توان ۱۰۰kw ساخته شده است.

برای ساخت سیم‌پیچ این سیستم از نوارهای Bi-2223 با غلاف Ag استفاده شده است. از آنجا که ترکیبات ابررسانا هنوز از نظر قیمت گران هستند بنابراین ساخت سیستم‌هایی با کمینه مقدار این مواد برای کاهش هزینه‌ها (شامل مواد اولیه، ساخت، سرمایه‌ی و...) مورد نظر است.

هرچه قدرت میدان مغناطیسی تولید شده به وسیله این ترکیبات بالاتر باشد، سائز مغناطیس مورد استفاده کاهش خواهد یافت. وابستگی سائز مغناطیس (سیم‌پیچ تولیدکننده میدان مغناطیس) به میدان تا میدان ۱۰ T نمود بیشتری دارد و برای میدان‌های بالا تر از این مقدار وابستگی خیلی کم می‌شود. همچنین با افزایش میدان مغناطیسی، حجم مغناطیسی SMES را می‌توان کاهش داد که این کار باعث کاهش مقدار ابررسانای مورد نیاز می‌شود.

با توجه اندازه‌گیری‌های انجام شده میدان بین ۱۰ تا ۱۴ تسلا برای کاهش نیاز به ابررسانا پیشنهاد می‌شود. در جدول زیر پارامترهای سیستم ارائه شده است.

جدول (۶-۹): مشخصات مغناطیس مربوط به ذخیره‌ساز

Number of coils	12
Rated DC current	10 kA
Current density	51 A/mm
Outside radius of toriod	7050 mm
Maximum magnetic field	13.4 T
Maximum hoop stress of tape	250 Mpa
Elementary coil	
Inside radius	719 mm
Outside radius	1055 mm
Width	504 mm
Thickness	336 mm
Conductor length	4.8 km
Number of turn	864

طبق داده‌های جدول برای ساخت SMES با قدرت ذخیره ۱ G J به حدود ۵km نوار ابررسانای BSCCO نیاز است. البته اگر از هسته مغناطیسی برای این منظور استفاده شود طول سیم مورد نیاز به شدت کاهش می‌یابد. هدف از انجام این پروژه ساخت یک نمونه آزمایشگاهی از ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا است.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: هزینه و زمان لازم برای انجام این پروژه به ترتیب ۵۰۰۰ میلیون ریال و ۳۶ ماه می‌باشد که هزینه تخمین زده شده شامل ۱۵۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۳۵۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات است.

شاخص پروژه: وضعیت طراحی و ساخت ت ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی

ب-۷-۳- طراحی و ساخت ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی (1 MJ)

بر اساس مطالعات انجام شده و مصاحبه با خبرگان حوزه ابررسانا در کشور مشخص شد که امکان دستیابی به دانش فنی و طراحی، ساخت و بکارگیری ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی با ظرفیت ذخیره‌سازی 1 MJ انرژی در کشور امکان‌پذیر است. از این رو در این پروژه طراحی و ساخت ذخیره‌ساز مدنظر مورد توجه قرار گرفت. در نهایت اجرا این طرح حداقل یک سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا با ویژگی‌ها و خواص مشخص طراحی و تولید خواهد شد.

مشخصات پروژه:

مجری پیشنهادی: شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

هزینه و زمان برآورد شده: آزمایشگاه‌هزینه و مدت زمان لازم برای انجام این پروژه به ترتیب ۵۰۰۰۰ میلیون ریال

شامل ۱۵۰۰۰ میلیون ریال هزینه پرسنلی و ۳۵۰۰۰ میلیون ریال هزینه مواد و تجهیزات و ۶۰ ماه زمان می‌باشد.

شاخص پروژه: تعداد ذخیره‌ساز انرژی 1 MJ ابررسانا تولید شده

پیوست ج: معرفی اجمالی نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

ج-۱- وزارت نیرو

وزارت نیرو یکی از مهم‌ترین وزارتخانه‌های اقتصادی دولت محسوب می‌شود. میزان اعتبارات سالیانه این وزارتخانه به طور طبیعی چند برابر برخی از وزارتخانه‌ها است. اهمیت تأمین و توزیع آب و برق با کیفیت مطلوب که از حیاتی‌ترین نیازهای جامعه است، مهم‌ترین هدف این وزارتخانه 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 اقناع مردم با تأمین، تصفیه و توزیع مناسب آب بهداشتی سالم و دائمی برای انواع مصارف.

↔ بالا بردن بهداشت محیط شهرها و روستاها با طراحی و اجرای شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب.

↔ تأمین نیازهای انرژی با کیفیت مطلوب و تمام وقت برای انواع مصارف شهروندان

↔ دیدگاه بلندمدت (دورنگر) به صیانت از منابع آب و انرژی و انتقال آن به نسل‌های آینده

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

↔ سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، اجرا و توسعه طرح‌های تولید، انتقال و توزیع انرژی برق در شهرها و روستاهای 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 ارائه به دولت و مجلس و اجرای آن‌ها

↔ برنامه‌ریزی جهت انجام طرح‌های تحقیقاتی و پژوهشی مرتبط با فعالیت شرکت و هماهنگی و برنامه‌ریزی آموزشی به منظور 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

ج-۲- 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 تأمین 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 تأمین 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، زیست‌محیطی، ایمنی و ارائه خدمات به مشترکین
- ↔ کاهش، شفاف‌سازی و هدفمند کردن یارانه‌ها
- ↔ تصویب تعرفه‌های فروش برق

- ↔ تهیه و تصویب مقررات و آیین‌نامه‌ها 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 تأمین 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

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

برق و انرژی وزارت نیرو)

در معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو، دفتری تحت عنوان دفتر استانداردهای فنی و مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی شکل گرفته است که با رویکرد حاکمیتی و با بهره‌گیری از دستاوردهای گذشته، به این مهم بپردازد. به طور 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:

↔ تأثیرگذاری مثبت بر کیفیت زندگی مردم

↔ تأثیرگذاری 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 عالی و اعمال حاکمیت عبارت‌اند از: سیاست‌گذاری‌ها، برنامه‌ریزی‌های ملی، مقررات، استانداردها، ضوابط فنی، نقشه‌های راه فناوری، نظامنامه‌ها، آیین‌نامه‌ها، دستورالعمل‌ها، ایجاد شرایط مناسب ملی و بین‌المللی.

دفتر استانداردهای فنی و مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی، به عنوان یک دفتر از معاونت امور برق و انرژی، مسئولیت تدوین استانداردها و مقررات فنی، مدیریت ظرفیت‌سازی برای استقرار و تحقق و نیز نظارت بر اجرا و بهبود مداوم آن‌ها را، در تمامی موارد هشت‌گانه فوق، با اثرگذاری مستقیم و یا با واسطه، بر عهده دارد. ذکر این نکته ضروری است که دستیابی شهروندان، صنایع و سازمان‌ها به برق، الزاماً از طریق شبکه سراسری انجام نمی‌پذیرد 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

ج-۴- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو

وظایف حاکمیتی بخش برنامه‌ریزی و امور اقتصادی :

- ↔ مطالعات و آینده‌نگری همه‌جانبه شرایط محیطی و جهانی صنعت آب و برق
- ↔ تدوین برنامه دوربرد و راهبردی وزارت نیرو
- ↔ تلفیق برنامه‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت 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

ج-۵- 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 هیئت‌های امناء مراکز آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق
- ↔ مطالعه و بررسی مستمر فناوری‌های نوین اطلاعاتی مورد نیاز صنعت
- ↔ تدوین نظام ارتباطات به هنگام 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

ج-۶- دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی)

مأموریت اصلی این دفتر، توسعه آموزش، تحقیقات و فناوری در صنعت آب و برق بوده و اهم برنامه‌ها و وظایف مرتبط با این مأموریت 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

ج-۷- 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 میان‌مدت صنعت برق و ارائه آن به وزارت نیرو
- ↔ اجرای سیاست‌ها، برنامه‌ها و مصوبات وزارت نیرو
- ↔ تهیه طرح‌های لازم برای توسعه تأسیسات تولید، انتقال و توزیع برق و ارائه 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 پیش‌فروش 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 مورد نیاز صنعت برق کشور
- ↔ حمایت از توسعه فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در زمینه‌های تخصصی مرتبط با صنعت برق و پشتیبانی از برنامه‌های تربیت متخصصان مورد نیاز 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 زیرمجموعه 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

ج-۸- دفتر امور تحقیقات برق (توانیر)

شرح وظایف دفتر امور تحقیقات برق:

- ↔ حمایت، هدایت، راهبری مؤسسات و مراکز علمی و پژوهشی به منظور انجام تحقیقات و پژوهش‌های کاربردی در صنعت برق
- ↔ کمک به توسعه و رشد مراکز تحقیقاتی
- ↔ ترغیب مؤسسات 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 و استاندارد)
- ↔ نظارت عالی و راهبردی بر شرکت‌های زیرمجموعه
- ↔ تعامل با دستگاه‌ها و سازمان‌ها برای پیشبرد امور تحقیقات
- ↔ شناسایی پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های ارتقاء و بهبود فرایندهای پژوهش و تحقیقاتی در شرکت‌های موفق داخلی و خارجی (benchmark)
- ↔ تعامل با مرکز پژوهش ملی و بین‌المللی
- ↔ ظرفیت‌سازی در شرکت‌ها برای مدیریت بر انجام 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 زیرمجموعه 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

ج-۹- صندوق غیردولتی پژوهش و فناوری صنعت برق

این صندوق در تاریخ ۱۳۸۳/۱۱/۴ بر اساس مجوز ماده ۱۰۰ قانون برنامه سوم توسعه به صورت موسسه غیرتجاری تأسیس و تحت شماره ۱۷۷۱۳ به ثبت رسیده است. سرمایه صندوق توسط واحدهای فعال در زمینه‌های مختلف صنعت برق به شرح زیر تأمین 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 عبارت است از حمایت از فعالیتهای محققین و طرح‌های تحقیقاتی بخش غیردولتی صنعت برق به منظور دسترسی به موارد زیر:

- ← تولید و توسعه دانش فنی
- ← ارتقاء سطح فناوری
- ← جذب، انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های نوین جهان

انواع حمایت‌ها:

- ← اعطای تسهیلات اعتباری (به صورت عقود اسلامی) جهت اجرای طرح‌های تحقیقاتی
- ← اعطای یارانه 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 تأمین سرمایه خطرپذیر به منظور 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 نیمه‌صنعتی
- ↔ طرح‌های پژوهشی توسعه‌ای
- ↔ توسعه و بومی‌سازی فناوری‌های نوین

ج-۱۰- پژوهشگاه نیرو

پژوهشگاه نیرو به منظور تحقق بخشی از وظایف پژوهشی وزارت نیرو و نیز ارتقاء کیفی امور آن وزارتخانه، تأسیس گردید. پژوهشگاه نیرو سازمانی دولتی است که مسئولیت راهبری تحقیقات وابسته به صنعت برق و انرژی ایران را بر عهده دارد. پژوهشگاه نیرو در سال ۱۳۷۶ با اخذ مجوز سه پژوهشکده "برق"، "تولید نیرو" و "انتقال و توزیع نیرو" از شورای گسترش آموزش عالی به طور رسمی کار خود را آغاز و در سال ۱۳۷۷ با اخذ دو مجوز جدید پژوهشکده‌های "انرژی و محیط‌زیست" و "کنترل و مدیریت شبکه" را نیز به مجموعه خود افزود و در ادامه با ایجاد "مراکز شیمی و مواد"، توسعه فناوری توربین‌های بادی و "آزمایشگاه‌های مرجع" فعالیت‌های خویش را توسعه بخشید.

با توجه به نقش زیربنایی صنعت برق در رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور، پژوهشگاه نیرو با انجام پروژه‌های بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای به منظور پاسخگویی بهتر و بیشتر به نیازهای صنعت برق و رفع مشکلات آن و دستیابی به فناوری‌های نوین اقدام به تعریف پروژه برنامه استراتژیک خود هم‌راستا با خواسته‌ها و برنامه‌های استراتژیک وزارت نیرو و برنامه توسعه پنجم کشور نموده و در سال ۱۳۸۷ پس از تبیین بیانیه‌های مأموریت، چشم‌انداز و ارزش‌های سازمانی با تحلیل محیط داخلی و خارج و همچنین مطالعات تطبیقی در عرصه بین‌المللی استراتژی‌ها و اهداف پژوهشگاه را تدوین و در سال ۱۳۸۹ با استفاده از متدولوژی کارت امتیازی متوازن (BSC) با اجرای برنامه‌ها و دستیابی به اهداف کمی راه رسیدن به چشم‌انداز را هموار نموده است.

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

محصولات و خدمات این مأموریت تکمیل چرخه مدیریت نوآوری و فناوری صنعت برق و انرژی از طریق موارد زیر است.

- ↔ انجام تحقیقات توسعه‌ای و کاربردی و بنیادی در حوزه صنعت برق و انرژی
- ↔ اجرای مطالعات و تحقیقات راهبردی، کلان، بلندمدت و با ریسک بالای صنعت برق و انرژی
- ↔ مدیریت تحقیقات کاربردی و توسعه‌ای صنعت برق و انرژی

- ↔ آینده‌نگاری، سیاست‌پژوهی و برنامه‌ریزی فناوری‌های نوین در عرصه صنعت برق و انرژی
- ↔ اکتساب فناوری‌های نوین در عرصه صنعت برق و انرژی
- ↔ تجاری‌سازی نتایج تحقیقات و بکارگیری در صنعت برق و انرژی
- ↔ تهیه استانداردها و ارائه خدمات آزمایشگاهی و ارزیابی کیفیت تجهیزات و سیستم‌های صنعت برق و انرژی
- ↔ طراحی و توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز جهت ایجاد مراکز و شرکت‌های نوآور در حوزه صنعت برق و انرژی
- ↔ ایجاد و توسعه شبکه فناوری میان دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و قطب‌های علمی پژوهشی داخل و خارج کشور در حوزه صنعت برق و انرژی

ج-۱۱- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو):

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

- ↔ رفع مشکلات و نیازهای فنی صنعت برق کشور از طریق جذب، پذیرش و حمایت از شرکت‌های فناورانه 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
- ↔ روان‌سازی 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 کسب‌وکار بین‌المللی
- ↔ کمک به راه‌اندازی و مدیریت صندوق‌های حمایت مالی ریسک‌پذیری

ج-۱۲- معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری در ۱۵ بهمن سال ۱۳۸۵ به دستور ریاست‌جمهور وقت و با استناد به اصل ۱۲۴ قانون اساسی تشکیل گردید. معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری زیر نظر رئیس‌جمهور 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 عبارت‌اند 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 ریاست‌جمهوری عبارت‌اند 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 ریاست‌جمهوری عبارت‌اند از:

↔ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی تأمین منابع مالی در نظام علم، فناوری و نوآوری کشور

↔ هدف‌مندی، 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 دانش‌بنیان، 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

↔ توسعه‌ساز و کارهای سرمایه‌گذاری خطرپذیر و تأمین مالی لازم در اقتصاد دانش‌بنیان

↔ تحریک تقاضا، بازارسازی و تضمین بازار برای تولیدات داخلی و بازاریابی و صادرات کالاها و خدمات دانش‌بنیان

↔ رصد فرصت‌های بین‌المللی به منظور 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

ج-۱۳- مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست‌جمهوری

معاونت پژوهش و برنامه‌ریزی دفتر همکاری‌های فناوری ریاست‌جمهوری در سال ۱۳۷۷ جهت پاسخگویی به نیازهای دفتر در شش بخش پژوهش، برنامه‌ریزی و نظارت، حقوقی و قراردادهای، 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 مبنای تکنولوژی، تدوین مفاهیم و روش‌های مناسب انتقال تکنولوژی، مطالعه وضع موجود تکنولوژی‌های کشور، پیش‌بینی روند توسعه تکنولوژی‌های داخل کشور و سایر کشورها، بالأخص در زمینه تکنولوژی‌های مورد نیاز کشور، کمک به تشکیل و راه‌اندازی کانون‌های تحلیلی‌گری و ایجاد ارتباط با مجموعه‌های فکری موجود در داخل و خارج از کشور، ایجاد ارتباط بین محققین و تحلیلگران در عرصه تکنولوژی

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

وظایف و فعالیت‌های دفتر همکاری‌های فناوری ریاست‌جمهوری

← تسهیل و کمک به انجام پروژه‌های مشترک با شرکت‌های معتبر خارجی
 ← ارتباط با ایرانیان مقیم خارج از کشور و تبادل اطلاعات در زمینه فناوری‌های نوین

ج-۱۴- پارک‌های علم و فناوری

یک "پارک علمی" سازمانی است که به وسیله 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 سازمان‌یافته

↪ رشد و پرورش خلاقیت‌ها و ایجاد روحیه کارآفرینی در فارغ‌التحصیلان

↪ زمینه‌سازی مناسب جهت تجاری نمودن تحقیقات

وظایف پارک‌های علم و فناوری

↪ 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

ج-۱۵- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور

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

در صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور پروژه‌های تحقیقاتی مورد حمایت قرار می‌گیرند که بر اساس نیازها و مزیت‌های کشور توصیف شده باشند. انواع حمایت‌های مادی و معنوی از پژوهشگران و فناوران به صورت زیر می‌باشد:

↪ کمک به اجرای طرح‌های تحقیقاتی

↪ حمایت از دوره‌های پسادکتر

↪ حمایت از طرح‌های تحقیق و توسعه

↪ اعطای کرسی پژوهشی

↪ کمک به ثبت بین‌المللی اختراعات

↪ حمایت از ایجاد و توسعه زیرساخت‌های پژوهشی

↔ ثبت ایده‌ها و طرح‌ها (برخورداری صاحبان ایده‌ها و طرح‌ها از منافع حقوقی آن‌ها)

↔ گزنت

↔ کمک برای به ثمر رساندن نوآوری‌ها و خلاقیت‌های منجر به تولید

↔ و دیگر فعالیت‌های حمایتی

ج-۱۶- 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 فناورانه، 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:

↔ بیوتکنولوژی

↔ صنایع پایین‌دستی پتروشیمی مبتنی بر فناوری

↔ مواد پیشرفته

↔ نانو تکنولوژی

↔ تجهیزات و سیستم‌های پیشرفته الکترونیکی و مخابراتی

↔ تجهیزات پیشرفته پزشکی

↔ صنایع شیمیایی و فرایندی پیشرفته

ج-۱۷- 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 اثربخشی تحقیقات کشور و توسعه تحقیقات کاربردی با همکاری دستگاه‌های ذی‌ربط.
- اتخاذ تدابیر و تهیه پیشنهادهای لازم در خصوص انتقال فناوری و دانش فنی و برنامه‌ریزی به منظور بومی کردن فناوری‌های انتقال یافته به داخل کشور و ارائه 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 غیردولتی علمی، تحقیقاتی و فناوری
- اتخاذ راهکارهای مناسب برای کمک به توسعه پژوهش و فناوری در بخش‌های غیردولتی

↳ در زمینه اداره امور دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی تحت پوشش وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

- تعیین راهکارهای لازم و برنامه‌ریزی و حمایت از ایجاد و گسترش دانشگاه‌ها، مؤسسات 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 مؤسسات آموزش عالی و تحقیقاتی کشور

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

ج-۱۸- 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 اجرایی 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 اجرایی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های آموزشی و پژوهشی و فناوری
- ↔ بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری
- ↔ ارائه گزارش به مجلس شورای اسلامی: 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 گزارش‌های 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.

ج-۱۹- 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 بر عهده 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.

ج-۲۰-مجلس

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

← قانون‌گذاری

← نظارت

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

ج-۲۱-شورای عالی انقلاب فرهنگی

شورای عالی انقلاب فرهنگی به ریاست رئیس‌جمهور یکی از نهادهای حکومتی جمهوری اسلامی ایران است که پس از انقلاب ۱۳۵۷ ایران با فرمان امام خمینی(ره) 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 بر اساس 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.

ج-۲۲- 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 اظهارنظر مقایسه‌ای و صدور گواهینامه‌های لازم

فهرست مطالب

۱	فصل اول: فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق.....
۱-۱-۱	مقدمه.....
۱-۲-۱	نحوه تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی.....
۳-۱	تعریف شاخص‌های سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق.....
۲	فصل دوم: تدوین ساختار نظارت، به‌روزرسانی و مکانیزم ارزیابی.....
۱-۲-۱	ساختار نظارت و به‌روزرسانی.....
۱-۲-۱-۱	شرح وظایف کمیته آموزش و پژوهش.....
۱-۲-۱-۲	شرح وظایف کمیته تعامل با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی.....
۱-۲-۱-۳	کمیته ارتباط با قانون‌گذاران، سیاست‌گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها.....
۱-۲-۱-۴	شرح وظایف کمیته فنی-اقتصادی.....
۱-۲-۱-۵	شرح وظایف کمیته استاندارد.....
۱-۲-۱-۶	شرح وظایف کمیته حقوقی و مناقصات.....
۱-۲-۲	مکانیزم عملکرد.....
۳	نتیجه‌گیری.....
۱۷	مراجع.....

فهرست جداول

۲	جدول (۱-۱): شاخص شناسایی شده برای ارزیابی سطح تحقق چشم‌انداز سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق.....
۳	جدول (۲-۱): شاخص شناسایی شده برای ارزیابی میزان تحقق اهداف سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق.....
۳	جدول (۳-۱): شاخص شناسایی شده برای ارزیابی سطح اجرایی شدن اقدامات غیرفنی سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق.....
۵	جدول (۴-۱): شاخص شناسایی شده برای ارزیابی اقدامات فنی سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق.....

فصل اول: فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

۱-۱- مقدمه

در واقع می‌توان گفت که هدف اصلی از انجام ارزیابی از برنامه اجرا شده تعیین میزان اثرگذاری و موفقیت برنامه در رسیدن به اهداف، تعیین اصلاحات و تغییرات مورد نیاز برای اجرای برنامه در مقیاس بزرگ و استفاده از تجربیات اجرایی برای برنامه‌های مشابه در آینده می‌باشد. در این مرحله از سند در ابتدا شاخص‌های عملکردی و اثربخشی ارکان مختلف سند را مشخص کرده، تا بتوان با بررسی این شاخص‌ها در طول زمان میزان پیشرفت ارکان مختلف سند را تعیین نمود. در ادامه به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد. از این رو در مرحله دوم شناسایی منابع اطلاعاتی برای اندازه‌گیری شاخص‌ها بررسی شده و پس از آن به جمع‌آوری اطلاعات و مقایسه با معیارهای کمی تعیین شده پرداخته شده است.

۱-۲- نحوه تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

مرحله اول از ارزیابی سند شامل تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی بوده و قبل از اجرایی شدن سند راهبردی باید صورت پذیرد. در این مرحله به منظور ارزیابی ارکان مختلف سند (چشم‌انداز، اهداف و اقدامات) تعدادی شاخص تعریف می‌شود. پس از آغاز اجرایی شدن سند و تشکیل ستاد راهبری سند، منابع اطلاعاتی که می‌توان میزان شاخص‌ها را با کمک آن‌ها تعیین کرد، شناسایی شده و طی دوره‌های زمانی مشخص مقادیر شاخص‌ها اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل از آن مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت لزوم بازنگری‌های لازم صورت می‌پذیرد. در ادامه شاخص‌های سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق و نحوه دستیابی به آن‌ها پرداخته شده است.

شاخص در واقع استاندارد است که دستیابی به آن نشان‌دهنده نیل به مقصد می‌باشد. جزئیات شاخص‌ها تعیین‌کننده طرز اندازه‌گیری دامنه دستیابی به اهداف عینی در زمان‌های مختلف است. شاخص‌ها و اندازه‌گیری‌های آن‌ها می‌توانند کمی، کیفی و یا رفتاری باشند. شاخص‌ها همان ابزار نظارت بر پیشرفت سطوح راهبردی سند هستند که ناظر بر طبق آن‌ها میزان تحقق هر سطح را اندازه‌گیری و مشخص می‌نماید. از همین رو در تعیین شاخص‌ها باید به ابعاد مختلف سطوح راهبردی سند توجه داشت، به شکلی که پیشرفت امور بر اساس این شاخص‌ها تضمین‌کننده تحقق کامل اقدامات می‌باشد. در همین راستا باید شاخص‌های مشخص‌کننده ابعاد زیر باشند:

(الف) کمیت (چقدر)

(ب) کیفیت (چگونه)

(ج) زمان (چه موقع)

(د) محل (کجا)

لازم به ذکر است که در برخی از شاخص‌ها ممکن است ابعاد چهارگانه فوق قابل تعریف نباشند، به عنوان مثال ممکن است محل در مورد یک شاخص فنی تعریف‌پذیر نباشد که در این حالت از بررسی این بعد خاص صرف‌نظر می‌شود. در تعریف شاخص‌ها باید ویژگی‌های زیر را در نظر گرفت:

(الف) اساسی بودن: یعنی جنبه اساسی یک سطح خاص را منعکس نماید.

(ب) واقعی بودن: هر شاخص باید منعکس‌کننده یک واقعیت (نه تصور ذهنی) بوده و برای همگان مفهوم واحدی را القا نماید.

(ج) قابل قبول بودن: باید امکان تغییرات شاخص به تحقق یا عدم تحقق مقصود وجود داشته باشد.

(د) مبتنی بر داده‌های قابل کسب بودن: داده‌های لازم برای اندازه‌گیری شاخص باید در دسترس باشد.

۳-۱- تعریف شاخص‌های سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

با توجه به موارد مطرح شده، در این بخش شاخص‌ها در دو سطح کلان و خرد طراحی شده‌اند. با پیمایش شاخص‌های کلان می‌توان تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان را بررسی کرده و با تعریف شاخص‌های خرد در سطح اقدامات می‌توان میزان تحقق اقدامات را ارزیابی نمود. در ادامه شاخص‌های تعیین شده برای بررسی تحقق چشم‌انداز، اهداف، اقدامات غیرفنی، پروژه‌های فنی به ترتیب در جدول (۱-۱) تا (۵-۱) ارائه شده است.

جدول (۱-۱): شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی سطح تحقق چشم‌انداز سند راهبردی توسعه فناوری‌های

ابررسانا در صنعت برق

معیار ارزیابی	شاخص	ردیف
دستیابی به دانش فنی ساخت و بهره‌برداری تجهیزات مبتنی بر فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق	وضعیت دانش فنی ساخت تجهیزات مبتنی بر فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق	۱

جدول (۱-۲): شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی میزان تحقق اهداف سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

ردیف	هدف	شاخص	معیار ارزیابی
۱	دستیابی به سیستم تولید پیوسته سیم و نوار ابررسانا در مقیاس صنعتی	وضعیت دستیابی به سیستم تولید پیوسته سیم و نوار ابررسانا در مقیاس صنعتی	راه‌اندازی یک سیستم صنعتی تولید سیم ابررسانا به صورت پیوسته
۲	تحقیق و پژوهش در خصوص ترانسفورماتور ابررسانا	وضعیت طراحی، ساخت و راه‌اندازی ترانس ابررسانا	طراحی، ساخت و راه‌اندازی دو ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی (۲۰/۰/۴ kV - ۵۰ kVA و ۲۰/۰/۴ MVA - ۲۰/۰/۴ kV)
۳	تحقیق و پژوهش در خصوص کابل ابررسانا در کشور و استفاده از آن در شبکه انتقال و توزیع برق	میزان کابل ابررسانای تولید شده در کشور	تولید ۱۰۰ متر کابل ابررسانا در کشور
۴	تحقیق و پژوهش در خصوص سیستم محدودساز جریان خطای ابررسانا در کشور	وضعیت طراحی، ساخت و راه‌اندازی سیستم محدودساز جریان خطای ابررسانا در کشور	طراحی، ساخت و راه‌اندازی محدودساز جریان خطای ابررسانا ۲۰ (توزیع) و ۶۳ kV (فوق توزیع) در کشور
۵	تحقیق و پژوهش در خصوص سیستم ذخیره‌ساز انرژی مبتنی بر فناوری ابررسانا در کشور	وضعیت طراحی سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در کشور	طراحی و ساخت ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه‌صنعتی (۱MJ)
۶	تحقیق و پژوهش در زمینه دستیابی به نسل بعدی (سوم) سیم‌های ابررسانا	تعداد تحقیقات انجام شده در زمینه دستیابی به نسل بعدی سیم‌های ابررسانا	۲ طرح تحقیقاتی در سال
۷	ارتقای جایگاه علمی کشور در حوزه به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا	جایگاه علمی کشور در حوزه به‌کارگیری فناوری‌های ابررسانا	دستیابی به جایگاه اول بین کشورهای منطقه

جدول (۱-۳): شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی سطح اجرایی شدن اقدامات غیرفنی سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق

ردیف	اقدام غیرفنی	شاخص	معیار ارزیابی
۱	حمایت از انجام پایان‌نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه ابررسانا به شکل کمک‌های مالی و ارائه خدمات آزمایشگاهی	تعداد پایان‌نامه‌ها و مقالات حمایت شده در هر سال	طبق موارد ذکر شده در شناسنامه اقدامات فاز پنجم
۲	ایجاد و به‌روزرسانی یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده توسط آن‌ها در این بانک اطلاعاتی	وضعیت راه‌اندازی بانک اطلاعاتی مورد نیاز برای استفاده پژوهشگران این حوزه و به اشتراک گذاشتن دانش تولید شده در آن‌ها	ایجاد یک بانک اطلاعاتی مناسب با مشخصات ذکر شده
۳	ایجاد سامانه اتصال آنلاین دانشگاه‌ها و مراکز	وضعیت راه‌اندازی سامانه اتصال آنلاین	ایجاد یک سامانه اتصال

ردیف	اقدام غیرفنی	شاخص	معیار ارزیابی
	تحقیقاتی مختلف این حوزه به یکدیگر	دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی مختلف به یکدیگر	آنلاین با ویژگی‌های ذکر شده
۴	ایجاد انجمن‌های دانشی در ارتباط با فناوری‌های ابررسانا در کشور	تعداد انجمن‌های دانشی مورد حمایت در سال	حمایت از ۴ انجمن دانشی توانا
۵	جذب و پذیرش واحدهای تحقیقاتی در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن دانش به دست آمده در حوزه ابررسانا	تعداد واحدهای تحقیقاتی حمایت شده در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن فناوری‌های ابررسانا	حمایت مالی از ۵ مرکز تحقیقاتی در سال
۶	رایزنی با دستگاه‌های ذی‌ربط جهت افزایش ارتباطات میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی و شرکت‌های معتبر کشورهای پیشرو جهت انتقال فناوری‌های به‌کارگیری مواد ابررسانا در تجهیزات صنعت برق	وضعیت تصویب قانون همراهی نماینده ابررسانا در سفرهای خارجی وزیر نیرو	تصویب قانون همراهی نماینده ابررسانا در سفرهای خارجی وزیر نیرو
۷	تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه فناوری‌های ابررسانا میان دانشگاه‌ها و صنعت برق	تعداد طرح‌های توسعه ابررسانا تعریف شده مابین صنعت و دانشگاه	ارائه پیشنهاد انجام حداقل ۳ طرح توسعه ابررسانا توسط صنایع مرتبط به دانشگاه‌ها در هر سال
۸	تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه فناوری‌های ابررسانا	تعداد شماره‌های منتشر شده نشریه تخصصی در حوزه فناوری‌های ابررسانا	انتشار ۲ شماره در سال
۹	تهیه و چاپ مجله حاوی اطلاعاتی در رابطه با فعالیت‌ها و دستاوردهای دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقات مختلف در حوزه ابررسانا	تعداد شماره‌های منتشر شده مجله با ویژگی‌های ذکر شده	انتشار ۲ شماره در سال
۱۰	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مرتبط جهت ارائه آخرین دستاوردها در حوزه ابررسانا	تعداد نمایشگاه‌های تخصصی برگزار شده در سال	برگزاری یک نمایشگاه در سال
۱۱	برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی برای صنایع مرتبط با حوزه ابررسانا	تعداد دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی برگزار شده در سال	۵ دوره آموزشی در سال
۱۲	تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا	وضعیت قوانین گمرکی در رابطه با مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا	بازنگری و اصلاح قوانین گمرکی در رابطه با مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا
۱۳	تدوین و اجرای آیین‌نامه حمایت مالی از مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها	میزان کمک مالی به مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها برای تأمین نیازهای تحقیقاتی	۸۰ میلیون تومان در سال
۱۴	اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه صنعتی‌سازی	تعداد متخصصان اعزام شده به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور در سال	۵ نفر در هر سال

ردیف	اقدام غیرفنی	شاخص	معیار ارزیابی
	فناوری‌های ابررسانا		
۱۵	تدوین و اجرای اساسنامه حمایت از تشکیل و فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه ابررسانا	تعداد شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در حوزه ابررسانا	حداقل ۴ شرکت در هر سال
۱۶	تدوین و اجرای آیین‌نامه به‌کارگیری نیروهای متخصص و کارآمد حوزه ابررسانایی در صنایع مرتبط	تعداد نیروهای متخصص استخدام شده در هر سال توسط صنایع مرتبط برای فعالیت در حوزه ابررسانا	۲ نفر در هر سال
۱۷	ایجاد یک شبکه آزمایشگاهی مجهز مربوط به حوزه ابررسانا ارائه‌دهنده خدمات به بازیگران فعال در این حوزه	وضعیت راه‌اندازی شبکه آزمایشگاهی مجهز مربوط به حوزه ابررسانا	راه‌اندازی یک شبکه آزمایشگاهی مجهز
۱۸	تدوین استانداردها و شاخص‌هایی برای ارزیابی مواد ابررسانا و تجهیزات مبتنی بر مواد ابررسانا در کشور	وضعیت تدوین مرجع جامع ابررسانا در کشور	تهیه یک کتاب مرجع شامل استانداردها و شاخص‌هایی برای ارزیابی مواد و تجهیزات ابررسانا در کشور
۱۹	تأسیس ستاد ابررسانایی در کشور جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات	وضعیت تأسیس ستاد ابررسانایی در کشور و توانایی آن در جهت‌دهی به فعالیت‌ها	تأسیس ستاد ابررسانایی در کشور به عنوان تنها متصدی جهت‌دهی به فعالیت‌های ابررسانایی کشور
۲۰	تهیه و تدوین نقشه‌راه ابررسانایی کشور	وضعیت تدوین نقشه‌راه ابررسانایی کشور	تهیه سند راهبردی توسعه ابررسانا و نقشه‌راه آن در سطح ملی

جدول (۱-۴): شاخص‌های شناسایی شده برای ارزیابی اقدامات فنی سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت

برق

ردیف	اقدام فنی	شاخص	معیار
۱	تسلط به دانش فنی ساخت (سنتز) پودرهای ابررسانا دما بالا	وضعیت دانش فنی تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس صنعتی	راه‌اندازی یک سیستم تولید پودر ابررسانا در مقیاس صنعتی
۲	تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی) سیم و نوار ابررسانای دما بالا	وضعیت دانش فنی طراحی و ساخت سیم و نوار ابررسانای دما بالا	راه‌اندازی حداقل یک سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای در مقیاس صنعتی
۳	تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی (آزمایشگاهی، نیمه‌صنعتی و صنعتی) در دمای پایین جهت استفاده در تجهیزات با اولویت مبتنی بر ابررسانا	وضعیت دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی جهت استفاده در تجهیزات با اولویت مبتنی بر ابررسانا	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی حداقل یک نمونه از هر یک از تجهیزات با اولویت (کابل، ترانسفورماتور، ذخیره‌ساز انرژی و محدود ساز) در مقیاس نیمه‌صنعتی

ردیف	اقدام فنی	شاخص	معیار
			طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی حداقل یک نمونه از هر یک از تجهیزات با اولویت (کابل، ترانسفورماتور، ذخیره‌ساز انرژی و محدود ساز) در مقیاس صنعتی
۴	تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) کابل ابررسانا (تک‌فاز و سه‌فاز)	وضعیت دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی جهت استفاده در تجهیزات با اولویت مبتنی بر ابررسانا	طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز و سه‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی طراحی و ساخت ۱۰۰ متر کابل ابررسانا تک‌فاز و سه‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)
۵	تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) محدودساز جریان خطای ابررسانا	وضعیت دانش فنی طراحی و ساخت محدودساز جریان خطای ابررسانا در کشور	طراحی و ساخت یک سیستم محدودساز جریان خطای ابررسانا در رده ۲۰ kV (توزیع) طراحی و ساخت یک سیستم محدودساز جریان خطای ابررسانا در رده ۶۳ kV (توزیع)
۶	تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت (آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی) ترانسفورماتور ابررسانا	وضعیت دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا در کشور	طراحی و ساخت یک ترانسفورماتور ابررسانا ۲۰/۰/۴ kV - ۵۰ kVA طراحی و ساخت یک ترانسفورماتور ابررسانا ۲۰/۰/۴ kV - ۲ MVA
۷	تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا	وضعیت دانش فنی طراحی سیستم ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا	طراحی و ساخت یک سیستم ذخیره‌ساز انرژی ۱ MJ ابررسانا

جدول (۱-۵): شاخص‌های شناسایی شده برای ارزیابی پروژه‌های فنی سند راهبردی توسعه فناوری‌های ابررسانا در

صنعت برق

ردیف	پروژه‌های فنی	شاخص	معیار
۱	طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس نیمه‌صنعتی	وضعیت طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس نیمه‌صنعتی	طراحی و ساخت حداقل یک سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس نیمه‌صنعتی
۲	طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس صنعتی	وضعیت طراحی و ساخت سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس صنعتی	طراحی و ساخت حداقل یک سیستم تولید پودرهای ابررسانای دما بالا در مقیاس صنعتی
۳	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل اول (دما بالا) در مقیاس نیمه‌صنعتی	وضعیت راه‌اندازی سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل اول در مقیاس نیمه‌صنعتی	طراحی، ساخت و راه‌اندازی سیستم تولید سیم و نوار ابررسانای نسل اول در مقیاس نیمه‌صنعتی
۴	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار	وضعیت راه‌اندازی سیستم تولید سیم و نوار	طراحی، ساخت و راه‌اندازی سیستم

ردیف	پروژه‌های فنی	شاخص	معیار
	ابرسانای نسل دوم (دما بالا) در مقیاس نیمه‌صنعتی	نوار ابرسانای نسل دوم در مقیاس نیمه‌صنعتی	تولید سیم و نوار ابرسانای نسل دوم در مقیاس نیمه‌صنعتی
۵	طراحی و ساخت کوره تولید پیوسته قابل کنترل	وضعیت ساخت کوره تولید پیوسته قابل کنترل	طراحی و ساخت کوره تولید پیوسته قابل کنترل در مقیاس صنعتی
۶	طراحی و ساخت سیستم شکل‌دهی و جوش لیزری تیوب نقره	وضعیت طراحی و ساخت سیستم شکل‌دهی و جوش لیزری تیوب نقره	طراحی و ساخت سیستم شکل‌دهی و جوش لیزری تیوب نقره در مقیاس صنعتی
۷	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابرسانای نسل اول (دما بالا) بصورت پیوسته در مقیاس صنعتی	تعداد واحدهای راه‌اندازی شده برای تولید سیم و نوار ابرسانای نسل اول در مقیاس صنعتی	راه‌اندازی حداقل یک سیستم تولید سیم و نوار ابرسانای نسل اول در مقیاس صنعتی
۸	طراحی و ساخت سیستم پوشش‌دهی نوار نقره	وضعیت طراحی و ساخت سیستم پوشش‌دهی نوار نقره در مقیاس صنعتی	طراحی و ساخت سیستم پوشش‌دهی نوار نقره در مقیاس صنعتی
۹	طراحی و ساخت سیستم تولید سیم و نوار ابرسانای نسل دوم (دما بالا) بصورت پیوسته در مقیاس صنعتی	تعداد واحدهای راه‌اندازی شده برای تولید سیم و نوار ابرسانای نسل دوم در مقیاس صنعتی	راه‌اندازی حداقل یک سیستم تولید سیم و نوار ابرسانای نسل دوم در مقیاس صنعتی
۱۰	طراحی و ساخت سیستم عایق‌بندی الکتریکی سیم و نوار ابررسانا	وضعیت ساخت و راه‌اندازی سیستم عایق‌بندی الکتریکی سیم و نوار ابررسانا	راه‌اندازی حداقل یک سیستم عایق‌بندی الکتریکی سیم و نوار ابررسانا
۱۱	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	طراحی و ساخت حداقل یک سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی دارای ویژگی‌های ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۱۲	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی	طراحی و ساخت حداقل یک سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی دارای ویژگی‌های ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۱۳	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس صنعتی	وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس صنعتی	طراحی و ساخت حداقل یک سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در کابل ابررسانا در مقیاس صنعتی دارای ویژگی‌های ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۱۴	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس	وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا	طراحی و ساخت حداقل یک سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در

ردیف	پروژه‌های فنی	شاخص	معیار
	آزمایشگاهی	در مقیاس آزمایشگاهی	مقیاس آزمایشگاهی دارای ویژگی‌های ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۱۵	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی	طراحی و ساخت سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی دارای ویژگی‌های ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۱۶	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی	وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی	طراحی و ساخت حداقل یک سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس صنعتی دارای ویژگی‌های ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۱۷	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	طراحی و ساخت حداقل یک سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی دارای ویژگی‌های ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۱۸	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی	طراحی و ساخت یک سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی دارای ویژگی‌های ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۱۹	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس صنعتی	وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس صنعتی	طراحی و ساخت حداقل یک سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس صنعتی دارای ویژگی‌های ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۲۰	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	طراحی و ساخت یک سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی دارای ویژگی‌های ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۲۱	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و	وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های	طراحی و ساخت سیستم خنک‌کن و

ردیف	پروژه‌های فنی	شاخص	معیار
	عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی	خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی	عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس نیمه صنعتی دارای ویژگی‌های ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۲۲	طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس صنعتی	وضعیت طراحی و ساخت سیستم‌های خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس صنعتی	طراحی و ساخت حداقل یک سیستم خنک‌کن و عایق‌بندی در دمای پایین جهت استفاده در ذخیره‌ساز انرژی ابررسانا در مقیاس صنعتی دارای ویژگی‌های ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۲۳	شبیه‌سازی کابل ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux	گزارش حاصل از شبیه‌سازی کابل ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux	تدوین گزارش حاوی تمام معیارهای ارزش‌یابی ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۲۴	طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی	طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی
۲۵	طراحی و ساخت کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)	میزان کابل ابررسانا تک‌فاز تولید شده در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)	طراحی و ساخت ۱۰۰ متر کابل ابررسانا تک‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)
۲۶	طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی	طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس آزمایشگاهی
۲۷	طراحی و ساخت کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)	میزان کابل ابررسانا سه‌فاز تولید شده در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)	طراحی و ساخت ۱۰۰ متر کابل ابررسانا سه‌فاز در مقیاس نیمه‌صنعتی (۲۰ kV)
۲۸	شبیه‌سازی محدودساز جریان خطای ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux	گزارش حاصل از شبیه‌سازی محدودساز جریان خطای ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم‌افزار Flux	تدوین گزارش حاوی تمام معیارهای ارزش‌یابی ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۲۹	طراحی و ساخت محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت طراحی و ساخت محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	طراحی و ساخت یک محدودساز جریان خطای ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۳۰	طراحی و ساخت محدودساز جریان خطای ابررسانا در رده ۲۰ kV (توزیع)	تعداد محدودساز جریان خطای ابررسانا تولید شده در رده ۲۰ kV (توزیع)	طراحی و ساخت یک سیستم محدودساز جریان خطای ابررسانا در رده ۲۰ kV (توزیع)
۳۱	طراحی و ساخت محدودساز جریان خطای ابررسانا در رده ۶۳ kV (فوق توزیع)	تعداد محدودساز جریان خطای ابررسانا تولید شده در رده ۶۳ kV (فوق توزیع)	طراحی و ساخت یک سیستم محدودساز جریان خطای ابررسانا در رده ۶۳ kV (فوق توزیع)
۳۲	شبیه‌سازی ترانسفورماتور ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از	گزارش حاصل از شبیه‌سازی ترانسفورماتور ابررسانا برای تعیین	تدوین گزارش حاوی تمام معیارهای ارزش‌یابی ذکر شده در شناسنامه تدوین

ردیف	پروژه‌های فنی	شاخص	معیار
	نرم افزار Flux	شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم افزار Flux	شده طرح
۳۳	طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	طراحی و ساخت یک ترانسفورماتور ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۳۴	طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا ۲۰/۰/۴ kV – ۵۰ kVA	تعداد ترانسفورماتور ابررسانا تولید شده ۲۰/۰/۴ kV – ۵۰ kVA	طراحی و ساخت یک سیستم ترانسفورماتور ابررسانا ۲۰/۰/۴ kV – ۵۰ kVA
۳۵	طراحی و ساخت ترانسفورماتور ابررسانا ۲۰/۰/۴ kV – ۲ MVA	تعداد ترانسفورماتور ابررسانا تولید شده ۲۰/۰/۴ kV – ۲ MVA	طراحی و ساخت یک سیستم ترانسفورماتور ابررسانا ۲۰/۰/۴ kV – ۲ MVA
۳۶	شبیه سازی ذخیره ساز انرژی ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم افزار Flux	گزارش حاصل از شبیه سازی ذخیره ساز انرژی ابررسانا برای تعیین شرایط بهینه عملیاتی با استفاده از نرم افزار Flux	تدوین گزارش حاوی تمام معیارهای ارزش یابی ذکر شده در شناسنامه تدوین شده طرح
۳۷	طراحی و ساخت ذخیره ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت طراحی و ساخت ت ذخیره ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی	طراحی و ساخت یک ذخیره ساز انرژی ابررسانا در مقیاس آزمایشگاهی
۳۸	طراحی و ساخت یک سیستم ذخیره ساز انرژی ۱ MJ ابررسانا	تعداد ذخیره ساز انرژی ۱ MJ ابررسانا تولید شده	طراحی و ساخت یک سیستم ذخیره ساز انرژی ۱ MJ ابررسانا

فصل دوم: تدوین ساختار نظارت، به‌روزرسانی و مکانیزم ارزیابی

۱-۲- ساختار نظارت و به‌روزرسانی

همان‌طور در مقدمه اشاره شد، به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی مختلف تعریف شده برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد. از سوی دیگر با توجه به اینکه نقشه‌راه یک سند زنده و پویا است، ضرورت دارد در بازه‌های زمانی مشخصی به بازنگری و به‌روزرسانی این سند پرداخته شود، از این رو باید برنامه‌ریزی لازم جهت انجام این بازنگری‌ها نیز مشخص خواهد شود. در ادامه فرایند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق، مکانیزم ارزیابی، ساختار نظارت و به‌روزرسانی سند توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق ارائه شده است.

به منظور تحقق اهداف سند لازم است ساز و کاری اندیشیده شده و ساختار نظارتی برای آن تعیین گردد. وزارت نیرو وظیفه سیاست‌گذاری کلان، هماهنگی و نظارت کلان بر اجرای این سند را بر عهده دارد. مرکز ملی توسعه فناوری‌های ابررسانا بر نحوه اجرای این سند نظارت می‌کند و بازنگری‌های لازم در سند انجام داده و گزارش کلان مربوطه را در فواصل زمانی مشخص به وزارت نیرو ارائه خواهد نمود. این مرکز (ستاد) با ایجاد ساز و کارهای لازم و استفاده از نهادهای مختلف، ضمن انجام تصمیم‌گیری‌های لازم، وظیفه نظارت بر تحقق اهداف سند و ارزیابی پیشرفت کار را بر عهده دارد. از جمله وظایف اصلی این ستاد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

↔ سیاست‌گذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی لازم برای توسعه فناوری‌های

ابررسانا در صنعت برق

↔ نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند

↔ پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

↔ بررسی طرح‌ها و برنامه‌های بخشی و فرابخشی، و نظارت بر اجرای صحیح اقدامات

↔ تصمیم‌گیری برای تخصیص بودجه‌ها به پروژه‌های اجرایی

مرکز ملی توسعه فناوری‌های ابررسانا در پژوهشگاه نیرو تشکیل می‌شود و اعضای اصلی آن عبارتند از:

- نماینده معاون وزیر نیرو در بخش برق و انرژی
- نماینده معاون وزیر نیرو در امور تحقیقات و منابع انسانی
- مدیرعامل توانیر
- معاونت پژوهشی پژوهشگاه نیرو
- معاونت فناوری پژوهشگاه نیرو
- سه نفر از صاحب‌نظران و خبرگان حوزه فناوری‌های ابررسانا از دانشگاه‌های برتر کشور با حکم رئیس مرکز

- سه نفر از نمایندگان صنایع مرتبط شامل راه و ترابری، پزشکی و صنعت برق
- دو نفر از نمایندگان سندیکای صنعت برق ایران در حوزه‌های مرتبط با حکم رئیس مرکز
- دبیر مرکز به انتخاب رئیس مرکز

جهت انجام وظایف در نظر گرفته شده برای ستاد، لازم است کمیته‌های تخصصی در ستاد تشکیل گردد، که هر کمیته

وظیفه رسیدگی به یکی از حوزه‌های مورد نظر ستاد را بر عهده دارند. این کمیته‌ها عبارتند از:

- کمیته آموزش و پژوهش
- کمیته ارتباط با قانون‌گذاران، سیاست‌گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها
- کمیته تعامل با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی
- کمیته فنی-اقتصادی
- کمیته استاندارد
- کمیته حقوقی و مناقصات

در ادامه شرح وظایف هر کدام از کمیته‌ها آورده شده است:

۲-۱-۱- شرح وظایف کمیته آموزش و پژوهش

- نیازسنجی و برنامه‌ریزی آموزشی برای توسعه دانش فنی ساخت و بهره‌برداری از تجهیزات مبتنی بر فناوری‌های ابررسانا
- پایش و ارزیابی مستمر وضعیت دانش فنی موجود در حوزه ابررسانا
- حمایت از برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی و نمایشگاه‌های تخصصی
- تدوین برنامه جامع جهت‌دهی به فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نظارت بر اجرای آن
- ایجاد ارتباط بین دانشگاه‌ها و مراکز علمی-تحقیقاتی مختلف فعال در حوزه ابررسانا
- حمایت از انتشار نشریه تخصصی و مجله ابررسانایی
- تسهیل ارتباط با انجمن‌های بین‌المللی صنعت ابررسانا جهت آگاهی از آخرین دستاوردهای این حوزه
- زمینه‌سازی همکاری میان شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی داخلی با شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر خارجی
- پیگیری فرآیند راه‌اندازی و بروزرسانی سایت ابررسانایی و سامانه اتصال آنلاین بازیگران این حوزه

۲-۱-۲- شرح وظایف کمیته تعامل با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی

- شناسایی دانشگاه‌ها و مراکز فعال در حوزه ابررسانا و کمک به رفع آن‌ها و پیگیری موانع قانونی
- پایش و ارزیابی مستمر توانمندی بازیگران فعال حوزه ابررسانا

- کمک به تأمین مواد و تجهیزات مورد نیاز برای تحقیق و توسعه در حوزه ابررسانا
- ارزیابی عملکرد بازیگران حوزه ابررسانا در قبل، حین و بعد از انجام پروژه‌ها
- ارائه سیستم جامع ارزیابی مجریان طرح‌ها و پروژه‌های و نظارت بر صحت انجام کار
- ایجاد سیستم یکپارچه‌ای از اطلاعات مورد نیاز مجریان طرح‌ها برای تسریع فرآیندهای طراحی و ساخت

۲-۱-۳- کمیته ارتباط با قانون‌گذاران، سیاست‌گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها:

- رایزنی با نهادهای دولت جهت انجام اصلاحات مورد نیاز در قوانین و مقررات مرتبط
- رایزنی با نهادهای سیاست‌گذار جهت ارائه تسهیلات گمرکی برای تبادل تجهیزات مورد نیاز توسعه ابررسانا با خارج از کشور
- رایزنی با نهادهای سیاست‌گذار افزایش سرمایه‌گذاری دولت به سرمایه‌گذاری در حوزه صنعتی‌سازی فناوری‌های ابررسانا
- ارتباط با وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به منظور افزایش حمایت از تحقیق و توسعه در زمینه ابررسانا

۲-۱-۴- شرح وظایف کمیته فنی-اقتصادی

- حمایت از محققان داخلی برای انجام پروژه‌ها در عرصه جهانی
- کمک به تجهیز و راه‌اندازی مرکز آزمایشگاهی مجهز
- تعیین مدیر و کارشناسان توانا برای فعالیت در مرکز آزمایشگاهی ایجاد شده
- تعیین تعرفه‌های استفاده از تجهیزات مختلف مرکز آزمایشگاهی توسط دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی
- ارزیابی عملکرد مرکز آزمایشگاهی در ارائه خدمات به بازیگران مختلف
- تعیین حوزه‌های با اولویت حوزه ابررسانا
- ارزیابی محققین داخلی در حین و بعد از انجام پروژه‌های طراحی و ساخت
- ارزیابی کیفیت انجام مطالعات فنی-اقتصادی تعریف شده برای تجهیزات مختلف

تبصره ۱: مصوبات یاد شده در چارچوب این سند و ابلاغ رئیس ستاد برای کلیه دستگاه‌های مرتبط لازم الاجرا می‌باشد.

تبصره ۲: ستاد راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و ساز و کارهای نهادی ذی‌ربط، از طریق مراجع ذیصلاح گردش کار را انجام خواهد داد.

تبصره ۳: با توجه به روند سریع تحولات لازم است در صورت تشخیص ستاد راهبری سند مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار گیرد.

۲-۱-۵- شرح وظایف کمیته استاندارد:

- نظارت بر انتخاب مشاورین مناسب برای تهیه استانداردهای مربوطه

- نظارت بر انجام پروژه‌های تهیه و تدوین استاندارد در حوزه ابررسانایی
- مشاوره و تأیید نهایی استانداردها و تدوین آن‌ها برای استفاده
- نظارت بر رعایت شدن استانداردها در اجرای پروژه‌های ساخت مواد ابررسانا و تجهیزات مبتنی بر آن

۲-۱-۶- شرح وظایف کمیته حقوقی و مناقصات

- تهیه و به‌روزرسانی بانک اطلاعاتی روزانه مناقصات در حوزه ابررسانا
- تهیه جداول اطلاعات مناقصات به صورت ماهانه و ارسال آن به اعضای انجمن با هدف اطلاع‌رسانی و شفاف‌سازی در این حوزه
- تهیه قراردادهای مختلف برای انجام پروژه‌ها
- فعالیت در جهت اصلاح شرایط عمومی و خصوصی پیمان
- پیگیری موردی مشکلات و مسائل مربوط به مناقصات و پروژه‌هایی که از سوی اعضای محترم به این کمیته ارجاع داده خواهد شد به منظور برطرف کردن نواقص احتمالی و یا احقاق حق از اعضا
- پیگیری و ایجاد جایگاه حقوقی مناسب برای انجمن از طریق ذیل
 - درخواست و پیگیری از قوه قضاییه جهت پذیرش نیاز و به تبع آن آموزش و ایجاد مدرک کارشناس رسمی دادگستری در صنعت انتقال برق کشور
 - سازمان‌دهی، برنامه‌ریزی و پیگیری جهت طرح مشکلات حقوقی مشابه و مشترک پیمان‌های جاری شرکت‌های عضو با کارفرمای مشترک و یا کارفرماهای متفاوت

۲-۲- مکانیزم عملکرد

با توجه به وظایف مطرح شده برای این کمیته‌ها، باید مکانیزمی برای انجام فعالیت‌های ارزیابی در نظر گرفته شود. همان‌طور که اشاره شد، از جمله وظایف اصلی اعضای مرکز ملی فناوری ابررسانا نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند و پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد. لذا اعضای مرکز جهت انجام وظایف در نظر گرفته شده می‌بایست جلسات منظم (۳ ماه یک‌بار) برگزار کرده و در فاصله بین جلسات از طریق همکاری و اخذ آمار و گزارش‌ها از دستگاه‌های متولی حوزه‌های مرتبط شاخص‌های تعیین شده را ارزیابی کرده و پس از نهایی‌سازی و تلفیق آن‌ها گزارش آن را در دوره‌های زمانی ۳ ماهه به وزارت نیرو اعلام نماید.

اعضای مرکز موظف‌اند طبق نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌ها، اقدامات لازم را جهت اطمینان از تحقق سند در افق ۱۰ ساله، اتخاذ کنند. ستاد راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و ساز و کارهای نهادی ذی‌ربط، از طریق مراجع ذیصلاح گردش کار را انجام خواهد داد.

همچنین مرکز موظف است فناوری‌های مرتبط و در حال توسعه مرتبط با حوزه فناوری‌های ابررسانا را رصد کند و گزارش آن را در انتهای سال‌های ۹۵ و ۹۸ به وزارت نیرو ارائه نماید. بر اساس مطالعات انجام شده مشخص می‌شود که اساسی‌ترین و مهم‌ترین شاخص‌های که تعیین سطح پیشرفت و موفقیت طرح را می‌توان بر مبنای آن ارزیابی نمود شاخص‌های مربوط به پروژه‌های فنی است. شاخص پروژه‌ها به دو لیل دارای اهمیت بوده و به عنوان شاخص‌های اساسی اجرای سند در نظر گرفته شده‌اند. (۱) تدوین بیانیه چشم‌انداز، اهداف، راهبردها، اقدامات و پروژه‌های فنی در امتداد یکدیگر بوده و انجام کامل پروژه‌ها سبب اجرای اقدامات و اجرای اقدامات سبب تحقق کامل اهداف و چشم‌انداز سند می‌شود. (۲) انجام صحیح و کامل پروژه‌های فنی بدون اجرای دقیق اقدامات مدیریتی امکان‌پذیر نیست از این رو تحقق معیارهای مربوط به انجام پروژه‌های فنی تصدیق‌کننده اجرای درست اقدامات مدیریتی است.

از سوی دیگر با توجه به نقشه‌راه ترسیم شده برای انجام اقدامات و پروژه‌های فنی در صورت عدم بروز تغییر در سیاست‌های کلان وزارت نیرو، روند تحولات و نیز وضعیت پیشرفت و اجرای سند باید در انتهای سال‌های ۹۵ و ۹۸ بررسی شود. بر اساس بررسی صورت گرفته در این دو دوره و میزان تحقق معیارهای تعریف شده برای انجام پروژه‌های فنی، اقدامات مورد نیاز برای بازبینی و یا تجدیدنظر در سند راهبردی تدوین شده تعیین می‌گردد. نحوه بازبینی و یا تجدیدنظر سند در حالت‌های مختلف در جدول (۱-۲) مشخص شده است.

جدول (۱-۲): رویکرد مناسب در راستای بازبینی و تجدیدنظر در سند تدوین شده بر اساس تحقق معیارهای مربوط به اجرای پروژه‌های فنی تعیین شده.

میزان تحقق معیارهای تعریف شده برای انجام پروژه‌های فنی	۰-۳۰ درصد	۳۰-۷۰ درصد	۷۰-۹۰ درصد	بالای ۹۰ درصد
اقدامات مورد نیاز برای بازبینی و یا تجدیدنظر	تجدیدنظر	بازبینی	بازبینی مختصر	نیاز به بازبینی ندارد

نتیجه‌گیری

مرحله ششم این سند به عنوان آخرین مرحله از طرح "تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های ابررسانا در صنعت برق" به تدوین برنامه ارزیابی و به‌روزرسانی این سند می‌پردازد. در این مرحله باید مشخص شود که چه افرادی در چه ساختاری و بر اساس چه شاخص‌ها و معیارهایی باید به ارزیابی پیشرفت اجرای سند در طول بازه زمانی تعریف شده بپردازند. برای این کار ابتدا شاخص‌هایی در سطح کلان (چشم‌انداز و اهداف) و در سطح خرد (اقدامات غیرفنی و فنی) تعریف شد. سپس ساختار نظارت، به‌روزرسانی و ارزیابی سند مشخص شد. برای این کار اعضای اصلی مرکز ملی توسعه فناوری‌های ابررسانا، کمیته‌های این مرکز شامل کمیته آموزش و پژوهش، کمیته تعامل با تولیدکنندگان، کمیته ارتباط با دولت، کمیته فنی و بازرگانی و کمیته استانداردها تعیین و وظایف هر یک از کمیته‌ها مشخص گردید. در نهایت تعیین شد که این مرکز در بازه‌های زمانی ۳ ماهه به پیگیری و ارزیابی اجرای سند بر اساس شاخص‌های تعریف‌شده بپردازد و گزارش آن را به وزارت نیرو ارائه کند. همچنین مقرر شد این مرکز با توجه به وضعیت پیشرفت سند در انتهای سال‌های ۹۵ و ۹۸ نسبت به بازنگری و تجدیدنظر در آن اقدام نماید.

مراجع

۱. روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور ۱۳۹۱.