

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه‌ی فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

مجری طرح: دکتر گئورگ قره‌پتیان  
مدیر پروژه: مهندس سید جمال‌الدین واسعی  
گروه پژوهشی خط و پست

راهبر: معاونت فناوری  
ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر  
سفارش‌دهنده: وزارت نیرو

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

✦ دکتر مصطفی پرنیانی

✦ دکتر سید حسین حسینیان

✦ مهندس احمد فریدون درافشان

✦ مهندس بهروز عارضی

✦ دکتر هاشم علی‌پور

✦ مهندس مهراڻ گلاب‌کش

ویرایش اول

۱۳۹۴

طرح کلان و راهبردی "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا" از مجموعه طرح‌های کلان و راهبردی پژوهشگاه نیرو در اسفند ماه ۹۲ آغاز و مقرر است که ضمن بررسی جامع ابعاد موضوع و ارزیابی مشخصه‌های فناوری‌های مربوطه، سند راهبردی این طرح تدوین شود. مهم‌ترین فعالیت‌های پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا" عبارتند از:

- ↳ تدوین مبانی سند توسعه فناوری
- ↳ ارزیابی هوشمندی فناوری
- ↳ تدوین ارکان جهت‌ساز
- ↳ تدوین برنامه اقدامات و سیاست‌ها
- ↳ تدوین ره نگاشت و برنامه عملیاتی
- ↳ تدوین برنامه ارزیابی و به‌روزرسانی

نوشتار پیش رو با عنوان "تدوین مبانی سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"، گزارش مرحله اول از پروژه یاد شده می‌باشد که با هدف تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات و همچنین تبیین اساسی‌ترین مشخصه‌های فن‌آورانه در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا توسط گروه پژوهشی خط و پست پژوهشگاه نیرو تهیه و تدوین گردیده است.

## فهرست مطالب

۱- مقدمه.....	۱
۲- توجیه پذیری توسعه تکنولوژی.....	۲۵
۲-۱- ابعاد زیست محیطی و اجتماعی.....	۲۵
۲-۲- ابعاد سیاسی.....	۲۸
۲-۳- ابعاد اقتصادی.....	۳۰
۲-۴- ابعاد تکنولوژیکی.....	۳۵
۲-۵- ابعاد قانونی.....	۵۱
۳- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات.....	۵۷
۳-۱- تبیین سطح تحلیل.....	۵۷
۳-۲- تبیین افق زمانی تحلیل.....	۵۸
۴- تبیین مشخصه‌های فناوری توسعه سیستم‌های انتقال توان با ظرفیت بالا.....	۶۰
۴-۱- سابقه فناوری.....	۶۳
۴-۲- پیچیدگی فناوری.....	۶۷
۴-۲-۱- پیچیدگی زیاد.....	۶۷
۴-۲-۲- علم محوری.....	۷۱
۴-۲-۳- چرخه عمر کوتاه.....	۷۱
۴-۲-۴- سهم بالای فناوری در قیمت تمام شده کالا/خدمت.....	۷۲
۴-۲-۵- هزینه بالای تحقیق و توسعه.....	۷۲
۴-۳- تناسب فناوری.....	۷۴

- ۴-۴-۴- حوزه استفاده فناوری ..... ۸۰
- ۴-۴-۵- موقعیت راهبردی فناوری ..... ۸۰
- ۴-۴-۶- طبقه‌بندی فناوری از منظر چرخه عمر ..... ۸۶
- ۴-۶-۱- چرخه عمر AC ..... ۸۷
- ۴-۶-۲- چرخه عمر DC ..... ۹۱
- ۴-۶-۳- چرخه عمر ادوات FACTS ..... ۹۶
- ۴-۶-۳-۱- چرخه عمر محصول-بازار ..... ۹۷
- ۵- نتیجه‌گیری ..... ۱۰۱
- مراجع ..... ۱۰۴



## فهرست اشکال

- شکل (۱-۱): روند افزایش سطح ولتاژ در شبکه‌های برق در سراسر دنیا..... ۳
- شکل (۲-۱): بلوک دیاگرام یک سیستم انتقال THURY HVDC..... ۹
- شکل (۳-۱): HVDC از نوع ولو قوس جیوه‌ای ۱۵۰ کیلوولت در مانیتوبا کانادا..... ۱۱
- شکل (۴-۱): HVDC از نوع ولو تریستوری بین جزایر شمال و جنوب نیوزیلند..... ۱۲
- شکل (۵-۱): نمایش یک کنترلر خط هوایی (OLC)..... ۲۲
- شکل (۶-۱): شمای فیزیکی یک TCSC در شبکه برق هندوستان..... ۲۳
- شکل (۷-۱): نمای فیزیکی تجهیزات پست انتقال و SVC احداث شده در آن..... ۲۳
- شکل (۸-۱): نمای فیزیکی SVC واقع در شهر کبک کانادا..... ۲۴
- شکل (۱-۲): مقایسه برج‌های HVDC و HVAC..... ۳۳
- شکل (۲-۲): انتقال زیردریایی کابلی با سیستم HVDC..... ۳۷
- شکل (۳-۲): منحنی تغییرات توان برحسب طول خط انتقال..... ۴۳
- شکل (۴-۲): منحنی تولید توان راکتیو خط بر حسب SIL..... ۴۳
- شکل (۵-۲): مدل PI خط انتقال..... ۴۴
- شکل (۶-۲): شکل برج انتقال با آرایش افقی..... ۴۵
- شکل (۷-۲): تغییرات SIL برحسب فاصله‌ی فازها..... ۴۷
- شکل (۸-۲): برج انتقال با آرایش دلتا..... ۴۷
- شکل (۹-۲): منحنی سه بعدی تغییرات سطح ولتاژ برحسب طول خط انتقال و توان انتقالی..... ۴۹
- شکل (۱-۳): تغییرات سطوح ولتاژ در کشور هند در سال‌های مختلف..... ۶۰
- شکل (۱-۴): ولو تریستوری خطوط انتقال HVDC..... ۶۸
- شکل (۲-۴): نمونه ای از دکل‌های انتقال..... ۶۹
- شکل (۳-۴): نمودار تغییر بار سالیانه با رشد متوسط ۷,۵٪..... ۷۵

- شکل (۴-۴): پالایشگاه‌های گازی ایران ..... ۸۲
- شکل (۵-۴): خطوط انتقال ۴۰۰ کیلوولت موجود در کشور ..... ۸۲
- شکل (۶-۴): ارتباط چرخه عمر فناوری با چرخه عمر زیرفناوری‌ها ..... ۸۶
- شکل (۷-۴): وضعیت معیارهای سنجش جایگاه فناوری در چرخه عمر فناوری (STEELE, 1992) ..... ۸۷
- شکل (۸-۴): شبکه ۷۶۵ کیلوولت کره جنوبی ..... ۸۸
- شکل (۹-۴): شبکه فوق فشارقوی AC و DC کشور هندوستان تا سال ۲۰۲۲ ..... ۸۹
- شکل (۱۰-۴): خطوط HVDC در اروپا ..... ۹۲
- شکل (۱۱-۴): خط ۸۰۰ کیلوولت HVDC به طول ۲۰۰۰ کیلومتر در کشور چین ..... ۹۳
- شکل (۱۲-۴): خط ۶۰۰ کیلوولت HVDC به طول ۲۳۷۵ کیلومتر در کشور برزیل به عنوان طولانی‌ترین خط انتقال ..... ۹۴
- شکل (۱۳-۴): خط ۸۰۰ کیلوولت HVDC به توان ۷۲۰۰ مگاوات در کشور چین به عنوان پرتوان‌ترین خط انتقال ..... ۹۴
- شکل (۱۴-۴): خطوط HVDC در دنیا ..... ۹۵
- شکل (۱-۳): چرخه عمر نسل اول فناوری ادوات FACTS ..... ۹۶
- شکل (۱-۴): چرخه عمر نسل دوم فناوری ادوات FACTS ..... ۹۷
- شکل (۱-۶): چرخه عمر محصول-بازار نسل اول ادوات FACTS ..... ۹۹
- شکل (۱-۷): چرخه عمر محصول-بازار نسل اول ادوات FACTS ..... ۹۹
- شکل (۱-۸): چگونگی اثر چرخه عمر بر استراتژی‌ها ..... ۱۰۰

## فهرست جداول

- جدول (۱-۲): هزینه احداث خطوط در سطوح ولتاژی مختلف ..... ۳۱
- جدول (۲-۲): تغییرات SIL برحسب نحوه‌ی باندل کردن متقارن و غیر متقارن ..... ۴۶
- جدول (۳-۲): تغییرات SIL برحسب تغییرات فاصله‌ی بین فازها (۰/۳ متر و ۰/۵ متر) ..... ۴۶
- جدول (۴-۲): تغییرات SIL برحسب فاصله‌ی فازها ..... ۴۸
- جدول (۱-۴): قابلیت تخمینی انتقال توان ..... ۶۲
- جدول (۲-۴): سطوح ولتاژ خطوط انتقال از دید تلفات توانی ..... ۶۲

## ۱- مقدمه

وظیفه اصلی سیستم قدرت، فراهم کردن ولتاژ با شکل موج مناسب در نقاط اتصال تجهیزات مصرف کنندگان به شبکه و فراهم کردن انرژی الکتریکی به صورت پیوسته برای تامین نیازهای مصرف کنندگان است. شبکه انتقال با جابجایی توان الکتریکی در حجم عمده از مراکز تولید به مراکز بار نقش مهمی در عملکرد سیستم قدرت بر عهده دارد. شبکه قدرت استفاده از واحدهای تولیدی بزرگ و شبکه انتقال، پخش توان اقتصادی در نواحی مختلف در شرایط نرمال و انتقال توان بین نواحی مختلف در شرایط اضطراری را میسر می‌سازد. بنابراین شبکه انتقال با ظرفیت کافی، امکان عملکرد یکپارچه و با حداقل هزینه سیستم قدرت را فراهم می‌کند. بنابراین نیاز به توسعه شبکه انتقال ضروری است. از عوامل توسعه شبکه انتقال می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ↔ یکپارچه کردن منابع انرژی دوردست
- ↔ افزایش واردات توان به نواحی متراکم
- ↔ افزایش بهره‌وری سیستم انتقال
- ↔ تبادل انرژی با کشورها یا نواحی همسایه
- ↔ تامین بار نواحی ایزوله و منفک از شبکه سراسری

به موازات ایجاد سیستم انتقال فشارقوی در اوایل دهه قرن بیستم به منظور توسعه شبکه انتقال تمایل زیادی به استفاده از ولتاژهای بالاتر جهت انتقال توان‌های بیشتر به مسافت‌های دورتر در میان کشورها به وجود آمد. سیستم‌های انتقال با ولتاژ بالاتر همچنین برای توسعه شبکه‌های قدرت محلی بسیار لازم و ضروری بودند و لذا رویکرد کلی به سمت ولتاژهای بالاتر وجود داشت، حتی می‌توان بیان کرد که سیستم‌های ولتاژ فوق فشارقوی که نتیجه این رویکرد بودند به عنوان یکی از بزرگترین دستاوردهای مهندسی در قرن بیستم به شمار می‌روند.

پس از اینکه امکان انتقال توان AC با ولتاژ بالا از اوایل قرن بیستم امکان‌پذیر شد، روزبه‌روز گرایش افزایش‌دهنده‌ای برای استفاده از ولتاژهای بالا برای انتقال مقادیر توان بزرگ در مسافت‌های طولانی به وجود آمده است.

ولتاژهای انتقال از رنج ابتدایی  $30-40\text{ kV}$ ، به  $150-132\text{ kV}$  در سال ۱۹۲۰، به  $220\text{ kV}$  در سال ۱۹۲۳ و به  $287\text{ kV}$  در سال ۱۹۳۴ افزایش یافت که همگی در کشور آمریکا توسعه یافتند.

قدم مهم بعدی که در تاریخچه شبکه انتقال اتفاق افتاد در کشور سوئد بود که تقریباً ۲۰ سال بعد خط انتقال  $380-400\text{ kV}$  در سال ۱۹۵۴ در این کشور معرفی شد. رشد و توسعه ولتاژ خطوط انتقال با معرفی ولتاژهای انتقال  $500\text{ kV}$  در اوایل دهه ۶۰ میلادی قرن ۲۰ و  $700-800\text{ kV}$  در اواسط دهه ۶۰ ادامه پیدا کرد.

از اواسط دهه ۶۰ میلادی سیستم‌های انتقال در محدوده ولتاژ  $700$  تا  $800\text{ kV}$  طراحی و ساخته شد و در کشورهای مختلفی بهره‌برداری شدند. بعضی از این سیستم‌های انتقال در حدود ۲۰ تا ۶۰ سال است که در حال بهره‌برداری هستند و برخی دیگر عمر چندان درازی ندارند. شواهد نشان می‌دهد که بیشتر سیستم‌های انتقال فوق فشارقوی در بیشتر کشورها در محدوده ولتاژ  $700$  تا  $800\text{ kV}$  ساخته می‌شوند و بنابراین نیاز است تا اطلاعات مورد نیاز در زمینه تجربیات انجام شده جهت طراحی، ساخت، بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری سیستم‌های با ولتاژ بالاتر از  $400\text{ kV}$  بدست آید. هدف از این بخش نیز ارائه مختصری از تجربیات شرکت‌ها، نهادها، سازمان‌ها، و بهره‌برداران گوناگون در کشورهای مختلف در زمینه سیستم‌های فوق فشارقوی (بالاتر از  $400\text{ kV}$ ) می‌باشد.

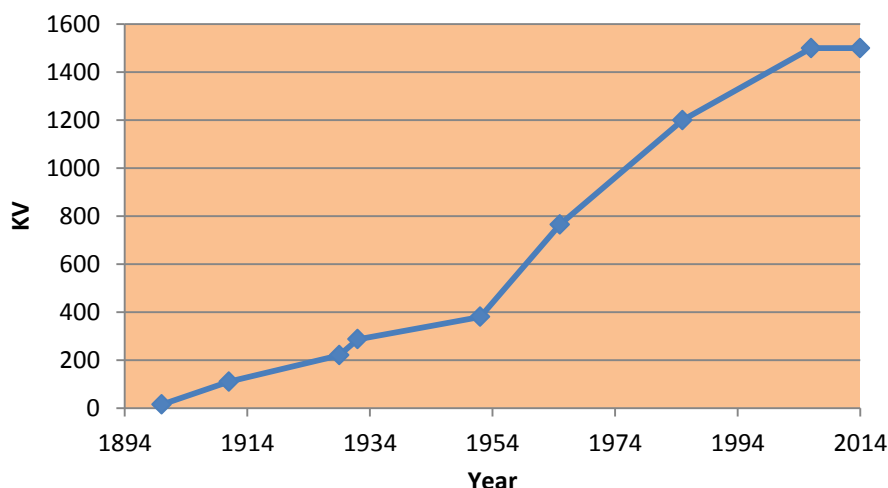
اولین سیستم انتقال  $735\text{ kV}$  نخستین بار توسط شرکت هیدروکبک<sup>۱</sup> در سال ۱۹۶۵ در کشور کانادا ساخته شد. اگرچه تلاش‌ها در جهت تاسیس و احداث سیستم انتقال در رنج  $1000\text{ kV}$  تا  $1500\text{ kV}$  ادامه داشت، اما اجرای عملی این طرح بخاطر کاهش رشد بار به دلیل بحران انرژی در سال ۱۹۷۳ میسر نشد. سیستم‌های انتقال در رنج ولتاژ  $1000$  تا  $1200\text{ kV}$  نخستین بار در روسیه (جماهیر شوروی سابق) و ژاپن ساخته شدند؛ اما خطوط انتقال در روسیه پس از چند سال بهره‌برداری در سطح ولتاژ  $1150\text{ kV}$  (ولتاژ طراحی سیستم) در سطح ولتاژ  $500\text{ kV}$  مورد بهره‌برداری قرار گرفتند. در حالی که ژاپن از ابتدا سیستم انتقال خود را در سطح ولتاژ  $500\text{ kV}$  مورد بهره‌برداری قرار داد. بنابراین می‌توان گفت که بالاترین سطح ولتاژ کنونی که مورد

<sup>1</sup> - Hydro Quebec

بهره‌برداری قرار گرفته است در سطح ولتاژ ۸۰۰-۷۰۰ کیلوولت باشد. روند افزایش سطح ولتاژ خطوط انتقال نیرو به صورت زیر است:

- ↩ ۱۸۹۱: اولین سیستم انتقال ۱۵ کیلوولت در آلمان
- ↩ ۱۹۱۱: اولین سیستم انتقال ۱۱۰ کیلوولت در آلمان
- ↩ ۱۹۲۹: اولین سیستم انتقال ۲۲۰ کیلوولت در آلمان
- ↩ ۱۹۳۲: اولین سیستم انتقال ۲۸۷ کیلوولت در آمریکا
- ↩ ۱۹۵۲: اولین سیستم انتقال ۳۸۰ کیلوولت در سوئد
- ↩ ۱۹۶۰: اولین سیستم انتقال ۵۰۰ کیلوولت در آمریکا
- ↩ ۱۹۶۵: اولین سیستم انتقال ۷۵۰ کیلوولت در کانادا
- ↩ ۱۹۸۵: اولین سیستم انتقال ۱۲۰۰ کیلوولت در شوروی
- ↩ ۲۰۰۶: اولین سیستم آزمایشی ۱۵۰۰ کیلوولت در کانادا

شکل (۱-۱) روند افزایش سطح ولتاژ در شبکه‌های برق در سراسر دنیا را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۱): روند افزایش سطح ولتاژ در شبکه‌های برق در سراسر دنیا

بررسی‌های مقدماتی ۹ مورد از خطوط انتقال را در رنج ولتاژ ۷۰۰ تا ۸۰۰kV در کشورهای کانادا، آمریکا، برزیل، ونزوئلا، روسیه، آفریقای جنوبی، کره جنوبی، ژاپن، هند را نشان می‌دهد.

به تازگی کشور چین نیز به عنوان کشوری با سطح ولتاژ ۱۰۰۰kV به جمع این کشورها اضافه شده است. ضمن اینکه ژاپن، روسیه و هند نیز اخیراً سطح ولتاژ ۱۱۵۰kV را مورد بهره‌برداری قرار داده‌اند. اگرچه در مورد جنبه‌های برنامه‌ریزی و طراحی نسل اول سیستم‌های انتقال در رنج ولتاژ ۷۰۰ تا ۸۰۰kV مراجع و استانداردهایی وجود دارند که بیشتر ناشی از تجربیات کشورهای پیشرو می‌باشد اما در مورد نسل دوم سیستم‌های انتقال ۷۰۰-۸۰۰kV و نیز سیستم‌های ۱۲۰۰-۱۰۰۰kV اطلاعات و مراجع چندانی موجود نیست. با توجه به این مساله، موسسه EPRI در آمریکا از طریق توزیع پرسشنامه در میان شرکت‌ها و موسسات دارای تجربه در این زمینه و نیز برگزاری کارگروه‌های مختلف در سال ۲۰۰۴ اقدام به چاپ مرجعی تحت عنوان "کتاب مرجع سیستم‌های انتقال جریان متناوب در ولتاژهای بالاتر از ۲۰۰kV" کرد. تا بدین جا در ارتباط با سطوح ولتاژ فشارقوی مورد استفاده در کشورها صحبت شد در ادامه بیشتر در رابطه با پروژه‌هایی که در این زمینه انجام شده است، بحث می‌گردد. تا سال ۱۹۵۲ ایالات متحده تنها کشوری در دنیا بود که دارای سیستم انتقال در ولتاژ بالاتر از ۲۲۰kV بود و آن نیز شامل سیستم انتقال ۲۸۷kV و از رود هوور<sup>۱</sup> در نوادا به لس‌آنجلس در کالیفرنیا بود. این خطوط که دارای هادی‌های از جنس مس بودند بعداً به سطح ولتاژ ۵۰۰kV ارتقا یافتند. مدت کوتاهی پس از جنگ جهانی دوم، صنعت برق نیاز پیدا کرد که سطح ولتاژ را افزایش دهد و علت نیز آن بود که نیاز به انرژی الکتریکی افزایش یافته بود. این نیاز سبب ساختن خطوط انتقال آزمایشی (فشارقوی) در سطح دنیا شد نمونه‌ای از این پروژه آزمایشی پروژه پایلوت Tid با سطح ولتاژ ۵۰۰kV بود که متعلق به شرکت‌های برق و گاز آمریکا<sup>۲</sup> و شرکت ویسینگهاوس<sup>۳</sup> در سال ۱۹۴۷ بود. سایر پروژه‌هایی که ساخته شدند تا سطوح ولتاژ بالاتر را مورد آزمایش قرار دهند عبارتند بودند از:

<sup>۱</sup> - Hoover

<sup>۲</sup> - AG&E

<sup>۳</sup> - Wesringhouse

- ↔ پست آزمایشی ۵۰۰ kV از chevilly توسط شرکت برق فرانسه<sup>۱</sup>
- ↔ پروژه آزمایشی ۶۰۰kV آب سرد شرکت آب انتوریو<sup>۲</sup> در کانادا
- ↔ پست تحقیقاتی Mannheim-Rheinau با ولتاژ ۴۰۰kV در آلمان
- ↔ آزمایشگاه تحقیقاتی 600 Shiobare با سطح ولتاژ ۶۰۰kV در ژاپن
- ↔ خط آزمایشی ۴۰۰kV Leatherhead در انگلستان

تمامی پروژه‌های فوق دارای خطوط سه فاز آزمایشی بودند به جز پروژه انگلستان که به صورت خط تک‌فاز مورد آزمایش قرار می‌گرفت. این تحقیقات اولیه در نهایت سبب شد تا سیستم‌های انتقال با سطوح ولتاژ ۳۴۵kV، ۴۰۰kV و ۵۰۰kV در سرتاسر جهان ساخته شود. اگرچه ذکر این نکته خالی از لطف نیست که پروژه‌های دیگری که برای تست و آزمایش سطوح ولتاژی فوق فشارقوی تا سطح ۷۷۰kV ساخته شده بودند که پروژه EHV و Apple Grove از این دسته بودند، در نهایت اطلاعات ارزشمندی جهت سطوح ولتاژ ۵۰۰kV فراهم آوردند.

در سال ۱۹۵۸ شرکت جنرال الکتریک به این نتیجه رسید که حتی ممکن است سطوح ولتاژ بالاتر مورد نیاز باشد که منجر به ساخت پروژه EHV در سال ۱۹۵۹ تحت عنوان Abetti شد. این پروژه، شامل تحقیقات بر روی کرونا و مباحث عایقی برای امواج کلیدزنی و اضافه ولتاژهای فرکانس قدرت در رنج ۳۸۰kV تا ۷۵۰ بود. محل پروژه در شهرهای Lee و Lenox در ایالت ماساچوست بود. علت انتخاب این محل آن بود که تنها چند مایل از پست Pittsfield شرکت جنرال الکتریک و آزمایشگاه فشارقوی این شرکت فاصله داشت. خط مورد آزمایش در این پروژه در طول رودخانه Housatonic با طول ۴/۳ مایل (۶/۹km) احداث شد که ارتفاع مسیر از سطح دریا بین ۹۵۰ تا ۱۰۸۰ فوت (۲۹۰ تا ۳۲۹ متر) بود. در سال ۱۹۶۰ خط آزمایشی کار خود را به صورت مدار باز در انتها و با سطوح ولتاژ ۴۰۰kV و ۵۰۰kV آغاز کرد. در سال ۱۹۶۱ در انتهای خط تجهیزات مورد نظر برای اتصال به یک خط ۱۱۵kV محلی نصب شدند و به این ترتیب مسیر خط بسته شد. پروژه EHV در ابتدا برای

<sup>1</sup> - Electricite de France

<sup>2</sup> - Ontario



دو سطح ولتاژ نامی ۴۶۰ و ۶۵۰ کیلوولت طراحی شد. سطوح عایقی برای این پروژه بوسیله امواج ضربه و سوئیچینگ بر روی زنجیر مقره‌ها، مجموعه پایه عایق‌ها، بوشینگ و انواع مختلف تجهیزات تحت هر دو شرایط خشک و مرطوب محاسبه شد.

پروژه EHV توسط شرکت جنرال الکتریک از سال ۱۹۵۸ تا ۱۹۶۴ حمایت مالی می‌شد. این پروژه شامل دو پست فوق فشارقوی، ساختمان‌های لرنه نگار و کنترل مرکزی (جمع‌آوری اطلاعات)، یک ژنراتور ضربه ۳۰۰۰ کیلوولت و یک خط آزمایشی بود. در ۱۹۶۴ جنرال الکتریک به شرکت ادیسون الکتریک یک قرار داد ۲ ساله پیشنهاد کرد که شامل ۳ بخش جمع بندی و نهایی سازی تجربیات اولیه بدست آمده از پروژه، نهایی‌سازی تمامی مدل‌های کامپیوتری و تحلیل‌های بدست آمده از پروژه اولیه و ادامه تجربیات و آزمایشات جهت بدست آوردن راه حل‌های مناسب در غالب استانداردها بود.

این اقدامات موجب نگارش و چاپ کتاب مرجع طراحی خطوط فوق فشارقوی در سال ۱۹۶۸ شد. در سال ۱۹۶۰ شرکت بهره‌بردار برق آمریکا<sup>۱</sup> طی یک قرار داد با شرکت وستینگ‌هاوس جهت ساخت یک خط آزمایشی که می‌تواند در رنج ولتاژ ۵۰۰ تا ۷۷۵ کیلوولت بهره‌برداری شود همکاری خود را آغاز کرد. این پروژه که شامل سه خط آزمایشی بود در سال ۱۹۶۱ با برقدار شدن این خطوط شروع شد و آن را پروژه جنگل سیب<sup>۲</sup> نامیدند. پروژه اولیه به جهت اندازه‌گیری تلفات کرونا بر روی هر سه خط (۹ فاز) هنگامی که جریان نامی بار از آن عبور می‌کند پایه‌گذاری شد. مدت زمان در نظر گرفته شده برای این پروژه آزمایشی ۵ سال بود که در طول این ۵ سال تحقیقات اولیه انجام پذیرفت. به دلیل اینکه یکی از سه خط آزمایشی در نوامبر ۱۹۶۲ دوباره بازسازی شد به مدت یک سال پروژه با ولتاژ ۵۲۵ کیلوولت بهره‌برداری می‌شد. نتیجه همین تحقیق سبب طراحی خط ۵۰۰ کیلوولت شرکت ویرجینیا الکتریک به عنوان اولین خط طراحی شده در این سطح ولتاژ در آمریکا بود.

در سال ۱۹۶۹ و یک سال پس از آنکه شرکت AEP اولین خط ۷۶۵ کیلوولت خود در آمریکا را برقدار کرده بود پروژه جنگل سیب جهت اندازه‌گیری نویز شنیداری مورد بررسی قرار گرفت. در سال ۱۹۷۴ ابزار مربوط به تداخلات تلویزیونی این خطوط مورد بررسی قرار گرفتند ضمن اینکه تمامی اندازه‌گیری‌های مربوط به جریان‌ها و ولتاژهای القایی و نیز میدان‌های الکتریکی اطراف هادی‌ها و عایق‌ها در این پروژه مورد بررسی قرار گرفتند (اواخر دهه ۶۰ و اوایل دهه ۷۰ میلادی).

<sup>۱</sup> - AEP

<sup>۲</sup> - APPLE GROVE

پروژه‌های مطالعاتی و آزمایشی در مورد سیستم‌های بالاتر از ۵۰۰ کیلوولت در کشورهای دیگر نیز انجام شده است. برخی از این پروژه‌ها عبارتند از:

↪ پروژه پست فوق فشارقوی Experimental Station در Les Renardieres در فرانسه

↪ پروژه خط آزمایشی تکفاز ۷۰۰ کیلوولت در انگلستان در نزدیکی آزمایشگاه فوق فشارقوی Leatherhead

↪ خطوط آزمایشی ۱۲۰۰ کیلوولت در شوروی سابق

↪ پروژه اولین سیستم انتقال تست دو مداره ۷۶۵kV در نزدیکی دریای زرد توسط شرکت برق کره<sup>۱</sup> این پروژه تحت عنوان Gochang 765 kV Full Scale Test Line نامیده شد.

اکثر این سیستم‌های آزمایشی جهت بررسی کرونا، مطالعات هماهنگی عایقی و بدست آوردن فواصل مجاز انجام شدند. ضمن اینکه در بسیاری از پروژه‌های مربوط به سیستم‌های فوق فشارقوی آزمایشگاه‌های فشارقوی سازندگان بزرگی همچون جنرال الکتریک، وستینگهاوس، ASEA، هیتاچی و غیره مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج بدست آمده از مطالعه این پروژه‌ها در سراسر دنیا منجر به ساخت هزاران کیلومتر از خطوط ۷۶۵kV و ۷۳۵kV در کبک کانادا و در ایالت‌هایی که تحت سرویس‌دهی AEP در آمریکا بودند شد. شرکت NYPA نیویورک نیز دیگر شرکتی در آمریکا بود که خطوط با ولتاژ ۷۶۵kV را ساخت و مورد بهره‌برداری قرار داد.

سیستم انتقال ۷۶۵kV در کشورهایمانند برزیل، ونزوئلا، آفریقای جنوبی و کره جنوبی ساخته شدند. البته در شوروی سابق<sup>۲</sup> خطوط که در این رنج ولتاژ ساخته شده‌اند در طیف ولتاژ ۷۸۷kV طبقه‌بندی شدند.

امروزه روش انتقال DC در دنیا به‌عنوان یک روش انتقال موثر شناخته می‌شود که در ادامه به بررسی تاریخچه، روند تکامل و توسعه شبکه با جریان مستقیم ولتاژ بالا پرداخته می‌شود. استفاده از خطوط جریان مستقیم ولتاژ بالا شامل موارد زیر می‌باشد:

### سیستم‌های الکترومکانیکی (Thury)

<sup>۱</sup> - KEPCO

<sup>۲</sup> - USSR

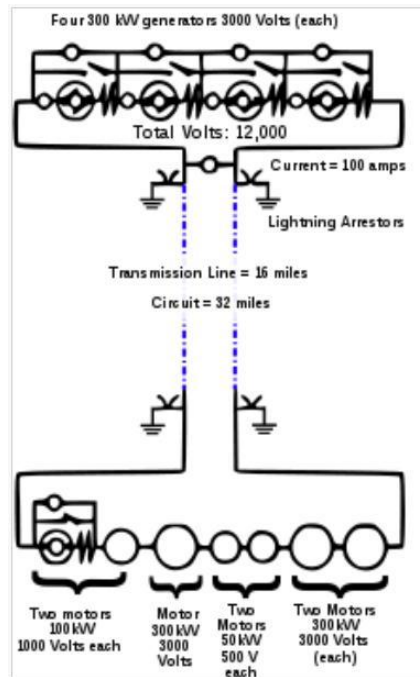
اولین مورد انتقال برق در مسافت‌های دور با استفاده از جریان مستقیم، در سال ۱۸۸۲ در سیستم انتقال برق Miesbach مونیخ اجرا شد که در آن تنها ۱/۵ کیلووات منتقل شد. به زودی یک روش اولیه برای انتقال DC با ولتاژ بالا توسط مهندس سوئیسی رن تیوری<sup>۱</sup> ارائه شد و روش او در عمل در سال ۱۸۸۹ در ایتالیا توسط شرکت Acquedotto De Ferrari-Galliera اجرا گردید. در این سیستم با سری کردن ژنراتورها و در نتیجه جمع جبری ولتاژهای تولیدی، ولتاژ افزایش می‌یافت. هر مجموعه از زمین‌های الکتریکی عایق شده و توسط شفت عایق از یک محرک اصلی درآیو می‌شد. خط انتقال در حالت "جریان ثابت" و تا ۵۰۰۰ ولت در هر دستگاه کار می‌کرد. برخی از ماشین‌ها نیز به منظور کاهش ولتاژ روی هر کموتاتور، از دو کموتاتور استفاده می‌کردند. این سیستم انتقال ۶۳۰ کیلووات برق در ۱۴ کیلوولت DC و در فاصله ۱۲۰ کیلومتر را به عهده داشت.

سیستم دیگری با این ساختار، Moutiers-Lyon بود که انتقال ۸۶۰۰ کیلووات توان برق آبی را در فاصله ۲۰۰ کیلومتر شامل ۱۰ کیلومتر کابل زیرزمینی برعهده داشت. در این سیستم از هشت ژنراتور سری با کموتاتور دویل برای ولتاژ مجموع ۱۵۰ کیلوولت بین قطب‌های مثبت و منفی استفاده می‌شد و از سال ۱۹۰۶ تا سال ۱۹۳۶ نیز مورد استفاده قرار گرفت. پانزده سیستم تیوری تا سال ۱۹۱۳ مورد استفاده قرار گرفت، سایر سیستم‌های تیوری که در ولتاژ بالای ۱۰۰ کیلوولت DC کار می‌کردند نیز تا دهه ۱۹۳۰ مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفتند، لکن ماشین‌های دوار آن‌ها تلفات انرژی بالایی داشته و نیازمند تعمیر و نگهداری بالایی بودند. سیستم‌های الکترومکانیکی دیگری نیز در نیمه اول قرن بیستم مورد آزمایش قرار گرفتند که با موفقیت تجاری اندکی همراه بودند.

یکی از روش‌هایی که برای کاهش ولتاژ مستقیم گرفته شده از خطوط انتقال مورد آزمایش قرار گرفت، استفاده از ولتاژ برای شارژ کردن باتری‌های سری بود. پس از شارژ شدن باتری‌ها در حالت سری آن‌ها را در حالت موازی به هم اتصال می‌دادند و از آن‌ها برای تغذیه بارها استفاده می‌کردند. با این حال از این روش فقط در دو طرح انتقال استفاده شد چراکه

<sup>۱</sup> - Rene Thury

این روش به دلیل محدودیت ظرفیت باتری‌ها، مشکلات مربوط به تغییر وضعیت باتری‌ها از سری به موازی و پسماند انرژی در هر سیکل شارژ و دشارژ در باتری‌ها اصلاً اقتصادی نبود.



شکل (۱-۲): بلوک دیاگرام یک سیستم انتقال HVDC Thury

### لولوهای قوس جیوه‌ای

برای اولین بار در سال ۱۹۱۴ شبکه‌های کنترل‌شده با لولوهای قوس جیوه‌ای پیشنهاد گردید و به‌منظور انتقال توان در طول دوره ۱۹۴۰-۱۹۲۰ استفاده شد. کشورهای سوئد (مرکز ASEA<sup>۱</sup>) و آمریکا از سال ۱۹۲۹ در زمینه تحقیق و مطالعه استفاده از این لولوها جهت انتقال انرژی پیش‌تاز بودند. اولین بار در سال ۱۹۳۲، جنرال الکتریک لولوهای قوس جیوه‌ای را به‌همراه خط انتقال ۱۲ کیلوولت DC، به‌منظور تبدیل برق ۴۰ هرتز برای استفاده در بارهای ۶۰ هرتز در Mechanicville نیویورک، مورد آزمایش قرار داد.

<sup>۱</sup> - Allmana Sevenska Elektriska Aktiebolaget

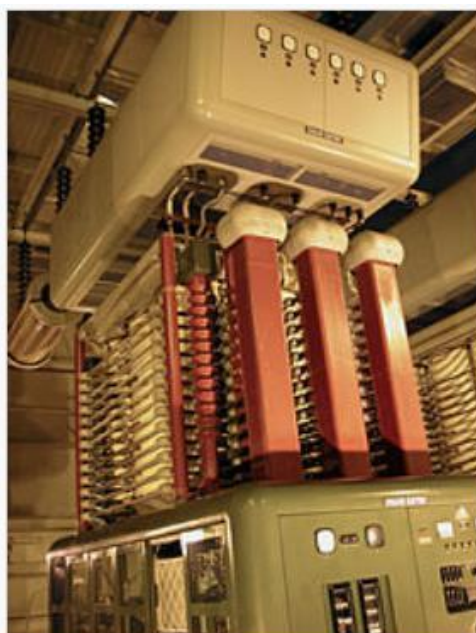
در سال ۱۹۴۱، یک لینک کابل زیرزمینی 60 MW، 200 kV  $\pm$  و 115 کیلومتر برای تغذیه شهر برلین با استفاده از ولوهای قوس جیوه‌ای طراحی شد، اما با توجه به سقوط دولت آلمان در سال ۱۹۴۵ این پروژه هیچوقت تکمیل نشد. توجه انجام برای این پروژه این بود که در زمان جنگ، یک کابل زیرزمینی کمتر به عنوان یک هدف بمب‌گذاری خود را نمایان می‌کند. با اتمام جنگ جهانی دوم این طرح توجه نظامی خود را از دست داد و تجهیزات آن به اتحاد جماهیر شوروی منتقل شد و در آنجا در سال ۱۹۵۰ به عنوان یک خط آزمایشی HVDC بین مسکو-کاشیرا به طول ۱۱۶ کیلومتر و ولتاژ ۲۰۰ کیلوولت مورد استفاده قرار گرفت. در واقع پس از جنگ جهانی دوم، افزایش نیاز به الکتریسیته بود که باعث ایجاد محرک برای تحقیقات و آزمایشات بیشتر خصوصاً در کشورهای روسیه و سوئد گردید. اولین سیستم عملی و تجاری HVDC نیز توسط ASEA جهت اتصال بین سرزمین اصلی سوئد و جزیره گاتلند در وسط دریای بالتیک در سال ۱۹۵۴ بهره‌برداری شد، این خط دارای سطح ولتاژ ۱۰۰ کیلوولت، ظرفیت توان انتقالی ۲۰۰ مگاوات و طول ۹۸ کیلومتر کابل زیردریایی با خط برگشت زمینی بود. دو سیستم مسکو-کاشیرا و سوئد-گاتلند به عنوان آغاز دوران مدرن انتقال با HVDC و ظهور این صنعت شناخته می‌شوند.

ولوهای قوس الکتریکی جیوه نیاز به یک مدار خارجی برای رساندن جریان به صفر و سپس خاموش شدن ولو دارند. در کاربردهای HVDC، سیستم قدرت AC خود وظیفه کموتاسیون جریان به ولو دیگر در مبدل را برعهده دارد. بنابراین مبدل‌های ساخته شده با ولوهای قوس الکتریکی جیوه به عنوان مبدل‌های با کموتاسیون خط (LCC)<sup>۱</sup> شناخته می‌شوند. این مبدل‌ها در سیستم AC که به آنها متصل هستند نیاز به ماشین‌آلات دوار سنکرون دارند و انتقال قدرت به یک بار غیر فعال را غیرممکن می‌سازند.

ولوهای قوس جیوه‌ای در سیستم‌هایی که تا سال ۱۹۷۲ طراحی شده‌اند، بسیار معمول بودند و آخرین آن سیستم HVDC رودخانه نلسون در مانیتوبا در کانادا است که در سال‌های ۱۹۷۲ تا ۱۹۷۷ مورد استفاده بود. بعد از آن، تمام سیستم‌های قوس جیوه‌ای یا تعطیل شدند یا با استفاده از ادوات نیمه‌هادی جایگزین شدند. آخرین سیستم HVDC با استفاده از ولو

<sup>۱</sup>- Line Commutated Converters

قوس الکتریکی جیوه، لینک بین جزیره‌های HVDC بین شمال و جنوب جزایر نیوزیلند بود. ولوهای قوس الکتریکی جیوه در اوت ۲۰۱۲ کاملاً از رده خارج شدند و مبدل‌های تریستوری جایگزین آن‌ها شدند.



شکل (۱-۳): HVDC از نوع ولو قوس جیوه‌ای ۱۵۰ کیلوولت در مانیتوبا کانادا

### ولوهای تریستوری

از سال ۱۹۷۷، در سیستم‌های جدید HVDC تنها از ادوات نیمه‌هادی و در اکثر موارد ولوهای تریستوری استفاده شد و بدین ترتیب مبدل‌هایی با ولوهای الکترونیکی، جایگزین فن‌آوری لامپ‌های قوس جیوه‌ای و مشکلات آن‌ها شدند. مانند ولوهای قوس الکتریکی جیوه، تریستورها نیز در کاربردهای HVDC نیاز به اتصال به یک مدار AC خارجی جهت روشن و خاموش شدن دارند. لذا HVDC با استفاده از ولو تریستوری به عنوان LCC HVDC نیز شناخته می‌شود.

توسعه کاربرد ولوهای تریستور برای HVDC از اواخر دهه ۱۹۶۰ آغاز شد. اولین طرح HVDC براساس ولو تریستوری طرح رودخانه Eel در کانادا بود که توسط جنرال الکتریک ساخته شد و از سال ۱۹۷۲ مورد استفاده قرار گرفت. هم‌چنین در سال ۱۹۷۰، اولین سیستم HVDC که در سال ۱۹۵۴ با تکنولوژی قوس جیوه‌ای به بهره‌برداری رسیده بود، با تکنولوژی تریستوری بازسازی و ارتقا یافت. لینک جدید دارای سطح ولتاژ ۱۵۰ کیلوولت و ظرفیت انتقالی ۳۰۰ مگاوات شد. از آن پس گام‌های بزرگی در پیشرفت تکنولوژی تریستورها برداشته شد تا اینکه در حال حاضر به تنها تکنولوژی غالب در ساخت

مبدل‌ها تبدیل شده است. همچنین مبدل‌های تریستوری قدیمی با هوا خنک می‌شدند ولی از اواسط دهه ۱۹۸۰ خنک کردن با آب باعث کاهش بیشتر حجم این ادوات شد.

در سال ۱۹۷۹، یک اتصال جریان مستقیم مبتنی بر تریستور به ظرفیت ۱۹۲۰ مگاوات بین کابوراباسا و ژوهانسبورگ به طول ۱۴۱۰ کیلومتر طراحی شد که تجهیزات آن توسط سازندگانی از جمله AEG، شرکت (BBC) Brown Boveri و زیمنس تهیه شده بود. ولتاژ  $\pm 533 \text{ kV}$  در آن زمان بالاترین ولتاژ موجود در سیستم‌های آن دوره بود.

لینک انتقال Itaipu در برزیل نیز در نیمه دوم دهه ۱۹۸۰ با ظرفیت ۶۳۰۰ مگاوات و ولتاژ  $\pm 600$  کیلوولت که بالاترین ولتاژ DC در آن زمان بود، نصب و راه‌اندازی گردید. این لینک HVDC شامل دو خط انتقال دوقطبی بود که توان خروجی ۵۰ هرتز نیروگاه آبی Itaipu را به شبکه ۶۰ هرتز سائوپائولو در مرکز برزیل متصل می‌کرد. رکورد این شبکه‌ها با راه‌اندازی لینک انتقال Xiangjiaba-Shanghai در سال ۲۰۱۰ در چین با ولتاژ  $\pm 800$  کیلوولت و طول ۲۰۷۱ کیلومتر و ظرفیت انتقال ۶۴۰۰ مگاوات شکسته شد.

طولانی‌ترین لینک انتقال HVDC نیز مربوط به ریو مادیرا-سائوپائولو در برزیل است که برای فاصله تقریبی ۲۵۰۰ کیلومتر با ولتاژ  $\pm 600$  کیلوولت طراحی و اجرا شده است.



شکل (۱-۴): HVDC از نوع ولو تریستوری بین جزایر شمال و جنوب نیوزیلند

## مبدل‌های منبع ولتاژ (VSC)<sup>۱</sup>

باتوجه به محدودیت‌های مبدل‌های با کموتاسیون خط در رابطه با نیاز به خط AC جهت روشن و خاموش‌سازی تریستورها، در برخی از کاربردهای HVDC به منظور رفع برخی از این محدودیت‌ها مبدل‌های با کموتاسیون خازنی (CCC)<sup>۲</sup> قابل کاربرد در سیستم‌های HVDC کوچک، ارائه شدند. اما با ظهور مبدل‌های VSC که نیاز مذکور را کاملاً رفع نمودند، این سیستم‌ها جایگاه قابل توجهی پیدا نکردند.

مبدل‌های VSC که به طور گسترده در دهه ۱۹۸۰ در درایوهای موتور کاربرد داشتند، از سال ۱۹۹۷ در HVDC در پروژه Hellsjön-Grängesberg سوئد نیز به کار گرفته شدند و تا پایان سال ۲۰۱۱، این تکنولوژی بخش قابل توجهی از بازار HVDC را در دست گرفت. توسعه برخی از ادوات نیمه‌هادی مانند IGBT، GTO و IGCT منجر به ساخت سیستم‌های HVDC کوچکتر مقرون به صرفه شده است. شرکت ABB به این نوع از HVDC Light، HVDC را در حالیکه شرکت زیمنس آن را HVDC PLUS و آلتوم آن را HVDC MaxSine می‌نامند. این سیستم‌ها، کاربرد HVDC را به سیستم‌های کوچکتری به کوچکی چند ده مگاوات و خطوطی کوتاه در حد چند کیلومتر، توسعه داده‌اند.

## ادوات FACTS

عوامل متعددی ظرفیت یک خط انتقال و بالطبع آن ظرفیت انتقال شبکه را محدود می‌کند. به طور کلی می‌توان سه عامل محدودکننده برای ظرفیت یک خط عنوان نمود:

- ↔ محدودیت حرارتی
- ↔ محدودیت ولتاژ
- ↔ محدودیت بهره‌برداری

<sup>1</sup> - Voltage Source Converters

<sup>2</sup>- Capacitor Commutated Converter



### ← محدودیت حرارتی

محدودیت حرارتی اساسی‌ترین عامل محدودکننده ظرفیت خط است. این محدودیت که بر حسب جریان خط بیان می‌شود، ناشی از گرمای تولیدشده به واسطه عبور جریان از خط است. گرمای ایجادشده در خط باعث افزایش طول خط و نزدیک شدن انحناهای خط به زمین، درختان، ساختمان‌ها و... می‌شود، که می‌تواند باعث ایجاد خطا در شبکه شده ایمنی خط را کاهش دهد. همچنین اگر خط متناوباً بیش از حد گرم شود، خاصیت کشسانی خود را از دست داده و پس از سرد شدن دوباره به حالت اولیه باز نمی‌گردد که فاصله ایمنی را کاهش می‌دهد. بعلاوه قابلیت تحمل کشش و طول عمر خط نیز کاهش خواهد یافت. معمولاً عامل تعیین‌کننده ظرفیت حرارتی خط میزان انحنای خط است که توسط چند نقطه نامناسب که فاصله ایمنی آن کمتر است تعیین می‌شود.

### محدودیت ولتاژ

اختلاف ولتاژ عامل اصلی جاری نمودن توان از محل تولید به سمت مصرف‌کننده است. طراحی خط بیشینه سطح ولتاژ قابل قبول خط را تعیین می‌کند. اگر ولتاژ از این مقدار تجاوز کند ممکن است مشکلاتی از جمله اتصال کوتاه، تداخل رادیویی و نویز رخ دهد. همچنین ممکن است به تجهیزات شبکه مثل ترانسفورماتورها و یا لوازم مصرف‌کنندگان آسیب وارد شود. میزان افت ولتاژ هم اگر بیش از مقدار مجاز باشد می‌تواند موجب عملکرد نامناسب وسایل مصرف‌کننده به خصوص موتورها شود. معمولاً تغییرات ولتاژ مجاز در خطوط انتقال ۵ درصد در نظر گرفته می‌شود.

افت ولتاژ در طول خط انتقال به علت امپدانس سری خط و جریان عبوری از خط است. با افزایش طول خط راکتانس و در نتیجه افت ولتاژ خط افزایش می‌یابد. یکی از راه‌های کنترل ولتاژ خط، کنترل توان راکتیو خط انتقال با نصب بانک‌های خازنی و سلف است. برای کنترل میزان افت ولتاژ می‌توان با جبران توان راکتیو بارها جریان عبوری از خط و در نتیجه افت ولتاژ را کاهش داد.

### محدودیت بهره‌برداری

محدودیت‌های بهره‌برداری شامل عوامل مختلفی است که آن‌ها را در سه قسمت بیان می‌کنیم:

↔ مسیر توان در شبکه: وقتی می‌خواهیم توانی را از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر انتقال دهیم توان مزبور از همه مسیرهای موجود بین دو ناحیه برای انتقال استفاده می‌کند. در حالت عادی توزیع توان بین این مسیرها وابسته به عکس امپدانس خطوط است و هیچ کنترلی بر میزان توان عبوری از یک مسیر وجود ندارد.

↔ در شبکه‌های غربالی پدیده دیگری بنام توان در حلقه رخ می‌دهد. در شبکه‌های غربالی نقاط اتصال متعددی بین خطوط وجود دارد و وقتی می‌خواهیم توان را از نقطه‌ای از یک شبکه به نقطه دیگر انتقال دهیم این توان ممکن است از مسیر مورد نظر عبور نکرده و از مسیری دیگر به نقطه مورد نظر رسد. این پدیده باعث کاهش ظرفیت توان قابل انتقال از نقطه‌ای به نقطه دیگر یک شبکه می‌شود.

↔ پایداری سیستم: پایداری یکی دیگر از عوامل محدودکننده ظرفیت انتقال است. به طور کلی پایداری شامل پایداری حالت دائمی، پایداری گذرا، پایداری دینامیک، نوسانات زیرسکرون، فروپاشی ولتاژ و فرکانس است.

در یک شبکه به هم پیوسته ژنراتورها در سرعتی یکسان برای تولید برق در فرکانسی ثابت می‌چرخند وقتی اغتشاش در سیستم رخ می‌دهد به دنبال آن توان مورد نیاز شبکه تغییر می‌کند. یک اغتشاش ممکن است باعث کاهش توان کشیده شده از ژنراتورها شود و چون توان توربین همچنان ثابت می‌ماند باعث شتاب گرفتن ژنراتور می‌شود و سرعت چرخش آن را تغییر می‌دهد. این نوسان سرعت اگر به سرعت کنترل و میرا نشود می‌تواند باعث ناپایداری شبکه و نهایتاً فروپاشی شبکه شود.

### راه‌حل‌های تئوری افزایش ظرفیت یک خط انتقال

کنترل امپدانس خط: در این روش با قرار دادن یک امپدانس (خازن) متغیر در خط امپدانس خط کنترل می‌شود. با اینکار می‌توان بیشینه توان انتقالی از خط را افزایش داد البته در این روش معمولاً میزان جبران راکتانس خط نباید بیش از ۷۰٪ باشد.

### تنبیت ولتاژ وسط خط

در این روش با قرار دادن یک منبع ولتاژ در وسط خط ولتاژ آن نقطه کنترل و تثبیت می‌شود. البته می‌توان چندین منبع در نقاط مختلف خط هم قرار داد. نکته‌ای که در اینجا باید مورد توجه قرار گیرد این است که ولتاژ منبع نباید بیش از ولتاژ مجاز خط باشد. که معمولاً این ولتاژ مجاز در محدوده ۹۰٪ تا ۱۱۰٪ ولتاژ نامی خط است.

### کنترل زاویه توان

کنترل زاویه بهترین و موثرترین پارامتر برای کنترل توان عبوری است. هر چند حداکثر زاویه مجاز برای پایدار ماندن سیستم ۹۰ درجه است ولی معمولاً با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۳۰٪ حداکثر توان دائمی را ۷۰٪ بیشینه توان در نظر می‌گیرند که به این ترتیب حداکثر زاویه مجاز حدود ۴۵ درجه است.

### کنترل توان راکتیو

توان راکتیو توان لحظه‌ای جذب شده توسط قسمت راکتیو بار است. از آنجا که توان ظاهری انتقالی در سیستم متشکل از توان راکتیو و اکتیو بار است. کنترل توان راکتیو و جبران آن می‌تواند در افزایش انتقال توان اکتیو در سیستم‌های انتقال یک عامل حائز اهمیت باشد.

در گذشته و برای جبران توان راکتیو شبکه‌های قدرت و بهبود ظرفیت انتقال از کندانسورهای سنکرون استفاده می‌شد. همچنین در سیستم توزیع از خازن‌های موازی برای بهبود پروفایل ولتاژ و کاهش بارگیری خط و تلفات (با اصلاح ضریب توان) استفاده می‌شد. توسعه سریع و اقتصادی تر بودن خازن‌های موازی منجر به جایگزینی آن‌ها با کندانسور سنکرون در سیستم‌های انتقال گردید.

ملاحظه گردید که عملاً می‌توان آنچه را که کندانسورهای سنکرون انجام می‌دادند از سوئیچ کردن خازن‌های موازی با هزینه‌ای کمتر به دست آورد. به موازات روش‌های گفته شده از روش‌هایی چون خازن سری با کلیدهای مکانیکی، ترانسفورماتور LTC و ترانسفورماتورهای جابجاگر فاز نیز استفاده می‌شد.

به مرور و با پیشرفت تکنولوژی الکترونیک قدرت این ساختارها متحول شد.

کنترل‌های الکترونیک قدرت در ابتدا در سیستم‌های HDVC بکار گرفته شدند و علاوه بر تثبیت ولتاژ در لینک‌های HDVC پایداری سیستم را نیز بهبود بخشیدند. پیشرفت تکنولوژی ولوهای تریستوری و کنترل دیجیتال منجر به ساخت SVC شد که اولین نمونه آن در آمریکا در دهه ۷۰ میلادی بکار گرفته شد.

در نهایت مفهوم FACTS بر اساس تعریف موفقی از Narian G.Hingorani در EPRI در اواخر دهه ۸۰ میلادی شکل گرفت. در آن هنگام EPRI در آمریکا تحقیق و توسعه این دستگاه‌ها را شروع کرده بود. ادوات FACTS شامل یک یا چند کنترلر هستند که امکان کنترل یک یا چند پارامتر خط انتقال را فراهم می‌آورند. این پارامترها شامل امپدانس سری یا موازی خط، جریان خط، ولتاژ نقطه‌ای و اختلاف فاز هستند. طراحی ادوات FACTS بر اساس ترکیبی از اجزاء معمول سیستم‌های قدرت (مانند ترانسفورماتور، خازن، سلف و سوئیچ‌ها) و عناصر الکترونیک قدرت (مانند انواع ترانزیستورها و تریستورها) انجام می‌شود. در سال‌های اخیر رشد تکنولوژی نیمه‌هادی‌ها منجر به معرفی انواع کارآمدتری از این سوئیچ‌های الکترونیک قدرت از جمله IGBT و IGCT ها شده است.

علاوه بر پیشرفت و رشد سریع تکنولوژی‌های الکترونیک قدرت که پیشرفت ادوات را میسر ساخته است. لزوم تجدید ساختار سیستم‌های قدرت نیز موجب فراهم آوردن بستر مناسب پیشرفت این ادوات شده‌اند.

به طور کلی کاربرد ادوات FACTS نیازهای گفته شده را برآورده می‌سازند و شبکه برق را مطمئن‌تر، کنترل پذیرتر و کاراتر می‌کند. ادوات FACTS می‌توانند با فراهم نمودن امکان کنترل پارامترها شبکه انتقال مزایای زیر را منجر شوند:

- ↔ کنترل توان اکتیو و راکتیو با خروجی کنترل پیوسته یا گسسته
- ↔ کم کردن جریان توان راکتیو نامطلوب در سیستم و در نتیجه کم شدن تلفات شبکه
- ↔ بالا بردن ظرفیت انتقال شبکه در حد محدودیت‌های حرارتی خطوط
- ↔ بهبود بخشیدن به پایداری حالت ماندگار و گذرا
- ↔ محدود کردن نوسان‌های ولتاژ در رنج مجاز
- ↔ افزایش میرایی سیستم
- ↔ کنترل جریان‌های در حلقه ناخواسته
- ↔ جابجا کردن سریع و دقیق جریان از خطوط پر شده به خطوط دارای ظرفیت خالی

↔ کنترل ولتاژ و تقویت کیفیت توان

↔ بهبود و تسهیل اتصال نیروگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر به شبکه

نکته مثبت کنترل کننده‌های FACTS در مقایسه با کنترل کننده‌های مکانیکی که به صورت سنتی برای کنترل توان راکتیو به کار می‌رفت. علاوه بر سرعت و انعطاف پذیری این است که این دستگاه‌ها استهلاک مکانیکی ندارند. هزینه سرمایه اولیه لازم برای نصب این تجهیزات معمولاً نکته منفی استفاده از این تجهیزات تلقی می‌شود. و لیکن عموماً شاخص زمان برگشت سرمایه نیز در طراحی‌ها در نظر گرفته می‌شود.

پارامترهای مهم در طراحی و کاربرد ادوات FACTS جاییابی آن‌ها در شبکه، ظرفیت نامی (حداکثر توان تحملی آن‌ها در کوتاه مدت و حالت دائمی) و راهبردهای کنترل برای عملکرد بهینه آن‌ها هستند.

ادوات FACTS به دو صورت بر اساس اتصال مداری و تکنولوژی بکار رفته قابل دسته‌بندی هستند. دسته‌بندی مربوط به تکنولوژی ساخت، این ادوات را به ادوات کنترل شونده تریستوری و ادوات کنترل کننده منبع ولتاژی (VSC) تقسیم می‌کند. این ادوات در نام‌گذاری دیگر به ادوات نسل اول و ادوات نسل دوم مشهور هستند.

ادوات FACTS می‌توانند جریان توان را به گونه‌ای کنترل کنند که شرایط مطلوبی برقرار باشد. اما هزینه زیاد و پایین بودن قابلیت اطمینان در این وسایل مهم‌ترین نقاط ضعف در کاربرد آن‌ها محسوب می‌شوند.

دو گروه از ادوات FACTS موجودند. خازن‌ها یا راکتورهای کنترل شده با تریستور مانند SVC و TCSC که در اواخر دهه ۱۹۷۰ ابداع شده است. گروه دیگر اینورترهای منبع ولتاژ مانند STATCOM، SSSC و IPFC و ... هستند که در اواسط

دهه ۱۹۸۰ معرفی شدند. در گذشته، تعداد بسیار زیادی SVC در شبکه‌های برق نصب شده است. دهه‌ها مبدل HVDC

پشت‌به‌پشت با کموتاسیون خط وجود دارند. تعدادی STATCOM و TCSC، سه عدد UPFC و یک IPFC و تعدادی

مبدل منبع ولتاژ HVDC با ساختار BTB در سیستم‌های برق سراسر دنیا نصب شده‌اند. همه ادوات FACTS و خطوط

HVDC برای کنترل پایداری شبکه قدرت مفید هستند. ادوات FACTS سری بیشتر برای کنترل پخش بار مفیدند. انواع

سری-موازی ادوات FACTS مانند UPFC می‌توانند توان‌های اکتیو و راکتیو و پخش بار آن‌ها در خط انتقال را کنترل

کرده و همچنین ولتاژ را مستقلاً کنترل کنند. انواع سری-سری ادوات FACTS مانند IPFC می‌توانند برای کنترل

پخش بار ۲ خط انتقال مورد استفاده قرار گیرند.

یکی از پارامترهای کلیدی در توسعه ادوات FACTS، روند توسعه کنترل‌کننده‌های FACTS است. نیمه‌هادی‌های قدرت در ساخت ادوات FACTS از مهمترین عناصر به شمار می‌رود. بنابراین توقف در پیشرفت عناصر الکترونیک قدرت و تکنولوژی ساخت و کنترل آن‌ها می‌تواند مانع گسترش و پیشرفت ادوات FACTS گردد. در دهه اخیر تکنولوژی ساخت نیمه‌هادی‌های قدرت پیشرفت زیادی داشته و نیمه‌هادی‌های GTC (خاموش شونده با سیگنال گیت) و ترانزیستور دو قطبی با گیت عایق شده (IGBT) در توان‌های بالا ساخته شده‌اند. در ادامه به روند توسعه و پیشرفت نیمه‌هادی‌های قدرت و تکنولوژی ساخت آن‌ها پرداخته می‌شود.

### تریستورها

هسته اصلی و کلیدی ادوات FACTS و HVDC استفاده از تریستورهای توان بالا است که توسط تکنولوژی فیبر نوری آتش (Trigger) می‌شوند. تریستور فقط می‌تواند عبور جریان را فعال کند و در جلوگیری از جریان نقشی ندارد و جریان در عبور از صفر خود به خود صفر می‌شود. این همان دلیلی است که چرا از مبدل‌های تریستوری در سیستم‌های با کموتاسیون خط مورد استفاده قرار می‌گیرند. مزیت مبدل‌های تریستوری ظرفیت بارپذیری بالای آن‌ها در عملکرد بار نامی و هم در عملکرد اضافه بار می‌باشد. در نتیجه سیستم‌های قدرت بزرگ و حجیم در ظرفیت‌های انتقال بالای ۵ تا ۷ گیگاوات می‌تواند تنها با استفاده از تریستورهای عملی و اجرایی گردند. مزیت دیگر آن تلفات نسبتاً کم آن است.

تریستور سوئیچ نیمه‌هادی می‌باشد که با آتش کردن گیت آن توسط یک پالس روشن شده و تا زمانی که جریان عبوری از آن صفر نشود، در وضعیت روشن باقی می‌ماند. تایرستورها در حال حاضر دارای بیشترین جریان عبوری و ولتاژ سدکنندگی در بین دیگر نیمه‌هادی‌ها هستند. این بدین معنی است که برای کاربردهای تریستوری نیاز به تعداد نیمه‌هادی‌های کمتری می‌باشد. HVDC بر مبنای تکنولوژی تایرستوری هنوز هم تنها راه عملی و ممکن انتقال AC-DC است که سطح ولتاژ بالای 500kV و توان بالای 3000 مگاوات را داراست.

تریستور در ساخت ولوهای SVC و همچنین TCSC نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولوهای تریستوری SVC با سطوح ولتاژ و توان بالاتر مستقیماً به شبکه‌های فوق توزیع و توزیع متصل می‌شوند. افزایش سطوح ولتاژ ولوهای تریستوری مورد

استفاده در SVC ها برای حذف ترانسفورماتورها و اتصال مستقیم به شبکه قدرت باعث صرفه‌جویی اقتصادی بیشتر و تلفات کمتر می‌شود.

اگر ولتاژ خط روی یکی از طرفین مبدل‌های HVDC و FACTS وجود نداشته باشد، سیستم مبدل ترستوری دیگر کاربردی ندارد. این محدودیت باعث بوجود آمدن نیمه هادی‌های دیگر شده است.

### IGCT

برای افزایش قابلیت کنترل پذیری، ترانزیستورهای GTO توسعه یافته‌اند و می‌توانند با اعمال یک پالس ولتاژ در گیت آن خاموش گردند. این GTO ها با IGCT جایگزین شده‌اند که ترکیبی از مزایای تلفات هدایت و کلیدزنی کم را داراست. این نیمه هادی‌ها در ادوات FACTS و درایوهای با اندازه کوچکتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. تایرستورهای GTO نیز در ۳۰ سال گذشته پیشرفت زیادی داشته‌اند. مزیت عمده آن‌ها نسبت به ترستورها ولتاژ سد کنندگی و فرکانس کلیدزنی بالاتر آن است. این ویژگی‌ها باعث شده است که GTO ها در سیستم‌های اینورتری توان بالاتر مورد استفاده قرار گیرد.

### IEGT و IGBT

IGBT یا ترانزیستور دو قطبی با گیت عایق شده به یک تکنولوژی الکترونیک قدرت بسیار مهم در کاربردهای FACTS تبدیل شده است. این ادوات از مزیت ولتاژ بالای ترانزیستورهای دو قطبی بهره می‌برند. اساساً یک IGBT می‌تواند با یک ولتاژ مثبت روشن شده و با یک ولتاژ صفر خاموش گردد. این مشخصات اجازه داشتن یک درایو گیت بسیار ساده را برای کنترل IGBT می‌دهد. سطوح ولتاژ و توان در کاربردهای IGBT به بیشتر از 300kV و 1000 MVA برای مبدل‌های منبع ولتاژ HVDC رسیده است. چیپ‌های IEGT آخرین دستاورد تکنولوژی دیودهای بازیابی سریع هستند و یکی از مزایای طراحی یکپارچه استاندارد می‌باشد. این ابزار بصورت یکپارچه با بازده و سطح عایقی بالا ساخته شده و مدل‌های IEGT های 6.5kV و 1.2 KA در بازار موجود است.

IEGT ها نسبت به GTO ها دارای گستره توانی بالاتر هستند و می‌توانند در سرعت‌های بالاتری نسبت به IGBT ها کار کنند. ماژول IEGT ترکیبی از مزیت مقاومت حرارتی پایین با کاهش تلفات هدایت و کاهش 3000 برابری در تلفات حالت عدم هدایت نسبت به دیگر مدل‌ها مرسوم را فراهم می‌کند. به علاوه اندازه ماژول IEGT تقریباً  $\frac{1}{3}$  ماژول GTC می‌باشد.

### تریستورهای ETO

تریستور ETO (Emitter Turn-off) بهترین مشخصات IGCT و IGBT را با قابلیت هدایت جریان بالا و ولتاژ متوسط GTC با یکدیگر ترکیب کرده تا ادوات نیمه هادی با توان بالا را ایجاد کند. تریستور ETO ابتدا بعنوان یک دستگاه کلیدزنی بسیار توان بالا برای استفاده در سیستم‌های تبدیل توان در شبکه‌های برق توسعه یافت. تریستورهای ETO قادراند که جریان‌های تا 4KA تحت ولتاژ 6 کیلوولت را کلیدزنی نمایند. تریستور ETO دارای مشخصات تکنیکی و فنی زیر است:

↪ قابلیت قطع جریان 5000A بدون اسنابر

↪ تلفات کلیدزنی و هدایت پایین

↪ قیمت پایین ادوات و مدارات

↪ ساده برای سری و موازی نمودن آن

↪ توان پایین درایو گیت

↪ حفاظت اضافه جریان و سنسور جریان داخلی

↪ ساده برای تولید انبوه

در ادامه برخی پروژه‌های ادوات FACTS مورد اشاره قرار می‌گیرد.

### کنترل اضافه بار یک خط انتقال ۲۲۰kV به وسیله یک OLC(Overload Line Controller)

شرکت ABB یک OLC بر اساس سیستم‌راکتورهای سری گسسته عرضه، نصب و راه‌اندازی کرد که قادر به کنترل موثر شرایط انتقال قدرت، محدود کردن اضافه بار سیستم و کنترل شرایط بارگذاری خط جبران شده در کسری از ثانیه است. OLC یک راه حل ساده و موثر از ادوات FACTS برای ایجاد کنترل پخش بار و کاهش اضافه بار، مخصوصاً در مواردی که خطوط انتقال بخشی از شبکه‌های قدرت با وجود تعداد زیاد منابع انرژی بادی می‌باشند، است. OLC به صورت سری در یکی از مسیرهای اصلی ۲۲۰kV در اسپانیا در ناحیه Aragon-Navarra قرار گرفت. تحت شرایط خاصی، این ناحیه دارای محدودیت در ظرفیت انتقال است (به علت اضافه بار مسیرهای موجود). به کمک OLC این مسئله رفع شده و یا دست کم کاهش خواهد یافت. نتیجتاً تولید تجدیدپذیر قابل انتقال افزایش خواهد یافت. OLC در



پست Magallon در خط ۲۴ کیلومتری Magallon-Entrerrios  $kV220$  نصب گردید. هدف اصلی OLC، ایجاد کنترل پخش بار و عملکرد در نزدیکی حدود طبیعی و در نتیجه افزایش ظرفیت انتقال انرژی‌های تجدیدپذیر است.



شکل (۱-۵): نمایش یک کنترلر خط هوائی (OLC)

### TCSC برای انتقال پایدار توان مازاد از شرق به غرب هند

شرکت شبکه قدرت هند (PGCIL) از شرکت ABB دو عدد TCSC خرید که روی شبکه انتقال قدرت  $400\text{ kV}$  دو مداره Rourkela-Raipur بین نواحی شرق و غرب شبکه نصب گردید. طول اتصال بین دو قسمت حدود  $412\text{ km}$  است. هدف اصلی این اتصال AC بین دو قسمت شرق و غرب، قادر ساختن ارسال و انتقال انرژی مازاد از ناحیه شرق به غرب هند در طی شرایط کار طبیعی و همچنین تحت شرایط اضطراری و در صورت رخداد پیشامد است. TCSC باعث می‌گردد نوسانات توان بین دو ناحیه گردید که در غیر این صورت، این نوسانات منجر به ایجاد یک محدودیت روی توان انتقالی بین دو ناحیه می‌شد.



شکل (۱-۶): شمای فیزیکی یک TCSC در شبکه برق هندوستان

### SVC برای کنترل دینامیکی ولتاژ سیستم انتقال ۲۲۰kV

در پایان سال ۲۰۱۳ توسط ABB یک SVC با رنج  $\pm 75 \text{ Mvar}$  در ولتاژ ۲۲۰kV در پست Karavia در جمهوری دموکراتیک کنگو (Congo) عرضه شد. قسمتی از این پروژه نیز شامل نصب ۳ خازن سوئیچشونده مکانیکی (MSC) هر کدام با رنج ۳۰Mvar در ولتاژ ۲۲۰kV می‌شد. SVC بخشی از توانمندی کریدور ۲۲۰kV HDVC برای استان Katanga که دارای بزرگ‌ترین ذخایر مس و کبالت در جهان است، به حساب می‌آید. وظایف SVC به شرح زیر است:

↔ بهبود پایداری ولتاژ و پایداری زاویه در شبکه AC، ۲۲۰kV، Katanga

↔ جبران کمبود توان راکتیو شبکه

↔ افزایش پایداری نوسان اول توسط حفظ ولتاژ سیستم در طی اختلالات شدید.



شکل (۱-۷): نمای فیزیکی تجهیزات پست انتقال و SVC احداث شده در آن

### SVC برای پایدارسازی یک سیستم انتقال بزرگ ۷۳۵kV در کانادا

در سال ۲۰۰۹، یک SVC که توسط شرکت ABB عرضه شده بود، برای شبکه تغذیه ۱۱ kV بکار گرفته شد تا با تعدادی دیگر از SVC های ABB که از اواسط سال ۲۰۰۰ در مدار بودند، کار کنند. در کل شش SVC و تعدادی فیلترهای هارمونیک مستقل که در حال حاضر در نقاط بحرانی شبکه متروی ۱۱ kV و ۲۲ kV لندن کار می‌کنند. به دلیل مسئله فضای موجود و نزدیک بودن آن‌ها به پست‌ها و ایستگاه‌های مترو، نصب SVC به صورت کمپکت و فشرده انجام شد تا نویزها و میدان‌های مغناطیسی محدود شوند. به همین خاطر در SVC ها، از راکتورهای TCR با هسته‌های آهنی به جای راکتورهای با هسته هوایی استفاده شد.



شکل (۱-۸): نمای فیزیکی SVC واقع در شهر کبک کانادا

### ادوات FACTS برای پایدارسازی ولتاژ شبکه و افزایش ظرفیت انتقال توان در شیلی

در سال ۲۰۱۱ یک مجموعه از ادوات FACTS شامل یک STATCOM و یک SVC توسط شرکت ABB در سیستم انتقال قدرت Transelec در شیلی عرضه و بکار گرفته شد. هدف از استفاده ادوات FACTS در این پروژه، افزایش ظرفیت توان ظرفیت توان انتقالی به وسیله افزایش پایداری سیستم در حالت ماندگار و شرایط اختلال است.



## ۲- توجیه‌پذیری توسعه تکنولوژی

هدف از تدوین گزارش توجیه‌پذیری، بررسی محیط پیرامون فناوری و تحلیل محیط حقوقی و اسناد ملی و بخشی مرتبط با توسعه فناوری می‌باشد. تحلیل محیط پیرامون فناوری یک ابزار استراتژیک مناسب برای شناخت تصویر بزرگ از محیطی که فناوری مورد نظر در آن اجرا می‌شود می‌باشد. این ابزار می‌تواند در راستای بهره‌برداری از فرصت‌ها و حداقل نمودن تهدیدهایی که فناوری با آن‌ها مواجه است مورد استفاده قرار گیرد. در راستای تحلیل محیط خارجی می‌توان آینده فناوری را در افق طولانی‌تری از زمان مشاهده کرد و تا حدودی فرصت‌ها و تهدیدهای پیش‌روی فناوری را شبیه‌سازی نمود. در این بخش مولفه‌های زیست محیطی، سیاسی، اقتصادی اجتماعی، تکنولوژیکی و قانونی اثر گذار بر روند توسعه فناوری مورد بررسی قرار گرفته است.

### ۲-۱- ابعاد زیست محیطی و اجتماعی

توسعه و شکوفایی اقتصادی در کنار نیاز به حفاظت از محیط زیست داخلی و جهانی جزء اولویت‌های سیاستگذاری در جهان محسوب می‌شود. مزایا و مشکلات زیست محیطی ناشی از اجرای فناوری در تحلیل مولفه‌های زیست محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. مسائل و محدودیت‌های اجتماعی و فرهنگی ناشی از دستیابی به یک فناوری خاص نیز در تحلیل اجتماعی مورد توجه قرار می‌گیرد. در ادامه به این دو مورد پرداخته می‌شود. خطوط انتقال فوق فشارقوی موارد زیر را از لحاظ ابعاد زیست محیطی و اجتماعی در بر می‌گیرد.

#### سلامت انسان

مطالعات زیادی بر روی رابطه بین مبتلا شدن به بیماری‌هایی نظیر سرطان و زندگی در نزدیکی خطوط انتقال در سرتاسر دنیا انجام شده است. در مطالعه ای که در سال ۱۹۹۷ در استرالیا انجام شد، اعلام گردید که ارتباطی بین زندگی در نزدیکی خطوط انتقال و مبتلا شدن به بیماری‌های خطرناک وجود ندارد. اگرچه شواهد علمی نشان می‌دهد که خطوط انتقال فشارقوی خطری برای سلامتی انسان در کوتاه مدت و بلند مدت ندارد؛ اما برخی از مطالعات آماری نشان می‌دهد افرادی که در نزدیکی خطوط فشارقوی زندگی می‌کنند بیشتر به بعضی از بیماری‌های خطرناک مبتلا می‌شوند. با توجه به مسائل

مطرح شده در قسمت حریم خطوط انتقال، مشخص است که استفاده از خطوط فوق فشارقوی سلامت انسان را کمتر به خطر می‌اندازد.

### محیط زیست

یکی دیگر از ابعاد اجتماعی و زیست محیطی خطوط انتقال نیرو توجه به مسائل محیط زیست می‌باشد. به هر حال ممکن است انتخاب مسیر به گونه‌ای باشد که به ناچار برخی از درختان قطع گردد و تغییراتی در طبیعت اصلی محیط زیست به وجود آید. باید توجه داشت که انتخاب مسیر به گونه‌ای باشد که کمترین آسیب را به زیستگاه موجودات زنده وارد نماید. عدم دقت در این امر و بروز تغییر در زیستگاه و از بین رفتن درختان، گیاهان و مراتع می‌تواند باعث بروز مشکلاتی برای جانوران و پرندگان شود و چه بسا باعث منقرض شدن نسلی از موجودات و یا مهاجرت آن‌ها گردد. که باز هم با توجه به حریم کمتر در خط انتقال ۷۶۵ کیلوولت مشخص می‌شود استفاده از خطوط انتقال فوق فشارقوی تأثیرات کمتری بر روی بکر ماندن محیط زیست خواهد داشت.

### آلودگی صوتی

نویز خط انتقال ۷۶۵ کیلوولت چیزی شبیه هوم یا وزوز است که در اثر دشارژ زیاد کرونا، حاصل می‌شود. میدان اکتريکی اطراف هادی‌ها هوای نزدیک سطح هادی را، در مکان‌هایی که آب روی هادی متراکم شده است، یونیزه می‌کند. این فرایند یونیزاسیون، نویزی تولید می‌کند که با تولید نوری در سطح هادی همراه است. نویز حاصل، باعث آسیب فیزیکی نمی‌شود و فقط باعث مزاحمت‌هایی تا فاصله ۲۵۰ متری از هر طرف حریم خط انتقال می‌گردد.

### میدان‌های الکترومغناطیسی

بزرگی میدان الکترومغناطیسی خطوط به اندازه‌ای نمی‌باشد که موجب گرم شدن بافت‌ها که اولین، تأثیر منفی میدان الکترومغناطیسی است بشود. شواهد کمی موجود است که نشان دهد میدان مغناطیسی خطوط تأثیری منفی بر روی افراد داشته باشد. گرچه کمبود این شواهد، دلیل بر این که این میدان‌ها هیچگونه تأثیری ندارند نمی‌باشد. با توجه به کاهش حریم در صورت استفاده از خطوط انتقال فوق فشارقوی، تأثیرات منفی در این زمینه کاهش می‌یابد.

استفاده از فناوری HVDC می‌تواند در کاهش تلفات شبکه و در نتیجه بهبود محیط زیست اثرگذار باشد. با توجه به بخش‌های مختلف این فناوری اعم از دانش فنی، طراحی و ساخت اجزاء، اجرا و پیاده‌سازی، تست و ... رسیدن به این فناوری سطح بالایی از اشتغال را نیز در کشور ایجاد می‌کند.

یکی از دلایل عمده برای انتقال انرژی در مسافت‌های طولانی موارد زیست‌محیطی می‌باشد. یکی از این موارد آلودگی زیاد ناشی از نیروگاه‌ها است که دور نمودن آن‌ها از مراکز مصرف بزرگ و انتقال انرژی با خطوط انتقال را توجیه می‌کند. همچنین این امر آلودگی ناشی از انتقال منابع سوختی را نیز دربر نخواهد داشت.

از طرف دیگر، شبکه‌های HVDC دارای مزایایی چون نیاز به زمین کمتر، آلودگی کمتر و نگهداری کمتر هستند. البته ایستگاه‌های مبدل‌ها نیاز به زمین دارد اما یک خط انتقال HVDC می‌تواند بیشتری را نسبت به خطوط متناوب انتقال دهد.

پروتکل کیوتو در کنوانسیون سازمان ملل درباره تغییرات آب و هوای کره زمین، در تعیین رویه‌های داخلی کشورها در مورد انرژی نقش مهمی دارد. برای مثال در اتحادیه اروپا (EU)، رویه این است که از منابع انرژی متنوع‌تری برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای استفاده کنند. در این زمینه منابع انرژی تجدیدپذیر مؤثرترین راه در پیاده‌سازی این هدف می‌باشند. برق خورشیدی، برق زمین گرمایی، برق بادی و بیوگاز مثال‌هایی از منابع تجدیدپذیرند که به طور مؤثری در تولید الکتریسیته به کار گرفته می‌شوند. اهمیت این روند وقتی بیشتر می‌شود که چندین سازمان پیش‌تاز مانند کنفرانس بین‌دولتی تغییرات آب و هوا، شورای انرژی و غیره تخمین می‌زنند که فناوری‌های تجدیدپذیر انرژی بخش عمده‌ای از تقاضای جهانی انرژی را در نیمه اول قرن اخیر تشکیل می‌دهند. استفاده روزافزون از انواع این انرژی نیاز به انتقال الکتریسیته تولید شده را افزایش می‌دهد. لذا سیستم‌های بزرگ انتقال انرژی الکتریکی با عملیات جمع‌آوری و انتقال انرژی تولیدشده از نیروگاه‌های کوچک و پراکنده محلی، تکامل می‌یابند. در واقع در بسیاری از حالات، انتقال را می‌توان راه حل دیگری در کنار تولید محلی انگاشت. در این میان فن‌آوری HVDC را می‌توان بعنوان یک راه‌حل مطمئن و با تلفات پایین جهت انتقال انرژی تولید شده به مراکز مصرف در نظر گرفت.

استفاده از ادوات FACTS امکان بهره‌برداری بهینه را فراهم می‌آورد که سبب افزایش بازدهی سیستم می‌شود. همچنین اتصال شبکه‌ها این امکان را ایجاد می‌کند که تولید انرژی در مکان‌های صورت گیرد که کمترین

مصرف سوخت در آن ایجاد شود، این امر توسط خطوط HVDC و ادوات FACTS انجام می‌گیرد. همچنین ادوات جبران کننده‌ی توان راکتیو و هارمونیکی می‌توانند به کاهش تلفات خطوط کمک نمایند که این امر نیز سبب افزایش بازده می‌شود. ادواتی مانند تجهیزات جبران کننده‌ی موازی مانند TCT، TCR، TSC، TSR، Dstatcom و Active filterها و TCVL، STATCOM، MCR و ادوات جبران کننده‌ی در حوزه‌ی توزیع مانندها در صورت می‌گیرد. همچنین استفاده از منابع تولید پراکنده و ریزشبکه‌ها، سبب کاهش توان انتقالی شده و در نتیجه سبب کاهش تلفات می‌شود تجهیزات الکترونیک قدرت تحت عنوان power conditioning ها بدین منظور طراحی می‌شوند.

این تجهیزات می‌توانند در جهت افزایش بازدهی سیستم برق کشورمان عمل نمایند. با فرض ۷۰۰۰۰ مگاوات ظرفیت نصب شده‌ی کشور تنها ۲ درصد افزایش بازده می‌تواند ۱۴۰۰ مگاوات در تولید صرفه‌جویی شود که برابر با حذف اثر زیست محیطی یک نیروگاه است.

## ۲-۲- ابعاد سیاسی

در تحلیل سیاسی، اجرای فناوری مورد نظر از دیدگاه مسائل و محدودیت‌های سیاسی مورد بررسی قرار می‌گیرد و چالش‌ها یا فرصت‌های سیاسی ایجاد شده پس از دستیابی به فناوری مورد نظر بررسی می‌گردد.

خطوط انتقال فوق فشارقوی یکی از مهم‌ترین راه‌های انتقال انرژی می‌باشد. منابع انرژی به عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرهای ژئوپلیتیکی در نظام سیاسی کنونی جهان در تعاملات بین‌المللی میان کشورها، انتقال به مکان‌ها و فضاها بدون انرژی یا نیازمند انرژی، کنترل منابع تولید و مسیرهای انتقال انرژی و بهره‌برداری از فناوری‌ها و ابزارهای تولید و فرآوری و انتقال و حتی مصرف انرژی برای حفظ سیادت جهانی و منطقه‌ای و به چالش کشیدن رقبا در عرصه بین‌المللی، همگی دارای ابعاد مکانی، فضایی یا جغرافیایی هستند و به همین اعتبار انرژی را به موضوع ژئوپلیتیکی مهمی تبدیل کرده، زیرا انرژی و تمام ابعاد آن محل ملاقات سه پارامتر جغرافیا، قدرت و سیاست است. ایران هم اکنون در کانون ۷۵ درصد از منابع انرژی جهان قرار دارد و این موقعیت ژئوپلیتیکی و ژئو اکونومیک می‌تواند ایران را به یکی از قطب‌های بدون منازع قدرت در جهان تبدیل کند.

طبیعی است که بهره‌گیری از این موقعیت ممتاز و ایفای نقش موثر در مناسبات انرژی، مستلزم تدوین دستور کار مبتنی بر دانش، درایت سیاسی و آگاهی از پویای‌های ژئوپلیتیک با محور انرژی است. ایران برای ایفای نقش موثر در منطقه و جهان، نیازمند استفاده از تمام امکانات سرزمینی خویش است و بخش انرژی از مهم‌ترین آن‌ها به شمار می‌رود. در این راستا باید تلاش شود هرچه سریع‌تر ظرفیت‌های بالقوه کشور در حوزه انرژی تبدیل به قابلیت‌هایی شود که بر قدرت اقتصادی و در نهایت سیاسی کشور بیفزاید و منزلت و جایگاه بین‌المللی ایران را تقویت کند. بالفعل کردن این قابلیت‌ها به معنی توسعه صنعت انرژی و روابط بین ایران و کشورهای منطقه است، توسعه‌ای که علاوه بر افزایش ظرفیت تولید و نوسازی این صنعت، می‌تواند با صادرات برق نقش ایران را در معاملات بین‌المللی انرژی و معادلات منطقه‌ای افزایش دهد. خطوط انتقال ۷۶۵ کیلوولت به عنوان یکی از مهمترین راهکارهای انتقال انرژی از مکان‌هایی که در مجاورت منابع انرژی هستند به قسمت‌های دور دست که دسترسی به منابع مرسوم انرژی را ندارند بسیار مفید و کاربردی است. هرچه مسیر طولانی‌تر گردد ارزش این خطوط بیشتر و بیشتر می‌گردد. با توجه به پهنه وسیع کشور ما و تجمع بیشتر منابع انرژی مرسوم در بخشی از ایران استفاده از این خطوط بدیهی به نظر می‌رسد. با استفاده از این خطوط صادرات برق تسهیل می‌گردد و از نظر سیاسی باعث بهبود روابط با کشورهای مجاور و دریافت کننده برق می‌شود. این امر به صورت طبیعی باعث افزایش قدرت سیاسی کشور در منطقه می‌گردد.

با هدف تأمین رشد پویا و بهبود شاخص‌های مقاومت اقتصادی و دستیابی به اهداف سند چشم‌انداز بیست‌ساله، سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی در ۹۲/۱۱/۲۹ توسط مقام معظم رهبری ابلاغ گردید. در بحث اقتصاد مقاومتی، مقوله صادرات انرژی به کشورهای همسایه به وزارت نیرو محول شده و صادرات انرژی نیز منوط به سنکرون شدن شبکه برق کشور با شبکه برق کشورهای همسایه است. برخی از نکات قابل توجه در این سند عبارتند از:

➤ پیشتازی اقتصاد دانش‌بنیان، 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 دانش‌بنیان و دستیابی به رتبه اول اقتصاد دانش‌بنیان در منطقه.

➤ مقابله با ضربه‌پذیری درآمد حاصل از صادرات نفت و گاز که یکی از راه‌های آن افزایش صادرات برق است.



↩ افزایش ارزش افزوده از طریق تکمیل زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز، توسعه تولید کالاهای دارای بازدهی بهینه (براساس شاخص شدت مصرف انرژی) و بالابردن صادرات برق، محصولات پتروشیمی و فرآورده‌های نفتی با تأکید بر برداشت صیانتی از منابع.

باتوجه به موارد مطرح‌شده در سند فوق، اهمیت افزایش صادرات برق و رسیدن به تکنولوژی‌های نوین صنعتی مرتبط با آن به خوبی مشاهده می‌شود. لذا در راستای تحقق سیاست‌های اقتصاد مقاومتی، استفاده از فناوری انتقال برق در حجم بالا و مسافت‌های طولانی، ایران را به قطب صادرات برق منطقه تبدیل خواهد کرد.

## ۲-۳- ابعاد اقتصادی

در تحلیل اقتصادی شاخص‌ها و پارامترهای اقتصادی در اجرای فناوری مورد توجه قرار گرفته و فرصت‌های اقتصادی ایجاد شده در دستیابی به فناوری مورد نظر تحلیل می‌گردد. باید دید که احداث و بهره‌برداری از خطوط فوق فشارقوی از لحاظ اقتصادی چه مزیت‌هایی دارد.

هزینه‌های انتقال برق از طریق خطوط فوق فشارقوی در مقایسه با سایر هزینه‌های شبکه برق بسیار پائین‌تر است؛ به گونه‌ای که انگلستان تنها ۲٪ هزینه تمام شده جهت تولید، انتقال، توزیع و رساندن برق به مصرف‌کننده نهایی مربوط به بخش انتقال از طریق خطوط فوق فشارقوی می‌باشد. با توجه به اینکه هزینه‌های مربوط به انتقال وابستگی مستقیم با تلفات خط انتقال دارد، بنابراین هرچه تلفات کمتر باشد هزینه‌های این امر نیز کمتر خواهد بود. هرچه ولتاژ در خطوط انتقال بالاتر رود، جریان انتقالی کاهش و در نتیجه تلفات خط کمتر می‌شود. بنابراین خطوط انتقال فوق فشارقوی تلفات کمتری دارند و این یعنی کاهش هزینه‌های انتقال.

خطوط انتقال فشارقوی ۷۶۵ کیلوولت بازده به مراتب بالاتری نسبت به خطوط انتقال با ولتاژ پایین دارند. خطوط ۷۶۵ کیلوولت جدید تلفاتی کمتر از ۱٪ دارند؛ که در مقایسه با تلفات ۱۰٪ ای خطوط انتقال با ولتاژ پایین‌تر ناچیز است. بنابراین هزینه‌های انتقال از طریق خطوط فشارقوی ۷۶۵ کیلوولت به مراتب کمتر خواهد بود. با این تفاسیر جهت انتقال توان ۱۰۰۰ مگاواتی با استفاده از خطوط ۷۶۵ کیلوولتی به جای خطوط ۳۴۵ کیلوولتی، در هر شبانه روز به مقدار ۲۱۶۰ مگاوات ساعت صرفه

جویی خواهد شد. که این مقدار در طی یک سال ۷۸۸۴۰۰ مگاوات ساعت خواهد بود. بنا بر اظهارات مسئولان وزارت نیرو در انتهای سال ۱۳۹۲ بدون احتساب قیمت سوخت، قیمت و هزینه هر کیلووات ساعت حدود ۶۸۰ ریال می‌باشد. با فرض قیمت ۲۳ دلاری برای هر مگاوات ساعت برق مقدار مبلغ صرفه جویی شده در هر روز به دلیل فروش بیشتر ۴۹۶۸۰ دلار خواهد بود و مقدار هزینه صرفه جویی شده سالانه نیز نزدیک به ۱۹ میلیون دلار می‌باشد.

#### جدول (۲-۱): هزینه احداث خطوط در سطوح ولتاژی مختلف [۴۰]

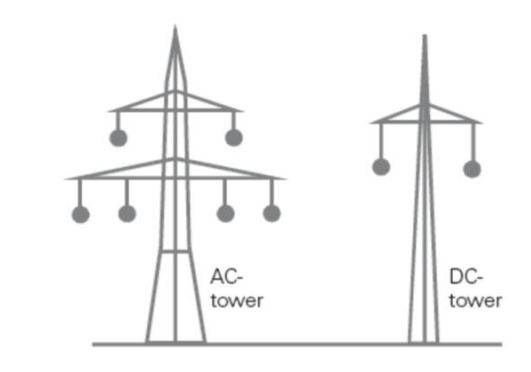
۱۲۸	۳۴۵	۴۰۰	۵۰۰	۷۶۵	سطوح ولتاژ (kV)
۷۹۵	۹۵۴	۹۵۴	۹۵۴	۷۹۵	نوع هادی (ACSR)
۱	۲	۴	۳	۶	تعداد باندل
۱۰۰	۳۹۰	۷۵۰	۹۱۰	۲۴۰۰	SIL(MW)
۲۴	۶	۳	۳	۱	تعداد مدار برای انتقال ۲۴۰۰ MW
۲۱/۶	۶/۱۵	۵/۸	۵/۱	۱/۷۶	هزینه کل (M\$/Km)

با توجه به جدول (۲-۱) مشخص است که هزینه حریم و هر خط برای انتقال ۲۴۰۰ مگاوات برق برای سطح ولتاژ ۷۶۵ کیلوولت تقریباً نصف سطح ولتاژ ۵۰۰ کیلوولت و ثلث سطح ولتاژ ۳۴۵ کیلوولت می‌باشد. که عملاً توجیه پذیری اقتصادی افزایش سطح ولتاژ در شبکه را توجیه می‌سازد.

دلایل متعددی برای انتقال مقادیر زیاد انرژی الکتریکی توسط انتقال طولانی وجود دارد. از نظر اقتصادی انتقال انرژی الکتریکی ارزانتر از روش‌های دیگر انتقال انرژی (از جمله انتقال منابع سوختی) می‌باشد که با نصب نیروگاه در محل یک منبع سوخت ارزان (مانند معادن ذغال سنگ، پالایشگاه‌ها، منابع گاز یا سد آبی) این هدف اکثراً برآورده می‌شود. در این حالت قیمت انتقال انرژی کمتر از حمل و نقل ماده سوختی تمام می‌شود و شرایط زیست محیطی نیز برآورده می‌گردد. در دسترس بودن منابع طبیعی مورد استفاده بویژه آب که در حجم زیاد مورد استفاده نیروگاه‌های حرارتی می‌باشد از موارد دیگر تعیین کننده محل نیروگاه‌ها و توجیه کننده خطوط انتقال طولانی با قدرت بالا می‌باشد. به دلایل فوق و به دلیل اقتصادی بودن یک شبکه به هم پیوسته از نظر صرفه جویی در ظرفیت نصب شده و صاف نمودن منحنی بار، هر روزه شبکه‌های با ولتاژ بالاتر، ظرفیت بالاتر و طول بیشتر احداث گردیده است.

برخی از قابلیت‌های فنی HVDC که منجر به صرفه‌جویی اقتصادی و کاهش هزینه‌ها می‌شود، عبارتند از:

- ↔ سیستم انتقال HVDC تلفات توان کمتری نسبت به انتقال AC دارد. از آن جا که در این سیستم‌ها جریان DC است، تلفات توان راکتیو اتفاق نمی‌افتد. خطوط جریان DC جریان مداوم سلفی یا خازنی با خود یا با زمین ایجاد نمی‌کنند، در حالی که این جریان‌ها در سیستم AC وجود دارد. از این رو در خطوط DC تلفات راکتیو وجود ندارد. لکن تلفات اهمی در خطوط HVDC با تلفات اهمی در خطوط مشابه AC قابل مقایسه و تقریباً برابر است.
- ↔ برخلاف سیستم AC که برای انتقال توان، حداقل سه سیم لازم دارد، HVDC تنها به دو سیم نیازمند است. از طریق تکنیک برگشت زمین، می‌توان تعداد هادی‌ها را به یک هادی نیز کاهش داد. علاوه بر این، در HVDC هادی‌های ارزاتر نیز می‌توانند به کار روند. از آن جا که ولتاژ DC است و نوسان ندارد، اثر پوستی که در سیستم AC مشاهده می‌شود، در این سیستم مفهومی نداشته و جریان از سطح موثر بزرگتری عبور می‌کند.
- ↔ ولتاژ موثر سیستم AC، ۰٫۷۰۷ مقدار پیک آن است. بنابراین HVDC در سطح ولتاژ یکسان، عایق‌بندی کمتری نسبت به AC نیاز دارد. در واقع مزیت عمده HVDC برای فواصل طولانی در بحث صرفه‌جویی هزینه‌ها، در این است که در ولتاژ یکسان، سیستم DC می‌تواند دو برابر سیستم AC توان را منتقل کند.
- ↔ از آن جا که در HVDC دکل‌ها فقط دو سیم را باید حمل کنند، صرفه‌جویی مالی قابل ملاحظه‌ای در این زمینه صورت می‌پذیرد. همچنین ساختار دکل‌ها ساده‌تر، کوتاه‌تر و ارزاتر می‌باشد.
- ↔ علاوه بر آن، از آن جایی که در این سیستم از دو سیم استفاده می‌شود، حریم کمتری نیاز است و در نتیجه، صرفه‌جویی عمده‌ای در مسئله زمین مورد نیاز صورت می‌گیرد. این موضوع در شکل (۲-۱) با مقایسه دکل‌های HVDC و HVAC در یک انتقال ۱۰۰۰ مگاواتی نشان داده شده است.



شکل (۱-۲): مقایسه برج‌های HVDC و HVAC

همانطور که ذکر شد، در سیستم‌های HVDC هزینه‌های مربوط به کابل‌های انتقال و تاسیسات مورد نیاز خیلی کمتر از هزینه‌های مشابه در سیستم AC است. علاوه بر این هزینه‌های جاری و عملکرد و نگهداری در سیستم HVDC کمتر است. لکن باید توجه داشت که هزینه راه‌اندازی HVDC در ابتدا بیشتر از مشابه آن در سیستم AC است. از آنجا که هزینه‌های HVDC بیشتر مرتبط با مبدل‌های آن است، لذا با تغییرات طول خط انتقال شیب افزایش هزینه به شدت هزینه خطوط AC تغییر نمی‌کند. بنابراین با افزایش مسافت، کاهش قیمت تمام‌شده سیستم HVDC را خواهیم داشت. برای فاصله‌ای بیش از یک فاصله معین (که حدود ۵۰ کیلومتر برای کابل‌های زیردریا و حدود ۶۰۰ تا ۸۰۰ کیلومتر برای کابل‌های هوایی است)، کاهش هزینه ناشی از به‌کارگیری تجهیزات الکترونیک قدرت برای سیستم جریان مستقیم از هزینه این تجهیزات بیشتر است و لذا کاربری این سیستم عملاً در خطوط هوایی بسیار بلند مقرون به صرفه است.

مسائل غیرفنی هم مانند مسائل فنی محرک‌های اقتصادی قوی در انتقال HVDC هستند. از زمره مسائل غیرفنی، راهبردهای ملی انرژی، اصلاحات دولتی در بخش الکتریسیته، جهانی شدن تجارت و ... است که همگی در انتخاب راه‌حل برای عرضه امن، قابل اعتماد و اقتصادی انرژی به بازار مؤثرند. به طور کلی خصوصی‌سازی و اصلاح بخش انرژی الکتریکی باعث افزایش شارش انرژی بین بخش‌های مختلف شبکه‌ها و سیستم‌های قدرت می‌شود. مثالی از این مورد، افزایش ظرفیت ارتباطی بین سیستم اسکاندیناویایی (Nordel) و سیستم اروپای غربی (UCPTE) است که پیش‌بینی می‌شود در پنج سال آینده دو برابر شود. در آینده شبکه‌های بسیار بزرگ الکتریسیته پدیدار خواهند شد که تا مسافت‌های طولانی گسترش یافته‌اند، بنابراین از مزایای منابع انرژی دور از دسترس استفاده می‌کنند و امکان استفاده اقتصادی از سوخت‌های مختلف و تفاوت زمان پرباری

ناشی از اختلاف ساعت مناطق مختلف را فراهم می‌کنند. بنابراین در این زمینه نقش‌های زیر را می‌توان برای HVDC برشمرد:

#### گردهم‌آورنده تولید در مقیاس کوچک تا متوسط در شبکه بزرگ قدرت

یک مثال از این حالت، استفاده از فناوری HVDC برای اتصال نیروگاه بادی ۶۰ مگاواتی به شبکه اصلی جزیره گاتلند در سوئد است. با توجه به روند توسعه انرژی در جهان، رشد کاربرد منابع تجدید پذیر اجتناب ناپذیر است.

#### راه حل اقتصادی و محیط زیستی برای تولید محلی انرژی

شهرهای کوچک، مناطق معدنی، روستاها و مکان‌های دیگری که از همه شبکه‌های الکتریکی دور هستند را می‌توان با استفاده از اتصال HVDC سبک به شبکه‌های بزرگتر وصل نمود. در این روش مزایای استفاده از شبکه بزرگ الکتریکی به ویژه برای نواحی دور دست مثل جزیره‌ها فراهم می‌شود. هزینه نسبتاً بالای حمل و نقل سوخت دیزل به جزایر و بازدهی کم ژنراتورهای محلی، با فناوری HVDC از بین می‌رود. کاربردهای ممکن دیگر عبارتند از: تأمین انرژی الکتریکی ایستگاه‌های استخراج نفت و گاز که در آن‌ها فضا و وزن تجهیزات اهمیت فوق العاده دارد.

#### راه حلی برای تأمین انرژی در مراکز شهری پراکنده

توزیع انرژی الکتریکی در شهرهای بزرگ به سرعت در حال رشد است. با افزایش مراکز مصرف به دلیل توسعه شهرنشینی، شبکه‌های قدرت شهری نیز باید برای برآورده شدن تقاضا توسعه یابند. با کمبود و گران شدن زمین، مشکلات عمده‌ای برای افزایش توزیع انرژی بروز می‌یابد. علاوه بر آن، با افزایش مقدار انرژی مصرفی، خطر اتصال کوتاه شدن تجهیزات سوئیچ و سایر مؤلفه‌های شبکه نیز افزایش می‌یابد. در نتیجه راه‌های جدیدی برای توزیع توان در این نواحی مصرفی لازم است. فناوری HVDC با کابل‌هایی که می‌توان آن‌ها را در زیرزمین نصب کرد یا با استفاده از حق عبورهای موجود آن‌ها را به طور هوایی آویزان کرد، در این زمینه موثر است.

از آنجا که کشورمان در دو ناحیه‌ی سرشار انرژی خلیج فارس و دریای مازندران قرار دارد و منابع عظیم نفتی و گازی را در بر دارد می‌توان حجم زیادی از انرژی را از طریق تبدیل به انرژی الکتریکی به سایر کشورها انتقال داد. در این حالت نیاز به سیستمی است تا حجم زیادی از توان را انتقال دهد و کنترل مناسب گذر توان را فراهم آورد. لذا کاربرد ادوات FACTS و خطوط HVDC اهمیت می‌یابد. قرار گرفتن ایران به عنوان پلی بین غرب و شرق نیز براهمیت این امر می‌افزاید.

بحث اتصال شبکه به کشورهای دیگر مانند اروپا نیازمند این است تا اغتشاش بین شبکه‌ها انتقال پیدا نکند همانطور که بیان شد، یکی از اهداف شبکه‌های هوشمند افزایش امنیت شبکه است، بدین صورت که با ایجاد ریزشبکه‌ها و کنترل مناسب آن‌ها می‌توان در مواقع اضطراری از فروپاشی شبکه و حذف واحدهای زیاد جلوگیری کرد. با این کار امنیت که بخشی از الزامات سیاسی است برقرار می‌شود همچنین می‌توان با داشتن تکنولوژی مربوط به آن و صادرات آن و خودکفا شدن در زمینه‌ی الکترونیک قدرت، قدرت علمی و فناوری را به رخ رقیبان منطقه‌ای و بین‌المللی برسانیم.

این امر در تطابق کامل با سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی که در ۹۲/۱۱/۲۹ توسط مقام معظم رهبری، ابلاغ نموده‌اند، است در این سند صادرات انرژی به کشورهای همسایه به وزارت نیرو محول شده است. پیشتازی اقتصاد دانش‌بنیان، 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 دانش‌بنیان و دستیابی به رتبه اول اقتصاد دانش‌بنیان در منطقه مقابله با ضربه‌پذیری درآمد حاصل از صادرات نفت و گاز که یکی از راه‌کردهای آن استفاده از ادوات الکترونیک قدرت در کاربردهای HVDC و FACTS و منابع تجدیدپذیر است.

## ۲-۴- ابعاد تکنولوژیکی

در تحلیل تکنولوژیکی به بررسی فرصت‌های تکنولوژیکی که توسعه این فناوری در اختیار کشور قرار خواهد داد و ظرفیت‌های فنی که با دستیابی به این فناوری در کشور به وجود خواهد آمد اشاره شده است.

ایران به لحاظ برخورداری از منابع عظیم سوخت فسیلی جایگاه بسیار مناسبی در دنیا دارد. همچنین با توجه به وجود پتانسیل‌های طبیعی برای بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر امکان افزایش بیش از پیش تولید انرژی برق بسیار بالاست. بنابراین نه تنها برقرسانی به تمام نقاط کشور طی چند سال آینده قابل دسترسی است؛ بلکه امکان صادرات عظیمی در حوزه برق بسیار بالاست. جهت توانایی در انتقال برق به سراسر کشور و بهره‌مندی تمامی مردم این مرز و بوم از این نعمت الهی نیاز به توسعه شبکه انتقال برق در ابعاد وسیع می‌باشد. انتقال برق برای مسافت‌های طولانی جز با بهره‌گیری از خطوط انتقال فوق فشارقوی امکان‌پذیر نمی‌باشد. زیرا استفاده از خطوط فشارقوی موجود در کشور برای مسافت‌های طولانی با تلفات زیاد مواجه

می‌گردد و بازده انتقال را بسیار پایین می‌آورد. از طرفی جهت صادرات برق نیاز به انتقال برق با توان بالا می‌باشد، که با توجه به موضوعات مطرح شده در قسمت ابعاد اقتصادی، بهترین راهکار استفاده از خطوط انتقال فوق فشارقوی است.

با توجه به موقعیت جغرافیایی ویژه کشور ما که در مسیر طبیعی خطوط مواصلاتی شرق و غرب قرار دارد، باید این آمادگی در صنعت برق وجود داشته باشد تا همراه با توسعه منطقه و آمادگی کشورهای همجوار برای برقراری بازار برق، بتواند نقش حساس و کلیدی خود را در مرکزیت بازار منطقه برق (ترانزیت، تبادل، خرید و فروش) به نحو شایسته ایفا کند. بدیهی است نحوه عمل در بازار که آیا صرفاً تجارت منطقه را در دست بگیرد و یا علاوه بر آن در نقش تولیدکننده اصلی هم محور تجارت برق باشد نیازمند مطالعات و بررسی‌های دقیق فنی و اقتصادی می‌باشد.

قابلیت کنترل پذیری عبور جریان از طریق یکسوسازها و اینورتورهای HVDC، کاربرد آن‌ها در اتصالات بین شبکه‌های غیرسنکرون و کاربرد آن‌ها در انتقال‌های زیر دریایی، به این معنی است که فناوری HVDC اغلب در مرزهای ملی و برای مبادلات توان به کار می‌رود. قابلیت‌های سیستم HVDC در تبادلات برق را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

### اتصالات بین شبکه‌های جریان متناوب

با به کارگیری فن آوری AC تنها شبکه‌های جریان متناوب سنکرون (شبکه‌هایی که با سرعت یکسان و فاز مشابه نوسان می‌کنند) را می‌توان به هم متصل کرد. لکن بسیاری از مناطقی که مایل به اشتراک گذاشتن توان‌هایشان هستند دارای شبکه‌های غیرسنکرون هستند. ارتباطات جریان مستقیم به چنین مناطقی این امکان را می‌دهد که به یکدیگر متصل شوند. حتی یک شبکه سیاه را نیز می‌توان به این روش به شبکه مورد نظر متصل کرد.

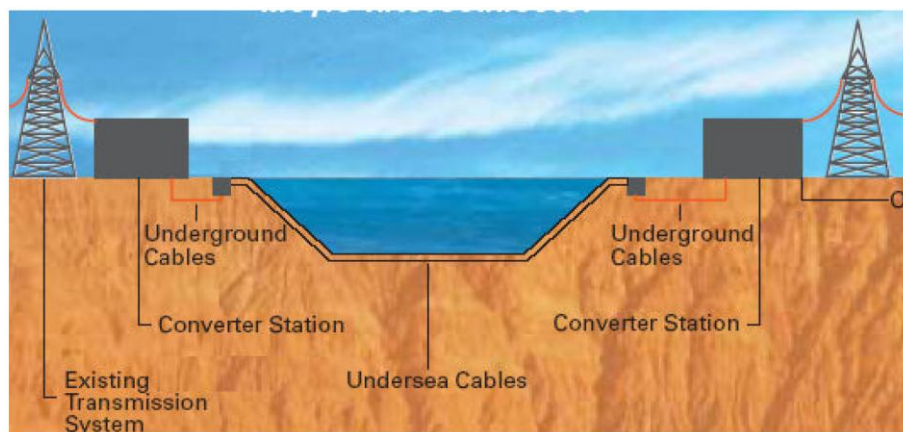
HVDC برای اتصال دو سیستم که به لحاظ نوع بار از هم جدا می‌باشند نیز به کار برده می‌شود. دو سیستم بزرگ و از هم جدا به راحتی نمی‌توانند به یکدیگر متصل شوند، چرا که هنگام کلید زنی، وجود بارهای سلفی و خازنی موجب اختلاف فاز بین فازها گردیده و شکل موج ولتاژ را از حالت متناوب خارج می‌کنند و موجب توقف انتقال توان می‌گردند. با استفاده از HVDC، این مشکل مرتفع می‌گردد و می‌توان دو سیستم بزرگ از هم جدا را به هم متصل نمود.

قابلیت دیگر HVDC این است که می‌تواند انرژی را بدون نیاز به همزمان‌سازی مبادله کند. به عنوان نمونه، مثال‌هایی از افزایش نصب سیستم‌های پشت به پشت HVDC در آمریکای شمالی دیده می‌شود. به دلیل گستردگی این قاره و تعداد سیستم‌های قدرت نصب شده با ظرفیت‌های متفاوت، ایجاد سیستم به هم پیوسته منفرد و هم‌زمان میسر نیست. در نتیجه

چهار سیستم اصلی و مستقل قدرت در آنجا به وجود آمده است: سیستم ساحل غربی، سیستم شرقی و مرکزی نواحی ساحلی، کبک در شمال و تگزاس در جنوب. این چهار سیستم مستقل با دروازه اتصال پشت به پشت HVDC به هم متصل می‌شوند.

### امکان انتقال زیر آب

HVDC، تنها راه ممکن و به صرفه برای انتقال توان در زیر آب برای مسافت‌های زیاد می‌باشد. انتقال بصورت AC در مسافت‌های بالای ۵۰ کیلومتر در زیر آب، به خاطر نیاز به جبران سازه‌های توان راکتیو سری و موازی، غیر مؤثر و غیر اقتصادی می‌باشد. در حقیقت امکان جبران سازی خط زیرآبی وجود ندارد در حالی که خطوط HVDC با هر مسافتی از انتقال، نیاز به هیچ‌گونه جبران سازی ندارند. برای مثال بلندترین خط انتقال زیرآبی که در شکل (۲-۲) نشان داده شده است، بین دو شبکه سوئدی و آلمانی، توانی معادل ۶۰۰ مگاوات را تحت ولتاژ ۴۵۰ کیلوولت، به صورت DC انتقال می‌دهد.



شکل (۲-۲): انتقال زیر دریایی کابلی با سیستم HVDC

هم چنین جهت برقراری اتصال نیروگاه‌های بادی داخل آب به شبکه نیز باتوجه به اینکه این توربینها نیازمند کابل‌های زیر دریایی هستند، امکان استفاده از HVDC وجود دارد.



درمجموع باتوجه به موارد ذکرشده، توانایی و قابلیت بالای شبکه‌های HVDC جهت تبادلات برق بین کشور ما با سایر کشورهای همسایه (اعم از تبادلات زیردریا با کشورهای همسایه حوزه خلیج فارس و یا تبادل با سایر کشورهای همسایه)، مشهود است. لذا رشد و توسعه این فناوری درجهت افزایش صادرات برق، ایجاد زیرساختها و ظرفیتهای جدید برای کشور و تحقق اهداف اقتصاد مقاومتی می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد.

### قابلیت‌های ادوات الکترونیک قدرت در شبکه برق را عبارتند از:

#### بازار برق

پروژه آزاد سازی بازار برق منجر به تحولات اساسی در ساختار تامین انرژی الکتریکی مصرف‌کنندگان شده است. در این تجدید ساختار لزوم ایجاد پارامترهای مناسب برای رقابت‌پذیر کردن بازار برق لازم است. سیستم‌های تولید، انتقال و توزیع برق برای ایجاد این بستر به مواجهه با برخی واقعیت‌ها و محدودیت‌های اساسی هستند. واقعیت‌ها و محدودیت‌های شبکه برق به شرح زیر است:

↔ عدم وجود امکان ذخیره‌سازی عمده انرژی الکتریکی، لزوم تعادل لحظه‌ای تولید و بار در زمان‌های مختلف را ضروری می‌سازد.

↔ انرژی الکتریکی در زمان انتقال در شبکه برچسبی از تولیدکننده خود به همراه ندارد.

↔ رقابت در صنعت برق بدون وجود زیرساخت‌های مناسب و پایداری که سیستم را در مقابل اغتشاشات پایدار نگاه دارد پایا نخواهد بود.

↔ دو مفهوم قابلیت اطمینان در تا مین انرژی و ظرفیت موجود انتقال مفاهیمی معادل هستند و هر دو می‌توانند با سرمایه‌گذاری گسترش یابند.

↔ استمرار تامین توان الکتریکی و کیفیت آن در بازه زمانی در حد ثانیه و یا حتی سیکل هم برای مصرف‌کننده بسیار مهم گردیده است.

↔ نیاز بازار آزاد برق به سرویس‌های کمکی

- ↔ تولید انرژی الکتریکی می‌تواند یک بازار قابل رقابت باشد و البته انتقال انرژی الکتریکی نیز به‌عنوان یک نیاز عملیاتی پس از تولید می‌تواند به محلی برای سرمایه‌گذاری رقابتی تبدیل شود.
- ↔ ادوات FACTS می‌توانند نقش مهمی را در این خصوص ایفا نمایند.
- ↔ ادوات FACTS می‌توانند به‌صورت دینامیک امپدانس خط، ولتاژ خط و توان اکتیو و راکتیو عبوری را کنترل کنند. در ضمن هنگامی که استفاده از عناصر ذخیره‌ساز از نظر اقتصادی ممکن شود این ادوات می‌توانند در اتصال با عناصر ذخیره‌ساز انرژی، توان اکتیو مناسب را جذب یا تزریق نمایند.

### دستیابی به جریان توان بهینه با استفاده از ادوات FACTS

جریان توان بهینه‌ی یکی از مهم‌ترین پارامترهای بهره‌برداری در سیستم مدیریت انرژی است. هدف از مفهوم جریان بهینه توان یافتن مقدار بهینه تولید در واحدهای موجود است به طوری که هزینه تولید کمینه شود در حالی که به طور همزمان توان مورد نیاز مصرف‌کنندگان نیز تا مین شود و محدودیت‌های بهره‌برداری نقض نشوند. شایع‌ترین محدودیت‌ها در بهره‌برداری از سی تم انتقال توان حدود دامنه ولتاژ با سها و محدودیت‌ها در توان راکتیو تولیدی ژنراتورها است. به‌منظور بهره‌برداری مطمئن باید هر دوی حدود دامنه ولتاژ با سها و محدودیت توان راکتیو تولیدی ژنراتورها در حدود خاصی نگه‌داشته شوند. چرا که هر چند با افزایش تقاضا لازم است تا هر روز توان بیشتری از شبکه عبور داده شود اما تجاوز جریان توان از مقادیر خاص باعث متزلزل شدن پایداری سیستم می‌شود.

در یک بازار برق دولتی تنظیم‌شده برنامه‌ریزی تولید به‌صورت مرکزی و تحت الگوریتم‌های پخش بار انجام می‌شود و البته این روش برنامه‌ریزی تولید متضمن رعایت محدودیت‌های جریان توان نیز است؛ اما در فضای رقابتی و بازار آزاد، تولید در یک مرکز کنترل برنامه‌ریزی نمی‌شود و تا مین توان باید بر اساس قراردادها انجام شود. برای دستیابی به کنترل مناسب جریان توان عبوری از خطوط انتقال بدون به خطر انداختن پایداری سیستم روش مناسب استفاده از ادوات FACTS است. در مقالات زیادی به تأثیر استفاده از ادوات FACTS در بهینه‌سازی جریان توان و افزایش ظرفیت انتقال و... اشاره شده

است

در واقع می‌توان دید که کاربرد ادوات FACTS سناریوهای جدیدی را در برنامه‌ریزی سیستم ارائه می‌دهد و کاربرد آن‌ها می‌تواند راه‌حل‌های اقتصادی و تکنیکی مناسبی برای حل مس‌اله پرشدگی و بهینه‌سازی توان ارائه دهد.

### افزایش پایداری سیستم قدرت

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، در شرایط بازار مقررات زدایی شده هر کنترلی بر سیستم قدرت مثل کنترل فرکانس و کنترل ولتاژ به‌عنوان سرویس‌های مکمل عمل می‌کنند. بخصوص در شرایطی که تولیدکنندگان برق مستقل که توانایی کافی برای کنترل فرکانس ندارند به‌سرعت زیاد رو به رشد هستند. در این شرایط بسیار مهم است که بررسی شود چگونه باید فرکانس سیستم کنترل شود.

کاربرد ادوات FACTS در شبکه‌های مقررات زدایی شده روشی موثر برای متناسب کردن ظرفیت انتقال و افزایش پایداری سیستم قدرت است.

### تأثیر ادوات FACTS بر قیمت‌گذاری

بالا رفتن قیمت برق در سال‌های اخیر توجه‌ها را به اهمیت موضوع قیمت‌گذاری برق در بالا بردن رفاه اجتماعی جلب کرده است. انرژی برق در نگاه بازار آزاد باید به‌صورت کالایی در نظر گرفته شود که قابل خرید و فروش و انتقال است و البته باید توجه داشت که قیمت این کالا متغیر و وابسته به زمان است. در بازار برق تمام قراردادهای بر همین اساس تنظیم می‌شود. برای بررسی نقش ادوات FACTS در هزینه‌های انتقال تلاش‌هایی صورت گرفته است. در مطالعات و مقالات متعددی تأثیر این ادوات بر هزینه‌های تولید و انتقال نشان داده شده است که البته تأثیر ادوات FACTS در هزینه‌های انتقال بنا به متدولوژی قیمت‌گذاری در قرارداد تغییر می‌کند. استفاده از ادوات FACTS باعث کاهش قابل توجه تلفات توان اکتیو و راکتیو می‌شود. کاهش تلفات راکتیو تا بیش از ۵٪ محاسبه شده است. ادوات FACTS همچنین می‌توانند در کم کردن هزینه‌های تولید موثر باشند و هزینه برق در پیک مصرف نیز کمتر می‌شود.

باید توجه نمود که در استفاده از ادوات FACTS موارد مختلفی از جمله تکنولوژی کنترل‌کننده FACTS و همچنین چگونگی جایابی این عناصر در شبکه می‌تواند در پاسخ‌دهی آن‌ها اثرگذار باشد.

### نقش ادوات FACTS در توسعه شبکه‌های هوشمند

امروزه نقش توان الکتریکی در جوامع مدرن بسیار بیشتر از قبل شده است، و با زیاد شدن جمعیت و بالا رفتن نرخ شهرنشینی مسلم است که نیاز به انرژی الکتریکی روزبه‌روز افزوده شده است. این تولید اضافه اثرات زیادی بر محیط‌زیست داشته است. پاسخ موجود به نیاز روزافزون انرژی الکتریکی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی بادی، خورشیدی و ... است. این راه حل شبکه برق را بسیار پیچیده‌تر می‌سازد و آن را از ساختار یک شبکه زنجیره‌ای سه سطحی تشکیل‌شده از سطوح تولید (نیروگاه متمرکز)، انتقال و توزیع متفاوت ساخته و آن را تبدیل به یک شبکه ماتریس گسسته از مراکز تولید متعدد می‌کند که بسیاری از آن‌ها در سطوح ولتاژ فشار ضعیف یا متوسط به شبکه متصل هستند. این شبکه جدید باید دارای ساختاری هوشمند باشد.

بر اساس آنچه در کمیته تکنولوژی اروپا ETP تدوین شده است مشخصات شبکه هوشمند آینده به صورت زیر است:

↔ انعطاف‌پذیر است یعنی نیازهای مشتری را پوشش می‌دهد درحالی‌که انعطاف لازم در تبادل چالش‌ها و تغییرات را نیز داراست.

↔ دست‌یافتنی است: یعنی قابلیت اتصال انواع مختلف کاربرها، بخصوص مولدهای تجدیدپذیر انرژی را فراهم می‌آورد.

↔ قابل اطمینان است: یعنی کیفیت توان و ایمنی بالایی داشته و روزبه‌روز بهتر می‌شود.

↔ از نظر اقتصادی به صرفه است: یعنی امکان بالا بردن راندمان از طریق روش‌های خلاقانه مدیریت انرژی و ..... را دارد.

چالش‌های سیستم انتقال عبارت است از نیاز آن به دستیابی به ویژگی‌هایی که شبکه هوشمند و اضافه شدن تقاضا در بازار برق که به تبع آن حجم تولید و انتقال نیز باید زیاد شود.

↔ محل‌های تولید منابع تجدیدپذیر عموماً دور است و بنابراین علاوه بر نکته چالش برانگیز دریافت حق استفاده از مسیر برای گسترش سیستم انتقال مطلب دیگر لزوم کاراتر شدن آن است.

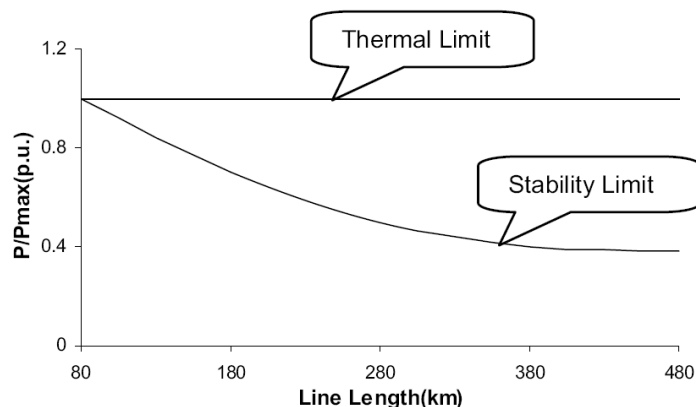
↔ عدم قطعیت در ساختار جدید شبکه بسیار به چشم می‌خورد، از جمله این عدم قطعیت‌ها حجم تولید به کمک مولدهای تجدیدپذیر، عدم قطعیت‌های ناشی از بازار آزاد و خصوصی‌سازی برق و ... است. باید توجه کرد که تغییرات سریع بار و تولید غیرقابل پیش‌بینی در شبکه‌های هوشمند می‌تواند با ایجاد پرشدگی و ... بر پایداری و قابلیت

اطمینان شبکه تأثیر گذار باشد؛ بنابراین علاوه بر تمهیدات دیگر لازم است تا شبکه انعطاف‌پذیر باشد و اپراتورها به پارامترهای پیکربندی آن دسترسی داشته باشند.

در حل چالش‌های مربوط به سیستم انتقال در شبکه‌های هوشمند به نحوی مناسب می‌توان از تکنولوژی الکترونیک قدرت به صورت HVDC و ادوات FACTS استفاده کرد. این تکنولوژی‌ها از حدود دهه ۶۰ میلادی تا به حال در مرحله رشد بوده است و اکنون تکنولوژی‌هایی بالغ به حساب می‌آیند. این دستگاه‌ها علاوه بر ایجاد امکان اتصال منابع تجدیدپذیر به شبکه با توجه به شرایط خاص آن‌ها می‌توانند ظرفیت و مسافت انتقال را افزایش دهند، پایداری سیستم را بیشتر حفظ نمایند و از توالی انتشار اغتشاشات جلوگیری به عمل آورند.

### بررسی فنی خطوط چندمداره ۴۰۰kV

ظرفیت انتقال توان فوق فشار قوی به دو معیار وابسته است: ظرفیت حرارتی و امپدانس موجی خط. ظرفیت حرارتی بالاترین ظرفیت خط است، این ظرفیت به حرارت تولید شده بر اثر تلفات وابسته است. براساس نوع هادی؛ بیشترین دمای مجاز هادی؛ محیط، شرایط و دیگر فاکتورهای محیطی تعیین می‌شود. در هر حال، طراحی سنتی خطوط انتقال، بخاطر استفاده از راکتانس اندوکتیو خطوط انتقال که موجب اختلاف زیاد زاویه‌ای و افت ولتاژ بین دو نقطه‌ی شبکه می‌شد (یک علت عدم پایداری)، توان و یا ظرفیت را دچار محدودیت می‌کرد. این قضیه موجب محدودیت ظرفیت انتقال توان به میزان امپدانس موجی خط می‌شود. سطح پایداری به سطح ولتاژ، طول خط و شکل شبکه بستگی دارد. براساس طول خط، خطوط EHV به سه دسته تقسیم می‌شوند، خطوط کوتاه (زیر ۱۰۰ کیلومتر)، خطوط متوسط (بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلومتر) و خطوط بلند (۲۰۰ کیلومتر به بالا). در مورد خطوط کوتاه، ظرفیت انتقال توان به میزان ظرفیت حرارتی محدود می‌شود اما در مورد خطوط متوسط و بلند ظرفیت انتقال وابسته به سه دسته تقسیم می‌شوند، خطوط کوتاه (زیر ۱۰۰ کیلومتر)، خطوط متوسط (بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلومتر) و خطوط بلند (۲۰۰ کیلومتر به بالا). در مورد خطوط کوتاه، ظرفیت انتقال توان به میزان ظرفیت حرارتی محدود می‌شود اما در مورد خطوط متوسط و بلند ظرفیت انتقال وابسته به SIL است.



شکل (۲-۳): منحنی تغییرات توان برحسب طول خط انتقال

در نتیجه، برای اطمینان از بهینه‌سازی و بهبود استفاده از تجهیزات انتقالی، گزینه‌ی بهبود عملکرد خطوط با افزایش SIL باید بررسی شود.

#### خطوط با امپدانس موجی بارگذاری (SIL) بالا

##### امپدانس موجی بارگذاری (SIL)

امپدانس موجی بارگذاری، میزان مگاوات بارگذاری خطوط انتقال در صورت تعادل توان راکتیو است. توان راکتیو تولید شده توسط خط وابسته به میزان خازن خط دارد و سطح ولتاژ برای بررسی اثرات میدان مغناطیسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. قدرت میدان مغناطیسی به دامنه‌ی جریان خط و راکتانس اندوکتیو طبیعی خط بستگی دارد. میزان توان راکتیو (MVAR) تابعی از میزان جریان عبوری (میزان بارگذاری) و راکتانس اندوکتیو است.

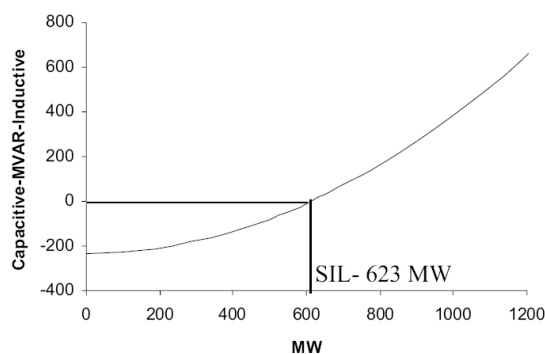


Fig. 2. Reactive power consumption/production Vs Line Loading.

شکل (۲-۴): منحنی تولید توان راکتیو خط بر حسب SIL

تبادل میان مصرف و تولید توان راکتیو توسط خط در یک بارگذاری خاص موجب پروفیل ولتاژ تخت در طول آن خواهد شد، و میزان پایداری ولتاژ و زاویه‌ای را در بالاترین سطح قرار می‌گیرد.

### امپدانس موجی

یک خط انتقال معمولی با مدل  $\pi$  در شکل (۵-۲) نشان داده شده است:

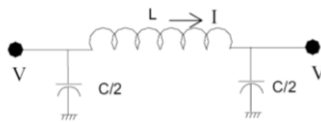


Fig. 3. PI model of a transmission line.

شکل (۵-۲): مدل PI خط انتقال

از تساوی مصرف و تولید توان راکتیو داریم:

رابطه

$$V^2 \omega C = I^2 \omega L \quad (۱-۲)$$

$$\frac{V}{I} = \sqrt{\frac{L}{C}} = Z \quad (۲-۲)$$

$$SIL = \frac{V^2}{Z} = \frac{V^2}{\sqrt{L/C}} \quad (۳-۲)$$

از معادله‌ی ۲ و ۳ بنظر می‌سد، امپدانس موجی خط متناسب است با اندوکتانس آن و عکس کاپاسیتانس. در نتیجه برای افزایش امپدانس موجی بارگذاری، اندوکتانس خط باید کاهش یابد یا کاپاسیتانس آن افزایش یابد.

تکنیک‌های کاهش امپدانس موجی

اندوکتانس خط بصورت زیر بیان می‌شود:

رابطه

$$L_p = L_s - L_m \quad (۴-۲)$$

که  $L_s$  اندوکتانس خودی و  $L_m$  اندوکتانس متقابل است. پس افزایش اندوکتانس متقابل و یا کاهش اندوکتانس خودی به کاهش اندوکتانس خط کمک می‌کند. اندوکتانس خودی بر اثر افزایش زیر-هادی‌ها توسط باندل کردن یا افزایش فاصله‌ی بین مدارات موازی زیاد می‌شود. علاوه بر آن، ترانسپوز نامتقارن هادی‌ها و باندل‌ها برای کاهش اندوکتانس خودی موثر است. اندوکتانس متقابل با نزدیک کردن فازها بهم قابل افزایش است.

### برج افقی

برای درک بهتر یک خط ۴۰۰ کیلوولت با باندل چهارتایی و برج افقی در نظر می‌گیریم که در شکل (۶-۲) نشان داده است:

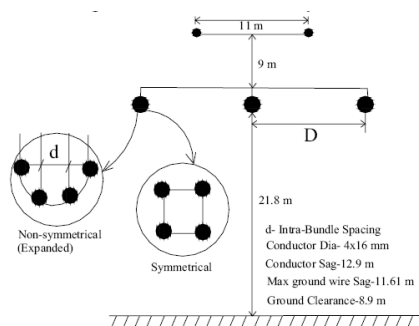


Fig. 4. Horizontal Tower Configuration.

شکل (۶-۲): شکل برج انتقال با آرایش افقی

### اثر ترکیب باندل کردن

دو نوع ترکیب باندل کردن، متقارن و نامتقارن با فاصله‌ی بین باندل‌های متفاوت و بین فازهای ۱۱ متر مطالعه شده است. راکتانس اندوکتانس خودی و متقابل، به اندازه‌ی سوسپدانس محاسبه می‌شود. بر این اساس امپدانس موجی و SIL خط تخمین زده خواهد شد. نتایج این تحلیل در جدول (۲-۲) آورده شده است:



## جدول (۲-۲): تغییرات SIL برحسب نحوه‌ی باندل کردن متقارن و غیر متقارن

TABLE IA  
SIL VS BUNDLE CONFIGURATION-SYMMETRICAL

Bundle spacing (m)	Reactance (Ohm/km)		Suscep ( $\mu$ Mho/km)	SIL(MW)
	Self	Mutual		
0.45	0.510	0.233	4.18	623
0.7	0.490	0.233	4.53	672
1.0	0.473	0.233	4.86	721

TABLE IB  
SIL VS BUNDLE CONFIGURATION-NON-SYMMETRICAL

Bundle spacing (m)	Reactance (Ohm/km)		Suscep ( $\mu$ Mho/km)	SIL(MW)
	Self	Mutual		
0.3,0.3,0.3	0.483	0.234	4.65	693
0.5,0.5,0.5	0.471	0.234	4.93	731
0.7,0.7,0.7	0.461	0.234	5.14	762

## اثر فاصله‌ی فاز به فاز

تغییرات اندوکتانس با فاصله‌ی بین فازها با در نظر گرفتن دو نوع مختلف از ترانسپوز کردن نامتقارن  $0.3/0.5$  متر و  $0.5/0.5$  متری بین هادی‌ها، بررسی می‌شود.

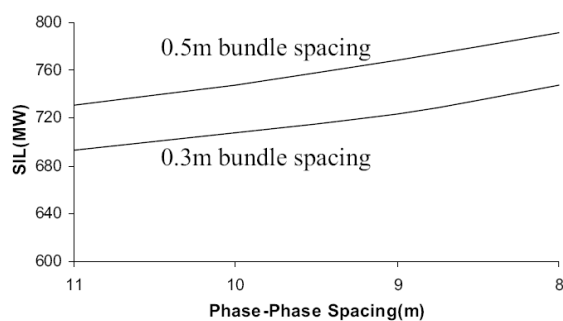
جدول (۲-۳): تغییرات SIL برحسب تغییرات فاصله‌ی بین فازها ( $0.3/0.5$  متر و  $0.5/0.5$  متر)TABLE II  
SIL VS PHASE-PHASE SPACING-BUNDLE SPACING:0.3M

Ph-Ph Spacing(m)	Reactance (Ohm/km)		Susceptance ( $\mu$ Mho/km)	SIL (MW)
	Self	Mutual		
11	0.4836	0.234	4.65	693
10	0.4832	0.240	4.75	708
9	0.4828	0.246	4.86	724
8	0.4824	0.253	5.00	748

TABLE III  
SIL VS PHASE-PHASE SPACING-BUNDLE SPACING:0.5M

Ph-Ph Spacing(m)	Reactance (Ohm/km)		Susceptance ( $\mu$ Mho/km)	SIL (MW)
	Self	Mutual		
11	0.4709	0.234	4.92	731
10	0.4706	0.239	5.03	748
9	0.4701	0.246	5.16	769
8	0.4696	0.253	5.32	792

افزایش SIL با کاهش فاصله‌ی بین فاز به فاز به وضوح در شکل (۲-۷) مشخص است:



شکل (۲-۷): تغییرات SIL برحسب فاصله‌ی فازها

مشخص شده است که کاهش فاصله از ۱۱ متر به ۸ متر موجب کاهش امپدانس موجی حدود ۸٪ خواهد شد.

### برج با آرایش دلتا

یک برج با آرایش دلتا ۴۰۰ کیلوولت چهارتایی معمولی در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است. که در شکل (۲-۸) نشان داده شده است:

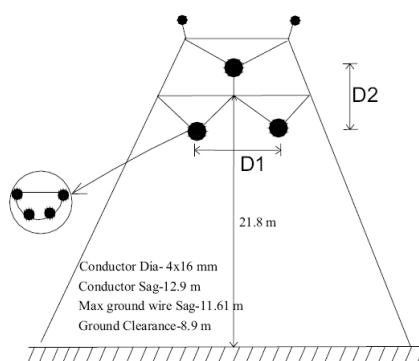


Fig. 6. Delta Tower Configuration.

شکل (۲-۸): برج انتقال با آرایش دلتا

اثر فاصله‌ی بین فازها در برج دلتا با دو نوع متفاوت از ترانسپوزر باندل‌ها (۰/۳ و ۰/۵ متر) بر SIL مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج در جداول زیر آورده شده است:

## جدول (۲-۴): تغییرات SIL بر حسب فاصله‌ی فازها

TABLE IV  
SIL VS PHASE-PHASE SPACING-BUNDLE SPACING:0.3M

Ph-Ph Spacing (m)		Reactance (Ohm/km)		Susceptance (μ Mho/km)	SIL (MW)
D1	D2	Self	Mutual		
12	12	0.4860	0.241	4.698	699
12	11	0.4864	0.244	4.738	708
12	10	0.4868	0.247	4.785	714
10	8	0.4873	0.260	5.019	751
8	8	0.4871	0.267	5.167	777

TABLE V  
SIL VS PHASE-PHASE SPACING-BUNDLE SPACING:0.5M

Ph-Ph Spacing (m)		Reactance (Ohm/km)		Susceptance (μ Mho/km)	SIL (MW)
D1	D2	Self	Mutual		
12	12	0.4734	0.241	4.967	741
12	11	0.4738	0.244	5.013	748
12	10	0.4741	0.247	5.065	755
10	8	0.4746	0.26	5.329	800
8	8	0.4745	0.267	5.497	825

مشاهده می‌شود که کاهش جداسازی فازها از ۱۲ متر به ۸ متر باعث کاهش امپدانس موجی حدود ۱۰٪ شده است، و سطح SIL خطوط را ۱۱٪ افزایش داده است. مطالعات نشان داده است، افزایش سطح SIL حدود ۳۳٪ موجب افزایش توان انتقال برای خط با سطح مقطع ۱۶mm، از ۶۲۳ مگاوات به ۸۲۵ مگاوات شده است، که نزدیک به ظرفیت گرمایی انتقال آن است و ناشی از ترانسپوز نامتقارن و دوگانه‌ی باندل‌ها با تنظیمات مناسب برج‌ها می‌باشد.

البته این نوع خطوط در مقایسه با دیگر خطوط معمولی توان راکتیو بیشتری تولید می‌کنند. میدان اطراف آن‌ها دارای شدت بالاتری است، و تجهیزات خاصی برای این نوع ترانسپوز باندل‌ها باید استفاده شود.

مطالعات مربوط به انتخاب سطح ولتاژ اقتصادی نیز در تعیین سطح ولتاژ مورد نیاز برای انتقال بسیار موثر بوده است و منجر به روابطی شده است که از طریق آن بصورت تجربی می‌توان سطح ولتاژ مناسب برای انتقال توان در طول مشخص را بدست آورد. تلفات توان رابطه‌ی مستقیمی با جریان و امپدانس خط دارد:

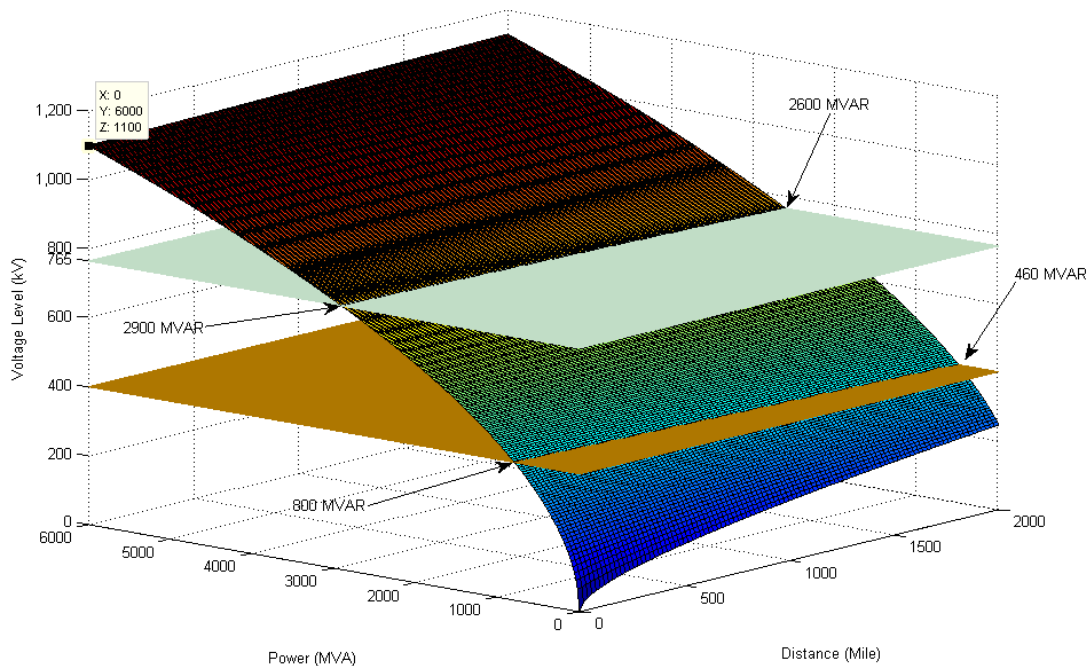
$$P_{Loss} = R \cdot I^2 \quad (۲-۵)$$

این رابطه بخوبی نشان می‌دهد هرچه جریان را کاهش دهیم (افزایش سطح ولتاژ برای انتقال توان ثابت) تلفات انرژی با توان دو کاهش می‌یابد. لذا سطوح ولتاژ بالاتر به مراتب اقتصادی تر خواهد شد. البته روابطی چون رابطه تجربی استیل که

از طریق توان و طول خط امکان محاسبه‌ی ولتاژ را دارد یا منحنی تغییرات ولتاژ نسبت به حاصلضرب مسافت نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

$$U = 5.5 \sqrt{L + \left(\frac{S}{150}\right)} \quad (۶-۲)$$

که  $U$  ولتاژ انتقال برحسب کیلوولت،  $L$  مسافت برحسب مایل و  $S$  توان ظاهری است. طبق این رابطه و شکل (۹-۲) که نمودار سه بعدی آن را نشان می‌دهد برای انتقال‌های طولانی سطح ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت همواره کمتر از ۳۰٪ ظرفیت خط انتقال ۷۶۵ کیلوولت را در اختیار ما قرار می‌دهد و این اختلاف با افزایش طول شدت می‌یابد (۱۵٪ در بالاتر از ۳۰۰۰ کیلومتر). شکل (۹-۲) به خوبی گویای این مسئله است که سطوح ولتاژ بالاتر برای انتقال توان الکتریکی بیشتر مناسب تر هستند.



شکل (۹-۲): منحنی سه بعدی تغییرات سطح ولتاژ برحسب طول خط انتقال و توان انتقالی

## نتیجه‌گیری

افزایش نیاز به انتقال انرژی به مناطقی که دسترسی به تولیدکنندگان انرژی و یا منابع سرشار انرژی ندارند موجب شده است برای صنعت انتقال برق اجباری پیش بیاید تا تحقیقات و مطالعات زیادی برای بهبود عملکرد سیستم‌های موجود صورت دهد. این مطالعات به خوبی نشان می‌دهد استفاده از معادلات ساده‌ی ریاضی بخوبی در علم مهندسی برق حلال بسیاری مشکلات خواهد بود مانند بررسی اثرات ترانسپوز و فاصله‌ی بین هادی‌ها برای افزایش سطح ظرفیت انتقال توان یک خط، اما این نکته مهم را نباید از یاد برد که شاید با استفاده از روش معرفی شده بتوانیم مشکل محدودیت توان منتقل شده توسط سیستم را بر طرف نمائیم اما مشخصاً راه‌کاری طولانی مدت برای حل مشکل افزایش ظرفیت انتقال ارائه نشده است و در کوتاه مدت این ظرفیت افزوده شده به سیستم تکمیل خواهد گشت. از این رو مشکلاتی که این چنین راه‌حلهایی برای شبکه بوجود خواهند آورد متعاقباً نیاز به راه‌حل‌های عملی و بلند مدت را توجیه پذیر می‌سازد. مشکلاتی ناشی از سیستم‌های چند مداره با فواصل بین فازی بزرگتر:

↪ افزایش میدان مغناطیسی در اطراف این خطوط

↪ افزایش نویز صوتی و زیست محیطی ناشی از یونیزه شدن مواد معلق در هوای اطراف این خطوط

↪ کاهش طول اسپن‌های مورد نیاز برای انتقال برق که معمولاً در مسیرهای بین شهری احداث چنین برج‌هایی کار

دشواری است نسبت به برج‌های معمولی

↪ نیاز به مطالعات مکانیکی بیشتر برای برج‌های با سطح استقامتی بالاتر

↪ نازیبائی زیست محیطی بعلت بزرگتر شدن برج‌های انتقال توان

برای حل مشکل انتقال توان راه‌حل‌های موازی بسیاری وجود دارد از جمله استفاده از خطوط جریان مستقیم و یا افزایش سطح ولتاژ انتقال که از در واقع هدف اصلی سند مورد نظر نیز می‌باشد.

همانطور که اشاره شده، استفاده از خطوط چند مداره و باندل شده با روش‌های خاص در صورتی که در نصب آن‌ها مشکلات فنی بوجود نیاید می‌تواند مشکل ظرفیت انتقال را حل کند، اما نکته‌ی بسیار مهم هزینه‌های اقتصادی این چنین طرح‌هایی است. همانطور که یکی از مهمترین پارامترهای طراحی خطوط انتقال کاهش هزینه‌هاست با دقت در رابطه-۳، در مورد SIL هرچه سطح ولتاژ بالاتری انتخاب شود با درجه‌ی ۲ ظرفیت انتقال که با SIL خط در ارتباط است افزایش

می‌یابد و همچنین قابل اثبات است که نیاز به هادی کمتری برای انتقال توان مشابه است. یعنی بهره‌برداری از یک خط ۴۰۰ کیلوولت در سطح ولتاژ ۷۶۵ کیلوولت (به فرض مثال<sup>۱</sup>) ظرفیت انتقال بیشتری را برای ما فراهم می‌آورد. زیرا L و C خط ثابت است و تنها سطح ولتاژ یعنی سومین پارامتر مهم در بدست آوردن SIL تغییر خواهد کرد. مطالعه‌ی موردی ۲ قبل نشان داده برای افزایش سطح انتقال توان و از بین بردن اثرات ناشی از افزایش جریان در هادی باید اقداماتی انجام پذیرد. این اقدامات موجب می‌شود بتوان در طول عمر مفید هر هادی بیشترین ظرفیت پایدار ارائه شود اما زمانی که صحبت از سطح ولتاژ بالاتر می‌شود بصورت پیش فرض سطح انتقال توان بدون هیچ تمهید خاصی بالاتر خواهد شد و باید توجه داشت چون انتقال اصلی‌ترین قسمت شبکه‌ی برق است پس حفظ امنیت و پایداری تک تک اجزا بسیار مهم است پس در طراحی‌ها علاوه بر محاسبات فنی و اقتصادی تاکید بسیار زیادی بر مباحث کیفیت توان و قابلیت اطمینان دارند. حدود ۵۰ سال از احداث اولین خطوط فوق فشار قوی در روسیه و ژاپن می‌گذرد و مطالعات و تحقیقات بسیار زیادی در زمینه‌های مختلف طراحی، ساخت و بهره‌برداری نه تنها در این سطح ولتاژ که برای ولتاژهای تا ۱۵۰۰ کیلوولت در دنیا انجام شده است. مطالعه‌ی این منابع نشان می‌دهد توجیهات سیاسی نیز در حرکت کشورهای مختلف به سمت سطوح ولتاژ بالاتر وجود دارد که گاهی از مباحث فنی-اقتصادی در تصمیم‌گیری‌ها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

## ۲-۵- ابعاد قانونی

چارچوب‌ها و الزامات حاکم بر فضای توسعه فناوری یکی از ابعاد مهم در توجیه‌پذیری می‌باشد که این امر همراستایی توسعه فناوری مورد نظر با اهداف و سیاست‌های کلان کشور را نشان می‌دهد. این امر در تحلیل قانونی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

<sup>۱</sup> - چنین اقدامی به راحتی امکان‌پذیر نیست، زیرا باید برای کاهش تلفات کرونا تعداد باندها را برای یک خط تک مداره حداقل ۶ در نظر گرفته شود و همچنین میزان فواصل عایقی مقررها و Flashoverها باید بخوبی تصحیح شود. در اینجا تنها بحث سطح مقطع و میزان ماده اولیه مورد نیاز برای تولید خطوط مد نظر است نه بیشتر.

در بخشنامه بهره‌مندی از فرصت‌های بین‌المللی در بازارهای محیط زیست - انرژی که از سوی وزیر محترم نیرو در ۹ اسفند ۱۳۹۰ ابلاغ شده است، تأکید شده که باتوجه به جایگاه و نقش موثر صنعت برق، آب و انرژی در رفاه جامعه و عملکرد مطلوب فرآیندهای اجتماعی و اقتصادی آن، نیاز مبرم و روزافزون به سازگاری محیط زیستی فعالیت‌های این صنعت به عنوان یک زیرساخت حیاتی وجود دارد. یکی از وظایف تعریف شده برای زیرمجموعه‌های وزارت نیرو در این راستا، شناسایی و فعال‌سازی ظرفیت‌های محیط زیست-انرژی و ایجاد زیرساخت لازم برای فعال‌سازی اقدامات حضور و بهره‌مندی از بازارهای بین‌المللی فعلی است. همچنین باتوجه به تعاملات و معاهدات گسترده بین‌المللی در خصوص مباحث محیط زیست-انرژی، شناسایی، ظرفیت‌سازی و آماده‌سازی صنعت برای ورود به بازارهای جدید محیط زیست-انرژی نیز در دستور کار این مراکز می‌باشد. در برنامه‌ها و وظایف مطرح شده برای وزارت نیرو، یکی از سیاست‌ها و برنامه‌های عملیاتی در بخش برق و انرژی در طول برنامه پنجم توسعه (۱۳۹۴-۱۳۹۰) در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش تلفات شبکه به میزان سالیانه حداقل ۱٪ و رساندن به سطح ۱۵٪ می‌باشد.

طرح تدوین سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو تاکنون در سطح ستاد وزارتخانه و شرکت‌های مادر تخصصی در جریان است. در فاز یک این طرح مأموریت، چشم‌انداز، ارزش‌ها و راهبردهای وزارت نیرو و بخش‌های پنج‌گانه «آب»، «برق و انرژی»، «آب و فاضلاب»، «آموزش، پژوهش و فناوری» و «پشتیبانی صنعت آب و برق» تدوین شده‌اند. تمامی اسناد طرح توسط کارگروه‌های تخصصی تدوین شده، سپس کمیته راهبری و هماهنگی وزارت نیرو که با عضویت حدود سی نفر از خبرگان و صاحب‌نظران صنعت آب و برق تشکیل می‌شود، نسبت به بررسی، اصلاح و تأیید این اسناد اقدام می‌نماید. اسناد مصوب کمیته راهبری و هماهنگی در شورای عالی طرح (شورای معاونین و مشاورین وزارت نیرو) بررسی شده و پس از تصویب توسط وزیر محترم نیرو به تمامی بخش‌های زیرمجموعه ابلاغ می‌گردند. برطبق این طرح و بند ۷-۱ راهبردهای وزارت نیرو بایستی "توسعه ظرفیت‌های تولید، انتقال و توزیع برق متناسب با نیازهای مصرف مدیریت شده و نوسازی و بهینه‌سازی آن‌ها" صورت پذیرد. بنابراین توسعه در بخش انتقال حوزه صنعت برق الزام قانونی داشته و بایستی شبکه انتقال کشور توسعه یابد. علاوه بر این در بند ۷-۳ همین قسمت لزوم "کاهش تلفات در شبکه‌های برق در جهت نیل به سطح بهینه" اعلام شده است. با توجه به الزام در زمینه توسعه انتقال و کاهش تلفات در این حوزه، بهترین راهکار استفاده از شبکه‌های فوق فشارقوی است که علاوه بر توسعه مناسب شبکه انتقال کشور، تلفات را در این حوزه به طور چشمگیری کاهش می‌دهد.

بند ۵-۶ در قسمت راهبردهای بخش برق و انرژی در این سند چشم‌انداز با تاکید بر مطالعه و بررسی کاربرد روش‌های نوین انتقال وزارت نیرو را ملزم به بررسی مطالعات انتقال نموده است و بنابراین استفاده از خطوط فوق فشارقوی در صنعت انتقال برق بسیار مورد تاکید است.

علاوه بر آن در بند ۱۰ همین قسمت در ارتباط با "توسعه مبادلات منطقه ای برق" سخن گفته شده است که این توسعه، جز با استفاده از خطوط فوق فشارقوی امکان پذیر نیست؛ اولاً صادرات نیاز به عبور توأن‌های بالا می‌باشد و سیستم‌های فوق فشارقوی در این زمینه به مراتب وضعیت بهتری دارند، ثانياً صادرات برق مستلزم انتقال توان در مسافت‌های طولانی است که در این زمینه نیز سیستم‌های فوق فشارقوی به دلیل تلفات پایین‌تر از کارایی بیشتری برخوردارند. دستیابی به این الزامات قانونی، توسعه سیستم‌های انتقال فوق فشارقوی را ضروری می‌کند.

### سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ ایران

در سند چشم‌انداز ۲۰ ساله جمهوری اسلامی ایران که در تاریخ ۸۲/۸/۳۱ ابلاغ شد، در راستای چشم‌انداز افق ۱۴۰۴ هجری شمسی، به موارد زیر اشاره شده است:

↪ سازماندهی و بسیج امکانات و ظرفیت‌های کشور در جهت افزایش سهم کشور در تولیدات علمی جهان از طریق:

● تقویت نهضت نرم‌افزاری و ترویج پژوهش

● کسب فناوری، به ویژه فناوریهای نو شامل: ریزفناوری و فناوری‌های زیستی، زیست محیطی، هوافضا و

هسته‌ای.

↪ حفاظت از محیط زیست و احیای منابع طبیعی

### قانون برنامه پنجم توسعه کشور

در قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۴ - ۱۳۹۰) مصوب جلسه علنی مورخ ۸۹/۱۰/۱۵ مجلس شورای اسلامی، موارد زیر مورد توجه قرار گرفته است:

↪ دولت مجاز است از طریق دستگاه‌های اجرایی و شرکت‌های تابعه و وابسته آن‌ها نسبت به ایجاد و تجهیز و

راه‌اندازی آزمایشگاه کاربردی در دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی و پژوهشی اقدام نماید.



- ↪ حمایت مالی از پژوهش‌های تقاضا محور مشترک با دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی، پژوهشی و فناوری وابسته به وزارتخانه‌های علوم، تحقیقات و فناوری و بهداشت، درمان و آموزش پزشکی به ویژه مواردی که ناظر به حل یکی از مشکلات موجود در کشور می‌باشد.
- ↪ حمایت مالی از شرکت‌های دانش بنیان و تجاری سازی نتایج حاصل از تحقیق، تولید و صادرات خدمات فنی و مهندسی به ویژه محصولات مبتنی بر فناوری‌های پیشرفته.
- ↪ تدوین ضوابط و ارائه حمایت‌های لازم در راستای تشویق طرف‌های خارجی قراردادهای بین‌المللی و سرمایه‌گذاری خارجی برای انتقال دانش فنی و بخشی از فعالیت‌های تحقیق و توسعه مربوط به داخل کشور و انجام آن با مشارکت شرکت‌های داخلی.
- ↪ ایجاد «صندوق توسعه علمی و فناوری کشور» به عنوان یک موسسه عمومی غیردولتی دارای شخصیت حقوقی و استقلال مالی به منظور اعطای تسهیلات و حمایت مالی از توسعه خلاقیت و فعالیت‌های نوآورانه و طرح‌های پژوهشی در حوزه‌های پژوهش‌های بنیادی، کاربردی، توسعه‌ای (حوزوی و غیر حوزوی) و تجاری سازی با تاکید بر توانمندسازی بخش غیردولتی و حمایت هدفمند از نخبگان و نوآوران علمی و فناوری.
- ↪ وزارت نیرو موظف است به منظور تشویق و ترغیب بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در زمینه نیروگاه‌هایی که از انرژی تجدیدپذیر و یا بازیافت حرارت استفاده می‌کنند، بابت عدم انتشار آلاینده‌ها و حفاظت از محیط زیست، به میزانی که سازمان محیط زیست تعیین و اعلام می‌نماید، هزینه مشخصی به آن‌ها پرداخت کند.
- ↪ وزارت نیرو باید سیاست‌های تشویقی برای توسعه نیروگاه‌های با مقیاس کوچک تولید توسط بخش غیردولتی را تنظیم و اعلام نماید.
- با توجه به توضیحات ارائه شده، لزوم کسب دانش فنی توسعه شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا، ایجاد آزمایشگاه‌های کاربردی مرتبط، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و حمایت از شرکت‌های دانش بنیان از منظر قانون پنجم توسعه کشور ضروری می‌نماید.

### قانون بودجه سال ۹۳ کل کشور

در قانون بودجه نیز در موارد زیر به اهمیت منابع تجدیدپذیر و گسترش کاربرد آن‌ها، تأکید شده است:

↩ صندوق توسعه ملی و بانک‌های عامل مکلفند در پرداخت سرمایه در گردش تسهیلات به بخش‌های خصوصی و تعاونی، استفاده از ظرفیت کامل واحدهای موجود و آماده بهره‌برداری و سپس طرح‌های با پیشرفت فیزیکی نزدیک به بهره‌برداری و نهایتاً طرح‌های دارای توجیه فنی و اقتصادی و زیست‌محیطی مرتبط با تولید و صادرات نفت و گاز، پتروشیمی، معدن و آب و برق را در اولویت قرار دهند.

↩ وزارت نیرو اجازه دارد به منظور اجرای طرح‌های افزایش بازدهی نیروگاه‌ها با اولویت نصب بخش بخار در نیروگاه‌های چرخه (سیکل) ترکیبی، توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش تلفات، بهینه‌سازی و صرفه جویی در مصرف سوخت مایع، جایگزینی مصرف برق به جای گاز یا فرآورده‌های نفتی در مناطقی که توجیه اقتصادی دارد و افزایش سهم صادرات برق تا سقف یکصد و بیست هزار میلیارد ریال به روش بیع متقابل، با سرمایه‌گذاران بخش‌های خصوصی و عمومی با اولویت استفاده از تجهیزات ساخت داخل قرارداد منعقد نماید. دولت مکلف است در قبال این تعهد، سوخت صرفه‌جویی شده یا معادل آن نفت خام را با محاسبه میزان صرفه جویی حاصله در مدت حداکثر دو سال به سرمایه‌گذاران تحویل نماید.

### ماموریت‌ها و وظایف وزارت نیرو

در بخش برق و انرژی، وزارت نیرو عهده‌دار سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان انرژی و ایجاد تعامل بین عرضه و تقاضای برق و حفظ کیفیت آن در راستای توسعه پایدار و امنیت عرضه انرژی کشور می‌باشد. وزارت نیرو با ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه را ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، افزایش خوداتکایی و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند.

وزارت نیرو در بخش برق با استفاده از منابع متنوع و در دسترس انرژی، مدیریت تقاضا و تکیه بر ساختاری منسجم، به گونه‌ای عمل می‌کند تا کشور در عرضه برق مطمئن و پایا و با کیفیت مناسب (درحد استانداردهای جهانی) سرآمد کشورهای منطقه شده و با ایجاد بسترهای لازم، دسترسی آزاد به شبکه و رقابت منصفانه در بازار برق را میسر می‌نماید.

برخی از وظایف این وزارتخانه در بخش برق عبارتند از:

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

۲- عضویت در کمیته و کنوانسیون‌های جهانی انرژی و کسب و تبادل اطلاعات لازم به منظور استاندارد کردن و ارتقاء فعالیت‌های صنعت برق کشور

۳- سیاست‌گذاری، نظارت و هماهنگی بین شرکت‌های زیرمجموعه به منظور اجرای به موقع طرح‌های برق در راستای پیشبرد اهداف کلان صنعت برق کشور

۴- برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های انرژی‌های تجدیدپذیر با توجه به ویژگی هر منطقه از کشور در این راستا رئیس برخی از برنامه‌های بخش برق و انرژی وزارت نیرو عبارتند از:

↔ پیشبرد برنامه جامع برق و انرژی سالیانه به میزان حداقل ۲۰ درصد با نگرش به برنامه پنجم توسعه

↔ افزایش ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌های انرژی‌های نو و تجدیدپذیر (بادی، خورشیدی، برق آبی متوسط و کوچک و ...)

به سطح ۳ درصد کل ظرفیت نیروگاهی

↔ توسعه فناوری سیستم‌های انتقال انعطاف‌پذیر (FACTS) و احداث پست‌های GIS و خطوط انتقال HVDC در کشور

↔ کاهش تلفات شبکه به میزان سالیانه حداقل ۱ درصد و رساندن به سطح ۱۵ درصد

↔ افزایش ظرفیت تبادل برق با کشورهای همسایه با اولویت افزایش سهم بخش خصوصی در تجارت منطقه‌ای (سطح مبادلات با پاکستان به ۱۵۰ مگاوات، عراق به ۱۰۰۰ مگاوات و ترکیه به ۵۰۰ مگاوات، برقراری ارتباط الکتریکی ایران-آذربایجان-روسیه با ظرفیت ۷۰۰ مگاوات، اتصال به شبکه اروپا و اتصال به شبکه کشورهای حاشیه خلیج فارس از طریق کابل زیردریایی)، برقراری ارتباط الکتریکی شبکه سراسری با جزیره کیش با استفاده از کابل زیردریایی

↔ ارتقاء سطح تحقیق و توسعه و فناوری بخش برق و انرژی از طریق:

● هدایت و حمایت از مراکز تحقیقاتی داخلی و شرکت‌های تحقیقاتی و یا مشاوره‌های غیردولتی

● شناسایی، انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های نوین و سازگار با محیط‌زیست

● افزایش سطح تعامل بخش برق و انرژی با مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی و خارجی توانمند و نهادینه‌سازی آن

● مطالعه و بررسی کاربرد روش‌های نوین انتقال و ذخیره‌سازی برق از جمله: ابررسانا، سیستم‌های انتقال برق با ولتاژ خیلی بالا (EHV)، سیستم‌های انتقال برق فشارقوی با جریان مستقیم (HVDC)، سیستم‌های انتقال برق متناوب انعطاف‌پذیر (FACTS)، باتری‌ها، هوای فشرده، هیدروژن و ...

↔ توسعه مبادلات منطقه‌ای برق از طریق:

● برقراری مناسبات قابل اتکا و شفاف در هزینه‌های سوخت و محیط‌زیست برای تولید برق صادراتی

● حمایت از بخش خصوصی برای توسعه تجارت منطقه‌ای برق با توجه به بازارهای هدف و متناسب با ارزش افزوده ملی

● افزایش ظرفیت تبادل برق با کشورهای منطقه و رفع موانع توسعه ظرفیت‌های تبادل سنکرون، متناسب با استانداردهای جهانی

● اعطای مجوز صادراتی به تولیدکنندگان برق از منابع انرژی نو و تجدیدپذیر

لازم به ذکر است که بسیاری از این سیاست‌ها در راستای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش برق و انرژی می‌باشند.

تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات

در این بخش ابعاد موضوع فناوری توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا از یک یا چند وجه مورد بررسی قرار خواهد گرفت:

## ۲-۶- تبیین سطح تحلیل

با توجه به تاثیرگذاری فناوری و نوآوری فناورانه در ابعاد مختلف جامعه، تصمیم‌گیری راهبردی را می‌توان در سطوح

مختلفی به انجام رساند. این سطوح را می‌توان در قالب جغرافیایی به سه سطح منطقه‌ای، ملی، و فراملی تقسیم نمود:

↔ سطح منطقه‌ای به تصمیم‌گیری درمورد زیربخش‌های ملی با پتانسیل اقتصادی فناورانه می‌پردازد.

↔ سطح ملی بیان‌گر تصمیمات دولت‌ها در توسعه اقتصادی مرتبط بخش‌ها و فناوری‌های موجود در یک کشور است.

↔ سطح فراملی نیز بیانگر همکاری‌های بین‌المللی در برنامه‌ریزی برای توسعه محصولات و فناوری‌ها است.

مشخص شدن این سطح در تعیین اندازه مرزهای سیستم تحت مطالعه و انتخاب نوع ابزارهای سیاست‌گذاری و تدوین

راهبرد موثر خواهد بود.

با توجه به گستردگی شبکه سراسری برق در کشور، نقش استراتژیک توسعه شبکه با خطوط و پست‌های فوق فشار قوی (400kV و بالاتر) در کاهش هزینه تمام شده و نیاز به افزایش بهره‌وری در شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو تمامی شرکت‌های برق منطقه‌ای و توزیع نیرو، محدوده مطالعات طرح از نظر جغرافیایی در تمامی استان‌های کشور خواهد بود. از این رو محدوده طرح توسعه شبکه با خطوط و پست‌های فوق فشار قوی (400kV و بالاتر) ملی ارزیابی می‌شود.

از جمله دستاوردها و اهداف استفاده از خطوط انتقال HVDC و EHVAC در سطح ملی می‌توان به کاهش تلفات در بخش انتقال نیروی برق اشاره نمود. خط ۷۶۵ کیلوولت نسبت به خطوط انتقال با ولتاژ پایین تر تلفات کمتری دارد و این باعث افزایش راندمان در حوزه انتقال می‌گردد. علاوه بر این به دلیل پهنه گسترده کشور ایران و تجمع اکثر نیروگاه‌ها در یک قسمت، انتقال برق به تمامی نقاط کشور مستلزم استفاده از خطوط انتقال در مسافت‌های طولانی است؛ حال آنکه بهترین تکنولوژی برای انتقال برق در مسیرهای طولانی استفاده از خطوط انتقال HVDC و EHVAC می‌باشد.

## ۲-۷- تبیین افق زمانی تحلیل

ماهیت اسناد راهبردی با در نظرگیری افق‌های برنامه‌ریزی فراتر از زمان حال برای اقدامات و فعالیت‌ها معنی پیدا می‌کند. دلیل برنامه‌ریزی آینده و افق‌های برنامه‌ریزی بلندمدت در اسناد راهبردی، در نظر گرفتن روندهای آتی، اتفاقات ممکن، و تغییرات احتمالی است که بر نحوه توسعه فناوری و فرایند تصمیم‌گیری اثرگذار است. در نظرگیری این افق‌های بلندمدت امکان انجام رفتار فعالانه در توسعه فناوری را مهیا می‌نماید.

در عمل، معمولاً تفاوت زیادی میان افق‌های برنامه‌ریزی تعیین شده در مورد‌های مختلف وجود دارد. این اختلاف‌ها معمولاً

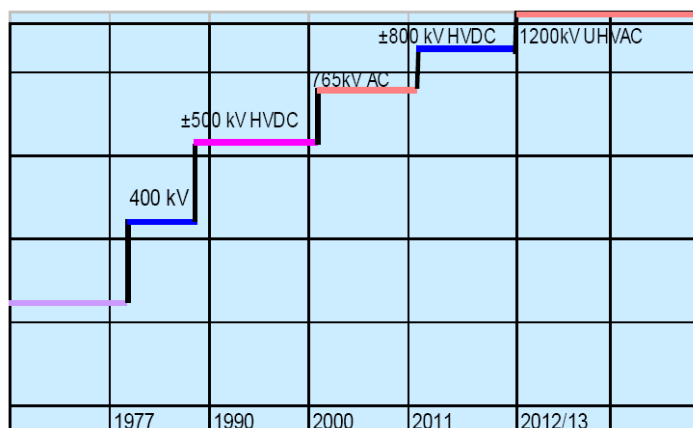
به دلیل تفاوت موضوعات مورد بحث و فاکتورهای اثرگذار بر توسعه سیستم مورد مطالعه است. بازه برنامه‌ریزی متوسط ۵ تا ۱۰

سال به‌طور معمول برای اسناد راهبردی در سطح ملی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه در مواردی این بازه می‌تواند به ۳ سال تقلیل پیدا نموده و تا ۱۵ سال نیز ممکن است طولانی شود.

بررسی تجربیات جهانی در توسعه فناوری‌های نوین یکی از شاخص‌های مهم در تعیین افق زمانی می‌باشد. در ادامه به بررسی تجربیات کشور هند در توسعه شبکه انتقال این کشور پرداخته می‌شود.

در زمان استقلال کشور هند، سیستم قدرت الکتریکی در کشور به شکل عمده، یک سیستم ایزوله‌ای بود که در داخل و یا اطراف شهرها و مناطق صنعتی توسعه یافته بود. در آن زمان بزرگترین ولتاژ استفاده شده در شبکه انتقال برابر ۱۳۲ kV بود. در سال ۱۹۴۸ با تصویب قانون برق هند، شرایطی برای هماهنگ کردن توسعه بخش قدرت با هدف یک پارچه کردن سیستم قدرت کل کشور هند فراهم شد. به این طریق امکان رشد و توسعه شبکه انتقال برای رساندن انرژی الکتریکی به مناطق روستایی علاوه بر مناطق شهری، نیز فراهم شد.

توسعه شبکه انتقال در کشور هند به دنبال رشد ظرفیت تولید انجام گرفت. توسعه سیستم انتقال به وسیله رشد فیزیکی در شبکه انتقال و معرفی سطوح ولتاژ بالاتر و همچنین تکنولوژی‌های جدید موجود برای بدنه اصلی شبکه انتقال، محقق می‌شود. با معرفی سطح ولتاژ ۲۲۰ kV در سال ۱۹۶۰ در هند، تحولی در شبکه انتقال هند به وجود آمد. سپس در سال ۱۹۷۷، خط ۴۰۰ ساخته شد و بعد از آن ساخت خط HVDC پشت به پشت (back to back) در سال ۱۹۸۹ به اتمام رسید. در سال ۱۹۹۰ خط HVDC دو قطبی با ولتاژ  $\pm 500$  kV به بهره‌برداری رسید و در آخر نیز خط انتقال ۷۶۵ kV در سال ۲۰۰۰ میلادی ساخته شده است. این کشور نخستین بار خط ۷۶۵kV سیپات-سئونی را در سال ۲۰۰۰ احداث کرد و در سال ۲۰۰۸ به بهره‌برداری کامل رساند. این کشور در حال حاضر دارای بیش از ۷۵۰۰ km سیستم انتقال با سطح ولتاژ ۷۶۵ kV می‌باشد. همچنین با احداث اولین فاز پست آزمایشی ۱۲۰۰ kV، این کشور بالاترین سطح ولتاژ انتقال مطرح شده دنیا را بدست آورده است که بدون شک دستاورد بین‌المللی مهمی در سیستم انتقال UHV برای این کشور به حساب می‌آید. نمودار شکل (۱-۳) بیانگر تغییرات سطوح ولتاژ در این کشور در سال‌های مختلف می‌باشد.



شکل (۱-۳): تغییرات سطوح ولتاژ در کشور هند در سال‌های مختلف

همانگونه که در شکل (۱-۳) نشان داده شده است بازه زمانی دستیابی به فناوری ۷۰۰ در کشور هند در حدود ۲۳ سال (۱۹۸۸-۲۰۱۱) بوده است. لازم به ذکر است با توجه به توسعه تکنولوژیکی و رشد دانش در این حوزه و همچنین تجربیات موجود بین المللی انتظار می‌رود که دستیابی به این امر در خصوص کشور ایران در بازه زمانی کوتاه‌تر قابل حصول باشد. با توجه به ضرورت بهره‌گیری از سیستم‌های انتقال فوق فشارقوی در کشور و از سال‌های گذشته برنامه‌ریزی جهت احداث و بهره‌برداری سیستم‌های ولتاژ فوق فشارقوی در دستور کار برنامه‌ریزان بخش برق قرار گرفته و در همین راستا در چشم انداز ۱۴۰۴ وزارت نیرو به این امر به طور صریح پرداخته شده است.

با توجه به این مسئله که سند چشم انداز جمهوری اسلامی ایران و سند چشم انداز وزارت نیرو در افق ۱۴۰۴ تعریف شده است، افق زمانی تحلیل سیستم‌های فوق فشارقوی ۱۰ ساله در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است این افق زمانی مربوط به گام اول پروژه و دستیابی به خطوط ولتاژ ۷۶۵ kV می‌باشد. با در نظر گرفتن گستردگی بازه ولتاژهای فوق فشارقوی، دستیابی به سیستم‌های فوق فشارقوی فرایندی مستمر بوده و در افق زمانی مشخصی نمی‌گنجد.

تبیین مشخصه‌های فناوری توسعه سیستم‌های انتقال توان با ظرفیت بالا

انتقال توان با استفاده از خطوط و پست‌های فوق فشارقوی برای مسافت‌های طولانی بسیار توجیه‌پذیر است. در امریکا، برای انتقال توان برای مسافت‌های بیشتر از ۱۰۰ مایل، یکی از اصلی‌ترین انتخاب‌ها، خط ۷۶۵ کیلوولت است. استفاده از این تکنولوژی با توجه به موجود بودن زیرساخت‌های لازم، کاملاً به صرفه می‌باشد. استفاده از این تکنولوژی در کشورهای در حال

توسعه به دلیل عدم وجود زیرساخت‌های انتقال فوق فشارقوی، نیازمند مطالعه و بررسی است که آیا مقرون به صرفه می‌باشد یا خیر؟ و یا در سیاست‌های این کشور، پروژه‌های کوتاه مدت و زود بازده در اولویت قرار دارد یا پروژه‌های بلند مدت، کاربردی و ماندگار؟ وجود هزینه تجهیزات و تسهیلات و هم چنین ظرفیت مازاد تولیدی باعث می‌شود که برخی از کشورها احداث خطوط فوق فشارقوی را به تأخیر بیندازند. اما بزودی خطوط انتقال با ولتاژ پایین تر از ۷۰۰ کیلوولت ظرفیت انتقال توان مورد نیاز کشور را نخواهد داشت؛ در آن زمان کشور با مشکلات بسیاری مواجه خواهد بود. بنابراین بهتر است با یک سرمایه‌گذاری مناسب در این بخش علاوه بر جلوگیری از تهدید کشور در این زمینه، باعث کاهش تلفات و افزایش راندمان شبکه انتقال شد؛ زیرا خطوط انتقال فوق فشارقوی در مسافت‌های طولانی، تلفات بسیار کمتری نسبت به خطوط انتقال کنونی دارد. عموماً بسیاری از نیروگاه‌های تولید انرژی الکتریکی بسیار دورتر از مراکز بار هستند که ضرورت انتقال توان با شرط کمترین میزان تلفات در خطوط انتقال را ایجاد می‌کند.

میزان توان انتقالی خطوط EHVAC با مصرف توان راکتیو خط محدود می‌شود که در سطوح بالاتر از بارگذاری امپدانس ضربه، از میزان توان راکتیو تولیدی خط بیشتر می‌شود. امپدانس ضربه خط به ساختار هندسی خط وابسته می‌باشد. با استفاده از خازن‌های سری، می‌توان ظرفیت خط انتقال را تا دو برابر بارگذاری امپدانس ضربه خط افزایش داد. معمولاً در خطوط AC در طول‌های بلند، محدود کننده اصلی توان انتقالی، ظرفیت گرمایی خط نمی‌باشد، بلکه حد پایداری، محدود کننده اصلی است. در خطوط HVDC، مهم ترین عامل محدود کننده ظرفیت خط انتقال در شرایط کاری معمول، تنه‌ای دمایی مجاز بیشینه هادی‌ها است و توان راکتیو نقشی در محدود کردن ظرفیت خط ندارد. از طرف دیگر، خطوط انتقال HVDC دارای قابلیت بالایی جهت تحمل اغتشاشات هستند.

یکی از مزیت‌های اصلی خط انتقال فوق فشارقوی قابلیت انتقال توان و توان حرارتی بالای آن است. به طور خلاصه توان حرارتی خط انتقال ۳۴۵ کیلوولت، ۳ تا ۵ برابر توان حرارتی خط ۱۳۸ کیلوولت است. هم چنین توان حرارتی خط ۷۶۵ کیلوولت تقریباً ۳ برابر توان حرارتی خط ۳۴۵ کیلوولت و ۸ تا ۱۶ برابر توان حرارتی خط ۱۳۸ کیلوولت است. قابلیت انتقال توان خطوط انتقال در طول ۵۰ مایل حدوداً ۳ برابر SIL و در طول ۱۰۰ مایل حدوداً ۲ برابر SIL آن‌ها است. با مفهوم بارگذاری امپدانس ضربه، قابلیت انتقال توان الکتریکی در خط ۷۶۵ کیلوولت تقریباً ۳ برابر خط ۵۰۰ کیلوولت، ۵ برابر



خط ۳۴۵ کیلوولت، ۱۸ برابر خط ۲۳۰ کیلوولت و ۳۰ برابر خط ۱۳۸ کیلوولت است. قابلیت تخمینی انتقال توان برای خطوط مختلف در جدول (۱-۴) آمده است. جدول (۲-۴) نیز نگاهی به سطوح ولتاژ خطوط انتقال از دید تلفات توانی دارد.

جدول (۱-۴): قابلیت تخمینی انتقال توان

حالت	توضیح kV(%comp)	$Z_0$ ohms	SIL MW	۵۰ مایل MW	۱۰۰ مایل MW
1	138	337	56	168	112
2	138 HC	179	106	318	212
3	138 HC(60%)	113	168	504	336
4	345	290	410	1230	820
5	345(60%)	183	650	1950	1300
6&7	765	265	2200	6600	4400

جدول (۲-۴): سطوح ولتاژ خطوط انتقال از دید تلفات توانی

Case	توضیح kV(%comp)	MVA	بار خط MW	Amp	طول خط مایل	R ohms	تلفات MW
1	138	200	196	881	32	4,54	10,6
2	138HC	200	196	881	32	2,08	4,8
3	138HC(60%)	800	784	3523	32	3,33	124,0
4	345	800	784	1409	32	1,82	10,8
5	345(60%)	1600	1568	2818	100	7,00	166,8
6	765	1600	1568	1271	100	2,70	13,1
7	765	3700	3626	2939	100	2,70	70,0

فناوری‌ها می‌توانند از منظر ماهیت کاربردی طبقه بندی شوند. هدف از طبقه بندی، قرار دادن فناوری‌های دارای مشخصات مشابه در یک گروه است. این کار تصمیم‌گیری در مورد فناوری‌های هم گروه را در مراحل بعدی تدوین اسناد ملی فناوری تسهیل خواهد نمود.

از حیث ماهیت کاربردی، فناوری‌ها را می‌توان از شش بعد مختلف تقسیم‌بندی نمود. این ابعاد در ذیل اشاره شده‌اند.

## ۲-۸- سابقه فناوری

بر اساس سابقه حضور، فناوری‌ها را می‌توان به دو دسته‌ی فناوری‌های جدید در مقابل فناوری‌های موجود تقسیم کرد. فناوری‌های جدید عبارتند از فناوری‌هایی که برای اولین بار در یک مرز بنگاهی، ملی و یا بخشی وارد شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. بعنوان مثال نرم افزار جدیدی که برای طراحی محصول بکار گرفته می‌شود و جایگزین روش دستی طراحی می‌گردد. فناوری جدید لزوماً یک فناوری نوظهور نیست بلکه می‌تواند سال‌ها پیش خلق شده و توسط دیگران مورد استفاده قرار گرفته باشد.

با تعریف ارائه شده، معیار تشخیص فناوری جدید از فناوری موجود، سابقه‌ی حضور آن فناوری در داخل مرزهای بنگاهی و یا ملی است. منظور از سابقه‌ی حضور هم شکل‌گیری بازار برای فناوری است. فناوری‌هایی که بازار آن‌ها شکل گرفته باشد را باید جزء فناوری‌های موجود قلمداد کرد.

انرژی الکتریکی که در نیروگاه‌های کشور تولید می‌شود توسط تأسیسات انتقال که عبارتند از پست‌ها و خطوط انتقال و فوق توزیع می‌باشد، به ورودی‌های شبکه توزیع تحویل می‌گردد تا از طریق شبکه توزیع به مصرف کنندگان نهایی برسد. ولتاژ خطوط انتقال نیرو در کشور در سطوح ۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت می‌باشد. در حال حاضر خطوط انتقال HVDC و EHVAC در کشور استفاده چندانی ندارند. با توجه به افزایش سطح تقاضا در کشور، ضرورت توسعه شبکه انتقال بدیهی است. خطوط ۷۶۵ کیلوولت به منظور انتقال توان قابل توجه انرژی از نقطه تولید تا مصرف مناسب‌ترین گزینه می‌باشد و از آنجا که هزینه سوخت رسانی به نیروگاه‌هایی که دور از مراکز تولید سوخت قرار دارند برعهده وزارت نیرو است، احداث نیروگاه در نزدیکی مراکز تولید سوخت مانند عسلویه و انتقال انرژی برق از این مراکز با استفاده از خطوط ۷۶۵ کیلوولت باعث می‌شود مجموع هزینه‌های

انتقال انرژی اعم از برق، گاز و سوخت مایع به میزان قابل توجهی کاهش یابد. بنابراین ارتقای شبکه انتقال امری اجتناب ناپذیر است. با توجه به ضرورت ارتقای شبکه انتقال نیروی برق کشور، خوشبختانه احداث خطوط ۷۶۵ کیلوولتی از سوی شرکت توانیر به سازمان توسعه برق ایران ابلاغ گردیده است و اقداماتی توسط سازمان مزبور آغاز شده که فاز اول طرح از عسلویه شروع و پس از عبور از تیران اصفهان به تهران می‌رسد. یک دوره ۶ ساله جهت بهره‌برداری از این طرح بسیار مهم در نظر گرفته شده است. البته پروژه‌های دیگری نیز در ارتباط با این طرح در فازهای بعدی اجرا خواهد شد.

اجرای فاز اول در مسیر عسلویه به تیران و رودشور به سازمان توسعه برق ایران ابلاغ شده است و به عنوان یک طرح جامع باید علاوه بر مطالعات سیستمی، مسایل جانبی آن مورد مطالعه قرار بگیرد. این خط در فاز اول به طول هزار کیلومتر احداث می‌شود و سه ایستگاه برق فشارقوی ۷۶۵ کیلوولت به ۴۰۰ کیلوولت برای آن پیش بینی شده است. پست ۷۶۵/۴۰۰ کیلوولت، DCS و GIS می باشد که مشخصات آن عبارتند از :

↔ یک فیدر خط و سه فیدر ترانسفورماتور ۷۶۵ کیلوولت با آرایش ۱/۵ کلیدی

↔ چهار فیدر خط و سه فیدر ترانسفورماتور ۴۰۰ کیلوولت با آرایش ۱/۵ کلیدی

↔ سه دستگاه ترانسفورماتور قدرت ۷۶۵/۴۰۰ کیلوولت

طرح HVDC نیز برای نخستین بار بین شبکه مرکز تا شبکه شمال شرق از طرف شرکت توانیر به سازمان توسعه برق ایران ابلاغ شده است. بر اساس این طرح، انتقال توان با ولتاژ بالای DC صورت می‌پذیرد که مطالعات تکمیلی قرار است توسط مشاورین ذیصلاح انجام شود. صادرات برق به کشورهای همسایه نظیر ترکیه و امارات و حتی اروپا مستلزم استفاده از خطوط HVDC می‌باشد. این خطوط به دلیل تلفات بسیار پایین نسبت به سایر خطوط انتقال در مسافت‌های طولانی و همچنین عدم وجود مشکلاتی نظیر مشکلات پایداری دو شبکه برق مبدا و مقصد، جهت انتقال و صادرات از شبکه‌ای به شبکه دیگر بسیار مناسب می‌باشد.

سوابق مطالعات و فعالیت‌های انجام شده در داخل کشور در زمینه HVDC شامل موارد زیر می‌باشد:

↔ پیاده‌سازی عملی سیستم HVDC بصورت پایلوت در سطح  $\pm 25\text{kV}$  در مرکز تحقیقات نیرو در سال ۱۳۷۳

↔ طرح ملی HVDC با  $\pm 500\text{kV}$  و HVAC با  $700\text{kV}$  مصوب در شورای پژوهش‌های علمی کشور در دانشگاه

علم و صنعت ایران در سال ۱۳۸۰

↔ مطالعه خط انتقال HVDC-Light جهت پیاده سازی در منطقه انارک-جندق در پژوهشگاه نیرو در سال ۱۳۸۰

↔ امکان‌سنجی انتقال توان 1500MW از شبکه برق سراسری ایران به دبی از طریق کابل زیردریایی  $\pm 500kV$  در

شرکت مشانیر در سال ۱۳۸۷

↔ طراحی و ساخت یک واحد مبدل HVDC-Light در رده  $20kV/1MW$  در جهاد دانشگاهی

علم و صنعت در سال ۱۳۸۹

↔ طراحی و مهندسی خط انتقال HVDC سمنان-گلپایگان در رده  $\pm 500kV / 1000MW$  در شرکت مונنکو ایران

در سال ۱۳۹۲

همانطور که از لیست فوق مشاهده می‌شود، اکثر فعالیت‌های انجام‌شده در زمینه فناوری HVDC در ایران تاکنون از نوع

آزمایشگاهی، مطالعاتی و مقدماتی بوده است. تنها تجربه عملی کشور در زمینه ساخت سیستم انتقال برق توان بالا جریان

مستقیم مربوط به جهاد دانشگاهی علم و صنعت در زمینه طراحی و ساخت یک سیستم HVDC Light با قدرت یک مگاوات

و ولتاژ ۲۰ کیلوولت بوده است که به عنوان یک نمونه اولیه دارای ظرفیت بسیار کمی بوده و کاربرد آن نیز بیشتر برای ارتباط با

دکل‌های دریایی، جزایر و مناطق صعب‌العبور می‌باشد نه برای خطوط انتقال.

جدی‌ترین کار اجرایی صورت گرفته در زمینه این فناوری مربوط به احداث نخستین خط انتقال برق HVDC به طول ۴۳۰

کیلومتر میان استان‌های سمنان و اصفهان می‌باشد. در حال حاضر همه خطوط انتقال برق کشور از نوع فشارقوی جریان متناوب

(HVAC) است و با اجرای خط HVDC سمنان - گلپایگان، این خط نخستین خط ولتاژ بالای جریان مستقیم کشور خواهد

بود. مطالعات فنی و طراحی این خط به ظرفیت ۱۰۰۰ مگاوات از سمنان به گلپایگان و با سطح ولتاژ  $\pm 500$  کیلوولت که

توسط شرکت مונنکو ایران انجام گرفته است، در سال ۱۳۹۱ شروع و در فروردین سال ۱۳۹۳ به پایان رسیده است و فعالیت

اجرایی این پروژه نیز هنوز آغاز نشده و در انتظار تأمین اعتبار است.

از سایر فعالیت‌های انجام‌گرفته در زمینه استفاده از این فناوری جهت انتقال بین مرزی نیروی برق، می‌توان به موارد زیر

اشاره کرد:

↔ امضاء تفاهم نامه احداث نخستین خط HVDC هزار مگاواتی زاهدان-کویته پاکستان بطول ۶۰۰ کیلومتر (به‌مراه

احداث یک نیروگاه ۱۰۰۰ مگاواتی در زاهدان)

↪ تفاهم نامه احداث نخستین خط هوایی HVDC به ظرفیت ۱۰۰۰ مگاوات بین جمهوری اسلامی ایران و پاکستان در سال ۱۳۹۱ به امضا رسید. این پروژه شامل احداث ایستگاه‌های مبدل HVDC در زاهدان و کویته و احداث یک خط انتقال  $\pm 500$  کیلوولت DC می‌باشد و یک نیروگاه هزار مگاواتی نیز به همین منظور در زاهدان احداث خواهد شد.

↪ انتقال برق از طریق خط ۲۰ کیلوولت زیردریایی HVDC به امارات نیز در وزارت نیرو در دست برنامه‌ریزی است.

↪ واردات ۱۰۰۰ مگاوات برق از تاجیکستان از طریق خط HVDC ایران - افغانستان - تاجیکستان

↪ در سال ۱۳۸۹ در توافقاتی که سه کشور ایران، تاجیکستان و افغانستان داشتند، مقرر شد تا خط انتقال نیروی برق HVDC از جمهوری تاجیکستان به ایران از طریق خاک افغانستان احداث شود.

در مجموع مهمترین مطالعات انجام گرفته جهت احداث خطوط HVDC توسط وزارت نیرو در ایران شامل موارد زیر بوده است:

↪ ایران - ترکیه

↪ عسلویه - تیران (اصفهان) - رودشور (تهران)

↪ عسلویه - بندرلنگه - دوبی

↪ خراسان - افغانستان - تاجیکستان

↪ استان اصفهان - استان سمنان

باتوجه به موارد فوق ملاحظه می‌شود که تنها فعالیت اجرایی انجام شده در کشور مربوط به خط HVDC سمنان - گلپایگان است که در انتهای مرحله طراحی قرار دارد. در مجموع، بررسی سوابق فناوری سیستم‌های انتقال توان جریان مستقیم ولتاژ بالا در ایران، نشان می‌دهد که این فناوری تاکنون در کشور اجرا نشده است.

اگرچه مقدمات احداث طرح ۷۶۵ کیلوولت در مسیر عسلویه به تیران فراهم شده است؛ اما با توجه به عدم اجرای عملی فناوری سیستم‌های با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت در مرز ملی، این فناوری جدید محسوب می‌شود. فناوری HVDC نیز در ایران سابقه اجرا نداشته و ازینرو این فناوری نیز فناوری جدید محسوب می‌شود.

## ۲-۹- پیچیدگی فناوری

پیچیدگی منجر به تقسیم‌بندی فناوری به دو گروه فناوری‌های پیشرفته در مقابل فناوری‌های ساده می‌گردد. واژه "فناوری پیشرفته" اشاره به فناوری‌هایی دارد که دارای ویژگی‌های زیر باشند:

- ↔ پیچیدگی زیاد
- ↔ علم محوری
- ↔ چرخه عمر کوتاه
- ↔ سهم بالای فناوری در قیمت تمام شده کالا/خدمات
- ↔ هزینه بالای تحقیق و توسعه

این ویژگی‌ها می‌تواند معیاری جهت تمییز دادن فناوری پیچیده از فناوری ساده باشد که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

## ۲-۹-۱- پیچیدگی زیاد

این فناوری‌ها معمولاً از ترکیب چند زمینه علمی پدید آمده‌اند به همین دلیل از پیچیدگی بالایی برخوردارند. جهت طراحی و اجرای خطوط انتقال دانش‌های مختلفی دخیل هستند؛ علوم نظیر برق، مکانیک، عمران، متالورژی، زمین‌شناسی، محیط زیست، هواشناسی.

### برق-قدرت

طراحی خطوط انتقال از منظر الکتریکی برعهده مهندسين برق می‌باشد؛ برای مثال چگونگی طراحی سیم‌گارد. سیم محافظ بایستی به گونه‌ای بالای خطوط انتقال نیرو قرار گیرد که از برخورد صاعقه به خط جلوگیری نماید. به عنوان مثال دیگر تصمیم‌گیری در ارتباط چند مداره و چند باندله بودن خط انتقال که توسط مهندسين برق صورت می‌پذیرد. طراحی و اجرای مباحث حفاظتی نیز برعهده مهندس قدرت است. این مبحث به بررسی انواع وسایل و تجهیزات حفاظتی می‌پردازد که از تاسیسات الکتریکی و نیز انسان‌ها در برابر حوادث مختلف محافظت می‌کنند.

### برق-الکترونیک قدرت

این گرایش از مهندسی برق مبحثی است متشکل از مهندسی الکترونیک و مهندسی قدرت که در آن عملکرد الکترونیک حالت جامد برای کنترل و تبدیل توان الکتریکی بررسی می‌گردد. به عبارت دیگر الکترونیک قدرت به بررسی استفاده از نیمه هادی‌ها در قدرت می‌پردازد. به منظور طراحی، ساخت و بهره‌برداری از مبدل‌های قدرت، فیلترها و ... این دانش مورد نیاز است.



شکل (۴-۱): ولو تریستوری خطوط انتقال HVDC

### برق - الکترونیک

مهندسان این رشته، مدارهایی را طراحی و تست می‌کنند که از خواص الکترومغناطیسی قطعات الکتریکی همچون مقاومت، خازن، سلف، دیود و ترانزیستور برای رسیدن به عملکرد خاصی بهره می‌برند. جهت طراحی مدارات جانبی مبدل‌ها، درایورها، مدارات سوئیچینگ و ... به این رشته از علوم نیاز می‌باشد.

### برق - کنترل

هدف این علم، کنترل متغیرهای اساسی سیستم (که متغیرهای خروجی می‌تواند تنها بخشی از این متغیرها باشد) بر مبنای برخی ملاک‌های مطلوب می‌باشد. این رشته حلقه اتصال میان مهندسی برق و رشته‌های دیگر است و امروزه مهندسی کنترل به صورت بخش اصلی و مهمی از فرآیندهای صنعتی و تولیدی درآمده است. مهندس کنترل وظیفه استخراج الگوریتم، برنامه‌نویسی و پیاده‌سازی سیستم سوئیچ‌زنی مبدل‌ها و عملکرد بهینه آن‌ها را برعهده دارد.

### مکانیک

در طراحی از منظر مشخصات مکانیکی نیروهای وارده بر دکل فشارقوی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این نیروها عمدتاً شامل نیروهای وزن هادی، وزن برف و یخ نشسته شده بر روی خط و نیروی وزش باد می‌باشد. همچنین با بررسی میزان کشش خطوط انتقال، میزان sag خطوط به گونه ای محاسبه می‌گردد که با توجه به تغییرات آب و هوایی در فصول مختلف مشکلی برای خط انتقال رخ ندهد.

### عمران-سازه

مهندسی عمران با گرایش سازه نقش مهمی در طراحی دکل‌های فشارقوی دارند. این دکل‌ها باید به گونه ای طراحی گردند که توانایی تحمل نیروهای وارده را داشته باشند. هم چنین طراحی و اجرای فونداسیون یکی از مهم ترین قسمت‌های طراحی و اجرای خطوط انتقال می‌باشد؛ در صورتی که این مرحله به خوبی اجرا نگردد احتمال خارج شدن دکل از داخل زمین وجود دارد که این امر خسارات زیادی را به دنبال خواهد داشت.



شکل (۴-۲): نمونه ای از دکل‌های انتقال

### عمران-نقشه‌برداری



یکی دیگر از فعالان حوزه طراحی خطوط انتقال نیرو، مهندسين نقشه‌برداری هستند. آن‌ها با تهیه نقشه مسیر خطوط انتقال به احداث خطوط انتقال یاری می‌رسانند.

### متالورژی

از دیگر علم‌هایی که در طراحی و احداث خطوط انتقال نیرو کاربرد دارند، می‌توان به مهندسی متالورژی اشاره نمود. مهندسين متالورژی با طراحی و ساخت تجهیزات و یراق‌آلات مربوط به خط انتقال نقش مهمی در اجرای عملیات احداث خط بر عهده دارند. بدیهی است هر چه تجهیزات از قابلیت‌های بالاتری برخوردار باشند به همان میزان، بهره‌برداری از خط با شرایط بهتری انجام می‌پذیرد.

### زمین شناسی

به جهت تعیین جنس خاک جهت انتخاب نوع فونداسیون مورد نظر کاربرد دارد.

### محیط زیست

کارشناسان محیط زیست بایستی آثار زیست محیطی مسیرهای مختلف خطوط انتقال را مورد بررسی قرار دهند و مسیرها را از جهت زیست محیطی اولویت‌بندی کنند.

### هواشناسی

کارشناسان هواشناسی با اعلام تنوع آب و هوایی مسیر انتقال، میزان وزش بادهای فصلی و دائمی، شرایط بارش برف و یخ زدگی در طول سال به امر طراحی خطوط انتقال یاری می‌رسانند.

### عمران-راه

در برخی موارد جهت انتقال تجهیزات اجرای عملیات احداث خطوط نیرو جاده‌های مناسبی وجود ندارد که در این صورت مهندسين عمران با راه‌سازی زیرساخت‌های مربوط به این قسمت را انجام می‌دهند.

## ۲-۹-۲- علم محوری

برخلاف فناوری‌های ساده، سهم دانش علمی در این فناوری‌ها به مراتب از سهم دانش فنی و تجربه بیشتر است. به همین دلیل کاربران این فناوری‌ها عمدتاً مهندسين و دانشمندان تشکیل می‌باشند. فناوری خطوط انتقال فوق فشارقوی AC چندان فناوری پیچیده‌ای نمی‌باشد و بحث High Tech در آن مطرح نیست. در واقع خطوط انتقال فوق فشارقوی شباهت‌های بسیاری با خطوط انتقال با ولتاژ پایین‌تر دارند و سهم دانش فنی و تجربه در این زمینه بیشتر از سهم دانش علمی است. بنابراین بایستی با بهره‌گیری از تجربیات سایر کشورها در احداث خطوط انتقال فوق فشارقوی و تجربیات موجود در کشور در ارتباط با احداث خطوط انتقال دانش فنی و تجربیات موجود را مورد مطالعه و بررسی قرار داد.

درمورد خطوط انتقال DC ولتاژ بالا، با توجه به اینکه تکنولوژی‌هایی که برای طراحی و ساخت مبدل‌ها (که مهمترین و قابل توجه ترین بخش سیستم می‌باشد) استفاده می‌شود از پیچیدگی بالایی برخوردار است، این فناوری از نوع High Tech است. در مورد مبدل‌های الکترونیک قدرت با افزایش توان و سطح ولتاژ، پیچیدگی و نکات طراحی و ساخت سیستم نیز بیشتر می‌شود و نیاز به دانش فنی بسیار بالایی دارد. درمورد تکنولوژی ساخت ادوات نیمه‌هادی مورد استفاده در این مبدل‌ها شامل انواع تریتور، IGBT و ... نیز دانش و تکنولوژی مربوط به آن بسیار خاص و High Tech می‌باشد به طوری که تا به حال این تکنولوژی تنها در دست سازندگان معدودی بوده است.

در مجموع انتقال توان به صورت HVDC نیازمند دانش فنی بالایی است و برداشتن گام‌های عملی در این زمینه مستلزم ایجاد مراکز طراحی و آزمایشگاهی و ارتقای دانش فنی مراکز تحقیقاتی در کشور است. لذا سهم دانش علمی در دستیابی به این فناوری، بیشتر از تجربه می‌باشد.

## ۲-۹-۳- چرخه عمر کوتاه

معمولاً فناوری‌های پیشرفته دارای طول عمر کوتاه‌تری نسبت به فناوری‌های ساده هستند. زیرا این فناوری‌ها در کسب موقعیت برتر رقابتی و یا بهبود عملکرد سازمان‌ها نقشی حیاتی ایفا می‌کنند و به همین دلیل تلاش وسیعی در جهت بهبود آن‌ها از طریق ترکیب نتایج گذشته و یا گسترش مرزهای دانش صورت می‌پذیرد. این امر باعث پدید آمدن ایده‌های جدید، تبدیل

ایده‌ها به نوآوری فناورانه و خلق فناوری‌های جدید خواهد شد. بدین ترتیب با تحولات سریع فناوری، با سرعتی بیشتر از قبل، منسوخ شدن فناوری‌ها و جایگزینی آن‌ها با فناوری‌های پیشرفته نوظهور مشاهده خواهد شد. این موضوع که چرخه عمر فناوری خطوط انتقال فوق فشارقوی کوتاه نیست، می‌تواند توجیهی مناسبی جهت سرمایه‌گذاری در این زمینه باشد. امروزه با این که انتقال توان با استفاده از خطوط ولتاژ بالا در حال گسترش است؛ انتقال از طریق خطوط ۴۰۰ کیلوولت هم چنان در حال استفاده است. این روش انتقال سال‌های زیادی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای خطوط انتقال فوق فشارقوی نیز وضع به همین منوال خواهد بود؛ به گونه‌ای که در صورتی که در سال‌های آینده راهکارهای دیگری جهت انتقال مطرح گردد باز هم این خطوط کارآیی خود را خواهند داشت.

## ۲-۹-۴- سهم بالای فناوری در قیمت تمام شده کالا/خدمت

به نظر برخی از صاحب‌نظران، فناوری، عامل تبدیل ورودی‌ها (مواد، انرژی، سرمایه و...) به خروجی‌ها (کالا و خدمات) است. در یک برداشت ساده قیمت تمام شده یک کالا/خدمت از مجموع ارزش ورودی‌های مصرف شده و هزینه‌های صرف شده برای تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها تشکیل می‌شود. در مورد محصولات/خدمات تولید شده به کمک فناوری‌های پیشرفته، نسبت هزینه ورودی‌ها به هزینه‌های تبدیل ناچیز است. به عبارت دیگر سهم و ارزش مواد بکار رفته بسیار کاهش یافته و قیمت محصول ناشی از فناوری بکار رفته در آن می‌باشد. با توجه به کاهش تلفات خط انتقال در صورت استفاده از سیستم‌های فوق فشارقوی، میزان درآمدهای حاصل از فروش برق افزایش می‌یابد.

## ۲-۹-۵- هزینه بالای تحقیق و توسعه

فناوری‌های پیشرفته به علت طبیعت بین رشته‌ای بودن و پیچیدگی آن‌ها نسبت به فناوری‌های ساده، سرمایه‌گذاری بیشتری را در مرحله ایده و نوآوری طلب می‌کنند. از طرفی کوتاه بودن دوره عمر این فناوری‌ها فرصت کمی را برای بازگشت سرمایه فراهم می‌کند. به همین دلیل هزینه‌های تحقیق و توسعه به ازای هر واحد محصول تولید شده به کمک این فناوری‌ها، به مراتب از هزینه‌های مشابه در محصولات تولید شده به کمک فناوری‌های ساده بیشتر است. هزینه تحقیق و توسعه در زمینه خطوط انتقال با ولتاژ بالا به دلیل در ابتدای مسیر بودن آن در کشور بالا می‌باشد. هزینه‌هایی نظیر احداث آزمایشگاه مرجع به

منظور انجام آزمون‌های مختلف در سطح ولتاژ ۷۶۵ کیلوولت و هم چنین هزینه تهیه تجهیزات خاص این سطح ولتاژ باعث گرانی این تکنولوژی در آغاز مسیر شده است.

در مجموع با توجه به اینکه این فناوری ترکیبی از چند رشته علمی بوده و هزینه تحقیق و توسعه در آن بالا می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت که فناوری سیستم‌های انتقال با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت نمونه‌ای از فناوری‌های پیچیده می‌باشد. درمورد انتقال DC نیز بالابودن هزینه احداث آزمایشگاه‌های مرجع، گرانی تجهیزات نیمه‌هادی مورد استفاده، بالابودن هزینه طراحی، ساخت و تست مبدل‌های الکترونیک قدرت و ... منجر به بالابودن هزینه تحقیق و توسعه فناوری می‌شوند.

با توجه به مطالب ارائه شده می‌توان دریافت که فناوری خطوط انتقال فوق فشارقوی یک فناوری نوین در ایران محسوب می‌گردد که کمی پیچیدگی دارد. از طرفی با توجه به تاریخچه خطوط انتقال می‌توان استنباط نمود که چرخه عمر این فناوری کوتاه نمی‌باشد. با توجه به کاهش تلفات برق در صورت بهره‌گیری از این فناوری، میزان تلفات برق کاهش می‌یابد و در نتیجه ظرفیت فروش برق بیشتر شده و درآمد افزایش می‌یابد. با در نظرگیری حریم مورد نیاز در صورت استفاده از این خطوط می‌توان به این نتیجه رسید که در مجموع انتقال برق از این طریق هزینه کمتری دربردارد. البته با توجه به جدید بودن این فناوری در کشور هزینه‌های مربوط به تحقیق و توسعه آن بالا ارزیابی می‌گردد.

در مورد فناوری ادوات FACTS همان طور که پیش‌تر اشاره گردید، یک فناوری بین‌رشته‌ای بوده و هزینه تحقیق و توسعه آن نسبت به مقدار متداول شبکه برق بالاتر است. از جمله هزینه‌های تحقیق و توسعه، می‌توان به هزینه‌های مربوط به آزمایشگاه‌ها و نیروی انسانی متخصص اشاره کرد. یک سیستم FACTS متشکل از اجزاء مختلفی است که قریب به اتفاق آن‌ها دارای استانداردهای خاص برای انجام آزمون‌های مورد نیاز هستند. این آزمون‌ها توسط سازنده یا آزمایشگاه‌های معتبر انجام گرفته و تأییدیه مورد نیاز برای هر تجهیز اخذ می‌گردد. مسئله قابل توجه در این زمینه توجه به این نکته است که این تجهیزات باید در یک سیستم FACTS به طور هماهنگ و منطبق با نیازهای کل سیستم کار کنند؛ بنابراین لازم است در موارد متعدد آزمون‌های سخت‌گیرانه‌تری برای حصول اطمینان از کارکرد هماهنگ تجهیزات مورد توجه قرار گیرد.

برای مثال خازن و راکتور مورد استفاده در یک SVC مواجه با شرایطی هستند که به طور کامل مشابه با شرایط کارکرد عادی آن‌ها در شبکه برق نیست که بدین لحاظ ضروری است این شرایط خاص در مرحله طراحی تجهیز مورد توجه قرار گرفته و آزمون‌های آن نیز با توجه به این شرایط صورت گیرد. همچنین می‌توان به تجهیزات الکترونیکی بکار رفته اشاره نمود که در

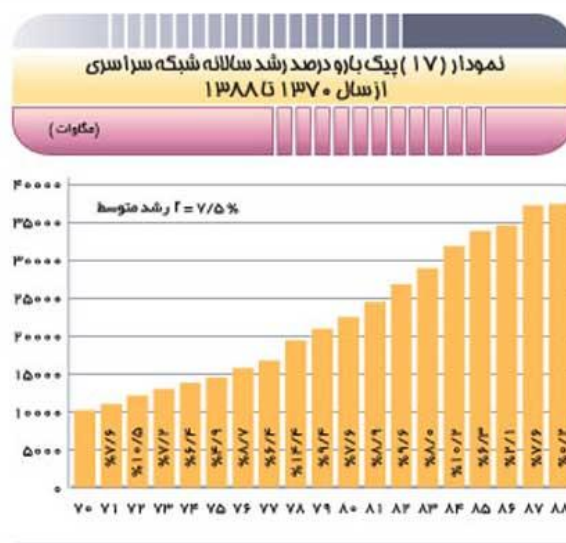
معرض شرایط خاص ناشی از ولتاژها و جریان‌های بالا هستند و بنابراین نیاز به طراحی خاص و در نظر گرفتن تمهیدات خاص طراحی و ساخت هستند.

با توجه به ضرورت طراحی خاص برای اغلب تجهیزات و نیاز به انجام آزمون‌های گوناگون بر روی آن‌ها و در نظر گرفتن هزینه‌های مربوط به این طراحی‌ها و آزمون‌ها و همچنین هزینه نیروی انسانی متخصص جهت طراحی و انجام آزمون‌ها، می‌توان هزینه تحقیق و توسعه در حوزه ادوات FACTS را نسبتاً بالا برشمرد.

## ۲-۱۰- تناسب فناوری

بر طبق این معیار، فناوری را می‌توان در گروه فناوری‌های مناسب در مقابل نامناسب جای داد. واژه فناوری مناسب، به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که بیشترین سازگاری را با نیازهای شناسایی شده از یک طرف و منابع موجود (از جمله منابع فناورانه) از طرف دیگر داشته باشند. بنابراین فناوری مناسب لزوماً یک فناوری پیشرفته یا نوظهور نیست. بعنوان مثال استفاده کارآ و مؤثر از یک فناوری پیشرفته وقتی امکان‌پذیر است که زیرساخت‌های لازم و مهارت‌های انسانی موردنیاز از قبل وجود داشته باشد. یکی از معضلات کشورهای در حال توسعه یا کمتر توسعه یافته این است که همواره می‌خواهند اختلاف سطح فناوری خود را با کشورهای توسعه یافته از بین ببرند و این کار را از طریق انتقال فناوری‌های پیچیده و پیشرفته انجام می‌دهند. در بسیاری از موارد، شرایط لازم برای انجام این انتقال در کشورهای گیرنده فناوری وجود ندارد. این در حالی است که فناوری‌های با درجه پیچیدگی کمتر ولی جدید می‌تواند بطور مؤثری آن‌ها را در رسیدن به اهدافشان کمک نماید.

با توجه به روند کنونی رشد بار در کشور و نیاز روز افزون به انرژی الکتریکی، افزایش ظرفیت خطوط انتقال به همراه احداث نیروگاه‌های سنتی و نیز نیروگاه‌های تجدیدپذیر به صورت محلی از جمله عوامل انکارناپذیر جهت برآوردن این نیاز می‌باشد. شکل (۳-۴) نشان دهنده این موضوع در کشور است.



شکل (۳-۴): نمودار تغییر بار سالانه با رشد متوسط ۷,۵٪

در این میان تکنولوژی‌های مربوطه در زمینه سیستم‌های انتقال به عنوان استراتژیک‌ترین راهکار شناخته می‌شوند چرا که احداث نیروگاه‌های سوخت فسیلی و نیز نیروگاه‌های تجدید پراکنده به عنوان راهکاری کوتاه مدت و میان مدت شناخته می‌شوند که می‌توانند به صورت مقطعی و محلی نیاز مربوط به تامین بار را فراهم کنند. اما احداث خطوط و یا به عبارتی سیستم‌های انتقال راهکاری بلند مدت و قطعی جهت پاسخگویی به این مشکلات می‌باشد. بنابراین توسعه شبکه انتقال موجود موثرترین راهکار می‌باشد.

از عوامل توسعه شبکه انتقال و در واقع نیازهایی که با توسعه این فن آوری در کشور برآورده می‌شود، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

### یکپارچه کردن منابع انرژی دوردست

منابع انرژی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: منابع انرژی جا به جاپذیر مانند زغال سنگ، نفت و گاز و منابع انرژی جابجاناپذیر نظیر انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی آبی. منابع انرژی جابجاناپذیر را می‌توان پس از استخراج به نیروگاه منتقل نمود. بنابراین نیروگاه‌های سوخت فسیلی می‌توان تا حدی نزدیک به مراکز بار و شهرها احداث کرد. در ایران با توجه به در دسترس بودن گاز در نقاط مختلف، احداث نیروگاه‌ها در نزدیکی مراکز بار و شهرها مورد توجه قرار گرفته است، اما با توجه

به هزینه انتقال گاز و محدودیت مصرف آن در برخی از ماه‌های سال، گزینه ساخت نیروگاه در نزدیکی پالایشگاه مد نظر قرار گرفت.

نیروگاه منابع انرژی تجدیدپذیر، شامل انرژی زمین‌گرمایی، انرژی بادی، انرژی خورشیدی، انرژی جزر و مدی و انرژی منابع آبی، باید در همان مکان منبع انرژی نصب گردد. برای انتقال انرژی این نیروگاه‌ها نیز، نیاز به احداث خط انتقال می‌باشد.

### افزایش واردات توان به نواحی متراکم

با توجه به رشد قابل توجه مصرف برق در کشور، نیاز به ایجاد ظرفیت‌های جدید تولید و انتقال در نقاط مختلف کشور احساس می‌شود. گرچه گزینه‌هایی مانند مدیریت مصرف انرژی و استفاده از تولید پراکنده می‌تواند به عنوان راهکارهایی موقت مورد توجه قرار گیرند؛ ولی با توجه به رشد بالای مصرف در بلند مدت نیاز به توسعه شبکه انتقال می‌باشد. در این حالت برای توسعه شبکه انتقال دو گزینه مد نظر است :

↔ استفاده از خطوط موجود : از آنجا که بدست آوردن حریم لازم برای خط انتقال روز به روز مشکل‌تر و در برخی مناطق عملاً غیر ممکن است، تمایل زیادی به تغییر هادی‌های خطوط انتقال برای افزایش ظرفیت آن با تغییر سطح مقطع هادی یا تغییر نوع هادی، استفاده از برج‌های موجود برای احداث مدار دیگری روی آن با افزایش استحکام و ارتفاع برج‌ها، افزایش ولتاژ بهره‌برداری خطوط انتقال، استفاده از تجهیزات جبران‌کننده سری و ادوات FACTS، استفاده از سیستم‌های چندفاز با مرتبه بالاتر از سه و استفاده از سیستم‌های HVDC و EHVAC مورد توجه قرار گرفته است.

↔ احداث خطوط انتقال جدید : در برخی حالت‌ها، اصلاح و ارتقاء خطوط انتقال موجود ممکن است کفایت لازم برای انتقال توان را نداشته باشد و نیاز به احداث خط انتقال جدیدی باشد. مهمترین مشکل در رابطه با احداث خطوط انتقال در اکثر کشورها بدست آوردن حریم خط است که معمولاً زمان زیادی برای آن لازم است و هزینه آن نیز نسبتاً زیاد است.

### افزایش بهره‌وری سیستم انتقال

برخی از خطوط انتقال کمتر از ظرفیت نرمال مربوطه، بهره‌برداری می‌شوند، در حالی که برخی از خطوط انتقال به شدت بارگذاری شده‌اند. دلیل این پدیده مسائل مرتبط با پایداری و به وجود آمدن حلقه‌های شار توان در شبکه است که بر طرف کردن یا کاهش آن نیاز به هزینه زیادی دارد. گرچه با استفاده از تجهیزات جبران‌کننده سری ممکن است بتوان بر این مشکلات فائق آمد، اما با توجه به افزایش مصرف انرژی در شبکه بهتر است این گونه مشکلات با احداث خطوط انتقال جدید مرتفع شود. از دلایل دیگر احداث خطوط انتقال جدید، افزایش قابلیت اطمینان و یکپارچگی سیستم است. همچنین در سیستم‌های قدرت تجدید ساختار شده یکی از عوامل محرک بر احداث خطوط انتقال توسط فراهم‌کننده انتقال، تلفات خط است. زیرا بالا بودن تلفات خط تمایل استفاده از آن خط را برای بازیگران بازار کاهش می‌دهد.

### تبادل انرژی با کشورها یا نواحی همسایه

از دلایل دیگر احداث خطوط انتقال نیرو، تبادل انرژی با کشورهای همسایه است. در صورتی که شبکه نسبت به یکدیگر آسنکرون باشد، از خطوط انتقال HVDC استفاده می‌گردد.

### تامین بار نواحی ایزوله و منفک از شبکه سراسری

از دلایل دیگر احداث خط انتقال، تامین برق نواحی صنعتی یا نواحی دوردست مانند جزایر و ... می‌باشد. احداث خطوط انتقال فوق فشارقوی به عنوان یک فناوری مناسب جهت توسعه شبکه انتقال مطرح است. این خطوط بسیاری از نیازهای شناسایی شده در صنعت برق را به خوبی پوشش می‌دهد. در مسافت‌های طولانی و انتقال توان بالاتر از گیگاوات، به دلیل افت ولتاژ زیاد و تلفات بالای خطوط ولتاژ پایین‌تر، استفاده از سطح ولتاژ فوق فشارقوی کاملاً توجیه‌پذیر است. به بیان دیگر مقدار تلفات توان با ولتاژ انتقال بالاتر بخصوص در بار بزرگتر نسبت به انتقال با سطوح ولتاژ پایین‌تر، به طور قابل توجهی کمتر می‌باشد. علاوه بر این، خطوط انتقال فوق فشارقوی با اشغال کردن حریم کمتر در یک سطح انتقال توان مشابه، باعث صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های اولیه احداث خطوط انتقال توان می‌شوند. سایر مزایای استفاده از خطوط فوق فشارقوی عبارتند از:

### قابلیت انتقال توان (بار پذیری)



قابلیت بارپذیری در شبکه ۷۶۵ کیلوولت به مراتب بیشتر از شبکه ۴۰۰ کیلوولت می‌باشد. در شبکه ۷۶۵ کیلوولت علاوه بر بارپذیری بیشتر، پائین تر بودن امپدانس خط به بی بار شدن شبکه انتقال کمک کرده و با کم شدن تلفات، امکان انتقال انرژی بیشتر را مهیا می‌سازد. بدین ترتیب انتقال برق به نقاط بیشتری امکان‌پذیر می‌گردد.

### قابلیت اطمینان

یک سیستم انتقال با قابلیت اطمینان بالا، باعث کاهش قیمت برق برای مصرف کنندگان می‌شود. آمار خط‌هایی که باعث بروز قطعی در شبکه برق می‌گردد؛ در شبکه ۷۶۵ کیلوولت نشان دهنده آن است که در هر ۱۶۰ کیلومتر از این مدار تنها یک قطعی رخ می‌دهد، در صورتی که این آمار برای شبکه ۴۰۰ کیلوولت ۱/۶ می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت شبکه ۷۶۵ کیلوولت نسبت به شبکه ۴۰۰ کیلوولت از قابلیت اطمینان بالاتری برخوردار است.

### تلفات خط

در صورت انتقال توان مشابه توسط دو خط؛ یکی ۷۶۵ کیلوولت و دیگری ۴۰۰ کیلوولت، میزان تلفات برای خط ۷۶۵ کیلوولت به مراتب کمتر از تلفات خط ۴۰۰ کیلوولت می‌باشد. دلیل این امر ولتاژ بالاتر (جریان کمتر)، ظرفیت گرمایی بیشتر و مقاومت کمتر در شبکه برق ۷۶۵ کیلوولت نسبت به شبکه برق ۴۰۰ کیلوولت می‌باشد.

### هزینه‌ها

هزینه احداث هر کیلومتر از خطوط انتقال ۷۶۵ کیلوولت - که شامل مکان یابی، تعیین حریم و ساخت می‌باشد - به مراتب بیشتر از خطوط انتقال ۴۰۰ کیلوولت می‌باشد، ولی با در نظرگیری قابلیت انتقال توان این دو خط می‌توان به این نتیجه رسید که هزینه انتقال برق از طریق خطوط ۷۶۵ کیلوولت به مراتب کمتر از خطوط ۴۰۰ کیلوولت است. زیرساخت‌های لازم جهت احداث خطوط انتقال فوق فشارقوی چندان پیچیده نمی‌باشد. این زیرساخت‌ها از دو منظر منابع انسانی و منابع تجهیزاتی و جانبی قابل بررسی است که در ادامه مورد بررسی قرار گرفته اند.

### منابع انسانی

برای هر اقدامی در درجه اول نیازمند کسب دانش و تجربه است تا بتوان در آن امر موفق بود. انتقال برق از طریق خطوط ۷۶۵ نیز از این امر مستثنی نبوده و جهت انجام هرچه بهتر این امر بایستی نیروهای متخصص و آشنا به امور تربیت شوند که توانایی طراحی و اجرای این پروژه را داشته باشند. با توجه به وجود نیروی متخصص و دانش فنی در زمینه طراحی،

احداث و بهره‌برداری در سطح ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت، کافی است دانش متخصصان موجود را با استفاده از تجارب سایر کشورها در زمینه طراحی، احداث و بهره‌برداری خطوط سطح ولتاژ ۷۶۵ کیلوولت ارتقاء داد.

### منابع تجهیزاتی و جانبی

از لحاظ منابع تجهیزاتی و جانبی می‌توان به احداث آزمایشگاه مرجع به منظور انجام آزمون‌های مختلف در سطح ولتاژ ۷۶۵ کیلوولت اشاره نمود. یکی دیگر از زیرساخت‌های لازم جهت هرچه بهتر به انجام رساندن این پروژه می‌تواند احداث راه باشد. پس از انتخاب مسیر خط انتقال و تعیین جایگاه پست‌های مورد نظر ممکن است برخی از مکان‌های موجود در مسیر به جاده‌های اصلی کشور دسترسی نداشته باشند و جهت انتقال تجهیزات لازم با مشکل مواجه شد. بدین منظور بایستی با احداث جاده عملیات انتقال تجهیزات مورد نظر به مکان‌های طراحی شده تسهیل گردد.

مناسب بودن یک فناوری با توجه به تناسب فناوری با زیرساخت‌های موجود در کشور و قابلیت فناوری در تامین نیازهای با اولویت در کشور تعیین می‌شود. با توجه به وجود زیرساخت‌های سیستم انتقال ۴۰۰ کیلوولت در ایران و شباهت بسیار زیرساخت‌های مورد نیاز در فناوری فوق فشارقوی و فناوری انتقال با ولتاژ پایین و همچنین با در نظر گرفتن قابلیت این فناوری در تامین نیازهای شبکه انرژی کشور از جمله افزایش بهره‌وری، پیوسته کردن منابع انرژی در دوردست، تقویت تبادل انرژی با کشورهای همسایه و ... این فناوری یک فناوری مناسب برای کشور ایران است و درجه پیچیدگی فناوری به گونه ای نیست که دستیابی به آن کشور را با مشکلاتی همراه سازد.

در مورد فناوری ادوات FACTS شرایط به گونه‌ای است که به خوبی می‌تواند نیازهای شناسایی شده را برآورده نماید. از جمله نیازهای موجود در کشور که جهت رفع آن‌ها نیاز به توسعه فناوری ادوات FACTS است، می‌توان به تسهیل اتصال نیروگاه‌های بادی و خورشیدی به شبکه، توسعه بازار برق، فراهم نمودن انعطاف‌پذیری لازم در شبکه انتقال و تسهیل پیاده‌سازی شبکه هوشمند برق اشاره کرد.

از منظر زیرساخت‌های مورد نیاز نیز برای توسعه فناوری ادوات FACTS نیاز به توسعه و پیشرفت در حوزه علوم مربوط با این فناوری بوده و همچنین از نظر نیروی انسانی، با توجه به جدید بودن این فناوری در کشور، تعداد نیروی انسانی متخصص و ماهر در این زمینه کافی نبوده و باید نیروی انسانی مناسب برای این زمینه تربیت گردد.

همچنین پیاده‌سازی و به‌کارگیری ادوات FACTS در کشور نیاز به برخی زیرساخت‌های فنی نیز دارد که از جمله می‌توان به بستر نرم‌افزاری مناسب در سیستم دیسپاچینگ ملی جهت مانیتورینگ و صدور فرمان‌های بهره‌برداری اشاره کرد. از نظر زیرساخت‌های لازم جهت آزمون تجهیزات، در کشور تا حد زیادی از منظر آزمون‌های مورد نیاز بر روی تجهیزات قدرت یک سیستم FACTS، امکانات و آزمایشگاه‌های مناسب وجود دارد ولی در خصوص انجام تست‌های مورد نیاز بر روی تجهیزات الکترونیک قدرت، سیستم کنترل و تست‌های عملکردی سیستم FACTS در کشور امکانات کافی وجود ندارد و لازم است در این زمینه سرمایه‌گذاری مناسب صورت گیرد.

## ۱۱-۲- حوزه استفاده فناوری

از نظر حوزه کاربرد، فناوری‌ها به دو دسته فناوری‌های محصول در مقابل فناوری‌های فرآیند تقسیم می‌شوند. فناوری‌های محصول عبارتند از فناوری‌هایی که در ترکیب کالا/خدمت بکار گرفته می‌شوند و فناوری‌های فرآیند، فناوری‌هایی هستند که در فرآیند تولید یک محصول یا ارائه یک خدمت بکار برده می‌شوند. با توجه به تعریف ذکر شده، فناوری انتقال فوق فشارقوی که از جنس فرآیند بوده و در ارائه خدمت برقرسانی بکار گرفته می‌شود، در دسته فناوری‌های فرآیند جای می‌گیرد. از آنجا که ادوات FACTS به‌عنوان یک محصول برای کنترل پارامترهای شبکه انتقال به‌کار می‌روند، می‌توانند جزء فناوری‌های محصول به حساب آیند.

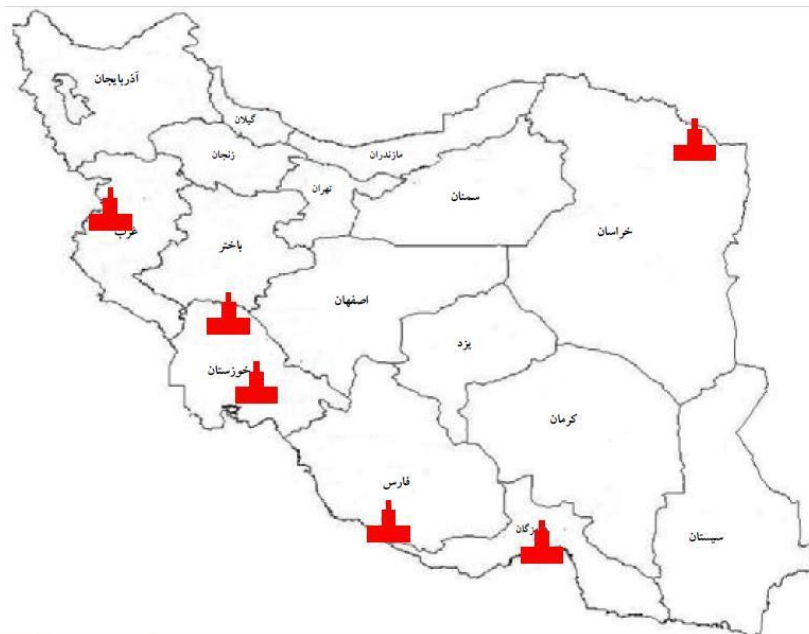
## ۱۲-۲- موقعیت راهبردی فناوری

برحسب موقعیت راهبردی، فناوری‌ها را می‌توان به دو گروه فناوری‌های کلیدی یا راهبردی در مقابل فناوری‌های متعارف یا معمولی تقسیم کرد. لفظ "فناوری کلیدی یا راهبردی" به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که در تحقق اهداف راهبردی نقش کلیدی ایفا نمایند. به‌عنوان مثال چنانچه هدف راهبردی افزایش نوآوری در محصولات یا خدمات باشد، فناوری‌هایی که در طراحی، مهندسی، ساخت و آزمایش نمونه استفاده می‌شوند، می‌توانند نقش کلیدی ایفا نمایند. بدیهی است چنانچه هدف

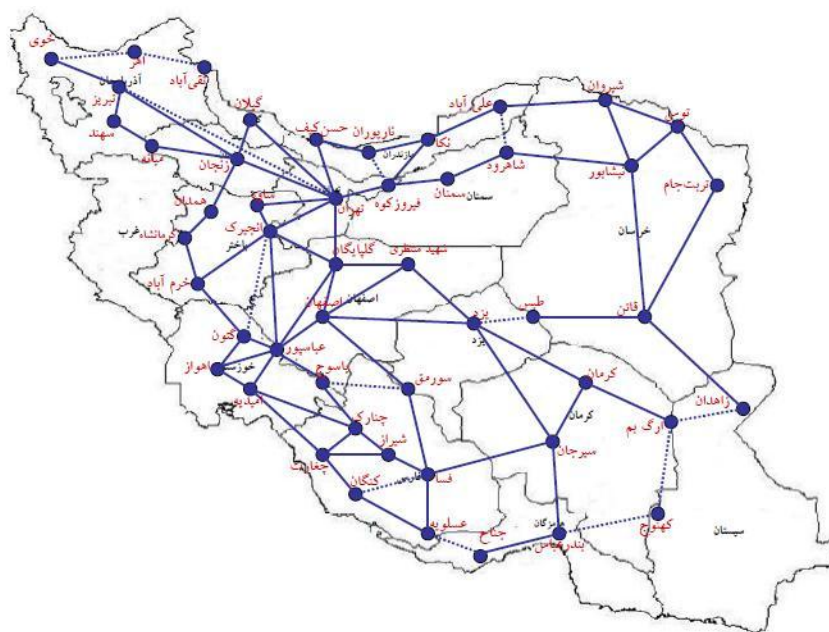
راهبردی تغییر کند، فناوری‌های کلیدی نیز متناسب با آن تغییر خواهند کرد. بنابراین فهرست فناوری‌های کلیدی ثابت نیست و ممکن است با گذشت زمان دچار تغییر شود.

فناوری‌های متعارف یا معمولی عبارتند از فناوری‌هایی که تسلط بر آن‌ها ارزش زیادی ندارد. به عبارت دیگر امکان بهره‌گیری از توان موجود در خارج از مرزهای بنگاهی، بخشی یا ملی برای انجام عملیات مرتبط با فناوری‌های مذکور وجود دارد و مناسب است تا این عملیات را به خارج واگذار نمود.

تسلط بر فناوری خطوط انتقال فوق فشارقوی با توجه به مزیت‌های بسیار نسبت به فناوری‌های موجود بسیار ارزشمند بوده و می‌تواند به عنوان یک فناوری کلیدی به حساب آید. در خطوط انتقال موجود در کشور زمانی که طول خطوط انتقال افزایش می‌یابد تلفات در آن‌ها زیاد می‌شود. ایران با مساحت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربعی با دربرگیری ۱/۱٪ مساحت کل خشکی‌های جهان، دومین کشور وسیع خاورمیانه و هجدهمین کشور پروسعت دنیاست. منابع سوخت‌های نیروگاه‌های کشور عمدتاً در جنوب غرب و شمال شرق قرار گرفته‌اند. شکل (۴-۴) مکان پالایشگاه‌های گاز ایران را نشان می‌دهد که یکی از اصلی‌ترین سوخت‌های نیروگاهی است. این تجمع باعث استقرار بیشتر نیروگاه‌های ایران در این مناطق شده است. با توجه به پهنه گسترده کشور و تجمع نیروگاه‌ها در قسمت‌هایی از کشور، برقرسانی به جای جای این کشور پهنانور مستلزم استفاده از خطوط انتقال در مسافت‌های طولانی است. شکل (۴-۵) شبکه انتقال ۴۰۰ کیلوولت موجود در کشور، به عنوان بالاترین سطح ولتاژ در شبکه انتقال ایران را به نمایش می‌گذارد.



شکل (۴-۴): پالایشگاه‌های گازی ایران



شکل (۴-۵): خطوط انتقال ۴۰۰+ کیلوولت موجود در کشور

از جمله دستاوردها و اهداف استفاده از خطوط انتقال HVDC و EHVAC در کشور می‌توان به کاهش تلفات در بخش انتقال نیروی برق اشاره نمود. خط ۷۶۵ کیلوولت نسبت به خطوط انتقال با ولتاژ پایین تر تلفات کمتری دارد و این باعث افزایش راندمان در حوزه انتقال می‌گردد. علاوه بر این بهترین تکنولوژی برای انتقال برق در مسیرهای طولانی استفاده از خطوط انتقال HVDC و EHVAC می‌باشد. از جمله دیگر دستاوردهای استفاده از خطوط انتقال ۷۶۵ کیلوولت تسهیل در امر صادرات برق است؛ چرا که با استفاده از این خطوط امکان انتقال توان بالاتر به کشورهای متقاضی افزایش می‌یابد.

منابع انرژی به عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرهای ژئوپلیتیکی در نظام سیاسی کنونی جهان در تعاملات بین‌المللی میان کشورها، انتقال به مکان‌ها و فضاها بدون انرژی یا نیازمند انرژی، کنترل منابع تولید و مسیرهای انتقال انرژی و بهره‌برداری از فناوری‌ها و ابزارهای تولید و فرآوری و انتقال و حتی مصرف انرژی برای حفظ سیادت جهانی و منطقه‌ای و به چالش کشیدن رقبا در عرصه بین‌المللی، همگی دارای ابعاد مکانی، فضایی یا جغرافیایی هستند و به همین اعتبار انرژی را به موضوع ژئوپلیتیکی مهمی تبدیل کرده، زیرا انرژی و تمام ابعاد آن محل ملاقات سه پارامتر جغرافیا، قدرت و سیاست است. توسعه شبکه برق و استفاده از خطوط انتقال HVDC و EHVAC علاوه بر افزایش ظرفیت تولید و نوسازی این صنعت، می‌تواند با صادرات برق نقش ایران را در معاملات بین‌المللی انرژی و معادلات منطقه‌ای افزایش دهد و از نظر سیاسی باعث بهبود روابط با کشورهای مجاور و دریافت کننده برق گردد.

با توجه به پهنه‌ی گسترده کشور و تجمع نیروگاه‌ها در قسمت‌های خاصی از آن، برقرسانی به نقاط مختلف مستلزم استفاده از خطوط انتقال در مسافت‌های طولانی است. این مسئله اهمیت بالایی دستیابی به خطوط انتقال فوق فشارقوی را در دراز مدت در ایران نشان می‌دهد. علاوه بر این، اهمیت موضوع انرژی در دنیای امروز موجب شده است تا دستیابی به این فناوری برای ایران امری حیاتی تلقی شود و این فناوری برای کشور ایران یک فناوری راهبردی باشد.

از اولویت‌ها و اهداف اصلی و راهبردی وزارت نیرو در بخش برق تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز بخش‌های مختلف کشور و نیاز به حفظ پیوستگی کارکرد شبکه و برقرسانی مستمر آن به مصرف‌کنندگان است که ادوات FACTS به این مهم کمک شایانی می‌کند. در واقع می‌توان گفت ادوات FACTS برای اهداف راهبردی فراهم نمودن انعطاف‌پذیری لازم در شبکه انتقال، تسهیل اتصال نیروگاه‌های بادی و خورشیدی به شبکه، فراهم نمودن بستر توسعه بازار برق و تسهیل پیاده‌سازی شبکه هوشمند برق، فناوری راهبردی به حساب می‌آیند.

همان طور که اشاره شد، از جمله اهدافی که استفاده از ادوات FACTS را ضروری می‌سازد، تسهیل اتصال نیروگاه‌های بادی و خورشیدی به شبکه است. انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی باد، به‌عنوان یک منبع انرژی پاک و عاری از هرگونه آلودگی زیست‌محیطی می‌توانند نقش مهمی در کاهش انتشار گازهای آلاینده همچون دی‌اکسید کربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای بازی کنند، از این‌رو انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند در سیاست‌گذاری بخش انرژی کشور نقش مهمی ایفا کنند. از طرفی اتصال مزارع بادی به شبکه برق نیازمند لحاظ نمودن برخی شرایط و نیازمندی‌ها است. این شرایط امکان اتصال مزارع بادی به شبکه و تولید انرژی الکتریکی توسط آن‌ها بدون آسیب به پایداری و قابلیت اطمینان شبکه را فراهم می‌آورند. افزایش اتصال مزارع باد به شبکه‌های برق منجر به حساسیت بیشتر بهره‌برداران شبکه انتقال شده و آن‌ها با جدیت فراوان دستورالعمل‌های اتصال این مزارع به شبکه را مورد توجه قرار می‌دهند.

این دستورالعمل‌ها اساساً متوجه مواردی چون تعیین توان راکتیو مورد نیاز، کنترل ولتاژ و توانایی عبور از خطا است. مزارع بادی برای هماهنگی با این دستورالعمل‌ها نیازمند جبران دینامیک توان راکتیو هستند.

برای اتصال مزارع بادی به شبکه، ایده‌آل این است که اتصال به نقطه‌ای از شبکه که دارای استحکام الکتریکی کافی است صورت گیرد که قابلیت اطمینان و پایداری شبکه را تحت تأثیر قرار ندهد. این در حالی است که در عمل این اتفاق نمی‌افتد و معمولاً اتصال در نقاط دور دست شبکه و در سطوح فوق توزیع و توزیع صورت می‌پذیرد. این نقاط معمولاً برای تزریق توان به شبکه مناسب نیستند و نقاط ضعیف شبکه محسوب می‌شوند. اتصال به چنین نقاطی باعث تغییرات ولتاژ غیرقابل قبول در شبکه می‌شود.

ادوات FACTS از جمله ابزار بسیار مناسب و قدرتمند برای غلبه بر این مشکل هستند. مطالعات و تجارب استفاده از ادوات FACTS از جمله SVC و STATCOM به‌صورت متمرکز نشان داده که این ادوات قادرند نیازمندی‌های عملکردی مولدهای بادی را به خوبی فراهم نموده و مزیت آن‌ها نسبت به تجهیزات گران و پیچیده مورد نیاز برای هر واحد مولد بادی به اثبات رسیده است. علاوه بر این ادوات FACTS قادر به افزایش ظرفیت انتقال شبکه برق موجود بوده و این امکان را فراهم می‌کنند که بتوان بدون نیاز به توسعه شبکه‌های توزیع و فوق توزیع که اساساً برای این منظور طراحی نشده‌اند توان تولیدی مولدهای بادی را به شبکه انتقال داد.

تسهیل پیاده‌سازی شبکه هوشمند برق، هدف دیگری است که می‌توان از ادوات FACTS برای تحقق آن استفاده کرد، در واقع امروزه صنعت برق، نه تنها با فراهم کردن منابع جهت برآورده سازی انرژی مورد تقاضای صنایع مواجه است، بلکه از طرفی حداقل سازی و کاهش اثراتی که بشر بر روی محیط در ارتباط با تولید این انرژی دارد نیز یکی دیگر از موارد مورد توجه است و شبکه هوشمند راه‌حلی برای این چالش است. از این رو دستیابی به شبکه هوشمند در کشور از اهمیت بالایی برخوردار است. ادوات FACTS و HDVC با استفاده از تکنولوژی سوئیچ‌های الکترونیک قدرت، نقش مهمی در ایجاد هوشمندی در انتقال انرژی الکتریکی در مسافت‌های طولانی ایفا می‌کند.

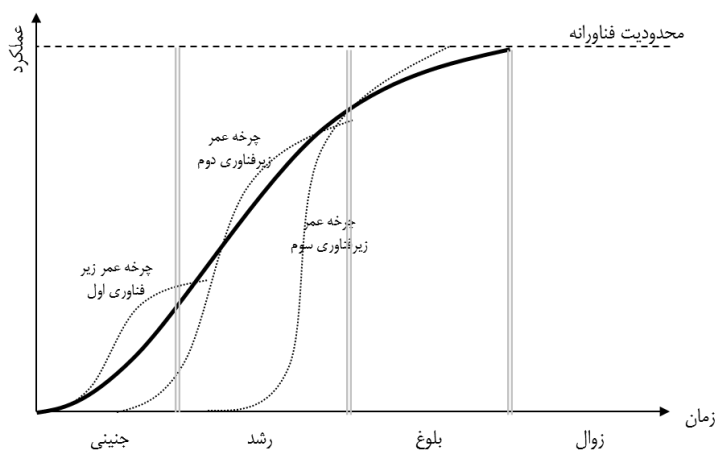
هدف دیگر به کارگیری ادوات FACTS، بحث توسعه بازار است. در واقع علاوه بر افزایش حجم بازار برق روند تغییرات بازار برق و تبدیل آن به بازار آزاد نیز سناریوی دیگری است که تغییراتی را در شبکه می‌طلبد و سیستم را وادار می‌کند تا به سمت شبکه‌های انعطاف پذیر گام بردارد. در این بازار، برق به صورت یک کالا بر اساس قرارداد مبادله می‌شود (چه در سطح محلی و چه در سطح بین‌المللی) و در این حالت فروشندگان و خریداران می‌خواهند که بتوانند کاملاً مطابق قرارداد کمی برنامه‌ریزی شده برق را مبادله کنند و در اصل اینکه کمیت و کیفیت برق مبادله شونده مطابق تنظیمات قراردادی باشد باعث می‌شود تا پایداری شبکه نیز حفظ شود. در این سناریو لزوم کنترل بر پارامترهای مختلف انتقال حس می‌شود. لازم به ذکر است که پروسه آزاد سازی بازار برق منجر می‌شود تا ارتباط به هم پیوسته عمودی تولید، انتقال و توزیع به گونه‌ای جداسازی شوند و بنابراین اپراتورهای شبکه اگر چه دیگر امکانات کنترل تولید را در دست ندارند ولی باید بتوانند استمرار کارکرد و پایداری شبکه را حفظ نمایند. در این بازار الگوی‌های مصرف توان هم عموماً غیرقابل پیش‌بینی‌تر است و در نتیجه عدم قطعیت‌ها در تولید و برنامه‌ریزی شبکه وجود دارد و این مسئله مطلوبیت انعطاف‌پذیری سیستم انتقال و استفاده از ادوات FACTS را بیشتر روشن می‌کند.



## ۲-۱۳- طبقه‌بندی فناوری از منظر چرخه عمر

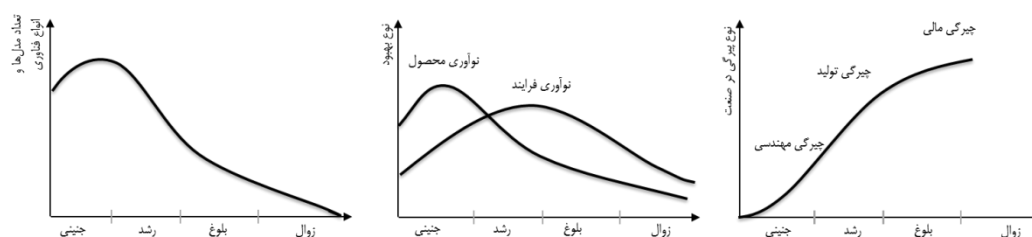
فناوری‌ها دارای ویژگی‌های عملکردی و نوع تعاملات با بازار متغیر در طول زمان هستند. این تغییر در طول زمان را باید در قالب طبقه‌بندی فناوری در طول مراحل چرخه عمر به نمایش گذاشت. تغییر ویژگی‌های عملکردی فناوری و رسیدن به بلوغ فنی در طول زمان بیان‌کننده چرخه عمر فناوری است.

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



شکل (۴-۶): ارتباط چرخه عمر فناوری با چرخه عمر زیرفناوری‌ها

با استفاده از سه معیار تنوع مدل‌های موجود فناوری، نوع بهبودهای صورت گرفته، و نوع چیرگی موجود در صنعت، می‌توان به صورت کیفی جایگاه هر فناوری را در چرخه عمر فناوری معین نمود. شکل (۴-۷) نشان‌دهنده ویژگی هر یک از این معیارها در مراحل چرخه عمر فناوری است.

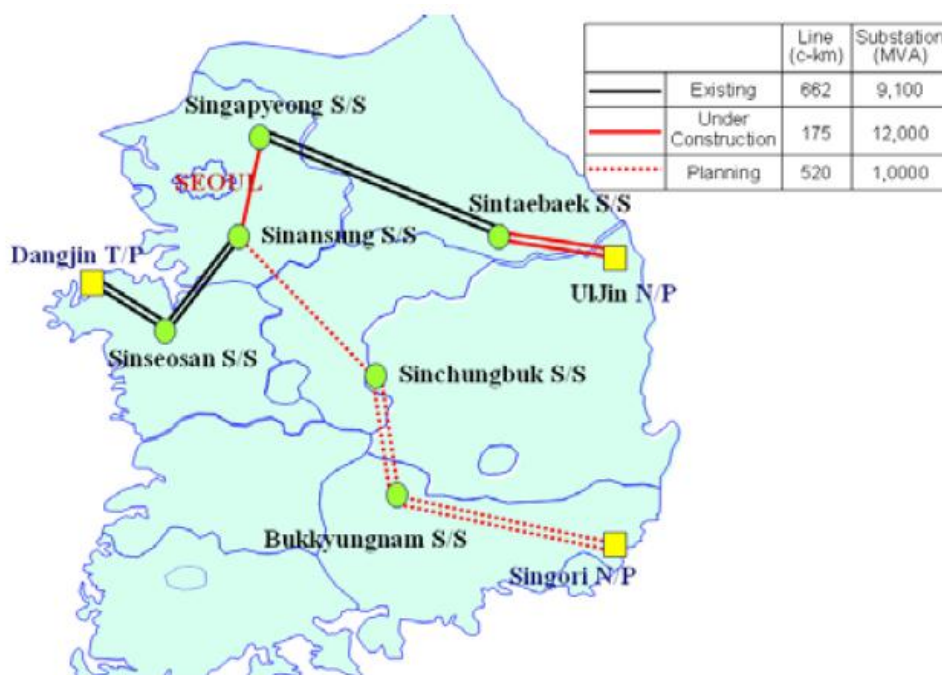


شکل (۴-۷): وضعیت معیارهای سنجش جایگاه فناوری در چرخه عمر فناوری (Steele, 1992)

## ۲-۱۳-۱- چرخه عمر AC

اولین خطوط انتقال ۵۰۰kV و ۷۵۰ در دهه ۶۰ ساخته و مورد بهره‌برداری قرار گرفتند. بدین منظور تجربه کشور هند و کره جنوبی مورد بررسی قرار می‌گیرد. از دهه ۶۰ به بعد علاقه‌مندی به توسعه ولتاژ انتقال بالاتر بعدی تحت عنوان رنج ولتاژ UHV بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ kV نیز وجود داشته است. به منظور جمع‌آوری اطلاعات فنی ضروری برای طراحی خطوط انتقال بالای ۱۰۰۰kV تجهیزات و تاسیسات تست در کشورهای متعددی از جمله بزریل، کانادا، ایتالیا، ژاپن، آمریکا و شوروی در دهه ۷۰ قرن بیستم ساخته شد.

به عنوان اولین مرحله از پروژه ۷۶۵kV برای پاسخگویی و تامین رشد روزافزون مصرف و تغذیه سیستم قدرت بزرگ کره جنوبی از نقاط تولید به مناطق بار سنگین، این شرکت دو خط ۷۶۵kV و سه پست ۷۶۵kV جهت انتقال توان تولید شده از سواحل غربی به منطقه متروپلیتان و یک خط ۷۶۵kV و دو پست ۷۶۵ kV جهت انتقال توان از سواحل شرقی احداث کرد. شکل (۴-۸) شبکه ۷۶۵kV شرکت KEPCO را نشان می‌دهد.

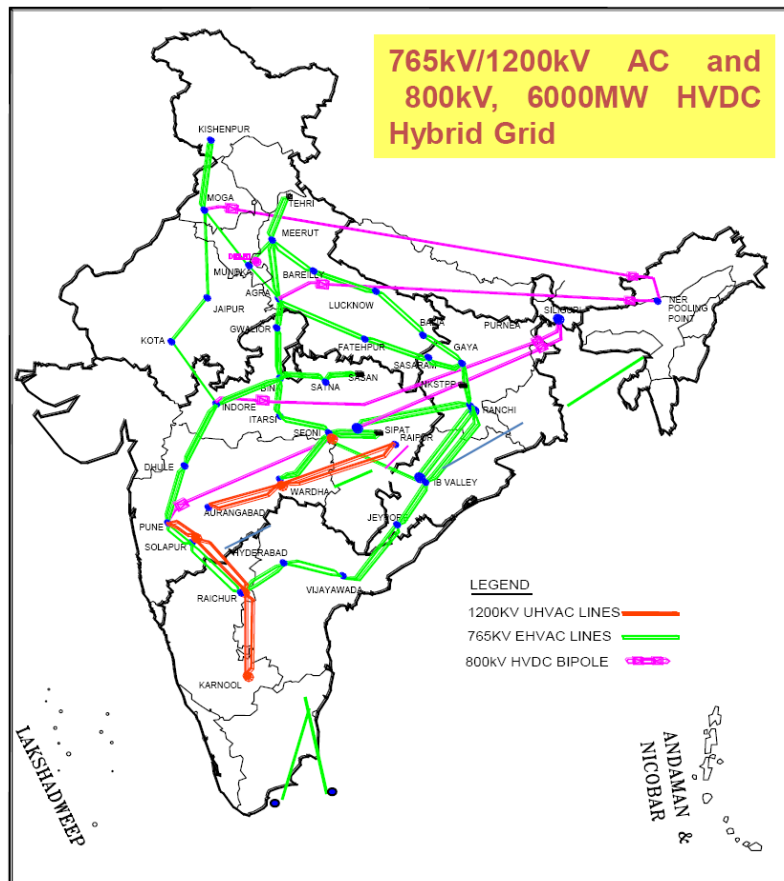


شکل (۴-۸): شبکه ۷۶۵ کیلوولت کره جنوبی

با توجه به اینکه پست ۷۶۵kV احداث شده قرار بوده است که نقش مهمی را در انتقال توان در سیستم قدرت کره جنوبی ایفا کند، لذا ۸ خط انتقال ۷۶۵kV، ۱۲ خط ۳۴۵kV و ۵ عدد بانک ترانسفورماتور ۷۶۵/۳۴۵kV در هر پست قرار دارد. کشور هند نخستین بار خط ۷۶۵kV سیپات-سئونی را در سال ۲۰۰۰ احداث کرد و در سال ۲۰۰۸ به بهره‌برداری کامل رساند. مشاور این شرکت در این زمینه که به صورت EPC پروژه را انجام داده است شرکت Larsen & Toubro می‌باشد. احداث اکثر پست‌های ۷۶۵ kV در این کشور توسط شرکت‌های بزرگ مشاور از قبیل زیمنس، ABB و Alstom انجام شده است. به عنوان مثال شرکت زیمنس سه پست FATEHPUR، CAYA و RANEHI را در سال ۲۰۰۹ به صورت EPC انجام داده است یا شرکت ABB، ۱۶ عدد اتوترانسفورماتور ۷۶۵kV با توان ۵۰۰MVA را جهت پست‌های Kanpur و Varanasi به شرکت PGCIL تحویل داده است.

شبکه فوق فشارقوی این کشور شامل سطوح ولتاژ ۷۶۵kV (در حال بهره‌برداری) و ولتاژ ۱۲۰۰kV است که این سطح ولتاژ از سال ۲۰۱۳ به صورت آزمایشی در مدار قرار گرفته است. شکل (۴-۹) این شبکه را نشان می‌دهد. توجه شود در مورد سطح ولتاژ ۱۲۰۰ کیلوولت آنچه در شکل نشان داده شده است نمایی کلی از برنامه این کشور تا سال ۲۰۲۲ می‌باشد. ضمن

اینکه بخشی از سیستم ۷۶۵ کیلوولت نشان داده شده در شکل نیز تا همان سال، احداث و به بهره‌برداری خواهد رسید. این کشور از سیستم HVDC با ولتاژ ۸۰۰kV نیز برخوردار است.



شکل (۴-۹): شبکه فوق فشارقوی AC و DC کشور هندوستان تا سال ۲۰۲۲

در مورد سیستم انتقال ۷۶۵kV هندوستان باید این نکته مدنظر قرار گیرد که این سیستم در ابتدا در سطح ولتاژ ۴۰۰kV مورد بهره‌برداری قرار گرفت. با توجه به آنکه این کشور پس از احداث سیستم انتقال ۷۶۵kV نیاز به بازنگری استانداردهای موجود در زمینه ۴۰۰kV داشت تا بتواند استانداردهای مربوط به سیستم‌های انتقال فوق فشارقوی را تدوین کند لذا کمیته استاندارد فوق فشارقوی در این کشور تشکیل شد و با توجه به تجربه کشورهای پیشرو در زمینه سیستم‌های فوق فشارقوی نیازمندی‌ها و مشخصات لازم جهت طراحی و بهره‌برداری سیستم‌های ۷۶۵kV این کشور تدوین شد.

در کشور بزرگ مطالعات برای سیستم انتقال بالای ۱۰۰۰kV برحسب نیاز به انتقال توان ۲۰۰۰۰MW از آبگیر آمازون تا مراکز بار با فاصله ۱۵۰۰ تا ۲۳۰۰ کیلو متر مورد توجه بود. بدین منظور تجهیزات تست و تحقیقاتی در مورد ولتاژهای سیستم تا ۱۵۰۰kV در موسسه تحقیقاتی CEPTEL در Adrianopolis ساخته شدند.

در کانادا سیستم انتقال بالای ۱۰۰۰kV برای استان‌های Quebec و British Columbia برای انتقال مقادیر بالای توان از پروژه‌های برق - آبی در فاصله دور به مراکز بارها مورد توجه قرار گرفت. آزمایشگاه تحقیقاتی و تجهیزات تست اصلی برای مطالعات سطوح ولتاژ بالای ۱۰۰۰kV در موسسه تحقیقاتی Hydro-Quebec تحت عنوان IREQ پیاده‌سازی و اجرا شد. این تاسیسات برای بررسی عایق‌بندی و مطالعات کرونا و سایر موارد مرتبط در فضای باز و بسته و در شرایط مختلف آلودگی و تا ولتاژ ۱۵۰۰kV مورد استفاده قرار گرفتند و به بررسی آرایش‌های پست‌ها و خطوط انتقال برای این سطوح ولتاژی پرداخته‌اند. در ایتالیا برای تحقق فرصت‌هایی که برای نصب تاسیسات تولید توان‌های با مقادیر بالا در فواصل دورتر از مراکز بار، خطوط انتقال ۱۰۰۰kV به عنوان ابزاری برای تکمیل این فرصت‌ها و ولتاژی بالادستی شبکه انتقال ۴۲۰kV موجود مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت و سیستم‌ها و پروژه‌های تست از جمله پروژه ۱۰۰۰ kV Suvereto در شهرهای مختلف ساخته شدند.

در ژاپن جهت غلبه بر مشکلات پایداری شبکه‌های ۵۰۰kV و رفع کردن مشکلات جریان‌های اتصال کوتاه بالای این شبکه‌ها باعث هدایت تحقیقات به سیستم‌های انتقال با ولتاژ بالای ۱۰۰۰kV برای ارتقا شبکه‌های موجود شد. در نتیجه سیستم‌های تست و تحقیقاتی مختلفی از جمله خط تست دو مداره آزمایشی و آزمایشگاه‌های فشارقوی تا ۹۰۰kV ساخته شدند.

در ایالات متحده نیز ولتاژهای انتقال بالای ۱۰۰۰kV توسط دو شرکت به صورت جدی دنبال می‌شد. هر دو شرکت AEP و BPA هدف از توسعه سیستم انتقال جدید را انتقال توان بالاتر، بهبود پایداری سیستم و کاهش اثرات زیست محیطی عنوان کرده‌اند. بدین منظور تاسیسات تست و تحقیقاتی جداگانه برای ارزیابی امکان‌سنجی فنی خطوط بالای ۱۰۰۰kV ساخته شدند. از جمله تاسیسات تست AEP/ASEA که در نزدیکی South Bend در ایالت Indiana واقع شده بود و این تاسیسات دارای تجهیزات فنی تک‌فاز بوده است. همچنین تاسیسات BPA که یک مدار سه فاز و یک خط آزمایشگاهی ۱۲۰۰kV در نزدیکی Lyons در Oregon را دارا بوده است. پروژه دیگر می‌توان به GE/EPRI با عنوان پروژه UHV اشاره کرد که از یک خط

سه فاز و یک قفسه تست و یک چمبر آلودگی تشکیل شده بود. این تاسیسات برای بررسی عملکرد خطوط از دیدگاه تعداد باندل‌های خطوط کرونا، عایق‌بندی، ولتاژ مقاومتی مقرها و سایر موارد مرتبط مورد استفاده قرار می‌گرفتند.

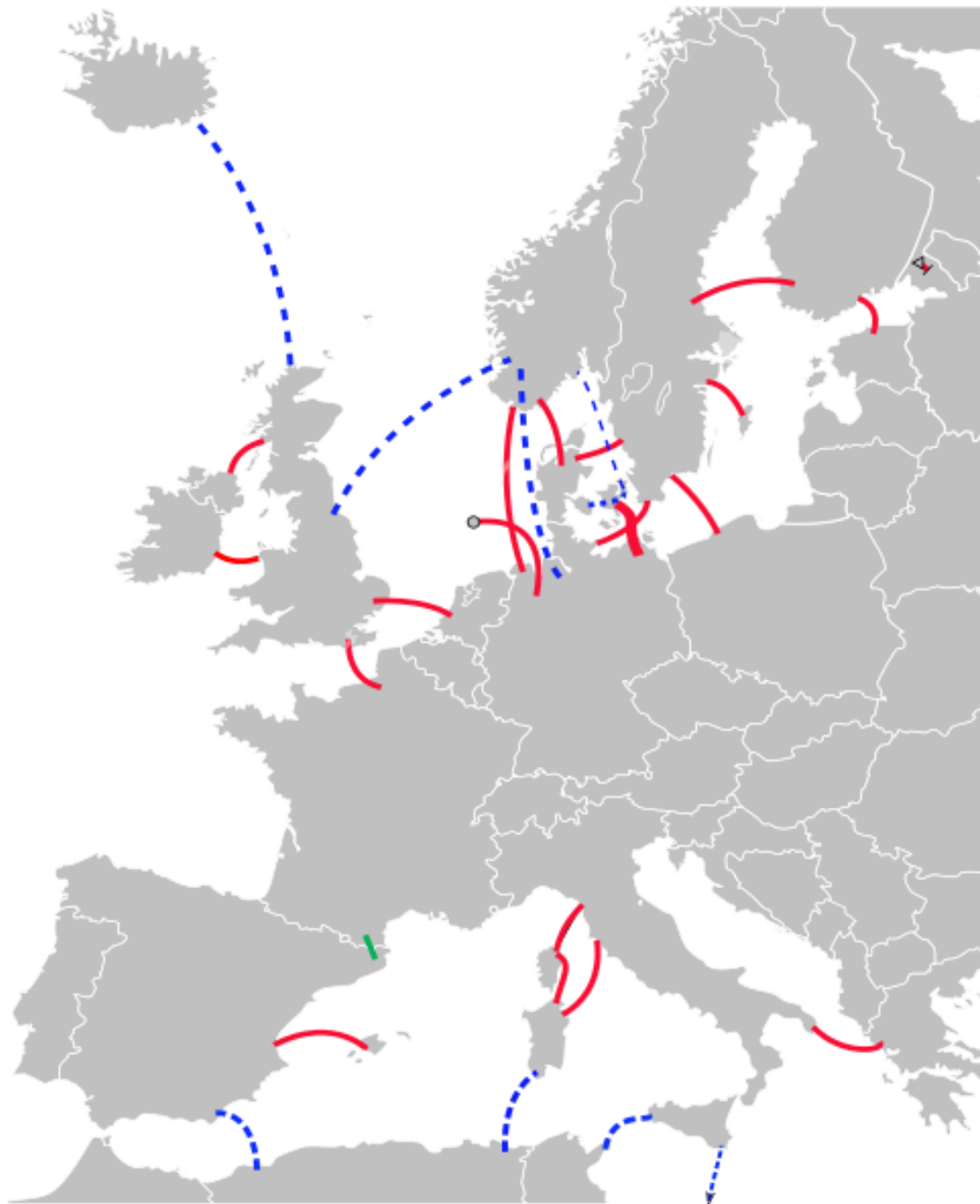
در شوروی سابق نیز، نیاز به قوی‌تر کردن لاینک‌های الکتریکی بین سیستم‌های قدرت به هم پیوسته و همچنین نیاز به انتقال مقادیر بالاتر توان در فواصل طولانی انگیزه‌های اصلی تحقیقاتی افزایش ولتاژ انتقال در رنج ۱۱۵۰ تا ۱۵۰۰ kV بود. بدین منظور یک خط ۱۲۰۰ kV در مرکز Bely Rast ساخته و مورد استفاده قرار گرفت.

اگرچه اطلاعات فنی بسیاری از تحقیقات و انجام تست‌ها از تاسیسات مختلف در سرتاسر دنیا بدست آمد اما همچنان احساس نیاز به بررسی امکان‌سنجی فنی خطوط انتقال بالای ۱۰۰۰ kV و ترکیب این مسئله با دیدگاه‌های اقتصادی و سایر دیدگاه‌ها، شرکت‌های برق را به تاخیر یا دست کشیدن از طرح‌های مرتبط به ساخت این خطوط انتقال مجاب کرد. البته در ژاپن یک خط دو مداره ۱۰۰۰ kV ساخته شده که از همان ابتدا فقط در ولتاژ ۵۰۰ kV بهره‌برداری می‌شود. اولین سیستم انتقال ۱۲۰۰ kV دنیا در USSR ساخته شده و چندین سال مورد بهره‌برداری قرار گرفت. اگرچه این سیستم چند سالی است که تحت ولتاژ ۵۰۰ kV مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

با توجه به مطالب مطرح شده می‌توان گفت که چرخه عمر تکنولوژی خطوط انتقال مرحله زوال ندارد. در حال حاضر خطوط انتقال بین ۴۰۰ تا ۷۶۵ کیلوولت در مرحله بلوغ هستند؛ در واقع تحقیقات بر روی این سطح ولتاژ به اتمام رسیده است و تا حد مطلوبی توسعه یافته است. اما سطح ولتاژ بالاتر از ۷۶۵ کیلوولت تا ۱۵۰۰ کیلوولت همچنان در مرحله رشد می‌باشد و جا برای پیشرفت این تکنولوژی وجود دارد. تکنولوژی خطوط انتقال با ولتاژ بالاتر از ۱۵۰۰ کیلوولت در ابتدای مسیر است و تحقیقات ابتدایی جهت انتقال برق با استفاده از این خطوط در حال بررسی است. بنابراین تکنولوژی خطوط انتقال با ولتاژ بالاتر از ۱۵۰۰ کیلوولت در مرحله جنینی می‌باشد.

## ۲-۱۳-۲- چرخه عمر DC

شیوه مدرن انتقال برق از طریق HVDC برای اولین بار در سال ۱۹۳۰ در کشورهای سوئد و آلمان به کار گرفته شد. شکل (۴-۱۰) خطوط انتقال نیرو HVDC در اروپا را نشان می‌دهد که خطوط به رنگ قرمز احداث شده‌اند، خطوط سبز رنگ در حال احداث هستند و خطوط آبی رنگ تحت مطالعه و بررسی به منظور احداث می‌باشند.



شکل (۴-۱۰): خطوط HVDC در اروپا

اولین خط انتقال فوق فشارقوی جریان مستقیم (HVDC) با ولتاژ ۸۰۰ کیلوولت در سال ۲۰۱۰ بین ژیانگجیابا و شانگهای به طول تقریباً ۲۰۰۰ کیلومتر به بهره‌برداری رسیده است. توان نامی این خط ۶۴۰۰ مگاوات می‌باشد. شکل (۴-۱۱) ابتدا و انتهای این خط در کشور چین را نشان می‌دهد. این خط توسط شرکت ABB احداث شده است.



شکل (۴-۱۱): خط ۸۰۰ کیلوولت HVDC به طول ۲۰۰۰ کیلومتر در کشور چین

طولانی‌ترین خط انتقال جریان مستقیم با ۲۳۷۵ کیلومتر و ولتاژ ۶۰۰ کیلوولت در سال ۲۰۱۴ در کشور برزیل به بهره‌برداری رسیده است. توان انتقالی توسط این خط ۷۱۰۰ مگاوات می‌باشد. شکل (۴-۱۲) ابتدا و انتهای این خط را در کشور برزیل نشان می‌دهد. این خط نیز توسط شرکت ABB احداث شده است.





شکل (۴-۱۲): خط ۶۰۰ کیلوولت HVDC به طول ۲۳۷۵ کیلومتر در کشور برزیل به عنوان طولانی‌ترین خط انتقال

خط انتقال HVDC جین-پینگ به سونان با ۲۰۹۰ کیلومتر طول و سطح ولتاژ ۸۰۰ کیلوولت با قابلیت انتقال ۷۲۰۰

مگاوات بیشترین ظرفیت انتقال توان را در دنیا دارد. شکل (۴-۱۳) ابتدا و انتهای این خط را در کشور چین نشان می‌دهد. این

خط نیز توسط شرکت ABB احداث شده است.



شکل (۴-۱۳): خط ۸۰۰ کیلوولت HVDC به توان ۷۲۰۰ مگاوات در کشور چین به عنوان پرتوان‌ترین خط انتقال

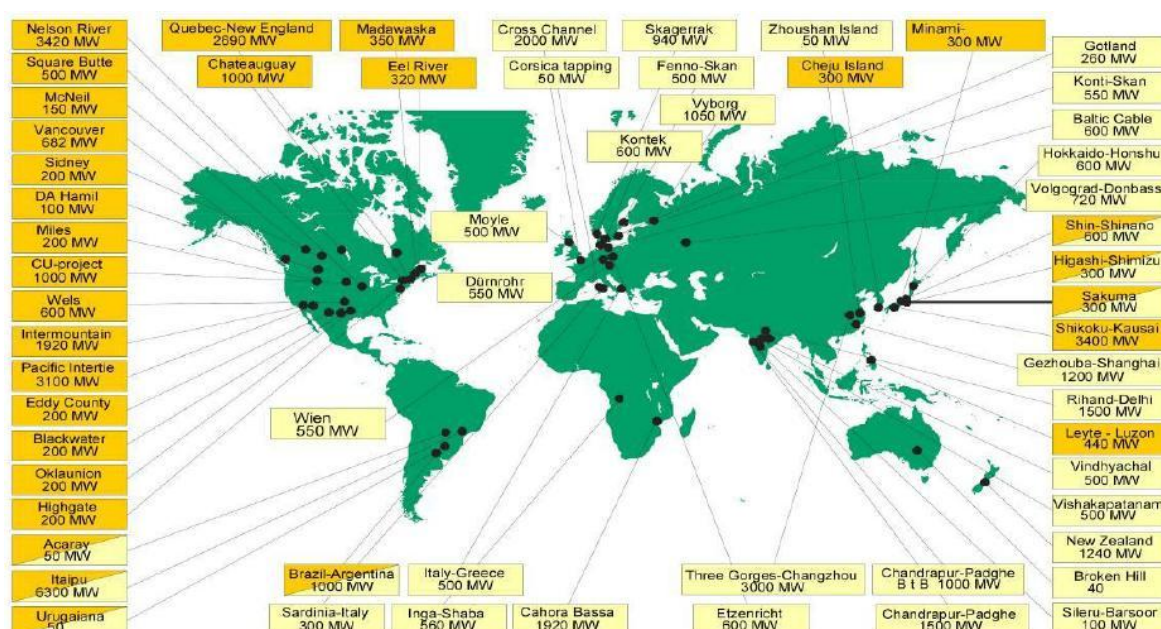
کشورهای متعددی جهت انتقال نیرو از خطوط HVDC با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت بهره برده‌اند که برخی از آن‌ها عبارتند از:

↔ آسیا: چین، هند، اندونزی، مالزی

↔ اروپا: سوئد، آلمان، لهستان، نروژ، هلند، ایتالیا، انگلستان، استونی، فنلاند، دانمارک

↔ امریکا: امریکا، کانادا، برزیل

شکل (۴-۱۴) نمایانگر استفاده از خطوط انتقال HVDC در سراسر دنیا تا سال ۲۰۰۲ می‌باشد.



شکل (۴-۱۴): خطوط HVDC در دنیا

با توجه به موارد اشاره شده در مورد فناوری انتقال HVDC روشن است که فناوری انتقال فوق فشارقوی از مرحله جنینی چرخه عمر عبور کرده است و در بسیاری از کشورها از این فناوری استفاده می‌گردد. با در نظر گرفتن روند رو به رشد توسعه این فناوری و روند فزاینده تعداد واحدهای انتقال فوق فشارقوی در دنیا این فناوری در مرحله رشد قرار داشته و هنوز به مرحله بلوغ وارد نشده است.

## ۲-۱۳-۳- چرخه عمر ادوات FACTS

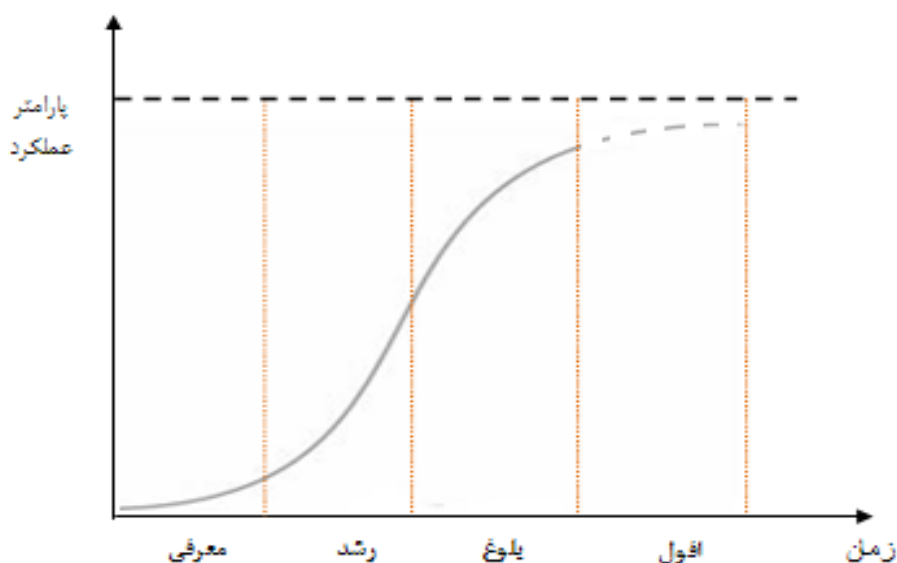
به طور کلی با توجه به بررسی وضعیت فناوری ادوات FACTS می‌توان نتیجه گرفت که این فناوری از مطالعات کتابخانه‌های و دانشگاهی عبور کرده و در سراسر دنیا به خوبی معرفی شده است و از مرحله معرفی گذر کرده و در مرحله رشد قرار دارد. لذا با توجه به وضعیت آن، توسعه آن بسیار رقابتی خواهد بود.

از جمله شرکت‌های بزرگ و پیشگام در زمینه تولید و توزیع ادوات FACTS: شرکت ABB سوئیس، زیمنس آلمان و توشیبا ژاپن را می‌توان نام برد که از راهبران این حوزه‌اند.

### تکنولوژی چند نسلی

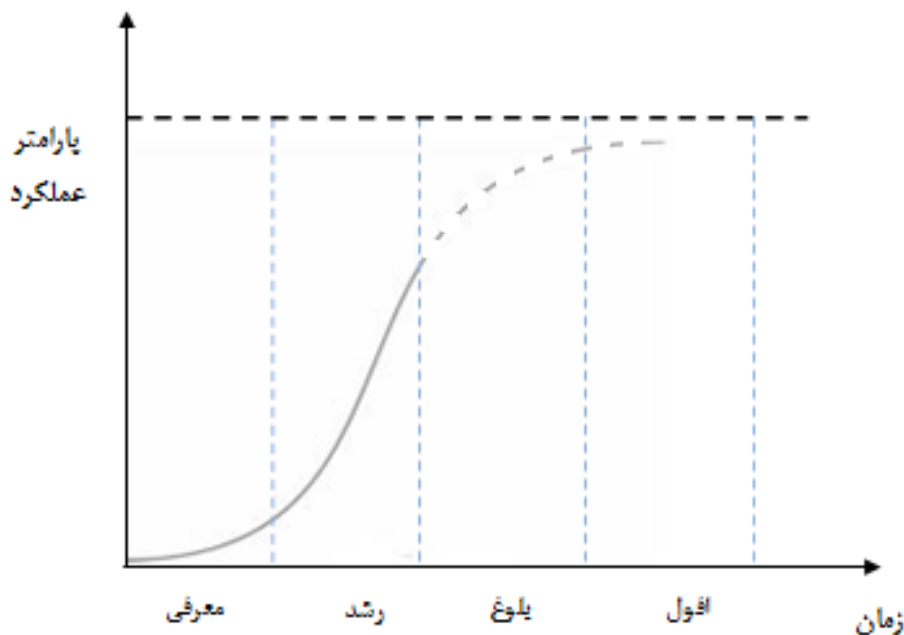
برخی از تکنولوژی‌ها پس از گذر از هر دوره‌ای، نسل جدیدی از آن‌ها وارد عرصه تحقیق و توسعه می‌شوند که هر نسل با نسل قبل از خود تفاوت‌هایی در نوع ساخت، طراحی، کاربرد و ... دارد. تکنولوژی ادوات FACTS نیز همانند این گونه تکنولوژی‌ها هستند و تاکنون دو نسل از آن‌ها شناخته شده و به مرحله کاربرد نیز رسیده‌اند.

نسل اول این تکنولوژی شامل تجهیزاتی است که بر اساس سوئیچ‌های تریستوری هستند که از آن جمله می‌توان به SVCها اشاره کرد. این نسل از نظر تکنولوژیکی از مراحل جنینی و رشد گذر کرده و به مرحله بلوغ خود رسیده است. با توجه به توضیحات فوق، نمودار چرخه عمر ادوات FACTS نسل اول به شرح شکل زیر SVC است.



شکل (۲-۱): چرخه عمر نسل اول فناوری ادوات FACTS

اما از سال ۱۹۹۶ نسل جدید از ادوات بر پایه سوئیچهای الکترونیک قدرت IGBTها معرفی شدند. این ادوات به عنوان ادوات FACTS نسل دوم مشهور هستند که از مرحله تحقیقات و معرفی گذر کرده‌اند و از نظر توسعه تکنولوژیکی در انتهای مرحله رشد خود قرار دارند. لذا نمودار چرخه عمر نسل دوم رامی توان به شرح شکل ??? نمایش داد:



شکل (۲-۲): چرخه عمر نسل دوم فناوری ادوات FACTS

پس از بررسی چرخه عمر اینفناوری، به بررسی وضعیت چرخه عمر محصول-بازار ادوات FACTS می‌پردازیم.

### ۲-۱۳-۳-۱- چرخه عمر محصول-بازار

چرخه عمر محصول-بازار بیانگر فروش هر واحد محصول در طول زمان است. بسیاری از محققین از چرخه عمر محصول-بازار به عنوان ابزاری برای شناسایی راهبردها و سیاست‌های ورود به بازار یا تولید یک کالا بهره گرفته‌اند. این چرخه همانند چرخه عمر فناوری دارای ۴ مرحله به شرح زیر است: معرفی، رشد، بلوغ و افول است. فروش یک محصول در مرحله معرفی به کندی صورت می‌گیرد. سپس به سرعت به نقطه اوج نسبتاً زود هنگام در مرحله رشد می‌رسد. در مرحله رشد، ممکن است

تقاضا قبل از اینکه به مرحله تنزل برسد دارای رشد نسبتاً آرامی باشد. همراه با اینتغییر، تغییراتی را نیز در رشد واقعی شرایط رقابتی، استراتژی‌ها و عملکرد شاهد خواهیم بود.

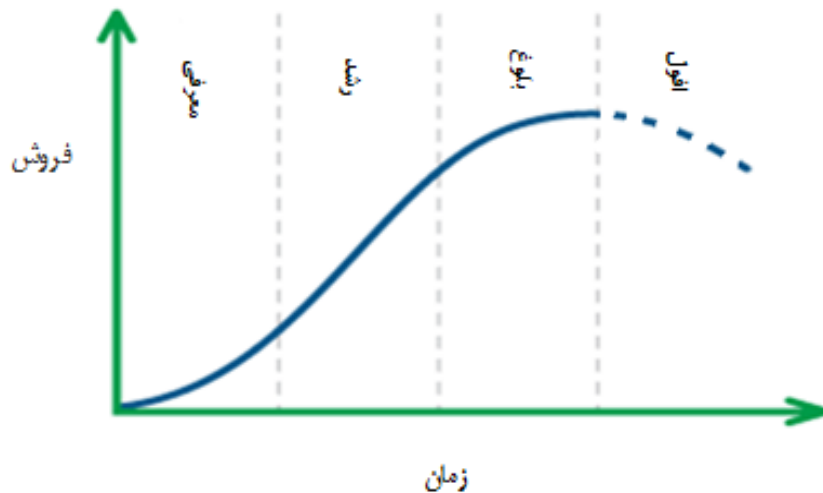
چرخه عمر را می‌توان به‌عنوان مجموعه‌ای از روابط داخلی که با تغییرات سیستماتیک بازار مرتبط هستند، قلمداد نمود. در مرحله معرفی برآورده نمودن یک نیاز جدید یا موجود مطرح است. نیاز جدید می‌تواند شامل یک محصول ابداعی باشد. در حالی که نیاز موجود، شامل یک محصول استاندارد است. چنانچه محصول جدید باشد، آنگاه عموماً رقابت بر روی محصولات متنوعی صورت خواهد گرفت. مرحله رشد شامل پذیرش بازار محصول و افزایش در سهم بازار سازمان است در مرحله بلوغ، رقابت بین شرکت‌هایی که با قیمت پایین‌تر محصول را عرضه می‌کنند ایجاد می‌گردد. تقاضا را نیز می‌توان از طریق جایگزینی محصول جدید یا تغییر شکل در خانواده محصول فعلی تعیین و افزایش داد. به محض اینکه محصول وارد مرحله تنزیل گردید، فروش به شدت کاهش یافته و محصول، مشتری خود را از دست می‌دهد. عامل اصلی فروش در این مرحله، کهنه شدن و منسوخ شدن محصول بوده و محصولات (ابداعات) جدید جایگزین محصولات فعلی می‌گردند.

به طور اجمالی می‌توان بیان کرد که از مشخصه‌های اصلی محصول در مرحله معرفی چرخه عمر کوتاه آن؛ در مرحله رشد حجم پایین فروش؛ در مرحله بلوغ حجم بالای فروش و تنوع پایین محصول و در مرحله کنترل مجدداً به حجم پایینی از فروش دست خواهیم یافت.

با توجه به شواهد موجود در خصوص ادوات FACTS می‌توان این‌گونه بیان کرد که برخی از این ادوات تجاری شده‌اند و در سراسر دنیا به فروش می‌رسند و در حقیقت در مرحله بلوغ خود قرار دارند که از آن جمله می‌توان به ادوات نسل اول مانند SVC ها اشاره کرد؛ اما برخی دیگر از آن‌ها که در دسته نسل دوم قرار می‌گیرند در مراحل ساخت پایلوتی قرار دارند و به مفهوم گسترده شناخته شده‌اند اما کاربرد ندارند و می‌توان گفت که در مرحله رشد قرار دارند و هنوز سهم بازار را به خود اختصاص نداده‌اند.

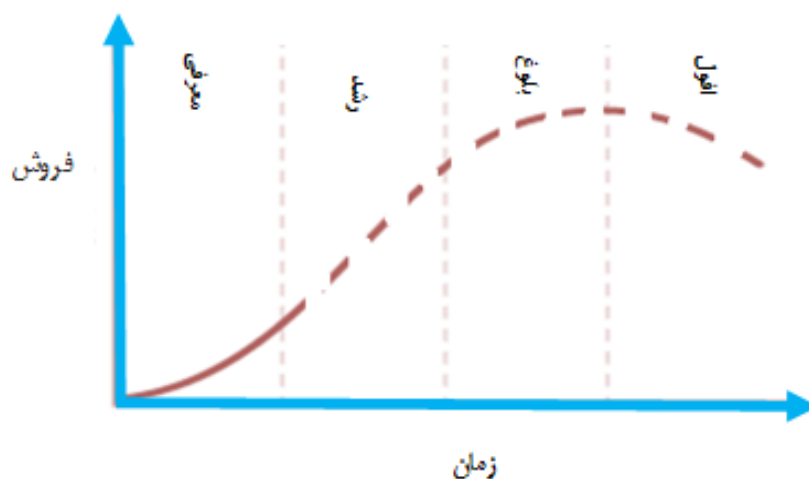
انواع محصولات ادوات FACTS که در دو دسته کلی نسل اول و نسل دوم طبقه‌بندی می‌شوند از نظر چرخه عمر محصولات با یکدیگر متفاوت‌اند.

در خصوص ادوات FACTS نسل اولی، علاوه بر شرکت‌های ABB، زیمنس و توشیباکشورهای چین و هند نیز وارد عرصه تولید شده‌اند. قابل ذکر است که کشور چین به دلیل گستردگی صنایع فولاد خود، تقاضای داخلی نسبتاً بالای خود را پاسخگوست. این نوع از محصولات در مرحله بلوغ چرخه محصول-بازار قرار دارند که نمودار آن‌ها به شرح زیر است:



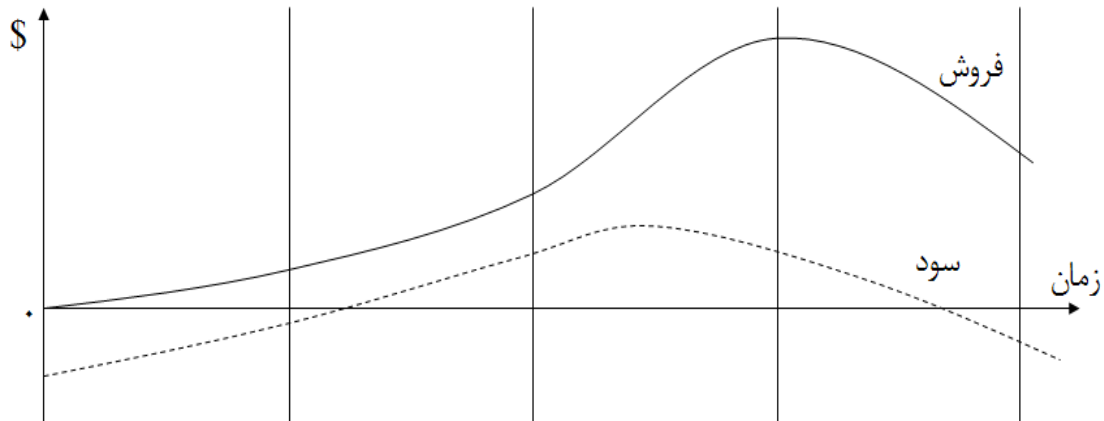
شکل (۲-۳): چرخه عمر محصول-بازار نسل اول ادوات FACTS

همچنین قابل ذکر است که تولید ادوات نسل دومی در مرحله ابتدایی رشد است و تولید آن‌ها به اندازه نسل اولی‌ها فراگیر نشده است و تنها شرکت‌های ABB، زیمنس و توشیبا به‌عنوان تولیدکنندگان اصلی محسوب می‌شوند.



شکل (۲-۴): چرخه عمر محصول-بازار نسل اول ادوات FACTS

با توجه به نمودار محصول-بازار نسل دوم ادوات FACTS می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که این نسل از محصولات هم اکنون در مراحل ابتدایی عمر در بازار خود قرار دارند و رشد آینده را می‌توان برای آن‌ها پیش‌بینی کرد. شکل زیر به طور خلاصه بیان می‌کند که تاثیر چرخه عمر بر استراتژی‌ها چگونه خواهد بود:



شکل (۲-۵): چگونگی اثر چرخه عمر بر استراتژی‌ها

### ۳- نتیجه گیری

اسناد توسعه فناوری به منظور پوشش نیازهای متفاوت سیاست‌گذاری نوآوری و فناوری تدوین می‌گردند. در هریک از این حالات، سند راهبردی به خروجی‌های متفاوتی منتهی می‌شود. آنچه که تعیین‌کننده‌ی خروجی‌های حاصل از سند است، فرض‌هایی است که به عنوان ویژگی‌های ذاتی موضوع مورد مطالعه قلمداد می‌گردند. این فرض‌ها از آن جهت که به طور پیش فرضی غیر قابل تغییر در چارچوب‌های ذهنی سیاست‌گذاران قرار گرفته است، فرض‌های اساسی یا مفروضات بنیادین نامیده می‌شوند. مفروضات بنیادین ویژگی‌هایی غیرقابل تغییر و ذاتی از موضوع مورد مطالعه (توسعه فناوری) هستند که سند راهبردی نه تنها در شکل‌دهی آن‌ها نقشی نداشته، بلکه بر مبنای آن‌ها استوار می‌گردد. با طراحی سند بر پایه مفروضات بنیادین، عدم قطعیت‌های پدیدار شده در بخش‌های مختلف تصمیم‌گیری در سند راهبردی مهار می‌شود.

با توجه به اهمیت و نقش مفروضات بنیادین در اتخاذ جهت‌گیری‌های توسعه فناوری، پرداختن به آن‌ها در ابتدای تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی ضروری است. تشریح این مفروضات منجر به شفاف‌سازی تصمیم‌گیری‌ها در طول تدوین سند (کاسته شدن از عدم قطعیت) و در طی گام‌های بعدی می‌شود.

در گزارش اولین مرحله از پروژه "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"، در دو بخش به تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات و تبیین مشخصه‌های فناوری توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ارائه شد. در بخش اول، ابعاد موضوع و محدوده مطالعات از دو منظر سطح تحلیل جغرافیایی و افق زمانی تحلیل مورد ارزیابی قرار گرفت و در بخش دوم مشخصه‌های فناوری شامل سابقه فناوری، پیچیدگی فناوری، تناسب فناوری، حوزه استفاده فناوری، موقعیت راهبردی فناوری و چرخه عمر آن تبیین گردید. چکیده نتایج بدین شرح است:

↔ موضوع مطالعات، احداث سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا شامل ولتاژ AC بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت و DC محدوده جغرافیایی ملی می‌باشد.

↔ افق زمانی تحلیل در خصوص فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با توجه به این که دستیابی به سیستم‌های فوق فرایندی مستمر می‌باشد، بلند مدت ارزیابی شده است. افق زمانی دستیابی به فناوری انتقال با ولتاژ



۷۶۵ کیلوولت AC و فناوری انتقال با ولتاژ  $\pm 500$  کیلوولت DC به عنوان گام اول ده ساله در نظر گرفته شده است.

↔ با توجه به اینکه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا تاکنون در سطح ملی اجرا نشده است، این فناوری جدید محسوب می‌شود. اگرچه مقدمات احداث طرح ۷۶۵ کیلوولت EHVAC در مسیر عسلویه به تیران فراهم شده است و مقدمات احداث طرح HVDC به ظرفیت ۱۰۰۰ مگاوات از سمنان به گلپایگان و با سطح ولتاژ  $\pm 500$  کیلوولت نیز فراهم شده است که در مرحله طراحی قرار دارد.

↔ این فناوری با توجه به چند رشته‌ای بودن و همچنین هزینه بالای تحقیق و توسعه آن جزء فناوری‌های پیچیده طبقه بندی گردید.

↔ با در نظر گرفتن قابلیت‌های این فناوری در تامین نیازهای شبکه انرژی کشور مانند یکپارچه کردن منابع انرژی دوردست، افزایش قابلیت صادرات برق به کشورهای همسایه از طریق زمین یا دریا، اتصال بین شبکه‌های مختلف و ناهماهنگ جریان متناوب، افزایش پایداری و قابلیت اطمینان شبکه، آلودگی زیست محیطی کمتر، کاهش قابل ملاحظه اثرات میدان‌های مغناطیسی AC، کاهش حریم خطوط انتقال هوایی، کاهش تلفات و ... این فناوری برای کشور ایران یک فناوری مناسب است. از دیدگاه زیرساخت نیز با در نظر گرفتن شباهت بسیار زیاد سیستم‌های AC این فناوری با خطوط انتقال ۴۰۰ کیلوولت، می‌توان نتیجه گرفت که عمده زیرساخت‌های مورد نیاز برای توسعه این فناوری اعم از منابع انسانی و تجهیزات در کشور وجود داشته و تنها به ارتقاء سطح دانش و تکنولوژی در زیرساخت‌ها نیاز خواهد بود. با توجه به وجود زیرساخت‌های فناوری با ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت در کشور می‌توان فناوری سیستم‌های انتقال با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت را از این نظر مناسب دانست. در خصوص سیستم‌های DC از آنجایی که یکی از مهمترین بخش‌ها کسب دانش فنی مربوط به طراحی، ساخت و تست بخش‌های الکترونیک قدرت می‌باشد، لذا علاوه بر لزوم ارتقا سطح دانش و تکنولوژی در زیرساخت‌ها، نیاز به کسب تجربه در راستای ساخت تجهیزات اصلی نیز وجود دارد.

↔ کشور ایران دارای پهنه گسترده‌ای بوده و انتقال برق به تمامی نقاط کشور مستلزم استفاده از خطوط انتقال در مسافت‌های طولانی می‌باشد؛ این مسئله نشان‌دهنده اهمیت دستیابی به فناوری انتقال برق با ظرفیت بالا برای

کشور ایران است. با توجه به کلیدی بودن این فناوری برای کشور ایران و در نظر گرفتن اهمیت موضوع انرژی در تعاملات بین‌المللی امروز دنیا می‌توان این فناوری را در گروه فناوری‌های راهبردی طبقه‌بندی کرد.

↩ در تعیین چرخه عمر فناوری انتقال برق با ظرفیت بالا با توجه به مطالب مطرح شده در گزارش می‌توان گفت در حال حاضر خطوط انتقال AC بین ۴۰۰ تا ۷۶۵ کیلوولت در مرحله بلوغ هستند؛ در واقع تحقیقات بر روی این سطح ولتاژ به اتمام رسیده است و تا حد مطلوبی توسعه یافته است. اما سطح ولتاژ بالاتر از ۷۶۵ کیلوولت تا ۱۵۰۰ کیلوولت همچنان در مرحله رشد می‌باشد و تحقیق و توسعه در این سطح از فناوری کماکان ادامه دارد. تکنولوژی خطوط انتقال با ولتاژ بالاتر از ۱۵۰۰ کیلوولت در ابتدای مسیر توسعه قرار داشته و تحقیقات ابتدایی جهت انتقال برق با استفاده از این خطوط در حال بررسی است. بنابراین تکنولوژی خطوط انتقال با ولتاژ بالاتر از ۱۵۰۰ کیلوولت در مرحله جنینی می‌باشد. همچنین در تعیین چرخه عمر فناوری انتقال HVDC با توجه به مطالب مطرح شده در گزارش می‌توان گفت علی‌رغم پروژه‌های متعدد انجام‌شده و مطالعات و فعالیت‌های صورت گرفته، نظر به پیشرفت فناوری ساخت سوئیچ‌های نیمه‌هادی نظیر ترستور و IGBT، این تکنولوژی هنوز در حال توسعه و پیشرفت در کشورهای مختلف جهان می‌باشد و ظرفیت انتقال توان و همچنین سطح ولتاژ قابل دستیابی روز به روز در حال افزایش است، لذا فناوری در مرحله رشد قرار دارد و تحقیق و کار بر روی این فناوری کماکان ادامه دارد.

## مراجع

- [1]. R. Lings, P. Sarma Maruvada, "Overview of transmission line above 700 kV," Inaugural IEEE PES 2005 Conference and Exposition Africa, Durban, South Africa, pp. 33-43, 2005
- [2]. EPRI AC Transmission Line Reference Book: 200 kV and above, third Edition, chapter 15, 2005.
- [3]. <http://wamp.tavanir.org.ir/compStat/?rid=gMaq0u7ej84Klr00ePrz36y3v>
- [4]. H. N. Scherer, C.A. Schwalbe; R.H. Meyer; and J.A. Dibella, "765- kV station design", IEEE Trans. Power Apparatus and Systems , vol. 88, no. 9, pp. 1372 – 1376, 1969.
- [5]. L. Weimers, "Bulk power transmission at extra high voltages, a comparison between transmission lines for HVDC at voltages above 600 kV DC and 800 kV AC." ABB Power Technologies AB, 2005.
- [6]. TBEA Shandong Luneng Taishan Cable Co., Ltd., Bare conductor [available] online: [http://tbea-ll.en.alibaba.com/product/639066348-214237466/AAC\\_ACSR\\_All\\_Aluminum\\_Conductor\\_and\\_Aluminum\\_Conductor\\_Steel\\_Reinforced\\_.html](http://tbea-ll.en.alibaba.com/product/639066348-214237466/AAC_ACSR_All_Aluminum_Conductor_and_Aluminum_Conductor_Steel_Reinforced_.html)
- [7]. T. gunen, 'Electrical power transmission system engineering', John Wiley, 1988, pp. 538-566.
- [8]. H. N. Scherer, and G.S. Vassell, "Transmission of electric power at ultra- high voltages: current status and future prospects," Proceeding of the IEEE, Vol. 73, no. 8, pp. 1252-1278, Aug. 1985
- [۹]. مرکز مطالعات و برنامه ریزی شبکه‌های قدرت، "پروژه بازنگری در سطح ولتاژ انتقال کشور: گزارش شماره ۱" و ۱۳۸۵.
- [10]. D. E. Perry, V.L. Chartier, and G. L. Reiner "BPA 1100 kV transmission system development corona and electric field studies", IEEE Trans. Power Appar. Syst. PAS-98 (5), 1728-1738 (1979).
- [11]. Marsteel Ltd., Conductors, [available] online: <http://www.marsteel.sk>
- [12]. PD Naidoo & Associates, ACER (Africa), and PBA International (SA), "Cape Strengthening Programme: Gamma-Omega 765 kV Transmission line," [available] online: <http://www.eskom.co.za>

- [13]. J.C. Molburg, J.A. Kavicky, and K.C. Picel "The design, construction, and operation of long-distance high-voltage electricity transmission technologies", Argonne National Laboratory, pp.1 17, Nov. 2007.
- [14]. Zheng-ping Liang , Yong-shuang Li, Hong-chun Hu and Jiang-bo Jia "Design of UHV AC transmission line in China", Euro. Trans. Electr. Power 2012; 22:4–16.
- [15]. [available] online: [http://www.siemens.com/high\\_voltage\\_products/](http://www.siemens.com/high_voltage_products/)
- [۱۶]. مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شبکه‌های قدرت، "پروژه بازنگری در سطح ولتاژ انتقال کشور: گزارش شماره ۲" و ۱۳۸۵.
- [۱۷]. مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شبکه‌های قدرت، "پروژه بازنگری در سطح ولتاژ انتقال کشور: گزارش شماره ۴" و ۱۳۸۵.
- [18]. Robert a. Simpson - Staff Counsel, "CASES 26529 & 26559 - Common Record Hearings On Health And Safety of 165 kV Transmission Lines," State of new york public service comission, August 30, 1977.
- [19]. R. J. Thomas, J. T. Whitehead, H. Outherd, and T. D. Mount, "Transmission system planning – the old world meets the new," Proceeding of IEEE, vol. 93, no. 11, pp. 2026-2035, Nov 2005.
- [20]. R. N. Nayak, Y. K. Sehgal, and S. Sen, "Application of emerging technologies for the developemnet of the Indian power system," 19th World Energy Congress, Sydney, Australia, pp. 1-11, Sep 2004.
- [21]. Upgrading Transmission Capacity of Wholesale Electric Power Trade, [available] online:<http://www.eia.doe.gov>.
- [22]. [available] online:<http://new.abb.com/systems/hvdc/references/rio-madeira>
- [23]. [available] online:<http://new.abb.com/systems/hvdc/references/xiangjiaba--shanghai>
- [24]. [available] online: [http://en.wikipedia.org/wiki/High-voltage\\_direct\\_current](http://en.wikipedia.org/wiki/High-voltage_direct_current)
- [25]. [available] online: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/HVDC\\_E-uropo.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/HVDC_E-uropo.svg)
- [26]. "Analytical Development of Loadability Characteristics for EHV and UHV Transmission Lines," R.D. Dunlop, R. Gutman and P.P. Marchenko, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-98, No. 2, March/April 1979.
- [27]. "The AEP Intrestate Porject Proposal – A 765kV Transmission Line from West Virginia to New Jersy", American Electric Power, January 31, 2006.

[۲۸]. طرح تدوین سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو تا افق ۱۴۰۴ (تاریخ ویرایش ۹۰/۱۰/۲۱)

- [29]. Owen Peake FRMIT HonFIEAust CPEng, "The History of High Voltage Direct Current Transmission", 3rd Australasian Engineering Heritage Conference, 2009
- [30]. Arrilaga, "High Voltage Direct Current Transmission", Wiley- Interscience Publication, 1993
- [31]. [available] online: <http://www2.osinerg.gob.pe>
- [32]. [available] online: <http://www.cepri.com>
- [33]. [available] online: <http://new.abb.com/systems/hvdc>
- [34]. [available] online: [www.simense.com/hvdc](http://www.simense.com/hvdc)
- [35]. [available] online: <http://news.tavanir.org.ir>
- [36]. [available] online: <http://www.yjc.ir>
- [37]. Hualei Wang, M.A. Redfern, "The advantage and disadvantages of using HVDC to interconnect AC networks".
- [38]. Kala Meah, Sadrul Ula, "Comparative Evaluation of HVDC and HVAC Transmission Systems", IEEE, 2007.
- [39]. Olaf Saksvik, "HVDC Technology and Smart Grid", The 9th IET international Conference, November 2012.
- [40]. Juho Yli-Hannuksela, "THE TRANSMISSION LINE COST CALCULATION", Technology Communication 2011.

## فهرست مطالب

۱- مقدمه .....	۱
۲- شناسایی حوزه های فناورانه سیستم های انتقال برق با ظرفیت بالا .....	۸
۲-۱- حوزه مطالعات سیستم .....	۸
۲-۱-۱- مطالعات طراحی و ظرفیت سازی .....	۱۰
۲-۱-۲- مطالعات توان راکتیو .....	۱۱
۲-۲- حوزه خط .....	۱۱
۲-۲-۱- تجهیزات اصلی .....	۱۲
۲-۲-۱-۱- هادی .....	۱۲
۲-۲-۱-۲- کابل .....	۱۶
۲-۲-۱-۳- سیم محافظ .....	۲۰
۲-۲-۱-۴- دکل .....	۲۱
۲-۲-۱-۵- مقره .....	۲۲
۲-۲-۱-۶- یراق آلات .....	۲۵
۲-۲-۲- دانش فنی .....	۳۲
۲-۲-۲-۱- مطالعات طراحی .....	۳۲
۲-۲-۲-۲- هادی های خطوط .....	۴۵
۲-۲-۲-۳- کابل .....	۴۷
۲-۲-۲-۴- دکل .....	۴۷
۲-۲-۲-۵- فونداسیون .....	۴۸
۲-۲-۲-۶- مقره .....	۵۰
۲-۲-۲-۷- سیستم زمین .....	۵۱

- ۵۲ ..... ۳-۲-۲- تجهیزات اجرایی
- ۵۲ ..... ۱-۳-۲-۲- نقشه برداری و مسیریابی
- ۵۴ ..... ۲-۳-۲-۲- ماشین آلات گودبرداری و بتن ریزی
- ۵۵ ..... ۳-۳-۲-۲- تجهیزات برج گذاری
- ۵۵ ..... ۴-۳-۲-۲- تجهیزات سیم کشی
- ۵۸ ..... ۵-۳-۲-۲- کشتی‌ها و ربات‌های کابل گذار
- ۶۲ ..... ۴-۲-۲- تعمیر و نگهداری
- ۶۲ ..... ۱-۴-۲-۲- تعمیرات و نگهداری دوره‌ای
- ۶۳ ..... ۲-۴-۲-۲- تعمیرات و نگهداری بر اساس وضعیت
- ۶۴ ..... ۳-۲- حوزه پست
- ۶۴ ..... ۱-۳-۲- تجهیزات و ابنیه
- ۶۵ ..... ۱-۱-۳-۲- ترانسفورماتور
- ۷۴ ..... ۲-۱-۳-۲- سوئیچگیر
- ۸۵ ..... ۳-۱-۳-۲- برقگیر
- ۸۹ ..... ۴-۱-۳-۲- مبدل AC/DC
- ۹۹ ..... ۵-۱-۳-۲- فیلتر
- ۱۱۰ ..... ۶-۱-۳-۲- راکتور صافی
- ۱۱۳ ..... ۷-۱-۳-۲- تجهیزات زمین
- ۱۱۷ ..... ۸-۱-۳-۲- جبران کننده توان راکتیو
- ۱۱۸ ..... ۹-۱-۳-۲- سیستم‌های LV
- ۱۱۹ ..... ۱۰-۱-۳-۲- مانیتورینگ، کنترل و حفاظت
- ۱۲۰ ..... ۱۱-۱-۳-۲- سازه
- ۱۲۱ ..... ۱۲-۱-۳-۲- ادوات FACTS

- ۱۳۵..... ۲-۳-۱-۱۳-یراق آلات
- ۱۳۸..... ۲-۳-۲-طراحی و تعیین مشخصات فنی
- ۱۳۹..... ۲-۳-۱-۲-مطالعات
- ۱۴۱..... ۲-۳-۲-ترانسفورماتور
- ۱۴۳..... ۲-۳-۳-تجهیزات سوئیچگیر
- ۱۴۳..... ۲-۳-۴-سیستم حفاظت اضافه ولتاژ
- ۱۴۴..... ۲-۳-۵-مبدل AC/DC
- ۱۴۴..... ۲-۳-۶-فیلتر و راکتور صافی
- ۱۴۴..... ۲-۳-۷-شبه زمین
- ۱۴۵..... ۲-۳-۸-جبران ساز
- ۱۴۵..... ۲-۳-۹-سیستم LV
- ۱۴۵..... ۲-۳-۱۰-مانیتورینگ، کنترل و حفاظت
- ۱۴۵..... ۲-۳-۱۱-سازه
- ۱۴۶..... ۲-۳-۱۲-آرایش فیزیکی
- ۱۴۶..... ۲-۳-۱۳-ادوات FACTS
- ۱۴۶..... ۲-۳-۳-تجهیزات اجرایی
- ۱۴۷..... ۲-۳-۱-نقشه برداری
- ۱۴۷..... ۲-۳-۲-ماشین آلات گودبرداری و بتن ریزی
- ۱۴۷..... ۲-۳-۳-حمل و نقل
- ۱۴۷..... ۲-۳-۴-نصب
- ۱۴۸..... ۲-۳-۵-تست و راه اندازی
- ۱۴۸..... ۲-۳-۴-تعمیر و نگهداری
- ۱۴۸..... ۲-۳-۴-۱-تعمیرات و نگهداری دوره ای



- ۱۴۹.....۲-۳-۴-۲- تعمیرات و نگهداری بر اساس وضعیت
- ۱۴۹..... ۳- آینده پژوهی
- ۱۵۲..... ۳-۱- تحلیل روند سیستم‌های AC
- ۱۵۳..... ۳-۲- تحلیل روند سیستم‌های DC
- ۱۵۷..... نتیجه‌گیری
- ۱۵۹..... مراجع

## فهرست اشکال

- شکل (۱-۱): نمای کلی شبکه برق ..... ۱
- شکل (۲-۱): نمای کلی از چیدمان اجزای یک خط انتقال EHVAC ..... ۲
- شکل (۳-۱): نمای کلی از چیدمان اجزای یک خط انتقال HVDC ..... ۳
- شکل (۴-۱): شماتیک تجهیزات اصلی پست HVDC و خط انتقال ..... ۳
- شکل (۵-۱): درخت فناوری ..... ۷
- شکل (۱-۲): مراحل انجام طرح توسعه شبکه ..... ۱۰
- شکل (۲-۲): یک نمونه هادی ACSR ..... ۱۲
- شکل (۳-۲): شمای ظاهری کابل اشباع شده و شماتیک لایه‌های آن در برش مقطعی ..... ۱۸
- شکل (۴-۲): نمای شماتیک لایه‌های درونی از یک کابل با عایق قالبی یکپارچه ..... ۱۹
- شکل (۵-۲): مشخصات یک نمونه از سیم‌های محافظ هوایی OPGW ..... ۲۱
- شکل (۶-۲): انواع دکل‌های خطوط انتقال ..... ۲۲
- شکل (۷-۲): مقره‌های کششی و آویزی ..... ۲۳
- شکل (۸-۲): ایزولاتورهای خطوط HVDC به ترتیب از راست به چپ: یکپارچه پلیمری، یکپارچه چینی و مقره بشقابی. .... ۲۴
- شکل (۹-۲): قید ..... ۲۸
- شکل (۱۰-۲): چشم توپی ..... ۲۹
- شکل (۱۱-۲): توپی مقره ..... ۲۹
- شکل (۱۲-۲): سوکت مقره ..... ۳۰
- شکل (۱۳-۲): صفحه یوغ ..... ۳۰
- شکل (۱۴-۲): پیچ مهراری ..... ۳۰
- شکل (۱۵-۲): طول افزا ..... ۳۱
- شکل (۱۶-۲): جداساز ..... ۳۱

- شکل (۲-۱۷): میله‌های محافظ ..... ۳۱
- شکل (۲-۱۹): خط انتقال تک‌مداره ..... ۳۷
- شکل (۲-۱۹): خط انتقال دو‌مداره ..... ۳۷
- شکل (۲-۲۰): شماتیک مدار معادل DC برای یک سیستم HVDC ..... ۳۸
- شکل (۲-۲۱): آرایش تک قطبی با مسیر برگشت زمین ..... ۳۹
- شکل (۲-۲۲): آرایش تک قطبی با هادی برگشت جریان ..... ۳۹
- شکل (۲-۲۳): آرایش دوقطبی با الکتروود زمین در شرایط کارکرد عادی و متعادل ..... ۴۰
- شکل (۲-۲۴): بهره‌برداری به صورت دوقطبی با مسیر برگشت از الکتروود زمین (هنگام خروج خط OHL یا مبدل پل) ..... ۴۱
- شکل (۲-۲۵): بهره‌برداری به صورت دوقطبی با مسیر برگشت هادی OHL (هنگام خروج مبدل پل) ..... ۴۱
- شکل (۲-۲۶): آرایش دوقطبی با هادی LVDC برای برگشت جریان نامتعادلی ..... ۴۲
- شکل (۲-۲۷): آرایش دوقطبی بدون مسیر برگشت جریان ..... ۴۲
- شکل (۲-۲۸): شماتیک سیستم HVDC با آرایش هم‌قطبی ..... ۴۳
- شکل (۲-۲۹): شماتیک مداری ساده برای یک مبدل پشت به پشت ..... ۴۴
- شکل (۲-۳۰): شماتیک سیستم HVDC با آرایش چندترمیناله ..... ۴۵
- شکل (۲-۳۱): یک نمونه دوربین TOTAL STATION با قابلیت ثبت و ذخیره اطلاعات ..... ۵۳
- شکل (۲-۳۲): یک نمونه آنتن مرجع سامانه موقعیت با دو فرکانس ..... ۵۳
- شکل (۲-۳۳): راهنما یا NAVIGATOR دستی که با آنتن مرجع کار ..... ۵۴
- شکل (۲-۳۴): مته حفاری اوگر ..... ۵۴
- شکل (۲-۳۵): یک نمونه جین پل ..... ۵۵
- شکل (۲-۳۶): یک نمونه کام‌الانگ ..... ۵۶
- شکل (۲-۳۷): پولی اتصال زمین ..... ۵۶
- شکل (۲-۳۸): نحوه اتصال پولی و اتصال زمین ..... ۵۷
- شکل (۲-۳۹): نحوه استقرار تجهیزات کشنده در زمان سیم‌کشی ..... ۵۷

- شکل (۲-۴۰): نحوه استقرار تجهیزات ترمز در زمان سیم‌کشی ..... ۵۸
- شکل (۲-۴۱): نمای کشتی کابل‌گذار در زیر دریا ..... ۵۹
- شکل (۲-۴۲): نمای ربات مخصوص خوابانیدن کابل در بستر دریا ..... ۶۰
- شکل (۲-۴۳): اتاق اتصال و تست کابل‌های زیر دریایی ..... ۶۱
- شکل (۲-۴۴): ربات جهت گرفتن و بالا آوردن کابل ..... ۶۱
- شکل (۲-۴۷): نمای بیرونی از یک ترانسفورماتور روغنی ..... ۶۵
- شکل (۲-۴۸): ساختمان تب‌چنجرهای قابل تغییر زیر بار (OLTC) ..... ۶۹
- شکل (۲-۴۹): یک بوشینگ نوعی برای ترانسفورماتورهای قدرت ..... ۷۰
- شکل (۲-۵۰): وسایل خنک‌کننده ..... ۷۰
- شکل (۲-۵۱): کنسرواتور و اجزای مربوطه ..... ۷۱
- شکل (۲-۴۵): انواع ترانسفورماتورالف-SHELL FORM ب-CORE FORM ..... ۷۳
- شکل (۲-۴۶): انواع ترانسفورماتور از نظر نوع جریان؛ تک فاز و سه فاز ..... ۷۴
- شکل (۲-۵۲): کلید MRTB در سوئیچگیر DC در TIAN GUANG کشور چین ..... ۷۶
- شکل (۲-۵۳): پیکربندی سیستم HVDC در شرایط مختلف بهره‌برداری هنگام عملکرد کلیدهای DC ..... ۷۷
- شکل (۲-۵۴): مدار معادل عملکرد بریکرهای MRTB و GRTS ..... ۷۸
- شکل (۲-۵۵): جزئیات مدار بریکر MRTB ..... ۷۸
- شکل (۲-۵۶): مدار معادل و نمودار تشریح عملکرد بریکرهای MRTB و GRTS ..... ۷۹
- شکل (۲-۵۷): شماتیک اجزای بریکر هیبریدی HVDC فناوری نوین شرکت ABB ..... ۸۱
- شکل (۲-۶۱): تله موج کار گذاشته شده در مسیر خط انتقال ..... ۸۵
- شکل (۲-۵۸): برقگیر با هوزینگ چینی (جلو) و هوزینگ پلیمری (عقب) در آزمایشگاه ..... ۸۷
- شکل (۲-۵۹): شماتیک برش مقطعی از یک نمونه برقگیر پلیمری و اجزای داخلی آن ..... ۸۸
- شکل (۲-۶۰): محل قرارگیری برقگیرها در مدار شماتیک پست HVDC ..... ۸۹
- شکل (۲-۶۲): شماتیک مدار الکتریکی یک گروه ۱۲ پالسه شامل ۳ ولو چهارگانه ..... ۹۱

- شکل (۶۳-۲): شماتیک آرایش برج ولو با ولتاژ نامی ۵۰۰ کیلوولت ..... ۹۱
- شکل (۶۴-۲): شمای فیزیکی یک نمونه برج ولو ساخت شرکت زیمنس ..... ۹۲
- شکل (۶۵-۲): توسعه مقادیر نامی جریان و ولتاژ تریتورها در چند دهه اخیر ..... ۹۳
- شکل (۶۶-۲): مسیر تابش نور مستقیم به ویفر تریتور نوع LTT ..... ۹۴
- شکل (۶۷-۲): شمای ظاهری ماژول ولو شرکت زیمنس با تریتور نوری ..... ۹۵
- شکل (۶۸-۲): شمای ظاهری ویفر سیلیکونی تریتور نوری و هوزینگ آن ..... ۹۵
- (A) تریتور (B) هیت سینک (C) لوله‌های اتصال مدار خنک‌کننده (D) لوله‌های اتصال مدار خنک‌کننده ..... ۹۸
- شکل (۶۹-۲): چگونگی اتصالات مدار خنک‌کننده آبی در ماژول تریتور، ..... ۹۸
- شکل (۷۰-۲): شمای ظاهری فیلترهای AC در پست GEZHOUBA کشور چین ..... ۱۰۰
- شکل (۷۱-۲): ساختار سه نوع فیلتر هارمونیک به همراه نمودار امپدانس آن‌ها ..... ۱۰۰
- شکل (۷۲-۲): مدار معادل برای تحلیل و محاسبه ولتاژ و جریان هارمونیک در سیستم AC ..... ۱۰۲
- شکل (۷۳-۲): دایره ادمیتانس شبکه و شرایط مرزی بروز پدیده تشدید ..... ۱۰۳
- شکل (۷۴-۲): فیلتر فعال DC در پست TIAN GUANG در کشور چین ..... ۱۰۷
- شکل (۷۵-۲): دیاگرام تک خطی فیلتر فعال AC (همه فازها ساختار مشابه دارند) ..... ۱۰۸
- شکل (۷۶-۲): بلوک دیاگرام سیستم کنترل فیلتر فعال هارمونیک ..... ۱۰۹
- شکل (۷۷-۲): نمونه فیلتر فعال AC در پست TJELE در کشور دانمارک ..... ۱۱۰
- شکل (۷۸-۲): راکتور صافی با ایزولاسیون روغنی در THREE GORGES کشور چین ..... ۱۱۲
- شکل (۷۹-۲): راکتور صافی خشک با هسته هوایی در پروژه TIAN GUANG کشور چین ..... ۱۱۲
- شکل (۸۰-۲): نمای برش عرضی الکتروود زمین از نوع خاکی افقی ..... ۱۱۵
- شکل (۸۱-۲): چند نمونه معمول از آرایش الکتروودهای زمین افقی در خاک ..... ۱۱۵
- شکل (۸۲-۲): الکتروود عمودی زمین سیستم CAHORA BASSA HVDC در پست آپولو ..... ۱۱۶
- شکل (۸۳-۲): الکتروود خطی زیر دریا برای بهره‌برداری آندی ..... ۱۱۷
- شکل (۸۹-۲): اتصال T ..... ۱۳۶

- شکل (۹۰-۲): نگهدارنده‌ها ..... ۱۳۶
- شکل (۹۱-۲): خروجی ..... ۱۳۶
- شکل (۹۲-۲): متصل کننده ..... ۱۳۷
- شکل (۹۳-۲): زمین کردن ..... ۱۳۷
- شکل (۹۴-۲): سرپوش انتهایی ..... ۱۳۸
- شکل (۹۵-۲): جداکننده ..... ۱۳۸
- شکل (۹۶-۲): ترانسفورماتور مبدل پروژه TIAN GUANG کشور چین در حال انجام تست در آزمایشگاه ..... ۱۴۳

### فهرست جداول

- جدول (۱-۲): مقایسه مقره‌های بشقابی، چینی و کامپوزیت یکپارچه برای خط انتقال ۴۰۰ کیلوولت DC ..... ۲۵
- جدول (۲-۲): خواص مربوط به دو نوع هادی ..... ۴۵
- جدول (۳-۲): انواع کلیدهای سریع DC و وظایف آن‌ها ..... ۷۶
- جدول (۴-۲): معرفی و کاربرد انواع برقگیر ..... ۸۹
- جدول (۵-۲): نمونه ضرایب نسبی وزن ترانسفورماتور ..... ۱۴۲

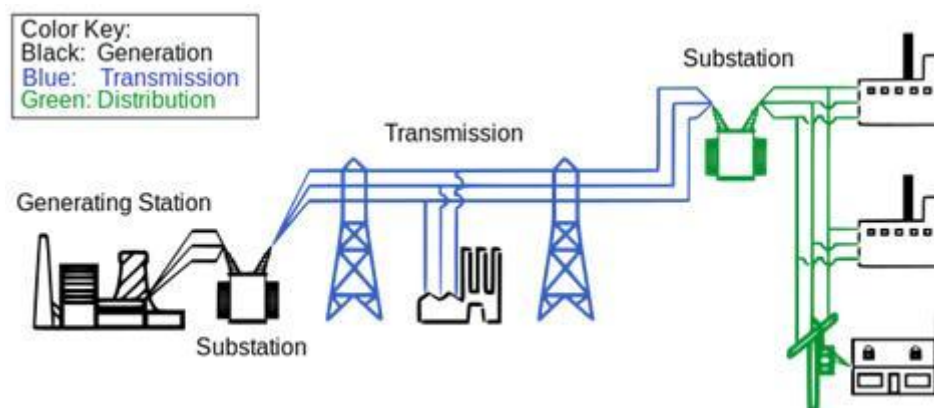
## ۱- مقدمه

تغییرات فناورانه از طریق نوآوری در دنیای کنونی از یک سو و لزوم این تغییرات پرشتاب در محصولات و فرآیندها از سوی دیگر، شرایطی را به وجود آورده است که نوآوری‌های فناورانه به عنوان مهم‌ترین عامل رقابت‌پذیری در سازمان‌های امروزی نمود پیدا کند. امروز دستیابی به نوآوری‌های فناورانه از طریق تحقیق و توسعه با توجه به گستردگی و بین‌رشته‌ای بودن علوم، کاری بسیار دشوار است. از این رو هوشمندی فناوری می‌تواند کاربردهای فراوانی داشته باشد. هوشمندی فناوری از دو بخش شناسایی حوزه‌های فناورانه و آینده‌پژوهی فناوری تشکیل شده است.

در بخش شناسایی حوزه‌های فناورانه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا، کاربردها، اجزاء و زیرسیستم‌های فناوری مورد نظر مشخص می‌گردد. این امر با استفاده از درخت فناوری صورت می‌پذیرد. درخت فناوری با هدایت سیاست‌گذاری در رابطه با فناوری موردنظر به تعیین اولویت‌ها و سمت و سوی کلان حرکت فناوری کمک می‌نماید.

جهت استخراج و تهیه درخت فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا، نخست باید ساختار و اجزا این سیستم‌ها مطالعه و بررسی گردند. سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا شامل دو دسته EHVAC و HVDC می‌باشند که ساختار کلی آن‌ها بصورت زیر می‌باشد.

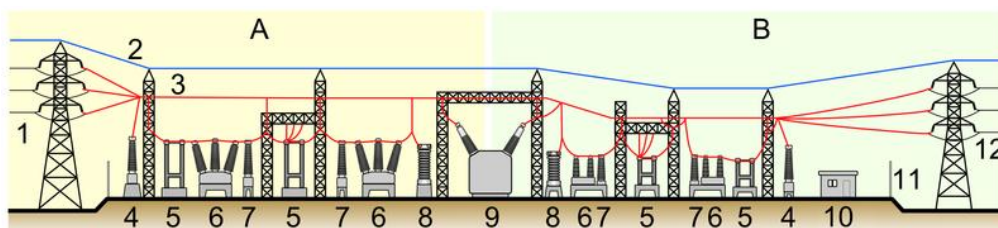
جهت انتقال برق از نیروگاه به مصرف‌کننده از شبکه برق استفاده می‌گردد. شبکه برق دارای قسمت‌های مختلفی می‌باشد که در شکل (۱-۱) آورده شده است.



شکل (۱-۱): نمای کلی شبکه برق



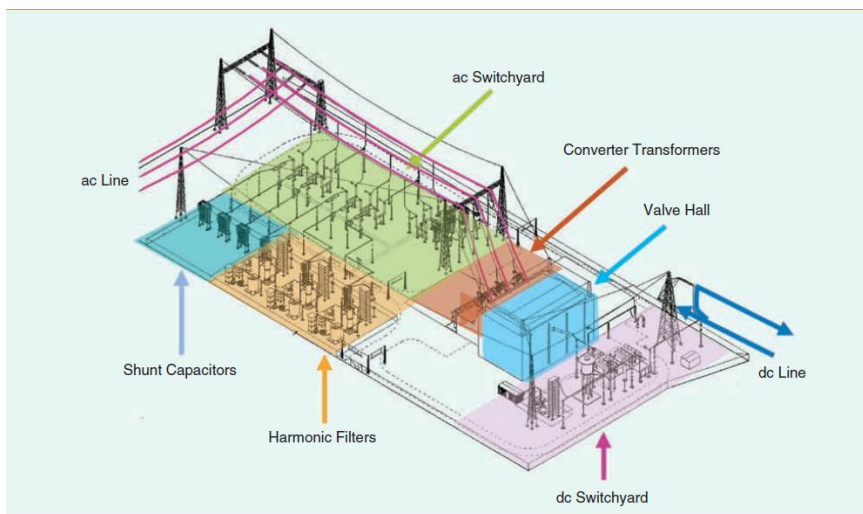
جهت انتقال برق با ظرفیت بالا بایستی ولتاژ برق در شرایط مطلوب قرار گیرد. این امر در پست‌های فشارقوی صورت می‌پذیرد. پس از افزایش ولتاژ، انرژی توسط خطوط انتقال به سمت مصرف‌کننده‌ها هدایت می‌گردد. شکل (۲-۱) اجزای مختلف سیستم انتقال EHVAC را که شامل پست فشارقوی و خطوط انتقال می‌باشد، نشان می‌دهد.



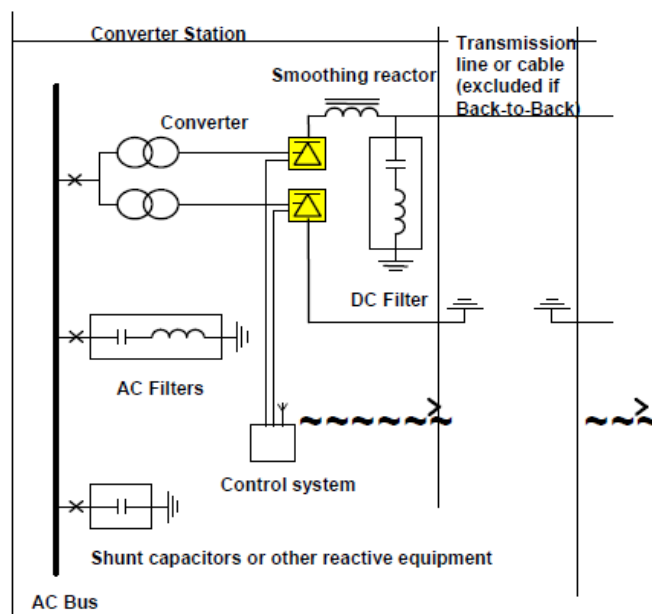
شکل (۲-۱): نمای کلی از چیدمان اجزای یک خط انتقال EHVAC

در شکل (۲-۱) شماره ۱ نشان‌دهنده خط انتقال EHVAC در سمت اولیه است، شماره ۲ سیم محافظ را نشان می‌دهد. شماره ۳ خطوط هوایی، شماره ۴ ترانسفورماتور ولتاژ، شماره ۵ قطع‌کننده‌ها، شماره ۶ کلیدهای قدرت، شماره ۷ ترانسفورماتور جریان، شماره ۸ برقگیر، شماره ۹ ترانسفورماتور قدرت، شماره ۱۰ اتاق کنترل، شماره ۱۱ دیوارکشی جهت مراقبت‌های امنیتی و شماره ۱۲ خط انتقال EHVAC در سمت ثانویه را نشان می‌دهد.

نمای کلی از یک سیستم انتقال HVDC، اجزا و چیدمان آن‌ها در شکل (۳-۱) آمده است. در شکل (۴-۱) نیز اجزای اصلی یک پست HVDC دو پل و خط انتقال آن به صورت شماتیک نشان داده شده است. در این شماتیک الکترودهای زمین، فیلترهای AC و DC، بانک خازنی، ترانسفورماتورهای مبدل، مبدل‌های HVDC و سیستم کنترل و حفاظت آن‌ها نشان داده شده است.



شکل (۳-۱): نمای کلی از چیدمان اجزای یک خط انتقال HVDC



شکل (۴-۱): شماتیک تجهیزات اصلی پست HVDC و خط انتقال

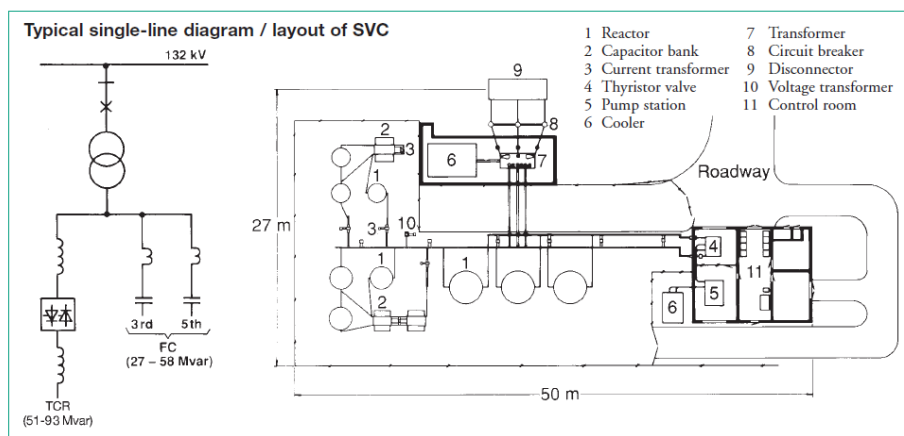
اجزای اصلی سیستم HVDC در بخش خط شامل هادی‌های انتقال هوایی، کابل انتقال HVDC برای خطوط زمینی یا زیر دریا، دکل، مقره و سیم زمین می‌باشد. اجزای اصلی بخش پست نیز شامل مبدل، فیلترهای هارمونیک AC و DC، راکتور صافی، ترانسفورماتور مبدل، بریکرهای فشارقوی AC و DC، الکتروود زمین، سیستم کنترل و جبران‌ساز است.

هر چند ادوات FACTS دارای تنوع وسیعی هستند ولی از نظر ساختار دارای تشابه‌هایی هستند و اجزای بکار رفته در آنها در بسیاری موارد مشابه است بویژه وقتی ادوات نسل اول و دوم بطور مجزا دیده شوند میزان اشتراک اجزا در ادوات هم نسل بسیار زیاد است. شکل (۵-۱) تصویر یک SVC را نشان می‌دهد.



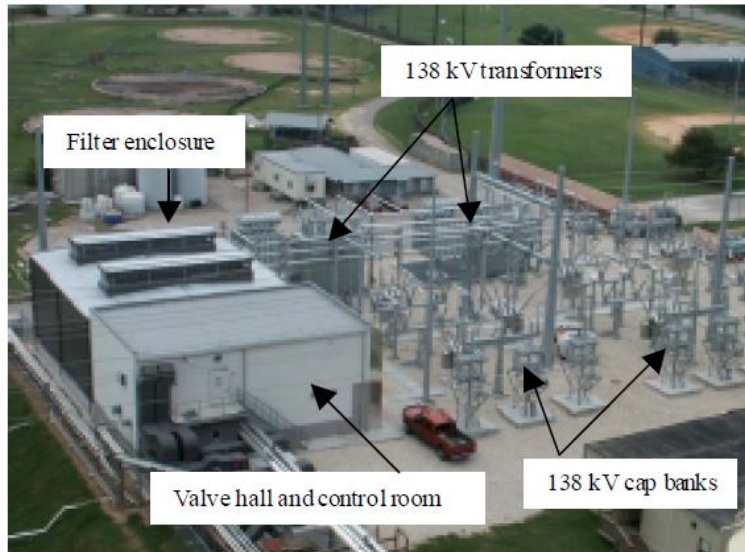
شکل (۵-۱): شمای ساده از یک SVC

اجزای بکار رفته در این تجهیز در شکل (۵-۱) نشان داده شده است



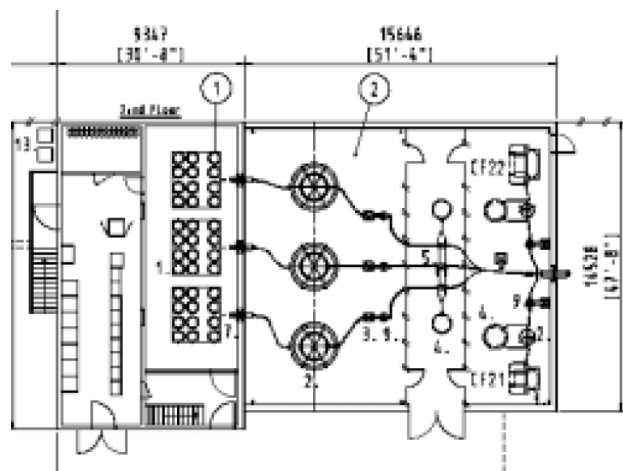
شکل (۶-۱): شمای چیدمان ادوات در SVC

شکل (۷-۱) تصویر یک statcom را نشان می‌دهد.



شکل (۷-۱): شمای یک STATCOM

اجزای بکار رفته در این تجهیز در شکل (۸-۱) نشان داده شده است.



شکل (۸-۱): statcom

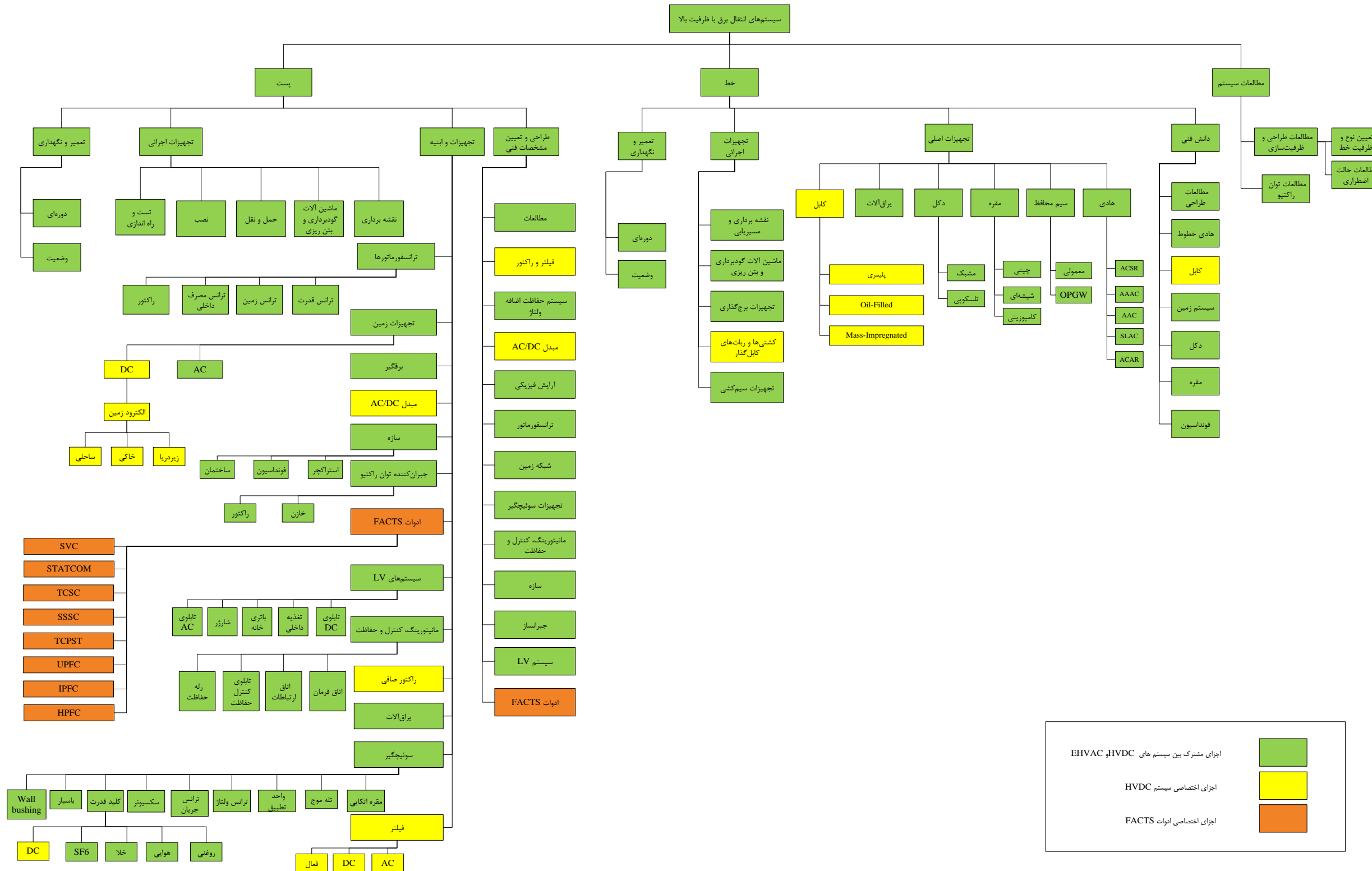
از جمله دیگر ادوات FACTS مهم در حوزه شبکه انتقال TCS است که شکل (۹-۱) ساختار آن را نشان می دهد



شکل (۱-۹): TCSC

بطور کلی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا را می‌توان در سه حوزه مطالعات سیستم، خط و پست طبقه‌بندی نمود که هر یک از حوزه‌ها دارای زیربندهای متفاوتی می‌باشند. رویکردهای مختلفی برای شناسایی حوزه‌های فناوریانه وجود دارد که از میان آن‌ها، رویکرد تهیه نگاشت (درخت) فناوری برای برنامه‌ریزی فناوری در سطح ملی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نگاشت فناوری شامل تعدادی گره و خطوط ارتباطی می‌باشد که هر گره بیانگر یک موضوع، مفهوم، زیرفناوری، کاربرد یا هر نوع اطلاعات دیگر بوده و خطوط ارتباطی بین گره‌ها، نحوه ارتباط آن‌ها با یکدیگر را نشان می‌دهند. یکی از مهمترین کاربردهای نگاشت فناوری، امکان شناسایی و تحلیل و تصمیم‌گیری بر روی فناوری مرتبط با فعالیت‌ها یا فرآیندهای سازمان و همچنین کنترل و ردیابی اثرات فناوریانه آن‌ها بر محصولات و خدمات آن می‌باشد. درخت فناوری که ارائه دهنده نقشه راه دستیابی به فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا می‌باشد در شکل (۱-۱۰) به نمایش گذاشته شده است.

در قسمت آینده‌پژوهی فناوری، با توجه به عدم قطعیت‌های موجود و شناسایی آن‌ها، آینده‌های محتمل برای فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا شناسایی می‌گردد و بر اساس عدم قطعیت‌ها تصمیم‌گیری به گونه‌ای انجام می‌شود که در ادامه نقشه راه برای تک تک سناریوها یا برای پانچ بر جاترین آن‌ها تدوین گردد.



شکل (۱-۱): درخت فناوری



## ۲- شناسایی حوزه‌های فناورانه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

در این بخش کاربردها، اجزاء و زیرسیستم‌های فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا مشخص می‌گردد. بطور کلی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا را می‌توان در سه حوزه مطالعات سیستمی، خط و پست طبقه‌بندی نمود که هر یک از حوزه‌ها دارای زیربندهای متفاوتی می‌باشند. در ادامه هر یک از این حوزه‌ها به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### ۱-۲- حوزه مطالعات سیستم

اولین قدم در تهیه سند راهبردی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در کشور، استخراج نقشه راه گسترش و توسعه شبکه انتقال می‌باشد. نیازهای آتی کشور طی سال‌های آینده، تنگناهای موجود جهت گسترش شبکه، مشکلات زیست محیطی موجود، جوابگو بودن یا نبودن سیستم‌های فعلی در آینده و ... همگی مواردی هستند که لزوم مطالعات امکان‌سنجی استفاده از کریدورهای انتقال AC یا DC، در ابتدای مسیر راه را موجب می‌شوند. در حوزه مطالعات سیستمی، استراتژی کلی کشور در زمینه تبادلات داخل کشور در مسیرهای مختلف، گسترش تبادل با کشورهای همسایه از طریق زمین یا دریا و ... مورد توجه و بررسی قرار گرفته و نیازهای گسترش شبکه‌های AC یا DC در هر منطقه تعیین می‌گردد.

پایه اصلی توسعه شبکه انتقال را طراحی مسیرهای اصلی انتقال توان در شبکه تشکیل می‌دهد. معمولاً نقاط تولید در نزدیکی مراکز مصرف نیستند و برای انتقال حجم نسبتاً بالایی از تولید به مراکز مصرف، نیاز به مسیرهای انتقال توان می‌باشد. در حال حاضر دو فناوری انتقال با سطح ولتاژ AC و در ولتاژ بسیار بالا (EHV) و فناوری انتقال با سطح ولتاژ DC برای انتقال حجم بالای توان در مسیرهای طولانی در جهان کاربرد دارد. هر یک از این دو فناوری، مزیت‌های نسبی مربوط به خود را دارد که با انجام مطالعات امکان‌سنجی توسعه شبکه و برای هر مورد می‌توان طرح مناسب را برای انتقال توان یافت.

در اکثر مطالعات در سطح دنیا برای توسعه شبکه انتقال، رویکرد بر مبنای سناریو<sup>۱</sup> حاکم است. در این فلسفه طراحی شبکه، ابتدا سناریوهای مختلف توسعه شبکه بر اساس وضعیت موجود و تنگناهای انتقال توان در شبکه و همچنین نیازهای آتی برای انتقال توان در آینده، پیشنهاد می‌شوند. برای هر یک از این سناریوها، دو دسته مطالعات شامل مطالعات فنی به منظور اطمینان از کفایت ظرفیت لازم و مطالعات اقتصادی به منظور انتخاب طرح بهینه انجام می‌شود و سپس با توجه به نتایج این دو دسته مطالعات، انتخاب طرح برتر انجام می‌شود. در شکل (۱-۲) مراحل انجام مطالعات توسعه شبکه از مرحله پیش‌امکان‌سنجی تا طراحی تفصیلی مشاهده می‌شود. یکی از نکات مهم نشان داده شده در این شکل، میزان تخمین یا عدم قطعیت در برآورد بودجه لازم برای انجام طرح توسعه است. همانطور که دیده می‌شود با پیشروی در مراحل انجام مطالعات، تخمین بودجه دقیق‌تر شده و عدم قطعیت آن کاهش می‌یابد. با توجه به مفهوم ایجاد شده برای توسعه شبکه در این شکل، آنچه که برای تدوین نقشه راه و سیاست‌گذاری توسعه شبکه بر اساس یکی از دو فناوری انتقال با سطح ولتاژ AC و یا سطح ولتاژ DC باید مورد نظر قرار گیرد، مرحله اول (پیش‌امکان‌سنجی) و یا شاید بخشی از مرحله دوم مطالعات مقدماتی است. البته ممکن است همان مطالعات پیش‌امکان‌سنجی نیز کفایت لازم را برای تصمیم‌گیری و تدوین نقشه راه ایجاد نماید.

<sup>۱</sup>- Scenario Based



% Probable Accuracy of Estimate	Study Phases			
	Order of Magnitude	Preliminary	Definitive	Detailed
± 30				
± 25				
± 20				
± 15				
± 10				
Type of Estimate	Order of Magnitude	Preliminary	Definitive	Detailed
Provided Documentation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Product capacity and Location</li> <li>Cost Data on Similar Projects</li> <li>Major Equipment List</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Preliminary Equipment List</li> <li>Engineering Line Diagram</li> <li>Plant Outline General Arrangement</li> <li>Maps and Surveys</li> <li>Bench Test Results</li> <li>Nature of Facilities</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipment Specifications and Vendor Quotations</li> <li>Construction Schedule</li> <li>Electrical One Lines</li> <li>Piping and Instrumentation Flow Diagrams</li> <li>Soil Data and Architect Features</li> <li>Site Survey and Labour Complete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bulk Material Specifications and Vendor Quotes</li> <li>Construction Specification and Sub Contractor Quotations</li> <li>Engineering Advanced Approximately 10%</li> </ul>
Definition of Scope of Work	Conceptual	Approximate	Clearly Described Essentially Complete	Complete, Well Detailed
Estimating Procedure	Factoring	Combination of Factoring and Quantity Take-Off	Most Quantity Take-Off, Very little Factoring	Complete Quantity Take-Off
Use of Study	Comparison/Rejection	Final Feasibility	Budget	Funding

شکل (۲-۱): مراحل انجام طرح توسعه شبکه

## ۲-۱-۱- مطالعات طراحی و ظرفیت‌سازی

مهمترین بخش از مطالعات فنی در راستای تهیه نقشه راه شبکه، مطالعات ظرفیت‌سازی و کنترل گردش توان در شبکه است که عمدتاً با استفاده از تحلیل پخش بار DC انجام می‌گیرد. در خصوص کربدورهای AC، آنچه که در انتقال توان و نحوه جابجایی آن در سطح شبکه برای مطالعات پیش‌امکان‌سنجی کفایت می‌کند، تحلیل پخش بار DC است که به خوبی می‌تواند ظرفیت‌های انتقال توان مورد نیاز در شبکه را شناسایی کرده و کربدورهای لازم برای انتقال توان را نشان دهد. از آنجا که کنترل توان عبوری از خطوط DC بطور کامل قابل انجام است، بنابراین می‌توان کربدورهای DC را نیز در پخش بار DC مدلسازی نمود. در کل دو فعالیت عمده در این بخش صورت می‌گیرد:

### تعیین نوع و ظرفیت خط

در ابتدا با انجام مطالعات پخش بار، نوع خطوط DC یا AC موردنیاز در شبکه و محل موردنظر برای آن تعیین می‌گردد.

### مطالعات حالت اضطراری

علاوه بر مطالعات در حالت کارکرد عادی شبکه، برای تحلیل و ارزیابی کارکرد در حالت اضطراری نیز مطالعات شبکه و تحلیل پخش بار صورت می‌گیرد.

## ۲-۱-۲- مطالعات توان راکتیو

در کنار مطالعات ظرفیت‌سازی، یکی دیگر از مطالعات لازم در هر دو بخش خطوط AC و DC، مطالعات توان راکتیو است. از آنجا که خطوط AC طویل و با سطح ولتاژ بالا، مقادیر بزرگی توان راکتیو به شبکه (خصوصاً در زمان کم‌باری) تزریق می‌کنند، بنابراین تحلیل توان راکتیو برای این خطوط کاملاً لازم و ضروری است. از سوی دیگر، ایستگاه‌های دو طرف خطوط DC به واسطه وجود مبدل‌های الکترونیک قدرت، حجم بالایی از توان راکتیو را جذب می‌کنند. بنابراین در اینجا نیز مطالعه توان راکتیو لازم است. البته شاید بتوان گفت مطالعات توان راکتیو بیشتر در مرحله مطالعات مقدماتی کاربرد دارد. لکن به خاطر دید کلی از میزان گردش توان راکتیو در شبکه، ممکن است نیاز باشد در مرحله پیش‌امکان‌سنجی نیز در نظر گرفته شود. لازم به ذکر است که در کنار مطالعات فنی، مطالعات اقتصادی به منظور برآورد کلی هزینه‌های سناریوهای پیشنهادی نیز لازم است تا بتوان در نگرشی کلی، مقایسه‌ای بین طرح‌های مختلف انجام داد. البته در اینجا هزینه‌های تجهیزات بسیار کلی و تقریبی دیده می‌شود و همانطور که در شکل (۲-۱) نیز مشاهده می‌گردد، دقت تخمین در این مرحله نسبتاً پایین و عدم قطعیت هزینه‌ها بالا است.

## ۲-۲- حوزه خط

به دلیل آنکه نیروگاه‌ها در خارج از مناطق شهری می‌باشند، نیاز است به گونه‌ای انرژی برق تولیدی توسط این نیروگاه‌ها به مصرف‌کنندگان برسد. بدین منظور وجود خطوط انتقال الزامی است. با طراحی و بهره‌برداری از خطوط انتقال علاوه بر برق‌رسانی به مصرف‌کننده‌ها، مزایایی نظیر افزایش قابلیت اطمینان شبکه، ارتباط دو منطقه با پیک بار غیر همزمان و بهبود برق‌رسانی، ارتباط بین کشورها و... نیز تامین می‌گردد.

## ۲-۲-۱- تجهیزات اصلی

جهت احداث خط و بهره‌برداری از آن نیاز به تجهیزاتی نظیر هادی، مقره، دکل، سیم محافظ و سایر یراق‌آلات می‌باشد؛ به عنوان مثال نقش دکل‌های خط انتقال نگهداری هادی‌ها در فاصله هوایی مناسب از یکدیگر و از زمین بوده و زنجیره مقره نیز برای نگهداری و ایزوله نمودن هادی‌های تحت ولتاژ بالا از بدنه دکل‌ها تعبیه می‌گردد. همچنین سیم محافظ هوایی که در سرتاسر مسیر خط امتداد می‌یابد تنها به عنوان چتری محافظ بر روی هادی‌ها بوده تا آنرا از برخورد مستقیم صاعقه و ایجاد اختلال در انتقال انرژی مصون دارد. در ادامه در رابطه با آن‌ها توضیحاتی ارائه می‌گردد.

### ۲-۲-۱-۱- هادی

هادی یا رسانا به مواردی گفته می‌شود که قابلیت عبور جریان الکتریکی را از خود داشته باشند. در خطوط انتقال نیز عامل اصلی انتقال انرژی برق همین هادی‌ها هستند. جنس هادی‌ها در خطوط انتقال معمولاً فولاد، آلومینیوم یا آلیاژی از آلومینیوم می‌باشد و مس کاربرد چندانی در هادی‌های خطوط انتقال ندارند. هادی‌هایی نظیر ACSR/GS، ACSR/AS، ACSR/AW، AAC، ACAR و AAC هادی‌های پرکاربرد در صنعت برق می‌باشند که از بین آن‌ها ACSR/GS بیشترین کاربرد را در خطوط انتقال دارند و هادی‌های AAC کاربرد چندانی در خطوط انتقال ندارند. هادی‌های ACSR بیشتر در جاهایی که فاصله دکل‌ها از هم بیشتر و شرایط آب و هوایی سخت می‌باشد، کاربرد دارند. شکل (۲-۲) نمایشگر یک هادی ACSR می‌باشد.



شکل (۲-۲): یک نمونه هادی ACSR

### هادی‌های آلومینیوم – فولاد (ACSR)

این هادی‌ها با ترکیبی از رشته‌های آلومینیوم با درجه خلوص بالا و رشته‌های فولاد گالوانیزه بافته می‌شوند که رشته‌های فولادی در لایه‌های مرکزی و رشته‌های آلومینیومی در لایه‌های بیرونی قرار دارند. سیم‌های فولاد گالوانیزه (GS) در کلاس‌های مختلفی از پوشش گالوانیزه تولید می‌شوند. این هادی‌ها معمولاً به تنهایی به عنوان رسانا مورد استفاده قرار نمی‌گیرند اما به عنوان سیم گارد کاربرد گسترده‌ای دارند. با توجه به اینکه در مناطق آلوده، مقاومت فولاد گالوانیزه در مقابل خوردگی کم است می‌توان از مغزی فولاد با روکش آلومینیومی (نوع AW یا AS) استفاده نمود. در نوع AS، آلومینیوم جامد بدون اینکه ذوب گردد با یک فرآیند حرارتی مناسب به صورت روکش روی سطح رشته‌های فولادی قرار می‌گیرد. در نوع AW پودر مخصوصی از آلومینیوم روی سطح رشته‌های فولادی فشرده شده و با فرآیند حرارتی ویژه‌ای بدون اینکه آلومینیوم ذوب شود رشته‌های فولادی پوشش داده می‌شود. هادی نوع AZ مشابه هادی‌های AS و AW بوده با این تفاوت که به جای رشته‌های فولادی روکش آلومینیوم AS یا AW در هسته مرکزی، از نوع رشته‌های فولادی روکش آلومینیوم AZ استفاده می‌گردد. کد یا خلاصه عناوین هادی‌های ACSR برگرفته از واژه‌های زیر می‌باشد:

⇒ Aluminum Conductor Steel Reinforced

برای مغزی فولادی هادی‌ها نیز عناوین GS و AS و AW و AZ در نظر گرفته شده است که این کدها برگرفته از عبارات زیر می‌باشند:

⇒ Galvanized Steel Core=GS

⇒ Aluminum Steel Core= AS

⇒ Aluminum Clad Steel Core= AW

⇒ Aluminum Coated Steel Core=AZ

بنابراین هادی‌های ACSR می‌توانند از انواع مختلف تشکیل شوند. در مواردی که شدت آلودگی در مسیر خطوط نیرو بالا نیست می‌توان از هادی‌های با مغزی فولادی گالوانیزه یا ACSR/GS که ارزان‌تر از دیگر انواع هادی‌ها یعنی ACSR/AS یا ACSR/AW می‌باشد، استفاده نمود. به هر حال استفاده از دو نوع هادی اخیر، میزان خوردگی هادی‌ها را در مناطق آلوده کاهش می‌دهد. هادی AZ نیز در مقابل خوردگی دارای مقاومت مناسبی است اما در مقایسه با AS و AW مقاومت آن در مقابل خوردگی کمتر است به همین دلیل در مقایسه با رشته‌های فولادی روکش آلومینیوم AW و AS کاربرد کمتری دارد.

### هادی‌ها AAC

این هادی‌ها تنها از بافت رشته‌های آلومینیوم با درجه خلوص بالاتر از ۹۹/۵ درصد ساخته می‌شوند. بکارگیری آلومینیوم خالص در تمام رشته‌ها سبب پدیدار شدن ویژگی‌های مثبت و منفی می‌گردد که از جمله آن‌ها می‌توان به کاهش مقاومت کششی، کاهش وزن، افزایش عمر هادی در مناطق آلوده و هدایت الکتریکی مناسب‌تر آن‌ها اشاره نمود. خلاصه نام این نوع هادی‌ها از واژه‌های زیر گرفته شده است:

#### ⇒ All Aluminum Conductor

این نوع هادی‌ها در برابر آلودگی، مقاومت بیشتری از هادی‌های آلومینیوم-فولادی ارائه می‌دهند و لذا استفاده از آن‌ها بیشتر در مناطق آلوده انجام می‌گیرد.

### هادی‌های AAAC

این نوع هادی‌ها تنها از آلیاژ مقاوم آلومینیوم ساخته می‌شوند. عنوان این هادی‌ها نیز از عبارت زیر گرفته شده است.

#### ⇒ All Aluminum Alloy Conductor

مقاومت این نوع هادی‌ها در مقابل خوردگی بیش از هادی‌های ACSR می‌باشد به همین دلیل اگر چه قیمت این نوع هادی‌ها بیشتر است ولیکن به لحاظ عمر بیشتر، عمدتاً در مناطق آلوده می‌توان از آن‌ها استفاده نمود.

### هادی‌های ACAR

هادی‌های ACAR با ترکیبی از رشته‌های آلیاژ مقاوم آلومینیوم در لایه‌های مرکزی و رشته‌های آلومینیوم با درجه خلوص بالا در لایه‌های بیرونی بافته می‌شوند. در حقیقت این هادی دارای مشخصه‌ای در حد فاصله دو هادی AAC و AAAC می‌باشد. عنوان این هادی‌ها از واژه‌های زیر گرفته شده است:

#### ⇒ Aluminum Conductor Aluminum Alloy Reinforced

این نوع هادی‌ها نیز دارای مقاومت مناسبی در مقابل خوردگی می‌باشند، اما مقاومت مکانیکی آن‌ها نسبت به هادی‌های AAAC کمتر است. به همین دلیل از این نوع هادی‌ها در مناطق آلوده و گرم که دارای زمستان سخت نیستند، استفاده می‌گردد. در دیگر مناطق از این نوع هادی‌ها می‌توان در اسپن‌های کوتاه استفاده نمود.

### هادی با تلفات کم (SLAC)

بررسی‌ها نشان داده است که با تغییر شکل رشته‌ها در هادی‌های ACSR می‌توان ظرفیت انتقالی آن را به میزان قابل توجهی افزایش داد. هادی SLAC طوری ساخته شده است که نسبت به هادی ACSR با قطر و وزن مشابه، حدود ۱۱ تا ۱۳ درصد مقاومت الکتریکی کمتری دارد. در هادی‌های ACSR معمولی کلیه رشته‌های آلومینیومی و فولادی دارای مقاطع دایره‌ای شکل می‌باشند در حالی که در هادی‌های SLAC با انتخاب مقاطع غیر دایره‌ای، فاصله هوایی بین رشته‌ها کمتر می‌شود. این هادی‌ها کاملاً مشابه هادی‌های ACSR بوده و تنها به خاطر دارا بودن ظرفیت انتقال بالاتر و کم بودن تلفات به نام SMALLOSSACSR شناخته شده‌اند.

### سایر موارد

هادی آلیاژ آلومینیوم، آلمک - آلدری و هادی فولادی با روکش آلومینیومی از دیگر هادی‌های موجود می‌باشند. هادی آلیاژ آلومینیوم، آلمک - آلدری دارای خلوصی حدود ۹۸/۳ درصد بوده و تقریباً ۶۵ تا ۷۵ درصد از وزن آن را منیزیم تشکیل می‌دهد. و نیز حدود ۵ تا ۶ درصد از سیلیسیم می‌باشد. این هادی معمولاً در خطوط ۶۳ کیلوولت با اسپن‌های کوتاه (۱۵۰ تا ۲۰۰ متر) مورد استفاده قرار می‌گیرد. در هادی فولادی با روکش آلومینیومی (Aluminum Clad Steel) از آلومینیوم به عنوان روکش هادی‌های فولادی استفاده شده است. نوع فولاد مورد استفاده می‌تواند از نوع معمولی دارای مقاومت مکانیکی بین  $120-140 \text{ kg/mm}^2$  و یا فولاد نوع سخت دارای مقاومت مکانیکی بین  $150-180 \text{ kg/mm}^2$  باشد. کاربرد این هادی‌ها در خطوط هوایی به عنوان سیم محافظ می‌باشد.

لازم به ذکر است که در خطوط AC و سیستم‌های HVDC هوایی (خطوط OHL)<sup>۱</sup> هادی‌های مورد استفاده اغلب از نوع ACSR می‌باشند.

<sup>۱</sup>- OverHead Line

## ۲-۲-۱-۲-۲-کابل

امروزه برای انتقال توان HVDC تکنولوژی خطوط هوایی OHL و کابل‌های زمینی یا دریایی مطرح هستند. کاربرد عمده خطوط هوایی در ظرفیت بالای ۱۰۰۰ مگاوات و فواصل بیش از ۲۰۰ کیلومتر است. از کابل‌های زیرزمینی یا دریایی نیز اغلب برای انتقال توان‌های ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ مگاوات در فواصل بیش از ۵۰ کیلومتر استفاده می‌شود. این دو تکنولوژی با یکدیگر سازگار می‌باشند و می‌توان به صورت ترکیبی از خطوط هوایی و کابل استفاده نمود، برای این منظور اتصالات خاصی<sup>۱</sup> پیش‌بینی شده است.

هزینه کابل زمینی حدود ۲ تا ۳ برابر خطوط هوایی OHL است که با در نظر گرفتن هزینه‌های پست HVDC هزینه نهایی پروژه را تا حدود ۱/۵ برابر افزایش می‌دهد. بنابراین استفاده از کابل زیرزمینی به جای خطوط هوایی OHL صرفه اقتصادی ندارد و در برخی از پروژه‌ها به عنوان بخش کوچکی از خط انتقال و یا به دلیل مسائل زیست محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد اصلی کابل‌های زیردریایی HVDC در اتصال جزایر یا کشورها از طریق دریا و یا اتصال پلت فرم‌های دور از ساحل به شبکه قدرت است. با توجه به مشکلات انتقال توان AC از طریق کابل در فواصل زیاد (به دلیل خازن معادل خط و مشکلات پایداری شبکه)، کاربرد اصلی خطوط انتقال کابلی HVDC در این حوزه است.

کابل‌های HVDC از سال ۱۹۵۰ میلادی به صورت تجاری به کار گرفته شده است. در طول زمان با پیشرفت فناوری HVDC و افزایش سطح ولتاژ و جریان، مواد عایقی مختلفی در ساختار کابل مورد استفاده قرار گرفته است. در ادامه سه نوع کابل فشارقوی که در حیطه سیستم‌های انتقال HVDC مطرح هستند، معرفی می‌گردد.

### کابل‌های روغنی کم فشار<sup>۲</sup>

این کابل با عایقی از لایه‌های کاغذی با روغن با ویسکوزیته پایین پر شده است و به دلیل محدودیت‌های هیدرولیکی تا مسافت ۵۰ کیلومتر کاربرد دارد. در عمل روغن در یک مجرای طولی قرار داشته و آزادانه در طول کابل حرکت می‌کند. در

<sup>۱</sup> - Transition connection

<sup>۲</sup> - Low pressure oil filled cables

این نوع کابل برای جلوگیری از پیدایش حفره در عایق هنگام خنک شدن کابل و منقبض شدن روغن، همواره تحت فشار روغن بهره‌برداری می‌گردد. این نوع کابل از گذشته برای ولتاژهای بالای AC و DC مورد استفاده قرار می‌گرفته است. کابل‌های روغنی برای ولتاژهای AC و DC تا ۶۰۰ کیلوولت DC و برای نصب در عمق دریا مناسب هستند. هر چند به دلیل نیاز به جریان روغن داخل کابل، طول خط انتقال به ۱۰۰ کیلومتر محدود شده و احتمال نشت روغن کابل به محیط همواره مطرح است.

### کابل با عایق کاغذی آغشته به روغن (MI)<sup>۱</sup>

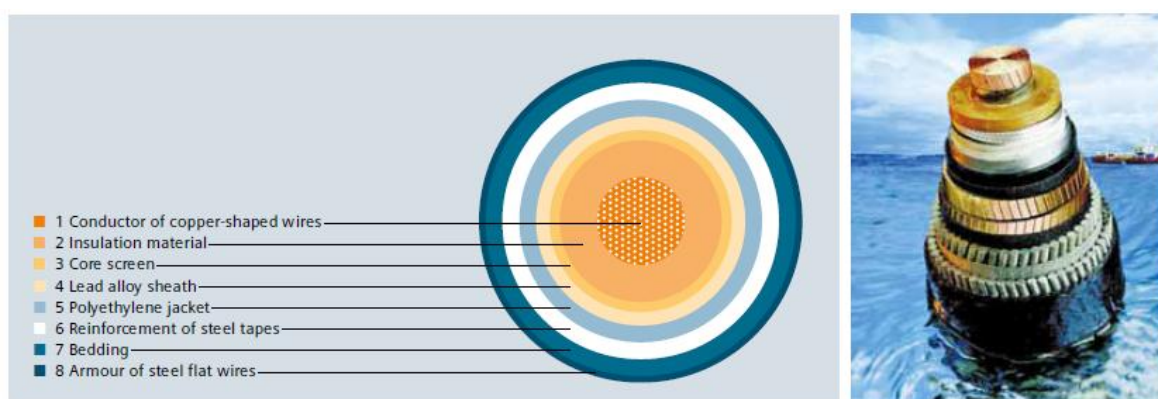
در این نوع کابل‌ها نیازی به تزریق روغن و حفظ فشار آن در داخل کابل وجود ندارد و محدودیت طول نیز شامل آن نمی‌شود. از ترکیب روغن با ویسکوزیته بالا در عایق این کابل استفاده شده است و ساختار فشرده آن نسبت به کابل‌های روغنی، فرآیند نصب را آسانتر می‌سازد. بیشترین کابل‌های مورد استفاده امروزی از این نوع می‌باشد و بیش از ۴۰ سال از عملکرد اولین نمونه‌های این نوع می‌گذرد. این فناوری قابلیت اطمینان خود را به اثبات رسانیده و هم‌اکنون تا سطح ولتاژ ۵۰۰ کیلوولت و ۱۶۰۰ آمپر DC که معادل با ظرفیت نامی ۸۰۰ مگاوات در هر پل و ۱۶۰۰ مگاوات در مجموع دو قطب است، در حال بهره‌برداری می‌باشد. این نوع کابل قابلیت نصب در عمق ۱۰۰۰ متر از سطح دریا و تقریباً بدون محدودیت فاصله را داراست. ظرفیت کابل‌های اشباع شده توسط دمای هادی محدود می‌شود و به همین دلیل این کابل‌ها ظرفیت اضافه‌بار کمی دارند.

شکل (۲-۳) شمای ظاهری و سطوح مسطح این نوع کابل را که از لایه‌های مختلفی تشکیل شده است، نشان می‌دهد. هادی کابل از چندین لایه رشته‌های مسی در اطراف یک رشته مرکزی تشکیل شده است. هادی کابل توسط روغن و کاغذ آغشته به رزین در برگرفته شده است. لایه‌های داخلی از کاغذ کربنی و لایه‌های بیرونی از نوارهای مسی تشکیل شده است. در مرحله بعد کابل اشباع شده با غلافی پوشیده می‌شود تا محیط خارجی در تماس با عایق قرار نگیرد. لایه بعدی لایه محافظت در برابر خوردگی است که از پلی استیلن قالبی تشکیل شده است. برای جلوگیری از تغییر شکل

<sup>۱</sup> - Mass Impregnated Cables



ناخواسته هنگام کابل گذاری، از نوارهای استیل گالوانیزه دور لایه پلی استیلین استفاده می‌شود. بر روی نوارهای استیلین نیز رشته‌های پلی پروپیلین و سیم‌های گارد استیل گالوانیزه قرار می‌گیرند.



شکل (۲-۳): شمای ظاهری کابل اشباع شده و شماتیک لایه‌های آن در برش مقطعی

### کابل‌های پلیمری

کابل‌های پلیمری تنها برای مبدل‌های منبع ولتاژ VSC<sup>۱</sup> که اجازه معکوس نمودن جهت توان بدون تغییر پلاریته را می‌دهند به کار می‌روند. تا سال ۲۰۱۱ این تکنولوژی تنها تا سطح ولتاژ  $\pm 200$  کیلوولت (با ظرفیت نامی ۴۰۰ مگاوات) مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به آنکه پروژه‌هایی با ولتاژ  $\pm 320$  کیلوولت و ظرفیت انتقال ۸۰۰ مگاوات در حال ساخت می‌باشد، سطح ولتاژ و ظرفیت انتقال این نوع کابل‌ها نیز در آینده نزدیک افزایش خواهد یافت.

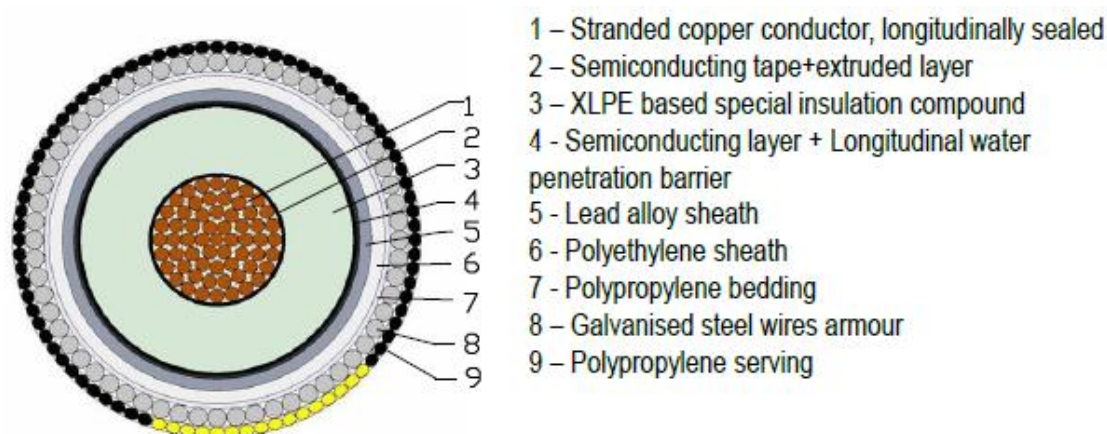
کابل با عایق قالبی یکپارچه<sup>۲</sup> نمونه خاصی از کابل‌های پلیمری محسوب می‌شود. این نوع کابل شامل یک لایه نیمه هادی، ترکیب عایقی (برای مثال XLPE<sup>۳</sup>) و یک لایه خارجی نیمه هادی در بخش اصلی عایق است که این سه لایه به صورت یکپارچه و همزمان از قالب خارج می‌شوند. هادی اصلی کابل داخل این لایه‌ها قرار دارد. پس از این سه لایه نیز

<sup>۱</sup> - Voltage Source Converter

<sup>۲</sup> - Extruded Insulation Cables

<sup>۳</sup> - Cross Linked Polyethylene

نوار ضد آب و لایه‌های حفاظتی کابل قرار می‌گیرند. در شکل (۲-۴) لایه‌های یک نمونه از این نوع کابل مشخص شده است.



شکل (۲-۴): نمای شماتیک لایه‌های درونی از یک کابل با عایق قالبی یکپارچه

در مورد زمینه‌های تحقیقاتی جدید فناوری ساخت کابل HVDC نیز بیشتر فعالیت‌های تحقیق و توسعه بر استفاده از مواد عایقی برای تولید کابل متمرکز شده است. برای فائق آمدن بر معایب کابل‌های معمول که پیشتر به آن اشاره شد تحقیقات زیادی صورت گرفته است که نتیجه آن‌ها پیدایش کابل XLPE است. هادی از چند بخش مسی تشکیل شده که با لایه‌های قالبی XLPE عایق‌بندی شده است. ماده عایقی مذکور تا دمای  $90^{\circ}$  سانتیگراد هادی و دمای اتصال کوتاه  $250^{\circ}$  سانتیگراد مناسب است. هر چند کاربرد اصلی کابل XLPE برای نصب روی زمین و صنایع ساحلی است، XLPE با مواد عایقی قالبی برای سیستم‌های HVDC با ظرفیت‌های انتقال پایین در دست توسعه و گسترش است. در روش دیگر، به جای کاغذ آغشته به روغن از یک لایه فیلم نازک پروپیلن استفاده می‌شود. این نوع کابل تست‌های اولیه را گذرانده و لوازم جانبی آن همچون اتصالات کابل در حال تست و بررسی هستند. این نوع کابل می‌تواند حدود ۶۰ درصد بیشتر تنش الکتریکی را هنگام بهره‌برداری تحمل نماید و بنابراین برای کابل‌های زیردریایی بسیار طولانی و عمیق گزینه مناسبی است.

زمینه دیگر تحقیقاتی آرایش کابل‌های انتقال است. در سیستم‌های انتقال تک قطبی مسیر برگشت زمین و یا کابل دوم است. استفاده از زمین به عنوان مسیر برگشت مشکلات محیط زیستی متعددی در بردارد و در روش دوم نیز کابل برگشت

هزینه گزافی به پروژه تحمیل می‌کند. بنابراین یک کابل جدید با هادی برگشت داخل آن ابداع شده است. در این نوع کابل، هسته مرکزی همان طراحی معمولی کابل اشباع روغن را داشته و هادی برگشت خارج غلاف کابل قرار داده می‌شود. این هادی همچنین بخشی از زره (پوشش) کابل را تشکیل می‌دهد که با لایه سیمی استیل در خارج آن تکمیل می‌گردد. این نوع از کابل با سطوح ولتاژ ۲۵۰ کیلوولت و ظرفیت نامی ۲۵۰ مگاوات بین اسکاتلند و ایرلند شمالی نصب شده است. تحقیق و توسعه برای افزایش سطح ولتاژ و ظرفیت نامی این نوع کابل با هادی برگشت یکپارچه در حال انجام است.

### ۲-۱-۳-سیم محافظ

خطوط هوایی انتقال نیرو به علت داشتن مسیرهای طولانی و قرار گرفتن در محیط آزاد، دائم‌تحت تاثیر شرایط جوی محیط اطراف خود قرار دارند. گاهی این شرایط می‌تواند موجبات بروز مشکلاتی در عملکرد خطوط انتقال و در نتیجه بروز اختلال در شبکه شود. یکی از عوامل مهم جوی که همواره تداوم برق‌رسانی خطوط انتقال را تهدید می‌کند، صاعقه است. به دلیل بلند بودن ارتفاع برج‌های انتقال نیرو و بعضاً پهن بودن سر برج‌ها، احتمال برخورد صاعقه با برج و هادی‌های خطوط انتقال بسیار بیشتر از احتمال برخورد صاعقه به زمین مجاور آن است. با توجه به این موارد باید شرایطی را فراهم کرد که پس از اصابت صاعقه به سیستم انتقال نیرو، با ایجاد مسیرهای مناسب جریان، به طریقی از اثرات بعدی آن جلوگیری بعمل آورد. بدین منظور از سیم محافظ استفاده می‌شود.

### سیم محافظ معمولی

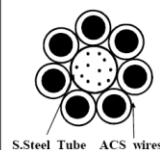
این نوع سیم محافظ که در بالای برج و در ارتباط فیزیکی با بدنه برج نصب می‌شود، حفاظت سیستم انتقال نیرو در مقابل اصابت مستقیم صاعقه به هادی فاز و ولتاژ القایی در هادی‌های فاز در اثر اصابت صاعقه به زمین اطراف خط را بر عهده دارد. سیم‌های محافظ معمولی، فقط به منظور محافظت خط انتقال بکار می‌روند.

### سیم محافظ OPGW

امروزه استفاده از سیم‌های محافظ OPGW باعث شده است که این نوع سیم محافظ با دو هدف محافظت و انتقال اطلاعات بکار رود. سیم محافظ OPGW از فیبرهای نوری مخابراتی پوشیده شده با پوشش شیشه‌ای انعطاف‌پذیر ساخته

شده است که این مجموعه توسط هادی‌های فلزی به هم بافته شده متحدالمرکز احاطه شده است. شکل (۲-۵) نمونه‌ای از این سیم‌ها به همراه مشخصات آن را به نمایش می‌گذارد.

Item	Technical Data :	Number	Material	Value	Unit
01	Tube	1	Steel tube	4	[mm]
02	Total number of fibers	48			
03	Central tube	1	Steel tube	4.0	[mm]
04	First layer roundwire	7	ACS	3.25	[mm]
04.1	(Left handed 'S')		---	---	
05	Second layer roundwire	0	ACS	0.0	[mm]
05.1					
06	Cable diameter			10.50	[mm]
07	Supporting Cross-section			58.1	[mm <sup>2</sup> ]
07.1	Cross-section AA			0.0	[mm <sup>2</sup> ]
07.2	Cross-section AL			0.0	[mm <sup>2</sup> ]
07.3	Cross-section ACS			58.1	[mm <sup>2</sup> ]
07.4	Cross-section steel Galv.			0.0	[mm <sup>2</sup> ]
08	Cross-section ratio (AA, AL) / ACS			0.0	[-]
09	Cable weight		~	417.5	[kg/km]
09.1	weight of AA wires			0.0	[kg/km]
09.2	weight of AL wires			0.0	[kg/km]
09.3	weight of ACS wires			383.9	[kg/km]
09.4	weight of Steel Galv wires			0.0	[kg/km]
09.5	weight of S.S TUBE			32.5	[kg/km]
09.6	weight of Grease			1.1	[kg/km]
10	Calculated breaking load			70.0	[kN]
11	Modulus of elasticity (Initial)			155	[kN/mm <sup>2</sup> ]
11.1	(Final)			158	[kN/mm <sup>2</sup> ]
12	Coefficient of thermal expansion $\times 10^{-6}$			12.6	[1/°C]
13	Maximum tensile stress			506.5	[N/mm <sup>2</sup> ]
14	Everyday stress			193.0	[N/mm <sup>2</sup> ]
15	Permanent tensile stress			868.3	[N/mm <sup>2</sup> ]
16	D.C. Resistance at 20 °C			1.461	[Ohm/km]
17	Conductive cross-section			14.5	[mm <sup>2</sup> ]
18	Calculated IEC 724 Short Circuit current from 20 to 180 °C- at ( 0.5 ) s			6.6	[kA]
19	Calculated IEC 724 Short Circuit current from 20 to 200 °C- at ( 0.5 ) s			7.0	[kA]



شکل (۲-۵): مشخصات یک نمونه از سیم‌های محافظ هوایی OPGW

## ۲-۲-۱-۴-دکل

دکل‌های انتقال شامل دو دسته می‌شوند :

### دکل‌های مشبک

### دکل‌های تلسکوپی

هر کدام از این دکل‌ها ویژگی مخصوص به خود را دارند. برای مثال دکل‌های مشبک نسبت به دکل‌های تلسکوپی ارزان‌تر بوده و تحمل نیروی بیشتری را دارند، در صورتی که دکل‌های تلسکوپی فضای کمتری را اشغال کرده و در زیبایی‌های بصری موثر هستند. دکل‌ها با توجه به موقعیت مکانی نیز تقسیم‌بندی می‌شوند. دکل‌های ابتدا و انتهای مسیر

را دکل‌های انتهایی می‌نامند، در این دکل‌ها زنجیره مقرر به صورت کششی می‌باشد. در جاهایی که خطوط انتقال تغییر مسیر می‌دهند از دکل‌های زاویه‌ای استفاده می‌شود این دکل‌ها دارای زنجیره مقرر کششی هستند. سایر دکل‌ها را دکل‌هایی میانی می‌نامند که در آن‌ها زنجیره مقرر به صورت آویزی است. شکل (۲-۶) نشان‌دهنده یک دکل مشبک و یک دکل تلسکوپی می‌باشد.



ب) دکل تلسکوپی



الف) دکل مشبک

شکل (۲-۶): انواع دکل‌های خطوط انتقال

## ۲-۲-۱-۵-مقرر

مقررها که معمولاً از جنس چینی، شیشه و یا کامپوزیت ساخته می‌شوند در خطوط انتقال در محل اتصال هادی با دکل قرار می‌گیرند. مقررها دو وظیفه عمده را بر عهده دارند؛ یکی ایزوله کردن هادی‌ها از دکل و دیگری تحمل نیروهای ناشی از وزن هادی‌ها و همچنین باد و برف. ایزوله کردن نیازمند استقامت الکتریکی مناسب است و تحمل نیروهای مکانیکی، استقامت مکانیکی بالایی می‌خواهد. مقررها به دو صورت در خطوط انتقال به کار می‌روند؛ مقررهای کششی و مقررهای آویزی. مقررهای کششی برای دکل‌هایی که به صورت زاویه دار قرار می‌گیرند استفاده دارند و سایر دکل‌ها زنجیره مقررهای آویزی دارند. هم‌چنین در هر ناحیه به ازای هر ۳ الی ۴ اسپن نیز یک دکل با مقرر کششی قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که استحکام دکل‌هایی که به صورت کششی هستند بیشتر است. شکل (۲-۷) نشان‌دهنده مقرر کششی و آویزی می‌باشد.



(ب) مقره آویزی



(الف) مقره کششی

شکل (۲-۷): مقره‌های کششی و آویزی

### مقره شیشه‌ای

یکی از انواع مقره‌های مورد استفاده برای خطوط انتقال، مقره‌های شیشه‌ای است که علاوه بر خطوط انتقال AC، برای خطوط انتقال هوایی HVDC نیز کاربرد دارد. نمونه‌ای از این نوع مقره که برای کاربردهای HVDC بهینه و طراحی شده است اصطلاحاً HRTG<sup>۱</sup> نامیده می‌شود و امروزه نیز در بسیاری از سیستم‌های انتقال کاربرد دارد. لکن مهمترین انواع ایزولاتورهای مورد استفاده در خطوط HVDC سه نوع زیر می‌باشند که در شکل (۲-۸) شمای ظاهری آن‌ها نشان داده شده است:

↔ مقره بشقابی (چینی و یا شیشه‌ای)

↔ مقره چینی یکپارچه

↔ مقره کامپوزیتی یکپارچه

<sup>۱</sup> - High Resistivity Toughened Glass



شکل (۲-۸): ایزولاتورهای خطوط HVDC به ترتیب از راست به چپ: یکپارچه پلیمری، یکپارچه چینی و مقره بشقابی

مدل بشقابی شامل بشقاب‌های عایقی است که بسته به میزان ولتاژ تعدادی از آن‌ها روی هم سوار می‌شوند، مدت زیادی است که مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل استقامت مکانیکی خوبی داشته و کمتر آسیب می‌بیند. همچنین در محل اتصال رشته منعطف است اما اتصالات این مدل بسیار سنگین بوده و عایق‌ها امکان سوراخ شدن دارند همچنین قابلیت خود تمیزی در این مدل کم است. به علاوه در طول مدت استفاده به ویژه در مناطق آلوده به علت خوردگی پین، امکان کاهش مقاومت مکانیکی و قابلیت اطمینان وجود دارد. این مورد برای خطوط DC از اهمیت بالایی برخوردار است. از معایب دیگر مقره‌های بشقابی قطعات فلزی واسط زیاد در آن‌ها مقدار بالای RIV و سطوح کرونا، قیمت گران و نیاز به استفاده از چینی و طراحی خاص پره برای خطوط انتقال HVDC است.

### مقره چینی

مقره‌های چینی یکپارچه نیز مدت زیادی است که در خط انتقال مورد استفاده قرار می‌گیرند و استقامت مکانیکی خوبی دارند. این مقره‌ها ضد سوراخ شدن بوده و قابلیت خودتمیزی خوبی دارند. همچنین از قطعات فلزی واسط کمتری برخوردار بوده و با توجه به وجود انشعاب در دو انتهای مقره در معرض خوردگی بین به علت مسیر جریان کم قرار ندارند. مزیت دیگر مقره‌های چینی یکپارچه قیمت متعادل و متوسط آن‌ها در مقایسه با سایر مدل‌ها است. این نوع مقره‌ها رشته‌های سنگین و غیرقابل انعطاف داشته و در صورت بروز نوسان زیاد امکان خرابی و شکستگی رشته وجود دارد.

### مقره کامپوزیتی

مقره‌های یکپارچه کامپوزیتی در هر رشته شامل تعداد کمی از ایزولاتورها بوده و هر واحد آن می‌تواند تا ۴۰۰ کیلوولت تحمل عایقی داشته باشد. این مقره‌ها استحکام مکانیکی خوبی داشته و لب‌پر شدن و شکستگی پره در آن‌ها رخ نمی‌دهد.



بسیار سبک بوده و براحتی حمل می‌شوند و موجب سهولت هنگام ساخت، تعمیر و نگهداری خطوط شده و مزایایی لجستیکی برای مکان‌های صعب‌العبور دارند. مقره کامپوزیتی ضد سوراخ شدن بوده و رفتار خودتمیزی خوبی دارد. آب‌گریزی سطوح مقره کامپوزیتی موجب فاصله خزشی کمتر تا آلودگی سطح دو شده و مزیت این نوع مقره می‌باشد. همچنین رفتار کرونا و شاخص RIV بسیار خوبی دارد. طول رشته این مقره‌ها کوتاه‌تر بوده و مقاومت خوبی در برابر نوسان و خرابی دارند. قیمت مقره‌های کامپوزیتی با افزایش شرکت‌های تولید کننده رقابتی شده است. استفاده از مقره‌های کامپوزیتی در کاربرد DC به سال ۱۹۸۵ میلادی در آمریکا باز می‌گردد که سابقه دراز مدتی نیست. شاید تنها عیب این مقره‌ها مقاومت مسیر کمتر آن‌ها در برابر Flash-over باشد که با استفاده از حلقه‌های کرونا بهبود می‌یابد. در جدول (۲-۱) چند مشخصه اصلی مقره‌های بشقابی، چینی یکپارچه و کامپوزیتی یکپارچه با یکدیگر مقایسه شده است.

جدول (۲-۱): مقایسه مقره‌های بشقابی، چینی و کامپوزیت یکپارچه برای خط انتقال ۴۰۰ کیلوولت DC

نوع مقره	مقره بشقابی	مقره چینی یکپارچه	مقره کامپوزیتی یکپارچه
طول زنجیره مقره	۵۲۷۰ میلی متر (۳۱ پره)	۵۴۱۸ میلی متر چهار واحد	۴۴۵۰ میلی متر یک واحد
فاصله خزشی هر واحد	۵۷۰ میلی متر	۴۴۰۲ میلی متر	۱۷۶۴۰ میلی متر
وزن هر زنجیره	۳۳۲ کیلوگرم	۲۰۰ کیلوگرم	۲۸ کیلوگرم
نیروی قابل تحمل	۱۶۰ کیلونیوتن	۱۶۰ کیلونیوتن	۱۶۰ کیلو نیوتن

## ۲-۲-۱-۶- پیراق‌آلات

پیراق‌آلات و اتصالات خطوط نقشی حساس در شبکه انتقال داشته و بایستی در حین بهره‌برداری، از مشخصه مکانیکی و الکتریکی و خاصیت جابجائی (Flexibility) خاصی بر خوردار باشند. این اجزاء در واقع رابط سیم هادی با سیم محافظ برج از طریق مقره و یا بصورت مستقیم می‌باشد. اولین مشخصه پیراق‌آلات داشتن مقاومت مکانیکی بسیار خوب بوده و چون بایستی به سیم که متشکل از لایه‌های آلومینیوم می‌باشد وصل گردیده و دارای شکل‌های گوناگون باشد؛ به ناچار از آلیاژهای فلزی بصورت‌های مختلف ساخته می‌شود. همچنین تاثیر نیروی مکانیکی دائمی در طول عمر این تجهیزات واز طرفی تحمل نیروی متفاوت در اثر شرایط جوی، ساخت و طراحی این تجهیزات را دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای نموده است. چون سیم‌های ناقل



جریان و دارای ولتاژ با این تجهیزات چه بطور مستقیم و یا غیرمستقیم ارتباط دارند، بعضی از اتصالات بایستی تحمل جریان‌های اتصال کوتاه را داشته باشد. همچنین باید از آب شدن قطعات جلوگیری شود و قطعات فرم و شکل خاصی داشته باشند تا در هنگام اعمال ولتاژ نامی، پدیده کرونا اتفاق نیافتد. از طرفی پس از ارتباط این تجهیزات با مقره‌ها و ایجاد زنجیره بصورت آویزی و یا بصورت کششی در جهات مختلف نیرو به آن اعمال می‌شود و لازم است طوری طراحی شوند تا قادر به جابجایی در تمام جهات باشند. بنابراین طراحان و سازندگان بایستی توجه بیشتری در انتخاب قطعه و مواد تشکیل دهنده آن داشته باشند.

### مشخصات فنی یراق‌آلات خط

قطعات بر حسب نوع و کاربردشان بایستی دارای مشخصه‌هایی مانند مقامت مکانیکی مناسب، مقاومت در برابر خوردگی، هدایت الکتریکی لازم، دارا بودن شکل مناسب و عدم وجود برجستگی‌هایزائد و مشخص و... باشند.

### انواع یراق‌آلات از نظر مکانیکی

در یک تقسیم‌بندی عمومی که در آن تنها رفتار مکانیکی یراق‌آلات مورد توجه باشد؛ این تجهیزات به دو گروه عمده تقسیم‌بندی می‌شوند.

#### ۱- یراق‌آلات آماده نصب:

در این گروه قطعه ساخته شده در کارخانه بلافاصله در محل مصرف قابل استفاده است. بنابراین در صورت تعیین خواص مکانیکی آن کارخانه، این خواص در محل مصرف تغییری نخواهد کرد و رفتار قطعه در محل مصرف با رفتار آن در محل آزمایشگاه تفاوت چندانی ندارد.

#### ۲- یراق‌آلات نیمه آماده (یراق‌آلاتی که در زمان نصب نیاز به تغییر شکل دارند):

در این گروه بعلا اینکه بخشی از فرایند ساخت در محل مصرف انجام می‌شود، رفتار مکانیکی قطعه در اثر وجود تفاوت‌های اجرایی به هنگام نصب دستخوش تغییر می‌شود.

گروه اول تقریباً تمام اتصالات زنجیره‌ای مقره را شامل شده و گروه دوم شامل اتصالاتی است که برای رسیدن به وضعیت مطلوب بایستی تحت پرس یا پیچش قرار گرفته و تغییر شکل دهند. گروه دوم اتصالات معمولاً برای هادی‌ها کاربرد داشته و فرایند نهایی که در محل مصرف بر روی آن‌ها اعمال می‌شود اثر قطعی بر رفتار مکانیکی آن‌ها دارد. هر

چند اتصالات هر دو گروه از نظر تولید با روش‌های کمابیش مشابهی ساخته می‌شوند، اما به علت حساسیت گروه دوم بایستی در تولید و نصب آن‌ها دقت و نظارت ویژه‌ای مبذول داشت. با اینکه یراق‌آلات خطوط انتقال نیرو از انواع مختلفی تشکیل شده و علاوه بر آن هر سازنده نیز با توجه به عوامل مختلف در شکل ظاهری این اتصالات تغییراتی بوجود می‌آورد، اما می‌توان فهرستی از این اتصالات در هر یک از دو گروه فوق شرح زیر ترتیب داد.

الف- اتصالات آماده نصب:

- پیچ U شکل U-Bolt
- حلقه Chain
- مهاربند Shackle
- طول افزا Extension Link
- چشمی-تویی Eye-Ball
- دو شاخه-تویی Clevis-Ball
- دو شاخه-چشمی Clevis-Eye
- مادگی-چشمی Socket-Eye
- مادگی-دو شاخه Socket-Clevis
- صفحه یوغ Yoke Plate
- پیچ مهار Turn Buckle
- کلمپ آویزی Suspension Clamp

ب- اتصالات نیمه آماده:

- کلمپ انتهایی Dead End Clamp
- کابلشو سیم جامپر Jumper Terminal
- اتصال میانی کابل Conductor Joint
- غلاف تعمیر کابل Repair Sleeve

ج- تجهیزات ویژه :

چند نوع از یراق‌آلات خطوط انتقال نیز وجود دارند که هر چند دارای کاربردهای بسیار با اهمیتی‌اند، اما به علت نوع کاربرد آن‌ها و نیز خواص ویژه‌ای که دارند در گروه‌های بالا طبقه‌بندی نشده و تحت عنوان تجهیزات ویژه شناخته می‌شوند که عبارتند از:

- جداکننده Spacer
- ارتعاش‌گیر Vibration Damper
- جداکننده ارتعاش‌گیر spacer Damper
- میله‌های محافظ Armour Rod
- حلقه برقگیر Arcing ring
- شاخک برقگیر Horn Arcing
- حلقه تنظیم و لتاز Grading Ring
- حلقه کرونا Ring Corona

جهت اتصال سیم محافظ هوایی و سیم زمین به بدنه برج و افزایش طول آن نیز از یراق‌آلات زیر استفاده می‌شود.

- کلمپ اتصال به موج Tower Bonding Clamp
- کلمپ شیپ موازی Parallel Groove Clap

در ادامه تصاویری و مشخصاتی از یراق‌آلات خط که توسط شرکت یراق‌آوران پویا انتشار یافته؛ آمده است.

↔ مهاربند (Shackle)

- نیروی قابل تحمل : ۸۰ تا ۶۴۰ کیلونیوتن



شکل (۲-۹): قید

↔ چشمی-تویی (Eye-Ball)

- نیروی قابل تحمل : ۸۰ تا ۳۰۰ کیلونیوتن



شکل (۲-۱۰): چشم تویی

↔ دوشاخه تویی (Ball Clevis)

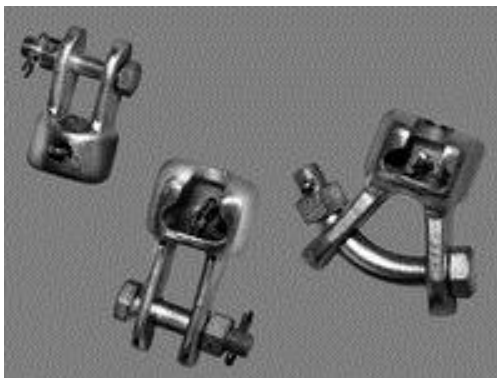
- نیروی قابل تحمل : ۸۰ تا ۳۰۰ کیلونیوتن



شکل (۲-۱۱): تویی مقره

↔ مادگی دوشاخه (Socket Clevis)

- نیروی قابل تحمل : ۸۰ تا ۳۰۰ کیلونیوتن



شکل (۲-۱۲): سوکت مقره

↔ صفحه یوغ (Yoke Plate)

- نیروی قابل تحمل : ۱۲۰ تا ۶۴۰ کیلونیوتن



شکل (۲-۱۳): صفحه یوغ

↔ پیچ مهار (Turnbuckle)

- نیروی قابل تحمل : ۱۲۰ تا ۳۰۰ کیلونیوتن



شکل (۲-۱۴): پیچ مهار

↔ طول افزا (Extension Links)

- نیروی قابل تحمل : ۱۲۰ تا ۶۳۰ کیلونیوتن



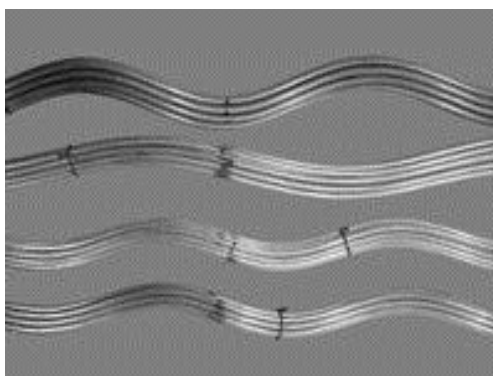
شکل (۲-۱۵): طول افزا

⇐ جداساز و جداساز دمپ کننده (Spacer and Spacer Damper)



شکل (۲-۱۶): جداساز

⇐ میله‌های محافظ (Armour Rod)



شکل (۲-۱۷): میله‌های محافظ

دانش فنی

دانش فنی طراحی خط شامل بخش‌های مختلفی از جمله مطالعات طراحی، نقشه‌برداری و مسیریابی، انتخاب هادی‌ها و کابل‌ها، انتخاب نوع دکل، فونداسیون، طراحی سیستم زمین و انتخاب مقره می‌باشد که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود.

## ۲-۱-۲-۷- مطالعات طراحی

به طور کلی پارامترهای اولیه برای طراحی سیستم انتقال شامل موارد زیر است:

↔ ظرفیت توان مورد نیاز

↔ فاصله انتقال توان

↔ سطح ولتاژ

↔ مقدار اضافه بارهای موقت و دائمی

↔ وضعیت و شرایط شبکه در پست ابتدا و انتهای خط

↔ محدودیت‌های زیست محیطی

موارد زیر نیز در طراحی خط مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرند:

↔ محاسبات لازم در خصوص طراحی سیستم زمین و حفاظت خط از نقطه نظر شیلدینگ مناسب

↔ طراحی و تهیه مشخصات فنی انواع فونداسیون براساس اطلاعات خاک‌شناسی و آزمایش مکانیک خاک

↔ بررسی عملکرد مکانیکی خط شامل تهیه جدول کشش - فلش سیم، بارگذاری برج، انتخاب زنجیره مقره و

براق‌آلات از نقطه نظر مکانیکی و انتخاب دمپرها

↔ بررسی ملاحظات عملی (نظیر شرایط آب و هوایی منطقه، میزان آلودگی منطقه، میزان صاعقه در منطقه و...) به

منظور پیاده‌سازی طراحی انجام پذیرفته در مراحل مختلف

↔ زمین‌شناسی مسیر خطوط انتقال نیرو

↔ برج‌گذاری خطوط انتقال نیرو

↔ مسیریابی خطوط انتقال نیرو

↔ محاسبات پخش بار، اتصال کوتاه و پایداری خطوط انتقال نیرو

↔ مبانی طراحی مکانیکی

↔ تنظیم ولتاژ (رگولاسیون) خطوط انتقال

↔ بارگذاری برج‌های خطوط انتقال نیرو

↔ نحوه اجرای فونداسیون خطوط انتقال

↔ نقشه پهنه‌بندی مناطق چهارگانه آب و هوایی کشور

↔ انتخاب زنجیره مقرر و یراق‌آلات خطوط هوایی انتقال انرژی

در پروژه‌های اجرای خطوط انتقال، برای تهیه مناقصه، در فاز نخست یک طراحی مفهومی بر اساس اطلاعات فنی و ارتباط نزدیک بین سازنده و مشتری انجام می‌شود. طراحی نهایی و مشخصات فنی آن در حقیقت نتیجه خروجی از این طراحی اولیه و جلسات مشاوره با سازنده و منابع تامین‌کننده تجهیزات است. به طوری کلی پیشنهاد می‌گردد قرارداد پروژه بصورت turn key منعقد گردد که این روش حتی در کشورهای توسعه یافته نیز معمول است.

به عنوان مثال زمان لازم برای ساخت و راه‌اندازی پروژه یک خط HVDC از یکسال (برای پروژه‌های VSC) تا ۳ سال برای پروژه‌های بزرگ تریستوری از لحظه عقد قرارداد می‌باشد. امروزه HVDC های مدرن می‌توانند از راه دور نیز مورد بهره‌برداری قرار گیرند. این ویژگی با استفاده از سیستم‌های فنی کنترل میکروپروسسوری و نیمه هادی پیاده‌سازی شده است به طوری که هم اکنون نمونه‌های نصب شده‌ای وجود دارند که بدون وجود اپراتور در حال بهره‌برداری هستند. این ویژگی در مکان‌ها یا در کشورهایی که با کمبود نیروی متخصص مواجه هستند حائز اهمیت است و این امکان را می‌دهد که نیروهای متخصص بتوانند از یک مرکز مشترک، بهره‌برداری از خطوط انتقال را در نقاط مختلف کنترل نمایند.

### مطالعات سیستمی خط

در ابتدای پروسه طراحی خط و پس از انجام مطالعات پیش‌امکان‌سنجی و مقدماتی خط انتقال و انتخاب طرح موردنیاز اعم از خط EHVAC یا HVDC، مطالعات جامع و سپس مطالعات تفصیلی سیستمی باید صورت گیرد. در مطالعات مقدماتی (مفهومی) نیاز به تحلیل پخش بار متعارف (پخش بار AC) و پخش توان راکتیو در شبکه می‌باشد. در مطالعات جامع علاوه بر آن، تحلیل حالات اضطراری، تحلیل اتصال کوتاه، تحلیل پایداری گذرا و دینامیک، کنترل توان راکتیو در شبکه و قابلیت



اطمینان شبکه نیز انجام می‌گیرد. سایر تحلیل‌های جزئی‌تر مانند پخش بار هارمونیک و هماهنگی تجهیزات حفاظتی در مرحله طراحی تفصیلی صورت می‌پذیرد.

در اینجا به معرفی اجمالی این مباحث پرداخته می‌شود:

↔ تحلیل پخش بار در شبکه جهت یافتن نقطه کار شبکه در حالت استاتیک که اولین قدم در راه محاسبات در شبکه قدرت است، انجام می‌گیرد. در بررسی سیستم‌های قدرت، به مطالعه و تجزیه و تحلیل سیستم که با هدف تعیین پارامترهای مهم سیستم در شرایط نرمال یا اضطراری انجام می‌شود، پخش بار می‌گویند. این مطالعات بخش مهمی از تجزیه و تحلیل سیستم قدرت را تشکیل می‌دهد و برای طراحی سیستم، برنامه‌ریزی اقتصادی، کنترل سیستم موجود و هم‌چنین برنامه‌ریزی آینده سیستم ضروری می‌باشد. پارامترهای مورد مطالعه پخش بار شامل مواردی مانند ولتاژها، جریان‌ها، توان‌های اکتیو و راکتیو، تلفات توان، تبادل توان بین سامانه‌های قدرت مختلف، موازنه تولید و مصرف در سامانه، توان‌های انتقالی، محاسبه توان‌های راکتیو مورد نیاز سیستم و دیگر مشخصه‌هایی که می‌توان با استفاده از محاسبه جریان و ولتاژ در بخش‌های مختلف سامانه بررسی کرد، می‌شود.

↔ قابلیت اطمینان یکی از بحث‌های مهم در مطالعات سیستم‌های قدرت می‌باشد که به وسیله آن می‌توان نقاط ضعف شبکه را مشخص نمود و برای بهره‌برداری و برنامه‌ریزی آینده سیستم راهکارهای مناسب ارائه داد. به‌طور کلی اهداف اصلی مطالعات قابلیت اطمینان که جهت سنجش میزان تداوم سرویس‌دهی در شبکه‌های برق مورد استفاده قرار می‌گیرد در دو راستای زیر می‌باشد:

- ارزیابی قابلیت اطمینان به معنی اندازه‌گیری و تعیین کیفیت عملکرد سیستم موجود در گذشته

- پیش‌بینی قابلیت اطمینان به معنی پیش‌گویی کیفیت عملکرد این سیستم یا سیستم‌های مشابه در آینده

↔ در ارزیابی قابلیت اطمینان، هدف به‌دست آوردن عملکرد سیستم و تجهیزات در گذشته بوده که با بررسی این عملکرد می‌توان نقاط ضعف هر یک را به‌دست آورد و سپس نسبت به اصلاح نحوه بهره‌برداری از شبکه، کاهش خاموشی‌ها و حوادث شبکه اقدام نمود. این بخش به منظور ارزیابی وضعیت شبکه موجود از نقطه نظر شاخص‌های قابلیت اطمینان مورد استفاده بوده و اساس کار آن بر اطلاعات حوادث و اتفاقات رخ داده در سیستم استوار است.

هم‌چنین با استفاده از مطالعات ارزیابی قابلیت اطمینان می‌توان تاثیر بهبود عملیات تعمیرات و نگهداری تجهیزات را در چگونگی عملکرد شبکه بررسی کرد.

↩ بخش پیش‌بینی نیز جهت محاسبه شاخص‌های قابلیت اطمینان شبکه مورد استفاده می‌باشد. هدف از انجام مطالعات پیش‌بینی قابلیت اطمینان، اصلاح و بهینه‌سازی طرح‌های توسعه شبکه و تعیین نقاط ضعف شبکه موجود در جهت تداوم سرویس‌دهی به مشترکین می‌باشد. در بخش پیش‌بینی قابلیت اطمینان علاوه بر محاسبه شاخص‌های قابلیت اطمینان شبکه، آنالیز حساسیت جهت تعیین المان‌های موثر در قابلیت اطمینان سیستم نیز انجام می‌پذیرد. هم‌چنین به کمک این مطالعات، می‌توان قابلیت اطمینان چند سیستم را با یکدیگر مقایسه کرده یا وضعیت یک شبکه را در طی سال‌های مختلف بررسی نمود و یا اینکه اثر طرح‌های پیشنهادی مختلف را بر روی قابلیت اطمینان کل شبکه بررسی کرد.

↩ پایداری و لتاژ عبارتست از توانایی یک سیستم قدرت در نگهداری ولتاژ دائمی در همه باس‌های سیستم بعد از بروز اغتشاش در شرایط مشخصی از بهره‌برداری. اغتشاش ممکن است خروج ناگهانی یکی از تجهیزات باشد یا افزایش تدریجی بار. پایه و اساس تحلیل پایداری و لتاژ در سیستم‌های قدرت در برخی موارد بر پخش بار اکتیو و راکتیو حالت دائمی قرار دارد، دسته دوم نیز مبتنی بر شبیه‌سازی تغییرات زمانی<sup>۱</sup> هستند.

↩ در تحلیل اتصال کوتاه، مقادیر جریان‌های اتصال کوتاه حداکثر، موثر نامتقارن و موثر متقارن در اثر بروز هر یک از اتصال‌های چهارگانه تکفاز به زمین، دوفاز، دوفاز به زمین و سه فاز محاسبه می‌گردد.

↩ تحلیل دینامیکی شبکه نیز یکی از تحلیل‌های اساسی در مطالعات شبکه قدرت است که مطالعات در حوزه فرکانس را شامل می‌شود. در این مطالعات، با مدلسازی اجزا دینامیکی سیستم قدرت که اصلی‌ترین آن‌ها ژنراتورها و سیستم‌های وابسته می‌باشند، معادلات مبین رفتار دینامیکی سیستم در فضای حالت استخراج می‌گردد. از این محاسبات می‌توان در تحلیل پایداری دینامیک سیستم و در صورت نیاز طراحی کنترل‌کننده‌های مناسب از جمله پایدارساز سیستم قدرت (PSS) بهره جست.

<sup>۱</sup>- Time-Variant Simulation

## هادی‌های گروهی (باندل)

جهت انتقال توان‌های زیاد در مسافت‌های طولانی از طریق خطوط هوایی انتقال انرژی و توسط سیستم‌های سه فاز، استفاده از ولتاژهای بالا (HV) و نیز ولتاژهای فوق بالا (EHV) اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. با افزایش ولتاژ هادی‌ها از مقداری مشخص، پدیده‌ای که قبلاً ذکر شد موسوم به پدیده کرونا ظاهر شده و عوامل نامطلوبی به همراه دارد.

اصلی‌ترین نکات منفی پدیده کرونا را می‌توان به صورت زیر بر شمرد:

↪ ایجاد تلفات انرژی در سیستم انتقال

↪ تولید سر و صدا

↪ تداخل در سیستم‌های مخابراتی

البته هر چه شرایط جوی بدتر شود، تلفات حاصل از پدیده کرونا نیز به مراتب بالاتر خواهد رفت. بررسی‌ها و مطالعات صورت گرفته نشان داده‌اند که با افزایش تعداد هادی‌ها در هر فاز ضمن بالاتر بردن ظرفیت انتقال می‌توان تلفات حاصل از کرونا را بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد.

## مدل‌های خطوط انتقال انرژی

بطور کلی خطوط انتقال انرژی را از لحاظ طول خط به سه دسته زیر طبقه‌بندی می‌نمایند:

↪ خطوط انتقال کوتاه

↪ خطوط انتقال متوسط

↪ خطوط انتقال بلند

خطوط انتقال AC، تک مداره، دومداره و یا چندمداره هستند. در سیستم تک‌مداره خطوط از برج‌های تک‌مداره استفاده می‌شود که هر مدار متشکل از سه فاز می‌باشد و با توجه به نوع برج‌ها، وضعیت جای‌گذاری فازها می‌تواند بصورت افقی یا عمودی و یا حتی بصورت مثلثی باشند. نیاز به سرمایه‌گذاری کمتر، تعمیرات و سرویس‌دهی آسان‌تر و اقدامات اجرایی کمتر در زمان نصب از جمله مزایای این سیستم است.



شکل (۲-۱۸): خط انتقال تک‌مداره

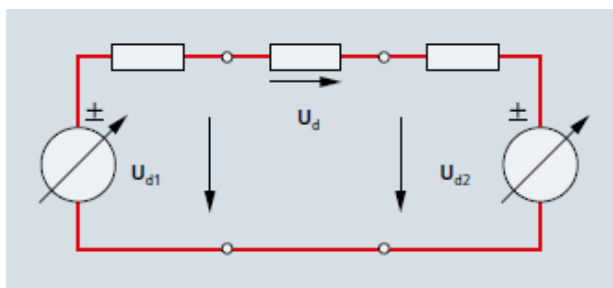
در خطوط انتقال دومداره از برج‌های دومداره با دوسیستم سه فاز تشکیل شده که بر حسب مورد، مدارهای آن می‌توانند بصورت عمودی در دو طرف برج‌ها و یا بصورت افقی در کنار هم نصب شوند. عدم قطع برق در صورت قطع یک مدار و حریم کمتر در مقایسه با سیستم تک‌مداره از جمله مزایای خطوط انتقال دومداره می‌باشد.



شکل (۲-۱۹): خط انتقال دومداره

## انواع آرایش‌های ساختاری HVDC

ساختار اصلی مبدل HVDC بر اساس شکل مدار DC آن تعیین می‌گردد. شماتیک مدار DC ساده شده یک پل HVDC در شکل (۲-۲۰) نشان داده است. در این آرایش جریان و شارش توان توسط اختلاف ولتاژ بین ولتاژ کنترل‌شده در ابتدا و انتهای خط تعیین می‌گردد. در این ساختار جهت جریان ثابت بوده و جهت توان توسط پلاریته ولتاژ کنترل می‌شود. حال به معرفی انواع ساختار خطوط HVDC می‌پردازیم.

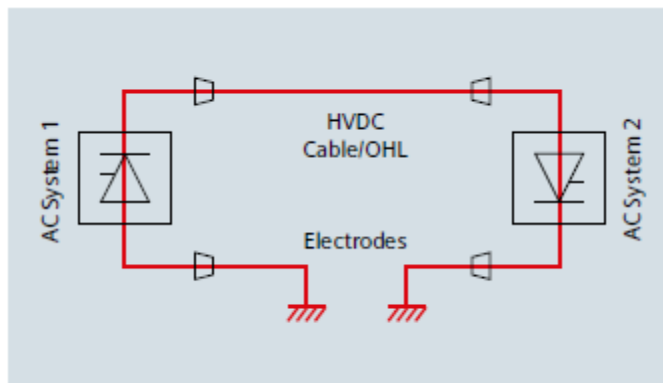


شکل (۲-۲۰): شماتیک مدار معادل DC برای یک سیستم HVDC

## انتقال در مسافت‌های طولانی با آرایش تک قطبی<sup>۱</sup>

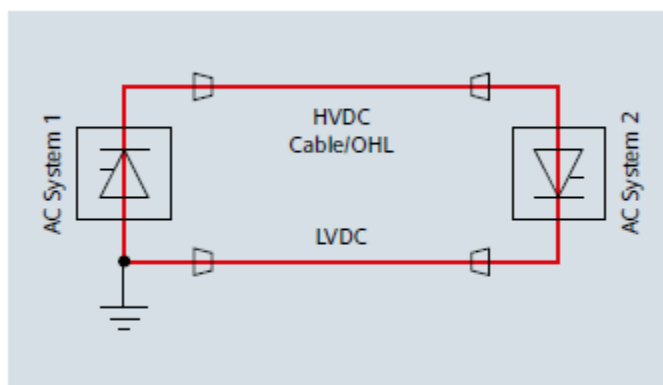
برای مسافت‌های خیلی طولانی و به ویژه انتقال در مسافت‌های طولانی توسط کابل دریایی، استفاده از الکترودهای زمین/دریا به عنوان مسیر برگشت جریان راهکاری سودمند، عملی و اقتصادی است. شکل (۲-۲۱) شماتیک ساده این نوع آرایش را نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> - Monopolar



شکل (۲-۲۱): آرایش تک قطبی با مسیر برگشت زمین

در صورتی که به دلایل زیست محیطی یا وجود زیرساخت‌های دیگر، استفاده از الکتروود زمین امکان پذیر نباشد، یک مسیر برگشت فلزی با وجود تلفات و هزینه بیشتر ضروری خواهد بود. این نوع آرایش در شکل (۲-۲۲) نشان داده شده است.



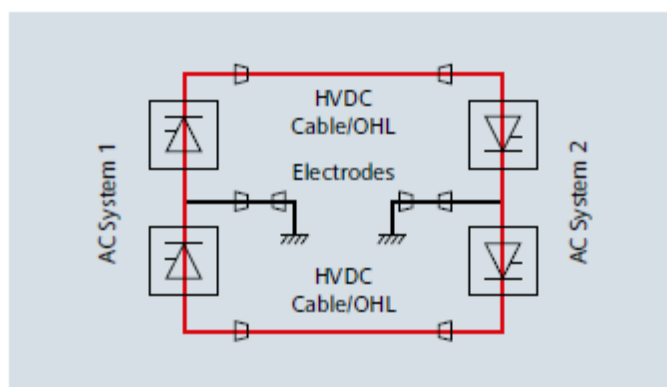
شکل (۲-۲۲): آرایش تک قطبی با هادی برگشت جریان

### انتقال در فواصل طولانی با آرایش دو قطبی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> - Bipolar

↔ ساختار انتقال دوقطبی ترکیبی از دو پل HVDC: این ساختار به نحوی است که مسیر برگشت مشترک با ولتاژ کم (در صورت وجود هادی اضافی) جریان نامتعادل کمی را در حالت کارکرد نرمال عبور دهد. این ساختار در حالتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که ظرفیت مورد نیاز برای انتقال توان با نیمی از ظرفیت یا حتی بیشتر از آن بسته به قابلیت اضافه بار تک پل باقی مانده امکان پذیر است. مزیت ساختار دو پل نسبت به استفاده از دو ساختار تک پل، کاهش هزینه ناشی از عدم نیاز به مسیر برگشتی جریان و یا تنها یک مسیر برگشت مشترک برای دو پل است که هزینه‌ها و تلفات را کاهش می‌دهد. تنها مشکل این ساختار نسبت به دو ساختار تک پل، آن است که خرابی در مسیر برگشت یا تجهیزات جانبی آن هر دو پل را متاثر می‌سازد.

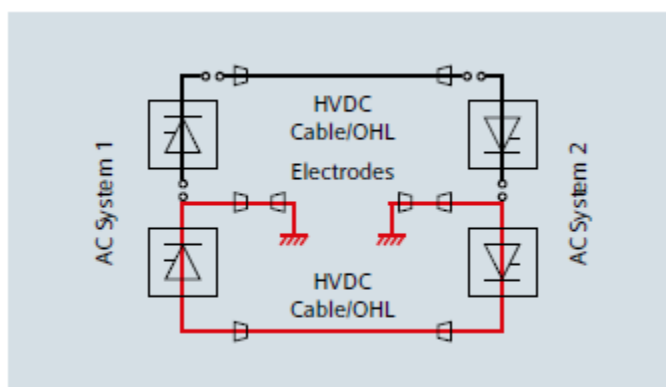
↔ آرایش دوقطبی با الکتروود زمین: در این ساختار سیستم HVDC به صورت دوقطبی است که در پست‌های مبدا و مقصد سر مشترک مبدل‌ها از طریق الکتروود به زمین متصل شده است. در صورت عدم تعادل در جریان دوقطب یا بروز خرابی در یکی از پل‌ها، از زمین به عنوان مسیر برگشت جریان نامتعادلی استفاده می‌شود. شکل (۲-۲۳) آرایش دوقطبی با الکتروود زمین را در شرایط بهره‌برداری عادی نشان می‌دهد.



شکل (۲-۲۳): آرایش دوقطبی با الکتروود زمین در شرایط کارکرد عادی و متعادل

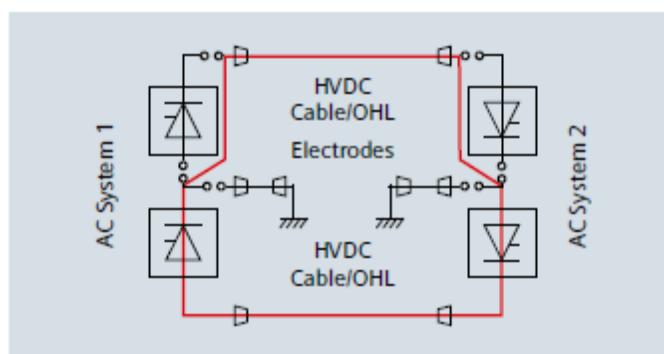
در سیستم‌های HVDC دوقطبی مسیر برگشت جریان می‌تواند توسط الکتروود زمین یا هادی برگشت تامین گردد. با توجه به هزینه‌های هادی اضافی، استفاده از آرایش دو قطبی همراه با الکتروود زمین مرسوم‌تر است. این روش در مقایسه با ساختار تک‌قطبی، انعطاف‌پذیری خوبی برای بهره‌برداری با ظرفیت کمتر در هنگام بروز خرابی‌های ناگهانی یا قطعی‌های ناشی از تعمیر و نگهداری دارد. در صورت بروز خطا بر روی خط OHL و یا مبدل یکی از

پل‌ها، جریان پلی که دچار خرابی شده است توسط مسیر برگشت زمین تامین شده و پل معیوب از سیستم جدا می‌گردد. این حالت در شکل (۲-۲۴) نشان داده شده است.



شکل (۲-۲۴): بهره‌برداری به صورت دوقطبی با مسیر برگشت از الکتروود زمین (هنگام خروج خط OHL یا مبدل پل)

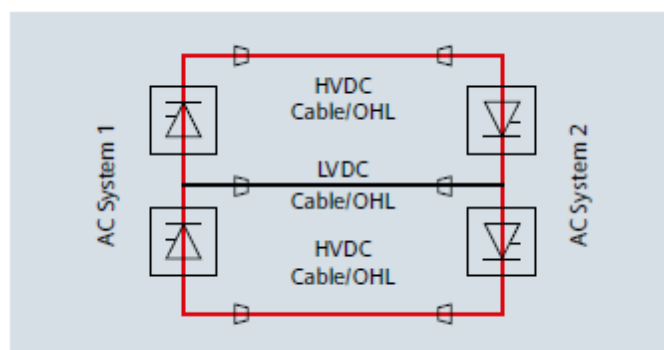
در صورتی که خروج و قطع پل در اثر خرابی مبدل باشد، می‌توان جریان را از مسیر زمین به خط OHL پل معیوب منتقل نمود. شکل (۲-۲۵) آرایش سیستم را در این حالت نشان می‌دهد.



شکل (۲-۲۵): بهره‌برداری به صورت دوقطبی با مسیر برگشت هادی OHL (هنگام خروج مبدل پل)

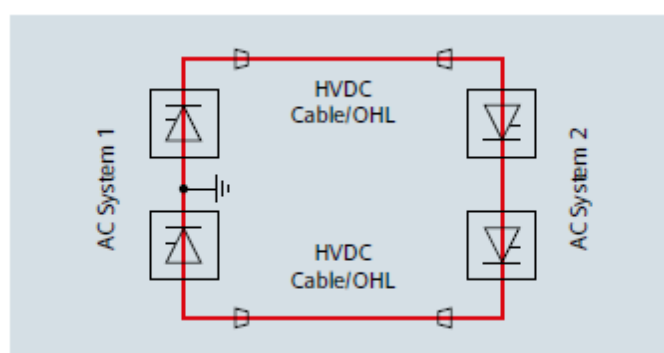
↩ آرایش دوقطبی با هادی LVDC برای برگشت جریان در صورتی که محدودیت‌هایی در استفاده از الکتروود زمین حتی به صورت موقت وجود داشته باشد و یا در فواصل کوتاه که هادی اضافی هزینه کمتری دارد، راهکار جایگزین آرایش پیشین، استفاده از یک هادی LVDC به جای عبور جریان نامتعادلی از الکتروود زمین است. شماتیک ساده این ساختار در شکل (۲-۲۶) نشان داده شده است.





شکل (۲-۲۶): آرایش دوقطبی با هادی LVDC برای برگشت جریان نامتعادلی

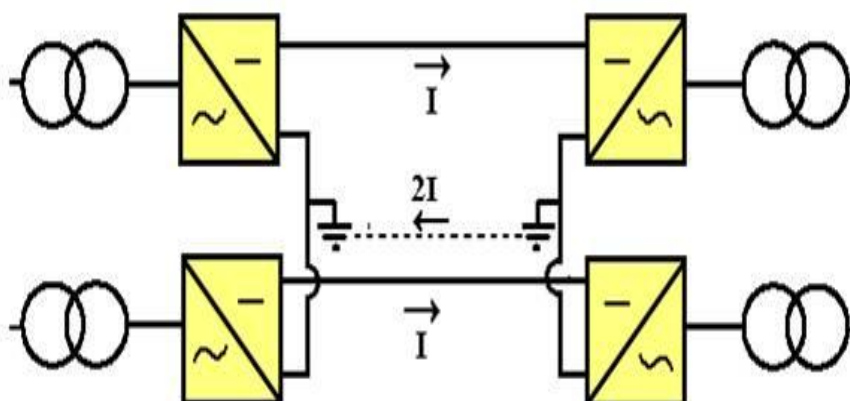
↔ آرایش دوقطبی بدون مسیر برگشت جریان: در صورتی که مسیر برگشت جریان به صورت هادی یا الکتروود زمین وجود نداشته باشد ساختار به صورت شکل (۲-۲۷) خواهد بود. در این حالت هزینه اولیه پروژه کمتر خواهد بود و مسیر بازگشتی برای استفاده موقت در حالت کارکرد تک قطبی وجود نخواهد داشت. بنابراین در این آرایش در صورتی که یکی از خطوط OHL معیوب گردد کل ظرفیت از دست می‌رود. همچنین در صورت خروج یکی از مبدل‌ها ابتدا برای مدت کوتاهی هر دو پل قطع شده و سپس مشابه توضیحات قبلی با پیکربندی جدید و بای پس شدن کانورترهای پل معیوب، سیستم بصورت تک پل با استفاده از خط OHL پل معیوب در نقش مسیر برگشت جریان، با نیمی از ظرفیت فعال می‌گردد.



شکل (۲-۲۷): آرایش دوقطبی بدون مسیر برگشت جریان

### آرایش هم قطبی<sup>۱</sup>

آرایش هم قطبی شکل خاصی از خط انتقال تک قطبی است. از نظر ساختار و پیکره بندی دکل‌ها مشابه با خط دوقطبی است با این تفاوت که هر دو هادی پلاریته یکسان دارند. درکل خط هم قطبی دارای دو یا تعداد بیشتری هادی است که همگی دارای پلاریته یکسان هستند. معمولاً پلاریته منفی ترجیح داده می‌شود زیرا باعث تداخل کمتری ناشی از پدیده کرونا می‌شود و مسیر برگشت برای چنین سیستمی نیز از طریق زمین است. زمانی که خطایی بر روی یک هادی وجود داشته باشد، تمام کنورتور برای تغذیه هادی‌های دیگر در دسترس است که با تحمل مقداری اضافه بار، می‌تواند بیشتر از توان نامی، توان حمل نماید. در شکل (۲-۲۸) شماتیک آرایش هم قطبی نشان داده شده است.



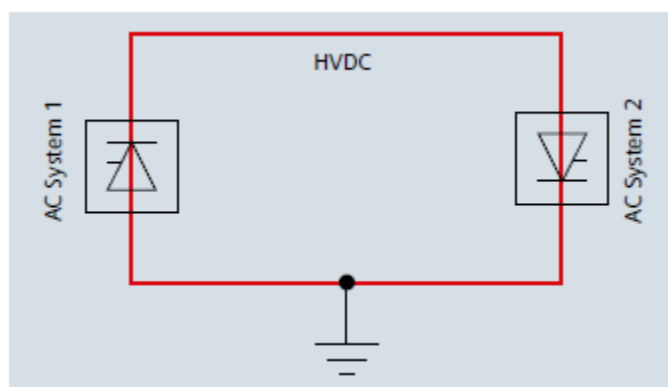
شکل (۲-۲۸): شماتیک سیستم HVDC با آرایش هم قطبی

### مبدل‌های پشت به پشت<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> - Homopolar

<sup>۲</sup> - Back-to-Back

اصطلاح پشت به پشت نشان می‌دهد واحد یکسوساز و اینورتر در یک پست قرار دارند. این ساختار اغلب برای اتصال شبکه‌های AC غیرسنکرون و یا در یک شبکه به هم پیوسته برای کنترل مقدار شارش توان مورد استفاده قرار می‌گیرد. شماتیک ساده این ساختار در شکل (۲-۲۹) نشان داده شده است.

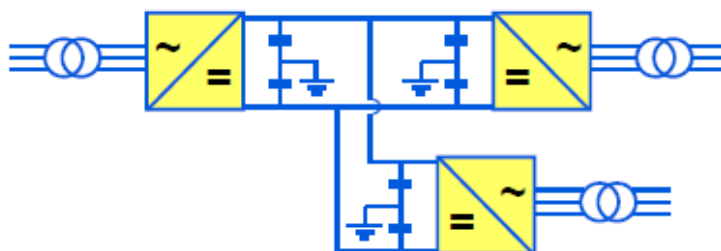


شکل (۲-۲۹): شماتیک مداری ساده برای یک مبدل پشت به پشت

### آرایش چند ترمیناله<sup>۱</sup>

در آرایش چند ترمیناله بیش از یک پست ابتدا و انتها در سیستم وجود دارد. شکل (۲-۳۰) ساده‌ترین نوع این آرایش را نشان می‌دهد که تنها یک انشعاب به خط انتقال HVDC اضافه شده است. از نظر فنی گسترش خطوط HVDC به صورت چندترمیناله با مشکلات زیادی از نظر بریکرهای HVDC، کنترل و حفاظت اجزا و چگونگی کنترل میزان شارش توان روبرو است. این آرایش می‌تواند به صورت چند انشعابی یا در گام‌های بعدی شبکه HVDC گسترش یابد و حتی با شبکه قدرت AC تلفیق گردد. البته آرایش چندترمیناله در مرحله تحقیقات است و تنها نمونه‌های انگشت شماری از آن در دنیا وجود دارند.

<sup>۱</sup> - Multi-Terminal HVDC



شکل (۲-۳): شماتیک سیستم HVDC با آرایش چندترمیناله

### ۲-۲-۱-۸- هادی‌های خطوط

بدون تردید هادی‌ها مهمترین اجزای هر شبکه انتقال انرژی محسوب شده و مسیر جریان از طریق آن‌ها برقرار می‌گردد. تمام تمهیدات نیز در طراحی یک خط فشارقوی صرفا به منظور انتقال مناسب و مطمئن انرژی الکتریکی از طریق هادی‌ها صورت می‌گیرد. از جنبه اقتصادی نیز هادی‌های خطوط انتقال دارای اهمیت بسزایی هستند. خرید و نصب سیم هادی در خطوط انتقال نیرو همواره سهم قابل توجهی از هزینه‌های اجرای خط را به خود اختصاص داده و علاوه بر سرمایه گذاری انجام شده، هزینه بهره‌برداری مربوط به افت انرژی و تلفات توان نیز مستقیما با نوع و مقطع هادی خط مرتبط است. در جدول (۲-۲) خواص مربوط به دو نوع هادی فوق جهت مقایسه ارائه شده است.

جدول (۲-۲): خواص مربوط به دو نوع هادی

موضوع	مس	آلومینیوم
جرم مخصوص	۸/۹	۲/۷
مقاومت مخصوص	۰/۰۱۷۸	۰/۰۳۰۳
قابلیت هدایت	۵۶	۳۳
استحکام کشش	۲۱-۲۴	۷-۱۰
درجه حرارت ذوب	۱۰۸۴	۶۵۸
ضریب انبساط طولی	۰/۰۱۷	۰/۰۲۳
نسبت هدایت‌ها برای سطح مقطع	۱	۰/۶
نسبت سطح قاطع با مقاومت	۱	۱/۶۶
نسبت قطر‌ها با مقاومت مساوی	۱	۱/۲۹
نسبت وزن‌ها برای سطح مقطع	۳/۳	۱
نسبت وزن‌ها با مقاومت مساوی	۲	۱

قابلیت هدایت الکتریکی و استقامت مکانیکی آلومینیوم از مس کمتر است، لذا بایستی جهت انتقال جریان مساوی سطح مقطع هادی آلومینیومی از هادی مسی بیشتر انتخاب گردد. هدایت آلومینیوم ۶۰٪ هدایت مس است لیکن در سطح مقطع‌های مساوی وزن آلومینیوم ۳۰٪ وزن مس است و در مقاومت الکتریکی مساوی وزن آلومینیوم ۵۰٪ وزن مس است. بطور کلی با انتخاب قطر هادی آلومینیومی معادل ۱/۲۹ برابر قطر هادی مشابه از جنس مس (و یا سطح مقطع ۱/۶۶ برابر آن) می‌توان ضمن تأمین هدایت الکتریکی مورد نظر مقدار قابل توجهی از وزن هادی کاست. شدت میدان الکتریکی هادی آلومینیومی با افزایش قطر هادی کاهش می‌یابد و در نتیجه تلفات ناشی از کروناکم می‌شود و این موضوع نیز امتیاز دیگری برای هادی‌های آلومینیومی محسوب می‌گردد. در عمل برای دستیابی به سطح مقطع‌های زیاد و بالابردن قابلیت انعطاف در نصب خطوط انتقال، معمولاً از هادی‌های رشته‌ای یا طنابی استفاده می‌شود مگر آنکه سطح مقطع هادی بسیار کوچک باشد. این رشته‌ها از نظر الکتریکی موازی یکدیگر بوده و در طول هادی به صورت مارپیچ بر روی هم می‌غلتنند. در این حالت چون هر لایه مخالف لایه دیگر پیچیده می‌شود، مقاومت سیم به دلیل اثر پوستی کاهش می‌یابد و همچنین رشته‌سیم‌ها درون یکدیگر حالت پیچش نداشته و به داخل هم فرو نمی‌روند.

### تعیین مقطع هادی‌های خطوط انتقال نیرو

یکی از گام‌های اساسی در آغاز طراحی هر خط انتقال انرژی انتخاب مقطع مناسب برای هادی می‌باشد. عوامل متعددی در تعیین مقطع هادی مؤثرند که مهمترین آن‌ها عبارتند از :

↔ توان انتقالی: قدرت قابل انتقال توسط خطوط انتقال انرژی به عنوان ظرفیت انتقال یا توانایی خط موسوم است.

ظرفیت خطوط انتقال انرژی با توجه به مشخصات الکتریکی و خصوصیات ساختمانی آن‌ها تعیین می‌گردد. قدرت انتقالی خطوط، معادل ظرفیت اسمی آن‌ها یا ظرفیت در نظر گرفته شده جهت طرح خط می‌باشد.

↔ تلفات اهمی: هنگامی که خطی مورد طراحی قرار می‌گیرد بایستی تلفات قدرت را دقیقاً مورد بررسی قرار داد. این

مطالعه پس از تعیین و برآورد بار خط مزبور، توسط محاسبات مربوط به پخش بار ممکن می‌گردد. صرفنظر از

بررسی کلی فوق می‌توان خط را مستقل از شبکه با فرض ولتاژ ثابت در ترمینال‌های ورودی و خروجی آن از نقطه

نظر تلف قدرت بررسی نمود. لازم به ذکر است که در طرح خطوط انتقال با توجه به محاسبات، مقطع هادی باید

چنان انتخاب گردد که تلف قدرت از حدود ۵ درصد توان انتقالی تجاوز ننماید.

↔ جریان اتصال کوتاه: بررسی اختلالات شدید و ناگهانی تحت عنوان خطاها در سیستم‌های قدرت اهمیت ویژه‌ای دارد که انواع اتصال کوتاه‌ها و باز شدن (یا پاره شدن) خطوط انتقال از مهمترین خطاها می‌باشند. خطاها به ترتیب میزان شدت، عبارتند از: اتصال کوتاه سه فاز متقارن، اتصال کوتاه دوفاز، اتصال کوتاه یک فاز به زمین، از هم گسیختگی و یا پاره شدن هادی‌های خط انتقال.

↔ شرایط مکانیکی: پس از بررسی شرایط الکتریکی هادی و حصول اطمینان از داشتن مشخصه‌های الکتریکی مناسب، باید شرایط مکانیکی هادی نیز مورد بررسی قرار گیرد. به عبارت دیگر هادی‌ها بایستی بتوانند نیروهای کششی و بارهای اضافی ناشی از عوامل جوی را در شرایط مختلف تحمل نمایند و کشش آن‌ها از محدوده مجاز که باعث تغییر شکل سیم و خارج شدن از حد الاستیک می‌شود، تجاوز ننماید.

↔ کرونا و تلفات ناشی از آن

↔ عوامل اقتصادی

## ۲-۲-۱-۹-کابل

برای انتقال مقادیر بالای توان بر روی زمین، رایج‌ترین واسط خطوط هوایی نیرو است که به روال معمول دو قطبی است. کابل‌های HVDC اغلب برای انتقال توان زیر دریا مورد استفاده قرار می‌گیرند. دو مدل رایج کابل‌های HVDC کابل‌های Solid و Oil-filled می‌باشند. در اغلب موارد نوع خشک اقتصادی‌ترین است. ایزولاسیون در این نوع کابل از نوارهای کاغذ آغشته به روغن تشکیل شده است. محدودیتی در طول این نوع کابل وجود ندارد و قرارگیری آن تا عمق ۱۰۰۰ متری امکان‌پذیر است. کابل روغنی توسط روغنی با ویسکوزیته پایین پر شده است و تحت فشار مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. این نوع کابل حداکثر ۶۰ km طول دارد. امروزه با پیشرفت تکنولوژی کابل‌های جدیدی برای انتقال زیرزمین یا زیر دریا تولید شده است این کابل‌ها از پلی اتیلن قالبی استفاده می‌کنند و در سیستم‌های HVDC با مبدل منبع ولتاژ مورد استفاده قرار می‌گیرند.

## ۲-۲-۱-۱۰-دکل

نوع دکل با توجه به بارگذاری انتخاب شده و همچنین با توجه به تأمین حداقل فواصل الکتریکی برج‌های تیپ با تحمل

زوایای زیر پیشنهاد می‌شود:

↔ برج آویزی (۰ تا ۳ درجه)

↔ برج آویزی (۳ تا ۱۰ درجه)

↔ برج کششی (۱۰ تا ۳۰ درجه)

↔ برج کششی (۳۰ تا ۶۰ درجه) و ترمینال (۰ تا ۳۰ درجه)

↔ برج کششی (۶۰ تا ۹۰ درجه) و ترمینال (۰ تا ۴۵ درجه)

در مورد سیستم‌های HVDC نیز دکل خطوط انتقال از نظر مکانیکی به طور مشابه با خط انتقال AC طراحی می‌شود.

تفاوت‌های اصلی عبارتند از:

↔ ساختار و پیکربندی هادی‌ها

↔ نیازهای میدان الکتریکی

↔ طراحی عایقی

## ۲-۲-۱-۱-۱۱-فونداسیون

فونداسیون‌ها بخشی از ساختمان خطوط انتقال نیرو هستند که باید بارهای ناشی از سازه برج، سیم‌ها و غیره را در کلیه حالت‌های بارگذاری تحمل کنند. فونداسیون‌ها در خاک مدفون می‌باشند و علاوه بر موارد فوق باید در مقابل اثرات سولفات و دیگر اثرات شیمیائی خاک و محیط پیرامون خود مقاوم باشند. نظر به طبیعت خطوط انتقال نیرو و قرار گیری عمده مسیر این خطوط در مناطق کم رفت و آمد و بعضاً صعب‌العبور لازم است در احداث فونداسیون هر برج دقت کافی به عمل آید.

### فونداسیون سنگی

برای گودهایی که با دست خاکبرداری می‌شوند، سنگ به مصالحی اطلاق می‌گردد که نتوان آنرا توسط بیل و کلنگ حفاری نمود. برای گودهایی که با ماشین حفر می‌شوند سنگ به مصالحی اطلاق می‌گردد که پیشرفت مته‌های مارپیچ در آن متوقف می‌گردد. به طور کلی وقتی زمین فونداسیون، سنگی محسوب خواهد شد که به سنگ‌های یکپارچه آذرین، متافورمیک یا رسوبی که برش در جان سنگ الزامی است، برخورد شود و حفاری در آن‌ها بدون استفاده از مواد منفجره به آسانی میسر نباشد. زمین سنگ‌هایی که به سرعت دچار هوازدگی می‌گردند و یا در اثر عوامل طبیعی به سرعت تخریب

می‌شوند ممکن است توسط کارفرما در رده‌های پایین‌تر مقاومت و تغییر تیپ فونداسیون قرار گیرند. قسمت‌های هوازده در گود حفاری شده باید کاملاً تخلیه و تمیز شوند.

### فونداسیون مهار در سنگ

در صورتی که در رقومی بالاتر از عمق کامل پی، به سنگ برخورد شود می‌توان به گودبرداری ادامه داد یا اینکه از طرح‌های دیگر استفاده نمود. یکی از این طرق می‌تواند سوراخ کردن سنگ و ملات‌ریزی (گروتینگ) آرماتوری که در آن مهار می‌گردد باشد که به مهار در سنگ موسوم است. سوراخی که بدین‌منظور در سنگ حفر می‌شود باید قطرش یک اینچ از آرماتورهایی که ملات ریزی خواهد شد بزرگتر باشد. پس از حفر سوراخ بلافاصله باید روی آن در پوش مناسبی گذاشت که از ورود گرد و غبار، گل آلود و مواد زائد دیگر به آن جلوگیری شود. درست قبل از ملات‌ریزی باید توسط هوا یا هر وسیله مناسب دیگری آب درون سوراخ را خارج نمود و سطح تماس تمیزی برای ملات‌ریزی در محیط خشک انجام پذیرد. ملات ریزی تحت فشار ۱۰ تا ۱۵ (PSI) انجام می‌شود و به منظور اجتناب از ورود هوا باید لوله آن همواره از ملات پر باشد. پس از آن میل مهار را در سوراخ فرو می‌برند و ملاتی که توسط میل مهار جابجا می‌شود به شکل یک کفشک به ارتفاع ۵ تا ۸ سانتی متر بالاتر از سطح سنگ در می‌آورند. در صورتی که نتوان آب درون سوراخ را به علت وجود آب زیرزمینی خارج نمود باید اجازه داد که آب بالا بیاید و ثابت بماند سپس ملات (گروت) را به آرامی در ته سوراخ، پمپ می‌نمایند تا همه آب درون سوراخ خارج شده و ملات تمیز از سوراخ بیرون بریزد. پس از آن میل مهار را درون سوراخ می‌کند باید دقت نمود که از حرکت آن در جای خود جلوگیری بعمل آید.

### فونداسیون سیلندری (اوگر)

چاله‌های گودبرداری شده را باید به نحوی محافظت کرد که از ریزش احتمالی کناره آن‌ها به هنگام بتن‌ریزی جلوگیری شود. برنامه حمل بتن و بتن‌ریزی چاله‌های سیلندری باید به گونه‌ای باشد که بتن‌ریزی طی یک مرحله کامل شود. از پی بتنی زنگوله شکل (Bell Type) در مواردی که خاک کاملاً اشباع است و یا بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی عملیات خاکبرداری و بازرسی از چاله را با دشواری مواجه می‌سازد و یا در خاک‌های ماسه ای سست، نمی‌توان استفاده کرد.



### فونداسیون‌های بر روی شمع

منحصراً استفاده از شمع‌های فلزی و یا بتنی مجاز می‌باشد. هرگونه مصالحی که بین دو شمع در اثر شمع کوبی بالا بیاید باید قبل از بتن‌ریزی به محل اصلی خود برگردانده شود تا زمانی که در شعاع ۳۰ متری هر محل کارهای مربوط به نصب شمع خاتمه نیابد بتن‌ریزی در آن محل مجاز نمی‌باشد. اگر از شمع‌های لوله‌ای استفاده گردد بایستی آن‌ها را از آب و یا مواد نامطلوب تمیز نگه داشت. دقت خاصی جهت جلوگیری از کرم شدن بتن و یا باقیمانده هوای محبوس در بتن در هنگام پر کردن شمع‌های لوله‌ای باید بکار رود. در خلال بتن‌ریزی در شمع‌ها ویبراسیون کافی توسط ویبراتور مکانیکی جهت رسیدن به تراکم ماکزیمم در بتن باید انجام شود.

### فونداسیون شمع فلزی

- ↪ شمع‌ها را حتی الامکان باید با طول کامل و تا عمق حداقل خواسته شده و با تعداد ضربات مشخص شده کوبید. بیرون کشیدن شمع مجاز نمی‌باشد. برای هر محل، طول شمع باید به نحوی انتخاب گردد که بدون وصله به تراز مورد نیاز برسد.
- ↪ جوشکاری‌ها فقط توسط افراد مجرب که مهارت و صلاحیت آن‌ها توسط آزمون‌های مندرج در AWS مورد تأیید قرار گرفته باید انجام شود.
- ↪ سرشمع را با کلاهک مناسبی حفاظت می‌نمایند. باید دقت شود که کلاهک به نحوی عمل کند که توزیع یکنواختی از ضربه چکش به شمع وارد شود.
- ↪ شمع‌ها را باید در رقوم تعیین شده مطابق نقشه‌های طراحی قطع نمود. مصالح بایستی نو بوده و طبق استاندارد A36 باشد.

### ۲-۲-۱-۱۲-مقره

در بررسی مقاومت مکانیکی مورد نیاز برای مقره با توجه به جدول محاسبات بارگذاری و براساس نیروهای وارده در سه حالت افقی، عمودی و جانبی وارد بر مقره محاسبه می‌گردد و سپس زنجیره مقره پیشنهادی تعیین می‌شود.

با توجه به اینکه یکی از مهمترین تفاوت مقررها در طراحی عایقی آنها است، شاید بتوان گفت ضروری‌ترین موضوع در خطوط انتقال DC برای بهره‌برداری مناسب، طراحی صحیح عایقی است.

طرح‌بندی ایزولاسیون عایقی بر مبنای پیشنهادات استاندارد IEC 60815 بر اساس چهار کلاس آلودگی است. از آنجا که این استاندارد IEC برای خطوط متناوب نوشته شده است. بنابراین باید در نظر گرفته شود که فواصل خزشی پیشنهاد شده بر مبنای ولتاژ فاز به فاز<sup>۱</sup> است. هنگامی که این فواصل خزشی پیشنهادی در استاندارد IEC 60815 برای خطوط DC تفسیر می‌شوند با توجه به آنکه ولتاژ پیک بین پل و زمین<sup>۲</sup> است، فواصل خزشی در ضریب  $\sqrt{3}$  ضرب می‌شوند.

عایق‌های تحت بهره‌برداری با ولتاژ DC نسبت به بهره‌برداری AC تحت شرایط سخت‌تری قرار دارند، زیرا تحت میدان الکتریکی یک سویه قرار گرفته‌اند که میزان انباشته شدن آلودگی سطحی را افزایش می‌دهد. بنابراین یک ضریب آلودگی DC که در گزارش Cigre<sup>۳</sup> پیشنهاد شده است، می‌بایست اعمال گردد. ضرایب اصلاحی تنها برای عایق چینی معتبر است و برای عایق‌های کامپوزیت ضرایب کاهش بر مبنای گزارش ۲۹۱ FGH<sup>۴</sup> می‌بایست اعمال گردد.

## ۲-۱-۲-۱۳- سیستم زمین

سیستم زمین عبارت است از اتصال الکتریکی (با سیم) تجهیزاتی که یا با برق کار می‌کنند و بدنه فلزی دارند؛ و یا با برق کار نمی‌کنند ولی بدنه فلزی و هادی‌ایبه درون زمین دارند. این اتصال به دلایل زیر انجام می‌پذیرد.

↔ تامین حفاظت جانی انسان‌ها

↔ عملکرد مناسب دستگاه‌ها

↔ کنترل نویز

<sup>۱</sup> - Line to Line Voltage ( $V_{L-L}$ )

<sup>۲</sup> - Line to Ground Voltage ( $V_{L-G}$ )

<sup>۳</sup> - CIGRE-Report WG04 of Cigre SC33 , Mexico City 1989

<sup>۴</sup> - Obertla Chenverhalten Von Freiluftgeraten mit kunststoffgehäusen

سیستم زمین در سطحی در زیر زمین یا نزدیک استقرار تجهیزات در نظر گرفته می‌شود، به نحوی که همه نقاط آن سطح، پتانسیلی کم و در حد صفر داشته باشد. وجود این سطح باعث می‌شود که همه قسمت‌های وسایل متصل به شبکه زمین تحت ولتاژ زمین قرار گیرند و بدین ترتیب اپراتورها و پرسنل هم‌پتانسیل با زمین می‌شوند. شرایط زمین باید به نحوی باشد که علاوه بر یکسان بودن ولتاژ در نقاط مختلف آن، اگر چنانچه اتصال کوتاهی در نزدیکی این زمین رخ بدهد، اختلاف پتانسیل زیادی که باعث ایجاد شوک و یا مجروح شدن اشخاصی شود به وجود نیاید.

## ۲-۲-۲- تجهیزات اجرایی

در این بخش تجهیزات و ابزارآلات مورد استفاده در مراحل اجرای خط مورد بحث قرار می‌گیرند.

### ۲-۲-۲-۱- نقشه‌برداری و مسیریابی

جهت برداشت اطلاعات مسیر و نقاط از دوربین‌های نقشه برداری استفاده می‌گردد. این دوربین‌های در انواع مختلف با کاربری‌های متفاوت موجود هستند ولی معمولاً یکی از پرکاربردترین آن‌ها دوربین تئودولیت می‌باشد. دوربین تئودولیت امکان قرائت زاویه، فواصل ارتفاعی و طولی را داراست. ابزار تکمیلی نظیر فاصله‌یاب‌های لیزریه دوربین‌های اضافه گردید و قابلیت دقت برداشت اطلاعات را بالا برد. در نسل‌های بعدی در دوربین‌هایی که به Total station معروف هستند؛ افزارهای فاصله یابی، ثبت و ذخیره اطلاعات موقعیت، ارتفاع و... به دوربین‌ها اضافه شده است. این دوربین‌ها قادرند بعد از برداشت اطلاعات ذخیره‌سازی آن‌ها، اطلاعات مذکور را مستقیماً به رایانه انتقال داده و به کمک نرم‌افزارها امکان ترسیم و نمایش اطلاعات مسیر بلافاصله بعد از برداشت و انتقال به رایانه میسر است.



شکل (۲-۳۱): یک نمونه دوربین Total Station با قابلیت ثبت و ذخیره اطلاعات

در سال‌های اخیر با پیشرفت سامانه‌های موقعیت‌یاب جهانی امکان تعیین موقعیت نقاط مسیر خط با تجهیزات ردیابی و راهبری نیز میسر است که از جمله آن راهبرها یا Navigatorهایی که با دو فرکانس کار می‌کنند را می‌توان نام برد. در این سامانه ابتدا یک سامانه اصلی با سیستم موقعیت‌یاب جهانی منطبق شده و در موقعیتی مشخص مستقر می‌گردد سپس یک Navigator دستی با دو فرکانس که سیگنال‌های خود را از آنتن اصلی و ماهواره‌های سامانه GPS دریافت می‌کند موقعیت محلی را تعیین می‌کند. دقت این سامانه حدود میلی‌متر است و می‌تواند موقعیت نقاط مسیر را در پیمایش‌های مختلف برداشت و ثبت نماید.



شکل (۲-۳۲): یک نمونه آنتن مرجع سامانه موقعیت با دو فرکانس



شکل (۲-۳۳): راهنما یا Navigator دستی که با آنتن مرجع کار

### ۲-۲-۲-۲- ماشین‌آلات گودبرداری و بتن‌ریزی

در خاک‌های معمولاً نرم و بسترهایی که در آن‌ها سنگ‌های سخت گرانیتی یا آذرینی موجود نیست می‌توان از ماشین‌آلات گودبرداری ساده یا مته‌های ماریپیچی استفاده نمود. این تجهیزات توسط سیستم‌های هیدرولیکی گشتاور مناسب جهت گردش را بدست آورده و توانایی حفاری فونداسیون‌های تیپ اوگرا را دارا می‌باشند.



شکل (۲-۳۴): مته حفاری اوگر

امروزه در زمان احداث فونداسیون عملیات احداث پی و بتن‌ریزی معمولاً توسط تراک میکسر و پمپ‌های انتقال بتن انجام می‌پذیرد. بعد از ساخت بتن در محل بچینگ توسط میکسر حمل و بعد از انتقال به محل توسط پمپ به محل حفاری منتقل می‌شود.

### ۲-۲-۲-۳- تجهیزات برج‌گذاری

در محل‌هایی که امکان احداث برج با جرثقیل میسر نباشد معمولاً سازه برج با ابزاری به نام جین پل نصب می‌گردد. جین پل‌ها جرثقیل‌های ساده‌ای هستند که توسط سازه برج و میخ‌هایی بر روی زمین مهار شده و بخش‌های برج توسط آن‌ها بالا کشیده شده و نصب می‌گردد. به رغم سهولت نقل و انتقال آن‌ها عملیات نصب برج با آن‌ها دستورالعمل‌های خاصی دارد که بسته به نوع و شکل برج و مشخصات جیم پل متفاوت است.



شکل (۲-۳۵): یک نمونه جین پل

### ۲-۲-۲-۴- تجهیزات سیم‌کشی

عملیات سیم‌کشی در فواصل طولانی معمولاً توسط کشنده (وینچ) و ترمز انجام می‌گیرد. جهت آشنایی بیشتر با این تجهیزات نمونه‌هایی از این تجهیزات در ادامه نمایش داده شده است.



شکل (۲-۳۶): یک نمونه کام الانگ

جهت اتصال سیم‌هادی به سیم کشنده یا پایلوت از ابزاری به نام کام الانگ استفاده می‌شود. این ابزار ضمن ایجاد اتصال مناسب بین هادی و سیم کشنده به گونه‌ای طراحی شده است که حداقل صدمه را در نقطه اتصال به سیم‌هادی وارد نماید. علاوه بر ابزارهای فوق از تجهیزات مهم، اتصالات زمین است که می‌بایست حتماً به سیم‌هادی متصل گردد در ادامه یک نمونه پولی اتصال زمین ارائه شده است.

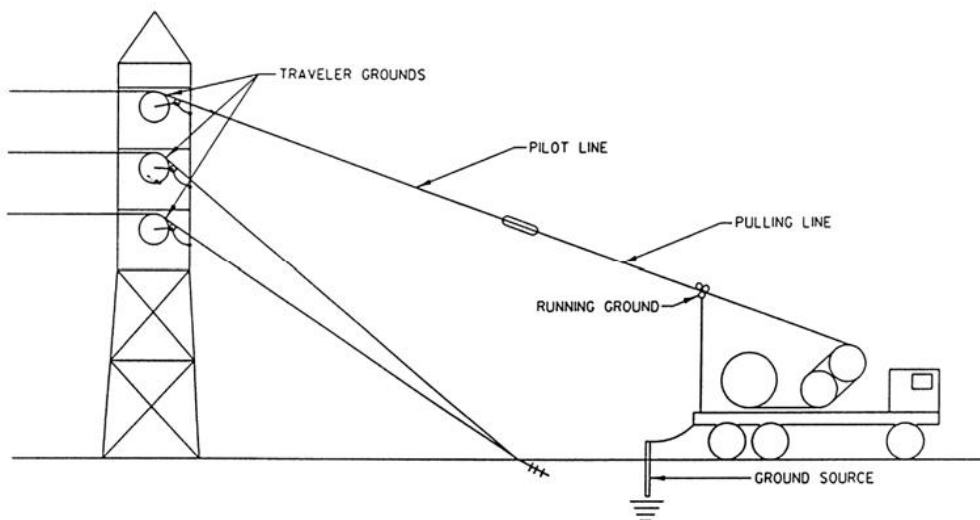


شکل (۲-۳۷): پولی اتصال زمین

از دیگر ابزارهای مهم در سیم‌کشی پولی سیم می‌باشند که معمولاً فلزی یا فایبرگلاس هستند و عمل انتقال سیم را مابین مسیر تسهیل می‌کنند برخی از انواع مجهز به اتصال زمین نیز می‌باشند.

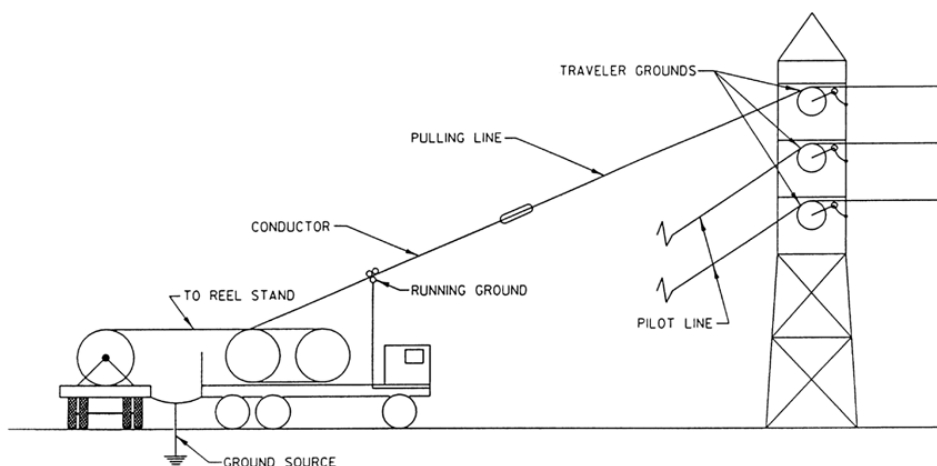


شکل (۲-۳۸): نحوه اتصال پولی و اتصال زمین



شکل (۲-۳۹): نحوه استقرار تجهیزات کشنده در زمان سیم‌کشی





شکل (۲-۴): نحوه استقرار تجهیزات ترمز در زمان سیم‌کشی

## ۲-۲-۲-۵- کشتی‌ها و ربات‌های کابل‌گذار

مراحل خوابانیدن و نصب کابل در زیر دریا شامل موارد زیر است:

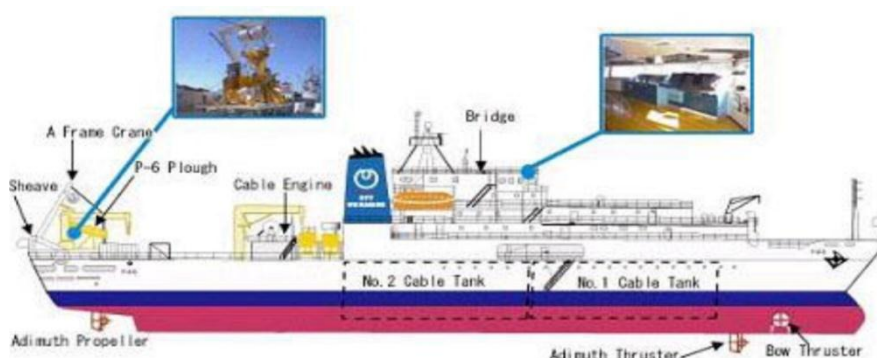
- ↔ شناخت دقیق محیط کابل‌گذاری
- ↔ تعیین نوع کابل مورد استفاده
- ↔ تهیه نقشه جغرافیایی (ناهمواری) از بستر دریا (برای اینکار از نرم‌افزارهای مخصوص مجهز به سیستم GIS استفاده می‌شود)
- ↔ نقشه‌برداری بستر دریا
- ↔ تعیین بهترین مسیر کابل‌گذاری (همواری مسیر، کوتاه‌ی مسیر و ...)
- ↔ استفاده از ادوات مورد نیاز از جمله کشتی کابل‌گذار، ربات‌های خواباننده کابل در بستر دریا، نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و ...
- ↔ ایجاد حوضچه‌هایی در ساحل جهت اتصال کابل به شبکه

بدین منظور ابتدا کابل‌های زیر دریایی را به کشتی کابل‌گذار انتقال داده و پس از طی مراحل ذکر شده کشتی تا حد ممکن به ساحل نزدیک می‌شود، سپس کابل را توسط کیسه‌های هوا در سطح آب نگه داشته و به سمت ساحل و حوضچه‌های اتصال منتقل می‌کنند. پس از اتصال کابل کیسه‌های هوا یک به یک از زیر کابل برداشته شده و به کابل اجازه فرو رفتن در آب و قرار

گرفتن در بستر دریا داده می‌شود. پس از این مراحل کابل فرود آمده از کشتی در بستر دریا توسط ربات‌های زیردریایی در عمق‌های مختلف بستر دریا دفن می‌شود. در صورتی که کابل در بستر دریا دفن نشود، برای جلوگیری از بالا آمدن کابل به آن وزنه‌هایی متصل می‌شود و روی کابل را با کیسه‌های شنی می‌پوشانند. لازم به ذکر است که در این روش کابل از امنیت کمی برخوردار است و احتمال برخورد لنگر کشتی‌ها به آن و بالا آمدن کابل و حوادث ناشی از آن مثل غرق کردن کشتی‌های دیگر وجود دارد، ولی هزینه این روش نسبت به روش دفن کابل در بستر دریا کمتر خواهد بود.

جهت انجام عملیات کابل‌گذاری در بستر دریا معمولاً هر شرکت تجهیزاتی مخصوص به خود جهت نصب، تعمیر و تست را دارا می‌باشد. نمونه‌هایی از تجهیزات مورد استفاده در عملیات کابل‌گذاری در بستر دریا عبارتند از:

↔ کشتی‌های کابل‌گذار: همه این کشتی‌ها قابلیت حمل قرقه‌های بزرگ کابل و ربات‌های خواباننده کابل در بستر دریا را دارند. این کشتی‌ها توسط ساکنان آموزش دیده در زمینه کابل‌گذاری با تجارب فراوان هدایت می‌شوند. نمونه‌ای از این کشتی‌ها در شکل (۲-۴۱) آورده شده است.



شکل (۲-۴۱): نمای کشتی کابل‌گذار در زیر دریا

↔ ربات‌هایی مخصوص برای خوابانیدن کابل در بستر دریا؛ این ربات‌ها قادر به نصب کابل در عمق ۱۵۰۰ متری می‌باشند و قادر به دفن کابل تا عمق ۳ متری کف دریا می‌باشند. این ربات‌ها یکی از جدیدترین تجهیزات نصب و حفاظتی می‌باشند. کنترل این ربات‌ها به وسیله سیستم‌هایی همچون SCADA و PLC صورت می‌گیرد.



شکل (۲-۴۲): نمای ربات مخصوص خوابانیدن کابل در بستر دریا

↔ اتاقی برای اتصال و تست کابل‌های زیر دریایی؛ اولین اتاق اتصال کابل برای اتصال کابل‌های مخابرات دریایی ساخته شد. این اتاق روی کشتی‌های خواباننده کابل در بستر دریا نصب می‌شود و معمولاً پس از اتمام یک حلقه کابل، حلقه کابل جدید را به حلقه کابل قدیم متصل می‌کند. پس از آن اتاق‌هایی برای اتصال کابل‌های انتقال برق نیز ساخته شد. این اتاق‌ها مجهز به تجهیزات گوناگونی برای اتصال صحیح کابل، تست عایقی کابل، بالانس کردن اتصالات با دقت بسیار بالا و رعایت مسائل حفاظتی و ... روی کشتی می‌باشند.



شکل (۲-۴۳): اتاق اتصال و تست کابل‌های زیر دریایی

↔ رباتی جهت گرفتن و بالا آوردن کابل: این ربات به کمک آرواره و بازوی قوی خود قادر به گرفتن و نگه داشتن اجسام در اشکال گوناگون و به خصوص استوان‌های است. این ربات در تجهیزات تعمیر کابل‌های زیر دریایی استفاده می‌شود و اغلب برای بلند کردن کابل از بستر دریا و تسهیل در عملیات قطع کابل قبل از تعمیر کابل مورد استفاده قرار می‌گیرد. کار با این ربات نیاز به مهارت داشته و هر چه مهارت کاربر بیشتر باشد ربات توانایی این را دارد که کار در دشوارترین موقعیت‌ها را با سرعت بالایی به پایان برساند. عدم مهارت در کار با این ربات ممکن است باعث آسیب رساندن به کابل و بازوی ربات و بقیه قطعات ربات شود. برخی از این ربات‌ها دارای دو بازو می‌باشند. در ضمن از این ربات‌ها در صنعت نفت و گاز و ... نیز استفاده می‌شود.



شکل (۲-۴۴): ربات جهت گرفتن و بالا آوردن کابل

## ۲-۲-۳- تعمیر و نگهداری

تعمیر، نگهداری و بهره‌برداری یک تجهیز شامل کلیه اقداماتی است که با هدف استمرار و یا بازگرداندن یک تجهیز به وضعیت مطلوب خود (حالتی که آن تجهیز می‌تواند کارکرد مورد انتظار خود را به درستی انجام دهد) انجام می‌گردد. تعمیر و نگهداری در واقع شامل هر اقدامی نظیر آزمون، اندازه‌گیری، تعویض، تنظیم و یا تعمیر تجهیز بوده که ادامه بهره‌برداری تجهیز در وضعیت مطلوب و کارکرد مناسب تجهیز را به همراه دارد. بکارگیری روش‌های صحیح در تعمیر، نگهداری و بهره‌برداری می‌تواند نتایج مطلوبی نظیر افزایش قابلیت اطمینان، استمرار سرویس، دقت در بازرسی و بازرینی، کاهش هزینه عملیات تعمیر و نگهداری و افزایش ایمنی را به همراه داشته باشد.

بعلاوه تنوع خطوط شرایط موجود در هنگام پیری خطوط مختلف متفاوت است و هر کدام در یک سطح قرار دارد. در ادامه اثرات ناشی از این تنوع در تعمیرات را مرور می‌شود. چون عمر شبکه‌ی انتقال طولانی است این تنوع خطوط موجب سختی کار تعمیرات در سال‌های بعد می‌شود. علت اصلی تفاوت میان تعمیرات خطوط اثرات محیطی بر این تجهیزات و ایجاد میزان فرسودگی متفاوت در قطعات است. حتی در صورتی که کل یک خط از یک نوع باشد اما تغییرات شدید عوامل محیطی در قسمت‌های مختلف فرسودگی و پیری متفاوتی در طول خط ایجاد می‌کند. رتقا/انحراف/تعمیرات طوفان شرایط یکسان یک خط را نیز متنوع می‌کند. انواع روش‌های تعمیر و نگهداری یک تجهیز در ادامه توضیح داده می‌شود.

### ۲-۳-۱- تعمیرات و نگهداری دوره‌ای<sup>۱</sup>

در این روش تعمیر و نگهداری، انجام تعمیرات و سرویس دوره‌ای در بازه‌های زمانی مشخص و از پیش تعیین شده مثلاً هر شش ماه، و یا هر یک سال یک بار انجام می‌گیرد و هدف آن کاهش احتمال خرابی تجهیز در هنگام بهره‌برداری می‌باشد. به منظور بدست آوردن بهترین جدول زمان‌بندی و بهترین شرایط برای تعمیرات خطوط که شامل هادی‌ها، دکل، فونداسیون، مقره‌ها و عایق‌ها، دمپرها و... می‌شود، باید برنامه‌ای مدون جهت کدگذاری بر تجهیزات ایجاد شود و برای مانیتور کردن و

<sup>۱</sup>- Time Based Maintenance(TBM)

بازرسی تمام تجهیزات سیستم یکدستی وجود داشته باشد تا به خوبی شرایط کل سیستم تحت نظر باشد. این سیستم کدگذاری به ما امکان می‌دهد جز جز قطعاتی که شبکه وجود دارد در سیستم ذخیره شود. سپس برنامه‌ای استفاده می‌شود که در آن تمامی عوامل موثر بر عمر هر قطعه شامل، عوامل محیطی (باد، باران، صاعقه)، عوامل فنی (کشش، تنش، ارتعاش، عبور جریان و...)، عمر اقتصادی (معرفی شده توسط سازنده)، ضریب بهره‌برداری (میزان بهره‌گیری از تجهیز در طول عمر) و...، ضریب دهی می‌شوند و هر کدام از این عوامل با ضریبی مشخص مخصوص هر قطعه طی برنامه‌ای برای هر جز سیستم محاسبه می‌شوند و پیش‌بینی جامعی برای زمان نیاز به تعمیر هر قطعه بدست می‌آید. بر طبق این برنامه‌ی مدون شده، براحتی جهت تعمیرات تیم‌های عملیاتی دست به کار می‌شوند. تعمیرات دوره‌ای براساس این جدول صورت می‌گیرد.

## ۲-۲-۳-۲- تعمیرات و نگهداری بر اساس وضعیت<sup>۱</sup>

در این روش اقدامات نگهداری بر اساس وضعیت تجهیز و به منظور کاهش احتمال خروج تجهیز در حال سرویس‌دهی انجام می‌شود. اصطلاح «نگهداری پیشگیرانه وضعیت<sup>۲</sup>» نیز به این روش نگهداری اطلاق می‌شود. برای خطوط انتقال تیم تعمیراتی هنگامی که زمان تعمیر یک تجهیز طبق دوره زمان بندی شده در تعمیرات دوره‌ای فرا می‌رسد عازم می‌شود و تست‌هایی را انجام می‌دهد و در صورت نیاز تعمیرات انجام می‌گیرد و در صورت عدم نیاز شرایط موجود گزارش و در نرم افزار جایگزین می‌شود تا در برنامه‌ی تعمیرات آینده آن تجهیز مورد استفاده قرار گیرد. اما تعمیرات بر اساس وضعیت تنها در شرایط محیطی خاص (مانند، طوفان، زلزله، سیل، صاعقه و...)، شرایط غیر محیطی (آسیب‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی و محیط زیست حیوانی) انجام می‌شود. برای این تعمیرات باید تیم بازرسی دائماً در حال مانیتور کردن شبکه باشد تا در زمان‌های مورد نیاز خطای ایجاد شده را تشخیص و در جهت رفع آن اقدام کند.

<sup>۱</sup>- Condition Based Maintenance(CBM)

<sup>۲</sup>- Conditional Preventive Maintenance

## ۲-۳- حوزه پست

با رشد روز افزون جمعیت، بزرگ شدن شهرها، افزایش سرانه انرژی الکتریکی و وابستگی کلیه فعالیت‌های اجتماعی، صنعتی، کشاورزی، اقتصادی و خدماتی به انرژی الکتریکی، لزوم تامین این انرژی به صورت گسترده و در مقیاس بالا و به نحو مطلوب اجتناب ناپذیر می‌باشد. بدیهی است که تامین این انرژی با این مقیاس و کیفیت مناسب از طریق نیروگاه‌های محلی و کوچک، نه تنها اقتصادی نبوده، بلکه در اکثر موارد از نقطه نظرهای مختلفی غیر عملی نیز می‌باشد. از طرف دیگر امروزه احداث نیروگاه‌های بزرگ در نقاط خاصی قابل توجیه بوده، که عمدتاً از مراکز مصرف دور هستند. بنابراین لازم است تولیدشان از طریق خطوط انتقال که به نحو مناسبی با یکدیگر ارتباط داده شده و تشکیل شبکه الکتریکی را داده اند به مراکز مصرف هدایت شوند. برای انتقال قدرت‌های زیاد و در فواصل طولانی به منظور کاهش تلفات لازم است ولتاژ تولیدی نیروگاه افزایش یافته و سپس در نقاط مصرف طی مراحل به نحوی کاهش داده شود، که قابل استفاده برای مصرف کننده باشد. برای تبدیل این ولتاژ و هم چنین به منظور اتصال نقاط مختلف شبکه به یکدیگر، باید ایستگاه‌هایی در شبکه ایجاد شود که به پست برق معروف هستند.

## ۲-۳-۱- تجهیزات و ابنیه

جهت احداث پست و بهره‌برداری از آن نیاز به تجهیزاتی نظیر ترانسفورماتورها، تجهیزات اندازه‌گیری و مانیتورینگ، برق‌گیر، شبکه زمین و... می‌باشد. تجهیزات و قسمت‌های اصلی پست‌های فشار قوی عبارتند از :

↔ ترانسفورماتورها

↔ تجهیزات زمین

↔ برق‌گیر

↔ مبدل AC/DC

↔ سازه

↔ جبران‌کننده توان راکتیو

↔ ادوات FACTS



↔ سیستم LV

↔ مانیتورینگ، کنترل و حفاظت

↔ راکتور صافی

↔ سوئیچگیر

↔ فیلتر

↔ یراق‌آلات

### ۲-۳-۱-۱- ترانسفورماتور

ترانسفورماتور یکی از تجهیزات با اهمیت سیستم‌های قدرت بوده که برخلاف ماشین‌های الکتریکی که انرژی الکتریکی و مکانیکی را به هم تبدیل می‌کنند، در نوع انرژی تغییری نمی‌دهد، بلکه ولتاژ و جریان متناوبی را با همان فرکانس ولی متفاوت از نظر مقدار تبدیل می‌نماید. امروزه ترانسفورماتور یکی از وسایل لازم و حیاتی در سیستم‌های الکتریکی و همچنین سیستم‌های تبدیل انرژی می‌باشد و از چهار بخش اصلی هسته، سیم‌بندی، تانک اصلی و عایق‌بندی تشکیل می‌گردد.



شکل (۲-۴۵): نمای بیرونی از یک ترانسفورماتور روغنی



↩ هسته و مدارهای مغناطیسی: هسته ترانسفورماتور یک مدار مغناطیسی خوب با حداقل فاصله هوایی و حداقل مقاومت مغناطیسی است تا فوراً آن‌های مغناطیسی به راحتی از آن عبور کنند. به صورت ساده، کار مدارها مغناطیسی ایجاد میدان الکترومغناطیسی و ابقای آن جهت تبادل انرژی الکتریکی میان دو قسمت از شبکه می‌باشد. هسته بصورت ورقه ورقه ساخته شده و ضخامت ورقه‌ها حدود  $0/3$  میلی‌متر و حتی کمتر است. ترانسفورماتورهای HVDC: اغلب به صورت ترانس‌های تک‌فاز ساخته می‌شوند که سیم‌بندی ولو برای اتصال ستاره مثلث حداقل دو ستون یک هستند یا یک ستون بر روی دو هسته جداگانه دارند که بستگی به توان نامی و ولتاژ سیستم دارد. انتخاب سایز مناسب در ستون برگشت شار جداسازی مطلوب را در سیم‌بندی‌های تضمین می‌نماید. کیفیت ورق‌های هسته و عایق ورقه‌ای بین آن و سلف نامی می‌بایست بنا به نیازهای خاص و تامین تلفات، نویز، بیش تحریمی و... انتخاب گردد. همچنین با توجه به عدم تقارن هرچند کوچک هنگام بهره‌برداری و یا جریان‌های گردابی DC از سمت شبکه AC لازم است توجه ویژه‌ای به پسماند مغناطیسی شود. این پدیده را می‌توان با روش‌های همچون تقویت مسیرهای خنک‌کننده هسته و جلوگیری از تجمع شار گره‌ای در صفحات هسته، کنترل نمود.

↩ سیم‌بندی‌ها: میدان الکترومغناطیسی واسط توسط جریان‌های دو شبکه از دو سیم‌پیچی مجزا که ارتباط مغناطیسی با یکدیگر دارند بوجود می‌آید. بنابراین سیم‌بندی‌ها با عبور جریان شبکه و ایجاد میدان مغناطیسی انرژی الکتریکی شبکه را تحویل گرفته و آن را جهت تبدیل آماده می‌سازند. سیم‌پیچ‌ها بایستی در مجموع دارای خصوصیات زیر باشند:

- استحکام مکانیکی در مقابل نیروهای ناشی از اتصال کوتاه
- مقاومت حرارتی در مقابل حرارت حاصله ناشی از اتصال کوتاه و حالت کار عادی
- استحکام عایقی مناسب
- حداکثر هدایت الکتریکی یا به عبارت دیگر حداقل تلفات (مقاومت)

انواع اتصال سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه در ترانسفورماتور معمولاً به صورت ستاره، مثلث و زیگزک است. پارامترهای بسیاری اعم از محدودیت‌های حمل و نقل، ظرفیت توان، نسبت ترانس، ولتاژ اتصال کوتاه تا حداکثر تلفات قابل توجه در طراحی سیم‌بندی‌ها مورد نظر قرار می‌گیرند. در ساختار متمرکز سیم‌بندی برای اتصال ستاره

یا مثلث، سیم‌بندی ولو مستقیماً بر روی هسته پیچیده شده و سیم‌بندی خط به همراه تپ آن به صورت شعاعی بر روی آن نصب می‌گردد. این ساختار نسبت به تعداد زیادی از ساختارهای دیگر عملکرد بهتری دارد. سیم‌بندی ولو با ایزولاسیون ولتاژ بالا و محتوای زیاد هارمونیک‌های جریان نیازمند طراحی ویژه و کیفیت بالای ساخت است. هر مجموعه واحد فشرده‌ای شامل ولو، سیم‌بندی اضافه ولتاژ و تپ آن است که تحمل تنش‌های ولتاژ، تلفات و مقاومت در برابر جریان اتصال کوتاه ساخته شده است.

↪ تانک اصلی: تانک ترانسفورماتور نقش یک پوشش حفاظتی را برای هسته و سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور ایفا می‌کند. داخل این ظرف از روغن پر می‌شود، به طوری که هسته و سیم‌پیچ کاملاً در روغن فرو می‌روند. سطح خارجی تانک، تلفات گرمایی داخل ترانسفورماتور را به بیرون منتقل می‌کند. از هر مترمربع سطح تانک حدوداً ۴۰۰ الی ۴۵۰ وات توان گرمایی به خارج منتقل می‌شود، به طوری که در ترانسفورماتورهای کوچک، همین سطح برای خنک‌کاری کافی است و به تمهیدات دیگری نظیر رادیاتور و فن نیاز نمی‌باشد. هر چهاروجه ترانسفورماتور از یک ورق یکپارچه درست می‌شود و فقط در یک گوشه جوشکاری می‌گردد. تانک ترانسفورماتور بایستی موجب شود که موارد مشروحه ذیل تأمین گردند:

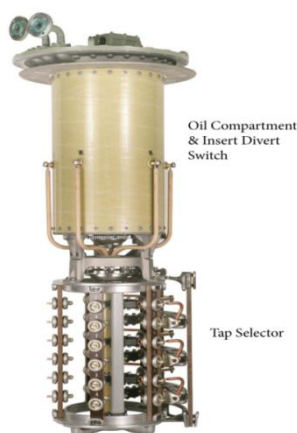
- حفاظتی برای هسته، سیم‌پیچ، روغن و سایر متعلقات داخلی باشد.
- دارای استقامت کافی باشد که در حین حمل و نقل و نیز در زمان اتصال کوتاه داخلی بتواند تنش‌های مکانیکی ایجاد شده را تحمل نماید.
- ارتعاشات و صدا در آن به حداقل برسد.
- ساختمان آن در برابر نشت روغن یا نفوذ هوا کاملاً آب‌بندی باشد.
- سطوح کافی برای دفع گرمای ناشی از تلفات ترانسفورماتور را تأمین کند.
- محلی برای نصب پوشینگ‌ها، تپ‌چنجر، مخزن ذخیره روغن و سایر متعلقات باشد.
- از نظر ابعاد در حدی باشد که به راحتی قابل حمل و نقل از طریق جاده یا راه آهن باشد.
- حداقل تلفات فوکو در آن ایجاد شود.
- حداقل میدان مغناطیسی در خارج از آن وجود داشته باشد.

در ترانسفورماتور HVDC نیز مخزن می‌بایست دارای پوشینگ بلند تا اتاق ولو در سمت سیم‌بندی ولو باشد و برای راحتی تعویض روغن ترانسفورماتور سیستم خنک‌کننده در سمت مقابل نصب می‌گردد. در ترانسفورماتورهایی که سیم‌بندی مثلث و ستاره هر دو داخل یک تانک قرار دارند، پوشینگ ولو به نحوی طراحی می‌شود که انتهای آن‌ها به برج ولوتریستوری برسد که در این حالت در اغلب موارد ارتفاع اتصالات زیاد بوده و نصب مخزن انبساط وقتی در ارتفاع زیاد اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

↪ عایق‌بندی: عایق‌بندی ترانسفورماتور شامل عایق‌های روغن و کاغذ می‌باشد. پایه روغن‌های ترانسفورماتور براساس ترکیبات نفتیک یا پارافتیک می‌باشد که در این میان ترکیبات نفتیک عملکرد بهتری در روغن ترانسفورماتور دارند. روغن مورد استفاده در صنعت بایستی بتواند الزامات ذکر شده در استانداردهای معتبر جهانی نظیر IEC60296 را تامین نماید تا بتوان از آن در ترانسفورماتور استفاده کرد. به طور کلی دلایل اصلی به کار بردن روغن‌ها در ترانسفورماتورها را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- عایق‌کاری الکتریکی
  - کنترل درجه حرارت داخلی ترانسفورماتور و انتقال حرارت
  - جلوگیری از خوردگی مواد عایق و قسمت‌های فلزی ترانسفورماتور
  - طول عمر زیادتر و تضمین پایداری شیمیایی برای ترانسفورماتور
  - آب‌بندی و جمع‌آوری و حمل مواد ناخالصی ناشی از کارکرد به خارج از محیط سیستم
  - خاموش کردن جرقه الکتریکی
- برحسب شرایط سرویس در ترانسفورماتور، آنچه که از روغن‌های عایق انتظار می‌رود بشرح زیر می‌باشد:
- از لحاظ عایق بودن باید استقامت الکتریکی و مقاومت الکتریکی آن بالا باشد.
  - ویسکوزیته روغن باید پائین باشد تا بتواند عمل انتقال حرارت را بطور موثر انجام دهد.
  - به منظور رعایت اصول ایمنی، نقطه اشتعال آن بالا باشد.
  - قابلیت انتقال حرارت خوب
  - نسبت به مواد ساختمان ترانسفورماتور بی‌اثر باشد.
  - در برابر درجه حرارت‌های موضعی و زیاد، مقاوم باشد.

- در مقابل اکسیداسیون و تولید ترکیبات اسیدی و تشکیل لجن مقاوم باشد.
  - قابلیت کاربرد در درجه حرارت‌های پائینتر را داشته باشد.
  - عاری از هرگونه آب و ناخالصی بوده و در ساخت آن از مواد افزودنی که در مجاورت مقدار بسیار کم آب، الکترولیز شده و تولید الکترولیت می‌نماید، استفاده نشده باشد تا بتواند به عنوان عایق مطلوب عمل نماید.
  - ضریب تلفات عایق آن در طول سرویس ناچیز باشد.
  - خواص الکتریکی خود را در مدت زمان نسبتاً طولانی سرویس حفظ نماید.
- ↩ سایر اجزا: به جز موارد فوق، اجزای دیگری نیز به شرح زیر وجود دارند:
- تپ‌چنجر<sup>۱</sup>: در بارهای مختلف افت ولتاژ در ترانسفورماتورها و خطوط نیز تغییر می‌کند و سبب تغییر ولتاژ شبکه می‌شود. کنترل ولتاژ شبکه‌های توزیع و انتقال عمدتاً توسط تپ‌چنجر انجام می‌شود. اساس کار تپ‌چنجر بر تغییر نسبت تبدیل ترانسفورماتور استوار است. بدین ترتیب که با انشعابات که در سیم‌پیچ فشارقوی تعبیه شده است، تعداد دور سیم‌پیچ تغییر یافته و سبب تغییر ولتاژ خروجی ترانسفورماتور می‌شود.



شکل (۲-۴۶): ساختمان تپ‌چنجرهای قابل تغییر زیر بار (OLTC)

<sup>۱</sup>-Tap changer

- پوشینگ‌ها<sup>۱</sup>: سرهای خروجی سیم‌پیچ‌های فشار قوی و فشار ضعیف باید نسبت به بدنه فلزی تانک، عایق کاری شوند. برای این منظور از مقره‌ها استفاده می‌شود. مقره یا پوشینگ از یک هادی مرکزی که توسط عایق‌های مناسبی در میان گرفته شده است تشکیل یافته است.



شکل (۲-۴۷): یک پوشینگ نوعی برای ترانسفورماتورهای قدرت

- وسایل خنک‌کننده<sup>۲</sup>: شکل (۲-۵۰) نشان‌دهنده وسایل خنک‌کننده ترانسفورماتورهای قدرت می‌باشد.



ج) پمپ روغن



ب) فن



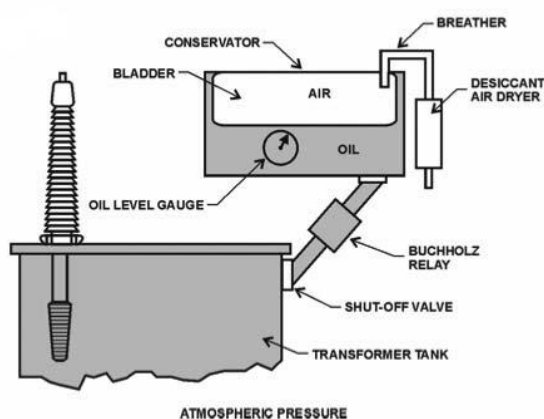
الف) رادیاتور

شکل (۲-۴۸): وسایل خنک‌کننده

<sup>1</sup>-Bushings

<sup>2</sup>-Cooling equipments

- تانک انبساط یا تانک ذخیره روغن<sup>۱</sup>: منبع ذخیره روغن که منبع انبساط و کنسرواتور نیز نامیده می‌شود، تانکی است که در بالاترین قسمت ترانسفورماتور نصب می‌شود. در حین تغییرات بار روزانه، روغن ترانسفورماتور انبساط و انقباض می‌یابد و در حین انبساط وارد منبع ذخیره می‌شود.



شکل (۲-۴۹): کنسرواتور و اجزای مربوطه

- وسایل اندازه‌گیری و حفاظتی<sup>۲</sup>: نظیر رله بوخلهتس
- شیرها<sup>۳</sup> و واشرها
- رطوبت‌گیر<sup>۴</sup>
- جرعه‌گیر<sup>۵</sup>
- تابلوی مارشالینگ<sup>۶</sup>

<sup>۱</sup>-Oil conservator

<sup>۲</sup>-Measuring and protectionalequipments

<sup>۳</sup>-Valves

<sup>۴</sup>-Dehydrating breathers

<sup>۵</sup>-Surge arrestor

<sup>۶</sup>-Marshaling box

• چرخ‌ها<sup>۱</sup> (در صورت لزوم)

• پیچ‌های<sup>۲</sup> زمین

اجزای تمامی ترانسفورماتورها اعم از قدرت، زمین، جریان، ولتاژ و... تقریباً مشابه به یکدیگر می‌باشد. در پست‌های انتقال، ترانسفورماتورهای قدرت، زمین، مصرف داخلی، جریان و ولتاژ کاربرد دارند که ترانسفورماتورهای جریان و ترانسفورماتورهای ولتاژ از اجزای سوییچگیر پست به شمار می‌آیند.

### ترانسفورماتور قدرت

ترانسفورماتورهای قدرت وظیفه تغییر در ولتاژ به جهت سهولت در امر انتقال انرژی الکتریکی را بر عهده دارند.

### ترانسفورماتور زمین

این ترانسفورماتور در جاهایی که نقطه اتصال زمین (نوترال) در دسترس نمی‌باشد جهت ایجاد نقطه نوترال استفاده می‌شود.

### ترانسفورماتور مصرف داخلی

از ترانسفورماتور مصرف داخلی برای تغذیه مصارف داخلی پست استفاده می‌شود. تغذیه ترانسفورماتور مصرف داخلی شامل قسمت‌های زیر است :

↔ تغذیه موتور پمپ تپ چنجر، تغذیه کلید قدرت‌های ۲۰ کیلوولت، تغذیه فن و سیستم خنک کننده، شارژ باتری‌ها،

مصارف روشنایی، تهویه‌ها

↔ معمولاً نوع اتصال سیم‌پیچ‌ها در این ترانسفورماتورها به صورت مثلث - ستاره با گروه برداری DYn11 می‌باشد.

همچنین ترانسفورماتورها از نقطه نظرهای متفاوتی تقسیم‌بندی می‌شوند که به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد.

### *انواع ترانسفورماتورها از نظر ساختمان هسته*

↔ ترانسفورماتورهای هسته ستونی (Core type)

↔ ترانسفورماتورهای هسته زرهی (Shell type)

<sup>1</sup>-Wheels

<sup>2</sup>-Bolts

در نوع اول، سیم‌پیچ‌ها بصورت استوانه‌های متحدالمرکز روی هسته قرار می‌گیرند، در حالیکه در نوع دوم، سیم‌پیچ‌ها بصورت تناوبی یا ساندویچی روی هم قرار دارند و هسته زرهی، سیم‌پیچ‌ها را در برمی‌گیرد. این طریقه سیم‌پیچی زحمت بیشتری دارد و در عوض استحکام مکانیکی آن بیشتر است. شکل (۲-۴۵) نشان‌دهنده دو مدل ترانسفورماتور با سیم‌پیچ‌های جدا می‌باشد. ترانسفورماتورها از نقطه نظر نوع سیم‌پیچی به سه صورت سیم‌پیچ جدا، اتو ترانسفورماتور (ترانسفورماتوری که حداقل دو سیم‌پیچ آن دارای بخش مشترک می‌باشد) و ترانسفورماتور بوستر (ترانسفورماتوری که یک سیم‌پیچ آن با مدار تغییردهنده ولتاژ، سری می‌شود و سیم‌پیچ دوم آن به‌عنوان سیم‌پیچ تغذیه مورد استفاده قرار می‌گیرد) تقسیم می‌گردند.



شکل (۲-۵۰): انواع ترانسفورماتور الف- shell form- ب- core form

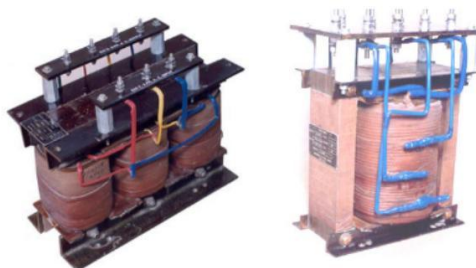
#### انواع ترانسفورماتور از نظر تغییرات ولتاژ:

- ↪ ترانسفورماتورهای افزایشنده: ولتاژ خروجی بیشتر از ولتاژ ورودی می‌باشد و در ابتدای خطوط انتقال قرار می‌گیرند.
- ↪ ترانسفورماتورهای کاهشنده: ولتاژ خروجی کمتر از ولتاژ ورودی می‌باشد و در انتهای خطوط انتقال قرار می‌گیرند.

#### انواع ترانسفورماتور از نظر نوع جریان:

- ↪ ترانسفورماتورهای تک فاز
- ↪ ترانسفورماتورهای سه فاز: در جریان‌های سه فاز می‌توان برای هر فاز از یک ترانسفورماتور تک‌فاز مجزا و یا یک ترانسفورماتور سه فاز استفاده نمود. اگر از سه ترانسفورماتور مجزا استفاده شود، در صورت خرابی یکی از ترانسفورماتورها هنوز می‌توان از دو ترانسفورماتور دیگر استفاده نمود. با این وجود ترانسفورماتورهای سه‌فاز چون فقط دارای یک هسته هستند ارزانتر می‌باشند، ولی اگر خراب شوند کل ترانسفورماتور باید تعویض یا تعمیر گردد.





شکل (۲-۵۱): انواع ترانسفورماتور از نظر نوع جریان؛ تک فاز و سه فاز

در سیستم‌های HVDC نیز ترانسفورماتورهای مبدل وظیفه تبدیل سطوح ولتاژ AC به سطح ولتاژ مورد نیاز سیستم مبدل DC را داشته، راکتانس کموتاسیون را فراهم می‌کنند. این ترانس‌ها به طور معمول به صورت واحدهای تکفاز سه سیم پیچه ساخته می‌شوند که سیم‌پیچ سوم برای اتصال فیلترهای AC مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته با توجه به محدودیت‌های حمل و نقل و ظرفیت مورد لزوم امکان یکپارچه نمودن ترانسفورماتور سه فازه نیز وجود دارد.

### ۲-۳-۱-۲- سوئیچگیر

یک سوئیچگیر از مجموعه‌ای از تجهیزات که فیدرهای مختلف را به باسبار و یا باسبارها را در نقاط مختلف به یکدیگر با ولتاژ معینی ارتباط می‌دهند؛ تشکیل شده است. در پست‌های مبدل ولتاژ ممکن است از دو یا سه سوئیچگیر با ولتاژهای مختلف استفاده شود. تجهیزات اصلی سوئیچگیر به شرح ذیل می‌باشد:

#### باسبار<sup>۱</sup> (شینه)

تمام ژنراتورها، ترانسفورماتورها، سیم‌ها و کابل‌های یک نیروگاه یا تبدیل‌گاه که ولتاژبرابری دارند با یک شمش یا یک رسانابه نام شینه در هر فاز به هم متصل می‌شوند. در شینه تمام انرژی ژنراتورها، ترانسفورماتورها و یا هر دو به هم می‌پیوندند و از آنجا بطور مستقیم با همان ولتاژ و یا به کمک ترانسفورماتور افزایشده یا کاهشده با ولتاژ دیگر به

<sup>۱</sup>- Bas bar

مصرف‌کننده‌ها و یا شینه‌های دیگر هدایت می‌گردند. از این رو می‌توان گفت که شینه وسیله جمع و پخش انرژی در آن واحد است.

## کلیدهای قدرت<sup>۱</sup>

وسیله برقرار کردن و ارتباط دادن بین مولدها و ترانسفورماتورها و مصرف‌کننده‌ها و سیستم‌های انتقال انرژی یا جدا کردن آن‌ها از یکدیگر می‌باشند. انواع کلیدهای قدرت عبارتند از:

↔ کلید قدرت روغنی

↔ کلید قدرت هوایی

↔ کلید قدرت SF6

↔ کلید قدرت خلا

↔ کلیدهای DC: در سیستم‌های HVDC، علاوه بر کلیدهای AC که در سمت خط AC مورد نیاز است، به کلیدهای پرسرعت DC نیز نیاز داریم. با توجه به خاص بودن تکنولوژی و کاربرد این کلیدها، در اینجا به معرفی تکنولوژی و عملکرد این نوع از سوئیچ‌ها می‌پردازیم. مشابه با پست AC، پست HVDC نیز به تجهیزات کلیدزنی DC نیاز دارد. گروهی از این تجهیزات که قابلیت کموتاسیون جریان مستقیم دارند، کلیدهای DC سریع نامیده می‌شوند. شمای ظاهری یک کلید سریع نصب شده در کشور چین در شکل (۲-۵۲) نشان داده شده است.

<sup>۱</sup>- Circuit Breaker



شکل (۲-۵۲): کلید MRTB در سوئیچگیر DC در Tian Guang کشور چین

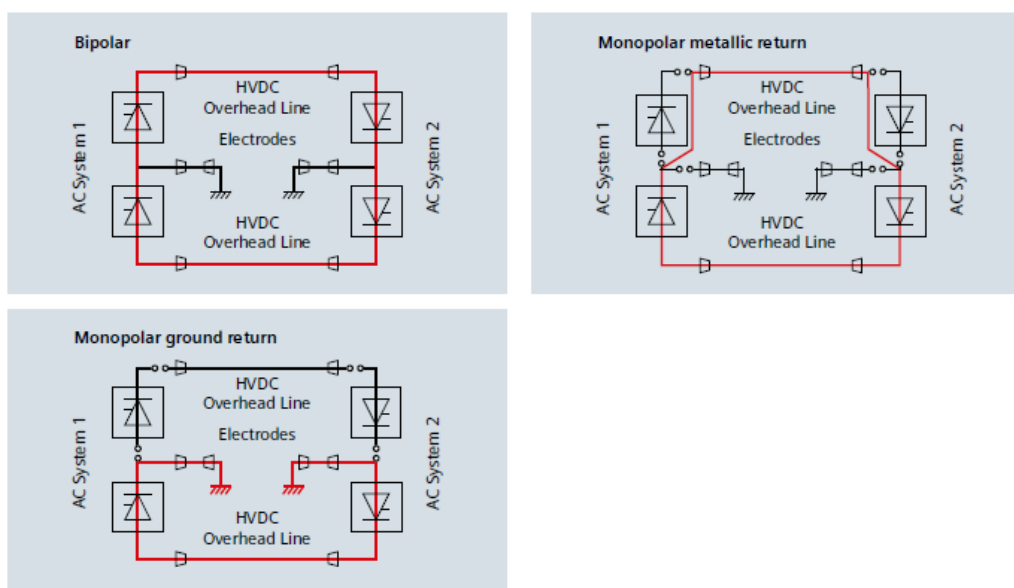
برقگیرهای گازی AC استاندارد زیمنس که عایق آن‌ها گاز SF6 است می‌توانند نیازهای لازم برای کلیدهای سریع DC را برآورده سازند. در جدول زیر انواع کلیدهای سریع DC و وظیفه هر یک شرح داده شده است. پیکربندی سیستم HVDC در شرایط بهره‌برداری هنگام عملکرد این کلیدها نیز در شکل (۲-۵۳) نشان داده شده است. جدول (۲-۳) انواع کلیدهای سریع DC و وظایف آن‌ها را به نمایش گذاشته است.

جدول (۲-۳): انواع کلیدهای سریع DC و وظایف آن‌ها

وظایف	نوع کلید
هنگام بروز خطای زمین در نوترال پست جریان DC را به سمت الکتروود زمین منحرف می‌سازد.	کلید سریع باس نوترال High-Speed Neutral Bus Switch (HSNBS)
در صورتی که الکتروود زمین ایزوله شود این کلید نوترال پست را به شبکه زمین پست متصل می‌سازد.	کلید سریع زمین High-Speed Ground Switch (HSGS)
در صورتی که یکی از پل‌های سیستم مسدود گردد، بهره‌برداری تک قطبی از پل دوم با استفاده از زمین به عنوان مسیر برگشت جریان بطور اتوماتیک صورت می‌گیرد. در صورتی که مدت زمان بهره‌برداری با برگشت جریان از طریق زمین محدود شده باشد، راهکار جایگزین استفاده از خط پل مسدود شده به عنوان هادی برگشت جریان است. این حالت هادی برگشت <sup>۱</sup> نامیده می‌شود. بریکر MRTB برای سوئیچ کردن از الکتروود زمین به هادی بازگشتی بدون قطع شارش توان مورد استفاده قرار می‌گیرد.	برقگیر جابجایی هادی برگشت Metallic Return Transfer Breaker (MRTB)

<sup>۱</sup> - Metallic Return

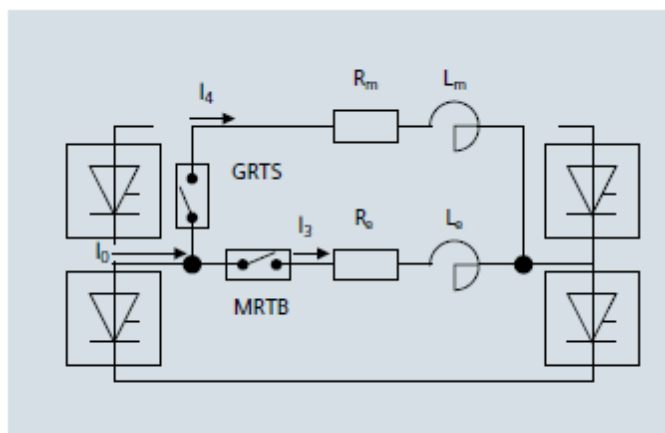
وظایف	نوع کلید
برای جابجایی از حالت کاری هادی برگشتی به عملکردی دو قطبی با برگشت زمین (اتصال الکتروود زمین) بدون قطعی در شارش توان، کلید GRTS مورد نیاز است.	کلید جابجایی برگشت زمین Ground Return Transfer Switch (GRTS)



شکل (۲-۵۳): پیکربندی سیستم HVDC در شرایط مختلف بهره‌برداری هنگام عملکرد کلیدهای DC

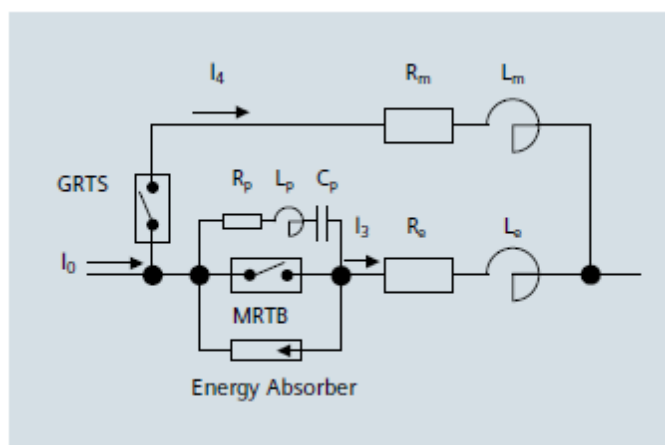
### ملاحظات طراحی کلیدهای پست HVDC

در این بخش، جزئیات بیشتری در مورد طراحی بریکرهای GRTS و MRTB بیان می‌شود. این بریکرها به ترتیب برای کموتاسیون جریان زمین به هادی خط پل معیوب هنگام بروز خطا در یک پل HVDC و بازگشت از این وضعیت به حالت بهره‌برداری دو قطبی استفاده می‌شوند. در شکل (۲-۵۴) مدار معادل بریکرهای MRTB و GRTS نشان داده شده است.



شکل (۲-۵۴): مدار معادل عملکرد بریکرهای GRTS و MRTB

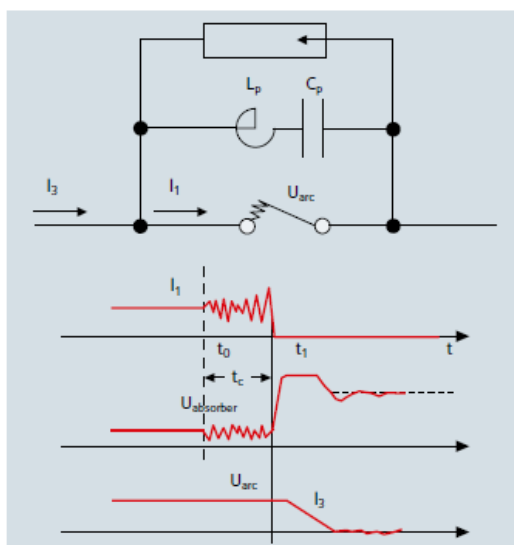
در این شکل مقاومت  $R_m$  و اندوکتانس  $R_m$  مشخصات خط انتقال HVDC و  $R_e$  و  $L_e$  پارامترهای مسیر برگشت زمین هستند. در حالت معمول مقاومت زمین ( $R_e$ ) به میزان قابل ملاحظه‌ای از مقاومت هادی ( $R_m$ ) کوچکتر است. بنابراین در حالت دائمی انتقال، زمانی که هر کلید GRTS و MRTB بسته هستند بیشتر جریان از زمین می‌گذرد که برای این دو کلید نیاز به کموتاسیون را نشان می‌دهد. جریان  $I_3$  می‌تواند تا ۹۰ درصد کل جریان  $I_0$  را تشکیل دهد در حالیکه  $I_4$  حداکثر ۲۵ درصد جریان  $I_0$  خواهد بود. با توجه به این مطلب نتیجه‌گیری می‌شود که انتقال جریان از زمین به هادی برگشت توسط MRTB خیلی سخت‌تر از انتقال از هادی به زمین توسط بریکر GRTS است. بنابراین در ادامه ملاحظات مربوط به بریکر MRTB شرح داده می‌شود. در شکل (۲-۵۵) مدار پایه بریکر MRTB نشان داده شده است.



شکل (۲-۵۵): جزئیات مدار بریکر MRTB

مطابق با شکل مذکور، یک شاخه جذب کننده انرژی و یک شاخه تشدید  $L_p C_p$  با مقاومت اهمی  $R_p$  به صورت موازی با کلید MRTB که یک بریکر معمولی از نوع SF6 است قرار داده شده‌اند.

مطابق با شکل (۲-۵۶) مراحل کموتاسیون به این صورت است که در لحظه  $t_0$  کنتاکت‌های بریکر از هم جدا می‌شوند و با توجه جریان مستقیم عبوری یک آرک بین کنتاکت‌ها تشکیل می‌شود. مشخصات این آرک سبب تحریک مدار تشدید شده و یک جریان نوسانی که فرکانس آن به  $L_p C_p$  وابسته است ایجاد می‌کند. این جریان بر روی  $I_1$  مدار می‌شود. از آنجائیکه  $R_p$  بسیار کوچک است؛ نوسانات دمپ نشده و بزرگتر می‌شود و به محض آنکه جریان  $I_1$  از صفر عبور کند، جریان بریکر قطع می‌شود. هر چند  $I_3$  بدون تغییر باقی می‌ماند و خازن  $C_p$  شارژ می‌شود. تا زمانی که ولتاژ آن به حد ولتاژ جذب کننده انرژی برسد. این ولتاژ افزایشی به مانند یک ولتاژ مقاوم سبب می‌شود، جریان  $I_3$  کاهش یافته و جریان  $I_4$  افزایش یابد. با توجه به توضیحات فوق، در عمل جریان خط به تدریج از  $I_1$  (جریان عبوری از بریکر) به شاخه تشدید و سپس به مسیر زمین منحرف می‌گردد.



شکل (۲-۵۶): مدار معادل و نمودار تشریح عملکرد بریکرهای MRTB و GRTS

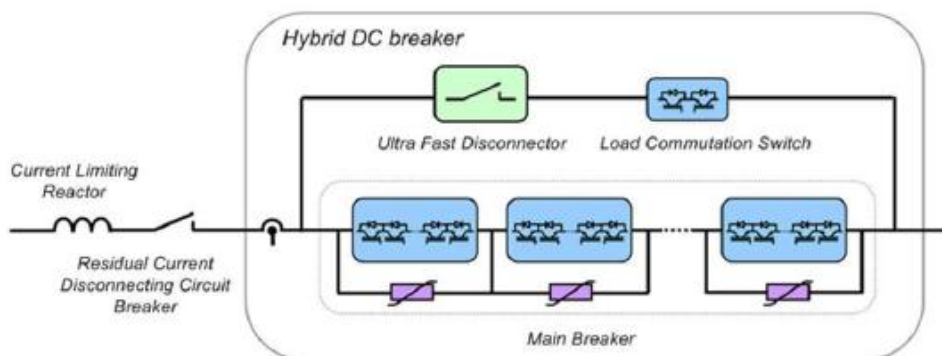
زمانی که ولتاژ به حد نهایی جاذب انرژی (برقگیر) رسید، جریان  $I_3$  از برقگیر عبور نموده و با توجه به ولتاژ مقاوم ایجاد شده، توان آن در برقگیر مستهلک می‌گردد، تا  $I_3$  به صفر برسد. در این لحظه که  $I_3$  برابر صفر شده است،  $I_4$

با  $I_0$  برابر است و کموتاسیون جریان از زمین به هادی برگشت به طور کامل انجام شده است. لازم بذکر است که در طول فرآیند کموتاسیون جریان  $I_0$  سیستم تغییر نموده و توان انتقالی بر روی خط HVDC دچار وقفه نمی‌گردد. علاوه بر این، روش‌های دیگری براساس مدار تشدید پیچیده‌تر با استفاده از تحریک خارجی و منبع توان جانبی برای ساخت بریکر MRTB مورد استفاده قرار گرفته است. با در نظر گرفتن فاکتورهای قابلیت اطمینان و در دسترس بودن، مشخص است که روش قبل با استفاده از مدار تشدید پسیو که شرکت زیمنس از آن استفاده می‌کند در مقایسه با مدار اکتیو برتری دارد. همچنین سیستم نازل و جریان گاز SF6 در بریکرهای AC استاندارد زیمنس منجر به مشخصات آرک مناسبی می‌شود که عملکرد صحیح مدار پسیو تشدید را تضمین می‌نماید. برای این منظور یک واحد استاندارد بریکر سه فاز AC مورد استفاده قرار می‌گیرد. تست‌های آزمایشگاهی قابلیت‌های بریکر SF6 زیمنس را برای این کاربرد تأیید نموده است. علاوه بر این در پروژه‌های مختلف HVDC این کلیدها در بهره‌برداری طولانی مدت به طور موفق عمل کرده‌اند.

### فناوری‌های نوین بریکرهای HVDC

کلیدهای مکانیکی HVDC که در این بخش معرفی شدند با استفاده از عناصر پسیو در شاخه تشدید، جریان را در زمان چند ده میلی ثانیه قطع می‌کنند. این مدت زمان برای حفظ پایداری در شبکه‌های HVDC چندترمیناله زیاد می‌باشد و چالشی فراروی گسترش این سیستم‌ها است. در این راستا کلیدهای نیمه‌هادی برای این منظور معرفی شدند که اگرچه سرعت عمل آن‌ها مطلوب است اما به علت عبور دائمی جریان خط از بریکر نیمه‌هادی، تلفات زیادی در حدود ۳۰ درصد تلفات پست مبدل VSC تنها در کلید ایجاد می‌شود (هنگام انتقال توان نامی بر روی خط). بنابراین بریکری که بتواند سریعتر از نمونه‌های مکانیکی عمل نموده و تلفات کمتری داشته باشد مورد نیاز است.

در سال ۲۰۱۲ شرکت سوئدی ABB ایده نوینی در طراحی و ساخت بریکر هیبریدی HVDC مطرح نموده و در حال ساخت و تست نمونه‌های اولیه آن است. شماتیک ساده‌ای از اجزای این بریکر در شکل (۲-۵۷) نشان داده شده است.



شکل (۲-۵۷): شماتیک اجزای بریکر هیبریدی HVDC فناوری نوین شرکت ABB

بریکر هیبریدی شامل یک شاخه موازی برای بای پس جریان است که از یک کلید نیمه‌هادی کموتاسیون بار به طور سری با سکسیونر مکانیکی سریع تشکیل شده است. شاخه اصلی بریکر شامل چندین بخش بریکر نیمه‌هادی به صورت سری است که هر یک دارای بانک برقگیر مخصوص به خود است. هر یک از این بخش‌ها برای ولتاژ نامی و ظرفیت قطع جریان کل، سایز شده است؛ در حالی که کلید کموتاسیون بار برای ولتاژ نامی و انرژی کمتری سایز می‌گردد. پس از رفع خطا، سکسیونر جریان باقی‌مانده را قطع نموده و خط معیوب را از شبکه جدا می‌کند تا از اضافه بار حرارتی بانک‌های برقگیر در بریکر هیبریدی جلوگیری شود.

در حالت کارکرد عادی، جریان تنها از مسیر بای پس عبور نموده و جریان شاخه اصلی مدار (بریکر اصلی) صفر است. هنگامی که خطایی در سیستم HVDC رخ می‌دهد، کلید کموتاسیون بار به سرعت جریان را به شاخه اصلی منحرف می‌سازد و سکسیونر سریع بلافاصله باز می‌شود. در حالتی که کلید مکانیکی در وضعیت باز قرار دارد، بریکر اصلی HVDC جریان را قطع می‌نماید.

در هنگام قطع جریان توسط بریکر شاخه اصلی، کلید کموتاسیون بار توسط سکسیونر مکانیکی از ولتاژ اولیه روی دو سر کلید جدا شده است، بنابراین ولتاژ نامی کلید کموتاسیون بار به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. برای کموتاسیون موفق جریان خط از شاخه بای پس به شاخه اصلی بریکر، لازم است ولتاژ نامی کلید کموتاسیون بار بیش از افت ولتاژ روی بریکر اصلی در وضعیت وصل باشد که این مقدار برای بریکرهای ۳۲۰ کیلوولت در حدود کیلوولت است. بنابراین از آنجاییکه ولتاژ قابل تحمل کلید کموتاسیون بار به مرتبه کیلوولت کاهش می‌یابد، افت ولتاژ حالت وصل آن در حدود



چند ولت خواهد بود. در نتیجه تلفات مجموعه بریکر هیبریدی در حالت وصل نسبت به کلید نیمه‌هادی معمولی بسیار کمتر است.

کلید مکانیکی در زمانی که جریان به صفر رسیده است باز می‌شود و تنش ولتاژی روی آن نیز کم است، بنابراین می‌توان از سکسیونر با کنتاکت معمولی به عنوان این کلید استفاده نمود. این سکسیونر سریع در زمانی که بریکر اصلی HVDC باز است، هنگام باز شدن تحت حداکثر ولتاژ فاز به فاز که با سطح ولتاژ حفاظتی برقی محدود می‌شود، قرار می‌گیرد. با استفاده از گاز SF6 به عنوان ماده عایقی در این سکسیونرها می‌توان به ساختار کم‌حجم و سرعت باز شدن بالا دست یافت.

بریکر هیبریدی به صورت نمونه با سطح ولتاژ نامی ۳۲۰ کیلوولت و جریان ۲ کیلوآمپر با قدرت قطع ۹ کیلوآمپر طراحی و ساخته شده است. این فناوری نوین توسط شرکت ABB در مرحله تست و توسعه قرار دارد و دستیابی به قدرت قطع ۱۶ کیلوآمپر و سرعت عملکرد ۲ میلی ثانیه امکان‌پذیر خواهد بود. گام بعدی بکارگیری این فناوری در سیستم‌های انتقال HVDC واقعی و تست عملکرد آن در شرایط بهره‌برداری مداوم و طولانی مدت در بار کامل است.

### سکسیونر<sup>۱</sup>

عمل و کار سکسیونر در ایستگاه‌های برق فشار بالا، جدا کردن بخش‌ها و سکشن‌های گوناگون از بخش‌های دارای ولتاژ است و انجام بستن و بازکردن را فراهم می‌سازد. انواع سکسیونرهایی که بیشتر در فشار قوی مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از:

↪ سکسیونر دورانی: بیشتر در شبکه‌های ۶۳ کیلوولت به بالا استفاده می‌شود و عملکرد این سکسیونر به صورت دو بازو در یک پل که جهت چرخش آن‌ها ۹۰ درجه معکوس همدیگر می‌باشند. این نوع کلید در شرایط جوی نامناسب مقاومت خوبی از خود نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup>- Disconnector Switch

↔ سکیونر قیچی‌ای یا پانتوگراف: این نوع سکیونرها بیشتر در شبکه فوق فشار قوی کاربرد دارند و به لحاظ آنکه هر قطب روی یک پایه سوار است لذا از نظر جای‌گیری در پست حجم کمتری اشغال می‌کند و بیشتر زیر خط فشار قوی نصب می‌گردد.

### ترانسفورماتور جریان<sup>۱</sup>

جهت اندازه‌گیری و همچنین سیستم‌های حفاظتی لازم است که از مقدار جریان عبوری از خط اطلاع پیدا کرده و نظر به اینکه مستقیماً نمی‌شود از کل جریان خط در این نوع دستگاه‌ها استفاده کرد و در فشار ضعیف و فشار قوی علاوه بر کمیت، موضوع مهم ایزوله کردن وسایل اندازه‌گیری و حفاظتی از اولیه است؛ لذا بایستی به طریقی جریان را کاهش داده و از این جریان برای دستگاه‌های فوق استفاده کرد و این کار توسط ترانسفورماتور جریان انجام می‌شود. برای نمونه‌گیری جریان به نسبت عبور جریان از اولیه خود و القای آن در ثانویه استفاده می‌شوند. این ترانسفورماتورها به منظور حفاظت و اندازه‌گیری در ابتدای خطوط ورودی به پست‌ها و همچنین در ورودی ترانسفورماتور قدرت و ورودی ثانویه ترانسفورماتور و همچنین در خروجی‌های پست و نقاط کلیدی دیگر که احتیاج است جریان در آن نقطه تحت نظر باشد استفاده می‌شود که هر کدام از این نقاط با ترانسفورماتور مخصوص به خود چه از نظر عایقی و ساختمان و چه از نظر قدرت و دقت، نصب‌استفاده می‌گردند. پارامترهای اساسی یک ترانسفورماتور جریان عبارتند از: نقطه اشباع، کلاس ودقت، ظرفیت و نسبت تبدیل. در مورد ترانسفورماتورهای جریان تست‌های مختلفی انجام می‌شود که رایج‌ترین آن‌ها عبارتند از: تست نقطه اشباع، تست نسبت تبدیل، تست عایقی اولیه و ثانویه.

### ترانسفورماتور ولتاژ<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>- Current Transformer

<sup>۲</sup>- Voltage Transformer

چون ولتاژهای بالاتر از ۶۰۰ ولت را نمی‌توان به صورت مستقیم بوسیله دستگاه‌های اندازه‌گیری اندازه گرفت، بنابراین لازم است که ولتاژ را کاهش داد تا بتوان ولتاژ را اندازه‌گیری نمود؛ ترانسفورماتور ولتاژ که یکی از اجزای سویچگیر محسوب می‌گردد برای این منظور استفاده می‌شود. ترانسفورماتور ولتاژ ترانسفورماتور خاصی است که اولیه‌ای با ولتاژ زیاد و ثانویه‌ای با ولتاژ کم دارد. توان نامی این ترانسفورماتور بسیار کم است، و تنها هدف آن فراهم کردن نمونه‌ای از ولتاژ سیستم قدرت برای دستگاه‌های اندازه‌گیری و کنترل است. چون ترانسفورماتور ولتاژ به منظور نمونه‌گیری ولتاژ به کار می‌رود، باید بسیار دقیق باشد تا موجب اعوجاج ولتاژهای واقعی نشود.

### مقره اتکایی<sup>۱</sup>

برای عایق کاری باس بارها، پست‌ها و تابلوها نسبت به زمین و نگهداری آن‌ها از این نوع مقره‌ها استفاده می‌شود.

### تله موج<sup>۲</sup>

تله موج دستگاهی است که از کنار هم گذاشتن سلفو خازنموازی ساخته شده و برای جلوگیری از ورود موج‌های فرکانس بالا به کار می‌رود. تله موج در واقع یک فیلتر فرکانسی است. شکل (۲-۶۱) نشان‌دهنده یک تله موج کار گذاشته شده در مسیر خط انتقال می‌باشد.

<sup>۱</sup>- Post Insulator

<sup>۲</sup>- Line Trap



شکل (۲-۵۸): تله موج کار گذاشته شده در مسیر خط انتقال

### واحد تطبیق<sup>۱</sup>

از مدارهای RLC تشکیل شده و همانند یک فیلتر عمل می‌کند.

### Wallbushing

برای عبور جریان از دیوار باید از هادی‌هایی درون عایق استفاده شود که بر اثر اتصال هادی با دیوار مدار اتصال کوتاه تشکیل نشود. وال بوشینگ قطعه ایست شامل یک هادی که اطراف آن را عایق فرا گرفته است و دو سر آن محل اتصال هادی می‌باشد. از وال بوشینگ برای اتصال کابل ورودی به پست‌ها درون ساختمان، کابل اتصال دو سر ترانس و کلیدهای با عیق به جز هوا که در محیط indoor نصب شده اند استفاده می‌شود.

### ۲-۳-۱-۳-برقگیر<sup>۲</sup>

وسیله‌ای است که در شبکه‌های الکتریکی برای حفاظت تجهیزات در مقابل صدمات ناشی از اضافه ولتاژهای ناگهانی همچون صاعقه و رعد و برق‌ها کار برده می‌شود. برقگیر در مقابل ولتاژهای معمولی یک مقاومت بسیار زیاد در حد عایقاز خود

<sup>۱</sup>- Line Matching Unit

<sup>۲</sup>- Lightning Arrester

نشان می‌دهد و در مقابل ولتاژهای آنی مقاومت کمی از خود نشان می‌دهد و موج‌های الکتریکی را اتصال به زمین می‌کند. برقگیرها نسبت به سایر وسایل حفاظتی بهترین حفاظت را انجام می‌دهند و بیشترین مقدار حذف امواج گذرا را فراهم می‌کند. برقگیرها به صورت موازی با وسیله تحت حفاظت یا بین فاز و زمین قرار می‌گیرند انرژی موج اضافه ولتاژ به وسیله برقگیر به زمین منتقل می‌شود. برقگیرهای سیستم قدرت می‌بایست با توجه به اهداف ذیل به طور بهینه طراحی شوند:

↔ کارایی عالی در شرایط کاری آلوده همچون مناطق ساحلی، بیابانی یا مناطق صنعتی با هوای آلوده

↔ پایداری مکانیکی بالا برای استفاده در مناطق لرزه خیز

↔ سیستم دريچه تخلیه فشار<sup>۱</sup> با قابلیت اطمینان بسیار بالا برای کاربرد در مناطق حساس که نیاز به حفاظت خاص دارند.

↔ سازگاری مواد مورد استفاده با محیط زیست

عملکرد اصلی برقگیر حفاظت از تجهیز در مقابل اثرات مخرب اضافه ولتاژ است و در هنگام کارکرد عادی نباید اثری بر روی سیستم قدرت بگذارند. همچنین برقگیر می‌بایست بدون بروز خرابی، در مقابل موج ضربه ولتاژ تیپیکال مقاومت نماید. مقاومت‌های غیرخطی با مشخصات ذیل می‌توانند نیازهای مذکور را برآورده سازند:

↔ مقاومت در برابر موج ضربه ولتاژ تا بتواند اضافه ولتاژ را محدود نماید.

↔ مقاومت زیاد در بهره برداری عادی تا اثری بر کارکرد عادی سیستم قدرت نگذارد.

برقگیرهای اکسید فلز<sup>۲</sup> در سیستم‌های فشار متوسط، فشار قوی و بالاتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در اینجا، سطح ولتاژ حفاظتی بسیار پایین و قابلیت جذب انرژی زیاد در هنگام ضربه‌های کلیدزنی مورد توجه هستند. برای سطوح ولتاژ بالا، همواره ساختار ساده‌ای از برقگیرهای MO ارجحیت دارد. در شکل (۲-۵۹) دو مدل برقگیر با هوزینگ متفاوت نشان داده شده است.

<sup>1</sup> - Pressure Relief

<sup>2</sup> - Metal Oxide

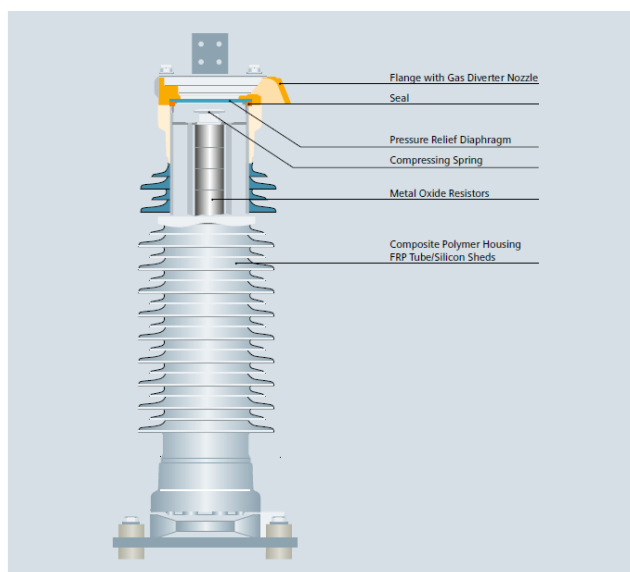
علاوه بر هوزینگ متداول که از جنس چینی<sup>۱</sup> می‌باشد، امروزه نسل جدید برقگیرهای فشار قوی با هوزینگ پلیمری ارائه شده است.



شکل (۲-۵۹): برقگیر با هوزینگ چینی (جلو) و هوزینگ پلیمری (عقب) در آزمایشگاه

شکل (۲-۶۰) بخش‌های مختلف برقگیر پلیمری را نشان می‌دهد. هوزینگ شامل تیوپ پلاستیکی از جنس فایبرگلاس تقویت شده با پره عایقی از جنس لاستیک سیلیکونی می‌باشد. مزایایی این طراحی در بهره‌مندی از دریچه تخلیه فشار مشابه با هوزینگ معمولی که قابلیت اطمینان بالایی دارد، مقاومت مکانیکی مناسب حتی پس از تخلیه فشار و همچنین مقاومت عالی در برابر آلودگی‌های محیطی نهفته است. مقاومت مکانیکی خوب به این معنا است که این برقگیرها قابلیت نصب به عنوان ایزولاتور پست را نیز دارا هستند. مقاومت خوب در برابر آلودگی ناشی از خاصیت آبگریزی پره‌های سیلیکونی است.

<sup>۱</sup>- Porcelain



شکل (۲-۶): شماتیک برش مقطعی از یک نمونه برقگیر پلیمری و اجزای داخلی آن

با استفاده از طراحی مناسب و مواد با کیفیت مزایایی بسیاری هم‌چون دوام زیاد، قابلیت نصب در فضای باز و پایداری مکانیکی عالی را به ارمغان آورده است. در حالتی که ولتاژ ترمینال کمتر از حداکثر ولتاژ بهره‌برداری مجاز<sup>۱</sup> باشد، برقگیر به صورت خازنی عملکرد و تنها چند میلی آمپر جریان می‌کشد. با توجه به ویژگی غیرخطی، برقگیر در ولتاژهای بالاتر همانند یک مقاومت با اهم کم ظاهر شده و می‌تواند جریان بزرگ ضربه را دشارژ نماید. با اتصال موازی دو یا چند برقگیر همسان می‌توان به قابلیت جذب انرژی بالاتری دست پیدا کرد. استانداردهای بین‌المللی تست عادی<sup>۲</sup> و مخرب<sup>۳</sup> شامل موارد ذیل هستند:

↔ استاندارد تکنیک‌های تست فشارقوی IEC 60060

↔ استاندارد هماهنگی عایقی IEC 60071

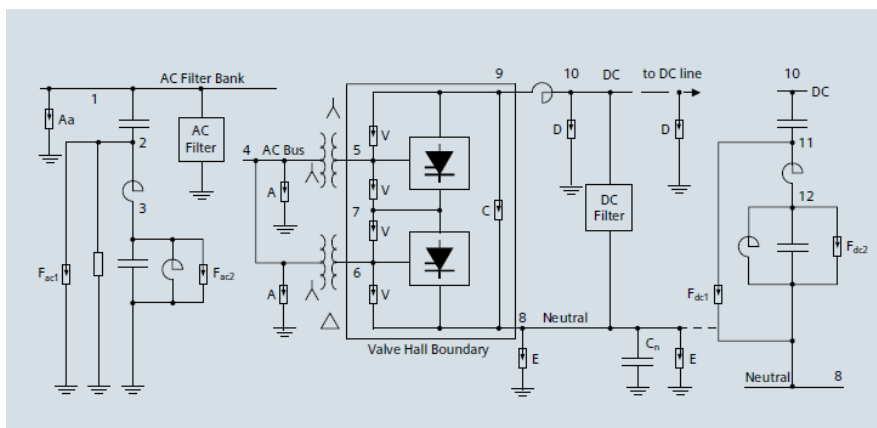
↔ استاندارد برقگیرها IEC 60099

<sup>۱</sup> - Maximum Operating Voltage Permissible

<sup>۲</sup> - Routine

<sup>۳</sup> - type

به عنوان نمونه در شکل (۲-۶۱) محل برقگیرهای HVDC در مدار شماتیک نشان داده شده است. در جدول (۲-۴) کارکرد هر یک از این برقگیرها شرح داده شده است.



شکل (۲-۶۱) محل قرارگیری برقگیرها در مدار شماتیک پست HVDC

#### جدول (۲-۴): معرفی و کاربرد انواع برقگیر

نوع برقگیر	محل برقگیر	کارکرد اصلی
برقگیر باس AC 'A'	برقگیر اکسید فلز در نزدیکی پوشینگ سمت خط ترانسفورماتور مبدل نصب می‌شود.	محدود نمودن اضافه ولتاژهای اولیه و ثانویه ترانسفورماتور مبدل
برقگیر باس فیلتر AC 'Aa'	برقگیر اکسید فلز بررسی با سایر بانک‌های فیلتر AC نصب می‌شود.	محافظت از باسبار فیلترهای AC در برابر موج ضربه صاعقه
برقگیر ولو 'V'	گروه کموتاسیون مد پالسه	دشارژ جریان و جذب انرژی آن در هنگام بروز ضربه کلیدزنی در سیستم AC که از ترانسفورماتور مبدل عبور نموده است و بروز خطای زمین بین ولو و پوشینگ فشارقوی ترانسفورماتور مبدل هنگام عملکرد یکسوساز
برقگیر گروه مبدل 'C'	گروه مبدل ۱۲ پالسه	حفاظت در مقابل اضافه ولتاژ از سمت AC, DC
برقگیر باس DC 'D'	بر روی راکتور صافی فشار قوی و خطوط DC	محافظت از راکتور صافی و پست مبدل (سوئیچ بار DC و ...) در برابر اضافه ولتاژهای سمت DC
برقگیر باس نوترال DC 'E'	باس نوترال DC	برقگیرهای باس نوترال از ترمینال LV گروه ۱۲ پالسه و تجهیزات باس نوترال محافظت می‌کنند.
برقگیر فیلتر AC 'Fac'	فیلتر AC	ولتاژ بهره‌برداری بر روی برقگیر فیلتر AC شامل پایه و ولتاژهای هارمونیک است. اضافه ولتاژ گذرا هنگام بروز خطا رخ می‌دهد.

#### ۲-۳-۱-۴- مبدل AC/DC

می‌توان گفت که یکی از مهمترین بخش‌های یک پست HVDC که به عنوان قلب سیستم عمل می‌کند، مبدل آن است.

حال به معرفی اجزاء این بخش می‌پردازیم.

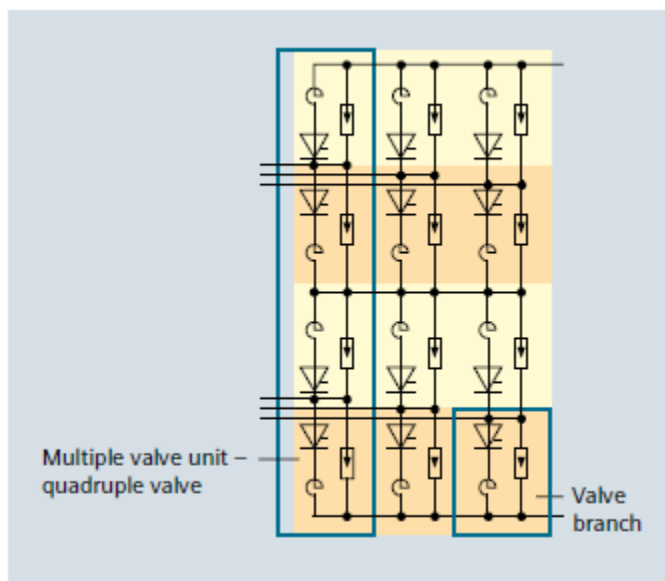


↔ ولوهای تریستوری: ولوهای تریستوری عمل تبدیل AC به DC و برعکس را انجام می‌دهند و بنابراین عنصر کلیدی هر پست مبدل HVDC هستند. معمول‌ترین ساختار در مبدل‌های HVDC ساختار گروه ۱۲ پالسه شامل ۳ ولو چهارگانه است. هر ولو تریستوری شامل تعداد مشخصی تریستورهای سری شده به همراه مدارات جانبی آن می‌باشد. ارتباطات بین سیستم کنترل در پتانسیل زمین و تریستورها که در پتانسیل ولتاژ بالا قرار دارند توسط فیبر نوری انجام می‌شود. سیستم‌های خنک‌کننده ولوهای تریستوری می‌توانند از نوع هواخنک با فشار و یا آب‌خنک باشند. لکن همه واحدهای امروزی در مبدل‌های HVDC توسط آب خنک‌کاری می‌شوند. ولوهای تریستوری از نوع نصب در محیط بسته<sup>۱</sup> و با ایزولاسیون هوایی هستند. امروزه فناوری‌های جدیدی همچون سیستم آب خنک بدون خوردگی<sup>۲</sup> و تریستوری تریگرشونده با نور مستقیم و خود محافظ<sup>۳</sup> معرفی شده است تا قابلیت اطمینان بالای ولوها را تضمین نماید. شکل (۲-۶۲) مدار الکتریکی یک گروه ۱۲ پالسه شامل سه ولو چهارگانه را نشان می‌دهد. در شکل (۲-۶۳) شماتیک آرایش برج ولو با ولتاژ ۵۰۰ کیلو ولت و در شکل (۲-۶۴) شمای فیزیکی آن دیده می‌شود.

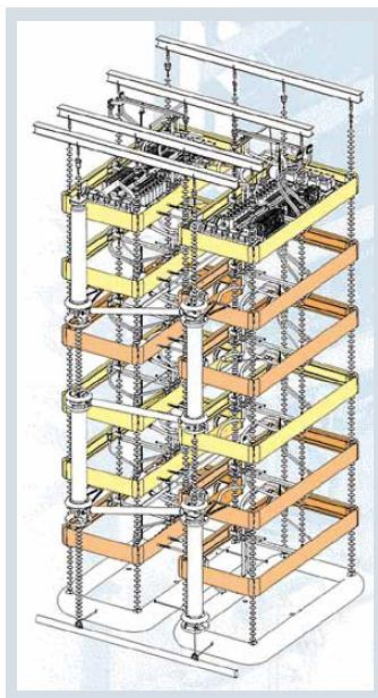
<sup>۱</sup> - Indoor Type

<sup>۲</sup> - Corrosion-free water cooling

<sup>۳</sup> - Self protecting direct light triggered thyristor



شکل (۲-۶۲): شماتیک مدار الکتریکی یک گروه ۱۲ پالسه شامل ۳ ولو چهارگانه



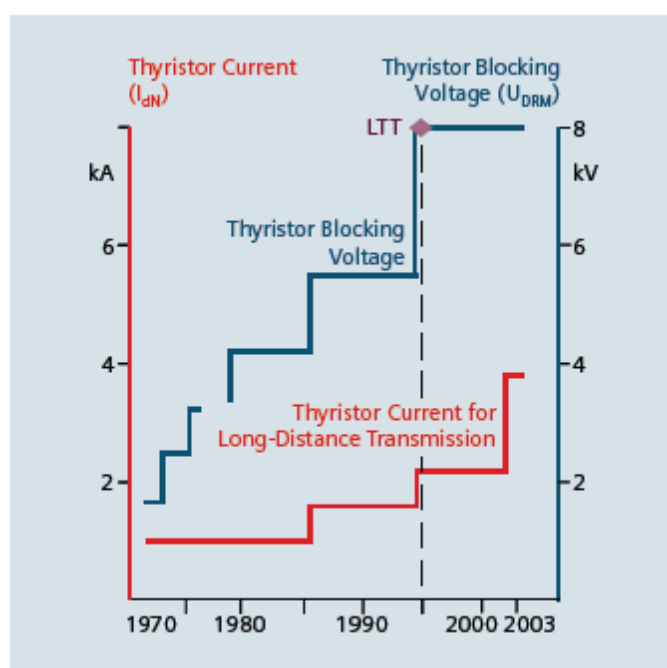
شکل (۲-۶۳): شماتیک آرایش برج ولو با ولتاژ نامی ۵۰۰ کیلوولت



شکل (۲-۶۴): شمای فیزیکی یک نمونه برج ولو ساخت شرکت زیمنس

ساختار ماژولار ولوهای تریستوری امکان استفاده از آرایش‌های متفاوت فیزیکی آن‌ها را بسته به نوع کاربرد فراهم می‌سازد. این ساختار می‌تواند به صورت تکی، دوبل، ولو چهارگانه و یا پل شش پالسه کامل به صورت ایستاده یا آویزان از سقف باشد. به عنوان نمونه شرکت زیمنس با توجه به نیاز به مقاومت ساختار ولو در برابر نیروهای ناشی از زلزله در برخی نقاط جهان، ولوهای استاندارد خود برای انتقال توان در فواصل طولانی را به صورت آویزان از سقف ساختمان ولو نصب می‌کند. عایق فنرها برای تحمل وزن و نیروهای اضافی ناشی از توزیع نامتعادل وزن به دلیل بروز خرابی عایق‌ها، زلزله و یا هنگام انجام تعمیرات، طراحی و ساخته می‌شوند. همچنین ارتباط بین ماژول‌ها (لوله‌های مدارات خنک‌کننده، داکت‌های فیبر نوری، باسبار و مهارهای عایق فنرها) به صورت منعطف هستند تا بدون مشکل در داخل ساختار ولو جابجا شده و تغییر شکل دهند. همانطور که در شکل شماتیک آرایش ولو چهارگانه فوق (که ساخت شرکت زیمنس می‌باشد) و شکل شمای فیزیکی آن دیده می‌شود، سه ماژول ولو در کنار یکدیگر قرار دارند. چهار برقگیر (هر کدام برای یک ولو) در چهار سمت برج ولو قرار گرفته‌اند. در ساختار طراحی شده دسترسی مطلوب به عناصر ولو برای انجام تعمیرات مد نظر قرار گرفته است و این یکی از مزایای این ولوها

می‌باشد. با تغییر تعداد تریستورهای داخل هر ماژول و همچنین تغییر تعداد ماژول‌ها در هر ولو می‌توان با استفاده از یک آرایش مشابه به سطح ولتاژ انتقال مطلوب دست یافت. تریستورها یکی از مهمترین المان‌های ولو بوده، به عنوان کلید در ولو عمل کرده و آن را قابل کنترل می‌سازند و از کریستال‌های خالص سیلیکون ساخته می‌شوند. نوآوری‌های سریع در حوزه الکترونیک قدرت نیز در واقع ناشی از توسعه و پیشرفت در تکنولوژی تریستورها است. تریستورهای امروزی که در پروژه‌های HVDC مورد استفاده قرار می‌گیرند، ویفر سیلیکونی با ابعاد تا ۵ اینچ (۱۲۵ میلی‌متر) داشته و قابلیت تحمل ولتاژ تا ۸ کیلوولت و جریان تا ۴ کیلو آمپر را دارند. با توجه به این مشخصات نیازی به موازی‌سازی تریستورها برای عبور جریان در سیستم‌های HVDC امروزی وجود نداشته و تنها برای دستیابی به سطح ولتاژ مطلوب تعداد مشخصی از تریستورها به صورت سری در ولو قرار می‌گیرند. پیشرفت در ساخت تریستورهایی با مشخصات ولتاژ و امپر بالاتر در سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۳ میلادی به طور شماتیک در شکل (۲-۶۵) نشان داده شده است.

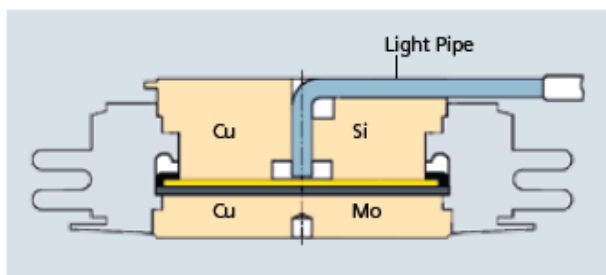


شکل (۲-۶۵): توسعه مقادیر نامی جریان و ولتاژ تریستورها در چند دهه اخیر

زمان زیادی است که می‌دانیم امکان روشن نمودن تریستور با تابش فوتون به گیت به جای تزریق الکترون به آن وجود دارد. استفاده از این تکنولوژی جدید به طور صنعتی تجهیزات ولتتریستوری را تا ۸۰٪ کاهش می‌دهد. این

ساده‌سازی سبب افزایش قابلیت اطمینان<sup>۱</sup> و دسترسی<sup>۲</sup> سیستم انتقال می‌شود. با استفاده از تکنولوژی تریستورهای نوری<sup>۳</sup> پالس‌آنی گیت توسط فیبر نوری و از طریق هوزینگ تریستور به طور مستقیم به ویفر آن تابیده می‌شود و بنابراین دیگر به مدارات الکترونیکی جانبی و تجهیزات منابع توان در سطح ولتاژ بالا برای درایور کردن گیت نیازی نیست. در این حالت توان لازم برای درایو گیت تنها ۴۰ میلی‌وات خواهد بود. همچنین حفاظت اضافه ولتاژ مستقیم بیرون ویفر تعبیه شده است. از مزایای دیگر تریگر مستقیم نوری تریستور، امکان استارت از حالت خاموش بدون محدودیت<sup>۴</sup> و بهره‌برداری سیستم در شرایط افت ولتاژ و بروز خطا می‌باشد. در صورتی که اگر از تریستوری تریگرشونده با پالس الکتریکی استفاده شود این کار تنها در صورتی امکان پذیر است که انرژی کافی برای آتش تریستور در مدارات الکترونیکی باقی مانده باشد.

شکل (۶۶-۲) شماتیک ساختار داخلی تریستور نوری را نشان می‌دهد. در شکل (۶۷-۲) ماژول ولو با تریستور نوری شرکت زیمنس نشان داده شده است. همچنین در شکل (۶۸-۲) شمای ظاهری ویفر سیلیکونی تریستور نوری و هوزینگ آن را نشان می‌دهد.



شکل (۶۶-۲): مسیر تابش نور مستقیم به ویفر تریستور نوع LTT

<sup>۱</sup> - Reliability

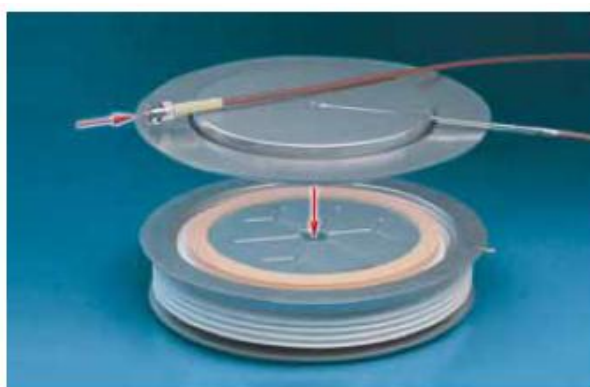
<sup>۲</sup> - Availability

<sup>۳</sup> - Light triggered thyristor (LTT)

<sup>۴</sup> - Ultimate Black Start



شکل (۲-۶۷): شمای ظاهری ماژول ولو شرکت زیمنس با تریستور نوری



شکل (۲-۶۸): شمای ظاهری ویفر سیلیکونی تریستور نوری و هوزینگ آن

تریستور نوری با حفاظت اضافه ولتاژ داخلی، یک تکنولوژی آزموده شده و استاندارد در شرکت زیمنس است. این تکنولوژی اولین بار در سال ۱۹۹۷ در میدل پست Pacific thertie celilo بطور موفقیت‌آمیز مورد استفاده قرار گرفت. این سیستم کارایی عالی داشته و تا بحال موردی از خرابی تریستور یا آتش‌سوزی گیت در آن رخ نداده است. به نحوی که در سال ۲۰۰۱ کارفرما (BPA) ضمن اعلام رضایت از عملکرد سیستم، خواهان عقد قرارداد برای نوسازی و جایگزینی کلیه ولوهای قوس جیوه‌ای با ولوهای تریستور نوری بوده است. علاوه بر این، این تکنولوژی در پروژه انتقال Moyle با ظرفیت ۵۰۰ مگاوات و همچنین خط Guizhou-Guangdong چین با ظرفیت ۳۰۰۰ مگاوات و ولتاژ ۵۰۰ کیلوولت نیز بکار گرفته شده است. مانیتورینگ کارایی و عملکرد تریستورها توسط مقسم ولتاژ مقاومتی و خازنی انجام می‌گردد. همچنین مشابه با ولوهای ETT (تریستورهای معمولی)، سیگنال‌های مانیتورینگ توسط کابل‌های فیبر نوری به مدارات با پتانسیل زمین ارسال می‌شوند. هر چند، در این

طرح تمامی مدارات الکترونیکی برای ارزیابی کارایی در سطح پتانسیل زمین و در شرایط حفاظت شده قرار دارند. پیش‌بینی می‌شود این تکنولوژی جدید با استفاده از تریستورهای نوری به عنوان ولوهای استاندارد صنعت در مبدل‌های HVDC قرن ۲۱ام مورد استفاده قرار گیرد و گامی موثر در مسیر دستیابی به ولوهای تریستوری بدون نیاز به تعمیر باشد. باید توجه داشت که در سیستم‌های HVDC-Light که به صورت دو مبدل پشت به پشت پیاده‌سازی می‌شوند و با نام VSC یا مبدل‌های منبع ولتاژ شناخته می‌شوند، از کلیدهای IGBT به جای تریستور استفاده می‌گردد. زمینه کاربرد این مبدل‌ها نیز بیشتر برای تبدیل فرکانس و اتصال به جزایر است. در این نوع مبدل با استفاده از کلیدهای IGBT به جای کلیدهای تریستوری، پالس گیت می‌تواند خاموش شدن کلید را نیز کنترل نماید. بنابراین سیستم کنترل از یک درجه آزادی بیشتر برخوردار است که قابلیت‌های جدیدی برای مبدل در بر خواهد داشت. کموتاسیون کلیدها در این حالت مستقل از جریان خط بوده و امکان کلیدزنی سوئیچ‌های قدرت با فرکانسی بالاتر از فرکانس شبکه AC فراهم می‌گردد. با افزایش فرکانس کلیدزنی نیاز به فیلترهای فرکانس پایین نیز برطرف می‌گردد که منجر به کاهش حجم تجهیزات پست می‌گردد. این گروه از مبدل‌ها با ساخت و توسعه کلیدهای IGBT ساخته شده و گسترش یافتند. به دلیل ظرفیت نامی پایین‌تر کلیدهای IGBT نسبت به کلیدهای تریستوری، مبدل‌های منبع ولتاژ در مقایسه با مبدل‌های منبع جریان از ظرفیت کمتری برخوردارند. شرکت ABB اولین مبدل تجاری VSC را برای انتقال HVDC در سال ۱۹۹۹ نصب نموده است. در حال حاضر این شرکت مبدل‌های VSC را با نام تجاری HVDC Light تا سطح ولتاژ ۳۲۰ کیلوولت و ظرفیت ۸۰۰ مگاوات روانه بازار نموده است. به طور کلی مبدل‌های منبع ولتاژ نسبت به مبدل‌های منبع جریان دارای ویژگی‌های ذیل هستند:

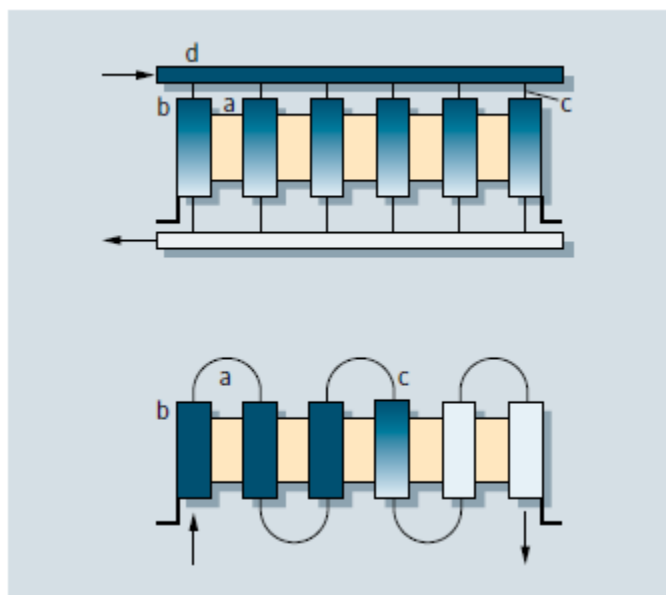
- ظرفیت توان کمتر
- عدم نیاز به فیلتر (فرکانس بالای کلیدزنی نیاز به فیلترهای بزرگ را رفع می‌نماید)
- تلفات مبدل اندکی بیشتر است
- قابلیت کنترل توان راکتیو

- قابلیت اتصال به شبکه قدرت AC ضعیف یا حتی بدون تولید (شبکه AC پسیو)
- قابلیت راه‌اندازی بدون برق<sup>۱</sup>
- هزینه بالاتر در حدود ۱۰ تا ۵۰ درصد
- امکان معکوس نمودن جهت شارش توان بدون تغییر پلاریته

↔ سیستم خنک‌کننده ماژول تریتوری: شرکت زیمنس به عنوان یکی از بزرگترین سازندگان این سیستم، بیش از ۲۵ سال است که از روش خنک‌کاری موازی با آب در ولوهای خود استفاده می‌کند و تا بحال دچار مشکل خوردگی نشده است. تریتورها در ماژولی تجمیع شده‌اند که هر سمت آن یک هیت سینک قرار گرفته است. مطابق با شکل (۲-۶۹) ارتباط آب با هیت سینک می‌تواند به صورت موازی یا سری باشد. در مدار موازی خنک‌کننده سبب می‌شود همه تریتورها با آب با دمای یکسان در تماس باشند و به همین دلیل بهتر می‌توان از ظرفیت تریتورها بهره‌مند شد. شرکت زیمنس نیز از روش موازی استفاده می‌نماید تا از مزیت دیگر آن که امکان جلوگیری از جریان‌های الکترولیتی توسط قرار دادن الکترودهای اضافی در مناطق خاص در مدار آب می‌باشد، بهره‌مند گردد. جریان‌های الکترولیتی عامل اصلی ایجاد خوردگی در هیت سینک است. همچنین این سیستم آب خنک نیازی به تجهیزات اکسیژن‌زدایی ندارد.

<sup>۱</sup> - Black start





(a) تریستور (b) هیئت سینک (c) لوله‌های اتصال مدار خنک‌کننده (d) لوله‌های اتصال مدار خنک‌کننده

تصویر بالایی: روش موازی تصویر پایینی: روش سری

شکل (۲-۶۹): چگونگی اتصالات مدار خنک‌کننده آبی در مازول تریستور،

این شرکت در راستای کاهش خطر آتش‌سوزی و ایجاد یک ساختار مقاوم در برابر آتش‌سوزی نیز تلاش زیادی نموده است. برای این منظور در ساختار ولو و کلیه اجزا آن از هیچ‌گونه روغنی استفاده نشده است به طوری که حتی در خازن‌های اسنابر و grading از گاز SF<sub>6</sub> به جای روغن اشباع‌کننده استفاده شده است. در بخش‌های پلاستیکی تنها از مواد مقاوم در برابر آتش و خودخاموش استفاده شده است. یک جداکننده عریض در بین مازول‌ها قرار داده شده است تا در صورت داغ کردن اضافی یک بخش تجهیزات کناری دچار مشکل نشوند. با طراحی دقیق اتصالات الکتریکی بروز هر گونه اتصالات شل جلوگیری شده است.

↔ سیستم کنترل مبدل: کنترل مبدل تریستوری به عنوان یکی از مهمترین بخش‌های پست HVDC، از اهمیت و حساسیت ویژه‌ای برخوردار است. انتخاب استراتژی مناسب کنترلی و پیاده‌سازی صحیح آن به منظور عملکرد مطمئن و بهینه سیستم، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. علاوه بر استراتژی و الگوریتم کنترل مبدل، سیستم کنترل آتش مبدل جهت تعیین لحظه آتش‌ولوها نیز اهمیت ویژه‌ای دارد. هر ولو در مبدل HVDC متشکل از تعداد زیادی تریستور است که برای تحمل ولتاژ سیستم به صورت سری با یکدیگر در مدار قرار گرفته‌اند. هر یک از این

تریستورها نسبت به زمین در ولتاژ معینی قرار دارد و برای روشن شدن هر یک از آن‌ها لازم است که پالس گیت با انرژی کافی، در زمان مناسب و بدون تاخیر اعمال گردد. در تریستورهای امروزی با تحریک الکتریکی گیت، این پالس در حدود چند آمپر با پیشانی موج در حدود یک میلی ثانیه است. ایجاد چنین پالسی در سطح ولتاژ زمین و سپس اعمال آن به تریستور توسط ترانسفورماتورهای پالس به دلایل اقتصادی توجیه پذیر نمی باشد. لذا از اواسط دهه ۷۰ میلادی تاکنون از فیبر نوری برای انتقال پالس تحریک گیت از سیستم کنترل به مدار همولتاژ با هر یک از تریستورها استفاده می شود. این پالس نوری در مقصد توسط مداری که از خود تریستور تغذیه می شود، به پالس الکتریکی مناسب تبدیل می گردد. امروزه روش نوینی با عنوان تریستورهای نوری ابداع شده است که در آن ویفر تریستور به طور مستقیم توسط تابش نور به گیت آن تحریک می گردد. با استفاده از این فناوری دیگر نیازی به مدارات جانبی تحریک الکتریکی گیت نیست که موجب ساده تر شدن ساختار ولو و همچنین بهبود قابلیت اطمینان آن می شود.

## ۲-۳-۱-۵- فیلتر

همانطور که اشاره شد در ساختار سیستم HVDC از فیلترهای AC، DC و در برخی موارد فیلترهای اکتیو استفاده می شود. در این بخش توضیحات بیشتری در مورد این فیلترها ارائه می گردد.

### فیلترهای AC

از آنجا که در سمت AC مبدل ۱۲ پالسه، هارمونیک‌های جریان با مرتبه ۱۱، ۱۳، ۲۳، ۲۵ و بالاتر تولید می شود، لذا برای محدود نمودن هارمونیک‌ها به مقدار مجاز در شبکه، از فیلترهای AC استفاده می شود. در پروسه تبدیل AC/DC مبدل توان راکتیو مصرف می کند که بخشی از توان توسط فیلترها جبران شده و برای جبران سازی بیشتر از بانک‌های خازنی استفاده می شود. فیلترهای AC در پست HVDC دو وظیفه مهم بر عهده دارند:

↔ جذب هارمونیک‌های جریان ناشی از عملکرد مبدل HVDC و کاهش اثر این هارمونیک‌ها بر شبکه AC بصورت بروز اغتشاش در ولتاژ AC و یا تداخل تلفنی

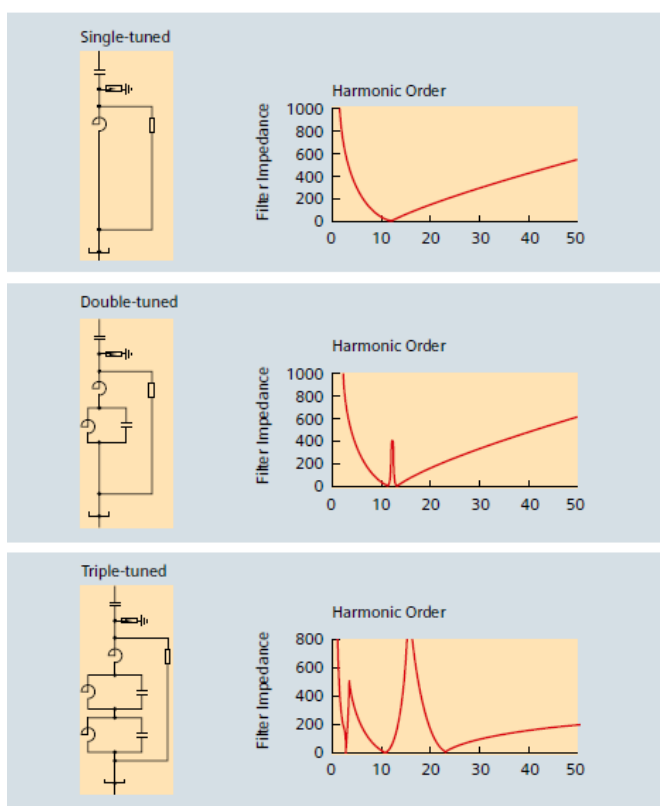
↔ تامین توان راکتیو مورد نیاز برای جبران سازی مصرف مبدل HVDC

در شکل (۲-۷۰) شمای ظاهری فیلترهای AC در پست Gezhouba کشور چین نشان داده شده است.



شکل (۲-۷۰): شمای ظاهری فیلترهای AC در پست Gezhouba کشور چین

هر شاخه فیلتر می‌تواند یک تا سه فرکانس تنظیم شده داشته باشد. در شکل (۲-۷۱) ساختار سه نوع فیلتر به همراه نمودار امپدانس آن‌ها نشان داده شده است. در ادامه نیز ملاحظات طراحی این فیلترها به طور خلاصه ارائه می‌گردد.



شکل (۲-۷۱): ساختار سه نوع فیلتر هارمونیک به همراه نمودار امپدانس آن‌ها

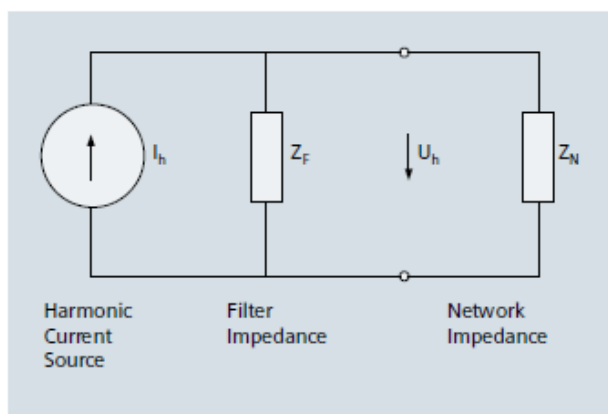
↔ مشخصات توان راکتیو مورد نیاز: توان راکتیو مصرفی مبدل HVDC بستگی به مقدار توان راکتیو، راکتانس ترانسفورماتور و زاویه آتش تریستورها دارد. با افزایش توان اکتیو، توان راکتیو مصرفی توسط مبدل نیز افزایش می‌یابد. به طور معمول لازم است در پست HVDC در ظرفیت نامی توان مصرفی راکتیو مبدل به طور کامل و یا حتی بیشتر جبران‌سازی شود. علاوه بر این لازم است محدوده تغییرات توان راکتیو برای بار و رنج ولتاژ و همچنین میزان پرش ولتاژ هنگام کلیدزنی بانک مشخص گردد. این پارامترها سایز و تعداد فیلترها و بانک خازنی موازی را مشخص می‌کنند.

↔ مشخصات هارمونیک مورد نیاز: مبدل‌های HVDC دو نوع هارمونیک تولید می‌کنند. نوع اول هارمونیک‌ها بستگی به ساختار مبدل داشته و حتی در شرایط کارکرد ایده‌آل (صاف بودن جریان مستقیم، متعادل بودن ولتاژ AC سه فاز، امپدانس ترانسفورماتور و زاویه آتش) نیز تولید می‌شوند. این هارمونیک‌ها برای مبدل ۱۲ پالس از مرتبه  $n > (12 \times k) \pm 1$  هستند که در آن  $(K=1,2,3,\dots)$  می‌باشد.

این نوع هارمونیک‌ها که به ساختار بستگی دارند را "هارمونیک‌های اختصاصی"<sup>۱</sup> می‌نامند. هارمونیک اختصاصی بالاترین اندازه را در بین مولفه‌های هارمونیک‌های جریان دارد. گروه دیگر "هارمونیک‌های غیر اختصاصی"<sup>۲</sup> هستند که به صورت عام و مستقل از ساختار مبدل وجود دارند. برای نمونه هارمونیک مرتبه سوم که اغلب ناشی از مولفه منحنی سیستم AC است، جزئی از هارمونیک‌های غیر اختصاصی است که در بیشتر موارد کاهش آن نیازمند نصب فیلتر است. مدار معادل برای تحلیل هارمونیک‌های در شکل (۲-۷۲) نشان داده شده است. پرکاربردترین معیار برای کیفیت هارمونیک، اندازه‌گیری میزان ولتاژ هارمونیک‌های باسبار مبدل پست است. هدف مدار فیلتر تامین مسیر با امپدانس کم برای مولفه‌های هارمونیک‌های است تا ولتاژ هارمونیک‌های در حد قابل قبول باقی بماند.

<sup>1</sup> - Characteristic harmonics

<sup>2</sup> - Non-Characteristic harmonics



شکل (۲-۷۲): مدار معادل برای تحلیل و محاسبه ولتاژ و جریان هارمونیک در سیستم AC

مقدار قابل قبول اغتشاش هارمونیک بستگی به قوانین و شرایط محلی دارد. یک قانون کلی و قابل قبول در این زمینه آن است که درصد هر مولفه هارمونیک نسبت به هارمونیک اصلی کوچکتر از ۱٪ باشد و همچنین مقدار موثر (rms) ولتاژ هارمونیک کمتر از ۲٪ مولفه اصلی باشد. این دو پارامتر نیز برای هارمونیک‌های تا مولفه ۴۹ ام محاسبه شوند. برای ارزیابی میزان اغتشاش ولتاژ باسبار AC به ازای میزان مشخصی از اختلال بر روی سیستم تلفنی آنالوگ، از دو شاخص تداخل تلفنی BTS به نام TIF<sup>۱</sup> و ضریب هارمونیک تلفنی THFF<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. امروزه تجهیزات تکنولوژی اطلاعات بیشتر مورد توجه هستند زیرا تلفن‌های دیجیتال امروزی کمتر نسبت به تداخل هارمونیک حساس هستند.

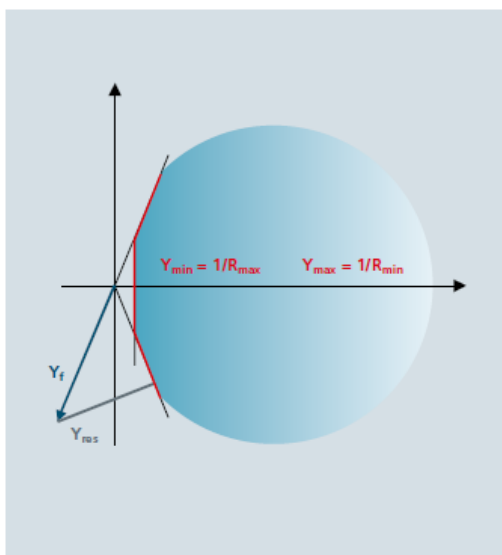
↩ امپدانس شبکه: مقدار اغتشاش در باسبار AC علاوه بر امپدانس فیلتر به امپدانس شبکه نیز بستگی دارد. رزونانس موازی بین امپدانس فیلتر و امپدانس شبکه ممکن است به تقویت مولفه هارمونیک منجر شود که فیلتر برای آن تنظیم نشده است. به همین دلیل یک مدل امپدانس مناسب از شبکه برای کلیه هارمونیک‌های مرتبط برای بهینه‌سازی طراحی فیلتر لازم است. استفاده از مشخصات امپدانس شبکه در محاسبات طراحی فیلتر به دو روش انجام می‌شود:

<sup>۱</sup>- Telephone Interface Factor

<sup>۲</sup>- Telephone Harmonic Form Factor

- محاسبه بردارهای امپدانس به ازای همه هارمونیک‌های مرتبط و شرایط مختلف شبکه
- لحاظ نمودن ناحیه لوکاس برای بردارهای امپدانس

مدلسازی کل شبکه AC همراه با اجزای آن کاری بسیار پیچیده و زمان بر است به همین دلیل در اغلب موارد روش لوکاس مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش بر اساس تعداد محدودی از اندازه‌گیری و محاسبات انجام می‌شود. اغلب برای محاسبه دقیق‌تر کارایی هارمونیک‌های فیلتر برای محدوده‌های فرکانسی مختلف نواحی لوکاسی متفاوتی در نظر گرفته می‌شود. در شکل (۲-۷۳) یک نمودار لوکاس معمولی نشان داده شده است فرض شده است بردار امپدانس جایی در داخل ناحیه رنگ شده قرار داشته باشند. برای فرکانس هر هارمونیک بردار امپدانس فیلتر به صفحه Y نگاشت می‌شود. وقتی امپدانس فیلتر و شبکه هر دو در صفحه ادیمیتانس رسم شدند، کوتاهترین بردار بین نقطه ادیمیتانس فیلتر و محدوده ادیمیتانس شبکه، حداقل ادیمیتانس ممکن برای مقدار معادل موازی فیلتر و شبکه را نشان می‌دهد. این مقدار برای تعیین حداکثر ولتاژ هارمونیک ممکن، استفاده می‌شود.



شکل (۲-۷۳): دایره ادیمیتانس شبکه و شرایط مرزی بروز پدیده تشدید

روش انتخابی تشدید یک روش مصالحه‌ای است. در این روش فرض می‌شود که بزرگترین اغتشاش ولتاژی (بزرگترین ولتاژ هارمونیک) با بروز تشدید موازی بین فیلتر و شبکه AC رخ می‌دهد. هر چند غیر واقعی است که

فرض کنیم این تشدید موازی در همه فرکانس‌ها رخ می‌دهد. به طور معمول کافی است در محاسبات مربوط به اغتشاش کل و مقدار TIF تنها دو اغتشاش بزرگتر را از محاسبات تشدید لحاظ کنیم. برای سایر هارمونیک‌های جریان شبکه AC را مدار باز در نظیر می‌گیریم. در محاسبات فیلتر انحراف و خطای ناشی از تغییرات فرکانس شبکه AC و پارامترهای اجزاء نیز باید در نظر گرفته شود تغییر پارامترها اغلب ناشی از تلرانس تجهیزات، انحراف ناشی از تغییرات دمایی و خرابی اجزای داخلی خازن‌ها که سبب تغییر ظرفیت کل می‌شود، هستند.

↩ محاسبات لازم برای تعیین ظرفیت اجزای فیلتر

- محاسبات حالت دائمی: تنش‌های ولتاژ و جریان فیلترهای AC شامل مولفه‌های فرکانس پایه و هارمونیک است. اندازه این مولفه‌ها بستگی به ولتاژ سیستم AC، جریان‌های هارمونیک، شرایط بهره‌برداری و امپدانس شبکه AC دارد. محاسبات ظرفیت برای تمام حالت‌های بهره‌برداری انجام می‌شود تا مقدار حداکثر ولتاژ جریان دائمی تنش بر روی هر یک از تجهیزات فیلتر مشخص شود.
- محاسبات حالت گذرا: هدف از محاسبات حالت گذرای تعیین ظرفیت، مشخص نمودن بیشترین تنش گذرا برای هر یک از اجزای فیلتر است. نتایج محاسبات گذرا باید شامل تنش ولتاژ جریان بر روی هر جزء، بار انرژی برای مقاومت‌های فیلتر و برقگیرها و سطح ایزولاسیون لازم برای هر جزء فیلتر باشد. برای محاسبه حداکثر تنش ناشی از ضربه ولتاژ صاعقه و کلیدزنی، لازم است حالت‌های مختلف مدار و نوع خطا مورد مطالعه قرار گیرد.
- خطای تکفاز به زمین: در این حالت خطا بررسی باسبار AC مبدل و پس از فیلتر AC اعمال می‌شود. فرض می‌شود که خازن فیلتر AC تا سطح ولتاژ حفاظت ضربه کلیدزنی در برقگیر باس AC شارژ شده است.
- ضربه کلیدزنی: برای محاسبه تنش ناشی از کلیدزنی، یک موج استاندارد ۲۵۰/۲۵۰۰ میکروثانیه با قله موج برابر با سطح ولتاژ حفاظت کلیدزنی برقگیر باسبار AC در باس AC مبدل اعمال می‌شود.
- برقرار شدن فیلتر: برای محاسبه حداکثر جریان هجومی فیلتر فرض می‌شود که در لحظه پیک ولتاژ باس AC فیلتر برقرار شود.

● بازیابی از خطای سه فاز به زمین: برای تعیین حداکثر تنش انرژی بر روی مقاومت‌ها و برقگیرهای فیلتر AC لازم است پارامترهای مختلف بازیابی پس از وقوع خطا مورد بررسی قرار گیرد. بدترین حالت در زمانی اتفاق می‌افتد که بلافاصله پس از وقوع خطا، مبدل‌های HVDC بلوکه شده اما فیلترهای AC تا رفع خطا و بازگشت مجدد ولتاژ سیستم AC به باس AC متصل باقی بمانند. در این حالت یک اضافه ولتاژ موقت با محتوای هارمونیک‌های غیراختصاصی بالا بر روی باس AC اتفاق می‌افتد. علت وقوع این اضافه ولتاژ، خروج ناگهانی بار، اشباع ترانسفورماتور و بروز تشدید بین فیلتر AC و شبکه در فرکانس‌های پایین است.

### فیلترهای DC

بروز ولتاژهای هارمونیک در سمت DC مبدل سبب می‌شود مولفه متناوبی بر روی جریان مستقیم اضافه گردد. این مولفه متناوب جریان که فرکانس‌های بالا دارد و در صورتی که توسط راکتور صافی اندازه آن محدود نگردد می‌تواند سبب بروز اغتشاش در سیستم‌های مخابراتی گردد. بنابراین فیلترهای DC با طراحی ویژه برای کاهش این اغتشاشات مورد استفاده قرار می‌گیرند. به طور معمول در مبدل‌های پشت به پشت و یا انتقال از طریق کابل نیازی به نصب فیلتر DC نمی‌باشد. هر چند در صورتی که خط انتقال هوایی باشد یا در بخشی از مسیر به صورت هوایی باشد نصب فیلتر DC ضروری است. فیلترهای مورد نیاز برای مقابله با هارمونیک‌های تولید شده در سمت DC اغلب خیلی کوچکتر و ارزان‌تر از فیلترهای AC هستند. گونه مدرن و جدید این فیلترها، فیلترهای فعال DC می‌باشند. در این نوع از فیلترها بخش پسیو تا حد امکان کوچک شده و از ادوات الکترونیک قدرت پیشرفته برای اندازه‌گیری، معکوس نمودن و تزریق مجدد هارمونیک‌ها به منظور خنثی‌سازی آن‌ها استفاده شده است. بنابراین این گونه از فیلترهای DC بسیار کارآمد هستند.

↔ مدار فیلتر DC: مدارهای فیلتر DC که به صورت موازی بر روی پل‌های مبدل نصب می‌گردند، ابزار مناسبی برای مقابله با مشکلات هارمونیک اشاره شده هستند. ساختار فیلترهای DC تا حد زیادی مشابه فیلترهای نصب شده در سمت AC پست است. روش‌های مختلفی برای طراحی فیلتر وجود دارد. فیلترهای تک فرکانس و چند فرکانس با قابلیت بالاگذر یا بدون آن اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرند که یک یا چند نوع را می‌توان در یک پست مبدل HVDC نصب نمود.



← معیار طراحی مدار فیلتر DC: میزان تداخل ولتاژ بر روی خطوط تلفن بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$I_{eq} = \sqrt{\sum_1^m (H_3 + C_3 + I_{3(x)})^2} \quad \text{رابطه (۱-۲)}$$

$$V_{in}(x) = Z^* I_{eq} \quad \text{رابطه (۲-۲)}$$

که در آن

$V_{in}(x)$  ولتاژ القاء شده ناشی از تداخل بر روی خط تلفن در فاصله  $X$  بر حسب میلی ولت بر کیلومتر

$H_3$  ضریب وزنی که اثر وابستگی کوپلینگ بین خط تلفن و HVDC به فرکانس را منعکس می‌کند.

$C_3$  ضریب وزنی موسوم به "C message"

جریان هارمونیک مرتبه  $\mu$  در نقطه  $X$  از خط انتقال HVDC که از جمع برداری جریان‌های دو پست HVDC حاصل شده

است.  $I_3(x)$

$I_{eq}$  جریان تداخلی معادل

$Z$  امپدانس کوپلینگ متقابل بین تلفن و خطوط HVDC

جریان تداخلی معادل ( $I_{eq}$ ) از ترکیب جریان‌های هارمونیک با ضرایب وزنی محاسبه می‌شود تا یک جریان تداخلی بدست

آید. از دید تداخل تلفنی،  $I_{eq}$  معادل با مجموع هارمونیک‌های جریان است. همچنین این رابطه شامل ضرایبی است که

کوپلینگ بین HVDC و خطوط تلفن را شامل می‌شوند:

• حالت بهره‌برداری سیستم HVDC (دوقطبی، تک قطبی با هادی برگشت یا اتصال زمین)

• مقاومت زمین در نقطه  $x$

شدت جریان‌های تداخلی به مقدار زیادی به شرایط بهره‌برداری بستگی دارد. در بهره‌برداری تک قطبی تداخل تلفنی به

شدت قویتر از بهره‌برداری دوقطبی است.

## فیلتر فعال<sup>۱</sup>

با توجه به کارایی بالای فیلترهای فعال، از این فیلترها به عنوان مکمل فیلترهای پسیو استفاده می‌شود. این فیلترها می‌توانند در سمت DC و یا AC مبدل HVDC نصب شوند. اتصال فیلتر فعال به سیستم فشار قوی می‌تواند از طریق یک فیلتر پسیو انجام شود که این ساختار فیلتر هیبریدی<sup>۲</sup> نامیده شود. در این ساختار سطح ولتاژ و تنش‌های گذرای آن بر بخش فعال محدود شده و امکان استفاده از تجهیزات با سطح ولتاژ پائین‌تر امکان‌پذیر می‌شود. طراحی صحیح فیلتر هیبریدی اجازه می‌دهد از مشخصات مثبت فیلترهای فعال (اکتیو) و غیر فعال (پسیو) استفاده نمود. علاوه بر این در صورتی که برای انجام تعمیرات بخش فعال فیلتر از مدار خارج گردد، بخش غیر فعال مشابه با فیلتر پسیو معمولی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. شکل (۲-۷۴) شمای ظاهری یک نمونه فیلتر فعال DC را در پست Tian Guang چین نشان می‌دهد.



شکل (۲-۷۴): فیلتر فعال DC در پست Tian Guang در کشور چین

اجزای اصلی فیلتر هیبریدی عبارتند از:

↔ مبدل IGBT

↔ راکتور برای انطباق اندوکتانس

<sup>۱</sup> - Active harmonic filter

<sup>۲</sup> - Hybrid filter

↔ سوئیچ تریستوری برای حفاظت اضافه ولتاژ و اضافه جریان مبدل

↔ ترانسفورماتور

↔ فیلتر پایین گذر

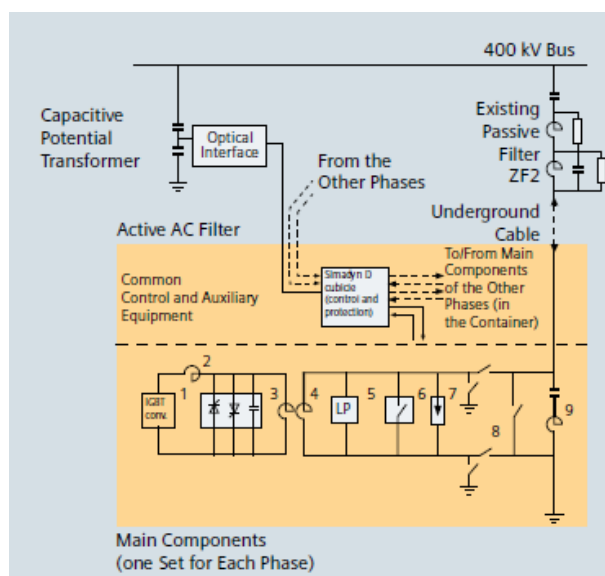
↔ کلید خلاء (بریکر)

↔ برقگیر ZnO

↔ کلیدهای مجزا کننده و اتصال زمین (سکسیونرها)

↔ شاخه LC برای انحراف مولفه اصلی جریان

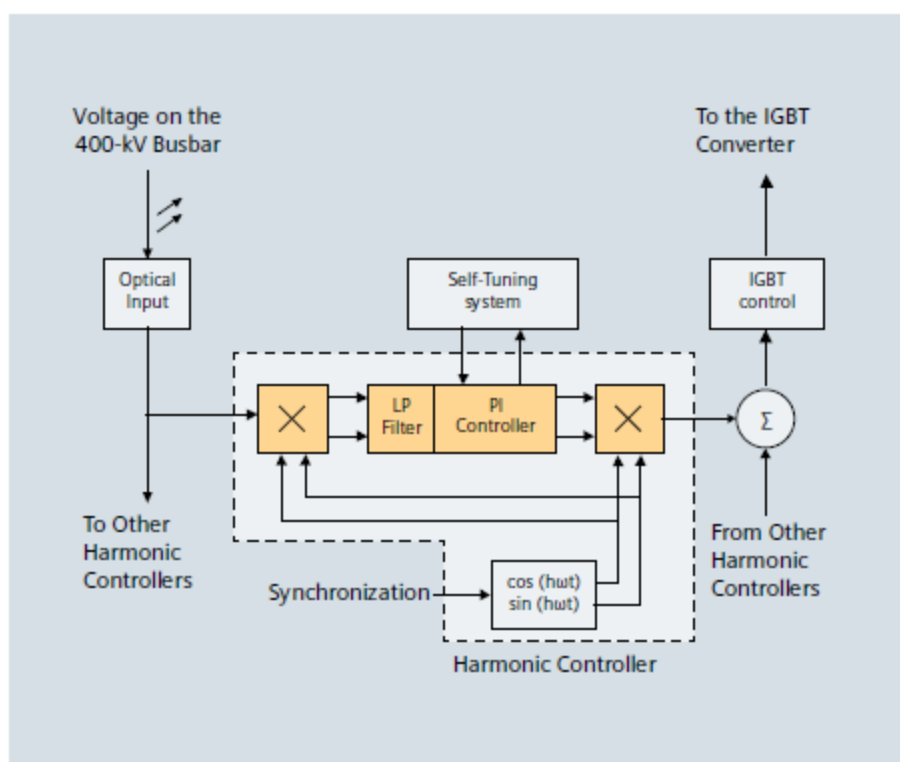
در شکل (۲-۷۵) دیاگرام تک خطی فیلتر فعال AC برای یک فاز رسم شده است. اجزای فوق نیز با شماره بر روی شکل مشخص شده‌اند.



شکل (۲-۷۵): دیاگرام تک خطی فیلتر فعال AC (همه فازها ساختار مشابه دارند)

به عنوان نمونه، فیلتر فعال ساخت شرکت زیمنس برای تولید ولتاژ خروجی با مقدار پیک حداکثر ۷۰۰ ولت که در صورت نیاز شامل هارمونیک‌های تا مرتبه ۵۰ فرکانس اصلی می‌شود، از مبدل‌های منبع ولتاژ IGBT با فرکانس کلیدزنی بالا استفاده می‌کند. یک سیستم سریع و قوی کنترل و حفاظت، به طور مداوم جریان و ولتاژهای اندازه‌گیری شده در شبکه

توسط سنسورها را پردازش نموده و پالس‌های کنترل IGBT ها را تولید می‌نماید. یک ترانسفورماتور وظیفه انطباق ولتاژ و جریان خروجی مبدل و تامین سطح عایقی مورد نیاز را بر عهده دارد. هدف این طرح، تزریق هارمونیک‌ها با اندازه مساوی و فاز مخالف هارمونیک‌های اندازه‌گیری شده برای حذف و خنثی نمودن آن‌ها است. فیلتر هیبریدی برای کاربردهای AC شامل سه سیستم تکفاز است که توسط یک سیستم کنترل دیجیتال مشترک کنترل می‌شوند. در روش دیگر، به جای اندازه‌گیری جریان خط، سیستم کنترل فیلتر فعال هارمونیک‌ها را در باسبار 400kV اندازه‌گیری و خنثی می‌نماید. در شکل (۷۶-۲) اصول عملکرد سیستم کنترل فیلتر فعال هارمونیک به صورت بلوک دیاگرام نشان داده شده است.



شکل (۷۶-۲): بلوک دیاگرام سیستم کنترل فیلتر فعال هارمونیک

مزیت روش اخیر در آن است که سیستم کنترل هارمونیک در مقایسه با طرح فعلی که نیاز به اندازه‌گیری در چند نقطه و ترکیب مقادیر اندازه‌گیری شده دارد، تنها یک نقطه اندازه‌گیری نیاز خواهد داشت. مزیت دیگر، آن است که فیلتر فعال نیز مشابه با فیلتر غیرفعال به طور ایده‌آل برای حذف هارمونیک در ولتاژ باس مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای هر هارمونیک که قرار است توسط فیلتر فعال خنثی شود، یک کنترلر هارمونیک در نظر گرفته می‌شود در هر کنترلر، هارمونیک مورد نظر از سیگنال اصلی جدا شده و به صورت یک سیگنال مختلط در حوزه فرکانس مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای اینکار از ضرب  $\sin(hwt)$  و  $\cos(hwt)$  استفاده می‌شود که در آن  $h$  مرتبه هارمونیک،  $w$  فرکانس زاویه‌ای شبکه و  $t$  زمان است. این دو سیگنال عمود بر هم توسط یک ماژول سنکرون با فرکانس اصلی جریان فیلتر تولید می‌شود. جفت سیگنال بدست آمده از ضرب فوق پس از فیلتر شدن به یک کنترلر مختلط از نوع تناسبی انتگرال‌گیر وارد می‌شود و خروجی کنترلر مجدداً با ضرب شدن در  $\sin(hwt)$  و  $\cos(hwt)$  به حوزه زمان باز می‌گردد. فرایند پروسه خطی است و بنابراین همه کنترلرهای هارمونیک می‌توانند به صورت همزمان کار کنند و خروجی آن‌ها شکل موج مورد نیاز فیلتر فعال خواهد بود. در این مرحله سیگنال حاصل به ماژول کنترل IGBT داده می‌شود که دربرگیرنده مدولاتور پهنای پالس و عملکردهای نظارت و حفاظت مبدل است.

شکل (۲-۷۷) یک فیلتر فعال AC نصب شده را در پست Tjele در کشور دانمارک نشان می‌دهد.



شکل (۲-۷۷): نمونه فیلتر فعال AC در پست Tjele در کشور دانمارک

## ۲-۳-۱-۶-راکتور صافی

راکتور صافی در مسیر جریان DC خط سبب حفظ پیوستگی جریان شده و مزایای دیگری هم‌چون محدود نمودن جریان خط، جلوگیری از بروز رزونانس در مدار DC، کاهش هارمونیک‌های جریان DC و جلوگیری از تداخل با سیستم‌های مخابراتی و تلفن را به ارمغان می‌آورد. در صورتی که این راکتور در مسیر جریان وجود نداشته باشد، قطع و وصل متناوب جریان سبب

بروز اضافه ولتاژهای بزرگ در ترانسفورماتور مبدل می‌شود. همچنین راکتورهای صافی جریان خطای ناشی از کموتاسیون با خط DC را کاهش و زمان صعود آن را افزایش می‌دهد. سمت AC با بروز اشباع در ترانسفورماتور سبب بروز هارمونیک ناخواسته شده و می‌تواند موجب رزونانس در هارمونیک‌های مرتبه پایین مانند ۱۰۰ هرتز و ۱۵۰ هرتز در مدار DC شود. برای جلوگیری از تقویت این هارمونیک‌ها و بروز رزونانس، راکتور صافی نقش مهمی دارد.

هر چند سلف صافی به عنوان امپدانس سری نقش مهمی در کاهش هارمونیک‌های جریان دارد، اما یکی دیگر از کاربردهای ضروری آن محدود نمودن تداخل امواج ناشی از خطوط هوایی HVDC است. ولتاژ و جریان نامی راکتور صافی بسته به مشخصات مدار DC دارد و اندوکتانس آن اغلب در بازه ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌هانری در خطوط انتقال HVDC طولانی است. این مقدار برای پست HVDC پشت به پشت که خط انتقال ندارد، بین ۳۰ تا ۸۰ میلی‌هانری است. راکتور صافی می‌تواند از نوع خشک با عایق هوا و یا راکتور با عایق روغنی و مخزن روغن باشد. انتخاب نوع راکتور بستگی به اندوکتانس آن، هزینه، تعمیر و نگهداری و محل نگهداری واحدهای اضافی پشتیبانی و همچنین ملاحظات لرزه‌ای دارد. در مورد راکتورهای خشک با توجه به آنکه اغلب از تعدادی سیم‌پیچ‌های مجزا تشکیل شده‌اند، هزینه تامین قطعات اضافی پشتیبانی چندان گران نخواهد بود. هر چند برای اندوکتانس‌های خیلی بزرگ ممکن است تعداد یونیت‌ها بیشتر از یکی بوده و فضای کافی در دسترس نباشد.

در مناطق لرزه‌خیز نصب راکتورهای صافی خشک بر روی پلت فرم عایقی در ارتفاع زیاد می‌تواند خطرآفرین باشد، بنابراین در این شرایط استفاده از راکتورهای صافی روغنی راهکار مناسبی خواهد بود. علاوه بر فاکتور لرزه‌خیزی منطقه، راکتورهای روغنی برای مصارف با ظرفیت توان بالا  $(L_{dr} * J_{dr}^2)$  اقتصادی‌تر می‌باشد.

در صورت استفاده از راکتور روغنی یک پوشینگ آن داخل اتاق ولو شده و پوشینگ دیگر به طور معمول به صورت عمودی است. در مورد راکتور خشک با عایق هوا یک پوشینگ عبوری از دیوار برای اتصال به ولوها لازم است. شکل (۲-۷۸) راکتور صافی روغنی را در پروژه Theegorges کشور چین نشان می‌دهد. اندوکتانس این راکتور ۲۷۰ میلی‌هانری، ولتاژ نامی آن ۵۰۰ کیلوولت و جریان نامی آن ۳ کیلوآمپر است.



شکل (۲-۷۸): راکتور صافی با ایزولاسیون روغنی در Three Gorges کشور چین

شکل (۲-۷۹) نیز راکتور صافی خشک را در پروژه Tian Guang کشور چین نشان می‌دهد. اندوکتانس این راکتور ۱۵۰ میلی هانری، ولتاژ ۵۰۰ کیلوولت و جریان ۱۸۰۰ آمپر DC است.



شکل (۲-۷۹): راکتور صافی خشک با هسته هوایی در پروژه Tian Guang کشور چین



## ۲-۳-۱-۷- تجهیزات زمین

AC

خطوط سیستم انتقال متناوب، قابلیت بالقوه‌ی القای جریان در سازه‌های فلزی مانند خطوط انتقال، خطوط راه آهن، خطوط لوله، فنس‌ها، و دیگر سازه‌های موازی یا متصل به خطوط انتقال، را دارند. جریان‌های القایی در این تجهیزات در شرایط مانا و بروز خطا در خطوط انتقال بوجود می‌آید. برای مثال، حین برخورد صاعقه با خط، ممکن است در عایق تخلیه الکتریکی رخ دهد و شرایط خطا در خط بوجود آورد و موجب شارش جریان خطا از طریق سازه به سیستم زمین گردد (میله‌های زمین یا تعادل). میزان تاثیر جریان‌های القا شده بر تجهیزات به اندازه‌ی جریان جاری شده در خط انتقال، نزدیکی تجهیزات به خط، میزان طول موازی بودن دو تجهیز بستگی دارد. روش و تجهیزات مورد نیاز این شرایط را محدود کننده با مطالعه‌ی الکتریکی شرایط خاص ارزیابی می‌شود. برطبق استاندارد و تجربه‌ی طراحی، تجهیزات الکتریکی و فنس‌ها در پست باید زمین شوند. همه‌ی فنس‌ها، ورودی‌های فلزی، خطوط لوله، ساختمان‌های فلزی و دیگر تجهیزات فلزی که در نزدیکی خطوط هستند زمین می‌شوند. برای تجهیزاتی که در مسیر طولانی به موازات خط انتقال قرار می‌گیرند مانند خطوط لوله باید مطالعات بیشتری انجام شود. تا همه‌ی شرایط محدود کننده مورد نیاز برای جلوگیری از خسارت ناشی از جریان القا شده در تجهیزات موازی باید اندازه‌گیری شود.

بعضی از اندازه‌گیری‌های معمول در بهره‌برداری باید در نظر گرفته شود، براساس محدودیت‌های مورد نیاز شامل:

↔ شیلدهای خطا: هادی‌های زمین نازکی که به تجهیزات تحت تاثیر دکل‌های خطوط هوایی، تیرها، پست‌ها و ... .

این تجهیزات برای حفاظت کردن ناحیه‌ای تجهیزات و خطوط لوله حین خطا در مقابل سیستم انتقال توان بکار

گرفته می‌شود.

↔ زمین کردن فشرده: هادی یا هادی‌های فشرده متصل به سازه‌ها در مناطق استراتژیک (مانند نقاط عدم پیوستگی)

تجهیزاتی برای حفاظت در حالت مانا و شرایط خطای AC بکارگرفته می‌شود.

↔ سیم‌های کنترل گرادیان: هادی یا هادی‌های پیوسته، زمین شده و موازی یک سازه (خطوط لوله، تلفن و...) نصب

می‌شوند تا در مقابل شرایط مانا و خطای سیستم از تجهیزات نام برده شده حفاظت کنند.



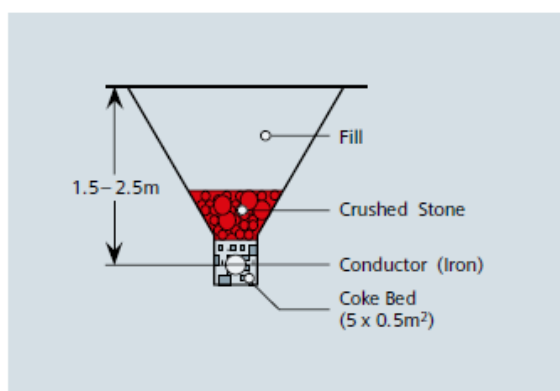
**DC**

علاوه بر تجهیزات مطرح شده برای سیستم زمین در بخش AC، سیستم‌های HVDC نیازمند الکتروند زمین خاص خود، می‌باشند که در اینجا به معرفی آن‌ها می‌پردازیم:

↔ الکتروند زمین: در سیستم انتقال HVDC تک قطبی، الکتروند زمین بخشی حیاتی از تجهیزات سیستم محسوب می‌شود و به صورت دائمی در طول زمان بهره‌برداری جریان برگشت خط را عبور می‌دهد. استفاده از الکتروند زمین در سیستم‌های HVDC با ظرفیت پایین قطعاً موجب صرفه اقتصادی می‌شود زیرا حتی برای فواصل کم، هزینه هادی دوم برای برگشت جریان به مراتب بیشتر از هزینه الکتروندهای زمین است. علاوه بر این، در کلیه سیستم‌های HVDC دو قطبی و همچنین سیستم‌های HVDC چند ترمیناله الکتروند زمین وجود دارد. زیرا در هر سیستم فشار قوی، مدار قدرت سیستم HVDC به یک نقطه مرجع برای تعریف ولتاژ سیستم به عنوان پایه هماهنگی عایقی و حفاظت اضافه ولتاژ، نیاز دارد. در سیستم HVDC دو قطبی می‌توان تصور نمود که نقطه خنثی پست به زمین پست HVDC (که مرکز ستاره سمت خط ترانسفورماتورهای کانورتر متصل شده است) وصل گردد. اما از آنجائیکه با وجود سیستم کنترل متعادل کننده، جریان‌های مستقیم در دو پل HVDC هیچگاه دقیقاً برابر نمی‌باشند، جریان تفاضلی حاصل همواره از نقطه خنثی پست به زمین جاری خواهد شد. بنابراین به طور معمول محل زمین کردن نقطه خنثی پست را در فاصله ۱۰ تا ۵۰ کیلومتری از پست HVDC و توسط الکتروند زمین مخصوص اجراء می‌نمایند. الکتروند زمین در سیستم‌های HVDC می‌تواند بر روی زمین، ساحلی دریا و یا زیر دریا قرار گرفته باشد. در سیستم‌های HVDC تک قطبی که در اغلب موارد تنها به صورت خط انتقال زیر دریا می‌باشد تفاوت پایه‌ای در طراحی الکتروندهای آندی با الکتروندهای کاتدی وجود دارد. در ادامه اصول اولیه طراحی و ساختار این الکتروندها به طور مختصر بیان داده می‌شود.

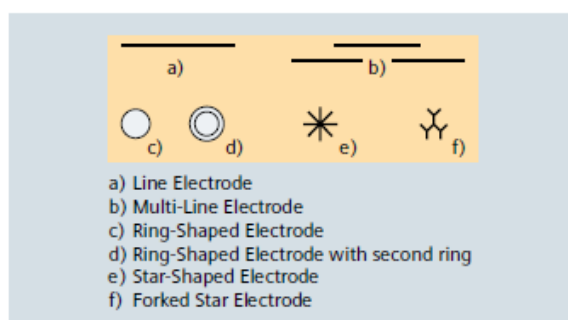
↔ الکتروند خاکی: این الکتروند شامل دو نوع افقی و عمودی است.

↔ الکتروند خاکی افقی: در صورتی که مساحت بزرگی از زمین صاف با مشخصات خاک تقریباً همگن و یکنواخت در دسترس باشد، الکتروند خاکی افقی اقتصادی‌ترین گزینه برای احداث الکتروند زمین سیستم HVDC است. مطابق با شکل (۲-۸۰) هادی الکتروند که اغلب از جنس آهن است به صورت افقی در عمق ۲ متری خاک دفن می‌شود. هادی داخل زغال و در گودالی با سطح مقطع نیم متر در نیم متر دفن می‌شود.



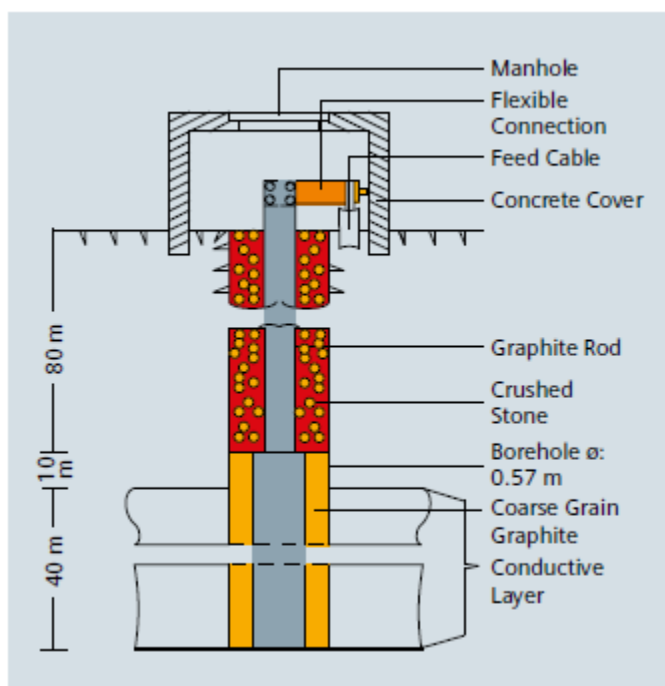
شکل (۲-۸۰): نمای برش عرضی الکترود زمین از نوع خاکی افقی

مزیت این روش در بهره‌برداری آندیک مشخص می‌شود. زیرا عبور جریان از هادی الکترود به داخل زغال توسط الکترودها انجام شده و بنابراین سبب کاهش ماده و خوردگی نمی‌گردد. چند نمونه معمول از آرایش الکترودهای زمین افقی در خاک در شکل (۲-۸۱) نشان داده شده است.



شکل (۲-۸۱): چند نمونه معمول از آرایش الکترودهای زمین افقی در خاک

↔ الکترود خاکی عمودی: اگر لایه سطحی خاک مقاومت بالا داشته باشد اما لایه‌های زیرین در عمق چند ده متری خاک از مقاومت ویژه مناسبی برخوردار باشند، الکترود خاکی عمودی گزینه مناسبی است. در شکل (۲-۸۲) ساختار یکی از چهار الکترود زمین سیستم Cahora Bassa HVDC را در پست جنوبی آپولو (Apollo) نشان می‌دهد.



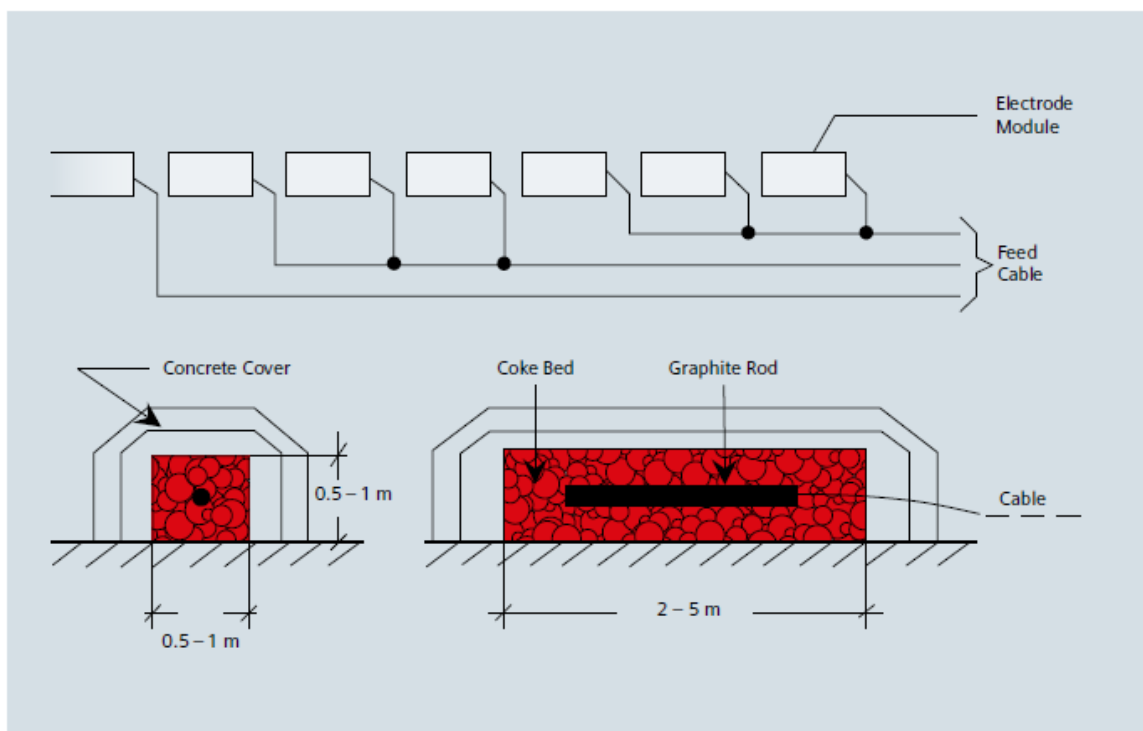
شکل (۲-۸۲): الکتروود عمودی زمین سیستم Cahora Bassa HVDC در پست آپولو

## الکتروود زیر دریا

این الکتروود شامل دو نوع آندی و کاتدی می‌باشد.

↪ الکتروود کاتدی زیر دریا: طراحی و ساخت الکتروود کاتدی زیر دریا برای یک سیستم HVDC تک قطبی با کابل انتقال زیر دریا پیچیدگی و مشکل خاصی ندارد. زیرا در این حالت خوردگی رخ نمی‌دهد و به صورت تئوریک یک کابل مسی خوابیده در بستر دریا کافی خواهد بود. طول این کابل باید به نحوی انتخاب گردد که چگالی جریان سطحی آن، میدان الکتریکی کمتر از ۳ ولت بر متر در آبهای اطراف کابل ایجاد نماید تا برای غواص‌ها و شناگران خطری در بر نداشته باشد.

↪ الکتروود آندی زیر دریا: شکل (۲-۸۳) نمونه‌ای از الکتروود خطی زیر دریا برای بهره‌برداری آندی را نشان می‌دهد. ماژول‌های پیش ساخته در بستر دریا قرار می‌گیرند و سپس این الکتروودها به چند گروه تقسیم شده و هرگروه توسط یک کابل فیدر مجزا به پست HVDC متصل می‌گردد. الکتروودها از سطح زمین مانی‌تورینگ می‌شوند.



شکل (۲-۸۳): الکتروود خطی زیر دریا برای بهره‌برداری آندی

## الکتروود ساحلی

این الکتروود در واقع از نوع آندی است و اصول طراحی معمول الکتروود ساحلی نیز مشابه الکتروود خاکی عمودی است. میله‌های گرافیتی که توسط زغال احاطه شده‌اند در حفره‌های ایجاد شده در طول ناحیه ساحلی نصب می‌گردند. یک مزیت عمده الکتروودهای ساحلی سهولت دسترسی برای بررسی، تعمیر و نوسازی آن‌ها در صورت لزوم است. در روش دیگر می‌توان الکتروود ساحلی را مشابه با الکتروود خاکی افقی ایجاد نمود. برای این منظور لازم است زمین قابلیت هدایت مطلوب داشته باشد و یا بتوان با آبیاری گودال الکتروود زمین با آب نمک به ویژگی مطلوب دست یافت. در هر صورت فرض می‌شود که حتی با الکتروود ساحلی، شارش جریان به الکتروود پست مقصد توسط آب انجام می‌شود.

## ۲-۳-۱-۸- جبران‌کننده توان راکتیو

جبران‌کننده‌ها شامل موارد زیر می‌باشند:

### خازن

## راکتورهای موازی

این تجهیزات به صورت اتصال ستاره در مدار قرار دارند و نیاز به فیدر جهت اتصال به باسبار می‌باشند که گاهی اوقات راکتورها در انتهای خطوط انتقال نیز نصب می‌شوند.

### ۲-۳-۱-۹- سیستم‌های LV

این تاسیسات مانند سیستم روشنایی محوطه (درمورد پست‌های بیرونی) سیستم حفاظت از رعد و برق، شبکه‌ی زمین، سیستم تغذیه داخلی و ... می‌باشد. سیستم روشنایی به منظور امکان دید اپراتور در شب می‌باشد و روشنایی با محوطه ایجاد می‌شود. همچنین سیستم حفاظت از رعدوبرق از طریق مناسب پایه‌های فلزی به وسیله‌ی سیم‌های مخصوصی به نام سیم‌های زمین (Shield Wire) صورت می‌گیرد. اجزای مختلف سیستم‌های LV در ادامه آمده است.

### تغذیه داخلی

از دیگر تاسیسات سیستم‌های LV، سیستم تغذیه داخلی می‌باشد. به منظور تامین مصارف داخلی جریان متناوب و مستقیم پست‌ها، اعم از سیستم‌های کنترل و حفاظت، مکانیزم‌های عمل کننده تجهیزات، سیستم‌های تاسیسات روشنایی، گرمکن‌های داخل تابلوها، سیستم‌های خنک کننده و... باید انرژی مورد نیاز با ولتاژ مناسب تامین گردد. این سیستم‌ها شامل ترانسفورماتورهای تغذیه داخلی، باتری شارژر و باتری، دیزل ژنراتور اضطراری و تابلوهای توزیع مربوطه می‌باشد

### باتری‌خانه

جهت تامین برق DC برای مصارف تغذیه رله‌های حفاظتی، موتورهای شارژر فنر، مکانیزم‌های فرمان و روشنایی اضطراری و... نیاز به باتری‌خانه دارند که در اتاقکی تعدادی باتری با هم سری می‌شوند و با یک دستگاه باتری شارژر کوپل می‌شوند. در مواردی ممکن است باتری‌های مربوط به هر سیستم ولتاژ DC را در یک اتاق مجزا قرار دهند؛ که در این صورت، بیش از یک اتاق باتری وجود خواهد داشت. نکته قابل توجه دیگر این است که در اتاق باتری، به علت محافظت در برابر انفجار، هواکش به طور مداوم روشن بوده و کلیه لامپ‌ها در داخل محفظه‌ای شیشه‌ای قرار می‌گیرند و کلید آن‌ها نیز در بیرون اتاق نصب می‌شود و علاوه بر آن، درب ورودی اتاق باتری به سمت بیرون باز می‌شود.

### شارژر

جهت شارژ باتری‌های باتری‌خانه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### تابلوی AC

تابلوهای فشار ضعیف داخلی AC در سیستم تغذیه داخلی کاربرد دارد.

### تابلوی DC

تابلوهای توزیع DC در سیستم تغذیه داخلی کاربرد دارد.

## ۳-۱-۱۰- مانیتورینگ، کنترل و حفاظت

کلیه دستگاه‌های اندازه‌گیری پارامترها، وسایل حفاظت و کنترل تجهیزات از طریق کابل‌ها از محوطه بیرونی پست به داخل ساختمان کنترل ارتباط می‌یابد همچنین سیستم‌های تغذیه جریان متناوب و مستقیم (AC, DC) در داخل ساختمان کنترل قرار دارند. این ساختمان اداری تاسیسات مورد نیاز جهت کار اپراتور می‌باشد که قسمت‌های زیر را دارا می‌باشد:

### اتاق فرمان

این اتاق محل استقرار اپراتورها و انجام عملیات کنترل تجهیزات پست می‌باشد. معمولاً کلیه فرمان‌ها، تنظیم‌ها، مراقبت‌ها و اندازه‌گیری‌ها در این قسمت انجام می‌گیرد. در سیستم‌های کنترل معمولی، تابلوها در کنار هم قرار دارند و دیاگرام تک خطی باس بارها روی تابلو پیاده شده است و محل هر کلید در روی تابلو نمایانگر وضعیت آن در پست می‌باشد و حاوی تمام دستگاه‌های نمایش دهنده کمیت‌های اندازه‌گیری شده در حالت عادی، سویچ‌های کنترل و در صورت لزوم علائم هشداردهنده یا خبردهنده می‌باشد. همچنین در این اتاق تابلوهای کنترل ولتاژ، تابلوی مجتمع علائم هشدار دهنده و تابلوهای مربوط به ثبت وقایع و حوادث قرار دارند. اتاق فرمان به اتاق کنترل مرکزی نیز معروف است.

### تابلوهای کنترل و حفاظت

سیستم کنترل و حفاظت می‌تواند به عنوان دو سیستم مجزا از هم مورد بررسی قرار گیرد. در واقع کنترل و حفاظت قسمتی از سیستم قدرت در محدوده پست مورد نظر را در هنگام کار عادی و یا خطا بر عهده دارد و عمدتاً متشکل از تجهیزاتی از قبیل رله‌های اصلی و کمکی، سویچ‌ها، کنتاکتورها و دیگر وسایل می‌باشد. این تجهیزات، اطلاعات مورد نیاز خود را از طریق ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ و سیستم‌های اینترلاک اخذ نموده و فرمان‌های لازم را از طریق سیستم‌های کنترل و حفاظت به مکانیزم عملکرد تجهیزات انتقال می‌دهند. اکثر وسایل سیستم‌های حفاظتی از قبیل رله‌ها، کنتاکتورها

و... به علت حساس بودن، به صورت داخلی در ساختمان کنترل قرار می‌گیرند و از طریق کابل‌های کنترل به ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان و همچنین مکانیزم‌های کنترلی تجهیزات ارتباط دارند.

### اتاق ارتباطات

به کمک این سیستم‌های مخابراتی در اتاق ارتباطات می‌توان سیگنال‌های مخابراتی را به منظور کنترل از راه دور، مکالمه راه دور و یا حفاظت از راه دور به نقاط دیگر شبکه ارسال نموده و متقابلاً سیگنال‌های مشابه را دریافت نمود.

### رله حفاظت

حفاظت کردن از سیستم در مقابل رویدادهای ناگهانی و شدید که می‌تواند موجب صدمات و گاهی مواقع خاموشی شبکه شود، یکی از مهمترین بخش‌های طراحی و بهره‌برداری شبکه است. هماهنگی رله‌های حفاظتی مختلف و تنظیم دقیق پارامترهای آن‌ها بسیار حساس و پیچیده است. مانند تمامی قسمت‌های شبکه‌ی برق سیستم انتقال نیز نیازمند این نوع حفاظت‌ها و رله‌ها می‌باشد. اما نکته اساسی حساسیت بسیار بالای این سطح ولتاژ و اهمیت تامین قابلیت اطمینان بالا و در دسترس بودن شبکه است. از آنجا که این سیستم بخش اعظم انتقال توان را برعهده دارد باید در پست‌ها و خطوط حفاظت‌های دقیق توسط رله‌های عددی و گاهی با بهره‌گیری از تنظیمات ماهواره‌ای انجام گیرد. محاسبات بسیار دقیق و با برنامه‌های کامپیوتری و از طریق شبکه‌ای یکدست به تمامی رله‌ها انتقال پیدا می‌کند. تمامی رله‌ها در پست‌ها مستقر هستند، وجود ادوات اندازه‌گیری در پست‌ها موجب می‌شود حفاظت مربوط به خطوط و ادوات درون پست همگی در قسمت حفاظت و کنترل پست قرار گیرند. رله‌های عددی با توابع گوناگون وظیفه‌ی حفاظت از خطوط، ترانسفورماتورها و باسبارها را برعهده دارند. همچنین بجز بهره‌گیری از رله‌ها در امر حفاظت براساس نحوه‌ی بکارگیری پست نوع شینه بندی، ترانسفورماتورهای رزرو و... نیز تاثیر بسزای در افزایش قابلیت اطمینان و حفاظت در شرایط حاد را دارند.

۲-۳-۱-۱۱-سازه

### استراکچر

استراکچر پایه‌های نگهدارنده در پست است که معمولاً برای قرار دادن تجهیزات در فضای باز از آن‌ها استفاده می‌شود. همچنین فضای اطراف استراکچر باید با حصارهای فلزی بسته شود. معمولاً تجهیزاتی که روی استراکچر قرار دارند دارای

ولتاژ بالا هستند پس سطح عایقی مورد نیاز برای آن‌ها و رعیت فاصله مناسب تا زمین برای جلوگیری از تخلیه الکتریکی بین تجهیز و زمین باید در طراحی بدرستی انتخاب شود.

### فونداسیون

جهت ساخت پست اولین مرحله بعد از نقشه برداری ساخت فونداسیون است که در همین مرحله باید در پی ساختمان سیستم زمین مورد نیاز قرار گیرد و قبل از پی ریزی کامل سیستم زمین دفن شده و کابل با سطح مقطع مناسب که از قبل طراحی شده از آن خارج شود.

### ساختمان

بعد از تکمیل شدن مرحله فونداسیون، کار ساخت ساختمان اصلی بر اساس نقشه‌ی کشیده شده برای پست انجام می‌شود.

### ۲-۳-۱-۱۲- ادوات FACTS

ادوات FACTS شامل طیف وسیعی از تجهیزات می‌شوند که دارای ساختارهای متفاوتی یا هم هستند. به‌طور کلی می‌توان آن‌ها را شامل بخش‌های زیر دانست:

- بخش تجهیزات قدرت و سوئیچگیر
- بخش الکترونیک قدرت
- بخش کنترل

در خصوص بخش تجهیزات قدرت و سوئیچگیر مورد نیاز ادوات FACTS تجهیز اختصاصی وجود نداشته و تجهیزات مورد نیاز اغلب همان تجهیزات متداول مورد استفاده در پست‌ها است که البته در تعیین مشخصات فن آن‌ها ملاحظات خاصی صورت می‌گیرد. این تجهیزات در سایر بخش‌های گزارش مورد اشاره قرار گرفته‌اند.

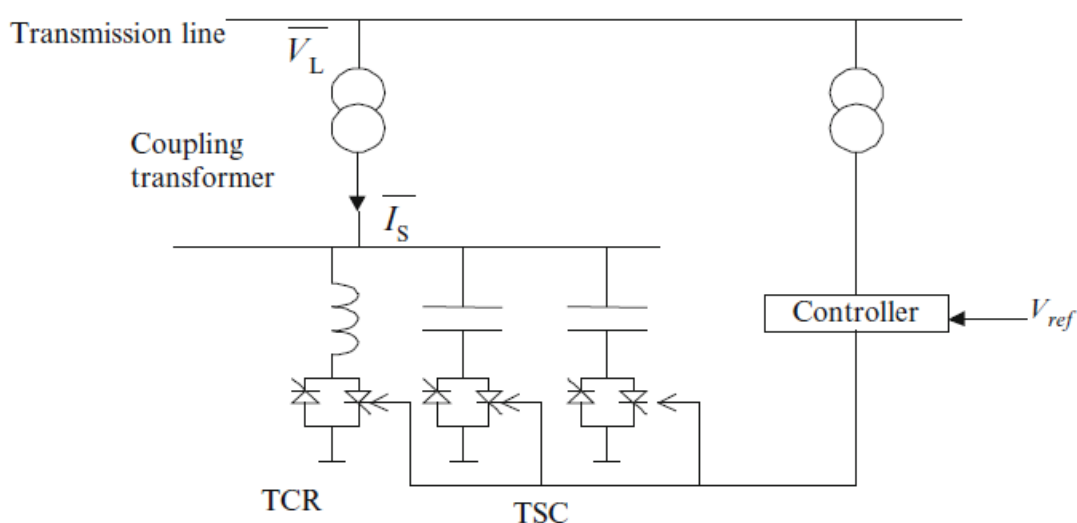


بخش کنترل این ادوات نیز از نظر سخت افزاری مشابه سایر سیستم‌های کنترل بکار رفته در تجهیزات صنعتی است. بخش الکترونیک قدرت این تجهیزات را نیز می‌توان به صورت کلی به ولوهای تریستوری و مبدل‌های منبع ولتاژ تقسیم نمود که البته در هر تجهیز دارای مشخصات فنی و الزامات طراحی خاصی هستند.

در ادامه اصلی‌ترین ادوات FACTS که در شبکه انتقال دارای پرکاربرد هستند معرفی شده است.

### SVC

کاربرد اصلی SVC تنظیم و جبران توان راکتیو است و که در کنار آن کنترل ولتاژ نیز صورت می‌گیرد. اولین بار SVC در آمریکا و در دهه ۷۰ میلادی اجرا شد که خیلی پیش از زمانی است که EPRI مفهوم FACTS را مطرح نمود. در کاربرد SVC در سطح جهانی همواره یک شیب افزایشی دیده شده است. شکل شمای کلی و ساده یک SVC را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۸۴): شمای ساده از یک SVC

SVC یک تجهیز موازی با شبکه است که قابلیت جذب و یا تزریق توان راکتیو را دارد. ادوات FACTS موازی از جمله SVC وقتی در میانه یک خط انتقال نصب می‌شوند، نقش بسیار مهمی در کنترل توان راکتیو شبکه قدرت و بالا بردن پایداری ولتاژ و پایداری حالت گذرا بازی می‌کنند. SVC به چند صورت وجود دارد:

۱- SVC با راکتور کنترل شده با تریستور یا TCR

۲- خازن سوئیچ شونده با تریستور یا TSC

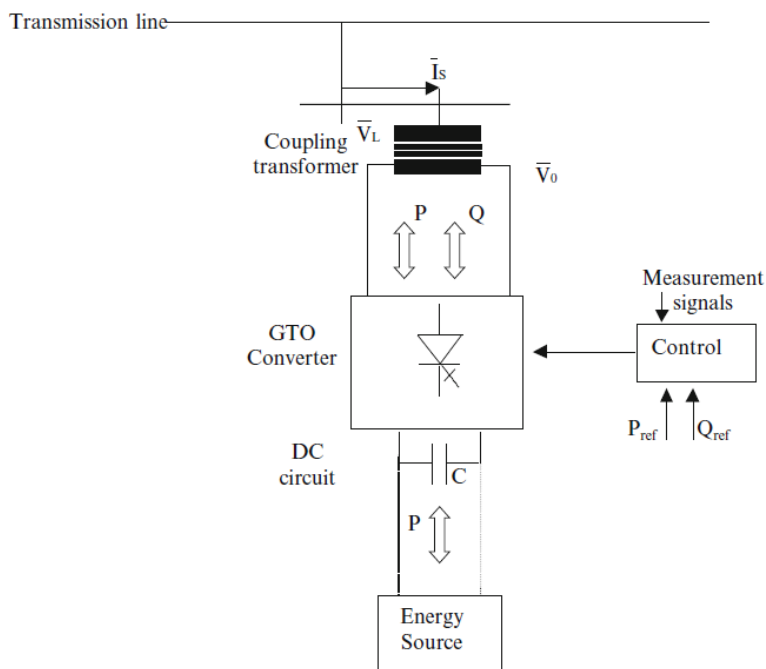
## ۳- ترکیبی از TCR و TSC

## ۴- TCR به همراه خازن با کلید مکانیکی (TCR - MCR)

نصب SVC ها در اروپا به خصوص با نفوذ مولدهای تجدیدپذیر در حال افزایش است. آخرین پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه SVC ساخت SVC جابجا شونده در آفریقای جنوبی و انگلستان بوده است.

**STATCOM**

جبران کننده سنکرون استاتیک (SSC یا Statcom) در واقع نمونه پیشرفت‌های از SVC است. در حال حاضر تخمین زده می‌شود که در حدود ۲۰ عدد Statcom در دنیا نصب شده است. بر خلاف SVC, Statcom برای تولید توان راکتیو از سلف یا خازن استفاده نمی‌کند. بلکه تولید توان راکتیو در آن به صورت داخلی انجام می‌شود. این دستگاه یک دستگاه بر مبنای مبدل منبع ولتاژ است (Voltage source based) و از کانورترهای GTO به همراه یک خازن ذخیره کننده انرژی DC برای تولید یک ولتاژ سنکرون استفاده می‌کند. این قابلیت می‌تواند با کاربرد یک دستگاه ذخیره ساز انرژی بجای خازن نیز توسعه یابد. شکل شمای ساده از یک STATCOM را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۸۵): شمای ساده از یک STATCOM

STATCOM یک مبدل منبع ولتاژ بوده که به صورت موازی در مدار قرار می‌گیرد. ساختار و توپولوژی بر پایه مبدل منبع ولتاژ به عنوان آخرین تکنولوژی در کنترل کننده‌های STATCOM پذیرفته شده است، مخصوصاً توپولوژی‌های چند پالس و چند سطحی که به صورت گسترده‌ای در این توپولوژی‌ها مورد استفاده قرار گرفته است.

## TCSC

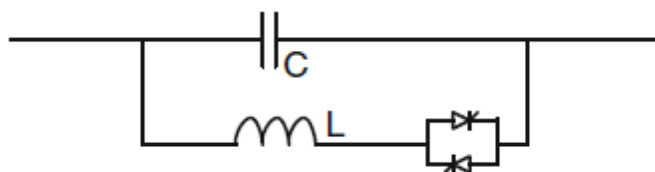
در مورد کنترل توان اکتیو، ادوات سری به نسبت ادوات موازی اثرگذارتر هستند. در میرا کردن نوسانات و بهبود پایداری حالت گذرا ادوات سری می‌توانند بسیار موثر باشند در حالی که این ادوات تأثیر کمی بر کنترل ولتاژ دارند. خازن سری کنترل شده با تریستور (TCSC) می‌تواند دائماً امپدانس سری خط را تغییر دهد و آن را به میزانی کم یا زیاد کند. این روشی قدرتمند در افزایش کنترل توان قابل انتقال از خط است. TCSC ها می‌توانند به سرعت به سیگنال‌های کنترلی پاسخ دهند و میزان خازن یا سلف موجود در مدار را کم یا زیاد کنند. این ادوات عموماً برای از بین بردن نوسانات خط و بازگشت به حالت عادی از اغتشاش بکار می‌رود. یک شمای ساده از TCSC در شکل آمده است.

مقدار خازن با تغییر مقدار سلف موازی با آن که با تریستور کنترل می‌شود به وجود می‌آید. یک ماژول TCSC در حقیقت از یک خازن سری با یک شاخه موازی شامل یک سوئیچ تریستوری با یک راکتور تشکیل شده است. در شاخه موازی یک وریستور اکسید فلزی نیز برای حفاظت اضافه ولتاژ و یک بریکر بای پس هم وجود دارد. در پروژه‌های عملی TCSC می‌تواند به صورت مجزا یا به صورت سری با چند بانک خازنی اجرا شود.

در سال ۱۹۹۱ یک جبران‌سازی سری چند قسمتی (Multi-segment) در آمریکا اجرا شد و یک ماژول تک TCSC در سال ۱۹۹۲ در Kayenta اجرا شد. این سیستم در نقطه میانی یک خط ۲۳۰kV به طول ۲۰۰ مایل قرار گرفته و توان انتقالی خط را به مقدار 100MW اضافه کرده است.

یک پروژه TCSC اخیراً در برزیل اجرا شده است که در آن یک TCSC در ترکیب با ۵ بانک خازنی سری در یک خط ۵۰۰ کیلوولت ۱۰۱۷ کیلومتری قرار گرفته است. در اینکار برد TCSC برای افزایش میرایی و بالا بردن پایداری حالت گذرا به کار برده شده است. پروژه‌های دیگری نیز در چین و هند اجرا شده است. در حال حاضر در حدود ۱۰ پروژه TCSC در دنیا اجرا شده است.

شمای کلی سیستم TCSC در شکل نشان داده شده است.



شکل (۲-۸۶): شمای ساده از یک TCSC

TCSC با ایجاد یک خازن متغیر قابل کنترل، راکتانس خط انتقال را کاهش داده و می‌تواند ظرفیت انتقال توان خط را به طور چشم‌گیری افزایش دهد. در مقالات روش‌های مختلف بسیاری در خصوص تأثیر TCSC در پایداری سیستم قدرت ارائه شده است.

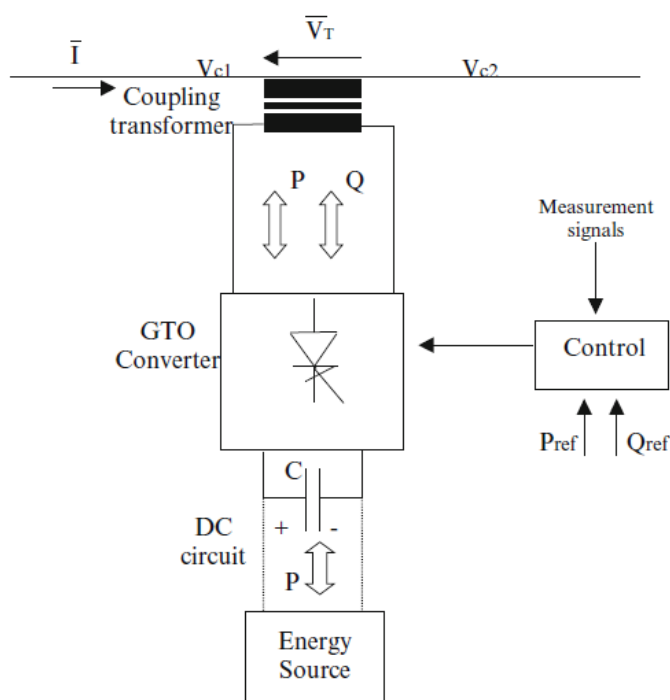
مهندسان سیستم قدرت مدتی است با مسئله افزایش قابلیت انتقال توان در سیستم‌های انتقال موجود مواجه هستند که ادوات FACTS در این زمینه راه حل خوبی به نظر می‌آیند. با سرمایه‌گذاری نسبتاً پایین در مقایسه با احداث یک خط انتقال جدید و یا احداث نیروگاه جدید، می‌توان ظرفیت انتقال توان یک خط را با کمک ادوات FACTS افزایش داد. علاوه بر این، روند جاری در خصوصی سازی بازار برق، محبوبیت ادوات FACTS افزایش داده است.

### SSSC

TCSC توان راکتیو را با عناصر ذخیره‌کننده انرژی (سلف یا خازن) تولید یا مصرف می‌کند. روش دیگر برای تولید یا جذب توان راکتیو استفاده از GTO بجای تریستور است که SSSC نامیده می‌شود. همان طور که Statcom نوع پیشرفته SVC محسوب می‌شود. این دستگاه نیز نوع پیشرفته TCSC به حساب می‌آید. S3C تاکنون به صورت مستقل به طور عملی بکار نرفته است و تا این زمان فقط در ادوات ترکیبی مانند (IPFC به کار رفته است. یک ساختار خطی از S3C در شکل نشان داده شده است. بر خلاف خازن سری S3C می‌تواند در صورت ترکیب با ذخیره‌ساز انرژی حتی توان اکتیو نیز با سیستم مبادله کند. که این عمل را با کنترل زاویه ولتاژ تزریقی در مقایسه با زاویه خط انجام می‌دهد.

این ویژگی باعث می‌شود تا این دستگاه بتواند هم پارامترهای راکتیو را کنترل کند هم پارامترهای مقاومتی خط منحنی مشخصه امپدانس خروجی S3C بر حسب امپدانس آن در تمام فرکانس‌ها بجز فرکانس اصلی کارش به صورت یک سلف کوچک است. بنابراین S3C نمی‌تواند در هیچ فرکانسی با سلف خط انتقال تشکیل یک مدار رزونانسی سری را بدهد. از

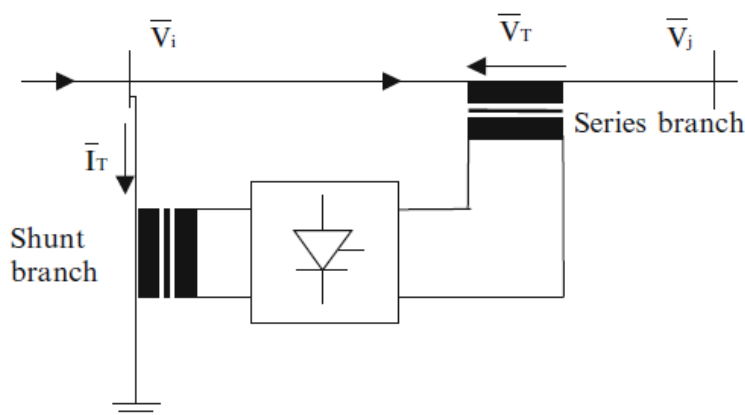
طرف دیگر سرعت پاسخ S3C هم بسیار زیاد است و بنابراین می‌تواند در از بین بردن نوسان‌های زیرسنکرون سیستم موثر باشد. شکل شمای ساده از یک SSSC را نمایش می‌دهد.



شکل (۲-۸۷): شمای ساده از یک SSSC

## TCPST

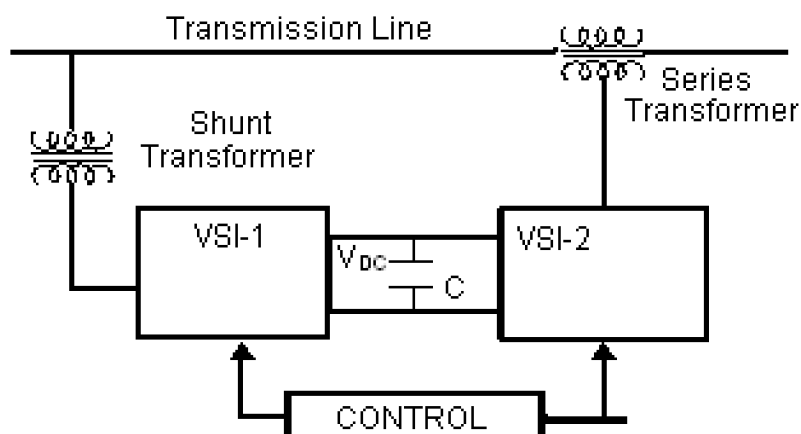
ترانسفورماتور جابجاگر فاز کنترل شونده با تریستور تجهیز می‌شود که بر اساس تکنولوژی تریستور و ترانسفورماتور جابجاگر فاز کار می‌کند. PST ها ترانسفورماتورهایی با یک نسبت تبدیل مختلط هستند. این ترانسفورماتورها همواره مانند کنترلرهای جریان توان، برای گسترش ایمنی سیستم قدرت و کم کردن تلفات انتقال بکار گرفته شده‌اند. الکترونیک قدرت کاربرد انتقال دهنده‌های فاز را در کنترل سیستم قدرت متحول ساخت چرا که جانشینی تپ چنجرهای معمولی با ولوهای تریستوری سرعت پاسخ در جابجاگر فاز را زیادتر کرد و این ساختار را برای اغتشاش‌های کوچک و پایداری حالت گذرا موثر ساخت. زاویه اختلاف فاز بین ولتاژ ترمینال‌های TCPST به کمک یک ترانسفورماتور سری با خط (Boosting Transformer) ایجاد می‌شود. توان اکتیو و راکتیو که توسط این ترانسفورماتور با خط مبادله می‌شود باید از شبکه توسط یک ترانسفورماتور موازی (Excitation transformer) جذب شود. شکل زیر شمای اصلی ساختار TCPST را نشان می‌دهد



شکل (۲-۸۸): شمای ساده از یک TCPST

### UPFC (کنترل‌کننده پخش بار یکپارچه)

UPFC یکی از ساختارهای همه‌کاره در خانواده FACTS است. محققان طرح‌های متفاوت و گوناگونی را برای UPFC در مقالات و نشریات مختلف ارائه داده‌اند. شکل بلوک دیاگرام تک‌خطی UPFC را نشان می‌دهد که در یک شبکه سه فاز نصب شده است. UPFC شامل ۲ مبدل سه فاز بوده که طرف DC آن‌ها توسط یک خازن DC به هم متصل می‌شود. طرف AC مبدل موازی توسط ترانس سه فاز به شبکه قدرت به صورت موازی متصل شده و طرف AC مبدل سری از طریق ترانس سه فاز دیگری به صورت سری به خط متصل شده و ولتاژ سری را به خط تزریق می‌کند. با تغییر ولتاژ سری اعمالی توسط مبدل می‌توان توان‌های اکتیو و راکتیو عبوری از خط را تغییر و در مقادیر مشخصی تنظیم کرد. مبدل موازی نیز علاوه بر تأمین توان اکتیو مورد نیاز مبدل سری جهت تثبیت ولتاژ خازن لینک DC، قابلیت تولید یا مصرف توان راکتیو به طور مستقل از مبدل سری و به منظور تنظیم ولتاژ باس متصل شده به آن را دارد.



شکل (۲-۸۹): ساختار یک UPFC

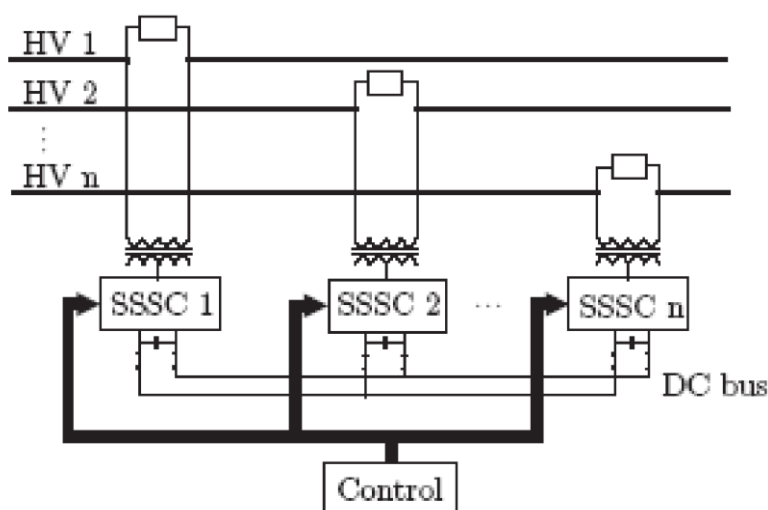
در واقع با قرار گرفتن UPFC در مسیر یک خط، قسمتی از توان اکتیو عبوری توسط مبدل موازی دریافت و از طریق لینک DC به مبدل سری منتقل و توسط این مبدل به خط تزریق می‌گردد. البته جهت انتقال توان اکتیو با توجه به عملکرد کنترل کننده می‌تواند معکوس گردد. ولتاژ سری اعمال شده به خط توسط مبدل سری با تنظیم اندازه و زاویه خود می‌تواند باعث تغییر توان انتقالی و همچنین تنظیم ولتاژ خط در طرف مبدل سری شود.

UPFC از ترکیب یک Statcom (مبدل ۱ برای قسمت موازی) و یک SSSC (مبدل ۲ برای قسمت سری) که در لینک DC مشترک هستند، تشکیل شده است. وظیفه اولیه مبدل موازی این است که توان اکتیو مورد نیاز مبدل سری را در لینک DC فراهم آورد مبدل سری خودش توان راکتیو مورد نیاز مربوط به اتصال سری تولید می‌کند، بنابراین تولید توان راکتیو مورد نیاز شبکه به دلیل اتصال UPFC باعث تحمیل توان راکتیو اضافی به شبکه نیست.

مطمئناً از آنجاکه مبدل موازی می‌تواند از طریق ترمینال AC خود توان راکتیو جذب و تزریق کند و این کار مستقل از توان اکتیوی است که به لینک DC می‌دهد یا از آن می‌گیرد، بنابراین این دستگاه می‌تواند با کنترل مناسب به صورت یک STATCOM مستقل نیز عمل کند. یعنی می‌تواند توان راکتیو مورد نیاز خط انتقال را جبران کند و بدین ترتیب در ترمینال ورودی UPFC به صورت غیرمستقیم کنترل ولتاژ را انجام دهد. علاوه بر این UPFC می‌تواند هنگامی که STATCOM خارج از مدار است به صورت یک SSSC مستقل عمل کند.

IPFC (کنترل کننده پخش توان در داخل خط)

آخرین نسل ادوات IPFC، FACTS نام دارد که با ترکیب چند جبران‌ساز سری، تأثیر بسیار زیادی در کنترل پخش توان در خطوط انتقال دارد. IPFC و UPFC توسعه‌یافته دو ساختار ابتکاری و نو در جبران‌سازهای استاتیک ادوات FACTS هستند. Gyugyi و همکاران یک IPFC ارائه داده‌اند که مفهومی جدید برای جبران‌سازی و مدیریت پخش بار مؤثر سیستم انتقال چند خطه است. دیاگرام تک خطی IPFC در شکل نشان داده شده است. مطابق این شکل، IPFC از چند SSSC تشکیل شده که به طور همزمان کنترل شده و لینک DC آن‌ها متصل به یکدیگر است.



شکل (۲-۹): دیاگرام تک خطی IPFC

در مورد IPFC نیز مانند سایر ادوات FACTS دیگر مقالات و نشریات بسیار زیادی ارائه شده و در مورد بهبود عملکرد آن راه‌کارهای متنوعی ارائه شده است. IPFC امکان کنترل توان اکتیو و راکتیو عبوری از خطوط را به طور همزمان و مستقل از هم فراهم می‌کند. فرآیند تزریق ولتاژ سری در هر یک از خطوط توسط IPFC یک قابلیت جبران‌ساز سری پیشرفته در خطوط منشعب از شینه مجهز به IPFC را فراهم می‌کند.

در واقع، IPFC به صورت تعدادی اینورتر با یک لینک DC عمل می‌کند که هر کدام به صورت یک جبران‌ساز سری عمل می‌کنند. چون هر اینورتر قادر است جبران‌سازی توان راکتیو را نیز انجام دهد، IPFC می‌تواند جبران‌سازی توان اکتیو و راکتیو در کل سیستم انتقال را کنترل و مدیریت کند. این قابلیت IPFC را قادر می‌سازد که توان اکتیو و راکتیو را بین خطوط



تقسیم کرده و توان را از خط پر بار به خط کم بار انتقال دهد و خطوط را در برابر افت ولتاژهای راکتیو جبران‌سازی نماید. همچنین سیستم را به طور مؤثری در برابر اختلالات دینامیکی پایدارتری کند.

IPFC یک کنترل‌کننده FACTS بر مبنای اینورترهای منبع ولتاژ است که به صورت یک جبران‌ساز سری با قابلیت منحصر به فرد برای مدیریت پخش بار در سیستم‌های انتقال چند خطه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به طور خلاصه، خواص کنترلی انواع کنترل‌کننده‌های FACTS در جدول آمده است

جدول (۲-۵): خواص کنترلی کنترل‌کننده‌های مختلف FACTS

ردیف	کنترل‌کننده‌های FACTS	خواص کنترلی برای کنترل‌کننده‌های FACTS مختلف
۱	SVC, TCR, TCS, TRC	کنترل ولتاژ، جبران‌سازی توان راکتیو، میراسازی نوسانات قدرت، پایداری ولتاژ، پایداری گذرا و دینامیکی
۲	TCSC, TSSC	کنترل جریان، میراسازی نوسانات قدرت، پایداری ولتاژ، پایداری گذرا و دینامیکی، محدودکننده جریان خطا
۳	TCSR, TSSR	کنترل جریان، میراسازی نوسانات قدرت، پایداری ولتاژ، پایداری گذرا و دینامیکی، محدودکننده جریان خطا
۴	TC-PST or TC-PAR	کنترل توان راکتیو، میراسازی نوسانات قدرت، پایداری ولتاژ، پایداری گذرا و دینامیکی
۵	TCBR	میراسازی نوسانات قدرت، پایداری گذرا و دینامیکی
۶	TCVL	محدودکننده ولتاژ گذرا و دینامیکی
۷	TCVR	کنترل توان راکتیو، کنترل ولتاژ، میراسازی نوسانات قدرت، پایداری ولتاژ، پایداری گذرا و دینامیکی
۸	SSSC without storage	کنترل جریان، میراسازی نوسانات قدرت، پایداری ولتاژ، پایداری گذرا و دینامیکی، محدودکننده جریان خطا
۹	SSSC with storage	کنترل جریان، میراسازی نوسانات قدرت، پایداری ولتاژ، پایداری گذرا و دینامیکی
۱۰	storage STATCOM without	کنترل ولتاژ، جبران‌سازی توان راکتیو، میراسازی نوسانات قدرت، پایداری ولتاژ
۱۱	storage STATCOM with	کنترل ولتاژ، جبران‌سازی توان راکتیو، میراسازی نوسانات قدرت، پایداری ولتاژ، پایداری گذرا و دینامیکی،
۱۲	UPFC	کنترل توان راکتیو و راکتیو، کنترل ولتاژ، جبران‌سازی توان راکتیو، میراسازی نوسانات قدرت، پایداری ولتاژ، پایداری گذرا و دینامیکی، محدودکننده جریان خطا
۱۳	IPFC	کنترل توان راکتیو، کنترل ولتاژ، میراسازی نوسانات قدرت، پایداری ولتاژ، پایداری گذرا و دینامیکی
۱۴	HPFC	کنترل توان راکتیو، کنترل ولتاژ، میراسازی نوسانات قدرت، پایداری ولتاژ، پایداری گذرا و دینامیکی، محدودکننده جریان خطا

با توجه به تنوع زیاد ساختارها در ادامه بخش‌های مختلف فناوری تجهیز SVC معرفی شده است

## بخش قدرت

در تعیین مشخصات تجهیزات یک پست SVC باید این نکته را مد نظر قرار داد که به علت وجود TCR و فیلتر در ساختار SVC هارمونیک‌های جریان در آن بیش از مقدار نرمال در نظر گرفته شده برای تجهیزات معمول پست است. از اثرات مهم هارمونیک‌ها اثر پوستی، افزایش تلفات، اشباع ترانسفورمرهای اندازه‌گیری، ایجاد خطا در عملکرد رله‌های حفاظتی و ... است.

با توجه به وجود بانک‌های خازنی، در انتخاب بریکرها باید وقوع پدیده جرقه مجدد و ولتاژ بازگشتی مورد توجه قرار گیرد. به همین لحاظ بریکرها از نوع گازی (SF6) انتخاب می‌شوند. در مواردی که جریان خازنی بیش از این است باید به آن توجه نمود. اثر پوستی جریان بر افزایش حرارت کنتاکت‌های بریکر نیز باید مد نظر طراح باشد. در انتخاب سکسیونرها مشکل چندان وجود ندارد و تنها توجه به اثر پوستی جریان کافی است.

برقگیرها نقش عمده‌ای در پست SVC داشته و عدم طراحی مناسب آنها باعث خرابی‌های شدید خواهد شد. در تعیین ظرفیت آنها باید به اضافه ولتاژهای ناشی از کلیدزنی بانک‌های خازنی توجه نمود. عدم انتخاب صحیح برقگیرها باعث افزایش ولتاژ بازگشتی کلید در صورت وقوع جرقه مجدد شده و به انفجار بریکر می‌انجامد.

در شکل‌های زیر برخی تجهیزات قدرت مورد استفاده در یک پست SVC نشان داده شده است:



شکل (۲-۹۱): راکتور TCR یک SVC



شکل (۲-۹۲): بانک خازنی فیلترهای یک SVC



شکل (۲-۹۳): بانک مقاوت مورد نیاز در فیلترها



شکل (۲-۹۴): راکتورهای فیلتر

### سیستم کنترل و مونیتورینگ

سیستم کنترل SVC وظیفه کنترل ولتاژ در نقطه اتصال به شبکه و پایش سیستم را به عهده دارد. این سیستم شامل بخش‌های از جمله سیستم اندازه‌گیری، کنترل‌کننده و سنکرونساز می‌باشد. در بخش اندازه‌گیری فیدبک‌های لازم جهت حلقه‌های کنترلی جمع‌آوری و به سیستم کنترل ارسال می‌شود. در سیستم کنترل حلقه‌های کنترلی با در نظر گرفتن حفاظت‌های مناسب نرم افزاری پیاده‌سازی شده، زاویه آتش مناسب را محاسبه نموده و به واسط مولد ایجاد پالس‌های

کنترلی برای اعمال به سوئیچ‌ها ارسال می‌کند. سرعت عملکرد VSC به زمان مورد نیاز برای انجام اندازه‌گیری، مدت زمان لازم برای پردازش محاسبات در حلقه‌های کنترلی و نهایتاً زمان پاسخ سوئیچ‌ها به پالس‌های فرمان وابسته است. شکل زیر نمایی از تابلوهای سیستم کنترل و مونیتورینگ را نمایش می‌دهد.

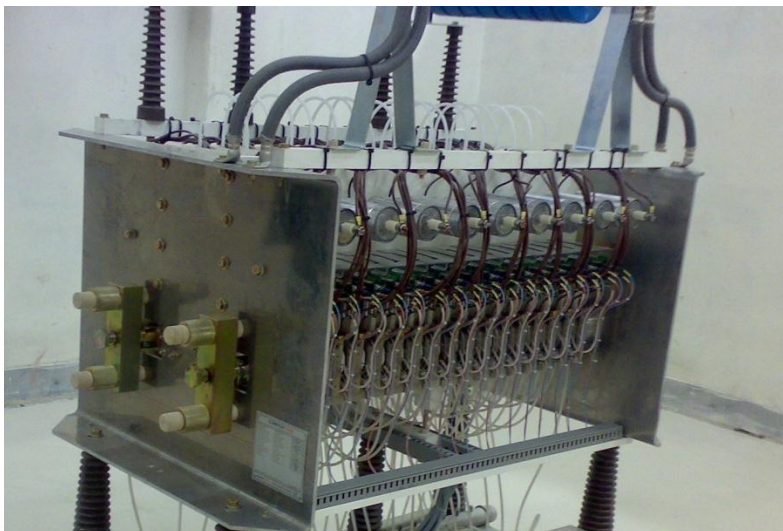


شکل (۲-۹۵): نمایی از تابلوهای سیستم کنترل و مونیتورینگ

### ولو تریستوری

اجزاء اصلی ولو SVC شامل تریستور، اسنابر، کارت‌های الکترونیک (TE) و هییت سینک است. تنش اصلی وارد بر تریستورها اضافه ولتاژ ناشی از کموتاسیون در زمان خاموش شدن آنها است. با طراحی مناسب مدار اسنابر حداکثر این ولتاژ برای هر سطح به ولو محدود می‌شود. برای تحمل ولتاژ خاموشی و کموتاسیون و با توجه به مشخصات تریستورها و در نظر گرفتن افزودنی مناسب تعداد سطوح یک ولو تعیین می‌شود. شکل زیر نمایی از یک ولو SVC را نشان می‌دهد.





شکل (۲-۹۶): ولو تریستوری



شکل (۲-۹۷): تجهیزات سیستم خنک سازی ولو

## ۲-۳-۱-۱۳-یراق آلات

در این قسمت تصاویری و مشخصاتی از انواع یراق آلات پست که توسط شرکت یراق آوران پویا انتشار یافته؛ آمده است.

### T اتصال

↔ انواع:

T-Connector, Double T-Connector, Angle T-Connector (Upper A-Frame), Triple T-Connector, Angle Double T-Connector (Lower A-Frame) & Single Duplex T-Connector

↔ لوازم و تجهیزات: بدنه، سرپوش، پیچ و مهره و واشر



شکل (۲-۹۸): اتصال T

### نگهدارنده‌ها

↔ انواع: نگهدارنده کابل افقی و عمودی، نگهدارنده کابل (دوگانه و سه گانه)، نگهدارنده شینه

↔ لوازم و تجهیزات: بدنه، سرپوش، پیچ و مهره و واشر

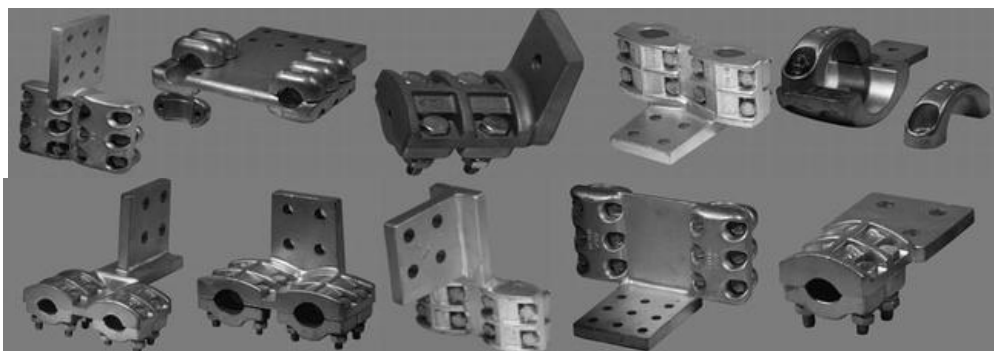


شکل (۲-۹۹): نگهدارنده‌ها

### خروجی‌ها

↔ انواع: مسطح، عمودی (دوگانه، سه گانه)، Triple Double Flat 90 و ...

↔ لوازم و تجهیزات: بدنه، سرپوش، پیچ و مهره و واشر



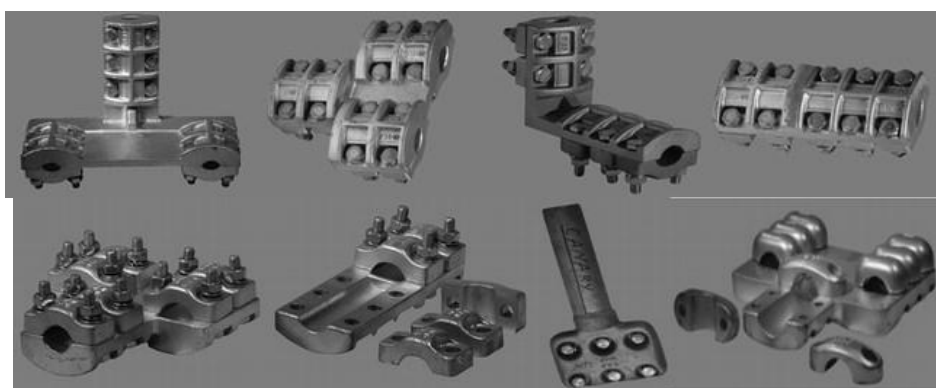
شکل (۲-۱۰۰): خروجی

متصل کننده

↔ انواع: راست، عمودی، دوبلکس منفرد، دوبلکس منفرد زانویی، متصل کننده سه تایی منفرد، جوش اتصال، زانو سه

تایی منفرد، متصل کننده زاویه دار، دوبلکس منفرد زاویه دار، جوش اتصال زاویه دار

↔ لوازم و تجهیزات: بدنه، سرپوش، پیچ و مهره و واشر



شکل (۱۰۱-۲): متصل کننده

زمین کردن

↔ انواع: منفرد، باندل دوتایی و سه تایی

↔ لوازم و تجهیزات: بدنه، سرپوش، پیچ و مهره



شکل (۱۰۲-۲): زمین کردن

سرپوش انتهایی

↔ انواع: به همراه سیم دمپ کننده، بدون سیم دمپ کننده، مهر و موم به دو شکل داخلی و خارجی

↔ لوازم و تجهیزات: بدنه، سرپوش، پیچ و مهره و مهره U شکل





شکل (۲-۳-۱): سرپوش انتهایی

جداکننده

↔ انواع: دو باندل، سه باندل (راست و مثلثی)

↔ لوازم و تجهیزات: بدنه، سرپوش، پیچ و مهره



شکل (۲-۴-۱): جداکننده

کلمپ‌های موازی

↔ انواع: گیره موازی، شیار موازی

↔ لوازم و تجهیزات: بدنه، سرپوش، پیچ و مهره و واشر

**۲-۳-۲- طراحی و تعیین مشخصات فنی**

جهت طراحی پست بایستی پارامترهای مختلفی را مد نظر گرفت تا بتوان با توجه با این پارامترها بهترین طراحی را داشت.

این پارامترها عبارتند از :

↔ درجه حرارت حداکثر محیط: یک پست بایستی بتواند در بالاترین درجه حرارت محیط به راحتی کار کند.

↔ درجه حرارت حداقل محیط: یک پست بایستی بتواند در پایین‌ترین درجه حرارت محیط به راحتی کار کند.

↔ ارتفاع از سطح دریا: با افزایش ارتفاع از سطح دریا، فشار هوا کم شده و مقدار ولتاژ شکست برای یک فاصله

مشخص کاهش می‌یابد. تبادل حرارت بین دستگاه‌ها و محیط اطراف کندتر می‌شود. این شرایط در طراحی پست

بایستی مد نظر قرار گیرد.

- ↔ ضخامت یخ: در طراحی پست باید ضخامت یخ که در فصل سرد رخ می‌دهد لحاظ شود.
  - ↔ سرعت باد: سرعت باد در محل یک پست در طراحی استقامت مکانیکی دستگاه‌ها، پایه‌ها، شینه‌ها، سیم‌ها و اتصالات مورد توجه قرار گیرد.
  - ↔ زلزله: محیط از نظر پتانسیل وقوع زلزله مورد بررسی قرار گیرد.
  - ↔ صاعقه: باید تعداد روزهای بارانی سال که امکان وقوع صاعقه در آن وجود دارد، استخراج شود.
- طراحی اجزای مختلف پست نظیر شینه‌بندی، مشخصات فنی ترانسفورماتور، کلید قدرت، سیستم زمین، برق‌گیر و آرایش فیزیکی پست در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۲-۳-۱- مطالعات

مطالعات اولیه و تکمیلی برای انجام طراحی پست را می‌توان به شکل زیر تقسیم‌بندی نمود:

- ↔ قابلیت اطمینان
- ↔ طبقه‌بندی شرایط اقلیمی و آلودگی
- ↔ آرایش شینه‌بندی مناسب شبکه با توجه به کاربردهای مشخص
- ↔ مهندسی برآورد هزینه‌های احداث و بهره‌برداری
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب راکتور سری و موازی
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب ترانسفورماتور زمین
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب کلید قدرت
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب سکسیونر و تیغه‌های زمین
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب ترانسفورماتور جریان
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب ترانسفورماتور ولتاژ خازنی
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب برق‌گیر
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب موج‌گیر و تجهیزات کوبلینگ
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب مقره‌ها

- ↔ طراحی و مهندسی مبدل تریستوری و سیستم خنک‌کننده آن
- ↔ طراحی و مهندسی فیلترهای هارمونیک
- ↔ طراحی و مهندسی راکتور صافی
- ↔ طراحی و مهندسی الکتروود زمین
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب شیشه و یراق‌آلات
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب سیستم حفاظت از صاعقه
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب سیستم زمین
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب سیستم LVAC (تغذیه جریان متناوب)
- ↔ طراحی و مهندسی انتخاب کابل و متعلقات
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم اعلام و اطفاء حریق
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم سازه‌ها و ترکیب بارگذاری
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم‌های حفاظتی
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم کنترل
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم ثبت و نشان‌دهنده وقایع و اتفاقات
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم اینترلاک، اینتر تریپ و فصل مشترک با PLC
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم فونداسیون‌های سازه‌های فلزی و بتنی
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم معماری و الکتریکی ساختمان کنترل
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم معماری و الکتریکی دیزلخانه
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم گرمایش و سرمایش
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم روشنایی داخلی و خارجی
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم‌ها و تجهیزات حفاظت در مقابل خوردگی
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم محوطه‌سازی
- ↔ طراحی و مهندسی سیستم طرح‌های جانمایی

↔ طراحی و مهندسی سیستم انتخاب محل پست

↔ طراحی و مهندسی سیستم هماهنگی عایقی

↔ طراحی و مهندسی فواصل الکتریکی از نظر تعمیراتی، بهره‌برداری، ایمنی و زیست محیطی

## ۲-۲-۳-۲- ترانسفورماتور

در طراحی پست بایستی مشخصات فنی ترانسفورماتور قدرت مشخص گردد؛ تا از یک طرف سازنده قادر به طرح ساخت آن گردد و از طرفی ترانسفورماتور مناسب و هماهنگ با پست و شبکه باشد. مشخصات فنی ترانسفورماتور عبارتند از: ظرفیت، ولتاژ، نوع سیستم خنک‌کنندگی، نوع سیم‌پیچی، رابطه برداری، افزایش درجه حرارت سیم‌پیچی و روغن نسبت به محیط، نوع نصب (داخلی یا بیرونی)، ابعاد و اتصال کوتاه، انتخاب تپ‌چنجر و ... .

برای طراحی و ساخت ترانسفورماتور مبدل کلیه پارامترهای توان، ولتاژ، حالت کارکرد، میزان نویز مزاحم، نحوه اتصال، تپ (نوع) سیستم خنک‌کننده، ملاحظات حمل و نقل و نصب در محل مورد توجه قرار گرفته و حتی در شرایط خاص نیازهای طراحی ویژه کشور محل نصب را در نظر می‌گیرند.

در سیستم‌های HVDC نیز عملکرد ترانسفورماتور مبدل، تبدیل ولتاژ باسبار AC به سطح ولتاژ مناسب برای مبدل ۱۲ پالسه است. مبدل ۱۲ پالسه به دو سیستم سه فازه جداگانه که با یکدیگر ۳۰ یا ۱۵۰ درجه الکتریکی اختلاف فاز دارند نیاز دارد. این نیاز با استفاده از ترانسفورماتور گروه Yy0 و Yd5 تامین می‌گردد. همچنین ترانسفورماتور مبدل ایزولاسیون ولتاژی لازم برای اتصال پل‌های مبدل به صورت سری را امکان‌پذیر می‌سازد. بنابراین عایق اصلی ترانسفورماتور مبدل در معرض تنش ناشی از ولتاژ AC و ولتاژ DC بین سیم‌بندی سمت ولو و زمین قرار دارد. ترانسفورماتور مبدل برای تنظیم ولتاژ ولو دارای تپ‌چنجر زیر بار<sup>۱</sup> است. مشخصات نامی ترانسفورماتور مبدل از فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$S = \sqrt{2I} * U \quad \text{رابطه (۲-۳)}$$

<sup>۱</sup> - On-load tap changer

که در آن  $I$  جریان نامی DC و  $U$  ولتاژ نامی ترانسفورماتور در سمت مبدل می‌باشد. یکی از موارد مهم در طراحی ترانسفورماتور مبدل در نظر گرفتن وزن و ابعاد آن است این ویژگی به خصوص برای حمل ترانس به محل نصب و برای عبور از پل‌ها، زیرگذرها و تونل‌ها حائز اهمیت است. برای نمونه ضرایب نسبی وزن ترانسفورماتور برای چهار طرح عمده به طور حدودی در جدول (۲-۶) درج شده است.

جدول (۲-۶): نمونه ضرایب نسبی وزن ترانسفورماتور

ضریب نسبی وزن	نوع واحد ترانسفورماتور مبدل
۱	تکفاز دو سیم پیچه
۱/۶	تکفاز سه سیم پیچه
۲/۲	سه فاز دو سیم پیچه
۳/۶	سه فاز سه سیم پیچه

به طور کلی ترانسفورماتور مبدل HVDC نسبت به ترانسفورماتورهای معمول سیستم قدرت متفاوت بوده و تحت تنش ناشی از ترکیب ولتاژ AC و DC، هارمونیک‌های زیاد جریان و پسماند مغناطیسی DC در هسته قرار دارد. سیم‌بندی‌های سمت مبدل که به یکسوساز یا اینورتر متصل شده‌اند تحت تاثیر تنش دائمی ولتاژ AC و DC قرار دارند. همچنین ولتاژهای گذرار خارجی ناشی از برخورد صاعقه و کلیدزنی هنگام بهره‌برداری نیز به این تنش‌ها افزوده می‌گردد. هارمونیک‌های زیاد جریان بهره‌برداری، ناشی از جریان تقریباً مربعی مبدل‌های قدرت است که سبب تحمیل هارمونیک‌های مرتبه فرد ۵، ۷، ۱۱، ۱۳، ۱۷ و ... در سیم‌بندی و افزایش تلفات در آن و سایر تجهیزات می‌شود.

در شکل (۲-۱۰۵) ترانسفورماتور مبدل پروژه Tian Guang کشور چین در آزمایشگاه تست نشان داده شده است.



شکل (۲-۱۰۵): ترانسفورماتور مبدل پروژه Tian Guang کشور چین در حال انجام تست در آزمایشگاه

### ۲-۳-۲- تجهیزات سوئیچگیر

در یک شبکه‌ی برق سوئیچگیر ترکیبی از تجهیزاتی است که هر یک طراحی مخصوص به خود را داراست. تجهیزاتی نظیر کلید قدرت، ترانسفورماتور ولتاژ، ترانسفورماتور جریان و ... که پیشتر در قسمت تجهیزات و ابنیه پست مورد بررسی قرار گرفت. سوئیچگیرها هم برای قطع کردن تجهیزات و هم ایزوله کردن پایین دست از خطا استفاده می‌شوند. این تجهیز مستقیماً با قابلیت اطمینان سیستم در ارتباط است. سوئیچگیرها معمولاً یا در فضای باز قرار دارند یا توسط عایقی ایزوله شده‌اند. در واقع برای خفه کردن جرعه‌های ناشی از کلیدزنی باید عایقی انتخاب شود که مستقیماً بر ابعاد کلیدها موثر است. بر این اساس سوئیچگیرهای دارای ابعاد مختلفی هستند که براساس کاربرد آنها متفاوت خواهد بود.

### ۲-۳-۲-۴- سیستم حفاظت اضافه ولتاژ

یکی از پدیده‌های سوء برای سیستم‌های قدرت، اضافه ولتاژهای سیستم می‌باشد. سیستم حفاظت اضافه ولتاژ جهت کنترل و حفاظت این اضافه ولتاژهای پیش‌آمده به کار می‌رود. طراحی این سیستم یکی از قسمت‌های مهم طراحی پست‌های انتقال می‌باشد.

### ۲-۳-۲-۵- مبدل AC/DC

در پست‌های مبدل HVDC، ولوهای تریستوری به عنوان عنصر کلیدی شناخته می‌شوند. این ولوها بسته به شرکت سازنده می‌توانند به صورت‌های متفاوتی ساخته شوند. هر چند معمول‌ترین ساختار در مبدل‌های HVDC ساختار گروه ۱۲ پالسه شامل ۳ ولو چهارگانه است. با توجه به حساسیت بالای عملکردی این بخش (که از ادوات نیمه‌هادی مانند تریستور ساخته شده است)، طراحی ماجول ولوتریستوری، سیستم خنک‌کننده آن و انتخاب سیستم کنترلی مناسب برای ولو باید با توجه و دقت فراوان انجام گیرد.

### ۲-۳-۲-۶- فیلتر و راکتور صافی

در پست‌های مبدل HVDC، طراحی فیلترهای AC جهت حذف هارمونیک‌های تولیدشده در سمت AC مبدل ۱۲ پالسه و تامین توان راکتیو و طراحی فیلترهای DC و راکتور صافی نیز جهت حذف اغتشاشات هارمونیکی سمت DC، حفظ پیوستگی جریان، جلوگیری از تداخل با سیستم‌های مخابراتی و جلوگیری از بروز رزونانس در مدار DC ضروری است.

### ۲-۳-۲-۷- شبکه زمین

طراحی شبکه زمین مناسب به منظور حفاظت از پست یکی از گام‌های مهم در طراحی پست است. روش زمین کردن سیستم شاید یکی از مشکل‌ترین جنبه‌های طراحی آن باشد زیرا علاوه بر تاثیر عوامل متعدد امپدانس هر عامل را نمی‌توان به صورت انفرادی سنجید، بلکه باید بهترین طرح را با توجه به تاثیر متقابل عوامل بر سیستم انتخاب نمود. از نظر الکتریکی روش زمین کردن سیستم در شرایط بهره برداری عادی تاثیر خاصی ندارد اما در مواردی که یک اتصال زمین به وقوع می‌پیوندد دارای اهمیت می‌شود. از آنجایی که اکثر اتصالاتی‌ها در سیستم برق از نوع اتصال به زمین هستند (۷۰ تا ۹۰ درصد کل) در بررسی سیستم باید دقت کافی صورت گیرد. اساسا سیستم قدرت باید قادر به تحمل اضافه ولتاژهای حالت عادی و حالت‌های گذرا و جریان‌های اتصالاتی که در شرایط اتصال به زمین ایجاد می‌شوند، باشند و تیم حفاظت باید توانایی آشکارسازی این اتصالاتی‌ها را داشته باشد. هر یک از موارد از روش‌های زمین کردن سیستم تاثیر می‌پذیرد. روش‌هایی که برای زمین کردن نوترال سیستم‌های الکتریکی معمول است عبارتند از:

↩ اتصال به زمین مستقیم

↔ اتصال به زمین از طریق مقاومت

↔ اتصال به زمین از طریق سلف پترسون با حالت تشدید

↔ اتصال به راکتانس

↔ اتصال با ترانسفورماتور زمین

### ۲-۳-۲-۸- جبران‌ساز

معمولا برای تولید یا مصرف توان راکتیو در شبکه‌های قدرت در مواقع لزوم و ایجاد پایداری ولتاژ سیستم لازم است در بعضی از موارد داخل پست‌ها تجهیزاتاتی مثل راکتورهای موازی در انتهای خطوط فشار قوی و یا خازن‌های موازی (جهت تصحیح ضریب قدرت) روی شین‌ها نصب گردد. نوع دیگری از راکتورها و خازن‌ها به طور سری در ابتدای خط انتقال و در داخل پست‌ها قرار می‌گیرند. راکتورهای سری به منظور کنترل قدرت اتصال کوتاه در سطح مجاز تجهیزات مورد استفاده قرار می‌گیرند و خازن‌های سری نیز به منظور افزایش قدرت انتقالی خطوط مورد استفاده قرار می‌گیرند.

### ۲-۳-۲-۹- سیستم LV

طراحی سیستم LV یکی دیگر از قسمت‌های طراحی پست‌های انتقال می‌باشد.

### ۲-۳-۲-۱۰- مانیتورینگ، کنترل و حفاظت

طراحی رله‌های پست، طراحی سیستم مانیتور کردن شرایط پست و همچنین طراحی تابلوی کنترل از بخش‌های مختلف این قسمت است که طراحی هر یک از آن‌ها جهت احداث پست ضروری است.

### ۲-۳-۲-۱۱- سازه

جهت احداث پست‌های سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا بایستی سازه‌های مورد نیاز طراحی گردد. طراحی استراکچر، فونداسیون و ساختمان یک پست قسمت‌های مختلف طراحی یک سازه را شامل می‌شود.



## ۲-۳-۱۲- آرایش فیزیکی

آرایش فیزیکی یک پست عبارتست از شکل قرار گرفتن تجهیزات مطابق با الگو. شکل منظمی که مقررات فواصل لازم بین آن‌ها جهت تعمیر و نگهداری و کار اشخاص بر روی تجهیزات رعایت شده باشد. اتصال الکتریکی خطوط ورودی و خروجی در یک پست مطابق با طرح معین شده‌ای است که به آن سیستم شینه‌بندی می‌گویند. اصول آرایش فیزیکی پست اندکی تحت تاثیر تغییرات ولتاژ و جریان می‌باشد و این تغییرات صرفاً بر اندازه تجهیزات و فواصل بین آن‌ها اثر می‌گذارد.

## ۲-۳-۱۳- ادوات FACTS

ادواتی FACTS بعلاوه کاربرد بسیار زیاد یکی از مهم‌ترین قسمت‌های پست‌های انتقال امروزی به حساب می‌آید. تنظیمات و طراحی قسمت‌های مختلف آن فرای تجربه‌ی بالا نیازمند بهره‌گیری از متخصصینی است که در این زمینه از اطلاعات علمی مناسبی برخوردار باشند. لذا نیاز است تا در برنامه‌ای مدون متخصصین ضمن آشنایی با این تجهیزات در آموزش‌هایی که در قالب انتقال فناوری صورت می‌پذیرد، بستر مناسبی برای بکارگیری این ادوات در پست‌های انتقال صورت خواهد پذیرفت.

## ۲-۳-۳- تجهیزات اجرایی

سیستم انتقال برق از اجزای متفاوتی تشکیل شده اما در یک دسته‌بندی جامع شامل پست‌های انتقال (اعم از افزایشده، کاهشده و...) و خطوط انتقال برق می‌شوند. برای ساخت سازه‌های پست، نیاز به ماشین‌آلات راهسازی و ساختمان‌سازی بسیاری است. همچنین امروزه بسیاری از مراحل ساخت و انتقال تجهیزات توسط هلیکوپترهای پر قدرت صورت می‌پذیرد. به نحوی که وظیفه‌ی انتقال تجهیزات بزرگ و حجیم در هنگام نصب مانند ترانسفورماتورها بر عهده آن‌ها است. معمولاً پست‌های انتقال یا در نزدیکی نیروگاه‌ها (جهت افزایش سطح ولتاژ)، یا نزدیکی شهرها یا مناطق صنعتی (جهت کاهش ولتاژ) و یا نقاط سوئیچ‌زنی (جهت گسترده شدن شبکه انتقال) واقع هستند. از این رو ادواتی که در این دسته مورد نیاز است گاهی کاملاً متفاوت با تجهیزات مورد نیاز در حوزه خط است.

## ۲-۳-۳-۱- نقشه‌برداری

بر اساس نقشه‌های ماهواره‌ای حدود مکان احداث پست‌ها مشخص می‌شود اما باید گروه نقشه‌برداری پس از تعیین زمین مورد نظر برای جمع‌آوری اطلاعات اقدام کنند. نقشه‌های موردنیاز را تهیه و به گروه طراحی و اجرا ارائه کنند.

## ۲-۳-۳-۲- ماشین‌آلات گودبرداری و بتن‌ریزی

پست انتقال دارای ساختمان‌های زیادی است اما تکنولوژی ساخت بسیار ساده است و باید طبق طراحی صورت گرفته، ساختمان‌ها در محل ساخته یا بصورت پیش ساخته نصب شوند. در این مرحله ماشین‌آلات ساختمان سازی نظیر لودر و بیل مکانیکی، کامیون، جرثقیل ساکن و متحرک، کمپرسورهای حمل سیمان، دستگاه‌های پمپاژ سیمان و متخصصین و کارگران مجرب در کنار ناظران فنی نیاز است تا بر طبق نقشه از پیش طراحی شده به گودبرداری، احداث پی، ساخت ساختمان‌ها و نصب حصارها در فضای در نظر گرفته شده بپردازند. در این مرحله تونل‌های مربوط به عبور کابل‌های فشار قوی و تاسیسات روشنایی و کنترلی ساخته می‌شوند. نصب تاسیسات ایزولاسیون و عایق‌بندی‌ها باید تحت نظارت مهندسین با تجربه و بر طبق استانداردهای موجود انجام شود.

## ۲-۳-۳-۳- حمل و نقل

حمل تجهیزات بزرگ توسط خطوط راه‌آهن، تریلر و هلیکوپتر صورت می‌گیرد. نیروی انسانی و تجهیزات کوچکتر معمولاً با خودروهای کوچک انجام می‌شود.

## ۲-۳-۳-۴- نصب

نصب تجهیزات درون پست توسط متخصصین به کمک کارگران مجرب و ماشین‌آلات مخصوص از جمله، جرثقیل‌های ثابت (تاور)، جرثقیل‌های متحرک، لیفتراک و... صورت می‌گیرد.

## ۲-۳-۳-۵- تست و راه‌اندازی

آخرین بخش اجرای پروژه که شامل تست و راه‌اندازی است. براساس استاندارد و دستورالعمل‌های موجود کارشناسان ابتدا تمامی قسمت‌های نصب شده را از لحاظ عمرانی، الکتریکی و مکانیکی مورد تست قرار می‌دهند. بعد از انجام تمامی تست‌ها و تایید شبکه‌ی نصب شده، باید براساس دستورالعملی که از قبل تهیه می‌شود برای هر پروژه، خط انتقال وارد مدار شود و آرام آرام باری ک برای آن در نظر گرفته شده است روی آن قرار گیرد. در هر مرحله نیز باید تست‌های کافی انجام شود و در واقع بارگذاری بصورت چندین مرحله و تحت نظارت متخصصین انجام می‌شود.

## ۲-۳-۴- تعمیر و نگهداری

تعمیر، نگهداری و بهره‌برداری یک تجهیز شامل کلیه اقداماتی است که با هدف استمرار و یا بازگرداندن یک تجهیز به وضعیت مطلوب خود (حالتی که آن تجهیز می‌تواند کارکرد مورد انتظار خود را به درستی انجام دهد) انجام می‌گردد. تعمیر و نگهداری در واقع شامل هر اقدامی نظیر آزمون، اندازه‌گیری، تعویض، تنظیم و یا تعمیر تجهیز بوده که ادامه بهره‌برداری تجهیز در وضعیت مطلوب و کارکرد مناسب تجهیز را به همراه دارد. بکارگیری روش‌های صحیح در تعمیر، نگهداری و بهره‌برداری می‌تواند نتایج مطلوبی نظیر افزایش قابلیت اطمینان، استمرار سرویس، دقت در بازرسی و بازرینی، کاهش هزینه عملیات تعمیر و نگهداری و افزایش ایمنی را به همراه داشته باشد. انواع روش‌های تعمیر و نگهداری یک تجهیز در ادامه توضیح داده می‌شود.

## ۲-۳-۴-۱- تعمیرات و نگهداری دوره‌ای<sup>۱</sup>

در این روش تعمیر و نگهداری، انجام تعمیرات و سرویس دوره‌ای در بازه‌های زمانی مشخص و از پیش تعیین شده مثلاً هر شش ماه، و یا هر یک سال یک بار انجام می‌گیرد و هدف آن کاهش احتمال خرابی تجهیز در هنگام بهره‌برداری می‌باشد. این نوع اقدامات نگهداری شامل فعالیت‌هایی برای بهبود وضعیت می‌باشد. به این نوع تعمیر و نگهداری همچنین اصطلاح

<sup>۱</sup>- Time Based Maintenance(TBM)

«نگهداری پیشگیرانه سیستماتیک»<sup>۱</sup> نیز اطلاق می‌گردد. تعمیر و نگهداری دوره ای در بازه‌های زمانی مشخص و فارغ از وضعیت تجهیز انجام می‌گیرد و در آن برنامه ریز تصمیم می‌گیرد که چه فعالیت‌هایی و در چه بازه‌های زمانی انجام گیرد. معمولاً TBM به عنوان آسان‌ترین و نه لزوماً مقرون به صرفه‌ترین روش نگهداری تجهیزات شناخته می‌شود. این روش مزیت بسیار بالایی برای برنامه ریزی آسان به ویژه برای آن دسته از اقدامات نگهداری که نیازمند خروج تجهیز هستند را دارا می‌باشد.

### ۲-۳-۴-۲- تعمیرات و نگهداری بر اساس وضعیت<sup>۲</sup>

در این روش اقدامات نگهداری بر اساس وضعیت تجهیز و به منظور کاهش احتمال خروج تجهیز در حال سرویس‌دهی انجام می‌شود. اصطلاح «نگهداری پیشگیرانه وضعیت»<sup>۳</sup> نیز به این روش نگهداری اطلاق می‌شود. برای استفاده از این فلسفه نگهداری ضروریست که وضعیت تجهیز با روش‌هایی همچون TBCM، OLCM<sup>۴</sup> و یا مانیتورینگ آنلاین مورد ارزیابی قرار گیرد. در مواردی CBM مورد استفاده قرار می‌گیرد که وضعیت فنی تجهیز با اقدامات خاص می‌تواند مورد اندازه‌گیری و ارزیابی قرار گیرد. استفاده از CBM در یک فرآیند تعمیر و نگهداری باعث کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌شود چرا که در صورت استفاده، اقدامات نگهداری هنگامی انجام می‌گیرند که تغییر وضعیت تجهیز اعمال این اقدامات را لازم می‌داند. از طرف دیگر CBM پروسه برنامه ریزی پیچیده‌تری دارد و معمولاً در خروج‌های از پیش تعیین شده زمانی برای به تعویق انداختن برنامه تعمیر و نگهداری به خروج بعدی تجهیز انجام می‌شود.

### ۳- آینده پژوهی

آینده پژوهی هر فناوری که یکی از ابزارهای مهم به منظور دستیابی به هوشمندی فناوری است، روشی است که جهت تشخیص و شناسایی محتمل‌ترین ابداعات آتی بشر و توسعه فناوری در آینده مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع آینده پژوهی با

<sup>1</sup>- Systematic Preventive Maintenance

<sup>2</sup>- Condition Based Maintenance(CBM)

<sup>3</sup>- Conditional Preventive Maintenance

<sup>4</sup>- Online Condition Monitoring

بهره‌گیری از طیف وسیعی از روش‌ها، به گمانه‌زنی نظامند در ارتباط با آینده یک فناوری مبادرت می‌ورزد. اینکه فناوری در آینده دستخوش چه تغییرات بنیادی و اساسی می‌گردد؛ در آینده‌پژوهی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در ارتباط با آینده‌پژوهی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا که تنها شامل دو فناوری EHVAC و HVDC می‌باشد، ادعا می‌شود که این سیستم‌ها دستخوش تغییرات اساسی نخواهد شد؛ چرا که اولاً سال‌هاست این سیستم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و هیچ فناوری دیگری یارای رقابت با این سیستم را نداشته است. ثانیاً تجهیزات این فناوری نیز دستخوش تغییرات اساسی نشده است و در آینده این تجهیزات هیچ تغییر اساسی دیده نمی‌شود. تکنولوژی طراحی و ساخت تجهیزاتی نظیر دکل‌های انتقال برق تغییری پیدا نمی‌کند و تنها با تغییرات جزئی (و نه ماهیتی) در محاسبات به دنبال افزایش بهره‌وری این تجهیز می‌باشند. تجهیزاتی نظیر مقره سال‌هاست که در سیستم‌های انتقال و توزیع نیروی برق مورد استفاده قرار می‌گیرند و تا هنگام نگارش این گزارش تجهیزاتی که توان رقابت و جایگزینی مقره را داشته باشد، حتی در مقیاس آزمایشگاهی نیز تولید نشده است. فناوری نسل‌هایی که در مقره‌های خطوط انتقال برق مورد استفاده قرار گرفته‌اند، تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند و تنها تلاش می‌گردد که عملکرد این مقره‌ها بهبود یافته و در شرایط محیطی مختلف قابلیت استفاده داشته باشند. سایر تجهیزات شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا نظیر ترانسفورماتور، هادی، کابل و... از لحاظ ماهیتی تغییر نخواهند کرد و تلاش‌ها در جهت بهبود عملکرد آنهاست. در واقع این تجهیزات از سال‌های ابتدایی بهره‌برداری از سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا تا کنون مورد استفاده قرار گرفته‌اند و در آینده نیز این تجهیزات کارایی خود را خواهند داشت و صرفاً راندمان آنها بهبود می‌یابد.

جدول (۱-۳) بیانگر این موضوع است.

جدول (۱-۳): آینده تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

آینده مورد نظر	تجهیزات	
این تجهیز از ابتدای بهره‌برداری از سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (و حتی قبل تر از آن) در این سیستم کاربرد داشته و در آینده نیز کاربرد خواهد داشت. بنابراین تغییری اساسی برای این تجهیز قابل تصور نیست.	هادی و کابل	حوزه خط
این تجهیز که به منظور ایزوله کردن هادی‌ها از دکل تحمل نیروهای ناشی از وزن هادی‌ها و همچنین باد و برف مورد استفاده قرار می‌گیرد در آینده نیز جزء الزامات اصلی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا خواهد بود و تغییر بنیادی در آن رخ نخواهد داد.	مقره	
تکنولوژی طراحی و ساخت این تجهیز تغییری پیدا نمی‌کند و تنها با تغییرات جزئی (و نه ماهیتی) در محاسبات به دنبال افزایش بهره‌وری این تجهیز می‌باشند.	دکل	
در ابتدا سیم‌های محافظ معمولی تنها وظیفه حفاظت در مقابل صاعقه را در سیستم‌های انتقال برق با	سیم محافظ	

تجهیزات	آینده مورد نظر
	ظرفیت بالا را داشتند که رفته رفته نسل دیگری از این سیم‌ها که علاوه بر وظیفه فوق توانایی انتقال اطلاعات مخابراتی را نیز داشتند معرفی شد. اما پس از آن تا کنون نسل دیگری پیش‌بینی نمی‌گردد و وظایف آن در همین حد خواهد ماند. بنابراین این تجهیز نیز تغییر بنیادی نخواهد داشت.
براق آلات	این تجهیزات تکنولوژی پیشرفته‌ای ندارند و سالیان دراز تغییرات چندانی در آنها رخ نداده است.
ترانسفورماتور	ترانسفورماتور یکی از وسایل لازم و حیاتی در سیستم‌های الکتریکی، بویژه در انتقال برق، می‌باشد. این تجهیز برخلاف ماشین‌های الکتریکی که در نوع انرژی تغییری نمی‌دهد و ولتاژ و جریان متناوبی را با همان فرکانس ولی متفاوت از نظر مقدار تبدیل می‌نماید از سال‌های ابتدایی بهره‌برداری از سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به منظور افزایش سطح ولتاژ مورد استفاده قرار می‌گرفته است. وجود این تجهیز در این سیستم‌های حیاتی است و هیچ تجهیز دیگری نمی‌تواند این وظیفه را انجام دهد. تغییر ماهیت کاربردی ترانسفورماتورهای قدرت در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا دور از انتظار است.
مبدل AC/DC	یکی از مهمترین بخش‌های یک پست HVDC که به عنوان قلب سیستم عمل می‌کند، مبدل آن است. وجود مبدل در هر سیستم HVDC ضروری است و از ابتدای بهره‌برداری از این سیستم‌ها مورد استفاده می‌باشد. مبدل چنان با اهمیت است که در صورت حذف آن، دیگر سیستم HVDC وجود خارجی ندارد.
فیلتر	تغییرات ماهیتی و کاربردی در این تجهیز قابل تصور نیست و تنها جهت بهبود عملکرد آن تلاش می‌گردد.
راکتور صافی	راکتور صافی که در مسیر جریان DC خط سبب حفظ پیوستگی جریان شده و مزایای دیگری همچون محدود نمودن جریان خطا، جلوگیری از بروز رزونانس در مدار DC، کاهش هارمونیک‌های جریان DC و جلوگیری از تداخل با سیستم‌های مخابراتی و تلفن را به ارمغان می‌آورد، در طول عمر سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا تغییر اساسی نداشته است و همواره مورد استفاده بوده است.
ادوات FACTS	ادوات FACTS که طیف وسیعی از تجهیزات را شامل می‌شوند، بسیار با یکدیگر متفاوت هستند و به دلیل High Tech بودن نسل‌های آن در حال پیشرفت‌های اساسی است. اما تمامی این نسل‌ها وظایف تقریباً مشترکی دارند و تغییراتی که در این تجهیز ایجاد می‌گردد خللی در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ایجاد نخواهد کرد.
حوزه پست	
جبران‌کننده توان	تغییر بنیادی که منجر به حذف این تجهیز گردد در حال حاضر قابل تصور نیست.
مانیتورینگ، کنترل و حفاظت	این تجهیز از جهت بهبود عملکرد سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد و در آینده نیز کاربرد خواهد داشت. هرگونه تغییراتی در جزئیات تجهیزات این قسمت وظیفه کلی را تغییر نمی‌دهد و همواره وظیفه کنترل کردن شرایط با تجهیزات مورد استفاده در این قسمت خواهد بود.
سیستم LV	تکنولوژی طراحی و ساخت این تجهیز تغییری پیدا نمی‌کند و تنها با تغییرات جزئی (و نه ماهیتی) در محاسبات به دنبال افزایش بهره‌وری این تجهیز می‌باشند.
سوئیچگیر	هیچ تغییری در کاربرد این تجهیز قابل تصور نیست و وجود آن ضروری است. تاکنون هیچ بحثی در ارتباط با تجهیزاتی که بخواند جایگزین سوئیچگیر شود نشده است.
برقگیر	برقگیر که در شبکه‌های الکتریکی برای حفاظت تجهیزات در مقابل صدمات ناشی از اضافه ولتاژهای ناگهانی همچون صاعقه و رعد و برق بکار می‌رود از جمله تجهیزاتی است که تغییری در وظیفه آن رخ نخواهد داد و تنها شاید ساختار طراحی آن جهت بهبود عملکرد تغییر نماید همانطور که امروزه نسل جدید برقگیرهای فشار قوی با هوزینگ پلیمری ارائه شده است.
براق آلات	این تجهیزات تکنولوژی پیشرفته‌ای ندارند و سالیان دراز تغییرات چندانی در آنها رخ نداده است.

بنابراین آینده سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در سیستم‌های EHVAC و HVDC خلاصه می‌گردد؛ هر چند در سال‌های اخیر با بالاتر بردن سطح ولتاژ جهت افزایش توان انتقالی این سیستم‌ها ارتقا یافته‌اند؛ اما کلیت بهره‌برداری از این سیستم‌ها تغییری پیدا نکرده‌است و با توجه به تحقیقات صورت گرفته در بازه زمانی چشم‌انداز مورد نظر تغییر چندانی در این زمینه رخ نخواهد داد. جهت آشنائی بیشتر با این مبحث روندی که سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا از ابتدا تا کنون گذرانده‌اند در دو بخش EHVAC و HVDC مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### ۳-۱- تحلیل روند سیستم‌های AC

در اواسط قرن هجدهم، پس اختراع برق، رقابت شدیدی بین تولیدکنندگان برق در آمریکای شمالی بوجود آمده بود و هر کدام بر انتقال برق به شیوه‌ی خویش تاکید می‌کردند تسلا معتقد بود که برق باید بصورت مستقیم (DC) و ادیسون معتقد بود برق باید بصورت متناوب (AC) انتقال یابد. هر دو دانشمند و گروه تحقیقاتی‌شان دلایل قابل قبول زیادی داشتند، اما امروز در اوایل قرن بیستم با پیشرفت‌های چشمگیری که در همه‌ی صنایع به خصوص صنعت برق صورت گرفته، مشخص شده است برای داشتن شبکه‌ی برقی کامل و با قابلیت گسترش فراوان نیاز به انواع سیستم‌های برقی در جایگاه مناسب است، با همه‌ی این مسائل انتقال توان بصورت AC با ولتاژ بالا از اوایل قرن بیستم امکان‌پذیر شد، روزبه‌روز گرایش افزایش‌دهنده‌ای برای استفاده از ولتاژهای بالا برای انتقال مقادیر توان بزرگ در مسافت‌های طولانی به وجود آمده است.

رشد و توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با معرفی ولتاژهای انتقال ۵۰۰kV در اوایل دهه ۶۰ میلادی قرن ۲۰ و ۷۰۰-۸۰۰kV در اواسط دهه ۶۰ ادامه پیدا کرد. اما اولین خط EHVAC، با ولتاژ ۷۳۵kV توسط Hydro-Quebec در سال ۱۹۶۵ ساخته شد. اگرچه تلاش‌ها برای ایجاد و بررسی امکان‌پذیری فنی خطوط و پست‌های انتقال در رنج‌های ۱۵۰۰kV-۱۰۰۰ ادامه داشت، اما پیاده‌سازی این سیستم‌ها در سطوح ولتاژ مطرح شده با توجه به کاهش رشد بار به علت بحران انرژی در سال ۱۹۷۳ توجیه‌پذیر نبود. سیستم انتقال در رنج ولتاژ ۱۲۰۰-۱۰۰۰kV در روسیه (شوروی سابق) و ژاپن ساخته شدند اما خط انتقال روسی بعد از چند سال بهره‌برداری در ولتاژ ۱۱۵۰kV، تحت سطح ولتاژ بهره‌برداری ۵۰۰kV مورد بهره‌برداری قرار گرفت این در حالی بود که خط انتقال ۱۰۰۰kV ژاپن از زمان بهره‌برداری تحت ولتاژ ۵۰۰kV بهره‌برداری می‌شد. لذا، بالاترین ولتاژ بهره‌برداری برای خطوط انتقال در کشورهای مختلف را در چندین سال اخیر می‌توان در رنج ۷۰۰-۸۰۰kV در نظر گرفت.

توسعه دهندگان اصلی سیستم‌های با ولتاژ بالاتر از ۵۰۰kV در سال‌های اخیر کشورهای وسیع و نیازمند انتقال انرژی با توان بالایی چون کانادا، هند، آمریکا، استرالیا، برزیل، چین، روسیه شبکه‌های با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰kV زیادی احداث کرده اند، که بیشتر این تلاش‌ها در ولتاژهای ۷۰۰-۸۰۰kV متناوب و ۸۰۰kV مستقیم بوده است.

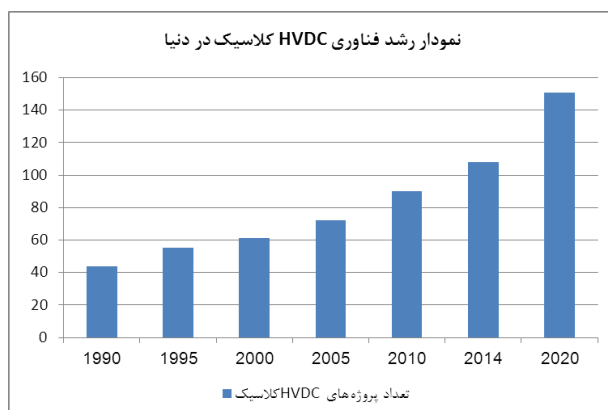
همانطور که از روند رشد سطح ولتاژ و انتقال انرژی قابل استنباط است شرکت‌های بزرگی چون AEP, ALSTOM, ABB, HYDRO-QUEBEC هنوز به تحقیقات خود پیرامون استفاده از ولتاژهای بالاتر از ۱۲۰۰kV ادامه می‌دهند و آزمایشگاه‌های وسیعی در کشورهای بزرگ برای بررسی و تحقیق پیرامون انتقال انرژی بصورت متناوب و مستقیم در سطوح ولتاژی بالاتر دارند. اما هنوز به دلیل نبودن توجیه اقتصادی این طرح‌ها در حد تحقیقات ادامه دارند و بعد عملی چندانی پیدا نکرده اند.

### ۲-۳- تحلیل روند سیستم‌های DC

تکنولوژی مدرن HVDC اولین بار در سال ۱۹۳۰ در سوئد و آلمان مورد استفاده قرار گرفته است. نمونه تجاری این فناوری اولین بار در سال ۱۹۵۱ در شوروی سابق و پس از آن در سال ۱۹۵۴ در سوئد با سطح ولتاژ ۱۰۰ کیلوولت و توان ۲۰ مگاوات به کار گرفته شده است. از آن زمان تاکنون پروژه‌های HVDC در نقاط مختلف دنیا اجرا شده است. در این مسیر دستیابی به سطح ولتاژهای بالاتر تا ۸۰۰ کیلوولت و ظرفیت توان بالا تا حد ۶۴۰۰ مگاوات در مسافت‌های طولانی تا بیش از ۲۰۰۰ کیلومتر امکان پذیر شده است. در این بخش مروری بر نمودارهای آماری از پروژه‌های HVDC کلاسیک که در دنیا اجرا شده است ارائه می‌گردد. این آمار برگرفته از خروجی‌های ارائه شده توسط کمیته انتقال و توزیع IEEE<sup>۱</sup> می‌باشد. در نمودار شکل (۳-۱) تعداد پروژه‌های اجرا شده تا سال ۲۰۱۴ و همچنین پروژه‌های برنامه‌ریزی شده تا افق سال ۲۰۲۰ میلادی در کل دنیا نشان داده شده است.

<sup>۱</sup> -HVDC PROJECTS LISTING Prepared for the HVDC and Flexible AC Transmission Subcommittee of the IEEE Transmission and Distribution Committee



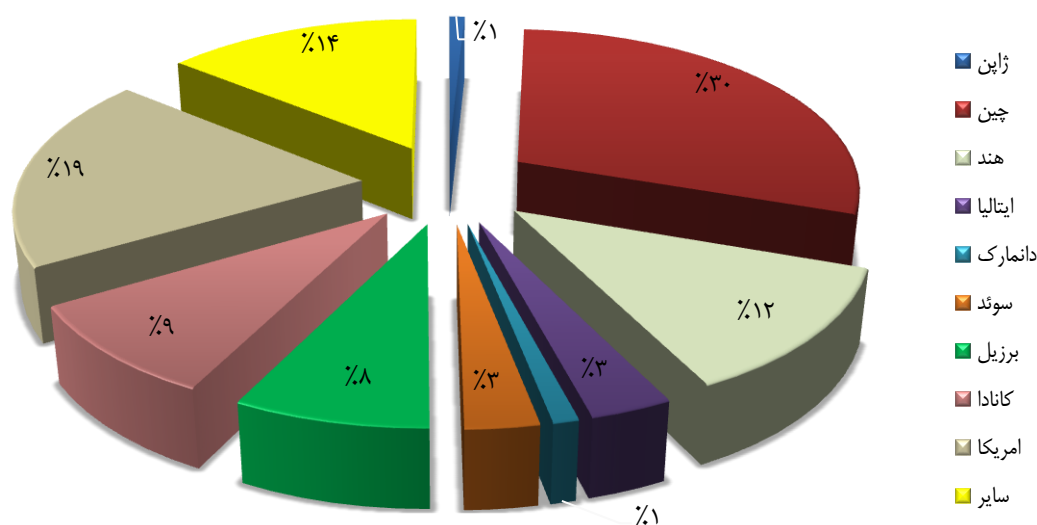


شکل (۳-۱): تعداد پروژه‌های اجرا شده تا سال ۲۰۱۴ و برنامه‌ریزی شده تا میلادی ۲۰۲۰

رشد فناوری HVDC کلاسیک و افزایش سطح ولتاژ انتقال توان در فواصل طولانی‌تر را امکان‌پذیر نموده است. خطوط HVDC فعلی به طور میانگین بیش از ۶۰۰ کیلومتر طول دارند که تا سال ۲۰۲۰ به نزدیکی ۱۰۰۰ کیلومتر خواهد رسید. این ارقام نشان می‌دهد پروژه‌های آتی HVDC کلاسیک عمدتاً ظرفیت‌های بالا، سطح ولتاژ بالا و مسافت‌های بسیار طولانی را پوشش می‌دهند.

نمودارهای تفکیک شده کشوری از پروژه‌های HVDC نشان می‌دهد چه کشورهایی از این فناوری به میزان بالاتری بهره‌مند هستند. در شکل (۳-۲) نموداری بر اساس مجموع خطوط انتقال توان رسم شده است.

کشور چین در نمودار سهم بزرگی را به خود اختصاص داده است. با توجه به گستردگی زمین و پهناور بودن چین و همچنین توزیع ویژه منابع تولید و مراکز مصرف، سرمایه‌گذاری بزرگی در فناوری HVDC در این کشور انجام شده است. این توجه ویژه به رشد فناوری HVDC را می‌توان با بررسی زمانی رشد پروژه‌ها از منظر تعداد و ظرفیت آنها مورد توجه قرار داد. کشور هند نیز بخش نسبتاً بزرگی از پروژه‌های HVDC کلاسیک را به خود اختصاص داده است. شبه قاره پهناور هند شامل پنج ناحیه است و توان مبادلاتی بین آنها حدود ۲۲۴۰۰ مگاوات می‌باشد.



شکل (۳-۲): سهم کشورها از فناوری HVDC کلاسیک بر اساس مجموع طول خطوط انتقال

منابع زغال سنگ و نیروگاه‌های حرارتی به طور عمده در نواحی مرکزی هند واقع شده و منابع آبی تولید برق بیشتر در شمال شرقی و منطقه هیمالیای شمالی قرار دارند. به طور کلی منابع انرژی در سمت شرق این کشور و مراکز مصرف در نواحی شمال غربی واقع شده‌اند. پروژه‌های HVDC این کشور برای انتقال توان نیروگاه‌های حرارتی و آبی و همچنین اتصال آسنکرون بخشی از شبکه قدرت از این فناوری بهره برده است. پروژه‌های آبی هند برای ارتباط آن با کشورهای همسایه و راه‌اندازی خط انتقال طولانی به صورت سیستم چندترمیناله در نظر گرفته شده است. شبکه HVDC نقش اساسی در ایجاد ابر شبکه اروپا بر عهده خواهد داشت و متشکل از پروژه‌های متعددی از جمله موارد زیر است:

↔ اتصال فرانسه-اسپانیا VSC-HVDC, 2x1000 MW

↔ اتصال سوئد-نروژ MT-VSC-HVDC, 2x600 MW

↔ اتصال ایتالیا-فرانسه VSC-HVDC, 2x600 MW

↔ اتصال فنلاند-سوئد CSC-HVDC, 800 MW

↔ اتصال انگلیس-اسکاتلند CSC-HVDC, 1800 MW

↔ اتصال ولز-اسکاتلند CSC-HVDC, 2000 MW

↔ اتصال بلژیک-آلمان VSC-HVDC, 2x500 MW

↔ شبکه HVDC فراساحل انگلیس-نروژ-آلمان-دانمارک-ایرلند-بلژیک و هلند

- در ارزیابی کلی وضعیت HVDC در اروپا، نقش HVDC در ساختار انرژی ۲۰۵۰ اتحادیه اروپا در موارد زیر آمده است این دیدگاه در هدف گذاری بلند مدت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالای HVDC باید مدنظر قرار گیرد:
- ↔ فراهم ساختن امکان تجارت بزرگ انرژی منابع تجدیدپذیر به کمک خطوط طولی HVDC
  - ↔ سدی مستحکم برای حفاظت شبکه از گسترش اغتشاشات
  - ↔ سازگاری زیست محیطی بهتر نسبت به HVAC
  - ↔ ایجاد بزرگراه انرژی اروپا بر مبنای طراحی مدولار و تدریجی

## نتیجه‌گیری

با توجه به گستردگی و بین‌رشته‌ای بودن علوم، دستیابی به فناوری‌های نوین کاری بس دشوار است. از این رو محققین با بهره‌گیری از هوشمندی فناوری به دنبال تسهیل در این امر می‌باشند. در گزارش دومین مرحله از پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با عنوان هوشمندی فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا، در دو بخش شناسایی حوزه‌های فناورانه و آینده‌پژوهی فناوری ارائه گردید.

در بخش اول حوزه خط، حوزه پست و حوزه مطالعات سیستم به عنوان حوزه‌های فناورانه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا شناسایی شد. پس از ارائه درخت فناوری در این زمینه که با هدایت سیاست‌گذاری در رابطه با فناوری مورد نظر به تعیین اولویت‌ها و جهت‌دهی کلان حرکت فناوری کمک می‌نماید، سه حوزه خط، پست و مطالعات سیستم به تفکیک مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. در دو حوزه خط و پست، ابتدا تجهیزات اصلی این دو حوزه ارائه گردید. قسمت‌های مختلف دانش فنی طراحی حوزه‌های خط و پست در ادامه این قسمت توضیح داده شد. پس از تهیه لیستی از تجهیزات جانبی که عمدتاً در احداث این دو حوزه مورد استفاده قرار می‌گیرد، در ارتباط با نحوه تعمیر و نگهداری حوزه‌های مختلف بحث شده است. در حوزه مطالعات سیستمی، استراتژی کلی کشور در زمینه تبادلات داخل کشور در مسیرهای مختلف، گسترش تبادل با کشورهای همسایه از طریق زمین یا دریا و ... مورد توجه و بررسی قرار گرفته و نیازهای گسترش شبکه‌های AC یا DC در هر منطقه تعیین می‌گردد. در این گزارش دو دسته مطالعات شامل مطالعات فنی و مطالعات اقتصادی به منظور انتخاب استراتژی بهینه مورد بررسی اجمالی قرار گرفت.

در بخش دوم تحلیل روند در ارتباط با فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس مطالعات انجام شده در این بخش می‌توان نتیجه گرفت ولتاژهای انتقال از رنج ابتدایی ۴۰-۳۰ kV، در سال ۱۹۲۰ به ۱۵۰ kV-۱۳۲، به ۲۲۰ kV در سال ۱۹۲۳ و به ۲۸۷ kV در سال ۱۹۳۴ افزایش یافت که همگی در کشور آمریکا توسعه یافتند. قدم مهم بعدی که در تاریخچه شبکه انتقال اتفاق افتاد در کشور سوئد بود که تقریباً ۲۰ سال بعد خط انتقال ۴۰۰-۳۸۰ kV در سال ۱۹۵۴ در این کشور معرفی شد. رشد و توسعه ولتاژ خطوط انتقال با معرفی ولتاژهای انتقال ۵۰۰ kV در اوایل دهه ۶۰ میلادی قرن ۲۰ و ۷۰۰-۸۰۰ kV در اواسط دهه ۶۰ ادامه پیدا کرد. اما اولین خط AC EHV، با ولتاژ ۷۳۵ kV توسط Quebec-Hydro در سال ۱۹۶۵ ساخته شد. اگرچه تلاش‌ها برای ایجاد و بررسی امکان‌پذیری فنی خطوط و پست‌های انتقال در رنج های ۱۵۰۰-۱۰۰۰ kV ادامه داشت، اما پیاده‌سازی این سیستم‌ها در سطوح ولتاژ مطرح شده با توجه به کاهش رشد بار به علت

بحران انرژی در سال ۱۹۷۳ توجیه‌پذیر نبود. سیستم انتقال در رنج ولتاژ  $1200-1000$  kV در روسیه (شوروی سابق) و ژاپن ساخته شدند. پس از تجربیات کشورهای هند، کره جنوبی، آمریکا، برزیل، ایتالیا و ژاپن در زمینه سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت کشورهای متعددی از جمله برزیل، کانادا، ایتالیا، ژاپن، آمریکا و شوروی سابق در دهه ۷۰ قرن بیستم میلادی در ارتباط با سیستم‌های انتقال با سطح ولتاژ بالاتر از ۱۰۰۰ کیلوولت مورد بررسی قرار گرفت.

## مراجع

- [1]. EPRI AC Transmission Line Reference Book: 200 kV and above, third Edition, chapter 15, 2005.
- [2]. T. gunen, 'Electrical power transmission system engineering', John Wiley, 1988, pp. 538-566.
- [۳]. مرکز مطالعات و برنامه ریزی شبکه‌های قدرت، "پروژه بازنگری در سطح ولتاژ انتقال کشور: گزارش شماره ۱" و ۱۳۸۵.
- [۴]. کامران فیضی، سید کمال طبائیان و حسین خسرو پور، "نقش رویکرد نوآوری باز بر کسب هوشمندی فناوری"، رشد فناوری فصلنامه تخصصی پارک‌ها و مراکز رشد، شماره ۳۵، تابستان ۱۳۹۲.
- [5]. J.C. Molburg, J.A. Kavicky, and K.C. Picel "The design, construction, and operation of long-distance high-voltage electricity transmission technologies", Argonne National Laboratory, pp.1 17, Nov. 2007.
- [6]. [available] online: <http://www.siemens.com/high voltage products/>
- [۷]. مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شبکه‌های قدرت، "پروژه بازنگری در سطح ولتاژ انتقال کشور: گزارش شماره ۲" و ۱۳۸۵.
- [۸]. مرکز مطالعات و برنامه ریزی شبکه‌های قدرت، "پروژه بازنگری در سطح ولتاژ انتقال کشور: گزارش شماره ۴" و ۱۳۸۵.
- [9]. [available] online: <http://www.sgb-smit.com/home.html>
- [۱۰]. آئین نامه و استاندارد انتخاب زنجیره مقره یراق آلات خطوط هوایی انتقال انرژی شماره ۵۰ جلد ۲۲۳
- [11]. Transmission line Reference book (EPRI)
- [12]. Transmission line Design Manual (U.S W & P Resource)
- [۱۳]. مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال، هادی های خطوط انتقال نیرو جلد دوم ۱۳۸۷
- [۱۴]. مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌ها، خطوط فوق توزیع و انتقال، یراق‌آلات در پست‌های فشارقوی ۱۳۸۸
- [15]. "High Voltage Direct Current Transmission-Proven Technology for Power Exchange", Siemens, available online at: [www.siemens.com/energy/hvdc](http://www.siemens.com/energy/hvdc)
- [16]. "The Hybrid HVDC Breaker An innovation breakthrough enabling reliable HVDC grids", Magnus Callavik, Anders Blomberg, Jürgen Häfner, Björn Jacobson, ABB Grid Systems, Technical Paper Nov, 2012
- [17]. "High Voltage Direct Current (HVDC) Transmission Systems", Technology Review Paper, Roberto Rudervall J.P. Charpentier Raghuveer Sharma
- [18]. "HVDC Systems and Their Planning" By Siemens Co. ,Publisher: PTD H 1T Rev.4

- [19]. "HVDC TRANSMISSION CABLE SYSTEMS, STATE OF THE ART AND FUTURE TRENDS", Ernesto Zaccone, Prysmian Powerlink Italy
- [20]. "An Introduction to High Voltage Direct Current (HVDC) Underground Cables", Brussels, 10 October 2011, available online at [www.europacable.com](http://www.europacable.com)
- [21]. "An Introduction to High Voltage Direct Current (HVDC) Subsea Cables Systems", Brussels, 16 July 2012, available online at [www.europacable.com](http://www.europacable.com)
- [22]. "Feasibility Study Estimation for Transmission Network Expansions", Australian Energy Market Operator, (AEMO), 2010
- [23]. R. Lings, P. Sarma Maruvada, "Overview of transmission line above 700 kV," Inaugural IEEE PES 2005 Conference and Exposition Africa, Durban, South Africa, pp. 33-43, 2005
- [24]. [available] online: <http://www.hydroquebec.com/learning/transport/grandesdistances.html>
- [25]. [available] online: <http://www.scc.ca/en/news-events/features/features-the-development-of-735-kv-transmission-and-standardization-at-hydro-quebec>
- [26]. [available] online: <http://www.hydroquebec.com/teachers/pdf/doc-electricity-from-the-power-station-to-the-home.pdf>
- [27]. [available] online: [http://web.archive.org/web/20071221211828/http://www.hydroquebec.com/visit/virtual\\_visit/poste\\_radisson.html](http://web.archive.org/web/20071221211828/http://www.hydroquebec.com/visit/virtual_visit/poste_radisson.html).
- [28]. [available] online: <http://aepretirees.com/2012/08/16/aep-installs-north-americas-first-super-sized-800-kv-circuit-breaker-near-piketon-ohio/>.
- [29]. [available] online: [http://www.utilityproducts.com/articles/print/volume-6/issue-11/product-focus/t\\_d/abb-supplies\\_landmark.html](http://www.utilityproducts.com/articles/print/volume-6/issue-11/product-focus/t_d/abb-supplies_landmark.html)
- [30]. [available] online: <http://old.visualrian.com/images/item/140184>
- [31]. [available] online: <http://www.cea.nic.in/reports/powersystems/nep2005/chap5.p-df>
- [32]. H. N. Scherer, C.A. Schwalbe; R.H. Meyer; and J.A. Dibella, "765- kV station design", IEEE Trans. Power Apparatus and Systems , vol. 88, no. 9, pp. 1372 – 1376, 1969
- [33]. H. C. Barnes and T. J. Nagel "AEP 765-kV system: general background relating to its development", IEEE Trans. Power Apparatus and Systems, vol. 88, no. 9, pp. 1313-1319, 1969.
- [34]. [available] online: <http://hydroquebec.com/transenergie/en/reseau-bref.html>
- [35]. The AEP Interstate Project Proposal, "A 765 kV Transmission Line from Virginia to New Jersey", American Electrical Power, 2006.

## فهرست مطالب

- ۱- مقدمه ..... ۱
- ۲- تدوین چشم‌انداز توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۱
- ۲-۱- چهارچوب نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم‌انداز ..... ۲
- ۲-۱-۱- تعریف چشم‌انداز ..... ۲
- ۲-۱-۲- ویژگی‌های یک چشم‌انداز مطلوب ..... ۴
- ۲-۱-۳- ضرورت تدوین چشم‌انداز ..... ۵
- ۲-۱-۴- انواع چشم‌اندازها ..... ۶
- ۲-۱-۵- روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز ..... ۸
- ۲-۱-۵-۱- روش ۵ چرا ..... ۸
- ۲-۱-۵-۲- روش استیوارت ..... ۸
- ۲-۱-۵-۳- روش برت نی‌نوس ..... ۹
- ۲-۱-۵-۴- روش کیگلی ..... ۹
- ۲-۱-۵-۵- روش لاتام ..... ۱۰
- ۲-۲- فرایند (روش منتخب) تدوین چشم‌انداز ..... ۱۱
- ۲-۲-۱- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی ..... ۱۲
- ۲-۲-۲- تعیین نتایج حاصل از بررسی ابعاد چشم‌اندازی توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در کشورهای مختلف (مطالعات تطبیقی) ..... ۱۴
- ۲-۳- تبیین چهارچوب بیانیه و ارائه بیانیه چشم‌انداز سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۱۵
- ۳- تدوین اهداف کلان توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۱۷
- ۳-۱- چهارچوب نظری تدوین اهداف کلان توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۱۷
- ۳-۱-۱- حوزه‌های اهداف تعیین شده ..... ۱۸



- ۱۸-۱-۱-۳- حوزه‌های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن (کاپلان و نورتون، ۱۹۹۶).....
- ۱۹-۱-۱-۳- حوزه‌های اهداف در مدل پیرس و رایینسون (۲۰۰۴).....
- ۱۹-۱-۱-۳- حوزه‌های اهداف بر اساس مدل ترکیبی فیلیپس.....
- ۱۹-۱-۱-۳- حوزه‌های اهداف بر اساس مدل دکتر اعرابی.....
- ۲۰-۱-۱-۳- ویژگی‌های اهداف تعیین شده.....
- ۲۰-۱-۳- دریافت ورودی از نظرات خبرگان همراستا با چشم‌انداز، اصول ارزشی، هوشمندی فناوری.....
- ۲۱-۱-۳- تدوین اولیه اهداف کلان بر اساس اطلاعات ورودی.....
- ۲۲-۱-۳- تدوین و نهایی‌سازی اهداف کلان.....
- ۲۲-۱-۳- دریافت بازخورد.....
- ۲۳-۲-۳- فرایند تدوین اهداف توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا.....
- ۲۳-۱-۲-۳- مراحل تدوین اهداف توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا.....
- ۲۴-۱-۱-۲-۳- نتایج حاصل از بررسی بیانیه چشم‌انداز سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا.....
- ۲۵-۱-۲-۳- نتایج حاصل از مطالعات تطبیقی انجام شده در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا.....
- ۲۶-۱-۲-۳- نتایج حاصل از بررسی گزارش اسناد بالادستی مرتبط با سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا.....
- ۳۰-۱-۲-۳- نتایج حاصل بررسی گزارش توجیه‌پذیری.....
- ۳۱-۳-۳- اهداف کلان تعیین شده در سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا.....
- ۳۱-۴- تدوین راهبردهای سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا.....
- ۳۱-۱-۴- اولویت‌بندی فناوری‌ها بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی.....
- ۳۱-۱-۴- تعیین شاخص‌های جذابیت و توانمندی.....
- ۳۲-۱-۴- ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌های سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا.....
- ۳۶-۱-۴- تحلیل نتایج.....
- ۴۰-۱-۳-۱-۴- ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا.....

- ۴-۱-۳-۲- ناحیه بندی ماتریس جذابیت-توانمندی..... ۴۲
- ۴-۱-۳-۳- تحلیل ابرهای فناوری در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا..... ۴۵
- ۴-۲- روش اکتساب فناوری‌های سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا..... ۵۱
- ۴-۳- راهبردهای تعیین شده برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا..... ۵۵
- پیوست ۱- پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی (تجهیزات)..... ۵۸
- پیوست ۲- پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی (دانش فنی طراحی)..... ۶۴
- پیوست ۳- واژه نامه..... ۶۹

### فهرست اشکال

- شکل (۱-۲): بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز ..... ۷
- شکل (۲-۲): گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب ..... ۱۰
- شکل (۳-۲): مدل اجرایی خلق چشم‌انداز ..... ۱۱
- شکل (۴-۲): نحوه استخراج زمینه‌های نهایی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز ..... ۱۵
- شکل (۱-۳): ویژگی‌های اهداف کلان ..... ۲۲
- شکل (۲-۳): نحوه تعیین اهداف کلان در سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۲۴
- شکل (۳-۳): نحوه استخراج اهداف سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۳۳
- شکل (۱-۴): ماتریس جذابیت- توانمندی تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۴۰
- شکل (۲-۴): ماتریس جذابیت- توانمندی طراحی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۴۱
- شکل (۳-۴): ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت- توانمندی تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۴۳
- شکل (۴-۴): ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت- توانمندی طراحی اجزای سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۴۴
- شکل (۵-۴): نمودار ابرهای فناوری و دسته‌بندی آن‌ها در بخش تجهیزات ..... ۴۵
- شکل (۶-۴): نمودار ابرهای فناوری و دسته‌بندی آن‌ها در بخش طراحی ..... ۴۶
- شکل (۷-۴): الگوریتم تعیین روش اکتساب فناوری ..... ۵۲
- شکل (۸-۴): فرایند تدوین راهبردهای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۵۶

## فهرست جداول

- جدول (۱-۲): عناوین اسناد بالادستی مورد بررسی برای تدوین چشم‌انداز ..... ۱۳
- جدول (۲-۲): زمینه‌های مرتبط قابل استخراج از اسناد بالادستی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز ..... ۱۳
- جدول (۳-۲): نتایج حاصل از مطالعات تطبیقی ..... ۱۴
- جدول (۴-۲): تعریف عبارات کلیدی چشم‌انداز ..... ۱۶
- جدول (۱-۳): عناوین اسناد بالادستی بررسی شده برای تدوین اهداف کلان ..... ۲۷
- جدول (۱-۴): فهرست شرکت‌های دریافت‌کننده پرسشنامه ..... ۳۴
- جدول (۲-۴): جمع‌بندی نتایج جذابیت و توانمندی در بخش تجهیزات ..... ۳۴
- جدول (۳-۴): جمع‌بندی نتایج جذابیت و توانمندی در بخش طراحی ..... ۳۶
- جدول (۴-۴): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت مربوط به تجهیزات ..... ۳۷
- جدول (۵-۴): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت مربوط به طراحی ..... ۳۷
- جدول (۶-۴): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی مربوط به تجهیزات ..... ۳۸
- جدول (۷-۴): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی مربوط به طراحی ..... ۳۹
- جدول (۸-۴): دسته‌بندی بر اساس ابرهای فناوری در بخش تجهیزات ..... ۴۷
- جدول (۹-۴): دسته‌بندی بر اساس ابرهای فناوری در بخش طراحی ..... ۴۸
- جدول (۱۰-۴): استراتژی‌های کلان ناحیه بندی ماتریس ..... ۴۹
- جدول (۱۱-۴): روش پیشنهادی اکتساب در بخش تجهیزات ..... ۵۳
- جدول (۱۲-۴): روش اکتساب پیشنهادی در بخش طراحی ..... ۵۴

## ۱- مقدمه

در این گزارش به تدوین ارکان جهت ساز در سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا شامل چشم‌انداز، اهداف و راهبردها پرداخته می‌شود. چشم‌انداز تصویر مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا را ترسیم می‌کند. اهداف مسیر نیل به چشم‌انداز تعیین شده را مشخص می‌کنند و در نهایت راهبردها روش تحقق اهداف توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا را نشان می‌دهند.

در بخش اول این گزارش، مبانی نظری مربوط به چشم‌انداز، فرایند تدوین چشم‌انداز و در نهایت چشم‌انداز سند توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ارائه می‌شود. سپس چارچوب نظری و فرایند تدوین اهداف و اهداف تعیین شده برای دستیابی به چشم‌انداز مورد بحث قرار می‌گیرد. در بخش آخر این گزارش فرایند اولویت‌بندی فناوری‌ها، تعیین روش‌های اکتساب و همچنین راهبردهای در نظر گرفته شده برای تحقق اهداف و چشم‌انداز سند مشخص می‌شود.

### تدوین چشم‌انداز توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

به طور کلی چشم‌انداز<sup>۱</sup> بیانگر افق و جایگاه مطلوب، آرمانی و رقابتی برای سازمان، صنعت یا تکنولوژی است. چشم‌انداز همواره امیدها و اهداف آرمانی سازمان 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 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.

<sup>۱</sup> - Vision

**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:** آن رویداد آتی که بیشترین مطلوبیت و ارجحیت را دارد.

هدف از نگارش این گزارش، تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز توسعه فناوری سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا 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 می‌باشد 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.

## ۱-۱- 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 و آن رسیدن به چشم‌انداز تعیین شده می‌باشد. 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.

### ۱-۱-۱- 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 ذیل ارائه می‌شود:

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، جالب‌توجه‌تر 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 داوری‌های 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 ذی‌نفعانش 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.

## ۱-۱-۲- 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 عبارتند 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) بوده و با توجه به استراتژی‌های تعیین شده تبیین گردد.
- ۳- جامع، تحول‌گرا، آینده‌نگر و پویا
- ۴- دارای افق زمانی معین
- ۵- بلندپروازانه و در عین حال منحصر به فرد
- 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 توجه 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:

۱- ایجادکننده رضایت شغلی، تعهد، علاقه و غرور در کارکنان و انرژی‌دهنده به آن‌ها و در حوزه سازمانی اثرگذار و معنی

بخش به جوانب مختلف زندگی

۲- مشوق یادگیری



۳- مشخص کننده مخاطب

۴- مشخص کننده استاندارد برتر

۵- کوتاه و دقیق

۶- مرتبط با تمام ذینفعان مرتبط

### ۱-۱-۳- 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. همان طور 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:

↪ آیا اختلال و سردرگمی نسبت به اهداف وجود دارد؟

↪ آیا افراد از کافی بودن چالش در کار خود شکایت دارند؟

↪ آیا در حال از دست دادن بازار، شهرت یا اعتبار هستیم؟

↪ آیا رقبای جدیدی در حال ظهور هستند که قرار است خدمات بهتری ارائه دهند؟

↪ آیا به نظر می‌رسد حرکت جامعه با روندهای تغییر محیطی هماهنگ نیست؟

↪ آیا احساس غرور و افتخار در جامعه ما کاهش یافته است؟

↪ آیا کسانی هستند که صرفاً برای پول کار می‌کنند و هیچ تعهدی نسبت به جامعه نداشته باشند؟

↪ 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؟)

↪ 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. علائم نیاز به چشم‌انداز عبارتند از:

- ↪ وجود شواهدی مبنی بر اختلال و عدم شفافیت نسبت به هدف
- ↪ عدم شفافیت آینده
- ↪ ظهور رقبای جدید
- ↪ عدم انطباق روند توسعه با روندهای کلان ملی و بین المللی
- ↪ ناهماهنگی بین ذینفعان
- ↪ تنوع و تعدد ذینفعان مرتبط با مسئله توسعه
- ↪ پیچیدگی‌های روند و ماهیت توسعه
- ↪ ضعف در منابع کلان مورد نیاز
- ↪ عدم تخصیص صحیح اولویت‌ها
- ↪ ضعف یا فقدان نهادهای تخصصی مرتبط با موضوع

لازم به یادآوری است که بروز این علائم احتمالاً دارای یکی از معانی زیر خواهد بود:

- ↪ بخش و یا کلیت مفهوم چشم‌انداز فعلی به خوبی منتقل نشده است.
- ↪ بخش و یا کلیت مفهوم چشم‌انداز فعلی به خوبی درک نشده است.
- ↪ بخش و یا کل چشم‌انداز فعلی برای افراد ترغیب‌کننده و الهام‌بخش نیست.

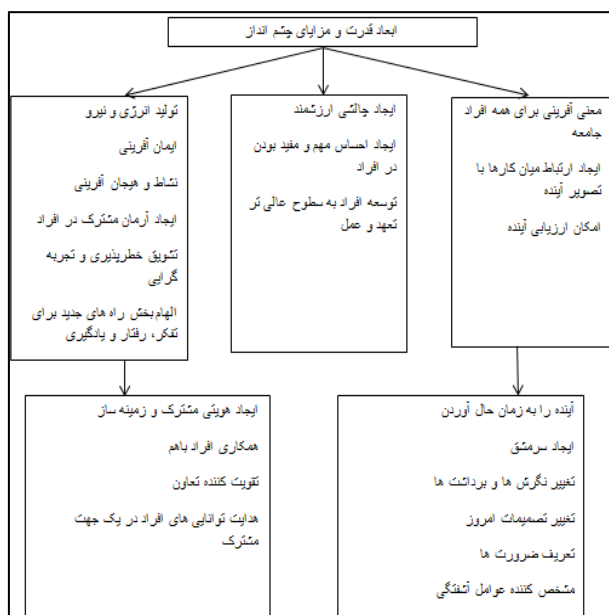
لذا باید جهت‌دهی جدید و نوینی تعریف و تنظیم گردد و از این رو برخورداری از یک چشم‌انداز مؤثر، جامع و کارآمد حائز اهمیت خواهد شد.

## ۱-۱-۱- 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 نمودار شکل (۱-۲) ارائه شده است.



شکل (۲-۱): بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم انداز

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

### چشم انداز کمی

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

### چشم انداز کیفی

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

### چشم انداز رتبه‌ای

در چشم انداز 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 چشم انداز خود اعلام نماید که قصد دارد در بین رقبای جایگاه سوم را دارا باشد.

## چشم‌انداز مقایسه‌ای

در چشم‌انداز مقایسه‌ای، جایگاه آینده در مقایسه با رقبای اصلی ترسیم می‌شود 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 روی چشم‌انداز 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.

### ۱-۱-۲- روش‌های تبیین بیانیه چشم‌انداز

فرایند 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 نیست 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 در ادامه ارائه شده است.

#### ۱-۱-۲-۱- 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.

#### ۱-۱-۲-۲- روش استوارت

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

۱- جایگاه جامعه (رهبر، پیشرو، جهانی،...)

۲- کالا و خدمات (نوآور، ارزان، متنوع، باکیفیت،...)

۳- مشتریان و ذی‌نفعان (بازار جهانی، خلق ارزشی به ذینفعان،...)

۴- صنعت

### ۱-۱-۲-۳- روش برت نی نوس

برت نی نوس روش نسبتاً پیچیده ولی جامع‌تری را برای تدوین چشم‌انداز معرفی کرده است که این روش شامل مراحل زیر

می‌باشد:

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

### ۱-۱-۲-۴- 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

## ۱-۱-۲-۵- 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 (۲-۲) پردازش و ارائه شود. در شکل (۲-۲) زیر گام‌های پردازش چشم‌انداز به طور خلاصه ذکر شده است:



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

## ۱-۲- فرایند (روش منتخب) تدوین چشم‌انداز

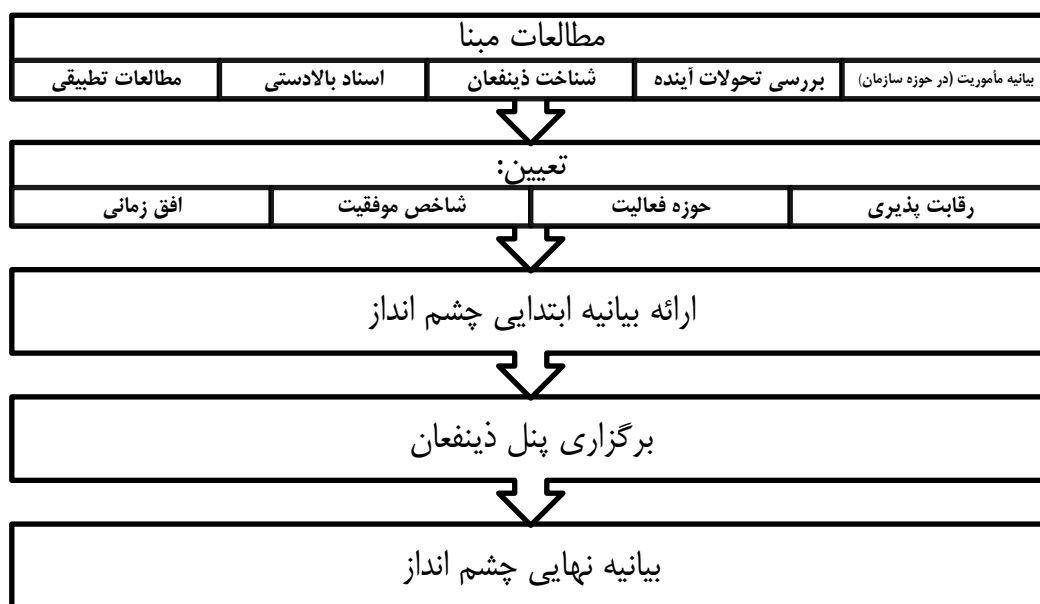
با توجه به مطالب ذکر شده در رابطه با تعریف، ویژگی‌ها و روش‌های چشم‌انداز و جمع‌بندی این مطالب می‌توان به انتخاب یک روش پیشنهادی ترکیبی برای تدوین چشم‌انداز پرداخت. همان‌طور که اشاره شد موارد مختلفی در بسط و تدوین چشم‌انداز دارای اهمیت می‌باشند، که به منظور در نظر گرفتن این موارد در بیانیه چشم‌انداز باید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

➤ رسالت اصلی چیست؟ ما امروز چه هستیم؟ آرزو داریم چه بشویم؟ توانمندی اصلی ما چیست؟

➤ چگونه آرزوی اصلی بیان شده در بیانیه چشم‌انداز را محقق خواهد شد؟ راهبرد رشد داخلی سیستم در هر یک از زیربخش‌های اصلی آن چیست؟

➤ 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 (متدولوژی) منتخب تدوین هر چشم‌انداز پاسخ به سؤالات فوق‌الذکر بوده و پیشنهاد می‌شود برای تدوین چشم‌انداز بر اساس فلوجارت ارائه شده در شکل (۲-۳) عمل شود.



شکل (۲-۳): مدل اجرایی خلق چشم‌انداز

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

در مرحله اول به بررسی مطالعات تطبیقی، مطالعات آینده‌پژوهی، اسناد بالادستی، توقعات ذینفعان، بیانیه مأموریت، تحولات آینده و ... پرداخته شده و با استفاده از این بررسی‌ها یک دید کلی نسبت به فضای سازمان و 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. باید توجه کرد که چشم‌انداز تدوین شده باید به سؤالات اساسی فوق‌الذکر (از جمله رسالت اصلی موسسه چیست؟ ما امروز چه هستیم؟ آرزو داریم چه بشویم؟ توانمندی اصلی ما چیست؟ چگونه آرزوی اصلی بیان شده در بیانیه رسالت را محقق خواهیم کرد؟ راهبرد رشد داخلی ما در هر یک از زیر بخش‌های اصلی چیست؟ بخش یا کسب و کاری که از بقیه مهم‌تر و سودآفرین‌تر است کدام است؟ ... ) پاسخ دهد. در مرحله چهارم که در شکل (۲-۳) 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 مقامات اصلی سازمان 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 کلیت اجمالی بیان شده از روش منتخب تدوین چشم‌انداز در ادامه مطابق با گام‌های بیان شده به بررسی اسناد بالادستی و مطالعات تطبیقی پرداخته می‌شود.

## ۱-۲-۱- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی

یکی از مهم‌ترین مراحل در تدوین سند راهبردی تبیین چشم‌انداز است. به منظور تدوین چشم‌انداز به بررسی اسناد مختلف پرداخته می‌شود. یکی از منابع اصلی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز اسناد بالادستی مرتبط با حوزه مدنظر می‌باشند. در بررسی اسناد بالادستی علاوه بر اسناد راهنما و کلان کشور نظیر سند چشم‌انداز، به بررسی سیاست‌ها و قوانین مرتبط با حوزه



انرژی و صنعت برق پرداخته شد که فهرست این اسناد در جدول (۲-۱) ارائه شده است. بنابراین با بررسی مواد یا بندهای مرتبط با این موضوعات می توان زمینه‌های مرتبط را به دست آورد. این زمینه‌های مرتبط در در جدول (۲-۲) ارائه شده است.

جدول (۲-۱): عناوین اسناد بالادستی مورد بررسی برای تدوین چشم‌انداز

ردیف	قانون	مرجع صادرکننده	تاریخ تصویب
۱	چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴	مقام معظم رهبری	۱۳۸۲
۲	سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف	مقام معظم رهبری	۱۳۸۹
۳	برنامه وزارت نیرو برای تحقق سیاست‌های اقتصاد مقاومتی	وزارت نیرو	۱۳۹۲
۴	نقشه جامع علمی کشور	شورای عالی انقلاب فرهنگی	۱۳۸۹
۵	سند راهبردی وزارت نیرو	وزارت نیرو	۱۳۹۰
۶	قانون هدفمندی یارانه ها	مجلس شورای اسلامی	۱۳۸۸
۷	سند اولویت های تحقیقاتی و فناوری	شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری	۱۳۹۰

نتایج بررسی اسناد بالادستی فوق در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۲-۲): زمینه‌های مرتبط قابل استخراج از اسناد بالادستی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز

ردیف	سند	زمینه‌های مرتبط قابل استخراج
۱	سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴	دستیابی به دانش بومی طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا توجه به ملاحظات زیست محیطی در طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۲	سیاست‌های اصلاح الگوی مصرف	کاهش تلفات شبکه انتقال از طریق طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۳	برنامه وزارت نیرو برای تحقق سیاست‌های اقتصاد مقاومتی	کاهش تلفات در شبکه انتقال از طریق طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۴	نقشه جامع علمی کشور	دستیابی به توسعه علوم و فناوری‌های نوین و نافع، متناسب با اولویت‌ها و نیازها و مزیت‌های نسبی کشور؛ و انتشار و به کارگیری آن‌ها در نهادهای مختلف آموزشی و صنعتی و خدماتی
۵	سند راهبردی وزارت نیرو	توسعه ظرفیت‌های تولید، انتقال و توزیع برق متناسب با نیازهای مصرف مدیریت شده و نوسازی و بهینه‌سازی آن‌ها

ردیف	سند	زمینه‌های مرتبط قابل استخراج
		کاهش تلفات در شبکه‌های برق در جهت نیل به سطح بهینه
		کاهش تلفات شبکه انتقال از طریق طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
		سازگاری زیست‌محیطی و ارتقاء ایمنی در فعالیت‌های صنعت برق
		طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال فشار قوی سازگار با محیط زیست
		شناسایی فناوری‌های نوین و انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های دارای مزیت نسبی
		بومی‌سازی دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
ردیف	سند	زمینه‌های مرتبط قابل استخراج
۶	قانون هدفمندی یارانه‌ها	تلفات شبکه انتقال و توزیع تا پایان برنامه پنج ساله پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران به ۱۴٪ کاهش یابد.
۷	سند اولویت‌های تحقیقاتی و فناوری	توسعه فناوری‌های کاهش تلفات و افزایش پایداری شبکه (با تأکید بر HVDC، پست‌های GIS، ادوات FACTS و ابرسانایی)
		کاهش تلفات و افزایش قابلیت اطمینان از طریق طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

## ۱-۲-۲- تعیین نتایج حاصل از بررسی ابعاد چشم‌اندازی توسعه فناوری سیستم‌های

### انتقال برق با ظرفیت بالا در کشورهای مختلف (مطالعات تطبیقی)

همان طور که در بررسی چهارچوب نظری تبیین بیانیه چشم‌انداز و فرایند منتخب تدوین چشم‌انداز اشاره شد، بررسی ابعاد چشم‌اندازی در سایر کشورها منبع مناسبی است که می‌توان از آن در تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز استفاده کرد. پس از جستجوی منابع موجود، دو مورد از چشم‌اندازهای مرتبط در این حوزه مورد بررسی قرار گرفت که به همراه زمینه‌های قابل استخراج آن‌ها در جدول (۲-۳) نشان داده شده است.

جدول (۲-۳): نتایج حاصل از مطالعات تطبیقی

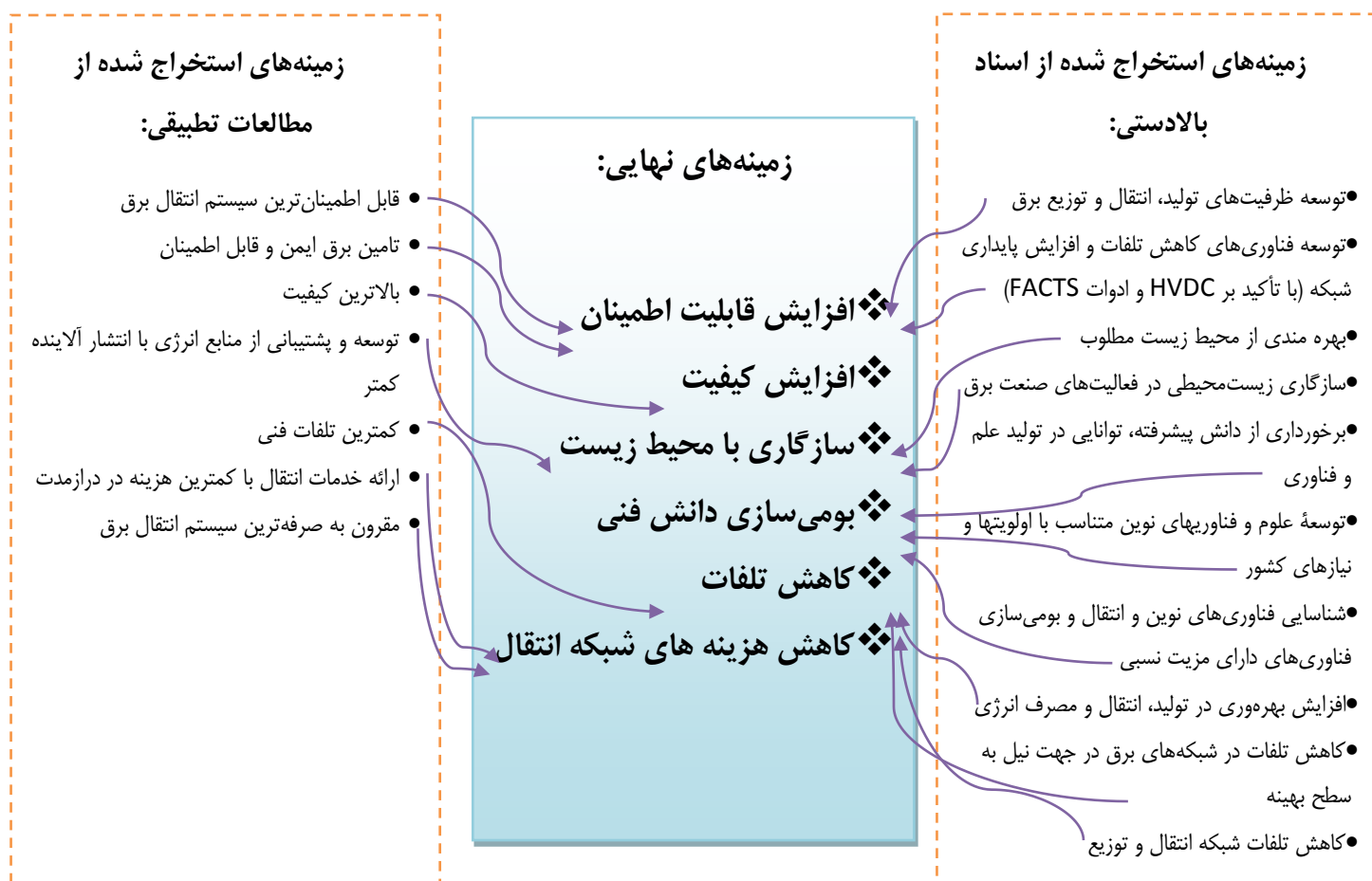
کشور/شرکت	چشم‌انداز	زمینه‌های قابل استخراج
ایالت بنگال هند	قابل اطمینان‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین سیستم انتقال قدرت با بالاترین دسترسی و کیفیت و کمترین تلفات فنی.	افزایش قابلیت اطمینان، کاهش هزینه، افزایش کیفیت و کاهش تلفات
شرکت ElectraNet در کشور استرالیا	شرکت ElectraNet برای ارتقای شبکه‌های انتقال برق جنوب استرالیا تا سال ۲۰۳۵، ۴ هدف را دنبال می‌کند: ۱. تامین برق ایمن و قابل اطمینان	افزایش قابلیت اطمینان، کاهش هزینه، سازگاری با محیط زیست

۲. ارائه خدمات انتقال با کمترین هزینه در درازمدت
۳. حمایت از توسعه اقتصادی جنوب استرالیا
۴. توسعه و پشتیبانی از منابع انرژی با انتشار آلاینده کمتر

## ۱-۳- تبیین چهارچوب بیانیه و ارائه بیانیه چشم‌انداز سند توسعه سیستم‌های

### انتقال برق با ظرفیت بالا

پس از بررسی‌های صورت گرفته بر روی اسناد بالادستی و ابعاد چشم‌اندازی اسناد سایر کشورها ویژگی‌ها و زمینه‌های مهم برای تدوین بیانیه چشم‌انداز مشخص شد. شکل (۲-۴) نحوه استخراج این زمینه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۴): نحوه استخراج زمینه‌های نهایی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز

بر اساس موارد ذکر شده بیانیه زیر به عنوان بیانیه اولیه چشم‌انداز توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در نظر گرفته شد:

«در راستای افزایش قابلیت اطمینان، کیفیت و سازگاری با محیط زیست و کاهش تلفات و هزینه‌های شبکه انتقال کشور؛ صنعت برق ایران در بخش انتقال در افق ۱۴۰۴، ضمن تسلط به دانش فنی طراحی شبکه انتقال با ظرفیت بالا و به‌کارگیری آن در سطح صنعت، توانمندی ساخت نمونه عملیاتی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با رعایت کلیه استانداردهای فنی را خواهد داشت.»

سپس بیانیه اولیه چشم‌انداز جهت بررسی و اظهارنظر در اختیار اعضای کمیته راهبری قرار گرفت. پس از بررسی اعضای کمیته راهبری بیانیه اولیه مورد تأیید قرار گرفت و مقرر شد تا بر اساس نظر جناب آقای دکتر قره‌پتیان عبارت «امکان اتصال مطمئن به شبکه‌های همجوار» نیز به متن بیانیه اولیه اضافه شود. با اضافه کردن این عبارت بیانیه نهایی چشم‌انداز توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به صورت زیر در نظر گرفته شد:

در راستای افزایش قابلیت اطمینان، کیفیت و سازگاری با محیط زیست و کاهش تلفات و هزینه‌های شبکه انتقال کشور و امکان اتصال مطمئن به شبکه کشورهای همجوار؛ صنعت برق ایران در بخش انتقال در افق ۱۴۰۴، ضمن تسلط به دانش فنی طراحی شبکه انتقال با ظرفیت بالا و به‌کارگیری آن در سطح صنعت، توانمندی ساخت نمونه عملیاتی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با رعایت کلیه استانداردهای فنی را خواهد داشت

به منظور تبیین هرچه بیشتر عبارات کلیدی مورد استفاده در چشم‌انداز توضیحات مربوط به هر یک از آن‌ها در جدول (۲-۴) ارائه شده است.

جدول (۲-۴): تعریف عبارات کلیدی چشم‌انداز

عبارت	توضیحات
قابلیت اطمینان	بیانگر سطح احتمال تأمین بار مشترکین در چارچوب استانداردهای مرتبط و به میزان مورد تقاضا است. این سطح با استفاده از شاخص‌هایی نظیر تعداد دفعات، مدت و دامنه آثار نامطلوب در تأمین نیاز مصرف‌کنندگان بیان می‌شود.
کیفیت	بیان‌کننده وضعیت پارامترهای انرژی الکتریکی منتقل شده نظیر ولتاژ، جریان، ضریب توان و فرکانس می‌باشد.
سازگاری با محیط زیست	نشان‌دهنده میزان تأثیرگذاری توسعه سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا بر محیط‌زیست از نظر

انتشار آلاینده‌ها، تخریب محیط زیست و ایمنی موجودات زنده در حریم خطوط فشارقوی است.	
منظور از تلفات، تلفات شبکه انتقال است که با کاهش آن تلفات کل شبکه برق نیز کاهش می‌یابد.	تلفات
بیانگر هزینه‌های ساخت، بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات در شبکه انتقال است.	هزینه‌های شبکه انتقال

### تدوین اهداف کلان توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

در ادامه روند تدوین اهداف ارائه شده و بر اساس روند تشریح شده، اهداف کلان در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا 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 که 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.

## ۱-۴- چارچوب نظری تدوین اهداف کلان توسعه سیستم‌های انتقال برق با

### ظرفیت بالا

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 است با عنوان "به منظور رسیدن به چشم‌انداز در افق زمانی تعیین شده، به چه مقاصدی باید دست یافت؟". با تعیین این اهداف در مسیر دستیابی به چشم‌انداز، کنش‌گران دخیل در نظام توسعه فناوری، اهدافی بلندمدتی را دنبال می‌کنند و در نتیجه، برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و فعالیت‌های خود را براساس آن به صورت دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر انجام دهند.

در روش‌شناسی پیشنهادی، تدوین اهداف با دو رویکرد بالا-به-پایین و پایین-به-بالا صورت می‌پذیرد. رویکرد بالا-به-پایین رویکردی هدف محور است که به دنبال ترسیم یک آینده مطلوب برای توسعه صنعت است. در طرف مقابل، رویکرد پایین-به-بالا نگاهی مسئله‌محور<sup>۱</sup> 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 مسایل و مشکلات موجود در مسیر توسعه صنعت نیز مورد هدف تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند. در این بخش، فرایند تدوین اهداف کلان با نگاهی بالا-به-پایین صورت می‌گیرد. این اهداف در راستای چشم‌انداز و با تعریف حوزه‌های 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.

### ۱-۴-۱- 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:

#### ۱-۴-۱-۱- حوزه‌های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن (کاپلان و نورتون، ۱۹۹۶)

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

<sup>۱</sup>- Issue-based

#### ۱-۴-۱-۲- حوزه های اهداف در مدل پیرس و رابینسون (۲۰۰۴)

- ۱- توجه به مشتری
- ۲- نوآوری
- ۳- بهره‌وری
- ۴- توجه به بخش مالی
- ۵- منابع انسانی
- ۶- لحاظ کردن محیط خارجی.

#### ۱-۴-۱-۳- حوزه‌های اهداف بر اساس مدل ترکیبی فیلیپس

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

#### ۱-۴-۱-۴- حوزه‌های اهداف بر اساس مدل دکتر اعرابی

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

۵- روابط کارکنان

۶- رهبری فناوریانه

۷- مسئولیت اجتماعی (جلب رضایت، اعتماد و مشارکت خدمت‌گیرندگان)

### ۱-۴-۱-۵- ویژگی‌های اهداف تعیین شده

علاوه بر حوزه‌های هدف ذکر شده، ویژگی‌هایی نیز برای اهداف در ادبیات اشاره شده است. این ویژگی‌ها عبارتند از:

۱- قابل کاربرد بودن

۲- قابل اندازه‌گیری بودن

۳- در نظر داشتن محدودیت منابع

۴- قابل دستیابی بودن

۵- مشخص بودن

۶- قابلیت انعطاف داشتن

۷- واقع‌گرایانه بودن

۸- قابل قبول بودن

۹- و محدود به زمان بودن.

با در نظر داشتن مدل‌های هدف‌گذاری بنگاهی و نیز با کسب بینش از مطالعات موردی صورت پذیرفته، می‌توان به معرفی

گام‌های ضروری در تدوین اهداف پرداخت. روش پیشنهادی زیر می‌تواند برای تدوین اهداف کلان مورد استفاده قرار گیرد:

### ۱-۴-۲- 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 مولفه‌های 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.

### ۱-۴-۳- 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 عبارتند از (شکل ۳-۱):

- ۱- مشخص باشد<sup>۱</sup> (به‌طور واضح و عینی بیان‌کننده تغییری باشد که قرار است اتفاق بیافتد)،
- ۲- قابل اندازه‌گیری باشد<sup>۲</sup>،
- ۳- قابل دستیابی باشد<sup>۳</sup>،
- ۴- واقع‌گرایانه باشد<sup>۴</sup>، و
- ۵- محدود به زمان باشد<sup>۵</sup>.

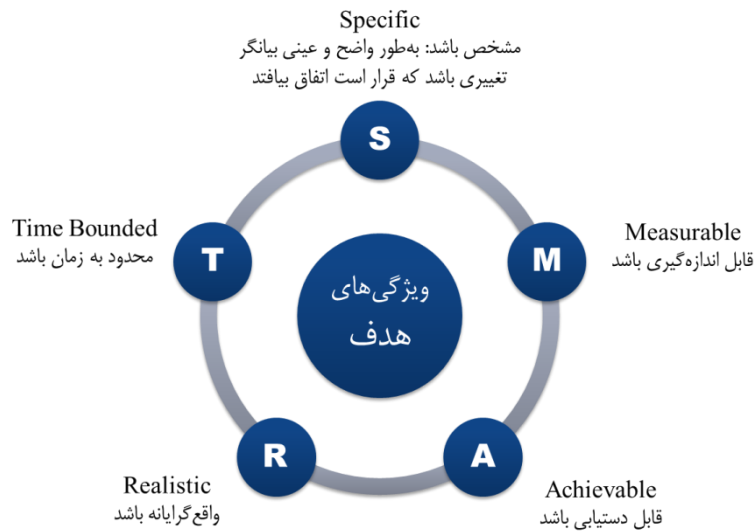
<sup>۱</sup> Specific

<sup>۲</sup> Measurable

<sup>۳</sup> - Achievable

<sup>۴</sup> - Realistic

<sup>۵</sup> - Time Bound



شکل (۳-۱): ویژگی‌های اهداف کلان

### ۱-۴-۴- تدوین 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.

### ۱-۴-۵- دریافت بازخورد

از آنجا که تدوین گام‌های مختلف سند در یک فرایند تعاملی به وقوع می‌پیوندد، اهداف کلان تدوین شده در 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.

## ۱-۵- فرایند تدوین اهداف توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

به منظور تدوین اهداف توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ابتدا 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. اهم این مباحث عبارت بودند از تعریف اهداف، رابطه چشم‌انداز و مأموریت با اهداف، ویژگی‌های اهداف، حوزه‌های اهداف بلندمدت و ... که به صورت مفصل ارائه شد.

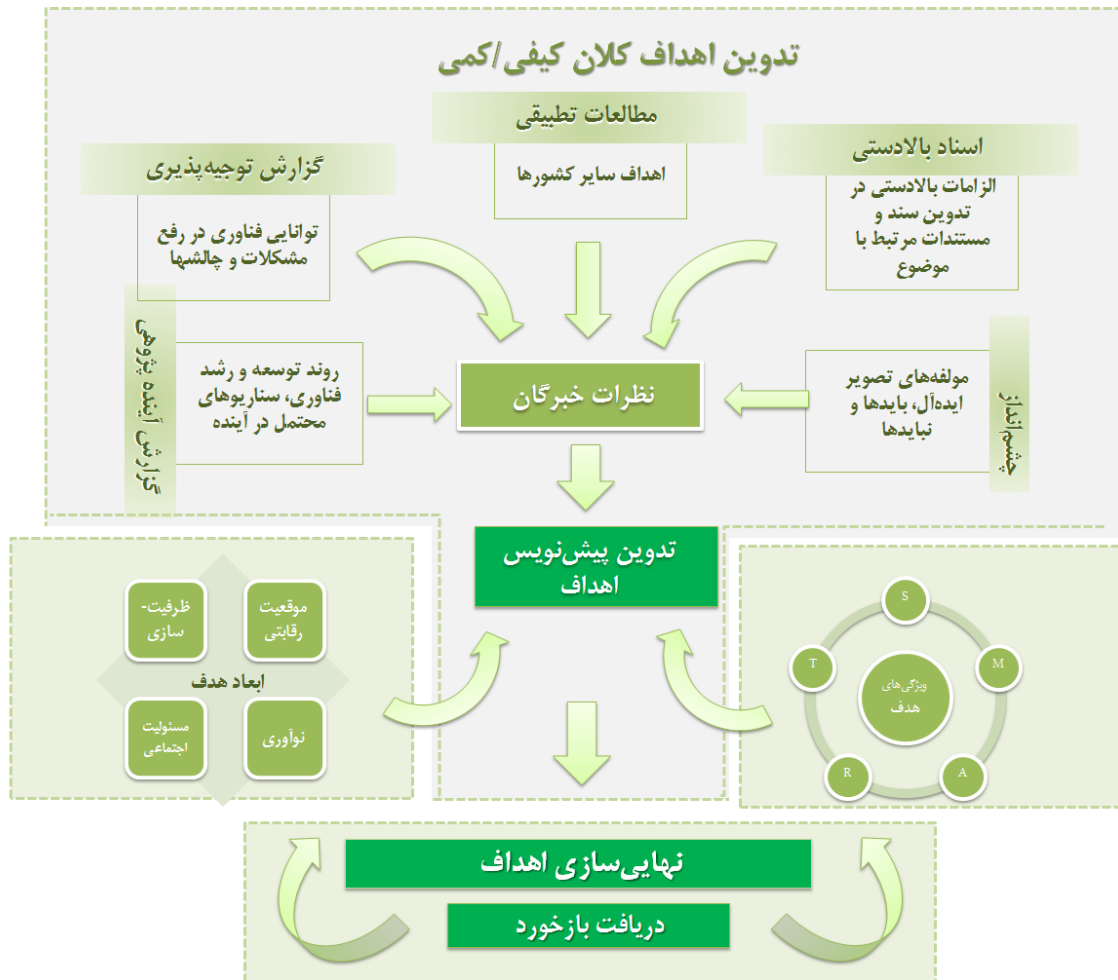
مطابق فرایند ذکر شده در بخش‌های قبل، در این گزارش به منظور تعیین اهداف توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا از منابع مختلفی استفاده شد، که عبارتند از:

- ۱- بیانیه چشم‌انداز سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- ۲- مطالعات تطبیقی انجام شده در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- ۳- گزارش اسناد بالادستی مرتبط با سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- ۴- گزارش توجیه‌پذیری توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

### ۱-۵-۱- مراحل تدوین اهداف توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

مراحل تدوین اهداف کلان برای این سند به طور خلاصه در شکل (۳-۲) نشان داده شده است. همان گونه که در شکل (۳-۲) مشخص است اهداف باید در جهت رسیدن به چشم‌انداز و در مسیر مأموریت و استراتژی کلان صنعت برق 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 مجموعه‌ای از عوامل کلی تشکیل شده‌اند که بازه زمانی آن بلند مدت است، در حالی که اهداف بازه زمانی کوتاه‌تر و نیز ابعاد و سنجه‌های جزئی‌تری نسبت به شاخص‌های چشم‌انداز دارا هستند.

در گام بعدی با اخذ نظرات خبرگان حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا 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.



شکل (۳-۲): نحوه تعیین اهداف کلان در سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

در ادامه اهداف استخراج شده به عنوان نتایج حاصل از بررسی منابع مختلف ارائه شده است.

### ۱-۵-۱-۱ نتایج حاصل از بررسی بیانیه چشم‌انداز سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

در بیانیه چشم‌انداز توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به زمینه‌های افزایش قابلیت اطمینان، افزایش کیفیت،

سازگاری با محیط‌زیست، بومی‌سازی دانش فنی، کاهش تلفات و کاهش هزینه‌های شبکه انتقال اشاره شده است.

بر این اساس می‌توان اهداف زیر را از بیانیه چشم‌انداز استخراج کرد:

۱- افزایش ظرفیت انتقال برق

۲- افزایش امنیت عرضه برق

۳- کمک به کاهش تلفات

۴- کاهش میزان مورد نیاز رزرو

۵- کسب دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات مورد نیاز سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

۶- کاهش هزینه‌های تمام شده انتقال برق

۷- کاهش حریم مورد نیاز برای احداث خطوط

۸- کمک به کاهش زمان و هزینه‌های نگهداری و تعمیرات مربوط به حوزه انتقال

### ۱-۵-۱-۲- نتایج حاصل از مطالعات تطبیقی انجام شده در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

همان‌طور که در ادبیات مربوط به تعیین اهداف اشاره شد، برنامه‌های کلان سایر کشورها در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا منبع مناسبی برای شناسایی اهداف و اولویت‌های موجود می‌باشد که می‌تواند کمک شایانی به انتخاب اهداف کلان کمک کند. در بررسی‌های انجام شده اسناد توسعه سیستم‌های انتقال فشار قوی ایالت بنگال هند و شرکت الکترا نت<sup>۱</sup> استرالیا مورد مطالعه قرار گرفت که اهداف استخراج شده از هر یک از این چشم‌اندازها در ادامه ارائه شده است.

### ۱-۵-۱-۲-۱- اهداف ایالت بنگال هند از توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

در سند چشم‌انداز ایالت بنگال کشور هند برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به اهداف کلان افزایش قابلیت اطمینان، کاهش هزینه، افزایش کیفیت و کاهش تلفات اشاره شده است که می‌توان اهداف زیر را از آن استخراج کرد:

۱- افزایش ظرفیت انتقال برق

۲- کمک به کاهش تلفات

۳- کاهش هزینه‌های تمام شده انتقال برق

۴- کمک به کاهش زمان و هزینه‌های نگهداری و تعمیرات مربوط به حوزه انتقال

<sup>۱</sup> Electra Net

### ۱-۵-۱-۲- اهداف شرکت انتقال الکترانت استرالیا تا سال ۲۰۳۵

شرکت الکترانت استرالیا برای ارتقای شبکه‌های انتقال برق جنوب استرالیا تا سال ۲۰۳۵، ۴ هدف زیر را دنبال می‌کند:

☞ تامین برق ایمن و قابل اطمینان

• اهداف قابل استخراج: (۱) افزایش ظرفیت انتقال برق (۲) افزایش امنیت عرضه برق

☞ ارائه خدمات انتقال با کمترین هزینه در درازمدت

• اهداف قابل استخراج: (۱) کاهش هزینه‌های تمام‌شده انتقال برق (۲) کمک به کاهش هزینه‌های نگهداری و

تعمیرات مربوط به حوزه انتقال

☞ توسعه و پشتیبانی از منابع انرژی با انتشار آلاینده کمتر

• هدف قابل استخراج: کمک به کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی

### ۱-۵-۱-۳- نتایج حاصل از بررسی گزارش اسناد بالادستی مرتبط با سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت

#### بالا

یکی دیگر از ورودی‌های فرایند تدوین اهداف کلان، اسناد بالادستی هستند که به طور مستقیم و غیر مستقیم موضوع

انتقال برق با ظرفیت بالا اشاره کرده اند. تعدادی از این اسناد جزء اسناد بالادستی عمومی هستند و تعدادی دیگر اسناد مربوط

به حوزه برق هستند. فهرست این اسناد در جدول (۱-۳) ارائه شده است. پس از مطالعه این اسناد، اهداف قابل استنتاج آن‌ها

مشخص شده‌اند.

## جدول (۱-۳): عناوین اسناد بالادستی بررسی شده برای تدوین اهداف کلان

ردیف	قانون	مرجع صادرکننده	تاریخ تصویب
۱	چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴	مقام معظم رهبری	۱۳۸۲
۲	سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف	مقام معظم رهبری	۱۳۸۹
۳	سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی	مقام معظم رهبری	۱۳۹۲
۴	برنامه وزارت نیرو برای تحقق سیاست‌های اقتصاد مقاومتی	وزارت نیرو	۱۳۹۲
۵	نقشه جامع علمی کشور	شورای عالی انقلاب فرهنگی	۱۳۸۹
۶	سند راهبردی وزارت نیرو	وزارت نیرو	۱۳۹۰
۷	قانون هدفمندی یارانه‌ها	مجلس شورای اسلامی	۱۳۸۸

## ۱-۵-۱-۳-۱- چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴

در سند چشم‌انداز ۲۰ ساله جمهوری اسلامی ایران که در تاریخ ۸۲/۸/۳۱ ابلاغ شد، در راستای چشم‌انداز افق ۱۴۰۴

هجری شمسی، به موارد زیر اشاره شده است:

↳ برخوردار از دانش پیشرفته

• هدف قابل استنتاج: کسب دانش فنی در زمینه فناوری‌های مربوط به خطوط پست‌های فشار قوی و فوق

فشارقوی HVDC و EHVAC و ادوات FACTS

↳ متکی بر تولید ملی

• هدف قابل استنتاج: بومی‌سازی طراحی و ساخت تجهیزات مربوط به خطوط و پست‌های انتقال با ظرفیت بالای

۴۰۰ کیلوولت

↳ بهره‌مندی از محیط زیست مطلوب

• هدف قابل استنتاج: کاهش حریم خطوط در طراحی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

### ۱-۵-۱-۲- سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف

این سند که در سال ۱۳۸۹ از سوی مقام معظم رهبری به رؤسای سه قوه ابلاغ شد شامل ۱۰ بند است که بند هفتم آن در ارتباط با کاهش شاخص شدت انرژی است و یکی از راه‌های آن تأکید بر اولویت‌دهی به افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی عنوان شده است بنابراین هدف زیر از آن قابل استخراج است:

↳ هدف قابل استخراج: کمک به کاهش تلفات

### ۱-۵-۱-۳- سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی

سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی با هدف تأمین رشد پویا و بهبود شاخص‌های مقاومت اقتصادی و دستیابی به اهداف سند چشم‌انداز بیست‌ساله، در ۹۲/۱۱/۲۹ توسط مقام معظم رهبری ابلاغ گردید. دو بند این سند با بحث انتقال برق با ظرفیت بالا در ارتباط است:

↳ پیشتازی اقتصاد دانش‌بنیان، 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 دانش‌بنیان و دستیابی به رتبه اول اقتصاد دانش‌بنیان در منطقه.

• هدف قابل استنتاج: استفاده فناوری‌های فشار قوی HVDC و EHVAC جهت افزایش صادرات دانش فنی و تجهیزات فشارقوی به کشورهای منطقه

↳ مقابله با ضربه‌پذیری درآمد حاصل از صادرات نفت و گاز از طریق صادرات برق

• هدف قابل استنتاج: استفاده از فناوری‌های انتقال با ظرفیت بالا جهت افزایش صادرات برق

### ۱-۵-۱-۴- برنامه وزارت نیرو برای تحقق سیاست‌های اقتصاد مقاومتی

وزارت نیرو به منظور تحقق سیاست‌های اقتصاد مقاومتی برنامه‌ای را در بخش‌های آب و برق تدوین کرده است. یکی از بندهای این برنامه به افزایش بهره‌وری برق در کلیه مراحل زنجیره تولید تا مصرف اشاره می‌کند که هدف زیر از آن قابل استخراج است:



↳ هدف قابل استخراج: کمک به کاهش تلفات

### ۱-۵-۱-۳-۵- نقشه جامع علمی کشور

در این سند که در سال ۱۳۸۹ از سوی شورای عالی انقلاب فرهنگی به تصویب رسیده است. در اهداف کلان نظام علم و فناوری به مورد زیر اشاره شده است:

↳ دستیابی به علوم و فناوری‌های نوین و نافع، متناسب با اولویت‌ها و نیازها و مزیت‌های نسبی کشور، و انتشار و

بکارگیری آن‌ها در نهادهای مختلف آموزشی و صنعتی و خدماتی

• هدف قابل استنتاج: دستیابی به دانش فنی و ساخت تجهیزات مربوط به خطوط و پست‌های انتقال فشارقوی با

توجه به نیاز و اولویت‌های کشور

### ۱-۵-۱-۳-۶- سند راهبردی وزارت نیرو

سند راهبردی وزارت نیرو در سال ۱۳۹۰ به تصویب رسیده است. در این سند به مأموریت، چشم‌انداز، ارزش‌ها و راهبردهای وزارت نیرو و بخش‌های پنج‌گانه «آب»، «برق و انرژی»، «آب و فاضلاب»، «آموزش، پژوهش و فناوری» و «پشتیبانی صنعت آب و برق» اشاره شده است. موارد مرتبط و اهداف قابل استخراج از آن‌ها به شرح زیر است:

↳ کاهش تلفات شبکه به میزان سالیانه حداقل ۱ درصد و رساندن به سطح ۱۵ درصد

• هدف قابل استخراج: کمک به کاهش تلفات شبکه

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

آن‌ها

• هدف قابل استخراج: افزایش ظرفیت انتقال برق

↳ توسعه مبادلات منطقه‌ای برق

• اهداف قابل استخراج: (۱) رفع موانع توسعه ظرفیت‌های تبادل سنکرون (۲) یکپارچه‌کردن منابع انرژی دوردست (۳)

گسترش صادرات دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات (۴) کمک به گسترش بازار صادراتی برق

↳ سازگاری زیست محیطی و ارتقاء ایمنی در فعالیتهای صنعت برق

• هدف قابل استخراج: کاهش حریم موردنیاز برای احداث خطوط

↳ برقراری تعادل منطقه‌ای بین عرضه و تقاضای برق

• اهداف قابل استخراج: (۱) افزایش ظرفیت تبادل برق بین مناطق مختلف کشور و کشورهای منطقه (۲) برقراری

ارتباط الکتریکی شبکه سراسری با جزیره کیش

### ۱-۵-۱-۳-۷- قانون هدفمندی یارانه ها

تلفات شبکه انتقال و توزیع تا پایان برنامه پنج ساله پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران به

۱۴٪ کاهش یابد

↳ هدف قابل استخراج: کمک به کاهش تلفات شبکه

### ۱-۵-۱-۴- نتایج حاصل بررسی گزارش توجیه‌پذیری

گزارش توجیه‌پذیری یکی از ورودی‌های مهم برای استخراج اهداف است. با توجه به ضرورت‌ها و دلایل مطرح شده برای

توسعه فناوری می‌توان این اهداف را شناسایی کرد. اهداف شناسایی شده از بررسی گزارش توجیه‌پذیری توسعه سیستم‌های

انتقال برق با ظرفیت بالا عبارتند از:

۱- کاهش میزان نشر آلاینده‌های زیست محیطی خصوصاً گازهای گلخانه‌ای با بهره‌گیری از فناوری سیستم‌های انتقال

با ظرفیت بالا در حوزه انتقال برق، بعلت کاهش میزان ظرفیت مورد نیاز برای تامین بار شبکه و کاهش تلفات پیک بار

انرژی

۲- افزایش امنیت عرضه الکتریسیته با افزودن سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا به شبکه‌ی فعلی

۳- افزایش ظرفیت انتقال شبکه‌ی کشور و کاهش هزینه‌های مورد نیاز برای پروژه‌های جدید انتقال بعلت کاهش سطح

هزینه‌های مورد نیاز برای انتقال

۴- افزایش صادرات انرژی الکتریکی به سایر کشورها در راستای کاهش وابستگی اقتصاد کشور به نفت

۵- کاهش میزان مورد نیاز رزرو برای پیک بار بعلت کاهش تلفات و آزاد شدن ظرفیت سیستم که بعلت تلفات از دسترس

خارج بوده است

۶- افزایش انعطاف سیستم و بازاربرق و دسترسی به منابع ارزانتر بعث ایجاد ظرفیت انتقال بالاتر

۷- رونق استفاده از منابع انرژی دوستدار طبیعت و تجدیدپذیر در بعضی مناطقی که دارای منابع دیگر نیز هستند، بعثت افزایش سطح انتقال امکان انتقال انرژی منابع جدید فراهم می‌شود.

## ۱-۶- اهداف کلان تعیین شده در سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت

### بالا

پس از بررسی و جمع‌بندی نتایج حاصل از مطالعات تطبیقی، گزارش توجیه‌پذیری و اسناد بالادستی، محورهای اهداف مشخص شد. سپس این اهداف شناسایی شده جهت بررسی و اظهارنظر در اختیار اعضای کمیته راهبری قرار گرفت. اسامی پاسخ‌دهندگان به شرح ذیل است:

↪ جناب آقای دکتر قره‌پتیان (دانشگاه امیرکبیر)

↪ جناب آقای دکتر حسینیان (دانشگاه امیرکبیر)

↪ جناب آقای دکتر پرنیانی (دانشگاه صنعتی شریف)

↪ جناب آقای مهندس گلابکش (سازمان توسعه برق ایران)

↪ جناب آقای مهندس درافشان (شرکت قدس نیرو)

↪ جناب آقای مهندس عارضی (پژوهشگاه نیرو)

↪ جناب آقای دکتر هاشم علیپور (توانیر)

بر اساس پاسخ‌های دریافت‌شده از خبرگان کلیه اهداف مورد تأیید قرار گرفت. همچنین پیشنهادات زیر در اهداف اعمال شد:

↪ بر اساس پیشنهاد جناب آقای دکتر قره‌پتیان عبارت «افزایش قابلیت اطمینان عرضه» جایگزین عبارت «افزایش

امنیت عرضه» شد. همچنین طبق پیشنهاد ایشان هدف «ایجاد و گسترش بازار کار برای متخصصان فناوری

سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا» به فهرست اهداف اضافه شد.

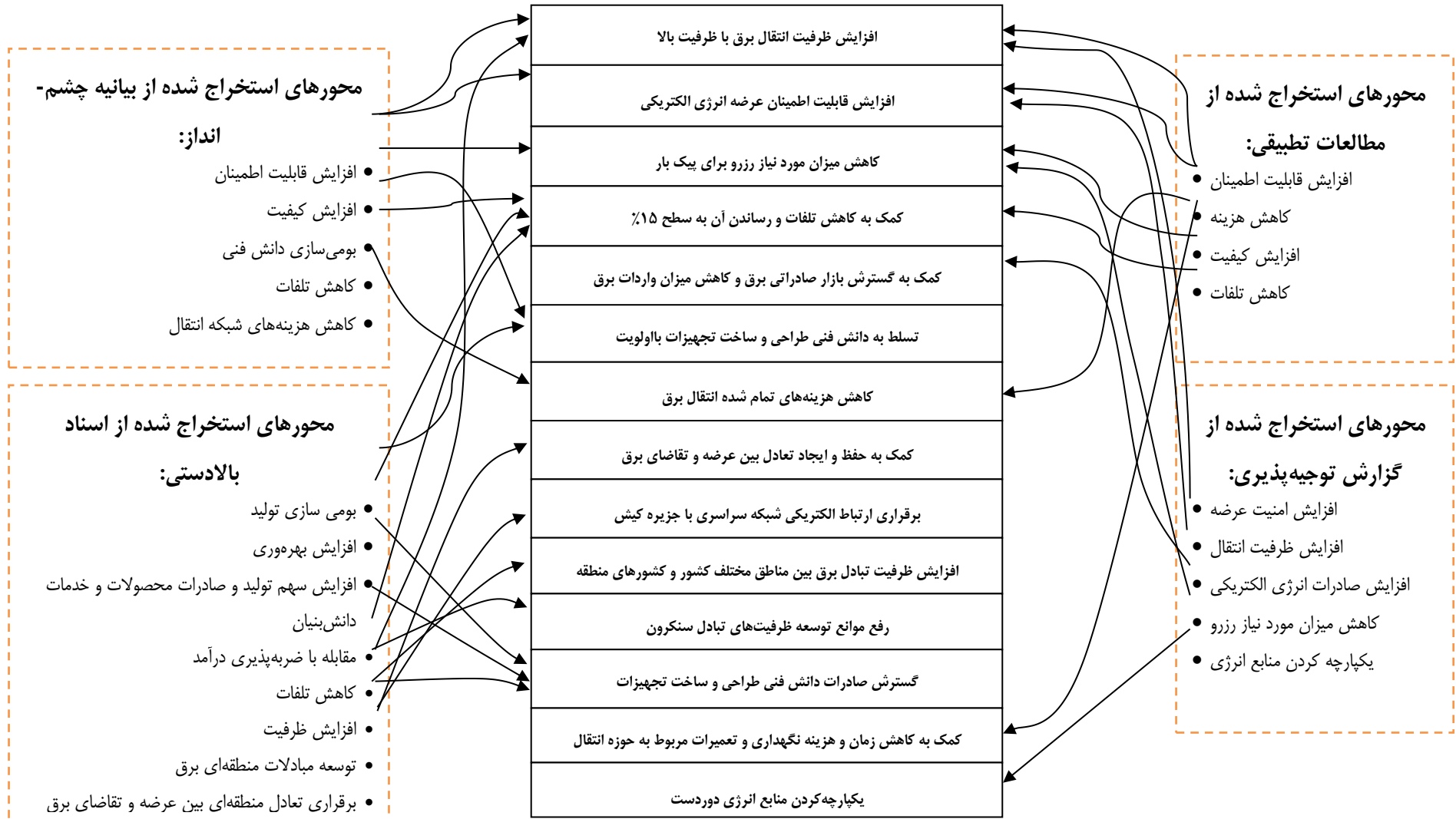
طبق پیشنهاد جناب آقای مهندس عارضی واژه «الکتریسیته» در عبارت «افزایش قابلیت اطمینان عرضه» به واژه «انرژی الکتریکی» تغییر یافت.

با اعمال پیشنهادات مطرح شده از سوی خبرگان، اهداف زیر به عنوان اهداف کلان توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در نظر گرفته شدند:

- ۱- افزایش ظرفیت انتقال برق با ظرفیت بالا متناسب با نیازهای کشور
- ۲- افزایش قابلیت اطمینان عرضه انرژی الکتریکی با افزودن سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به شبکه فعلی
- ۳- کاهش میزان مورد نیاز رزرو برای پیک بار
- ۴- کمک به کاهش تلفات و رساندن آن به سطح ۱۵٪
- ۵- کمک به گسترش بازار صادراتی برق و دستیابی به میزان صادرات حداقل ۵۰ تراوات-ساعت انرژی در سال ۱۴۰۴ و کاهش میزان واردات برق به سطح ۱۰ تراوات-ساعت در سال ۱۴۰۴
- ۶- تسلط به دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات با اولویت مورد نیاز سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- ۷- کاهش هزینه‌های تمام شده انتقال برق
- ۸- کمک به حفظ و ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای برق
- ۹- برقراری ارتباط الکتریکی شبکه سراسری با جزیره کیش با استفاده از کابل زیردریایی
- ۱۰- افزایش ظرفیت تبادل برق بین مناطق مختلف کشور و کشورهای منطقه
- ۱۱- رفع موانع توسعه ظرفیت‌های تبادل سنکرون جهت دستیابی به استانداردهای بین المللی به منظور اتصال به شبکه اروپا
- ۱۲- گسترش صادرات دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات و رقابت با شرکت‌های دانش بنیان منطقه
- ۱۳- کمک به کاهش زمان و هزینه نگهداری و تعمیرات مربوط به حوزه انتقال به میزان حداقل ۲۰٪ کمتر از میزان فعلی
- ۱۴- ایجاد و گسترش بازار کار برای متخصصان فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- ۱۵- یکپارچه کردن منابع انرژی دوردست

نحوه ارتباط اهداف شناسایی شده با بیانیه چشم‌انداز، اسناد بالادستی، گزارش توجیه‌پذیری و مطالعات تطبیقی در شکل (۳-۳)

(۳) نشان داده شده است.



شکل (۳-۳): نحوه استخراج اهداف سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

## ۲- تدوین راهبردهای سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

در گام سوم از مرحله سوم طرح تدوین سند راهبردی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا، به تدوین راهبردها پرداخته می‌شود. راهبردها مجموعه جهت‌گیری‌های اصلی برای دستیابی به اهداف را مشخص می‌کنند. در این بخش ابتدا درباره اولویت‌بندی فناوری‌های توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا بحث می‌شود. سپس روش اکتساب این فناوری‌ها ارائه می‌شود. در انتها راهبردهای شناسایی شده برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا مشخص می‌گردد.

### ۲-۱- اولویت‌بندی فناوری‌ها بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی

در این گام به منظور اولویت‌بندی فناوری‌های شناسایی شده، آن‌ها را بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی ارزیابی می‌کنیم. شاخص جذابیت بیان‌کننده ابعاد ذاتی گزینه‌هایی است که برای سیاست‌گذار دارای مطلوبیت هستند. در مقابل، شاخص توانمندی به دنبال ارزیابی قابلیت‌های موجود در برگزیدن هر یک از گزینه‌هاست. بدین منظور ابتدا شاخص‌های جذابیت و توانمندی فناوری‌های شناسایی شده (تجهیزات و طراحی) مشخص شد و سپس دو پرسشنامه (تجهیزات و طراحی) برای ارزیابی این شاخص‌ها طراحی شد. این پرسشنامه‌ها برای خبرگان و متخصصان هر یک از حوزه‌های فناوری شناسایی شده ارسال شد و جمع‌بندی نتایج پرسشنامه‌ها میزان جذابیت و توانمندی هر یک از فناوری‌ها را مشخص کرد. نتایج به دست آمده وارد ماتریس جذابیت‌توانمندی شدند و جایگاه هر فناوری مشخص شد. در ادامه روند اولویت‌بندی تجهیزات و دانش فنی طراحی توضیح داده شده است.

#### ۲-۱-۱- تعیین شاخص‌های جذابیت و توانمندی

جذابیت یک فناوری به ویژگی‌ها و موقعیت آن فناوری در مقایسه با سایر فناوری‌ها بر می‌گردد. 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 کرد. نمونه‌ای از شاخص‌های جذابیت موجود در ادبیات عبارتند از:

↪ تنوع کاربرد فناوری

↪ هزینه های دستیابی به دانش فنی فناوری

↪ میزان منافع اقتصادی ناشی از به کارگیری فناوری

↪ میزان اشتغالزایی ناشی از توسعه فناوری و ...

برای تعیین شاخص‌های مرتبط ابتدا مجموعه ای از شاخص‌های موجود در ادبیات شناسایی شد و پس از بررسی

کارشناسان و خبرگان به تأیید رسید. شاخص‌های تعیین شده برای جذابیت عبارتند از:

۱- میزان اشتغالزایی ناشی از توسعه فناوری

۲- میزان استراتژیک بودن قطعات مورد نیاز برای توسعه فناوری

۳- هزینه دستیابی به دانش فنی و بومی سازی فناوری

۴- میزان کاربرد فناوری در سایر حوزه‌ها (خارج از صنعت برق)

۵- میزان ارزش افزوده ناشی از توسعه فناوری

۶- امکان صادرات فناوری در آینده

۷- مدت زمان لازم برای توسعه فناوری

شاخص‌های تعیین شده برای توانمندی عبارتند از:

۱- وضعیت دسترسی به دانش فنی مربوط به فناوری

۲- وضعیت دسترسی به مواد اصلی مورد نیاز برای توسعه فناوری

۳- وضعیت دسترسی به منابع انسانی متخصص برای توسعه فناوری

۴- وضعیت دسترسی به زیرساخت سخت افزاری مورد نیاز برای توسعه فناوری

## ۲-۱-۲- ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌های سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

در این بخش به بررسی روش ارزیابی شاخص‌ها پرداخته می شود. 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 پرسشنامه است.

پرسشنامه طراحی شده حاصل ساعت‌ها تلاش کارشناسان تیم فنی و مشاور پروژه است و سعی شده است تا پرسشنامه تا حد ممکن گویا و موجز باشد تا برای فرد پاسخ دهنده خسته کننده نباشد. از طرف دیگر سوالات به نحوی طراحی شده است که پاسخ آن‌ها توانایی تفکیک جذابیت و توانمندی فناوری‌های مورد استفاده را داشته باشد و از سوالات دارای پاسخ مشترک یا بسیار شبیه هم برای فناوری‌های مختلف خودداری شده است. به منظور ارزیابی جذابیت و توانمندی فناوری‌ها دو پرسشنامه مجزا برای تجهیزات و طراحی تهیه شد. پرسشنامه تجهیزات شامل ۱۱ سوال است که ۷ سوال آن مربوط به ارزیابی جذابیت و ۴ سوال مربوط به ارزیابی توانمندی است. پرسشنامه طراحی شامل ۶ سوال است که ۳ سوال آن مربوط به ارزیابی جذابیت و ۳ سوال مربوط به ارزیابی توانمندی است.

با توجه به این که میزان خبرگی افراد پاسخ‌دهنده متفاوت بود ضروری بود تا نظرات ارائه شده در پرسشنامه بر اساس میزان دانش پاسخ‌دهندگان نسبت به تجهیزات و طراحی ارزیابی گردد. بنابراین از پاسخ‌دهندگان خواسته شد تا قبل از پاسخ به سوالات میزان آشنایی خود با تجهیز یا فرایند را مشخص کنند. همچنین با توجه به اهمیت متفاوت شاخص‌ها با کمک کارشناسان فنی به هر یک از سوالات وزن داده شد.

این پرسشنامه بین کارشناسان حوزه انتقال، شرکت‌های مشاور فعال در حوزه انتقال، شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات سیستم‌های انتقال و کمیته راهبری تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا، توزیع شد. فهرست شرکت‌های سازنده تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و همچنین شرکت‌های مشاور در این امر که فرم پرسشنامه برای آن‌ها ارسال شده است در جدول (۴-۱) آمده است. همچنین در حین برگزاری کنفرانس بین‌المللی برق (PSC) این پرسشنامه‌ها بین شرکت‌های ایران ترانسفو، مونکو، فرانیرو، پرشین سازه، قدس نیرو، کابل‌سازی ابهر و چندین شرکت دیگر توزیع شد.



## جدول (۴-۱): فهرست شرکت‌های دریافت‌کننده پرسشنامه

ردیف	نام شرکت	حوزه فعالیت
۱	مهندسين مشاور مונکو	بخش تخصصی گروه خطوط انتقال و شبکه توزیع
۲	قدس نیرو	بخش انتقال برق
۳	آبروس انرژی	تولید، تامین تجهیزات و اجرای خطوط انتقال، پست‌های انتقال
۴	مهندسی فرانیرو	کلید در دست پست‌های فشارقوی و خطوط انتقال و برق‌رسانی به صنایع بزرگ
۵	مبنا صنعت ارین	نصب، تست و راه اندازی پست‌ها
۶	مهندسی توان گستر دقیق	تامین تجهیزات، طراحی، نصب، تست و راه‌اندازی پست‌های فشارقوی
۷	مهندسی تجهیزات برق ایران	دکل های خطوط انتقال، یراق آلات خطوط و پست های انتقال
۸	مبنا نیرو	تجهیزات پست های فشار قوی، حفاظت و کنترل
۹	انرژی کویر پایا	تامین تجهیزات، طراحی، نصب، تست و راه‌اندازی پست‌های فشارقوی
۱۰	آرمان انرژی	خطوط انتقال نیرو
۱۱	نیرو فراز جنوبشرق	تولید، تامین تجهیزات و اجرای خطوط انتقال، پست‌های انتقال
۱۲	آفرینه طوس	اجرای کلید در دست پست فشار قوی و خط انتقال
۱۳	رسانیر توس	اجرای کلید در دست پست فشار قوی و خط انتقال
۱۴	روشن گستر توس	اجرای کلید در دست پست فشار قوی و خط انتقال
۱۵	نیرو افشان برق فارس	طراحی شبکه های توزیع و انتقال نیرو
۱۶	مهندسی نصر نیروی یزد	تولید، تامین تجهیزات و اجرای خطوط انتقال، پست‌های انتقال، توزیع و فوق توزیع
۱۷	فنی مهندسی لاوان نیرو آکام	مشاوره طراحی و اجرای پروژه‌های پست‌های خطوط انتقال نیروگاه‌های مقیاس کوچک
۱۸	صنایع آترین تبریز	مشاوره طراحی و اجرای پروژه های پست های خطوط انتقال
۱۹	الکترو سازه رازان	تامین تجهیزات، طراحی، نصب، تست و راه اندازی خطوط انتقال برق
۲۰	مهندسی خدمات نیرو شایان شرق	طراحی و تامین تجهیزات اجرای پروژه های خطوط و پست های توزیع، فوق توزیع و انتقال نیرو

در مجموع ۲۴ پرسشنامه دریافت شد که نتایج این پرسشنامه‌ها وارد نرم افزار اکسل شد و محاسبات لازم برای اولویت بندی انجام شد. در ادامه نتایج مربوط به جذابیت و توانمندی تجهیزات و طراحی از نظر خبرگان پاسخ‌دهنده در جدول‌های (۴-۲) و (۴-۳) ارائه شده است.

## جدول (۴-۲): جمع‌بندی نتایج جذابیت و توانمندی در بخش تجهیزات

ردیف	تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱	هادی	۷,۱۲۲	۹,۰۸۰
۲	سیم محافظ	۶,۹۲۶	۹,۰۲۲
۳	مقره	۶,۹۳	۸,۹۵۴
۴	دکل	۷,۳۴۹	۹,۴۴
۵	کابل	۶,۷۵	۸,۲۶۴
۶	یراق آلات خط	۷,۰۳۹	۸,۹۱۹

ردیف	تجهیز	جذابیت	توانمندی
۷	فیلتر	۵,۱۱۹	۵,۹۶۵
۸	تجهیزات زمین	۶,۷۹	۸,۱۷۶
۹	مبدل AC/DC	۴,۵۵	۴,۴۸۲
۱۰	سوئیچگیر	۵,۶۲۷	۶,۲۴۳
۱۱	مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	۴,۹۴۸	۵,۳۹۸
۱۲	جبران کننده توان راکتیو	۵,۳۰۴	۵,۶۴۷
۱۳	ادوات FACTS	۴,۲۷	۳,۹۱۱
۱۴	ترانسفورماتور	۶,۰۶۴	۷,۴۳
۱۵	برقگیر	۶,۰۸۸	۷,۴۶۸
۱۶	راکتور صافی	۵,۲۲۵	۶,۳۶۵
۱۷	سازه	۷,۳۳۲	۹,۲۶
۱۸	سیستم LV	۶,۳۷۲	۷,۸۴
۱۹	یراق آلات پست	۶,۶۹۸	۸,۷۶۳

جمع بندی نتایج مربوط به ارزیابی جذابیت و توانمندی طراحی در جدول (۳-۴) نشان داده شده است.

جدول (۴-۳): جمع‌بندی نتایج جذابیت و توانمندی در بخش طراحی

ردیف	تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱	مبدل AC/DC	۴,۲۷	۵,۸۵۵
۲	فیلتر و راکتور	۵,۶۲۱	۶,۷۷۱
۳	مطالعات حوزه پست	۷,۵۴۴	۸,۷۰۱
۴	مقره	۷,۷۷۲	۹,۰۷۳
۵	دکل	۸,۵۳۹	۹,۴۱۳
۶	فونداسیون	۸,۵۵۵	۹,۵۵۲
۷	سیستم زمین	۸,۱۷۵	۸,۹۵۶
۸	کابل‌ها	۷,۳۵۳	۸,۸۵۷
۹	هادی‌های خطوط	۷,۹۱۴	۹,۲۴
۱۰	مطالعات حوزه خط	۸,۱۵۵	۹,۳۲۳
۱۱	آرایش فیزیکی پست	۷,۹۰۷	۸,۶۲۷
۱۲	سیستم LV	۶,۳۸۲	۸,۴۷۸
۱۳	سازه	۸,۳۱۶	۹,۲۳۶
۱۴	شبکه زمین	۷,۷۵	۸,۶۳
۱۵	سیستم حفاظت اضافه ولتاژ	۵,۹۸۲	۷,۷۱۸
۱۶	تجهیزات سوئیچگیر	۵,۶۹۶	۷,۳۷
۱۷	ترانسفورماتور	۶,۱۶۷	۸,۲۰۸
۱۸	جبران ساز	۵,۴۰۸	۶,۶۱۹
۱۹	ادوات FACTS	۳,۲۷۱	۵,۰۶۰
۲۰	مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	۴,۳۱	۶,۶۱۴

## ۳-۱-۲- تحلیل نتایج

در ابتدا می‌توان میزان جذابیت و توانمندی را تفکیک کرد و نتایج مربوط به تجهیزات و طراحی را بر اساس هر یک از این دو معیار مرتب نمود. نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت مربوط به تجهیزات و طراحی در جداول (۴-۴) و (۴-۵) نشان داده شده است.

جدول (۴-۴): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت مربوط به تجهیزات

ردیف	تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱	دکل	۷,۳۴۹	۹,۴۴
۲	سازه	۷,۳۳۲	۹,۲۶
۳	هادی	۷,۱۲۲	۹,۰۸۰
۴	یراق آلات خط	۷,۰۳۹	۸,۹۱۹
۵	مقره	۶,۹۳	۸,۹۵۴
۶	سیم محافظ	۶,۹۲۶	۹,۰۲۲
۷	تجهیزات زمین	۶,۷۹	۸,۱۷۶
۸	کابل	۶,۷۵	۸,۲۶۴
۹	یراق آلات پست	۶,۶۹۸	۸,۷۶۳
۱۰	سیستم LV	۶,۳۷۲	۷,۸۴
۱۱	برقگیر	۶,۰۸۸	۷,۴۶۸
۱۲	ترانسفورماتور	۶,۰۶۴	۷,۴۳
۱۳	سوئیچگیر	۵,۶۲۷	۶,۲۴۳
۱۴	جبران کننده توان راکتیو	۵,۳۰۴	۵,۶۴۷
۱۵	رآکتور صافی	۵,۲۲۵	۶,۳۶۵
۱۶	فیلتر	۵,۱۱۹	۵,۹۶۵
۱۷	مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	۴,۹۴۸	۵,۳۹۸
۱۸	مبدل AC/DC	۴,۵۵	۴,۴۸۲
۱۹	ادوات FACTS	۴,۲۷	۳,۹۱۱

بر اساس جدول فوق، تجهیزات دکل، سازه، هادی و یراق آلات خط دارای بیشترین جذابیت و تجهیزات مانیتورینگ و کنترل و حفاظت، مبدل AC/DC و ادوات FACTS دارای کمترین جذابیت هستند. نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت مربوط به طراحی در جدول (۴-۵) نشان داده شده است.

جدول (۴-۵): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت مربوط به طراحی

ردیف	تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱	فنداسیون	۸,۵۵۵	۹,۵۵۲
۲	دکل	۸,۵۳۹	۹,۴۱۳
۳	سازه	۸,۳۱۶	۹,۲۳۶
۴	سیستم زمین	۸,۱۷۵	۸,۹۵۶
۵	مطالعات حوزه خط	۸,۱۵۵	۹,۳۲۳
۶	هادی‌های خطوط	۷,۹۱۴	۹,۲۴

ردیف	تجهیز	جذابیت	توانمندی
۷	آرایش فیزیکی پست	۷,۹۰۷	۸,۶۲۷
۸	مقره	۷,۷۷۲	۹,۰۷۳
۹	شبکه زمین	۷,۷۵	۸,۶۳
۱۰	مطالعات حوزه پست	۷,۵۴۴	۸,۷۰۱
۱۱	کابل‌ها	۷,۳۵۳	۸,۸۵۷
۱۲	سیستم LV	۶,۳۸۲	۸,۴۷۸
۱۳	ترانسفورماتور	۶,۱۶۷	۸,۲۰۸
۱۴	سیستم حفاظت اضافه ولتاژ	۵,۹۸۲	۷,۷۱۸
۱۵	تجهیزات سوئیچگیر	۵,۶۹۶	۷,۳۷
۱۶	فیلتر و راکتور	۵,۶۲۱	۶,۷۷۱
۱۷	جبران ساز	۵,۴۰۸	۶,۶۱۹
۱۸	مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	۴,۳۱	۶,۶۱۴
۱۹	مبدل AC/DC	۴,۲۷	۵,۸۵۵
۲۰	ادوات FACTS	۳,۲۷۱	۵,۰۶۰

بر اساس جدول فوق در بخش طراحی، فونداسیون، دکل و سازه دارای بیشترین جذابیت و مانیتورینگ و کنترل و حفاظت، مبدل AC/DC و ادوات FACTS دارای کمترین جذابیت هستند. نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی مربوط به تجهیزات در جدول (۴-۶) نشان داده شده است.

جدول (۴-۶): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی مربوط به تجهیزات

ردیف	تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱	دکل	۷,۳۴۹	۹,۴۴
۲	سازه	۷,۳۳۲	۹,۲۶
۳	هادی	۷,۱۲۲	۹,۰۸۰
۴	سیم محافظ	۶,۹۲۶	۹,۰۲۲
۵	مقره	۶,۹۳	۸,۹۵۴
۶	یراق آلات خط	۷,۰۳۹	۸,۹۱۹
۷	یراق آلات پست	۶,۶۹۸	۸,۷۶۳
۸	کابل	۶,۷۵	۸,۲۶۴
۹	تجهیزات زمین	۶,۷۹	۸,۱۷۶
۱۰	سیستم LV	۶,۳۷۲	۷,۸۴
۱۱	برقگیر	۶,۰۸۸	۷,۴۶۸
۱۲	ترانسفورماتور	۶,۰۶۴	۷,۴۳
۱۳	راکتور صافی	۵,۲۲۵	۶,۳۶۵
۱۴	سوئیچگیر	۵,۶۲۷	۶,۲۴۳

ردیف	تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱۵	فیلتر	۵,۱۱۹	۵,۹۶۵
۱۶	جبران کننده توان راکتیو	۵,۳۰۴	۵,۶۴۷
۱۷	مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	۴,۹۴۸	۵,۳۹۸
۱۸	مبدل AC/DC	۴,۵۵	۴,۴۸۲
۱۹	ادوات FACTS	۴,۲۷	۳,۹۱۱

بر اساس جدول فوق، بیشترین توانمندی مربوط به تجهیزات دکل، سازه، هادی و سیم محافظ، کمترین توانمندی مربوط به تجهیزات مانیتورینگ و کنترل و حفاظت، مبدل AC/DC و ادوات FACTS است. نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی مربوط به طراحی در جدول (۴-۷) نشان داده شده است.

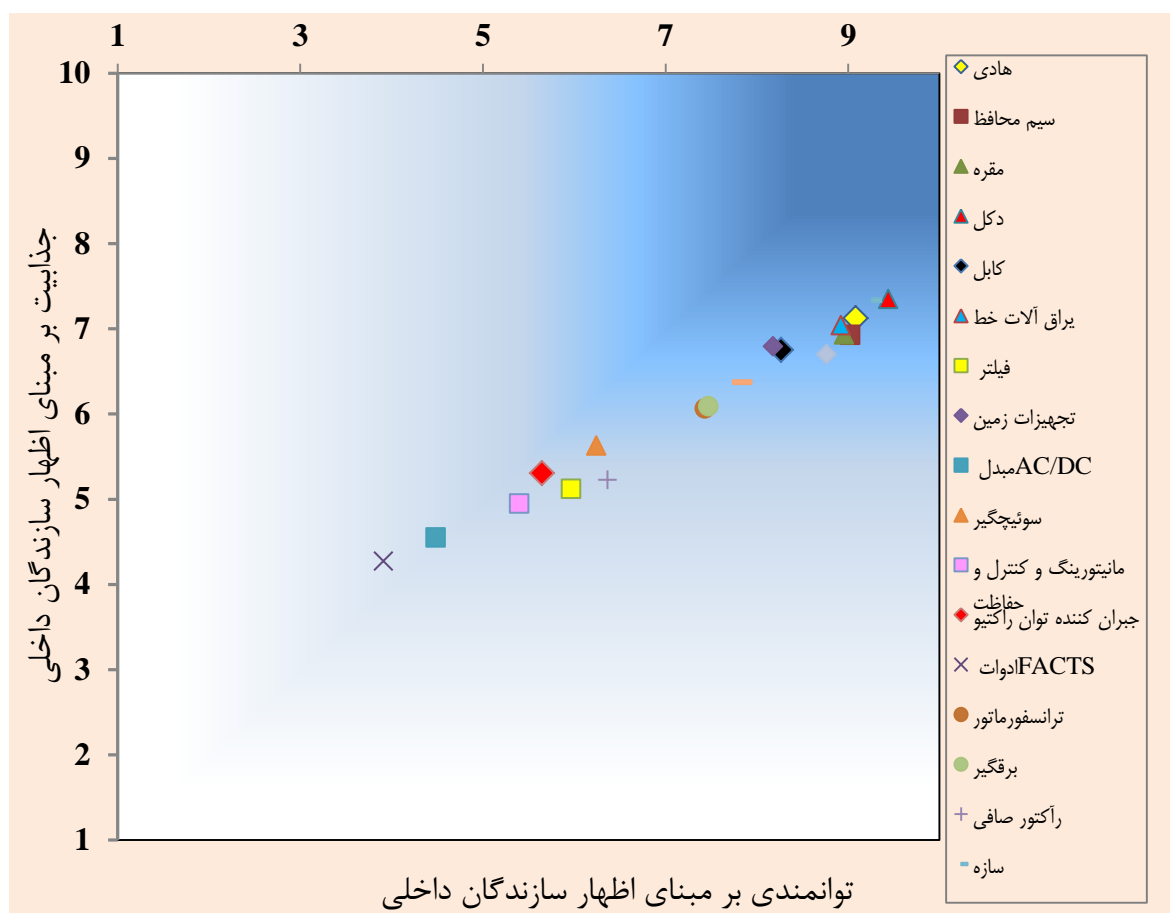
جدول (۴-۷): نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی مربوط به طراحی

ردیف	تجهیز	جذابیت	توانمندی
۱	فنداسیون	۸,۵۵۵	۹,۵۵۲
۲	دکل	۸,۵۳۹	۹,۴۱۳
۳	مطالعات حوزه خط	۸,۱۵۵	۹,۳۲۳
۴	هادی‌های خطوط	۷,۹۱۴	۹,۲۴
۵	سازه	۸,۳۱۶	۹,۲۳۶
۶	مقره	۷,۷۷۲	۹,۰۷۳
۷	سیستم زمین	۸,۱۷۵	۸,۹۵۶
۸	کابل‌ها	۷,۳۵۳	۸,۸۵۷
۹	مطالعات حوزه پست	۷,۵۴۴	۸,۷۰۱
۱۰	شبکه زمین	۷,۷۵	۸,۶۳
۱۱	آرایش فیزیکی پست	۷,۹۰۷	۸,۶۲۷
۱۲	سیستم LV	۶,۳۸۲	۸,۴۷۸
۱۳	ترانسفورماتور	۶,۱۶۷	۸,۲۰۸
۱۴	سیستم حفاظت اضافه ولتاژ	۵,۹۸۲	۷,۷۱۸
۱۵	تجهیزات سوئیچگیر	۵,۶۹۶	۷,۳۷
۱۶	فیلتر و راکتور	۵,۶۲۱	۶,۷۷۱
۱۷	جبران ساز	۵,۴۰۸	۶,۶۱۹
۱۸	مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	۴,۳۱	۶,۶۱۴
۱۹	مبدل AC/DC	۴,۲۷	۵,۸۵۵
۲۰	ادوات FACTS	۳,۲۷۱	۵,۰۶۰

بر اساس جدول فوق در بخش طراحی، بیشترین توانمندی مربوط به فنداسیون، دکل، مطالعات حوزه خط و کمترین توانمندی مربوط به مانیتورینگ و کنترل و حفاظت، مبدل AC/DC و ادوات FACTS است.

## ۱-۲-۱-۳-۱- ماتریس جذابیت- توانمندی فناوری‌های سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا

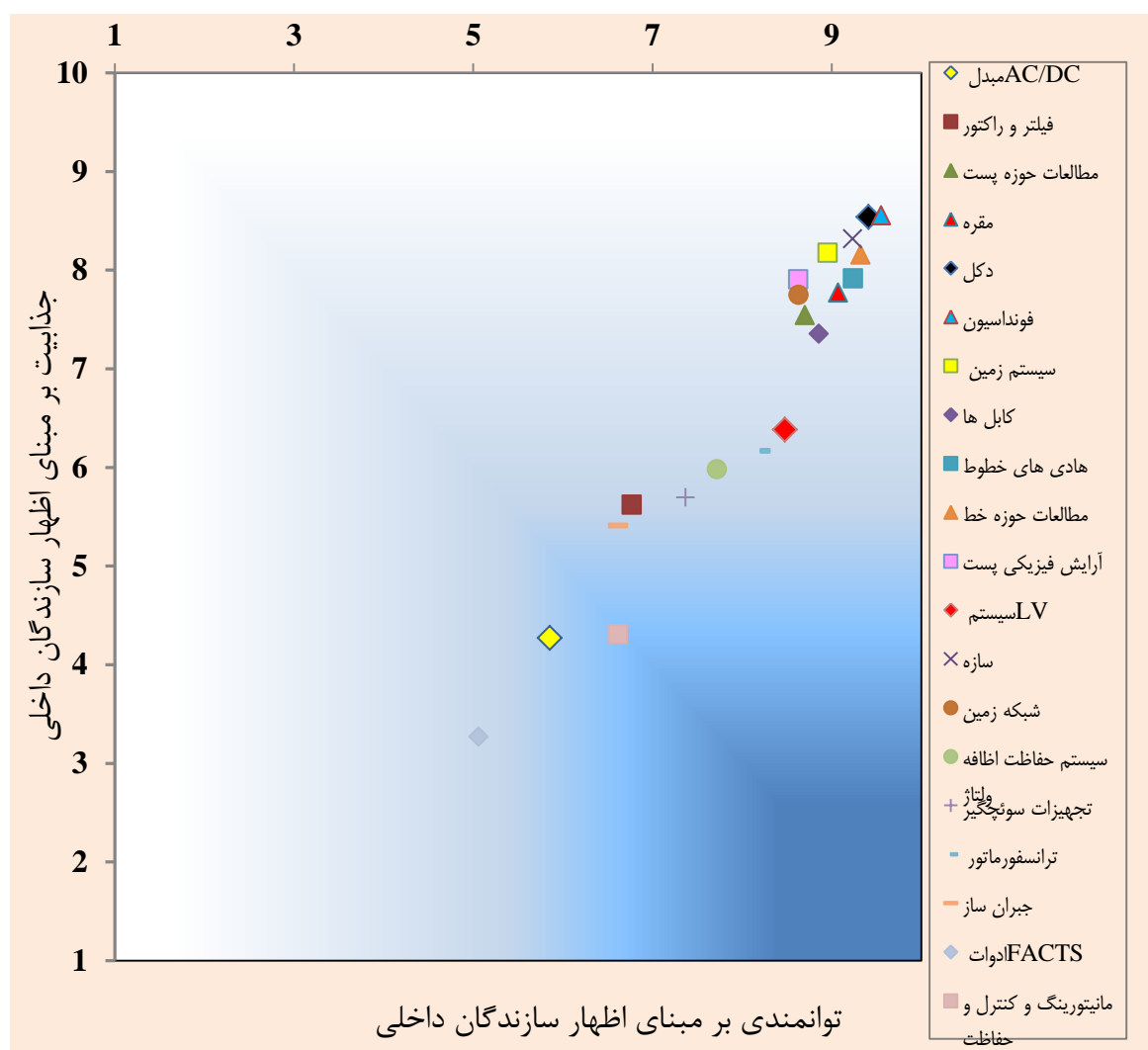
قسمت اصلی تحلیل نتایج با توجه به متدولوژی، از طریق تعیین جایگاه در ماتریس جذابیت-توانمندی صورت می‌گیرد. همان طور که از نام این ماتریس نیز مشخص است از دو بعد جذابیت و توانمندی تشکیل شده است. بر اساس معیارهای مطرح شده در ابتدای بخش و جمع بندی نتایج پرسشنامه‌ها هر کدام از ابعاد جذابیت و توانمندی تعیین شده‌اند و کافی است که این مقادیر در ماتریس نمایش داده شوند. ماتریس اولیه‌ای که حاصل می‌شود در شکل (۱-۴) نمایش داده شده است.



شکل (۱-۴): ماتریس جذابیت- توانمندی تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

همان طور که از شکل فوق مشخص است تجهیزات دکل بیشترین جذابیت را در بین فناوری‌ها دارد و پس از آن سازه و هادی قرار دارند. کمترین میزان جذابیت مربوط به ادوات FACTS است. همچنین در زمینه توانمندی، دکل بالاتر از سایر فناوری‌ها در نمودار مشخص است و پس از آن سازه و هادی قرار دارند. کمترین میزان توانمندی مربوط به ادوات FACTS است.

ماتریس جذابیت و توانمندی مربوط به طراحی در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در شکل (۲-۴) نشان داده شده است.



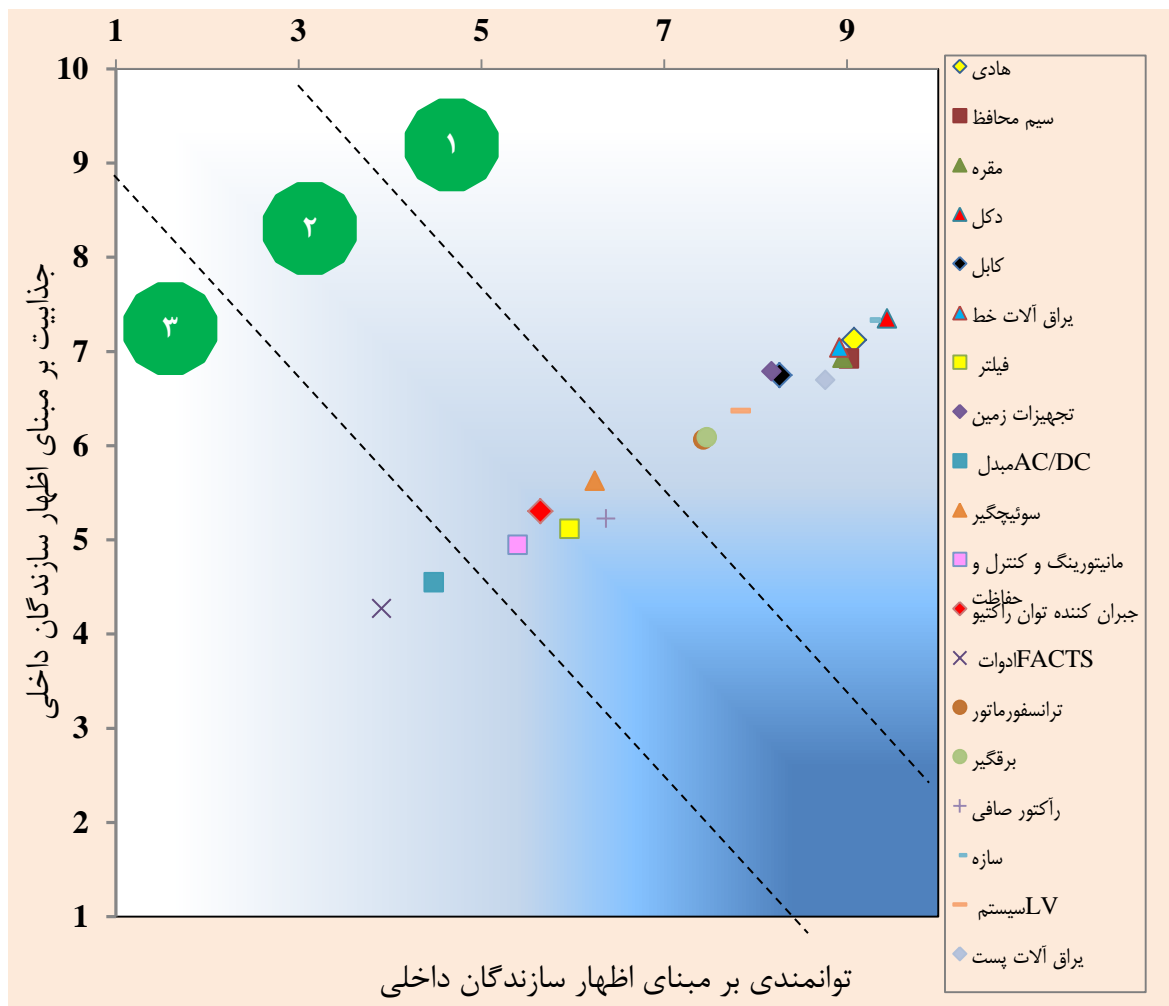
شکل (۲-۴): ماتریس جذابیت- توانمندی طراحی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا



بر اساس شکل فوق، جذابیت دکل و فنداسیون در بخش طراحی از همه بیشتر است و کمترین جذابیت مربوط به مبدل AC/DC و ادوات FACTS است. بیشترین توانمندی در بخش طراحی مربوط به فنداسیون و کمترین توانمندی مربوط به ادوات FACTS است.

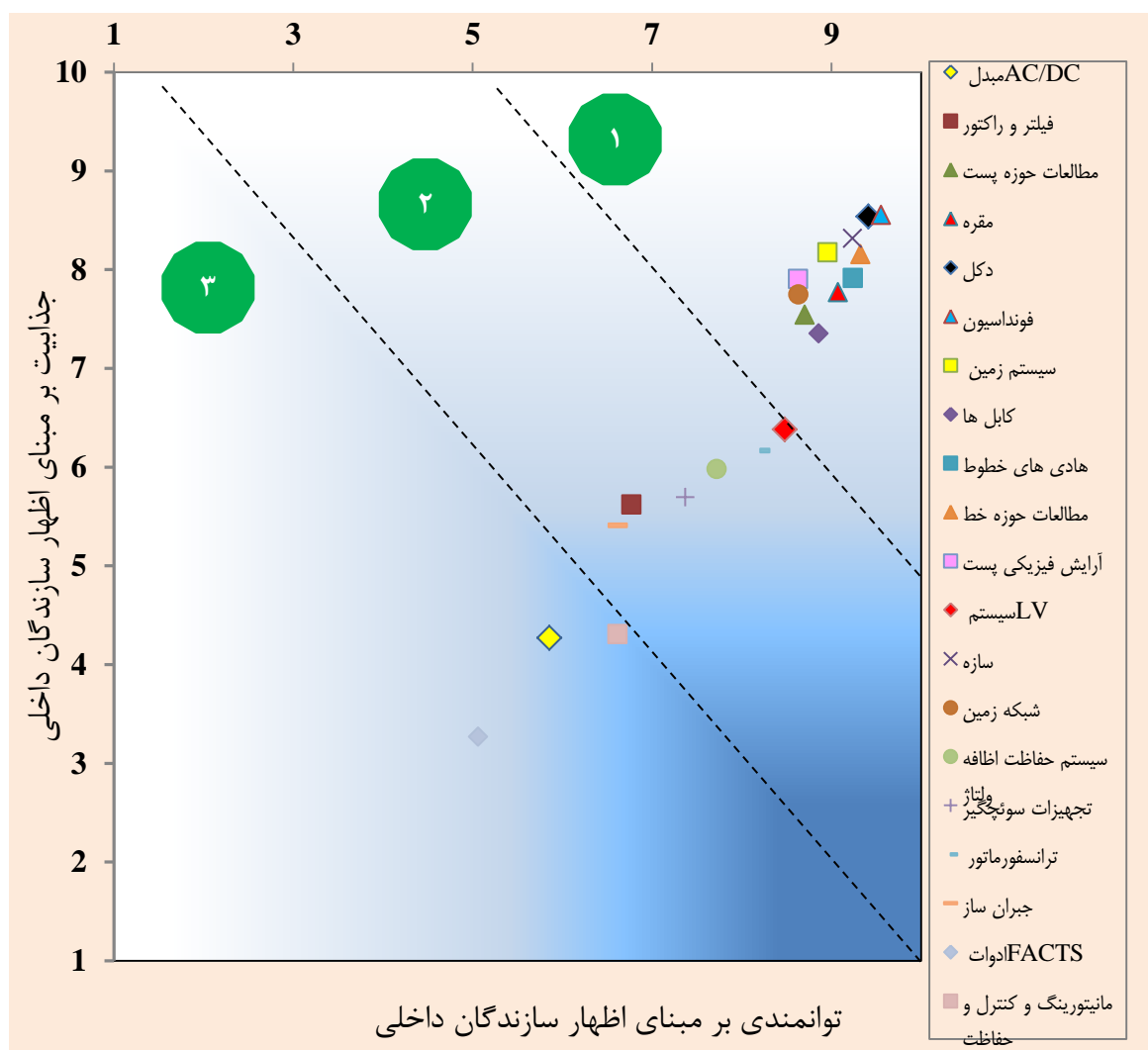
## ۲-۱-۳-۲- ناحیه بندی ماتریس جذابیت-توانمندی

با توجه به ادبیات موضوع، این ماتریس به چند منطقه باید تقسیم شود تا بتوان بر اساس آن، دست به انتخاب زد. این ماتریس، بیانگر جایگاه جذابیت و امکان پذیری هر یک از فناوری‌ها است. در این ماتریس برای تقسیم بندی می توان از تقسیم به سه ناحیه (با استفاده از خطوط شیب دار)، چهار ناحیه، نه ناحیه و شانزده ناحیه استفاده نمود. در این میان با توجه به ماتریس و نوع انتخاب در این پروژه از روش تقسیم به سه ناحیه (با استفاده از خطوط شیب دار) استفاده شد. شکل های (۳-۴) و (۴-۴) تقسیم بندی سه ناحیه ای ماتریس جذابیت و توانمندی در بخش تجهیزات و طراحی را نشان می دهند.



شکل (۳-۴): ناحیه بندی ماتریس جذابیت- توانمندی تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

در شکل فوق ناحیه ۳ مشخص شده است. در ناحیه اول تجهیزات دکل، سیم محافظ، هادی، سازه، پراق آلات خط، مقره، پراق آلات پست، کابل، تجهیزات زمین، ترانسفورماتور، برقیگیر و سیستم LV قرار گرفته اند. فناوری‌هایی که در این ناحیه قرار می‌گیرند از طریق توسعه درونزا توسعه می‌یابند. در ناحیه دوم، فناوری‌ها از توانمندی و جذابیت نسبتاً بالایی برخوردار هستند و بایستی دست به انتخاب زد. در این ناحیه تجهیزات فیلتر، راکتور صافی، سوئیچگیر، جریان کننده توان راکتیو و مانیتورینگ و کنترل و حفاظت قرار گرفته اند. در نهایت، فناوری‌های موجود در ناحیه سوم از توانمندی پایین و جذابیت نسبتاً پایینی برخوردار هستند که باید از آن‌ها چشم‌پوشی کرد. تجهیزات مبدل AC/DC و ادوات FACTS در این ناحیه قرار گرفته اند.

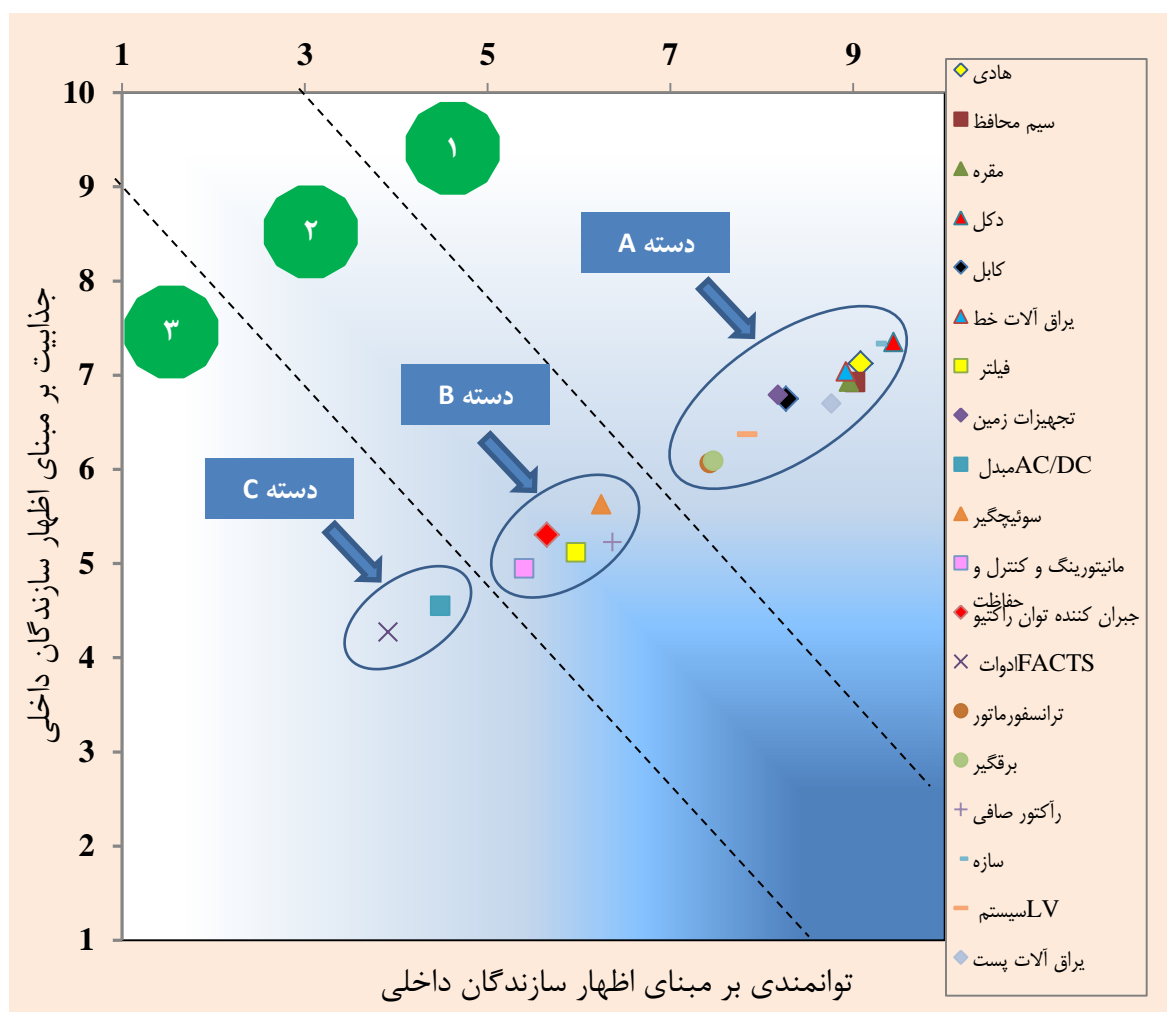


شکل (۴-۴): ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت- توانمندی طراحی اجزای سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

بر اساس شکل فوق، فونداسیون، سازه، دکل، سیستم زمین، مطالعات حوزه خط، هادی‌های خطوط، آرایش فیزیکی پست، شبکه زمین، مقره، کابل‌ها و مطالعات حوزه پست در ناحیه اول ماتریس جذابیت-توانمندی مربوط به طراحی قرار گرفته‌اند. فناوری‌هایی که در این ناحیه قرار می‌گیرند از طریق توسعه درون‌زا توسعه می‌یابند. در ناحیه دوم، فناوری‌ها از توانمندی و جذابیت نسبتاً بالایی برخوردار هستند و بایستی دست به انتخاب زد. در این ناحیه سیستم LV، سیستم حفاظت اضافه ولتاژ، ترانسفورماتور، تجهیزات سوئیچگیر، فیلتر و راکتور، جبران ساز قرار گرفته‌اند. در نهایت، فناوری‌های موجود در ناحیه سوم از توانمندی پایین و جذابیت نسبتاً پایینی برخوردار هستند که باید از آنها چشم‌پوشی کرد. مبدل AC/DC، مانیتورینگ و کنترل و حفاظت و ادوات FACTS در این ناحیه قرار گرفته‌اند.

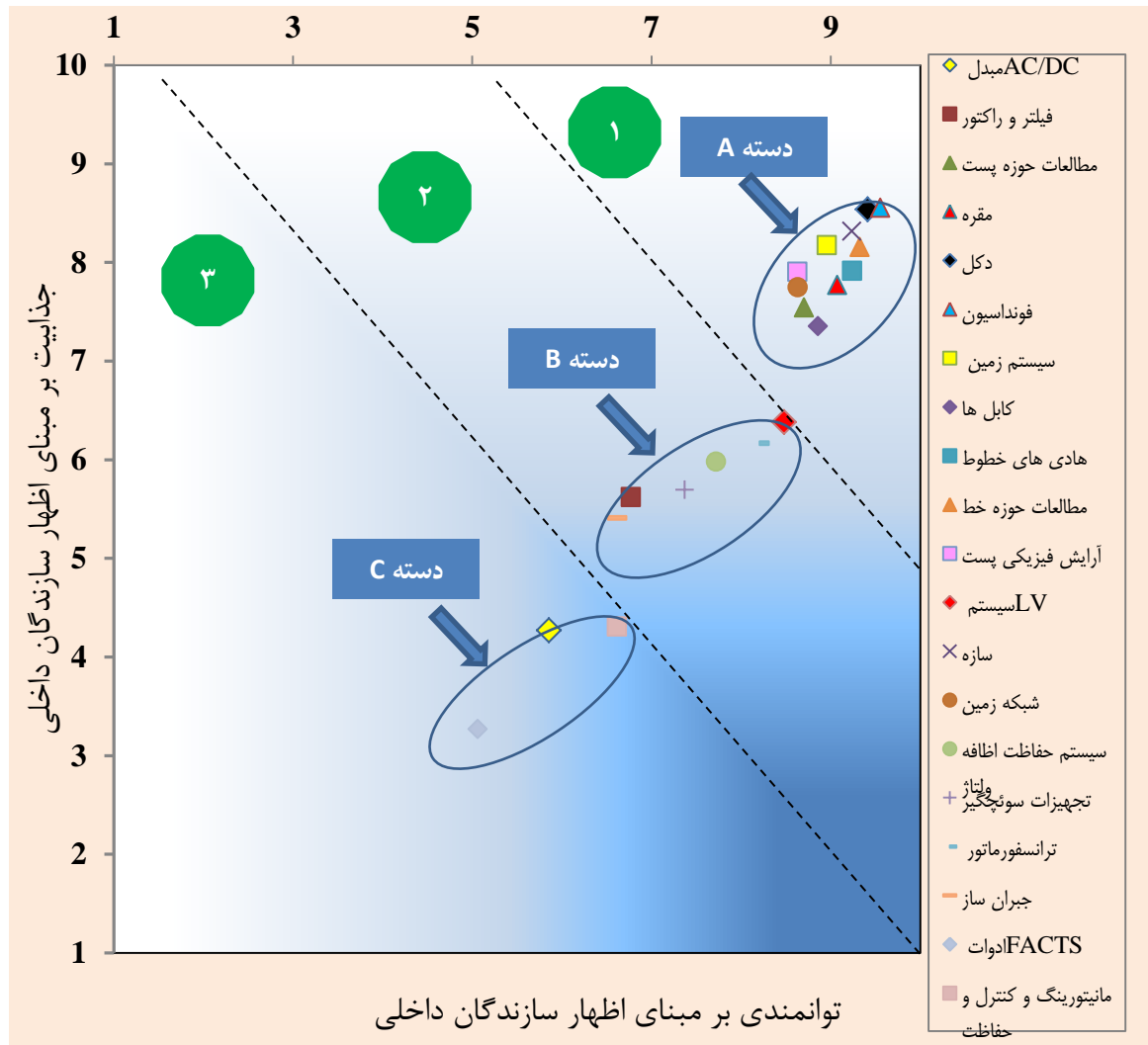
### ۱-۳-۳- تحلیل ابرهای فناوری در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

از طرفی دیگر می‌توان نقاط حاصله را بر اساس شباهت در محتوا و میزان جذابیت یا توانمندی به دسته‌هایی تقسیم کرد. در نمودار زیر، سه دسته یا ابر فناوری برای تجهیزات نشان داده شده است.



شکل (۴-۵): نمودار ابرهای فناوری و دسته‌بندی آن‌ها در بخش تجهیزات

نمودار ابر فناوری بخش طراحی در شکل (۴-۶) ارائه شده است.



شکل (۴-۶): نمودار ابرهای فناوری و دسته‌بندی آن‌ها در بخش طراحی

همان طور که از شکل های فوق مشخص است ابرهای فناوری در بخش های تجهیزات و طراحی به سه دسته A، B و C

تقسیم شده اند. فناوری های موجود در هر دسته (در بخش های تجهیزات و طراحی) در جداول (۴-۸) و (۴-۹) نشان داده

شده اند.

جدول (۴-۸): دسته‌بندی بر اساس ابرهای فناوری در بخش تجهیزات

عنوان دسته	فناوری
A	دکل
	سیم محافظ
	هادی
	سازه
	یراق‌آلات خط
	مقره
	یراق‌آلات پست
	کابل
	تجهیزات زمین
	ترانسفورماتور
	برقگیر
	سیستم LV
B	سوئیچگیر
	جبران کننده توان راکتیو
	مانیتورینگ و کنترل و حفاظت
	فیلتر
	راکتور صافی
C	مبدل AC/DC
	ادوات FACTS

دسته‌بندی ابرهای فناوری در بخش طراحی در شکل زیر ارائه شده است.

جدول (۴-۹): دسته‌بندی بر اساس ابرهای فناوری در بخش طراحی

عنوان دسته	فناوری
A	دکل
	فنداسیون
	سیستم زمین
	سازه
	مطالعات حوزه خط
	هادی‌های خطوط
	آرایش فیزیکی پست
	شبکه زمین
	مقره
	کابل‌ها
	مطالعات حوزه پست
	B
سیستم حفاظت اضافه ولتاژ	
ترانسفورماتور	
تجهیزات سوئیچگیر	
فیلتر و راکتور	
جبران ساز	
C	مبدل AC/DC
	ادوات FACTS
	مانیتورینگ و کنترل و حفاظت

پس از بررسی این سه ابر فناوری نوبت به تعیین روش اکتساب هر یک از این فناوری‌ها می‌رسد. با توجه به محل قرار گیری هر یک از این ابرهای فناوری در ناحیه‌های ماتریس جذابیت- توانمندی در مورد روش اکتساب آن‌ها تصمیم‌گیری خواهد شد.

از آنجا که ابر A در ناحیه اول واقع شده است در نتیجه فناوری‌های مربوط به این ابر انتخاب می‌گردند. ابر B در ناحیه دو قرار گرفته است که ناحیه بهبود انتخابی می‌باشد و باید دست به انتخاب زد. در نهایت ابر C در ناحیه سه قرار گرفته است که از فناوری‌های این ابر چشم‌پوشی می‌شود.

بنابراین مطالب و بر اساس تعابیر ناحیه‌بندی ماتریس، جدول شماره (۴-۱۰) را به عنوان جمع‌بندی می‌توان مشاهده نمود.

جدول (۴-۱): استراتژی های کلان ناحیه بندی ماتریس

ناحیه	دسته	استراتژی کلان
۱	A	توسعه درون زا
۲	B	بهبود انتخابی
۳	C	چشم پوشی

بر اساس این تحلیل پوتفولیو استراتژی کلان هر کدام از ابرها به صورت زیر است:

➊ **توسعه درون‌زا:** این استراتژی کلان به ناحیه یک بر می‌گردد و به دلیل واقع شدن ابر فناوری A در این ناحیه،

استراتژی انتخابی برای آن توسعه درون‌زا است. توسعه‌ای که به صورت همه‌جانبه و در داخل کشور باید صورت گیرد.

➋ **بهبود انتخابی:** این استراتژی به فناوری‌های واقع در ناحیه دو بر می‌گردد. بنابراین استراتژی مربوط به ابر فناوری B

بهبود انتخابی است. خروجی حاصل از این استراتژی به تعیین روش اکتساب (یعنی توسعه درون‌زا، همکاری فناورانه و

خرید خارجی) منجر می‌شود. روش‌های همکاری فناورانه از دیدگاه کیزا عبارتند از:

➔ تملک شرکتی<sup>۱</sup>: شرکتی دیگر را به تملک خود در می‌آورد تا بتواند به تکنولوژی یا شایستگی

تکنولوژی مورد نظر دست یابد.

➔ تملک فردی: شرکت جهت اکتساب تکنولوژی، متخصصین مربوطه را استخدام و یا شرکت کوچک دیگر را به

منظور در اختیار گرفتن افراد برخوردار از توانمندی‌های تکنولوژیک و یا شایستگی‌های مدیریتی خریداری می‌کند.

➔ ادغام<sup>۲</sup>: در این روش شرکت یا شرکت دیگری که دارای تکنولوژی و یا شایستگی تکنولوژیک مورد نظر می‌باشد

ادغام شده و شرکت جدیدی از ادغام دو شرکت به وجود می‌آید.

➔ خرید حق امتیاز<sup>۳</sup>: شرکت امتیاز تکنولوژی خاصی را به دست می‌آورد.

<sup>1</sup> Acquisition

<sup>2</sup> Merger

<sup>3</sup> Licencing



↪ مشارکت با سهام<sup>۱</sup>: در این روش شرکت اول سهام شرکت دوم را که دارای تکنولوژی یا شایستگی تکنولوژیک بوده می‌خرد ولی بر آن کنترل مدیریتی ندارد.

↪ سرمایه‌گذاری مشترک<sup>۲</sup>: شرکت از طریق سهام، سرمایه‌گذاری مشترک رسمی صورت داده و شرکت سوم به وجود می‌آید و هدف مشخص نوآوری تکنولوژی دنبال می‌شود.

↪ قرارداد تحقیق و توسعه<sup>۳</sup>: شرکت می‌پذیرد که مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه و یا شرکت‌های نوآور کوچک در زمینه تکنولوژی مشخص تحقیق نموده و هزینه‌های آن را بپردازد.

↪ سرمایه‌گذاری در تحقیقات<sup>۴</sup>: شرکت در زمینه تحقیقات اکتشافی در مؤسسات تحقیقاتی، دانشگاه یا شرکت‌های کوچک نوآور سرمایه‌گذاری نموده و فرصت‌ها و ایده‌ها را دنبال می‌کند.

↪ اتحاد<sup>۵</sup>: شرکت منابع تکنولوژیک را با شرکت‌های دیگر به اشتراک گذاشته و نیل به هدف کلی نوآوری تکنولوژیک را تعقیب می‌کند.

↪ کنسرسیوم<sup>۶</sup>: چندین مؤسسه و شرکت مشترکا تلاش می‌کنند به هدف کلی نوآوری تکنولوژیک نایل شوند.

⊖ چشم‌پوشی: این استراتژی به فناوری‌هایی بر می‌گردد که در ناحیه سه واقع شده‌اند که با توجه به ماتریس دسته C

در این ناحیه قرار گرفته است. بنابراین از فناوری‌های این دسته باید چشم‌پوشی کرد و این دسته اصلاً جزء اولویت‌ها قرار ندارد.

<sup>1</sup> Minority Equity

<sup>2</sup> Joint Venture

<sup>3</sup> R&D Contract

<sup>4</sup> Research Funding

<sup>5</sup> Alliance

<sup>6</sup> Consortium

## ۲-۲- روش اکتساب فناوری‌های سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

جهت تعیین روش اکتساب الگوریتمی توسط تیم مشاور و فنی طراحی شده است. این الگوریتم از چند شرط و ورودی و تصمیم‌گیری در هر مرحله استفاده می‌کند. با ورود هر فناوری، اولین شرطی که بررسی می‌شود وجود یا عدم وجود تولیدکننده داخلی می‌باشد. با توجه به اینکه تاکنون خطوط بیش از ۴۰۰ کیلوولت در کشور وجود نداشته بنابراین تولیدکننده‌ای هم در این زمینه وجود ندارد. در گام بعدی ابتدا سه شرط اساسی مورد بررسی قرار می‌گیرد که به شرح زیر است:

۱- آیا فناوری در اواخر دوره رشد و بلوغ خود قرار ندارد؟

۲- آیا شکاف تکنولوژیک قابل پوشش است؟

۳- آیا هزینه و مدت زمان دستیابی به فناوری کم می‌باشد؟

با توجه به این شروط و برخی شروط دیگر روش اکتساب مشخص می‌گردد که در ادامه تمامی حالات ممکن مورد بررسی قرار می‌گیرد:

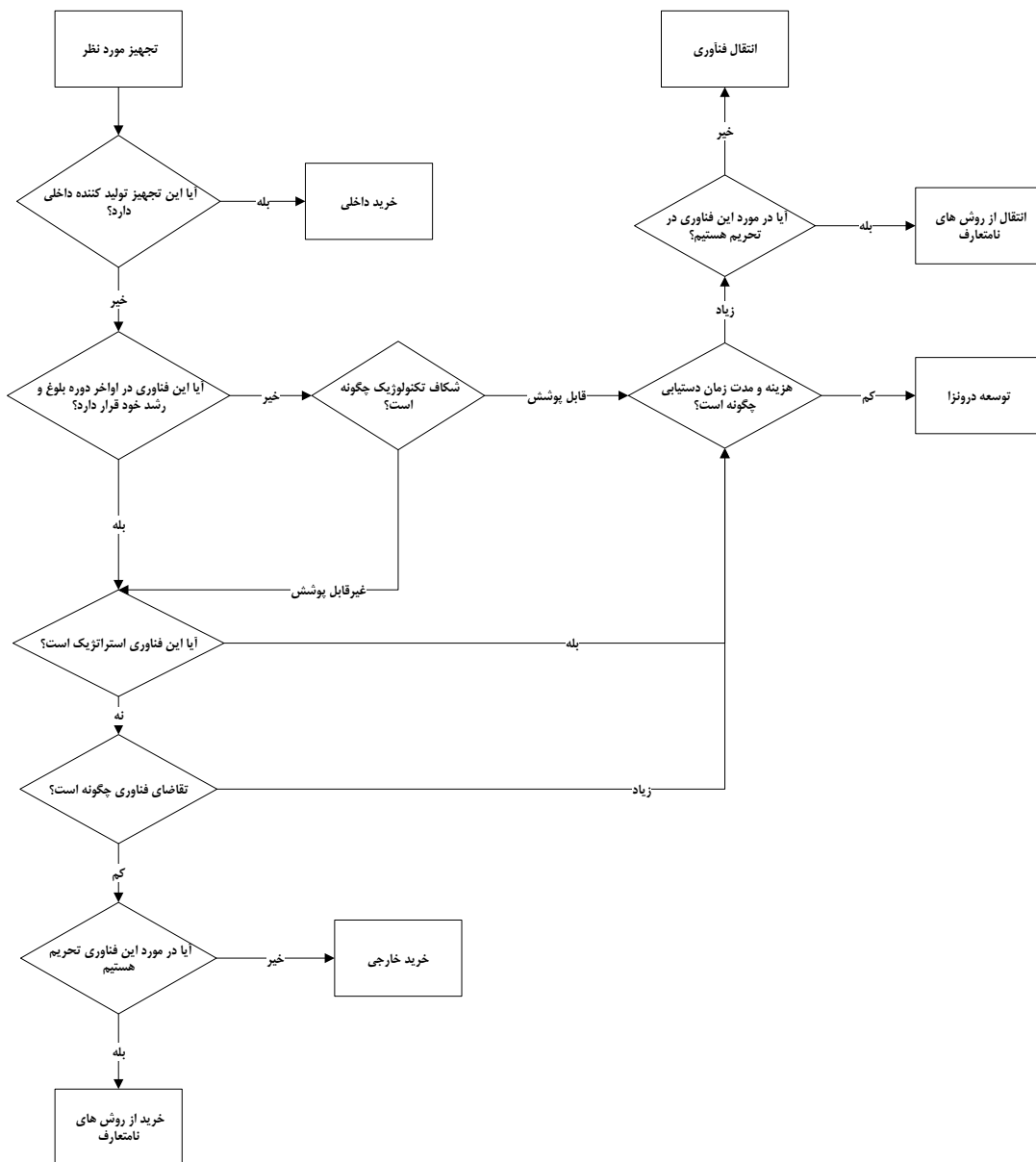
☞ اولین حالت حالتی است که هر سه شرط برقرار باشد یعنی فناوری در اواخر دوره رشد و بلوغ خود قرار ندارد، شکاف تکنولوژیک قابل پوشش است و هزینه و مدت زمان دستیابی به فناوری کم است. در این حالت روش پیشنهادی برای اکتساب فناوری توسعه درونزا می‌باشد.

☞ در حالتی که دو شرط اول برقرار باشد ولی شرط سوم برقرار نبوده و هزینه و مدت زمان دستیابی به فناوری زیاد باشد آنگاه شرایط تحریمی مورد ملاحظه قرار می‌گیرد. اگر فناوری مورد نظر در تحریم نباشد، آنگاه روش اکتساب پیشنهادی انتقال فناوری به صورت قانونی و متعارف خواهد بود و اگر تحریم باشد، انتقال فناوری از روش‌های نامتعارف پیشنهاد می‌گردد.

☞ حالت بعدی، حالتی است که یکی از دو شرط اول برقرار نیست (یعنی فناوری در اواخر دوره رشد و بلوغ خود قرار داشته باشد یا شکاف تکنولوژیک قابل پوشش نباشد) آنگاه باید استراتژیک بودن فناوری مورد بررسی قرار گیرد. اگر فناوری استراتژیک باشد، بدون توجه به شکاف تکنولوژیک به هزینه و مدت زمان دستیابی به فناوری توجه می‌گردد که در این حالت مشابه حالت قبل روش پیشنهادی می‌تواند توسعه درونزا، انتقال فناوری متعارف و یا به دلایل تحریمی انتقال از روش‌های نامتعارف باشد. اگر فناوری که در اواخر دوره رشد و بلوغ خود قرار ندارد،



استراتژیک هم نباشد آنگاه تقاضای فناوری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اگر تقاضا زیاد بود بازهم به بررسی مدت زمان و هزینه دستیابی و شرایط گفته شده در قبل پرداخته می‌شود. اما اگر تقاضای فناوری هم کم بود این بار با توجه به شرایط تحریمی یکی از روش‌های خرید خارجی یا خرید از روش‌های نامتعارف انتخاب خواهد شد. تمامی این حالات را می‌توان در فلوچارتی به صورت شکل (۴-۷) به نمایش گذاشت.



شکل (۴-۷): الگوریتم تعیین روش اکتساب فناوری

با توجه به نظرات متخصصان، خروجی الگوریتم (روش اکتساب پیشنهادی) برای فناوری‌های موجود در ارتباط با سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در جداول (۴-۱۱) و (۴-۱۲) می‌باشد.

جدول (۴-۱۱): روش پیشنهادی اکتساب در بخش تجهیزات

ردیف	تجهیز	ناحیه قرارگیری در ماتریس جذابیت - توانمندی	روش اکتساب پیشنهادی
۱	هادی	یک	توسعه درونزا
۲	سیم محافظ	یک	توسعه درونزا
۳	مقره	یک	توسعه درونزا
۴	دکل	یک	توسعه درونزا
۵	کابل	یک	توسعه درونزا
۶	یراق آلات خط	یک	توسعه درونزا
۷	فیلتر	دو	توسعه درونزا
۸	تجهیزات زمین	یک	توسعه درونزا
۹	مبدل AC/DC	سه	خرید خارجی
۱۰	سوئیچگیر	دو	خرید خارجی
۱۱	مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	دو	انتقال فناوری
۱۲	جبران کننده توان راکتیو	دو	توسعه درونزا
۱۳	ادوات FACTS	سه	خرید خارجی
۱۴	ترانسفورماتور	یک	توسعه درونزا
۱۵	برقگیر	یک	توسعه درونزا
۱۶	راکتور صافی	دو	توسعه درونزا
۱۷	سازه	یک	توسعه درونزا
۱۸	سیستم LV	یک	توسعه درونزا
۱۹	یراق آلات پست	یک	توسعه درونزا

بر اساس جدول فوق، روش اکتساب هادی، سیم محافظ، مقره، دکل، کابل، یراق آلات خط، فیلتر، تجهیزات زمین، جبران کننده توان راکتیو، ترانسفورماتور، برقگیر، راکتور صافی، سازه، سیستم LV و یراق آلات پست توسعه درونزا است و مطابق نظر خبرگان و متخصصان این حوزه باید از طریق فعالیت‌های تحقیق و توسعه در داخل کشور به دانش فنی ساخت این تجهیزات دست یافت. همچنین روش اکتساب تجهیزات مانیتورینگ و کنترل و حفاظت انتقال فناوری است که این انتقال می‌تواند از طریق یکی از روش‌های پیشنهادی ارائه شده در بخش‌های قبلی صورت بگیرد. در نهایت، پیشنهاد می‌شود مبدل AC/DC،

سوئیچگیر و ادوات FACTS از شرکت‌های خارجی تأمین شود. نتایج مربوط به روش اکتساب در بخش طراحی در جدول (۴-۱۲) ارائه شده است.

جدول (۴-۱۲): روش اکتساب پیشنهادی در بخش طراحی

ردیف	تجهیز / حوزه	ناحیه قرارگیری در ماتریس جذابیت - توانمندی	روش اکتساب پیشنهادی
۱	مبدل AC/DC	سه	خرید خارجی
۲	فیلتر و راکتور	دو	توسعه درونزا
۳	مطالعات حوزه پست	یک	توسعه درونزا
۴	مقره	یک	توسعه درونزا
۵	دکل	یک	توسعه درونزا
۶	فونداسیون	یک	توسعه درونزا
۷	سیستم زمین	یک	توسعه درونزا
۸	کابل‌ها	یک	توسعه درونزا
۹	هادی‌های خطوط	یک	توسعه درونزا
۱۰	مطالعات حوزه خط	یک	توسعه درونزا
۱۱	آرایش فیزیکی پست	یک	توسعه درونزا
۱۲	سیستم LV	دو	توسعه درونزا
۱۳	سازه	یک	توسعه درونزا
۱۴	شبکه زمین	یک	توسعه درونزا
۱۵	سیستم حفاظت اضافه ولتاژ	دو	توسعه درونزا
۱۶	تجهیزات سوئیچگیر	دو	توسعه درونزا
۱۷	ترانسفورماتور	دو	توسعه درونزا
۱۸	جبران ساز	دو	توسعه درونزا
۱۹	ادوات FACTS	سه	خرید خارجی
۲۰	مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	سه	انتقال فناوری

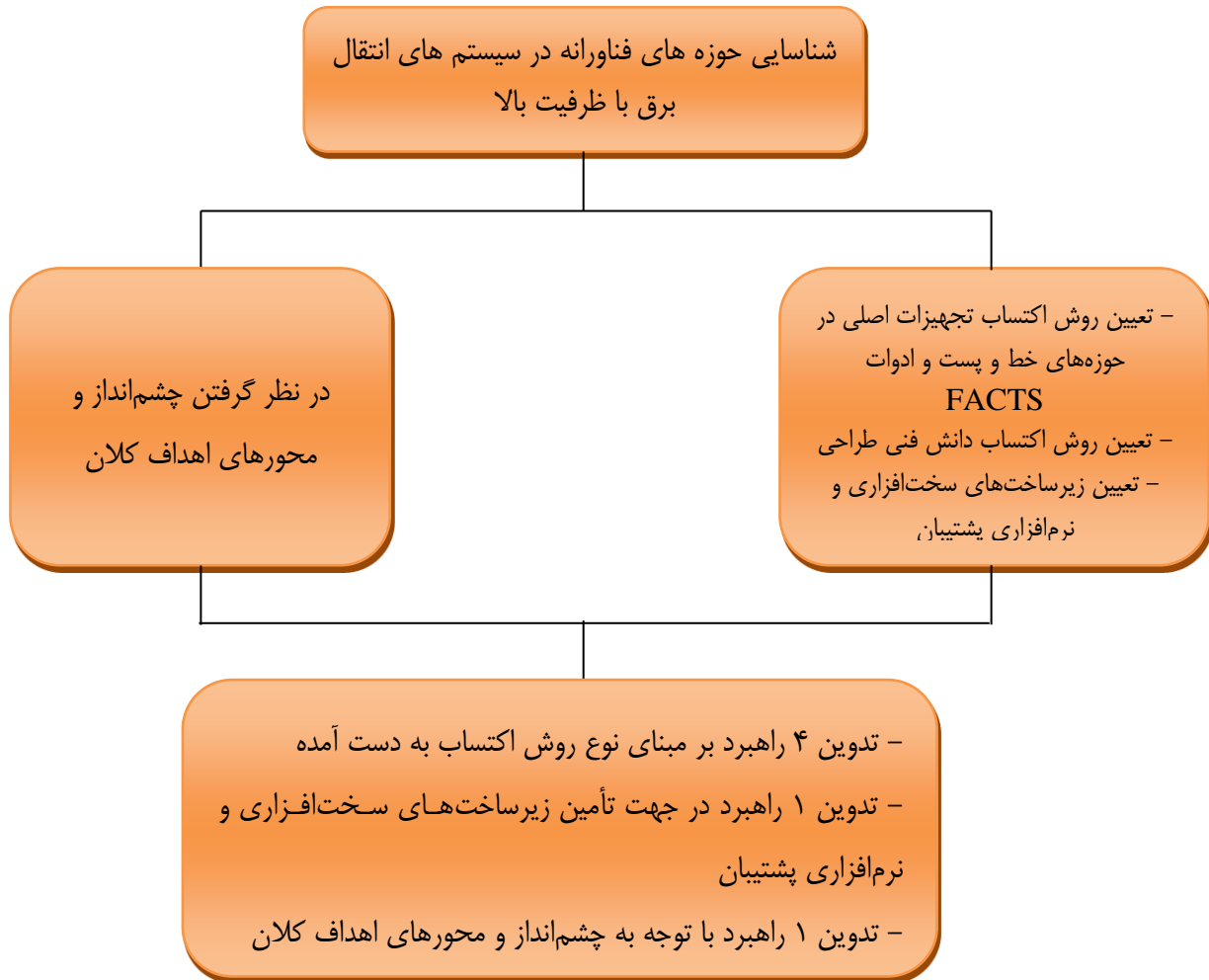
#### بر اساس نتایج جدول فوق،

بر اساس جدول فوق، روش اکتساب دانش طراحی فیلتر و راکتور، مطالعات حوزه پست، مقره، دکل، فونداسیون، سیستم زمین، کابل‌ها، هادی‌های خطوط، مطالعات حوزه خط، آرایش فیزیکی پست، سیستم LV، سازه و شبکه زمین، سیستم حفاظت اضافه ولتاژ، تجهیزات سوئیچگیر، ترانسفورماتور و جبران ساز توسعه درونزا است و طبق نظر خبرگان و متخصصان این حوزه با توجه به توان بالای موجود در کشور می‌توان به دانش طراحی این تجهیزات یا حوزه‌ها دست پیدا کرد. همچنین روش اکتساب دانش طراحی مانیتورینگ و کنترل و حفاظت انتقال فناوری است که این انتقال می‌تواند از طریق یکی از روش‌های پیشنهادی

ارائه شده در بخش‌های قبلی صورت بگیرد. با توجه به جذابیت و توانمندی نسبتاً پایین توسعه ادوات FACTS و مبدل AC/DC در داخل کشور، می‌توان این تجهیزات را از طریق خرید خارجی تأمین کرد.

## ۲-۳- راهبردهای تعیین شده برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

در راستای نیل به اهداف توسعه‌ی فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا باید راهبردهای توسعه این فناوری شناخته شود. فرایند تدوین راهبردها در شکل (۴-۸) نشان داده شده است. در این فرایند، ابتدا با استفاده از اطلاعات مرحله دوم پروژه، حوزه‌های فناورانه مشخص گردید. سپس با اولویت‌بندی در بخش تجهیزات و دانش فنی طراحی، روش اکتساب مشخص شد. همچنین تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری جانبی در نظر گرفته شدند. در انتها با در نظر گرفتن چشم‌انداز و محورهای اهداف کلان و همچنین روش‌های اکتساب مشخص شده، ۶ راهبرد برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا تدوین شد. از این تعداد، ۴ راهبرد مربوط به روش‌های اکتساب، ۱ راهبرد مربوط به تجهیزات جانبی و ۱ راهبرد مربوط به اهداف افزایش ظرفیت و صادرات برق است.



شکل (۴-۸): فرایند تدوین راهبردهای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

این ۶ راهبرد شناسایی شده عبارتند از:

- ۱- زمینه سازی تحقق اهداف و سیاست‌های کلان توسعه صنعت برق در بخش توسعه ظرفیت شبکه برق کشور و افزایش صادرات برق به کشورهای عراق، ترکیه، پاکستان، آذربایجان و روسیه.
- ۲- تامین و تجهیز زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری پشتیبان مورد نیاز در احداث فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا شامل تجهیزات نقشه‌برداری و مسیریابی، تجهیزات برج‌گذاری، تجهیزات سیم‌کشی و کشتی و ربات‌های کابل‌گذار در حوزه خط و تجهیزات نقشه‌برداری و حمل و نقل در حوزه پست.

- ۳- دستیابی به دانش فنی ساخت تجهیزات با تاکید بر ظرفیت‌سازی هدفمند و حمایتی از توانمندی‌ها و قابلیت‌های سازندگان داخلی تجهیزات استراتژیک شامل هادی، سیم محافظ، مقره، دکل، یراق‌آلات خط، کابل، فیلتر، تجهیزات زمین، جبران کننده توان راکتیو، ترانسفورماتور، برقیگیر، راکتور صافی، سازه، سیستم LV و یراق‌آلات پست.
- ۴- همکاری و مشارکت با شرکت‌های پیشرو در بومی‌سازی دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات مانیتورینگ، کنترل و حفاظت.
- ۵- تامین سایر تجهیزات مورد نیاز شامل مبدل AC/DC، سوئیچگیر و ادوات FACTS از طریق خرید خارجی.
- ۶- دستیابی به دانش طراحی فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در حوزه دانش فنی طراحی فیلتر و راکتور، مقره، دکل، فونداسیون، سیستم زمین، کابل، هادی‌های خطوط، سیستم LV، سازه، شبکه زمین، سیستم حفاظت اضافه ولتاژ، تجهیزات سوئیچگیر، ترانسفورماتور و جبران‌ساز و تسلط به دانش فنی مطالعات حوزه خط و پست و آرایش فیزیکی پست‌ها.





ردیف									سؤال
<b>سؤالات مربوط به ارزیابی توانمندی</b>									
<b>وضعیت دسترسی به دانش فنی مربوط به این فناوری را چگونه ارزیابی می کنید؟</b>									
(۱)									
دانش فنی موجود در سطح ایده آل است <span style="float: right;">۱۰</span>									
دانش فنی موجود بسیار ناچیز است <span style="float: right;">۱</span>									
سوئیچگیر	مبدل AC/DC	تجهیزات زمین	فیلتر و راکتور	کابل	دکل	مقره	سیم محافظ	هادی	براق آلات خط
مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	ادوات FACTS	جبران کننده توان راکتیو	ترانسفورماتور و راکتور	برقگیر	راکتور صافی	براق آلات پست	سازه	سیستم LV	
<b>آیا مواد اصلی مورد نیاز برای توسعه این فناوری در کشور موجود است؟</b>									
(۲)									
۱. بلی در صورت منفی بودن پاسخ، کدام یک از حالات زیر وجود دارد؟ ۲. تهیه مواد اصلی از خارج از کشور به سهولت امکانپذیر است. ۳. تهیه مواد اصلی از خارج از کشور ممکن اما با محدودیت مواجه است. ۴. به علت تحریم، امکان تهیه مواد اولیه از خارج از کشور امکانپذیر نیست.									
سوئیچگیر	مبدل AC/DC	تجهیزات زمین	فیلتر و راکتور	کابل	دکل	مقره	سیم محافظ	هادی	براق آلات خط
مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	ادوات FACTS	جبران کننده توان راکتیو	ترانسفورماتور و راکتور	برقگیر	راکتور صافی	براق آلات پست	سازه	سیستم LV	
<b>وضعیت دسترسی به منابع انسانی متخصص برای توسعه این فناوری را چگونه ارزیابی می کنید؟</b>									
(۳)									
تعداد منابع انسانی متخصص این فناوری <span style="float: right;">۱۰</span>									
تعداد منابع انسانی متخصص این فناوری بسیار کم است <span style="float: right;">۱</span>									

سوییچگیر	مبدل AC/DC	تجهیزات زمین	فیلتر و راکتور	کابل	دکل	مقره	سیم محافظ	هادی	یراق آلات خط
مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	ادوات FACTS	جبران کننده توان راکتیو	ترانسفورماتور و راکتور	برقگیر	راکتور صافی	یراق آلات پست	سازه	سیستم LV	

وضعیت دسترسی به زیرساخت سخت افزاری مورد نیاز برای توسعه این فناوری (مانند آزمایشگاه ها، ابزار، ماشین آلات و ...) را چگونه ارزیابی می کنید؟ (۴)

زیرساخت سخت افزاری مورد نیاز به طور کامل وجود دارد

زیرساخت سخت افزاری مورد نیاز وجود ندارد

سوییچگیر	مبدل AC/DC	تجهیزات زمین	فیلتر و راکتور	کابل	دکل	مقره	سیم محافظ	هادی	یراق آلات خط
مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	ادوات FACTS	جبران کننده توان راکتیو	ترانسفورماتور و راکتور	برقگیر	راکتور صافی	یراق آلات پست	سازه	سیستم LV	

## سؤالات مربوط به ارزیابی جذابیت

میزان اشتغال‌زایی ناشی از توسعه این فناوری را چگونه ارزیابی می کنید؟ (۵)

بسیار زیاد

بسیار کم

سوییچگیر	مبدل AC/DC	تجهیزات زمین	فیلتر و راکتور	کابل	دکل	مقره	سیم محافظ	هادی	یراق آلات خط
مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	ادوات FACTS	جبران کننده توان راکتیو	ترانسفورماتور و راکتور	برقگیر	راکتور صافی	یراق آلات پست	سازه	سیستم LV	

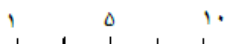
قطعات مورد نیاز برای توسعه این فناوری تا چه حد استراتژیک محسوب می شوند؟ (۶)



هزینه دستیابی به دانش فنی و بومی سازی این فناوری را چگونه ارزیابی می کنید؟

(۷)

بسیار زیاد



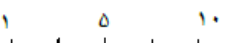
بسیار کم

سوییچگیر	مبدل AC/DC	تجهیزات زمین	فیلتر و راکتور	کابل	دکل	مقره	سیم محافظ	هادی	یراق آلات خط
مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	ادوات FACTS	جبران کننده توان راکتیو	ترانسفورماتور و راکتور	برقگیر	راکتور صافی	یراق آلات پست	سازه	سیستم LV	

میزان کاربرد این فناوری را در سایر حوزه ها (خارج از صنعت برق) چگونه ارزیابی می کنید؟

(۸)

بسیار کم



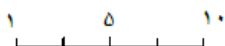
بسیار زیاد

سوییچگیر	مبدل AC/DC	تجهیزات زمین	فیلتر و راکتور	کابل	دکل	مقره	سیم محافظ	هادی	یراق آلات خط
مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	ادوات FACTS	جبران کننده توان راکتیو	ترانسفورماتور و راکتور	برقگیر	راکتور صافی	یراق آلات پست	سازه	سیستم LV	

میزان ارزش افزوده ناشی از توسعه این فناوری را چگونه ارزیابی می کنید؟

(۹)

بسیار کم



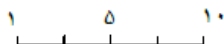
بسیار زیاد

سوییچگیر	مبدل AC/DC	تجهیزات زمین	فیلتر و راکتور	کابل	دکل	مقره	سیم محافظ	هادی	یراق آلات خط
مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	ادوات FACTS	جبران کننده توان راکتیو	ترانسفورماتور و راکتور	برقگیر	راکتور صافی	یراق آلات پست	سازه	سیستم LV	

امکان صادرات این فناوری در آینده را چگونه ارزیابی می کنید؟

(۱۰)

بسیار کم



بسیار زیاد



## پیوست ۲- پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی

### (دانش فنی طراحی)

پست سازمانی:

نام و نام خانوادگی:

شماره تماس:

تحصیلات / تخصص:

آدرس پست الکترونیک:

آیا مایل هستید اطلاعات شخصی جنابعالی در بانک اطلاعاتی متخصصین  بلی  خیر

ذخیره گردد؟

تجربیات قبلی (در صورت امکان) به صورت خلاصه ضمیمه گردد

#### ملاحظات:

این پرسشنامه حاوی ۶ سؤال است که ۳ سؤال اول مربوط به ارزیابی توانمندی و ۳ سؤال بعدی مربوط به ارزیابی جذابیت است. تمام فناوری‌های کلیدی در زیر هر یک از سؤالات درج شده است. برای پاسخ به سؤال ۱ 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.

خواهشمند است میزان آشنایی خود را با هر یک از فناوری‌ها با اعداد ۰ تا ۵ در جدول زیر مشخص کنید. عدد ۰ به معنای عدم آشنایی و عدد ۵

به معنای آشنایی کامل جنابعالی با این فناوری است.

فناوری	مطالعات حوزه خط	هادی‌های خطوط	کابل‌ها	سیستم زمین	فونداسیون	دکل	مقره	مطالعات حوزه پست	فیلتر و راکتور	مبدل AC/DC
میزان آشنایی										
فناوری	مانیتورینگ و کنترل و حفاظت	ادوات FACTS	جبران ساز	ترانسفورماتور و راکتور	تجهیزات سوئیچگیر	سیستم حفاظت اضافه ولتاژ	شبکه زمین	سازه	سیستم LV	آرایش فیزیکی پست

									میزان آشنایی
--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------

سؤال									ردیف
<b>سؤالات مربوط به ارزیابی توانمندی</b>									
<b>وضعیت دسترسی به دانش فنی مربوط به این فناوری را چگونه ارزیابی می کنید؟</b>									
۱- وجود ندارد									
۲- دسترسی در سطح Conceptual									
۳- دسترسی در سطح Basic									
۴- دسترسی در سطح Detail									
مبدل AC/DC	فیلتر و راکتور	مطالعات حوزه پست	مقره	دکل	فونداسیون	سیستم زمین	کابل‌ها	هادی‌های خطوط	مطالعات حوزه خط
آرایش فیزیکی پست	سیستم LV	سازه	شبکه زمین	سیستم حفاظت اطلافه ولتاژ	تجهیزات سوئیچگیر	ترانسفورماتور و راکتور	جبران ساز	ادوات FACTS	مانیتورینگ و کنترل و حفاظت
<b>وضعیت دسترسی به منابع انسانی متخصص برای توسعه این فناوری را چگونه ارزیابی می کنید؟</b>									
تعداد منابع انسانی متخصص این فناوری در سطح ایده آل است									
تعداد منابع انسانی متخصص این فناوری بسیار کم است									
مبدل AC/DC	فیلتر و راکتور	مطالعات حوزه پست	مقره	دکل	فونداسیون	سیستم زمین	کابل‌ها	هادی‌های خطوط	مطالعات حوزه خط
آرایش فیزیکی پست	سیستم LV	سازه	شبکه زمین	سیستم حفاظت اطلافه ولتاژ	تجهیزات سوئیچگیر	ترانسفورماتور و راکتور	جبران ساز	ادوات FACTS	مانیتورینگ و کنترل و حفاظت









## پیوست ۳- واژه‌نامه

### Vision

### چشم‌انداز

چشم‌انداز عبارتست از تصویر مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در حوزه فناوری که در یک افق زمانی بلندمدت و متناسب با مبانی ارزشی جامعه تعیین می‌گردد. به عبارت دیگر چشم‌انداز، بیان صریح سرنوشتی است که فناوری به سوی آن حرکت می‌کند و تصویر آینده‌ای است که کشور در جستجوی خلق آن است.

### Goals

### اهداف کلان

پاسخگویی به این سؤال اساسی که "برای رسیدن به چشم‌انداز در افق زمانی تعیین شده، به چه مقاصدی باید دست یابد؟"، بیان‌کننده‌ی اهداف کلان است. تعریف این مقاصد بلندمدت راهبردی به شفاف‌سازی چشم‌انداز تعیین شده کمک می‌کند.

### National Technology Strategy

### راهبرد ملی فناوریانه

دربرگیرنده‌ی مجموعه‌ای از جهت‌گیری‌هایی است که به سوالات 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 فناوریانه، تعیین رویکرد توسعه، و مشخص نمودن سبک اکتساب است.

### Top-Down Approach

### رویکرد بالا-به-پایین

رویکردی هدف محور است که به دنبال ترسیم یک آینده‌ی مطلوب برای توسعه فناوری است. رویکرد بالا-به-پایین با تعریف چشم‌انداز و تبیین آن در قالب اهداف، مسیر حرکت به سمت آینده را مشخص می‌کنند.

### Bottom-Up Approach

### رویکرد پایین-به-بالا

رویکردی که نگاهی مسئله‌محور به توسعه فناوری دارد. این رویکرد به تعریف اهداف توسعه بر مبنای پایش محیط داخل و خارج (نقاط قوت و ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها) می‌پردازد.

## Technology Acquisition Mode

## سبک اکتساب فناوری

تصمیم‌گیری در مورد نحوه توسعه به یکی از اشکال تحقیق و توسعه داخلی، همکاری فناورانه و خرید فناوری، بیان‌کننده سبک اکتساب فناوری است. توسعه درونزا به معنای توسعه‌ای است که به صورت همه‌جانبه و در داخل کشور باید صورت گیرد. همکاری فناورانه شامل روش‌هایی نظیر تملک، خرید لیسانس و سرمایه‌گذاری مشترک برای انتقال فناوری به کشور است. خرید فناوری به معنای خرید آن دسته از فناوری‌هایی است که به لحاظ جذابیت و امکان‌پذیری توسعه در رتبه پایینی قرار دارند و توجهی برای توسعه داخلی آن‌ها وجود ندارد.

## Strategy

## راهبرد

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.

## Technological Capability Assessment

## ارزیابی توانمندی فناورانه

سنجش سطح توانمندی‌های بالفعل و بالقوه (قابلیت) در سطوح بنگاهی، بخشی و یا ملی است که به منظور تعیین شکاف فناورانه و پرکردن خلأهای موجود.

## Macro Directions

## جهت‌گیری‌های

جهت‌گیری کلان تصمیماتی است که به شکل‌دهی آینده‌ی مطلوب می‌انجامد. هم به معنی ایجاد یک تصویر از این آینده و هم به معنی تعیین مسیر و چگونگی دستیابی به آن است.

## فهرست مطالب

۱- مقدمه .....	۱
۲- چارچوب نظری تدوین اقدامات سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا .....	۱
۲-۱- کارکردها در نظام نوآوری فناورانه .....	۲
۲-۲- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه .....	۱۵
۲-۲-۱- بازیگران .....	۱۵
۲-۲-۲- نهادها .....	۱۶
۲-۲-۳- زیرساخت .....	۱۷
۲-۲-۴- روابط و شبکه‌ها .....	۱۸
۳- فرایند تدوین اقدامات توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا .....	۲۰
۳-۱- شناسایی وضعیت موجود توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا .....	۲۲
۳-۱-۱- بازیگران نظام توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا .....	۲۲
۳-۱-۲- شناسایی مرحله توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا .....	۲۸
۳-۲- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا .....	۳۰
۳-۳- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا .....	۳۱
۳-۴- اقدامات مورد نیاز برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا .....	۳۵
۳-۴-۱- اقدامات غیر فنی مورد نیاز برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا .....	۳۵
۳-۴-۲- اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا .....	۳۹
۴- نتیجه‌گیری .....	۴۳
منابع .....	۴۴

## فهرست اشکال

- شکل (۱-۲): نمایش مسیر توسعه بازار تکنولوژی ..... ۱۱
- شکل (۱-۳): فرایند تدوین اقدامات توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۲۱
- شکل (۲-۳): نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه ..... ۲۹
- شکل (۳-۳): مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای ..... ۳۰

## فهرست جداول

- جدول (۱-۲): ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه ..... ۲۰
- جدول (۱-۳): مهم‌ترین فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۲۲
- جدول (۲-۳): شرکت‌های فعال در زمینه تامین مواد، قطعات و تجهیزات در حوزه انتقال برق ..... ۲۵
- جدول (۳-۳): شاخص‌های شناسایی مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه ..... ۲۸
- جدول (۴-۳): نحوه ارتباط اقدامات غیرفنی با چالش‌های توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۳۸
- جدول (۵-۳): نحوه ارتباط اقدامات فنی با راهبردهای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۴۲



## ۱- مقدمه

در مرحله چهارم طرح «سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا»، اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردها مشخص می‌گردد. این اقدامات برای رفع مشکلات موجود در ابعاد توسعه و انتشار دانش، فعالیت‌های کارآفرینی، شکل دهی به بازار، تامین منابع مالی، انسانی و مواد، مشروعیت بخشی و جهت دهی به سیستم در حوزه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا تعیین می‌شود [۱]. ورودی لازم برای تعیین این اقدامات، چالش‌ها و مشکلات موجود در هر یک از این ابعاد است که با کمک کارشناسان و خبرگان در زمینه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا استخراج می‌شود.

ساختار این گزارش به این صورت است. در بخش اول درباره مبانی نظری تدوین اقدامات این سند صحبت می‌شود. سپس فرایند تدوین اقدامات سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا مورد بحث قرار می‌گیرد. در نهایت، اقدامات تدوین شده برای رفع موانع توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ارائه خواهد شد.

## ۲- چارچوب نظری تدوین اقدامات سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

مبنای تدوین این اقدامات در این سند نظام نوآوری فناورانه (TIS) است. بنا بر تعریف کارلسون و استانکیویچک [۲] نظام فناورانه عبارت است از: «شبکه‌ای پویا از عاملان<sup>۱</sup> که در یک ناحیه‌ی اقتصادی/صنعتی تحت زیرساخت‌های نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهیم هستند»

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

<sup>۱</sup> - Agents

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

## ۲-۱- کارکردها در نظام نوآوری فناورانه

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

<sup>1</sup>- Micro oriented

<sup>2</sup>- Macro oriented

کارکردها، حلقه‌های علی و معلولی متفاوتی قابل شناسایی هستند. بنابراین، در ادامه به معرفی کارکردها و چگونگی اثرگذاری آن‌ها بر یکدیگر پرداخته خواهد شد.

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

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

☞ فناوری‌های کار آفرینی

☞ توسعه دانش

☞ انتشار دانش

☞ جهت‌دهی به سیستم

☞ شکل‌دهی به بازار

☞ تامین و تسهیل منابع

☞ مقبولیت بخشی

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

### 🔗 فعالیت‌های کارآفرینی

کارآفرینان از بازیگران کلیدی در نظام‌های نوآوری به‌شمار می‌روند. فعالیت‌های کارآفرینی را نیز می‌توان در قالب یکی از فرآیندهای اصلی نظام نوآوری جای داد. فعالیت کارآفرینی عبارتست از تبدیل دانش فنی موجود به کسب و کارهای جدید. این کار از طریق انجام پروژه‌های اجرایی انجام می‌شود. بنابراین، از لازمه‌های انجام فعالیت کارآفرینی، وجود دانش فنی است. نکته قابل بیان آن است که هر بازیگری (شامل هر بازیگری در بخش خصوصی یا عمومی و

یا بازیگران دولتی، دانشگاهی و یا صنعتی) که به انجام فعالیت‌های کارآفرینی مبادرت ورزد، در آن مقطع خاص به‌عنوان کارآفرین شناخته می‌شود. بنابراین، در برخی موارد، حتی دولت‌ها نیز می‌توانند در نقش کارآفرین ظاهر شوند. به‌طور کلی می‌توان دو زیرکارکرد را برای فعالیت‌های کارآفرینی متصور شد: ایجاد فرصت‌های کاری جدید و شناساندن فرصت‌های کاری جدید. در ایجاد فرصت‌های کاری جدید، کسب سود به‌طور مستقیم مورد هدف قرار می‌گیرد؛ درحالی‌که در شناساندن فرصت‌های کاری جدید، ایجاد مشروعیت برای آن محصول یا خدمت (و در سطحی بالاتر برای تکنولوژی) هدف اصلی فعالیت است. در این حالت، با ایجاد مشروعیت برای محصول یا خدمت ارائه شده، زمینه‌ای برای کسب سود فراهم می‌شود.

می‌توان گفت که فعالیت‌های کارآفرینی شامل تلاش‌هایی است که بطور مستقیم به تجاری‌سازی محصولات و خدمات ارائه شده بر پایه‌ی دانش فنی موجود می‌پردازند. درحقیقت، این فعالیت است که یک نظام نوآوری را از یک نظام تحقیقات متمایز می‌سازد. لازم به ذکر است که انجام فعالیت‌های کارآفرینی می‌تواند منجر به شکل‌گیری دانش‌های جدید از تکنولوژی موجود گردد. بنابراین، از 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 صورت‌پذیرفته (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

توسعه دانش

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

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

می‌توان برای دانش موجود در سیستم، سطوح مختلفی را متصور شد. این سطوح عبارتند از سطح بنگاه، صنعت و جامعه. دانش موجود در سطح بنگاه عبارتست از دانشی که مختص بنگاه‌ها بوده و برای دستیابی به آن می‌بایست آن را درون بنگاه‌ها جستجو کرد. این دانش (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش فنی است) در رابطه با محصولات و

<sup>۱</sup> - برخی از محققان این کارکرد را کارکرد یادگیری نام نهاده‌اند.

<sup>۲</sup> - Learning by searching

<sup>۳</sup> - Learning by doing

<sup>۴</sup> - Learning by interacting

<sup>۵</sup> - Learning by using

فرایند تولید آن‌ها در حیطه تخصصی بنگاه‌ها است و معمولاً بنگاه‌ها حاضر به تسهیم آن با سایر بنگاه‌ها نمی‌شوند. دانش موجود در سطح صنعت (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش غیرفنی است) متعلق به بنگاه خاصی نیست و حاصل از پارادایم موجود در سطح صنعت می‌باشد. برای دستیابی به دانش موجود در سطح یک صنعت می‌بایست وارد صنعت مورد نظر شد. دانش موجود در سطح جامعه نیز همچون دانش موجود در سطح صنعت متعلق به مجموعه‌ای از بازیگران موجود در آن جامعه است. برای اکتساب این نوع از دانش نیز می‌بایست وارد جامعه مورد نظر شد. از طریق ارزیابی شاخص‌ها و رخدادهای زیر می‌توان میزان برآوردن این کارکرد را بررسی کرد:

- تعداد مقالات ISI منتشر شده در زمینه تکنولوژی
- تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه تکنولوژی
- تعداد و 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 به‌جای محدوده گسترده‌تر (پایلوت)<sup>۱</sup>
- تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از تکنولوژی (پروتوتایپ)<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>- Pilot

<sup>۲</sup>- Prototype

## انتشار دانش

کارکرد انتشار دانش دربرگیرنده مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف تسهیم<sup>۱</sup> و به اشتراک‌گذاری<sup>۲</sup> دانش<sup>۳</sup> و اطلاعات در میان بازیگران مختلف موجود در سیستم است. یک عامل ساختاری ضروری برای تحقق انتشار دانش، شبکه است. یکی از ویژگی‌های مهم نظام نوآوری فناورانه، وجود شبکه در ساختار آن است. مهم‌ترین نقشی که یک شبکه قادر به برآوردن آن است، فراهم‌آوری بستری برای ایجاد جریان دانش و اطلاعات در بین بازیگران موجود در سیستم است. دو نوع از شبکه‌ها را می‌توان متصور بود: شبکه‌های نرم و شبکه‌های سخت. در شبکه‌های نرم، لزوماً دانش موجود در منبع دانشی (بازیگر برخوردار از دانش) به بازیگر خواهان دانش به صورت کامل منتقل نمی‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه عبارتند از کنفرانس‌ها، همایش‌ها، کارگاه‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی مشترک بین بازیگران موجود در نظام. از این پس، این نوع از انتشار دانش، تسهیم دانش نامیده می‌شود. در شبکه‌های سخت، دانش موجود در منبع دانشی توسط بازیگر خواهان آن دریافت می‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه‌ها عبارتند از اتحادهای استراتژیک، هاب‌های تکنولوژی و سرمایه‌گذاری‌های مشترک<sup>۴</sup>. این نوع از انتشار دانش، به اشتراک‌گذاری دانش نامیده می‌شود. نمونه‌ای از رخدادهای شاخص‌های نشانگر تحقق این کارکرد عبارتند از:

- تعداد فعالیت‌های تحقیق و توسعه و نوآورانه مشترک صورت پذیرفته میان واحدهای مختلف (با هدف تسهیم دانش)
- میزان جابجایی نیروهای تحصیلکرده دانشگاهی با محوریت تکنولوژی
- کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی، پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران، سرمایه‌گذاری‌های مشترک صورت پذیرفته با موضوع تکنولوژی

<sup>۱</sup>- Dissemination

<sup>۲</sup>- Sharing

<sup>۳</sup>- همان‌طور که کارکرد خلق دانش مشتمل بر خلق دانش فنی و غیرفنی است، کارکرد انتشار دانش نیز قابل تقسیم به انتشار دانش فنی و انتشار دانش غیرفنی می‌باشد.

<sup>۴</sup>- Joint venture

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

### جهت‌دهی به سیستم

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 عبارتند از سطح فراسیستم<sup>۱</sup> و سطوح کلان<sup>۲</sup> و خرد سیستم<sup>۳</sup>. این فعالیت‌ها به‌منظور همگرا ساختن تلاش‌های انجام گرفته در توسعه تکنولوژی انجام می‌شوند. می‌توان این فرایند گزینشی را دربرگیرنده شناسایی فرصت‌های موجود در نظام نوآوری فناورانه دانست. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که به‌علت وجود محدودیت در منابع در دسترس، از میان گزینه‌های مختلف موجود باید دست به انتخاب زد 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 به‌هدر می‌رود. در نتیجه، تعداد قابل توجهی از گزینه‌های توسعه با وجود صرف منابع برایشان، ناموفق باقی می‌مانند. برای جلوگیری از وقوع این رخداد، کارکرد جهت‌دهی به سیستم در روند توسعه فناورانه تعریف می‌گردد.

می‌توان فعالیت‌های انجام شده‌ی مربوط به این کارکرد را به سه دسته تقسیم کرد: تنظیمی<sup>۴</sup>، شناختی<sup>۵</sup> و هنجاری<sup>۶</sup>. درحقیقت، 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 به‌معنای

<sup>۱</sup> - منظور از فراسیستم، سیستمی است که سیستم مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. در ادبیات از این فراسیستم با نام Landscape یاد می‌شود.

<sup>۲</sup> - 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.

<sup>۳</sup> - این مجموعه از سطوح متأثر از تغییرات فراوانی هستند و به‌شدت متلاطم می‌باشند. در ادبیات این سطوح را Niche می‌نامند.

<sup>۴</sup> - Regulative

<sup>۵</sup> - Cognitive

<sup>۶</sup> - Normative



تغییر در شناخت‌های پیشین و ایجاد شناخت جدید نسبت به گزینه‌های موجود است. برخی دیگر از رخدادهای 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 نتیجه‌ی وقوع رخدادهای اثرگذار بر شناخت‌ها و هنجارهای سیستم، قوانین، مقررات، استانداردها، توافق‌نامه‌ها و بطور 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
- رشد تکنولوژی در کشورهای دیگر
- شکل‌گیری انتظاراتی درباره‌ی آینده‌ی تکنولوژی
- هدف‌گذاری‌های انجام شده در سیاست‌گذاری‌های تکنولوژی
- قانون‌گذاری در رابطه با تکنولوژی
- تدوین استانداردها

## 📌 شکل دهی به بازار

مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف رقابت‌پذیر ساختن تکنولوژی نوظهور نسبت به تکنولوژی‌های موجود در عرصه بازار در طول تحقق این کارکرد قرار می‌گیرند. نباید انتظار داشت که تکنولوژی‌های نوظهور، توانایی رقابت با تکنولوژی‌های موجود را داشته باشند. بنابراین نیاز است تا با هدف حمایت از نوآوری، شرایطی قابل رقابت در بازار برای تکنولوژی نوظهور پدید آورد. در واقع می‌بایست با انجام مجموعه‌ای از فعالیت‌ها، برای رقابت تکنولوژی نوظهور با سایر تکنولوژی‌ها محیطی کنترل شده پدید آورد. نوع فعالیت‌ها و هدف میان‌مدت آن‌ها در طول دوره تکامل

تکنولوژی نوظهور متغیر است. به بیان دیگر، با توسعه تکنولوژی و افزایش قابلیت‌های آن، نوع فعالیت‌های مربوط به تکنولوژی و هدف آن‌ها برای توسعه استفاده از آن در بازار نسبت به دیگر تکنولوژی‌ها تغییر می‌کند.

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

- قابلیت‌های فنی اشاره به قابلیت‌هایی داشته که یک تکنولوژی با دارا بودن آن‌ها می‌تواند از لحاظ فناورانه، ممکن تلقی شود. به عبارت دیگر، زمانی که یک تکنولوژی از قابلیت فنی برخوردار باشد، دسترسی به زیرتکنولوژی‌های لازم برای تولید آن ممکن بوده، مواد اولیه و تجهیزات مکمل موردنیاز موجود می‌باشد، دانش کافی برای انتقال تکنولوژی در اختیار است، کلیه اجزای فنی آن با یکدیگر سازگاری داشته (هماهنگی میان اجزا)، تکنولوژی به خروجی قابل قبول خود دست یافته (تکنولوژی درست عمل می‌کند) و درنهایت تکنولوژی از قابلیت اطمینان<sup>۴</sup> بالایی برخوردار می‌باشد. بنابراین، با دارا بودن این قابلیت درمورد یک تکنولوژی مفروض می‌توان از پشتیبانی کامل از بعد فناورانه در آن تکنولوژی اطمینان حاصل نموده و دستیابی به تکنولوژی را چه از بعد تولیدی و چه از بعد انتقال تکنولوژی ممکن دانست.

<sup>1</sup>- Technological Potential

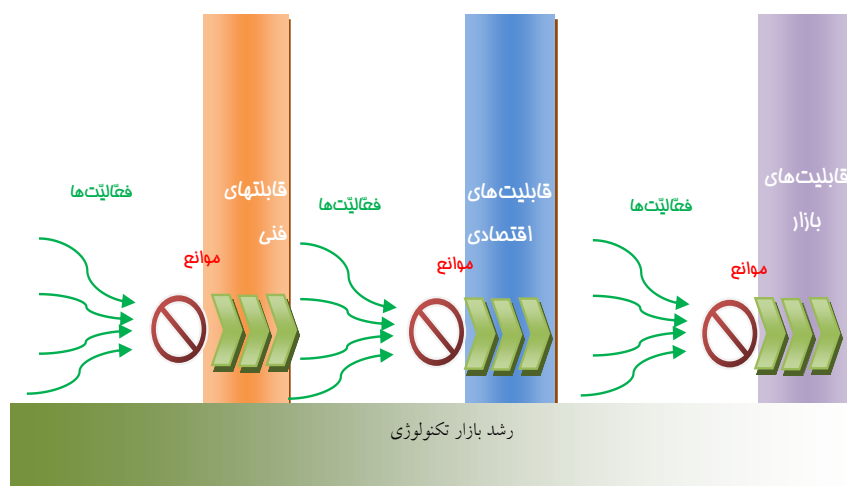
<sup>2</sup>- Economical Potential

<sup>3</sup>- Market Potential

<sup>4</sup>- Reliability

• قابلیت اقتصادی به قابلیت‌هایی اشاره دارد که تکنولوژی با دارا بودن آن‌ها از لحاظ اقتصادی به‌صرفه تلقی می‌گردد. تکنولوژی که از قابلیت‌های اقتصادی برخوردار باشد، تحلیل هزینه-فایده<sup>۱</sup> در مورد تکنولوژی نتیجه‌ای مثبت (چیرگی فایده بر هزینه) به‌همراه داشته، هزینه‌های تولید، مونتاژ و یا انتقال آن به‌صرفه بوده، خروجی تولیدی از تکنولوژی دارای ارزش بالا بوده و در مجموع ورود به بازار این تکنولوژی پربازده تلقی می‌گردد. به‌طور قطع زمانی یک تکنولوژی قادر به دستیابی به این قابلیت خواهد بود که از قابلیت‌های فنی برخوردار شده باشد. به‌عبارت دیگر، دستیابی به قابلیت‌های فنی، پیش‌نیاز دستیابی به قابلیت‌های اقتصادی است.

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



شکل (۲-۱): نمایش مسیر توسعه بازار تکنولوژی

<sup>1</sup> - Cost Benefit Analysis

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

- شناسایی 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

### بسیج منابع

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

• منابع انسانی: تامین و هماهنگ‌سازی افراد علمی یا فنی موردنیاز برای توسعه تکنولوژی

• منابع مالی: تامین و هماهنگ‌سازی بودجه‌ها و اعتبارات موردنیاز برای توسعه تکنولوژی

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

• منابع مکمل: تامین و هماهنگ‌سازی زیرساخت‌ها، محصولات و یا خدمات مکمل<sup>۱</sup> موردنیاز برای توسعه

### تکنولوژی

این کارکرد می‌تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگر دیگری که در روند توسعه فناوری مشغول است، برآورده

گردد. هرچه سطح بلوغ تکنولوژی نوظهور بیشتر شود، انتظار می‌رود سهم بخش خصوصی در تامین منابع مورد نیاز

نیز بیشتر گردد. نمونه‌ای از رخدادهایی که می‌تواند منجر به تحقق این کارکرد شود، در ادامه آورده شده است:

• کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه)

• سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری

• توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز تکنولوژی و محصولات و خدمات مکمل

• تامین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه تکنولوژی از خارج از کشور

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

### مشروعیت بخشی

آن دسته از فعالیت‌هایی که به دنبال ایجاد مقبولیت اجتماعی برای تکنولوژی جدید هستند و می‌توانند منجر به تغییر

نهادهای موجود در جامعه و هم‌راستا شدن آن‌ها با نیازهای بازیگران موجود در نظام مورد نظر گردند را می‌توان

محقق‌کننده این کارکرد دانست. برای توضیح بیشتر می‌توان گفت که ظهور یک تکنولوژی جدید، اغلب با مخالفت

بازیگرانی که دارای منافع در تکنولوژی‌های کنونی هستند، همراه می‌شود. بنابراین، نیاز است تا بازیگران تکنولوژی

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

نوظهور، بر این لختی<sup>۱</sup> موجود غلبه نمایند. این کارکرد در توسعه تکنولوژی‌ها مانند یک کاتالیزگر عمل می‌کند و به فرایند توسعه نظام نوآوری سرعت می‌بخشد. این امر از طریق تشویق قانون‌گذاران و سیاست‌گذاران، به ایجاد آرایش‌بندی جدیدی از بدنه قواعد و مقررات مربوط به نظام نوآوری فناورانه صورت می‌پذیرد. کارکرد حمایت از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی‌های سیاسی و رایزنی‌هایی است که بین گروه ذینفعان تکنولوژی صورت می‌پذیرد. شبکه‌ها، نقشی مهم را در تحقق این کارکرد ایفا می‌کنند. این کارکرد از اهمیت بالایی در توسعه نظام نوآوری برخوردار است؛ چراکه معمولاً در بدو توسعه یک نظام نوآوری، بازیگران موجود در آن به‌آسانی دست به ایجاد شبکه‌ای میان خود نمی‌زنند. از این رو در ارتباط با تکنولوژی مطلوب و نیز روش دستیابی به آن اختلاف‌نظر وجود دارد و شناسایی یک موضع شفاف در این رابطه دشوار خواهد بود. بنابراین، ایجاد اتحاد برای توسعه تکنولوژی امر سهلی نمی‌باشد. در اینجا وجود شبکه‌ها علاوه بر تسهیل کردن انتشار دانش میان بازیگران، به همگرا ساختن آنان نیز کمک می‌کند. بنابراین از یک سو بازیگران موجود در نظام نوآوری با یکدیگر همکاری زیادی ندارند. از سوی دیگر به‌علت آنکه توسعه تکنولوژی نوظهور منجر به کنار زده شدن برخی تکنولوژی‌های دیگر می‌گردد، بازیگران مربوط به تکنولوژی‌های موجود (رقیب تکنولوژی نوظهور) که دارای تعاملات قابل توجهی با یکدیگر هستند با توسعه تکنولوژی نوظهور مخالفت می‌کنند. بنابراین، کارکرد مشروعیت‌بخشی برای توجیه کردن تکنولوژی نوظهور به‌عنوان بخشی از نظام فنی جدید و مقاومت در برابر مقابله‌های انجام گرفته از سوی بازیگران موجود اهمیت دارد. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نمایانگر تحقق این کارکرد در ادامه آورده شده است:

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

<sup>۱</sup> - نام دیگری که بر این کارکرد نهاده می‌شود، حذف مقاومت در برای تغییر (لختی یا اینرسی) است. بنابراین، علت وجودی این کارکرد، غلبه بر اینرسی بازیگران موجود در نظام است.

• میزان حمایت از تکنولوژی موردنظر در رسانه‌ها

## ۲-۲- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

در این بخش به چهار دسته از عوامل ساختاری موجود در نظام‌های نوآوری فناورانه پرداخته خواهد شد. این چهار دسته عبارتند از بازیگران<sup>۱</sup>، نهادها<sup>۲</sup>، فناوری‌ها<sup>۳</sup> و روابط و شبکه‌ها<sup>۴</sup>.

### ۱-۲-۲- بازیگران

دسته بازیگران شامل تمام سازمان‌هایی است که به طور مستقیم به عنوان توسعه‌دهنده و یادگیرنده فناوری یا به طور غیرمستقیم به عنوان تنظیم‌کننده، تامین‌کننده مالی و دیگر نقش‌ها در ظهور فناوری نقش دارند. در حقیقت، این بازیگران، یک نظام نوآوری تکنولوژیکی هستند که با انتخاب‌ها و تصمیمات خود، فناوری‌هایی را ایجاد، منتشر و بهره‌برداری می‌کنند. ایجاد یک نظام فناورانه نوآوری وابسته به وجود مهارت‌ها و اشتیاق بازیگران آن برای انجام اقدامات مختلف است.

تنوع بالقوه بازیگران در یک نظام نوآوری فناورانه بسیار زیاد است و گستره‌ای از بازیگران بخش خصوصی، بازیگران دولتی، توسعه‌دهندگان فناوری تا گیرندگان آن را در بر می‌گیرد. برخی از بازیگران در توسعه یک فناوری نقش پیشرو<sup>۵</sup> را دارند و سایر بازیگران، پیرو<sup>۶</sup> هستند. بازیگران پیشرو آن‌هایی هستند که کاملاً در توسعه یک فناوری خاص وارد شده‌اند و به موفقیت آن فناوری وابسته می‌باشند. در طرف مقابل، بازیگران پیرو کاملاً در توسعه یک فناوری درگیر نشده‌اند و می‌توانند بین گزینه‌های مختلف، دست به انتخاب بزنند. به طور معمول، پیروان توسعه یک فناوری، متشکل از واحدهای صنعتی و توسعه‌دهندگان

<sup>1</sup>- Actors

<sup>2</sup>- Institution

<sup>3</sup>- Technology

<sup>4</sup> Network

<sup>5</sup>- Enactor

<sup>6</sup>- Selector

فناوری کوچک هستند که تنها درحوزه یک فناوری به ایفای نقش مشغول هستند. در طرف مقابل، پیروان را می‌توان متشکل از تنظیم‌گران، تامین‌کنندگان مالی، کاربران و بنگاه‌های بزرگ با قابلیت حمایت از انواع مختلفی از گزینه‌های تکنولوژیکی دانست. با در نظر گرفتن وضعیت فعلی نظام نوآوری که تفاوت میان تولیدکنندگان و کاربران همواره در حال محو شدن است، تقسیم بندی بازیگران برحسب نقش آن‌ها در نظام نوآوری خیلی مفید فایده نخواهد بود. لذا در این مطالعه برای تحلیل نظام نوآوری فناورانه بازیگران (افراد، سازمان‌ها و شبکه‌ها) را برحسب نقش آن‌ها در فعالیتهای اقتصادی تقسیم‌بندی کردیم: جامعه مدنی، سازمان‌های غیردولتی (NGO)، شرکت‌ها (نوبنیان، بنگاه‌های کوچک و متوسط (SMEs)، شرکت‌های چندملیتی و نیز شرکت‌های بزرگ)، موسسات دانشی (دانشگاه‌ها، نهادهای فناورانه، مراکز تحقیقاتی و مدارس) و دیگر بخش‌ها شامل (سازمان‌های حقوقی، موسسات مالی، بانک‌ها، نهادهای واسطه‌ای (بیمه‌ها) و مشاوران). این بازیگران مختلف همگی می‌توانند نقش‌های متفاوتی را در یک نظام ایفا نمایند.

## ۲-۲-۲ - نهادها

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

مثال‌هایی از نهادهای رسمی عبارتند از قوانین دولتی و تصمیمات سیاستی و یا بخش‌نامه‌ها یا قراردادهای بنگاه‌ها. مثالی در رابطه با قواعد هنجاری، مسئولیت احساس شده توسط یک شرکت در رابطه با عدم تولید ضایعات و یا پاکیزه‌سازی آن‌ها است.



مثال‌هایی در رابطه با قواعد شناختی نیز جستجوی ذهنی<sup>۱</sup> (ابتکاری) یا رویه‌های حل مساله هستند [۲]، [۶]. همچنین می‌توان نگاه‌ها و انتظارات بازیگران درون نظام را نیز در این دسته جای داد.

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

## ۲-۲-۳- زیرساخت

زیرساخت‌ها متشکل از مصنوعات و زیرساخت‌های فناورانه (که خود آن‌ها نیز مصنوع به شمار می‌روند) به‌صورتی یکپارچه هستند. عملکرد فنی اقتصادی این مصنوعات که شامل ساختارهای هزینه، ایمنی، قابلیت اطمینان، آثار افزایش مقیاس و موارد دیگر هستند از اهمیت حیاتی برای فهم فرایند تغییر فناورانه برخوردارند. همچنین، در نظر گرفتن وجوه غیرمادی‌تر فناوری همچون دانش موجود در آن و مشخصات زنجیره ارزش ایجاد شده توسط آن معنادارتر به‌نظر می‌رسد. در رابطه با مورد

<sup>۱</sup>- Heuristic

<sup>۲</sup>- Formative

<sup>۳</sup>- Risk-taking

نوآوری‌ها در انرژی پایدار، در نظر گرفتن مشخصات آلاینده‌گی و دیگر اثرات جانبی زیست‌محیطی نیز از اهمیت فراوان برخوردار هستند. علاوه بر آن، در صورت تشخیص یک فناوری به‌عنوان فناوری با اثرات منفی زیست‌محیطی ممکن است نظام نوآوری فناورانه با وجود جذاب بودن آن فناوری برای مجموعه بزرگی از بازیگران و توسعه یافتن نهادهایی در رابطه با آن دست به توقف آن بزند.

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

## ۲-۲-۴- روابط و شبکه‌ها

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

### روابط:

روابط ممکن بین مؤلفه‌های ساختاری دارای انواع گوناگونی می‌باشند. می‌توان این روابط را به روابط بین بازیگران، بین نهادها، بین فناوری‌ها و همچنین بین بازیگران و نهادها، بین بازیگران و فناوری‌ها و بین فناوری‌ها و نهادها تقسیم کرد. برای فهم این موضوع، نهادها و فناوری‌ها را به‌عنوان بخش‌هایی از نظام قواعد در نظر بگیرید که در آن هر قاعده به قواعد دیگر اشاره دارد. قواعد موجود می‌توانند در رابطه با یک مساله خاص یکدیگر را رد (ناهمگرایی<sup>۱</sup>) یا تقویت کنند (همگرایی). از این طریق نهادها می‌توانند به یک جنبه فناورانه سود (زیان) رسانند و بالعکس. برای مثال یک بخشنامه برای کاهش آلودگی‌های خودرو می‌تواند به استفاده از فناوری پاک کمک کند. مثال دیگر نیز می‌تواند اثر زیرساخت‌های جاده‌ای بر الگوهای مسافرت کاربران باشد. روابط بین بازیگران و نهادها و بین بازیگران و فناوری‌ها مشابه یکدیگر می‌باشند. هر دو

این روابط از نوع روابط فاعل-مفعولی می‌باشند. این موضوع با در نظر گرفتن اختلاف بین این روابط و روابط بین بازیگران بهتر فهمیده می‌شود.

### شبکه‌ها:

در برخی موارد خاص، روابط موجود در یک گروه از بازیگران، نهادها و فناوری‌ها از روابط موجود در خارج از گروه، قوی‌تر است. در صورتی که این مؤلفه‌های ساختاری باعث ایجاد یک پیکرندی متراکم گردند، می‌توان آن را یک ساختار شبکه‌ای یا یک شبکه نامید. مثالی در این رابطه می‌تواند ائتلاف بنگاه‌هایی برای کاربرد یک فناوری نوظهور باشد (قواعد فناورانه) که به وسیله‌ی مجموعه‌ای از روش‌های حل مساله هدایت می‌شود و توسط برنامه‌های یارانه‌ای حمایت می‌شود (قواعد نهادی). همچنین، انجمن‌های صنعتی<sup>۲</sup>، جوامع تحقیقاتی، شبکه‌های سیاستی، روابط عرضه‌کننده و کاربر نیز مثال‌هایی از این شبکه‌ها به شمار می‌روند.

شبکه‌ها فراهم‌آورنده‌ی شکلی از همکاری است که در وضعیتی بین جهت‌مند نبودن منعطف بازارها و صلب بودن سلسله‌مراتبی‌ها (برای مثال در بنگاه‌ها) قرار می‌گیرد [۲]. شبکه‌ها همچنین بین اعتماد و رقابت میان بازیگران مستقل با علائق ناهمگون، تعامل برقرار می‌کنند. حفظ این تعامل در محیطی مهم تلقی می‌گردد که توسعه فناوری نوظهور وابسته به بازترکیب<sup>۱</sup> مفهومی و عملی دانش است.

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

<sup>1</sup>- Misalignment

<sup>2</sup>- Industry association

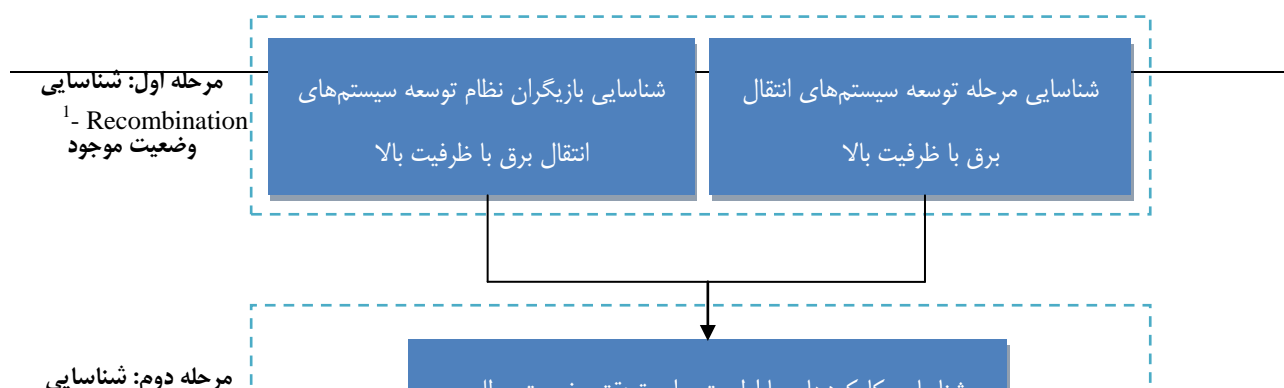
جدول (۱-۲) تمامی ابعاد ساختاری TIS را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول (۱-۲): ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناوریانه

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

### ۳- فرایند تدوین اقدامات توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

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. همان طور که در بخش مبانی نظری اشاره شد مبنای تدوین اقدامات در این سند، نظام نوآوری فناوریانه (TIS) است. فرایند تدوین اقدامات در شکل (۱-۳) نشان داده شده است.



### شکل (۳-۱): فرایند تدوین اقدامات توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

همان طور که در شکل (۳-۱) نشان داده شده است در مرحله اول، وضعیت موجود توسعه فناوری مشخص می‌شود. بدین منظور ابتدا مرحله توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا تعیین می‌شود. سپس، بازیگران نظام توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا شناسایی می‌شود. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا 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 سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا تعیین می‌گردد. چالش‌های شناسایی شده پالایش و جمع‌بندی می‌شود و فهرست نهایی چالش‌های

توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا مشخص می‌شود. در مرحله آخر، اقدامات پیشنهادی برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ارائه می‌شود.

در ادامه این مراحل توضیح داده شده است. لازم به ذکر است که نتایج به دست آمده در تمامی این مراحل از طریق مصاحبه با خبرگان و کارشناسان آشنا با حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا استخراج شده است. اسامی این افراد در بخش ۳-۳ ارائه شده است.

### ۳-۱- شناسایی وضعیت موجود توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

همان طور که اشاره شد در مرحله اول فرایند تدوین اقدامات، وضعیت موجود توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا شناسایی می‌شود. این کار بر مبنای شناسایی مرحله توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و نیز بازیگران نظام توسعه این سیستم‌ها در کشور انجام می‌شود که در ادامه توضیح داده می‌شود.

#### ۳-۱-۱- بازیگران نظام توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

ساختار هر نظام نوآوری متشکل از بازیگران و ذینفعانی است که هر یک به طور مستقیم یا غیرمستقیم نقش‌هایی را ایفا می‌کنند. این بازیگران می‌توانند شامل بخش دولتی، شرکت‌های تولیدکننده، شرکت‌های مشاور، دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، موسسات مالی، موسسات حقوقی و ... باشند. در این گام، بازیگران نظام توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در حوزه‌های تحقیق و توسعه، انتشار دانش، تامین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات و سیاستگذاری و جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا مشخص شده‌اند که توضیحات آن در ادامه ارائه شده است.

بر اساس اطلاعات موجود مهم‌ترین فعالیت‌های انجام شده در زمینه تحقیق و توسعه در ارتباط با سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی به شرح ذیل است:

جدول (۳-۱): مهم‌ترین فعالیت‌های تحقیقاتی انجام شده در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

ردیف	عنوان	فعالیت‌ها
۱	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	✓ بررسی روش‌های فعلی برنامه‌ریزی تولید و انتقال و ارائه روش‌های لازم در

ردیف	عنوان	فعالیت‌ها
۲	دانشگاه تهران	<p>✓ جهت افزایش ایمنی شبکه با در نظر گرفتن مسائل بازار برق.</p> <p>✓ بررسی روش‌های اتصال و تعیین نوع و سطوح ولتاژی مناسب جهت ارتباط با شبکه هر یک از کشورهای همجوار.</p> <p>✓ مطالعه، بررسی و تأثیر خطوط HVCD در ایمنی شبکه و اتصال ایمن با شبکه کشورهای همجوار.</p> <p>✓ انجام مطالعات تخمین حالت در سیستم‌های قدرت.</p> <p>✓ نظارت بر بخش حفاظت پروژه مطالعات جامع شبکه برق ایران.</p> <p>✓ بررسی و مطالعه استانداردها.</p> <p>✓ مطالعه تأثیر برق‌گیر بر کاهش ابعاد پست و روش‌های مؤثر دیگر.</p> <p>✓ مطالعات جایابی ادوات FACTS در شبکه برق ایران به منظور افزایش ایمنی شبکه.</p> <p>✓ تأثیر پارامترهای مختلف کیفیت توان بر روی عملکرد رله‌های حفاظتی موجود شبکه برق ایران.</p> <p>✓ مطالعه و ارائه استانداردها و تأیید شاخص‌های کیفیت توان و تهیه نرم‌افزارهای مطالعه کیفیت توان.</p> <p>✓ بررسی فنی و اقتصادی در مورد آرایش فعلی شبکه و ارائه پیشنهادات لازم جهت تجدید آرایش سیستم‌های قدرت جهت افزایش قابلیت اطمینان شبکه.</p> <p>✓ تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده شبکه تولید و انتقال با توجه به نتایج طرح مطالعات جامع شبکه برق ایران.</p> <p>✓ تحلیل شرایط اضطراری و بررسی در جهت ایجاد توازن شفاف بین امنیت سیستم و ریسک‌پذیری در سیستم‌های حفاظتی شبکه برق ایران.</p> <p>✓ بررسی وضعیت کنترل فرکانس شبکه در صورت اتصال به شبکه‌های همجوار با SCC بالا</p> <p>✓ تهیه و تدوین و توسعه نرم‌افزارهای مورد نیاز جهت انجام مطالعات مربوط به بهره‌برداری ایمن از شبکه</p> <p>✓ برنامه تغییر سطح ولتاژ به سطح بالاتر</p> <p>✓ فعالیت در زمینه عایق و تجهیزات فشار قوی</p>

ردیف	عنوان	فعالیت‌ها
۳	دانشگاه تربیت مدرس	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تدوین دستورالعمل‌های مورد نیاز برای بهره برداری شبکه انتقال</li> <li>✓ دستورالعمل جامع برنامه‌ریزی شبکه‌های انتقال</li> <li>✓ اصلاح سازو کار و قیمت‌گذاری و تخصیص هزینه‌های انتقال در بازار برق جمهوری اسلامی ایران</li> <li>✓ تهیه دستورالعمل تعیین ظرفیت حرارتی خطوط انتقال هوایی و اعمال آن به شبکه برق کشور</li> <li>✓ تهیه دستورالعمل تعیین ظرفیت حرارتی خطوط انتقال هوایی و اعمال آن به شبکه برق کشور</li> <li>✓ مطالعات قابلیت اطمینان بر روی شبکه و طرح‌های توسعه شبکه تولید و انتقال ایران</li> <li>✓ مطالعات توسعه شبکه انتقال و فوق توزیع یزد در سالهای ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۸</li> <li>✓ انتخاب الگوریتم، روش‌ها و ابزار مطالعات قابلیت اطمینان شبکه سراسری برق کشور</li> <li>✓ مطالعات توسعه شبکه انتقال ایران در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰</li> <li>✓ مطالعات جامع توان راکتیو شبکه انتقال سراسری</li> <li>✓ اصول برنامه‌ریزی جامع شبکه تولید، انتقال و فوق توزیع قدرت در محیط سنتی و تجدید ساختار شده</li> <li>✓ طراحی و تهیه ساختار اطلاعات پایگاه داده شبکه برق ایران</li> <li>✓ بازنگری در سطوح ولتاژ انتقال کشور</li> </ul>
۴	دانشگاه علم و صنعت	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ الکترونیک قدرت با هدف تعمیق مسائل تئوری و آزمایشگاهی</li> <li>✓ ماشین‌های الکتریکی ساکن و دوار با هدف مسائل محاسبه، طراحی و کنترل</li> <li>✓ ماشین‌های الکتریکی خطی جریان مستقیم، القایی و سنکرون با هدف استفاده در قطارهای سرعت بالا و انواع دیگر مصارف استراتژیک کشور</li> <li>✓ طرح ملی HVDC و HVAC با ولتاژ جریان مستقیم ۵۰۰+ - کیلوولت و جریان متناوب ۷۰۰ کیلوولت، مصوب در شورای پژوهش‌های علمی کشور</li> <li>✓ ولتاژ و جریان پالسی</li> <li>✓ فیلترهای الکتریکی ولتاژ و جریان</li> </ul>
۵	مرکز جهاد دانشگاهی علم و صنعت	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ فعالیت در زمینه مبدل‌های HVDC-Light</li> </ul>

از دیگر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی فعال در این زمینه می‌توان به دانشگاه‌های صنعتی شریف، دانشگاه صنعت آب و برق عباسپور، دانشگاه تبریز، دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشگاه فردوسی مشهد و همچنین پژوهشگاه نیرو اشاره کرد. علاوه بر این می‌توان به شرکت‌های مشاور فعال در صنعت برق (مونکو، مشانیر، قدس نیرو، مشاور نیرو، مشاوران راه انرژی) اشاره کرد. اما



ذکر این نکته ضروری است که عمده پژوهش‌های انجام شده توسط دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و شرکت‌ها مشاور در سطح مطالعاتی و آزمایشگاهی بوده است و به مرحله ساخت نمونه اولیه یا تجاری‌سازی نرسیده است.

بررسی اطلاعات مربوط به فعالیت‌های انتشار دانش در زمینه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا نشان می‌دهد که کنفرانس کاملاً تخصصی در زمینه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا انجام نشده است اما در سال‌های گذشته ۱۳ سمینار تخصصی انتقال نیرو از سوی کمیته مطالعات خطوط نیرو برگزار شده است. همچنین یکی از محورهای مقالات کنفرانس بین‌المللی برق که هر ساله در کشور برگزار می‌شود «انتقال انرژی الکتریکی» است که پذیرای مقالات مرتبط با سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا است. از سوی دیگر نشریه تخصصی در حوزه انتقال منتشر نمی‌شود.

در زمینه تامین مواد، قطعات و تجهیزات می‌توان به شرکت‌های تولیدکننده و تامین‌کننده مختلفی اشاره کرد. البته باید توجه داشت که بخش بسیار کمی از فعالیت‌های انجام شده در این شرکت‌ها در ارتباط با ساخت تجهیزات مربوط به سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا بوده است که یکی از دلایل مهم آن عدم وجود تقاضا برای این قطعات و تجهیزات بوده است. اما می‌توان انتظار داشت که با به وجود آمدن تقاضا و نیز کسب دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا این شرکت‌ها بتوانند به عنوان سازنده قطعات و تجهیزات مورد نیاز فعالیت کنند. فهرست این شرکت‌ها و حوزه فعالیت آن‌ها در جدول (۲-۳) ارائه شده است.

جدول (۲-۳): شرکت‌های فعال در زمینه تامین مواد، قطعات و تجهیزات در حوزه انتقال برق

ردیف	عنوان	حوزه فعالیت
۱	اتانیر	طراحی و تامین قطعات خطوط فشار قوی، پست انتقال و ساختمان‌های مورد نیاز
۲	انرژی سازان تکین	پیمانکار سازنده پست‌های فشار قوی و خطوط انتقال برق
۳	آبروس انرژی	تولید و تامین تجهیزات و اجرای خطوط انتقال، پست‌های انتقال و فوق توزیع
۴	تدبیر انرژی سپنتا	طراحی و اجرای هطوط انتقال نیرو و پست‌های فشار قوی
۵	رعدان نیرو زاگرس	طراحی، تامین تجهیزات و اجرای پروژه‌های صنعتی، توزیع و انتقال نیرو
۶	روشن گستر توس	ساخت پست و خطوط انتقال نیرو
۷	مهندسی فرانبرو	ساخت پست‌های فشارقوی و خطوط انتقال
۸	مطرح نیرو	تامین تجهیزات و اجرای پست‌های فشار قوی و خطوط انتقال نیرو برق
۹	نصب نیرو	خطوط انتقال
۱۰	ارسال توان	خطوط انتقال
۱۱	آفرینه طوس	خطوط انتقال
۱۲	مینا نیرو	تجهیزات پست‌های فشار قوی و حفاظت و کنترل
۱۳	مهندسی خدمات نیرو شایان شرق	طراحی و تامین تجهیزات پست انتقال
۱۴	آرمان انرژی	خطوط انتقال نیرو

ردیف	عنوان	حوزه فعالیت
۱۵	نیرو فراز جنوب شرق	شبکه های انتقال
۱۶	تیوا نیروی پارس	مجری خطوط و پست‌های انتقال
۱۷	مهندسی نصر نیروی یزد	پست و خط انتقال
۱۸	سازه گهر کاوه	خطوط انتقال نیرو
۱۹	پارس پیابا خطوط خوزستان	خطوط انتقال
۲۰	فراگستر بیستون	ساخت برج انتقال
۲۱	آژند برج	طراحی برج انتقال
۲۲	انرژی سازان تکین	خطوط انتقال
۲۳	سیم نور پویا	کابل OPGW
۲۴	سیم و کابل ابهر	کابل
۲۵	پویا غرب	سیم و کابل
۲۶	آلومتک	هادی فشار قوی، پروفیل آلومینیوم و راد آلومینیوم
۲۷	سیم پود تهران	تولید انواع سیم و کابل
۲۸	صنایع نیرو کابل	تولید انواع سیم و کابل
۲۹	قم آلیاژ	تولید آلیاژ غیر آهنی، آلومینیوم و...
۳۰	سیم و کابل فروزان یزد	تولید انواع سیم و کابل
۳۱	سیم و کابل تبریز	تولید انواع سیم و کابل
۳۲	کابل البرز	تولید سیم و کابل برق
۳۳	سیمکو	انواع کابل و سیم
۳۴	جهان نیروی تک	تولید انواع سیم و کابل
۳۵	سیم و کابل مغان	تولید انواع سیم و کابل
۳۶	هادی گستر خراسان	تولید انواع سیم و کابل
۳۷	کابل زنجان	تولید انواع سیم و کابل
۳۸	زر سیم	تولید انواع سیم و کابل
۳۹	نیرو صنعت پارس افشان	تولید انواع سیم و کابل
۴۰	آلوکاست ایران	یراق آلات انتقال
۴۱	آلدا	یراق آلات انتقال
۴۲	فرآورده سازان شایان	یراق آلات انتقال
۴۳	نامدار افروز	یراق آلات انتقال
۴۴	مهندسی صنعت پژوهان برق	یراق آلات انتقال
۴۵	یراق آوران پویا	یراق آلات انتقال
۴۶	یراق سازان آرمان	یراق آلات انتقال
۴۷	مهندسی نوین انتقال ایرانیان	یراق آلات انتقال
۴۸	پارس سوئیچ	ساخت کلید قدرت
۴۹	ایران سوئیچ	ساخت کلید قدرت
۵۰	دروود کلید	ساخت کلید قدرت
۵۱	مقره سازی ایران	ساخت مقره فشار قوی
۵۲	سیمکاتک	ساخت مقره فشار قوی
۵۳	پارس مقره	ساخت مقره فشار قوی
۵۴	مقره سازی ایران	ساخت مقره فشار قوی

ردیف	عنوان	حوزه فعالیت
۵۵	تابان نیرو	ساخت مقره فشار قوی
۵۶	درود کلید	ساخت مقره فشار قوی
۵۷	مقره سازی صدف گستر زنجان	ساخت مقره فشار قوی
۵۸	صفدر ساسانی	ساخت مقره فشار قوی
۵۹	بسپار سازه الوند	ساخت مقره فشار قوی
۶۰	یاسان	ساخت برج‌های انتقال
۶۱	گام اراک	ساخت برج‌های انتقال
۶۲	بنیاد پوشش	ساخت برج‌های انتقال
۶۳	فراگستر بیستون	ساخت برج‌های انتقال
۶۴	فراساز	ساخت برج‌های انتقال
۶۵	ایران ترانسفو	ساخت ترانسفورماتور
۶۶	نیرو ترانس	ساخت ترانسفورماتور
۶۷	زنگان	ساخت ترانسفورماتور
۶۸	همیان فن	ساخت تجهیزات حفاظتی
۶۹	نیان الکترونیک	الکترونیک قدرت
۷۰	طیف آسا	الکترونیک قدرت
۷۱	هور پندار	الکترونیک قدرت
۷۲	پارس کاپاسیتور	الکترونیک قدرت
۷۳	فراپیم	الکترونیک قدرت

در زمینه تامین منابع انسانی متخصص در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی (مانند پژوهشگاه نیرو و موسسه آموزش عالی، علمی کاربردی صنعت آب و برق عباسپور) نقش اصلی را ایفا می‌کنند.

در ارتباط با تامین منابع مالی مورد نیاز مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های تولیدکننده فعال در حوزه سیستم‌های انتقال برق، علاوه بر بانک‌ها و موسسات اعتباری، صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران، صندوق توسعه فناوری‌های نوین می‌توان به صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری در صنعت برق ایران اشاره کرد. این صندوق در زمینه اعطای تسهیلات اعتباری (بصورت عقود اسلامی) جهت اجرای طرح‌های تحقیقاتی، اعطای یارانه سود برای طرح‌های تحقیقاتی که از سایر منابع مالی و اعتباری کشور تسهیلات دریافت داشته‌اند، تضمین بازپرداخت تسهیلات دریافتی طرح‌های تحقیقاتی از سایر منابع مالی و اعتباری کشور و مشارکت، سرمایه‌گذاری و تامین سرمایه خطرپذیر به منظور اجرای طرح‌های تحقیقاتی فعالیت می‌کند.

بازیگران مرتبط با زمینه جهت‌دهی به توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا عبارتند از:

☞ معاونت برق و انرژی شامل:

• دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی

• دفتر استانداردها

☞ توانیر

☞ کمیته مطالعات خطوط انتقال

☞ شرکت مدیریت شبکه برق

☞ شرکت‌های برق منطقه‌ای

### ۳-۱-۲- شناسایی مرحله توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

مرحله توسعه هر نظام فناورانه بر اساس وضعیت ساختاری نظام توسعه فناوری و مجموعه‌ای از شاخص‌ها یا نشانه‌های تحقق مرحله توسعه تعیین می‌شود. این مراحل عبارتند از: پیش‌توسعه، توسعه، اوج‌گیری، سرعت‌گیری، تثبیت. نشانه‌های تحقق مراحل یا شاخص‌های تشخیص مرحله توسعه در جدول (۳-۳) ارائه شده است.

#### جدول (۳-۳): شاخص‌های شناسایی مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه

آیا نمونه اولیه از فناوری (محصول یا فرایند) ساخته شده است؟

بازیگران اصلی در این حوزه چه کسانی هستند؟ نقش دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی چیست؟ آیا شرکت‌های دانش‌بنیان به این حوزه وارد شده‌اند؟ آیا

دولت به این حوزه وارد شده است؟ نقش آن (سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری و ...) چیست؟

آیا محصول فناوری بدون حمایت‌های دولتی در بازار به صورت آزاد فروخته می‌شود؟

و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) توجیه اقتصادی دارد؟

و یا: آیا تولید انبوه محصول فناوری (محصول یا خدمت) آغاز شده است؟

آیا شبکه‌های علمی و فناوری شکل گرفته‌اند؟ وضعیت آن‌ها چگونه است؟

وضعیت بازار چگونه است؟ در حال رشد یا به اشباع کامل رسیده است؟

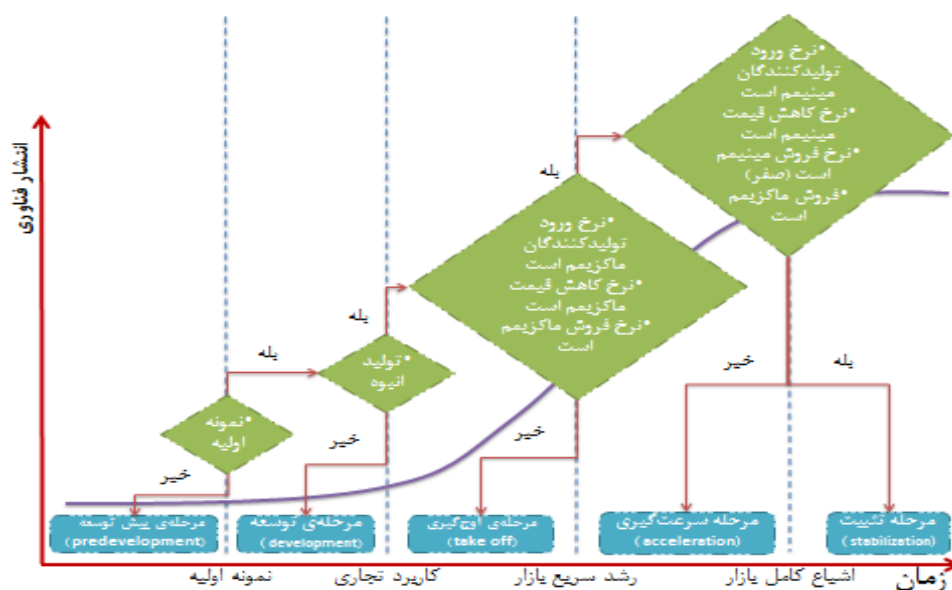
نرخ ورود تولید کنندگان محصول فناوری چگونه است؟

نرخ کاهش قیمت محصول فناوری چگونه است؟

نرخ فروش محصول فناوری چگونه است؟

آیا انجمن‌ها و سندیکا‌های مربوطه شکل گرفته‌اند؟

بر اساس سوالات فوق و وضعیت ساختاری نظام توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا می‌توان مرحله توسعه این سیستم را مشخص کرد. این موضوع در شکل (۲-۳) نشان داده شده است.



شکل (۲-۳): نشانه‌های تحقق مراحل برای تعیین مرحله توسعه

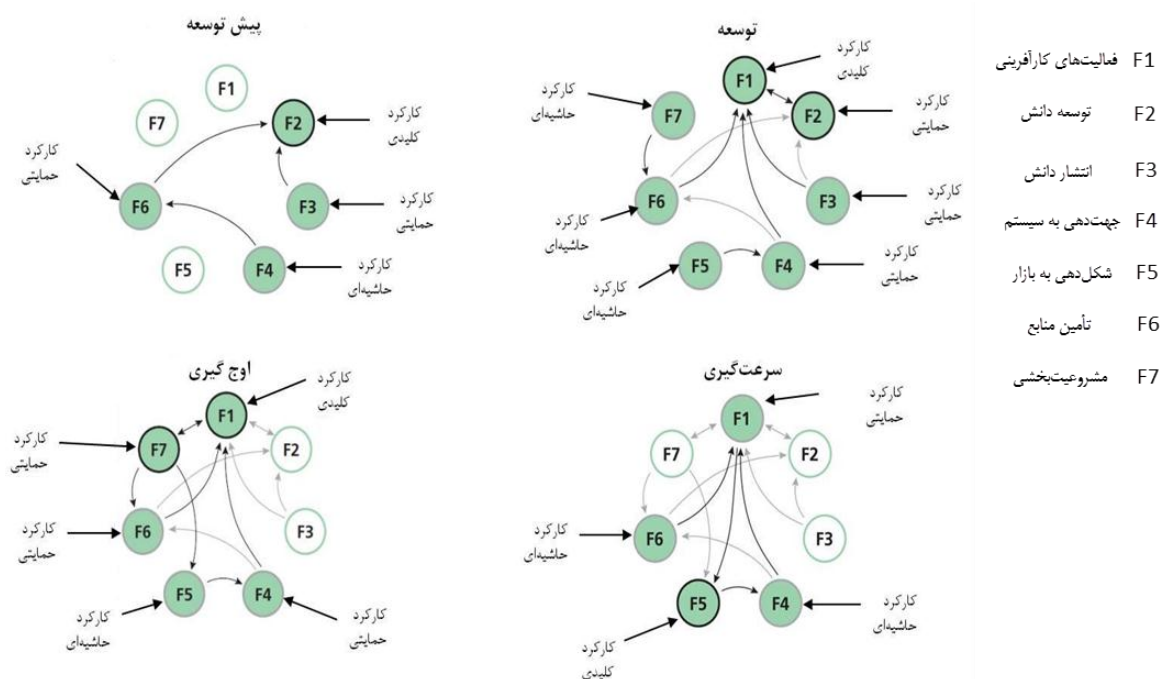
بخش عمده بازیگران فعال کنونی در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا را چند دانشگاه و مرکز پژوهشی تشکیل می‌دهند. هرچند شرکت‌های سازنده تجهیزات اعم از ترانسفورماتور، مقره، کابل، کلید، برج‌های انتقال فشار قوی، تجهیزات حفاظتی و نیز شرکت‌های مشاور و پیمانکار در کشور وجود دارند اما به دلیل عدم احساس نیاز وارد عرصه تولید تجهیزات مورد نیاز مختص سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا نشده‌اند. همچنین شبکه‌های علمی و تحقیقاتی در این حوزه هنوز شکل نگرفته است. قوانین، دستورالعمل‌ها و استانداردهای مربوط به این حوزه یا محدود است یا اصلاً تدوین نشده است. از طرف دیگر، بر اساس شاخص‌های موجود در جدول (۲-۳) و نشانه‌های تحقق مراحل در شکل (۲-۳) ابتدا بایستی وضعیت تولید نمونه اولیه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا را بررسی کرد. نمونه اولیه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا هنوز در کشور ساخته نشده است. تنها فعالیت جدی در این زمینه طرح احداث خط HVDC بین سمنان و گلپایگان بوده است که در انتهای مرحله

طراحی قرار دارد. بنابراین بر اساس شکل (۳-۲) می‌توان نتیجه گرفت که فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در مرحله «پیش توسعه» قرار دارد.

### ۳-۲- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

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

نکته اصلی در اینجا نحوه انتقال از یک مرحله به مرحله دیگر است. کارکردهای هر مرحله به سه دسته کارکرد کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای تقسیم می‌شود. تحقق کارکرد کلیدی به منزله انتقال به مرحله بعدی است. شکل زیر مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای مرتبط با هر مرحله را نشان می‌دهد.



شکل (۳-۳): مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای

در بخش قبلی مشخص شد که نظام توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در مرحله «پیش‌توسعه» قرار دارد. بر اساس شکل فوق، زمانی که سیستم در مرحله پیش‌توسعه قرار داشته باشد و هدف ما رسیدن به مرحله بعدی نظام توسعه فناوری باشد ۴ کارکرد توسعه دانش، انتشار دانش، تامین منابع و جهت‌دهی به سیستم باید محقق شوند. در نتیجه کارکردهای مذکور به عنوان کارکردهای با اولویت شناخته می‌شوند. در بخش بعدی فرایند تدوین اقدامات، چالش‌های مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در این ۴ کارکرد با اولویت شناسایی می‌شود.

### ۳-۳- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

در گام قبلی کارکردهای توسعه دانش، انتشار دانش، تامین 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 سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا شناسایی شده است. همان‌طور که پیشتر بیان شد این چالش‌ها از طریق مصاحبه با ۷ نفر از خبرگان و کارشناسان آشنا با این حوزه استخراج شده است. اسامی این افراد در ادامه ارائه شده است:

جناب آقای مهندس فرضعلی زاده

جناب آقای مهندس درافشان

جناب آقای مهندس عارضی

جناب آقای مهندس واسعی

جناب آقای مهندس خزایی

جناب آقای مهندس گودرزی

جناب آقای مهندس برهانی

در این فرایند کلیه موانع و چالش‌های مورد نظر خبرگان و متخصصان استخراج شد و پس از پالایش و حذف موارد تکراری، فهرست نهایی چالش‌ها تهیه شد. در ادامه به بررسی چالش‌های شناسایی شده می‌پردازیم.

#### چالش‌های توسعه دانش:

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

چالش‌ها و موانع شناسایی شده در زمینه خلق دانش فنی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا عبارتند از:

↪ ارتباط ضعیف میان مراکز پژوهشی و شرکت‌های سازنده تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت

تبادل دانش

↪ کمبود محتوای آموزشی مرتبط با زمینه‌های مورد نیاز در طراحی و ساخت سیستم‌های HVDC در برنامه درسی

رشته مهندسی برق گرایش قدرت

↪ سهم اندک تحقیقات کاربردی از کل پژوهش‌های انجام شده در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

↪ نبود مکانیزم‌های مناسب حمایت از حقوق مالکیت فکری پژوهشگران و مخترعان

↪ ارتباط محدود بین شرکت‌های سازنده داخلی و شرکت‌های خارجی پیشرو برای انتقال فناوری

↪ ارتباط ناکافی بین دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و مراکز علمی، تحقیقاتی کشورهای پیشرو در حوزه سیستم‌های

انتقال برق با ظرفیت بالا

↪ نبود زمینه مناسب برای تجاری‌سازی دانش به دست آمده از تحقیقات کاربردی در زمینه فناوری‌های سیستم‌های

انتقال برق با ظرفیت بالا

**چالش‌های انتشار دانش:**



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

- ↳ تعداد اندک کنفرانس‌ها و همایش‌های تخصصی برگزار شده در حوزه انتقال برق
- ↳ عدم برگزاری نمایشگاه تخصصی جهت ارائه دستاوردهای حوزه انتقال برق با ظرفیت بالا
- ↳ عدم انتشار نشریه تخصصی در حوزه انتقال برق
- ↳ عدم آگاهی کافی از وضعیت بازیگران و دانش فنی موجود در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- ↳ کمبود دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت تبادل دانش و آگاهسازی

### چالش‌های تامین منابع:

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

مداخلات دولت در رابطه با این چالش‌ها مجموعه‌ای از فعالیت‌های مربوط به تامین و هماهنگی ورودی‌های لازم برای توسعه‌ی نظام نوآوری را پوشش می‌دهد که در راستای تحقق کارکرد تامین و تسهیل منابع قرار می‌گیرند. این چالش‌ها به سه دسته چالش‌های مربوط به منابع انسانی، منابع مالی و مواد و تجهیزات تقسیم می‌شود. چالش‌های مشخص شده در این کارکرد عبارتند از:

- ↳ کمبود منابع مالی مورد نیاز دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های تولیدکننده

◀ بالا بودن میزان سرمایه مورد نیاز برای تولید تجهیزات سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا

◀ بهره بالای تسهیلات بانکی ارائه شده

◀ مشخص نبودن ساز و کارهای تامین مالی

◀ انگیزه پایین بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در این بخش به دلیل عدم اطمینان از بازگشت سرمایه

◀ میزان پایین سرمایه‌گذاری خارجی

◀ کمبود نیروی متخصص کافی در زمینه سیستم‌های HVDC

◀ ارتباط ضعیف بین شرکت‌های داخلی و خارجی برای تبادل نیروی انسانی متخصص

مشکل در تامین بخشی از قطعات مورد نیاز به دلیل وجود تحریم (در حوزه HVDC و مواد عایقی) و تعرفه‌های بالای

گمرکی

◀ کمبود منابع مالی بانک‌ها و موسسات مالی برای تامین مالی مورد نیاز دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های

سازنده تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

◀ انگیزه پایین بخش خصوصی برای سرمایه‌گذاری در زمینه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

### چالش‌های 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 در این کارکرد عبارتند از:

◀ عدم وجود مرکزی برای جهت‌دهی و هماهنگی فعالیت‌ها در زمینه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

◀ مشخص نبودن نحوه همکاری بین بازیگران توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

◀ نبود انگیزه کافی در بازیگران توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا برای فعالیت به دلیل نبود تقاضا

### ۳-۴- اقدامات مورد نیاز برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

همان طور که در شکل (۳-۱) نشان داده شده است اقدامات مورد نیاز بر اساس فهرست چالش‌ها و موانع شناسایی شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود. این اقدامات به دو دسته اقدامات غیر فنی و اقدامات فنی تقسیم می‌شود. اقدامات غیر فنی شامل چهار دسته اقدامات مربوط به توسعه دانش، اقدامات مربوط به انتشار دانش، اقدامات مربوط به تامین منابع و اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم است. اقدامات فنی شامل سه دسته اقدامات مربوط به حوزه خط، اقدامات مربوط به حوزه پست و اقدامات مربوط به حوزه بهره‌برداری می‌شود. در ادامه فهرست این اقدامات ارائه شده است.

#### ۳-۴-۱- اقدامات غیر فنی مورد نیاز برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

اقدامات غیر فنی آن دسته از اقداماتی هستند که به توسعه نظام نوآوری در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا کمک می‌کنند. مبنای تدوین اقدامات غیر فنی، موانع و چالش‌های شناسایی شده در چهار کارکرد با اولویت (توسعه دانش، انتشار دانش، تامین منابع و جهت‌دهی به سیستم) بود. بر همین اساس با استفاده از راهکارهای پیشنهادی خبرگان صاحب‌شونده اقدامات متناظر در چهار دسته ارائه شد. نحوه ارتباط هر یک از اقدامات با چالش‌ها در جدول (۳-۴) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در این جدول اقدامات و چالش‌ها دارای تناظر یک به یک، یک به چند، چند به یک و چند به چند هستند.

#### اقدامات مربوط به توسعه دانش

۱- ایجاد واحد درسی HVDC در سرفصل دروس مربوط به رشته مهندسی برق-گرایش قدرت

۲- حمایت از انجام پایان نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه فناوری‌های سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به

شکل کمک‌های مالی و ارائه خدمات مشاوره‌ای

۳- پرداخت کمک‌هزینه ثبت پتنت در مؤسسات معتبر بین‌المللی نظیر EPO و USPTO به پژوهشگران و مخترعان

فعال در زمینه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

۴- کمک به جذب و پذیرش واحدهای فناور در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن دانش به دست آمده در حوزه

سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

- ۵- زمینه‌سازی ارتباط میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی کشورهای پیشرو
- ۶- تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا میان دانشگاه‌ها، شرکت‌های تولیدکننده و شرکت‌های مشاور
- ۷- تسهیل همکاری‌های بین‌المللی با شرکت‌های معتبر جهت انتقال فناوری‌های مورد نیاز برای طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

#### اقدامات مربوط به انتشار دانش

- ۱- تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه سیستم‌های انتقال برق
- ۲- برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت تبادل دانش
- ۳- برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مرتبط با سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت ارائه آخرین دستاوردها
- ۴- برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی با حضور مدرسان خارجی از کشورهای پیشرو
- ۵- پایش و ارزیابی مستمر توانمندی‌های فناورانه تولیدکنندگان، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های مشاور فعال در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- ۶- طراحی پایگاه اطلاعاتی بازیگران فعال در زمینه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

#### اقدامات مربوط به تامین منابع (مالی، انسانی و مواد)

- ۱- تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز شرکت‌های تولید کننده برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- ۲- شناسایی تامین‌کنندگان مطمئن مواد و قطعات مربوط به تجهیزات حوزه HVDC و مواد عایقی و برقراری ارتباط با آنها
- ۳- کمک به تامین مالی مراکز تحقیقاتی و سازندگان تجهیزات مورد نیاز سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا از طریق:
  - اعطای تسهیلات بلندمدت کم‌بهره یا بدون‌بهره

• پرداخت بخشی از سود تسهیلات بانکی

• ارائه کمک‌های بلاعوض

۴- اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه

سیستم‌های HVDC

۵- تسهیل فرایند تضمین از سوی بانک مرکزی جهت دریافت تسهیلات فاینانس از بانک‌های خارجی

۶- حمایت از سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در طراحی و ساخت تجهیزات مورد نیاز سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت

بالا از طریق:

• اعطای مشوق‌های مالیاتی

• تضمین خرید تجهیزات تولید شده از سوی شبکه برق

• انعقاد قراردادهای ساخت، بهره‌برداری و انتقال (BOT) با شرکت‌های بخش خصوصی

۷- تسهیل مشارکت سرمایه‌گذاران خارجی در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا از طریق:

• شناسایی و دعوت از سرمایه‌گذاران خارجی

• ارائه مشوق‌های مالیاتی، گمرکی و تضمین امنیت سرمایه‌گذاری

• تسهیل فرایند اخذ مجوزهای قانونی از دستگاه‌های ذیربط

#### اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم

۱- تاسیس مرکز ملی سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات

۲- تدوین آیین‌نامه حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

۳- تهیه دستورالعمل همکاری میان دانشگاه‌ها، تولیدکنندگان و شرکت‌های مشاور در پروژه‌های توسعه سیستم‌های

انتقال برق با ظرفیت بالا

## جدول (۳-۴): نحوه ارتباط اقدامات غیرفنی با چالش‌های توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

اقدامات غیرفنی	چالش‌ها
تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا میان دانشگاه‌ها، شرکت‌های تولیدکننده و شرکت‌های مشاور	ارتباط ضعیف میان مراکز پژوهشی و شرکت‌های سازنده تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت تبادل دانش
ایجاد واحد درسی HVDC در سرفصل دروس مربوط به رشته مهندسی برق-گرایش قدرت	کمبود محتوای آموزشی مرتبط با زمینه‌های مورد نیاز در طراحی و ساخت سیستم‌های HVDC در برنامه درسی رشته مهندسی برق گرایش قدرت
حمایت از انجام پایان نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه فناوری‌های سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به شکل کمک‌های مالی و ارائه خدمات مشاوره‌ای	سهم اندک تحقیقات کاربردی از کل پژوهش‌های انجام شده در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
پرداخت کمک هزینه ثبت پتنت در مؤسسات معتبر بین‌المللی نظیر EPO و USPTO به پژوهشگران و مخترعان فعال در زمینه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	نبود مکانیزم‌های مناسب حمایت از حقوق مالکیت فکری پژوهشگران و مخترعان
تسهیل همکاری‌های بین‌المللی با شرکت‌های معتبر جهت انتقال فناوری‌های مورد نیاز برای طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	ارتباط محدود بین شرکت‌های سازنده داخلی و شرکت‌های خارجی پیشرو برای انتقال فناوری
زمینه‌سازی ارتباط میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی کشورهای پیشرو	ارتباط ناکافی بین دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و مراکز علمی، تحقیقاتی کشورهای پیشرو در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
کمک به جذب و پذیرش واحدهای فناور در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن دانش به دست آمده در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	نبود زمینه مناسب برای تجاری‌سازی دانش به دست آمده از تحقیقات کاربردی در زمینه فناوری‌های سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت تبادل دانش	تعداد اندک کنفرانس‌ها و همایش‌های تخصصی برگزار شده در حوزه انتقال برق
برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مرتبط با سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت ارائه آخرین دستاوردها	عدم برگزاری نمایشگاه تخصصی جهت ارائه دستاوردهای حوزه انتقال برق با ظرفیت بالا
تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه سیستم‌های انتقال برق	عدم انتشار نشریه تخصصی در حوزه انتقال برق
✓پایش و ارزیابی مستمر توانمندی‌های فناورانه تولیدکنندگان، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های مشاور فعال در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ✓طراحی پایگاه اطلاعاتی بازیگران فعال در زمینه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	عدم آگاهی کافی از وضعیت بازیگران و دانش فنی موجود در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت تبادل دانش و آگاه‌سازی مدرسان خارجی از کشورهای پیشرو	کمبود دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت تبادل دانش و آگاه‌سازی
✓کمک به تامین مالی مراکز تحقیقاتی و سازندگان تجهیزات مورد نیاز سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا ✓تسهیل فرایند تضمین از سوی بانک مرکزی جهت دریافت تسهیلات فاینانس از بانک‌های خارجی	<ul style="list-style-type: none"> <li>• کمبود منابع مالی مورد نیاز دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های تولیدکننده</li> <li>• بالا بودن میزان سرمایه مورد نیاز برای تولید تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• بهره‌بردارانی تسهیلات بانکی ارائه شده</li> <li>• مشخص نبودن ساز و کارهای تامین مالی</li> </ul>

اقدامات غیرفنی	چالش‌ها
	<ul style="list-style-type: none"> <li>کمبود منابع مالی بانک‌ها و موسسات مالی برای تامین مالی مورد نیاز دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های سازنده تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> </ul>
تسهیل مشارکت سرمایه‌گذاران خارجی در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	میزان پایین سرمایه‌گذاری خارجی
حمایت از سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در طراحی و ساخت تجهیزات مورد نیاز سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	انگیزه پایین بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در این بخش به دلیل عدم اطمینان از بازگشت سرمایه
اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه سیستم‌های HVDC	<ul style="list-style-type: none"> <li>کمبود نیروی متخصص کافی در زمینه سیستم‌های HVDC</li> <li>ارتباط ضعیف بین شرکت‌های داخلی و خارجی برای تبادل نیروی انسانی متخصص</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز شرکت‌های تولید کننده برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>شناسایی تامین‌کنندگان مطمئن مواد و قطعات مربوط به تجهیزات حوزه HVDC و مواد عایقی و برقراری ارتباط با آنها</li> </ul>	مشکل در تامین بخشی از قطعات مورد نیاز به دلیل وجود تحریم (در حوزه HVDC و مواد عایقی) و تعرفه‌های بالای گمرکی
تاسیس مرکز ملی سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات	عدم وجود مرکزی برای جهت‌دهی و هماهنگی فعالیت‌ها در زمینه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
<ul style="list-style-type: none"> <li>تهیه دستورالعمل همکاری میان دانشگاه‌ها، تولیدکنندگان و شرکت‌های مشاور در پروژه‌های توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>تدوین آیین‌نامه حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>مشخص نبودن نحوه همکاری بین بازیگران توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>نبود انگیزه کافی در بازیگران توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا برای فعالیت به دلیل نبود تقاضا</li> </ul>

### ۳-۴-۲- اقدامات فنی مورد نیاز برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

مبنای تدوین اقدامات فنی، راهبردهای توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا است. همان گونه که در گزارش مرحله سوم اشاره شد ۵ راهبرد برای این سند در نظر گرفته شده است. از این تعداد، ۳ راهبرد به توسعه دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و نیز توسعه زیرساخت سخت‌افزاری و نرم‌افزاری آن اختصاص دارد. بر همین اساس ابتدا اقدامات مربوط به تامین زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، دستیابی به دانش فنی ساخت، و دستیابی به دانش فنی طراحی تدوین شد. این اقدامات دو مرحله اول توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (شامل مرحله ایجاد زیرساخت و مرحله نصب و راه‌اندازی) را در بر می‌گیرند. در نتیجه اقداماتی برای مرحله سوم توسعه یعنی بهره‌برداری از

سیستم‌های توسعه انتقال برق با ظرفیت بالا نیز در نظر گرفته شد. نحوه ارتباط اقدامات فنی با راهبردها در جدول (۳-۵) نشان داده شده است.

به منظور مشخص شدن ارتباط هر اقدام با هر یک از حوزه‌ها اقدامات در سه دسته اقدامات مربوط به حوزه خط، اقدامات مربوط به حوزه پست و اقدامات مربوط به بهره‌برداری از سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا قرار گرفته‌اند. فهرست این اقدامات در ادامه ارائه شده است.

#### اقدامات مربوط به حوزه خط سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا:

- ۱- تهیه و تدوین استانداردهای مرتبط با هادی‌های خطوط (EHVAC)
- ۲- تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)
- ۳- تهیه و تدوین استانداردهای مورد نیاز برای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)
- ۴- تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)
- ۵- ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری سیستم انتقال با ظرفیت بالا (EHVAC, HVDC)
- ۶- بررسی روش‌های نوین طراحی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا
- ۷- امکان‌سنجی، طراحی و ساخت تجهیزات اصلی خطوط سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا

#### اقدامات مربوط به حوزه پست سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا:

- ۱- تهیه و تدوین معیارهای طراحی بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- ۲- تهیه و تدوین استانداردهای مربوط به معیارهای طراحی برای انتخاب و کاربرد تجهیزات به کار رفته در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)
- ۳- مطالعه فنی-اقتصادی طراحی و ساخت پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC, HVDC)
- ۴- امکان‌سنجی، طراحی و ساخت تجهیزات اصلی پست انتقال برق با ظرفیت بالا

#### اقدامات مربوط به حوزه بهره‌برداری از سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا:

- ۱- بهره‌برداری از خطوط انتقال هوایی



- ۲- بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر زمینی
- ۳- بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر دریائی
- ۴- بهره‌برداری از پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- ۵- تهیه و تدوین دیدگاه سیستمی برای افزایش ظرفیت انتقال برق
- ۶- تدوین دستورالعمل مدیریت بهینه تعمیرات و تدوین دانش فنی موردنیاز برای تعمیرات تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- ۷- تهیه و تدوین دستورالعمل جامع استخدام و آموزش نیروی کار متخصص جهت بهبود بازده سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا
- ۸- تدوین دستورالعمل طراحی و بهره‌برداری از سیستم اطلاعاتی جامع بین بهره‌برداران برای اشتراک‌گذاری امن اطلاعات انرژی و آموزش نیروی انسانی
- ۹- تهیه و تدوین دانش فنی مدیریت دارائی‌ها در سیستم انتقال توان
- ۱۰- تدوین دستورالعمل مدیریت استراتژیک امنیت، کیفیت، پایداری و در دسترس بودن (SQRA: Security, Quality, Reliability, Availability)
- ۱۱- تدوین دستورالعمل بهره‌برداری از ابررسانا در انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق و تدوین دانش فنی به‌کارگیری ابررسانا
- ۱۲- تدوین دانش فنی بهره‌برداری از تجهیزات پیشرفته برای مانیتورینگ سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا

## جدول (۳-۵): نحوه ارتباط اقدامات فنی با راهبردهای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

اقدامات فنی	راهبردها
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ تهیه و تدوین استانداردهای مرتبط با هادی‌های خطوط (EHVAC)</li> <li>✓ تهیه و تدوین استانداردهای مورد نیاز برای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)</li> <li>✓ تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)</li> <li>✓ ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری سیستم انتقال با ظرفیت بالا (EHVAC, HVDC)</li> <li>✓ تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)</li> <li>✓ تهیه و تدوین استانداردهای مربوط به معیارهای طراحی برای انتخاب و کاربرد تجهیزات به کار رفته در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)</li> <li>✓ تهیه و تدوین دستورالعمل جامع استخدام و آموزش نیروی کار متخصص جهت بهبود بازده سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا</li> <li>✓ تدوین دستورالعمل مدیریت بهینه تعمیرات و تدوین دانش فنی مورد نیاز برای تعمیرات تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>✓ تهیه و تدوین دیدگاه سیستمی برای افزایش ظرفیت انتقال برق</li> <li>✓ تدوین دستورالعمل طراحی و بهره‌برداری از سیستم اطلاعاتی جامع بین بهره‌برداران برای اشتراک‌گذاری امن اطلاعات انرژی و آموزش نیروی انسانی</li> <li>✓ تهیه و تدوین دانش فنی مدیریت دارایی‌ها در سیستم انتقال توان</li> <li>✓ تدوین دستورالعمل مدیریت استراتژیک امنیت، کیفیت، پایداری و در دسترس بودن (SQRA: Security, Quality, Reliability, Availability)</li> <li>✓ تدوین دستورالعمل بهره‌برداری از ابررسانا در انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق و تدوین دانش فنی به کارگیری ابررسانا</li> <li>✓ تدوین دانش فنی بهره‌برداری از تجهیزات پیشرفته برای مانیتورینگ سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا</li> </ul>	<p>تامین و تجهیز زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری پشتیبان مورد نیاز در احداث فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ مطالعه فنی-اقتصادی طراحی و ساخت پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC, HVDC)</li> <li>✓ امکان‌سنجی، طراحی و ساخت تجهیزات اصلی پست انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>✓ امکان‌سنجی، طراحی و ساخت تجهیزات اصلی خطوط سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا</li> </ul>	<p>دستیابی به دانش فنی ساخت تجهیزات با تاکید بر ظرفیت‌سازی هدفمند و حمایتی از توانمندی‌ها و قابلیت‌های سازندگان داخلی تجهیزات استراتژیک</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ بررسی روش‌های نوین طراحی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>✓ تهیه و تدوین معیارهای طراحی بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> </ul>	<p>دستیابی به دانش طراحی فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا خط و پست و آرایش فیزیکی پست‌ها</p>

## ۴- نتیجه‌گیری

هدف مرحله چهارم از طرح «تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا» تدوین اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردهای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا بود. در ابتدای این گزارش مبانی نظری مربوط 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 سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا توضیح داده شد. در مرحله اول این فرایند وضعیت موجود توسعه فناوری با شناسایی مرحله توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و بازیگران نظام توسعه این فناوری مشخص شد. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا تعیین شد. در مرحله سوم، موانع موجود از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا تعیین شد و در نهایت اقدامات پیشنهادی برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ارائه شد.

## منابع

- [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-مقدمه.....	۱
۲-فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی.....	۱
۲-۱-شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی.....	۳
۲-۱-۱-مبنای شکستن اقدامات.....	۴
۲-۱-۲-ابزارهای شکستن اقدامات.....	۵
۲-۱-۳-بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی.....	۸
۲-۲-فهرست پروژه‌های اجرایی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا.....	۸
۳-تخصیص منابع.....	۳۲
۴-تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب).....	۵۰
۴-۱-نگاشت نهادی.....	۵۱
۴-۱-۱-انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی.....	۵۲
۴-۱-۲-مراحل طراحی نگاشت نهادی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا.....	۵۵
۴-۱-۳-تحلیل نگاشت نهادی.....	۶۰
۴-۲-تخصیص متولیان اقدامات.....	۶۰
۵-ترسیم رهنگاشت.....	۶۷
نتیجه‌گیری.....	۷۲
پیوست الف: معرفی اجمالی نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا.....	۷۵
پیوست ب: شناسنامه اقدامات و پروژه‌های اجرایی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا.....	۱۰۲

## فهرست اشکال

- شکل (۱-۱): فرایند تدوین برنامه عملیاتی ..... ۲
- شکل (۲-۱): نحوه شکستن اقدام X ..... ۳
- شکل (۱-۳): تفکیک بودجه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به ساخت تجهیزات و دانش و بهره‌برداری. ۵۰
- شکل (۱-۴): ارتباط بین نهادها در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۵۹
- شکل (۱-۵): رهنگاشت توسعه نظام نوآوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۷۰
- شکل (۲-۵): رهنگاشت توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۷۱
- شکل (۳-۵): رهنگاشت توسعه ساخت تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۷۲
- شکل (۴-۵): رهنگاشت توسعه دانش طراحی و آنالیز و بهره‌برداری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۷۳

## فهرست جداول

- جدول (۱-۲): پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی حوزه خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۱۰
- جدول (۲-۲): پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی حوزه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۱۲
- جدول (۳-۲): پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی حوزه بهره‌برداری ..... ۱۵
- جدول (۴-۲): پروژه‌های مربوط به توسعه ساخت تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۲۰
- جدول (۵-۲): پروژه‌های مربوط به توسعه دانش طراحی و آنالیز و بهره‌برداری سیستم‌های انتقال برق ..... ۲۲
- جدول (۱-۳): بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات غیر فنی در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۳۳
- جدول (۲-۳): بودجه‌بندی و زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی در توسعه خطوط انتقال برق ..... ۳۶
- جدول (۳-۳): مجموع هزینه مورد نیاز اقدامات فنی و غیر فنی طرح توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۴۹
- جدول (۱-۴): نگاشت نهادی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۵۷
- جدول (۲-۴): متولیان اقدامات غیر فنی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۶۱
- جدول (۳-۴): متولیان اقدامات فنی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۶۳

## ۱- مقدمه

در این بخش از سند با عنوان «تدوین رهنگاشت و برنامه عملیاتی» با ارائه مدلی از گام‌های لازم جهت تکمیل فرایند برنامه عملیاتی و همچنین ابزارهای هرگام می‌پردازیم که در نهایت منجر به دستیابی به برنامه عملیاتی و رهنگاشت<sup>۱</sup> در راستای چشم‌انداز سند خواهد شد. در مراحل ۳ و ۴ این پروژه ارکان جهت‌ساز (شامل چشم‌انداز، اهداف و راهبردهای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا) و نیز اقدامات لازم برای تحقق آن تدوین شد.

ساختار این گزارش به این صورت است. در ابتدا نحوه تقسیم اقدامات تدوین شده در مرحله ۴ به پروژه‌های اجرایی توضیح داده می‌شود و سپس فهرست پروژه‌های تعیین شده ارائه می‌گردد. در گام بعدی زمان و بودجه لازم برای تکمیل پروژه‌ها مشخص می‌شود. در ادامه متولیان و مجریان انجام پروژه‌ها بر اساس نگاشت نهادی مشخص شده تعیین می‌گردد. در نهایت، نقشه راه (رهنگاشت) مربوط به توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا بر اساس اقدامات تعیین شده ترسیم می‌شود.

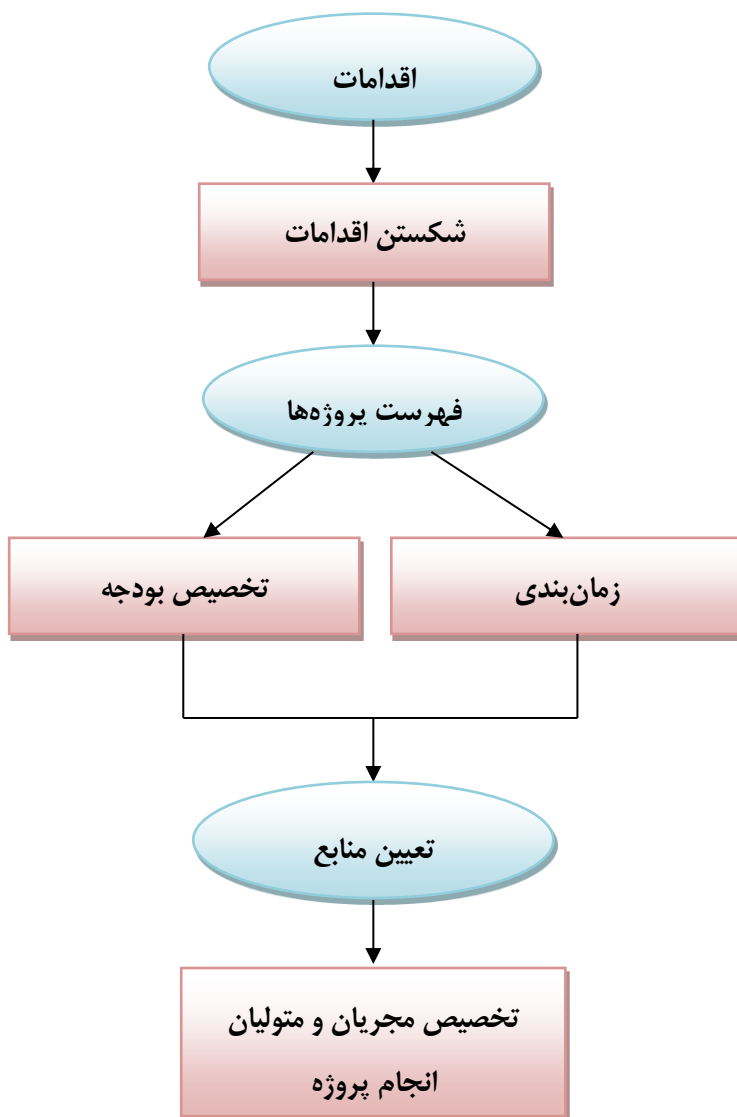
## ۲- فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی

در این بخش فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا توضیح داده می‌شود و در نهایت فهرست پروژه‌ها ارائه می‌شود. همان‌طور که اشاره شد، لازم است اقدامات تعیین شده در فاز ۴، به پروژه‌های اجرایی شکسته شود. در واقع در این بخش باید مشخص گردد که چه پروژه یا مجموعه پروژه‌هایی باید در سالیان مختلف اجرا گردد تا در صورت اجرای این پروژه‌ها بتوان اطمینان حاصل کرد که اقدامات، راهبردها، اهداف و در نهایت چشم‌انداز توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا محقق شده است. فرایند تدوین برنامه عملیاتی در شکل (۲-۱) نشان داده شده است. مطابق این شکل، ابتدا اقدامات شناسایی شده در مرحله ۴ بر اساس معیارهایی شکسته می‌شوند و فهرست پروژه‌ها استخراج می‌شود. سپس زمان و بودجه مورد نیاز برای انجام هر یک از پروژه‌ها مشخص می‌شود و از این طریق منابع لازم برای تحقق اقدامات تعیین

<sup>۱</sup> - Road Map



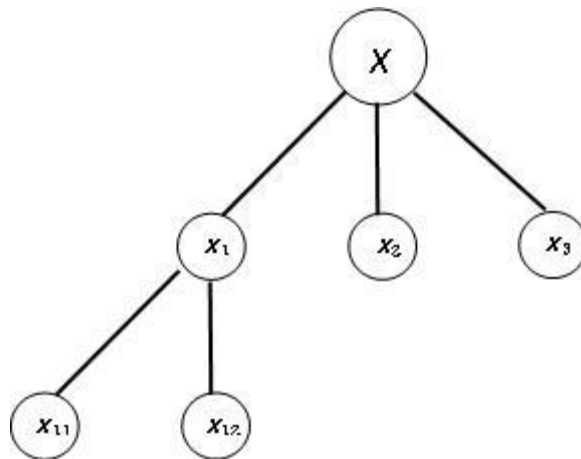
می‌گردد. در نهایت با شناسایی نهادهای مرتبط در محیط داخلی و بیرونی و نقش آن‌ها، متولی و مجری انجام پروژه‌ها شناسایی می‌شود.



شکل (۱-۱): فرایند تدوین برنامه عملیاتی

## ۲-۱- شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود و از همین رو در تعریف پروژه‌ها می‌باید جنبه‌های مختلف اقدام مورد توجه قرار گیرد. نکته حائز اهمیت دیگر میزان شکسته شدن اقدامات می‌باشد. همان‌گونه که یک اقدام می‌تواند به مجموعه‌ای از پروژه‌ها شکسته شود، هر پروژه نیز قابل شکسته شدن به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها می‌باشد و این روند را در مورد فعالیت‌ها نیز می‌توان ادامه داد. این مفهوم را می‌توان به صورت ملموس‌تری در شکل (۲-۱) 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  $X$  اجرا شود را به دو صورت  $X \equiv \{X_1, X_2, X_3\}$  و  $X \equiv \{X_{11}, X_{12}, X_2, X_3\}$  ارائه نمود که تفاوت این دو در تعداد سطوح شکسته شدن اقدام می‌باشد. بنابراین لازم است معیارهای مناسبی برای تعیین تعداد سطوح شکسته شدن اقدامات تعیین گردد.



شکل (۲-۱): نحوه شکستن اقدام  $X$

در این بررسی دو معیار به شرح زیر مبنای عمل قرار می‌گیرد:

الف) میزان منابع لازم برای انجام پروژه اجرایی قابل تخمین باشد. به عبارتی در سطح خاصی می‌توان برآورد مناسبی از میزان منابع مورد نیاز ارائه نمود.<sup>۱</sup>

ب) هر پروژه اجرایی در اندازه‌ای باشد که بتوان آن را به یک مجری محول نمود. به عبارتی اگر پروژه اجرایی به اندازه کافی جزء نشده باشد، به طوری که گستردگی ابعاد مختلف آن امکان اختصاص آن را به یک مجری سلب نماید، می‌باید پروژه اجرایی مربوط به فعالیت‌های دیگری شکسته شود تا تخصیص آن به مجری واحد امکان‌پذیر گردد. ساختار کلی شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی مشابه WBS<sup>۲</sup> 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 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.

## ۲-۱-۱- مبنای شکستن اقدامات

یکی از مسائل کلیدی دیگر در فرآیند شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، تعیین مبنایی است که بر اساس آن اقدامات شکسته شوند. به عنوان نمونه اقدامی مثالی با عنوان تأسیس آزادراه را در نظر بگیرید. این اقدام می‌تواند بر دو مبنای جغرافیایی<sup>۳</sup> (راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی) و عملکردی<sup>۴</sup> (زیرسازی راه، روسازی و اسفالت، حفاظت حاشیة راه و...) به پروژه‌های اجرایی زیرمجموعه خود شکسته شود. این که کدام مبنا برای شکستن اقدامات مورد توجه قرارگیرد بر اساس عوامل مختلفی تعیین می‌شود که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

<sup>۱</sup>. توضیحات بیش‌تر در مورد اقسام منابع در قسمت‌های آتی بیان خواهد شد.

<sup>۲</sup>- Work-Breakdown-Structure

<sup>۳</sup>- Geographical Base

<sup>۴</sup>- Functional Base

الف) ساختار و فرهنگ حاکم: اگر در ساختار موجود کشور تقسیم‌بندی ویژه و یا هنجارهای پذیرفته شده اثرگذاری وجود داشته باشد، می‌تواند مبنای شکستن پروژه‌های اجرایی را جهت‌دهی نماید. 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 به‌دست 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 نظرات ذینفعان در بخش‌های مختلف فرآیند پیاده‌سازی از جمله چگونگی شکستن اقدامات مورد توجه قرار گیرد.

در صورتی که تصمیم گرفته شود که تعدادی از پروژه‌های اجرایی نیز به زیرفعالیت‌هایشان شکسته شود، می‌توان در شکستن دوم از مبنای دیگری استفاده نمود. به طور مثال در مرحله اول بر مبنای جغرافیایی و در مرحله دوم بر مبنای عملکردی عمل نمود.

## ۲-۱-۲- 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 فرایندی تجربه شده‌ای وجود دارد که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه مورد پذیرش قرار گرفته‌است. چنین فرایندهایی فرایند استاندارد نامیده می‌شود. در صورتی که در مورد اقدامات خاصی فرایند استاندارد وجود داشته باشد، پروژه‌های اجرایی ارائه شده در آن به‌عنوان مجموعه پروژه‌های اجرایی استاندارد پذیرفته می‌شوند.

#### ب) بهینه‌کاوی

در صورتی که در راستای تحقق یک اقدام، فرایند 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 به‌کارگیری این ابزار چگونگی در کنار هم قرار دادن نتایج تجربه‌های مختلف برای دستیابی به الگویی مطلوب می‌باشد. اگر نتوان از این روش به مجموعه‌ای از پروژه‌های اجرایی قابل قبول دست یافت، از پروژه‌های اجرایی غیر نهایی به‌دست آمده می‌توان در ابزار علی- معلولی استفاده نمود.

#### ج) تحلیل علی‌معلولی

هدف این ابزار استفاده از نظرات خبرگان برای شکستن اقدامات به مجموعه پروژه‌های اجرایی می‌باشد. از همین‌رو ضروری است استفاده از این ابزار با حضور خبرگانی مسلط بر ابعاد مختلف اقدام مربوطه صورت گیرد. 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 اقدام مزبور ضروری به نظر می‌رسد مطرح شده و در معرض دید همگان قرار می‌گیرد.

حاضرین جلسه می‌باید این نکته را مد نظر قرار دهند که در مرحله اول صرفاً اقدامات به پروژه‌های اجرایی اساسی تشکیل‌دهنده‌اش شکسته می‌شوند. از همین‌رو بهتر است از بیان مواردی که خود زیرفعالیت پروژه‌های اجرایی اساسی به شمار می‌روند و یا قابل بیان شدن به شکل پروژه‌های اجرایی کلان‌تری هستند اجتناب ورزند. در صورتی که تصمیم گرفته شود

برخی پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌های خود شکسته شوند، در مرحله دیگری 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 به‌ویژه بهینه‌کاوی استفاده نمود.<sup>۱</sup>

### **گام ۳:** کلیه موارد موجود در لیست اولیه تحت سه عنوان زیر دسته‌بندی می‌شوند:

الف) پروژه‌های اجرایی اصلی تکین: پروژه‌های اجرایی هستند که اولاً در راستای تحقق اقدام مورد نظر انجام آن‌ها ضروری بوده و ثانیاً در بین سایر پروژه‌های اجرایی پیشنهاد شده موارد مشابه قابل جایگزینی با آن وجود ندارد.

ب) پروژه‌های اجرایی جایگزین: این دسته شامل آن بخش از پروژه‌های اجرایی ضروری می‌باشد که در بین سایر پروژه‌های اجرایی، موارد مشابه قابل جایگزینی با آن‌ها یافت می‌شود. در این حالت هر گروه از پروژه‌های اجرایی مشابه را در مجموعه‌هایی جمع کرده که مجموعه‌های جایگزینی نامیده می‌شوند. سرانجام می‌باید از هر یک از مجموعه‌های جایگزینی یک پروژه اجرایی انتخاب شود.

مجموعه‌های جایگزینی نباید با یکدیگر دارای اشتراک باشند. همچنین در صورتی که پروژه اجرایی قابل تخصیص به بیش از یک مجموعه جایگزینی باشد، آن پروژه اجرایی به چند بخش تفکیک شده و هر بخش به مجموعه مربوطه اختصاص می‌یابد.

ج) پروژه‌های اجرایی پشتیبانی: پروژه‌های اجرایی که در راستای تحقق یک اقدام، ضروری نیستند ولی می‌توانند فرآیند انجام اقدام مورد نظر را تقویت کرده و آنرا تسریع بخشند.

در صورتی که پس از دسته‌بندی فوق مواردی وجود داشته باشند که به نوعی زیرفعالیت سایر پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبانی به حساب آیند حذف می‌گردند - در صورت لزوم در شکستن پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌ها در مراحل بعد

<sup>۱</sup> - 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.

مورد استفاده قرار می‌گیرند - و در غیراینصورت لازم است پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبان دیگری تعریف شود که دربرگیرنده زیرفعالیت مزبور باشد.

در نهایت پروژه‌های اجرایی دسته‌بندی شده می‌باید دارای دو ویژگی باشند:

↔ در یک سطح باشند

↔ غیر از پروژه‌های اجرایی درون یک مجموعه جایگزینی، سایر پروژه‌های اجرایی باید بدون همپوشانی باشند. در غیر

این صورت می‌باید تغییراتی در آن‌ها اعمال گردد که همپوشانی موجود حذف شود.

## ۲-۱-۳- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه‌های اجرایی

قبل از نهایی شدن پروژه‌های اجرایی، به منظور ارزیابی جوانب مختلف پروژه‌های اجرایی ارائه شده و قضاوت در مورد موجه بودن یا عدم موجه بودن آن‌ها، هر پروژه اجرایی می‌باید بر اساس معیارهای مختلفی از جمله معیارهای فنی، مالی و اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مورد ممیزی قرار گیرد. بر این اساس، پروژه‌های اجرایی به دست آمده در مرحله قبل مورد بازبینی قرار گرفته و پروژه‌هایی که از نظر معیارهای مختلف ناموجه باشند، کنار گذاشته می‌شوند. در واقع پروژه‌های اجرایی نهایی می‌بایست به نحو مطلوبی موجبات دستیابی به مقاصد سایر سطوح راهبردی را فراهم سازند. از همین رو ضروری به نظر می‌رسد با نگاهی اجمالی به گام‌های طی شده نواقص احتمالی مورد بازبینی قرار گیرد.

## ۲-۲- فهرست پروژه‌های اجرایی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

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 علی معلولی بهترین ابزار برای شکستن اقدامات در این طرح می‌باشد.

همان‌طور که در گزارش مرحله چهارم سند اشاره شد اقدامات مربوط به این سند در دو دسته اقدامات فنی و غیر فنی تدوین شد. با توجه به سطح اقدامات غیر فنی 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 حوزه‌های HVDC و EHVAC به طور مجزا فهرست پروژه‌های اولیه مربوط به خود را استخراج کردند و سپس در مرحله بعد با برگزاری جلسه‌ای با حضور ۶ نفر از خبرگان و کارشناسان حوزه سیستم‌های انتقال برق، 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 مهندس فرضعلی زاده

← جناب آقای مهندس واسعی

← جناب آقای مهندس عارضی

← سرکار خانم مهندس همدانی

← جناب آقای مهندس گودرزی

← جناب آقای مهندس برهانی

مجموعه پروژه‌های اجرایی که از شکستن اقدامات به دست می‌آید، می‌بایست به نحوی جامع باشد که انجام صحیح آن‌ها منجر به تحقق اقدام مورد نظر شود در این بخش تلاش شده است با استفاده از نظرات خبرگان و کارشناسان، جامعیت پروژه‌های اجرایی شناسایی شده برای هر اقدام حفظ شود. مورد دیگری که در رابطه با شکستن اقدامات می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، سطح شکسته شدن اقدامات می‌باشد. در این طرح اقدامات تا سطحی شکسته شده‌اند که بتوان برای پروژه‌های اجرایی حاصل از شکستن آن‌ها زمان و بودجه تخصیص داده و همچنین مجری جهت اجرای آن‌ها مشخص نمود. در ادامه پروژه‌های شناسایی شده برای هر یک از اقدامات فنی در ۵ جدول ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده خواهید کرد این پروژه‌ها ابتدا یکبار براساس نوع اقدام فنی به ۳ دسته مختلف (جدول ۱-۲، ۲-۲، ۲-۳) و بار دیگر براساس نوع اقدام از نظر



دانش و ساخت تجهیزات به ۲ بخش (جدول ۴-۲ و ۵-۲) تقسیم شده‌اند. توضیحات تکمیلی پروژه‌ها در پیوست ب آورده شده است.

### جدول (۲-۱): پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی حوزه خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا

اقدام ۱: تهیه و تدوین استانداردهای مرتبط با هادی‌های خطوط (EHVAC)	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تهیه استاندارد عوامل مرتبط با هادی‌های استاندارد (از جمله قابلیت اطمینان و قابلیت انعطاف)
۲	تهیه استاندارد محاسبات و تعیین پارامترهای مؤثر و روش‌های متداول انتخاب هادی

اقدام ۲: تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به جریان اتصال کوتاه، جریان مجاز هادی‌ها و حد مجاز جریان
۲	تدوین دستورالعمل محاسبات اختلالات رادیویی و تلویزیونی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)
۳	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به گرادیان ولتاژ، اثرات میدان، تخلیه جزئی و کرونا
۴	تدوین دانش فنی محاسبات تلفات خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)
۵	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به افت ولتاژ در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)
۶	تدوین استاندارد محاسبات حد پایداری در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)
۷	تجزیه و تحلیل محاسبات مکانیکی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)
۸	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به اثر پوستی، هادی باندا
۹	تدوین دانش فنی محاسبات آلودگی و خوردگی و اثرات آن خطاهای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)
۱۰	ارزیابی عملکرد انواع سیم هادی در طی اغتشاشات شبکه و تهیه استاندارد جامع استفاده از سیم محافظ

اقدام ۳: تهیه و تدوین استانداردهای مورد نیاز برای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	بررسی پارامترهای مختلف و تهیه استاندارد کابل‌های HVDC از جمله کابل‌های پلیمری، Oil-Filled و Mass-Impregnated
۲	تهیه استاندارد عوامل مرتبط با هادی‌های استاندارد (از جمله قابلیت اطمینان و قابلیت انعطاف)

اقدام ۴: تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به جریان اتصال کوتاه، جریان مجاز هادی‌ها و حد مجاز جریان
۲	تدوین دستورالعمل محاسبات اختلالات رادیویی و تلویزیونی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)
۳	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به گرادیان ولتاژ، اثرات میدان، تخلیه جزئی و کرونا (HVDC)
۴	تدوین دانش فنی محاسبات تلفات خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)
۵	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به افت ولتاژ در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)
۶	تدوین استاندارد محاسبات حد پایداری در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)
۷	تجزیه و تحلیل محاسبات مکانیکی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)
۸	تدوین دانش فنی محاسبات آلودگی و خوردگی و اثرات آن خطاهای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)

اقدام ۵: ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری سیستم انتقال با ظرفیت بالا (EHVAC, HVDC)	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	بررسی و تعیین تجهیزات مورد نیاز آزمایشگاه‌های ارزیابی اجزای HVDC و عملکرد سیستم و راه اندازی آزمایشگاه
۲	امکان‌سنجی و تاسیس آزمایشگاه شبیه‌ساز HVDC به منظور مطالعه عملکرد دینامیکی و آزمایش سیستم‌های کنترل و حفاظت مربوط به سیستم‌های HVDC، مطالعات عملکرد دینامیکی سیستم قدرت AC/DC یکپارچه و مطالعات مربوط به تنش تجهیزات
۳	امکان‌سنجی و تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع فشار قوی به منظور توانایی تست تجهیزات EHVAC
۴	بررسی ضرورت راه‌اندازی آزمایشگاه تخصصی EHVAC به منظور انجام مطالعات خاص سیستم EHVAC
۵	طراحی و تهیه نرم افزار آنالیز و شبیه سازی سیستم انتقال HVDC

اقدام ۶: بررسی روش‌های نوین طراحی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	استخراج آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران هادی‌های خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC) از سراسر دنیا به منظور بهبود عملکرد سیستم انتقال
۲	استخراج آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران هادی‌های خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC) از سراسر دنیا به منظور بهبود عملکرد سیستم انتقال

اقدام ۷: امکان‌سنجی طراحی و ساخت تجهیزات اصلی خطوط سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	امکان‌سنجی، طراحی و ساخت انواع دکل موردنیاز برای سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا
۲	طراحی و ساخت سیم‌های محافظ براساس استانداردها
۳	بررسی انواع هادی‌های متداول (استاندارد) و هادی‌های جدید مورد استفاده در سیستم‌های EHVAC
۴	امکان‌سنجی ساخت مقره‌های قابل استفاده در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۵	امکان‌سنجی طراحی و ساخت مواد عایق‌بندی نوین برای عایق‌بندی خارجی
۶	امکان‌سنجی ساخت کابل‌های متداول در سیستم‌های انتقال HVDC

## جدول (۲-۲): پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی حوزه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

اقدام ۱: تهیه و تدوین معیارهای طراحی بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تهیه و تدوین معیارها و عوامل مرتبط با طرح‌های بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۲	تحلیل و طبقه‌بندی شرایط اقلیمی و آلودگی و تعیین اثرات آن بر عملکرد سیستم انتقال EHVAC و HVDC
۳	تدوین معیارها و عوامل مرتبط با طرح‌های ساختمانی سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا
۴	تهیه استانداردهای قابلیت اطمینان سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا
۵	تدوین دستورالعمل شناسایی و استاندارد سازی شینه‌بندی پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۶	تحلیل اقتصادی دقیق و جامع هزینه‌های طراحی و ساخت پست انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)

اقدام ۲: تهیه و تدوین استانداردهای مربوط به معیارهای طراحی برای انتخاب و کاربرد تجهیزات به کاررفته در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی ترانسفورماتورهای قدرت، جریان، ولتاژ خازنی و زمین-کمکی
۲	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی ترانسفورماتورهای جریان، ولتاژ خازنی و زمین-کمکی
۳	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی راکتور سری و موازی
۴	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کلید قدرت، سکسیونر و تیغه زمین

اقدام ۲: تهیه و تدوین استانداردهای مربوط به معیارهای طراحی برای انتخاب و کاربرد تجهیزات به کاررفته در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۵	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی مبدل‌های AC/DC
۶	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی فیلترهای هارمونیک AC/DC
۷	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب برق‌گیر، سیستم حفاظت در برابر صاعقه، زمین و سیستم‌های حفاظتی
۸	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب تجهیزات کاپلینگ و موج‌گیر
۹	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب مقره‌ها، هماهنگی عایقی و عایق‌بندی
۱۰	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب شینه و یراق‌آلات
۱۱	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی سیستم LVAC، سیستم LVDC
۱۲	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کابل و متعلقات
۱۳	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب سیستم اعلام و اطفاء حریق
۱۴	تدوین دستورالعمل طراحی و مهندسی ساخت انواع سازه‌ها و ترکیب بارگذاری، فونداسیون‌های سازه‌های فلزی و بتنی
۱۵	تهیه دستورالعمل انتخاب سیستم کنترل، سیستم ثبت و نشان‌دهنده وقایع و اتفاقات، سیستم اینترلاک و فصل مشترک با PLC
۱۶	تهیه راهنمای کامل معماری و الکتریکی ساختمان کنترل، معماری و الکتریکی ساختمان دیزل خانه، سیستم سرمایش و گرمایش، سیستم روشنایی داخلی و خارجی، محوطه‌سازی
۱۷	بررسی و ارائه راهنمای جامع برای حفاظت سیستم‌ها و تجهیزات در مقابل خوردگی
۱۸	تدوین دستورالعمل معرفی و انتخاب بهینه‌ی محل پست، آرایش تک‌خطی و فواصل الکتریکی
۱۹	امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جهت رسیدن به دانش فنی طراحی و مهندسی انتخاب تجهیزات مانیتورینگ و کنترل و حفاظت در سطح ولتاژهای مورد استفاده در سیستم‌های HVAC, HVDC

اقدام ۳: مطالعات فنی-اقتصادی برای طراحی و ساخت پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	بررسی عناوین، موضوعات، منابع و مراجع بین‌المللی پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۲	تجزیه و تحلیل آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران سراسر دنیا از پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۳	تحقیق و بررسی جامع روش‌های نوین طراحی پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و ارائه نقشه راه بهره‌برداری و استفاده از این تجهیزات در سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا

اقدام ۴: امکان سنجی، طراحی و ساخت تجهیزات اصلی پست انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	ارتقای توانمندی موجود در کشور در دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورها با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت
۲	امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت انواع ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری، زمین و راکتور
۳	امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات زمین (AC و DC)
۴	تدوین دانش فنی طراحی و ساخت برق‌گیر (AC , DC)
۵	تهیه دستورالعمل طراحی و استفاده از جبران‌کننده توان راکتیو در پست انتقال برق با ظرفیت بالا
۶	تدوین دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های LV پست انتقال برق با ظرفیت بالا از جمله تابلوی DC، تغذیه داخلی، باتری خانه، شارژر، تابلوی AC
۷	امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جهت رسیدن به دانش فنی طراحی و ساخت انواع تجهیزات مانیتورینگ و کنترل و حفاظت در سطح ولتاژهای مورد استفاده در سیستم‌های HVAC, HVDC
۸	تدوین دستورالعمل ساخت یراق‌آلات مورد استفاده در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۹	امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات سوئیچگیر شامل مقره اتکائی، تله موج، واحد تطبیق، سکسیونر، باسبار، وال بوشینگ
۱۰	ارتقای توانمندی موجود در کشور در دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت کلیدهای قدرت با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت
۱۱	طراحی و ساخت مبدل‌های تریستوری HVDC و توسعه تکنولوژی آن‌ها
۱۲	توسعه و به‌کارگیری Direct-Light-Triggered Thyristors در مبدل‌های HVDC
۱۳	طراحی و ساخت مبدل‌های الکترونیک قدرت از نوع VSC-HVDC و تجاری‌سازی آن
۱۴	ارزیابی و ساخت ترانسفورماتورهای مبدل سیستم HVDC
۱۵	تدوین دانش فنی طراحی و ساخت بوشینگ‌ها و الکترودهای زمین برای سیستم‌های HVDC
۱۶	تدوین دانش فنی طراحی و ساخت فیلترهای هارمونیک برای سیستم‌های HVDC
۱۷	ارزیابی وضعیت عملکرد مبدل‌های AC/DC در سیستم‌های HVDC
۱۸	ارزیابی سیستم‌های خنک‌کننده و کنترل مبدل‌های تریستوری و توسعه تکنولوژی آن
۱۹	ارتقای تکنولوژی مبدل‌های VSC برای ولتاژهای بالاتر از ۵۰۰ کیلوولت
۲۰	امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کلیدهای DC
۲۱	امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جهت رسیدن به دانش فنی طراحی و ساخت انواع سوئیچگیرهای قدرت در سطح ولتاژهای مورد استفاده در سیستم‌های HVAC, HVDC

## جدول (۲-۳): پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی حوزه بهره‌برداری

اقدام ۱: بهره‌برداری از خطوط انتقال هوایی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	ارزیابی شاخص‌های بهره‌برداری از خطوط انتقال در دمای بالا و اثرات آن
۲	شناسایی اثرات صاعقه بر عملکرد خطوط انتقال و تجهیزات جانبی (برق‌گیر و مقره و...) و ارائه راهکار جهت بهبود عملکرد سیستم انتقال
۳	طراحی بهینه خطوط انتقال با رویکرد چرخه عمر و کاهش هزینه‌ها
۴	بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد نوسانات در هادی و مدیریت ارتعاشات و ارائه راهکار برای کاهش اثرات ناشی از نوسان در هادی
۵	تدوین استاندارد حریم خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا
۶	تهیه دستورالعمل تعمیر خطوط گرم در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۷	تدوین نقشه راه توسعه تجهیزات موردنیاز برای تعمیر خطوط گرم در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۸	تدوین دانش فنی تجهیزات پلیمری و کامپوزیتی خطوط انتقال هوایی
۹	دستورالعمل ارزیابی وضعیت و مدیریت عمر مقره‌های تمام سرامیکی/غیر سرامیکی
۱۰	امکان‌سنجی بهره‌گیری از خطوط مخابراتی به موازات خطوط HVDC هوایی برای فواصل طولانی
۱۱	بهبود و بهینه‌سازی طراحی‌های موردنیاز برای انتقال‌های طولانی با استفاده از شبکه HVDC
۱۲	بررسی ماهیت گازهای تشکیل‌شده در شرایط تخلیه جزئی در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۱۳	بررسی ماهیت پدیده تخلیه سریع عایق‌های خط تحت شرایط قطبیدگی منفی
۱۴	مطالعه استقامت عایقی با در نظر گرفتن عملیات و مانورها روی خطوط گرم
۱۵	بهینه‌سازی برج‌ها و خطوط طراحی‌شده برای کاهش اثرات کرنا و پارامترهای تخلیه در محیط
۱۶	تعیین اطلاعات موردنیاز برای چگالی هوا برای کرنای روی هادی‌ها، کرنای سیم‌های محافظ و اجتناب از آن
۱۷	بررسی عملکرد خطوط و مبدل‌های HVDC با تمرکز بر وقوع خطاهای مختلف روی خطوط
۱۸	مطالعه پدیده میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی جفت شده و تاملات آن‌ها در شبکه‌های هیبرید AC/DC
۱۹	امکان‌سنجی و بررسی استراتژی‌های تبدیل خطوط AC به DC به منظور مدیریت و افزایش ظرفیت انتقال
۲۰	تدوین دانش فنی بهره‌گیری از خطوط HVDC فشرده جهت انتقال برق با ظرفیت بالا
۲۱	مطالعه میدان‌ها و یون‌های الکتریکی و اثرات الکتریکی HVDC (نظیر کرنا، نویزهای قابل شنیدن، تداخل الکترومغناطیسی در فرکانس‌های رادیو و تلویزیون و...)
۲۲	بررسی عملکرد دینامیکی یک سیستم قدرت AC/DC یکپارچه و جایابی مناسب خطوط HVDC در شبکه

اقدام ۲: بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر زمینی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	طراحی نرم‌افزارهای لازم برای طراحی خطوط انتقال زیرزمینی باهدف افزایش بازدهی و کاهش هزینه
۲	تدوین دستورالعمل مدیریت تنش‌های مکانیکی و حرارتی در دی‌الکتریک‌های مورد استفاده در داکت‌ها ولوله‌های زیرزمینی در راستای کاهش نرخ خطا و افزایش بهره‌برداری در سطوح بالای تنش مکانیکی و حرارتی
۳	دستیابی به دانش فنی عایق‌های دی‌الکتریک با قابلیت اطمینان بالا به منظور کاهش حجم کابل‌ها، افزایش طول عمر و کاهش نرخ خرابی عایق‌های کابل
۴	تدوین دانش فنی اندازه‌گیری میدانی تخلیه جزئی در کابل‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۵	تهیه دستورالعمل بهبود طراحی و بهره‌برداری از فیبرهای انتقال برق زیرزمینی موازی با رویکرد کاهش اثرات متقابل بهره‌برداری موازی خطوط
۶	تدوین دانش فنی تحلیل خمش حرارتی-گرمائی (TMB) کابل‌های درون یک لوله باهدف بهبود قابلیت اطمینان در اثر پیرشدگی کابل‌های سیستم
۷	ترسیم نقشه راه شناسایی، طراحی و ساخت کابل‌های نوین در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

اقدام ۳: بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر دریایی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دستورالعمل نصب و بهره‌برداری از کابل‌های انتقال زیر دریایی

اقدام ۴: بهره‌برداری از پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین نقشه راه دستیابی به تکنولوژی‌های جدید ترانسفورماتورهای قدرت در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۲	تدوین دستورالعمل استفاده از نرم‌افزارهای مدیریت بهره‌برداری منابع الکتریکی (MMW و غیره)
۳	تدوین نقشه راه توسعه، کاربرد تجهیزات پیشرفته کنترلی الکترونیک قدرت در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۴	تدوین دانش فنی توسعه استفاده از مدار شکن / محدودکننده خطای حالت جامد (تجهیزات الکترونیک قدرت پیشرفته)
۵	بررسی و تحلیل جامع انواع کلید زنی در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا و تحلیل اثرات آن بر پارامترهای قابلیت اطمینان شبکه
۶	تدوین دستورالعمل جامع ارزیابی شبکه زمین سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا

اقدام ۴: بهره‌برداری از پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۷	تدوین دستورالعمل ارزیابی وضعیت و افزایش طول عمر مدارشکن‌ها
۸	تدوین دانش فنی ترکیبات کامپوزیتی و پلیمری در عایق‌بندی ساختار تجهیزات پست بجای تجهیزات سرامیکی
۹	تدوین نقشه راه توسعه بهره‌گیری از تجهیزات هوشمند در سیستم‌های انتقال برق HVDC
۱۰	مطالعات رزونانس‌های گذرا و زیر گذرا و اثرات عناصر FACTS بر آن‌ها
۱۱	مطالعات موردنیاز برای اثرات فی‌مابین عناصر موتوری و ژنراتوری و عناصر FACTS
۱۲	بررسی راهکارهای شارش بهینه توان اکتیو و راکتیو با استفاده از اثر عناصر FACTS

اقدام ۵: تهیه و تدوین دیدگاه سیستمی برای افزایش ظرفیت انتقال برق	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	بررسی تحلیل فنی-اقتصادی مشکلات پیش‌روی افزایش ظرفیت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۲	تدوین دانش فنی توسعه تکنولوژی مربوط به خطوط هوایی با ظرفیت دینامیک حرارتی
۳	تهیه دستورالعمل کنترل و مدیریت توان عبوری باهدف ایجاد یک ابزار جهت شبیه‌سازی و تحلیل سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۴	تدوین دانش فنی روش‌های مدیریت جریان خطا
۵	بررسی و تحلیل مدل‌های گرمایی و کرنای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا به منظور استخراج دستورالعمل بهره‌برداری هادی در دمای بالا
۶	تدوین دانش فنی ارزیابی دینامیک پایداری به‌صورت بلادرنگ و ارائه الگوریتم تصمیم‌گیری براساس حدود تغییرات پارامترهای پایداری
۷	مدل‌سازی، الگوریتم بندی و ارائه راهکار برای عدم قطعیت‌های موجود در شبکه انتقال
۸	تدوین دانش فنی برای تجهیزات حفاظتی باهدف کاهش نرخ خاموشی و خروج‌های متوالی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۹	انجام مطالعات سیستمی با هدف توسعه خطوط و پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (AC-DC) در افق‌های زمانی ۵ ساله و ارائه گزارش روند مورد انتظار از پیشرفت پروژه‌ها و توسعه سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا



اقدام ۶: تدوین دستورالعمل مدیریت بهینه تعمیرات و تدوین دانش فنی مورد نیاز برای تعمیرات تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دانش فنی و دستورالعمل استفاده از تجهیزات حفاظتی و اندازه‌گیری برای عیب‌یابی مدار شکن‌ها
۲	تدوین دستورالعمل تعمیر و نگهداری از پست گرم در سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا
۳	تدوین دانش فنی تخمین عمر ترانسفورماتور و ارزیابی شرایط ترانس با رویکرد کاهش هزینه‌ها، تعمیرات و مسائل حفاظتی در سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا
۴	تدوین دستورالعمل تعمیرات تجهیزات پست‌ها باهدف افزایش طول عمر و تدوین کتابچه آموزش تعمیرات جامع تجهیزات برای اپراتورهای پست انتقال برق با ظرفیت بالا
۵	تدوین الگوریتم عیب‌یابی، مانیتورینگ و مدیریت عمر تجهیزات پست‌های سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا در سیستم یکپارچه
۶	تدوین دستورالعمل ارزیابی، عیب‌یابی و تعمیرات تجهیزات SF6 در سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا

اقدام ۷: تهیه و تدوین دستورالعمل جامع استخدام و آموزش نیروی کار متخصص جهت بهبود بازده سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین استانداردهای کیفیت و آموزش صحیح برای بهره‌برداران سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا
۲	بررسی و تدوین اطلاعات مورد نیاز به منظور برگزاری دوره‌های آموزشی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و آنالیز سیستم‌های HVDC
۳	تدوین دستورالعمل آموزشی مدیریت بحران سیستم‌های انتقال برق ظرفیت‌بالا و ارزیابی شبکه باهدف بهبود عملکرد نیروی انسانی

اقدام ۸: تدوین دستورالعمل طراحی و بهره‌برداری از سیستم اطلاعاتی جامع بین بهره‌برداران برای اشتراک‌گذاری امن اطلاعات انرژی و آموزش نیروی انسانی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دانش فنی سیستم امن اطلاعاتی شبکه‌ها، سیستم‌های کنترل، سیستم‌های ارتباطی و ارتباط تجهیزات درون پست‌های سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا
۲	ارزیابی و بهبود شبیه‌سازی اسکادا برای استفاده در تجهیزات الکتریکی
۳	تدوین دانش فنی روش‌های امن برای ارتباط از راه دور سیستم‌های درون پست‌های سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا از جمله

رله‌های حفاظتی، کلیدها، واحدهای کنترلی
--

اقدام ۹: تهیه و تدوین دانش فنی مدیریت دارائی‌ها در سیستم انتقال توان	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دستورالعمل راهنمای مدیریت دارائی برای انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا و متدولوژی تحلیلی برای آنالیز پیرشدگی تجهیزات انتقال برق با ظرفیت بالا با استفاده از ابزارهای محاسباتی برای پروژه‌های مدیریت دارائی
۲	ارزیابی افزایش طول عمر سیستم‌های HVDC موجود
۳	تدوین دانش فنی مدیریت عمر خطوط انتقال هوایی با ظرفیت بالا
۴	تدوین دانش فنی ارزیابی وضعیت خطوط انتقال هوایی با ظرفیت بالا

اقدام ۱۰: تدوین دستورالعمل مدیریت استراتژیک امنیت، کیفیت، پایداری و در دسترس بودن (SQRA: Security, Quality, Reliability, Availability)	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دانش فنی بهره‌گیری از خطوط HVDC جهت ارتباط بین سیستم‌های قدرت بزرگ و مطالعات پایداری موردنیاز
۲	توسعه مطالعات قابلیت اطمینان شبکه HVDC و مطالعات موردنیاز برای ادغام شبکه HVDC با شبکه EHVAC موجود
۳	بررسی اثرات شبکه HVDC بر پایداری و بازده سیستم‌های قدرت با بهره‌گیری از تجهیزات هوشمند
۴	تجزیه و تحلیل بازده و پایداری شبکه‌های بزرگ EHVAC در اتصال به شبکه‌های HVDC
۵	بررسی الزامات ایجاد بستر مخابراتی برای کنترل تجهیزات HVDC در محیط‌های متخصص و پر اغتشاش
۶	مطالعات کاهش تلفات در خطوط HVDC برای اهداف صرفه‌جویی در مصرف انرژی
۷	برنامه‌ریزی استراتژیک برای بهره‌برداری از تکنولوژی‌های جدید و اعمال نوآوری‌های تکنولوژی در سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا

اقدام ۱۱: تدوین دستورالعمل بهره‌برداری از ابررسانا در انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق و تدوین دانش فنی به کارگیری ابررسانا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تهیه و تدوین دانش فنی تکنولوژی ابررسانا و طراحی و ساخت تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۲	تهیه و تدوین دستورالعمل استفاده از خطوط ابررسانا در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

اقدام ۱۲: تدوین دانش فنی بهره‌برداری از تجهیزات پیشرفته برای مانیتورینگ سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دستورالعمل مانیتورینگ آنلاین و مطمئن شبکه با تشکیل و تشخیص الگوی تغییرات ( Visualization and Pattern Recognition)
۲	تهیه دستورالعمل جامع مدیریت اندازه‌گیری‌های سیستم حفاظت و ارتباطی باهدف اجرای استانداردهای UCA و CIM در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا
۳	تدوین نقشه راه توسعه تکنولوژی ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان نوری
۴	تدوین دستورالعمل استفاده مؤثر از PMU ها و توزیع تجهیزات مانیتورینگ در سطح شبکه برای مانیتورینگ گسترده، مدل‌سازی بار و پیکسایبی بار
۵	تدوین دستورالعمل بهره‌برداری در نرخ جریانی بالاتر از حد موجود با استفاده از ابزارهای مانیتورینگ و اندازه‌گیری دقیق و گسترده
۶	تدوین نقشه راه و توسعه تکنولوژی ترانسفورماتورهای ولتاژ

جدول (۲-۴): پروژه‌های مربوط به توسعه ساخت تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت

اقدام ۱: ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری سیستم انتقال با ظرفیت بالا (EHVAC, HVDC)	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	بررسی و تعیین تجهیزات مورد نیاز آزمایشگاه‌های ارزیابی اجزای HVDC و عملکرد سیستم و راه اندازی آزمایشگاه
۲	امکان‌سنجی و تاسیس آزمایشگاه شبیه‌ساز HVDC به منظور مطالعه عملکرد دینامیکی و آزمایش سیستم‌های کنترل و حفاظت مربوط به سیستم‌های HVDC، مطالعات عملکرد دینامیکی سیستم قدرت AC/DC یکپارچه و مطالعات مربوط به تنش تجهیزات
۳	امکان‌سنجی و تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع فشار قوی به منظور توانایی تست تجهیزات EHVAC
۴	بررسی ضرورت راه‌اندازی آزمایشگاه تخصصی EHVAC به منظور انجام مطالعات خاص سیستم EHVAC
۵	طراحی و تهیه نرم افزار آنالیز و شبیه سازی سیستم انتقال HVDC
اقدام ۲: امکان‌سنجی طراحی و ساخت تجهیزات اصلی خطوط سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها

۱	امکان سنجی، طراحی و ساخت انواع دکل موردنیاز برای سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا
۲	طراحی و ساخت سیم‌های محافظ براساس استانداردها
۳	بررسی انواع هادی‌های متداول (استاندارد) و هادی‌های جدید مورداستفاده در سیستم‌های EHVAC
۴	امکان‌سنجی ساخت مقره‌های قابل‌استفاده در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۵	امکان‌سنجی طراحی و ساخت مواد عایق‌بندی نوین برای عایق‌بندی خارجی
۶	امکان‌سنجی ساخت کابل‌های متداول در سیستم‌های انتقال HVDC

اقدام ۳: مطالعات فنی-اقتصادی برای طراحی و ساخت پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تحقیق و بررسی جامع روش‌های نوین طراحی پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و ارائه نقشه راه بهره‌برداری و استفاده از این تجهیزات در سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا
اقدام ۴: امکان‌سنجی، طراحی و ساخت تجهیزات اصلی پست انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	ارتقای توانمندی موجود در کشور در زمینه‌ی دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای قدرت با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت
۲	امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت انواع ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری، زمین و راکتور
۳	امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات زمین (DC و AC)
۴	تدوین دانش فنی طراحی و ساخت برق‌گیر (DC, AC)
۵	تهیه دستورالعمل طراحی و استفاده از جبران‌کننده توان راکتیو در پست انتقال برق با ظرفیت بالا
۶	تدوین دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های LV پست انتقال برق با ظرفیت بالا از جمله تابلوی DC، تغذیه داخلی، باتری، خانه، شارژر، تابلوی AC
۷	امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جهت رسیدن به دانش فنی طراحی و ساخت انواع تجهیزات مانتیورینگ و کنترل و حفاظت در سطح ولتاژهای مورد استفاده در سیستم‌های HVDC, HVAC
۸	تدوین دستورالعمل ساخت یراق‌آلات مورد استفاده در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۹	امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات سوئیچگیر شامل مقره اتکائی، تله موج، واحد تطبیق، سکسیونر، باسبار، وال بوشینگ

ارتقای توانمندی موجود در کشور در زمینه‌ی دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت کلیدهای قدرت با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت	۱۰
طراحی و ساخت مبدل‌های تریستوری HVDC و توسعه تکنولوژی آن‌ها	۱۱
توسعه و به‌کارگیری Direct-Light-Triggered Thyristors در مبدل‌های HVDC	۱۲
طراحی و ساخت مبدل‌های الکترونیک قدرت از نوع VSC-HVDC و تجاری‌سازی آن	۱۳
ارزیابی و ساخت ترانسفورماتورهای مبدل سیستم HVDC	۱۴
تدوین دانش فنی طراحی و ساخت پوشینگ‌ها و الکترودهای زمین برای سیستم‌های HVDC	۱۵
تدوین دانش فنی طراحی و ساخت فیلترهای هارمونیک برای سیستم‌های HVDC	۱۶
ارزیابی وضعیت عملکرد مبدل‌های AC/DC در سیستم‌های HVDC	۱۷
ارزیابی سیستم‌های خنک‌کننده و کنترل مبدل‌های تریستوری و توسعه تکنولوژی آن	۱۸
ارتقای تکنولوژی مبدل‌های VSC برای ولتاژهای بالاتر از ۵۰۰ کیلوولت	۱۹
امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کلیدهای DC	۲۰
امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جهت رسیدن به دانش فنی طراحی و ساخت انواع سوئیچگیرهای قدرت در سطح ولتاژهای مورد استفاده در سیستم‌های HVAC, HVDC	۲۱

جدول (۲-۵): پروژه‌های مربوط به توسعه دانش طراحی و آنالیز و بهره‌برداری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

اقدام ۱: تهیه و تدوین استانداردهای مرتبط با هادی‌های خطوط (EHVAC)	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تهیه استاندارد عوامل مرتبط با هادی‌های استاندارد (از جمله قابلیت اطمینان و قابلیت انعطاف)
۲	تهیه استاندارد محاسبات و تعیین پارامترهای مؤثر و روش‌های متداول انتخاب هادی

اقدام ۲: تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به جریان اتصال کوتاه، جریان مجاز هادی‌ها و حد مجاز جریان
۲	تدوین دستورالعمل محاسبات اختلالات رادیویی و تلویزیونی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)
۳	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به گرادبان ولتاژ، اثرات میدان، تخلیه جزئی و کرونا
۴	تدوین دانش فنی محاسبات تلفات خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)

تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به افت ولتاژ در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	۵
تدوین استاندارد محاسبات حد پایداری در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	۶
تجزیه و تحلیل محاسبات مکانیکی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	۷
تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به اثر پوستی، هادی باندل	۸
تدوین دانش فنی محاسبات آلودگی و خوردگی و اثرات آن خطاهای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	۹
ارزیابی عملکرد انواع سیم هادی در طی اغتشاشات شبکه و تهیه استاندارد جامع استفاده از سیم محافظ	۱۰

#### اقدام ۳: تهیه و تدوین استانداردهای مورد نیاز برای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)

ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	بررسی پارامترهای مختلف و تهیه استاندارد کابل‌های HVDC از جمله کابل‌های پلیمری، Oil-Filled و Mass-Impregnated
۲	تهیه استاندارد عوامل مرتبط با هادی‌های استاندارد (از جمله قابلیت اطمینان و قابلیت انعطاف)

#### اقدام ۴: تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)

ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به جریان اتصال کوتاه، جریان مجاز هادی‌ها و حد مجاز جریان
۲	تدوین دستورالعمل محاسبات اختلالات رادیویی و تلویزیونی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)
۳	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به گرا دیان ولتاژ، اثرات میدان، تخلیه جزئی و کرونا (HVDC)
۴	تدوین دانش فنی محاسبات تلفات خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)
۵	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به افت ولتاژ در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)
۶	تدوین استاندارد محاسبات حد پایداری در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)
۷	تجزیه و تحلیل محاسبات مکانیکی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)
۸	تدوین دانش فنی محاسبات آلودگی و خوردگی و اثرات آن خطاهای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)

#### اقدام ۵: بررسی روش‌های نوین طراحی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا

ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	استخراج آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران هادی‌های خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC) از سراسر دنیا به منظور بهبود عملکرد سیستم انتقال

استخراج آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران هادی‌های خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC) از سراسر دنیا به منظور بهبود عملکرد سیستم انتقال	۲
--	---

اقدام ۶: تهیه و تدوین معیارهای طراحی بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تهیه و تدوین معیارها و عوامل مرتبط با طرح‌های بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۲	تحلیل و طبقه‌بندی شرایط اقلیمی و آلودگی و تعیین اثرات آن بر عملکرد سیستم انتقال EHVAC و HVDC
۳	تدوین معیارها و عوامل مرتبط با طرح‌های ساختمانی سیستم انتقال با ظرفیت بالا
۴	تهیه استانداردهای قابلیت اطمینان سیستم انتقال با ظرفیت بالا
۵	تدوین دستورالعمل شناسایی و استاندارد سازی شینه‌بندی پست‌های انتقال با ظرفیت بالا
۶	تحلیل اقتصادی دقیق و جامع هزینه‌های طراحی و ساخت پست انتقال با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)

اقدام ۷: تهیه و تدوین استانداردهای مربوط به معیارهای طراحی برای انتخاب و کاربرد تجهیزات به کاررفته در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی ترانسفورماتورهای قدرت، جریان، ولتاژ خازنی و زمین-کمکی
۲	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی ترانسفورماتورهای جریان، ولتاژ خازنی و زمین-کمکی
۳	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی راکتور سری و موازی
۴	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کلید قدرت، سکسیونر و تیغه زمین
۵	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی مبدل‌های AC/DC
۶	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی فیلترهای هارمونیک AC/DC
۷	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب برق‌گیر، سیستم حفاظت در برابر صاعقه، زمین و سیستم‌های حفاظتی
۸	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب تجهیزات کاپلینگ و موج‌گیر
۹	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب مقره‌ها، هماهنگی عایقی و عایق‌بندی
۱۰	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب شینه و یراق‌آلات
۱۱	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی سیستم LVAC، سیستم LVDC
۱۲	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کابل و متعلقات

۱۳	تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب سیستم اعلام و اطفاء حریق
۱۴	تدوین دستورالعمل طراحی و مهندسی ساخت انواع سازه‌ها و ترکیب بارگذاری، فونداسیون‌های سازه‌های فلزی و بتنی

اقدام ۷: تهیه و تدوین استانداردهای مربوط به معیارهای طراحی برای انتخاب و کاربرد تجهیزات به‌کاررفته در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱۵	تهیه دستورالعمل انتخاب سیستم کنترل، سیستم ثبت و نشان‌دهنده وقایع و اتفاقات، سیستم اینترلاک، اینترتریپ و فصل مشترک با PLC
۱۶	تهیه راهنمای کامل معماری و الکتریکی ساختمان کنترل، معماری و الکتریکی ساختمان دیزل خانه، سیستم سرمایش و گرمایش، سیستم روشنایی داخلی و خارجی، محوطه‌سازی
۱۷	بررسی و ارائه راهنمای جامع برای حفاظت سیستم‌ها و تجهیزات در مقابل خوردگی
۱۸	تدوین دستورالعمل معرفی و انتخاب بهینه‌ی محل پست، آرایش تک‌خطی و فواصل الکتریکی
۱۹	امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جهت رسیدن به دانش فنی طراحی و مهندسی انتخاب تجهیزات مانیتورینگ و کنترل و حفاظت در سطح ولتاژهای مورد استفاده در سیستم‌های HVDC, HVAC

اقدام ۸: مطالعات فنی-اقتصادی برای طراحی و ساخت پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	بررسی عناوین، موضوعات، منابع و مراجع بین‌المللی پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۲	تجزیه و تحلیل آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران سراسر دنیا از پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

اقدام ۹: بهره‌برداری از خطوط انتقال هوایی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	ارزیابی شاخص‌های بهره‌برداری از خطوط انتقال در دمای بالا و اثرات آن
۲	شناسایی اثرات صاعقه بر عملکرد خطوط انتقال و تجهیزات جانبی (برق‌گیر و مقره و...) و ارائه راهکار جهت بهبود عملکرد سیستم انتقال
۳	طراحی بهینه خطوط انتقال با رویکرد چرخه عمر و کاهش هزینه‌ها
۴	بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد نوسانات در هادی و مدیریت ارتعاشات و ارائه راهکار برای کاهش اثرات ناشی از نوسان در هادی



اقدام ۹: بهره‌برداری از خطوط انتقال هوایی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۵	تدوین استاندارد حریم خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا
۶	تهیه دستورالعمل تعمیر خطوط گرم در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۷	تدوین نقشه راه توسعه تجهیزات موردنیاز برای تعمیر خطوط گرم در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۸	تدوین دانش فنی تجهیزات پلیمری و کامپوزیتی خطوط انتقال هوایی
۹	دستورالعمل ارزیابی وضعیت و مدیریت عمر مقره‌های تمام سرامیکی/غیر سرامیکی
۱۰	امکان‌سنجی بهره‌گیری از خطوط مخابراتی به موازات خطوط HVDC هوایی برای فواصل طولانی
۱۱	بهبود و بهینه‌سازی طراحی‌های موردنیاز برای انتقال‌های طولانی با استفاده از شبکه HVDC
۱۲	بررسی ماهیت گازهای تشکیل‌شده در شرایط تخلیه جزئی در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۱۳	بررسی ماهیت پدیده تخلیه سریع عایق‌های خط تحت شرایط قطبیدگی منفی
۱۴	مطالعه استقامت عایقی با در نظر گرفتن عملیات و مانورها روی خطوط گرم
۱۵	بهینه‌سازی برج‌ها و خطوط طراحی‌شده برای کاهش اثرات کرنا و پارامترهای تخلیه در محیط
۱۶	تعیین اطلاعات موردنیاز برای چگالی هوا برای کرنای روی هادی‌ها، کرنای سیم‌های محافظ و اجتناب از آن
۱۷	بررسی عملکرد خطوط و مبدل‌های HVDC با تمرکز بر وقوع خطاهای مختلف روی خطوط
۱۸	مطالعه پدیده میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی جفت شده و تعاملات آن‌ها در شبکه‌های هیبرید AC/DC
۱۹	امکان‌سنجی و بررسی استراتژی‌های تبدیل خطوط AC به DC به منظور مدیریت و افزایش ظرفیت انتقال
۲۰	تدوین دانش فنی بهره‌گیری از خطوط HVDC فشرده جهت انتقال برق با ظرفیت بالا
۲۱	مطالعه میدان‌ها و یون‌های الکتریکی و اثرات الکتریکی HVDC (نظیر کرونا، نویزهای قابل شنیدن، تداخل الکترومغناطیسی در فرکانس‌های رادیو و تلویزیون و...)
۲۲	بررسی عملکرد دینامیکی یک سیستم قدرت AC/DC یکپارچه و جایابی مناسب خطوط HVDC در شبکه

اقدام ۱۰: بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر زمینی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	طراحی نرم‌افزارهای لازم برای طراحی خطوط انتقال زیرزمینی باهدف افزایش بازدهی و کاهش هزینه
۲	تدوین دستورالعمل مدیریت تنش‌های مکانیکی و حرارتی در دی‌الکتریک‌های مورد استفاده در داکت‌ها و لوله‌های زیرزمینی در راستای کاهش نرخ خطا و افزایش بهره‌برداری در سطوح بالای تنش مکانیکی و حرارتی

اقدام ۱۰: بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر زمینی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۳	دستیابی به دانش فنی عایق‌های دی‌الکتریک با قابلیت اطمینان بالا به منظور کاهش حجم کابل‌ها، افزایش طول عمر و کاهش نرخ خرابی عایق‌های کابل
۴	تدوین دانش فنی اندازه‌گیری میدانی تخلیه جزئی در کابل‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۵	تهیه دستورالعمل بهبود طراحی و بهره‌برداری از فیدهای انتقال برق زیرزمینی موازی با رویکرد کاهش اثرات متقابل بهره‌برداری موازی خطوط
۶	تدوین دانش فنی تحلیل خمش حرارتی-گرمائی (TMB) کابل‌های درون یک لوله باهدف بهبود قابلیت اطمینان در اثر پیرشدگی کابل‌های سیستم
۷	ترسیم نقشه راه شناسایی، طراحی و ساخت کابل‌های نوین در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

اقدام ۱۱: بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر دریایی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دستورالعمل نصب و بهره‌برداری از کابل‌های انتقال زیر دریایی

اقدام ۱۲: بهره‌برداری از پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین نقشه راه دستیابی به تکنولوژی‌های جدید ترانسفورماتورهای قدرت در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۲	تدوین دستورالعمل استفاده از نرم‌افزارهای مدیریت بهره‌برداری منابع الکتریکی (MMW و غیره)
۳	تدوین نقشه راه توسعه، کاربرد تجهیزات پیشرفته کنترلی الکترونیک قدرت در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۴	تدوین دانش فنی توسعه استفاده از مدار شکن / محدودکننده خطای حالت جامد (تجهیزات الکترونیک قدرت پیشرفته)
۵	بررسی و تحلیل جامع انواع کلید زنی در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا و تحلیل اثرات آن بر پارامترهای قابلیت اطمینان شبکه
۶	تدوین دستورالعمل جامع ارزیابی شبکه زمین سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا
۷	تدوین دستورالعمل ارزیابی وضعیت و افزایش طول عمر مدارشکن‌ها
۸	تدوین دانش فنی ترکیبات کامپوزیتی و پلیمری در عایق‌بندی ساختار تجهیزات پست بجای تجهیزات سرامیکی
۹	تدوین نقشه راه توسعه بهره‌گیری از تجهیزات هوشمند در سیستم‌های انتقال برق HVDC

اقدام ۱۲: بهره‌برداری از پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱۰	مطالعات رزونانس‌های گذرا و زیر گذرا و اثرات عناصر FACTS بر آن‌ها
۱۱	مطالعات موردنیاز برای اثرات فی‌مابین عناصر موتوری و ژنراتوری و عناصر FACTS
۱۲	بررسی راهکارهای شارش بهینه توان اکتیو و راکتیو با استفاده از اثر عناصر FACTS

اقدام ۱۳: تهیه و تدوین دیدگاه سیستمی برای افزایش ظرفیت انتقال برق	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	بررسی تحلیل فنی-اقتصادی مشکلات پیش‌روی افزایش ظرفیت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۲	تدوین دانش فنی توسعه تکنولوژی مربوط به خطوط هوایی با ظرفیت دینامیک حرارتی
۳	تهیه دستورالعمل کنترل و مدیریت توان عبوری باهدف ایجاد یک ابزار جهت شبیه‌سازی و تحلیل سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۴	تدوین دانش فنی روش‌های مدیریت جریان خطا
۵	بررسی و تحلیل مدل‌های گرمایی و کرنای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا به منظور استخراج دستورالعمل بهره‌برداری هادی در دمای بالا
۶	تدوین دانش فنی ارزیابی دینامیک پایداری به صورت بلادرنگ و ارائه الگوریتم تصمیم‌گیری بر اساس حدود تغییرات پارامترهای پایداری
۷	مدل‌سازی، الگوریتم بندی و ارائه راهکار برای عدم قطعیت‌های موجود در شبکه انتقال
۸	تدوین دانش فنی برای تجهیزات حفاظتی باهدف کاهش نرخ خاموشی و خروج‌های متوالی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۹	انجام مطالعات سیستمی با هدف توسعه خطوط و پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (AC-DC) در افق‌های زمانی ۵ ساله و ارائه گزارش روند مورد انتظار از پیشرفت پروژه‌ها و توسعه سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا

اقدام ۱۴: تدوین دستورالعمل مدیریت بهینه تعمیرات و تدوین دانش فنی موردنیاز برای تعمیرات تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دانش فنی و دستورالعمل استفاده از تجهیزات حفاظتی و اندازه‌گیری برای عیب‌یابی مدارشکن‌ها
۲	تدوین دستورالعمل تعمیر و نگهداری از پست گرم در سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا

اقدام ۱۴: تدوین دستورالعمل مدیریت بهینه تعمیرات و تدوین دانش فنی موردنیاز برای تعمیرات تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۳	تدوین دانش فنی تخمین عمر ترانسفورماتور و ارزیابی شرایط ترانس با رویکرد کاهش هزینه‌ها، تعمیرات و مسائل حفاظتی در سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا
۴	تدوین دستورالعمل تعمیرات تجهیزات پست‌ها باهدف افزایش طول عمر و تدوین کتابچه آموزش تعمیرات جامع تجهیزات برای اپراتورهای پست انتقال برق با ظرفیت بالا
۵	تدوین الگوریتم عیب‌یابی، مانیتورینگ و مدیریت عمر تجهیزات پست‌های سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا در سیستم یکپارچه
۶	تدوین دستورالعمل ارزیابی، عیب‌یابی و تعمیرات تجهیزات SF6 در سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا

اقدام ۱۵: تهیه و تدوین دستورالعمل جامع استخدام و آموزش نیروی کار متخصص جهت بهبود بازده سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین استانداردهای کیفیت و آموزش صحیح برای بهره‌برداران سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا
۲	بررسی و تدوین اطلاعات مورد نیاز به منظور برگزاری دوره‌های آموزشی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و آنالیز سیستم‌های HVDC
۳	تدوین دستورالعمل آموزشی مدیریت بحران سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت‌بالا و بازیابی شبکه باهدف بهبود عملکرد نیروی انسانی

اقدام ۱۶: تدوین دستورالعمل طراحی و بهره‌برداری از سیستم اطلاعاتی جامع بین بهره‌برداران برای اشتراک‌گذاری امن اطلاعات انرژی و آموزش نیروی انسانی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دانش فنی سیستم امن اطلاعاتی شبکه‌ها، سیستم‌های کنترل، سیستم‌های ارتباطی و ارتباط تجهیزات درون پست‌های سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا
۲	ارزیابی و بهبود شبیه‌سازی اسکادا برای استفاده در تجهیزات الکتریکی
۳	تدوین دانش فنی روش‌های امن برای ارتباط از راه دور سیستم‌های درون پست‌های سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا از جمله رله‌های حفاظتی، کلیدها، واحدهای کنترلی

اقدام ۱۷: تهیه و تدوین دانش فنی مدیریت دارائی‌ها در سیستم انتقال توان	
---	--

ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دستورالعمل راهنمای مدیریت دارائی برای انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا و متدولوژی تحلیلی برای آنالیز پیرشدگی تجهیزات انتقال برق با ظرفیت بالا با استفاده از ابزارهای محاسباتی برای پروژه‌های مدیریت دارائی
۲	ارزیابی افزایش طول عمر سیستم‌های HVDC موجود
۳	تدوین دانش فنی مدیریت عمر خطوط انتقال هوایی با ظرفیت بالا
۴	تدوین دانش فنی ارزیابی وضعیت خطوط انتقال هوایی با ظرفیت بالا

### اقدام ۱۸: تدوین دستورالعمل مدیریت استراتژیک امنیت، کیفیت، پایداری و در دسترس بودن

(SQRA: Security, Quality, Reliability, Availability)

ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دانش فنی بهره‌گیری از خطوط HVDC جهت ارتباط بین سیستم‌های قدرت بزرگ و مطالعات پایداری موردنیاز
۲	توسعه مطالعات قابلیت اطمینان شبکه HVDC و مطالعات موردنیاز برای ادغام شبکه HVDC با شبکه EHVAC موجود
۳	بررسی اثرات شبکه HVDC بر پایداری و بازده سیستم‌های قدرت با بهره‌گیری از تجهیزات هوشمند
۴	تجزیه و تحلیل بازده و پایداری شبکه‌های بزرگ EHVAC در اتصال به شبکه‌های HVDC
۵	بررسی الزامات ایجاد بستر مخابراتی برای کنترل تجهیزات HVDC در محیط‌های متخاصم و پراختشاش
۶	مطالعات کاهش تلفات در خطوط HVDC برای اهداف صرفه‌جویی در مصرف انرژی
۷	برنامه‌ریزی استراتژیک برای بهره‌برداری از تکنولوژی‌های جدید و اعمال نوآوری‌های تکنولوژی در سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا

### اقدام ۱۹: تدوین دستورالعمل بهره‌برداری از ابررسانا در انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق و تدوین دانش فنی

به کارگیری ابررسانا

ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تهیه و تدوین دانش فنی تکنولوژی ابررسانا و طراحی و ساخت تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۲	تهیه و تدوین دستورالعمل استفاده از خطوط ابررسانا در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

اقدام ۲۰: تدوین دانش فنی بهره‌برداری از تجهیزات پیشرفته برای مانیتورینگ سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	تدوین دستورالعمل مانیتورینگ آنلاین و مطمئن شبکه با تشکیل و تشخیص الگوی تغییرات ( Visualization and Pattern Recognition)
۲	تهیه دستورالعمل جامع مدیریت اندازه‌گیری‌های سیستم حفاظت و ارتباطی باهدف اجرای استانداردهای UCA و CIM در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
۳	تدوین نقشه راه توسعه تکنولوژی ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان نوری
۴	تدوین دستورالعمل استفاده مؤثر از PMU ها و توزیع تجهیزات مانیتورینگ در سطح شبکه برای مانیتورینگ گسترده، مدل‌سازی بار و پیکسایبی بار
۵	تدوین دستورالعمل بهره‌برداری در نرخ جریانی بالاتر از حد موجود با استفاده از ابزارهای مانیتورینگ و اندازه‌گیری دقیق و گسترده
۶	تدوین نقشه راه و توسعه تکنولوژی ترانسفورماتورهای ولتاژ

### ۳- تخصیص منابع

در برنامه‌ریزی عملیاتی تخصیص منابع فرایند تصمیم‌گیری در مورد چگونگی به‌کارگیری منابع موجود به منظور نیل به مقاصد تعیین شده، به‌ویژه در کوتاه‌مدت می‌باشد. تخصیص منابع در سطوح مختلف راهبردی از جمله اقدامات، پروژه‌های اجرایی، فعالیت‌ها و سایر سطوح بالاتر قابل تعریف می‌باشد. همانطور که در بخش قبل عنوان شد یکی از معیارهای مورد توجه در تعیین تعداد سطوحی که اقدامات شکسته می‌شوند، رسیدن به سطحی است که در آن بتوان منابع لازم را برآورد نمود. این برآورد بر دو مبنای صورت می‌پذیرد:

الف) تجربه‌های پیشین

ب) نظر خبرگان

منابعی که در برنامه عملیاتی این سند مورد توجه قرار خواهند گرفت، عبارتند از هزینه، زمان و در صورت لزوم منابعی چون دانش و فناوری. تامین منابع انسانی با استفاده از هزینه اختصاص یافته توسط مجری فعالیت صورت می‌پذیرد. البته هزینه نیروی انسانی برآورد شده و جزء منابع مالی به مجری تخصیص می‌یابد. با توجه به محدود بودن زمان، جهت دستیابی به اهداف در زمان مورد نظر، می‌بایست مدت زمان لازم برای انجام هر پروژه، به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع اجرایی شدن پروژه‌ها، به درستی مشخص گردد. لازم به ذکر است که در این پروژه تخصیص زمان یک فرآیند تخصیص منابع محدود می‌باشد. به عبارتی کل زمان در دسترس برای تحقق پروژه‌های اجرایی از قبل تعیین شده و هر پروژه می‌بایست در مدت زمان خاص خود به اتمام برسد. از طرف دیگر منابع مالی به عنوان منابع نامحدود در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین در مورد هر پروژه اجرایی هزینه لازم برآورد شده و اختصاص می‌یابد. منابع لازم برای سطوح بالاتر از جمله اقدامات در حالت کلی برابر مجموع هزینه‌های سطوح بالافصل پایین‌دست می‌باشد. همان گونه که در بخش قبلی اشاره شد اقدامات غیر فنی تعیین شده به سطح پایین‌تر شکسته نشده است در نتیجه زمان و بودجه هر یک از اقدامات غیر فنی برآورد می‌شود. به منظور برآورد زمان و بودجه اقدامات، ابتدا کارشناسان فنی پروژه بر اساس میزان نفر-ساعت، تجهیزات و سایر ملزومات مورد نیاز زمان و بودجه تخمینی را برای هر یک از اقدامات پیشنهاد کردند. سپس این زمان و بودجه‌های برآورد شده در اختیار ۳ نفر از متخصصان این حوزه (مهندس فرضعلی زاده، مهندس عارضی و مهندس همدانی) قرار گرفت. پس از دریافت نظر کارشناسان و اعمال اصلاحات،

فهرست اقدامات و پروژه‌ها به همراه زمان و هزینه تخمینی آن‌ها تهیه شد و در اختیار کمیته راهبری قرار گرفت و آن کمیته نیز این موارد را تأیید نمود. این فهرست در جدول‌های (۱-۳) و (۲-۳) ارائه شده است.

### جدول (۱-۳): بودجه‌بندی و زمان‌بندی اقدامات غیر فنی در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

ردیف	اقدامات	بودجه ک <sup>۱</sup> (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	ایجاد واحد درسی HVDC در سرفصل دروس مربوط به رشته مهندسی برق-گرایش قدرت		۹
۲	حمایت از پایان نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه فناوری‌های سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به شکل کمک‌های مالی و ارائه خدمات مشاوره‌ای		۹۶
۳	پرداخت کمک‌هزینه ثبت پتنت در مؤسسات معتبر بین‌المللی نظیر EPO و USPTO به پژوهشگران و مخترعان فعال در زمینه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا		۹۶
۴	کمک به جذب و پذیرش واحدهای فناور در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن دانش به دست آمده در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا		۹۶
۵	زمینه‌سازی ارتباط میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی کشورهای پیشرو		۲۴
۶	تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا میان دانشگاه‌ها، شرکت‌های تولیدکننده و شرکت‌های مشاور		۷۲
۷	تسهیل همکاری‌های بین‌المللی با شرکت‌های معتبر جهت انتقال فناوری‌های مورد نیاز برای طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا		۲۴
۸	تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه سیستم‌های انتقال برق		۱۲۰
۹	برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت تبادل دانش میان بازیگران توسعه فناوری		۹۶
۱۰	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مرتبط با سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت ارائه آخرین دستاوردها		۷۲

<sup>۱</sup> - بودجه برآورد شده شامل نفر-ساعت و تجهیزات مورد نیاز برای انجام اقدام است.



مدت زمان (ماه)	بودجه ک' (میلیون ریال)	اقدامات	ردیف
۹۶		برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی با حضور مدرسان خارجی از کشورهای پیشرو	۱۱
۷۲		پایش و ارزیابی مستمر توانمندی‌های فناورانه تولیدکنندگان، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های مشاور فعال در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۱۲
۶		طراحی پایگاه اطلاعاتی بازیگران فعال در زمینه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۱۳
۲۴		تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز شرکت‌های تولید کننده برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۱۴
۲۴		شناسایی تامین‌کنندگان مطمئن مواد و قطعات مربوط به تجهیزات حوزه HVDC و مواد عابقی و برقراری ارتباط با آنها	۱۵
۷۲		کمک به تأمین مالی مراکز تحقیقاتی و سازندگان تجهیزات مورد نیاز سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا از طریق: - اعطای تسهیلات بلندمدت کم‌بهره یا بدون‌بهره - پرداخت بخشی از سود تسهیلات بانکی - ارائه کمک‌های بلاعوض	۱۶
۷۲		اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه سیستم‌های HVDC	۱۷
۷۲		تسهیل فرایند دریافت تسهیلات فاینانس از بانک‌های خارجی	۱۸
۷۲		حمایت از سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در طراحی و ساخت تجهیزات مورد نیاز سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا از طریق: - اعطای مشوق‌های مالیاتی - تضمین خرید تجهیزات تولید شده از سوی شبکه برق - انعقاد قراردادهای ساخت، بهره‌رداری و انتقال (BOT) با شرکت‌های بخش خصوصی	۱۹
۷۲		تسهیل مشارکت سرمایه‌گذاران خارجی در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا از طریق: - شناسایی و دعوت از سرمایه‌گذاران خارجی - ارائه مشوق‌های مالیاتی، گمرکی و تضمین امنیت سرمایه‌گذاری - تسهیل فرایند اخذ مجوزهای قانونی از دستگاه‌های ذیربط	۲۰
۹		تاسیس مرکز ملی سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و	۲۱

مدت زمان (ماه)	بودجه ک' (میلیون ریال)	اقدامات	ردیف
		جهت‌دهی به اقدامات	
۴		تدوین آیین‌نامه حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۲۲
۶		تهیه دستورالعمل همکاری میان دانشگاه‌ها، تولیدکنندگان و شرکت‌های مشاور در پروژه‌های توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۲۳
۱۲۰		مجموع	

جدول (۳-۲): بودجه‌بندی و زمان‌بندی پروژه‌های مربوط به اقدامات فنی در توسعه خطوط انتقال

## برق با ظرفیت بالا

تهیه و تدوین استانداردهای مرتبط با هادی‌های خطوط (EHVAC)			
مدت زمان (ماه)	بودجه کل <sup>۱</sup> (میلیون ریال)	پروژه‌ها	ردیف
۶		تهیه استاندارد عوامل مرتبط با هادی‌های استاندارد (از جمله قابلیت اطمینان و قابلیت انعطاف)	۱
۶		تهیه استاندارد محاسبات و تعیین پارامترهای مؤثر و روش‌های متداول انتخاب هادی	۲
۶		مجموع	
تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)			
مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)	پروژه‌ها	ردیف
۶		تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به جریان اتصال کوتاه، جریان مجاز هادی‌ها و حد مجاز جریان	۱
۶		تدوین دستورالعمل محاسبات اختلالات رادیویی و تلویزیونی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	۲
۶		تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به گرادیان ولتاژ، اثرات میدان، تخلیه جزئی و کرونا	۳
۶		تدوین دانش فنی محاسبات تلفات خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	۴
۶		تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به افت ولتاژ در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	۵
۶		تدوین استاندارد محاسبات حد پایداری در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	۶
۶		تجزیه و تحلیل محاسبات مکانیکی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	۷
۶		تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به اثر پوستی، هادی باندا	۸
۶		تدوین دانش فنی محاسبات آلودگی و خوردگی و اثرات آن خطاهای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	۹
۶		ارزیابی عملکرد انواع سیم هادی در طی اغتشاشات شبکه و تهیه استاندارد جامع استفاده از سیم	۱۰

<sup>۱</sup> - بودجه برآورد شده شامل نفر-ساعت و تجهیزات مورد نیاز برای انجام اقدام است.

		محافظ	
۶		مجموع	
تهیه و تدوین استانداردهای مورد نیاز برای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)			
ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	بررسی پارامترهای مختلف و تهیه استاندارد کابل‌های HVDC از جمله کابل‌های پلیمری ، Oil-Filled و Mass-Impregnated		۱۲
۲	تهیه استاندارد عوامل مرتبط با هادی‌های استاندارد (از جمله قابلیت اطمینان و قابلیت انعطاف)		۶
۱۲		مجموع	
تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)			
ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به جریان اتصال کوتاه، جریان مجاز هادی‌ها و حد مجاز جریان		۶
۲	تدوین دستورالعمل محاسبات اختلالات رادیویی و تلویزیونی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)		۱۲
۳	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به گرادیان ولتاژ، اثرات میدان، تخلیه جزئی و کرونا (HVDC)		۱۲
۴	تدوین دانش فنی محاسبات تلفات خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)		۱۲
۵	تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به افت ولتاژ در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)		۱۲
۶	تدوین استاندارد محاسبات حد پایداری در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)		۱۲
۷	تجزیه و تحلیل محاسبات مکانیکی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)		۱۲
۸	تدوین دانش فنی محاسبات آلودگی و خوردگی و اثرات آن خطاهای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)		۱۲
۱۲		مجموع	
ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری سیستم انتقال با ظرفیت بالا (EHVAC, HVDC)			
ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)

۲۴		بررسی و تعیین تجهیزات مورد نیاز آزمایشگاه‌های ارزیابی اجزای HVDC و عملکرد سیستم و راه اندازی آزمایشگاه	۱
۲۴		امکان‌سنجی و تاسیس آزمایشگاه شبیه‌ساز HVDC به منظور مطالعه عملکرد دینامیکی و آزمایش سیستم‌های کنترل و حفاظت مربوط به سیستم‌های HVDC، مطالعات عملکرد دینامیکی سیستم قدرت AC/DC یکپارچه و مطالعات مربوط به تنش تجهیزات	۲
<b>ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری سیستم انتقال با ظرفیت بالا (EHVAC, HVDC)</b>			
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>بودجه (میلیون ریال)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۱۸		امکان‌سنجی و تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع فشار قوی به منظور توانایی تست تجهیزات EHVAC	۳
۱۲		بررسی ضرورت راه‌اندازی آزمایشگاه تخصصی EHVAC به منظور انجام مطالعات خاص سیستم EHVAC	۴
۱۲		طراحی و تهیه نرم افزار آنالیز و شبیه سازی سیستم انتقال HVDC	۵
۲۴		<b>مجموع</b>	
<b>بررسی روش‌های نوین طراحی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا</b>			
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>بودجه (میلیون ریال)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۶		استخراج آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران‌های خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC) از سراسر دنیا به منظور بهبود عملکرد سیستم انتقال	۱
۱۲		استخراج آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران‌های خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC) از سراسر دنیا به منظور بهبود عملکرد سیستم انتقال	۲
۱۲		<b>مجموع</b>	
<b>امکان‌سنجی، طراحی و ساخت تجهیزات اصلی خطوط سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</b>			
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>بودجه (میلیون ریال)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۹		امکان‌سنجی، طراحی و ساخت انواع دکل موردنیاز برای سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا	۱

۹		طراحی و ساخت سیم‌های محافظ براساس استانداردها	۲
۹		بررسی انواع هادی‌های متداول (استاندارد) و هادی‌های جدید مورد استفاده در سیستم‌های EHVAC	۳
۱۸		امکان‌سنجی ساخت مقره‌های قابل استفاده در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۴
۱۸		امکان‌سنجی طراحی و ساخت مواد عایق‌بندی نوین برای عایق‌بندی خارجی	۵
۱۲		امکان‌سنجی ساخت کابل‌های متداول در سیستم‌های انتقال HVDC	۶
۱۸		<b>مجموع</b>	
<b>تهیه و تدوین معیارهای طراحی بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</b>			
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>بودجه (میلیون ریال)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۹		تهیه و تدوین معیارها و عوامل مرتبط با طرح‌های بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۱
۱۲		تحلیل و طبقه‌بندی شرایط اقلیمی و آلودگی و تعیین اثرات آن بر عملکرد سیستم انتقال HVDC و EHVAC	۲
۶		تدوین معیارها و عوامل مرتبط با طرح‌های ساختمانی سیستم انتقال با ظرفیت بالا	۳
۶		تهیه استانداردهای قابلیت اطمینان سیستم انتقال با ظرفیت بالا	۴
۶		تدوین دستورالعمل شناسایی و استانداردسازی شینه‌بندی پست‌های انتقال با ظرفیت بالا	۵
۱۲		تحلیل اقتصادی دقیق و جامع هزینه‌های طراحی و ساخت پست انتقال با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)	۶
۱۲		<b>مجموع</b>	
<b>تهیه و تدوین استانداردهای مربوط به معیارهای طراحی برای انتخاب و کاربرد تجهیزات به کار رفته در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</b>			
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>بودجه (میلیون ریال)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۱۸		تدوین معیارهای طراحی و مهندسی ترانسفورماتورهای قدرت	۱
۱۲		تدوین معیارهای طراحی و مهندسی ترانسفورماتورهای جریان، ولتاژ خازنی و زمین-کمکی	۲
۹		تدوین معیارهای طراحی و مهندسی راکتور سری و موازی	۳

۱۲		تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کلید قدرت، سکسیونر و تیغه زمین	۴
۱۲		تدوین معیارهای طراحی و مهندسی مبدل‌های AC/DC	۵
۱۲		تدوین معیارهای طراحی و مهندسی فیلترهای هارمونیک AC/DC	۶
۱۸		تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب برق‌گیر، سیستم حفاظت در برابر صاعقه، زمین و سیستم‌های حفاظتی	۷
۶		تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب تجهیزات کولینگ و موج‌گیر	۸
۹		تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب مقره‌ها، هماهنگی عایقی و عایق‌بندی	۹
۳		تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب شینه و یراق‌آلات	۱۰
۶		تدوین معیارهای طراحی و مهندسی سیستم LVAC، سیستم LVDC	۱۱
۱۸		تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کابل و متعلقات	۱۲
۶		تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب سیستم اعلام و اطفاء حریق	۱۳
۹		تدوین دستورالعمل طراحی و مهندسی ساخت انواع سازه‌ها و ترکیب بارگذاری، فونداسیون‌های سازه‌های فلزی و بتنی	۱۴
<b>تهیه و تدوین استانداردهای مربوط به معیارهای طراحی برای انتخاب و کاربرد تجهیزات به کار رفته در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</b>			
مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)	پروژه‌ها	ردیف
۱۲		تهیه دستورالعمل انتخاب سیستم کنترل، سیستم ثبت و نشان‌دهنده وقایع و اتفاقات، سیستم اینترلاک، اینترتریپ و فصل مشترک با PLC	۱۵
۱۲		تهیه راهنمای کامل معماری و الکتریکی ساختمان کنترل، معماری و الکتریکی ساختمان دیزل خانه، سیستم سرمایش و گرمایش، سیستم روشنایی داخلی و خارجی، محوطه‌سازی	۱۶
۹		بررسی و ارائه راهنمای جامع برای حفاظت سیستم‌ها و تجهیزات در مقابل خوردگی	۱۷
۶		تدوین دستورالعمل معرفی و انتخاب بهینه‌ی محل پست، آرایش تک‌خطی و فواصل الکتریکی	۱۸
۱۲		امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جهت رسیدن به دانش فنی طراحی و مهندسی انتخاب تجهیزات مانیوتورینگ و کنترل و حفاظت در سطح ولتاژهای مورد استفاده در سیستم‌های HVAC, HVDC	۱۹
۱۸		<b>مجموع</b>	

مطالعه فنی-اقتصادی برای طراحی و ساخت پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)			
ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	بررسی عناوین، موضوعات، منابع و مراجع بین‌المللی پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا		۶
۲	تجزیه و تحلیل آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران سراسر دنیا از پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا		۶
۳	تحقیق و بررسی جامع روش‌های نوین طراحی پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و ارائه نقشه راه بهره‌برداری و استفاده از این تجهیزات در سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا		۹
۹	مجموع		۹
طراحی و ساخت تجهیزات اصلی پست انتقال برق با ظرفیت بالا			
ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	ارتقای توانمندی موجود در کشور در زمینه‌ی دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای قدرت با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت		۹۶
۲	امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت انواع ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری، زمین و راکتور		۲۴
۳	امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات زمین (DC و AC)		۴۸
۴	تدوین دانش فنی طراحی و ساخت برق‌گیر (DC, AC)		۴۲
۵	تهیه دستورالعمل طراحی و استفاده از جبران‌کننده توان رکتیو در پست انتقال برق با ظرفیت بالا		۳۶
۶	تدوین دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های LV پست انتقال برق با ظرفیت بالا از جمله تابلوی DC، تغذیه داخلی، باتری خانه، شارژر، تابلوی AC		۲۴
۷	امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جهت رسیدن به دانش فنی طراحی و ساخت انواع تجهیزات مانیتورینگ و کنترل و حفاظت در سطح ولتاژهای مورد استفاده در سیستم‌های HVDC, HVAC		۲۴
۸	تدوین دستورالعمل ساخت پراک‌آلات مورد استفاده در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا		۶
۹	امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی تجهیزات سوئیچ‌گیر شامل مقره اتکائی، تله موج، واحد تطبیق، سکسیونر، باسبار، وال بوشینگ		۳۰
۱۰	ارتقای توانمندی موجود در کشور در زمینه‌ی دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت کلیدهای		۸۴



		قدرت با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت	
۲۴		طراحی و ساخت مبدل‌های تریستوری HVDC و توسعه تکنولوژی آن‌ها	۱۱
۱۲		توسعه و به‌کارگیری Direct-Light-Triggered Thyristors در مبدل‌های HVDC	۱۲
۱۲		طراحی و ساخت مبدل‌های الکترونیک قدرت از نوع VSC-HVDC و تجاری‌سازی آن	۱۳
۲۴		ارزیابی و ساخت ترانسفورماتورهای مبدل سیستم HVDC	۱۴
۱۲		تدوین دانش فنی طراحی و ساخت بوشینگ‌ها و الکترودهای زمین برای سیستم‌های HVDC	۱۵
۳۶		تدوین دانش فنی طراحی و ساخت فیلترهای هارمونیک برای سیستم‌های HVDC	۱۶
۲۴		ارزیابی وضعیت عملکرد مبدل‌های AC/DC در سیستم‌های HVDC	۱۷
۱۲		ارزیابی سیستم‌های خنک‌کننده و کنترل مبدل‌های تریستوری و توسعه تکنولوژی آن	۱۸
۲۴		ارتقای تکنولوژی مبدل‌های VSC برای ولتاژهای بالاتر از ۵۰۰ کیلوولت	۱۹
۲۴		امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کلیدهای DC	۲۰
۲۴		امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جهت رسیدن به دانش فنی طراحی و ساخت انواع سوئیچگیرهای قدرت در سطح ولتاژهای مورد استفاده در سیستم‌های HVDC, HVAC	۲۱
۹۶		<b>مجموع</b>	
<b>بهره‌برداری از خطوط انتقال هوایی</b>			
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>بودجه (میلیون ریال)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۱۲		ارزیابی شاخص‌های بهره‌برداری از خطوط انتقال در دمای بالا و اثرات آن	۱
۱۲		شناسایی اثرات صاعقه بر عملکرد خطوط انتقال و تجهیزات جانبی (برق‌گیر و مقره و...) و ارائه راهکار جهت بهبود عملکرد سیستم انتقال	۲
۱۸		طراحی بهینه خطوط انتقال با رویکرد چرخه عمر و کاهش هزینه‌ها	۳
۱۲		بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد نوسانات در هادی و مدیریت ارتعاشات و ارائه راهکار برای کاهش اثرات ناشی از نوسان در هادی	۴
۹		تدوین استاندارد حریم خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا	۵
۱۲		تهیه دستورالعمل تعمیر خطوط گرم در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۶
۶		تدوین نقشه راه توسعه تجهیزات موردنیاز برای تعمیر خطوط گرم در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۷

۱۲		تدوین دانش فنی تجهیزات پلیمری و کامپوزیتی خطوط انتقال هوایی	۸
۱۲		دستورالعمل ارزیابی وضعیت و مدیریت عمر مقره‌های تمام سرامیکی/غیر سرامیکی	۹
۱۲		امکان‌سنجی بهره‌گیری از خطوط مخابراتی به موازات خطوط HVDC هوایی برای فواصل طولانی	۱۰
۲۴		بهبود و بهینه‌سازی طراحی‌های موردنیاز برای انتقال‌های طولانی با استفاده از شبکه HVDC	۱۱
۶		بررسی ماهیت گازهای تشکیل شده در شرایط تخلیه جزئی در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۱۲
۱۲		بررسی ماهیت پدیده تخلیه سریع عایق‌های خط تحت شرایط قطبیدگی منفی	۱۳
۹		مطالعه استقامت عایقی با در نظر گرفتن عملیات و مانورها روی خطوط گرم	۱۴
۱۲		بهینه‌سازی برج‌ها و خطوط طراحی شده برای کاهش اثرات کرنا و پارامترهای تخلیه در محیط	۱۵
۶		تعیین اطلاعات موردنیاز برای چگالی هوا برای کرنای روی هادی‌ها، کرنای سیم‌های محافظ و اجتناب از آن	۱۶
۲۴		بررسی عملکرد خطوط و مبدل‌های HVDC با تمرکز بر وقوع خطاهای مختلف روی خطوط	۱۷
۱۸		مطالعه پدیده میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی جفت شده و تعاملات آن‌ها در شبکه‌های هیبرید AC/DC	۱۸
۲۴		امکان‌سنجی و بررسی استراتژی‌های تبدیل خطوط AC به DC به منظور مدیریت و افزایش ظرفیت انتقال	۱۹
۲۴		تدوین دانش فنی بهره‌گیری از خطوط HVDC فشرده جهت انتقال برق با ظرفیت بالا	۲۰
۱۲		مطالعه میدان‌ها و یون‌های الکتریکی و اثرات الکتریکی HVDC (نظیر کرنا، نویزهای قابل شنیدن، تداخل الکترومغناطیسی در فرکانس‌های رادیو و تلویزیون و...)	۲۱
۲۴		بررسی عملکرد دینامیکی یک سیستم قدرت AC/DC یکپارچه و جایابی مناسب خطوط HVDC در شبکه	۲۲
۲۴		<b>مجموع</b>	
<b>بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر زمینی</b>			
مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)	پروژه‌ها	ردیف
۱۸		طراحی نرم‌افزارهای لازم برای طراحی خطوط انتقال زیرزمینی باهدف افزایش بازدهی و کاهش	۱

		هزینه	
۱۲		تدوین دستورالعمل مدیریت تنش‌های مکانیکی و حرارتی در دی‌الکتریک‌های مورد استفاده در داکت‌ها و لوله‌های زیرزمینی در راستای کاهش نرخ خطا و افزایش بهره‌برداری در سطوح بالای تنش مکانیکی و حرارتی	۲
۳۰		دستیابی به دانش فنی عایق‌های دی‌الکتریک با قابلیت اطمینان بالا به منظور کاهش حجم کابل‌ها، افزایش طول عمر و کاهش نرخ خرابی عایق‌های کابل	۳
۱۲		تدوین دانش فنی اندازه‌گیری میدانی تخلیه جزئی در کابل‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۴
۱۲		تهیه دستورالعمل بهبود طراحی و بهره‌برداری از فیدهای انتقال برق زیرزمینی موازی با رویکرد کاهش اثرات متقابل بهره‌برداری موازی خطوط	۵
۱۲		تدوین دانش فنی تحلیل خمش حرارتی-گرمانی (TMB) کابل‌های درون یک لوله با هدف بهبود قابلیت اطمینان در اثر پیرشدگی کابل‌های سیستم	۶
۱۲		ترسیم نقشه راه شناسایی، طراحی و ساخت کابل‌های نوین در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۷
۳۰		<b>مجموع</b>	
<b>بهره‌برداری از خطوط انتقال زیردریایی</b>			
<b>مدت زمان</b>	<b>بودجه</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
(ماه)	(میلیون ریال)		
۲۴		تدوین دستورالعمل نصب و بهره‌برداری از کابل‌های انتقال زیردریایی	۱
۲۴		<b>مجموع</b>	
<b>بهره‌برداری از پست‌های انتقال فشارقوی</b>			
<b>مدت زمان</b>	<b>بودجه</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
(ماه)	(میلیون ریال)		
۲۴		تدوین نقشه راه دستیابی به تکنولوژی‌های جدید ترانسفورماتورهای قدرت در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۱
۱۲		تدوین دستورالعمل استفاده از نرم‌افزارهای مدیریت بهره‌برداری منابع الکتریکی (MMW و غیره)	۲
۶		تدوین نقشه راه توسعه، کاربرد تجهیزات پیشرفته کنترلی الکترونیک قدرت در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۳

۶		تدوین دانش فنی توسعه استفاده از مدارشکن / محدودکننده خطای حالت جامد (تجهیزات الکترونیک قدرت پیشرفته)	۴
۶		بررسی و تحلیل جامع انواع کلید زنی در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا و تحلیل اثرات آن بر پارامترهای قابلیت اطمینان شبکه	۵
۹		تدوین دستورالعمل جامع ارزیابی شبکه زمین سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا	۶
۱۸		تدوین دستورالعمل ارزیابی وضعیت و افزایش طول عمر مدارشکن‌ها	۷
۱۲		تدوین دانش فنی ترکیبات کامپوزیتی و پلیمری در عایق‌بندی ساختار تجهیزات پست بجای تجهیزات سرامیکی	۸
۱۲		تدوین نقشه راه توسعه بهره‌گیری از تجهیزات هوشمند در سیستم‌های انتقال برق HVDC	۹
۱۸		مطالعات رزونانس‌های گذرا و زیر گذرا و اثرات عناصر FACTS بر آن‌ها	۱۰
۱۸		مطالعات موردنیاز برای اثرات فی مابین عناصر موتوری و ژنراتوری و عناصر FACTS	۱۱
۱۸		بررسی راهکارهای شارش بهینه توان اکتیو و راکتیو با استفاده از اثر عناصر FACTS	۱۲
۲۴		<b>مجموع</b>	
<b>تهیه و تدوین دیدگاه سیستمی برای افزایش ظرفیت انتقال برق</b>			
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>بودجه (میلیون ریال)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۱۲		بررسی تحلیل فنی-اقتصادی مشکلات پیش‌روی افزایش ظرفیت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۱
۱۲		تدوین دانش فنی توسعه تکنولوژی مربوط به خطوط هوایی با ظرفیت دینامیک حرارتی	۲
۱۲		تهیه دستورالعمل کنترل و مدیریت توان عبوری باهدف ایجاد یک ابزار جهت شبیه‌سازی و تحلیل سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۳
۱۲		تدوین دانش فنی روش‌های مدیریت جریان خطا	۴
۱۲		بررسی و تحلیل مدل‌های گرمایی و کرنای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا به منظور استخراج دستورالعمل بهره‌برداری هادی در دمای بالا	۵
۱۲		تدوین دانش فنی ارزیابی دینامیک پایداری به صورت بلادرنگ و ارائه الگوریتم تصمیم‌گیری بر اساس حدود تغییرات پارامترهای پایداری	۶
۱۲		مدل‌سازی، الگوریتم بندی و ارائه راهکار برای عدم قطعیت‌های موجود در شبکه انتقال	۷

۹		تدوین دانش فنی برای تجهیزات حفاظتی باهدف کاهش نرخ خاموشی و خروج‌های متوالی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۸
۱۲		انجام مطالعات سیستمی با هدف توسعه خطوط و پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (AC-DC) در افق‌های زمانی ۵ ساله و ارائه گزارش روند مورد انتظار از پیشرفت پروژه‌ها و توسعه سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	۹
۱۲		<b>مجموع</b>	
<b>تدوین دستورالعمل مدیریت بهینه تعمیرات و تدوین دانش فنی مورد نیاز برای تعمیرات تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</b>			
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>بودجه (میلیون ریال)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۹		تدوین دانش فنی و دستورالعمل استفاده از تجهیزات حفاظتی و اندازه‌گیری برای عیب‌یابی مدارشکن‌ها	۱
۶		تدوین دستورالعمل تعمیر و نگهداری از پست گرم در سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	۲
۹		تدوین دانش فنی تخمین عمر ترانسفورماتور و ارزیابی شرایط ترانس با رویکرد کاهش هزینه‌ها، تعمیرات و مسائل حفاظتی در سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	۳
۶		تدوین دستورالعمل تعمیرات تجهیزات پست‌ها باهدف افزایش طول عمر و تدوین کتابچه آموزش تعمیرات جامع تجهیزات برای اپراتورهای پست انتقال برق با ظرفیت بالا	۴
۱۲		تدوین الگوریتم عیب‌یابی، مانیتورینگ و مدیریت عمر تجهیزات پست‌های سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا در قالب سیستم یکپارچه	۵
۱۲		تدوین دستورالعمل ارزیابی، عیب‌یابی و تعمیرات تجهیزات SF6 در سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	۶
۱۲		<b>مجموع</b>	
<b>تهیه و تدوین دستورالعمل جامع استخدام، آموزش نیروی کار متخصص جهت بهبود بازده سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا</b>			
<b>مدت زمان (ماه)</b>	<b>بودجه (میلیون ریال)</b>	<b>پروژه‌ها</b>	<b>ردیف</b>
۱۲		تدوین استانداردهای کیفیت و آموزش صحیح برای بهره‌برداران سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا	۱

۱۲		بررسی و تدوین اطلاعات مورد نیاز به منظور برگزاری دوره‌های آموزشی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و آنالیز سیستم‌های HVDC	۲
۱۲		تدوین دستورالعمل آموزشی برای مدیریت بحران در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و بازیابی شبکه باهدف بهبود عملکرد نیروی انسانی	۳
۱۲		مجموع	

تدوین دستورالعمل طراحی و بهره‌برداری از سیستم اطلاعاتی جامع بین بهره‌برداران برای اشتراک‌گذاری امن اطلاعات انرژی و آموزش نیروی انسانی			
مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)	پروژه‌ها	ردیف
۹		تدوین دانش فنی سیستم امن اطلاعاتی شبکه‌ها، سیستم‌های کنترل، سیستم‌های ارتباطی و ارتباط تجهیزات درون پست‌های سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	۱
۶		ارزیابی و بهبود شبیه‌سازی اسکادا برای استفاده در تجهیزات الکتریکی	۲
۱۲		تدوین دانش فنی روش‌های امن برای ارتباط از راه دور سیستم‌های درون پست‌های سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا از جمله رله‌های حفاظتی، کلیدها، واحدهای کنترلی	۳
۱۲		مجموع	
تهیه و تدوین دانش فنی مدیریت دارائی‌ها در سیستم انتقال توان			
مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)	پروژه‌ها	ردیف
۱۲		تدوین دستورالعمل راهنمای مدیریت دارائی برای انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا و متدولوژی تحلیلی برای آنالیز پیرشدگی تجهیزات انتقال برق با ظرفیت بالا با استفاده از ابزارهای محاسباتی برای پروژه‌های مدیریت دارائی	۱
۱۲		ارزیابی افزایش طول عمر سیستم‌های HVDC موجود	۲
۹		تدوین دانش فنی مدیریت عمر خطوط انتقال هوایی با ظرفیت بالا	۳
۹		تدوین دانش فنی ارزیابی وضعیت خطوط انتقال هوایی با ظرفیت بالا	۴
۱۲		مجموع	

تدوین دستورالعمل طراحی و بهره‌برداری از سیستم اطلاعاتی جامع بین بهره‌برداران برای اشتراک‌گذاری امن اطلاعات انرژی و آموزش نیروی انسانی			
تدوین دستورالعمل مدیریت استراتژیک امنیت، کیفیت، پایداری و در دسترس بودن (SQRA: Security, Quality, Reliability, Availability)			
ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	تدوین دانش فنی بهره‌گیری از خطوط HVDC جهت ارتباط بین سیستم‌های قدرت بزرگ و مطالعات پایداری موردنیاز		۱۲
۲	توسعه مطالعات قابلیت اطمینان شبکه HVDC و مطالعات موردنیاز برای ادغام شبکه HVDC با شبکه HVAC موجود		۱۲
۳	بررسی اثرات شبکه HVDC بر پایداری و بازده سیستم قدرت با بهره‌گیری از تجهیزات هوشمند		۱۲
۴	تجزیه و تحلیل بازده و پایداری شبکه‌های بزرگ HVAC در اتصال به شبکه‌های HVDC		۱۲
۵	بررسی الزامات ایجاد بستر مخابراتی برای کنترل تجهیزات HVDC در محیط‌های متخصص و پراگشتشاش		۱۲
۶	مطالعات کاهش تلفات در خطوط DC برای اهداف صرفه‌جویی در مصرف انرژی		۹
۷	برنامه‌ریزی استراتژیک برای بهره‌برداری از تکنولوژی‌های جدید و اعمال نوآوری‌های تکنولوژی در سیستم انتقال با ظرفیت بالا		۶
<b>مجموع</b>			۱۲
تدوین دستورالعمل بهره‌برداری از ابررسانا در انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق و تدوین دانش فنی به‌کارگیری ابررسانا			
ردیف	پروژه‌ها	بودجه (میلیون ریال)	مدت زمان (ماه)
۱	تهیه و تدوین دانش فنی تکنولوژی ابررسانا و طراحی و ساخت تجهیزات سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا		۱۲
۲	تهیه و تدوین دستورالعمل استفاده از خطوط ابررسانا در سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا		۱۲
<b>مجموع</b>			۱۲
تدوین دانش فنی بهره‌برداری از تجهیزات پیشرفته برای مانیتورینگ سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا			

مدت زمان (ماه)	بودجه (میلیون ریال)	پروژه‌ها	ردیف
۱۸		تدوین دستورالعمل مانیتورینگ آنلاین و مطمئن شبکه با تشکیل و تشخیص الگوی تغییرات (Visualization and Pattern Recognition)	۱
۹		تهیه دستورالعمل جامع مدیریت اندازه‌گیری‌های سیستم حفاظت و ارتباطی باهدف اجرای استانداردهای UCA و CIM در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۲
۱۸		تدوین نقشه راه توسعه تکنولوژی ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان نوری	۳
۲۴		تدوین دستورالعمل استفاده مؤثر از PMU ها و توزیع تجهیزات مانیتورینگ در سطح شبکه برای مانیتورینگ گسترده، مدل‌سازی بار و پیکسای بار	۴
۱۲		تدوین دستورالعمل بهره‌برداری در نرخ جریانی بالاتر از حد موجود با استفاده از ابزارهای مانیتورینگ و اندازه‌گیری دقیق و گسترده	۵
۱۲		تدوین نقشه راه و توسعه تکنولوژی ترانسفورماتورهای ولتاژ	۶
۲۴		مجموع	

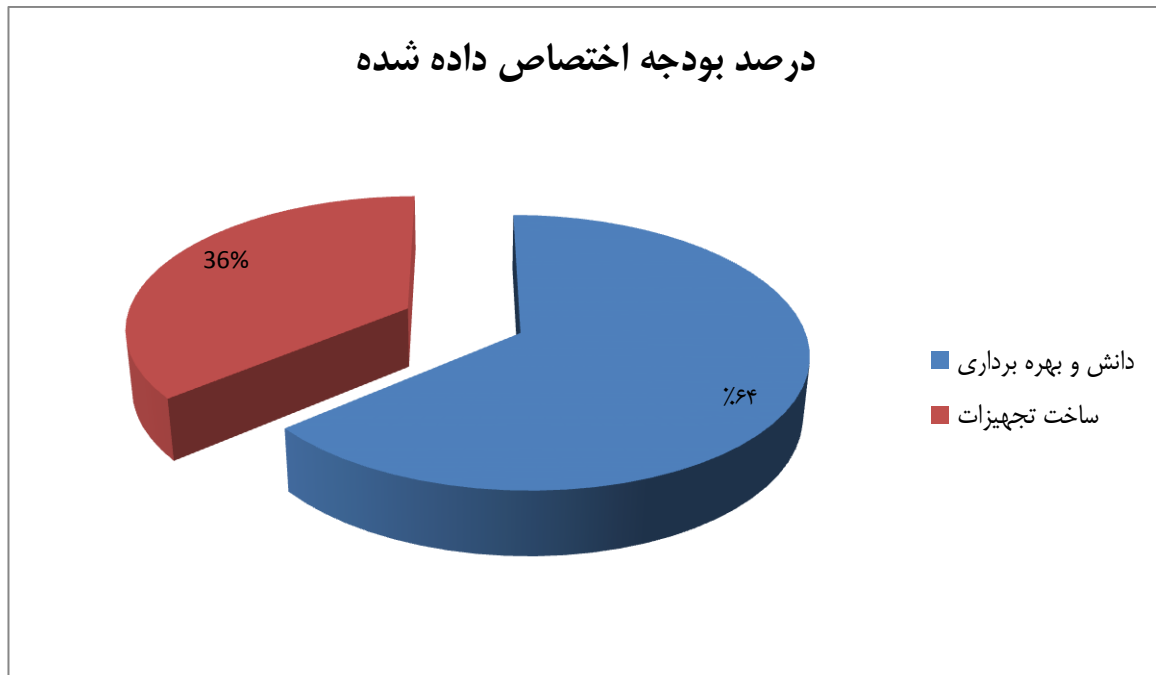
مجموع هزینه اقدامات غیرفنی و فنی طرح توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به تفکیک ساخت تجهیزات و دانش و بهره‌برداری در جدول (۳-۳) نشان داده شده است.

جدول (۳-۳): مجموع هزینه مورد نیاز اقدامات فنی و غیرفنی طرح توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

هزینه‌ها (میلیون ریال)			
مجموع	ساخت تجهیزات	دانش و بهره‌برداری	اقدامات
---	---	----	غیرفنی
---	---	---	فنی
---	---	---	مجموع

شکل (۳-۱) نشان می‌دهد که چه درصدی از کل بودجه در نظر گرفته شده برای توسعه سیستم‌های برق با ظرفیت بالا به ساخت تجهیزات و چه درصدی به دانش و بهره‌برداری اختصاص داده شده است.





شکل (۳-۱): تفکیک بودجه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به ساخت تجهیزات و دانش و بهره‌برداری

#### ۴- تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب)

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 سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا شناسایی خواهند شد. جهت شناسایی مجریان انجام هر پروژه، ابتدا می‌بایست کلیه بازیگران در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا شناسایی شوند، لذا برای این کار می‌بایست نگاشت نهادی محیط داخلی و بیرونی ترسیم شده و با تحلیل وضع موجود، وضع مطلوب نهادی ترسیم گردد. در ادامه ابتدا توضیح مختصری در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای آن آورده شده، سپس نگاشت نهادی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ترسیم شده است. در انتها نیز متولیان پروژه‌های اجرایی با توجه به نگاشت نهادی مطلوب مشخص شده است.

## ۴-۱- نگاشت نهادی<sup>۱</sup>

از یک سو، تعدد سازمان‌ها و نهادهای خصوصی و دولتی که هر یک به نوعی در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا نقش‌آفرینی می‌کنند و از سوی دیگر تنوع نقش‌هایی که باید در توسعه این سیستم‌ها ایفا شود نیاز به بررسی و تحلیل دقیق توسعه این سیستم‌ها را از منظر نهادی (ساختاری) نمایان‌تر می‌کند. برای تحلیل وضعیت ساختاری می‌توان از روش‌های مختلفی نظیر نگاشت‌نهادی 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 بدین معناست که هر یک از این سازمان‌ها و نهادها چگونه در این حوزه نقش‌آفرینی می‌کنند. بنابراین با تحلیل نگاشت نهادی موارد زیر را می‌توان دریافت:

↔ آیا نقشی وجود دارد که متولی نداشته باشد؟

↔ در یک نقش مشخص چه سازمان‌ها یا نهادهایی فعالیت دارد؟ تعدد سازمان‌ها و نهادها چگونه است؟ در صورت

کثرت نهادها آیا نیازی به مدیریت یکپارچه نهادهای فعال وجود دارد؟

↔ میزان درگیر بودن نهادهای مرتبط و غیرمرتبط در نقش چگونه است؟ آیا نقشی وجود دارد که هیچ نهاد مرتبلی در

آن فعالیت ندارد؟

↔ آیا در نقش مورد نظر، نیاز به وجود نهادی متمرکز احساس می‌شود؟

↔ آیا نهادهای غیردولتی در نقش مورد نظر می‌توانند جایگزین نهادهای دولتی شوند؟

نگاشت نهادی یکی از ابزارهای مطالعه سیستم نوآوری می‌باشد. نظام ملی نوآوری مجموعه‌ای است از موسسات مجزا که

بطور مشترک یا انفرادی به توسعه و انتشار فناوری‌های جدید کمک می‌کنند. این موسسات چهارچوبی فراهم می‌کنند که

دولت‌ها بتوانند در آن چهارچوب، سیاست‌هایی جهت تاثیرگذاری بر فرایند نوآوری را شکل داده و اجرا کنند.

<sup>1</sup>- Institutional mapping

در یک سطح عمومی کارکرد اصلی یا کلی نظام‌های نوآوری، تعقیب و انجام فرایندهای نوآوری یا به عبارت دیگر «خلق، اشاعه و بهره‌برداری» از نوآوری‌هاست. بنابراین کارکرد اصلی هر نظام نوآوری تولید، اشاعه و بکارگیری دانش و نوآوری می‌باشد. از نظر ادکویست، عواملی که بر خلق، اشاعه و بهره‌برداری از نوآوری‌ها تاثیرگذار باشند، فعالیت محسوب می‌شوند. به عنوان مثال تحقیق و توسعه (به عنوان ابزاری برای تولید دانش)، یکی از فعالیت‌های نظام نوآوری است. تامین منابع مالی به‌منظور تجاری‌سازی دانش نیز یک فعالیت می‌باشد.

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 بدست می‌آید.

#### ۴-۱-۱- انواع نقش‌ها در نگاشت نهادی

کارکردهای اصلی یک نظام ملی نوآوری به چهار دسته اصلی سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه خدمات تقسیم می‌شود. در 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 سوال آن است که این مجموعه اقدامات، به خودی خود شکل نمی‌گیرد، بلکه نیازمند نقش موثر دولت است. بنابراین تبیین جایگاه و حوزه وظایف دولت در فرایند توسعه صنعتی به صورت یکی از مباحث جدال‌انگیز ادبیات جدید توسعه درآمده است. در ادامه به تبیین هر یک از نقش‌های چهارگانه پرداخته می‌شود.

##### الف) سیاست‌گذاری

یک سیاست‌گذار نهادی است که برنامه‌های پی‌گیری شده توسط دولت، کسب و کارها و غیره را تعیین می‌کند. سیاست‌گذاری به صورت فرایندی تعریف شده است که به واسطه آن دولت به منظور ارائه پیامد (تغییرات مطلوب در دنیای واقعی)، چشم‌انداز سیاسی خود را به برنامه و عمل تبدیل می‌کند. لذا سیاست‌گذاری، کارکرد اصلی هر دولت می‌باشد. در

واقع، سیاست می‌تواند شکل‌های مختلفی مانند سیاست‌های غیر مداخله‌ای، تنظیم، تشویق تغییرات داوطلبانه (مانند کمک‌های مالی) و ارائه خدمات عمومی به خود بگیرد.

#### ب) تنظیم‌گری

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

↔ تعیین حقوق و مسئولیت‌های هر یک از موجودیت‌های جامعه به منظور تحقق اهداف توسعه پایدار

↔ تنظیم استانداردهای صنعتی

↔ تعیین و جمع‌آوری مالیات‌ها و دیگر درآمدها و...

در مجموع سه عامل اصلی بر شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری تاثیر دارند:

۱- اهداف و منابع تنظیم‌گری

۲- ساختار نهادی محیط تنظیم‌گری

۳- شرایط مختلف صنعت در محیط تنظیم‌گری

اهداف مختلف تنظیم‌گری آثار مستقیم مختلفی بر نوع تنظیم‌گری مورد استفاده به جای می‌گذارند. اگر اهداف خاص در تنظیم‌گری مد نظر باشد، شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری نیز تحت تاثیر آن قرار می‌گیرند. منابع محدود نیز می‌تواند بر ماهیت و طبیعت تنظیم‌گری اثر گذار باشد، این مسئله می‌تواند به واکنشی شدن سیاست‌های تنظیم‌گری بیانجامد.

ساختار نهادی و تشکیلاتی کشورها نیز بر قابلیت‌ها و توانایی‌های سازمان‌های تنظیم‌گر موثر است. در صورتی که محدودیت‌های اعمال شده از سوی حکومت بر نهاد تنظیم‌گر زیاد شود، توانایی‌های این نهاد برای اعمال جرائم و پاداش‌ها نیز کاهش می‌یابد. در شرایطی که فناوری‌های موجود در بازار، رقابت را میان عرضه‌کنندگان افزایش دهد، توانایی‌های تنظیم‌گران نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در این حالت‌ها تقاضاکنندگان در بازار نیز از قدرت خرید بالایی برخوردار هستند و عملاً سیاست‌های دستور و کنترل نمی‌تواند کارایی لازم را داشته باشد.

ج) تسهیل‌گری

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

↔ تسهیل‌گری توسعه ارتباطات

(د) ارائه‌دهنده کالا و خدمات

↔ ارائه‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی: تامین‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی شامل دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مؤسساتی هستند که در زمینه آموزش و پژوهش در حوزه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا فعالیت می‌کنند.

↔ ارائه‌کننده خدمات صنعتی: شامل شرکت‌هایی هستند که در زمینه تولید یا تامین تجهیزات مورد نیاز سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا 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 سازندگان تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا باشند.

## ۴-۱-۲- مراحل طراحی نگاشت نهادی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

با توجه به موارد ارائه شده در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای اصلی آن، در این بخش مراحل اصلی طراحی نگاشت نهادی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ارائه می‌گردد.

**الف) شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در کشور**

نهادهای اصلی مرتبط با توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا 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، کنش‌گران شناسایی شده در حوزه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا شامل موارد زیر می‌باشد که در پیوست توضیحی از وظایف هر کدام آورده شده است.

- ۱- هیئت وزیران
- ۲- مجمع تشخیص مصلحت نظام
- ۳- شورای عالی انقلاب فرهنگی
- ۴- شورای عالی عتف
- ۵- مجلس شورای اسلامی
- ۶- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
- ۷- وزارت صنعت، معدن و تجارت
- ۸- وزارت نیرو
- ۹- معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
- ۱۰- مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
- ۱۱- معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)
- ۱۲- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)

۱۳- معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی (وزارت نیرو)

۱۴- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)

۱۵- دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)

۱۶- سازمان ملی استاندارد ایران

۱۷- شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر)

۱۸- معاونت هماهنگی انتقال نیرو برق (توانیر)

۱۹- دفتر نظارت بر انتقال (توانیر)

۲۰- دفتر امور تحقیقات برق (معاونت منابع انسانی و تحقیقات توانیر)

۲۱- صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق

۲۲- پژوهشگاه نیرو (وزارت نیرو)

۲۳- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)

۲۴- پارک‌های علم و فناوری (ریاست جمهوری)

۲۵- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور

۲۶- صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران

۲۷- سندیکای صنعت برق

۲۸- دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی

۲۹- شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات سیستم‌های انتقال برق

**ب) شناخت روابط میان بنگاهی بین نهادهای موجود در حوزه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت**

**بالا:**

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 سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به کار برده شده است شامل: سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری، ارائه‌دهنده کالا و خدمات (آموزشی، پژوهشی و صنعتی) می‌باشد.

### ج) تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود

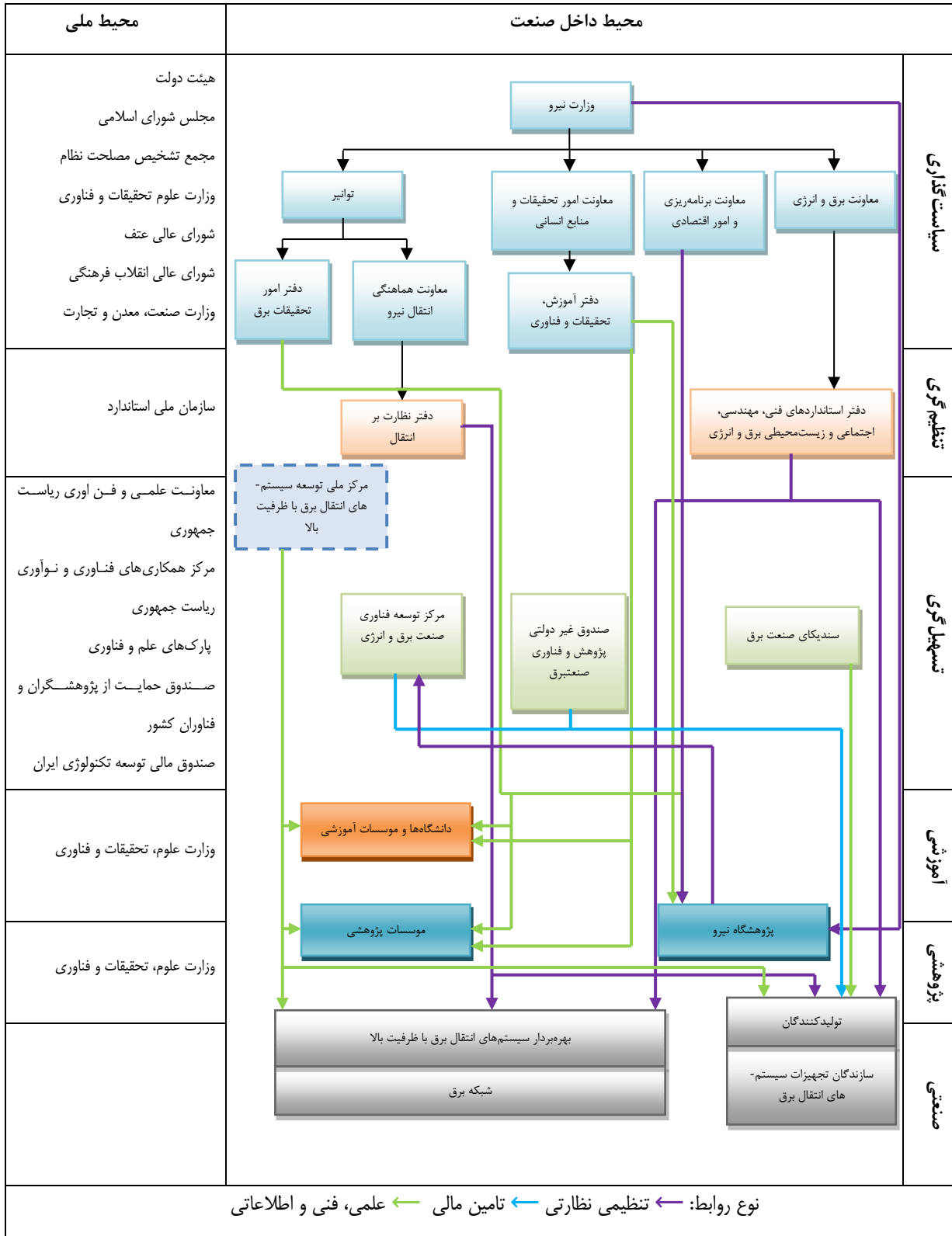
باتوجه به اطلاعات جمع‌آوری شده در مراحل قبل می‌توان ماتریس نهاد-کارکرد را در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا تهیه کرد. همان گونه که از نام این ماتریس مشخص است دو عامل، نهادهای مختلف و کارکردهای شناسایی شده بر اساس ادبیات نظام نوآوری در کنار هم آمده‌اند.

جدول (۴-۱): نگاشت نهادی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

ارائه دهنده کالا و خدمات			تسهیل‌گری	تنظیم‌گری	سیاست‌گذاری	کارکرد نهاد
صنعتی	پژوهشی	آموزشی				
					*	هیئت وزیران
					*	مجمع تشخیص مصلحت نظام
					*	شورای عالی انقلاب فرهنگی
					*	شورای عالی عتف
					*	مجلس شورای اسلامی
					*	وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
					*	وزارت صنعت، معدن و تجارت
					*	وزارت نیرو
			*			معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
			*			مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
					*	معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)



ارائه دهنده کالا و خدمات			تسهیل‌گری	تنظیم‌گری	سیاست‌گذاری	کارکرد نهاد
صنعتی	پژوهشی	آموزشی				
					*	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
					*	شرکت مادر تخصصی تولید، انتقال و توزیع نیروی برق (توانیر)
					*	معاونت هماهنگی انتقال نیرو برق (توانیر)
				*		دفتر نظارت بر انتقال (توانیر)
					*	دفتر امور تحقیقات برق (معاونت منابع انسانی و تحقیقات توانیر)
			*			صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق
	*					پژوهشگاه نیرو (وزارت نیرو)
			*			مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)
			*			پارک‌های علم و فناوری (ریاست جمهوری)
			*			صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور
			*			صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران
			*			سندیکای صنعت برق
	*	*				دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی
*						شرکت‌های تولید کننده تجهیزات سیستم انتقال برق



شکل (۴-۱): ارتباط بین نهادها در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

### ۴-۱-۳- تحلیل نگاشت نهادی

در این نگاشت ابتدا بازیگران و ذینفعان اصلی تاثیرگذار در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا 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، ۲۹ گروه تاثیرگذار 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 (۴-۱) بیان شده است که در این جدول نقشی که هر بازیگر در توسعه این فناوری متولی آن است، مشخص شده است. در شکل (۴-۱) با توجه به سه رابطه تنظیمی- نظارتی، تامین مالی و علمی، فناوری و اطلاعاتی، روابط بین نهادهای اثرگذار در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا 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 سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا فعال هستند ولی نارسایی‌ها و خلایبی 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 سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا می‌باشد. ایجاد یک نهاد با عنوان مرکز ملی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا، که علاوه بر مشارکت با نهادهای سیاست‌گذار، دارای نقش تنظیم‌گری و تسهیل‌گری نیز باشد، می‌تواند به توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا کمک کند. این نهاد می‌تواند نقش تنظیم‌گر و تسهیل‌گر را ایفا کند.

در شکل (۴-۱)، این نهاد به عنوان پیشنهاد، به نگاشت نهادی وضع موجود اضافه شده و به صورت نقطه‌چین نشان داده شده است.

### ۴-۲- 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 غیر فنی و فنی در جدول‌های (۲-۴) و (۳-۴) ارائه شده است.

### جدول (۲-۴): متولیان اقدامات غیر فنی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

ردیف	اقدامات	متولیان
۱	ایجاد واحد درسی HVDC در سرفصل دروس مربوط به رشته مهندسی برق-گرایش قدرت	- دبیرخانه مرکز - وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۲	حمایت از پایان نامه ها و مقالات کاربردی در حوزه فناوری‌های سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به شکل کمک‌های مالی و ارائه خدمات مشاوره‌ای	- دبیرخانه مرکز - صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق - مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی
۳	پرداخت کمک‌هزینه ثبت پتنت در مؤسسات معتبر بین‌المللی نظیر EPO و USPTO به پژوهشگران و مخترعان فعال در زمینه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- دبیرخانه مرکز - صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق - مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی
۴	کمک به جذب و پذیرش واحدهای فناور در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن دانش به دست آمده در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- دبیرخانه مرکز - پارک‌های علم و فناوری - وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۵	زمینه‌سازی ارتباط میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی کشورهای پیشرو	- دبیرخانه مرکز - وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۶	تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا میان دانشگاه‌ها، شرکت‌های تولیدکننده و شرکت‌های مشاور	دبیرخانه مرکز
۷	تسهیل همکاری‌های بین‌المللی با شرکت‌های معتبر جهت انتقال فناوری‌های مورد نیاز برای طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- دبیرخانه مرکز - سندیکای صنعت برق - وزارت صنعت، معدن و تجارت

ردیف	اقدامات	متولیان
۸	تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه سیستم‌های انتقال برق	دبیرخانه مرکز
۹	برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت تبادل دانش میان بازیگران توسعه فناوری	دبیرخانه مرکز
۱۰	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مرتبط با سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت ارائه آخرین دستاوردها	دبیرخانه مرکز
۱۱	برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی با حضور مدرسان خارجی از کشورهای پیشرو	- دبیرخانه مرکز - سندیکای صنعت برق - وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۱۲	پایش و ارزیابی مستمر توانمندی‌های فناوری‌های فناورانه تولیدکنندگان، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های مشاور فعال در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- دبیرخانه مرکز - سندیکای صنعت برق
۱۳	طراحی پایگاه اطلاعاتی بازیگران فعال در زمینه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	دبیرخانه مرکز
۱۴	تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز شرکت‌های تولید کننده برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- دبیرخانه مرکز - وزارت صنعت، معدن و تجارت
۱۵	شناسایی تامین‌کنندگان مطمئن مواد و قطعات مربوط به تجهیزات حوزه HVDC و مواد عایقی و برقراری ارتباط با آنها	- دبیرخانه مرکز - سندیکای صنعت برق - وزارت صنعت، معدن و تجارت
۱۶	کمک به تأمین مالی مراکز تحقیقاتی و سازندگان تجهیزات مورد نیاز سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا از طریق: - اعطای تسهیلات بلندمدت کم‌بهره یا بدون بهره - پرداخت بخشی از سود تسهیلات بانکی - ارائه کمک‌های بلاعوض	- دبیرخانه مرکز - صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق - مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی - معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو
۱۷	اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه سیستم‌های HVDC	- دبیرخانه مرکز - سندیکای صنعت برق - معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو

ردیف	اقدامات	متولیان
۱۸	تسهیل فرایند دریافت تسهیلات فینانس از بانک‌های خارجی	- دبیرخانه مرکز - معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو
۱۹	حمایت از سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در طراحی و ساخت تجهیزات مورد نیاز سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا از طریق: - اعطای مشوق‌های مالیاتی - تضمین خرید تجهیزات تولید شده از سوی شبکه برق - انعقاد قراردادهای ساخت، بهره‌برداری و انتقال (BOT) با شرکت‌های بخش خصوصی	- دبیرخانه مرکز - وزارت صنعت، معدن و تجارت - معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو
۲۰	تسهیل مشارکت سرمایه‌گذاران خارجی در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا از طریق: - شناسایی و دعوت از سرمایه‌گذاران خارجی - ارائه مشوق‌های مالیاتی، گمرکی و تضمین امنیت سرمایه‌گذاری - تسهیل فرایند اخذ مجوزهای قانونی از دستگاه‌های ذیربط	- دبیرخانه مرکز - وزارت صنعت، معدن و تجارت - معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو
۲۱	تاسیس مرکز ملی سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات	پژوهشگاه نیرو
۲۲	تدوین آیین‌نامه حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	دبیرخانه مرکز
۲۳	تهیه دستورالعمل همکاری میان دانشگاه‌ها، تولیدکنندگان و شرکت‌های مشاور در پروژه‌های توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	دبیرخانه مرکز

جدول (۳-۴): متولیان اقدامات فنی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

ردیف	اقدامات	متولی
۱	تهیه و تدوین استانداردهای مرتبط با هادی‌های خطوط (EHVAC) برق و انرژی	- دبیرخانه مرکز - دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی
۲	تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه	- دبیرخانه مرکز

ردیف	اقدامات	متولی
	انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی - شرکت‌های مشاور
۳	تهیه و تدوین استانداردهای مورد نیاز برای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)	- دبیرخانه مرکز - دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی - شرکت‌های مشاور - شرکت‌های پیمانکاری
۴	تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)	- دبیرخانه مرکز - شرکت‌های مشاور - شرکت‌های پیمانکاری
۵	بررسی روش‌های نوین طراحی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا	- دبیرخانه مرکز - شرکت‌های مشاور - شرکت‌های پیمانکاری - پژوهشگاه نیرو
۶	ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری سیستم انتقال با ظرفیت بالا (EHVAC, HVDC)	- دبیرخانه مرکز - شرکت‌های مشاور - شرکت‌های پیمانکاری - پژوهشگاه نیرو
۷	طراحی و ساخت تجهیزات اصلی خطوط سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- دبیرخانه مرکز - تولیدکنندگان و سازندگان تجهیزات سیستم‌های انتقال برق - دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی
۸	تهیه و تدوین معیارهای طراحی بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- دبیرخانه مرکز - دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی - شرکت‌های مشاور

ردیف	اقدامات	متولی
۹	تهیه و تدوین استانداردهای مربوط به معیارهای طراحی برای انتخاب و کاربرد تجهیزات به کار رفته در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- دبیرخانه مرکز - شرکت‌های مشاور - دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی
۱۰	مطالعه فنی-اقتصادی برای طراحی و ساخت پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)	- دبیرخانه مرکز - دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی - شرکت‌های مشاور - شرکت‌های پیمانکاری - پژوهشگاه نیرو
۱۱	طراحی و ساخت تجهیزات اصلی پست انتقال برق با ظرفیت بالا	- دبیرخانه مرکز - تولیدکنندگان و سازندگان تجهیزات سیستم‌های انتقال برق - دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی
۱۲	بهره‌برداری از خطوط انتقال هوایی	- دبیرخانه مرکز - بهره‌بردار سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا - شرکت‌های مشاور
۱۳	بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر زمینی	- دبیرخانه مرکز - بهره‌بردار سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا - شرکت‌های مشاور
۱۴	بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر دریایی	- دبیرخانه مرکز - بهره‌بردار سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا - شرکت‌های مشاور
۱۵	بهره‌برداری از پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- دبیرخانه مرکز - بهره‌بردار سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا - شرکت‌های مشاور
۱۶	تهیه و تدوین دیدگاه سیستمی برای افزایش ظرفیت انتقال برق	- دبیرخانه مرکز - بهره‌بردار سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا



ردیف	اقدامات	متولی
		<ul style="list-style-type: none"> <li>-شرکت‌های مشاور</li> <li>-پژوهشگاه نیرو</li> </ul>
۱۷	تدوین دستورالعمل مدیریت بهینه تعمیرات و تدوین دانش فنی موردنیاز برای تعمیرات تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	<ul style="list-style-type: none"> <li>-دبیرخانه مرکز</li> <li>-بهره‌بردار سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>-شرکت‌های مشاور</li> <li>-شرکت‌های پیمانکاری</li> <li>-پژوهشگاه نیرو</li> </ul>
۱۸	تهیه و تدوین دستورالعمل جامع استخدام، آموزش نیروی کار متخصص جهت بهبود بازده سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	<ul style="list-style-type: none"> <li>-دبیرخانه مرکز</li> <li>-دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری</li> </ul>
۱۹	تدوین دستورالعمل طراحی و بهره‌برداری از سیستم اطلاعاتی جامع بین بهره‌برداران برای به اشتراک‌گذاری امن اطلاعات انرژی و آموزش نیروی انسانی	<ul style="list-style-type: none"> <li>-دبیرخانه مرکز</li> <li>-بهره‌بردار سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>-شرکت‌های مشاور</li> <li>-دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری</li> </ul>
۲۰	تهیه و تدوین دانش فنی مدیریت دارائی‌ها در سیستم انتقال برق	<ul style="list-style-type: none"> <li>-دبیرخانه مرکز</li> <li>-شرکت‌های مشاور</li> <li>-دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری</li> </ul>
۲۱	تدوین دستورالعمل مدیریت استراتژیک امنیت، کیفیت، پایداری و در دسترس بودن ( SQRA: Security, Quality, Reliability, Availability )	<ul style="list-style-type: none"> <li>-دبیرخانه مرکز</li> <li>-بهره‌بردار سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>-شرکت‌های مشاور</li> <li>-پژوهشگاه نیرو</li> </ul>
۲۲	تدوین دستورالعمل بهره‌برداری از ابرسانا در انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق و تدوین دانش فنی به‌کارگیری ابرسانا	<ul style="list-style-type: none"> <li>-دبیرخانه مرکز</li> <li>-شرکت‌های مشاور</li> <li>-پژوهشگاه نیرو</li> <li>-مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی</li> </ul>
۲۳	تدوین دانش فنی بهره‌برداری از تجهیزات پیشرفته برای مانیتورینگ سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	<ul style="list-style-type: none"> <li>-دبیرخانه مرکز</li> <li>-شرکت‌های مشاور</li> </ul>

ردیف	اقدامات	متولی
		<p>- پژوهشگاه نیرو</p> <p>- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی</p>

## ۵- ترسیم رهنما

آخرین گام در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی تدوین رهنماست. رهنما 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 به‌ویژه در سطح اقدامات، زمان‌بندی تحقق هر سطح به همراه منابع اختصاص یافته و در نهایت معرفی متولیان هر یک از سطوح اجزای تشکیل‌دهنده رهنماست.

همان‌گونه که در ابتدا 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. آنچنان که در بسیاری از موارد، در حالی که استراتژی‌های ارزشمندی بر روی کاغذ آمده‌اند، تصمیمات و برنامه‌های اجرایی بدون توجه به استراتژی‌ها و سیاست‌ها به اجرا گذاشته می‌شود. 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 نقشه راه می‌باشد که نمایانگر ارکان اساسی فرایند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی اصلی فرایند برنامه‌ریزی است. هر چند باید تأکید کرد که هیچ‌گاه رهنماست نمی‌تواند جای راهبر را بگیرد و کلید به کارگیری این الگو در پیاده‌سازی استراتژی قابلیت‌های هنرمندانه راهبری است. آنچنانکه 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 فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی، در ادامه به ارائه تعاریف دقیق‌تری از رهنگاشت پرداخته و مولفه‌ها و شاخص‌های مورد توجه در تهیه رهنگاشت را بیان می‌کنیم.

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 در عین حال سررسیدهای<sup>۱</sup> 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 مولفه‌های یک رهنگاشت می‌دانند، اما برخی تعاریف سعی در هر چه واقعی‌تر کردن انتظارات کاربران از کارکردهای رهنگاشت دارند و بیان می‌کنند همانطور که رهنگاشت نباید در صدد تشریح استراتژی‌ها برآید، نباید بصورت جزئی به تشریح زیر ساخت‌های فنی لازم در پیاده‌سازی یک فناوری اشاره کنند.

<sup>۱</sup> - Deadline

در یک جمع‌بندی، 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<sup>۱</sup> 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.

با توجه به موارد ذکر شده در بخش‌های قبل، رهنگاشت‌های توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در افق زمانی ۱۰ ساله ترسیم شده است. این رهنگاشت‌ها شامل نقشه راه توسعه نظام نوآوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (مبتنی بر اقدامات غیر فنی) و نیز نقشه راه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (مبتنی بر اقدامات فنی) است. این رهنگاشت‌ها در شکل‌های (۱-۳) و (۲-۳) نشان داده شده است.

<sup>۱</sup> - Milestone

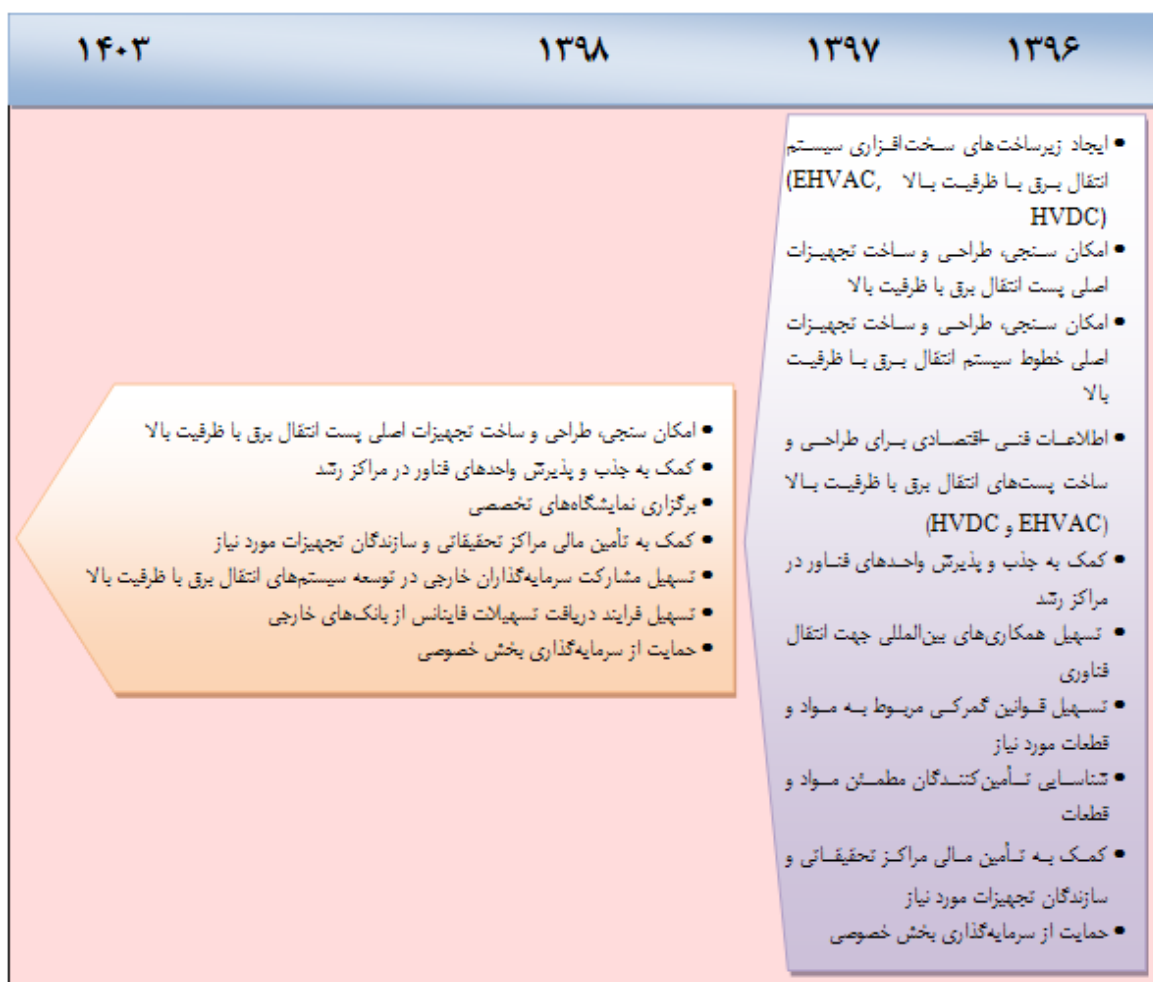
ابتدای ۱۳۹۸ تا انتهای ۱۴۰۳	ابتدای ۱۳۹۶ تا انتهای ۱۳۹۷	ابتدای ۱۳۹۴ تا انتهای ۱۳۹۵
<ul style="list-style-type: none"> <li>• پرداخت کمک‌هزینه ثبت پتنت در مؤسسات معتبر بین‌المللی</li> <li>• حمایت از پایان نامه ها و مقالات کاربردی</li> <li>• کمک به جذب و پذیرش واحدهای فناور در مراکز رشد</li> <li>• تعریف پروژه‌های مشترک</li> <li>• برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی</li> <li>• برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی</li> <li>• پایش و ارزیابی مستمر توانمندی‌های فناورانه بازیگران توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• کمک به تأمین مالی مراکز تحقیقاتی و سازندگان تجهیزات مورد نیاز</li> <li>• اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور</li> <li>• تسهیل فرایند دریافت تسهیلات فاینانس از بانک‌های خارجی</li> <li>• حمایت از سرمایه‌گذاری بخش خصوصی</li> <li>• تسهیل مشارکت سرمایه‌گذاران خارجی در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• طراحی پایگاه اطلاعاتی</li> <li>• تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه انتقال</li> <li>• برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• حمایت از پایان نامه ها و مقالات کاربردی</li> <li>• پرداخت کمک‌هزینه ثبت پتنت در مؤسسات معتبر بین‌المللی</li> <li>• کمک به جذب و پذیرش واحدهای فناور در مراکز رشد</li> <li>• تسهیل همکاری‌های بین‌المللی جهت انتقال فناوری</li> <li>• زمینه‌سازی ارتباط میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی کشورهای پیشرو</li> <li>• تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه انتقال</li> <li>• برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی</li> <li>• برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی</li> <li>• تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز</li> <li>• شناسایی تأمین‌کنندگان مطمئن مواد و قطعات</li> <li>• کمک به تأمین مالی مراکز تحقیقاتی و</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تأسیس مرکز ملی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• ایجاد واحد درسی HVDC</li> <li>• تهیه دستورالعمل همکاری میان بازیگران</li> <li>• تدوین آیین‌نامه حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی</li> <li>• تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه انتقال</li> </ul>

شکل (۵-۱): رهنگاشت توسعه نظام نوآوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

ابتداء، ۱۳۹۸ تا انتهای، ۱۴۰۳	ابتداء، ۱۳۹۶ تا انتهای، ۱۳۹۷	ابتداء، ۱۳۹۴ تا انتهای، ۱۳۹۵
<ul style="list-style-type: none"> <li>• امکان سنجی، طراحی و ساخت تجهیزات اصلی پست انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• بهره‌برداری از خطوط انتقال هوایی</li> <li>• بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر زمینی</li> <li>• بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر دریایی</li> <li>• بهره‌برداری از پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• تهیه و تدوین دیدگاه سیستمی برای افزایش ظرفیت انتقال برق</li> <li>• تدوین دستورالعمل مدیریت بهینه تعمیرات و تدوین دانش فنی مورد نیاز برای تعمیرات تجهیزات سیستم های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا</li> <li>• تدوین دستورالعمل طراحی و بهره‌برداری از سیستم اطلاعاتی جامع بین بهره‌برداران برای اشتراک گذاری امن اطلاعات انرژی و آموزش نیروی انسانی</li> <li>• تهیه و تدوین دانش فنی مدیریت دارائی‌ها در سیستم انتقال توان</li> <li>• تدوین دستورالعمل مدیریت استراتژیک امنیت، کیفیت، پایداری و در دسترس بودن ( SQRA: Security, Quality, Reliability, Availability)</li> <li>• تدوین دستورالعمل بهره‌برداری از ابررسانا در انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق و تدوین دانش فنی به کارگیری ابررسانا</li> <li>• تدوین دانش فنی و تجهیزات انتقال برق با ظرفیت بالا</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• زیرساخت‌های سخت‌افزاری سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC, HVDC)</li> <li>• امکان سنجی، طراحی و ساخت تجهیزات اصلی پست انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• تدوین روش‌های نوین طراحی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• امکان سنجی، طراحی و ساخت تجهیزات اصلی سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• تدوین پروژه‌های مربوط به پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC, HVDC)</li> <li>• تهیه و تدوین دستورالعمل جامع</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تهیه و تدوین استانداردهای مرتبط با هادی‌های خطوط (EHVAC)</li> <li>• تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)</li> <li>• تهیه و تدوین استانداردهای مورد نیاز برای خطوط شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)</li> <li>• تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)</li> <li>• تهیه و تدوین معیارهای طراحی بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• ارائه گزارشی از اطلاعات فنی - اقتصادی جمع آوری شده ضروری از سراسر دنیا برای طراحی و ساخت پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)</li> </ul>

شکل (۵-۲): رهنما توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

در ادامه اگر به جز دسته‌بندی فنی و غیرفنی، اقدامات پیشنهادی را این بار از منظر " دانش طراحی و آنالیز و بهره‌برداری " و " ساخت و تجهیزات " دسته‌بندی کنیم. دو رهنماست دیگر حاصل می‌شود. این دو رهنماست به موازات یکدیگر هستند که البته رهنماست ساخت و تجهیزات دو سال بعد از دانش آن شروع می‌شود. پروژه‌های مربوط به هر یک از اقدامات آورده شده در این دو رهنماست به تفکیک در جداول (۲-۴) و (۲-۵) آورده شده است. این دو رهنماست در شکل‌های (۳-۳) و (۳-۴) به تصویر کشیده شده‌اند.



شکل (۵-۳): رهنماست توسعه ساخت تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

۱۴۰۳	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۴
<ul style="list-style-type: none"> <li>• بهره‌برداری از خطوط انتقال هوایی ۴ زیر زمینی و زیر دریایی</li> <li>• بهره‌برداری از پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• تهیه و تنوین دیدگاه سیستمی برای افزایش ظرفیت انتقال برق</li> <li>• تنوین دستورالعمل مدیریت بهیچه تعمیرات و تنوین دانش فنی مورد نیاز برای تعمیرات تجهیزات سیستم های لکل برق با ظرفیت بالا</li> <li>• تنوین دستورالعمل طراحی و بهره‌برداری از سیستم اطلاعاتی جفج بین بهره‌برداران برای اشتراک‌گذاری فن ففلاحت انرژی و انرژی نیروی انسانی</li> <li>• تهیه و تنوین دانش فنی مدیریت دارایی‌ها در سیستم انتقال توان</li> <li>• تنوین دستورالعمل مدیریت استراتژیک امنیت، کیفیت، پایداری و در دسترس بودن (SQR-A: Security, Quality, Reliability, Availability)</li> <li>• تنوین دستورالعمل بهره‌برداری از ایبرسانا در انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق و تنوین دانش فنی به‌کارگیری ایبرسانا</li> <li>• تنوین دانش فنی بهره‌برداری از تجهیزات پیشرفته برای مدیریت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• پرداخت کمک‌هزینه ثبت پتنت در مؤسسات معتبر بین‌المللی</li> <li>• حمایت از پایان نغه‌ها و مقالات کاربردی</li> <li>• تعریف پروژه‌های مشترک</li> <li>• برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی</li> <li>• پیش و ارزیابی مستمر توانمندی‌های فناورانه بازیگران توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور</li> <li>• تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه انتقال</li> <li>• برگزاری تورهای کوتا‌صدا و کارگاه‌های آموزشی</li> <li>• طراحی پلگاه اطلاعاتی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• بررسی روتن‌های نوین طراحی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• تهیه و تنوین دستورالعمل جفج استخدام، آموزش نیرو کار متخصص و مسؤلیت‌پذیر باهدف بهبود بازده سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا</li> <li>• تهیه و تنوین استنداردهای مربوط به پست‌های لکل برق با ظرفیت بالا (EHVAC , HVDC)</li> <li>• حمایت از پایان نغه‌ها و مقالات کاربردی</li> <li>• پرداخت کمک‌هزینه ثبت پتنت در مؤسسات معتبر بین‌المللی</li> <li>• کمک به جذب و پذیرش واحدهای ففلاور در مراکز رتت.</li> <li>• زمینه‌سازی ارتباط میان مراکز علمی و تحقیقی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی کشورهای پیشرو</li> <li>• تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه انتقال</li> <li>• برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی</li> <li>• برگزاری تورهای کوتا‌صدا و کارگاه‌های آموزشی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تهیه و تنوین استنداردهای مرتبط با هادی‌های خطوط (EHVAC)</li> <li>• تهیه و تنوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برقی با ظرفیت بالا (EHVAC)</li> <li>• تهیه و تنوین استنداردهای مورد نیاز برای خطوط شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)</li> <li>• تهیه و تنوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)</li> <li>• اطلاعات فنی-فصفا‌ی برای طراحی و ساخت پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)</li> <li>• تهیه و تنوین معیارهای طراحی بهیچه پست‌های لکل برق با ظرفیت بالا</li> <li>• تأسیس مرکز ملی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا</li> <li>• ایجاد واحد درسی HVDC</li> <li>• تهیه دستورالعمل همکاری میان بازیگران</li> <li>• تنوین آیین‌نغه حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی</li> <li>• تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه انتقال</li> </ul>			

شکل (۴-۵): رهنگاشت توسعه دانش طراحی و آنالیز و بهره‌برداری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا



## نتیجه گیری

در مرحله پنجم از طرح «تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا»، برنامه عملیاتی سند و نقشه راه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا 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. با توجه به سطح اقدامات غیرفنی تصمیم گرفته شد تا این اقدامات به سطح پایین‌تر شکسته نشود. اما اقدامات فنی سند در سه دسته اقدامات خط، پست و بهره‌برداری به پروژه‌های اجرایی تقسیم شد. پس از این مرحله زمان‌بندی و بودجه‌بندی مربوط به اقدامات و پروژه‌ها مشخص شد. با توجه به شکسته نشدن اقدامات غیر فنی، 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 سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا مشخص شد و سپس پیشنهاداتی برای بهبود آن ارائه شد و نگاشت نهادی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ترسیم شد. در نهایت با توجه به این که اقدامات به دو دسته فنی و غیر فنی تقسیم شده بود دو رهنگاشت برای توسعه نظام نوآوری فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و نیز برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در بازه ۱۰ ساله ترسیم شد.

پیوست الف: معرفی اجمالی نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی توسعه  
سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

## 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 تامین 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 تامین، تصفیه و توزیع مناسب آب بهداشتی سالم و دائمی برای انواع مصارف.

↔ بالابردن بهداشت محیط شهرها و روستاها با طراحی و اجرای شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب.

↔ تامین نیازهای انرژی با کیفیت مطلوب و تمام وقت برای انواع مصارف شهروندان

↔ دیدگاه بلند مدت (دورنگر) به صیانت از منابع آب و انرژی و انتقال آن به نسل‌های آینده

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

↔ سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، اجرا و توسعه طرح‌های تولید، انتقال و توزیع انرژی برق در شهرها و 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

به‌منظور ارتقاء سطح علمی کارکنان صنعت برق کشور

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

و انتقال برق در سراسر کشور

↔ عضویت در کمیته و کنوانسیون‌های جهانی انرژی و کسب و تبادل اطلاعات لازم به منظور استاندارد کردن و ارتقاء فعالیت‌های صنعت برق کشور

↔ هدفمند کردن میزان مصرف برق و یارانه‌ها برابر استانداردهای جهانی

↔ سیاست‌گذاری، نظارت و هماهنگی بین شرکت‌های زیرمجموعه به منظور اجرای به موقع طرح‌های برق در راستای پیشبرد اهداف کلان صنعت برق کشور

✚ معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)

وظایف حاکمیتی بخش انرژی:

↔ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در زمینه سیانت و بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی کشور

↔ برنامه‌ریزی کلان انرژی کشور به منظور حصول اطمینان از تامین و عرضه انرژی مورد نیاز بخش‌های گوناگون

↔ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای شناسایی و در اختیار گرفتن انرژی‌های دست نیافته (انرژی‌های نو) و حمایت و ترویج کاربرد آن

↔ نظارت بر نحوه استفاده از انواع انرژی به منظور رعایت رفاه مردم و حفظ منابع انرژی کشور

↔ تعیین الگوی مصرف انواع انرژی با رعایت مصالح کشور و حفظ حقوق مردم

↔ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی به منظور مدیریت مصرف انرژی

↔ تدوین استانداردها و مقررات لازم برای تولید، مصرف و تبدیل انرژی در کلیه بخش‌های اقتصادی و اجتماعی

↔ حمایت از توسعه تحقیقات کاربردی، فناوری و منابع انسانی در بخش انرژی

↔ تولید آمار و اطلاعات پایه بخش انرژی و تسهیل دسترسی به آن‌ها

↔ برنامه‌ریزی برای اصلاح ساختار مصرف انرژی و اعطای تسهیلات مالی و فنی لازم در بخش انرژی

↔ حذف انحصار، ایجاد و توسعه رقابت و حمایت از بخش غیردولتی برای مشارکت در فعالیتهای بخش انرژی با

هدف افزایش کارایی و حفظ حقوق مردم

↔ تهیه، تدوین و پیشنهاد قوانین مرتبط با بخش انرژی

↔ تعیین نرخ انواع انرژی

↔ کاهش، شفاف‌سازی و هدفمند کردن یارانه

↔ ارزیابی رضایت مشترکین و سیاست‌های بهبود آن

وظایف حاکمیتی بخش برق :

↔ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان و نظارت بر اجرای طرح‌های توسعه در حد حصول اطمینان از تامین برق مورد

نیاز

↔ تصویب و ابلاغ استانداردها و دستورالعمل‌های لازم برای تنظیم اثرات خارجی صنعت و رعایت حقوق مشترکین و

مصالح جامعه و نظارت بر اجرای آنها در زمینه‌های فنی، زیست محیطی، ایمنی و ارائه خدمات به مشترکین

↔ کاهش، شفاف‌سازی و هدفمند کردن یارانه‌ها

↔ تصویب تعرفه‌های فروش برق

↔ تهیه و تصویب مقررات و آئین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های ناظر بر روابط شرکت‌های فعال در بازار برق و نظارت بر

اجرای آنها

↔ ایجاد و توسعه رقابت بر آن بخش از امور صنعت برق که امکان رقابت در آنها وجود دارد

↔ تشویق و حمایت از سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی در صنعت برق

↔ تسهیل دسترسی عمومی به آمار و اطلاعات صنعت برق

↔ نظارت بر اجرای قوانین و برنامه‌ریزی برای تحقق سیاست‌های مصوب کشور در رابطه با صنعت برق و تامین هزینه

اجرای سیاست‌ها و طرح‌های غیراقتصادی از دید بنگاه برق

↔ حمایت از توسعه تحقیقات کاربردی، فناوری و منابع انسانی در صنعت برق

↔ ظرفیت‌سازی و حمایت از صنایع داخلی

↔ تهیه، تدوین و پیشنهاد قوانین و مقررات مرتبط

↔ ارزیابی رضایت مشترکین و سیاست‌های بهبود آن

✚ دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)

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

↔ تاثیرگذاری مثبت بر کیفیت زندگی مردم

↔ تاثیرگذاری مثبت بر توسعه پایدار ملی

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

↔ حفاظت از حقوق متقابل مشتریان و بخش عرضه برق

↔ حفظ پایایی و امنیت سیستم قدرت کشور

↔ بهره‌وری بخش عرضه برق

↔ مدیریت تقاضای برق

↔ تعاملات صنعت برق با محیط‌زیست

↔ خوداتکایی علمی و فنی صنعت برق

↔ بازرگانی برق (بازرگانی داخلی و خارجی)

↔ توازن و پایداری اقتصادی صنعت برق

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

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

ذکر این نکته ضروری است که دستیابی شهروندان، صنایع و سازمان‌ها به برق، الزاماً از طریق شبکه سراسری انجام 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

✚ معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی وزارت نیرو

وظایف حاکمیتی بخش برنامه‌ریزی و امور اقتصادی :

↔ مطالعات و آینده‌نگری همه جانبه شرایط محیطی و جهانی صنعت آب و برق

↔ تدوین برنامه دوربرد و راهبردی وزارت نیرو

↔ تلفیق برنامه‌های 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
- ✚ معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی
- ↔ وظایف حاکمیتی بخش تحقیقات و منابع انسانی:
- ↔ برنامه‌ریزی جامع منابع انسانی صنعت آب و برق
- ↔ تدوین سیاست‌ها و راهبری منابع انسانی
- ↔ مطالعه و بررسی و تنظیم سیاست‌های افزایش انگیزش و کارآمدی منابع انسانی
- ↔ بررسی و تدوین راهکارهای استقرار ارزش‌های انسانی در سازمان
- ↔ مطالعات، برنامه‌ریزی و ساماندهی امر مدیریت و ارائه الگوی مناسب مدیریتی



- ↔ راهبری تحول اداری صنعت آب و برق و ارتقاء سلامت اداری
- ↔ مطالعات، تدوین، اصلاح و استقرار ساختار سازمانی، سیستم‌ها و روش‌های کارآمد در وزارت نیرو
- ↔ تدوین و ارائه طرح‌های ارتقاء کیفیت و بهبود بهره‌وری صنعت آب و برق
- ↔ تدوین سیاست‌های آموزش و تحقیقات صنعت آب و برق
- ↔ ساماندهی ارتباطات با مراکز آموزشی و پژوهشی درون و برون صنعت آب و برق
- ↔ تدوین سیاست‌ها و استراتژی توسعه فناوری
- ↔ تدوین و استقرار نظام راهبری و توسعه آموزش
- ↔ راهبری برنامه‌های آموزش‌های تخصصی مورد نیاز صنعت
- ↔ هدایت هیات‌های امانت مراکز آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق
- ↔ مطالعه و بررسی مستمر فناوری‌های نوین اطلاعاتی مورد نیاز صنعت
- ↔ تدوین نظام ارتباطات بهنگام در صنعت آب و برق
- ↔ تدوین و استقرار نظام آماری و اطلاعاتی در وزارت نیرو
- ↔ مدیریت و راهبری اطلاعات علمی، اسناد و کتابخانه
- ↔ ایجاد بانک اطلاعاتی صنعت و بروزرسانی آن
- ↔ مطالعه و ارائه سیستم‌های مکانیزه جهت ارائه خدمات به مشترکین صنعت آب و برق

📌 دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی)

ماموریت اصلی این دفتر، توسعه آموزش، تحقیقات و فناوری در صنعت آب و برق بوده و اهم برنامه‌ها و وظایف مرتبط با

این ماموریت عبارت است از

- ↔ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی آموزش، تحقیقات و فناوری
- ↔ تسهیل و بهینه‌سازی فرآیند انجام آموزش، تحقیقات و فناوری

- ↔ تعمیق و توسعه فعالیت‌های آموزش، تحقیقات و فناوری
- ↔ بررسی و تحلیل نیازهای آموزش، تحقیقات و فناوری
- ↔ تسهیل و تنظیم تعاملات آموزش، تحقیقات و فناوری
- ↔ پایش، ارزیابی و تحلیل وضعیت آموزش، تحقیقات و فناوری

#### توانیر

موضوع فعالیت شرکت توانیر: مدیریت سهام و سرمایه‌های شرکت در صنعت برق، انجام هرگونه فعالیت در راستای تامین برق مطمئن و اقتصادی برای کلیه مصارف خانگی، عمومی، صنعتی، کشاورزی، تجاری و غیره اعم از سرمایه‌گذاری، مدیریت و نظارت بر ایجاد و بهره‌برداری از تأسیسات و انجام کلیه معاملات مربوط به برق که برای تحقق اهداف شرکت لازم می‌باشد از طریق شرکت‌های زیرمجموعه و یا در صورت لزوم با تصویب مجمع عمومی توسط خود شرکت موارد زیر از جمله وظایف شرکت می‌باشد.

↔ بررسی و تدوین پیشنهادهای لازم در زمینه راهبردها و سیاست‌ها و برنامه‌های بلندمدت و میان مدت صنعت برق و  
ارایه آن به وزارت نیرو

↔ اجرای سیاست‌ها، برنامه‌ها و مصوبات وزارت نیرو

↔ تهیه طرح‌های لازم برای توسعه تأسیسات تولید، انتقال و توزیع برق و ارایه آن به وزارت نیرو جهت اخذ مجوز

↔ سرمایه‌گذاری در تأسیسات تولید و انتقال و توزیع صنعت برق

↔ اتخاذ تدابیر و راهکارهای لازم به منظور حصول اطمینان از اجرای صحیح و به‌موقع طرح‌های توسعه و بهینه‌سازی  
تأسیسات

↔ راهبری و پایش شبکه سراسری برق از طریق شرکت‌های زیرمجموعه و همچنین ایجاد سازوکارهای لازم برای  
توسعه رقابت در امر تولید، خرید و فروش برق از جمله ایجاد سیستم‌ها و انجام عملیات بازار و بورس برق

↔ تدوین و پیشنهاد تعرفه‌های برق به وزارت نیرو

- ↔ خرید و فروش عمده برق در داخل و خارج کشور از طریق شرکت‌های زیرمجموعه
- ↔ اخذ هرگونه وام و تسهیلات مالی از منابع داخلی و خارجی، عرضه اوراق قرضه و مشارکت داخلی و پیش فروش انشعاب و انرژی برق و سایر روش‌های تامین منابع مالی با اخذ مجوز از مراجع قانونی ذیربط
- ↔ مدیریت، توسعه و تامین 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 تامین کالا و ساخت تجهیزات موردنیاز صنعت برق کشور
- ↔ حمایت از توسعه فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در زمینه‌های تخصصی مرتبط با صنعت برق و پشتیبانی از برنامه‌های تربیت متخصصان موردنیاز صنعت برق کشور.
- ↔ حمایت از تحقیقات و فعالیت‌های علمی و توسعه منابع انسانی و سایر عوامل موثر در بهبود مدیریت و بهره‌وری صنعت برق کشور
- ↔ مدیریت و هماهنگی تجاری، فنی و برنامه‌ای بین شرکت‌های 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

✚ 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 عالیه 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 برانجام تحقیقات کاربردی (پیشنهاد تقویت ساختار - توانمندسازی کارکنان و...)

↔ توسعه و گسترش تبادلات علمی و تحقیقاتی ملی و بین‌المللی در صنعت برق

↔ توسعه و بکارگیری سرمایه انسانی کارآمد و دانشگرا در بخش تحقیقات صنعت برق

↔ تطبیق سیاست‌های صنعت برق با نیازهای آن

↔ ارزیابی نظام‌ها و فعالیت‌های تحقیقاتی و استاندارد به منظور اصلاح و بهبود فرآیندها

↔ 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 آینده‌پژوهشی

↔ استقرار نظام یادگیری

#### ✚ صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق

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

↔ شرکت مادر تخصصی مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر)

↔ شرکت مادر تخصصی مدیریت تهیه و ساخت کالای آب و برق (ساتکاب)

↔ شرکت مدیریت پروژه‌های نیروگاهی ایران (مپنا)

↔ شرکت سرمایه‌گذاری صنایع برق و آب (صبا)

↔ شرکت ایران ترانسفو

هدف از تشکیل:

هدف صندوق عبارتست از حمایت از فعالیتهای محققین و طرح‌های تحقیقاتی بخش غیردولتی صنعت برق به‌منظور دسترسی به موارد زیر:

↔ تولید و توسعه دانش فنی

↔ ارتقاء سطح فناوری

↔ جذب، انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های نوین جهان

#### انواع حمایت‌ها:

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

↔ اعطای 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 تامین سرمایه خطرپذیر به‌منظور اجرای طرح‌های تحقیقاتی

#### شروط کلی:

↔ برخورداری از حمایت‌های صندوق مشروط به رعایت اولویتهای بخش برق کشور و احراز صلاحیت‌های لازم از جمله اثبات توجیه‌پذیری طرح و توانایی مجریان می‌باشد.

#### اولویتهای اصلی در پذیرش طرح‌ها:

↔ طرح‌های پژوهشی کاربردی

↔ طرح‌های تدوین دانش فنی

↔ طرح‌های تولید نمونه آزمایشگاهی

↔ طرح‌های تولید نمونه نیمه صنعتی

↔ طرح‌های پژوهشی توسعه ای

توسعه و بومی‌سازی فناوری‌های نوین

#### سندیکای صنعت برق

سندیکای صنعت برق ایران یک نهاد صنفی، متشکل از ۴۷۰ شرکت سازنده تجهیزات، پیمانکار و مشاور صنعت برق است که در راستای دفاع از منافع مشروع اعضای خود و بر اساس نقش و جایگاه تشکلهای صنفی در سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور، افزایش اثربخشی سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در صنعت برق از طریق ساماندهی بخش خصوصی و تعمیق مشارکت و شکل‌دهی به سرمایه اجتماعی در میان خانواده صنعت برق ایران را دنبال می‌کند.

#### اهداف سندیکا:

اهداف سندیکای صنعت برق ایران بطور کلی به چهار بخش نمایندگی از اعضا، تمهید مشارکت اعضا، ارائه خدمات به اعضا و تنظیم و توسعه صنعت برق کشور تقسیم‌بندی می‌شود. اهم اهداف سندیکا عبارتند از:

دفاع از حقوق و حمایت از منافع اعضا

پیگیری رشد و توسعه منظم و همه جانبه صنعت برق کشور، به ویژه با تأکید بر اجرای ابلاغیه اصل ۴۴ قانون

#### اساسی

مشارکت و همفکری با مراکز تصمیم‌گیری دولت در تدوین آیین‌نامه‌ها و مقررات مرتبط با صنعت برق

حمایت از ساخت داخل و تکنولوژی ملی با تأکید ویژه بر هم‌افزایی ظرفیتهای موجود

ساماندهی فعالیت اعضا در راستای بهبود کیفیت تولید و خدمات

ایجاد فرصت‌ها و ظرفیتهای جدید اقتصادی و تجاری در حوزه صنعت برق کشور

گسترش رایزنی و مذاکره با مراکز تصمیم‌سازی کشور به منظور ایفای نقش موثر در فرآیند سیاست‌گذاری عمومی

صنعت برق ایران و پایش تصمیمات در این زمینه

تقویت بنیه صادراتی صنعت برق، به نحوی که دسترسی شرکت‌های بزرگتر به بازارهای خارجی افزایش یافته و

زمینه کسب و کار داخلی برای شرکت‌های کوچکتر توسعه یابد

↔ تلاش برای حذف انحصار و شکل‌گیری شرایط متوازن و رقابتی در حوزه صنعت برق

↔ تلاش در جهت گشودن افق‌های تازه کارآفرینی همچون بهینه‌سازی، کاهش تلفات، برق هوشمند و توسعه

انرژی‌های تجدیدپذیر

↔ ترویج ارتباط نزدیک‌تر میان اعضا و گسترش تفاهم، درون خانواده صنعت برق

↔ ایجاد ظرفیت‌های آموزشی برای رشد و به روز نگه‌داشتن توانایی‌ها، تخصص‌ها و ظرفیت‌های علمی و فنی اعضا

↔ تلاش در ایجاد وفاق و حفظ منافع مشترک به‌منظور حضور توانمند و متحد در بازارهای منطقه

↔ اطلاع‌رسانی و آموزش قوانین، بخشنامه‌ها و تغییرات مرتبط با صنعت برق برای اعضا

پژوهشگاه نیرو 

پژوهشگاه نیرو به منظور تحقق بخشی از وظایف پژوهشی وزارت نیرو و نیز ارتقاء کیفی امور آن وزارتخانه، تاسیس گردید.

پژوهشگاه نیرو سازمانی دولتی است که مسئولیت راهبری تحقیقات وابسته به صنعت برق و انرژی ایران را برعهده دارد.

پژوهشگاه نیرو در سال ۱۳۷۶ با اخذ مجوز سه پژوهشکده "برق"، "تولیدنیرو" و "انتقال و توزیع نیرو" از شورای گسترش

آموزش عالی به‌طور رسمی کار خود را آغاز و در سال ۱۳۷۷ با اخذ دو مجوز جدید پژوهشکده‌های "انرژی و محیط زیست"

و "کنترل و مدیریت شبکه" را نیز به مجموعه خود افزود و در ادامه با ایجاد "مراکز شیمی و مواد"، توسعه فناوری

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 داخل و خارج و همچنین مطالعات تطبیقی در عرصه بین‌المللی استراتژی‌ها و اهداف پژوهشگاه را تدوین و در سال



۱۳۸۹ با استفاده از متدولوژی کارت امتیازی متوازن (BSC) با اجرای برنامه‌ها و دستیابی به اهداف کمی راه رسیدن به چشم‌انداز را هموار نموده است.

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

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

➤ مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو):

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

- ↔ رفع مشکلات و نیازهای فنی صنعت برق کشور از طریق جذب، پذیرش و حمایت از شرکت‌های فناور مستعد
- ↔ فراهم نمودن زمینه ارتقاء کمی و کیفی آن‌ها در جهت تکمیل چرخه توسعه فناوری آن‌ها
- ↔ حاکمیت دیدگاه کاربردی، تفکر تجاری‌سازی و حرکت نتیجه محور در فعالیت‌های علمی و پژوهشی

- ↔ استقرار چهارچوب‌های مدیریتی و اقتصادی در پروژه‌ها و طرح‌های فنی
- ↔ استفاده از پتانسیل صنعت برق و انرژی کشور در بخش‌های دولتی و خصوصی، به ویژه پژوهشگاه نیرو
- ↔ 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 کسب و کار بین‌المللی
- ↔ کمک به راه‌اندازی و مدیریت صندوق‌های حمایت مالی ریسک‌پذیری

#### معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

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

- ↔ ارتقای اقتدار ملی، تولید ثروت و افزایش کیفیت زندگی مردم از طریق افزایش توانمندی‌های فناوری و نوآوری در کشور
- ↔ ارتقای «نظام ملی نوآوری» و تکمیل مؤلفه‌ها و حلقه‌های آن
- ↔ توسعه «اقتصاد دانش‌بنیان» از طریق هماهنگی و هم‌افزایی بین‌بخشی و بین دستگاهی
- ↔ ارتقای ارتباط «دانش» با «صنعت» و «جامعه» و تسهیل تبادلات بین بخش‌های عرضه و تقاضای فناوری و نوآوری

↔ تجاری‌سازی دستاوردهای فناوری و نوآوری و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان  
↔ توسعه فناوری‌های راهبردی و اولویت‌دار ملی مطرح در نقشه جامع علمی کشور  
↔ اعتلای ارتباطات بین‌المللی علمی، فناوری و نوآوری و توسعه دیپلماسی علمی و فناوری  
وظایف اساسی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری عبارتند از:

↔ سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی تامین 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

↔ توسعه ساز و کارهای سرمایه‌گذاری خطرپذیر و تامین 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

🏠 مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری

معاونت پژوهش و برنامه‌ریزی دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری در سال ۱۳۷۷ جهت پاسخگویی به نیازهای  
دفتر در شش بخش پژوهش، برنامه‌ریزی و نظارت، حقوقی و 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 مبانی تکنولوژی، تدوین مفاهیم و روش‌های مناسب انتقال تکنولوژی، مطالعه وضع موجود تکنولوژی‌های کشور، پیش‌بینی روند توسعه تکنولوژی‌های داخل کشور و سایر کشورها، بالاخص در زمینه تکنولوژی‌های مورد نیاز کشور، کمک به تشکیل و راه‌اندازی کانون‌های تحلیلی‌گری و ایجاد ارتباط با مجموعه‌های فکری موجود در داخل و خارج از کشور، ایجاد ارتباط بین محققین و تحلیلگران در عرصه تکنولوژی

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

#### وظایف و فعالیت‌های دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری

↔ تسهیل و کمک به انجام پروژه‌های مشترک با شرکت‌های معتبر خارجی

↔ ارتباط با ایرانیان مقیم خارج از کشور و تبادل اطلاعات در زمینه فناوری‌های نوین

#### پارک‌های علم و فناوری

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

↔ گسترش و تقویت روح پژوهش و تفکر علمی در جامعه

↔ تلاش منظم و مستمر به منظور رویارویی با نیازهای حال و آینده

↔ کمک به توسعه هماهنگ بخش‌های مختلف از جمله دانشگاه‌ها و صنایع از طریق برقراری ارتباط سازمان یافته

↔ رشد و پرورش خلاقیت‌ها و ایجاد روحیه کارآفرینی در فارغ‌التحصیلان

↔ زمینه‌سازی مناسب جهت تجاری نمودن تحقیقات

وظایف 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

🚩 صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور

هدف از تأسیس صندوق، شکوفایی امور تحقیقاتی در راستای تولید علم، فناوری و تجاری‌سازی و بهره‌مندشدن مردم از

نتایج آن‌ها، از طریق ارائه کمک‌ها و خدمات حمایتی و مادی و معنوی به پژوهشگران و فناوران حوزوی و دانشگاهی

ایرانی اعم از حقیقی و حقوقی می‌باشد.

در صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور پروژه‌های تحقیقاتی مورد حمایت قرار می‌گیرند که بر اساس نیازها و

مزیت‌های کشور توصیف شده باشند. انواع حمایت‌های مادی و معنوی از پژوهشگران و فناوران به صورت زیر می‌باشد:

↔ کمک به اجرای طرح‌های تحقیقاتی

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

#### ✚ صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران

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

- ↔ بیوتکنولوژی
- ↔ صنایع پایین‌دستی پتروشیمی مبتنی بر فناوری
- ↔ مواد پیشرفته
- ↔ نانوتکنولوژی
- ↔ تجهیزات و سیستم‌های پیشرفته الکترونیکی و مخابراتی

↔ تجهیزات پیشرفته پزشکی

↔ صنایع شیمیایی و فرایندی پیشرفته

✚ وزارت علوم تحقیقات و فناوری

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

↔ در زمینه انسجام امور اجرایی و سیاست‌گذاری نظام علمی و امور تحقیقات و فناوری

• شناسایی مزیت‌های نسبی، قابلیت‌ها، استعدادها و نیازهای پژوهش و فناوری کشور بر مبنای آینده‌نگری و

آینده‌پژوهی و معرفی آن به واحدهای تولیدی، تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و تحقیقاتی جهت

بهره‌برداری

• بررسی اولویت‌های راهبردی تحقیقات و فناوری با همکاری یا پیشنهاد دستگاه‌های اجرایی ذیربط و پیشنهاد به

شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری

• حمایت از توسعه تحقیقات بنیادی و پژوهش‌های مرتبط با فناوری‌های نوین بر اساس اولویت‌ها

• برنامه‌ریزی برای تدارک منابع مالی و توسعه فناوری کشور و مشارکت در ایجاد، توسعه و تقویت فناوری ملی و

حمایت از توسعه فناوری‌های بومی

• اتخاذ تدابیر لازم به منظور افزایش کارایی و اثر بخشی تحقیقات کشور و توسعه تحقیقات کاربردی با همکاری

دستگاه‌های ذیربط.

• اتخاذ تدابیر و تهیه پیشنهادهای لازم درخصوص انتقال فناوری و دانش فنی و برنامه‌ریزی به منظور بومی

کردن فناوری‌های انتقال یافته به داخل کشور و 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 غیر دولتی علمی، تحقیقاتی و فناوری

• اتخاذ راهکارهای مناسب برای کمک به توسعه پژوهش و فناوری در بخش‌های غیر دولتی

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

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

• برنامه‌ریزی اجرایی، آموزشی و تحقیقاتی متناسب با نیازها و تحولات علمی و فنی در جهان

• نظارت بر فعالیت‌های دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی و تحقیقاتی کشور

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

✚ شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)

بر اساس ماده ۹۹ قانون برنامه سوم توسعه فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی کشور، وزارت فرهنگ و آموزش عالی به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تغییر نام داده و مأموریت‌های جدی و جدیدی در حوزه پژوهش و فناوری به وزارت محول شده است. بر همین اساس قانون اهداف، وظایف و تشکیلات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در شهریورماه ۱۳۸۳ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده است. بر اساس مواد ۳ و ۴ این قانون، تشکیل شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری با هدف ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در سیاست‌گذاری کلان اجرایی در حوزه علوم، تحقیقات و فناوری پیش‌بینی شده است. شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری در جهت ارتقای کیفیت سیاست‌گذاری در زمینه‌های مختلف علوم، تحقیقات و فناوری و راهبری توسعه فناوری‌های دارای اولویت ملی، اقدام به تشکیل کمیسیون‌های دوازده‌گانه نموده است. از مهمترین وظایف این کمیسیون‌ها می‌توان به اولویت‌بندی و پیشنهاد اجرای طرح‌های اجرائی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در



بخش‌های آموزشی، پژوهشی و فناوری و همچنین بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری اشاره کرد.

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

↔ اولویت‌بندی و انتخاب طرح‌های 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 گزارشات مزبور را جمع‌بندی و به شکل جامعی به مجلس ارائه نماید.

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

مجمع تشخیص مصلحت نظام

در سال ۱۳۶۸ و در جریان بازنگری قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران، این مجمع رسماً به صورت یکی از نهادهای

رسمی کشور درآمد و وظیفه اصلی آن حل اختلاف بین مجلس شورای اسلامی و شورای نگهبان است.

وظایف مجمع تشخیص مصلحت نظام:

↔ مجمع تشخیص مصلحت نظام، مسئولیت تصمیم‌گیری در سیاست‌های کلان داخلی و خارجی ایران و حل اختلاف

میان قوای سه‌گانه را برعهده دارد و همچنین ناظر بر فعالیت‌های آنان است.

↔ این مجمع، وظیفه تدوین برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله (از ۱۳۸۴ تا ۱۴۰۴) و نظارت بر اجرای آن را برعهده دارد.

↔ همچنین از سال ۱۳۸۵ رهبر جمهوری اسلامی، اختیار نظارت بر عملکرد قوای سه‌گانه را که از اختیارات رهبر است،

به این مجمع واگذار کرد.

مجمع تشخیص مصلحت نظام بالاترین رکن سیاست‌گذاری کلان در کشور می‌باشد زیرا تدوین سیاست‌های کلی نظام در

حوزه‌های علم و فناوری و پژوهش در قالب سند چشم‌انداز ۲۰ ساله از وظایف این نهاد می‌باشد.

## مجلس

مجلس در نظام جمهوری اسلامی ایران از اهمیت ویژه و والایی برخوردار بوده و محور بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها، قانون‌گذاری‌ها 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 چند وجهی در حوزه‌های مختلف، نهادهای قانون‌گذاری را ناگزیر از تأسیس مراکز علمی و پژوهشی ساخته تا با اتکا به تخصص‌ها و مطالعات فراهم آمده در آن مراکز و بهره‌گیری از آن‌ها، به شناخت کارشناسانه مسائل و پاسخگویی به نیازهای نو در تدوین قوانین توفیق یابند.

## شورای عالی انقلاب فرهنگی

شورای عالی انقلاب فرهنگی به ریاست رئیس جمهور 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 براساس فرهنگ صحیح اسلامی، گسترش و تقویت هر چه بیشتر آن‌ها برای تربیت متخصصان متعهد، اسلام‌شناسان متخصص، مغزهای متفکر و وطن‌خواه، نیروهای فعال و ماهر، استادان، مربیان و معلمان معتقد به اسلام و استقلال کشور

↔ تعمیم سواد، تقویت و بسط روح تفکر و علم‌آموزی و تحقیق و استفاده از دستاوردها و تجارب مفید دانش بشری برای نیل به استقلال علمی و فرهنگی

↔ حفظ و احیا و معرفی آثار و مآثر اسلامی و ملی

↔ نشر افکار و آثار فرهنگی انقلاب اسلامی، ایجاد و تحکیم روابط فرهنگی با کشورهای دیگر به ویژه با ملل اسلامی

#### وظایف شورای عالی انقلاب فرهنگی:

از جمله وظایف شورای عالی انقلاب فرهنگی، می‌توان در سه حوزه سیاست‌گذاری، تدوین ضوابط و نظارت تقسیم‌بندی نمود.

تهیه و تدوین سیاست‌ها و طرح‌های راهبردی کشور در زمینه‌های مختلف فرهنگی از جمله در حوزه‌های زنان، تبلیغات، اطلاع‌رسانی، چاپ و نشر، بیسوادی، دانشگاه‌ها، برقراری روابط علمی و پژوهشی و فرهنگی با سایر کشورها، همکاری حوزه و دانشگاه، فعالیت‌های دینی و معنوی، تهاجم فرهنگی و سایر حوزه‌های فرهنگی مربوطه از جمله وظایف سیاست‌گذاری این شورا محسوب می‌شود. همچنین تعیین ضوابط تأسیس مراکز علمی و آموزشی و نیز ضوابط گزینش مدیران و استادان و دانشجویان از جمله وظایف این شورا می‌باشد. بررسی و تحلیل شرایط فرهنگی ایران و جهان، بررسی الگوهای توسعه و پیامدهای فرهنگی آن، بررسی وضع فرهنگ و آموزش کشور و نیز نظارت بر اجرای مصوبات شورا از جمله وظایف نظارتی شورای عالی انقلاب فرهنگی می‌باشد.

✚ سازمان ملی استاندارد ایران

هدف سازمان استاندارد ایران تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) و نظارت بر اجرای آنها و همچنین انجام تحقیقات مربوطه می‌باشد. فعالیت‌های اساسی این سازمان در حوزه‌های زیر می‌باشد:

↔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) به عنوان تنها مرجع رسمی این وظیفه در کشور

↔ انجام تحقیقات به منظور تدوین استاندارد، بالا بردن کیفیت کالاهای تولید داخلی، کمک به بهبود روش‌های تولید و

کارایی صنایع

↔ ترویج استانداردهای ملی

↔ نظارت بر اجرای استانداردهای اجباری

↔ کنترل کیفی کالاهای صادراتی مشمول استاندارد اجباری و جلوگیری از صدور کالاهای نامرغوب به منظور فراهم

نمودن امکانات رقابت با کالاهای مشابه خارجی و حفظ بازارهای بین‌المللی

↔ کنترل کیفیت کالاهای وارداتی مشمول استاندارد اجباری به منظور حمایت از مصرف‌کنندگان داخلی و جلوگیری از

ورود کالاهای نامرغوب خارجی

↔ راهنمایی علمی و فنی تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان انواع کالاها

↔ آزمایش و تطبیق نمونه کالا با استانداردهای مربوط، اعلام مشخصات و اظهار نظر مقایسه‌ای و صدور گواهینامه‌های

لازم

پیوست ب: شناسنامه اقدامات و پروژه‌های اجرایی توسعه سیستم‌های

انتقال برق با ظرفیت بالا

### شناسنامه اقدامات:

در راستای تهیه و تدوین برنامه زمان‌بندی شده دقیق و پیشرفت سریع پروژه خطوط انتقال با ظرفیت بالا، اقداماتی در فصل دو این گزارش در نظر گرفته شده است، که هر اقدام برای پیش‌برد بخشی از پروژه کل تعریف شده‌اند. هر اقدام خود شامل تعدادی زیر پروژه می‌باشد.

در این پیوست سعی شده است اقدامات و زیر پروژه‌های تعریف شده در هر اقدام معرفی و توضیح مختصری در مورد هر زیر پروژه داده شود.

ابتدا اقدام، و پروژه‌های مربوط به آن آورده شده و سپس توضیحات هر پروژه به تفکیک بدنبال آن‌ها قرار گرفته است.

### اقدام ۱: تهیه و تدوین استانداردهای مرتبط با هادی‌های خطوط (EHVAC)

این اقدام، اولین اقدام در این پروژه است که خود شامل دو پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تهیه استاندارد عوامل مرتبط با هادی‌های استاندارد (از جمله قابلیت اطمینان و قابلیت انعطاف)	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>جهت‌گیری صنعت برق بسوی استاندارد کردن موضوعات و موارد مرتبط با این صنعت، پیشرفت تکنولوژی در زمینه‌ی برق و دستیابی به یکنواختی در طراحی ضمن حفظ کیفیت‌های قابل قبول و مورد لزوم در طراحی، ایجاب می‌نماید که لیست و مشخصات فنی هادی‌های ۷۰۰ کیلوولت خطوط انتقال نیرو، که در آینده در شبکه سراسری مورد استفاده قرار می‌گیرد، بصورت استاندارد تهیه گردد.</p> <p>اهم موضوعاتی که در این زمینه باید انجام گیرد عبارتند از:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>معیارهای انتخاب هادی</b></li> </ul> <p>در این بخش باید ضمن ارائه پارامترهای مؤثر و روش‌های متداول برای انتخاب هادی، عوامل مرتبط با هادی‌های استاندارد نیز ارائه گردد. در این زمینه سعی شود عوامل مرتبط با هادی‌های استاندارد به گونه‌ای ارائه گردد که ضمن دستیابی به قابلیت اطمینان مورد نظر در یک خط انتقال، هادی بهینه با در نظر گرفتن هزینه‌های مربوطه بدست آید.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه استاندارد محاسبات و تعیین پارامترهای مؤثر و روش‌های متداول انتخاب هادی	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>جهت‌گیری صنعت برق بسوی استاندارد کردن موضوعات و موارد مرتبط با این صنعت، پیشرفت تکنولوژی در زمینه‌ی برق و دستیابی به یکنواختی در طراحی ضمن حفظ کیفیت‌های قابل قبول و مورد لزوم در طراحی، ایجاب می‌نماید که لیست و مشخصات فنی هادی‌های مورد استفاده در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا و سطح ولتاژ ۷۰۰ کیلوولت، که در آینده در شبکه سراسری مورد استفاده قرار می‌گیرد، بصورت استاندارد تهیه گردد. اهم موضوعاتی که در این زمینه باید انجام گیرد عبارتند از:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• محاسبات</li> </ul> <p>در این بخش پارامترهایی که محاسبات آن‌ها در انتخاب هادی‌های استاندارد مؤثر می‌باشند و باید مورد بررسی قرار گیرند بشرح زیر ارائه شده است:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ جریان اتصال کوتاه</li> <li>↪ جریان مجاز هادی‌ها</li> <li>↪ حد مجاز جریان</li> <li>↪ اختلالات رادیویی و تلویزیونی</li> <li>↪ گرادیان ولتاژ</li> <li>↪ تلفات</li> <li>↪ افت ولتاژ</li> <li>↪ حد پایداری</li> </ul>



## نام پروژه: تهیه استاندارد محاسبات و تعیین پارامترهای مؤثر و روش‌های متداول انتخاب هادی

↩ محاسبات مکانیکی

↩ اثر پوستی و هادی باندل

↩ آلودگی و خوردگی

• **مشخصات فنی**

در این بخش باید مشخصات فنی و دستورالعمل‌های نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری هادی‌های خطوط ارائه گردد. هدف از این بخش ارائه لیست مشخصاتی است که در زمان خرید هادی‌های خطوط انتقال هوایی باید در نظر گرفته شوند و سازندگان باید این مشخصات را به عنوان حداقل شرایط فنی برآورده نمایند.

• **انتشارات**

در این بخش باید عناوین، موضوعات، منابع و مراجع بین‌المللی خطوط انتقال نیرو با ظرفیت بالا و اطلاعات مربوط به هادی‌های سایر کشورها ارائه گردد.

**اقدام ۲: تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت**

**بالا (EHVAC)**

این اقدام، خود شامل ده پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به جریان اتصال کوتاه، جریان مجازهایها و حد مجاز جریان	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>جهت‌گیری صنعت برق بسوی استاندارد کردن موضوعات و موارد مرتبط با این صنعت، پیشرفت تکنولوژی در زمینه‌ی برق و دستیابی به یکنواختی در طراحی ضمن حفظ کیفیت‌های قابل قبول و مورد لزوم در طراحی، ایجاب می‌نماید که لیست و مشخصات فنی هادی‌های ۷۰۰ کیلوولت خطوط انتقال نیرو، که در آینده در شبکه سراسری مورد استفاده قرار می‌گیرد، بصورت استاندارد تهیه گردد.</p> <p>اهم موضوعاتی که در این پروژه باید انجام گیرد عبارتند از:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• محاسبات <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ جریان اتصال کوتاه</li> <li>↪ جریان مجاز هادی‌ها</li> <li>↪ حد مجاز جریان</li> </ul> </li> </ul> <p>در این بخش پارامترهایی که محاسبات آن‌ها در انتخاب هادی‌های استاندارد موثر می‌باشند و باید مورد بررسی قرار گیرند بشرح زیر ارائه شده است:</p>

## نام پروژه: تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به جریان اتصال کوتاه، جریان مجاز هادی‌ها و حد مجاز جریان

<p>• <b>مشخصات فنی</b></p> <p>در این بخش باید مشخصات فنی و دستورالعمل‌های نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری هادی‌های خطوط ارائه گردد. هدف از این بخش ارائه لیست مشخصاتی است که در زمان خرید هادی‌های خطوط انتقال هوایی باید در نظر گرفته شوند و سازندگان باید این مشخصات را به عنوان حداقل شرایط فنی برآورده نمایند.</p> <p>• <b>انتشارات</b></p> <p>در این بخش باید عناوین، موضوعات، منابع و مراجع بین‌المللی خطوط انتقال نیرو با ظرفیت بالا و اطلاعات مربوط به هادی‌های سایر کشورها ارائه گردد.</p>	
---	--

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل محاسبات اختلالات رادیویی و تلویزیونی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	
۶ ماه	مدت زمان اجرای پروژه
---	بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه
<b>تشریح فعالیت</b>	
<p>یکی از اثرات و نتایج پدیده کرونا در خطوط انتقال نیرو، اختلالات رادیویی و تلویزیونی می‌باشد. در زمان وقوع پدیده کرونا پالس‌های نوسانی از جریان و ولتاژ ایجاد می‌شوند که فرکانس این پالس‌ها در محدوده ای است که می‌تواند بر باند فرکانس رادیویی و تلویزیونی تأثیرگذار باشد که به آن تداخل رادیویی (RI) یا تداخل تلویزیونی (TVI) گفته می‌شود. این اغتشاشات بسته به ناحیه عبور خط نباید از حد معینی بیشتر گردد، از این جهت سطح اغتشاش محاسبه شده به صورت قید در انتخاب هادی اعمال می‌شود.</p> <p>محدوده گرادیان سطحی که ایجاد RI می‌کند به عوامل متعددی بستگی دارد که از آن جمله می‌توان به قطر هادی، آرایش و شکل هادی‌ها در باندل، شرایط جوی و ارتفاع از سطح دریا اشاره نمود. در عمل نیز مشخص نمودن سطح اغتشاشات رادیویی (RI) که موجب تداخلات ناخواسته می‌شود بسیار مشکل است و دلیل این امر</p>	

نام پروژه: تدوین دستورالعمل محاسبات اختلالات رادیوئی و تلویزیونی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)

وجود همیشگی مقداری سطح تداخل در محیط (بدون وجود خط و ناشی از عوامل دیگر) می‌باشد. از سوی دیگر شدت سیگنال‌های دریافتی رادیوئی در محل نیز بسیار مهم است.

روشهای محاسبه این اختلالات مبتنی بر دو روش تحلیلی و قیاسی می‌باشد. در روش قیاسی، اساس کار، مقایسه بین مختصات هندسی خط جدید با خط مرجعی است که برای آن داده‌های اندازه‌گیری موجود می‌باشد. در این روش با ضرایب تصحیحی که به سطح اغتشاش خط مرجع اعمال می‌گردد، سطح اغتشاش برای خط جدید محاسبه می‌شود. از معایب عمده این روش عدم انعطاف پذیری و عدم دقت قابل توجه آن است. در روش قیاسی مشخصات عمومی برای هر سطح ولتاژ با تعیین و محاسبات دقیق برای حالت مینا انجام می‌شود و سپس نمودارهایی برای تصحیح نتایج در شرایط متفاوت با مشخصات مینا ارائه می‌گردد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به گرادیان ولتاژ، اثرات میدان، تخلیه جزئی و کرونا	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پدیده کرونا یکی از عوامل موثر در تعیین هادی‌های مورد استفاده در خطوط نیرو است. برای کنترل پدیده کرونا لازم است مقاطع هادی‌ها طوری انتخاب شوند که میدان الکتریکی و یا گرادیان ولتاژ در اطراف آن‌ها باعث شکست هوا نگردد. در صورت وقوع چنین حالتی پدیده کرونا ظاهر شده که می‌تواند باعث تولید حرارت، نور و صدا گردد. علاوه بر موارد فوق این پدیده سبب ایجاد اغتشاشات در امواج رادیویی، تلویزیونی و مخابراتی نیز می‌گردد.</p> <p>آزمون‌های انجام شده نشان می‌دهد وقتی گرادیان ولتاژ در اطراف هادی‌ها در شرایط استاندارد از مقدار ۲۱،۲۱ کیلوولت بر سانتی‌متر تجاوز نماید پدیده کرونا آغاز می‌شود و هر چه فاصله‌ی این رقم از ۲۱،۲۱ بیشتر باشد، بر میزان تلفات کرونا و اغتشاشات ناشی از آن افزوده می‌گردد.</p> <p>در شرایط استاندارد برای درجه حرارت محیط، فشار هوا، درجه خلوص و میزان رطوبت هوا مقادیر مشخصی تعیین گردیده است و طبیعی است در صورت تغییر هر یک از عوامل فوق‌الذکر حد شکست هوا در اطراف هادی تغییر می‌کند که در ذیل به طور اختصار به چند عامل مهم از آن اشاره می‌گردد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↩ درجه حرارت محیط</li> <li>↩ ارتفاع منطقه</li> <li>↩ رطوبت هوا</li> <li>↩ میزان آلودگی هوا</li> </ul> <p>در این پروژه باید با توجه به شرایط فوق‌الذکر در حالت‌های مختلف، شرایط مناسب برای جلوگیری از ایجاد پدیده‌ی کرونا معرفی گردد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی محاسبات تلفات خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>تلفات توان و انرژی در خطوط نیرو نقش عمده ای در انتخاب هادی‌ها دارد که این مسئله به مشخصات فنی هادی‌ها و شرایط محیطی در هنگام بهره برداری ارتباط مستقیم دارد</p> <p>اصولاً تلفات در خطوط به دو بخش تلفات اهمی و تلفات کرونا تقسیم می‌شود که تلفات کرونا در مقایسه با تلفات اهمی ناچیز است ولی پیک تلفات کرونا در مقایسه با پیک تلفات اهمی قابل ملاحظه است. مهمترین عامل تلفات قدرت و انرژی در خطوط انتقال نیرو مقاومتی است که هادی در برابر عبور جریان از خود بروز می‌دهد. این مقاومت به دو عامل زیر بستگی دارد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ مشخصات فنی هادی شامل سطح مقطع، طول و مقاومت ویژه هادی</li> <li>↪ شرایط جانبی چون درجه حرارت و فرکانس جریان عبوری</li> </ul> <p>تغییر فرکانس (به سبب پدیده اثر پوستی) باعث کاهش سطح مقطع مؤثر عبور جریان شده و مقاومت هادی را افزایش می‌دهد.</p> <p>درجه حرارت هادی خود تابعی است از دامنه جریان عبوری و شرایط محیطی و با افزایش درجه حرارت هادی، مقاومت هادی نیز افزایش می‌یابد.</p> <p>بنابراین به منظور تعیین تلفات در خطوط، باید پارامترهای زیر را در نظر گرفت:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ مقاومت ویژه</li> <li>↪ تغییر دما</li> <li>↪ سطح مقطع</li> <li>↪ طول هادی</li> </ul> <p>در این پروژه باید با توجه به شرایط مختلف بهره‌برداری، از جمله مشخصات سیم و آب و هوا، میزان حدود</p>

نام پروژه: تدوین دانش فنی محاسبات تلفات خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)

تلفات برای پایدار ماندن شبکه تعیین گردد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به افت ولتاژ در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)

مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>برای طراحی یک خط نیرو لازم است که ولتاژ در نقاط مختلف آن در محدوده معین شده قرار بگیرد. چرا که یکی از شروط اصلی برای انتقال قدرت، کنترل ولتاژ سیستم در محدوده قابل قبول می‌باشد.</p> <p>عموماً در شبکه‌های به هم پیوسته محاسبات افت ولتاژ و پخش بار به کمک برنامه‌های کامپیوتری انجام می‌شود، لیکن شناخت اولیه در خصوص تنظیم ولتاژ را می‌توان با استفاده از مدار معادل خط بررسی نمود.</p> <p>لازم به ذکر است که افت ولتاژ در خط کاملاً وابسته به میزان بارگیری از خط بوده و یکی از عوامل محدودسازی توان انتقالی خطوط می‌باشد. معمولاً افت ولتاژ خط تا حد <math>\pm 5\%</math> قابل قبول است.</p> <p>در این پروژه باید پس از مطالعات لازم، حدود افت ولتاژ در بخش‌های مختلف شبکه به منظور پایدار ماندن شبکه و بهره‌برداری خوب و بهینه از آن تعیین گردد.</p>

## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین استاندارد محاسبات حد پایداری در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>محاسبه ظرفیت انتقال توان از نقطه‌ای به نقطه دیگر از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین مسائل در بهره‌برداری و طراحی سیستم قدرت است. حداکثر توانی که می‌توان از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر انتقال داد توسط عوامل زیر محدود می‌شود:</p> <p>حد پایداری خطوط، حد پایداری استاتیکی، حد ولتاژ در باس‌ها، ناپایداری ولتاژ دینامیک و ناپایداری گذرا. ATC حداکثر مقدار توانی است که در هر ساعت اضافه بر آنچه برای آن ساعت برنامه‌ریزی شده است، بین دو نقطه انتقال داد بدون اینکه هیچ کدام از این حدود خدشه‌دار شود. از آنجا که هر مگاوات ظرفیت انتقال، می‌تواند ارزش میلیون دلاری در سال داشته باشد، دقت در تعیین ATC دارای اهمیت زیاد و اولویت اصلی است به طوری که صاحبان سیستم‌های انتقال، زمان بسیار زیادی را صرف محاسبه دقیق آن می‌کنند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، مطالعه و بررسی بر روی حدود مختلف پایداری در شبکه‌های انتقال با ظرفیت بالا و پس از آن تدوین استانداردهای لازم جهت طراحی خطوط انتقال با سطح ولتاژ ۷۶۵ کیلوولت، با در نظرگیری حفظ پایداری این سیستم‌ها می‌باشد.</p>



شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه  
 "سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تجزیه و تحلیل محاسبات مکانیکی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>در تهیه مبانی طراحی مکانیکی برای تدوین استاندارد جامع مهندسی و طراحی خطوط انتقال، که شامل طراحی و تعیین مشخصات مکانیکی هادی، طراحی برج، طراحی فونداسیون و تعیین مشخصات مکانیکی برای انجام طراحی بهینه خط می‌باشد، مراحل کار به شرح زیر باید انجام شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ محاسبات کشش و فلش</li> <li>↪ تعیین اسپن اقتصادی</li> <li>↪ انتخاب پارامتر بهینه برج‌گذاری</li> <li>↪ تعیین فواصل الکتریکی روی برج و زوایای انحراف</li> <li>↪ تعیین مقاومت الکترومکانیکی مقره</li> </ul> <p>در این پروژه با استفاده از آزمایش‌های لازم، مقدار و حدود پارامترهای فوق با توجه به مشخصات هادی‌ها و همچنین مشخصات آب و هوای منطقه، برای استفاده در بخش طراحی، تهیه و تنظیم می‌گردد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به اثر پوستی، هادی باندل	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>به دلیل لزوم انتقال توان‌های بالا توسط خطوط نیرو، که بوسیله خطوط ولتاژ بالا انجام می‌شود، مشکلات جدیدی نیز بروز می‌کند که از جمله آن‌ها افزایش گرادیان ولتاژ در سطح هادی‌ها، کرونا، اختلالات رادیویی، نیاز به هادی‌ها با مقاطع بزرگتر و نیاز به کاهش راکتانس خط می‌باشد.</p> <p>در یک هادی باندل، جریان بطور مساوی بین هادی‌های فرعی تقسیم نخواهد شد مگر اینکه در طول باندل، جابجایی (ترانسپوز) صورت گرفته باشد ولی تفاوت جریان در آن‌ها مقدار ناچیزی است که در عمل اهمیتی ندارد.</p> <p>استفاده از هادی‌های گروهی راه حلی است که پاسخگوی مشکلات فوق می‌باشد. از آنجا که استفاده از هادی‌های گروهی افزایش قیمت خطوط را به دنبال خواهد داشت در خطوطی که ولتاژ خط چندان بالا نباشد کاربردی ندارند.</p> <p>در مواردی که از هادی‌های باندل استفاده می‌شود، باید ملاحظاتی از قبیل انتخاب فاصله دهنده مناسب برای حفظ فاصله بین هادی‌ها، اعمال دقت لازم در تنظیم کشش یکسان هادی‌ها و مطالعات مربوط به سرعت باد و جهت باد غالب در طول سال و انواع نوسانات، مورد نظر قرار گیرند.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی محاسبات آلودگی و خوردگی و اثرات آن خطاهای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>مقاوم بودن و دوام آوردن در برابر خوردگی یک ویژگی بسیار مهم محسوب می‌گردد هادی‌های آلومینیومی که در خطوط انتقال نیرو و توزیع هوایی بکار می‌روند بسته به شرایط جوی و جغرافیایی مسیر خط در معرض عوامل گوناگون قرار گرفته و از آن‌ها تأثیر می‌پذیرند یکی از عوامل بسیار مؤثر بر طول عمر مفید هادی‌های آلومینیومی پدیده خوردگی است.</p> <p>به عنوان مثال هنگامی که این هادی‌ها در خطوطی نصب می‌شوند که از مناطق فرساینده و خورنده مانند سواحل دریا، مناطق صنعتی، مولد دوده‌های اسیدی، کوبیرهای نمکی، نزدیکی آتشفشان‌ها و نظایر آن عبور می‌کنند، لازم است که کلیه عوامل موجب خوردگی در این گونه مناطق را به دقت مورد توجه قرار داد. با توجه به بررسی‌های انجام شده در شرایطی که امکان خوردگی بالا است، استفاده از هادی‌های مخصوصی لازم است.</p> <p>در این پروژه، ابتدا به عوامل خوردگی پرداخته می‌شود و در ادامه راه‌های مقابله با آن و همچنین معیار خطرناک بودن این خوردگی تعیین می‌شود. و سپس معیار انتخاب هادی‌های گوناگون برای محیط‌های مختلف تعیین می‌شود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: ارزیابی عملکرد انواع سیم هادی در طی اغتشاشات شبکه و تهیه استاندارد جامع استفاده از سیم محافظ	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>جهت‌گیری صنعت برق بسوی استاندارد کردن موضوعات و موارد مرتبط با این صنعت، پیشرفت تکنولوژی در زمینه‌ی برق و دستیابی به یکنواختی در طراحی ضمن حفظ کیفیت‌های قابل قبول و مورد لزوم در طراحی، ایجاب می‌نماید که لیست و مشخصات فنی هادی‌های ۷۰۰ کیلوولت خطوط انتقال نیرو، که در آینده در شبکه سراسری مورد استفاده قرار می‌گیرد، بصورت استاندارد تهیه گردد.</p> <p>اهم موضوعاتی که در این زمینه باید انجام گیرد عبارتند از:</p> <p><b>• معیارهای انتخاب هادی محافظ</b></p> <p>در این بخش باید ضمن ارائه پارامترهای مؤثر و روش‌های متداول برای انتخاب هادی، عوامل مرتبط با هادی‌های استاندارد نیز ارائه گردد. در راستای این اهداف استاندارد سیم محافظ خطوط انتقال نیروی برق مشتمل بر انواع مختلف آن تدوین گردد. در استاندارد مذکور معیارها و اصول مهندسی، ویژگی‌های فنی، آزمون‌ها، روش‌های اجرایی، نصب و نگهداری انواع سیم‌های محافظ خطوط انتقال با ظرفیت بالا ارائه گردد.</p>

**اقدام ۳: تهیه و تدوین استانداردهای مورد نیاز برای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)**

این اقدام، خود شامل دو پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بررسی پارامترهای مختلف و تهیه استاندارد کابل‌های HVDC از جمله کابل‌های پلیمری، Oil-Filled و Mass-Impregnated	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>جهت‌گیری صنعت برق بسوی استاندارد کردن موضوعات و موارد مرتبط با این صنعت، پیشرفت تکنولوژی در زمینه‌ی برق و دستیابی به یکنواختی در طراحی ضمن حفظ کیفیت‌های قابل قبول و مورد لزوم در طراحی، ایجاب می‌نماید که لیست و مشخصات فنی هادی‌های خطوط انتقال با ظرفیت بالا با سطح ولتاژ ۵۰۰ کیلوولت خطوط انتقال نیرو، که در آینده در شبکه سراسری مورد استفاده قرار می‌گیرد، بصورت استاندارد تهیه گردد. اهم موضوعاتی که در این زمینه باید انجام گیرد عبارتند از:</p> <p><b>محاسبات</b></p> <p>در این بخش پارامترهایی که محاسبات آن‌ها در انتخاب هادی‌های استاندارد موثر می‌باشند و باید مورد بررسی قرار گیرند بشرح زیر ارائه شده است:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ جریان اتصال کوتاه</li> <li>↪ جریان مجاز هادی‌ها</li> <li>↪ حد مجاز جریان</li> <li>↪ اختلالات رادیویی و تلویزیونی</li> <li>↪ گرادیان ولتاژ</li> <li>↪ تلفات</li> </ul>

نام پروژه: بررسی پارامترهای مختلف و تهیه استاندارد کابل‌های HVDC از جمله کابل‌های پلیمری، Oil-Filled و Mass-Impregnated	
<p>↩ افت ولتاژ</p> <p>↩ حد پایداری</p> <p>↩ محاسبات مکانیکی</p> <p>↩ آلودگی و خوردگی</p> <p>• مشخصات فنی</p> <p>در این بخش باید مشخصات فنی و دستورالعمل‌های نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری هادی‌های خطوط ارائه گردد. هدف از این بخش ارائه لیست مشخصاتی است که در زمان خرید هادی‌های خطوط انتقال هوایی باید در نظر گرفته شوند و سازندگان باید این مشخصات را به عنوان حداقل شرایط فنی برآورده نمایند.</p> <p>• انتشارات</p> <p>در این بخش باید عناوین، موضوعات، منابع و مراجع بین‌المللی خطوط انتقال نیرو با ظرفیت بالا و اطلاعات مربوط به هادی‌های سایر کشورها ارائه گردد.</p>	

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه استاندارد عوامل مرتبط با هادی‌های استاندارد (از جمله قابلیت اطمینان و قابلیت انعطاف) در خطوط HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	جهت‌گیری صنعت برق بسوی استاندارد کردن موضوعات و موارد مرتبط با این صنعت، پیشرفت تکنولوژی در زمینه‌ی برق و دستیابی به یکنواختی در طراحی ضمن حفظ کیفیت‌های قابل قبول و مورد لزوم در طراحی،

نام پروژه: تهیه استاندارد عوامل مرتبط با هادی های استاندارد (از جمله قابلیت اطمینان و قابلیت انعطاف) در خطوط HVDC

ایجاب می نماید که لیست و مشخصات فنی هادی های خطوط HVDC ۵۰۰ کیلوولت خطوط انتقال نیرو، که در آینده در شبکه سراسری مورد استفاده قرار می گیرد، بصورت استاندارد تهیه گردد. اهم موضوعاتی که در این زمینه باید انجام گیرد عبارتند از:

معیارهای انتخاب هادی

در این بخش باید ضمن ارائه پارامترهای مؤثر و روش های متداول برای انتخاب هادی، عوامل مرتبط با هادی های استاندارد نیز ارائه گردد. در این زمینه سعی شود عوامل مرتبط با هادی های استاندارد به گونه ای ارائه گردد که ضمن دستیابی به قابلیت اطمینان مورد نظر در یک خط انتقال، هادی بهینه با در نظر گرفتن هزینه های مربوطه بدست آید.

## اقدام ۴: تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت

### بالا (HVDC)

این اقدام، خود شامل هشت پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به جریان اتصال کوتاه، جریان مجازهایها و حد مجاز جریان در خطوط انتقال HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>جهت‌گیری صنعت برق بسوی استاندارد کردن موضوعات و موارد مرتبط با این صنعت، پیشرفت تکنولوژی در زمینه‌ی برق و دستیابی به یکنواختی در طراحی ضمن حفظ کیفیت‌های قابل قبول و مورد لزوم در طراحی، ایجاد می‌نماید که لیست و مشخصات فنی هادی‌های خطوط انتقال بالا HVDC با سطح ولتاژ ۵۰۰ کیلوولت خطوط انتقال نیرو، که در آینده در شبکه سراسری مورد استفاده قرار می‌گیرد، بصورت استاندارد تهیه گردد.</p> <p>اهم موضوعاتی که در این پروژه باید انجام گیرد عبارتند از:</p> <p><b>• محاسبات</b></p> <p>در این بخش پارامترهایی که محاسبات آن‌ها در انتخاب هادی‌های استاندارد موثر می‌باشند و باید مورد بررسی قرار گیرند بشرح زیر ارائه شده است:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ جریان اتصال کوتاه</li> <li>↪ جریان مجاز هادی‌ها</li> <li>↪ حد مجاز جریان</li> </ul>



نام پروژه: تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به جریان اتصال کوتاه، جریان مجاز هادی‌ها و حد مجاز جریان در خطوط انتقال HVDC	
<p><b>• مشخصات فنی</b></p> <p>در این بخش باید مشخصات فنی و دستورالعمل‌های نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری هادی‌های خطوط ارائه گردد. هدف از این بخش ارائه لیست مشخصاتی است که در زمان خرید هادی‌های خطوط انتقال هوایی باید در نظر گرفته شوند و سازندگان باید این مشخصات را به عنوان حداقل شرایط فنی برآورده نمایند.</p> <p><b>• انتشارات</b></p> <p>در این بخش باید عناوین، موضوعات، منابع و مراجع بین‌المللی خطوط انتقال نیرو با ظرفیت بالا و اطلاعات مربوط به هادی‌های سایر کشورها ارائه گردد.</p>	

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل محاسبات اختلالات رادیویی و تلویزیونی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	یکی از اثرات و نتایج پدیده کرونا در خطوط انتقال نیرو، اختلالات رادیویی و تلویزیونی می‌باشد. در زمان وقوع پدیده کرونا پالس‌های نوسانی از جریان و ولتاژ ایجاد می‌شوند که فرکانس این پالس‌ها در محدوده‌ای است که می‌تواند بر باند فرکانس رادیویی و تلویزیونی تأثیرگذار باشد که به آن تداخل رادیویی (RI) یا تداخل تلویزیونی (TVI) گفته می‌شود. این اغتشاشات بسته به ناحیه عبور خط نباید از حد معینی بیشتر گردد، از این جهت سطح اغتشاش محاسبه شده به صورت قید در انتخاب هادی اعمال می‌شود. محدوده گرادبان سطحی که ایجاد RI می‌کند به عوامل متعددی بستگی دارد که از آن جمله می‌توان به قطر هادی، آرایش و شکل هادی‌ها در باندل، شرایط جوی و ارتفاع از سطح دریا اشاره نمود. در عمل نیز مشخص

نام پروژه: تدوین دستورالعمل محاسبات اختلالات رادیویی و تلویزیونی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)

نمودن سطح اغشاشات رادیویی (RI) که موجب تداخلات ناخواسته می‌شود بسیار مشکل است و دلیل این امر وجود همیشگی مقداری سطح تداخل در محیط (بدون وجود خط و ناشی از عوامل دیگر) می‌باشد. از سوی دیگر شدت سیگنال‌های دریافتی رادیویی در محل نیز بسیار مهم است.

روش‌های محاسبه این اختلالات مبتنی بر دو روش تحلیلی و قیاسی می‌باشد. در روش قیاسی، اساس کار، مقایسه بین مختصات هندسی خط جدید با خط مرجعی است که برای آن داده‌های اندازه‌گیری موجود می‌باشد. در این روش با ضرایب تصحیحی که به سطح اغتشاش خط مرجع اعمال می‌گردد، سطح اغتشاش برای خط جدید محاسبه می‌شود. از معایب عمده این روش عدم انعطاف پذیری و عدم دقت قابل توجه آن است. در روش قیاسی مشخصات عمومی برای هر سطح ولتاژ با تعیین و محاسبات دقیق برای حالت مبنا انجام می‌شود و سپس نمودارهایی برای تصحیح نتایج در شرایط متفاوت با مشخصات مبنا ارائه می‌گردد.

پس در این زمینه باید استانداردهایی تدوین گردد و میزان و نوع اثر خطوط انتقال HVDC را بر باند فرکانسی رادیویی و تلویزیونی با انجام آزمایش‌های لازم تعیین گردد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به گرادیان ولتاژ، اثرات میدان، تخلیه جزئی و کرونا در خطوط HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پدیده کرونا یکی از عوامل موثر در تعیین هادی‌های مورد استفاده در خطوط نیرو است. برای کنترل پدیده کرونا لازم است مقاطع هادی‌ها طوری انتخاب شوند که میدان الکتریکی و یا گرادیان ولتاژ در اطراف آن‌ها باعث شکست هوا نگردد. در صورت وقوع چنین حالتی پدیده کرونا ظاهر شده که می‌تواند باعث تولید حرارت، نور و صدا گردد. علاوه بر موارد فوق این پدیده سبب ایجاد اغتشاشات در امواج رادیویی، تلویزیونی و مخابراتی نیز می‌گردد. آزمون‌های انجام شده نشان می‌دهد وقتی گرادیان ولتاژ در اطراف هادی‌ها در شرایط استاندارد از مقدار ۲۱،۲۱ کیلوولت بر سانتی‌متر تجاوز نماید پدیده کرونا آغاز می‌شود و هر چه فاصله‌ی این رقم از ۲۱،۲۱ بیشتر باشد، بر میزان تلفات کرونا و اغتشاشات ناشی از آن افزوده می‌گردد.</p> <p>در شرایط استاندارد برای درجه حرارت محیط، فشار هوا، درجه خلوص و میزان رطوبت هوا مقادیر مشخصی تعیین گردیده است و طبیعی است در صورت تغییر هر یک از عوامل فوق‌الذکر حد شکست هوا در اطراف هادی تغییر می‌کند که در ذیل به طور اختصار به چند عامل مهم از آن اشاره می‌گردد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ درجه حرارت محیط</li> <li>↪ ارتفاع منطقه</li> <li>↪ رطوبت هوا</li> <li>↪ میزان آلودگی هوا</li> </ul> <p>در این پروژه باید با توجه به شرایط فوق‌الذکر در حالت‌های مختلف، برای خطوط HVDC شرایط مناسب برای جلوگیری از ایجاد پدیده‌ی کرونا معرفی گردد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی محاسبات تلفات خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>تلفات توان و انرژی در خطوط نیرو نقش عمده‌ای در انتخاب هادی‌ها دارد که این مسئله به مشخصات فنی هادی‌ها و شرایط محیطی در هنگام بهره‌برداری ارتباط مستقیم دارد</p> <p>اصولاً تلفات در خطوط به دو بخش تلفات اهمی و تلفات کرونا تقسیم می‌شود که تلفات کرونا در مقایسه با تلفات اهمی ناچیز است ولی پیک تلفات کرونا در مقایسه با پیک تلفات اهمی قابل ملاحظه است. مهمترین عامل تلفات قدرت و انرژی در خطوط انتقال نیرو مقاومتی است که هادی در برابر عبور جریان از خود بروز می‌دهد. این مقاومت به دو عامل زیر بستگی دارد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ مشخصات فنی هادی شامل سطح مقطع، طول و مقاومت ویژه هادی</li> <li>↪ شرایط جانبی چون درجه حرارت و فرکانس جریان عبوری</li> </ul> <p>درجه حرارت هادی خود تابعی است از دامنه جریان عبوری و شرایط محیطی و با افزایش درجه حرارت هادی، مقاومت هادی نیز افزایش می‌یابد.</p> <p>بنابراین به منظور تعیین تلفات در خطوط، باید پارامترهای زیر را در نظر گرفت:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ مقاومت ویژه</li> <li>↪ تغییر دما</li> <li>↪ سطح مقطع</li> <li>↪ طول هادی</li> </ul> <p>در این پروژه باید با توجه به شرایط مختلف بهره‌برداری، از جمله مشخصات سیم و آب و هوا، میزان خدود تلفات برای پایدار ماندن شبکه تعیین گردد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه استاندارد و محاسبات مربوط به افت ولتاژ در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>برای طراحی یک خط نیرو لازم است که ولتاژ در نقاط مختلف آن در محدوده معین شده قرار بگیرد. چرا که یکی از شروط اصلی برای انتقال قدرت، کنترل ولتاژ سیستم در محدوده قابل قبول می‌باشد. عموماً در شبکه‌های به هم پیوسته محاسبات افت ولتاژ و پخش بار به کمک برنامه‌های کامپیوتری انجام می‌شود، لیکن شناخت اولیه در خصوص تنظیم ولتاژ را می‌توان با استفاده از مدار معادل خط بررسی نمود. لازم به ذکر است که افت ولتاژ در خط کاملاً وابسته به میزان بارگیری از خط بوده و یکی از عوامل محدودسازی توان انتقالی خطوط می‌باشد. معمولاً افت ولتاژ خط تا حد <math>\pm 5\%</math> قابل قبول است. در این پروژه باید پس از مطالعات لازم، حدود افت ولتاژ در بخش‌های مختلف شبکه به منظور پایدار ماندن شبکه و بهره‌برداری خوب و بهینه از آن تعیین گردد.</p>

## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین استاندارد محاسبات حد پایداری در خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>محاسبه ظرفیت انتقال توان از نقطه‌ای به نقطه دیگر از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین مسائل در بهره‌برداری و طراحی سیستم قدرت است. حداکثر توانی که می‌توان از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر انتقال داد توسط عوامل زیر محدود می‌شود:</p> <p>حد پایداری خطوط، حد پایداری استاتیکی، حد ولتاژ در باس‌ها، ناپایداری ولتاژ دینامیک و ناپایداری گذرا. ATC حداکثر مقدار توانی است که در هر ساعت اضافه بر آنچه برای آن ساعت برنامه‌ریزی شده است، بین دو نقطه انتقال داد بدون اینکه هیچ کدام از این حدود خدشه‌دار شود. از آنجا که هر مگاوات ظرفیت انتقال، می‌تواند ارزش میلیون دلاری در سال داشته باشد، دقت در تعیین ATC دارای اهمیت زیاد و اولویت اصلی است به طوری که صاحبان سیستم‌های انتقال، زمان بسیار زیادی را صرف محاسبه دقیق آن می‌کنند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، مطالعه و بررسی بر روی حدود مختلف پایداری در شبکه‌های انتقال با ظرفیت بالا و پس از آن تدوین استانداردهای لازم جهت طراحی خطوط انتقال HVDC، با در نظرگیری حفظ پایداری این سیستم‌ها می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تجزیه و تحلیل محاسبات مکانیکی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>در تهیه مبانی طراحی مکانیکی برای تدوین استاندارد جامع مهندسی و طراحی خطوط انتقال، که شامل طراحی و تعیین مشخصات مکانیکی هادی، طراحی برج، طراحی فونداسیون و تعیین مشخصات مکانیکی برای انجام طراحی بهینه خط می‌باشد، مراحل کار به شرح زیر باید انجام شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ محاسبات کشش و فلش</li> <li>↪ تعیین اسپن اقتصادی</li> <li>↪ انتخاب پارامتر بهینه برج‌گذاری</li> <li>↪ تعیین فواصل الکتریکی روی برج و زوایای انحراف</li> <li>↪ تعیین مقاومت الکترومکانیکی مقره</li> </ul> <p>در این پروژه با استفاده از آزمایش‌های لازم، مقدار و حدود پارامترهای فوق با توجه به مشخصات هادی‌ها و همچنین مشخصات آب و هوای منطقه، برای استفاده در بخش طراحی، تهیه و تنظیم می‌گردد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی محاسبات آلودگی و خوردگی و اثرات آن خطاهای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>مقاوم بودن و دوام آوردن در برابر خوردگی یک ویژگی بسیار مهم محسوب می‌گردد. هادی‌های آلومینیومی که در خطوط انتقال نیرو و توزیع هوایی بکار می‌روند بسته به شرایط جوی و جغرافیایی مسیر خط در معرض عوامل گوناگون قرار گرفته و از آن‌ها تأثیر می‌پذیرند یکی از عوامل بسیار مؤثر بر طول عمر مفید هادی‌های آلومینیومی پدیده خوردگی است.</p> <p>به عنوان مثال هنگامی که این هادی‌ها در خطوطی نصب می‌شوند که از مناطق فرساینده و خورنده مانند سواحل دریا، مناطق صنعتی، مولد دودهای اسیدی، کویرهای نمکی، نزدیکی آتشفشان‌ها و نظایر آن عبور می‌کنند، لازم است که کلیه عوامل موجب خوردگی در این گونه مناطق را به دقت مورد توجه قرار داد. با توجه به بررسی‌های انجام شده در شرایطی که امکان خوردگی بالا است، استفاده از هادی‌های مخصوصی لازم است.</p> <p>در این پروژه، ابتدا به عوامل خوردگی پرداخته می‌شود و در ادامه راه‌های مقابله با آن و همچنین معیار خطرناک بودن این خوردگی تعیین می‌شود. و سپس معیار انتخاب هادی‌های گوناگون برای محیط‌های مختلف تعیین می‌شود.</p>



### اقدام ۵: بررسی روش‌های نوین طراحی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا

این اقدام، خود شامل دو پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: استخراج آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران هادی‌های خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC) از سراسر دنیا به منظور بهبود عملکرد سیستم انتقال	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>آمار و اطلاعات لازمه هر نوع تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی می‌باشد. امروزه مقوله آمار در کلیه ابعاد زندگی از جمله: فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی و... از اهمیت بالایی برخوردار است به طوری که برنامه‌ریزی بدون آمار و اطلاعات دقیق، نوعی انشای اقتصادی یا توسعه‌ای است که نمود عینی و عملی خواهد داشت.</p> <p>مینا و زیر بنای هر نظام فعال، آمارهای دقیق و قابل اتکاست و تجربه نشان داده است که در جامعه انسانی کمتر کاری به نتیجه مورد انتظار نایل می‌شود مگر آنکه اطلاعات لازم و کافی از جوانب مختلف آن کار در اختیار باشد. اما این تحلیل، زمانی موثر و سودمند است که از اطلاعات صحیح و دقیق منتج شود. اطلاعات از لحظه تولید ممکن است از کانال‌های مختلفی عبور کند و گروه‌های مختلفی در این مسیر، آن را سهواً یا عمدتاً مطابق با منافع خود تغییر دهند. جمع‌آوری اطلاعات به محض تولید و در جایی که تولید می‌شود (قبل از گذر از کانال‌های متفاوت)، بهترین روش حصول اطمینان از صحت و دقت آن می‌باشد.</p> <p>بدیهی است: اتخاذ تصمیم بهینه در جوامع پیشرفته بستگی به عواملی دارد که از جمله آن عوامل، در اختیار داشتن آمار و اطلاعات صحیح و بهنگام است، از این رو آمار، همچون چراغی برای روشن کردن نقاط تاریک تصمیم‌گیری صریح و بی‌ابهام است.</p> <p>براین اساس و با توجه به اهمیت تدوین نظام آمار و اطلاعات، با الهام از آمار و اطلاعات و تجارب بهره‌برداران</p>

<p>نام پروژه: استخراج آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران هادی‌های خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC) از سراسر دنیا به منظور بهبود عملکرد سیستم انتقال</p>	
<p>خطوط انتقال با ظرفیت بالا EHVAC از سراسر دنیا، نقشه راه و اهداف و راه‌های رسیدن به آن‌ها برای کشور هموار شده و برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته نمود واقعی‌تری خواهند یافت.</p> <p>برای انجام این پروژه ابتدا باید اطلاعات لازم جهت نیل به اهداف فوق مشخص گردند و سپس شرکت‌ها و نهادهایی که زمینه کاری آن‌ها مرتبط است شناسایی شده و تحت پرسش‌نامه‌ها و یا با مراجعه حضوری به آن‌ها، اطلاعات جمع‌آوری گردد.</p>	

**شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:**

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

<p>نام پروژه: استخراج آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران هادی‌های خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC) از سراسر دنیا به منظور بهبود عملکرد سیستم انتقال</p>	
<p>مدت زمان اجرای پروژه</p>	<p>۱۲ ماه</p>
<p>بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه</p>	<p>---</p>
<p><b>تشریح فعالیت</b></p> <p>آمار و اطلاعات لازمه هر نوع تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی می‌باشد. امروزه مقوله آمار در کلیه ابعاد زندگی از جمله: فرهنگی، اقتصادی، اجتماعی و... از اهمیت بالایی برخوردار است به طوری که برنامه‌ریزی بدون آمار و اطلاعات دقیق، نوعی انشای اقتصادی یا توسعه‌ای است که نمود عینی و عملی خواهد داشت.</p> <p>مینا و زیر بنای هر نظام فعال، آمارهای دقیق و قابل اتکاست و تجربه نشان داده است که در جامعه انسانی کمتر کاری به نتیجه مورد انتظار نایل می‌شود مگر آنکه اطلاعات لازم و کافی از جوانب مختلف آن کار در اختیار باشد.</p> <p>اما این تحلیل، زمانی موثر و سودمند است که از اطلاعات صحیح و دقیق منتج شود. اطلاعات از لحظه تولید ممکن است از کانال‌های مختلفی عبور کند و گروه‌های مختلفی در این مسیر، آن را سهواً یا عمدتاً مطابق با منافع</p>	

نام پروژه: استخراج آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران هادی‌های خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC) از سراسر دنیا

### به منظور بهبود عملکرد سیستم انتقال

خود تغییر دهند. جمع آوری اطلاعات به محض تولید و در جایی که تولید می‌شود (قبل از گذر از کانال‌های متفاوت)، بهترین روش حصول اطمینان از صحت و دقت آن می‌باشد.

بدیهی است: اتخاذ تصمیم بهینه در جوامع پیشرفته بستگی به عواملی دارد که از جمله آن عوامل، در اختیار داشتن آمار و اطلاعات صحیح و بهنگام است، از این رو آمار، همچون چراغی برای روشن کردن نقاط تاریک تصمیم‌گیری صریح و بی‌ابهام است.

براین اساس و با توجه به اهمیت تدوین نظام آمار و اطلاعات، با الهام از آمار و اطلاعات و تجارب بهره‌برداران خطوط انتقال با ظرفیت بالا HVDC از سراسر دنیا، نقشه راه و اهداف و راه‌های رسیدن به آن‌ها برای کشور هموار شده و برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته نمود واقعی‌تری خواهند یافت.

برای انجام این پروژه ابتدا باید اطلاعات لازم جهت نیل به اهداف فوق مشخص گردند و سپس شرکت‌ها و نهادهایی که زمینه کاری آن‌ها مرتبط است شناسایی شده و تحت پرسش‌نامه‌ها و یا با مراجعه حضوری به آن‌ها، اطلاعات جمع‌آوری گردد.

## اقدام ۶: ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری سیستم انتقال با ظرفیت بالا

### (EHVAC, HVDC)

این اقدام، خود شامل پنج پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بررسی و تعیین تجهیزات مورد نیاز آزمایشگاه‌های ارزیابی اجزای HVDC و عملکرد سیستم و راه اندازی آزمایشگاه	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
شریح فعالیت	<p>آزمایشگاه‌های HVDC در ابتدا به منظور مطالعات لازم جهت تعیین استانداردهای مورد نیاز کاربرد دارند. آزمایشگاه HVDC اهمیت خود را آنجا نشان می‌دهد که باید آزمون‌های مختلفی روی تمامی تجهیزات HVDC قبل از نصب و بهره‌برداری و در حین نصب و بهره‌برداری، بر روی آن‌ها انجام شود.</p> <p>تجهیزات فوق فشارقوی مختلفی از جمله ترانسفورماتور، برقیگیر، مقره، خازن و ... و با توجه به لزوم انجام آزمون بر روی آن‌ها، احتیاج مبرمی به آزمایشگاه‌های فوق فشارقوی مجهز و کامل در داخل کشور احساس می‌شود. این نیاز وقتی جدی شده و بیشتر خودش را نشان می‌دهد که بدانیم هزینه تست تجهیزات در آزمایشگاه‌های خارج از کشور، بسیار بالا بوده و زمان زیادی را نیز مصرف خواهد داشت.</p> <p>لذا با طرح تجهیز و توسعه آزمایشگاه‌های فوق فشار قوی سعی شده است که حتی‌المقدور با رفع کمبودها و نارسایی‌ها، آزمایشگاه‌ها را در جهت رفع نیازهای صنعت برق موثرتر و کارآمدتر نمود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

<p>نام پروژه: امکان‌سنجی و تاسیس آزمایشگاه شبیه‌ساز HVDC به منظور مطالعه عملکرد دینامیکی و آزمایش سیستم‌های کنترل و حفاظت مربوط به سیستم‌های HVDC، مطالعات عملکرد دینامیکی سیستم قدرت AC/DC یکپارچه و مطالعات مربوط به تنش تجهیزات</p>	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>آزمایشگاه‌های فشار قوی DC، در ابتدا به منظور مطالعات لازم جهت تعیین استانداردهای مورد نیاز کاربرد دارند. آزمایشگاه فشار قوی DC، اهمیت خود را آنجا نشان می‌دهد که باید آزمون‌های مختلفی روی تمامی تجهیزات فوق فشار قوی قبل از نصب و بهره‌برداری و در حین نصب و بهره‌برداری، بر روی آن‌ها انجام شود. تجهیزات فشارقوی مختلفی از جمله ترانسفورماتور، برقیگیر، مقره، خازن و ... و با توجه به لزوم انجام آزمون بر روی آن‌ها، احتیاج مبرمی به آزمایشگاه‌های فشارقوی DC، مجهز و کامل در داخل کشور احساس می‌شود. این نیاز وقتی جدی شده و بیشتر خودش را نشان می‌دهد که بدانیم هزینه تست تجهیزات در آزمایشگاه‌های خارج از کشور، بسیار بالا بوده و زمان زیادی را نیز مصروف خواهد داشت.</p> <p>همچنین در این آزمایشگاه#ها، باید امکان شبیه‌سازی شبکه‌های HVDC وجود داشته باشد تا بتوان عملیات دینامیکی و سیستم‌های کنترل و حفاظت مربوط به این شبکه‌ها را مورد مطالعه قرار داد.</p> <p>لذا با طرح تجهیز و توسعه آزمایشگاه‌های فشار قوی HVDC، سعی شده است که حتی‌المقدور با رفع کمبودها و نارسایی‌ها، آزمایشگاه‌ها را در جهت رفع نیازهای صنعت برق موثرتر و کارآمدتر نمود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه  
 "سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: امکان‌سنجی و تجهیز آزمایشگاه‌های مرجع فشار قوی به منظور توانایی تست تجهیزات EHVAC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۸ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>آزمایشگاه‌های فوق فشار قوی در ابتدا به منظور مطالعات لازم جهت تعیین استانداردهای مورد نیاز کاربرد دارند.</p> <p>آزمایشگاه فوق فشار قوی اهمیت خود را آنجا نشان می‌دهد که باید آزمون‌های مختلفی روی تمامی تجهیزات فوق فشار قوی قبل از نصب و بهره‌برداری و در حین نصب و بهره‌برداری، بر روی آن‌ها انجام شود.</p> <p>تجهیزات فوق فشارقوی مختلفی از جمله ترانسفورماتور، برقیگیر، مقره، خازن و ... و با توجه به لزوم انجام آزمون بر روی آن‌ها، احتیاج مبرمی به آزمایشگاه‌های فوق فشارقوی مجهز و کامل در داخل کشور احساس می‌شود. این نیاز وقتی جدی شده و بیشتر خودش را نشان می‌دهد که بدانیم هزینه تست تجهیزات در آزمایشگاه‌های خارج از کشور، بسیار بالا بوده و زمان زیادی را نیز مصروف خواهد داشت..</p> <p>لذا با طرح تجهیز و توسعه آزمایشگاه‌های فوق فشار قوی سعی شده است که حتی‌المقدور با رفع کمبودها و نارسایی‌ها، آزمایشگاه‌ها را در جهت رفع نیازهای صنعت برق موثرتر و کارآمدتر نمود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بررسی ضرورت راه‌اندازی آزمایشگاه تخصصی EHVAC به منظور انجام مطالعات خاص سیستم EHVAC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>جهت‌گیری صنعت برق بسوی استاندارد کردن موضوعات و موارد مرتبط با این صنعت، پیشرفت تکنولوژی در زمینه‌ی برق و دستیابی به یکنواختی در طراحی ضمن حفظ کیفیت‌های قابل قبول و مورد لزوم در طراحی، ایجاد می‌نماید که لیست و مشخصات فنی اجزای مختلف شبکه ۷۰۰ کیلوولت خطوط انتقال نیرو، که در آینده در شبکه سراسری مورد استفاده قرار می‌گیرند، بصورت استاندارد تهیه گردد. جهت نیل به این اهداف و همچنین مطالعه مستمر بر خطوط و اجزای مختلف آن، نیاز به احداث آزمایشگاه‌هایی با این قابلیت احساس می‌شود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: طراحی و تهیه نرم افزار آنالیز و شبیه سازی سیستم انتقال HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>با توجه به ضرورت شبیه سازی سیستم های قدرت مجهز به خطوط HVDC ، نرم افزارهای محاسباتی می بایستی دارای توانایی مدل سازی و شبیه سازی خطوط HVDC در شبکه های قدرت را به همراه سایر اجزاء دارا باشند.</p> <p>در این پروژه می بایست چگونگی و روش ایجاد قابلیت شبیه سازی خطوط HVDC برای نرم افزار مذکور بررسی و نشان داده شود و سپس به تهیه و تولید این نرم افزار پرداخته شود.</p> <p>از جمله قابلیت های مهمی که این نرم افزار باید داشته باشد، عبارتند از:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ شبیه سازی مبدل های الکترونیک قدرت</li> <li>↪ توانایی پخش بار</li> <li>↪ اتصال همزمان شبکه های AC,DC</li> <li>↪ بررسی سطح اتصال کوتاه</li> <li>↪ مطالعه رفتار هارمونیک شبکه</li> </ul>



## اقدام ۷: امکان‌سنجی، طراحی و ساخت تجهیزات اصلی خطوط سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

این اقدام، خود شامل شش پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: امکان‌سنجی، طراحی و ساخت انواع دکل مورد نیاز برای سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
۹ ماه	مدت زمان اجرای پروژه
---	بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه
<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد.</p> <p>یکی از این تجهیزات، دکل‌های نگه‌دارنده این خطوط می‌باشد که با توجه به سیم‌های مورد استفاده، دارای مشخصات منحصر بفردی می‌باشند. در نتیجه با توجه به نیازهای کشور از لحاظ نوع زمین، تنوع آب و هوایی و همچنین نیازهای فنی، نوع دکل‌ها و مشخصات کلی آن‌ها مشخص می‌شود.</p> <p>اقدام بعدی در این زمینه، شناسایی تولیدکننده‌های داخلی دکل‌های خطوط برق و شناسایی توانایی آن‌ها در تولید دکل‌های با مشخصات لازم و تعیین شده است. در صورت برآورده نکردن مشخصات لازم توسط تولیدکننده‌های داخلی، لازم است طرح انتقال فناوری توسط تولیدکنندگان خارجی در این زمینه بررسی شود.</p> <p>در روند ساخت این تجهیزات، همواره باید این معیارها را بررسی نمود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ میزان دقت روند طراحی تجهیز</li> <li>↪ گزارش تحلیل فنی-اقتصادی</li> <li>↪ وضعیت نمونه اولیه ساخته شده از تجهیزات اصلی پست</li> <li>↪ تعداد آزمون‌های انجام شده طبق استاندارد مرتبط</li> </ul>	تشریح فعالیت

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: طراحی و ساخت سیم‌های محافظ براساس استانداردها	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، سیم‌های محافظ این خطوط می‌باشد که با توجه به سیم‌های مورد استفاده، دارای مشخصات منحصر بفردی می‌باشند. وظیفه اصلی سیم محافظ هوایی که در بالای برج و در ارتباط فیزیکی با بدنه آن نصب می‌گردد حفاظت سیستم انتقال انرژی در مقابل اصابت مستقیم صاعقه به سیم هادی و ولتاژ القایی در هادی‌ها در اثر اصابت صاعقه به زمین اطراف خط می‌باشد.</p> <p>سیم محافظ هوایی طوری نصب می‌گردد که زاویه حفاظت مناسبی برای هادی‌های خط فراهم آورد. در صورتی که این زاویه نتواند توسط یک سیم تأمین شود دو سیم محافظ کشیده می‌شود. سیم محافظ هوایی مستقیماً به برج متصل می‌شود و بدین ترتیب جریان‌های ناشی از تخلیه جوی و رعد و برق را به زمین منتقل می‌کند. از طرفی سیم محافظ وظیفه انتقال جریان‌های اتصال کوتاه به زمین را هم عهده دار بوده و از لحاظ مکانیکی نیز بایستی مقاومت کششی مناسب را دارا باشد.</p> <p>در نتیجه با توجه به نیازهای کشور از لحاظ نوع زمین، تنوع آب و هوایی و همچنین نیازهای فنی، نوع دکل‌ها و مشخصات کلی آن‌ها مشخص می‌شود.</p> <p>اقدام بعدی در این زمینه، شناسایی تولیدکننده‌های داخلی سیم‌های محافظ خطوط برق و شناسایی توانایی آن‌ها در تولید سیم‌های محافظ با مشخصات لازم و تعیین شده است. در صورت برآورده نکردن مشخصات لازم توسط تولیدکننده‌های داخلی، لازم است طرح انتقال فناوری توسط تولیدکنندگان خارجی در این زمینه بررسی شود.</p> <p>در روند ساخت این تجهیزات، همواره باید این معیارها را بررسی نمود:</p>

نام پروژه: طراحی و ساخت سیم‌های محافظ براساس استانداردها	
<ul style="list-style-type: none"> <li>↩ میزان دقت روند طراحی تجهیز</li> <li>↩ گزارش تحلیل فنی-اقتصادی</li> <li>↩ وضعیت نمونه اولیه ساخته شده از تجهیزات اصلی پست</li> <li>↩ تعداد آزمون‌های انجام شده طبق استاندارد مرتبط</li> </ul>	

**شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:  
"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: بررسی انواع هادی‌های متداول (استاندارد) و هادی‌های جدید مورد استفاده در سیستم‌های EHVAC	
۹ ماه	مدت زمان اجرای پروژه
---	بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه
<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، کابل‌های خطوط انتقال با ظرفیت بالا EHVAC است، که با توجه به نوع شبکه، دارای مشخصات منحصر بفردی می‌باشند. در نتیجه با توجه به نیازهای کشور از لحاظ فنی، نوع مقره‌ها و مشخصات کلی آن‌ها مشخص می‌شود.</p> <p>اقدام بعدی در این زمینه، شناسایی تولیدکننده‌های داخلی کابل‌های خطوط برق و شناسایی توانایی آن‌ها در تولید کابل‌های مخصوص سیستم‌های EHVAC با مشخصات لازم و تعیین شده است. جهت اطلاع از این توانایی برای انجام این پروژه ابتدا باید اطلاعات و مشخصات لازم کابل‌های EHVAC مشخص گردد و سپس از شرکت‌های سازنده کابل شناسایی شده و مشخصات فوق به آن‌ها ارائه گردد و برنامه و توانایی آن‌ها جهت ساخت کابل‌های فوق ارزیابی شود. در صورت برآورده نکردن مشخصات لازم توسط تولید</p>	تشریح فعالیت

نام پروژه: بررسی انواع هادی‌های متداول (استاندارد) و هادی‌های جدید مورد استفاده در سیستم‌های EHVAC	
<p>کننده‌های داخلی، لازم است طرح انتقال فناوری توسط تولیدکنندگان خارجی در این زمینه بررسی شود.</p> <p>در روند ساخت این تجهیزات، همواره باید این معیارها را بررسی نمود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↩ میزان دقت روند طراحی تجهیز</li> <li>↩ گزارش تحلیل فنی-اقتصادی</li> <li>↩ وضعیت نمونه اولیه ساخته شده از تجهیزات اصلی پست</li> <li>↩ تعداد آزمون‌های انجام شده طبق استاندارد مرتبط</li> </ul>	

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: امکان‌سنجی ساخت مقره‌های قابل استفاده در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۸ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد.</p> <p>یکی از این تجهیزات، مقره‌های قابل استفاده در این خطوط می‌باشد که با توجه به نوع شبکه، دارای مشخصات منحصر بفردی می‌باشند. در نتیجه با توجه به نیازهای کشور از لحاظ فنی، نوع مقره‌ها و مشخصات کلی آن‌ها مشخص می‌شود.</p> <p>اقدام بعدی در این زمینه، شناسایی تولیدکننده‌های داخلی دکل‌های خطوط برق و شناسایی توانایی آن‌ها در</p>

## نام پروژه: امکان‌سنجی ساخت مقره‌های قابل‌استفاده در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

تولید دکل‌های با مشخصات لازم و تعیین شده است. در صورت برآورده نکردن مشخصات لازم توسط تولیدکننده‌های داخلی، لازم است طرح انتقال فناوری توسط تولیدکنندگان خارجی در این زمینه بررسی شود. در روند ساخت این تجهیزات، همواره باید این معیارها را بررسی نمود:

↪ میزان دقت روند طراحی تجهیز

↪ گزارش تحلیل فنی-اقتصادی

↪ وضعیت نمونه اولیه ساخته شده از تجهیزات اصلی پست

↪ تعداد آزمون‌های انجام شده طبق استاندارد مرتبط

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

## نام پروژه: امکان‌سنجی طراحی و ساخت مواد عایق‌بندی نوین برای عایق‌بندی خارجی

مدت زمان اجرای پروژه	۱۸ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، مواد عایق‌بندی نوین جهت استفاده در عایق‌بندی خارجی لوازم خطوط انتقال می‌باشد، که

## نام پروژه: امکان‌سنجی طراحی و ساخت مواد عایق‌بندی نوین برای عایق‌بندی خارجی

که با توجه به سیم‌های مورد استفاده، دارای مشخصات منحصر بفردی می‌باشند. عایق الکتریکی یا نارسانا، ماده‌ای است که به میدان‌های الکتریکی پاسخ نمی‌دهد و کاملاً در برابر جریان بارهای الکتریکی مقاومت می‌کند. در عمل عایق کامل وجود ندارد، بنابراین مواد دی‌الکتریک با ثابت دی‌الکتریک بالا را عایق الکتریکی می‌نامند.

برخی مواد همچون شیشه، کاغذ یا پلی‌تترافلورواتیلن، عایق‌های الکتریکی بسیار خوبی هستند. این مواد به همراه بسیاری دیگر از انواع عایق‌ها برای عایق‌بندی سیم‌های برق و کابل‌ها و همچنین مقره‌ها بسیار خوب هستند.

در نتیجه با توجه به نیازهای کشور از لحاظ نوع زمین، تنوع آب و هوایی و همچنین نیازهای فنی، نوع دکل‌ها و مشخصات کلی آن‌ها مشخص می‌شود.

اقدام بعدی در این زمینه، شناسایی تولیدکننده‌های داخلی این مواد عایقی و شناسایی توانایی آن‌ها در تولید این مواد با مشخصات لازم و تعیین شده است. در صورت برآورده نکردن مشخصات لازم توسط تولیدکننده‌های داخلی، لازم است طرح انتقال فناوری توسط تولیدکنندگان خارجی در این زمینه بررسی شود.

در روند ساخت این تجهیزات، همواره باید این معیارها را بررسی نمود:

↩ میزان دقت روند طراحی تجهیز

↩ گزارش تحلیل فنی-اقتصادی

↩ وضعیت نمونه اولیه ساخته شده از تجهیزات اصلی پست

↩ تعداد آزمون‌های انجام شده طبق استاندارد مرتبط

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: امکان‌سنجی ساخت کابل‌های متداول در سیستم‌های انتقال HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، کابل‌های خطوط انتقال با ظرفیت بالا HVDC است، که با توجه به نوع شبکه، دارای مشخصات منحصر بفردی می‌باشند. در نتیجه با توجه به نیازهای کشور از لحاظ فنی، نوع مقره‌ها و مشخصات کلی آن‌ها مشخص می‌شود.</p> <p>اقدام بعدی در این زمینه، شناسایی تولیدکننده‌های داخلی کابل‌های خطوط برق و شناسایی توانایی آن‌ها در تولید کابل‌های مخصوص سیستم‌های HVDC با مشخصات لازم و تعیین شده است. جهت اطلاع از این توانایی برای انجام این پروژه ابتدا باید اطلاعات و مشخصات لازم کابل‌های HVDC مشخص گردد و سپس از شرکت‌های سازنده کابل شناسایی شده و مشخصات فوق به آن‌ها ارائه گردد و برنامه و توانایی آن‌ها جهت ساخت کابل‌های فوق ارزیابی شود. در صورت برآورده نکردن مشخصات لازم توسط تولیدکننده‌های داخلی، لازم است طرح انتقال فناوری توسط تولیدکنندگان خارجی در این زمینه بررسی شود.</p> <p>در روند ساخت این تجهیزات، همواره باید این معیارها را بررسی نمود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↩ میزان دقت روند طراحی تجهیز</li> <li>↩ گزارش تحلیل فنی-اقتصادی</li> <li>↩ وضعیت نمونه اولیه ساخته شده از تجهیزات اصلی پست</li> <li>↩ تعداد آزمون‌های انجام شده طبق استاندارد مرتبط</li> </ul>

### اقدام ۱: تهیه و تدوین معیارهای طراحی بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

این اقدام، خود شامل شش پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه و تدوین معیارها و عوامل مرتبط با طرح‌های بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>با توجه به نقشه تک‌خطی و شمای اتصال انتخاب شده، محل شینه‌ها و تجهیزات فشار قوی و نحوه اتصال آن‌ها به یکدیگر با هادی‌های ارتباطی به شکل مناسب انتخاب شده، آن‌چنان‌که کلیه هادی‌های سه فاز تحت ولتاژ در فواصل عایقی کافی و مناسب فاز-فاز و فاز-زمین واقع گردیده و فواصل ایمنی و نکات استاندارد رعایت شده باشند. این عمل به پیاده نمودن تجهیزات یا اصطلاحاً به جانمایی پست موسوم است. نقشه جانمایی باید شامل نقشه پلان و مقاطع مختلف پست بوده که بتوان جزئیات زیادی را روی این نقشه‌ها منعکس نمود.</p>



شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تحلیل و طبقه‌بندی شرایط اقلیمی و آلودگی و تعیین اثرات آن بر عملکرد سیستم انتقال EHVAC و HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>به منظور پاسخگویی به طیف وسیع نیازهای گوناگون بصورتی که تا آنجا که امکان دارد از ایجاد تنوع غیر لازم جلوگیری گردد، ضروری است تا اقلام و آیتم‌های شرایط محیطی، اقلیمی و آلودگی که دارای طیف گسترده وسیعی هستند شناسائی و بصورت بهینه تنوع‌رئائی شوند.</p> <p>یکی از فاکتورهای مهم و اساسی در طراحی پست‌ها که تاثیر مستقیم و بسیار زیادی در هزینه سرمایه‌گذاری‌های اولیه و هزینه‌های دوران بهره‌برداری خواهد داشت فاکتور شرایط اقلیمی مناطق احداث پست‌ها می‌باشند که به جهت تنوع بسیار زیاد در شرایط اقلیمی مناطق مختلف ایران در صورتی که برای هر نقطه شرایط طبیعی آن منطقه منظور گردد، طراحی‌ها، تاسیسات و تجهیزات بسیار گوناگون و متنوع و در نتیجه صرف‌نظر از افزایش زمان‌بری اجرای پروژه‌ها هزینه‌ها نیز بسیار بالا خواهد رفت.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ پارامترهای محیطی موثر در طراحی پست‌ها</li> <li>↪ وضعیت و شرایط اقلیمی کشور</li> <li>↪ درجه حرارت هوا</li> <li>↪ بارندگی و تعداد روزهای بارندگی</li> <li>↪ باد و تعداد روزهایی که شامل انواع باد میشوند</li> <li>↪ آلودگی</li> <li>↪ زمین ارزه</li> <li>↪ مشخصات هیدرولوژی</li> </ul> <p>هدف از انجام این پروژه، مطالعه بر روی انواع این شرایط و تاثیر آن‌ها بر روی پارامترها و تجهیزات مختلف می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارها و عوامل مرتبط با طرح های ساختمانی سیستم انتقال با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>هدف از تهیه این استاندارد، ارائه معیارها و عوامل مرتبط با طرح های بهینه ساختمانی پست های انتقال نیرو می باشد.</p> <p>بخش ساختمانی پست های انتقال نیرو شامل قسمت های ساختمان های (ابنیه) اصلی و جنبی، فونداسیون ها، تسطیح و محوطه سازی، دیوار کشی، کانال های کابل و سازه های مربوط می باشد.</p> <p>آنچه مورد بررسی و مطالعه قرار می گیرد، انواع طرح های ساختمان های اصلی و جنبی هر پست که معمولاً شامل مجموعه ساختمان کنترل، نگهبانی، دیزل و انبار می باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تهیه استانداردهای قابلیت اطمینان سیستم انتقال با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>هدف از این استاندارد انتخاب ارزان‌ترین نوع شینه‌بندی با بالاترین قابلیت اطمینان می‌باشد. بطوری که قیمت شینه‌بندی و تجهیزات را با ارزش قابلیت اطمینان آن یعنی هزینه‌های قطعی جمع کرده و این حاصل کمترین مقدار را داشته باشد.</p> <p>قابلیت اطمینان بطور کلی در رابطه با توزیع زمانی خراب شدن و یا فاصله زمانی بین خرابی‌های وسایل و سیستم‌ها می‌باشد. بجز در تجهیزات یکبار مصرف مانند برخی تجهیزات تسلیحاتی، بقیه وسایل و سیستم‌ها بصورت طراحی و ساخته می‌شوند که برای مدتی دوام داشته باشند. ولی بخاطر متغیرهایی در زمان ساخت و بخصوص شرایط مختلف استفاده، زمان خراب شدن و یا فاصله بین خرابی‌های تمام وسایل و یا سیستم‌های یک نوع، یکسان نمی‌باشد و دارای تغییراتی است.</p> <p>در نتیجه بطور کلی قابلیت اطمینان یک وسیله یا یک سیستم برای مدت زمان مورد نیاز <math>t_m</math> عبارت است از احتمال سالم ماندن و انجام وظیفه کردن آن وسیله یا سیستم در این مدت زمان می‌باشد.</p> <p>پست‌های شبکه انتقال برق وظیفه مهم تبدیل ولتاژ از یک سطح به سطح دیگر، حفاظت سیستم قدرت و همچنین ایجاد امکان بهره‌برداری مناسب از سیستم برق‌رسانی را بر عهده دارند. این پست‌ها به علت داشتن تجهیزات گوناگون و احتمال ایجاد اشکال و خرابی در آن‌ها در مواردی باعث اختلال و قطعی محلی در برق‌رسانی شده و در مواردی باعث ضعیف شدن شبکه انتقال و در موارد دیگر باعث اختلال کلی و قطعی‌های وسیع و همه‌جانبه سیستم برق گردند.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل شناسایی و استاندارد سازی شینه‌بندی پست‌های انتقال با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>هدف از این استاندارد معرفی انواع شینه‌بندی های موجود در پست‌های فوق فشار قوی و مقایسه آن‌ها از لحاظ فنی و اقتصادی می‌باشد.</p> <p>پست‌های انتقال انرژی با ولتاژ بالا، به منظور ارتباط شبکه سراسری و تبادل انرژی بین مراکز تولید و مصرف احداث می‌گردند. اتصال الکتریکی فیدرهای ورودی و خروجی به یکدیگر در پست‌ها توسط شینه‌های فشار قوی امکان‌پذیر می‌گردد و جریان حاصل از فیدرهای ورودی در شینه سراسری با یکدیگر جمع شده و در فیدرهای خروجی توزیع می‌گردند. بهمین علت لازم است شینه‌ها از ظرفیت کافی جهت دریافت تمامی انرژی و توزیع آن برخوردار باشند.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تحلیل اقتصادی دقیق و جامع هزینه‌های طراحی و ساخت پست انتقال با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از بررسی استانداردها و منابع و تدوین و تهیه استانداردهای مورد نیاز در طراحی پست‌های خطوط انتقال با ظرفیت بالا، نوبت به تهیه لیست اقدامات و فعالیت‌های مورد نیاز و قابل پیش‌بینی در طراحی و ساخت این‌گونه پست‌ها می‌باشد.</p> <p>در حال حاضر در داخل کشور، توانایی ساخت چنین پست‌های با ولتاژ بالا وجود ندارد و تجربه‌ای هم در این زمینه موجود نمی‌باشد، پس با توجه به جدید بودن پروژه، بودجه در نظر گرفته در ابتدا باید بیش از حد پیش‌بینی شده در نظر گرفته شود تا مقداری از آن صرف کسب تجربه و در این زمینه گردد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تحلیل اقتصادی هزینه‌های طراحی و ساخت پست‌های انتقال با ظرفیت بالای HVDC و EHV AC می‌باشد.</p>

## اقدام ۲: تهیه و تدوین استانداردهای مربوط به معیارهای طراحی برای انتخاب و کاربرد تجهیزات

### به کار رفته در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

این اقدام، خود شامل نانزده پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی ترانسفورماتورهای قدرت	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۸ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>ترانسفورماتور ماشین استاتیکی است که از طریق القای الکترومغناطیسی، ولتاژ و جریان متناوب الکتریکی را بدون تغییری در فرکانس بین دو یا چند سیم پیچ به مقادیر مختلف تبدیل می‌کند. ترانسفورماتورها در پست‌های نیروگاهی به منظور بالابردن ولتاژ برای انتقال اقتصادی قدرت و در پست‌های فوق توزیع و توزیع به منظور پایین آوردن ولتاژ به مقادیر موردنیاز و قابل مصرف بکار گرفته می‌شوند.</p> <p>ساختار یک ترانسفورماتور قدرت به طور کلی شامل یک هسته مغناطیسی است که دو یا چند سیم پیچ بر روی آن قرار گرفته اند. مجموعه هسته و سیم پیچ در داخل تانک قرار دارند.</p> <p>در این پروژه، هدف اصلی، تدوین معیارهای طراحی این ترانسفورماتورها می‌باشد.</p> <p>به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ انتخاب نوع ترانسفورماتور</li> <li>↪ انتخاب ظرفیت</li> <li>↪ امپدانس اتصال کوتاه</li> <li>↪ سطوح عایقی</li> <li>↪ میزان مجاز افزایش درجه حرارت روغن و سیم‌پیچ</li> </ul>

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی ترانسفورماتورهای قدرت	
<ul style="list-style-type: none"> <li>↪ نحوه اتصال و گروه برداری</li> <li>↪ تپ چنجر</li> <li>↪ بوشینگ‌ها</li> <li>↪ تلفات</li> <li>↪ بارگیری</li> </ul>	

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی ترانسفورماتورهای جریان، ولتاژ خازنی و زمین-کمکی	
۱۲ ماه	مدت زمان اجرای پروژه
---	بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه
<p>ترانسفورماتور جریان (CT) به خوبی در تجهیزات سیستم قدرت جا افتاده است. اما بطور کلی صرفاً به عنوان وسیله‌ای که جریان اولیه را در یک سطح کاهش یافته بازسازی می‌کند، شناخته می‌شود. یک ترانسفورماتور جریان طراحی شده برای مقاصد اندازه‌گیری در یک محدوده جریان تا مقدار نامی مشخصی که معمولاً مطابق با جریان نامی مدار است، کار می‌کند و مقدار مشخصی خطای اندازه‌گیری دارد.</p> <p>هدف در این تعیین اصول و معیارهای طراحی این ترانسفورماتورها با توجه به نیازهای متفاوت در پروژه‌های مختلف می‌باشد که به تعدادی از این معیارها اشاره می‌شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ جریان اسمی</li> </ul>	تشریح فعالیت

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی ترانسفورماتورهای جریان، ولتاژ خازنی و زمین-کمکی	
↩ نسبت تبدیل اسمی	
↩ جریان حرارتی اسمی دائمی	
↩ جریان حرارتی اسمی موقتی	
↩ مقدار بار	
↩ قدرت خروجی اسمی	
↩ خطای جریان (خطای تبدیل)	
↩ جابجایی فاز	

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی راکتور سری و موازی	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	راکتورهای موازی در سیستم‌های فوق ولتاژ بالا به منظور کاهش خاصیت خازنی به وجود آمده توسط خطوط و یا کابل‌ها بکار می‌روند. کاربرد راکتورهای موازی به دو دلیل زیر صورت می‌گیرد:



نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی راکتور سری و موازی

↩ پایداری سیستم از نظر خاصیت خازنی خط

↩ کنترل ولتاژ و نهایتاً گرفتن توان راکتور در شرایط بار کم

اما راکتورهای سری، راکتانس‌هایی هستند که جهت محدود نمودن جریان در شرایط اتصال کوتاه، کنترل جریان‌های خازنی، تنظیم و تعدیل جریان راه‌اندازی موتورها، تهیه فیلترهای فرکانس بالا کاهش توان اتصال کوتاه شبکه. غیره به کار می‌روند.

راکتورهای محدود کننده جریان اتصال کوتاه با توجه به مشخصه خاص و قیمت آن‌ها باید بدون هسته باشند.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کلید قدرت، سکسیونر و تیغه زمین	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>عمل اصلی حفاظت شبکه در هنگام بروز اتصالی‌ها و برقراری جریان عیب توسط کلیدهای قدرت صورت می‌پذیرد. با قطع کلید قدرت، قسمت معیوب شبکه از قسمت‌های بدون عیب و در حال کار شبکه جدا شده و ادامه کار و ثبات شبکه تامین می‌شود.</p> <p>دستیابی به حداکثر اطمینان در عملکرد کلیدهای قدرت در شبکه و توانایی کامل آن‌ها در قطع جریان عیب، موجب می‌گردد تا بررسی‌های لازم به منظور تعیین توانایی آن‌ها در قطع جریان عیب و تعیین نوع مناسب آن‌ها با دقت زیاد و با توجه به کلیه پارامترهای شبکه صورت پذیرد.</p> <p>سکسیونرها یا جداکننده‌ها نیز برای جدا کردن تجهیزات فشار قوی تحت ولتاژ از شبکه و امکان انجام تعمیرات بر آن‌ها نصب می‌شوند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تعیین معیارهای و اصول مناسب جهت طراحی مناسب این کلیدها در شبکه می‌باشد.</p> <p>در زیر، دو اطلاعات مهم که در طراحی کلیدها نقش دارند و پارامترهای هرکدام اشاره شده است:</p> <p>الف) مشخصات و ویژگی‌های شبکه و سیستمی که کلید در آن نصب و بهره‌برداری می‌شود.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ ولتاژ نامی</li> <li>↪ فرکانس نامی</li> <li>↪ حداکثر ولتاژ سیستم</li> <li>↪ تعداد فاز</li> <li>↪ نحوه زمین کردن سیستم</li> </ul> <p>ب) مشخصات محیطی و شرایط اقلیمی منطقه و محلی که کلید در آن شرایط مورد استفاده قرار خواهد گرفت.</p>

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کلید قدرت، سکسیونر و تیغه زمین	
ارتفاع محل نصب از سطح دریا	
↩ حداکثر درجه حرارت محیط	
↩ حداقل درجه حرارت محیط	
↩ سرعت باد	
↩ میزان رطوبت نسبی	
↩ ضخامت یخ	
↩ شتاب زلزله	

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کلید قدرت، سکسیونر و تیغه زمین	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	از جمله معیارهای طراحی کلید: <ul style="list-style-type: none"> <li>↩ نوع کلید</li> <li>↩ نوع مکانیزم قطع</li> <li>↩ تعداد پل‌ها</li> <li>↩ کلاس کلید</li> <li>↩ ولتاژ و جریان نامی</li> <li>↩ جریان نامی قطع</li> </ul>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی مبدل‌های AC/DC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>می‌توان گفت که یکی از مهمترین بخش‌های یک پست HVDC که به عنوان قلب سیستم عمل می‌کند، مبدل آن است. حال به معرفی اجزاء این بخش می‌پردازیم.</p> <p><u>ولوهای تریستوری</u>: و لوهای تریستوری عمل تبدیل AC به DC و برعکس را انجام می‌دهند و بنابراین عنصر کلیدی هر پست مبدل HVDC هستند. معمول ترین ساختار در مبدل‌های HVDC ساختار گروه ۱۲ پالسسه شامل ۳ ولو چهارگانه است. هر ولو تریستوری شامل تعداد مشخصی تریستورهای سری شده به همراه مدارات جانبی آن می‌باشد.</p> <p><u>سیستم خنک کننده ماژول تریستوری</u>: شرکت زیمنس به عنوان یکی از بزرگترین سازندگان این سیستم، بیش از ۲۵ سال است که از روش خنک کاری موازی با آب در و لوهای خود استفاده می‌کند و تا بحال دچار مشکل خوردگی نشده است. تریستورها در ماژولی تجمع شده‌اند که هر سمت آن یک هییت سینک قرار گرفته است.</p> <p><u>سیستم کنترل مبدل</u>: کنترل مبدل تریستوری به عنوان یکی از مهمترین بخش‌های پست HVDC، از اهمیت و حساسیت ویژه‌ای برخوردار است. انتخاب استراتژی مناسب کنترلی و پیاده‌سازی صحیح آن به منظور عملکرد مطمئن و بهینه سیستم، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. علاوه بر استراتژی و الگوریتم کنترل مبدل، سیستم کنترل آتش مبدل جهت تعیین لحظه آتش و لوها نیز اهمیت ویژه‌ای دارد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تهیه و تدوین معیارهای طراحی و مهندسی مبدل‌های AC/DC سیستم‌های انتقال با تکنولوژی HVDC است.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه  
 "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی فیلترهای هارمونیک AC/DC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>در شبکه‌های HVDC مهمترین و اصلترین بخش را مبدل‌های یکسوکنندگی و اینورتری تشکیل می‌دهند و عملکرد این مبدل‌ها موجب تولید هارمونیک در طرف AC می‌شود که این هارمونیک‌ها بدون نوع مشخص و غیر مشخص تقسیم می‌گردند. هارمونیک‌های مشخص بدلیل کارکرد ایده‌آل مبدل‌ها بوجود می‌آیند و همواره فرد می‌باشند. ولی هارمونیک‌های غیرمشخص بدلیل عملکرد واقعی مبدل‌ها (کموتاسیون ناموفق، نامتعادلی و نامتقارنی ولتاژ AC و نامتقارن بودن پالس‌های آتش) ممکن است تمامی مؤلفه‌های فرد و زوج را شامل گردند. بنابراین همیشه در طرف AC هارمونیک‌های گوناگون با دامنه‌های مختلف ایجاد می‌شوند.</p> <p>هارمونیک‌های تولیدی مبدل‌های HVDC از کلیه مؤلفه‌های زوج و فرد تشکیل می‌گردند و موجب بروز نوسانات دینامیکی محور روتور ژنراتورها شده که دامنه این نوسانات وابسته به دامنه هارمونیک‌های جریان AC بوده و بهمین دلیل با زاویه آتش تریستورها راکتانس و مقاومت خط DC توان انتقالی DC، کموتاسیون ناموفق و نامتعادل و نامتقارن بودن ولتاژ AC بستگی دارد. بروز مداوم گشتاورهای نوسانی ایجاد شده بر روی محور روتور موجب خستگی شدید محور شده و طول عمر آن را کاهش می‌دهد و از طرفی اگر فرکانس این گشتاور نوسانی با یکی از فرکانس‌های طبیعی محور برابر شود ممکن است باعث ایجاد پدیده نوسانات زیر سنکرون گردد.</p> <p>جهت جلوگیری از نوسانات دینامیکی می‌توان از فیلترهای باطیف فرکانسی گسترده استفاده کرد. که در این می‌توان تا حد زیادی اثرات هارمونیک در نوسانات دینامیکی و دیگر محدودیتهای اعمالی ناشی از آن را کاهش داد.</p> <p>در این پروژه باید مطالعات بر روی فیلترها و تهیه و تنظیم مشخصات فیلترها در سطوح مختلف ولتاژ و جهت انتقال ظرفیت‌های مختلف انجام شود و نتایج بصورت استاندارد در اختیار طراحان قرار گیرد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب برق‌گیر، سیستم حفاظت در برابر صاعقه، زمین و سیستم‌های حفاظتی	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۸ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>منظور از سیستم حفاظت از صاعقه، حفاظت پست‌های برق در برابر ضربات مستقیم صاعقه بر تجهیزات و شینه‌ها با استفاده از هادی‌های حفاظتی موازی است.</p> <p>این مشخصات نیازمندی‌های لازم برای مقادیر نامی، جنس مواد تشکیل دهنده، طراحی، ساخت و آزمون تجهیزات سیستم حفاظت از صاعقه را ارائه می‌نماید.</p> <p>هدف از این پروژه تهیه استاندارد برای طراحی عناصر سیستم حفاظت در برابر صاعقه و تعیین مشخصات آن‌هاست. به تعدادی از عناصر و تجهیزات این سیستم اشاره می‌شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ هادی‌های حفاظتی</li> <li>↳ هادی‌های پایین آینده</li> <li>↳ اتصالات</li> </ul>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب تجهیزات کوپلینگ و موج گیر	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>با توسعه شبکه‌های انتقال انرژی الکتریکی بخصوص شبکه‌های بهم پیوسته، نیاز به ایجاد ارتباط، ارسال و دریافت اطلاعات بین مراکز تولید، پست‌های انتقال، مراکز مصرف و مراکز کنترل غیر قابل اجتناب می‌گردد. جهت ارسال و دریافت سیگنال‌های مختلف نظیر مکالمات تلفنی، کنترل، اندازه‌گیری و حفاظت از راه دور و پیام‌های تلکس در شبکه‌های انتقال انرژی از سیستم PLC استفاده می‌شود. در این سیستم هر خط انتقال نیرو (plc) باید یک کانال مخابراتی دو طرفه بین دو انتهای فشار قوی را تامین کند. روی سیستم‌های PLC می‌توان ترکیبی از مکالمه و علائم کنترل از راه دور را بر پهنای باند مناسب سوار نمود. عمده مزایای سیستم PLC نسبت به سایر روش‌های مخابراتی را می‌توان به شرح زیر برشمرد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ کیفیت مناسب در ارسال و دریافت اطلاعات</li> <li>↪ استفاده از امکانات شبکه برق جهت ارتباطات</li> <li>↪ برد عملیاتی نسبتاً وسیع</li> <li>↪ قابلیت دسترسی زیاد</li> <li>↪ استفاده اختصاصی توسط شرکت‌های برق</li> </ul> <p>سیستم PLC در انتهای خطوط انتقال انرژی و نقطه ورود فیدرها به پست قرار می‌گیرد و شامل تجهیزات زیر است:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ موج گیر</li> <li>↪ خازن کوپلاژ</li> <li>↪ وسیله کوپلاژ یا واحد تطبیق امپدانس</li> <li>↪ کابل ارتباطی کواکسیال</li> </ul>

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب تجهیزات کوپلینگ و موج گیر

↩ فرستنده / گیرنده PLC

در این پروژه باید با توجه به سطح ولتاژ، پهنای باند قابل دستیابی، محدوده کار فرکانسی و توان پوش پیک، اجزای برشمرده برای یک سیستم PLC را طراحی نمود.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب مقره‌ها، هماهنگی عایقی و عایق‌بندی در پست‌ها

۹ ماه

مدت زمان اجرای پروژه

---

بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه

تشریح فعالیت

مجموعه زنجیره مقره و براق‌آلات متعلقه آن به لحاظ نگهداری هادی‌های پستها و حفظ فاصله‌ی عایقی لازم بین هادی و بدنه برج در شرایط مختلف بارگذاری، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. از سوی دیگر با انتخاب ترکیب و شکل مناسبی برای زنجیره مقره‌های پست‌ها می‌توان ضمن تامین مقاومت الکتریکی و مکانیکی مورد نیاز، از هزینه‌های طراحی و اجرای پست‌ها به میزان قابل توجهی کاست. هدف از تهیه این دستورالعمل، بایستی شناخت ویژگی‌های انواع زنجیره مقره متداول و نهایتاً انتخاب مناسب‌ترین گزینه در طراحی پست‌های با ظرفیت بالا باشد. هماهنگی عایقی شامل استقامت الکتریکی تجهیزات و کاربرد آن‌ها در رابطه با اضافه ولتاژهایی است که در روی سیستم ظاهر می‌شوند. بطور کلی چهار معیار مهم باید به عنوان پایه مبحث هماهنگی عایقی در نظر گرفته شود. که این معیارها عبارتند از:

↩ تنش‌های ناشی از اضافه ولتاژها



نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب مقره‌ها، هماهنگی عایقی و عایق‌بندی در پست‌ها	
<ul style="list-style-type: none"> <li>↪ استقامت الکتریکی تجهیزات</li> <li>↪ حفاظت در برابر اضافه ولتاژها</li> <li>↪ درجه مطلوب ایمنی برای وسایل و تجهیزات موجود</li> </ul>	

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب شینه و یراق‌آلات	
مدت زمان اجرای پروژه	۳ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
ریح فعالیت	<p>در پست‌های فوق فشار قوی، اتصال الکتریکی خطوط ورودی و خروجی به یکدیگر توسط شینه‌های فشارقوی امکان‌پذیر می‌گردد و کلیه فیدرها از طریق شینه سراسری به یکدیگر متصل می‌شوند. به همین دلیل در حالت کلی لازم است شینه‌ها از ظرفیت کافی جهت دریافت تمامی انرژی و توزیع آن برخوردار باشند.</p> <p>هدف این پروژه تهیه استاندارد به منظور تایین شینه‌هایی با مشخصات و کارایی مطلوب است. به طور کلی انتخاب شینه شامل سه مرحله انتخاب جنس هادی، نوع هادی و سطح مقطع آن می‌باشد.</p> <p>سطح مقطع شینه مهمترین پارامتر در انتخاب این تجهیز است که با توجه به معیارهایی مانند جریان مجاز دائمی، تحمل جریان اتصال کوتاه از نظر حرارتی، استقامت مکانیکی در رابطه با نیروهای اتصال کوتاه، کرونا و تعدادی از عوامل دیگر است.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی سیستم LVAC، سیستم LVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>سیستم فشار ضعیف AC باید شامل تابلوهای اصلی و توزیع داخلی، تابلوهای توزیع محوطه، تابلوهای روشنایی، تابلوهای ترانسفورماتورهای کمکی و تابلوی دیزل ژنراتور باشد. بارهای ضروری تابلو اصلی باید به یک شینه و بارهای غیر ضروری به شینه دیگر متصل گردند.</p> <p>به منظور تغذیه بارهای ضروری در صورت قطع کامل منبع تغذیه، بخش ضروری باید بطور خودکار از طریق یک دیزل ژنراتور رزرو متصل به خارج از پست تغذیه گردد.</p> <p>در عمل باید بارهای ضروری و غیر ضروری توسط یک ترانسفورماتور زمین-کمکی تامین گردد و ترانسفورماتور دیگر بعنوان رزرو باشد.</p> <p>تابلوی توزیع داخلی و بیرونی و روشنایی باید از طریق بخش‌های ضروری و غیر ضروری تابلوی LVAC توان را دریافت نموده و بین بارهای مرتبط، توزیع نماید.</p> <p>در بخش طراحی و تهیه استاندارد، باید به موارد زیر توجه نمود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↩ مشخصات و مقادیر نامی</li> <li>↩ نیازمندی‌های ساخت</li> <li>↩ نوع کنترل فیدرها</li> </ul>

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی سیستم LVAC، سیستم LVDC	
<ul style="list-style-type: none"> <li>↩ نوع و اندازه شینه‌ها</li> <li>↩ نوع و مشخصات کلیدهای هوایی کلیدهای MCCB</li> <li>↩ فیدرهای روشنایی</li> <li>↩ ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان</li> <li>↩ انواع رله‌های حفاظتی</li> <li>↩ تجهیزات اندازه‌گیری و نشان‌دهنده‌ها</li> </ul> <p>سیستم تغذیه DC برای پست‌های فوق فشار قوی باید شامل تعداد کافی باتری شارژر، شین توزیع DC اصلی، تابلوی توزیع DC، تابلوی روشنایی اضطراری، باتری و همچنین مجموعه کاملی از متعلقات و کلیدهای کنترل باشد.</p> <p>تعداد و نوع و ویژگی‌های هر کدام از موارد ذکر شده، باید در این پروژه تعیین گردد.</p>	

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کابل و متعلقات مربوط به پست‌های برق با ظرفیت بالا	
۱۸ ماه	مدت زمان اجرای پروژه
---	بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه
<p>تشریح فعالیت</p> <p>جهت‌گیری صنعت برق بسوی استاندارد کردن موضوعات و موارد مرتبط با این صنعت، پیشرفت تکنولوژی در زمینه‌ی برق و دستیابی به یکنواختی در طراحی ضمن حفظ کیفیت‌های قابل قبول و مورد لزوم در طراحی، ایجاب می‌نماید که لیست و مشخصات فنی هادی‌های مورد استفاده در پست‌های برق با ظرفیت بالا، که در</p>	

### نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کابل و متعلقات مربوط به پست‌های برق با ظرفیت بالا

آینده در شبکه سراسری مورد استفاده قرار می‌گیرد، بصورت استاندارد تهیه گردد.

اهم موضوعاتی که در این زمینه باید انجام گیرد عبارتند از:

#### • محاسبات

در این بخش پارامترهایی که محاسبات آن‌ها در انتخاب هادی‌های استاندارد موثر می‌باشند و باید مورد بررسی

قرار گیرند بشرح زیر ارائه شده است:

↩ جریان اتصال کوتاه

↩ جریان مجاز هادی‌ها

↩ حد مجاز جریان

↩ اختلالات رادیویی و تلویزیونی

↩ گرادیان ولتاژ

↩ تلفات

↩ افت ولتاژ

↩ حد پایداری

↩ محاسبات مکانیکی

↩ اثر پوستی و هادی باندل

↩ آلودگی و خوردگی

#### • مشخصات فنی

در این بخش باید مشخصات فنی و دستورالعمل‌های نصب، راه‌اندازی و بهره‌برداری هادی‌های خطوط ارائه

گردد. هدف از این بخش ارائه لیست مشخصاتی است که در زمان خرید هادی‌های خطوط انتقال هوایی باید

در نظر گرفته شوند و سازندگان باید این مشخصات را به عنوان حداقل شرایط فنی برآورده نمایند.

#### • انتشارات

در این بخش باید عناوین، موضوعات، منابع و مراجع بین‌المللی خطوط انتقال نیرو با ظرفیت بالا و اطلاعات

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب کابل و متعلقات مربوط به پست‌های برق با ظرفیت بالا

مربوط به هادی‌های سایر کشورها ارائه گردد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب سیستم اعلام و اطفای حریق

۶ ماه

مدت زمان اجرای پروژه

---

بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه

تشریح فعالیت

امروزه از سیستم‌های اعلام حریق به طور گسترده در ساختمان‌ها و اماکن مسکونی و صنعتی استفاده می‌شود تا خسارتهای ناشی از حریق را به حداقل برسانند و همچنین برای اطلاع دادن به ساکنین ساختمان در مواقع بروز حریق از این سیستم‌ها استفاده می‌شود تا حداقل امکان از تلفات جانی جلوگیری شود. برای تشخیص حریق از اثرات سه گانه آن یعنی دود و حرارت و شعله استفاده می‌شود. به طور کلی سیستم‌های اعلام حریق در دو نوع عادی و هوشمند ساخته شده‌اند. در سیستم‌های عادی مکانی را که از نظر حریق می‌خواهیم حفاظت کنیم به مناطق مشخص تقسیم می‌کنیم تا در صورت بروز حریق بتوان محل حریق را سریع‌تر و راحت‌تر تشخیص داد. به هر کدام از این مناطق یک زون (Zone) گفته می‌شود. این عمل در سیستم‌های هوشمند نیز انجام می‌پذیرد ولی مزیتی که این سیستم‌ها نسبت به سیستم‌های عادی دارند این است که این سیستم‌ها دارای اجزای قابل آدرس‌دهی هستند و علاوه بر اینکه می‌توان زونی را که در آن حریق اتفاق افتاده است تشخیص داد بلکه می‌توان دقیقاً عنصری را که حریق را تشخیص داده معین کرد و محل دقیق حریق را مشخص نمود و خبردهنده‌ها بی‌را که مربوط به آن محل می‌باشد فعال نمود. اجزای سیستم اعلام حریق به سه قسمت اصلی تقسیم می‌شوند:

↪ تجهیزات تشخیص حریق (دیتکتورها)

نام پروژه: تدوین معیارهای طراحی و مهندسی انتخاب سیستم اعلام و اطفای حریق	
<p>↪ تجهیزات اعلام حریق ( فلاشرها، آژیرها و .. )</p> <p>↪ مرکز کنترل یا پانل مرکزی که وظیفه ارتباط بین دتکتورها و وسایل اعلام حریق را به عهده دارد.</p> <p>تجهیزات جانبی دیگری نیز برای تکمیل و قدرتمند نمودن سیستم اعلام حریق به کار می‌روند.</p>	

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل طراحی و مهندسی ساخت انواع سازه‌ها و ترکیب بارگذاری، فونداسیون‌های سازه‌های فلزی و بتنی	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>بطور کلی هدف از ساختن پی (فونداسیون)، انتقال بارهای بهینه سازگار با سیستم ناشی از تحلیل بارگذاری سازه، به خاک است به گونه‌ای که میران نشست آن به مقداری کم و قابل قبول محدود گردیده و از نشست‌های نامساوی قسمت‌های مختلف سازه تا حد امکان جلوگیری شود. از اینرو برای تامین دو نیاز فوق باید اولاً بار سازه لایه ای از خاک با مقاومت کافی منتقل گردد و ثانياً فشار ناشی از این بارها در خاک به حد قابل قبولی تقلیل یابد.</p> <p>در راستای دستیابی به اهداف فوق باید ابعاد پی‌ها را به گونه‌ای انتخاب کرد که تنش خاک از حد مجاز بیشتر نشود و سازه پی در برابر نیروهای وارده دچار شکست نشود و از طرفی کمترین هزینه را از نظر اقتصادی دربرداشته باشد.</p> <p>در استاندارد باید شرایط طراحی بگونه ای تهیه گردد، تا هم بهترین نوع و سیستم‌های قابل استفاده جهت طراحی فونداسیون‌ها تعریف گردد و تلوچا جنبه اقتصادی آن نیز با انتخاب یک روش استاندارد بهینه مدنظر قرار گیرد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه دستورالعمل انتخاب سیستم کنترل، سیستم ثبت و نشان دهنده وقایع و اتفاقات، سیستم اینترلاک، اینترترب و فصل مشترک با PLC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>اینترتربها در حفاظت سیستم‌های قدرت نقش بسزایی داشته و ارسال و دریافت فرمان قطع مناسب و در نهایت پایداری شبکه را بهبود می‌بخشند. در حفاظت دیستانس، حفاظت اتصال زمین جهتدار خطوط انتقال انرژی و حفاظت راکتورها و ترانسفورماتورهای بدون کلید متصل به خط انتقال و همچنین در زمان به وقوع پیوستن خرابی کلید در پست فشار قوی، نیاز به ارسال فرمان‌های قطع توسط سیستم اینترترب به پست‌های مجاور وجود دارد تا هم زمانی باز شدن کلیدها و انتخاب صحیح انجام گیرد. بدین ترتیب از بین بردن خطاهای خطوط انتقال، راکتورها و ترانسفورماتورهای متصل به خط و کلیدهای فشار قوی در حداقل زمان و با حداقل خروج تجهیزات از مدار، انجام گرفته و به پایداری شبکه کمک شایانی می‌نماید.</p> <p>سیگنال‌های حامل از طریق PLC فرستاده شده و ارسال کننده‌ی سیگنال به همراه رله‌های دریافت کننده، ارتباط بین حفاظت‌های پست‌ها را برقرار می‌کند.</p> <p>در پست‌های فشار قوی، تعدادی از کلیدزنی‌ها به ترکیب و حالات تجهیزات پست بستگی داشته و نیاز به یکسری کلیدزنی‌های ترتیبی دارند. برای ورود یا خروج صحیح تجهیزات در مدار و دسترسی پرسنل تعمیر و نگهداری تجهیزات، به اینترلاک‌های مناسب نیاز می‌باشد تا بدین ترتیب از کلیدزنی غیرمجاز در پست جلوگیری به عمل آمده و ایمنی پرسنل برای دسترسی به پست تضمین گردد.</p> <p>این پروژه جهت تعیین اینترلاک‌های مناسب برای پست‌های فوق فشار قوی و همچنین تجهیزات و نحوه ارتباط آنهاست.</p>

## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه راهنمای کامل معماری و الکتریکی ساختمان کنترل، معماری و الکتریکی ساختمان دیزل خانه، سیستم سرمایش و گرمایش، سیستم روشنایی داخلی و خارجی، محوطه‌سازی	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>کلیه ساختمان‌هایی که در یک مجموعه صنعتی احداث می‌گردند به غیر از توجه به مشخصات فنی که ابعاد و در بعضی موارد بازشوهای جانبی آن‌ها را تعیین می‌کنند از دیدگاه معماری مد نظر قرار می‌گیرند. این عوامل معماری می‌توانند از پارامترهای شهری و منطقه‌ای مانند اقلیم، همجواری با دیگر ساختمان‌ها، موقعیت شهری، سرکولاسیون شروع شده و تا حد ارزش‌های معمارانه هر بنا ادامه می‌یابد.</p> <p>بطور کلی برای طراحی هر مجموعه معماری دو دسته از عوامل نقش آفرین هستند. بخش اول عواملی است که از طرف کارفرما ارائه می‌گردد و بخش دوم عوامل، عموماً از طرف طراح اعمال می‌شود.</p> <p>در انتخاب ساختمان دیزل، به چند مورد باید توجه کرد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ ساختمان دیزل دارای فاصله مناسبی با ساختمان کنترل و تابلوهای برق داشته باشد.</li> <li>↪ محل قرارگیری ساختمان هماهنگ با دسترسی‌های موجود در محوطه پست باشد.</li> <li>↪ شدت نور روشنایی لازم و نوع چراغ باید تعیین گردد.</li> <li>↪ تهویه مناسب فراهم گردد.</li> </ul> <p>هدف از تهویه ایجاد محیطی مناسب از لحاظ دما، فشار، رطوبت، صدا، آلودگی برای کارکنان و دستگاه‌هاست تا در محیطی با بهترین راندمان کار کنند.</p> <p>ساختمان‌ها، تلفات حرارتی و برودتی، انرژی را از درون ساختمان به بیرون منتقل می‌کنند. این تلفات از درزها، پنجره‌ها، و همچنین انتقال حرارت از جداره‌ای دیوار و سقف، باز و بسته شدن درهای خروجی و یا منابع حرارتی داخلی می‌باشد. پس لازم است سیستمی بکار رود تا این تلفات انرژی را جبران کند.</p> <p>دما هم اثرات نامطلوبی بر سیستم دارد. گرم بودن هوا به همراه خاصیت ذاتی سیم‌های حامل جریان و دستگاه‌های برقی در تولید حرارت، نه تنها شرایط کاری سیستم‌ها را نامناسب می‌سازد بلکه در مواقعی</p>



<p>نام پروژه: تهیه راهنمای کامل معماری و الکتریکی ساختمان کنترل، معماری و الکتریکی ساختمان دیزل خانه، سیستم سرمایش و گرمایش، سیستم روشنایی داخلی و خارجی، محوطه‌سازی</p>	
<p>می‌تواند موجب سوختگی دستگاه‌ها و قطع برق و احیانا آتش‌سوزی شود که به هر حال ضررهای هنگفت ایجاد می‌کند.</p>	

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بررسی و ارائه راهنمای جامع برای حفاظت سیستم‌ها و تجهیزات در مقابل خوردگی	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>مقاوم بودن و دوام آوردن در برابر خوردگی یک ویژگی بسیار مهم محسوب می‌گردد. هادی‌ها و تجهیزاتی که در پست‌های انتقال و توزیع بکار می‌روند بسته به شرایط جوی و جغرافیایی محل پست، در معرض عوامل گوناگون قرار گرفته و از آن‌ها تأثیر می‌پذیرند یکی از عوامل بسیار مؤثر بر طول عمر مفید هادی‌ها و تجهیزات، پدیده خوردگی است.</p> <p>به عنوان مثال هنگامی که این هادی‌ها در خطوطی نصب می‌شوند که از مناطق فرساینده و خورنده مانند سواحل دریا، مناطق صنعتی، مولد دودهای اسیدی، کویرهای نمکی، نزدیکی آتشفشان‌ها و نظایر آن عبور می‌کنند، لازم است که کلیه عوامل موجب خوردگی در این گونه مناطق را به دقت مورد توجه قرار داد. با توجه به بررسی‌های انجام شده در شرایطی که امکان خوردگی بالا است، استفاده از هادی‌های مخصوصی و همچنین لوازم و تجهیزات جانبی لازم جهت سایر تجهیزات پست لازم است.</p> <p>در این پروژه، ابتدا به عوامل خوردگی پرداخته می‌شود و در ادامه راه‌های مقابله با آن و همچنین معیار خطرناک بودن این خوردگی تعیین می‌شود. و سپس معیار انتخاب هادی‌های و تجهیزات مختلف برای</p>

محیط‌های مختلف تعیین می‌شود.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل معرفی و انتخاب بهینه‌ی محل پست، آرایش تک‌خطی و فواصل الکتریکی	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>تعیین آرایش تک‌خطی قدم اولیه و بسیار مهمی برای طراحی یک پست می‌باشد. نیازهایی از جمله پیوستگی و تداوم سرویس، قابلیت اطمینان، قابلیت انعطاف در بهره‌برداری و تعمیرات، ایمنی سیستم، قابلیت توسعه، قابلیت حفاظت و کنترل سیستم، تحمل جریان‌های اولیه و آنی و اتصال کوتاه‌ها و همچنین پارامترهایی از قبیل هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های دوره عمر پست، محدودیت ابعاد زمین، تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها، و محل ورود آن‌ها به پست، موقعیت پست در شبکه از عوامل مهم در تعیین شینه بندی و آرایش تک‌خطی یک پست می‌باشد.</p> <p>اصولا آرایش تک‌خطی پست، طرز اتصال فیدرهای ورودی و خروجی به یکدیگر از طریق تجهیزات مختلف پست را بصورت یک‌فاز نشان می‌دهد.</p> <p>در طراحی پست‌ها علاوه بر تهیه نقشه تک‌خطی پست که نشان‌دهنده طرز اتصال تجهیزات فشار قوی به یکدیگر می‌باشد، نقشه‌های تک‌خطی حفاظت و اندازه‌گیری، سیستم تغریه فشار ضعیف، متناوب و مستقیم نیز باید تهیه گردد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جهت رسیدن به دانش فنی طراحی و مهندسی انتخاب تجهیزات مانیتورینگ و کنترل و حفاظت در سطح ولتاژهای مورد استفاده در سیستم‌های HVAC, HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>با توجه به رشد سالانه بسیار بالای احداث خطوط انتقال نیرو، صنعت برق برای توسعه ظرفیت خود به منابع ریالی و ارزی هنگفتی جهت سرمایه‌گذاری در این بخش نیازمند است. احداث خطوط جدید علاوه بر تحمیل هزینه‌های سنگین، همواره با مسائل و مشکلات فراوانی روبرو بوده است که زمان‌بر بودن مراحل طراحی، اجرا و نیز معضلات در اختیار گرفتن زمین و حریم مناسب خطوط از جمله آن‌ها می‌باشند.</p> <p>در سال‌های اخیر فعالیت‌های گسترده‌ای در خصوص افزایش ظرفیت خطوط موجود در بسیاری از شرکت‌های برق و مراکز تحقیقاتی کشورهای توسعه یافته صورت پذیرفته است. در این بین سیستم‌های مانیتورینگ خط به عنوان ابزاری که می‌تواند با حداقل تغییرات و در یک زمان بسیار کوتاه طراحی و نصب شده و در بهره‌برداری بهینه از شبکه متمر ثمر باشد مطرح می‌باشد.</p> <p>هدف از مانیتورینگ آنلاین خطوط انتقال این است که ظرفیت بارگیری از خطوط انتقال به ماکزیمم مقدار ممکن برسد، تا جریان بتواند بدون تجاوز از محدودیت‌هایی که وجود دارد از خط عبور کند و در صورتی که شرایط خنک‌کن‌ندگی هادی مناسب باشد برای مثال سرعت باد زیاد و دمای محیط کم باشد، هادی بتواند جریان بیشتری را از خود عبور دهد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جهت رسیدن به دانش فنی طراحی و مهندسی انتخاب تجهیزات مانیتورینگ و کنترل و حفاظت در سطح ولتاژهای مورد استفاده در سیستم‌های HVDC و AC EHV است.</p>

**اقدام ۳: مطالعه فنی-اقتصادی برای طراحی و ساخت پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)**

**و (HVDC)**

این اقدام، خود شامل سه پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: بررسی عناوین، موضوعات، منابع و مراجع بین‌المللی پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>هدف از این پروژه، ارائه منابع و مراجع بین‌المللی مربوط به طراحی و انتخاب تجهیزات پست‌های فوق فشار قوی می‌باشد.</p> <p>در واقع استفاده از استانداردهای بین‌المللی می‌تواند مفید واقع گردد که باید در این پروژه از میان استانداردهای مطرح آن‌هایی را که دارای اعتبار هستند مشخص و معرفی گردند.</p> <p>در این راه، استانداردهای لازم برای انتخاب تجهیزات و لوازم و همچنین استانداردهای لازم جهت تست و راه‌اندازی و آزمون‌های لازم بر روی تجهیزات از میان کتب و مجلات و ژورنال‌ها و کنفرانس‌ها و استانداردها انتخاب می‌گردند.</p> <p>به برخی از استانداردهای معتبر در این راستا اشاره شده است:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>IEC ←</li> <li>BS ←</li> <li>DIN VDE ←</li> <li>IEEE ←</li> <li>CIGRE ←</li> </ul>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تجزیه و تحلیل آمار، اطلاعات، نظریات فنی و تجارب بهره‌برداران سراسر دنیا از پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>از آنجا که تصمیم‌گیری در مورد پست‌های بهینه آینده بدون شناخت ویژگی‌ها، و نقاط ضعف و قوت پست‌های موجود در سراسر دنیا و اطلاع از تجربیات، و پیشنهادات استفاده‌کنندگان و کاربران آن‌ها به نحو مطلوب میسر نخواهد گردید، لذا به منظور آگاهی از وضعیت گذشته و حال پست‌های موجود و جلب نظر شرکت‌های ذیربط و به منظور مشارکت و دخالت دادن دیدگاه‌های آن‌ها در طرح پست‌های آینده در جهت رفع کاستی‌ها و نواقص، باید تحت عنوان پرسش‌نامه‌ها و یا با مراجعه به آن‌ها نسبت به تهیه آماری و اطلاعات فنی در رابطه با موضوع‌های مورد نظر اقدام گردد.</p> <p>به عنوان نمونه‌ای از بررسی‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده می‌توان نتایج زیر را از این عملیات برداشت نمود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ بررسی تعداد قطعی‌های فیدرهای موجود</li> <li>↪ بررسی تعداد عیوب تجهیزات پست‌ها</li> <li>↪ بررسی کیفی عیوب تجهیزات پست‌ها</li> <li>↪ بررسی کیفی اتفاقات و حوادث در پست‌ها</li> <li>↪ و همچنین اطلاعاتی در مورد:</li> <li>↪ نظریات فنی</li> <li>↪ محل پست از لحاظ فاصله از شهر، مساحت، قیمت زمین و ورود و خروج خطوط</li> <li>↪ آرایش شینه‌بندی</li> <li>↪ جانمایی</li> <li>↪ را می‌توان برشمرد.</li> </ul>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تحقیق و بررسی جامع روش‌های نوین طراحی پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و ارائه نقشه راه بهره‌برداری و استفاده از این تجهیزات در سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از بررسی استانداردها و منابع در رابطه با پست‌های خطوط انتقال برق با ولتاژهای ۷۶۵ کیلوولت AC و ۵۰۰ کیلوولت DC نوبت به طراحی این پست‌ها می‌باشد. در این راستا باید از روش‌های نوین طراحی پست در سراسر دنیا که در پروژه‌های پیشین به آن پرداخته شده بود، استفاده کرد.</p> <p>در حال حاضر در داخل کشور، توانائی ساخت چنین پست‌های با ولتاژ بالا وجود ندارد و برای ساخت آن‌ها باید از تجارب شرکت‌های بزرگ سازنده در این زمینه و همچنین از تجارب شرکت‌ای داخلی استفاده نمود.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تحقیق و بررسی جامع روش‌های نوین طراحی پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و ارائه نقشه راه بهره‌برداری و استفاده از این تجهیزات در سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا می‌باشد.</p>

### اقدام ۴: طراحی و ساخت تجهیزات اصلی پست انتقال برق با ظرفیت بالا

این اقدام، خود شامل بیست و یک پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: ارتقای توانمندی موجود در کشور در زمینه دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای قدرت با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت	
مدت زمان اجرای پروژه	۹۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، ترانسفورماتورهای این خطوط می‌باشد که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، به منظور تحمل سطح ولتاژ ۷۰۰ کیلوولت ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانایی ساخت این نوع ترانسفورماتور وجود ندارد و سازندگان داخلی فقط تا سطح ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت قادر به تولید می‌باشند. با توجه به ماتریس جذابیت و توانمندی که در فصل سوم توضیح داده شده است، با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازندگان داخلی ترانسفورماتور، این تجهیز در گروه توسعه داخلی قرار می‌گیرد. با توجه به ساختار این گروه دانش این فناوری باید در داخل کشور و توسط متخصصان داخلی تولید شود و فقط می‌توان از نمونه‌های خارجی برای الگو گرفتن استفاده نمود. پس در این پروژه ابتدا سازندگان برتر داخلی شناسایی و طرح‌های آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و از میان آن‌ها با توجه به نیاز کشور تصمیمات بعدی گرفته می‌شود.</p> <p>تعدادی از شرکت‌های سازنده ای که به دانش و تولید این فناوری رسیده‌اند عبارتند از:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ALSTOM Grid ↩</li> <li>SIEMENS ↩</li> <li>TOSHIBA ↩</li> <li>VON ROLL ↩</li> </ul>

نام پروژه: ارتقای توانمندی موجود در کشور در زمینه دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای قدرت با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت	
CROMPTON GREAVES ↵	
TBEA HENGYANG TRANSFORMER ↵	

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت انواع ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری، زمین و راکتور	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، تجهیزات ترانس‌های اندازه‌گیری، زمین و راکتور پست‌های این خطوط می‌باشد که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، جهت تحمل سطح ولتاژ و جریان پیش‌بینی شده ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانائی ساخت این نوع تجهیزات وجود ندارد. با توجه به ماتریس جذابیت و توانمندی که در فصل سوم توضیح داده شده است، با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازندگان داخلی این تجهیزات، این تجهیز در گروه توسعه درون‌زا قرار می‌گیرد. با توجه به ساختار این گروه دانش این فناوری باید در داخل کشور و توسط متخصصان داخلی تولید شود و فقط می‌توان از نمونه‌های خارجی برای الگو گرفتن استفاده نمود. پس در این پروژه ابتدا سازندگان برتر داخلی شناسائی و طرح‌های آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و از میان آن‌ها با توجه به نیاز کشور تصمیمات بعدی گرفته می‌شود.</p> <p>از میان شرکت‌های سازنده این تجهیزات در سراسر دنیا به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:</p> <p>Kema ↵</p> <p>BEIER Electric ↵</p>



شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات زمین (AC و DC)	
مدت زمان اجرای پروژه	۴۸ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، تجهیزات سیستم زمین پست‌های این خطوط می‌باشد که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، جهت تحمل سطح ولتاژ و جریان پیش‌بینی شده ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانایی ساخت این نوع تجهیزات وجود ندارد. با توجه به ماتریس جذابیت و توانمندی که در فصل سوم توضیح داده شده است، با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازندگان داخلی این تجهیزات، این تجهیز در گروه توسعه درون‌زا قرار می‌گیرد. با توجه به ساختار این گروه دانش این فناوری باید در داخل کشور و توسط متخصصان داخلی تولید شود و فقط می‌توان از نمونه‌های خارجی برای الگو گرفتن استفاده نمود. پس در این پروژه ابتدا سازندگان برتر داخلی شناسایی و طرح‌های آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و از میان آن‌ها با توجه به نیاز کشور تصمیمات بعدی گرفته می‌شود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی طراحی و ساخت برق گیر (AC , DC)	
مدت زمان اجرای پروژه	۴۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، برقی‌های این خطوط می‌باشد که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، به منظور تحمل سطح ولتاژ ۷۰۰ کیلوولت AC و ۵۰۰ کیلوولت DC ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانایی ساخت این نوع ترانسفورماتور وجود ندارد. با توجه به ماتریس جذابیت و توانمندی که در فصل سوم توضیح داده شده است، با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازندگان داخلی ترانسفورماتور، این تجهیز در گروه توسعه داخلی قرار می‌گیرد. با توجه به ساختار این گروه دانش این فناوری باید در داخل کشور و توسط متخصصان داخلی تولید شود و فقط می‌توان از نمونه‌های خارجی برای الگو گرفتن استفاده نمود. پس در این پروژه ابتدا سازندگان برتر داخلی شناسایی و طرح‌های آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و از میان آن‌ها با توجه به نیاز کشور تصمیمات بعدی گرفته می‌شود.</p> <p>تعدادی از شرکت‌های سازنده ای که به دانش و تولید این فناوری رسیده‌اند عبارتند از:</p> <p style="text-align: center;">LAMCO ←  SIEMENS ←  CROMPTON GREAVES ←  NANYANG JINGUAN Electric ←</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تهیه دستورالعمل طراحی و استفاده از جبران کننده توان راکتیو در پست انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۳۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، جبران‌کننده‌های توان راکتیو این خطوط می‌باشد که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، به منظور تحمل سطح ولتاژ ۷۰۰ کیلوولت ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانایی ساخت این تجهیزات برای سطح ولتاژ مذکور وجود ندارد. با توجه به ماتریس جذابیت و توانمندی که در فصل سوم توضیح داده شده است، با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازندگان داخلی ترانسفورماتور، این تجهیز در گروه انتقال فناوری قرار می‌گیرد. با توجه به ساختار این گروه دانش این فناوری را می‌توان از طریق همکاری با سایر شرکت‌ها و کسب تجربه از آن‌ها بدست آورد. پس در این پروژه ابتدا سازندگان برتر داخلی شناسایی و طرح‌های آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و از میان آن‌ها با توجه به نیاز کشور تصمیمات بعدی گرفته می‌شود. تعدادی از شرکت‌های سازنده‌ای که به دانش و تولید این فناوری رسیده‌اند عبارتند از:</p> <p style="text-align: center;"> ALSTOM Grid ↵  TRENCH ↵  QUALITY POWER ↵  CROMPTON GREAVES ↵  BPEG ↵ </p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تدوین دانش فنی طراحی و ساخت سیستم‌های LV پست انتقال برق با ظرفیت بالا از جمله تابلوی DC، تغذیه داخلی، باتری خانه، شارژر، تابلوی AC	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد.</p> <p>از جمله این تجهیزات، تجهیزات سیستم‌های LV می‌باشد. از جمله این تجهیزات، تابلوهای برق AC و DC و همچنین تغذیه داخلی مانند باتری‌خانه‌ها و شارژرها می‌باشد با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، ساخته شده باشند. در این پروژه، ابتدا هدف تعیین دقیق مشخصات تجهیزات فوق با توجه به نیازهای شبکه‌های با ظرفیت بالا، و سپس بررسی قدرت تولید و ساخت آن‌ها توسط تولیدکنندگان داخلی است.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جهت رسیدن به دانش فنی طراحی و ساخت انواع تجهیزات مانیتورینگ و کنترل و حفاظت در سطح ولتاژهای مورد استفاده در سیستم‌های HVAC, HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. از جمله این تجهیزات، تجهیزات سیستم‌های مانیتورینگ، کنترل و حفاظت می‌باشد. از جمله این تجهیزات، تابلوهای کنترل حفاظت و رله‌آی حفاظتی در پست‌های انتقال برق می‌باشد که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، ساخته شده باشند. در این پروژه، ابتدا هدف تعیین دقیق مشخصات تجهیزات فوق با توجه به نیازهای شبکه‌های با ظرفیت بالا، و سپس بررسی قدرت تولید و ساخت آن‌ها توسط تولیدکنندگان داخلی است. که برای انجام این کار، یک سری عملیات تحقیقاتی نیاز هست.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل ساخت یراق‌آلات مورد استفاده در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، یراق‌آلات مورد استفاده در پست‌های انتقال برق این خطوط می‌باشد. که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، به منظور تحمل سطح ولتاژ ۷۰۰ کیلوولت ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانایی ساخت این تجهیزات برای سطح ولتاژ مذکور وجود ندارد. با توجه به ماتریس جذابیت و توانمندی که در فصل سوم توضیح داده شده است، با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازندگان داخلی این تجهیزات، این تجهیز در گروه توسعه درون‌زا قرار می‌گیرد. با توجه به ساختار این گروه دانش این فناوری را باید در داخل کشور و مطالعات و آزمایش روی نمونه‌های خارجی بدست آید. پس در این پروژه ابتدا سازندگان برتر داخلی شناسایی و طرح‌های آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و از میان آن‌ها با توجه به نیاز کشور تصمیمات بعدی گرفته می‌شود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: امکان‌سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت تجهیزات سوئیچگیر شامل مقره اتکائی، تله موج، واحد تطبیق، سکسیونر، باسبار، وال بوشینگ	
مدت زمان اجرای پروژه	۳۰ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، تجهیزات مورد استفاده در سوئیچگیرها در پست‌های انتقال برق این خطوط می‌باشد، که از آن جمله می‌توان به مقره اتکائی، تله موج، واحد تطبیق، سکسیونر، باسبار و وال بوشینگ اشاره کرد. که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، به منظور تحمل سطح ولتاژ ۷۰۰ کیلوولت ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانائی ساخت این تجهیزات برای سطح ولتاژ مذکور وجود ندارد. با توجه به ماتریس جذابیت و توانمندی که در فصل سوم توضیح داده شده است، با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازندگان داخلی این تجهیزات، این تجهیز در گروه توسعه درون‌زا قرار می‌گیرد. با توجه به ساختار این گروه دانش این فناوری را باید در داخل کشور و مطالعات و آزمایش روی نمونه‌های خارجی بدست آید. پس در این پروژه ابتدا سازندگان برتر داخلی شناسائی و طرح‌های آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد و از میان آنها با توجه به نیاز کشور تصمیمات بعدی گرفته می‌شود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: ارتقای توانمندی موجود در کشور در زمینه دستیابی به دانش فنی طراحی و ساخت کلیدهای قدرت با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت	
مدت زمان اجرای پروژه	۸۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، کلیدهای قدرت با ولتاژ بالاتر از ۴۰۰ کیلوولت، به منظور استفاده در پست‌های خطوط با ظرفیت بالا می‌باشند. که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، به منظور تحمل سطح ولتاژ ۷۰۰ کیلوولت AC و ۵۰۰ کیلوولت DC ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانایی ساخت این تجهیزات برای سطح ولتاژ مذکور وجود ندارد. با توجه به ماتریس جذابیت و توانمندی که در فصل سوم توضیح داده شده است، با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازندگان داخلی این تجهیزات، این تجهیز در گروه انتقال فناوری قرار می‌گیرد. با توجه به ساختار این گروه دانش این فناوری را می‌توان از طریق همکاری با سایر شرکت‌ها و کسب تجربه از آن‌ها بدست آورد. پس در این پروژه ابتدا سازندگان برتر داخلی شناسایی و طرح‌های آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و از میان آن‌ها با توجه به نیاز کشور تصمیمات بعدی گرفته می‌شود. تعدادی از شرکت‌های سازنده ای که به دانش و تولید این فناوری رسیده‌اند عبارتند از:</p> <p style="text-align: center;">ABB ↩ SIEMENS ↩ SCHNEIDER ELECTRIC ↩</p>



شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: طراحی و ساخت مبدل‌های تریستوری HVDC و توسعه تکنولوژی آن‌ها	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، مبدل‌های تریستوری جهت استفاده در پست‌های HVDC در خطوط ظرفیت بالا می‌باشد، که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، جهت تحمل سطح ولتاژ و جریان پیش‌بینی شده ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانائی ساخت این نوع تجهیزات وجود ندارد. برای شروع فرآیند ساخت این تجهیزات، ابتدا باید نیازهای خطوط به این مبدل‌ها و نوع و مشخصات آن‌ها تعیین گردند. سپس تعدادی از تولید کننده‌های فعال در کشور در زمینه ساخت قطعات الکترونیک قدرت شناسائی شده، و با نظر سنجی از آن‌ها، میزان قابلیت‌ها و توانائی‌های آن‌ها در این زمینه مورد بررسی قرار گیرد و بهترین‌های آن‌ها انتخاب شود. در این راه و با توجه به جدید بودن نسبی این تکنولوژی، و به منظور سرعت بخشیدن به فرایند، باید از تجربیات سازندگان خارجی و برتر دنیا و نمونه‌های خارجی استفاده شود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: توسعه و به‌کارگیری Direct-Light-Triggered Thyristors در مبدل‌های HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، تجهیزات مبدل‌های تریستوری جهت استفاده در پست‌های HVDC در خطوط ظرفیت بالا می‌باشد، که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، جهت تحمل سطح ولتاژ و جریان پیش‌بینی شده ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانایی ساخت این نوع تجهیزات وجود ندارد. برای شروع فرآیند ساخت این تجهیزات، ابتدا باید نیازهای خطوط به این مبدل‌ها و نوع و مشخصات آن‌ها تعیین گردند. سپس تعدادی از تولیدکننده‌های فعال در کشور در زمینه ساخت قطعات الکترونیک قدرت شناسائی شده، و با نظر سنجی از آن‌ها، میزان قابلیت‌ها و توانایی‌های آن‌ها در این زمینه مورد بررسی قرار گیرد و بهترین‌های آن‌ها انتخاب شود. در این راه و با توجه به جدید بودن نسبی این تکنولوژی، و به منظور سرعت بخشیدن به فرایند، باید از تجربیات سازندگان خارجی و برتر دنیا و نمونه‌های خارجی استفاده شود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: طراحی و ساخت مبدل‌های الکترونیک قدرت از نوع VSC-HVDC و تجاری‌سازی آن	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، تجهیزات مبدل‌های تریستوری جهت استفاده در پست‌های HVDC در خطوط ظرفیت بالا می‌باشد، که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، جهت تحمل سطح ولتاژ و جریان پیش‌بینی شده ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانایی ساخت این نوع تجهیزات وجود ندارد. برای شروع فرآیند ساخت این تجهیزات، ابتدا باید نیازهای خطوط به این مبدل‌ها و نوع و مشخصات آن‌ها تعیین گردند. سپس تعدادی از تولیدکننده‌های فعال در کشور در زمینه ساخت قطعات الکترونیک قدرت شناسایی شده، و با نظر سنجی از آن‌ها، میزان قابلیت‌ها و توانایی‌های آن‌ها در این زمینه مورد بررسی قرار گیرد و بهترین‌های آن‌ها انتخاب شود. در این راه و با توجه به جدید بودن نسبی این تکنولوژی، و به منظور سرعت بخشیدن به فرایند، باید از تجربیات سازندگان خارجی و برتر دنیا و نمونه‌های خارجی استفاده شود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: ارزیابی و ساخت ترانسفورماتورهای مبدل سیستم HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، ترانسفورماتورهای این خطوط می‌باشد که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، به منظور تحمل سطح ولتاژ ۵۰۰ کیلوولت DC ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانائی ساخت این نوع ترانسفورماتور وجود.</p> <p>تعدادی از شرکت‌های سازنده ای که به دانش و تولید این فناوری رسیده‌اند عبارتند از:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ALSTOM Grid ↩</li> <li>SIEMENS ↩</li> <li>ABB ↩</li> </ul>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی طراحی و ساخت بوشینگ‌ها و الکترودهای زمین برای سیستم‌های HVDC																	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه																
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---																
<b>تشریح فعالیت</b>	<p>بوشینگ‌ها یکی از تجهیزات پست و یا جزئی از ساختمان تجهیزات پست نظیر ترانسفورماتورها و راکتورها، کلیدهای فشارقوی، ترانسفورماتورهای جریان ولتاژ می‌باشند که قابلیت عبور یک یا چند هادی از میان یک دیواره یا محفظه که نسبت به هادی، عایق باشد را فراهم می‌آورند.</p> <p>تقسیم‌بندی بوشینگ‌ها:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>نوع کاربری</th> <th>نوع عایق داخلی</th> <th>نوع عایق خارجی</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>روغن به هوا</td> <td>کاغذ آغشته به روغن (OIP)</td> <td>پلیمر</td> </tr> <tr> <td>هوا به هوا</td> <td>کاغذ آغشته به رزین (RIP)</td> <td>پرسلین</td> </tr> <tr> <td>روغن به روغن</td> <td>روغن (Oil)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>هوا به SF6</td> <td>گاز (SF6)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، بوشینگ و الکترودهای سیستم زمین برای سیستم‌های HVDC می‌باشد، که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، به منظور تحمل سطح ولتاژ ۷۰۰ کیلوولت ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانایی ساخت این نوع تجهیزات برای این سطح ولتاژ وجود ندارد. با توجه به ماتریس جذابیت و توانمندی که در فصل سوم توضیح داده شده است، با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازندگان داخلی، این تجهیز در گروه توسعه داخلی قرار می‌گیرد. با توجه به ساختار این گروه دانش این فناوری باید در داخل کشور و توسط متخصصان داخلی تولید شود و فقط می‌توان از نمونه‌های خارجی برای الگو گرفتن استفاده نمود. پس در این پروژه ابتدا سازندگان برتر داخلی شناسایی و طرح‌های آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و از میان آن‌ها با</p>		نوع کاربری	نوع عایق داخلی	نوع عایق خارجی	روغن به هوا	کاغذ آغشته به روغن (OIP)	پلیمر	هوا به هوا	کاغذ آغشته به رزین (RIP)	پرسلین	روغن به روغن	روغن (Oil)		هوا به SF6	گاز (SF6)	
نوع کاربری	نوع عایق داخلی	نوع عایق خارجی															
روغن به هوا	کاغذ آغشته به روغن (OIP)	پلیمر															
هوا به هوا	کاغذ آغشته به رزین (RIP)	پرسلین															
روغن به روغن	روغن (Oil)																
هوا به SF6	گاز (SF6)																

نام پروژه: تدوین دانش فنی طراحی و ساخت بوئینگ‌ها و الکترودهای زمین برای سیستم‌های HVDC	
توجه به نیاز کشور تصمیمات بعدی گرفته می‌شود.	

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی طراحی و ساخت فیلترهای هارمونیکی برای سیستم‌های HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۳۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>با تعیین علل بالقوه‌ی هارمونیک‌ها و بررسی امکانات الکتریکی ساختار مقاومتی مناسب می‌تواند انتخاب شود. فیلترهای هارمونیکی بهترین گزینه برای رفع مشکل اعوجاج هارمونیکی می‌باشند. فیلترهای هارمونیکی در سیستم‌های قدرت دارای نقش مهم می‌باشند و معمولاً برای داشتن عملکرد مناسب از ادوات اکتیو نظیر خازن‌ها و راکتورها در ساختار آن‌ها استفاده می‌شود.</p> <p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، فیلترهای هارمونیکی این خطوط می‌باشد که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، به منظور تحمل سطح ولتاژهای بالا ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانایی ساخت این نوع تجهیزات برای سطح ولتاژ فوق فشار قوی وجود ندارد. با توجه به ماتریس جذابیت و توانمندی که در فصل سوم توضیح داده شده است، با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازندگان داخلی، این تجهیز در گروه توسعه داخلی قرار می‌گیرد. با توجه به ساختار این گروه دانش این فناوری باید در داخل کشور و توسط متخصصان داخلی تولید شود و فقط می‌توان از نمونه‌های خارجی برای الگو گرفتن استفاده نمود. پس در این پروژه ابتدا سازندگان برتر داخلی شناسایی و طرح‌های آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و از میان آن‌ها با توجه به نیاز کشور تصمیمات بعدی گرفته می‌شود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: ارزیابی وضعیت عملکرد مبدل‌های AC/DC در سیستم‌های HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، تجهیزات مبدل‌های تریستوری جهت استفاده در پست‌های HVDC در خطوط ظرفیت بالا می‌باشد، که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، جهت تحمل سطح ولتاژ و جریان پیش‌بینی شده ساخته شده باشند. پس از تهیه این تجهیزات و استفاده از آن‌ها در پست‌های انتقال برق، عملکرد این تجهیزات بایستی مرتباً مورد ارزیابی قرار گیرند و تست شوند و بررسی گردند که آیا کارایی و خروجی مطلوبی که مدنظر بوده را برآورده می‌سازند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، ارزیابی وضعیت عملکرد مبدل‌های AC/DC در سیستم‌های HVDC می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: ارزیابی سیستم‌های خنک کننده و کنترل مبدل‌های تریستوری و توسعه تکنولوژی آن	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، تجهیزات مبدل‌های تریستوری از جمله سیستم‌های خنک‌کننده و کنترل این مبدل‌ها، جهت استفاده در پست‌های HVDC در خطوط ظرفیت بالا می‌باشد، که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، جهت تحمل سطح ولتاژ و جریان پیش‌بینی شده ساخته شده باشند. پس از تهیه این تجهیزات و استفاده از آن‌ها در پست‌های انتقال برق، عملکرد این تجهیزات بایستی مرتباً مورد ارزیابی قرار گیرند و تست شوند و بررسی گردند که آیا کارایی و خروجی مطلوبی که مدنظر بوده را برآورده می‌سازند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، ارزیابی سیستم‌های خنک‌کننده و کنترل مبدل‌های تریستوری و توسعه تکنولوژی آن‌ها می‌باشد.</p>



شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: ارتقای تکنولوژی مبدل‌های VSC برای ولتاژهای بالاتر از ۵۰۰ کیلوولت	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، تجهیزات مبدل‌های تریستوری جهت استفاده در پست‌های HVDC در خطوط ظرفیت بالا می‌باشد، که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، جهت تحمل سطح ولتاژ و جریان پیش‌بینی شده ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانایی ساخت این نوع تجهیزات وجود ندارد. برای شروع فرآیند ساخت این تجهیزات، ابتدا باید نیازهای خطوط به این مبدل‌ها و نوع و مشخصات آن‌ها تعیین گردند. سپس تعدادی از تولیدکننده‌های فعال در کشور در زمینه ساخت قطعات الکترونیک قدرت شناسائی شده، و با نظر سنجی از آن‌ها، میزان قابلیت‌ها و توانایی‌های آن‌ها در این زمینه مورد بررسی قرار گیرد و بهترین‌های آن‌ها انتخاب شود. در این راه و با توجه به جدید بودن نسبی این تکنولوژی، و به منظور سرعت بخشیدن به فرایند، باید از تجربیات سازندگان خارجی و برتر دنیا و نمونه‌های خارجی استفاده شود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: امکان سنجی و تدوین دانش فنی طراحی و ساخت کلیدهای DC	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>مدار شکن نوعی کلید خودکار است که برای محافظت از یک مدار الکتریکی در مقابل خطرات ناشی از اضافه بار یا اتصال کوتاه طراحی شده است. برعکس فیوز که یک بار عمل کرده و پس از آن باید تعویض شود، مدار شکن می‌تواند مجدداً (به طور خودکار یا دستی) وارد مدار شود. مدار شکن‌ها در اندازه‌های مختلفی ساخته می‌شوند و می‌توانند از یک کلید کوچک مورد استفاده در یک منزل تا یک کلید بزرگ که برای محافظت مدارهای ولتاژ بالا و تغذیه یک شهر به کار می‌رود متفاوت باشند.</p> <p>تمامی مدار شکن‌ها مشخصه‌های مشترکی برای عملکرد خود دارند البته جزئیات کار آن‌ها به ولتاژ کار، میزان جریان و نوع آن‌ها وابسته است. یک مدار شکن باید بتواند بروز خطا را در مدار تشخیص دهد؛ در مدار شکن‌های ولتاژ پایین این کار به وسیله قسمتی که در محفظه مدار شکن قرار دارد، انجام می‌شود. اما در مدار شکن‌های ولتاژ بالا تجهیزات جداگانه‌ای برای تشخیص انواع خطاهای شبکه در نظر گرفته شده است. زمانی یک خطا تشخیص داده می‌شود کنتاکت‌های داخل مدار شکن باید باز شوند تا مدار را متوقف کنند. در برخی از مدار شکن‌ها از انرژی مکانیکی ذخیره شده در داخل مدار شکن برای جدا کردن کنتاکت‌ها استفاده می‌شود همچنین ممکن است مقداری از انرژی مورد نیاز از خود جریان خطا دریافت شود. زمانی که جریان متوقف می‌شود، یک قوس الکتریکی به وجود می‌آید این قوس باید در یک فرآیند کنترل شده متوقف، سرد و خاموش شود تا فاصله بین کنتاکت‌ها از برقراری دوباره جریان جلوگیری کند. در نهایت زمانی که خطا برطرف می‌شود کنتاکت‌ها دوباره باید وصل شوند تا مدار به حالت اول خود بازگردد.</p> <p>در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناخت و بررسی تکنولوژی‌های به روز تجهیزات کلیدهای قدرت DC در سطح ولتاژهای بالا می‌باشد و پس از آن ترسیم و تدوین نقشه راه دستیابی به این تکنولوژی‌ها با توجه به نیازهای کشور، به صورتی که پس از زمان مشخصی این تکنولوژی بصورت بومی در کشور درآید.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: امکان‌سنجی فنی و اقتصادی جهت رسیدن به دانش فنی طراحی و ساخت انواع سوئیچگیرهای قدرت در سطح ولتاژهای مورد استفاده در سیستم‌های HVAC, HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد.</p> <p>یکی از این تجهیزات، سوئیچگیرهای قدرت این خطوط می‌باشد که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، به منظور تحمل سطح ولتاژ ۷۰۰ کیلوولت AC و ۵۰۰ کیلوولت DC ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانایی ساخت این نوع ترانسفورماتور وجود ندارد و سازندگان داخلی فقط تا سطح ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت قادر به تولید می‌باشند. با توجه به ماتریس جذابیت و توانمندی که در فصل سوم توضیح داده شده است، با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازندگان داخلی ترانسفورماتور، این تجهیز در گروه توسعه داخلی قرار می‌گیرد. با توجه به ساختار این گروه دانش این فناوری باید در داخل کشور و توسط متخصصان داخلی تولید شود و فقط می‌توان از نمونه‌های خارجی برای الگو گرفتن استفاده نمود. پس در این پروژه ابتدا سازندگان برتر داخلی شناسایی و طرح‌های آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و از میان آن‌ها با توجه به نیاز کشور تصمیمات بعدی گرفته می‌شود.</p>

### اقدام ۱: بهره‌برداری از خطوط انتقال هوایی

این اقدام، خود شامل بیست و دو پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: ارزیابی شاخص‌های بهره‌برداری از خطوط انتقال در دمای بالا و اثرات آن	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>اکثر مشکلات پیش آمده برای خطوط هوایی مربوط به نواحی دارای اختلاف دمایی بالا می‌باشند. ضریب انبساط خطی آلومینیوم بیشتر از فولاد و در حدود دو برابر آن است لذا میزان انقباض و انبساط رشته‌های آلومینیوم با فولاد متفاوت می‌باشد که در نتیجه پدیده سائیدگی در مناطق سردسیر که اختلاف درجه حرارت روز و شب و تابستان و زمستان زیاد بوده و گاهی به هفتاد درجه سانتیگراد هم می‌رسد بیشتر به چشم می‌خورد.</p> <p>در حالت کلی باید تاثیر دما را علاوه بر هادی‌های خط انتقال بر اجزای تشکیل دهنده خطوط انتقال نیز بررسی کنیم. دما بر هر یک از اجزای مختلف می‌تواند به صورت زیر تاثیر بگذارد:</p> <p>اثر دما بر کلیدها و ترانسفورماتورها: تعریق مکرر کلیدها و ترانسفورماتورها در مناطقی دمای بالا موجب بروز مشکل می‌گردد لذا توجه به مسئله عایقی روغن، مقرها و بوشینگ‌ها بسیار ضروری است</p> <p>تاثیر دما و محیط بر کابل‌ها: به علت انقباض و انبساط‌های مکرر کابل‌های روغن کابل‌های روغنی، در کاغذهای عایق کابل حفره‌های هوا یا خلا ایجاد می‌شود که در نتیجه در همان نقاط ضعف عایقی پیش می‌آید که ممکن است موجب اتصالی گردد. لذا توجه به کابل‌ها از ضروریات بهره‌برداری می‌باشد</p> <p>تاثیر دما بر عملکرد مقرها: تجربیات و مطالعات میدانی نشان داده است که در استانداردهای وزارت نیرو در مورد مقرها، درباره تاثیر پارامترهای دمایی بر عملکرد مقرها مطلبی نیامده است. هر چند اثر دما در مقابل دانسیته هوا بر روی رفتار الکتریکی مقرها بسیار کمتر می‌باشد؛ به طوری که در محاسبات و طراحی عایقی</p>

شرح مختصری بر زیر

آن‌ها اثر دما را بر روی دانسیته هوا در نظر می‌گیرند و سپس ضرایب تصحیح دانسیته هوا را در طراحی عایقی شبکه به کار می‌برند.  
در این پروژه تاثیر هر دمای بالا را بر هر یک از اجزای نام برده بررسی می‌کنیم و میزان بارپذیری خطوط را تحت شرایط دمایی مختلف با هم مقایسه خواهیم کرد.

پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: شناسایی اثرات صاعقه بر عملکرد خطوط انتقال و تجهیزات جانبی (برق گیر و مکره و...) و ارائه راهکار جهت بهبود عملکرد سیستم انتقال	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>به واسطه القاء ولتاژهای بسیار بالا توسط "صاعقه روی خطوط انتقال"، مشکلات عدیده‌ای برای این خطوط، پست‌های انتقال و مناطق مسکونی نزدیک به این تجهیزات به وجود می‌آید و از آنجایی که مرتفع‌ترین نقاط خطوط انتقال انرژی، برج‌های انتقال می‌باشند، برخورد صاعقه به آن‌ها از همه نقاط خط متحمل‌تر می‌باشد. تأثیر تخلیه جوی الکتریکی بر این خطوط از نظر صدمه موضعی و خسارات ناشی از آن مورد نظر نبوده، اهمیت عمده آن ایجاد اختلال در برق رسانی و قطع سراسری شبکه و انرژی مورد نیاز مصرف‌کننده‌ها می‌باشد. هر گونه تخلیه جوی بر هر نقطه از خطوط انتقال انرژی به صورت قوس الکتریکی در فواصل هوایی ایزولاسیون خطوط ظاهر گردیده، ایزولاسیون پیش‌بینی شده خطوط را مختل و شبکه را با خاموشی کامل مواجه می‌سازد. صاعقه یکی از عوامل مهم قطع برق در خطوط انتقال و توزیع نیرو می‌باشد برای جلوگیری از بروز آثار مخرب امواج گذرای ناشی از برخورد صاعقه راه‌های گوناگونی وجود دارد که عبارتند از:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>۱- زمین کردن پایه دکلها و تقویت اتصالات آن‌ها با زمین جهت هدایت امواج گذرا به زمین</li> <li>۲- نصب برقگیر در ورودی پست‌ها</li> <li>۳- نصب سیم‌های محافظ هوایی بر فراز سیم‌های فاز اصلی جهت جذب ضربات صاعقه و هدایت آن‌ها به نقاط رأس برج</li> </ol>

<p>نام پروژه: شناسایی اثرات صاعقه بر عملکرد خطوط انتقال و تجهیزات جانبی (برق گیر و مقره و...) و ارائه راهکار جهت بهبود عملکرد سیستم انتقال</p>	
<p>۴- نصب شاخک‌های برقگیر در طول زنجیر مقره در برج‌های انتهایی خط انتقال</p> <p>۵- رعایت حریم خطوط انتقال در مناطق مسکونی و یا ایجاد زمین‌های حفاظتی مناسب برای مناطق مسکونی‌ای که در نزدیکی این خطوط قرار دارند.</p> <p>در این پروژه تاثیر صاعقه بر هر یک از اجزا خطوط انتقال بررسی می‌شوند و همینطور راه‌های مختلف برای جلوگیری از تاثیر مخرب صاعقه بر هر یک از اجزا نیز بررسی می‌شوند.</p>	

### شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

### "سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

<p>نام پروژه: طراحی بهینه خطوط انتقال با رویکرد چرخه عمر و کاهش هزینه‌ها</p>	
<p>مدت زمان اجرای پروژه</p> <p>۱۸ ماه</p>	
<p>بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه</p> <p>---</p>	
<p>تشریح فعالیت</p> <p>ارزیابی اقتصادی بلند مدت و بررسی هزینه‌های مختلف مهندسی ساخت و بهره برداری و نگهداری سیستم‌های خطوط انتقال نیرو باعث می‌شود که در افق بلند مدت بهره‌وری اقتصادی بیشتری بدست آید. امروزه شرکت‌ها به طور سختی در رقابت هستند و جلوگیری از پرت هزینه‌ها و بالا بردن طول عمر و بهره‌وری زیاد از سیستم‌های عامل مهمی در رتبه‌بندی آن‌هاست.</p> <p>در آنالیز فرآیند هزینه‌سازی عمر هر قدم باید طبق مستندات قوی تنظیم گردد.</p> <p><b>تعریف پروژه</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ اطلاعات عمومی سیستم و یا تجهیز</li> <li>↪ شناسایی و بررسی کلیه محدودیت‌هایی که سیستم و یا تجهیز انتخابی باید با آن سازگار باشد.</li> <li>↪ تعیین استراتژی خرید سیستم یا تجهیز. مانند استراتژی مالی و استراتژی تعیین پیمانکار</li> </ul>	

## نام پروژه: طراحی بهینه خطوط انتقال با رویکرد چرخه عمر و کاهش هزینه‌ها

↪ آلترناتیوها (گزینه های انتخابی)

↪ مستند سازی مشخصات فنی مورد نیاز که تجهیز باید براساس آن انتخاب شود.

↪ ثبت دلایل توجیهی برای جز جز تجهیزات انتخابی

↪ پارامترها

↪ تعیین پارامترهای دوره ی ارزیابی و زمان سرویس و نرخ تنزیل و تورم و نرخ افزایش هزینه ها

↪ اطلاعات هزینه ها و فاکتورهای مرتبط

↪ مستند سازی هزینه ها

↪ تعیین زمان وقوع هزینه ها

↪ منابع تولید هزینه ها

↪ روش ارزیابی صحت اطلاعات

• محاسبات

↪ محاسبات مربوط به نرخ بدست آوردن تنزیل

↪ آنالیز اطلاعات

↪ مستند سازی بررسی نتایج

↪ ارزیابی صحت نتایج

↪ آنالیز بررسی حساسیت‌ها

در این پروژه به بررسی تاثیرات هر یک از اجزا بر عملکرد سیستم می‌پردازیم. و همینطور دوره عمر هر یک از اجزای سیستم انتقال را نیز به صورتی بررسی می‌کنیم که در مقدار هزینه نهایی سیستم انتقال تاثیر مثبتی داشته باشند.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد نوسانات در هادی و مدیریت ارتعاشات و ارائه راهکار برای کاهش اثرات ناشی از نوسان در هادی	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>یکی از اصلی‌ترین عواملی که بر نوسان‌های هادی‌ها تأثیر دارد باد می‌باشد. باد در مناطق مختلف می‌تواند بر هادی‌ها تأثیرات مختلفی بگذارد. در مناطق برف‌گیر در زمستان مقدار زیادی یخ سنگین بر روی هادی‌ها تشکیل می‌شود که هنگام تخلیه بار یخ هادی‌ها به علت ارتعاش‌های حاصله معمولاً بخش اعظم یخ موجود روی یک هادی در طول اسپن تخلیه شده و این تخلیه ناگهانی باعث پرتاب شدید هادی در هوا می‌گردد که در آرایش فازهای عمودی و یا ترکیبی و در صورت کم بودن فاصله افقی فازهای بالا و پایین باعث نزدیک شدن و برخورد فازها و وقوع اتصال کوتاه دو فاز و گاهی اوقات سه فاز و در مواردی موجب برخورد با سیم‌گارد و یا اتصال فاز-زمین می‌گردد که وقوع این اتصال‌ها باعث برقراری قوس شدید و آسیب شدید این هادی‌ها خواهد شد.</p> <p>در حالت کلی دو عامل مهم در نوسان‌های خط انتقال می‌توانند تأثیر داشته باشند:</p> <p>۱- باد</p> <p>۲- پدیده گالوپینگ ناشی از جمع شدن برف بر روی هادی</p> <p>در طراحی خطوط انتقال در مناطق بادخیز باید از هادی‌های با چگالی بالا استفاده شود. به طوری که باد نتواند نیروی زیاد به آن وارد کند. در اینگونه مواقع می‌توان پایه‌های انتقال نیرو را نزدیکتر از حالت نرمال قرار داد. در حالی که پدیده گالوپینگ رخ دهد استفاده از برج‌های دارای اختلاف کافی طول کراس‌آرم‌ها در آرایش فازهای عمودی و استفاده از زنجیرهای کالوپینگ در اسپن‌های بلند ضروری می‌باشد.</p> <p>در این پروژه باید راه‌های مختلف برای جلوگیری از نوسان‌های هادی‌ها را بررسی کنیم و با توجه به منطقه‌ای که خطوط هادی‌های انتقال از آن می‌گذرند راه‌های مختلف برای کاهش این نوسان‌ها در نظر بگیریم.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:



## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین استاندارد حریم خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>جهت‌گیری صنعت برق بسوی استاندارد کردن موضوعات و موارد مرتبط با این صنعت، پیشرفت تکنولوژی در زمینه‌ی برق و دستیابی به یکنواختی در طراحی ضمن حفظ کیفیت‌های قابل قبول و مورد لزوم در طراحی، ایجاب می‌نماید که حریم خطوط انتقال ولتاژ بالا، که در آینده در شبکه سراسری مورد استفاده قرار می‌گیرد، بصورت استاندارد تهیه گردد.</p> <p>در احداث یا اصلاح خطوط هوایی با هادی‌های لخت و بدون روپوش عایق، فواصل هوایی مجاز بین خطوط برقدار با عناصر و طبیعت اطراف آن، تابع قوانین و مقرراتی است که در کلیه کشورهای جهان تحت عنوان حریم خطوط انتقال و توزیع نیروی برق رعایت می‌شود.</p> <p>حریم خطوط انتقال و توزیع هوایی باید با توجه به ولتاژ برق تعیین شوند.</p> <p>تعدادی از پارامترهایی که برای تعریف این استاندارد لازم است، به شرح زیر می‌باشد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ حریم درجه یک</li> <li>↪ حریم درجه دو</li> <li>↪ فاصله هوایی مجاز قائم</li> <li>↪ فاصله هوایی مجاز افقی</li> <li>↪ فاصله هوایی مجاز انتقالی</li> <li>↪ فواصل هوایی مجاز انتقالی</li> </ul> <p>فواصل مجاز هوایی فاصله هوایی مجاز، مجموع سه مؤلفه‌ی فاصله‌الکتریکی (فاصله ناشی از ولتاژ)، فاصله مکانیکی (فاصله ناشی از حرکت هادی) و فاصله‌ی مبنا می‌باشد.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ حریم خطوط هوایی از ریل راه‌آهن</li> <li>↪ حریم راه‌ها</li> </ul>

نام پروژه: تدوین استاندارد حریم خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا	
↩	حریم خطوط مخابرات و تلفن
↩	حریم خطوط نفت و گاز
↩	حریم دو خط انتقال با ولتاژهای مختلف

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه دستورالعمل تعمیر خطوط گرم در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>با توجه به اینکه در عصر حاضر شدیداً مردم و صنایع به برق وابسته شده‌اند و حتی قطع لحظه‌ای برق می‌تواند در کار آن‌ها اختلال ایجاد کند، شرکت‌های توزیع برق را ملزم ساخته تا از هر روشی برای جلوگیری از خاموشی‌ها استفاده نمایند. از جمله راهکارهای مؤثر در کاهش خاموشی‌ها، انجام تعمیرات بر روی شبکه بصورت برقدار یا همان خط گرم (HOTLINE) می‌باشد، که گام‌های مهمی در این راه برداشته شده است. بدیهی است آشنائی و حمایت مدیران محترم جهت پیشرفت کار، و همچنین آموزش و استفاده از پتانسیل کارگران، دو بازوی توانا در راستای کاهش خاموشی‌ها به روش خط گرم می‌باشد.</p> <p>انجام عملیات خط گرم به دو روش فرمان از راه دور (توسط استیک‌ها) و روش فرمان از راه نزدیک (توسط بوم و باکت عایق) میسر است.</p> <p>روش غیر مستقیم یا فرمان از راه دور: در روش فرمان از راه دور پرسنل مجرب و آموزش دیده که شناخت کامل و کاربرد تجهیزات را آموخته باشند با استفاده از عایق‌های پوششی (کاورها) و بدون لمس شبکه، توسط اهرم‌های عایق (استیک‌ها) بدون خاموشی و از راه دور نسبت به هر گونه عملیات بر روی شبکه‌های برقدار</p>

**نام پروژه: تهیه دستورالعمل تعمیر خطوط گرم در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا**

اقدام می‌نمایند. یک نمونه از انجام عملیات به روش فرمان از راه دور که فاز کناری توسط استیک ها مهار و از روی مقره برداشته شده که در نتیجه می‌توان مقره را که بدون برق شده تعویض نمود.

روش مستقیم یا فرمان از راه نزدیک (لمس شبکه برقدار : در روش مستقیم یا فرمان از راه نزدیک سیمبان ضمن هم پتانسیل شدن با خط می‌تواند مستقیماً با یک فاز تماس حاصل نماید، به شرط اینکه خود را نسبت به زمین و یا فازهای جانبی ایزوله نماید. در این روش سیمبان با استقرار بر روی وسیله ای که از نظر عایقی دارای مقاومتی بسیار بالا است اقدام به انجام عملیات می نماید که در نتیجه اینجا نیز جریان به مسیر خود ادامه داده و امکان عبور جریان از بدن سیمبان بوجود نمی آید.

روش غیرمستقیم به وسیله روبات کنترل شونده: در این روش با استفاده از ماشین آلات مخصوص اپراتور قادر به انجام کارهای تعمیراتی خواهد بود.

بسیاری از شرکت‌های توزیع برق معمولاً با کمبود ماشین آلات سنگین بخصوص لاین تراک مواجه بوده و یا امکان خرید سریع آن را ندارند. اما با تهیه تجهیزات مقدماتی فرمان از راه دور، که بسیاری از آن‌ها در داخل کشور تولید می‌شود، می‌توان نسبت به جلوگیری از خاموشی‌های بابرنامه اقدام نمود.

آموختن روش فرمان از راه دور و آشنائی با تجهیزات مربوطه می‌تواند در بسیاری از موارد راه گشای انجام عملیات از راه نزدیک بوده و بکارگیری همزمان دو روش، برخی عملیات ناممکن را ممکن می‌سازد.

در این پروژه انواع روش‌های تعمیر خطوط گرم را بررسی می‌کنیم و معایب و مزایای هر روش را مقایسه می‌کنیم. بعد از بررسی روش‌های مختلف و باتوجه به امکانات مورد نیاز برای هر روش یک دستورالعمل کلی را برای تعمیر این نوع خطوط در نظر می‌گیریم.

**شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه**

**"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تدوین نقشه راه توسعه تجهیزات موردنیاز برای تعمیر خطوط گرم در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

نام پروژه: تدوین نقشه راه توسعه تجهیزات موردنیاز برای تعمیر خطوط گرم در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>با توجه به اینکه در عصر حاضر شدیداً مردم و صنایع به برق وابسته شده‌اند و حتی قطع لحظه‌ای برق می‌تواند در کار آن‌ها اختلال ایجاد کند، شرکت‌های توزیع برق را ملزم ساخته تا از هر روشی برای جلوگیری از خاموشی‌ها استفاده نمایند. از جمله راهکارهای مؤثر در کاهش خاموشی‌ها، انجام تعمیرات بر روی شبکه بصورت برقدار یا همان خط گرم (HOTLINE) می‌باشد که گام‌های مهمی در این راه برداشته شده است. بدیهی است آشنائی و حمایت مدیران محترم جهت پیشرفت کار، و همچنین آموزش و استفاده از پتانسیل کارگران، دو بازوی توانا در راستای کاهش خاموشی‌ها به روش خط گرم می‌باشد.</p> <p>انجام عملیات خط گرم به دو روش فرمان از راه دور (توسط استیک ها) و روش فرمان از راه نزدیک (توسط بوم و باکت عایق) میسر است.</p> <p>روش غیر مستقیم یا فرمان از راه دور: در روش فرمان از راه دور پرسنل مجرب و آموزش دیده که شناخت کامل و کاربرد تجهیزات را آموخته باشند با استفاده از عایق‌های پوششی (کاورها) و بدون لمس شبکه، توسط اهرم‌های عایق (استیک ها) بدون خاموشی و از راه دور نسبت به هر گونه عملیات بر روی شبکه‌های برقدار اقدام می‌نمایند. یک نمونه از انجام عملیات به روش فرمان از راه دور که فاز کناری توسط استیک‌ها مهار و از روی مقره برداشته شده که در نتیجه می‌توان مقره را که بدون برق شده تعویض نمود.</p> <p>روش مستقیم یا فرمان از راه نزدیک (لمس شبکه برقدار : در روش مستقیم یا فرمان از راه نزدیک سیمبان ضمن هم پتانسیل شدن با خط می‌تواند مستقیماً با یک فاز تماس حاصل نماید، به شرط اینکه خود را نسبت به زمین و یا فازهای جانبی ایزوله نماید. در این روش سیمبان با استقرار بر روی وسیله ای که از نظر عایقی دارای مقاومتی بسیار بالا است اقدام به انجام عملیات می نماید که در نتیجه اینجا نیز جریان به مسیر خود ادامه داده و امکان عبور جریان از بدن سیمبان بوجود نمی‌آید.</p> <p>روش غیرمستقیم به وسیله روبات کنترل شونده: در این روش با استفاده از ماشین‌آلات مخصوص اپراتور قادر به انجام کارهای تعمیراتی خواهد بود.</p> <p>بسیاری از شرکت‌های توزیع برق معمولاً با کمبود ماشین آلات سنگین بخصوص لاین تراک مواجه بوده و یا</p>

نام پروژه: تدوین نقشه راه توسعه تجهیزات موردنیاز برای تعمیر خطوط گرم در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

امکان خرید سریع آن را ندارند. اما با تهیه تجهیزات مقدماتی فرمان از راه دور، که بسیاری از آن‌ها در داخل کشور تولید می‌شود، می‌توان نسبت به جلوگیری از خاموشی‌های با برنامه اقدام نمود. آموختن روش فرمان از راه دور و آشنائی با تجهیزات مربوطه می‌تواند در بسیاری از موارد راه گشای انجام عملیات از راه نزدیک بوده و بکارگیری همزمان دو روش، برخی عملیات ناممکن را ممکن می‌سازد. در این پروژه انواع روش های تعمیر خطوط گرم را بررسی می‌کنیم و معایب و مزایای هر روش را مقایسه می‌کنیم. بعد از بررسی روش های مختلف و باتوجه به امکانات مورد نیاز برای هر روش یک دستورالعمل کلی را برای تعمیر این نوع خطوط در نظر میگیریم، و برای توسعه آن‌ها برنامه‌ریزی می‌کنیم.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی تجهیزات پلیمری و کامپوزیتی خطوط انتقال هوایی

مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	در خطوط انتقال نیرو با ولتاژ بالا، پایداری خط و ضریب اطمینان آن به نوع مقره بستگی دارد.

## نام پروژه: تدوین دانش فنی تجهیزات پلیمری و کامپوزیتی خطوط انتقال هوایی

مقره‌های شیشه‌ای و چینی که از دیر باز در خطوط انتقال مورد استفاده قرار گرفته‌اند دارای معایبی هستند که سبب شده است به مرور، مقره‌های سیلیکونی و یا مقره‌های کامپوزیتی جایگزین آن‌ها شوند. این نوع مقره‌ها از دو یا چند پلیمر تشکیل می‌شوند و شامل قسمت‌های مختلفی هستند که عبارتند از:

↪ هسته کامپوزیت (Composite Core)

↪ روکش پلیمر

↪ اتصالات

مزایای استفاده از مقره‌های سرامیکی - پلیمری را میتوان بصورت زیر برشمرد:

۱. با توجه به سطح پایین استحکام مکانیکی مقره‌های پلیمری اتکایی این مقره‌ها بطور چشمگیری این استحکام را افزایش داده و آنرا در حد مقره‌های سرامیکی مسطح خواهد رسانید.
۲. تأثیرات روند پیرشدگی (Aging) در مقره‌های پلیمری در راستای افت شدید استحکام مکانیکی و خواص الکتریکی در آن‌ها قابل تأمل بوده که این مسئله در این نوع مقره‌ها (پلیمری سرامیکی) بسیار کم‌رنگ بوده و کاهش چشمگیری دارد.
۳. در ساخت مقره‌های پلیمری سرامیکی بدلیل عدم استفاده از فرایند سوئیچ، حساسیت‌های ساخت بسیار کمتر شده و اجزای استفاده شده در ساخت این مقره‌ها کمتر می‌باشند.
۴. قیمت تمام شده این مقره‌ها با توجه به کاهش درصد مواد وارداتی و گران قیمت و راحت‌تر بودن پروسه تولید حدود ۶۰ الی ۷۰ درصد قیمت مقره‌های پلیمری با مشخصات مکانیکی و الکتریکی مشابه می‌باشند.
۵. طرح مقره‌های پلیمری سرامیکی بدلیل وجود سطوح حفاظت شده در آن‌ها (سطوحی که از نشست آلودگی حفاظت شده‌اند) جهت استفاده در مناطقی با آلودگی سنگین و فوق سنگین مناسب می‌باشند.
۶. بدلیل نوع قالبگیری روکش مقره از ایجاد خطوط جدایش قالب در مسیر فاصله خزشی روکش احتراز شده است بنابراین ایجاد مسیرهای جریان نشی و تجمع آلودگی در این مسیرها هرگز اتفاق نخواهد افتاد.

نام پروژه: تدوین دانش فنی تجهیزات پلیمری و کامپوزیتی خطوط انتقال هوایی	
۷. جهت اتصال قسمت روکش به هسته سرامیکی از موادی با قابلیت چسبندگی بسیار عالی و همینطور دوام بالا استفاده شده است. مواد استفاده شده علاوه بر استحکام مکانیکی، عایقی و الکتریکی خوب دارای مشخصات ضد پیرشدگی (Anti Aging) و ضد UV (Anti UV) می‌باشند.	
در این پروژه باید کار تحقیقاتی بر روی این مقره‌ها جهت استفاده در خطوط با ظرفیت بالا انجام شود و دانش فنی ساخت آن‌ها بدست آید.	

### شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

### "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: دستورالعمل ارزیابی وضعیت و مدیریت عمر مقره‌های تمام سرامیکی / غیر سرامیکی HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>مقره چینی: این مقره از ترکیبات آلکالین و سیلیکات آلومینیوم ساخته می‌شود. این ترکیبات شامل کاتولین، فلداسپاپ و کوارتز می‌باشد. این مواد قبل از ترکیب کاملاً شسته و تمیز می‌شوند.</p> <p>جهت بالا بردن استقامت مکانیکی این مقره‌ها، به آن اکسید آلومینیوم اضافه می‌کنند. مقره‌های چینی هم به صورت بشقابی و هم یکپارچه ساخته می‌شوند.</p> <p>مقره شیشه‌ای: در مقره‌هایی که از جنس شیشه ساخته می‌شوند، به علت پائین بودن استقامت مکانیکی شیشه، لازم است که به طریقی آن را تقویت نمود. یک روش، سرد کردن سریع شیشه پس از شکل دادن آن می‌باشد. با این روش سطح خارجی مقره سخت شده، موجب افزایش استقامت مکانیکی آن می‌شود.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، بررسی وضعیت و طول عمر مقره‌های بکار گرفته شده در خطوط ظرفیت بالا و بررسی راه‌ها و روش‌های مناسب جهت افزایش طول عمر آن‌ها با توجه به سطح ولتاژ کاری آن‌ها است.</p>



نام پروژه: دستورالعمل ارزیابی وضعیت و مدیریت عمر مقره‌های تمام سرامیکی/غیر سرامیکی HVDC

--	--



## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: امکان‌سنجی بهره‌گیری از خطوط مخابراتی به موازات خطوط HVDC هوایی برای فواصل طولانی	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>سیستم Power Line Carrier یا (p.l.c) یکی از شیوه‌های نوین انتقال داده می‌باشد. توسعه منابع تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی، نیاز مبرمی به وجود یک شبکه مخابراتی بین نقاط کلیدی سیستم برق رسانی مثل مراکز تولید، تبدیل، تصمیم‌گیری و توزیع که اکثراً در فواصل دور از هم واقع شده‌اند را بوجود آورده است. از خطوط انتقال امواج فرکانس بالای حامل اطلاعات در سیستم‌های مخابراتی استفاده نموده. سیستمی که برای این گونه انتقال اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرد را ابزار "انتقال موج حامل اطلاعات بر روی سیستم فشار قوی" یا PLC می‌نامند. موارد زیر ضرورت ایجاد یک شبکه مخابراتی PLC را بوضوح روشن می‌نماید ۱- شبکه‌های مخابرات عمومی جوابگوی نیازهای ارتباطی جهت بهره‌برداری موثر از شبکه فشار قوی نمی‌باشد ۲- تبادل اطلاعات بین مراکز دیسپاچینگ و سایر پست‌ها توسط یک شبکه مخابراتی مطمئن و اختصاصی، از ضروریات اینگونه مراکز می‌باشد ۳- با استفاده از شبکه جامع مخابراتی، پست‌ها می‌توانند به تجهیزات حفاظتی مجهز گردند که باعث قابلیت اعتماد بیشتر و بهره‌برداری موثر تر از شبکه می‌گردد ۴- عدم وجود یک شبکه مخابراتی اختصاصی، ضعف ارتباط از طریق شبکه مخابراتی شرکت مخابرات، عدم دسترسی اکثر پست‌های واقع در خارج شهر به خطوط ارتباطی PTT مشکلاتی هستند که در صورت وجود یک شبکه مخابراتی مطمئن برطرف گشته و امکان بهره‌برداری موثرتر از شبکه را ایجاد می‌کند. با توجه به نکات فوق جهت مرتفع نمودن اشکالات ذکر شده و بهره‌برداری بهتر از شبکه، می‌توان با استفاده از سیستم‌های PLC چنین شبکه‌های مخابراتی را برای استفاده در شبکه‌های برق رسانی طراحی نمود. استفاده از PLC به جای سایر سیستم‌های ارتباطی نظیر کابل تلفنی، امواج رادیویی و مایکروویو و... دارای مزایایی می‌باشد که عبارتند از: ۱- به علت ناچیز بودن افت سیگنال حامل اطلاعات در هر کیلومتر، مراکز تولید و توزیع انرژی الکتریکی که معمولاً در فواصل دوری از یکدیگر واقعند را می‌توان مستقیماً توسط کانال‌های PLC بدون استفاده از تکرار کننده به یکدیگر مرتبط ساخت. ۲- خطوط انتقال فشار قوی که ارتباطات PLC توسط آنها صورت می‌</p>

نام پروژه: امکان‌سنجی بهره‌گیری از خطوط مخابراتی به موازات خطوط HVDC هوایی برای فواصل طولانی

گیرد، موجود بوده و احتیاج به سرمایه‌گذاری مجدد برای ایجاد محیط مخابراتی نیست. به علاوه در شرایط متغیر آب و هوایی مصونیت ارتباط PLC در مقایسه با ارتباطات رادیویی بیشتر می‌باشد. ۳- دستگاه‌های فرستنده و گیرنده PLC از درجه اطمینان بالایی برخوردار می‌باشند. ۴- شبکه مخابراتی که لوازم مدیریت برای کنترل و بهره‌برداری شبکه فشار قوی می‌باشد بطور اختصاصی تنها در اختیار شرکت برق منطقه‌ای قرار خواهد گرفت. ۵- سیستم‌های تلفنی PLC از شبکه تلفنی شرکت مخابرات مجزا می‌باشد و به عنوان سیستم‌های خصوصی فرض می‌شوند.

هدف از انجام این پروژه، بررسی و امکان‌سنجی بهره‌گیری از خطوط مخابراتی به موازات خطوط HVDC هوایی طولانی است.

## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بهبود و بهینه‌سازی طراحی‌های مورد نیاز برای انتقال‌های طولانی با استفاده از شبکه HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>امروزه سیستم‌های انتقال HVDC اهمیت ویژه‌ای دارند و به دلیل ویژگی‌های خاص آن‌ها روز به روز مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرند. این سیستم‌ها در انتقال توان برای فواصل زیاد، خطوط انتقال زیرزمینی طویل و اتصال بین ۲ شبکه قدرت بدون عبور اغتشاشات کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده‌اند. یکی از مشکلات این خطوط قیمت بالای تجهیزات مبدل AC به DC و بالعکس است که در مواردی که سول خط زیاد باشد، استفاده از فناوری HVDC را توجیه پذیر می‌کند.</p> <p>از آنجا که هزینه‌های HVDC بیشتر مرتبط با مبدل‌های آن است، لذا با تغییرات طول خط انتقال شیب افزایش هزینه به شدت هزینه خطوط HVAC تغییر نمی‌کند. بنابراین با افزایش مسافت، کاهش قیمت تمام‌شده سیستم HVDC را خواهیم داشت. برای فاصله‌ای بیش از فاصله بحرانی (که حدود ۵۰ کیلومتر برای کابل‌های زیردیا و حدود ۶۰۰ تا ۸۰۰ کیلومتر برای کابل‌های هوایی است)، کاهش هزینه ناشی از به‌کارگیری تجهیزات الکترونیک قدرت برای سیستم جریان مستقیم از هزینه این تجهیزات بیشتر است و لذا کاربری این سیستم عملاً در خطوط هوایی بسیار بلند مقرون به صرفه است.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، بررسی و مطالعه بر روی طرح‌های خطوط HVDC به منظور بهینه کردن وسایل و تجهیزات و مسائل مالی است.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بررسی ماهیت گازهای تشکیل شده در شرایط تخلیه جزئی در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>یکی از پدیده‌هایی که در ارتباط با تجهیزات برق‌دار به خصوص خطوط انتقال نیرو و تجهیزات فشار قوی مانند پلاسماهای ناشی از تخلیه الکتریکی مطرح می‌شود، کرونا یا هاله است.</p> <p>هنگامی که گرادیان ولتاژ در سطح یک هادی بیش از شدت دی‌الکتریک هوای اطراف هادی گردد، هوای اطراف هادی یونیزه می‌شود (توجه داریم که شدت دی‌الکتریک هوا در شرایط دمای ۲۵ درجه سلسیوس و فشار هوای ۷۶ سانتیمتر جیوه ۳۰ کیلو ولت بر سانتیمتر می‌باشد) حال اگر گرادیان ولتاژ بیش از ۳۰ کیلو ولت بر سانتیمتر گردد با پدیده کرونا مواجه خواهیم شد و میدان الکتریکی در نزدیکی ماده رسانا می‌تواند به حدی متمرکز شود که هوای مجاور خود را یونیزه نماید. این مسئله می‌تواند منجر به تخلیه جزئی انرژی الکتریکی شود، که به آن کرونا می‌گویند.</p> <p>پدیده کرونا در اطراف خطوط فشار قوی که جریان متناوب دارند باعث مقداری تلفات الکتریکی و در شدیدترین حالت منجر به قوس الکتریکی و تخلیه کامل می‌شود.</p> <p>یکی دیگر از مواقعی که کرونا بوجود می‌آید، در تیوب تخلیه الکتریکی کم فشار با اختلاف پتانسیل شدید، برای تولید پلاسما است. در این حالت گاز قبل از شکست الکتریکی کامل، کرونا را تجربه خواهد کرد؛ این پدیده تنها در مکان‌هایی که میدان الکتریکی متمرکز شده است (مانند خراش‌ها، نقاط تیز و...) رخ خواهد داد و گاز در اطراف این مکان‌ها هادی گشته و هاله را تشکیل می‌دهد. این پدیده را به نام تخلیه تک قطبی نیز می‌شناسند.</p> <p>● ولتاژ بحرانی</p> <p>گرادیان ولتاژی که سبب شکست الکتریکی در عایق شده و به ازای آن، عایق خاصیت دی‌الکتریک خود را از دست می‌دهد، گرادیان ولتاژ بحرانی نامیده می‌شود. همچنین ولتاژی را که سبب ایجاد این گرادیان بحرانی</p>

## نام پروژه: بررسی ماهیت گازهای تشکیل‌شده در شرایط تخلیه جزئی در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

می‌شود ولتاژ بحرانی مینامند.

● ولتاژ مرئی کرونا

هرگاه ولتاژ خط به ولتاژ بحرانی برسد، یونیزاسیون در هوای مجاور سطح هادی شروع می‌شود. اما در این حالت پدیده کرونا قابل رویت نمی‌باشد. برای مشاهده کرونا، سرعت ذرات الکترون‌ها در هنگام برخورد با اتم‌ها و مولکول‌ها باید بیشتر باشد یعنی ولتاژ بالاتری نیاز است.

هدف از انجام این پروژه، بررسی و شدت و همچنین میزان خطرناک بودن و تأثیری است که گازهای تولیدی بر روی پارامترهای خط می‌گذارند.

## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

## نام پروژه: بررسی ماهیت پدیده تخلیه سریع عایق‌های خط تحت شرایط قطبیدگی منفی

مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پدیده کرونا یکی از عوامل موثر در تعیین هادی‌های مورد استفاده در خطوط نیرو است. برای کنترل پدیده کرونا لازم است مقاطع هادی‌ها طوری انتخاب شوند که میدان الکتریکی و یا گرادیان ولتاژ در اطراف آن‌ها باعث شکست هوا نگردد. در صورت وقوع چنین حالتی پدیده کرونا ظاهر شده که می‌تواند باعث تولید حرارت، نور و صدا گردد. علاوه بر موارد فوق این پدیده سبب ایجاد اغتشاشات در امواج رادیویی، تلویزیونی و مخابراتی نیز می‌گردد.</p> <p>آزمون‌های انجام شده نشان می‌دهد وقتی گرادیان ولتاژ در اطراف هادی‌ها در شرایط استاندارد از مقدار ۲۱,۲۱ کیلوولت بر سانتی‌متر تجاوز نماید پدیده کرونا آغاز می‌شود و هر چه فاصله‌ی این رقم از ۲۱,۲۱ بیشتر باشد، بر</p>

## نام پروژه: بررسی ماهیت پدیده تخلیه سریع عایق‌های خط تحت شرایط قطبیدگی منفی

میزان تلفات کرونا و اغتشاشات ناشی از آن افزوده می‌گردد. عملکرد خطوط انتقال در مقابل صاعقه از طریق احتمال وقوع تخلیه الک تریکی ارزیابی می‌گردد. این احتمال تابع نوع برج، آرایش سیستم زمین، مقاومت خاک و وضعیت وقوع صاعقه در منطقه می‌باشد. کارایی خطوط انتقال نیرو و مواجهه آن‌ها با اضافه ولتاژها توسط رفتار آن‌ها در مقابل صاعقه تعیین می‌گردد. در صورت برخورد صاعقه به سیم محافظ ممکن است اضافه ولتاژ منتجه به تخلیه الکتریکی منجر گردد. همچنین این تخلیه ممکن است در عایق‌های خطوط انتقال رخ دهد. در این پروژه، هدف، بررسی ماهیت پدیده تخلیه سریع عایق‌های خط انتقال تحت شرایط قطبیدگی می‌باشد.

## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

## نام پروژه: مطالعه استقامت عایقی با در نظر گرفتن عملیات و مانورها روی خطوط گرم

مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	با توجه به اینکه در عصر حاضر شدیداً مردم و صنایع به برق وابسته شده‌اند و حتی قطع لحظه ای برق می‌تواند در کار آن‌ها اختلال ایجاد کند، شرکت‌های توزیع برق را ملزم ساخته تا از هر روشی برای جلوگیری از خاموشی‌ها استفاده نمایند. از جمله راهکارهای مؤثر در کاهش خاموشی‌ها، انجام تعمیرات بر روی شبکه بصورت برقدار یا همان خط گرم (HOTLINE) می‌باشد که گامهای مهمی در این راه برداشته

## نام پروژه: مطالعه استقامت عایقی با در نظر گرفتن عملیات و مانورها روی خطوط گرم

شده است. بدیهی است آشنائی و حمایت مدیران محترم جهت پیشرفت کار، و همچنین آموزش و استفاده از پتانسیل کارگران، دو بازوی توانا در راستای کاهش خاموش‌ها به روش خط گرم می‌باشد.

انجام عملیات خط گرم به دو روش فرمان از راه دور (توسط استیک‌ها) و روش فرمان از راه نزدیک (توسط بوم و باکت عایق) میسر است.

روش غیر مستقیم یا فرمان از راه دور: در روش فرمان از راه دور پرسنل مجرب و آموزش دیده که شناخت کامل و کاربرد تجهیزات را آموخته باشند با استفاده از عایق‌های پوششی (کاورها) و بدون لمس شبکه، توسط اهرم‌های عایق (استیک‌ها) بدون خاموشی و از راه دور نسبت به هر گونه عملیات بر روی شبکه‌های برقدار اقدام می‌نمایند. یک نمونه از انجام عملیات به روش فرمان از راه دور که فاز کناری توسط استیک‌ها مهار و از روی مقره برداشته شده که در نتیجه می‌توان مقره را که بدون برق شده تعویض نمود.

روش مستقیم یا فرمان از راه نزدیک (لمس شبکه برقدار): در روش مستقیم یا فرمان از راه نزدیک سیمبان ضمن هم پتانسیل شدن با خط می‌تواند مستقیماً با یک فاز تماس حاصل نماید، به شرط اینکه خود را نسبت به زمین و یا فازهای جانبی ایزوله نماید. در این روش سیمبان با استقرار بر روی وسیله ای که از نظر عایقی دارای مقاومتی بسیار بالا است اقدام به انجام عملیات می‌نماید که در نتیجه اینجا نیز جریان به مسیر خود ادامه داده و امکان عبور جریان از بدن سیمبان بوجود نمی‌آید.

روش غیرمستقیم به وسیله روبات کنترل شونده: در این روش با استفاده از ماشین آلات مخصوص اپراتور قادر به انجام کارهای تعمیراتی خواهد بود.

بسیاری از شرکت‌های توزیع برق معمولاً با کمبود ماشین آلات سنگین بخصوص لاین تراک مواجه بوده و یا امکان خرید سریع آن را ندارند. اما با تهیه تجهیزات مقدماتی فرمان از راه دور، که بسیاری از آن‌ها در داخل کشور تولید می‌شود، می‌توان نسبت به جلوگیری از خاموشی‌های با برنامه اقدام نمود.

آموختن روش فرمان از راه دور و آشنائی با تجهیزات مربوطه می‌تواند در بسیاری از موارد راه‌گشای انجام عملیات از راه نزدیک بوده و بکارگیری همزمان دو روش، برخی عملیات ناممکن را ممکن می‌سازد.

در این پروژه پس از بررسی انواع روش‌های تعمیر خطوط گرم، به تاثیرات آن بر روی استقامت عایقی تجهیزات مختلف پرداخته می‌شود و با توجه به نتایج بدست آمده از آن، معیارهایی برای این روش‌ها در نظر

نام پروژه: مطالعه استقامت عایقی با در نظر گرفتن عملیات و مانورها روی خطوط گرم

گرفته خواهد شد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بهینه‌سازی برج‌ها و خطوط طراحی شده برای کاهش اثرات کرنا و پارامترهای تخلیه در محیط

۱۲ ماه

مدت زمان اجرای پروژه

---

بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه

تشریح فعالیت

یکی از پدیده‌هایی که در ارتباط با تجهیزات برق‌دار به خصوص خطوط انتقال نیرو و تجهیزات فشار قوی مانند پلاسمای ناشی از تخلیه الکتریکی مطرح می‌شود، کرنا یا هاله است.

هنگامی که گرادیان ولتاژ در سطح یک هادی بیش از شدت دی الکتریک هوای اطراف هادی گردد، هوای اطراف هادی یونیزه می‌شود (توجه داریم که شدت دی الکتریک هوا در شرایط دمای ۲۵ درجه سلسیوس و فشار هوای ۷۶ سانتیمتر جیوه ۳۰ کیلو ولت بر سانتیمتر می‌باشد) حال اگر گرادیان ولتاژ بیش از ۳۰ کیلو ولت بر سانتیمتر گردد با پدیده کرنا مواجه خواهیم شد و میدان الکتریکی در نزدیکی ماده رسانا می‌تواند به حدی متمرکز شود که هوای مجاور خود را یونیزه نماید. این مسئله می‌تواند منجر به تخلیه جزئی انرژی الکتریکی شود، که به آن کرنا می‌گویند.

پدیده کرنا در اطراف خطوط فشار قوی که جریان متناوب دارند باعث مقداری تلفات الکتریکی و در شدیدترین حالت منجر به قوس الکتریکی و تخلیه کامل می‌شود.

یکی دیگر از مواقعی که کرنا بوجود می‌آید، در تیوب تخلیه الکتریکی کم فشار با اختلاف پتانسیل شدید، برای تولید پلازما است. در این حالت گاز قبل از شکست الکتریکی کامل، کرنا را تجربه خواهد کرد؛ این پدیده تنها در مکان‌هایی که میدان الکتریکی متمرکز شده است (مانند خراش‌ها، نقاط تیز و...) رخ خواهد داد و گاز در



### نام پروژه: بهینه‌سازی برج‌ها و خطوط طراحی شده برای کاهش اثرات کرنا و پارامترهای تخلیه در محیط

اطراف این مکان‌ها هادی گشته و هاله را تشکیل می‌دهد. این پدیده را به نام تخلیه تک قطبی نیز می‌شناسند.

#### •ولتاژ بحرانی

گرادیان ولتاژی که سبب شکست الکتریکی در عایق شده و به ازای آن، عایق خاصیت دی‌الکتریک خود را از دست می‌دهد، گرادیان ولتاژ بحرانی نامیده می‌شود. همچنین ولتاژی را که سبب ایجاد این گرادیان بحرانی می‌شود ولتاژ بحرانی می‌نامند.

#### •ولتاژ مرئی کرونا

هرگاه ولتاژ خط به ولتاژ بحرانی برسد، یونیزاسیون در هوای مجاور سطح هادی شروع می‌شود. اما در این حالت پدیده کرونا قابل روئیت نمی‌باشد. برای مشاهده کرونا، سرعت ذرات الکترون‌ها در هنگام برخورد با اتم‌ها و مولکول‌ها باید بیشتر باشید یعنی ولتاژ بالاتری نیاز است.

هدف از انجام این پروژه، طراحی بهینه پارامترهای برج‌ها و خطوط می‌باشد به نحوی که ولتاژ بحرانی کرونا از سطح ولتاژ نامی سیستم بالاتر بوده و تا حد امکان تشکیل پدیده کرونا به حداقل برسد.

## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

## "سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تعیین اطلاعات مورد نیاز برای چگالی هوا برای کرنای روی هادی‌ها، کرنای سیم‌های محافظ و اجتناب از آن	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>یکی از پدیده‌هایی که در ارتباط با تجهیزات برق دار به خصوص خطوط انتقال نیرو و تجهیزات فشار قوی مانند پلاسمای ناشی از تخلیه الکتریکی مطرح می‌شود، کرونا یا هاله است.</p> <p>هنگامی که گرادبان ولتاژ در سطح یک هادی بیش از شدت دی الکتریک هوای اطراف هادی گردد، هوای اطراف هادی یونیزه می‌شود (توجه داریم که شدت دی الکتریک هوا در شرایط دمای ۲۵ درجه سلسیوس و فشار هوای ۷۶ سانتیمتر جیوه ۳۰ کیلو ولت بر سانتیمتر می‌باشد) حال اگر گرادبان ولتاژ بیش از ۳۰ کیلوولت بر سانتیمتر گردد با پدیده کرونا مواجه خواهیم شد و میدان الکتریکی در نزدیکی ماده رسانا می‌تواند به حدی متمرکز شود که هوای مجاور خود را یونیزه نماید. این مسئله می‌تواند منجر به تخلیه جزئی انرژی الکتریکی شود، که به آن کرونا می‌گویند.</p> <p>پدیده کرونا در اطراف خطوط فشار قوی که جریان متناوب دارند باعث مقداری تلفات الکتریکی و در شدیدترین حالت منجر به قوس الکتریکی و تخلیه کامل می‌شود.</p> <p>یکی دیگر از مواقعی که کرونا بوجود می‌آید، در تیوب تخلیه الکتریکی کم فشار با اختلاف پتانسیل شدید، برای تولید پلازما است. در این حالت گاز قبل از شکست الکتریکی کامل، کرونا را تجربه خواهد کرد؛ این پدیده تنها در مکان‌هایی که میدان الکتریکی متمرکز شده است (مانند خراش ها، نقاط تیز و...) رخ خواهد داد و گاز در اطراف این مکان‌ها هادی گشته و هاله را تشکیل می‌دهد. این پدیده را به نام تخلیه تک قطبی نیز می‌شناسند.</p> <p>● ولتاژ بحرانی</p> <p>گرادبان ولتاژی که سبب شکست الکتریکی در عایق شده و به ازای آن، عایق خاصیت دی الکتریک خود را از دست می‌دهد، گرادبان ولتاژ بحرانی نامیده می‌شود. همچنین ولتاژی را که سبب ایجاد این گرادبان بحرانی می‌شود ولتاژ بحرانی می‌نامند.</p>

## نام پروژه: تعیین اطلاعات موردنیاز برای چگالی هوا برای کرنای روی هادی‌ها، کرنای سیم‌های محافظ و اجتناب از آن

## •ولتاژ مرئی کرونا

هرگاه ولتاژ خط به ولتاژ بحرانی برسد، یونیزاسیون در هوای مجاورسطح هادی شروع می‌شود. اما در این حالت پدیده کرونا قابل رویت نمی‌باشد. برای مشاهده کرونا، سرعت ذرات الکترون ها در هنگام برخورد با اتم ها و مولکول ها بایدبیشتر باشید یعنی ولتاژ بالاتری نیاز است.

هدف از انجام این پروژه، بررسی پدیده کرونا در شرایط جوی مختلف و در فصل‌های متفاوت می‌باشد. در واقع با توجه به طراحی تجهیزات، پدیده کرونا در شرایط مختلف بررسی می‌گردد.

## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

## نام پروژه: بررسی عملکرد خطوط و مبدل‌های HVDC با تمرکز بر وقوع خطاهای مختلف روی خطوط

۲۴ ماه

مدت زمان اجرای پروژه

---

بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه

## تشریح فعالیت

امروزه سیستم‌های انتقال HVDC اهمیت ویژه‌ای دارند و به دلیل ویژگی‌های خاص آن‌ها روز به روز مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرند. این سیستم‌ها در انتقال توان برای فواصل زیاد، خطوط انتقال زیرزمینی طویل و اتصال بین ۲ شبکه قدرت بدون عبور اغتشاشات کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده‌اند. یکی از مشکلات این خطوط قیمت بالای تجهیزات مبدل AC به DC و بالعکس است که در مواردی که سول خط زیاد باشد، استفاده از فناوری HVDC را توجیه پذیر می‌کند.

از آنجا که هزینه‌های HVDC بیشتر مرتبط با مبدل‌های آن است، لذا با تغییرات طول خط انتقال شیب افزایش هزینه به شدت هزینه خطوط HVAC تغییر نمی‌کند. بنابراین با افزایش مسافت، کاهش قیمت تمام‌شده سیستم

## نام پروژه: بررسی عملکرد خطوط و مبدل‌های HVDC با تمرکز بر وقوع خطاهای مختلف روی خطوط

HVDC را خواهیم داشت. برای فاصله‌ای بیش از فاصله بحرانی (که حدود ۵۰ کیلومتر برای کابل‌های زیردریا و حدود ۶۰۰ تا ۸۰۰ کیلومتر برای کابل‌های هوایی است)، کاهش هزینه ناشی از به کارگیری تجهیزات الکترونیک قدرت برای سیستم جریان مستقیم از هزینه این تجهیزات بیشتر است و لذا کاربری این سیستم عملاً در خطوط هوایی بسیار بلند مقرون به صرفه است.

هدف از انجام این پروژه، بررسی و مطالعه بر روی خطوط HVDC و مبدل‌های آن‌ها در شرایط خطا دار بودن شبکه می‌باشد. برای انجام پروژه فوق نیاز به وجود یک نرم افزار قوی که قابلیت محاسبه و تحلیل شبکه DC را داشته باشد، احساس می‌شود که در پروژه‌های قبلی به آن پرداخته شده است. بدین ترتیب که در نرم افزار فوق، خطاهای مختلف و در نقاط مختلف شبکه گذاشته می‌شود و نوع رفتار و پایداری سیستم در هر کدام از حالت‌ها بررسی و احيانا مشکل برطرف می‌شود.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

## نام پروژه: مطالعه پدیده میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی جفت شده و تعاملات آن‌ها در شبکه‌های هیبرید AC/DC

مدت زمان اجرای پروژه	۱۸ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>اهمیت و نقش امواج الکترومغناطیسی از قدیم‌الایام در زمینه‌هایی چون ارتباطات و مخابرات و رادار موضوعی بوده که همگان بدان واقف بوده‌اند.</p> <p>امروزه نقش میدان مغناطیسی در جوامع صنعتی بیش از پیش در سلامت و بهداشت فرد و جامعه حائز اهمیت می‌باشد. صدمات وارده از این میدان‌ها را در چهار دسته تقسیم‌بندی می‌کنند:</p> <p>صدمات اقتصادی - صدمات تکنولوژی - صدمات جسمی - صدمات روحی و روانی</p>

نام پروژه: مطالعه پدیده میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی جفت شده و تعاملات آن‌ها در شبکه‌های هیبرید AC/DC	
در این پروژه، هدف، مطالعه میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی جفت شده و تعاملات آن‌ها در شبکه‌های هیبرید AC/DC می‌باشد.	

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: امکان‌سنجی و بررسی استراتژی‌های تبدیل خطوط AC به DC به منظور مدیریت و افزایش ظرفیت انتقال	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>به منظور افزایش ظرفیت خطوط انتقال، یکی از راه‌های پیشنهادی، تبدیل کاربری خطوط موجود است. به نحوی که با انجام تغییرات لازم، از خطوط موجود، برای انتقال توان به صورت HVDC استفاده گردد. مزیت این طرح آن است که بجای صرف هزینه بیشتر برای ایجاد یک خط ۴۰۰ کیلوولت در کنار خط موجود، افزایش ظرفیت را با استفاده از تکنولوژی HVDC تامین کرد. در یک طرح پژوهشی این طرح برای یکی از خطوط ایران بررسی شده است و تفاوت هزینه دو طرح آورده شده است.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، بررسی و مطالعه بر روی خطوط انتقال HVAC موجود و بررسی فنی و اقتصادی جهت تبدیل این خطوط به خطوط HVDC به منظور افزایش ظرفیت انتقال خط موجود است. در این مورد کارهایی صورت گرفته است. به عنوان مثال در مقاله آقای حسین سلیمانی، تحت عنوان "بررسی فنی و اقتصادی طرح تبدیل خطوط انتقال A.C. موجود به D.C." در چهارمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق ایران، ۱۳۸۰، جهت افزایش ظرفیت توان انتقالی خط ۴۰۰kV زیاران-تبریز، بجای افزایش سطح ولتاژ، طرح</p>

تبدیل خط موجود به HVDC بررسی گردیده و مقایسه بین این دو طرح انجام گرفته شده است.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی بهره‌گیری از خطوط HVDC فشرده جهت انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>امروزه سیستم‌های انتقال HVDC اهمیت ویژه‌ای دارند و به دلیل ویژگی‌های خاص آن‌ها روز به روز مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرند. این سیستم‌ها در انتقال توان برای فواصل زیاد، خطوط انتقال زیرزمینی طویل و اتصال بین دو شبکه قدرت بدون عبور اغتشاشات کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده‌اند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، مطالعه و بررسی خطوط HVDC فشرده جهت انتقال برق با ظرفیت بالا و تدوین دانش فنی بهره‌برداری از آن‌هاست.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: مطالعه میدان‌ها و یون‌های الکتریکی و اثرات الکتریکی HVDC (نظیر کرونا، نویزهای قابل شنیدن، تداخل الکترومغناطیسی در فرکانس‌های رادیو و تلویزیون و...)	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پدیده کرونا یکی از عوامل موثر در تعیین هادی‌های مورد استفاده در خطوط نیرو است. برای کنترل پدیده کرونا لازم است مقاطع هادی‌ها طوری انتخاب شوند که میدان الکتریکی و یا گرادیان ولتاژ در اطراف آن‌ها باعث شکست هوا نگردد. در صورت وقوع چنین حالتی پدیده کرونا ظاهر شده که می‌تواند باعث تولید حرارت، نور و صدا گردد. علاوه بر موارد فوق این پدیده سبب ایجاد اغتشاشات در امواج رادیویی، تلویزیونی و مخابراتی نیز می‌گردد. آزمون‌های انجام شده نشان می‌دهد وقتی گرادیان ولتاژ در اطراف هادی‌ها در شرایط استاندارد از مقدار ۲۱,۲۱ کیلوولت بر سانتی‌متر تجاوز نماید پدیده کرونا آغاز می‌شود و هر چه فاصله‌ی این رقم از ۲۱,۲۱ بیشتر باشد، بر میزان تلفات کرونا و اغتشاشات ناشی از آن افزوده می‌گردد.</p> <p>در شرایط استاندارد برای درجه حرارت محیط، فشار هوا، درجه خلوص و میزان رطوبت هوا مقادیر مشخصی تعیین گردیده است و طبیعی است در صورت تغییر هر یک از عوامل فوق‌الذکر حد شکست هوا در اطراف هادی تغییر می‌کند که در ذیل به طور اختصار به چند عامل مهم از آن اشاره می‌گردد:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↩ درجه حرارت محیط</li> <li>↩ ارتفاع منطقه</li> <li>↩ رطوبت هوا</li> <li>↩ میزان آلودگی هوا</li> </ul> <p>در این پروژه، هدف، مطالعه میدان‌ها و یون‌های الکتریکی و اثرات الکتریکی HVDC می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بررسی عملکرد دینامیکی یک سیستم قدرت AC/DC یکپارچه و جابجایی مناسب خطوط HVDC در شبکه	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>محاسبه ظرفیت انتقال توان از نقطه‌ای به نقطه دیگر از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین مسائل در بهره‌برداری و طراحی سیستم قدرت است. حداکثر توانی که می‌توان از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر انتقال داد توسط عوامل زیر محدود می‌شود:</p> <p>حد پایداری خطوط، حد پایداری استاتیکی، حد ولتاژ در باس‌ها، ناپایداری ولتاژ دینامیک و ناپایداری گذرا.</p> <p>ATC حداکثر مقدار توانی است که در هر ساعت اضافه بر آنچه برای آن ساعت برنامه‌ریزی شده است، بین دو نقطه انتقال داد بدون اینکه هیچ کدام از این حدود خدشه‌دار شود. از آنجا که هر مگاوات ظرفیت انتقال، می‌تواند ارزش میلیون دلاری در سال داشته باشد، دقت در تعیین ATC دارای اهمیت زیاد و اولویت اصلی است به طوری که صاحبان سیستم‌های انتقال، زمان بسیار زیادی را صرف محاسبه دقیق آن می‌کنند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، مطالعه و بررسی بر روی حدود مختلف پایداری در شبکه‌های انتقال با ظرفیت بالا و پس از آن جابجایی بهینه و مناسب خطوط HVDC در شبکه است.</p>



## اقدام ۲: بهره برداری از خطوط انتقال زیر زمینی

این اقدام، خود شامل هفت پروژه می باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: طراحی نرم افزارهای لازم برای طراحی خطوط انتقال زیرزمینی باهدف افزایش بازدهی و کاهش هزینه	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۸ ماه
بودجه پیش بینی شده جهت اجرای پروژه	---
<b>تشریح فعالیت</b>	<p>با توجه به ضرورت شبیه سازی سیستم های قدرت مجهز به خطوط HVDC ، نرم افزارهای محاسباتی می بایستی دارای توانایی مدل سازی و شبیه سازی خطوط HVDC و همچنین خطوط و کابل های انتقال زیرزمینی باشند. در این پروژه می بایست چگونگی و روش ایجاد قابلیت شبیه سازی خطوط HVDC به همراه خطوط زیرزمینی و همچنین امکان بهینه سازی در نرم افزار مذکور بررسی و نشان داده شود و سپس به تهیه و تولید این نرم افزار پرداخته شود.</p> <p>از جمله قابلیت های مهمی که این نرم افزار باید داشته باشد، عبارتند از:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ شبیه سازی مبدل های الکترونیک قدرت</li> <li>↪ توانایی پخش بار</li> <li>↪ اتصال همزمان شبکه های AC,DC</li> <li>↪ بررسی سطح اتصال کوتاه</li> <li>↪ مطالعه رفتار هارمونیک شبکه</li> <li>↪ مدل سازی انواع کابل های HVDC</li> <li>↪ مدل سازی انواع کابل های زیرزمینی</li> </ul>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

<p>نام پروژه: تدوین دستورالعمل مدیریت تنش‌های مکانیکی و حرارتی در دی‌الکتریک‌های مورد استفاده در داکت‌ها ولوله‌های زیرزمینی در راستای کاهش نرخ خطا و افزایش بهره‌برداری در سطوح بالای تنش مکانیکی و حرارتی</p>	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>خطوط جریان مستقیم ولتاژ بالا (HVDC)، یک سیستم انتقال توان الکتریکی جریان DC است که نسبت به سیستم‌های متداول جریان متناوب توان الکتریکی زیادی را منتقل کنند و برای مسیرهای دریایی و یا مسافت‌های طولانی استفاده می‌گردند. برای مسافت‌های طولانی ممکن است سیستم‌های HVDC ارزانتر و دارای تلفات کمتری باشد. برای کابل‌های قدرت زیر آب، سیستم HVDC بر خلاف سیستم‌های AC نیاز به جریان‌های زیاد جهت شارژ و دشارژ خازنی در هر سیکل ندارند. اما در مسافت‌های کوتاه‌تر، هزینه بالاتر تجهیزات مورد استفاده در DC باعث می‌شود تا با در نظر گرفتن مزایای این خطوط هنوز از سیستم‌های AC استفاده گردد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، مطالعه بر روی کابل‌های زیرزمینی و داکت‌های آن‌ها، و هماهنگی حد جریان مجاز گذرنده از کابل با آن، به منظور کاهش نرخ خطا و افزایش بهره‌برداری از کابل‌ها می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: دستیابی به دانش فنی عایق‌های دی‌الکتریک با قابلیت اطمینان بالا به منظور کاهش حجم کابل‌ها، افزایش طول عمر و کاهش نرخ خرابی عایق‌های کابل	
مدت زمان اجرای پروژه	۳۰ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>سیستم کابل‌ها، قسمتی از توان بالای زیر بنای ترانسفورماتورهای قدرت مدرن روز هستند. این همه حاوی این است، اگر چه یک وظیفه مهم تامین‌کننده این است، به سیستم‌های نمایشی با قابلیت اطمینان بالا به خاطر فشارهای الکتریکی بالا در چنین سطح ولتاژی که کابل و لوازم جانبی کلاً هماهنگ شده‌اند، اطمینان کامل را بدهد.</p> <p><b>• رفع محدودیت - تغییر قانون‌ها</b></p> <p>سیستم کابل‌های فشار قوی یک قسمت اساسی دارد که در محیطی مناسب، جدید، ویژه قرار می‌گیرد؛ هنگامیکه می‌آید و جایگزین خطوط هوایی می‌شود؛ با کابل‌های زیر زمینی. هزینه سیستم کابل‌های فشار قوی در طول دهه اخیر کاهش یافته و احتمالاً بیشتر هم پایین می‌آید. در همین زمان عملکرد کابل XLPE شدیداً افزایش پیدا کرده است. پیام جدید وجود دارد که سیستم کابل‌های XLPE قادر است با خطوط هوایی، به طور تکنیکی، محیطی و به صورت اقتصادی رقابت کند. این ویژگی کابل‌های XLPE را از طرح انتقال خطوط هوایی در یک منظر جدید متمایز کرده است. در جاهایی که پاسخ کابل‌ها اغلب چابک‌ترین گزینی داشته باشد.</p> <p><b>• عایق فشار قوی - عملکرد و پیشرفت</b></p> <p>روند برقرار شده خوب به سمت یک عایق ضخیم کوچکتر ادامه خواهد داشت نتایج یک کابل باریک‌تر با امتیازات بیشتر، طول خطی طولانی‌تر در اطراف آن، نصب راحت‌تر، مفصل کوچکتر، انقباض و انبساط حرارتی، کاهش مواد عایقی به کاررفته. تجارب اموخته شده در طول توسعه کابل EHV_XLPE (extra high voltage XLPE)، توسعه یافتن مواد و فرایندها و خدمات فوق‌العاده XLPE، توانسته است ضخامت این کابل‌ها را تا ۱۲-۱۵ میلی‌متر برای خطوط ۱۳۲ kv کاهش دهد.</p> <p>مقایسه کابل‌هی هوایی و کابل‌های XLPE زیر زمینی از نظر نرخ هزینه بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۰</p>

• کابل‌های زیرزمینی با خطوط هوایی متمایزند

هدف از انجام این پروژه، مطالعه بر روی تخلیه جزئی روی کابل‌های برق، و اندازه‌گیری میدان ایجاد شده در اطراف کابل می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی اندازه‌گیری میدانی تخلیه جزئی در کابل‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>یکی از پدیده‌هایی که در ارتباط با تجهیزات برق‌دار به خصوص خطوط انتقال نیرو و تجهیزات فشار قوی مانند پلاسمای ناشی از تخلیه الکتریکی مطرح می‌شود، کرونا یا هاله است.</p> <p>هنگامی که گرادیان ولتاژ در سطح یک هادی بیش از شدت دی الکتریک هوای اطراف هادی گردد، هوای اطراف هادی یونیزه می‌شود (توجه داریم که شدت دی الکتریک هوا در شرایط دمای ۲۵ درجه سلسیوس و فشار هوای ۷۶ سانتیمتر جیوه ۳۰ کیلو ولت بر سانتیمتر می‌باشد) حال اگر گرادیان ولتاژ بیش از ۳۰ کیلو ولت بر سانتیمتر گردد با پدیده کرونا مواجه خواهیم شد و میدان الکتریکی در نزدیکی ماده رسانا می‌تواند به حدی متمرکز شود که هوای مجاور خود را یونیزه نماید. این مسئله می‌تواند منجر به تخلیه جزئی انرژی الکتریکی شود، که به آن کرونا می‌گویند.</p> <p>پدیده کرونا در اطراف خطوط فشار قوی که جریان متناوب دارند باعث مقداری تلفات الکتریکی و در شدیدترین حالت منجر به قوس الکتریکی و تخلیه کامل می‌شود.</p> <p>یکی دیگر از مواقعی که کرونا بوجود می‌آید، در تیوب تخلیه الکتریکی کم فشار با اختلاف پتانسیل شدید، برای تولید پلازما است. در این حالت گاز قبل از شکست الکتریکی کامل، کرونا را تجربه خواهد کرد؛ این پدیده تنها در مکان‌هایی که میدان الکتریکی متمرکز شده است (مانند خراش‌ها، نقاط تیز و...) رخ خواهد داد و گاز در اطراف این مکان‌ها هادی گشته و هاله را تشکیل می‌دهد. این پدیده را به نام تخلیه تک قطبی نیز می‌شناسند.</p>

## نام پروژه: تدوین دانش فنی اندازه‌گیری میدانی تخلیه جزئی در کابل‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

**•ولتاژ بحرانی**

گرادیان ولتاژی که سبب شکست الکتریکی در عایق شده و به ازای آن، عایق خاصیت دی الکتریک خود را از دست می‌دهد، گرادیان ولتاژ بحرانی نامیده می‌شود. همچنین ولتاژی را که سبب ایجاد این گرادیان بحرانی می‌شود ولتاژ بحرانی مینامند.

**•ولتاژ مرئی کرونا**

هرگاه ولتاژ خط به ولتاژ بحرانی برسد، یونیزاسیون در هوای مجاور سطح هادی شروع می‌شود. اما در این حالت پدیده کرونا قابل رویت نمی‌باشد. برای مشاهده کرونا، سرعت ذرات الکترون‌ها در هنگام برخورد با اتم‌ها و مولکول‌ها باید بیشتر باشید یعنی ولتاژ بالاتری نیاز است.

هدف از انجام این پروژه، مطالعه بر روی تخلیه جزئی روی کابل‌های برق، و اندازه‌گیری میدان ایجاد شده در اطراف کابل می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تهیه دستورالعمل بهبود طراحی و بهره‌برداری از فیدهای انتقال برق زیرزمینی موازی با رویکرد کاهش اثرات متقابل بهره‌برداری موازی خطوط	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>خطوط انتقال زیرزمینی خود خنک کننده یا دارای خنک کننده جداگانه معمولاً مشکلات زیست محیطی و زیبایی شناسی خطوط هوایی را ندارد ولی دارای معایب دیگری است. هزینه زیاد ساخت، نصب و راه‌اندازی کابل‌های زیرزمینی عمدتاً به دلیل پیچیدگی فنی عایق‌های فشار قوی لزوم خنک کردن است (نشت روغن خنک‌کننده نیز یکی از مشکلات زیست محیطی این کابل‌ها است). هزینه نگهداری زیاد عمدتاً به دلیل جریان عبوری زیاد در ولتاژهای بالا و خاصیت خازنی زیاد و بازده کم سیستم‌های خنک کننده است. حفاری در زمین، لوازم مخصوص و شناسایی مواد رسانای حرارت، هزینه نصب خطوط انتقال زیرزمینی را تا حد قیمت کابل افزایش می‌دهد. کاهش چگالی توان توزیع در خطوط زیرزمینی به میزان قابل توجهی قیمت نصب را در مقایسه با خطوط انتقال کاهش می‌دهد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تهیه دستورالعمل بهبود طراحی و بهره‌برداری از فیدهای انتقال برق زیرزمینی موازی با رویکرد کاهش اثرات متقابل بهره‌برداری موازی خطوط است، تا بتوان با طراحی مناسب از مزیت‌های خطوط انتقال زیرزمینی بهره‌مند شد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی تحلیل خمش حرارتی-گرمائی (TMB) کابل‌های درون یک لوله باهدف بهبود قابلیت اطمینان در اثر پیرشدگی کابل‌های سیستم	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>دمای خمش گرمایی یا دمای اعوجاج گرمایی (HDT) دمایی است که در آن یک نمونه پلیمری یا پلاستیکی تحت یک بار مشخص، تغییر شکل می‌دهد. این ویژگی مواد پلاستیکی در بسیاری از وجوه طراحی محصول، مهندسی و تولید محصولات با اجزای گرمانرم به کار می‌رود. هدف از انجام این پروژه، بررسی و مطالعه بر روی این تکنولوژی و سایر تکنولوژی‌های روز دنیا جهت ایجاد دانش آن در کشور و استفاده از آن است. هدف از انجام این پروژه، تدوین دانش فنی تحلیل حرارتی-گرمائی کابل‌های درون یک لوله با هدف بهبود قابلیت اطمینان در اثر پیر شدگی کابل‌های سیستم است.</p>

## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: ترسیم نقشه راه شناسایی، طراحی و ساخت کابل‌های نوین در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>یکی از مهمترین اجزای شبکه‌های انتقال، کابل‌های برق شبکه می‌باشند. امروزه با پیشرفت تکنولوژی، دانش‌های جدیدی وارد این عرصه شده است. یکی از این دانش‌ها، استفاده از مواد ابر رسانا در تولید کابل می‌باشد، که اشاره کوتاهی به آن خواهد شد:</p> <p>در تمامی جهان، تأسیسات الکتریکی با یک چالش مواجه اند؛ عبور دادن مقدار بیشتری انرژی از درون شبکه‌های توزیع و انتقال برای رفع نیاز رو به افزایش مصرف کننده ها در قرن بیست و یکم. به علاوه، آن‌ها باید مصرف کننده ها را از قطعی‌های ناهنگام در اثر این اضافه مصرف محافظت کنند.</p> <p>یک تکنولوژی انقلابی در ساخت کابل‌های برق ابداع شده که مدعی است می‌تواند بر هر دو مشکل ذکر شده در بالا غلبه کند. کابل‌های جدید از مواد ابررسانا درجه حرارت بالا یا HTS ساخته شده‌اند و می‌توانند انرژی الکتریکی ۱۵۰ برابر یک سیم مسی معمولی با همان قطر را انتقال دهند. هنگامی که ابررسانا در یک کابل استفاده می‌شود مانند یک رسانای خیلی خوب عمل می‌کند البته در صورتی که چند شرط برای کارکرد آن رعایت شده باشد. مهمترین شرط این است که مواد ابررسانا باید در زیر درجه حرارت بحرانی خود قرار بگیرند تا خاصیت ابررسانایی خود را نمایش دهند. این امر سبب می‌شود که چنین کابلی نیاز به یک خنک کننده دائمی نیتروژن مایع داشته باشد. نیتروژن مایع نسبتاً ارزان و از نظر محیط زیستی کم خطر است و می‌تواند جانشین روغن‌هایی شود که به صورت معمول در بسیاری از کابل‌های توزیع و انتقال در شبکه استفاده می‌شوند.</p> <p>این کابل‌ها دارای ۴ مشخصه هستند که آن‌ها را از کابل‌های معمولی مسی متمایز می‌کنند: ۱- ظرفیت انتقال توان بالا. ۲- امپدانس خیلی کم. ۳- سادگی نصب و راه‌اندازی. ۴- انتخاب گزینه محدود کننده جریان خودکار.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، بررسی و مطالعه بر روی این تکنولوژی و سایر تکنولوژی‌های روز دنیا جهت ایجاد دانش آن در کشور و استفاده از آن است.</p>



### اقدام ۳: بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر دریایی

این اقدام، خود شامل یک پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل نصب و بهره‌برداری از کابل‌های انتقال زیر دریایی	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>با توجه به اهمیت انتقال انرژی و همچنین مبادله داده و اطلاعات در عصر حاضر، شناخت محیط‌های مختلف برای انتقال داده و انرژی، امری است که اهمیت آن بر هیچ کس پوشیده نیست.</p> <p>در زمینه انتقال داده محیط‌های گوناگونی از قبیل امواج رادیویی، مایکروویو، کابل‌های نوری و کابل‌های کواکسیال و... وجود دارند. در این میان گاهی اوقات برای اتصال نقاط به یکدیگر از کابل‌های نوری زیر دریایی استفاده می‌شود. و همچنین در زمینه انتقال انرژی الکتریکی در موارد خاصی نظیر:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ اتصال یک جزیره به شبکه برق یک کشور</li> <li>↪ اتصال دو جزیره مجاور</li> <li>↪ انتقال برق تولیدی حاصل از نیروگاه‌های بادی دریایی</li> <li>↪ اتصال سکوه‌های نفتی و حفاری مستقر در دریا به همدیگر یا به خشکی</li> <li>↪ از کابل‌های زیر دریا استفاده می‌شود.</li> </ul> <p>به چند نمونه از کابل‌های زیر دریایی اشاره می‌شود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ HYDRO FIRM</li> <li>↪ SCLF(Self Contained Liquid-Filled Cables)</li> <li>↪ HPLF(High Pressure Liquid-Filled Pipe-Type)</li> </ul> <p>هدف از انجام این پروژه، مطالعه بر روی کابل‌های زیر دریایی و تدوین دستورالعمل نصب و بهره‌برداری از آن‌ها است.</p>

### اقدام ۴: بهره‌برداری از پست‌های انتقال فشارقوی

این اقدام، خود شامل دوازده پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین نقشه راه دستیابی به تکنولوژی‌های جدید ترانسفورماتورهای قدرت در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>ترانسفورماتور ماشین استاتیکی است که از طریق القای الکترومغناطیسی، ولتاژ و جریان متناوب الکتریکی را بدون تغییری در فرکانس بین دو یا چند سیم پیچ به مقادیر مختلف تبدیل می‌کند. ترانسفورماتورها در پست‌های نیروگاهی به منظور بالا بردن ولتاژ برای انتقال اقتصادی قدرت و در پست‌های فوق توزیع و توزیع به منظور پایین آوردن ولتاژ به مقادیر موردنیاز و قابل مصرف بکار گرفته می‌شوند.</p> <p>ساختار یک ترانسفورماتور قدرت به طور کلی شامل یک هسته مغناطیسی است که دو یا چند سیم پیچ بر روی آن قرار گرفته‌اند. مجموعه هسته و سیم پیچ در داخل تانک قرار دارند.</p> <p>در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناخت و بررسی تکنولوژی‌های جدید ساخت ترانسفورماتورها می‌باشد و پس از آن ترسیم و تدوین نقشه راه دستیابی به این تکنولوژی به صورتی که پس از زمان مشخصی این تکنولوژی بصورت بومی در کشور درآید.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل استفاده از نرم‌افزارهای مدیریت بهره‌برداری منابع الکتریکی (MMW و غیره)	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از طراحی و ساخت و تامین و تجهیز خطوط انتقال با ظرفیت بالا، نوبت به بهره‌برداری از این خطوط می‌رسد. امروزه در تمام پروژه‌های بزرگ در سراسر دنیا، مهندسين صنايع، استفاده از نرم‌افزارها و محاسبات مدیریتی را توصیه می‌کنند. استفاده از این نرم‌افزارها باعث می‌وند تمام مراحل کار تحت برنامه‌ریزی و نظارت دقیق قرار گیرد و اختلالی در برنامه از پیش تعیین شده ایجاد نگردد. یکی از این نرم‌افزارها، نرم‌افزار MMW است. که قابلیت‌های فراوانی دارد.</p> <p>در این پروژه، هدف اصلی، شناسایی نرم‌افزارهای مطرح روز دنیا در زمینه مدیریت بهره‌برداری منابع الکتریکی، و پس از آن آموزش متخصصانی در این زمینه و استفاده موثر از آن است.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین نقشه راه توسعه، کاربرد تجهیزات پیشرفته کنترلی الکترونیک قدرت در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>از سالها پیش، نیاز به کنترل قدرت الکتریکی در سیستم‌های انتقال و توزیع احساس می‌شود. الکترونیک قدرت، انقلابی در مفهوم کنترل قدرت، برای تبدیل قدرت و کنترل محرک‌های موتورهای الکتریکی، به وجود آورده است.</p> <p>الکترونیک قدرت تلفیقی از الکترونیک، قدرت و کنترل است. در کنترل، مشخصات حالت پایدار و دینامیک سیستم‌های حلقه بسته بررسی می‌شود. در قدرت، تجهیزات ساکن و گردان قدرت جهت تولید، انتقال و توزیع قدرت الکتریکی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. الکترونیک درباره قطعات حالت جامد و مدارهای پردازش سیگنال، جهت دستیابی به اهداف کنترل مورد نظر تحقیق و بررسی می‌کند.</p> <p>الکترونیک قدرت مبتنی بر قطع و وصل افزارهای نیمه هادی قدرت، با توسعه تکنولوژی نیمه هادی قدرت، توانایی در کنترل قدرت و سرعت و وصل افزارهای قدرت به طور چشمگیری بهبود یافته است. پیشرفت تکنولوژی میکروپروسسور / میکرو کامپیوتر تاثیر زیادی روی کنترل و ابداع روشهای کنترل برای قطعات نیمه هادی قدرت داشته است. تجهیزات الکترونیک قدرت مدرن از (۱) نیمه هادی‌های قدرت استفاده می‌کند که می‌توان آن‌ها را مانند ماهیچه در نظر گرفت، و (۲) از میکروالکترونیک بهره می‌جوید که دارای قدرت و هوش مغز است.</p> <p>الکترونیک قدرت، جایگاه مهمی در تکنولوژی مدرن به خود اختصاص داده است و امروزه از آن در محصولات صنعتی با قدرت بالا مانند کنترل کننده‌های حرارت، نور، موتورها، منابع تغذیه قدرت، سیستم‌های محرک وسایل نقلیه و سیستم‌های ولتاژ بالا (فشار قوی) با جریان مستقیم استفاده می‌کنند. مشکل بتوان حد مرزی برای کاربرد الکترونیک قدرت تعیین کرد، بویژه با روند موجود در توسعه افزارهای قدرت و میکروپروسسورها، حد نهایی الکترونیک قدرت نا مشخص است. جدول زیر بعضی از کاربردهای الکترونیک قدرت را نشان می‌دهد.</p>

نام پروژه: تدوین نقشه راه توسعه، کاربرد تجهیزات پیشرفته کنترلی الکترونیک قدرت در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناخت و بررسی تکنولوژی‌های به روز و مفید تجهیزات الکترونیک قدرت در سطح ولتاژهای بالا می‌باشد و پس از آن ترسیم و تدوین نقشه راه دستیابی به این تکنولوژی‌ها با توجه به نیازهای کشور، به صورتی که پس از زمان مشخصی این تکنولوژی بصورت بومی در کشور درآید.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی توسعه استفاده از مدار شکن / محدودکننده خطای حالت جامد (تجهیزات الکترونیک قدرت پیشرفته)

مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>مدار شکن نوعی کلید خودکار است که برای محافظت از یک مدار الکتریکی در مقابل خطرات ناشی از اضافه بار یا اتصال کوتاه طراحی شده است. برعکس فیوز که یک بار عمل کرده و پس از آن باید تعویض شود، مدار شکن می‌تواند مجدداً (به طور خودکار یا دستی) وارد مدار شود. مدار شکن‌ها در اندازه‌های مختلفی ساخته می‌شوند و می‌توانند از یک کلید کوچک مورد استفاده در یک منزل تا یک کلید بزرگ که برای محافظت مدارهای ولتاژ بالا و تغذیه یک شهر به کار می‌رود متفاوت باشند.</p> <p>تمامی مدار شکن‌ها مشخصه‌های مشترکی برای عملکرد خود دارند البته جزئیات کار آن‌ها به ولتاژ کار، میزان جریان و نوع آن‌ها وابسته است. یک مدار شکن باید بتواند بروز خطا را در مدار تشخیص دهد؛ در مدار شکن‌های ولتاژ پایین این کار به وسیله قسمتی که در محفظه مدار شکن قرار دارد انجام می‌شود اما در مدار شکن‌های ولتاژ بالا تجهیزات جداگانه‌ای برای تشخیص انواع خطاهای شبکه در نظر گرفته شده است. زمانی یک خطا تشخیص داده می‌شود کنتاکت‌های داخل مدار شکن باید باز شوند تا مدار را متوقف کنند. در برخی از مدار شکن‌ها از انرژی مکانیکی ذخیره شده در داخل مدار شکن برای جدا کردن کنتاکت‌ها استفاده می‌شود همچنین ممکن است مقداری از انرژی مورد نیاز از خود جریان خطا دریافت شود. زمانی که جریان متوقف</p>

<p>نام پروژه: تدوین دانش فنی توسعه استفاده از مدار شکن / محدودکننده خطای حالت جامد (تجهیزات الکترونیک قدرت پیشرفته)</p>	
<p>می‌شود، یک قوس الکتریکی به وجود می‌آید این قوس باید در یک فرآیند کنترل شده متوقف، سرد و خاموش شود تا فاصله بین کنتاکت‌ها از برقراری دوباره جریان جلوگیری کند. در نهایت زمانی که خطا برطرف می‌شود کنتاکت‌ها دوباره باید وصل شوند تا مدار به حالت اول خود بازگردد.</p> <p>در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناخت و بررسی تکنولوژی‌های به روز تجهیزات مدارشکن‌های قدرت در سطح ولتاژهای بالا می‌باشد و پس از آن ترسیم و تدوین نقشه راه دستیابی به این تکنولوژی‌ها با توجه به نیازهای کشور، به صورتی که پس از زمان مشخصی این تکنولوژی بصورت بومی در کشور درآید.</p>	

### شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

<p>نام پروژه: بررسی و تحلیل جامع انواع کلید زنی در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا و تحلیل اثرات آن بر پارامترهای قابلیت اطمینان شبکه</p>	
<p>مدت زمان اجرای پروژه</p>	<p>۶ ماه</p>
<p>بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه</p>	<p>---</p>
<p>تشریح فعالیت</p>	<p>گسترش شبکه‌های انتقال انرژی و افزایش روز افزون مصرف آن، طرح و احداث خطوط با ظرفیت ۲۰۰۰-۵۰۰۰ مگاوات را ایجاد می‌کند. افزایش ظرفیت انتقالی خطوط تنها با استفاده از ردیف ولتاژهای بالا امکان‌پذیر می‌باشد، به همین علت احداث شبکه‌های سراسری انتقال انرژی با ردیف ولتاژهای ۷۵۰-۱۲۰۰ کیلوولت به طول چندین هزار کیلومتر، با ظرفیت چندده‌هزار مگاوات در کشورهای بزرگ عمومیت کامل یافته است.</p> <p>تامین ایزولاسیون کافی و مطمئن هادی‌ای تحت ولتاژ در خطوط انتقال انرژی و تجهیزات فشار قوی نظیر ترانسفورماتورها، راکتورها، کلیدها و غیره در طی کار شبکه و تغییرات روی داده در آن، یکی از مسائل عمده‌ی خطوط انتقال انرژی و استفاده از ردیف‌های ولتاژ بالا را تشکیل می‌دهد.</p> <p>تجاوز ولتاژ از مقدار اسمی خود و ظهور ولتاژهای لحظه‌ای موجی با دامنه‌ی بالا، بیش از ولتاژ دی‌الکتریک ماده</p>

نام پروژه: بررسی و تحلیل جامع انواع کلید زنی در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا و تحلیل اثرات آن بر پارامترهای

قابلیت اطمینان شبکه

ایزوله، بروز قوس در آن را به صورت اتصالی فاز-فاز و یا زمین-زمین سبب می‌گردد. ظهور اضافه ولتاژها در شبکه اجتناب‌ناپذیر بوده، احتمال بروز قوس در ایزولاسیون و ماده ایزوله همواره موجود می‌باشد. کاهش درصد بروز قوس‌ها و اتصالات، میلزوم آشنائی کامل با اضافه ولتاژها، انواع مختلف آنان، شرایط ظهور و نحوه‌ی تاثیر در ایزولاسیون شبکه می‌باشد.

با آشنائی با نحوه‌ی ظهور اضافه ولتاژها، انتخاب مشخصات مناسب شبکه و تجهیزات موجود در آن امکان‌پذیر می‌گردد.

در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناخت و بررسی انواع کلیدزنی‌ها در سطح ولتاژهای بالا و سپس بررسی اثرات آن بر روی تجهیزات مختلف موجود در شبکه است.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل جامع ارزیابی شبکه زمین سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا

مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>هدف اصلی از اتصال زمین تجهیزات و ایجاد شبکه‌ی زمینی، تامین ایمنی کافی برای کسانی است که با این تجهیزات در تماس می‌باشند. همچنین تامین حفاظت کافی برای تجهیزات الکتریکی در برابر زوال یا خرابی آنها از دیگر اهداف شبکه زمین می‌باشد. لذا بخشی از طراحی‌ها و عملیات مهندسی پست‌های فشارقوی، طراحی سیستم زمین و اتصال بدنه تجهیزات فشار قوی و اسکلت‌های فلزی می‌باشد به این ترتیب، کلیه تجهیزات نصب شده بر روی زمین، تحت ولتاژ یکسانی، معادل با ولتاژ زمین واقع می‌شوند.</p> <p>بروز خطا و اتصالی در پست‌های فشار قوی، به صورت بروز قوس الکتریکی در فواصل هوایی فاز-زمین و فاز-فاز و یا در پی صدمه به تجهیزات فشار قوی امکان‌پذیر می‌باشد. بروز قوس الکتریکی در پی ظهور اضافه</p>

نام پروژه: تدوین دستورالعمل جامع ارزیابی شبکه زمین سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا	
ولتاژهای موجی صاعقه، قطع و وصل کلیدها، آلودگی محیط، جابجایی هادی، اضافه ولتاژهای موقت و... روی می‌دهد.	
در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناخت و بررسی انواع خطاها و اضافه ولتاژهای احتمالی در پست و تعیین و طراحی سیستم زمین مناسب برای مقابله با این خطرات است.	

### شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل ارزیابی وضعیت و افزایش طول عمر مدارشکن‌ها	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۸ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>مدارشکن نوعی کلید خودکار است که برای محافظت از یک مدار الکتریکی در مقابل خطرات ناشی از اضافه بار یا اتصال کوتاه طراحی شده است. برعکس فیوز که یک بار عمل کرده و پس از آن باید تعویض شود، مدارشکن می‌تواند مجدداً (به طور خودکار یا دستی) وارد مدار شود. مدارشکن‌ها در اندازه‌های مختلفی ساخته می‌شوند و می‌توانند از یک کلید کوچک مورد استفاده در یک منزل تا یک کلید بزرگ که برای محافظت مدارهای ولتاژ بالا و تغذیه یک شهر به کار می‌رود متفاوت باشند.</p> <p>تمامی مدارشکن‌ها مشخصه‌های مشترکی برای عملکرد خود دارند البته جزئیات کار آن‌ها به ولتاژ کار، میزان جریان و نوع آن‌ها وابسته است. یک مدارشکن باید بتواند بروز خطا را در مدار تشخیص دهد؛ در مدارشکن‌های ولتاژ پایین این کار به وسیله قسمتی که در محفظه مدارشکن قرار دارد انجام می‌شود اما در مدارشکن‌های ولتاژ بالا تجهیزات جداگانه‌ای برای تشخیص انواع خطاهای شبکه در نظر گرفته شده است. زمانی یک خطا تشخیص داده می‌شود کنتاکت‌های داخل مدارشکن باید باز شوند تا مدار را متوقف کنند. در برخی از مدارشکن‌ها از انرژی مکانیکی ذخیره شده در داخل مدارشکن برای جدا کردن کنتاکت‌ها استفاده می‌شود</p>



نام پروژه: تدوین دستورالعمل ارزیابی وضعیت و افزایش طول عمر مدارشکن‌ها

همچنین ممکن است مقداری از انرژی مورد نیاز از خود جریان خط دریافت شود. زمانی که جریان متوقف می‌شود، یک قوس الکتریکی به وجود می‌آید این قوس باید در یک فرآیند کنترل شده متوقف، سرد و خاموش شود تا فاصله بین کنتاکت‌ها از برقراری دوباره جریان جلوگیری کند. در نهایت زمانی که خط برطرف می‌شود کنتاکت‌ها دوباره باید وصل شوند تا مدار به حالت اول خود بازگردد.

امروزه از روش‌های مختلفی برای خاموش کردن قوس حاصل از قطع جریان برق در مدارشکن‌ها استفاده می‌گردد.

در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناخت و بررسی تکنولوژی‌های به روز تجهیزات مدارشکن‌های قدرت در سطح ولتاژهای بالا می‌باشد و پس از آن ترسیم و تدوین نقشه راه دستیابی به تکنولوژی‌های مختلف مدارشکن‌ها متناسب با نیازهای شبکه خط انتقال و با توجه به سطح ولتاژ و جریان نامی آن.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی ترکیبات کامپوزیتی و پلیمری در عایق‌بندی ساختار تجهیزات پست بجای تجهیزات سرامیکی

مدت زمان اجرای پروژه

۱۲ ماه

بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه

---

تشریح فعالیت

در خطوط انتقال نیرو با ولتاژ بالا، پایداری خط و ضریب اطمینان آن به نوع مقره بستگی دارد. مقره‌های شیشه‌ای و چینی که از دیرباز در خطوط انتقال مورد استفاده قرار گرفته‌اند دارای معایبی هستند که سبب شده است به مرور، مقره‌های سیلیکونی و یا مقره‌های کامپوزیتی جایگزین آن‌ها شوند. این نوع مقره‌ها از دو یا چند پلیمر تشکیل می‌شوند و شامل قسمت‌های مختلفی هستند که عبارتند از:

↪ هسته کامپوزیت (Composite Core)

↪ روکش پلیمر

## نام پروژه: تدوین دانش فنی ترکیبات کامپوزیتی و پلیمری در عایق‌بندی ساختار تجهیزات پست بجای تجهیزات سرامیکی

## اتصالات

مزایای استفاده از مقره‌های سرامیکی - پلیمری را میتوان بصورت زیر برشمرد:

۱. با توجه به سطح پایین استحکام مکانیکی مقره‌های پلیمری اتکایی این مقره‌ها بطور چشمگیری این استحکام را افزایش داده و آنرا در حد مقره‌های سرامیکی مسلط خواهد رسانید.
  ۲. تاثیرات روند پیرشدگی (Aging) در مقره‌های پلیمری در راستای افت شدید استحکام مکانیکی و خواص الکتریکی در آن‌ها قابل تامل بوده که این مسئله در این نوع مقره‌ها (پلیمری سرامیکی) بسیار کم‌رنگ بوده و کاهش چشمگیری دارد.
  ۳. در ساخت مقره‌های پلیمری سرامیکی بدلیل عدم استفاده از فرایند سوئیچ، حساسیت‌های ساخت بسیار کمتر شده و اجزای استفاده شده در ساخت این مقره‌ها کمتر می‌باشند.
  ۴. قیمت تمام شده این مقره‌ها با توجه به کاهش درصد مواد وارداتی و گران قیمت و راحت‌تر بودن پروسه تولید حدود ۶۰ الی ۷۰ درصد قیمت مقره‌های پلیمری با مشخصات مکانیکی و الکتریکی مشابه می‌باشند.
  ۵. طرح مقره‌های پلیمری سرامیکی بدلیل وجود سطوح حفاظت شده در آن‌ها (سطوحی که از نشست آلودگی حفاظت شده‌اند) جهت استفاده در مناطقی با آلودگی سنگین و فوق سنگین مناسب می‌باشند.
  ۶. بدلیل نوع قالبگیری روکش مقره از ایجاد خطوط جدایش قالب در مسیر فاصله خزشی روکش احتراز شده است بنابراین ایجاد مسیرهای جریان نشستی و تجمع آلودگی در این مسیرها هرگز اتفاق نخواهد افتاد.
  ۷. جهت اتصال قسمت روکش به هسته سرامیکی از موادی با قابلیت چسبندگی بسیار عالی و همبندطور دوام بالا استفاده شده است. مواد استفاده شده علاوه بر استحکام مکانیکی، عایقی و الکتریکی خوب دارای مشخصات ضد پیرشدگی (Anti Aging) و ضد UV (Anti UV) می‌باشند.
- در این پروژه باید کار تحقیقاتی بر روی این مقره‌ها و انواع مواد پلیمری و کامپوزیتی عایقی جهت استفاده در پست‌های خطوط با ظرفیت بالا بکار می‌روند، انجام شود و دانش فنی ساخت آن‌ها بدست آید.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تدوین نقشه راه توسعه بهره‌گیری از تجهیزات هوشمند در سیستم‌های انتقال برق HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>مشکلاتی چون ناکارآمد بودن روش‌های سنتی کنترل شبکه با ورود فناوری‌های جدید، پایین بودن قابلیت‌های مانور و امنیت سرویس در شبکه موجود و عدم تناسب بین انتظارات مشترکین و توانمندی سیستم در بخش تطابق با تکنولوژی‌های روز ما را به فکر یافتن راهکارهایی می‌اندازند. هدف از راه‌اندازی نرم‌افزارهای مونیتورینگ و کنترل شبکه دستیابی به مزایایی چون: کاهش تعداد خاموشی‌ها و مدت زمان خاموشی مشترکین و در نتیجه کاهش اثری توزیع نشده، کاهش تعداد مشترکین متأثر از حوادث با کم‌کردن محدوده خاموشی‌ها، مشاهده سیستم و اعمال مدیریت لحظه‌ای بر شبکه، هوشمندسازی شبکه بمنظور مدیریت بار و حوادث، ارتقا امنیت تجهیزات شبکه و نیروی انسانی عملیاتی و افزایش قابلیت اطمینان و پایداری شبکه می‌باشد. با توجه به مطالب ذکر شده پروژه پیاده‌سازی و راه‌اندازی نرم‌افزارهای مونیتورینگ و کنترل شبکه (اتوماسیون) با قابلیت بهره‌برداری خودکار در مراکز دیسپاچینگ شبکه توزیع در هریک از کلانشهرها در راستای به‌کارگیری نرم‌افزارهای مانیتورینگ و کنترل (خودکار) شبکه در مراکز بهره‌برداری و دیسپاچینگ شبکه توزیع پیشنهاد شده است.</p> <p>در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناخت و بررسی روش‌های هوشمند سازی روز دنیا و سپس تهیه و تدوین نقشه راه به منظور دستیابی کشور به آن تکنولوژی جهت هوشمند سازی شبکه HVDC است.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: مطالعات رزونانس‌های گذرا و زیر گذرا و اثرات عناصر FACTS بر آن‌ها	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۸ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>سیستم‌های انتقال AC انعطاف‌پذیر که به FACTS معروف می‌باشند مفهوم و ایده جدیدی است که برای تقویت کنترل پذیری و توسعه ظرفیت انتقال شبکه‌ها، بکارگیری و استفاده از کنترل‌کننده‌ها و ادوات الکترونیک قدرت را توصیه و تشویق می‌نمایند. در واقع سیستم‌های FACTS قادر هستند که پارامترها و مشخصه‌های خطوط انتقال مانند امپدانس سری، امپدانس شانت، زاویه فاز که بعنوان محدودیت اصلی بر سر راه افزایش ظرفیت شبکه عمل می‌نمایند، کنترل کنند.</p> <p>ایده اساسی که پشت مفهوم FACTS وجود دارد توانا نمودن سیستم انتقال از طریق فعال نمودن عناصر و اجزاء آن می‌باشد. در واقع FACTS دارای نقش اساسی در افزایش انعطاف پذیری انتقال توان و امنیت پایداری دینامیک سیستم‌های قدرت می‌باشد.</p> <p>کنترل‌کننده‌های FACTS با بکارگیری کنترل‌کننده‌های پر سرعت الکترونیک قدرت امکانات و قابلیت‌های زیر را برای سیستم قدرت ایجاد می‌نمایند.</p> <p>کنترل فلوی توان اکتیو بقسمی که بتواند انتقال و مقدار آن را در مسیرهای دلخواهی کنترل نماید.</p> <p>کنترل بارگیری خطوط انتقال تا نزدیکی‌های ظرفیت حرارتی آن‌ها بقسمی که در عین اینکه از حداکثر ظرفیت خطوط استفاده می‌گردد اما مانع از اضافه بار آن‌ها می‌شود. این امر باعث می‌شود که بواسطه افزایش توانائی انتقال توان بین نواحی، بتوان حاشیه رزرو تولید در سیستم را کاهش داد.</p> <p>میرائی نوسانات توان که در صورت عدم میرائی می‌توانند باعث صدمه دیدن تجهیزات و محدود نمودن ظرفیت انتقال خطوط گردند.</p> <p>جلوگیری از توسعه و گسترش حوادث و خروج پی در پی تجهیزات از طریق محدود نمودن اثر خطاها و معیوب شدن تجهیزات</p> <p>تعدادی از عناصر FACTS در زیر اشاره شده است:</p>

نام پروژه: مطالعات رزونانس‌های گذرا و زیر گذرا و اثرات عناصر FACTS بر آن‌ها

- ⇒ TCSC
- ⇒ SSR
- ⇒ SVC
- ⇒ STATCON
- ⇒ UPFC

یکی از کاربردهای اصلی عناصر FACTS نقش آن‌ها در پایداری شبکه در برابر رزونانس‌های گذرا و زیر گذرا می‌باشد.

در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناخت و بررسی و مطالعه بر روی رزونانس‌های گذرا و زیر گذرا و سپس شناسایی عناصری از FACTS که به منظور حفظ پایداری سیستم در برابر این رزونانس‌ها استفاده می‌شوند است.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: مطالعات مورد نیاز برای اثرات فی مابین عناصر موتوری و ژنراتوری و عناصر FACTS	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۸ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>سیستم‌های انتقال AC انعطاف پذیر که به FACTS معروف می‌باشند مفهوم و ایده جدیدی است که برای تقویت کنترل پذیری و توسعه ظرفیت انتقال شبکه‌ها، بکارگیری و استفاده از کنترل کننده‌ها و ادوات الکترونیک قدرت را توصیه و تشویق می‌نمایند. در واقع سیستم‌های FACTS قادر هستند که پارامترها و مشخصه‌های خطوط انتقال مانند امپدانس سری، امپدانس شانت، زاویه فاز که بعنوان محدودیت اصلی بر سر راه افزایش ظرفیت شبکه عمل می‌نمایند، کنترل کنند .</p> <p>ایده اساسی که پشت مفهوم FACTS وجود دارد توانا نمودن سیستم انتقال از طریق فعال نمودن عناصر و اجزاء آن می‌باشد. در واقع FACTS دارای نقش اساسی در افزایش انعطاف پذیری انتقال توان و امنیت پایداری دینامیک سیستم‌های قدرت می‌باشد.</p> <p>کنترل کننده‌های FACTS با بکارگیری کنترل کننده‌های پر سرعت الکترونیک قدرت امکانات و قابلیت‌های زیر را برای سیستم قدرت ایجاد می‌نمایند.</p> <p>کنترل فلوی توان اکتیو بقسمی که بتواند انتقال و مقدار آن را در مسیرهای دلخواهی کنترل نماید.</p> <p>کنترل بارگیری خطوط انتقال تا نزدیکی های ظرفیت حرارتی آن‌ها بقسمی که در عین اینکه از حداکثر ظرفیت خطوط استفاده می‌گردد اما مانع از اضافه بار آن‌ها می‌شود. این امر باعث می‌شود که بواسطه افزایش توانائی انتقال توان بین نواحی، بتوان حاشیه رزرو تولید در سیستم را کاهش داد.</p> <p>میرائی نوسانات توان که در صورت عدم میرائی می‌توانند باعث صدمه دیدن تجهیزات و محدود نمودن ظرفیت انتقال خطوط گردند.</p> <p>جلوگیری از توسعه و گسترش حوادث و خروج پی در پی تجهیزات از طریق محدود نمودن اثر خطاها و معیوب شدن تجهیزات</p> <p>تعدادی از عناصر FACTS در زیر اشاره شده است:</p>

نام پروژه: مطالعات مورد نیاز برای اثرات فی مابین عناصر موتوری و ژنراتوری و عناصر FACTS

- ⇒ TCSC
- ⇒ SSR
- ⇒ SVC
- ⇒ STATCON
- ⇒ UPFC

در این پروژه، هدف اصلی، مطالعه و بررسی اثرات متقابل عناصر FACTS و عناصر موتوری سیستم بر روی عملکرد هم می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بررسی راهکارهای شارش بهینه توان اکتیو و راکتیو با استفاده از اثر عناصر FACTS	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۸ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>سیستم‌های انتقال AC انعطاف‌پذیر که به FACTS معروف می‌باشند مفهوم و ایده جدیدی است که برای تقویت کنترل‌پذیری و توسعه ظرفیت انتقال شبکه‌ها، بکارگیری و استفاده از کنترل‌کننده‌ها و ادوات الکترونیک قدرت را توصیه و تشویق می‌نمایند. در واقع سیستم‌های FACTS قادر هستند که پارامترها و مشخصه‌های خطوط انتقال مانند امپدانس سری، امپدانس شانت، زاویه فاز که بعنوان محدودیت اصلی بر سر راه افزایش ظرفیت شبکه عمل می‌نمایند، کنترل کنند .</p> <p>ایده اساسی که پشت مفهوم FACTS وجود دارد توانا نمودن سیستم انتقال از طریق فعال نمودن عناصر و اجزاء آن می‌باشد. در واقع FACTS دارای نقش اساسی در افزایش انعطاف‌پذیری انتقال توان و امنیت پایداری دینامیک سیستم‌های قدرت می‌باشد.</p> <p>کنترل‌کننده‌های FACTS با بکارگیری کنترل‌کننده‌های پر سرعت الکترونیک قدرت امکانات و قابلیت‌های زیر را برای سیستم قدرت ایجاد می‌نمایند.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>↪ کنترل فلوی توان اکتیو بقسمی که بتواند انتقال و مقدار آن را در مسیرهای دلخواهی کنترل نماید.</li> <li>↪ کنترل بارگیری خطوط انتقال تا نزدیکی‌های ظرفیت حرارتی آن‌ها بقسمی که در عین اینکه از حداکثر ظرفیت خطوط استفاده می‌گردد اما مانع از اضافه بار آن‌ها می‌شود. این امر باعث می‌شود که بواسطه افزایش توانائی انتقال توان بین نواحی، بتوان حاشیه رزرو تولید در سیستم را کاهش داد.</li> <li>↪ میرائی نوسانات توان که در صورت عدم میرائی می‌توانند باعث صدمه دیدن تجهیزات و محدود نمودن ظرفیت انتقال خطوط گردند.</li> <li>↪ جلوگیری از توسعه و گسترش حوادث و خروج پی در پی تجهیزات از طریق محدود نمودن اثر</li> </ul>



نام پروژه: بررسی راهکارهای شارش بهینه توان اکتیو و راکتیو با استفاده از اثر عناصر FACTS

خطاها و معیوب شدن تجهیزات

تعدادی از عناصر FACTS در زیر اشاره شده است:

- ⇒ TCSC
- ⇒ SSR
- ⇒ SVC
- ⇒ STATCON
- ⇒ UPFC

در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناخت و بررسی و مطالعه بر روی عناصر مختلف FACTS که در سراسر دنیا استفاده می‌شوند و سپس بررسی راهکارهای شارش توان در شبکه است.

### اقدام ۵: تهیه و تدوین دیدگاه سیستمی برای افزایش ظرفیت انتقال برق

این اقدام، خود شامل نه پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بررسی تحلیلی فنی-اقتصادی مشکلات پیش‌روی افزایش ظرفیت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>جهت افزایش ظرفیت سیستم انتقال برق، سطح ولتاژ بالا لازم است. بیشترین سطح ولتاژ در کشور ۴۰۰ کیلوولت است. با توجه به ظرفیت انتقالی مورد نیاز و پیش‌بینی شده برای سال‌های آتی، خطوط انتقال فعلی، جوابگوی این نیاز نمی‌باشند. لذا جهت پاسخ‌گویی به این نیاز سطح ولتاژ بالاتر یعنی ۷۶۵ کیلوولت انتخاب گردیده است.</p> <p>در بخش اقتصادی و تامین بودجه، با توجه به نو بودن پروژه و جدید بودن تمام فرایندها، از طراحی گرفته تا تامین تجهیزات مورد نیاز و نصب و راه‌اندازی، بودجه در نظر گرفته شده، بسیار بالا می‌باشد.</p> <p>در بخش فنی، در بخش طراحی، با توجه به استعدادها و توانایی‌های مهندسان داخلی، مشکلی وجود ندارد و تنها نبود تجربه در این زمینه حس می‌شود.</p> <p>مشکل اساسی در زمینه فنی، تجهیزات این خطوط می‌باشد. در حال حاضر در داخل کشور این تجهیزات ساخته نمی‌شوند و دانش فنی ساخت آن‌ها هم موجود نمی‌باشد. به همین دلیل اقدام مهم و اساسی در این زمینه، تامین تجهیزات در داخل و احیاناً در خارج از کشور می‌باشد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، بررسی و شناسایی مشکلات فنی و اقتصادی در پروژه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و تحلیل موردی آن و یافتن اقدامات لازم برای رفع آن‌ها می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی توسعه تکنولوژی مربوط به خطوط هوایی با ظرفیت دینامیک حرارتی	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>جهت‌گیری صنعت برق بسوی استاندارد کردن موضوعات و موارد مرتبط با این صنعت، پیشرفت تکنولوژی در زمینه‌ی برق و دستیابی به یکنواختی در طراحی ضمن حفظ کیفیت‌های قابل قبول و مورد لزوم در طراحی، ایجاب می‌نماید که لیست و مشخصات فنی هادی‌های استفاده شده در خطوط انتقال فوق فشار قوی نیرو، که در آینده در شبکه سراسری مورد استفاده قرار می‌گیرد، بصورت استاندارد تهیه گردد.</p> <p>ظرفیت انتقال انرژی خطوط انتقال، با قیود مختلفی از جمله قیود ظرفیت حرارتی (جریان خطوط)، قیود ولتاژ و قیود پایداری، محدود می‌شود. مشکلات اخذ مجوز، عدم تمایل در سرمایه‌گذاری و سرمایه‌گذاری بسیار سنگین و محدودیت‌های زیست محیطی موجب رشد کند افزایش خطوط انتقال می‌شود. این عدم هماهنگی بین رشد تولید، مصرف و ظرفیت انتقال، موجب متراکم شدن برخی از خطوط در سیستم انتقال می‌شود. متراکم شدن خطوط از عوامل مهم در بحران انرژی در مناطق مختلف دنیا به شمار می‌آید و همچنین در محیط تجدید ساختار شده، افزایش قیمت انرژی را برای مصرف کنندگان به همراه دارد. بهره‌برداری ایمن از شبکه قدرت و همچنین قیمت انرژی در سیستم به طور مستقیم با ظرفیت در دسترس تجهیزات انتقال در ارتباط است. از جمله راه کارهای مناسب برای مقابله با مسئله‌ی تراکم خطوط انتقال، افزایش ظرفیت انتقال قدرت خطوط موجود از طریق استفاده از ظرفیت حرارتی واقعی خطوط است.</p> <p>در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناسایی و مطالعه بر انواع خطوط هوایی و همچنین ظرفیت حرارتی آن‌هاست و سپس تهیه و تدوین دانش فنی این خطوط.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تهیه دستورالعمل کنترل و مدیریت توان عبوری باهدف ایجاد یک ابزار جهت شبیه‌سازی و تحلیل سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>خطوط انتقال نیرو جز مهم‌ترین زیرساخت‌های شبکه برق بوده و در دیدگاه کلان توسعه کشور دارای اهمیت اتراتژیک می‌باشند. افزایش ظرفیت خطوط نیرو به معنی بالا بردن بهره‌وری امکانات موجود بوده و سود سرشاری را برای صنعت برق به همراه خواهد داشت. در زمان افزایش ظرفیت خطوط نیرو یکی از مسائل مهمی که بایستی مورد توجه قرار گیرد حصول اطمینان در خصوص ملحوظ نمودن ملاحظات طراحی خط در زمان عبور توان از آن‌ها می‌باشد.</p> <p>به منظور انجام این اقدامات نیاز به نرم افزاری قدرتمند برای طراحی و مدل‌سازی خطوط نیرو به منظور داشتن دیدی صحیح و واقعی برای انجام تحلیل‌ها و مشخص نمودن نحوه بکارگیری سیستم‌های مانیتورینگ online خطوط و محاسبه میزان افزایش ظرفیت خط با توجه به شرایط آب و هوایی است.</p> <p>در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناسایی و مطالعه بر روی نرم افزاری مطمئن برای طراحی خطوط و پس از آن کار مطالعاتی برای استفاده از این اطلاعات در کنترل و مدیریت توان عبورری از خطوط با ظرفیت بالا است.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تدوین دانش فنی روش‌های مدیریت جریان خطا	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>در سالهای اخیر، افزایش مصرف برق در کشور موجب گسترش شبکه برق و در نتیجه احداث نیروگاه‌ها، پست‌های برق و خطوط انتقال شده است. توسعه شبکه برق باعث بالا رفتن قدرت اتصال کوتاه و در نتیجه کافی نبودن ظرفیت اتصال کوتاه کلیدهای قدرت می‌شود و حتی ممکن است سایر تجهیزات موجود در یک پست برق از جمله CT ها، CVT ها، ترانسفورماتورها و... با مشکل اضافه جریان اتصال کوتاه مواجه شوند. این مسئله در سالهای آینده ممکن است موجب تعویض بسیاری از تجهیزات شبکه برق در سطح کشور و یا باعث اعمال تغییراتی در استانداردهای برق ایران گردد. اما در حال حاضر در دنیا راه حل دیگری نیز برای حل این مشکل پیشنهاد می‌شود و آن استفاده از محدودکننده‌های جریان خطاست.</p> <p>در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناسایی و مطالعه بر انواع تکنولوژی‌های محدود کننده جریان خطا می‌باشد و سپس تهیه و تدوین دانش فنی تکنولوژی‌های برتر و مناسب با سطح ولتاژ و جریان مورد استفاده در شب‌های فوق فشار قوی است.</p>

## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بررسی و تحلیل مدل‌های گرمائی و کرنای خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا به منظور استخراج دستورالعمل بهره‌برداری هادی در دمای بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>یکی از پدیده‌هایی که در ارتباط با تجهیزات برق‌دار به خصوص خطوط انتقال نیرو و تجهیزات فشار قوی مانند پلاسمای ناشی از تخلیه الکتریکی مطرح می‌شود، کرونا یا هاله است.</p> <p>هنگامی که گرادیان ولتاژ در سطح یک هادی بیش از شدت دی الکتریک هوای اطراف هادی گردد، هوای اطراف هادی یونیزه می‌شود (توجه داریم که شدت دی الکتریک هوا در شرایط دمای ۲۵ درجه سلسیوس و فشار هوای ۷۶ سانتیمتر جیوه ۳۰ کیلو ولت بر سانتیمتر می‌باشد) حال اگر گرادیان ولتاژ بیش از ۳۰ کیلو ولت بر سانتیمتر گردد با پدیده کرونا مواجه خواهیم شد و میدان الکتریکی در نزدیکی ماده رسانا می‌تواند به حدی متمرکز شود که هوای مجاور خود را یونیزه نماید. این مسئله می‌تواند منجر به تخلیه جزئی انرژی الکتریکی شود، که به آن کرونا می‌گویند.</p> <p>پدیده کرونا در اطراف خطوط فشار قوی که جریان متناوب دارند باعث مقداری تلفات الکتریکی و در شدیدترین حالت منجر به قوس الکتریکی و تخلیه کامل می‌شود.</p> <p>یکی دیگر از مواقعی که کرونا بوجود می‌آید، در تیوب تخلیه الکتریکی کم فشار با اختلاف پتانسیل شدید، برای تولید پلاسما است. در این حالت گاز قبل از شکست الکتریکی کامل، کرونا را تجربه خواهد کرد؛ این پدیده تنها در مکان‌هایی که میدان الکتریکی متمرکز شده است (مانند خراش‌ها، نقاط تیز و...) رخ خواهد داد و گاز در اطراف این مکان‌ها هادی گشته و هاله را تشکیل می‌دهد. این پدیده را به نام تخلیه تک قطبی نیز می‌شناسند.</p> <p>ولتاژ بحرانی: گرادیان ولتاژی که سبب شکست الکتریکی در عایق شده و به ازای آن، عایق خاصیت دی الکتریک خود را از دست می‌دهد، گرادیان ولتاژ بحرانی نامیده می‌شود. همچنین ولتاژی را که سبب ایجاد این گرادیان بحرانی می‌شود ولتاژ بحرانی می‌نامند.</p> <p>ولتاژ مرئی کرونا: هرگاه ولتاژ خط به ولتاژ بحرانی برسد، یونیزاسیون در هوای مجاور سطح هادی شروع می‌شود.</p>

اما در این حالت پدیده کرونا قابل روئیت نمی‌باشد. برای مشاهده کرونا، سرعت ذرات الکترون‌ها در هنگام برخورد با اتم‌ها و مولکول‌ها باید بیشتر باشد یعنی ولتاژ بالاتری نیاز است. هدف از انجام این پروژه، مطالعه و بررسی بر روی مدل‌های گرمایی و کرونا خطوط انتقال با ظرفیت بالا است که از طریق آن می‌توان تاثیر این عوامل را بر روی حد ظرفیت خطوط تعیین نمود.

### شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

### "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی ارزیابی دینامیک پایداری به صورت بلادرنگ و ارائه الگوریتم تصمیم‌گیری بر اساس حدود تغییرات پارامترهای پایداری	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پایداری در یک شبکه قدرت از دو جهت، شدت اغتشاش و مدت زمانی که در شبکه باقی‌مانده (ثابت زمانی)، تقسیم بندی می‌شوند. در تقسیم‌بندی اول، پایداری در سیستم قدرت‌های قدرت به سه دسته تقسیم می‌شود:</p> <p>پایداری مانا، پایداری گذرا و پایداری دینامیکی</p> <p><b>۱- پایداری مانا</b></p> <p>به توانایی سیستم در حفظ پایداری پس از یک اغتشاش بسیار کوچک گفته می‌شود.</p> <p><b>۲- پایداری گذرا</b></p> <p>به توانایی سیستم در حفظ پایداری و میرا کردن نوسانات پس از یک اغتشاش شدید گفته می‌شود. یک سیستم واقعی در صورت اعمال خطا زمانی پایدار است که متغیرهای آن، وقتی که زمان به سمت بی‌نهایت میل می‌کند، به مقادیر حالت مانا نزدیک شود. بررسی پایداری بعد از یک اغتشاش شدید، مطالعات پایداری گذرا نامیده می‌شود.</p> <p>در مطالعات پایداری گذرا، برای شبیه‌سازی یک اغتشاش بزرگ، معمولاً از خطای اتصال کوتاه سه فاز، استفاده می‌کنند.</p>

نام پروژه: تدوین دانش فنی ارزیابی دینامیک پایداری به صورت بلادرنگ و ارائه الگوریتم تصمیم‌گیری بر اساس حدود تغییرات

### پارامترهای پایداری

ساده‌ترین روش برای تحلیل پایداری گذرا، روش گام به گام حل معادلات دیفرانسیلی است. در این روش، معادلات حالت، قبل از خطا، حین خطا و پس از خطای سیستم با روش عددی مناسبی حل می‌شوند و تغییرات زوایای بار قسمت‌های مختلف به دست می‌آیند. اگر همه زوایای بار پایدار باشد، سیستم پایدار است. معادلات حاکم بر سیستم در اثر بروز خطا را می‌توان به سه دسته شامل معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم قبل از خطا، معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم حین خطا و معادلات دیفرانسیل حاکم بر سیستم پس از رفع خطا تقسیم‌بندی نمود.

### ۳- پایداری دینامیکی

به توانایی سیستم در حفظ شرایط جدید پس از نوسانات ایجاد شده توسط یک اغتشاش با دامنه کم گفته می‌شود. اگر به یک سیستم قدرت اغتشاشی وارد شود فرکانس، زاویه بار و ولتاژ تمام واحدها دچار نوساناتی می‌شود که معمولاً در طول چند ثانیه از بین می‌روند و سیستم در شرایط جدید آرام می‌گیرد. به علت کوچک بودن این اغتشاشات می‌توان سیستم را به کمک معادلات دیفرانسیل خطی مدل نمود و مورد مطالعه قرارداد. هدف از انجام این پروژه، مطالعه و بررسی بر روی انواع معیارهای پایداری و فراهم آوردن امکان بررسی آنالاین پایداری است.



شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: مدل‌سازی، الگوریتم بندی و ارائه راهکار برای عدم قطعیت‌های موجود در شبکه انتقال	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>در میان مواردی که در مورد مسأله برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال در سیستم‌های قدرت تجدید ساختار شده مطرح هستند، عدم قطعیت‌ها و نحوه لحاظ آن‌ها بیشترین سهم از نگرانی‌های موجود را به خود اختصاص داده‌اند. با پیشرفت زندگی و مدرن‌تر شدن زندگی اجتماعی، اهمیت تداوم در تغذیه مشترکین یک سیستم قدرت بیش از پیش احساس می‌شود. جوامع نوین به دلیل ساختار جامعه، میزان و الگوی مصرف، همواره این انتظار را از سیستم‌های قدرت خود خواهند داشت که انرژی الکتریکی به صورت پیوسته و بدون هیچ وقفه‌ای در دسترس آن‌ها باشد. بدیهی است این امر عملاً از نظر فیزیکی امکان‌پذیر نخواهد بود. دلیل آن را می‌توان در رفتارهای تصادفی واحدهای تولید، خطوط انتقال و تجهیزات شبکه توزیع انرژی الکتریکی جستجو کرد. بنابراین، خروج هر کدام از اجزای شبکه که معمولاً خارج از حیطه کنترل مهندسين است، می‌تواند منجر به قطع مشترکین شده و حتی خسارات سنگینی را نیز به دنبال داشته باشد. از طرف دیگر، افزایش سرمایه‌گذاری می‌تواند موجب کاهش احتمال قطع برق گردد. نتایج بدست آمده از مطالعات قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت به عنوان معیاری مناسب برای سنجش میزان این پیوستگی و برآورد معادل اقتصادی آن بکار رود. از نقطه نظر مطالعات قابلیت اطمینان، یک سیستم قدرت را می‌توان به سه بخش اصلی تولید، انتقال، و توزیع تقسیم‌بندی نمود.</p> <p>در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناسایی و مطالعه بر انواع عدم قطعیت احتمالی در خطوط انتقال هوایی و سپس مدل‌سازی، الگوریتم‌بندی و ارائه راهکار برای مقابله با این عدم قطعیت‌ها و بالا بردن قابلیت اطمینان سیستم و شبکه انتقال می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه  
 "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی برای تجهیزات حفاظتی باهدف کاهش نرخ خاموشی و خروج‌های متوالی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>از دیرباز مسئله امنیت و پایداری سیستم‌های قدرت به صورت مسئله‌های جدی مورد توجه بوده است. زیرا هر چند طراحان سیستم قدرت با فراهم کردن فواصل اطمینانی مناسب نسبت به ظرفیت تولید ژنراتورها، ظرفیت انتقال خطوط، ترانس‌ها و... سعی در طراحی سیستمی کارا بر اساس فرضیات مهندسی داشته‌اند، اما حوادث پیش‌بینی نشده گاهی عملکرد سیستم را دچار اختلال نموده‌است.</p> <p>مسئله خروج المان‌های سیستم قدرت شرایط مختلفی از نظر کاری برای سیستم ایجاد می‌نماید. در صورتیکه این خروجی‌ها بدون برنامه‌ریزی و ناگهانی باشند، خروج یک المان ممکن است به دلیل عدم هماهنگی لازم در بین المان‌های شبکه باعث خروج المان‌های دیگر گردد. این روند به گونه‌ای پیش خواهد رفت که بعد از خروج چند المان با عملکرد مناسب، سیستم حفاظتی بقیه شبکه پایدار خواهد ماند یا اینکه سیستم دچار اختلالات بیشتری شده و ادامه این روند باعث ایجاد خاموشی ناحیه‌ای یا سراسری خواهد شد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، مطالعه و بررسی بر روی انواع وسایل و تجهیزات حفاظتی و تهیه و تدوین دانش فنی این تجهیزات به صورتی که در سطح ولتاژ و جریان کاری خطوط فوق فشار قوی، نرخ خاموشی‌های شبکه کاهش یابد.</p>

## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: انجام مطالعات سیستمی با هدف توسعه خطوط و پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (AC-DC) در افق‌های زمانی ۵ ساله و ارائه گزارش روند مورد انتظار از پیشرفت پروژه‌ها و توسعه سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>جهت افزایش ظرفیت سیستم انتقال برق، سطح ولتاژ بالا لازم است. بیشترین سطح ولتاژ در کشور ۴۰۰ کیلوولت است. با توجه به ظرفیت انتقالی مورد نیاز و پیش‌بینی شده برای سال‌های آتی، خطوط انتقال فعلی، جوابگوی این نیاز نمی‌باشند. لذا جهت پاسخ‌گویی به این نیاز سطح ولتاژ بالاتر یعنی ۷۶۵ کیلوولت انتخاب گردیده است.</p> <p>در بخش اقتصادی و تامین بودجه، با توجه به نو بودن پروژه و جدید بودن تمام فرایندها، از طراحی گرفته تا تامین تجهیزات مورد نیاز و نصب و راه‌اندازی، بودجه در نظر گرفته شده، بسیار بالا می‌باشد.</p> <p>در بخش فنی، در بخش طراحی، با توجه به استعدادها و توانائی‌های مهندسان داخلی، مشکلی وجود ندارد و تنها نبود تجربه در این زمینه حس می‌شود.</p> <p>مشکل اساسی در زمینه فنی، تجهیزات این خطوط می‌باشد. در حال حاضر در داخل کشور این تجهیزات ساخته نمی‌شوند و دانش فنی ساخت آن‌ها هم موجود نمی‌باشد. به همین دلیل اقدام مهم و اساسی در این زمینه، تامین تجهیزات در داخل و احیانا در خارج از کشور می‌باشد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، در راستای طراحی و بهره‌برداری خطوط انتقال EHV AC و HVDC، بحث اقدامات برنامه ریزی و زمان‌بندی آن می‌باشد. در این راستا با توجه به مطالعات سیستمی این شبکه‌ها، برنامه‌ریزی صورت گرفته با توجه به بازه‌های ۵ ساله باید صورت گیرد و در این مدت گزارش‌های لازم دریافت و بررسی گردند.</p>

**اقدام ۶: تدوین دستورالعمل مدیریت بهینه تعمیرات و تدوین دانش فنی موردنیاز برای تعمیرات**

**تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا**

این اقدام، خود شامل شش پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تدوین دانش فنی و دستورالعمل استفاده از تجهیزات حفاظتی و اندازه‌گیری برای عیب‌یابی مدارشکن‌ها	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>مدارشکن نوعی کلید خودکار است که برای محافظت از یک مدار الکتریکی در مقابل خطرات ناشی از اضافه بار یا اتصال کوتاه طراحی شده‌است. برعکس فیوز که یک بار عمل کرده و پس از آن باید تعویض شود، مدارشکن می‌تواند مجدداً (به طور خودکار یا دستی) وارد مدار شود. مدارشکن‌ها در اندازه‌های مختلفی ساخته می‌شوند و می‌توانند از یک کلید کوچک مورد استفاده در یک منزل تا یک کلید بزرگ که برای محافظت مدارهای ولتاژ بالا و تغذیه یک شهر به کار می‌رود متفاوت باشند.</p> <p>تمامی مدارشکن‌ها مشخصه‌های مشترکی برای عملکرد خود دارند البته جزئیات کار آن‌ها به ولتاژ کار، میزان جریان و نوع آن‌ها وابسته‌است. یک مدارشکن باید بتواند بروز خطا را در مدار تشخیص دهد؛ در مدارشکن‌های ولتاژ پایین این کار به وسیله قسمتی که در محفظه مدارشکن قرار دارد انجام می‌شود اما در مدارشکن‌های ولتاژ بالا تجهیزات جداگانه‌ای برای تشخیص انواع خطاهای شبکه در نظر گرفته شده‌است. زمانی یک خطا تشخیص داده می‌شود کنتاکت‌های داخل مدارشکن باید باز شوند تا مدار را متوقف کنند. در برخی از مدارشکن‌ها از انرژی مکانیکی ذخیره شده در داخل مدارشکن برای جدا کردن کنتاکت‌ها استفاده می‌شود همچنین ممکن است مقداری از انرژی مورد نیاز از خود جریان خطا دریافت شود. زمانی که جریان متوقف می‌شود، یک قوس الکتریکی به وجود می‌آید این قوس باید در یک فرآیند کنترل شده متوقف، سرد و خاموش شود تا فاصله بین کنتاکت‌ها از برقراری دوباره جریان جلوگیری کند. در نهایت زمانی که خطا برطرف می‌شود کنتاکت‌ها دوباره باید وصل شوند تا مدار به حالت اول خود بازگردد.</p>

در این پروژه، هدف اصلی، ابتدا شناخت و بررسی تکنولوژی‌های به روز تجهیزات مدارشکن‌های قدرت در سطح ولتاژهای بالا می‌باشد و پس از آن راه‌های تست و عیب‌یابی این تجهیزات و تدوین دانش فنی آن می‌باشد.

### شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

### "سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل تعمیر و نگهداری از پست گرم در سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>با توجه به اینکه در عصر حاضر شدیداً مردم و صنایع به برق وابسته شده‌اند و حتی قطع لحظه ای برق می‌تواند در کار آن‌ها اختلال ایجاد کند، شرکت‌های توزیع برق را ملزم ساخته تا از هر روشی برای جلوگیری از خاموشی‌ها استفاده نمایند. از جمله راهکارهای مؤثر در کاهش خاموشی‌ها، انجام تعمیرات بر روی شبکه بصورت برق‌دار یا همان خط یا پست گرم (HOTLINE) می‌باشد، که گام‌های مهمی در این راه برداشته شده است. بدیهی است آشنائی و حمایت مدیران محترم جهت پیشرفت کار، و همچنین آموزش و استفاده از پتانسیل کارگران، دو بازوی توانا در راستای کاهش خاموشی‌ها به روش خط گرم می‌باشد.</p> <p>انجام عملیات خط و پست گرم به دو روش فرمان از راه دور (توسط استیک‌ها) و روش فرمان از راه نزدیک (توسط بوم و باکت عایق) میسر است.</p> <p>بسیاری از شرکت‌های توزیع و انتقال برق معمولاً با کمبود ماشین‌آلات سنگین بخصوص لاین تراک مواجه بوده و یا امکان خرید سریع آن را ندارند. اما با تهیه تجهیزات مقدماتی فرمان از راه دور، که بسیاری از آن‌ها در داخل کشور تولید می‌شود، می‌توان نسبت به جلوگیری از خاموشی‌های با برنامه اقدام نمود.</p> <p>آموختن روش فرمان از راه دور و آشنائی با تجهیزات مربوطه می‌تواند در بسیاری از موارد، راه‌گشای انجام عملیات از راه نزدیک بوده و بکارگیری همزمان دو روش، برخی عملیات ناممکن را ممکن می‌سازد.</p> <p>در این پروژه انواع روش‌های تعمیر خطوط گرم را بررسی می‌کنیم و معایب و مزایای هر روش را مقایسه می‌کنیم. بعد از بررسی روش‌های مختلف و با توجه به امکانات مورد نیاز برای هر روش یک دستورالعمل کلی</p>

را برای تعمیر این نوع خطوط در نظر می‌گیریم.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی تخمین عمر ترانسفورماتور و ارزیابی شرایط ترانس با رویکرد کاهش هزینه‌ها، تعمیرات و مسائل حفاظتی	
در سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>با افزایش روز افزون بارهای غیرخطی در کاربردهای روزمره، هارمونیک‌های ناشی از آن‌ها نیز افزایش می‌یابند. این هارمونیک‌های جریان علاوه بر عبور از اجزای مختلف یک سیستم الکتریکی باعث غیرخطی شدن ولتاژ شبکه می‌گردند. یکی از اجزای سیستم الکتریکی که تحت تأثیر این هارمونیک‌ها قرار می‌گیرد ترانسفورمر قدرت می‌باشد که از اجزای اصلی یک سیستم قدرت الکتریکی محسوب شده و خرابی آن خسارات جبران‌ناپذیری را در بر دارد. علت این خرابی افزایش تلفات ترانسفورمر در اثر افزایش هارمونیک‌های ولتاژ، هارمونیک‌های جریان و بار می‌باشد. این تلفات باعث افزایش دمای نقاط مختلف ترانسفورمر به خصوص دمای نقطه داغ آن می‌گردد که این افزایش دما نیز به نوبه‌ی خود باعث کاهش عمر عایقی ترانسفورمر می‌شود. بنابراین دانستن مقادیر این هارمونیک‌ها، کاهش ظرفیت بارگذاری ترانسفورمر و نیز محاسبه دمای نقطه داغ ترانسفورمر که منجر به پیش‌بینی عمر باقیمانده آن می‌شود امری ضروری می‌نماید.</p> <p>ترانسفورمرهای حلقوی به طور فزاینده‌ای در کاربردهای توان پایین در حال محبوب شدن هستند. علت این امر، اندوکتانس نشی پایین و اندازه کوچک آن‌ها نسبت به ترانسفورمرهای نوع EI می‌باشد. باید توجه نمود که ترانسفورمرهای حلقوی احتمالاً اولین انتخاب در کاربردهای توان پایین می‌باشند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، روش‌های تخمین عمر ترانسفورمر و تحلیل شرایط کاری سیستم بر اساس آن با رویکرد کاهش هزینه‌ها است.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل تعمیرات تجهیزات پست‌ها باهدف افزایش طول عمر و تدوین کتابچه آموزش تعمیرات جامع تجهیزات برای اپراتورهای پست انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>بدلیل افزایش سطح ولتاژ در خطوط انتقال نیرو جهت افزایش ظرفیت خطوط انتقال، سطح ولتاژ کاری پست‌های انتقال برق نیز تغییر خواهد کرد و بالتبع تجهیزات و لوازم مورد استفاده در پست‌ها نیز تغییر کرده و با مشخصات جدید مورد استفاده قرار خواهند گرفت.</p> <p>در حاضر امکان ساخت تجهیزات مورد استفاده در پست‌های انتقال با سطح ولتاژ کاری ۷۶۵ کیلوولت در داخل کشور وجود ندارد و پروژه‌هایی جهت تدوین و تهیه و ساخت و تولید این تجهیزات در داخل کشور فراهم شده است.</p> <p>در بخش بهره‌برداری و اجرا نیز، با توجه به جدید بودن فناوری و نبود تجربه، نبود نیروی متخصص و کارآمد احساس می‌شود. پس این زمینه نیز، نیاز به کار دارد و با توجه به سطح تکنولوژی و دانش در داخل کشور، پروژه‌هایی تعریف شود برای تولید نیروی متخصص در بخش نصب و اجرا و همچنین برای کارهای تعمیرات تجهیزات پست‌های انتقال. که این مهم با کمک متخصصان داخلی و نیز با کمک شرکت‌های با تجربه خارجی دست‌یافتنی است.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تهیه و تدوین دستورالعمل تعمیرات تجهیزات پست‌های انتقال و تهیه کتابچه آموزش تعمیرات، با استفاده از تجربه افراد آموزش دیده و کارآزموده در این زمینه و انجام آزمایش‌های مختلف و در شرایط کاری متفاوت می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تدوین الگوریتم عیب‌یابی، مانیتورینگ و مدیریت عمر تجهیزات پست‌های سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
در قالب سیستم یکپارچه	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
<b>تشریح فعالیت</b>	<p>یکی از راه‌های عیب‌یابی و مدیریت عمر تجهیزات موجود در پست‌های انتقال برق، استفاده از سیستم مانیتورینگ می‌باشد.</p> <p>به طور کلی مانیتورینگ عبارتست از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز از بخش‌های مختلف واحد‌های صنعتی اعم از مجزا و غیر مجزا و نمایش آن‌ها با فرمت‌های خاص روی صفحه نمایش جلوی اپراتور مربوطه به عبارت دیگر همان طور که از نامش پیداست مانیتورینگ عملی مربوط به نمایش و یا مشاهده وضعیت یک سیستم است اما این نوع نام‌گذاری و کاربرد بسیار قدیمی است چرا که امروزه مانیتورینگ مفهومی فراتر از صرفاً مشاهده وضعیت پیدا کرده که به عنوان مثال امروزه توسط سیستم‌های مانیتورینگ می‌توان به عملگرها فرمان نیز صادر نمود و یا با برخی از قسمت‌ها ارتباط دو طرفه برقرار کرد که در ادامه به تفصیل به این موضوع می‌پردازیم.</p> <p><b>مزایای مانیتورینگ</b></p> <p>نمایش گرافیکی شمای کلی پروسه و فرایند تحت کنترل‌نمایش وضعیت لحظه به لحظه پروسه نمایش پارامترهای مهم فرایندنمایش آنلاین خطا و محل اثبات دوره ای وضعیت هاتنچیر و اصلاح نقطه کار هدف از انجام این پروژه، تهیه و تدوین سیستم مانیتورینگ آنلاین پست انتقال برق و سپس عیب‌یابی و مدیریت عمر تجهیزات موجود در پست برق می‌باشد.</p>



شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل ارزیابی، عیب‌یابی و تعمیرات تجهیزات SF6 در سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>بدلیل افزایش سطح ولتاژ در خطوط انتقال نیرو جهت افزایش ظرفیت خطوط انتقال، سطح ولتاژ کاری پست‌های انتقال برق نیز تغییر خواهد کرد و بالتبع تجهیزات و لوازم مورد استفاده در پست‌ها نیز تغییر کرده و با مشخصات جدید مورد استفاده قرار خواهند گرفت.</p> <p>در حاضر امکان ساخت تجهیزات مورد استفاده در پست‌های انتقال با سطح ولتاژ کاری ۷۶۵ کیلوولت در داخل کشور وجود ندارد و پروژه‌هایی جهت تدوین و تهیه و ساخت و تولید این تجهیزات در داخل کشور فراهم شده است.</p> <p>در بخش بهره‌برداری و اجرا نیز، با توجه به جدید بودن فناوری و نبود تجربه، نبود نیروی متخصص و کارآمد احساس می‌شود. پس این زمینه نیز، نیاز به کار دارد و با توجه به سطح تکنولوژی و دانش در داخل کشور، پروژه‌هایی تعریف شود برای تولید نیروی متخصص در بخش نصب و اجرا و همچنین برای کارهای تعمیرات تجهیزات پست‌های انتقال. که این مهم با کمک متخصصان داخلی و نیز با کمک شرکت‌های با تجربه خارجی دست‌یافتنی است.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تهیه و تدوین دستورالعمل ارزیابی، عیب‌یابی و تعمیرات تجهیزات SF6 در سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا می‌باشد.</p>

**اقدام ۷: تهیه و تدوین دستورالعمل جامع استخدام، آموزش نیروی کار متخصص جهت بهبود بازده**

**سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا**

این اقدام، خود شامل سه پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین استانداردهای کیفیت و آموزش صحیح برای بهره‌برداران سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>یک سیستم انتقال تا توزیع خوب، سیستمی است که بصورت مطلوب از شبکه‌های فوق توزیع و انتقال نیرو که حد فاصل بخش‌های تولید و توزیع می‌باشد در تداوم برق‌رسانی به مشترکین و در نتیجه جلب رضایت آن‌ها به صورت بهینه، بهره‌برداری نمائیم. صنعت برق که به عنوان پیچیده‌ترین و به‌هنگام‌ترین صنعت در دنیا مطرح است، ظرفیت ذخیره‌سازی بسیار محدودی دارد به طوری که عرضه و تقاضا در آن لحظه‌ای می‌باشد. بنابراین باید توازن کاملی بین تولید و مصرف چه از نظر میزان انرژی تولیدی و چه از نظر امکان انتقال انرژی وجود داشته باشد تا پایداری شبکه‌های انتقال و فوق توزیع و توزیع نیرو تحقق یابد.</p> <p>امروزه در کشورهای پیشرفته و صنعتی تلاش بر این است که در صنعت علاوه بر داشتن محصول مطلوب، دقت و سرعت عمل و به ویژه ایمنی نیروی انسانی و تجهیزات نیز تامین شود. یکی از عوامل مهمی که در بهره‌برداری بهینه از شبکه تحت پوشش و پایداری آن موثر است ارتقا دانش فنی بهره‌برداران و اپراتورهای پست‌های برق می‌باشد.</p> <p>لذا بهره‌برداری می‌بایستی توسط تعداد لازمی از کارشناسان خبره صورت گیرد و این کارشناسان اطلاعات لازم را در اختیار اپراتورهای این تجهیزات قرار دهد و سوالات آنان را نیز پاسخ دهد.</p> <p>لذا هدف از انجام این پروژه، تهیه و تدوین استانداردهای لازم جهت کیفیت و آموزش صحیح بهره‌برداران سیستم‌های پست‌های انتقال خطوط انتقال با ظرفیت بالا می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بررسی و تدوین اطلاعات مورد نیاز به منظور برگزاری دوره‌های آموزشی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی و آنالیز سیستم‌های HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>جهت طراحی و بهره‌برداری بهینه و مطلوب از خطوط ظرفیت بالا با تکنولوژی HVDC، نیاز به نرم‌افزارهای تحلیل و بررسی این خطوط است.</p> <p>جهت تهیه این نرم‌افزار، پروژه‌های لازم تعریف شده است. پس از تهیه نرم‌افزار، متخصصان و برنامه‌نویسان باید اطلاعات لازم و ضروری جهت مهندسان و بهره‌برداران از این خطوط را جمع‌آوری کرده و در یک پکیج مشخص و گردآوری گردد و در اختیار سازمان‌ها و نهادهای مرتبط قرار گیرد و همچنین در این راستا اقدامات و برنامه‌ریزی‌های لازم جهت برگزاری دوره‌های آموزشی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی نیز برای افراد مشخص گردد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل آموزشی برای مدیریت بحران در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و بازیابی شبکه باهدف بهبود عملکرد نیروی انسانی	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از برنامه‌ریزی‌های لازم جهت احداث و بهره‌برداری از خطوط انتقال با ظرفیت بالا، امکان‌سنجی این خطوط صورت می‌گیرد، در این مرحله مهندسان و متخصصان با توجه به تخصص و تجربه، اقدام به طراحی این خطوط می‌کنند. پس از طراحی و خرید وسایل و تجهیزات لازم برای راه‌اندازی این خطوط، نصب و اجرای آن‌ها صورت می‌گیرد. تا این مرحله از کار، خطوط با توجه به اقدامات و پروژه‌های تعریف شده، به خوبی و با دانش بالا نصب و آماده بهره‌برداری گردیده‌اند.</p> <p>یکی از اقدامات باقی‌مانده در این راستا، اقدامات مورد نیاز پس از طی این مراحل، یعنی پس از بهره‌برداری از این خطوط است. در این مرحله بایستی به شرایط حساس شبکه و همچنین خرابی‌های احتمالی پرداخته شود و آموزش‌های لازم به افراد جهت مدیریت در این شرایط آموخته گردد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، آموزش افراد مرتبط و بهره‌برداران با شرایط بحرانی و حساس شبکه و آموزش اقدامات و راه‌حل‌های لازم در این راستا می‌باشد.</p>

**اقدام ۸: تدوین دستورالعمل طراحی و بهره‌برداری از سیستم اطلاعاتی جامع بین بهره‌برداران برای**

**اشتراک‌گذاری امن اطلاعات انرژی و آموزش نیروی انسانی**

این اقدام، خود شامل سه پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

**"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"**

نام پروژه: تدوین دانش فنی سیستم امن اطلاعاتی شبکه‌ها، سیستم‌های کنترل، سیستم‌های ارتباطی و ارتباط تجهیزات درون پست‌های سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>در چنین شبکه‌های بزرگ و پیچیده‌ای، جهت بهره‌برداری خوب و بهینه، نیاز به اطلاعات سایر نقاط شبکه در نیروگاه‌ها و پست‌ها می‌باشد. جهت تامین چنین اطلاعاتی نیاز به یک سیستم در موازات سیستم اصلی است که قابلیت انتقال اطلاعات را داشته باشد. یکی از این سیستم‌ها، سیستم PLC است که اطلاعات را در روی خود سیستم‌های برق منتقل می‌کند.</p> <p>سیستم‌های کنترلی مانند تجهیزات درون پست و رله‌ها نیز اطلاعات را با سیستمی مجزا انتقال می‌دهند. در این راستا وقتی که بحث انتقال اطلاعات می‌شود، ذهن‌ها به سمت عملیات تخریبی و خرابکارانه که ممکن است توسط افراد داخلی و یا خارجی در این سیستم ایجاد شود می‌رود.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تهیه و تدوین دانش فنی سیستم امن اطلاعاتی و کنترلی درون پست‌های انتقال می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: ارزیابی و بهبود شبیه‌سازی اسکادا برای استفاده در تجهیزات الکتریکی	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>در راستای عملیات کنترلی و انتقال اطلاعات، یکی از تکنولوژی‌های مورد استفاده در صنعت، کار با نرم‌افزار SCADA می‌باشد. در این راستا باید کار با نرم‌افزار فوق، جهت شبکه‌ای جدید و ویژگی‌ها و قابلیت‌های آن هماهنگ گردد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، ارزیابی و بهبود شبیه‌سازی اسکادا برای استفاده در تجهیزات الکتریکی</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی روش‌های امن برای ارتباط از راه دور سیستم‌های درون پست‌های سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا از جمله رله‌های حفاظتی، کلیدها، واحدهای کنترلی	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>در چنین شبکه‌های بزرگ و پیچیده‌ای، جهت بهره‌برداری خوب و بهینه، نیاز به اطلاعات سایر نقاط شبکه در نیروگاه‌ها و پست‌ها می‌باشد. جهت تامین چنین اطلاعاتی نیاز به یک سیستم در موازات سیستم اصلی است که قابلیت انتقال اطلاعات را داشته باشد. یکی از این سیستم‌ها، سیستم PLC است که اطلاعات را در روی خود سیستم‌های برق منتقل می‌کند. این ارتباط هم در خود پست‌های انتقال، منتقل شده و هم بین سایر پست‌های دیگر که به اطلاعات فوق نیاز دارند.</p> <p>سیستم‌های کنترلی مانند تجهیزات درون پست و رله‌ها نیز اطلاعات را با سیستمی مجزا انتقال می‌دهند. در این راستا وقتی که بحث انتقال اطلاعات می‌شود، ذهن‌ها به سمت عملیات تخریبی و خرابکارانه که ممکن است توسط افراد داخلی و یا خارجی در این سیستم ایجاد شود می‌رود.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، روش‌های امن برای ارتباط از راه دور سیستم‌های درون پست‌های سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا از جمله رله‌های حفاظتی، کلیدها و واحدهای کنترلی است.</p>

### اقدام ۹: تهیه و تدوین دانش فنی مدیریت دارائی‌ها در سیستم انتقال توان

این اقدام، خود شامل چهار پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل راهنمای مدیریت دارائی برای انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا با ظرفیت بالا و متدولوژی تحلیلی برای آنالیز پیرشدگی تجهیزات انتقال برق با ظرفیت بالا با استفاده از ابزارهای محاسباتی برای پروژه‌های مدیریت دارائی	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از نصب و راه‌اندازی پست‌های انتقال برق خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به بهره‌برداری و شرایط بهره‌برداری و دوره‌های تعمیر و نگهداری از وسایل و تجهیزات موجود در پست‌های مذکور می‌باشد. یکی از این شرایط، بهره‌برداری از شبکه در نقطه بهینه از لحاظ کارکرد و عمر تجهیزات با توجه به ابزارها و روش‌های محاسباتی آنالیز پیرشدگی تجهیزات می‌باشد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، ابتدا مطالعه و بررسی روش‌های آنالیز پیرشدگی تجهیزات و ارائه بهینه‌ترین روش می‌باشد، و پس از آن تحلیل نتایج و استفاده از آن‌ها در بهره‌برداری بهینه مالی از شبکه است.</p>



شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: ارزیابی افزایش طول عمر سیستم‌های HVDC موجود	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از نصب و راه‌اندازی پست‌های انتقال برق خطوط با ظرفیت بالا با تکنولوژی HVDC، نوبت به بهره‌برداری و شرایط بهره‌برداری و دوره‌های تعمیر و نگهداری از وسایل و تجهیزات موجود در پست‌های مذکور و راه‌های افزایش طول عمر سیستم‌های HVDC می‌باشد.</p> <p>یکی از این شرایط، بهره‌برداری از شبکه در نقطه بهینه از لحاظ کارکرد و عمر تجهیزات با توجه به ابزارها و روش‌های محاسباتی آنالیز پیرشدگی تجهیزات می‌باشد.</p> <p>راه دیگر تدوین دوره‌های تعمیر و نگهداری و بازبینی تجهیزات می‌باشد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، ارزیابی و یافتن راه‌های موثر و بهینه در افزایش طول عمر سیستم‌های HVDC موجود است.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی مدیریت عمر خطوط انتقال هوایی با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از نصب و راه‌اندازی خطوط انتقال برق خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به بهره‌برداری و شرایط بهره‌برداری و دوره‌های تعمیر و نگهداری از وسایل و تجهیزات موجود در خطوط مذکور و راه‌های افزایش طول عمر خطوط انتقال هوایی می‌باشد.</p> <p>یکی از این شرایط، بهره‌برداری از شبکه در نقطه بهینه از لحاظ کارکرد و عمر تجهیزات با توجه به ابزارها و روش‌های محاسباتی آنالیز پیرشدگی تجهیزات می‌باشد. و در واقع می‌توان با کنترل میزان سیلان توان در هر مسیر، با توجه به محدودیت‌های تجهیزات، در عمر طولانی‌تر و کارکرد بهتر سیستم کمک نمود.</p> <p>راه دیگر تدوین دوره‌های تعمیر و نگهداری و بازبینی تجهیزات می‌باشد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تهیه و تولید دانش فنی مدیریت عمر خطوط انتقال هوایی با ظرفیت بالا می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی ارزیابی وضعیت خطوط انتقال هوایی با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از نصب و راه‌اندازی خطوط انتقال برق خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به بهره‌برداری و شرایط بهره‌برداری و دوره‌های تعمیر و نگهداری از وسایل و تجهیزات موجود در خطوط مذکور و راه‌های افزایش طول عمر خطوط انتقال هوایی می‌باشد.</p> <p>یکی از این شرایط، بهره‌برداری از شبکه در نقطه بهینه از لحاظ کارکرد و عمر تجهیزات با توجه به ابزارها و روش‌های محاسباتی آنالیز پیرشدگی تجهیزات می‌باشد. و در واقع می‌توان با کنترل میزان سیلان توان در هر مسیر، با توجه به محدودیت‌های تجهیزات، در عمر طولانی‌تر و کارکرد بهتر سیستم کمک نمود.</p> <p>راه دیگر تدوین دوره‌های تعمیر و نگهداری و بازبینی تجهیزات می‌باشد.</p> <p>به همین دلیل در بازه‌های زمانی تعیین شده، وضعیت خطوط انتقال باید بصورت دقیق مشخص گردند (از لحاظ عمر تجهیزات و میزان بارگیری روی خط و میزان بارگیری مجاز)، و تصمیم‌های بهره‌برداری با توجه به آن گرفته شود.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تهیه و تولید دانش فنی ارزیابی وضعیت خطوط انتقال هوایی با ظرفیت بالا می‌باشد.</p>

**اقدام ۱۰: تدوین دستورالعمل مدیریت استراتژیک امنیت، کیفیت، پایداری و در دسترس بودن**

**(SQRA: Security, Quality, Reliability, Availability)**

این اقدام، خود شامل هفت پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دانش فنی بهره‌گیری از خطوط HVDC جهت ارتباط بین سیستم‌های قدرت بزرگ و مطالعات پایداری موردنیاز	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>امروزه سیستم‌های انتقال HVDC اهمیت ویژه‌ای دارند و به دلیل ویژگی‌های خاص آن‌ها روز به روز مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرند. این سیستم‌ها در انتقال توان برای فواصل زیاد، خطوط انتقال زیرزمینی طویل و اتصال بین ۲ شبکه قدرت بدون عبور اغتشاشات کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده‌اند. یکی از مشکلات این خطوط قیمت بالای تجهیزات مبدل AC به DC و بالعکس است که در مواردی که سول خط زیاد باشد، استفاده از فناوری HVDC را توجیه پذیر می‌کند.</p> <p>از آنجا که هزینه‌های HVDC بیشتر مرتبط با مبدل‌های آن است، لذا با تغییرات طول خط انتقال شیب افزایش هزینه به شدت هزینه خطوط HVAC تغییر نمی‌کند. بنابراین با افزایش مسافت، کاهش قیمت تمام‌شده سیستم HVDC را خواهیم داشت. برای فاصله‌ای بیش از فاصله بحرانی (که حدود ۵۰ کیلومتر برای کابل‌های زیردریا و حدود ۶۰۰ تا ۸۰۰ کیلومتر برای کابل‌های هوایی است)، کاهش هزینه ناشی از به کارگیری تجهیزات الکترونیک قدرت برای سیستم جریان مستقیم از هزینه این تجهیزات بیشتر است و لذا کاربری این سیستم عملاً در خطوط هوایی بسیار بلند مقرون به صرفه است.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تهیه و تولید دانش فنی بهره‌گیری از خطوط HVDC جهت ارتباط بین سیستم‌های قدرت بزرگ و انجام مطالعات پایداری مورد نیاز است.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: توسعه مطالعات قابلیت اطمینان شبکه HVDC و مطالعات موردنیاز برای ادغام شبکه HVDC با شبکه EHVAC موجود	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>قابلیت اطمینان بطور کلی در رابطه با توزیع زمانی خراب شدن و یا فاصله زمانی بین خرابی‌های وسایل و سیستم‌ها می‌باشد. بجز در تجهیزات یکبار مصرف مانند برخی تجهیزات تسلیحاتی، بقیه وسایل و سیستم‌ها بصورت طراحی و ساخته می‌شوند که برای مدتی دوام داشته باشند. ولی بخاطر متغیرهایی در زمان ساخت و بخصوص شرایط مختلف استفاده، زمان خراب شدن و یا فاصله بین خرابی‌های تمام وسایل و یا سیستم‌های یک نوع، یکسان نمی‌باشد و دارای تغییراتی است.</p> <p>در نتیجه بطور کلی قابلیت اطمینان یک وسیله یا یک سیستم برای مدت زمان مورد نیاز <math>tm</math> عبارت است از احتمال سالم ماندن و انجام وظیفه کردن آن وسیله یا سیستم در این مدت زمان می‌باشد.</p> <p>پست‌های شبکه انتقال برق وظیفه مهم تبدیل ولتاژ از یک سطح به سطح دیگر، حفاظت سیستم قدرت و همچنین ایجاد امکان بهره‌برداری مناسب از سیستم برق‌رسانی را بر عهده دارند. این پست‌ها به علت داشتن تجهیزات گوناگون و احتمال ایجاد اشکال و خرابی در آن‌ها در مواردی باعث اختلال و قطعی محلی در برق‌رسانی شده و در مواردی باعث ضعیف شدن شبکه انتقال و در موارد دیگر باعث اختلال کلی و قطعی‌های وسیع و همه‌جانبه سیستم برق گردند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، مطالعه و بررسی قابلیت اطمینان شبکه HVDC، و همچنین مطالعه و امکان‌سنجی و طراحی شبکه HVDC بطوریکه در کنار شبکه EHV AC بتواند کار کند و پایداری سیستم نیز حفظ شود.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بررسی اثرات شبکه HVDC بر پایداری و بازده سیستم قدرت با بهره‌گیری از تجهیزات هوشمند	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>محاسبه ظرفیت انتقال توان از نقطه‌ای به نقطه دیگر از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین مسائل در بهره‌برداری و طراحی سیستم قدرت است. حداکثر توانی که می‌توان از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر انتقال داد توسط عوامل زیر محدود می‌شود:</p> <p>حد پایداری خطوط، حد پایداری استاتیکی، حد ولتاژ در باس‌ها، ناپایداری ولتاژ دینامیک و ناپایداری گذرا. ATC حداکثر مقدار توانی است که در هر ساعت اضافه بر آنچه برای آن ساعت برنامه‌ریزی شده است، بین دو نقطه انتقال داد بدون اینکه هیچ کدام از این حدود خدشه‌دار شود. از آنجا که هر مگاوات ظرفیت انتقال، می‌تواند ارزش میلیون دلاری در سال داشته باشد، دقت در تعیین ATC دارای اهمیت زیاد و اولویت اصلی است به طوری که صاحبان سیستم‌های انتقال، زمان بسیار زیادی را صرف محاسبه دقیق آن می‌کنند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، مطالعه و بررسی بر روی حدود مختلف پایداری در شبکه‌های انتقال با ظرفیت بالا و پس از آن تدوین استانداردهای لازم جهت طراحی خطوط انتقال با سطح ولتاژ ۷۶۵ کیلوولت، با در نظرگیری حفظ پایداری این سیستم‌ها می‌باشد.</p> <p>استفاده از سیستم‌های EHV AC در کنار سیستم‌های DC، باعث برهم خوردن شرایط شبکه و محاسبات آن و پایداری‌های آن می‌شود. به همین دلیل وقتی برای افزایش ظرفیت بخواهیم از خط EHV AC در کنار AC و DC استفاده کنیم، باید تمام محاسبات پایداری و قابلیت اطمینان با شرایط جدید محاسبه گردد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، بررسی اثرات شبکه HVDC بر پایداری و بازده سیستم قدرت با بهره‌گیری از تجهیزات هوشمند می‌باشد.</p>

## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تجزیه و تحلیل بازده و پایداری شبکه‌های بزرگ EHVAC در اتصال به شبکه‌های HVDC	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>محاسبه ظرفیت انتقال توان از نقطه‌ای به نقطه دیگر از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین مسائل در بهره‌برداری و طراحی سیستم قدرت است. حداکثر توانی که می‌توان از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر انتقال داد توسط عوامل زیر محدود می‌شود:</p> <p>حد پایداری خطوط، حد پایداری استاتیکی، حد ولتاژ در باس‌ها، ناپایداری ولتاژ دینامیک و ناپایداری گذرا.</p> <p>ATC حداکثر مقدار توانی است که در هر ساعت اضافه بر آنچه برای آن ساعت برنامه‌ریزی شده است، بین دو نقطه انتقال داد بدون اینکه هیچ کدام از این حدود خدشه‌دار شود. از آنجا که هر مگاوات ظرفیت انتقال، می‌تواند ارزش میلیون دلاری در سال داشته باشد، دقت در تعیین ATC دارای اهمیت زیاد و اولویت اصلی است به طوری که صاحبان سیستم‌های انتقال، زمان بسیار زیادی را صرف محاسبه دقیق آن می‌کنند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، مطالعه و بررسی بر روی حدود مختلف پایداری در شبکه‌های انتقال با ظرفیت بالا و پس از آن تدوین استانداردهای لازم جهت طراحی خطوط انتقال با سطح ولتاژ ۷۶۵ کیلوولت، با در نظرگیری حفظ پایداری این سیستم‌ها می‌باشد.</p> <p>استفاده از سیستم‌های EHV AC در کنار سیستم‌های DC، باعث برهم خوردن شرایط شبکه و محاسبات آن و پایداری‌های آن می‌شود. به همین دلیل وقتی برای افزایش ظرفیت بخواهیم از خط EHV AC در کنار AC و DC استفاده کنیم، باید تمام محاسبات پایداری و قابلیت اطمینان با شرایط جدید محاسبه گردد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، مطالعه و بررسی اثرات شبکه EHV AC، در کنار سیستم EVDC، بر پایداری و بازده سیستم‌های قدرت می‌باشد.</p>

## شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

## "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: بررسی الزامات ایجاد بستر مخابراتی برای کنترل تجهیزات HVDC در محیط‌های متخاصم و پراختشاش	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>سیستم Power Line Carrier یا (p.l.c) یکی از شیوه‌های نوین انتقال داده می‌باشد. توسعه منابع تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی، نیاز مبرمی به وجود یک شبکه مخابراتی بین نقاط کلیدی سیستم برق رسانی مثل مراکز تولید، تبدیل، تصمیم‌گیری و توزیع که اکثراً در فواصل دور از هم واقع شده‌اند را بوجود آورده است. از خطوط انتقال امواج فرکانس بالای حامل اطلاعات در سیستم‌های مخابراتی استفاده نموده. سیستمی که برای این گونه انتقال اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرد را ابزار "انتقال موج حامل اطلاعات بر روی سیستم فشار قوی" یا PLC می‌نامند. موارد زیر ضرورت ایجاد یک شبکه مخابراتی PLC را بوضوح روشن می‌نماید ۱- شبکه‌های مخابرات عمومی جوابگوی نیازهای ارتباطی جهت بهره‌برداری موثر از شبکه فشار قوی نمی‌باشد</p> <p>۲- تبادل اطلاعات بین مراکز دیسپاچینگ و سایر پست‌ها توسط یک شبکه مخابراتی مطمئن و اختصاصی، از ضروریات اینگونه مراکز می‌باشد ۳- با استفاده از شبکه جامع مخابراتی، پست‌ها می‌توانند به تجهیزات حفاظتی مجهز گردند که باعث قابلیت اعتماد بیشتر و بهره‌برداری موثر تر از شبکه می‌گردد ۴- عدم وجود یک شبکه مخابراتی اختصاصی، ضعف ارتباط از طریق شبکه مخابراتی شرکت مخابرات، عدم دسترسی اکثر پست‌های واقع در خارج شهر به خطوط ارتباطی PTT مشکلاتی هستند که در صورت وجود یک شبکه مخابراتی مطمئن برطرف گشته و امکان بهره‌برداری موثرتر از شبکه را ایجاد می‌کند. با توجه به نکات فوق جهت مرتفع نمودن اشکالات ذکر شده و بهره‌برداری بهتر از شبکه، می‌توان با استفاده از سیستم‌های PLC چنین شبکه‌های مخابراتی را برای استفاده در شبکه‌های برق رسانی طراحی نمود. استفاده از PLC به جای سایر سیستم‌های ارتباطی نظیر کابل تلفنی، امواج رادیویی و مایکروویو و... دارای مزایایی می‌باشد که عبارتند از: ۱- به علت ناچیز بودن افت سیگنال حامل اطلاعات در هر کیلومتر، مراکز تولید و توزیع انرژی الکتریکی که معمولاً در فواصل دوری از یکدیگر واقعند را می‌توان مستقیماً توسط کانال‌های PLC بدون استفاده از تکرار کننده به یکدیگر مرتبط ساخت. ۲- خطوط انتقال فشار قوی که ارتباطات PLC توسط آن‌ها صورت می‌گیرد، موجود بوده و احتیاج</p>



### نام پروژه: بررسی الزامات ایجاد بستر مخابراتی برای کنترل تجهیزات HVDC در محیط‌های متخاصم و پراگتشناس

به سرمایه‌گذاری مجدد برای ایجاد محیط مخابراتی نیست. به علاوه در شرایط متغیر آب و هوایی مصونیت ارتباط PLC در مقایسه با ارتباطات رادیویی بیشتر می‌باشد. ۳- دستگاه‌های فرستنده و گیرنده PLC از درجه اطمینان بالایی برخوردار می‌باشند. ۴- شبکه مخابراتی که لوازم مدیریت برای کنترل و بهره‌برداری شبکه فشار قوی می‌باشد بطور اختصاصی تنها در اختیار شرکت برق منطقه‌ای قرار خواهد گرفت. ۵- سیستم‌های تلفنی PLC از شبکه تلفنی شرکت مخابرات مجزا می‌باشد و به عنوان سیستم‌های خصوصی فرض می‌شوند. هدف از انجام این پروژه، بررسی الزامات ایجاد بستر مخابراتی برای کنترل تجهیزات HVDC در محیط‌های متخاصم و پراگتشناس می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: مطالعات کاهش تلفات در خطوط HVDC برای اهداف صرفه‌جویی در مصرف انرژی	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>بزرگ‌ترین مزیت سیستم جریان مستقیم، امکان انتقال مقدار زیادی انرژی در مسافت‌های زیاد است و با تلفات کمتر (در مقایسه با روش انتقال AC) است. بدین ترتیب امکان استفاده از منابع و نیروگاه‌های دور افتاده مخصوصاً در سرزمین‌های پهناور به وجود می‌آید.</p> <p>در راستای کاهش تلفات خطوط انتقال و افزایش راندمان سیستم مطالعات باید بر روی کابل‌ها، کلیدها، مبدل‌ها و دیگر تجهیزات خطوط HVDC انجام گیرد تا تلفات این خطوط به حداقل مقدار ممکن برسد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، مطالعه و بررسی تلفات موجود در خطوط HVDC و یافتن راه‌حلهایی برای به حداقل رساندن این تلفات.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: برنامه‌ریزی استراتژیک برای بهره‌برداری از تکنولوژی‌های جدید و اعمال نوآوری‌های تکنولوژی در سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۶ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
<b>تشریح فعالیت</b>	<p>با توجه به جدید بودن پروژه در کشور، مسلماً پس از بهره‌برداری از این خطوط، و همگام با افزایش تجربیات متخصصین در این زمینه و نیز آشنائی با فناوری‌های نو در سراسر دنیا و از طریق ارتباط با سایر شرکت‌های فعال دنیا در این زمینه، نیاز به فناوری و تکنولوژی‌های جدید و استفاده از آن‌ها در شبکه برق کشور برای رسیدن به اهداف مختلف احساس می‌شود.</p> <p>در این راستا نیاز به تعریف یک برنامه زمان‌بندی منسجم که به وسیله آن بتوان در بازه‌های زمانی معینی، این پیشنهادات از صاحبان نظر اخذ گردد و بعد از بررسی و اعمال نظر در رابطه با آن‌ها تصمیم‌گیری شود.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تهیه یک برنامه منسجم برای بهره‌برداری از تکنولوژی‌های جدید و اعمال تکنولوژی‌های جدید در سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا می‌باشد.</p>

## اقدام ۱۱: تدوین دستورالعمل بهره‌برداری از ابررسانا در انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق و

### تدوین دانش فنی به‌کارگیری ابررسانا

این اقدام، خود شامل دو پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه و تدوین دانش فنی تکنولوژی ابررسانا و طراحی و ساخت تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>در تمامی جهان، تأسیسات الکتریکی با یک چالش مواجه اند؛ عبور دادن مقدار بیشتری انرژی از درون شبکه‌های توزیع شهری برای رفع نیاز رو به افزایش مصرف‌کننده‌ها در قرن بیست و یکم. به علاوه، آن‌ها باید مصرف‌کننده‌ها را از قطعی‌های ناپهنگام در اثر این اضافه مصرف محافظت کنند.</p> <p>یک تکنولوژی انقلابی در ساخت کابل‌های برق ابداع شده که مدعی است می‌تواند بر هر دو مشکل ذکر شده در بالا غلبه کند. کابل‌های جدید از مواد ابررسانا درجه حرارت بالا یا HTS ساخته شده‌اند و می‌توانند انرژی الکتریکی ۱۵۰ برابر یک سیم مسی معمولی با همان قطر را انتقال دهند. هنگامی که ابررسانا در یک کابل استفاده می‌شود مانند یک رسانای خیلی خوب عمل می‌کند البته در صورتی که چند شرط برای کارکرد آن رعایت شده باشد. مهمترین شرط این است که مواد ابررسانا باید در زیر درجه حرارت بحرانی خود قرار بگیرند تا خاصیت ابررسانایی خود را نمایش دهند. این امر سبب می‌شود که چنین کابلی نیاز به یک خنک‌کننده دائمی نیتروژن مایع داشته باشد. نیتروژن مایع نسبتاً ارزان و از نظر محیط زیستی کم‌خطر است و می‌تواند جانشین روغنهایی شود که به صورت معمول در بسیاری از کابل‌های توزیع در شهرها استفاده می‌شوند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تهیه و تنظیم دانش فنی تکنولوژی ابررسانا و ساخت تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه و تدوین دستورالعمل استفاده از خطوط ابررسانا در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>در تمامی جهان، تأسیسات الکتریکی با یک چالش مواجه اند؛ عبور دادن مقدار بیشتری انرژی از درون شبکه‌های توزیع شهری برای رفع نیاز رو به افزایش مصرف کننده ها در قرن بیست و یکم. به علاوه، آن‌ها باید مصرف کننده ها را از قطعی های نابهنگام در اثر این اضافه مصرف محافظت کنند.</p> <p>یک تکنولوژی انقلابی در ساخت کابل‌های برق ابداع شده که مدعی است می‌تواند بر هر دو مشکل ذکر شده در بالا غلبه کند. کابل‌های جدید از مواد ابررسانا درجه حرارت بالا یا HTS ساخته شده‌اند و می‌توانند انرژی الکتریکی ۱۵۰ برابر یک سیم مسی معمولی با همان قطر را انتقال دهند. هنگامی که ابررسانا در یک کابل استفاده می‌شود مانند یک رسانای خیلی خوب عمل می‌کند البته در صورتی که چند شرط برای کارکرد آن رعایت شده باشد. مهمترین شرط این است که مواد ابررسانا باید در زیر درجه حرارت بحرانی خود قرار بگیرند تا خاصیت ابررسانایی خود را نمایش دهند. این امر سبب می‌شود که چنین کابلی نیاز به یک خنک‌کننده دائمی نیتروژن مایع داشته باشد. نیتروژن مایع نسبتاً ارزان و از نظر محیط زیستی کم خطر است و می‌تواند جانشین روغن‌هایی شود که به صورت معمول در بسیاری از کابل‌های توزیع در شهرها استفاده می‌شوند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تهیه و تنظیم دستورالعمل استفاده از خطوط ابررسانا در سیستم‌های انتقال برق می‌باشد.</p>

## اقدام ۱۲: تدوین دستورالعمل بهره‌برداری از ابررسانا در انتقال توان در سیستم‌های انتقال برق و

### تدوین دانش فنی به‌کارگیری ابررسانا

این اقدام، خود شامل شش پروژه می‌باشد.

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل مانیتورینگ آنلاین و مطمئن شبکه با تشکیل و تشخیص الگوی تغییرات (Visualization and Pattern Recognition)	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۸ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>با توجه به رشد سالانه بسیار بالای احداث خطوط انتقال نیرو، صنعت برق برای توسعه ظرفیت خود به منابع ریالی و ارزی هنگفتی جهت سرمایه‌گذاری در این بخش نیازمند است. احداث خطوط جدید علاوه بر تحمیل هزینه‌های سنگین، همواره با مسائل و مشکلات فراوانی روبرو بوده است که زمان‌بر بودن مراحل طراحی، اجرا و نیز معضلات در اختیار گرفتن زمین و حریم مناسب خطوط از جمله آن‌ها می‌باشند.</p> <p>در سال‌های اخیر فعالیت‌های گسترده‌ای در خصوص افزایش ظرفیت خطوط موجود در بسیاری از شرکت‌های برق و مراکز تحقیقاتی کشورهای توسعه یافته صورت پذیرفته است. در این بین سیستم‌های مانیتورینگ خط به عنوان ابزاری که می‌تواند با حداقل تغییرات و در یک زمان بسیار کوتاه طراحی و نصب شده و در بهره‌برداری بهینه از شبکه متمر ثمر باشد مطرح می‌باشد.</p> <p>هدف از مانیتورینگ آنلاین خطوط انتقال این است که ظرفیت بارگیری از خطوط انتقال به ماکزیمم مقدار ممکن برسد، تا جریان بتواند بدون تجاوز از محدودیت‌هایی که وجود دارد از خط عبور کند و در صورتی که شرایط خنک‌کنندگی هادی مناسب باشد برای مثال سرعت باد زیاد و دمای محیط کم باشد، هادی بتواند جریان بیشتری را از خود عبور دهد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، بررسی و مطالعه بر روی انواع روش‌های مانیتورینگ آنلاین خط و استفاده از آن در خطوط انتقال ظرفیت بالا می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تهیه دستورالعمل جامع مدیریت اندازه‌گیری‌های سیستم حفاظت و ارتباطی باهدف اجرای استانداردهای CIM و UCA در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	
مدت زمان اجرای پروژه	۹ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا، استفاده از سیستم‌های انتقال اطلاعات به منظور اهداف حفاظتی و کنترلی، امری مهم و غیر قابل انکار است. پروژه‌هایی نیز در این زمینه تعریف شده و مورد بحث قرار گرفته و چشم‌اندازهایی برای هر کدام در نظر گرفته شده است.</p> <p>نکته‌ای که در اینجا باید بدان توجه نمود، استفاده از ابزارهای لازم در راه بهره‌بری از این تجهیزات ارتباطی می‌باشد. در این راه ما به پروتکل‌ها و قوانین و استانداردهایی برای فرستادن و انتقال و دریافت اطلاعات نیازمندیم. در این زمینه استانداردهایی موجود می‌باشد مانند: CIM و UCA که مورد پذیرش جوامع بین‌المللی هستند.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، تهیه و تدوین دستورالعمل جامع مدیریت اندازه‌گیری سیستم‌های حفاظتی و ارتباطی با هدف اجرای استانداردهای CIM و UCA در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا می‌باشد.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

### "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین نقشه راه توسعه تکنولوژی ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان نوری	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۸ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>اندازه‌گیری جریان نقش مهمی را در سیستم‌های قدرت الکترونیک در قسمت حفاظت و کنترل ایفا می‌کند اخیراً با افزایش ولتاژ خطوط نیرو توجه قابل ملاحظه‌ای به ترانسفورماتورهای جریان نوری داده می‌شود. زیرا CT نوری مزایای زیادی بر ترانسفورماتورهای جریان متداول با هسته آهن و سیم‌پیچ مسی دارد.</p> <p>برای مثال ترانسفورماتورهای جریان نوری optical current transform بر خلاف ترانسفورماتورهای جریان معمولی فاقد روغن می‌باشند و لذا در مواقعی که خطای داخلی باعث بروز جرقه (flashover) می‌گردد منجر نخواهد شد بعلاوه آن‌ها مشخصات الکترومغناطیسی بمراتب بهتری را برای کنترل الکترونیکی پست تامین می‌نمایند.</p> <p>همچنین CT نوری، اثرات اشباع و ایزوله‌کنندگی خوب و نیز اندازه و وزن کم آن در بکارگیری بیشتر آن در وارد کردن CT , PD نوری به سیستم قدرت الکترونیک با ولتاژ بالا و یا در یک swichegear ایزوله‌گازی (GIS) یک تحول جدید را باعث می‌شود.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، ترسیم و تدوین نقشه راه و توسعه تکنولوژی ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان نوری به منظور استفاده از آن‌ها در خطوط انتقال با ظرفیت بالا می‌باشد.</p>



شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل استفاده مؤثر از PMU ها و توزیع تجهیزات مانیتورینگ در سطح شبکه برای مانیتورینگ گسترده، مدل‌سازی بار و پیکسای بار	
مدت زمان اجرای پروژه	۲۴ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>با توجه به رشد سالانه بسیار بالای احداث خطوط انتقال نیرو، صنعت برق برای توسعه ظرفیت خود به منابع ریالی و ارزی هنگفتی جهت سرمایه‌گذاری در این بخش نیازمند است. احداث خطوط جدید علاوه بر تحمیل هزینه‌های سنگین، همواره با مسائل و مشکلات فراوانی روبرو بوده است که زمان بر بودن مراحل طراحی، اجرا و نیز معضلات در اختیار گرفتن زمین و حریم مناسب خطوط از جمله آن‌ها می‌باشند.</p> <p>در سال‌های اخیر فعالیت‌های گسترده‌ای در خصوص افزایش ظرفیت خطوط موجود در بسیاری از شرکت‌های برق و مراکز تحقیقاتی کشورهای توسعه یافته صورت پذیرفته است. در این بین سیستم‌های مانیتورینگ خط به عنوان ابزاری که می‌تواند با حداقل تغییرات و در یک زمان بسیار کوتاه طراحی و نصب شده و در بهره‌برداری بهینه از شبکه متمر ثمر باشد مطرح می‌باشد.</p> <p>هدف از مانیتورینگ آنلاین خطوط انتقال این است که ظرفیت بارگیری از خطوط انتقال به ماکزیمم مقدار ممکن برسد، تا جریان بتواند بدون تجاوز از محدودیت‌هایی که وجود دارد از خط عبور کند و در صورتی که شرایط خنک‌کنندگی هادی مناسب باشد برای مثال سرعت باد زیاد و دمای محیط کم باشد، هادی بتواند جریان بیشتری را از خود عبور دهد.</p> <p>یکی از راه‌حل‌های آینده برای مانیتورینگ زمان حقیقی شبکه‌های قدرت، سیستم PMU (Phasor Measurement Units) می‌باشد که با کمک سیستم GPS سیگنال‌های زمانی بسیار دقیقی از اطلاعات شبکه‌های قدرت را جمع‌آوری و استفاده می‌نماید. گیرنده ماهواره ائی GPS اطلاعات دقیقی از وضعیت ولتاژ سه فاز پست‌ها و جریان خطوط، ترانسفورماتورها و بارها را جمع‌آوری و در اختیار PMU قرار می‌دهد. براساس این اطلاعات، مؤلفه مثبت ولتاژ و جریان‌ها در لحظه زمانی اندازه‌گیری بطور دقیق در مقیاس میکروثانیه محاسبه شده و بدینوسیله زاویه فاز آن‌ها استخراج می‌گردد.</p>

هدف از انجام این پروژه، تهیه و تدوین دستورالعمل استفاده موثر از PMUها و توزیع تجهیزات مانیتورینگ در سطح شبکه برای مانیتورینگ گسترده می‌باشد.	
--	--

### شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه

### "سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین دستورالعمل بهره‌برداری در نرخ جریانی بالاتر از حد موجود با استفاده از ابزارهای مانیتورینگ و اندازه‌گیری دقیق و گسترده	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>با توجه به رشد سالیانه بسیار بالای احداث خطوط انتقال نیرو، صنعت برق برای توسعه ظرفیت خود به منابع ریالی و ارزی هنگامی جهت سرمایه‌گذاری در این بخش نیازمند است. احداث خطوط جدید علاوه بر تحمیل هزینه‌های سنگین، همواره با مسائل و مشکلات فراوانی روبرو بوده است که زمان بر بودن مراحل طراحی، اجرا و نیز معضلات در اختیار گرفتن زمین و حریم مناسب خطوط از جمله آن‌ها می‌باشند.</p> <p>در سال‌های اخیر فعالیت‌های گسترده‌ای در خصوص افزایش ظرفیت خطوط موجود در بسیاری از شرکت‌های برق و مراکز تحقیقاتی کشورهای توسعه یافته صورت پذیرفته است. در این بین سیستم‌های مانیتورینگ خط به عنوان ابزاری که می‌تواند با حداقل تغییرات و در یک زمان بسیار کوتاه طراحی و نصب شده و در بهره‌برداری بهینه از شبکه متمر ثمر باشد مطرح می‌باشد.</p> <p>هدف از مانیتورینگ آنلاین خطوط انتقال این است که ظرفیت بارگیری از خطوط انتقال به ماکزیمم مقدار ممکن برسد، تا جریان بتواند بدون تجاوز از محدودیت‌هایی که وجود دارد از خط عبور کند و در صورتی که شرایط خنک‌کن‌ندگی هادی مناسب باشد برای مثال سرعت باد زیاد و دمای محیط کم باشد، هادی بتواند جریان بیشتری را از خود عبور دهد.</p> <p>هدف از انجام این پروژه، استفاده از ابزارهایی مانند مانیتورینگ و اندازه‌گیری دقیق و گسترده جهت افزایش نرخ جریان عبوری از خطوط انتقال با ظرفیت بالا است.</p>

شرح مختصری بر زیر پروژه‌های تعریف شده در گزارش شماره ۵ از پروژه:

"سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا"

نام پروژه: تدوین نقشه راه و توسعه تکنولوژی ترانسفورماتورهای ولتاژ	
مدت زمان اجرای پروژه	۱۲ ماه
بودجه پیش‌بینی شده جهت اجرای پروژه	---
تشریح فعالیت	<p>پس از تهیه استانداردهای لازم در خصوص هر کدام از تجهیزات بکار گرفته شده در شبکه خطوط با ظرفیت بالا، نوبت به تامین و تجهیز این تجهیزات با توجه به نیازهای پیش‌بینی شده در بخش طراحی می‌رسد. یکی از این تجهیزات، ترانسفورماتورهای این خطوط می‌باشد که با توجه به نوع شبکه مورد بررسی، به منظور تحمل سطح ولتاژ ۷۰۰ کیلوولت ساخته شده باشند. در حال حاضر در کشور ما توانایی ساخت این نوع ترانسفورماتور وجود ندارد و سازندگان داخلی فقط تا سطح ولتاژ ۴۰۰ کیلوولت قادر به تولید می‌باشند. با توجه به ماتریس جذابیت و توانمندی که در فصل سوم توضیح داده شده است، با توجه به اطلاعات اخذ شده از سازندگان داخلی ترانسفورماتور، این تجهیز در گروه توسعه داخلی قرار می‌گیرد. با توجه به ساختار این گروه دانش این فناوری باید در داخل کشور و توسط متخصصان داخلی تولید شود و فقط می‌توان از نمونه‌های خارجی برای الگو گرفتن استفاده نمود. پس در این پروژه ابتدا سازندگان برتر داخلی شناسایی و طرح‌های آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و از میان آن‌ها با توجه به نیاز کشور تصمیمات بعدی گرفته می‌شود.</p> <p>تعدادی از شرکت‌های سازنده ای که به دانش و تولید این فناوری رسیده‌اند عبارتند از:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ ALSTOM Grid</li> <li>⇒ SIEMENS</li> <li>⇒ TOSHIBA</li> <li>⇒ VON ROLL</li> <li>⇒ CROMPTON GREAVES</li> <li>⇒ TBEA HENGYANG TRANSFORMER</li> </ul> <p>هدف از انجام این پروژه، ترسیم و تدوین نقشه راه و توسعه تکنولوژی ترانسفورماتورهای ولتاژ می‌باشد. در واقع در این پروژه با توجه به سند چشم‌انداز برنامه‌ی مدونی برای رسیدن به دانش فنی این ترانس‌ها در کشور ایجاد می‌شود.</p>



۲۹۳

سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

ویرایش اول، دی ۱۳۹۳

فاز ۵: برنامه تحلیلی و تهیه رهنگاشت

## فهرست مطالب

- ۱- مقدمه ..... ۱
- ۲- فرایند ارزیابی سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۱
- ۲-۱- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی ..... ۲
- ۲-۱-۱- تعریف شاخص‌های سند راهبردی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا ..... ۳
- ۳- تدوین ساختار نظارت، به روزرسانی و مکانیزم ارزیابی ..... ۸
- ۳-۱- ساختار نظارت و به روز رسانی ..... ۸
- ۳-۲- مکانیزم عملکرد ..... ۱۳
- ۴- نتیجه‌گیری ..... ۱۵

## فهرست جداول

- جدول (۱-۲): شاخص شناسایی شده برای چشم انداز سند راهبردی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا..... ۳
- جدول (۲-۲): شاخص‌های شناسایی شده برای اهداف کلان سند راهبردی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا..... ۳
- جدول (۳-۲): شاخص‌های شناسایی شده برای اقدامات غیرفنی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا..... ۴
- جدول (۴-۲): شاخص‌های شناسایی شده برای اقدامات فنی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا..... ۶
- جدول (۱-۳): شاخص‌های کلیدی ارزیابی وضعیت پیشرفت سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا..... ۱۴

## ۱- مقدمه

هر برنامه‌ریزی نیازمند ارزیابی بوده و بدون آن نمی‌توان از اجرای برنامه اطمینان حاصل نمود. در سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا نیز نمی‌توان بدون ارزیابی، به نحوه عملکرد و اثربخشی ارکان مختلف سند (که براساس نقشه‌راه این سند صورت می‌گیرد) پی برد. به منظور ارزیابی لازم است شاخص‌های عملکردی و اثربخشی تعریف شده تا بتوان در طول زمان با بررسی وضعیت شاخص‌ها، میزان پیشرفت ارکان مختلف سند را مشخص کرد. علاوه بر تعیین شاخص‌ها، می‌بایست مشخص گردد که چه ساختارهای نظارتی، در چه مقاطع زمانی و چگونه باید ایجاد شوند تا پروژه‌های اجرایی مختلفی را که برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا صورت می‌گیرد مورد ارزیابی قرار دهند. همچنین با توجه به اینکه نقشه‌راه یک سند زنده و پویا برای تحرکات بخش‌های مختلف صنعت برق کشور در جهت حصول به اهداف این صنعت می‌باشد، ضرورت دارد در بازه‌های زمانی مشخصی به بازنگری و بروزرسانی این سند پرداخته شود. در این بخش از طرح، برنامه‌ریزی لازم جهت انجام این بازنگری‌ها نیز مشخص خواهد شد. در ادامه به ترتیب، فرایند ارزیابی سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا، مکانیزم ارزیابی، ساختار نظارت و به‌روزرسانی سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا بررسی شده است.

## ۲- فرایند ارزیابی سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

مکانیزمی که در این سند برای ارزیابی تحقق برنامه‌های سند در نظر گرفته شده است شامل مراحل اصلی زیر می‌باشد:

- ۱- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی
- ۲- شناسایی منابع اطلاعاتی برای اندازه‌گیری شاخص‌ها
- ۳- جمع‌آوری اطلاعات و مقایسه با معیارهای کمی تعیین شده
- ۴- تفسیر نتایج و ارائه پیشنهاد

مرحله اول از مکانیزم ارزیابی سند که شامل تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی می‌باشد قبل از اجرایی شدن سند صورت می‌پذیرد. در این مرحله برای ارکان مختلف سند که شامل چشم‌انداز، اهداف و اقدامات می‌باشد 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 سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و نحوه دستیابی به آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۱-۲- تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

شاخص، استاندارد است که دستیابی به آن نشان‌دهنده نیل به مقصد می‌باشد. جزئیات شاخص‌ها تعیین‌کننده طرز اندازه‌گیری دامنه دستیابی به اهداف عینی در زمان‌های مختلف می‌باشد. اندازه‌گیری‌ها می‌توانند کمی، کیفی و یا رفتاری باشند. شاخص‌ها همان ابزار نظارت بر پیشرفت سطوح راهبردی هستند که ناظر بر طبق آنها میزان تحقق آن سطح را اندازه‌گیری می‌نماید. از همین رو شاخص‌ها می‌باید ابعاد مختلف سطوح راهبردی را مورد توجه قرار دهند به شکلی که پیشرفت امور بر اساس شاخص‌ها تضمین‌کننده تحقق کامل اقدامات گردد. در همین راستا شاخص‌ها می‌باید مشخص‌کننده ابعاد ذیل باشند:

(الف) کمیت (چقدر)

(ب) کیفیت (چگونه)

(ج) زمان (چه موقع)

(د) محل (کجا)

در برخی از شاخص‌ها ممکن است ابعاد چهارگانه فوق قابل تعریف نباشند، به عنوان مثال ممکن است محل در مورد یک شاخص فنی تعریف پذیر نباشد که در این حالت از بررسی این بعد خاص صرف‌نظر می‌شود.

شاخص‌ها باید با ملاحظه ویژگی‌های زیر تعریف شوند:

(الف) اساسی بودن: یعنی جنبه اساسی یک سطح خاص را منعکس نماید.

(ب) واقعی بودن: هر شاخص باید منعکس‌کننده یک واقعیت - و نه تصور ذهنی - بوده و برای همگان مفهوم واحدی را القا نماید.

(ج) قابل قبول بودن: باید بتوان تغییرات شاخص را به تحقق یا عدم تحقق مقصود منتسب نمود.

(د) مبتنی بر داده‌های قابل کسب بودن: داده‌های لازم برای اندازه‌گیری شاخص می‌باید در دسترس باشد.



## ۲-۱-۱- تعریف شاخص‌های سند راهبردی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت

### بالا

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. به منظور تدوین شاخص‌های سطح کلان (شامل شاخص‌های چشم‌انداز و اهداف کلان)، از محورهای اصلی تعیین شده در چشم‌انداز و اهداف استفاده شد. محورهای اصلی مورد نظر در چشم‌انداز توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا عبارتند از:

- دانش فنی طراحی شبکه انتقال با ظرفیت بالا

- دانش فنی ساخت نمونه عملیاتی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

بر همین اساس ۲ شاخص تحقق چشم‌انداز و معیارهای ارزیابی آن‌ها تعریف شد. این شاخص‌ها در جدول (۲-۱) نشان داده شده است.

#### جدول (۲-۱): شاخص شناسایی شده برای چشم‌انداز سند راهبردی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

ردیف	شاخص	معیار ارزیابی
۱	وضعیت دانش فنی طراحی شبکه	دستیابی به دانش فنی طراحی خط
۲	وضعیت توانمندی ساخت نمونه عملیاتی سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۱ نمونه عملیاتی ساخته شده از سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا

برای تدوین شاخص‌های مربوط به اهداف کلان سند نیز از محورهای اصلی اهداف در نظر گرفته شده استفاده شد. بر این اساس ۷ شاخص برای تحقق اهداف کلان سند تعریف شد و با در نظر گرفتن وضعیت فعلی هر شاخص در سال ۱۳۹۳، معیار ارزیابی آن معین شد. شاخص‌های مربوط به اهداف در جدول (۲-۲) ارائه شده است.

#### جدول (۲-۲): شاخص‌های شناسایی شده برای اهداف کلان سند راهبردی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

ردیف	شاخص	مقدار در سال ۱۳۹۳	مقدار در سال ۱۴۰۴
۱	میزان ظرفیت انتقال برق با ظرفیت بالا	۰ مگاوات	۱۰۰۰ مگاوات
۲	میزان تولید برق	۵۶۸۵۶ مگاوات	۹۷۰۰۰ مگاوات
۳	میزان کل ظرفیت نصب شده	۷۲۷۸۲ مگاوات	۱۲۴۰۰۰ مگاوات

ردیف	شاخص	مقدار در سال ۱۳۹۳	مقدار در سال ۱۴۰۴
۴	میزان تلفات شبکه	۳/۴۵٪	۲/۵٪
۵	شاخص قدرت سرانه	۹۰۸ وات	۱۵۵۳ وات
۶	میزان صادرات برق	۱۱ تراوات ساعت	۱۹ تراوات ساعت
۷	طول شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا	۰ کیلومتر	حدود ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلومتر

برای تدوین شاخص‌های مربوط به اقدامات غیرفنی، ابتدا فهرست اقدامات غیرفنی بررسی شد و برای آن دسته از اقدامات غیرفنی که امکان تعریف شاخص کمی و قابل ارزیابی وجود داشت شاخص تحقق و معیار ارزیابی مربوط به آن مشخص شد. در سایر موارد، شاخص کیفی آن تعیین شد. شاخص‌های مربوط به اقدامات غیرفنی در جدول (۲-۳) نشان داده شده است.

#### جدول (۲-۳): شاخص‌های شناسایی شده برای اقدامات غیرفنی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

ردیف	اقدامات	شاخص	معیار ارزیابی
۱	ایجاد واحد درسی HVDC در سرفصل دروس مربوط به رشته مهندسی برق-گرایش قدرت	وضعیت محتوای آموزشی تدوین شده برای درس HVDC	کتاب درسی HVDC
۲	حمایت از پایان‌نامه‌ها و مقالات کاربردی در حوزه فناوری‌های سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا به شکل کمک‌های مالی و ارائه خدمات مشاوره‌ای	میزان حمایت مالی از پایان‌نامه‌های ارشد و دکتری و مقالات کاربردی	۷۰ میلیون تومان در سال
۳	پرداخت کمک‌هزینه ثبت پتنت در مؤسسات معتبر بین‌المللی نظیر EPO و USPTO به پژوهشگران و مخترعان فعال در زمینه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	میزان کمک مالی برای ثبت پتنت در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۴۵ میلیون تومان در سال
۴	کمک به جذب و پذیرش واحدهای فناور در مراکز رشد جهت کمک به صنعتی شدن دانش به دست آمده در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	تعداد واحدهای فناور جذب شده در مراکز رشد	۱۰ واحد در سال
۵	زمینه‌سازی ارتباط میان مراکز علمی و تحقیقاتی کشور با مراکز علمی و تحقیقاتی کشورهای پیشرو	تعداد تفاهم‌نامه‌های همکاری بین مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی و خارجی	-
۶	تعریف پروژه‌های مشترک در زمینه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا میان دانشگاه‌ها، شرکت‌های تولیدکننده و شرکت‌های مشاور	تعداد پروژه‌های مشترک تعریف شده	-
۷	تسهیل همکاری‌های بین‌المللی با شرکت‌های معتبر جهت انتقال فناوری‌های مورد نیاز برای طراحی و ساخت سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	تعداد قراردادهای انتقال فناوری	-
۸	تهیه و انتشار نشریه تخصصی در حوزه سیستم‌های انتقال برق	تعداد شماره‌های منتشرشده نشریه تخصصی سیستم‌های انتقال در سال	انتشار ۴ شماره در سال
۹	برگزاری کنفرانس‌های بین‌المللی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت تبادل دانش میان	تعداد کنفرانس‌های تخصصی برگزارشده در سال	برگزاری ۱ کنفرانس در سال

ردیف	اقدامات	شاخص	معیار ارزیابی
	بازیگران توسعه فناوری		
۱۰	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی مرتبط با سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا جهت ارائه آخرین دستاوردها	تعداد نمایشگاه‌های تخصصی برگزار شده در سال	برگزاری ۱ نمایشگاه در سال
۱۱	برگزاری دوره‌های کوتاه‌مدت و کارگاه‌های آموزشی با حضور مدرسان خارجی از کشورهای پیشرو	تعداد دوره‌های آموزشی برگزار شده در سال	برگزاری ۵ دوره و کارگاه آموزشی در سال
۱۲	پایش و ارزیابی مستمر توانمندی‌های فناورانه تولیدکنندگان، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های مشاور فعال در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	گزارش وضعیت توانمندی تولیدکنندگان، مراکز تحقیقاتی و شرکت‌های مشاور	تهیه ۲ گزارش در سال
۱۳	طراحی پایگاه اطلاعاتی بازیگران فعال در زمینه توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	وضعیت پایگاه داده بازیگران فعال در توسعه فناوری	نرم‌افزار پایگاه داده طراحی شده
۱۴	تسهیل قوانین گمرکی مربوط به مواد و قطعات مورد نیاز شرکت‌های تولید کننده برای توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	میزان تعرفه واردات مواد و قطعات مورد نیاز	-
۱۵	شناسایی تأمین‌کنندگان مطمئن مواد و قطعات مربوط به تجهیزات حوزه HVDC و مواد عایقی و برقراری ارتباط با آنها	گزارش تأمین‌کنندگان مطمئن	-
۱۶	کمک به تأمین مالی مراکز تحقیقاتی و سازندگان تجهیزات مورد نیاز سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا از طریق: - اعطای تسهیلات بلندمدت کم‌بهره یا بدون بهره - پرداخت بخشی از سود تسهیلات بانکی - ارائه کمک‌های بلاعوض	میزان تسهیلات مالی ارائه شده در سال	۵۰ میلیارد ریال در سال
۱۷	اعزام نیروی متخصص به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه سیستم‌های HVDC	تعداد متخصصان اعزام شده به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارجی در سال	۲۰ نفر در سال
۱۸	تسهیل فرایند دریافت تسهیلات فاینانس از بانک‌های خارجی	کاهش زمان دریافت تسهیلات فاینانس از بانک‌های خارجی	کاهش زمان دریافت تسهیلات به نصف زمان قبلی
۱۹	حمایت از سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در طراحی و ساخت تجهیزات مورد نیاز سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا از طریق: - اعطای مشوق‌های مالیاتی - تضمین خرید تجهیزات تولید شده از سوی شبکه برق - انعقاد قراردادهای ساخت، بهره‌برداری و انتقال (BOT) با شرکت‌های بخش خصوصی	میزان سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در سال	۳۰۰ میلیارد ریال در سال
۲۰	تسهیل مشارکت سرمایه‌گذاران خارجی در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا از طریق: - شناسایی و دعوت از سرمایه‌گذاران خارجی - ارائه مشوق‌های مالیاتی، گمرکی و تضمین امنیت سرمایه‌گذاری	میزان سرمایه‌گذاری شرکت‌های خارجی در توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در سال	۱۰ میلیون دلار در سال

ردیف	اقدامات	شاخص	معیار ارزیابی
	- تسهیل فرایند اخذ مجوزهای قانونی از دستگاه‌های ذیربط		
۲۱	تاسیس مرکز ملی سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات	تأسیس مرکز سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	-
۲۲	تدوین آیین‌نامه حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	آیین‌نامه حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی	-
۲۳	تهیه دستورالعمل همکاری میان دانشگاه‌ها، تولیدکنندگان و شرکت‌های مشاور در پروژه‌های توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	دستورالعمل همکاری میان دانشگاه‌ها، تولیدکنندگان و شرکت‌های مشاور در پروژه‌های توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	-

برای تدوین شاخص‌های مربوط به اقدامات فنی، کارشناسان تیم فنی پروژه با بررسی پروژه‌های ذیل هر اقدام، شاخص‌های مربوط به آن اقدام فنی را مشخص کردند. این شاخص‌ها بر اساس تجربیات قبلی در انجام پروژه‌های فنی تدوین شد. شاخص‌های مربوط به اقدامات فنی در جدول (۲-۴) ارائه شده است.

#### جدول (۲-۴): شاخص‌های شناسایی شده برای اقدامات فنی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

ردیف	اقدامات فنی	شاخص‌ها
۱	تهیه و تدوین استانداردهای مرتبط با هادی‌های خطوط (EHVAC)	- میزان تطبیق با استانداردهای معتبر در این زمینه از نظر جامعیت مشخصات الکتریکی، مکانیکی، فنی، اجرائی - میزان بومی سازی استانداردها براساس در نظر گرفتن شرایط موجود و زیرساخت‌ها
۲	تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC)	- میزان دقت محاسبات انجام شده و ارائه تحلیل دقیق فنی و علمی برای ساده‌سازی‌ها یا شرایط پیش فرض
۳	تهیه و تدوین استانداردهای مرتبط با هادی‌های خطوط (HVDC)	- میزان انطباق دستورالعمل‌ها با استانداردهای جهانی و ارائه تحلیل‌های فنی دقیق و شبیه‌سازی‌های لازم در محیط نرم افزارهای مورد تایید
۴	تهیه و تدوین دستورالعمل‌ها و انجام محاسبات مورد نیاز برای شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا (HVDC)	- میزان انطباق دستورالعمل‌ها با استانداردهای جهانی و ارائه تحلیل‌های فنی دقیق و شبیه‌سازی‌های لازم در محیط نرم افزارهای مورد تایید - میزان دقت مطالعات از نظر متخصصین خبره
۵	ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری سیستم انتقال با ظرفیت بالا (EHVAC, HVDC)	- میزان انطباق استانداردها با آزمایشگاه‌ها، ارزیابی جامعیت و کفایت آزمایشگاه از نظر متخصصین داخلی - وضعیت تحلیل معیارهای معتبر در طراحی - میزان دقت مطالعات از نظر متخصصین خبره
۶	بررسی روش‌های نوین طراحی خطوط سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- میزان جامعیت مطالعات برای در نظر گرفتن تمامی شرایط - وضعیت تحلیل معیارهای معتبر در طراحی

ردیف	اقدامات فنی	شاخص‌ها
		- میزان دقت مطالعات از نظر متخصصین خبره
۷	امکان‌سنجی، طراحی و ساخت تجهیزات اصلی خطوط سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- میزان دقت روند طراحی تجهیز - گزارش تحلیل فنی-اقتصادی - وضعیت نمونه اولیه ساخته شده از تجهیزات اصلی خطوط سیستم‌های انتقال - تعداد آزمون‌های انجام شده طبق استاندارد مرتبط
۸	تهیه و تدوین معیارهای طراحی بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- میزان دقت تحقیقات در مورد وضعیت تولید تجهیز در خارج از کشور - میزان جامعیت قابلیت‌های شناسایی شده و وضعیت تولیدکنندگان (احتمالی) داخلی - میزان دقت روند طراحی تجهیز و انجام طراحی کامل با جزئیات - اجرای آزمون‌های لازم طبق استاندارد مرتبط
۹	تهیه و تدوین استانداردهای مربوط به معیارهای طراحی برای انتخاب و کاربرد تجهیزات به کاررفته در پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC و HVDC)	- میزان انطباق با استانداردهای معتبر در این زمینه از نظر جامعیت مشخصات الکتریکی، مکانیکی، فنی، اجرائی - میزان بومی‌سازی استانداردها براساس در نظر گرفتن شرایط موجود و زیرساخت‌ها
۱۰	مطالعه فنی-اقتصادی برای طراحی و ساخت پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا (EHVAC , HVDC)	- میزان جامعیت مطالعات برای در نظر گرفتن تمامی شرایط - وضعیت تحلیل معیارهای معتبر در طراحی - میزان دقت مطالعات از نظر متخصصین خبره
۱۱	امکان‌سنجی، طراحی و ساخت تجهیزات اصلی پست سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- میزان دقت روند طراحی تجهیز - گزارش تحلیل فنی-اقتصادی - وضعیت نمونه اولیه ساخته شده از تجهیزات اصلی پست - تعداد آزمون‌های انجام شده طبق استاندارد مرتبط
۱۲	بهره‌برداری از خطوط انتقال هوایی	- میزان انطباق با دستورالعمل‌های استخراج شده در این زمینه حاصل از مطالعات مربوط به شرکت‌های معتبر - گزارش تحلیل دقیق فنی - میزان جامعیت تحلیل‌ها به منظور در نظر گرفتن تمامی سناریوهای تأثیرگذار بر بهره‌برداری از سیستم
۱۳	بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر زمینی	- میزان انطباق با دستورالعمل‌های استخراج شده در این زمینه حاصل از مطالعات مربوط به شرکت‌های معتبر - گزارش تحلیل دقیق فنی - میزان جامعیت تحلیل‌ها به منظور در نظر گرفتن تمامی سناریوهای تأثیرگذار بر بهره‌برداری از سیستم
۱۴	بهره‌برداری از خطوط انتقال زیر دریایی	- میزان انطباق با دستورالعمل‌های استخراج شده در این زمینه حاصل از مطالعات مربوط به شرکت‌های معتبر - گزارش تحلیل دقیق فنی - میزان جامعیت تحلیل‌ها به منظور در نظر گرفتن تمامی سناریوهای تأثیرگذار بر بهره‌برداری از سیستم
۱۵	بهره‌برداری از پست‌های سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- میزان انطباق با دستورالعمل‌های استخراج شده در این زمینه حاصل از مطالعات مربوط به شرکت‌های معتبر - گزارش تحلیل دقیق فنی

ردیف	اقدامات فنی	شاخص‌ها
		- میزان جامعیت تحلیل‌ها به منظور در نظر گرفتن تمامی سناریوهای تأثیرگذار بر بهره‌برداری از سیستم
۱۶	تهیه و تدوین دیدگاه سیستمی برای افزایش ظرفیت انتقال برق	- میزان دقت و استناد علمی تحلیل‌های ارائه شده با در نظر گرفتن تمامی سناریوهای ممکن در سیستم - میزان انطباق با دستورالعمل‌های استخراج شده در این زمینه حاصل از مطالعات مربوط به شرکت‌های معتبر
۱۷	تدوین دستورالعمل مدیریت بهینه تعمیرات و تدوین دانش فنی موردنیاز برای تعمیرات تجهیزات سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- میزان مطابقت با تجربیات جهانی در این زمینه - میزان دقت و جامعیت نیازهای مربوط به تجهیزات و آموزش‌های مورد نیاز
۱۸	تهیه و تدوین دستورالعمل جامع استخدام و آموزش نیروی کار متخصص جهت بهبود بازده سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	- میزان بهره‌گیری از تجربیات شرکت‌های معتبر و نظرات کارشناسان داخلی در تهیه و تدوین این دستورالعمل - میزان تناسب دستورالعمل با نیازهای داخلی
۱۹	تدوین دستورالعمل طراحی و بهره‌برداری از سیستم اطلاعاتی جامع بین بهره‌برداران برای اشتراک‌گذاری امن اطلاعات انرژی و آموزش نیروی انسانی	- میزان بهره‌گیری از تجربیات شرکت‌های معتبر و نظرات کارشناسان داخلی در تهیه و تدوین این دستورالعمل - میزان تناسب دستورالعمل با نیازهای داخلی
۲۰	تهیه و تدوین دانش فنی مدیریت دارائی‌ها در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- میزان بهره‌گیری از تجربیات شرکت‌های معتبر و نظرات کارشناسان داخلی در تهیه و تدوین این دستورالعمل - میزان تناسب دستورالعمل با نیازهای داخلی
۲۱	تدوین دستورالعمل مدیریت استراتژیک امنیت، کیفیت، پایداری و در دسترس بودن ( SQRA: Security, Quality, Reliability, Availability )	- میزان بهره‌گیری از تجربیات شرکت‌های معتبر و نظرات کارشناسان داخلی در تهیه و تدوین این دستورالعمل - میزان تناسب دستورالعمل با نیازهای داخلی
۲۲	تدوین دستورالعمل بهره‌برداری از ابررسانا در سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا و تدوین دانش فنی به‌کارگیری ابررسانا	- میزان بهره‌گیری از تجربیات شرکت‌های معتبر و نظرات کارشناسان داخلی در تهیه و تدوین این دستورالعمل - میزان تناسب دستورالعمل با نیازهای داخلی
۲۳	تدوین دانش فنی بهره‌برداری از تجهیزات پیشرفته برای مانیتورینگ سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	- میزان بهره‌گیری از تجربیات شرکت‌های معتبر و نظرات کارشناسان داخلی در تهیه و تدوین این دستورالعمل - میزان تناسب دستورالعمل با نیازهای داخلی

تدوین ساختار نظارت، به روزرسانی و مکانیزم ارزیابی

## ۲-۲- ساختار نظارت و به‌روز رسانی

همان‌طور که اشاره شد، به منظور تحقق اهداف سند لازم است ساز و کاری اندیشیده شده و ساختار نظارتی برای آن تعیین گردد. وزارت نیرو وظیفه سیاست‌گذاری کلان، هماهنگی و نظارت کلان بر اجرای این سند را بر عهده دارد. مرکز ملی توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا بر نحوه اجرای این سند نظارت می‌کند و بازنگری‌های لازم در سند و گزارش کلان مربوطه را در فواصل زمانی مشخص به وزارت نیرو ارائه خواهد نمود. 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 سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

↔ 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 سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا در پژوهشگاه نیرو تشکیل می‌شود و اعضای اصلی آن عبارتند از:

↔ معاون وزیر نیرو در بخش برق و انرژی

↔ معاون وزیر نیرو در امور تحقیقات و منابع انسانی

↔ مدیر عامل توانیر

↔ معاونت پژوهشی پژوهشگاه نیرو

↔ معاونت فناوری پژوهشگاه نیرو

↔ سه نفر از صاحب‌نظران و خبرگان حوزه سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا از دانشگاه‌های برتر کشور با حکم رئیس مرکز

↔ سه نفر از نمایندگان صنعت در حوزه‌های سازندگان، مشاوران و پیمانکاران با حکم رئیس مرکز

↔ 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 تعامل با صنعت

↔ کمیته ارتباط با قانون گذاران، سیاست گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها

↔ کمیته فنی و بازرگانی

↔ کمیته استاندارد

↔ کمیته حقوقی و مناقصات

در ادامه شرح وظایف هر کدام از کمیته‌ها آورده شده است:

### شرح وظایف کمیته آموزش و پژوهش:

↔ نیازسنجی و برنامه‌ریزی آموزشی برای توسعه دانش فنی تجهیزات خطوط انتقال و پست‌های سیستم انتقال برق با

ظرفیت بالا

↔ پایش و ارزیابی مستمر وضعیت دانش فنی موجود در حوزه خطوط انتقال و پست‌های سیستم انتقال برق با ظرفیت

بالا

↔ 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 شرکت‌های تولیدکننده و دانشگاه‌ها و مراکز علمی-تحقیقاتی

↔ حمایت از انتشار نشریات تخصصی در ارتباط با خطوط انتقال و پست‌های سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا

↔ تسهیل ارتباط با انجمن‌های بین‌المللی فعال در حوزه خطوط انتقال و پست‌های سیستم انتقال برق با

ظرفیت بالا جهت آگاهی از آخرین دستاوردها

↔ زمینه‌سازی همکاری میان شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی داخلی با شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر خارجی

### شرح وظایف کمیته تعامل با صنعت:

↔ شناسایی مشکلات تولیدکنندگان، تامین کنندگان و کمک به رفع آن‌ها و پیگیری موانع قانونی

↔ ایجاد ارتباط بین تولیدکنندگان داخلی و تامین کنندگان برای بهبود و توسعه تولیدات داخلی

↔ پایش و ارزیابی مستمر توانمندی سازندگان و تامین کنندگان کشور



- ↔ کمک به تأمین مواد و تجهیزات مورد نیاز تولیدکنندگان
- ↔ ارزیابی عملکرد پیمانکاران و مشاورین 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

### کمیته ارتباط با قانون گذاران، سیاست گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها:

- ↔ رایزنی با نهادهای دولت جهت انجام اصلاحات مورد نیاز در قوانین و مقررات مرتبط
- ↔ رایزنی با نهادهای سیاست گذار جهت تسهیل دسترسی بازیگران توسعه خطوط انتقال و پست‌های سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا
- ↔ رایزنی با نهادهای سیاست گذار جهت رفع موانع سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و ورود تولیدکنندگان جدید
- ↔ ارتباط با وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به منظور اعمال تغییرات مورد نظر در محتوای آموزشی

### شرح وظایف کمیته فنی و بازرگانی :

- ↔ شناسایی موانع ورود تولیدکنندگان به بازار تجهیزات سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا
- ↔ حمایت از تولیدکنندگان تجهیزات سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا
- ↔ حمایت از مشاورین و پیمانکاران داخلی برای انجام پروژه‌ها در عرصه‌ی جهانی
- ↔ نظارت بر پروژه‌های تعریف استانداردها و دستورالعمل‌ها
- ↔ ارزیابی محققین داخلی در حین و بعد از انجام پروژه‌های طراحی و ساخت

**تبصره ۱:** مصوبات یاد شده در چارچوب این سند و ابلاغ رئیس ستاد برای کلیه دستگاه‌های مرتبط لازم الاجرا می‌باشد.

**تبصره ۲:** ستاد راهبردی 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 راهبردی سند مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار

گیرد.

### شرح وظایف کمیته استاندارد:

- ↔ نظارت بر انتخاب مشاورین مناسب برای تهیه استانداردهای مربوطه
- ↔ نظارت بر انجام پروژه‌های تهیه و تدوین استاندارد تجهیزات پست و خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا
- ↔ مشاوره و تایید نهائی استانداردها و تدوین آنها برای استفاده در صنعت
- ↔ نظارت بر رعایت شدن استانداردها در اجرای پروژه‌های ساخت تجهیزات سیستم انتقال برق با ظرفیت بالا
- ↔ نظارت بر رعایت تمامی استانداردها در اجرای پروژه‌های عمرانی و ساخت شبکه انتقال برق با ظرفیت بالا

### شرح وظایف کمیته حقوقی و مناقصات:

- ↔ تهیه و به روز رسانی بانک اطلاعاتی روزانه مناقصات در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- ↔ تهیه جداول اطلاعات مناقصات به صورت ماهانه و ارسال آن به اعضای انجمن با هدف اطلاع رسانی و شفاف سازی در این حوزه
- ↔ تهیه قرارداد های تیپ
- ↔ فعالیت در جهت اصلاح شرایط عمومی و خصوصی پیمان
- ↔ حضور منظم و مستمر نماینده انجمن در جلسات بازنگری شرایط عمومی پیمان در شورای هماهنگی
- ↔ حضور در جلسات مشترک با جامعه مهندسان مشاور و کارفرماهای مطرح به منظور تعامل برای ایجاد فضایی سالم و حرفه ای در روند برگزاری مناقصات و توجه به حقوق اعضای محترم انجمن در هر مناقصه
- ↔ فراهم نمودن شرایط مناسب جهت تامین وکیل یا وکلای مناسب برای اعضا
- ↔ پیگیری موردی مشکلات و مسائل مربوط به مناقصات و پروژه هایی 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

← سازمان دهی، برنامه ریزی و پیگیری جهت طرح مشکلات حقوقی مشابه و مشترک پیمانهای جاری شرکت‌های عضو با کارفرمای مشترک و یا کارفرماهای متفاوت

## ۲-۳- مکانیزم عملکرد

با توجه به وظایف مطرح شده برای این کمیته‌ها، می‌بایست مکانیزمی اندیشیده شود که به عنوان چارچوبی برای انجام فعالیت‌های ارزیابی در نظر گرفته شود. همان‌طور که اشاره شد، از جمله وظایف اصلی اعضای مرکز سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا 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 (۶ 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 ۶ ماهه به وزارت نیرو اعلام نماید.

اعضای مرکز موظفند طبق نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌ها، اقدامات لازم را جهت اطمینان از تحقق سند در افق ۱۰ ساله، اتخاذ کنند. ستاد راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و ساز و کارهای نهادی ذیربط، از طریق مراجع ذیصلاح گردش کار را انجام خواهد داد.

همچنین مرکز موظف است به رصد فناوری‌های مرتبط و در حال توسعه در حوزه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا پردازد و گزارش آن را طی دوره‌های زمانی ۲ ساله به وزارت نیرو ارائه نماید.

با توجه به روند تحولات و نیز وضعیت پیشرفت سند، لازم است سند مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار گیرد. وضعیت پیشرفت بر اساس میزان تحقق چند شاخص کلیدی مشخص می‌شود. این شاخص‌ها به همراه میزان تحقق مطلوب و زمان ارزیابی در جدول (۳-۱) نشان داده شده است. در صورت تحقق کمتر از ۵۰٪ هر یک از شاخص‌ها بر اساس ارزیابی‌های ستاد راهبردی، سند بایستی مورد اصلاح و بازنگری قرار بگیرد.

## جدول (۳-۱): شاخص‌های کلیدی ارزیابی وضعیت پیشرفت سند توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا

سال ارزیابی	میزان مطلوب	شاخص	ردیف
۱۳۹۵	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تدوین استاندارد هادی خطوط</li> <li>- تدوین دستورالعمل‌های شبکه انتقال (EHVAC و HVDC)</li> <li>- تدوین معیارهای طراحی بهینه</li> <li>- تدوین گزارش مطالعات فنی و اقتصادی طراحی و ساخت پست‌های شبکه انتقال</li> </ul>	وضعیت استانداردها و دستورالعمل‌ها	۱
۱۳۹۷	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری</li> </ul>	وضعیت زیرساخت‌های سخت‌افزاری مورد نیاز	۲
۱۳۹۷	<ul style="list-style-type: none"> <li>- طراحی و ساخت تجهیزات اصلی سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا</li> </ul>	وضعیت تجهیزات اصلی سیستم‌های انتقال با ظرفیت بالا	۳
۱۳۹۹	<ul style="list-style-type: none"> <li>- بهره‌برداری از خطوط انتقال هوایی</li> <li>- بهره‌برداری از خطوط انتقال زیرزمینی</li> <li>- بهره‌برداری از خطوط انتقال زیردریایی</li> <li>- بهره‌برداری از پست‌های انتقال</li> </ul>	وضعیت بهره‌برداری از خطوط و پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا	۴

### ۳- نتیجه‌گیری

مرحله ششم این سند به عنوان آخرین مرحله از طرح "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا" 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 توسعه سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا، 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 ۶ ماهه به پیگیری و ارزیابی اجرای سند بر اساس شاخص‌های تعریف شده بپردازد و گزارش آن را به وزارت نیرو ارائه کند. همچنین مقرر شد این مرکز با توجه به وضعیت پیشرفت سند نسبت به بازنگری آن اقدام نماید.