

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

سند راهبردی و نقشه‌ی راه توسعه‌ی فناوری‌های نوین

کنترل خوردگی در صنعت برق

(تولید، انتقال و توزیع)

اعضای محترم کمیته راهبری تدوین سند:

مدیر پروژه: مهندس داور رضاخانی

گروه پژوهشی متالورژی

راهبر: معاونت فناوری

ناشر: پژوهشگاه نیرو

کارفرما: شرکت توانیر

سفارش دهنده: وزارت نیرو

✦ دکتر احمدعلی آماده

✦ دکتر ابوالقاسم دولتی

✦ دکتر حشمت دهکردی

✦ دکتر خسرو رحمانی

✦ دکتر علیرضا صبور روحی اقدم

✦ مهندس علیاصغر چهره عالم

✦ مهندس علیرضا کیان‌بخش

✦ مهندس غلامرضا نعمتی

ویرایش اول

۱۳۹۴

یکی از مشکلات عمده‌ی صنایع مختلف کشور از جمله صنعت برق، خوردگی در تاسیسات و تجهیزات قسمتهای مختلف می‌باشد که موجب وارد آمدن خسارات عظیم مالی به صنعت می‌گردد. این خسارت‌ها شامل خسارت‌های مربوط به تعمیر و تعویض قطعات خورده شده و عدم بهره‌دهی مناسب سیستم موردنظر (نیروگاه تولید برق، خط انتقال، شبکه‌ی توزیع و...) می‌باشد. با کنترل و کاهش شدت خوردگی تجهیزات، می‌توان به افزایش عمر کاری و کاهش خسارت ناشی از خوردگی تجهیزات کمک نمود و مانع از به هدر رفتن سرمایه‌های ملی گردید.

با توجه به اهمیت این پدیده و نقش قابل توجه آن در خرابی‌ها و خسارات ایجاد شده، لازمه‌ی حل مشکلات خوردگی در صنعت برق، تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران می‌باشد. در این پروژه با شناسائی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی، با تهیه‌ی سند چشم انداز توسعه‌ی این فناوری‌ها در صنعت برق ایران و تعیین راهبردهای عملی جهت توسعه‌ی این فناوریها و ارائه‌ی راهکارهای اجرایی، در نهایت سند راهبردی و نقشه راه توسعه‌ی فناوریهای نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران تهیه می‌گردد.

در مرحله‌ی اول، مبانی تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه‌ی فناوریهای نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ارائه می‌گردد. این گزارش، گزارش نهایی مرحله‌ی اول پروژه می‌باشد. همکاران مرحله‌ی اول پروژه، خانم‌ها مهندس مژگان ابوئی مهریزی، مزده ناطقی و مینا نظام‌آبادی، آقای دکتر محمدرضا حاجی و آقای مهندس علی‌اکبر فلاح شیخلری و خانم الناصغرزاده از پژوهشگاه نیرو بودند. اعضای محترم کمیته‌ی راهبری طرح، آقایان دکتر حشمت دهکردی، علیرضا صبور نوعی اقدم، احمدعلی آماده، ابوالقاسم دولتی، خسرو رحمانی و آقایان مهندس علی‌اصغر چهره عالم، علیرضا کیان بخش، حسین کهتری، غلامرضا نعمتی و علی اکبر ژام بودند. همکاران محترم در دستگاه نظارت پروژه نیز، آقایان مهندس مهدی صحاف زاده و محمد خسروی می‌باشند. در اینجا جا دارد که از زحمات کلیه این عزیزان تشکر و قدردانی گردد.

داور رضاخانی

مدیر پروژه و دبیر کمیته راهبری طرح

آبان ماه ۱۳۹۳

فهرست مطالب

۱	مقدمه.....
۲	۱- ضرورت تدوین سند و توجیه‌پذیری توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق.....
۲	۱-۱- بعد اجتماعی و سیاسی.....
۴	۱-۲- بعد فنی.....
۵	۱-۳- بعد زیست محیطی.....
۵	۱-۴- بعد قانونی.....
۶	۱-۴-۱- سند چشم انداز بیست ساله جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴.....
۷	۱-۴-۲- سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو.....
۱۰	۱-۴-۳- برنامه‌ی پنجم توسعه.....
۱۱	۱-۴-۴- سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری.....
۱۲	۱-۴-۵- سیاست‌های کلی نظام در بخش صنعت.....
۱۲	۱-۴-۶- سیاست‌های کلی علم و فناوری.....
۱۳	۱-۴-۷- نقشه جامع علمی کشور.....
۱۵	۱-۴-۸- سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی.....
۱۵	۱-۴-۹- سند جامع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر کشور.....
۱۶	۱-۵- بعد اقتصادی.....
۲۷	۲- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند.....
۲۹	۲-۱- تبیین سطح تحلیل.....
۳۰	۲-۲- تبیین افق زمانی تحلیل.....
۳۱	۲-۳- مرزبندی فنی یا توصیفی.....
۳۲	۳- تبیین مشخصه‌های فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران.....

فهرست جداول

- جدول ۱- هزینه های خوردگی در چند کشور دنیا..... ۱۹
- جدول ۲- محاسبه هزینه های مستقیم خوردگی در کشور در سال ۱۳۹۱..... ۲۱
- جدول ۳- محاسبه سهم صنعت برق در تولید ناخالص داخلی..... ۲۲
- جدول ۴- محاسبه هزینه های مستقیم خوردگی در صنعت برق..... ۲۲
- جدول ۵- محاسبه کل هزینه های خوردگی در صنعت برق کشور در سال ۱۳۹۱..... ۲۳
- جدول ۶- محاسبه کاهش سالانه هزینه های خوردگی در صنعت برق کشور با استفاده از فناوری های کنترل خوردگی..... ۲۴
- جدول ۷- محاسبه هزینه های عدم تولید برق ناشی از خوردگی در سیستم بویلر..... ۲۵

مقدمه

یکی از مهمترین عوامل تخریب تجهیزات صنعتی، پدیده خوردگی است که به عنوان یکی از زیانبارترین آفت های صنایع مطرح می گردد. یکی از صنایع مهمی که با پدیده خوردگی و خسارت های ناشی از آن مواجه است صنعت برق می باشد که به عنوان صنعت زیربنایی و مادر، نقش مهمی در توسعه اقتصادی و رفاه جامعه دارد.

توجه جدی به پدیده خوردگی و به کارگیری راه حل های علمی و منطقی جهت کاهش خسارات مالی و جانی ناشی از آن، نیازمند رویکردی برنامه محور و نگاهی راهبردی به موضوع است. در همین راستا پروژه ای حاضر با هدف تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) تعریف شده است تا با شناسایی فناوری های نوین در زمینه کنترل خوردگی و برنامه ریزی دقیق، به توسعه این فناوری ها در صنعت برق کشور بپردازد.

در بخش اول این گزارش ضرورت تدوین سند توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران از ابعاد گوناگون، شامل بعد اجتماعی و سیاسی، بعد فنی، بعد زیست محیطی، بعد قانونی و بعد اقتصادی مورد بررسی قرار گرفت. در بخش دوم، ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند بررسی شد و در بخش سوم مشخصه های فناوری های نوین کنترل خوردگی مورد تحلیل قرار گرفت.

۱- ضرورت تدوین سند و توجیه‌پذیری توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در

صنعت برق

پدیده‌ی خوردگی یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب تجهیزات، به خصوص تجهیزات صنعتی می‌باشد. شناخت اهمیت این پدیده و راهبردهای توسعه‌یافته در این زمینه می‌تواند سرفصلی برای حرکت در مسیر رشد فناوری‌های خوردگی و دانش مدیریت خوردگی باشد. در شرایط کنونی که اولویت‌های ملی و جهانی بر موضوع « انرژی، محیط زیست و بهینه سازی مصرف» متمرکز شده‌اند، موضوع کنترل و کاهش هزینه‌های خوردگی در طراحی و ساخت دستگاه‌ها و احداث واحدهای صنعتی جدید، از اهمیت بالایی برخوردار است. توجه جدی به پدیده‌ی خوردگی و به کارگیری راه‌حل‌های علمی و منطقی برای کاهش خسارات مالی و جانی ناشی از آن، نیازمند رویکردی برنامه‌محور و نگاهی راهبردی به موضوع بوده و عملی ساختن این اقدامات مستلزم برنامه‌ریزی استراتژیک و تدوین سندی راهبردی می‌باشد [۱]. در این بخش به بررسی ضرورت تدوین این سند تحت عنوان "سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)" پرداخته خواهد شد. توجیه‌پذیری تدوین سند از ابعاد گوناگونی می‌تواند مورد ارزیابی قرار گیرد. در ادامه این ابعاد مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۱- بعد اجتماعی و سیاسی

امروزه در اطراف ما، در منزل، محیط کار، خیابان‌های داخل شهر و . . . همیشه با وسیله‌هایی روبرو می‌شویم که از انرژی الکتریکی استفاده می‌کنند. الکتریسیته یا برق کاربردهای گوناگونی دارد و در زندگی ما نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند [۲]. از کاربردهای الکتریسیته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

مصارف صنعتی: تقریباً بیش از نصف برق تولیدی برای رفع احتیاجات صنعتی به کار می‌رود. موتورهای الکتریکی در اندازه‌های کوچک و بزرگ چرخ صنایع را به حرکت درمی‌آورند. الکترومغناطیس‌های بزرگ در جرثقیل‌ها کار جابه‌جا کردن قطعات بزرگ فلزی را به عهده دارند.



کاربرد در کشاورزی: استفاده از برق در کاربردهای کشاورزی منجر به تولید مواد غذایی با بهای کمتری از نظر هزینه‌ی نیروی انسانی شده است. همچنین از برق برای خنک کردن هوای تابستان و گرم نمودن هوای زمستان استفاده می‌شود، که مانع فاسد شدن مواد غذایی شده و صنایع غذایی را گسترش می‌دهد.

کاربرد در شهرها: شهرها معمولاً ۱۰ درصد برق تولیدی را مصرف می‌کنند. فروشگاه‌ها، خانه‌ها، هتل‌ها، مساجد، بیمارستان‌ها، ادارات و دیگر مراکز شهری برق مصرف می‌کنند. در شهر سیستم هوای مطبوع، هوای ادارات، بیمارستان‌ها، هتل‌ها و آپارتمان‌ها را در تابستان خنک و سالم نگه می‌دارد. یک بیمارستان خوب بدون داشتن دستگاه‌های برقی نظیر اشعه‌ی ایکس، آسانسورها، تخت‌های جراحی، دستگاه‌های استریلیزه کردن، لامپ‌های مخصوص و دیگر وسایل نمی‌تواند خدمات لازم را در اختیار بیماران قرار دهد. همچنین روشنایی اماکن و معابر در شب، نعمت بزرگی است که توسط برق در اختیار انسان‌ها قرار داده می‌شود.

کاربرد در حمل و نقل: حمل و نقل زمینی، دریایی و هوایی به صورت پیشرفته‌ی امروزی فقط با استفاده از نیروی برق مقدور است. ماشین‌های سواری، اتوبوس‌ها، لکوموتیوها، مستقیم یا غیر مستقیم از انرژی برق استفاده می‌کنند. در خطوط کشتیرانی از پختن غذا گرفته تا تهویه‌ی هوای کشتی از برق استفاده می‌شود. هواپیماهای مسافربری یا نظامی، روشنایی، گرما، تهویه، کنترل فشار و قدرت خود را توسط نیروی برق تأمین می‌کنند.

کاربرد ارتباطاتی (مخابرات): تلگراف، تلفن، رادیو و برنامه‌های فضایی قدرت خود را از برق دریافت می‌کنند. بدون برق نفوذ به داخل فضا و شناخت نادیده‌های فضایی و ارتباط با کرات آسمانی امکان‌پذیر نیست. امروزه کشورهای جهان توسط دستگاه‌های مخابراتی به هم وصل هستند [۳].

با توجه به موارد ذکر شده، اهمیت برق و جایگاه آن در زندگی مردم کاملاً آشکار می‌گردد. بنابراین هر عاملی که منجر به ایجاد محدودیت در تولید برق و یا انتقال و توزیع آن گردد، می‌تواند بر روی زندگی مردم نیز تاثیرگذار باشد. خوردگی و خرابی‌های ناشی از آن یکی از عواملی است که می‌تواند منجر به توقف کار نیروگاه‌ها و کاهش تولید برق شده و یا در حین توزیع و انتقال برق ایجاد مشکل نماید. بنابراین عدم توجه به پدیده‌ی خوردگی در صنعت برق منجر به افزایش قطع برق و کاهش رفاه اجتماعی می‌گردد.

از نظر سیاسی نیز، به دلیل وجود تحریم‌های اقتصادی در کشور، امکان وارد کردن بعضی از تجهیزات مورد نیاز صنعت برق برای به کارگیری فناوری‌های کنترل خوردگی وجود ندارد. توسعه فناوری‌های نوین و بررسی امکان ساخت تجهیزات در داخل کشور می‌تواند منجر به از بین رفتن اثر تحریم‌ها گردد. همچنین یکی از مهمترین راههای قطع وابستگی غیرضروری، شناخت مشکلات و موانع و راههای تقلیل اثرات سوء آنها می‌باشد. به همین قیاس، در صنعت و بخصوص صنایع کشور ما، برای جلوگیری از هدر رفتن منابع مالی و انسانی که یکی از پیامدهای آن، تقویت هر چه بیشتر بندهای وابستگی می‌باشد، لازم است تا نقاط ضعف صنعت و از جمله صنعت برق به عنوان یکی از صنایع مهم کشور را بخوبی بشناسیم و در آن راستا، به تقویت هر چه بیشتر توان علمی کشور خود بپردازیم [۴]. امروزه این واقعیت به اثبات رسیده است که نه تنها رفاه اجتماعی بلکه حتی استقلال سیاسی کشور متکی به دانش علمی و فنی می‌باشد و برای نیل به هدف "توسعه اقتصادی" جز با اجرای برنامه‌های تحقیقاتی و ارتقاء سطح دانش علمی و فنی جامعه و در نتیجه تولید و بی‌نیازی میسر نمی‌باشد. با بیانی دیگر تکنولوژی مهم‌ترین عامل رشد و توسعه "اقتصادی- اجتماعی" هر جامعه می‌باشد که بیش از آن چه به منابع مادی و امکانات فیزیکی مربوط باشد، به نیروی انسانی متخصص و آزموده متکی است [۱].

بنابراین با تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، علاوه بر اینکه ضعف‌های موجود در زمینه خوردگی در صنعت برق می‌تواند آشکار گردد، امکان توسعه فناوری‌های نوین در این زمینه نیز فراهم خواهد شد. با توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی که منجر به کاهش نقاط ضعف صنعت برق کشور می‌شود، از به هدر رفتن سرمایه‌های ملی جلوگیری به عمل آمده و منجر به افزایش توان کشور و جلوگیری از وابستگی‌های غیرضروری در این زمینه خواهد شد.

۱-۲- بعد فنی

خوردگی و خرابی‌های ناشی از آن یکی از عوامل از سرویس خارج شدن و خوابیدن یک سیستم در صنعت محسوب می‌شود که می‌تواند منجر به کاهش تولید گردد. توجه نکردن به پدیده خوردگی و مشکلات ناشی از آن می‌تواند منجر به انهدام غیرمنتظره‌ی قطعات در حین کار گردد که حتی ممکن است منجر به ایجاد حوادث و خسارات جانی شود. گاهی اوقات تغییرات جزئی در فرایند با افزودن ماده‌ای جدید می‌تواند کاملاً مسئله خوردگی را دگرگون سازد و توقف‌های غیر منتظره‌ای در تولید

ایجاد شوند. بنابراین استفاده از فناوری های کنترل خوردگی منجر به جلوگیری از خروج های اضطراری و توقف کار نیروگاه ها شده که این عامل منجر به افزایش راندمان تولید خواهد شد. هم چنین طراحی صحیح، ساخت، انتخاب مواد مناسب و سیستم کنترل خوردگی صحیح باعث طولانی تر شدن عمر قطعات و مصنوعات و کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری می شود. انتخاب مواد مناسب مستلزم شناخت پدیده ی خوردگی، آشنایی با فناوری های مربوطه و ارزیابی عوامل اقتصادی می باشد.

۱-۳- بعد زیست محیطی

درسالهای اخیر از بین رفتن ساختمانها، پلها، سازه های فلزی و غیرفلزی و آثار باستانی و . . . در اثر خوردگی همراه با افزایش خطرات ناشی از نشت مواد، انفجار مخازن یا راکتورهای موادشیمیایی و آلودگی های محیطی و خطرات بهداشتی برای محیط و افراد، مشکلات جدی و متعددی برای نسل بشر بوجود آورده است. بررسی ها نشان می دهند که خوردگی به لحاظ آماری دومین عامل ایجاد این ضایعات می باشد [۵]. در صنعت برق نیز پدیده ی خوردگی می تواند منجر به آلودگی محیط زیست شود. برای مثال در نیروگاه های بخاری و گازی، خوردگی و نشت لوله های مدفون که حامل سوخت می باشند، می تواند منجر به آلودگی محیط زیست گردد. بنابراین استفاده از فناوری های کنترل خوردگی می تواند از آلودگی ناشی از خوردگی جلوگیری نماید. هم چنین در فناوری های نوین کنترل خوردگی سعی شده است که از مواد سازگار با محیط زیست استفاده شود.

۱-۴- بعد قانونی

در این بخش به منظور بررسی توجیه پذیری تدوین سند توسعه ی فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق از بعد قانونی، اسناد بالادستی و سندهای مرتبط با فناوری های کنترل خوردگی در صنعت برق بررسی شده و بندها و موارد مربوط مشخص شده اند.

اسناد بررسی شده عبارتند از:

- چشم انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴
- سند وزارت نیرو
- برنامه ی پنجم توسعه
- سیاست های کلی اقتصاد مقاومتی ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری

- سیاست‌های کلی نظام در بخش صنعت
- سیاست‌های کلی علم و فناوری
- نقشه‌ی جامع علمی کشور
- سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی
- پیش‌نویس سند جامع فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر

در ادامه به بررسی بندهای موجود در این اسناد که مرتبط با فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق می‌باشد پرداخته خواهد شد.

۱-۴-۱- سند چشم‌انداز بیست ساله جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ [۶]

در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ ایران کشوری است:

- توسعه یافته
- برخوردار از دانش پیشرفته
- توانا در تولید علم و فناوری
- متکی بر تولید ملی
- بهره‌مند از محیط زیست مطلوب
- دست‌یافته به جایگاه اول اقتصادی، علم و فناوری در سطح منطقه آسیای جنوب غربی (آسیای میانه، قفقاز، خاورمیانه و کشورهای همسایه)
- تأکید بر جنبش نرم‌افزاری و تولید علم
- توسعه‌ی کارآمد
- دارای تعامل سازنده و موثر با جهان براساس اصول عزت، حکمت و مصلحت

سند چشم‌انداز به طور مستقیم وارد بحث انرژی برق و مسائل مربوط به آن نشده است. ولی در موضوعات مختلف به این موضوع اشاره دارد و یا می‌توان برداشت نمود که در حوزه‌ی مرتبط با فناوری‌های کنترل خوردگی تاثیرگذار است، که در ادامه به طور خلاصه ذکر می‌گردد:

در یکی از بندهای ویژگی‌های جامعه‌ی مطلوب، ذکر گردیده است که ایران کشوری دست یافته به جایگاه اول اقتصادی، علمی و فناوری در مقیاس منطقه‌ای است [۷] که این امر را می‌توان در موضوع کنترل خوردگی به صورت خاص مورد توجه قرار داد؛

در مجموع می‌توان جهت‌گیری‌های چشم‌انداز ۲۰ ساله را در جهت استفاده از حداکثر ارزش افزوده منابع طبیعی دانست که می‌بایست به سمت اتکا به علم و دانش و فناوری و سرمایه‌های انسانی و اجتماعی حرکت کرد، که این بحث در اسناد مصوب دیگر نیز به چشم می‌خورد.

۱-۴-۲- سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو [۸]

بر اساس این سند، وزارت نیرو در راستای عرضه‌ی با کیفیت و پایدار برق، آب و خدمات فاضلاب گام برمی‌دارد، به نحوی که ضمن مدیریت عرضه و تقاضا از محیط زیست هم حفاظت کند. در این راستا چشم‌انداز وزارت نیرو به شکل زیر بیان شده است:

وزارت نیرو در افق چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران، سازمانی است بالنده که با برخورداری از مدیریت دانش‌محور، منابع انسانی کارآمد، ساختاری فراگیر و اثربخش، ظرفیت‌های غنی نرم‌افزاری و سخت‌افزاری خود اتکاء، به گونه‌ای عمل می‌کند تا کشور در مدیریت عرضه و تقاضا و دسترسی عادلانه همگان به: «برق مطمئن و پایا»، «آب سالم و کافی متناسب با ظرفیت‌های ملی» و «خدمات بهداشتی فاضلاب» در جهان پیشرو شناخته و نیز به عنوان مرکز راهبری برق در منطقه تثبیت شود.

وزارت نیرو با بهره‌گیری از آخرین دستاوردهای علمی، پژوهشی و روش‌های پیشرفته‌ی مدیریت و همچنین توسعه‌ی فناوری‌های نوین سازگار با محیط‌زیست، علاوه بر توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه‌ی خدمات در سطح ملی، بازار صنعت آب و برق کشور را به سطح جهانی، به ویژه کشورهای منطقه گسترش می‌دهد.

وزارت نیرو رشد پایدار بخش آب و برق کشور را با ایجاد تعادل بین منابع و مصارف، ارتقای بهره‌وری و مشارکت منابع انسانی به عنوان ارزشمندترین سرمایه محقق می‌سازد.

به علاوه وزارت نیرو در بخش برق وانرژی چشم‌انداز زیر را برای خود در نظر گرفته است:

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

۱-۴-۲-۱ چشم‌انداز وزارت نیرو در بخش آموزش، پژوهش و فناوری

وزارت نیرو در بخش آموزش، پژوهش و فناوری با برخورداری از مدیریت دانش‌محور و ظرفیت‌های غنی مغزافزاری، نرم‌افزاری، سخت‌افزاری و سازمانی و مشارکت مؤثر بخش غیردولتی، در حوزه‌های سرمایه‌های انسانی متخصص و کارآمد و توسعه‌ی دانش و فناوری در صنعت آب و برق سرآمد در منطقه خواهد بود [۸] و یکی از فناوری‌های نوینی که می‌تواند موجب این اعتلا و سرآمدی وزارت نیرو باشد دستیابی به جدیدترین و کاراترین فناوری‌ها در زمینه‌ی کنترل خوردگی می‌باشد.

۱-۴-۲-۱-۱-۱ راهبردی‌های وزارت نیرو [۹]

- ۱- نهادینه کردن نظام مشتری‌مداری و حمایت از حقوق مشترکین با تأکید بر:
 - بهره‌گیری از فناوری‌های جدید و اصلاح فرآیندهای موجود
 - بهبود شاخص‌های کیفیت و کاهش قیمت تمام‌شده خدمات صنعت آب و برق
- ۲- ارتقاء سطح کارآمدی صنعت برق کشور با تأکید بر:
 - افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها
 - سازگاری زیست محیطی و ارتقاء ایمنی در فعالیتهای صنعت برق
- ۳- ارتقاء سطح دانش، پژوهش و فناوری در صنعت آب و برق با تأکید بر:
 - گسترش پژوهش‌های کاربردی و توسعه‌ای و ارتقاء سطح تحقیق و توسعه
 - شناسایی فناوری‌های نوین و انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های دارای مزیت نسبی

۱-۴-۲-۱-۲- راهبردی های بخش برق و انرژی [۹]

- ۱- بهبود فرآیند سیاست گذاری در بخش برق و انرژی:
 - تهیه و تدوین برنامه های جامع انرژی کشور
 - ۲- ارتقاء سطح تحقیق و توسعه و فناوری بخش برق و انرژی:
 - شناسایی و بررسی فرصت ها و مزیت های بخش
 - شناسایی، انتقال و بومی سازی فناوری های نوین و سازگار با محیط زیست
 - ۳- افزایش بهره وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه ها:
 - استفاده از فناوری نوین و تجهیزات با راندمان بالا
 - ۴- سازگاری زیست محیطی و ارتقاء ایمنی در فعالیت های صنعت برق:
 - ارتقاء سطح ایمنی و سلامتی شهروندان در مقابل خطرات و مسائل زیست محیطی صنعت برق
 - تهیه طرح جامع زیست محیطی فعالیت های صنعت برق
 - ۵- تقویت قدرت بازدارندگی و کاهش آسیب پذیری بخش با رویکرد استمرار ارائه خدمات:
 - تنوع بخشی به منابع اولیه انرژی و فناوری های تولید برق

۱-۴-۲-۱-۳- راهبردی های بخش آموزش، پژوهش و فناوری [۹]

- ۱- استقرار و ارتقاء نهاد و نظام سیاست گذاری، برنامه ریزی و راهبری مؤثر آموزش، پژوهش و فناوری صنعت آب و برق و ایفای نقش مؤثر در مراجع مرتبط
- ۲- توسعه همکاری های مشترک با سازمان های مردم نهاد و مراکز علمی و پژوهشی داخلی و خارجی از طریق:
 - تعریف و اجرای پروژه های تحقیقاتی ملی و بین المللی مشترک
 - توسعه و انتقال فناوری

۳- به‌هنگام‌سازی آموزش‌های مرتبط با فناوری‌های جدید

۴- ایفای نقش مؤثر در نقشه‌راه فناوری‌های جدید و انتقال و بومی‌سازی آنها

۱-۴-۲-۴-۱- راهبردی‌های بخش پشتیبانی صنعت آب و برق [۹]

۱- ایجاد تعادل منطقی بین تولید داخلی و واردات کالاها و خدمات مورد نیاز به‌منظور ارتقاء فناوری، کیفیت کالا و

خدمات، کارائی و خوداتکائی بنگاه‌های بخش پشتیبانی

۲- حمایت از انتقال و بومی‌سازی فناوری‌های نو مورد نیاز و به‌کارگیری فناوری‌های دارای مزیت نسبی بالا

بر اساس مطالب ذکر شده در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ و سند چشم‌انداز و برنامه‌ی راهبردی وزارت نیرو، از تکالیف بخش برق و انرژی این است که وزارت نیرو به ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده اقدام نماید. در این سند در رؤس برنامه‌های بخش برق و انرژی بر افزایش بازده نیروگاه‌ها، کاهش خروج‌های اضطراری واحدهای تولید برق و عناصر شبکه و نیز کاهش تلفات شبکه تاکید شده است که فناوری‌های مرتبط با کنترل خوردگی می‌توانند سهم عمده‌ای در جلوگیری از تلفات انرژی و کاهش خروج‌های اضطراری و افزایش بازده نیروگاه‌ها داشته باشد. از دیگر موارد عنوان شده در این سند اشاره به این امر می‌باشد که وزارت نیرو در بخش آموزش، پژوهش و فناوری عهده‌دار ارتقای دانش و مهارت‌های منابع انسانی، توسعه‌ی پژوهش و فناوری، افزایش آگاهی‌های عمومی و خلاقیت و نوآوری در راستای تامین نیازهای صنعت آب و برق است [۹].

۱-۴-۳- برنامه‌ی پنجم توسعه

از سیاست‌های کلی برنامه‌ی پنجم توسعه در بخش امور علمی و فناوری، دستیابی به فناوری‌های پیشرفته‌ی مورد نیاز و نیز دستیابی به جایگاه دوم علمی و فناوری در منطقه و تثبیت آن در برنامه‌ی پنجم می‌باشد که یکی از مهم‌ترین و تاثیرگذارترین این فناوری‌ها، فناوری‌های کنترل خوردگی می‌باشند که پیگیری و دستیابی به این فناوری‌ها و جدیدترین پربازده‌ترین روش‌های مربوط به آن‌ها می‌تواند نقش پررنگی در پیشرفت صنعت برق کشور داشته باشد [۱۰].



۱-۴-۴- سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری در تاریخ ۳۰ بهمن ماه

۱۳۹۲

با هدف تأمین رشد پویا و بهبود شاخص‌های مقاومت اقتصادی و دستیابی به اهداف سند چشم‌انداز بیست‌ساله، سیاست‌های

کلی اقتصاد مقاومتی با رویکردی جهادی، انعطاف‌پذیر، فرصت‌ساز، مولد، درون‌زا، پیشرو و برون‌گرا ابلاغ می‌گردد:

۱- 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.

۲- محور قراردادن رشد بهره‌وری در اقتصاد با تقویت عوامل تولید، توانمندسازی نیروی کار، تقویت رقابت‌پذیری اقتصاد،

ایجاد بستر رقابت بین مناطق و استانها و به کارگیری ظرفیت و قابلیت‌های متنوع در جغرافیای مزیت‌های مناطق کشور.

۳- استفاده از ظرفیت اجرای هدفمندسازی یارانه‌ها در جهت افزایش تولید، اشتغال و بهره‌وری، کاهش شدت انرژی و ارتقاء

شاخص‌های عدالت اجتماعی.

۴- توسعه حوزه عمل مناطق آزاد و ویژه اقتصادی کشور به منظور انتقال فناوری‌های پیشرفته، گسترش و تسهیل تولید،

صادرات کالا و خدمات و تأمین نیازهای ضروری و منابع مالی از خارج.

دو مورد از سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی که از سوی مقام معظم رهبری ابلاغ شده است، برنامه‌ریزی تولید ملی

متناسب با نیازهای صادراتی و شکل‌دهی بازارهای جدید و نیز افزایش تولید داخلی نهاده‌ها و کالاهای اساسی (بویژه در اقلام

وارداتی)، و اولویت‌دادن به تولید محصولات و خدمات راهبردی و ایجاد تنوع در مبادی تأمین کالاهای وارداتی با هدف کاهش

وابستگی به کشورهای محدود و خاص می‌باشد [۱۱]. با توجه به این سیاست‌ها دستیابی به فناوری‌های نوین در زمینه‌ی

صنعت برق در کنار برطرف‌سازی وابستگی‌های کشور ایران به دیگر کشورهای صاحب این دست فناوری‌ها و بی‌اثرسازی

تحریم‌های موجود، می‌تواند فرصت صادرکردن این فناوری‌ها به سایر کشورها را نیز فراهم کرده و سودآوری بسیاری را برای

کشور رقم بزند که یکی از مهم‌ترین و موثرترین این فناوری‌ها، فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق می‌باشند و

طبق سیاست‌های عنوان شده دستیابی به جدیدترین و کاراترین روش‌ها در زمینه‌ی این فناوری‌ها باید در دستور کار پژوهشگاه‌ها قرار بگیرد.

افزایش بازدهی نیروگاه‌ها، بهبود روش‌های انتقال حامل‌های انرژی و اولویت دادن به افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی و ایجاد ظرفیت‌های جدید تولید انرژی از سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری می‌باشد که تمامی موارد ذکر شده را می‌توان در پیشرفت در زمینه‌ی کنترل خوردگی مشاهده نمود.

۱-۴-۵- سیاست‌های کلی نظام در بخش صنعت

یکی از سیاست‌های کلی نظام در بخش صنعت، ارتقاء سطح فناوری صنایع کشور و دستیابی به فناوری‌های پیشرفته و راهبردی با گسترش تحقیق و توسعه می‌باشد [۱۲].

۱-۴-۶- سیاست‌های کلی علم و فناوری [۱۳]

چند مورد از سیاست‌های کلی علم و فناوری عبارتند از:

- ۱- جهاد مستمر علمی با هدف کسب مرجعیت علمی و فناوری در جهان با تأکید بر:
 - تولید علم و توسعه‌ی نوآوری و نظریه‌پردازی
 - ارتقاء جایگاه جهانی کشور در علم و فناوری و تبدیل ایران به قطب علمی و فناوری جهان اسلام
 - توسعه‌ی علوم پایه و تحقیقات بنیادی
 - دستیابی به علوم و فناوری‌های پیشرفته با سیاستگذاری و برنامه‌ریزی ویژه
- ۲- بهینه‌سازی عملکرد و ساختار نظام آموزشی و تحقیقاتی کشور به منظور دستیابی به اهداف سند چشم‌انداز و شکوفایی علمی با تأکید بر:
 - مدیریت دانش و پژوهش و انسجام‌بخشی در سیاستگذاری، برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی در حوزه علم و فناوری و ارتقاء مستمر شاخص‌ها و روزآمدسازی نقشه‌ی جامع علمی کشور با توجه به تحولات علمی و فنی در منطقه و جهان
 - ساماندهی نظام ملی آمار و اطلاعات علمی، پژوهشی و فناوری جامع و کارآمد

- افزایش بودجه تحقیق و پژوهش به حداقل ۴٪ تولید ناخالص داخلی تا پایان سال ۱۴۰۴ با تأکید بر مصرف بهینه منابع و ارتقاء بهره‌وری

۳- گسترش همکاری و تعامل فعال، سازنده و الهام‌بخش در حوزه‌ی علم و فناوری با سایر کشورها و مراکز علمی و فنی معتبر منطقه‌ای و جهانی، بویژه جهان اسلام همراه با تحکیم استقلال کشور، با تأکید بر:

- توسعه‌ی صنایع و خدمات مبتنی بر علوم و فناوری‌های جدید و حمایت از تولید و صادرات محصولات دانش‌بنیان و متکی بر فناوری‌های بومی بویژه در حوزه‌های دارای مزیت و ظرفیت، با اصلاح امر واردات و صادرات کشور
- اهتمام بر انتقال فناوری و کسب دانش طراحی و ساخت برای تولید محصولات در داخل کشور با استفاده از ظرفیت بازار ملی در مصرف کالاهای وارداتی

۱-۴-۷- نقشه جامع علمی کشور [۱۴]

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

الف- مبانی و ارزش‌های بنیادین نقشه جامع علمی کشور

- علم و فناوری کمال‌آفرین، توانمندساز، ثروت‌آفرین و هماهنگ با محیط‌زیست و سلامت معنوی، جسمی، روانی و اجتماعی آحاد جامعه؛

ب- اهداف کلان نظام علم و فناوری کشور

- دستیابی به جایگاه اول علم و فناوری در جهان اسلام و احراز جایگاه برجسته علمی و الهام بخشی در جهان؛
- دستیابی به توسعه‌ی علوم و فناوری‌های نوین و نافع، متناسب با الویت‌ها و نیازها و مزیت‌های کشور و انتشار و به کارگیری آنها در نهادهای مختلف آموزشی و صنعتی و خدماتی

ج- اهداف بخشی نظام علم، فناوری و نوآوری کشور

تثبیت جایگاه کشور در:

- فناوری‌های نوین تخمین عمر قطعات داغ نیروگاهی

د- راهبردهای کلان توسعه علم و فناوری در کشور

راهبرد کلان ۱: اصلاح و انسجام‌بخشیدن به ساختارها و نهادهای علم و فناوری و هماهنگ‌سازی نظام تعلیم و تربیت در مراحل سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان

راهبرد کلان ۲: توجه به علم و تبدیل آن به یکی از گفتمان‌های اصلی جامعه و ایجاد فضای مساعد، شکوفا و مولد علم و فناوری بر مبنای آموزه‌های اسلامی از طریق توسعه و تعمیق و بکارگیری مؤلفه‌های فرهنگی، اجتماعی و سیاسی

راهبرد کلان ۳: جهت دادن چرخه‌ی علم و فناوری و نوآوری به ایفای نقشی موثرتر در اقتصاد

ه- راهبردها و اقدامات ملی متناسب با راهبردهای کلان توسعه‌ی علم و فناوری در کشور

اصلاح و انسجام‌بخشیدن به ساختارها و نهادهای علم و فناوری و هماهنگ‌سازی نظام تعلیم و تربیت در مراحل سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان

راهبردهای ملی:

- سیاست‌گذاری و ارتقای هماهنگی و هم‌افزایی در بخش‌های مختلف کشور در اجرایی‌کردن نقشه جامع علم و فناوری؛

- همسوکردن سیاست‌های توسعه‌ی صنعتی و اقتصادی کشور، به ویژه برنامه‌های پنج‌ساله توسعه، با سیاست‌های کلان توسعه‌ی علم و فناوری در کشور؛

- جهت دادن چرخه‌ی علم و فناوری و نوآوری به ایفای نقشی موثرتر در اقتصاد؛

- افزایش نقش علم و فناوری در توانمندسازی و ارتقای بهره‌وری در بخش‌های صنعتی و تولیدی خدمات تخصصی و عمومی؛

- تسهیل و کارآمدسازی فرآیند عرضه و تقاضا و انتقال و انتشار علم و فناوری و توسعه‌ی زیرساخت‌های رقابت‌پذیری در تولیدات فناوری و خدمات و محصولات مربوطه؛

۱-۴-۸- سیاست‌های کلی نظام در بخش انرژی

سیاست‌های کلی نظام جمهوری اسلامی ایران در مورد "انرژی" مصوب مورخ ۱۳۷۷/۱۰/۲۳ که در تاریخ ۱۳۷۹/۱۱/۳ توسط مقام معظم رهبری تایید و ابلاغ گردیده است. با استناد به این سیاست‌ها ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست‌محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های آبی که در رابطه با فناوری‌های مرتبط با کنترل خوردگی کاملاً مشخص است که استفاده از این فناوری‌ها و همواره به‌روزر بودن در این زمینه می‌تواند در کنار فوایدی که از نظر زیست‌محیطی داراست، کارایی استفاده از انرژی الکتریکی را نیز بالا ببرد و موجبات کاهش خروج‌های اضطراری را فراهم آورد [۱۵].

۱-۴-۹- سند جامع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر کشور [۱۶]

با توجه به اهمیت انرژی به عنوان محور اصلی توسعه و پیشرفت جوامع بشری مباحث مربوط به انرژی و مطالعات مربوط به آن برای تمامی کشورها با اولویت بیشتری نسبت به گذشته دنبال می‌گردد. این افزایش اهمیت بسیاری از این کشورها را بر آن داشته است که با حرکت به سمت منابع جایگزین و تجدیدپذیر انرژی، سبد مصرفی انرژی در کشور خود را تغییر داده و با اعمال تغییراتی در برنامه پیش روی خود، زمینه‌ی توسعه و استفاده هر چه بیشتر از این منابع در کشور خود را فراهم کنند. در زیر به موارد اشاره شده در چشم‌انداز، اهداف و سیاست‌های کلان این سند اشاره می‌شود.

الف- چشم‌انداز

- دستیابی به جایگاه اول منطقه در عرصه علم و فناوری این انرژی‌ها در افق ۱۴۰۴ با قابلیت رقابتی و رویکرد صادراتی در حوزه‌های مختلف اقتصادی از جمله صنعت، کشاورزی، خدماتی، حمل و نقل، ساختمانی و مسکن با تکیه بر ساختاری منسجم و متخصصین توانمند و خلاق.

ب- اهداف بلندمدت و شاخص‌های کلان

- افزایش سهم منابع جدید و پایدار انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور در حوزه‌ی برق، حرارت و سوخت
- بهره‌مندی از انرژی‌های تجدیدپذیر به میزان حداقل ۱۰۰۰۰ مگاوات ظرفیت نصب شده
- بهره‌مندی از توانمندی‌های فناورانه کشور و افزایش سهم صادرات فناوری در بازارهای جهانی

- افزایش میزان بومی‌سازی تجهیزات تجدیدپذیر به میزان حداقل ۷۰ درصد ارزش ریالی تجهیزات در افق چشم‌انداز
- دستیابی به سهم ۵ درصدی صادرات از کل تجهیزات تجدیدپذیر ساخت داخل در افق چشم‌انداز
- افزایش سالانه حداقل ۱۰ درصدی تولیدات علم و فناوری از قبیل مقالات و ثبت اختراعات به نسبت سال قبل

ج- اهداف کوتاه مدت

- بهبود فرایندهای انتقال و اشاعه فناوری و نوآوری در میان نهادهای ذینفع از خارج و داخل کشور

د- سیاست‌های کلان

- محوریت نیروی انسانی به عنوان عامل اصلی ایجاد مزیت در این فناوری
- حداکثر بهره‌گیری از امکانات نهادهای موجود کشور
- اولویت‌دهی به راهکارهای میان‌بر و بدیع و توسعه قابلیت‌ها و شایستگی‌های محوری

با توجه به اینکه با استفاده از فناوری‌های نوین کنترل خوردگی عمر نیروگاه‌ها و تجهیزات آنها افزایش و خروج‌های اضطراری و مدت زمان توقف کار نیروگاه‌ها کاهش می‌یابد، می‌توان گفت توسعه این فناوری‌ها منجر به افزایش بازدهی نیروگاه‌ها می‌گردد. هم‌چنین با بررسی امکان بکارگیری فناوری‌های جدید و به‌روز در زمینه‌ی کنترل و کاهش خوردگی، می‌توان از بروز این پدیده‌ی زیان‌بار جلوگیری به عمل آورد و بدین صورت زمینه‌ی صرفه‌جویی‌های کلان را مهیا نمود. از طرفی با بررسی امکان ساخت تجهیزات مورد نیاز فناوری‌های جدید در کشور، می‌توان در جهت افزایش تولید ملی و کاهش وابستگی‌های غیرضروری گام برداشت. بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان گفت توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع، در راستای کلیه‌ی سیاست‌های ذکر شده می‌باشد.

۱-۵- بعد اقتصادی

یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب تجهیزات صنعتی، پدیده‌ی خوردگی است که به عنوان یکی از زیان‌بارترین آفت‌های صنایع مطرح می‌گردد. این زیان‌ها به حدی اهمیت دارد که تحقیق در حوزه‌های مربوط به فناوری‌های کنترل خوردگی، بخش عظیمی از پژوهش‌ها و تحقیقات کشورهای پیشرفته را به خود اختصاص داده است. این مطالعات به تدوین استراتژی‌ها، قوانین، آیین‌نامه‌ها و روش‌های مؤثری در زمینه‌ی پیشگیری و رفع اثرات خوردگی منجر شده که تحت عنوان "مدیریت خوردگی" مورد

مطالعه قرار می‌گیرند. در کشور ما نیز خوردگی و اثرات زیانبار آن در صنایع مختلف از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار می‌باشد. خوردگی پدیده‌ای است که در اکثر محیط‌ها اتفاق می‌افتد، از این رو هیچ صنعتی نمی‌تواند از هزینه‌های خوردگی در امان باشد. یکی از صنایعی که پدیده‌ی خوردگی در آن بسیار حائز اهمیت است، صنعت برق کشور می‌باشد.

با وجود مشکلات اساسی که خوردگی در صنایع مختلف دارد، متأسفانه هنوز در کشورمان برای کنترل و مدیریت آن به صورت زیربنایی و سیستماتیک اقدام نشده است. به همین دلیل همه‌ساله هزینه‌های گزافی، به صورت مستقیم و غیرمستقیم به واحدهای عملیاتی و مجتمع‌های صنعتی تحمیل می‌شود. اما از آنجا که وسعت، عمق حوادث و صدمات جانی و هزینه‌های مالی ناشی از آن برآورد نشده و در جایی منعکس نمی‌شود، بنابراین مدیران و مسئولان برای پیشگیری از تکرار حوادث و خسارات مشابه عکس العمل‌های فنی و مدیریتی ندارند [۱۷].

ممکن است این سوال در ذهن مطرح شود که آیا واقعا تعویض یک قطعه یا قسمت خورده شده توسط یک قطعه‌ی سالم تا این حد هزینه در بر داشته باشد، ولی بایستی پاسخ گفت که هزینه یا خسارات ناشی از خوردگی فقط محدود به تعویض یک قطعه نمی‌شود، بلکه خورده شدن و تعویض خود عوارضی دیگر در پی دارد که به طور غیرمستقیم موجبات افزایش هزینه‌ها و خسارات را فراهم می‌کنند. بنابراین می‌توان گفت هزینه‌های ناشی از خوردگی به دو بخش هزینه‌های مستقیم و هزینه‌های غیرمستقیم تقسیم‌بندی می‌شوند [۱۸].

هزینه‌های مستقیم ناشی از خوردگی بیشتر عینی‌اند و محاسبه‌ی آنها ساده‌تر است. این هزینه‌ها عبارتند از:

الف- هزینه‌های مربوط به بازرسی فنی، تعمیرات، تغییر جنس و تعویض قطعات، تجهیزات، تأسیسات و سازه‌ها

ب- هزینه‌های مربوط به نیروی انسانی و اعمال روش‌های حفاظتی

ج- هزینه‌های مربوط به کاربرد مواد بازدارنده، پوشش‌ها و حفاظت کاتدی [۱۸]

هزینه‌های غیر مستقیم که ارزیابی و محاسبه‌ی آنها به مراتب پیچیده‌تر از هزینه‌های مستقیم می‌باشد. این هزینه‌ها دلایل مختلفی دارند که عبارتند از:

الف- هزینه ناشی از کاهش تولید در اثر تعطیلی و از کار افتادن سیستم: از سرویس خارج شدن یا خوابیدن یک سیستم در صنعت به علت تخریب ناشی از خوردگی علاوه بر کاهش تولید، روزانه خسارات مالی هنگفتی را براقصد یک کشور وارد می‌کند. انهدام غیرمنتظره قطعات در حین کار که غالباً اتفاق می‌افتد، اکثراً در شرایط معمول کار می‌باشد. لیکن گاهی نیز در اثر



تغییراتی در سیستم که اشتباهات صورت می‌گیرد و یا در اثر عدم اطلاع از اهمیت تغییر وارد شده اتفاق می‌افتد. گاهی اوقات تغییرات جزئی در فرایند با افزودن یک ماده جدید می‌تواند کاملاً مسئله‌ی خوردگی را دگرگون سازد و توقف‌های غیرمنتظره‌ای در تولید ایجاد شوند [۱۸].

ب- هزینه‌های تعمیرات و نگهداری و بهره‌برداری: مخارج نیروی انسانی ایجاد می‌کند که به منظور کم کردن قیمت تمام‌شده‌ی محصول، هزینه‌های تعمیرات و نگهداری به دقت بررسی شوند. انتخاب مواد مناسب و سیستم حفاظت صحیح باعث طولانی‌تر شدن عمر قطعات و مصنوعات و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌شود. البته این روش ممکن است هزینه‌های اولیه بالایی داشته باشد، ولی در نهایت مقرون به صرفه‌تر از روش‌های دیگر خواهد بود [۱۸].

ج- ضرر ناشی از به هدر رفتن سوخت و انرژی در اثر نشت محصولات: از دست رفتن مواد یا ترکیبات مختلف از سیستم لوله‌کشی که در اثر خوردگی سوراخ شده یا نشت پیدا کرده است، غیر از ضررهای مستقیم مالی اثرات غیرمستقیم دیگری نیز روی محیط اطراف و فلزات دیگری که در آن قرار دارند می‌گذارد. نشت جزئی بعضی از ترکیبات خطرناک بوده و می‌تواند بسیار گران تمام شود. در این مورد کاربرد طراحی دقیق‌تر و فلزات گران به‌تر به خوبی قابل توجه خواهد بود [۱۸].

د- هزینه و کار زائد فراوان بخاطر لزوم فعالیت بیشتر در ارتباط با ساخت و انبارداری و حمل و نقل قطعات یدکی: پس از رخ دادن خوردگی در سیستم، کار اضافی به خاطر لزوم فعالیت بیشتر در ارتباط با ساخت و انبارداری و حمل و نقل قطعات یدکی انجام می‌پذیرد که منجر به افزایش هزینه‌ها نیز می‌گردد [۱۸].

همانطور که بر اساس مطالب قبلی مشهود می‌باشد، خوردگی پدیده‌ای مخرب و هزینه‌آفرین است که همه‌ساله موجب به هدر رفتن مبالغ هنگفتی از سرمایه کشور می‌شود. مسلماً زیان‌های اقتصادی و محیطی خوردگی که هرروز دامنه‌ی آنها گسترش می‌یابد، می‌بایست در صنعت رو به رشد و شکوفای ایران مورد بحث و بررسی قرار گیرد. زمانی اهمیت انجام این بررسی‌ها مشخص خواهد شد که آماری جامع از حجم زیان‌های وارد شده به صنایع در اثر خوردگی در دسترس باشد. هم‌اکنون به دلیل نبود آمار هزینه‌های سالانه‌ی خوردگی، عدم به کارگیری فناوری‌های روز دنیا در کنترل خوردگی و همین‌طور ناآگاهی مدیران صنایع و سیاست‌گذاران از هزینه‌های این پدیده، درصد بالایی از درآمد ملی کشور از این طریق به هدر می‌رود. متأسفانه با وجود اینکه ضرورت بررسی و محاسبه هزینه‌ی خسارتهای ناشی از پدیده‌ی خوردگی احساس و اثبات شده، ولی در

کشور ما هنوز هیچ گونه برآورد هزینه‌ای در این رابطه انجام نشده است. با این وجود بر اساس آمار و ارقام موجود در زمینه‌ی هزینه‌های وارد شده بر دیگر کشورها می‌توان به آمار خوبی در این زمینه دست یافت.

در سال ۱۹۴۹ اولین آمار و ارقام مربوط به خسارات و هزینه‌های خوردگی توسط پروفیسور " یولیگ " منتشر شد. اولین اقدام گروهی و سازماندهی شده جهت برآورد کل خسارات و هزینه‌های خوردگی در سال ۱۹۷۵ و در آمریکا شروع و در سال ۱۹۷۹ منتشر گردید. از آن زمان به بعد، آمار و ارقام جمع‌آوری شده و محاسبه شده‌ای توسط کشورهای مختلف منتشر گردیده است. این آمارها غالباً به صورت مقایسه‌ای و بر مبنای درصد معینی از تولید ناخالص ملی کشورها تهیه شده است. در جدول ۱ هزینه‌های خوردگی چند کشور دنیا آورده شده است [۱۷].

جدول ۱- هزینه‌های خوردگی در چند کشور دنیا [۱۷]

کشور	سال	برآورد کننده	زیان مالی	GNP %	ملاحظات
آمریکا	۱۹۴۹	یولیگ	۵/۵ میلیارد دلار	-	فقط زیان‌های مستقیم
آمریکا	۱۹۶۶	لیختن اشتاین NBS	۱۰ میلیارد دلار	-	فقط زیان‌های مستقیم
آمریکا	۱۹۶۷	فونتانا	۸ میلیارد دلار	-	فقط زیان‌های مستقیم
آمریکا	۱۹۷۹	BCL ^۱	۸۲ میلیارد دلار	۴/۹	-
آمریکا	۱۹۷۹	NBS ^۲	۲۱±۷۰ میلیارد دلار	۴/۲	۱۵٪ قابل اجتناب
آمریکا	۱۹۸۸	NIST ^۳	۳۰±۲۰۰ میلیارد دلار	۴	-
آمریکا	۱۹۹۴	BCO ^۴	۳۰۰ میلیارد دلار	۴/۹	۳۳٪ قابل اجتناب
انگلستان	۱۹۷۳	کمیته خوردگی	۱/۳۶۵ میلیارد پوند	-	فقط زیان‌های مستقیم
کانادا	۱۹۷۹	-	۱۰ میلیارد دلار	۴	۱۵٪ قابل اجتناب
آلمان	۱۹۶۹	-	۱۹ میلیارد مارک	-	-
آلمان	۱۹۷۸	-	۴۵ میلیارد مارک	-	-
آلمان	۱۹۸۸	-	۸۵ میلیارد مارک	-	-
آلمان	۱۹۹۴	-	۱۱۷ میلیارد مارک	-	-
ایران	۱۳۷۵	انجمن خوردگی ایران	۹۰۰۰ میلیارد ریال	۴/۵	۲۳۳۰۰۰ GNP میلیارد ریال
ایران	۱۳۷۶	انجمن خوردگی ایران	۱۲۶۰۰ میلیارد ریال	۴/۵	۲۸۰۰۰۰ GNP میلیارد ریال
ایران	۱۳۸۱	انجمن خوردگی ایران	۴۸۰۰۰ میلیارد ریال	۶	۸۰۰۰۰۰ GNP میلیارد ریال

1 – Battelle Columbus Laboratories

2 – National Bureau Of Standards

3 – National Institute Of Science and Technology

4 – Battelle Columbus , Ohio

کشور	سال	برآورد کننده	زیان مالی	GNP %	ملاحظات
ایران	۱۳۸۳	انجمن خوردگی ایران	۷۰۰۰۰ میلیارد ریال	۵	GNP ۱۳۸۲۰۰۰ میلیارد ریال
ایران	۱۳۸۵	انجمن خوردگی ایران	۹۵۰۰۰ میلیارد ریال	۴/۵	GNP ۲۰۱۱۱۵۰ میلیارد ریال
ایران	۱۳۸۷	انجمن خوردگی ایران	۱۳۱۰۰۰ میلیارد ریال	۴/۵	GNP ۲۹۰۷۵۸۸ میلیارد ریال
ایران	۱۳۸۸	انجمن خوردگی ایران	۱۶۳۰۰۰ میلیارد ریال	۴/۵	GNP ۳۶۲۳۸۵۷ میلیارد ریال

به طور کلی نتایج ارزیابی‌های به عمل آمده در کشورهای مختلف، به ویژه کشورهای صنعتی، نشان دهنده‌ی زیان‌ها و هزینه‌های ناشی از خوردگی به میزانی در حدود ۲ تا ۵ درصد تولید ناخالص داخلی است [۱۹-۲۴] که این رقم در کشورهای در حال توسعه به دلیل عدم دسترسی به فناوری‌های پیشرفته بیشتر از این مقدار می‌باشد. ضرر سالانه‌ی اثرات خوردگی، به صورت مستقیم، در ایالات متحده، که در سال ۱۹۹۸ توسط انجمن NACE برآورد شده است، حدود ۳/۱ درصد تولید ناخالص داخلی می‌باشد. هم چنین بر طبق آمار، خسارات خوردگی که طی ۲۲ سال گذشته در صنایع آمریکا رخ داده، چیزی حدود ۳۸۰ میلیارد دلار می‌باشد. میانگین سالانه این خسارت‌ها حدود ۱۷ میلیارد دلار است که از کل هزینه‌ی سوانح طبیعی از قبیل زلزله، سیل و آتش‌سوزی در این کشور بیشتر می‌باشد [۱۹].

به منظور بررسی توجیه‌پذیری اقتصادی توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق کشور، در این گزارش سعی شده است که به صورت تخمینی به محاسبه‌ی هزینه‌های خوردگی در صنعت برق کشور و میزان کاهش هزینه‌ها، در صورت استفاده‌ی صحیح از فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در این صنعت، پرداخته شود. به همین منظور ابتدا کل هزینه‌های خوردگی در کشور محاسبه خواهد شد.

همانطور که گفته شد، هزینه‌های خوردگی در هر کشور معادل درصدی از تولید ناخالص ملی آن کشور است. در کشورهای پیشرفته هزینه‌های مستقیم ناشی از خوردگی حدود ۲/۵ تا ۳/۱ درصد تولید ناخالص داخلی می‌باشد، اما در کشورهای در حال توسعه همانند ایران که هنوز فناوری‌های کنترل خوردگی بطور کافی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، این مقدار می‌تواند تا ۵ درصد افزایش یابد [۲۵ و ۲۶]. به همین منظور محاسبه‌ی کل هزینه‌های مستقیم ناشی از خوردگی در کشور بر مبنای ۵ درصد تولید ناخالص داخلی انجام گرفته است. به منظور حذف نوسانات اقتصادی در کشور، از اطلاعات مربوط به سال ۹۱ استفاده شده است. هزینه‌های مستقیم ناشی از خوردگی در کشور، در سال ۱۳۹۱ با توجه به جدول ۲ محاسبه شده است.

جدول ۲- محاسبه هزینه های مستقیم خوردگی در کشور در سال ۱۳۹۱

تولید ناخالص داخلی در سال ۱۳۹۱ (میلیارد دلار) [۲۷]	هزینه های مستقیم ناشی از خوردگی (بر حسب درصد تولید ناخالص داخلی)	هزینه های مستقیم ناشی از خوردگی در سال ۱۳۹۱ (میلیارد دلار)
۵۲۸/۴۳	۵	۲۶/۴۲

با توجه به جدول ۲ مشاهده می شود که هزینه های مستقیم ناشی از خوردگی در سال ۱۳۹۱ به طور تخمینی ۲۶/۴۲ میلیارد دلار می باشد که از کل هزینه ی سوانح طبیعی در کشور که ۱ میلیارد دلار تخمین زده می شود [۲۸]، به مراتب بالاتر است. هم چنین پدیده ی خوردگی در مقایسه با کل هزینه های آسیب به وسایل نقلیه توسط تصادفات جاده ای کشور (هزینه ای در حدود ۰/۵ درصد تولید ناخالص داخلی کشور دارد [۲۹])، ۱۰ برابر بیشتر تولید ناخالص داخلی کشور را نابود می نماید. از آنجا که هدف از تدوین این سند، توسعه ی فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق کشور است، بایستی هزینه های خوردگی در صنعت برق به صورت تخمینی محاسبه شده و به بررسی میزان کاهش هزینه ها در صورت توسعه ی فناوری های نوین کنترل خوردگی در این صنعت پرداخته شود.

صنعت برق کشور یکی از صنایع مهمی است که در معرض انواع گوناگون خوردگی قرار دارد، به طوری که در هر سه شاخه تولید (نیروگاه های تولید برق)، انتقال و توزیع برق طیف وسیعی از آسیب های ناشی از خوردگی اتفاق می افتد. به علت وجود شرایط کاری متفاوت و استفاده از مواد و آلیاژهای متنوع در بخش های گوناگون این صنعت، امکان وقوع طیف وسیعی از مکانیزم های خوردگی موجود می باشد. می توان گفت همه ی انواع خوردگی اعم از خوردگی یکنواخت، خوردگی حفره ای، خوردگی شکافی، خوردگی داغ، خوردگی میکروبی، خوردگی سایشی، خوردگی گالوانیک و . . . در تجهیزات گوناگون صنعت برق اتفاق می افتد که کنترل خوردگی در هر کدام از آنها منجر به شکوفایی هرچه بیشتر صنعت برق و بهبود اقتصاد کشور خواهد شد.

به منظور محاسبه ی هزینه های خوردگی در صنعت برق لازم است، سهم صنعت برق از تولید ناخالص داخلی مشخص باشد. برای یافتن این سهم، می توان از مقادیر ارزش افزوده صنعت برق در مقایسه با تولید ناخالص داخلی استفاده نمود. به این معنی که درصد ارزش افزوده صنعت برق در تولید ناخالص ملی محاسبه گردیده و به عنوان سهم صنعت برق در تولید ناخالص ملی

در محاسبات مورد استفاده قرار گیرد. لازم به ذکر است که به منظور از بین بردن اثرات تورم در محاسبات، از مقادیر ارزش افزوده و تولید ناخالص داخلی به قیمت های ثابت سال ۱۳۷۶ استفاده شده است.

با توجه به اینکه اطلاعات مقادیر ارزش افزوده صنعت برق تا سال ۱۳۹۰ موجود بود، میانگین سهم صنعت برق در تولید ناخالص ملی در طی ۵ سال اخیر محاسبه شده است. اطلاعات مربوط به محاسبه سهم صنعت برق در تولید ناخالص داخلی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- محاسبه سهم صنعت برق در تولید ناخالص داخلی

سال	ارزش افزوده صنعت برق به قیمت های ثابت سال ۱۳۷۶ (میلیارد ریال) [۳۰]	تولید ناخالص ملی به قیمت های ثابت سال ۱۳۷۶ (میلیارد ریال) [۳۰]	سهم صنعت برق در تولید ناخالص داخلی (درصد)
۱۳۹۰	۷۲۸۴	۹۴۵۶۹۸	۰/۷۷
۱۳۸۹	۷۳۸۹	۸۶۰۶۰۲	۰/۸۵
۱۳۸۸	۶۵۵۵	۷۶۴۳۰۷	۰/۸۶
۱۳۸۷	۶۴۰۸	۷۷۸۲۱۵	۰/۸۲
۱۳۸۶	۵۶۴۱	۷۴۳۱۰۶	۰/۷۶
میانگین	۶۶۵۶	۸۱۸۳۸۶	۰/۸۱

با توجه به جدول فوق سهم صنعت برق در تولید ناخالص ملی برابر با ۰/۸۱ درصد در نظر گرفته می‌شود. بنابراین با توجه به جدول ۴ هزینه‌ی مستقیم خوردگی در صنعت برق کشور در سال ۱۳۹۱ محاسبه خواهد شد. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که به طور تخمینی در سال ۱۳۹۱، ۲۱۴ میلیون دلار به دلیل خوردگی در صنعت برق کشور هزینه شده است.

جدول ۴- محاسبه هزینه های مستقیم خوردگی در صنعت برق

هزینه های مستقیم خوردگی در کشور در سال ۱۳۹۱ (میلیارد دلار)	سهم صنعت برق در تولید ناخالص داخلی (درصد)	هزینه های مستقیم خوردگی در صنعت برق کشور در سال ۱۳۹۱ (میلیون دلار)
۲۶/۴۲	۰/۸۱	۲۱۴

بر اساس اطلاعات بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران قیمت دلار در سال ۹۱ به طور متوسط ۲۴۷۵ تومان بوده است [۳۱]، که با توجه به این قیمت، هزینه های مستقیم خوردگی در صنعت برق در سال ۱۳۹۱ معادل ۵۳۰ میلیارد تومان می‌باشد.



مشاهده می‌شود که هزینه‌های خوردگی در صنعت برق کشور بسیار بالاست. از طرفی این هزینه‌ها تنها شامل هزینه‌های مستقیم خوردگی می‌باشد، بنابراین هزینه‌های خوردگی در عمل بسیار بالاتر از مقادیر ذکر شده است. با توجه به محاسبات انجام گرفته در کشور آمریکا، هزینه‌های غیرمستقیم ناشی از خوردگی برابر با هزینه‌های مستقیم آن تخمین زده می‌شود [۱۹]. بنابراین کل هزینه‌های ناشی از خوردگی در صنعت برق کشور دو برابر مقدار محاسبه شده (۴۲۸ میلیون دلار) خواهد بود. (جدول ۵)

جدول ۵- محاسبه کل هزینه‌های خوردگی در صنعت برق کشور در سال ۱۳۹۱

کل هزینه‌های ناشی از خوردگی در صنعت برق کشور (میلیون دلار)	هزینه‌های غیر مستقیم ناشی از خوردگی در صنعت برق کشور (میلیون دلار)	هزینه‌های مستقیم ناشی از خوردگی در صنعت برق کشور (میلیون دلار)
۴۲۸	۲۱۴	۲۱۴

هم‌چنین در انجام محاسبات، مباحث مربوط به تورم و تحریم وارد نشده است و همانطور که ذکر شد محاسبات انجام گرفته مربوط به سال ۱۳۹۱ می‌باشد. در صورتی که تولید ناخالص داخلی روند طبیعی و رو به رشد خود را حفظ می‌نمود، میزان آن در سال جاری بسیار بالاتر و بنابراین هزینه‌های خوردگی نیز رقم درشت‌تری را به خود اختصاص می‌داد. با توجه به محاسبات انجام شده هزینه‌های ناشی از خوردگی در صنعت برق کشور رقم قابل توجهی را به خود اختصاص می‌دهد که به منظور حفظ سرمایه‌های ملی بایستی از روش‌های کاهش این هزینه‌ها استفاده نمود. هزینه‌های ناشی از خوردگی را نمی‌توان به طور کامل حذف کرد اما اگر روش‌های کنترل و مدیریت خوردگی به خوبی و به صورت بهینه مورد استفاده قرار گیرند می‌توان بخشی از هزینه‌های ناشی از خوردگی را کاهش داد. میزان کاهش هزینه‌های ناشی از خوردگی در صورت استفاده صحیح از فناوری‌های کنترل خوردگی که به عنوان هزینه‌های قابل اجتناب خوردگی عنوان شده، در بعضی از منابع ۲۵ تا ۳۰ درصد [۱۹] و در بعضی از آنها ۴۰ درصد گزارش شده است [۲۰ و ۲۱]. با در نظر گرفتن هزینه‌های قابل اجتناب به میزان ۳۰ درصد می‌توان مبلغی از سرمایه‌های ملی را که با استفاده از این فناوری‌ها حفظ می‌شود محاسبه نمود. نتایج حاصل از انجام این محاسبات در جدول ۶ آورده شده است.



جدول ۶- محاسبه کاهش سالانه هزینه های خوردگی در صنعت برق کشور با استفاده از

فناوری های کنترل خوردگی

کاهش سالانه هزینه های خوردگی با استفاده از فناوری های کنترل خوردگی (میلیون دلار)	کاهش هزینه های خوردگی با استفاده از فناوری های کنترل خوردگی (درصد)	کل هزینه های ناشی از خوردگی در صنعت برق کشور (میلیون دلار)
۱۲۸	۳۰	۴۲۸

با توجه به جدول مشاهده می شود که با استفاده از روش های کنترل خوردگی می توان سالانه حدود ۱۲۸ میلیون دلار از هزینه های خوردگی در صنعت برق کشور را کاهش داد. بنابراین در طی ۱۰ سال (مدت زمان اجرای سند) حداقل ۱۲۸۰ میلیون دلار از سرمایه های ملی حفظ خواهد شد.

به منظور بررسی هزینه های خوردگی در یکی از قطعات صنعت برق، با توجه به در اختیار داشتن اطلاعات مربوط به حوادث بویلر، سیستم بویلر و حوادث ناشی از آن به عنوان یک نمونه مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور اطلاعات مربوط به حوادث ناشی از سیستم بویلر از سال ۱۳۸۹ تا پایان شهریور ۱۳۹۳ از شرکت توانیر دریافت شده است. پس از بررسی این اطلاعات، با استفاده از نظرات خبرگان، حوادثی که در سیستم بویلر در اثر پدیده ی خوردگی اتفاق افتاده، استخراج گردید که این حوادث شامل حوادث ناشی از سوراخ شدن، نشتی و خوردگی داغ در ناحیه زیر مشعل می باشد. سپس میزان انرژی غیر قابل تولید در اثر ایجاد هر حادثه، با استفاده از ساعت خروج معادل در بازه جستجو و متوسط قدرت عملی در بازه جستجو محاسبه شد. به این صورت که انرژی غیرقابل تولید در اثر ایجاد هر حادثه از حاصل ضرب ساعت خروج معادل در بازه جستجو و متوسط قدرت عملی در بازه جستجو بدست می آید. سپس مجموع انرژی غیرقابل تولید در اثر تمامی حوادث ناشی از خوردگی در سیستم بویلر در مدت زمان یاد شده (از سال ۱۳۸۹ تا پایان شهریور ماه ۱۳۸۹) محاسبه می شود. با داشتن متوسط قیمت برق برای هر کیلووات ساعت می توان خسارات ناشی از عدم تولید برق در نتیجه ی پدیده ی خوردگی در سیستم بویلر را محاسبه نمود. نتایج حاصل در جدول ۷ آورده شده است.



جدول ۷- محاسبه هزینه های عدم تولید برق ناشی از خوردگی در سیستم بویلر

متوسط خسارت ناشی از خوردگی در سیستم بویلر در یک سال (میلیارد ریال)	خسارت ناشی از خوردگی در سیستم بویلر در مدت ۴/۵ سال (میلیارد ریال)	متوسط قیمت برق به ازای هر کیلو وات ساعت (ریال)	کل انرژی غیر قابل تولید در اثر خوردگی در سیستم بویلر در مدت ۴/۵ سال (مگاوات ساعت) [۳۲]
۴۹۴	۲۲۲۰	۵۰۰	۴۴۴۶۵۲۶

همانطور که مشاهده می‌شود، خسارات ناشی از حوادث ایجاد شده در اثر پدیده‌ی خوردگی در سیستم بویلر در مدت زمان یاد شده (۴/۵ سال) ۲۲۲۰ میلیارد ریال هزینه در برداشته است که به طور متوسط می‌توان گفت خوردگی در سیستم بویلر و عدم تولید برق ناشی از آن، سالانه حدود ۴۹۴ میلیارد ریال هزینه برای کشور به وجود می‌آورد. از طرفی خسارات محاسبه شده، تنها شامل خسارت ناشی از عدم تولید برق می‌باشد. در صورتی که خسارات ناشی از تعمیر، تعویض و بازسازی قطعات به هزینه‌های محاسبه شده اضافه شود، هزینه‌های نهایی به میزان بسیار چشمگیری افزایش خواهد یافت.

تمام محاسبات انجام شده‌ی قبل بدون در نظر گرفتن نقش انرژی برق در سایر صنایع و تاثیرات کاهش تولید آن در افت بخش های دیگر کشور می‌باشد. بنابراین با توجه به مطالب قبلی، اهمیت مسئله‌ی خوردگی، خصوصا در صنعت برق که به عنوان یکی از صنایع زیربنایی کشور مطرح می‌باشد، مشخص خواهد شد. با در نظر گرفتن تمامی این موارد لزوم دست یابی و توسعه‌ی فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق از بعد اقتصادی کاملا آشکار خواهد شد.

با توجه به مطالب ذکر شده، با توجه به خسارات عظیمی که خوردگی در صنعت برق می‌تواند به اقتصاد کشور وارد نماید، توجه به مهندسی خوردگی و کاربرد روشهای نوین جهت کنترل خوردگی می‌تواند به میزان قابل ملاحظه‌ای خسارات را کاهش دهد که در این صورت تاثیر شگرفی بر اقتصاد کشور خواهد داشت. اعمال درست و دقیق مدیریت خوردگی و توسعه‌ی فناوری‌های نوین در این حوزه می‌تواند از بروز سالانه میلیون‌ها دلار خسارت جلوگیری کند. اهمیت مسئله‌ی کنترل خوردگی در صنعت برق جنبه‌ی دیگری نیز دارد. از آنجا که صنعت برق کشور در حال توسعه می‌باشد، لحاظ کردن قواعد مدیریت خوردگی و توسعه‌ی فناوری‌های نوین در طراحی و ساخت نیروگاه‌ها و تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق می‌تواند از بروز خسارات هنگفتی در آینده جلوگیری نماید.



با توجه به مطالب ذکر شده، ضرورت توجه به پدیده‌ی خوردگی و فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق از بعدهای مختلف آشکار می‌گردد. پرواضح است که توجه جدی به پدیده‌ی خوردگی و به کارگیری راه‌حل‌های علمی و منطقی جهت کاهش خسارات مالی و جانی ناشی از آن، نیازمند رویکردی برنامه محور و نگاهی راهبردی به موضوع است. یعنی ایجاد سیستمی که به وسیله‌ی آن عوامل تاثیر گذار هماهنگ و هم جهت و تحت کنترل در آمده و خسارات و هزینه‌های ناشی از خوردگی به حداقل ممکن کاهش یابد. دستیابی به این اهداف مستلزم به کارگیری مدیریت خوردگی در سطوح مدیریتی و عملیاتی می‌باشد [۱۷].

در کشورهای صنعتی و پیشرفته، بیش از ۷۰ سال است که تمهیدات و اقدامات مربوط به پایش، کنترل و کاهش خسارات خوردگی صورت می‌گیرد، لیکن در بسیاری از کشورها از جمله ایران هنوز در اغلب طرح‌ها و پروژه‌های صنعتی به این موضوع پرداخته نمی‌شود. به طوری که این موضوع سبب می‌شود تا در اکثر موارد، تخریب‌های ناشی از خوردگی در تجهیزات واحدهای عملیاتی در مراحل قبل از راه‌اندازی و یا حتی در حین اجرای پروژه‌ها ظاهر شود، که در بعضی حالات چاره پذیر هم نمی‌باشد. با قبول این واقعیت‌ها ضرورت ایجاد می‌کند که جهت مبارزه با این مشکل صنعتی، اقدامی کارشناسی شده و سیستماتیک برای سازماندهی مدیریت خوردگی به عمل آید [۱۷].

علت اصلی این مشکلات، نداشتن جایگاه مشخص و تعریف شده‌ای از مدیریت خوردگی در سازمان‌ها، صنایع و پروژه‌های ملی می‌باشد. تعریف و تبیین این جایگاه زمانی امکان‌پذیر می‌شود که با خرد جمعی برنامه‌ای منسجم برای مدیریت خوردگی تهیه و اجرا گردد، سپس جایگاهی سازمانی برای آن تعریف و متصدیان امر مشخص و آمار و ارقام محاسبه شده و قابل اطمینانی از خسارات خوردگی تهیه گردد تا در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی برای کاهش هزینه‌های خوردگی مدنظر قرار گیرد. ایجاد مدیریت خوردگی از تراکم مشکلات فنی و روند فزاینده‌ی صدمات ناشی از خوردگی، تکرار حوادث زیان بار، اقدامات مقطعی و پراکنده کاری‌ها جلوگیری می‌نماید، به طوری که قبل از رسیدن به شرایط بحرانی، پیش‌بینی‌ها و تصمیم‌گیری‌های علمی و مدبرانه و اقدامات لازم صورت می‌گیرد [۱۷].

مدیریت خوردگی مبحث جدیدی است که از تلفیق ایده‌های مدیریتی با راهکارهای فنی و اجرایی مطرح گردیده است و با هدف صیانت از سرمایه‌های ملی، اقدامات مربوط به کنترل خوردگی، روش‌های پایش و حفاظت فنی از تجهیزات و تأسیسات را جهت پایداری و پویایی بر عهده دارد و از ابزارها و راهکارهای جدید برای رسیدن به این مقصود استفاده می‌نماید. در ضمن به



منظور پیش‌بینی رخدادهای و محاسبه‌ی عوامل موثر در این مدیریت، از ارزیابی ریسک حوادث احتمالی و بکارگیری مدیریت ریسک استفاده می‌گردد. هم‌چنین مدیریت خوردگی نحوه‌ی اعمال ملاحظات فنی خوردگی، پایش و کنترل منظم عملکرد روش‌های پیشگیری و ارزیابی آثار این فرایندها را در واحدهای عملیاتی امکان‌پذیر می‌سازد [۱۷].

مدیریت خوردگی به ارائه‌ی استراتژی‌های پیش‌گیرانه و برداشتن گام‌های راهبردی در دو حوزه‌ی فنی و غیرفنی می‌پردازد. استراتژی‌های پیش‌گیرانه در حوزه‌های فنی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند. یکی از این استراتژی‌ها ارتقای روش‌های طراحی و استفاده از روش‌های طراحی پیشرفته به منظور مدیریت بهتر خوردگی است که مانع از بروز هزینه‌های خوردگی قابل اجتناب می‌گردد. برای تحقق این راهبرد لازم است روش‌های طراحی تغییر کند و بهترین فناوری‌های خوردگی در دسترس طراحان قرار گیرد. هم‌چنین یکی دیگر از این استراتژی‌ها بهبود فناوری‌های خوردگی از طریق تحقیق و توسعه می‌باشد. با استفاده از مدیریت خوردگی و به کارگیری روش‌های علمی و دستاوردهای جدید تکنولوژی، خوردگی را در بسیاری از صنایع کشور می‌توان کنترل نمود. این امر مستلزم ایجاد آگاهی و عزم جدی برای پیش‌گیری و کنترل خوردگی در میان مدیران و کارشناسان می‌باشد [۳۳].

۲- تبیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند

انرژی در حیات اقتصاد صنعتی جوامع، نقش زیر بنایی را ایفا می‌کند، به این معنا که هرگاه انرژی به مقدار کافی و به موقع در دسترس باشد، توسعه‌ی اقتصادی نیز میسر خواهد بود. شاید اغراق نباشد اگر بگوییم، بدون انرژی‌ها زندگی برای انسان‌ها بسیار سخت و دشوار و در شرایطی غیر ممکن می‌گردد. از سوی دیگر با توجه به رشد فزاینده‌ی جمعیت در سرتاسر جهان، نقش و جایگاه انرژی‌ها در دنیای امروز به شدت افزایش پیدا کرده است و در آینده نیز همین اهمیت صدچندان می‌گردد [۳۴].

انرژی الکتریکی علاوه بر آن که به عنوان یک انرژی پاک می‌تواند جایگزین انرژی‌های آلاینده‌ی محیط زیست شود، دارای کاربردهای اختصاصی است که شاید نتوان به جای آن از دیگر منابع انرژی استفاده نمود. گذشته از این که برق به عنوان یک کالای نهایی مصرفی (روشنایی) مورد استفاده قرار می‌گیرد، قابلیت مهم آن ورود به عرصه‌ی تولید به صورت یک نهاده است که از این مجرا می‌تواند سطح تولید کل اقتصاد را نیز تحت تاثیر قرار دهد. صنعت برق به عنوان صنعت زیربنایی و مادر نقش مهمی در توسعه‌ی اقتصادی و رفاه جوامع دارد. در واقع برق به عنوان صنعت زیر بنایی در فرآیند توسعه‌ی اقتصادی کشور



و ایجاد زیرساخت‌های توسعه نقشی ارزنده و اساسی دارد و بسترهای لازم را برای پویایی و رشد کشور در زمینه‌های گوناگون اقتصادی، صنعتی، فرهنگی و اجتماعی فراهم می‌سازد. روند رشد اقتصادی کشورهای پیشرفته در چند دهه‌ی اخیر نشان می‌دهد که افزایش درآمد ملی و تولید ناخالص داخلی، همگام با رشد نوآوری‌های فنی و افزایش سهم برق در سبد انرژی مصرفی بوده است.

فناوری‌های پیشرفته در دنیا از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و رشد اقتصادی در دهه‌های آینده بیشتر بر دوش فناوری‌های نوین خواهد بود. استفاده از این تکنولوژی‌ها برای تولید و توسعه‌ی صنعت هر کشوری همیشه مورد توجه بوده است. شناخت و ارزیابی امکانات موجود برای به دست گرفتن تولید و استقلال اقتصادی بسیار حائز اهمیت است. این موضوع در صنایع هر کشوری قابل توجه می‌باشد.

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

یکی از انواع فناوری‌ها که در صنعت برق بایستی مورد توجه و بررسی قرار گیرد، فناوری‌های نوین کنترل خوردگی می‌باشد. خوردگی پدیده‌ای مخرب است که مشکلات بسیاری را برای صنایع مختلف ایجاد می‌کند و باعث خسارت‌های مالی مستقیم، به هدر رفتن و ضایع شدن منابع طبیعی و سلب آسایش و راحتی بشر و حتی باعث مرگ و میر انسان‌ها می‌گردد. بنابراین با توجه به اجتناب ناپذیر بودن پدیده‌ی خوردگی بایستی سعی نمود تا مخارج ناشی از خوردگی را تقلیل داد.

صنعت برق ایران در طی سال‌های اخیر شاهد تلاش دست اندرکاران در جهت توسعه‌ی کمی و کیفی این صنعت بوده است. در همین راستا پروژه‌ی حاضر با هدف تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) تعریف شده است تا با شناسایی فناوری‌های نوین در زمینه‌ی کنترل خوردگی و برنامه ریزی دقیق، به توسعه این فناوری‌ها در صنعت برق کشور بپردازد. در این بخش مقدمات اصلی برای شروع تدوین سند که شامل تبیین سطح تحلیل و تبیین افق زمانی تحلیل می‌باشد، ارائه خواهد شد.



۲-۱- تبیین سطح تحلیل

با توجه به تأثیرگذاری فناوری و نوآوری فناورانه در ابعاد مختلف جامعه، تصمیم‌گیری راهبردی را می‌توان در سطوح مختلفی به انجام رساند. این سطوح را می‌توان در قالب جغرافیایی به سه سطح منطقه ای، ملی، و فراملی تقسیم نمود [۳۵].

صنعت برق یکی از صنایع مهم کشور می‌باشد که در بخش‌های اصلی خود شامل تولید، انتقال و توزیع با پدیده‌ی خوردگی و آسیب‌های ناشی از آن مواجه است. تجهیزات مختلف انواع نیروگاه‌ها و نیز تاسیسات به کار رفته در بخش‌های انتقال و توزیع برق، هر کدام با توجه به نوع مواد به کار رفته و شرایط کاری خاص خود با یکی از مکانیزم‌های خوردگی مواجه می‌باشد.

با در نظر داشتن مطالب فوق الذکر، پروژه توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق کشور به عنوان یک طرح ملی مطرح است. سطح ملی بیانگر تصمیمات دولتها در توسعه‌ی اقتصادی مرتبط با بخشها و فناوری‌های موجود در یک کشور است. با توجه به تنوع و گستردگی آسیب‌های ناشی از خوردگی در تجهیزات گوناگون صنعت برق، لازم است که به دقت فناوری‌های نوین در جهت کنترل هریک از این خوردگی‌ها شناسایی شده و با برنامه ریزی دقیق شرایط در جهت توسعه‌ی روز افزون این فناوری‌ها فراهم گردد. به عبارتی همانطور که در سایر کشورها اعم از پیشرفته و در حال پیشرفت، اقدامات فراوانی در جهت شناسایی و توسعه‌ی این فناوری‌ها صورت می‌گیرد، لازمست که در صنعت برق کشور ما نیز، در سطح ملی نسبت به این امر اقدام گردد.

از بعدی دیگر (فرای جغرافیا)، اسناد راهبردی می‌تواند در سطوح بخشی و فناورانه نیز تدوین گردد. سطح بخشی به تعیین سیاست و تدوین راهبرد در حوزه‌ی یک صنعت خاص (مشمول بر فناوری‌های آن) می‌پردازد (مانند صنعت خودرو). سطح فناورانه نیز یک فناوری خاص (مانند سلول خورشیدی) را هدف مطالعه قرار می‌دهد که امکان استفاده از آن فناوری در چندین بخش یا صنعت مختلف نیز وجود دارد [۳۵]. با توجه به این که هدف از انجام این پروژه مطالعه و بررسی فناوری‌های خاصی به نام فناوری‌های نوین کنترل خوردگی می‌باشد و از طرفی این فناوری‌ها در دیگر صنایع کشور نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، می‌توان گفت سطح پروژه فناورانه می‌باشد.

۲-۲- تبیین افق زمانی تحلیل

هدف از در نظر گرفتن افق زمانی برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی، برنامه‌ریزی فراتر از زمان حال برای اقدامات و فعالیت‌های لازم در این زمینه می‌باشد تا پس از شناسایی فناوری‌های نوین در زمینه‌ی کنترل خوردگی، کلیه فعالیت‌ها و اقدامات مرتبط با توسعه‌ی این فناوری‌ها به صورت هدفمند و با برنامه پیشرفت نمایند. در این برنامه ریزی برای آینده، بایستی روندهای آتی توسعه‌ی تجهیزات صنعت برق، اتفاقات ممکن در این زمینه و تغییرات محتمل در این صنعت که هریک به نوعی می‌توانند بر فرآیند تصمیم‌گیری تأثیر داشته باشند لحاظ شوند [۳۵]. بدین ترتیب امکان برنامه ریزی دقیق‌تر برای انجام اقدامات لازم در جهت کنترل خوردگی و توسعه‌ی فناوری‌های نوین در صنعت برق فراهم خواهد شد. از این رو در نظر داشتن عوامل زیر در تعیین برنامه‌های اجرایی توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی الزامی است:

- انواع نیروگاه‌های تولید برق در داخل کشور
- فراوانی نیروگاه‌های مختلف
- تجهیزات به کار رفته در نیروگاه‌های گوناگون که در معرض آسیب‌های مختلف خوردگی قرار دارند
- تجهیزات به کار رفته در شاخه‌های انتقال و توزیع برق و انواع خوردگی‌های محتمل برای آنها
- تنوع آلیاژی برای هریک از تجهیزات به کار رفته در صنعت برق
- تنوع شرایط کاری اجزاء مختلف
- تنوع فناوری‌های کنترل خوردگی در شاخه‌های مختلف تولید، توزیع و انتقال برق

با توجه به گستردگی آسیب‌های ناشی از خوردگی که هریک نیازمند فناوری خاص خود در جهت کنترل آسیب می‌باشند و تنوع شرایط کاری هریک از اجزاء که در معرض انواع مختلف خوردگی قرار دارند، می‌توان گفت اقدامات و فعالیت‌های لازم در جهت کنترل خوردگی در صنعت برق بسیار متنوع می‌باشد. لذا با توجه به موارد ذکر شده و اینکه پروژه‌ی حاضر به عنوان یک طرح ملی مطرح می‌شود، افق زمانی کوتاه مدت نمی‌تواند مناسب باشد [۳۵]. از طرفی با توجه به اسناد بالادستی از جمله سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴، جامعه ایرانی در افق این چشم‌انداز بایستی برخوردار از دانش پیشرفته، توانا



در تولید علم و فناوری، متکی بر سهم برتر منابع انسانی و سرمایه‌ی اجتماعی در تولید ملی باشد [۶]. بنابراین در بخش صنعت برق نیز در افق این چشم انداز بایستی به فناوری‌های پیشرفته‌ی مورد نیاز دست یافت. بنابراین برای دستیابی به هدف توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، افق زمانی میان مدت (۱۰ سال) در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳- مرزبندی فنی یا توصیفی

مرزبندی نظام اجتماعی فنی باعث می‌گردد تا سیستم از محیط اطراف خود جدا شده و تحلیل از قابلیت کنترل بالاتری در ارائه‌ی نتایج برخوردار باشد [۳۶]. بنابراین برای تدوین سند توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق بایستی مشخص شود که کدام بخش‌های صنعت برق در این سند مورد بررسی قرار خواهد گرفت. از آن جا که خوردگی در صنعت برق در تجهیزات گوناگون نیروگاه‌ها و تاسیسات به کار رفته در بخش‌های انتقال و توزیع برق اتفاق می‌افتد، بنابراین در سند مذکور هر سه شاخه‌ی تولید، توزیع و انتقال برق مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

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

- حوزه‌ی علم و دانش: تأکید بر یک فناوری و زیر فناوری‌های آن با در نظرگیری قابلیت استفاده در کاربردها و محصولات.

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

- بخش فناورانه: بررسی یک بازار خاص و مجموعه‌ی بهم پیوسته‌ی آن از محصولات مورد نیاز یک حوزه [۳۶].

هدف از توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق تأکید بر فناوری‌هایی خاص و زیر فناوری‌های آنها در جهت رسیدن به کنترل خوردگی در صنعت برق بوده و هم چنین قابلیت استفاده و کاربردهای این فناوری‌ها نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. از طرفی مشاهده می‌شود که هدف محوریت قرار گرفتن یک محصول و یا بررسی بازار خاص نمی‌باشد. بنابراین می‌توان گفت سطح تحلیل توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق حوزه‌ی علم و دانش می‌باشد.

۳- تبیین مشخصه‌های فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

هر فناوری را می‌توان برحسب ویژگی‌های متمایزکننده در گروه و دسته‌ای از فناوری‌ها جای داد. به منظور داشتن نتایج به دور از انحراف از واقعیت، اسناد راهبردی باید بر اساس ویژگی‌های خاص هر گروه فناوری تنظیم گردد. به عبارت دیگر لازم است تا ابزارهای سیاست‌گذاری و نیز روش‌شناسی‌های تدوین راهبرد متناسب با هر گروه فناوری مورد استفاده قرار گیرند. برای محقق شدن این هدف، ضروری است تا جایگاه فناوری موردنظر را با ارائه‌ی یک طبقه‌بندی از مفهوم و ابعاد فناوری معین نمود. هم‌چنین در این بخش به منظور بررسی نحوه‌ی بهبود عملکرد فناوری در طول زمان، به بررسی چرخه‌ی عمر آن پرداخته خواهد شد [۳۶].

۳-۱- ابعاد ماهیت

فناوری‌های گوناگونی برای کنترل انواع خوردگی در صنایع گوناگون وجود دارد. در صنعت برق نیز از این فناوری‌ها در جهت کنترل خوردگی و کاهش هزینه‌های ناشی از آن بهره‌برده می‌شود. این فناوری‌ها که در ادامه به آن‌ها فناوری‌های کنترل خوردگی نسبت داده می‌شود، شامل طراحی و ساخت و انتخاب مواد مقاوم در برابر خوردگی، استفاده از افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی، حفاظت کاتدی، اعمال پوشش مناسب، مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی خوردگی و پایش وضعیت می‌باشد. در این بخش به بررسی ماهیت این فناوری‌ها پرداخته خواهد شد. از حیث ماهیت کاربردی، فناوری‌ها را می‌توان در چهار بعد مختلف تقسیم‌بندی نمود.

۳-۱-۱- سابقه فناوری

بر اساس سابقه‌ی حضور، فناوری‌ها به دو دسته‌ی فناوری‌های جدید و فناوری‌های موجود تقسیم می‌شوند. فناوری جدید به فناوری گفته می‌شود که برای اولین بار مورد استفاده قرار می‌گیرد و فناوری‌هایی که بازار آن‌ها شکل گرفته است را باید جزء فناوری‌های موجود قلمداد کرد. توجه به این نکته ضروری است که فناوری جدید لزوماً نوظهور نیست بلکه می‌تواند سالها قبل خلق شده و توسط دیگران مورد استفاده قرار گرفته باشد [۳۵].

بحث کاهش هزینه‌های خوردگی و استفاده از فناوری‌های کنترل خوردگی سال‌هاست که در کشورهای پیشرفته مورد توجه قرار گرفته و مطالعات و پژوهش‌های فراوانی در این زمینه انجام شده است. در حال حاضر نیز انجام این مطالعات در جهت



بهبود این فناوری‌ها ادامه دارد. در کشور ما نیز در چند دهه‌ی اخیر این فناوری‌ها در صنعت برق و در صنایع دیگر در جهت کنترل خوردگی و کاهش آسیب‌های ناشی از آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان گفت فناوری‌های کنترل خوردگی در دسته‌ی فناوری‌های موجود قرار دارد. البته بعضی از این فناوری‌ها در کشور قدمت بیشتری داشته و سال‌های طولانی‌تری مورد استفاده قرار گرفته‌اند و بعضی دیگر مدت زمان کمتری در جهت کاهش خوردگی به کار گرفته شده‌اند، اما با توجه به اینکه در حال حاضر این فناوری‌ها در صنعت برق یا دیگر صنایع کشورمان مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توان گفت فناوری‌های کنترل خوردگی جزء فناوری‌های موجود می‌باشند. لازم به ذکر است که با اینکه فناوری‌های کنترل خوردگی جزء فناوری‌های موجود قلمداد می‌شوند، اما زیر فناوری‌های مربوط به هر کدام از این فناوری‌ها در حال به روز شدن می‌باشد و تعدادی از این زیرفناوری‌ها در کشور موجود نمی‌باشند. برای مثال در مورد فناوری اعمال پوشش‌های محافظ، با این که این فناوری در کشور سال‌هاست که در جهت کنترل خوردگی مورد استفاده قرار گرفته است، اما با گذشت زمان پوشش‌های جدیدی برای کنترل خوردگی به کار گرفته می‌شوند که منجر به بهبود عملکرد نسبت به پوشش‌های قبلی و یا کاهش هزینه‌ها خواهد شد و این پوشش‌ها در حال حاضر در کشور ما موجود نمی‌باشد.

۳-۱-۲- پیچیدگی فناوری

فناوری‌ها از منظر پیچیدگی به دو دسته تقسیم بندی می‌شوند، فناوری‌های ساده و فناوری‌های پیشرفته. فناوری‌های پیشرفته توسط چند ویژگی شناخته می‌شوند. ویژگی اول آنها این است که معمولاً از ترکیب چند زمینه‌ی علمی پدید آمده‌اند و به همین دلیل پیچیدگی بالایی دارند [۳۵]. از این دیدگاه از آنجاییکه فناوری‌های کنترل خوردگی تنها شامل یک زمینه‌ی علمی نبوده و از ترکیب چند زمینه‌ی علمی حاصل شده‌اند می‌توان گفت که این فناوری‌ها اولین ویژگی فناوری‌های پیشرفته یا همان پیچیدگی را دارند. برای مثال در مورد فناوری اعمال پوشش در مورد قطعاتی که در معرض خوردگی قرار دارند، علاوه بر اینکه با مسئله‌ی جنس پوشش و انتخاب پوشش مناسب برای شرایط مورد نظر سرو کار داریم، با مسئله‌ی انتخاب روش مناسب برای اعمال پوشش نیز روبرو هستیم. هم چنین در مورد روش حفاظت کاتدی علم الکترونیک و علم مواد با یکدیگر در آمیخته شده‌اند که این موارد نشان دهنده‌ی این است که این فناوری‌ها از ترکیب چند زمینه‌ی علمی پدید آمده‌اند.

علم محوری از دیگر ویژگی‌های فناوری‌های پیشرفته محسوب می‌شود. بر خلاف فناوری‌های ساده، سهم دانش علمی در این فناوری‌ها از سهم دانش فنی و تجربه بیشتر است [۳۵]. از این منظر نیز فناوری‌های کنترل خوردگی بیشتر بر اساس اصول



علمی می‌باشند و مطالعات و پژوهش‌های فراوانی در مورد این فناوری‌ها انجام شده و مقالات زیادی در مورد آن‌ها به چاپ رسیده است که نشان‌دهنده‌ی سهم بالای دانش علمی در این فناوری‌ها می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که از این فناوری‌ها دومین ویژگی فناوری‌های پیشرفته که همان علم محوری می‌باشد را نیز دارا می‌باشند.

سومین ویژگی فناوری‌های پیشرفته چرخه‌ی عمر کوتاه در آنها می‌باشد. از آنجاییکه فناوری‌های پیشرفته در کسب موقعیت برتر رقابتی یا بهبود عملکرد سازمان‌ها نقش حیاتی ایفا می‌کنند، تلاش وسیعی در جهت بهبود آنها از طریق ترکیب نتایج گذشته و یا گسترش مرزهای دانش صورت می‌پذیرد. این امر باعث پدید آمدن ایده‌های جدید، تبدیل ایده‌ها به نوآوری فناورانه و خلق فناوری جدید خواهد شد. بدین ترتیب با تحولات سریع فناوری، با سرعتی بیشتر از قبل، منسوخ شدن فناوری‌ها و جایگزینی آنها با فناوری‌های پیشرفته‌ی نوظهور مشاهده خواهد شد [۳۵]. در مورد فناوری‌های کنترل خوردگی، از آنجاکه بیشتر این فناوری‌ها سال‌هاست که در کشورهای مختلف جهان و نیز در کشور ما مورد استفاده قرار می‌گیرند و در حال حاضر نیز در مرحله‌ی رشد در چرخه‌ی عمر خود قرار دارند، بنابراین چرخه‌ی عمر آنها کوتاه نبوده و این فناوری‌ها سومین ویژگی فناوری‌های پیشرفته را ندارند. البته از آنجایی که ما این فناوری‌ها را به صورت کلی مدنظر قرار داده ایم، با توجه به اینکه برای هر فناوری روش‌های متفاوت و مواد گوناگونی مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌توان گفت فرایند منسوخ شدن و جایگزینی، بیشتر در مورد روش‌ها و مواد به کار رفته در این فناوری‌ها اتفاق می‌افتد. برای مثال در فناوری اعمال پوشش، در طی سال‌های اخیر پوشش‌های جدید و روش‌های جدید اعمال پوشش، جایگزین موارد قبلی شده است.

ویژگی دیگر فناوری‌های پیشرفته هزینه‌ی بالای تحقیق و توسعه برای آن‌ها می‌باشد. فناوری‌های پیشرفته بدلیل بین رشته‌ای بودن، پیچیدگی سرمایه‌گذاری بیشتری را در مرحله ایده و نوآوری طلب می‌کنند [۳۵]. در مورد فناوری‌های کنترل خوردگی با توجه به هزینه‌های بالای تهیه‌ی تجهیزات مورد نیاز در جهت تحقیق و توسعه‌ی آن‌ها می‌توان گفت این فناوری‌ها ویژگی چهارم فناوری‌های پیشرفته را نیز دارند.

ویژگی پنجم این فناوری‌ها سهم بالای فناوری در قیمت تمام شده‌ی کالا یا خدمات می‌باشد [۳۵]. از آنجاییکه هدف از فناوری‌های کنترل خوردگی تهیه‌ی محصول نبوده و هدف کاهش هزینه‌های ناشی از خوردگی می‌باشد، از این منظر نمی‌توان این فناوری‌ها را مورد بررسی قرار داد.



با توجه به معیارهای ذکر شده و توضیحات پیرامون آنها، به طور کلی می‌توان گفت فناوری‌های کنترل خوردگی در دسته‌ی فناوری‌های پیشرفته قرار می‌گیرند.

۳-۱-۳- تناسب فناوری

فناوری مناسب به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که بیشترین سازگاری را با نیازهای شناسایی شده از یک سو و منابع موجود از سوی دیگر داشته باشند. بنابراین فناوری مناسب لزوماً فناوری پیشرفته یا نوظهور نیست [۳۵]. از آنجاییکه هدف از فناوری‌های کنترل خوردگی، کاهش هزینه‌های ناشی از خوردگی می‌باشد و با توجه به اینکه این فناوری‌ها نیاز به کنترل خوردگی را به نحو مطلوبی تامین می‌کنند بنابراین می‌توان گفت این فناوری‌ها اولین ویژگی فناوری‌های مناسب را دارند. از طرفی این فناوری‌ها در صنایع گوناگون کشورمان مورد استفاده قرار گرفته‌اند و زیرساخت‌هایی که برای استفاده از این فناوری‌ها مورد نیاز می‌باشد، برای مثال نیروی متخصص، آزمایشگاه‌های خوردگی و پوشش دهی، تجهیزات و دستگاه‌های لازم برای استفاده از فناوری‌ها و . . . در کشور موجود می‌باشد و عامل محدود کننده‌ای برای استفاده از آن‌ها در کشور ما وجود ندارد. بنابراین می‌توان گفت این فناوری‌ها جزء فناوری‌های مناسب می‌باشند. البته با توجه به اینکه زیر فناوری‌های مربوط به هر کدام از این فناوری‌ها در حال توسعه است، ممکن است برای اعمال هر کدام از آنها نیاز به دستگاه و یا تجهیزاتی خاص وجود داشته باشد، که بایستی برای استفاده از آن زیر فناوری تجهیزات موجود به روز رسانی شده و یا تجهیزات جدید تهیه گردد.

علاوه بر زیرساخت‌های ذکر شده موارد دیگری نیز به عنوان زیرساخت لازم جهت استفاده از فناوری‌های کنترل خوردگی وجود دارد که در صورت عدم وجود آن‌ها، حتی با وجود دیگر زیرساخت‌ها، این فناوری‌ها مورد استفاده قرار نخواهند گرفت. یکی از این زیرساخت‌ها، آگاهی کافی، اهتمام و توجه لازم مدیران ارشد و میانی به مقوله‌ی خوردگی و صدمات و هزینه‌های آنها می‌باشد. متأسفانه در صنعت برق کشورمان این آگاهی و توجه کافی وجود ندارد و به همین دلیل به مقوله‌ی خوردگی و صدمات بسیار عظیم ناشی از آن توجهی نمی‌شود. یکی از دلایل این موضوع، کم توجهی به استفاده‌ی بهینه از متخصصین و فارغ التحصیلان مرتبط با موضوع خوردگی در بخش‌های مختلف صنعت برق می‌باشد که منجر به ضعف دانش فنی و آگاهی ناکافی مدیران و مسئولین ذیربط گردیده است. به طوری که این موضوع باعث شده که تاکنون هیچ گونه اقدامی در جهت ایجاد بانک‌های اطلاعاتی در زمینه‌ی خوردگی و استفاده از سیستم‌های پایش و کنترل خوردگی به عمل نیاید. علاوه بر این، ساختار سازمانی و متولی مشخصی در حوزه خوردگی در صنعت برق کشورمان وجود ندارد و این مساله منجر شده است تا



موضوع خوردگی و هزینه‌های هنگفت ناشی از آن به طور جدی و نظام مند پیگیری نشود. به همین دلیل تاکنون هیچ اقدامی در جهت جمع آوری آمار و ارقام خسارات و هزینه‌های خوردگی در صنعت برق انجام نگرفته است. هم چنین بانک اطلاعاتی قوی و قابل اعتمادی از توانمندی‌ها و امکانات داخلی و خارجی در زمینه‌ی خوردگی در صنعت برق در دسترس نمی‌باشد [۱۷].

از سوی دیگر عدم اجرای تمهیدات پیشگیرانه و حفاظت از خوردگی یا اجرای ناقص آنها سبب تکرار حوادث، توقف تولید و ایجاد مشکلات فنی مشابه در تأسیسات و واحدهای عملیاتی می‌شود. هنگامی که آگاهی کافی از معضل خوردگی و خسارات جانی و مالی آن وجود نداشته باشد، طبعاً "نیاز سنجی پژوهشی و پژوهش‌های هدفمند نیز صورت نخواهد گرفت [۱۷]. علاوه بر این موارد، عوامل دیگری نیز به عنوان ضعف در صنعت برق وجود دارد که به دلیل عدم وجود آنها موضوع کنترل خوردگی و استفاده از فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق با مشکل مواجه شده و یا حتی می‌توان گفت این فناوری‌ها مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. از میان آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ضعف در دانش فنی و فناوری‌های جدید خوردگی و روش‌های کنترل و کاهش خسارات ناشی از آن،
- عدم ارتباط کافی با مراکز علمی، پژوهشی و صنعتی خارج از کشور،
- لحاظ نکردن تمهیدات لازم در فاز طراحی جهت کنترل و پایش خوردگی در طرح‌ها و پروژه‌های صنعت برق،
- عدم هماهنگی در اجرای طرح‌های جامع و چند پروژه ای و بروز آثار جانبی خطرناک و زیانبار خوردگی در زمان نصب، راه اندازی و بهره برداری از نیروگاه‌ها و سیستم‌های انتقال و توزیع برق،
- عدم وجود نیازسنجی پژوهشی در زمینه‌ی خوردگی و روش‌های پایش و کنترل آن،
- عدم اختصاص بودجه مناسب جهت انجام پژوهش‌های لازم در زمینه خوردگی و روش‌های پایش و کنترل،
- سیاست تولید محوری حاکم بر صنعت کشور و سیاست غالب "ساخت ارزان و تعمیر در آینده"،
- فعالیت کم‌رنگ و کم اثر انجمن‌ها و تشکل‌های ملی مرتبط با خوردگی،
- وجود طرز تفکرهای کوتاه مدت و زودبازده، که مغایرت کامل با راهبرد کنترل و پیشگیری از خوردگی دارد [۱۷].

۳-۱-۴- حوزه استفاده از فناوری (کاربرد)

از لحاظ حوزه‌ی کاربرد فناوری‌ها به دو دسته‌ی فناوری‌های محصول و فناوری‌های فرآیند تقسیم می‌شوند. فناوری‌های محصول عبارتند از فناوری‌هایی که در ترکیب کالا یا خدمت بکار گرفته می‌شود و فناوری‌های فرآیند، فناوری‌هایی هستند که در فرآیند تولید یک محصول یا خدمت بکار برده می‌شوند [۳۵].

از آنجاییکه هدف از فناوری‌های کنترل خوردگی تولید محصول نبوده و تمامی این فناوری‌ها روشی برای کاهش آسیب‌های ناشی از خوردگی می‌باشد، بنابراین می‌توان گفت فناوری‌های کنترل خوردگی در دسته‌ی فناوری‌های فرآیند جای می‌گیرند.

۳-۲- چرخه‌ی عمر

اهمیت فناوری و مدیریت آن در دهه‌های اخیر نسبت به گذشته افزایش یافته است. اقتصاد دانش محور به عنوان رویکردی نوین در تولید ثروت، اقتصادی است که در آن نقش دانش بیش از سایر مؤلفه‌های تولیدی همچون سرمایه فیزیکی، منابع طبیعی و نیروی کار غیر ماهر دانسته می‌شود. به این ترتیب تولید و به کارگیری دانش، بخش غالب خلق ثروت را در سال‌های اخیر بر عهده داشته اند. یکی از مهم‌ترین موضوعات مرتبط با فناوری و مدیریت آن را می‌توان در جانشینی فناوری‌های جدیدتر با قدیمی‌تر و پیدایش فناوری‌های جدید جستجو کرد. در چنین شرایطی است که مفهوم چرخه عمر فناوری اهمیت دو چندان می‌یابد [۳۷]. تغییر ویژگی‌های عملکردی فناوری و رسیدن به بلوغ فنی در طول زمان بیان کننده چرخه عمر فناوری است [۳۶]. ورود یک فناوری جدید نیازمند تغییر در سایر اجزای اقتصادی و اجتماعی می‌باشد. به همین دلیل معمولاً ظهور یک فناوری جدید با ممانعت سیستم موجود روبرو شده و در شرایطی ممکن است با شکست مواجه شود. این موضوع جذابیت جایگزینی فناوری را پایین می‌آورد. اما از آنجا که توسعه‌ی فناوری، عاملی محوری در ایجاد مزیت رقابتی است، اتکا تنها بر فناوری‌های گذشته نیز از توان رقابت پذیری می‌کاهد. بنابراین برای کاهش ریسک شکست ناشی از مقاومت و نیز دستیابی به مزیت رقابتی، لازم است تا بهینه ترین شرایط برای ورود یک فناوری برآورده شود. معمولاً مراحل چرخه عمر بین ۴ تا ۶ مرحله تقسیم بندی می‌شود که مهمترین این مراحل (مورد توافق غالب نویسندگان)، عبارتند از: معرفی، رشد، بلوغ و زوال [۳۵].

در مرحله‌ی معرفی، محصول فناوری وارد بازار شده است، منتهی بهره‌گیری از فناوری رشد بسیار کندی دارد؛ به همین دلیل به آن دوره‌ی جنینی نیز می‌گویند. فناوری در این مرحله بسیار متغیر و نامشخص (تثبیت نشده) است که به تبع آن تنوع در



محصول بالا است. هر چند فناوری در این دوره دارای مشتری است، ولی هنوز مصرف‌کنندگان، آن را به طور کامل نشناخته‌اند و فناوری نیز مصرف‌کنندگان خود را نشناخته است؛ به همین دلیل، در این مرحله شرکت‌های بزرگ انگیزه و رغبتی برای سرمایه‌گذاری در فناوری ندارند. بنابراین تعداد شرکت‌های کوچک در این مرحله بیشتر است که به واسطه‌ی عدم توانایی مالی بالای آنها، ظرفیت تولید پایین است و در نتیجه‌ی آن، محصول به تولید انبوه نمی‌رسد. در این مرحله ریسک سرمایه‌گذاری بسیار بالا و در عوض قیمت‌ها و سود آن نیز بالا است [۳۸].

در مرحله‌ی رشد، روند استفاده و بهره‌برداری از فناوری به سرعت افزایش می‌یابد. با معرفی بیشتر و تثبیت نسبی موقعیت محصول در بازار و آشنا شدن مصرف‌کنندگان با آن، رقابت برای افزایش تولید و کاهش قیمت بالا می‌گیرد. بدین ترتیب، تولید انبوه در این مرحله آغاز می‌شود. این تلاش‌ها که در جهت کاهش قیمت‌ها و تولید انبوه محصولات صورت می‌پذیرد، منجر به تحولات بنیادی در فرآیندهای تولید می‌شود. تحقق مرحله‌ی رشد یعنی تولید در مقیاس انبوه، مستلزم وجود منابع قابل ملاحظه‌ی مالی، تحقیقاتی، توسعه‌ای، مهندسی، مدیریتی و بازاریابی است [۳۸].

از آنجایی که فناوری در قالب محصول، خدمات و یا فرآیند جلوه می‌نماید، رشد آن تا حدودی دوام دارد و بالاخره بازار اشباع می‌شود که در این زمان، فناوری وارد مرحله‌ی بلوغ شده است. در طی این مرحله، تغییرات عمده‌ای در فناوری رخ نمی‌دهد، نوآوری به شدت کاهش می‌یابد و عمدتاً به بهینه‌سازی سیستم محدود می‌شود (نوآوری غالباً اقتصادی). در این دوره، به دلیل بلوغ صنعت و تکنولوژی، بازار به بیشترین حد گسترش می‌یابد و رقابت در کاهش قیمت تشدید می‌شود [۳۸].

طول دوره‌ی اشباع با توجه به ماهیت فناوری بسیار متغیر بوده و ممکن است از چند ماه تا چند دهه به طول بیانجامد، اما از زمانی که فناوری‌های جایگزین پا به عرصه‌ی ظهور می‌گذارند، مرحله‌ی افول فناوری قدیمی‌تر شروع می‌شود. از دست رفتن بازار فروش و کاهش شدید قیمت‌ها در این مرحله، شرکت‌های کشورهای توسعه‌یافته را مجبور می‌کند که فناوری را به کشورهای کمتر توسعه‌یافته که هزینه‌های تولید در آنجا کمتر است انتقال دهند؛ زیرا کاهش قیمت محصول در این مرحله تا حدی است که تولید آن دیگر اقتصادی نیست. زمانی که یک فناوری به محدودیت طبیعی خودش برسد، جایی برای بهبود نداشته و به سمت زوال و جایگزینی با فناوری‌های دیگر حرکت می‌کند. بنابراین لازم است تا فناوری‌هایی برای توسعه انتخاب شوند که در مرحله زوال خود قرار نداشته باشند. برنامه ریزی برای توسعه‌ی فناوری‌های موجود در مرحله‌ی زوال منجر به هدررفت سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته و از دست دادن رقابت پذیری می‌گردد [۳۸].



با بررسی میزان تولید و تقاضای بازار تجهیزات به کار رفته در فناوری‌های کنترل خوردگی می‌توان به بررسی چرخه‌ی عمر آنها پرداخت. پس از بررسی کاربرد فناوری‌های کنترل خوردگی در جهان مشاهده می‌شود که تجهیزات مورد استفاده در این فناوری‌ها در اکثر کشورهای جهان در حال تولید بوده و میزان این تولید و نیز تقاضای بازار نیز رو به افزایش است. برای مثال میزان تقاضای بازار برای بازدارنده‌های خوردگی در جهان ۵/۲ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۲ بوده است و انتظار می‌رود که از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۹ با نرخ رشد سالانه ۴/۷ درصد افزایش یابد. از نظر حجمی نیز میزان مصرف جهانی بازدارنده‌ها در سال ۲۰۱۲، ۴۴۲۵/۹ کیلو تن بوده است که انتظار می‌رود با نرخ رشد سالانه ۴/۴ درصد افزایش یابد [۳۹]. هم‌چنین پیش‌بینی شده است که بازار پوشش‌های محافظ ضد خوردگی در طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۶ سالانه ۳/۵ درصد رشد داشته باشد [۴۰]. هم‌چنین در مورد پوشش‌های جدید TBC که برای محافظت در برابر خوردگی داغ مورد استفاده قرار می‌گیرند عنوان شده است که ایالات متحده بزرگترین مصرف‌کننده‌ی این پوشش‌ها در جهان است و هم‌چنین بزرگترین بازار رشد این پوشش‌ها با نرخ رشد سالانه ۶/۶۳ درصد از نظر حجمی تا سال ۲۰۱۹ می‌باشد [۴۱].

با در نظر گرفتن مطالب ذکر شده، با توجه به رشد تولید و تقاضای بازار برای تجهیزات مورد استفاده در فناوری‌های کنترل خوردگی مشاهده می‌شود که بر اساس معیار نوع چیرگی [۳۵]، فناوری‌های کنترل خوردگی در وضعیت چیرگی تولید به سر می‌برند. بنابراین می‌توان گفت فناوری‌های کنترل خوردگی در مرحله‌ی رشد چرخه‌ی عمر خود قرار دارند.

نتیجه‌گیری

- در بخش اول ضرورت تدوین سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران از ابعاد گوناگون، شامل بعد اجتماعی و سیاسی، بعد فنی، بعد زیست محیطی، بعد قانونی و بعد اقتصادی مورد بررسی قرار گرفت و لزوم تدوین سند و توسعه فناوری‌های مذکور توجیه شد.
- در بخش دوم ابعاد موضوع و محدوده‌ی مطالعات سند مورد بررسی قرار گرفت و نتایج زیر حاصل شد:
 - الف- سطح تحلیل ملی می‌باشد.
 - ب- افق زمانی میان مدت در نظر گرفته می‌شود.
 - ج- فناوری‌های کنترل خوردگی در حوزه‌ی علم و دانشی قرار می‌گیرند.
- در بخش سوم، مشخصه‌های فناوری‌های نوین کنترل خوردگی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج زیر حاصل شد:
 - ۱- ابعاد ماهیت:
 - الف- فناوری‌های کنترل خوردگی جزء فناوری‌های موجود در کشور می‌باشند.
 - ب- فناوری‌های کنترل خوردگی پیشرفته هستند.
 - ج- فناوری‌های کنترل خوردگی مناسب می‌باشند.
 - د- فناوری‌های کنترل خوردگی جزء فناوری‌های فرایند محسوب می‌شوند.
 - ۲- چرخه‌ی عمر: با بررسی میزان تولید و تقاضای بازار تجهیزات به کار رفته در فناوری‌های کنترل خوردگی مشخص شد که این فناوری‌ها در مرحله‌ی رشد چرخه‌ی عمر خود قرار دارند.

منابع و مراجع

۱- رحیم زمانیان، اهمیت خوردگی و لزوم ساماندهی مدیریت خوردگی در صنعت نفت، شرکت پژوهش فناوری

2- <http://elearning.roshd.ir>

3- <http://www.cloob.com>

4- daneshnameh.roshd.ir

5- www.iranpetrotech.com

6- <http://farsi.khamenei.ir>

7- facility.agri-jahad.ir

8- fa.iwpc.org

9- www.moe.gov.ir

10- www.mcls.gov.ir

11- www.leader.ir

12- <http://old.maslahat.ir>

13- mali.sbmu.ac.ir

14- www.iranculture.org

15- <http://rc.majlis.ir>

16- www.irna.ir

۱۷- سند راهبردی مدیریت خوردگی صنعت نفت، دفتر راهبری نگهداری و تعمیرات (نت) صنعت نفت، ۱۳۹۳

۱۸- علی اکبر ژام و داور رضاخانی، گزارش نهائی پروژه "تحقیق و بررسی خوردگی و روش‌های پیشگیری در کندانسورهای

نیروگاه‌های بخاری"، کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۳۷۹.

19- Corrosion costs and preventive strategies in the United States, pub. No. FHWA-RD-01-156, NACE International, 1998

20- Economic Effects on Metallic Corrosion in the United States, NBS Special Publication 511-1, SD Stock No. SN-003-003-01926-7, 1978.

21- Corrosion: Understanding the Basics, ASM International, 2000

22- E. McCafferty, Introduction to Corrosion Science, ISBN 978-1-4419-0454-6, 2010

23- M.P.H.Brongers&I.Tubens, "Chemical, petrochemical, pharmaceutical", CC Technologies laboratories Inc., Dublin, Ohio, 2006.

24- John Wiley, Uhlig's Corrosion Handbook, ISBN 978-0-470- 08032-0, 2011

25- <http://irsme.ir/>

26- <http://www.shana.ir>

27- <http://www.tradingeconomics.com>

28- <http://www.mehrnews.com>

۲۹- اسماعیل آیتی، فرامرز قدیریان و محمد رضا احدی، محاسبه هزینه های آسیب به وسایل نقلیه در تصادفات جاده ای ایران

در سال ۱۳۸۳، پژوهشنامه حمل و نقل، بهار ۱۳۸۷

30- <http://www.amar.org.ir/>

31- <http://www.cbi.ir>

۳۲- حوادث ناشی از سیستم بویلر از سال ۱۳۸۹ تا پایان شهریور ۱۳۹۳، اطلاعات آماری شرکت توانیر

33- water.treatment-processes.ir

34- alamdarnews.ir

۳۵- گزارش تدوین متدولوژی واحد تهیه اسناد راهبردی توسعه فناوری صنعت برق، موسسه پژوهشی مدیریت راهبردی انرژی

آیندگان، کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۳

۳۶- روش شناسی تدوین اسناد ملی فناوری های راهبردی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ۱۳۹۲

۳۷- امیر ناظمی، علی شمعی و روح الله قدیری، منحنی S: ابزاری سهل و ممتنع در پیش بینی فناوری، دومین کنفرانس بین

المللی و ششمین کنفرانس ملی مدیریت فناوری، ۱۳۹۱

38- it-yasuj.blogfa.com

39- www.prnewswire.com

40- www.ihs.com

41- www.pitchengine.com

فهرست مطالب

مقدمه.....	۱
۱- شناسایی حوزه های فناوریانه	۲
۱-۱- بررسی انواع خوردگی در تجهیزات به کار رفته در صنعت برق	۳
۱-۱-۱- بررسی انواع خوردگی در تجهیزات تولید برق	۳
۱-۱-۱-۱- نیروگاه های بخاری.....	۵
۱-۱-۱-۱-۱- خوردگی لوله های بویلر	۷
۱-۱-۱-۱-۲- خوردگی توربین های بخار	۱۷
۱-۱-۱-۱-۳- خوردگی کندانسورها.....	۲۰
۱-۱-۱-۱-۴- خوردگی برج های خنک کن	۳۵
۱-۱-۱-۱-۵- خوردگی تجهیزات انبار شده	۴۰
۱-۱-۱-۲- نیروگاه گازی.....	۴۰
۱-۱-۲-۱- خوردگی کمپرسور	۴۳
۱-۱-۲-۲- خوردگی محفظه ی احتراق	۴۳
۱-۱-۲-۳- خوردگی توربین گازی	۴۴
۱-۱-۳- نیروگاه آبی	۵۱
۱-۱-۳-۱- انواع خوردگی در نیروگاه آبی	۵۳
۱-۱-۳-۴- نیروگاه های تولید برق توسط منابع انرژی تجدید پذیر	۵۴
۱-۲- بررسی انواع خوردگی در تجهیزات توزیع و انتقال برق	۵۵
۱-۲-۱- هادی ها	۶۱
۱-۱-۲-۱- هادی های آلومینیومی	۶۲
۱-۲-۱-۲- هادی های فولادی	۶۳

- ۶۳-۱-۲-۱-۱-۱ سیم‌های آلومینیومی با مغز فولادی ۶۳
- ۶۳-۱-۲-۱-۱-۲ هادی‌های مسی ۶۳
- ۶۴-۱-۲-۱-۱-۱ کابل‌ها ۶۴
- ۶۶-۱-۲-۱-۱-۱ پایه‌ها (برج‌ها و دکل‌ها) ۶۶
- ۶۶-۱-۲-۲-۱-۱ پایه‌های چوبی ۶۶
- ۶۸-۱-۲-۲-۱-۱ پایه‌های بتنی ۶۸
- ۷۱-۱-۲-۲-۱-۱ پایه‌های فولادی ۷۱
- ۷۲-۱-۲-۲-۱-۱ تیرهای کامپوزیتی ۷۲
- ۷۲-۱-۲-۱-۱ مفره‌های الکتریکی ۷۲
- ۸۱-۱-۲-۱-۱-۱ یراق آلات ۸۱
- ۸۵-۲-۱-۱ روش‌های کنترل خوردگی ۸۵
- ۸۵-۱-۲-۱ طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب ۸۵
- ۸۹-۲-۲-۱ استفاده از پوشش‌های محافظ ۸۹
- ۸۹-۳-۲-۱ استفاده از افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی ۸۹
- ۹۰-۴-۲-۱ حفاظت کاتدی ۹۰
- ۹۱-۱-۴-۲-۱ مانتورینگ حفاظت کاتدی ۹۱
- ۹۱-۱-۱-۴-۲-۱ پایش سخت افزارهای سیستم حفاظت کاتدی ۹۱
- ۹۲-۲-۱-۴-۲-۱ پایش شرایط سازه ۹۲
- ۱۰۰-۵-۲-۱ مانتورینگ خوردگی، بازرسی فنی و پایش وضعیت ۱۰۰
- ۱۰۱-۱-۵-۲-۱ روش‌های مانتورینگ خوردگی ۱۰۱
- ۱۰۲-۱-۱-۵-۲-۱ بازرسی چشمی ۱۰۲
- ۱۰۲-۲-۱-۵-۲-۱ روزنه‌های نگهبانی ۱۰۲
- ۱۰۲-۳-۱-۵-۲-۱ کوپن‌های خوردگی ۱۰۲



- ۱-۲-۵-۱-۴- روش مقاومت پلاریزاسیون خطی (LPR) ۱۰۴
- ۱-۲-۵-۱-۵- روش مقاومت الکتریکی (ER) ۱۰۸
- ۱-۲-۵-۱-۶- روش جریان گالوانیکی (ZRA) ۱۱۳
- ۱-۲-۵-۱-۷- روش پتانسیل هیدروژنی ۱۱۵
- ۱-۲-۵-۱-۸- روش نويز الکتروشیمیایی ۱۱۷
- ۱-۲-۵-۱-۹- روش امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) ۱۲۰
- ۱-۲-۵-۱-۱۰- روش آنالیز میکروبیولوژیکی و شیمیایی ۱۲۱
- ۱-۲-۵-۲-۲- کاربرد روش های غیر مخرب (NDT) در دیدبانی خوردگی ۱۲۳
- ۱-۲-۵-۲-۱- روش مافوق صوت ۱۲۳
- ۱-۲-۵-۲-۲- روش رادیو گرافی ۱۲۶
- ۱-۲-۵-۲-۳- دیدبانی توسط روش رادیوگرافی نوترونی ۱۲۷
- ۱-۲-۵-۲-۴- روش جریان گردابی ۱۲۷
- ۱-۲-۵-۲-۵- دما نگاری و کاربرد امواج مادون قرمز ۱۲۷
- ۱-۲-۵-۲-۶- روش نشر صوتی ۱۲۸
- ۱-۲-۵-۲-۷- روش اشباع مغناطیسی ۱۲۸
- ۱-۲-۵-۲-۸- استفاده از PIG ۱۲۸
- ۳-۱- فناوری های کنترل خوردگی در تجهیزات مختلف صنعت برق ۱۲۸
- ۱-۳-۱- فناوری های کنترل خوردگی در نیروگاه بخاری ۱۲۹
- ۱-۱-۳-۱- فناوری های کنترل خوردگی در بویلر ۱۲۹
- ۱-۱-۳-۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب ۱۲۹
- ۳-۱-۱-۳-۱- اعمال پوشش های محافظ ۱۳۳
- ۳-۱-۱-۳-۱- استفاده از بازدارنده های خوردگی ۱۴۵

- ۱۴۷..... ۱-۳-۱-۲- فناوری های کنترل خوردگی در توربین بخار
- ۱۴۷..... ۱-۳-۱-۲-۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب
- ۱۴۸..... ۱-۳-۱-۲-۲- اعمال پوشش های محافظ
- ۱۴۸..... ۱-۳-۱-۳-۱- فناوری های کنترل خوردگی در کندانسورها
- ۱۴۹..... ۱-۳-۱-۳-۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب
- ۱۵۱..... ۱-۳-۱-۳-۲- اعمال پوشش های محافظ
- ۱۵۲..... ۱-۳-۱-۳-۳- حفاظت کاتدی
- ۱۵۵..... ۱-۳-۱-۴- استفاده از بازدارنده های خوردگی
- ۱۵۵..... ۱-۳-۱-۴- فناوری های کنترل خوردگی در برج های خنک کن
- ۱۵۶..... ۱-۳-۱-۴-۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاوم
- ۱۵۶..... ۱-۳-۱-۴-۲- استفاده از پوشش های محافظ
- ۱۵۷..... ۱-۳-۱-۴-۳- استفاده از بازدارنده های خوردگی
- ۱۵۷..... ۱-۳-۱-۴-۴- حفاظت کاتدی
- ۱۵۸..... ۱-۳-۱-۵- فناوری های کنترل خوردگی فلزات و تجهیزات فلزی انبار شده
- ۱۵۸..... ۱-۳-۱-۵-۱- اعمال پوششهای موقت سطحی
- ۱۵۹..... ۱-۳-۱-۵-۲- استفاده از بازدارنده های خوردگی
- ۱۶۱..... ۱-۳-۱-۵-۳- روشهای دیگر
- ۱۶۳..... ۱-۳-۲- فناوری های کنترل خوردگی در نیروگاه گازی
- ۱۶۳..... ۱-۳-۲-۱- فناوری های کنترل خوردگی در کمپرسور
- ۱۶۳..... ۱-۳-۲-۱-۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاوم
- ۱۶۴..... ۱-۳-۲-۲- استفاده از پوشش های محافظ
- ۱۶۵..... ۱-۳-۲-۲-۱- فناوری های کنترل خوردگی در محفظه ی احتراق
- ۱۶۵..... ۱-۳-۲-۲-۱- استفاده از آلیاژهای مقاوم

- ۱۶۶..... ۱-۳-۲-۲-۲-۲ اعمال پوشش های محافظ
- ۱۶۶..... ۱-۳-۲-۳-۳-۱ فناوری های کنترل خوردگی در توربین گازی
- ۱۶۶..... ۱-۳-۲-۳-۱-۱ طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاوم
- ۱۷۰..... ۱-۳-۲-۳-۲-۲ استفاده از پوشش های محافظ
- ۱۸۷..... ۱-۳-۳-۳-۱ فناوری های کنترل خوردگی در نیروگاه آبی
- ۱۸۸..... ۱-۳-۳-۱-۱ طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاوم
- ۱۸۸..... ۱-۳-۳-۲-۲ استفاده از پوشش های محافظ
- ۱۸۹..... ۱-۳-۴-۳-۱ - فناوری های کنترل خوردگی در تجهیزات انتقال و توزیع برق
- ۱۸۹..... ۱-۴-۳-۱-۱ طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب
- ۱۹۷..... ۱-۴-۳-۲-۲ استفاده از پوشش های محافظ
- ۱۹۷..... ۱-۴-۳-۲-۱ عوامل موثر در انتخاب پوشش
- ۲۰۲..... ۱-۴-۳-۲-۲-۲ انواع پوشش های فلزی مناسب برای تجهیزات فلزی
- ۲۰۵..... ۱-۴-۳-۲-۳-۱ انواع پوشش های آلی مناسب برای تجهیزات فلزی
- ۲۱۳..... ۱-۴-۳-۲-۴-۱ عوامل موثر در انتخاب پوشش های آلی در شرایط اتمسفری
- ۲۲۵..... ۱-۳-۵-۱ جدول فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق
- ۲۱۵..... ۲- آینده پژوهی
- ۲۱۶..... ۲-۱-۱ بررسی پروژه های علمی و تحقیقاتی انجام گرفته توسط محققین کشورهای پیشرفته
- ۲۲۴..... ۲-۱-۱-۱ طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب
- ۲۲۷..... ۲-۱-۲ پوشش های محافظ
- ۲۳۰..... ۲-۱-۳-۱ افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی
- ۲۳۳..... ۲-۱-۴-۱ حفاظت کاتدی
- ۲۳۶..... ۲-۱-۵-۱ مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی
- ۲۴۳..... ۲-۲ بررسی پروژه های پژوهشی و صنعتی انجام گرفته توسط مراکز صنعتی کشورهای پیشرفته



سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال

و توزیع)

و

ویرایش اول، آبان ۱۳۹۳

فاز ۲: هوشمندی فناوری

نتیجه گیری ۲۴۹

منابع و مراجع ۲۵۰

فهرست اشکال

- شکل ۱- نمایش شماتیک مکانیزم خوردگی ناشی از سود. ۱۰
- شکل ۲- نمایش شماتیک مکانیزم خوردگی خسارت هیدروژنی ۱۱
- شکل ۳- رفتار اکسیداسیونی ۴۵
- شکل ۴- حساسیت در برابر خوردگی بر حسب میزان کروم. ۴۸
- شکل ۵- تاثیر میزان سدیم و پتاسیم سوخت بر روی عمر قطعات داغ ۴۹
- شکل ۶- سرعت خوردگی بر حسب دما. ۴۹
- شکل ۷- اجزاء اصلی یک کابل ۶۴
- شکل ۸- سیستم حفاظت کاتدی با آند فداشونده. ۹۰
- شکل ۹- سیستم حفاظت کاتدی با جریان اعمالی ۹۱
- شکل ۱۰- طرح شماتیک روش CIPS ۹۴
- شکل ۱۱- داده های روش CIPS ۹۵
- شکل ۱۲- طرح شماتیک روش پیرسون ۹۶
- شکل ۱۳- طرح شماتیک روش DCVG ۹۷
- شکل ۱۴- شمایی از انواع پروب LPR ۱۰۷
- شکل ۱۵- ساختار درونی پروب ER ۱۰۹
- شکل ۱۶- نمایش پروب ثابت ER ۱۱۰
- شکل ۱۷- نمایش پروب جمع شدنی ER ۱۱۰
- شکل ۱۸- نمایش پروب بازیافتنی ER ۱۱۰
- شکل ۱۹- یک پروب Wire loop ۱۱۱
- شکل ۲۰- شماتیک انواع پروب ER ۱۱۲
- شکل ۲۱- یک پروب فلاش مانیت ۱۱۲



- شکل ۲۲- نمایش نمونه ای از پروب ZRA..... ۱۱۵
- شکل ۲۳- سیستم استاندارد نویز الکتروشیمیایی..... ۱۱۸
- شکل ۲۴- طرح ساده‌ای از یک پروب میکروبیولوژیک با ۵ میله‌ی نمونه‌گیری..... ۱۲۲
- شکل ۲۵- طرح ساده ای از نمایش ضربان‌ها در روش فراصوتی..... ۱۲۵
- شکل ۲۶- روش‌های پوشش‌دهی..... ۱۳۵
- شکل ۲۷- تصویر شماتیک روش روکش کاری با لیزر با تغذیه سیم..... ۱۳۸
- شکل ۲۸- مرور شماتیک فرآیند پاشش حرارتی..... ۱۳۹
- شکل ۲۹- سیستم متداول پاشش شعله ای..... ۱۴۲
- شکل ۳۰- تصویر شماتیکی از دستگاه EB-PVD..... ۱۸۳
- شکل ۳۱- دستگاه SIP..... ۱۸۳
- شکل ۳۲- بکارگیری حفاظت برای جلوگیری از آلودگی محیط اطراف سازه حین عملیات آماده‌سازی سطحی و اعمال رنگ..... ۲۲۲
- شکل ۳۳- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاوم به خوردگی در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۱
- شکل ۳۴- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی پوشش‌های محافظ در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۲
- شکل ۳۵- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی بازدارنده خوردگی در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۲
- شکل ۳۶- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی حفاظت کاتدی در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۳
- شکل ۳۷- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۳

- شکل ۳۸- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی انتخاب مواد توسط کشور چین برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۴
- شکل ۳۹- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی انتخاب مواد توسط کشور آمریکا برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۵
- شکل ۴۰- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی انتخاب مواد توسط کشور آلمان برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۵
- شکل ۴۱- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی انتخاب مواد توسط کشور فرانسه برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۶
- شکل ۴۲- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی انتخاب مواد توسط کشور ژاپن برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۶
- شکل ۴۳- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی پوشش توسط کشور چین برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۷
- شکل ۴۴- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی پوشش توسط کشور آمریکا برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۸
- شکل ۴۵- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی پوشش توسط کشور آلمان برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۸
- شکل ۴۶- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی پوشش توسط کشور ژاپن برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۹
- شکل ۴۷- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی پوشش توسط کشور فرانسه برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۲۹
- شکل ۴۸- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی بازدارنده خوردگی توسط کشور آمریکا برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۳۰



- شکل ۴۹- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی بازدارنده خوردگی توسط کشور چین برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴. ۲۳۱.....
- شکل ۵۰- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی بازدارنده خوردگی توسط کشور ژاپن برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴. ۲۳۱.....
- شکل ۵۱- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی بازدارنده خوردگی توسط کشور آلمان برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴. ۲۳۲.....
- شکل ۵۲- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی بازدارنده خوردگی توسط کشور انگلستان برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴. ۲۳۲.....
- شکل ۵۳- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی حفاظت کاتدی توسط کشور چین برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴. ۲۳۳.....
- شکل ۵۴- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی حفاظت کاتدی توسط کشور آمریکا برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴. ۲۳۴.....
- شکل ۵۵- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی حفاظت کاتدی توسط کشور فرانسه برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴. ۲۳۴.....
- شکل ۵۶- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی حفاظت کاتدی توسط کشور انگلستان برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴. ۲۳۵.....
- شکل ۵۷- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی حفاظت کاتدی توسط کشور آلمان برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴. ۲۳۵.....
- شکل ۵۸- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی توسط کشور آمریکا برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴. ۲۳۶.....
- شکل ۵۹- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی توسط کشور چین برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴. ۲۳۷.....

- شکل ۶۰- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی توسط کشور انگلستان ا برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۳۷
- شکل ۶۱- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی توسط کشور فرانسه برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۳۸
- شکل ۶۲- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی توسط کشور آلمان برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۳۸
- شکل ۶۳- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی فناوری‌های مختلف کنترل خوردگی توسط کشور آمریکا در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۳۹
- شکل ۶۴- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی فناوری‌های مختلف کنترل خوردگی توسط کشور چین در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۴۰
- شکل ۶۵- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی فناوری‌های مختلف کنترل خوردگی توسط کشور آلمان در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۴۰
- شکل ۶۶- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی فناوری‌های مختلف کنترل خوردگی توسط کشور فرانسه در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۴۱
- شکل ۶۷- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی فناوری‌های مختلف کنترل خوردگی توسط کشور انگلستان در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۴۱
- شکل ۶۸- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی فناوری‌های مختلف کنترل خوردگی توسط کشور ژاپن در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴..... ۲۴۲



فهرست جداول

- جدول ۱- سهم هریک از انواع نیروگاه‌ها از کل ظرفیت نصب شده نیروگاهی کشور ۵
- جدول ۲- ترکیبات احتمالی تولید شده در طول فرآیند احتراق به‌مراه نقطه ذوب آنها ۴۷
- جدول ۳- مزایا و محدودیت های روش LPR ۱۰۷
- جدول ۴- مزایا و محدودیت های روش ER ۱۱۳
- جدول ۵- مزایا و محدودیت های روش ZRA ۱۱۵
- جدول ۶- مزایا و محدودیت های روش پتانسیل هیدروژنی ۱۱۶
- جدول ۷- مزایا و محدودیت های روش نوین الکتروشیمیایی ۱۱۹
- جدول ۸- مزایا و محدودیت های روش امیدانس الکتروشیمیایی ۱۲۱
- جدول ۹- مزایا و محدودیت های روش آنالیز میکروبیولوژی و شیمیایی ۱۲۳
- جدول ۱۰- فولادهای مورد استفاده در لوله های بویلر ۱۳۱
- جدول ۱۱- حد مجاز ترکیبات آلی فرار برای سیستم‌های رنگ مختلف ۲۲۰
- جدول ۱۲- پوشش‌های محافظ توصیه شده برای شرایط محیطی گوناگون ۲۲۴
- جدول ۱۳- فناوری های کنترل خوردگی در بخش های مختلف صنعت برق ۲۱۴
- جدول ۱۴- تعداد مقالات چاپ شده توسط کشورهای منتخب در طی ۱۵ سال اخیر در زمینه ی طراحی، ساخت و انتخاب مواد ۲۱۷
- جدول ۱۵- تعداد مقالات چاپ شده توسط کشورهای منتخب در طی ۱۵ سال اخیر در زمینه ی پوشش های محافظ ۲۱۸
- جدول ۱۶- تعداد مقالات چاپ شده توسط کشورهای منتخب در طی ۱۵ سال اخیر در زمینه ی بازدارنده ها ۲۱۹
- جدول ۱۷- تعداد مقالات چاپ شده توسط کشورهای منتخب در طی ۱۵ سال اخیر در زمینه ی حفاظت کاتدی ۲۲۰
- جدول ۱۸- تعداد مقالات چاپ شده توسط کشورهای منتخب در طی ۱۵ سال اخیر در زمینه ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی ۲۲۰



جدول ۱۹- لیست پژوهشگاه‌های برق بررسی شده در این تحقیق ۲۴۳

جدول ۲۰- لیست مراکز خوردگی بررسی شده در این تحقیق ۲۴۳

جدول ۲۱- لیست انجمن‌های خوردگی بررسی شده در این تحقیق ۲۴۴

مقدمه

یکی از مهمترین عوامل تخریب تجهیزات صنعتی، پدیده خوردگی است که به عنوان یکی از زیانبارترین آفت های صنایع مطرح می گردد. یکی از صنایع مهمی که با پدیده خوردگی و خسارت های ناشی از آن مواجه است صنعت برق می باشد که به عنوان صنعت زیربنایی و مادر نقش مهمی در توسعه اقتصادی و رفاه جامعه دارد.

توجه جدی به پدیده خوردگی و به کارگیری راه حل های علمی و منطقی جهت کاهش خسارات مالی و جانی ناشی از آن، نیازمند رویکردی برنامه محور و نگاهی راهبردی به موضوع است. در همین راستا پروژه ای حاضر با هدف تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) تعریف شده است تا با شناسایی فناوری های نوین در زمینه کنترل خوردگی و برنامه ریزی دقیق، به توسعه این فناوری ها در صنعت برق کشور پردازد.

این گزارش شامل شناسایی حوزه های فناوری های نوین کنترل خوردگی و آینده پژوهی فناوری های مذکور می باشد. در بخش اول حوزه های مختلف فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق مورد شناسایی قرار گرفتند. در این بخش ابتدا به جمع آوری اطلاعات در زمینه انواع خوردگی در تجهیزات به کار رفته در حوزه های مختلف صنعت برق (تولید، انتقال و توزیع) پرداخته شده و سپس فناوری های کنترل خوردگی در این تجهیزات شناسایی شدند. در بخش دوم مطالعات آینده پژوهی بر روی فناوری های مختلف کنترل خوردگی انجام گرفت. به منظور بررسی روند استفاده و توسعه فناوری های کنترل خوردگی در کشورهای پیشرفته، مقالات به چاپ رسیده توسط محققین این کشورها و نیز پروژه های انجام گرفته در مراکز صنعتی و تحقیقاتی بزرگ در زمینه خوردگی در دنیا مورد بررسی قرار گرفته است.

۱- شناسایی حوزه های فناوریانه

مهم ترین نیاز تصمیم‌گیران فناوری، داشتن آگاهی کافی و بروز برای انجام تصمیم‌گیری‌های صحیح و به موقع در موضوعات فناوریانه می‌باشد. سیاست‌گذاران فناوری همواره با مسئله‌ی تصمیم‌گیری و انتخاب مواجه هستند. سه عامل مهم در تصمیم‌گیری، دقت، زمان و هزینه می‌باشند که اغلب در جهت عکس یکدیگر قرار دارند. به عبارت دیگر تصمیم‌گیرنده باید قادر باشد که به منظور کسب بهترین نتیجه، مابین زمان، هزینه و دقت تعامل لازم را برقرار کند. پیشرفت علوم ارتباطی و اطلاعاتی یکی از رویدادهای عصر حاضر می‌باشد که تاثیر چشمگیری بر این سه عامل در تصمیم‌گیری گذاشته است. از جمله پیامدهای این پدیده افزایش رشد علم و فناوری و در نتیجه کاهش چرخه عمر فناوری می‌باشد که این موضوع باعث پررنگ تر شدن نقش عامل زمان در تصمیم‌گیری‌ها می‌گردد. از طرف دیگر این پیشرفت، امکان دستیابی به حجم وسیعی از اطلاعات را در مقابل تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد که عدم توانایی تصمیم‌گیرنده در پردازش و تحلیل این داده‌ها، باعث کاهش دقت و سردرگمی آن خواهد شد. بنابراین پیشرفت سریع بشر در علم و فناوری، باعث کاهش چرخه عمر فناوری، افزایش عدم قطعیت و خطرپذیری در تصمیم‌گیری و در دسترس قرار گرفتن حجم گسترده‌ای از داده‌ها گردیده است که به تنهایی و از روشهای سنتی قابل پردازش و تحلیل نمی‌باشند. عواملی از این دست، لزوم وجود نظامی ساختارمند برای افزایش قدرت تصمیم‌گیری سازمان را نشان می‌دهد. چنین نظامی در چند سال اخیر تحت عناوین مختلفی در ادبیات از جمله هوشمندی فناوری معرفی شده است. پیاده‌سازی و استقرار این نظام باعث افزایش قدرت تصمیم‌گیری صحیح و به موقع در حوزه‌های فناوریانه خواهد گردید [۱].

در مورد صنعت برق، فناوری محور بودن و ضرورت توجه به فرایند اثربخش مدیریت فناوری در آن از یک سو و سرعت بالای تغییر و تحولات در محیط فناوریانه از سوی دیگر، توانایی برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در این حوزه را بدون درک شایسته از موقعیت حال و آینده‌ی فناوری تا حدود زیادی ناممکن ساخته است. این موارد در نهایت لزوم بهره‌گیری از هوشمندی فناوری در صنعت برق را تبیین می‌نماید. هوشمندی فناوری شامل شناسایی و جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و به کارگیری مناسب ترین اطلاعات در زمینه توسعه‌ی فناوری و تغییر و تحولات و روندها و رویدادهای محیط فناوریانه است.

شناسایی تکنولوژی به عنوان یکی از فعالیت‌های اساسی و اولیه در مدیریت تکنولوژی مطرح می‌باشد. روش‌های مختلفی برای شناسایی تکنولوژی وجود دارد که یکی از این روش‌ها، روش نگاشت فناوری می‌باشد. نگاشت فناوری معمولاً در برنامه ریزی فناوری در سطح ملی و برای یک بخش یا حوزه فناوری یا صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نگاشت به صورت متنی یا گرافیکی به تعیین ارتباطات در میان فناوری‌ها کمک می‌کند. ترسیم نگاشت، یک راه ایده آل برای نمایش گرافیکی یا متنی از اجزاء، پی‌کرندی و ارتباطات بین اجزاء دانش مورد نظر بوده و موجب فهم دقیقی از موضوع، حتی برای افراد ناآشنا، می‌شود. در یک تعریف ساده عموماً یک نگاشت، شامل تعدادی گره و خط می‌باشد. هر گره می‌تواند بیانگر یک موضوع، مفهوم، فناوری، کاربرد یا هرگونه اطلاعات دیگر بوده و خطوط بین گره‌ها، ارتباط بین آنها را نشان می‌دهد [۲].

در این بخش برای شناسایی و جمع‌آوری اطلاعات، ابتدا به بررسی انواع تجهیزات به کار رفته در بخش‌های گوناگون صنعت برق و انواع آسیب‌های ناشی از خوردگی که در آنها می‌تواند اتفاق افتد و سپس روش‌های کنترل خوردگی در این تجهیزات پرداخته خواهد شد تا با استفاده از نتایج حاصل، فناوری‌های کنترل خوردگی مورد شناسایی قرار گیرند. به طور کلی موضوع کنترل خوردگی در صنعت برق را می‌توان در سه بخش تولید، انتقال و توزیع برق مورد بررسی قرار داد. در ادامه به بررسی هر یک از این بخش‌ها پرداخته خواهد شد.

۱-۱- بررسی انواع خوردگی در تجهیزات به کار رفته در صنعت برق

پدیده‌ی خوردگی یکی از مهم‌ترین عوامل تخریب تجهیزات، به خصوص تجهیزات صنعتی می‌باشد. یکی از صنایع مهمی که با این پدیده‌ی مخرب مواجه است، صنعت برق می‌باشد. پدیده‌ی خوردگی در تجهیزات به کار رفته در هر سه بخش تولید، انتقال و توزیع برق اتفاق می‌افتد. در این بخش به بررسی انواع خوردگی در این تجهیزات پرداخته می‌شود.

۱-۱-۱- بررسی انواع خوردگی در تجهیزات تولید برق

برای تولید انرژی الکتریسیته از نیروگاه‌های تولید برق استفاده می‌شود. انواع نیروگاه‌هایی که در سطح جهان به امر تولید

برق اشتغال دارند عبارتند از:

۱- نیروگاه‌های بخاری

۲- نیروگاه‌های گازی

۳- نیروگاه‌های سیکل ترکیبی

۴- نیروگاه‌های آبی

۵- نیروگاه‌های اتمی

۶- نیروگاه‌های خورشیدی

۷- نیروگاه‌های بادی

۸- نیروگاه‌های پمپ ذخیره ای

۹- نیروگاه‌های جذر و مدی دریا

۱۰- نیروگاه‌های زمین گرمایی (ژئوترمال)

۱۱- نیروگاه‌های موجی (موج دریا)

۱۲- نیروگاه‌های دیزلی

۱۳- نیروگاه‌های مگینتوهیدرودینامیک MHD

۱۴- نیروگاه‌های بیوماس

۱۵- سایر منابع تولید برق

به طوری که از نام این نیروگاه‌ها برمی‌آید هریک از آنها برای تولید برق، فناوری ویژه ای دارند. در حال حاضر انواع نیروگاه‌هایی که در کشور ما، ایران، در دست بهره برداری قرار دارند عبارتند از: نیروگاه‌های بخاری، نیروگاه‌های گازی، نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، نیروگاه‌های آبی، نیروگاه‌های دیزلی، نیروگاه‌های بادی، نیروگاه‌های خورشیدی و نیروگاه‌های اتمی [۳].

بر اساس آمار ارائه شده از سوی شرکت مدیریت شبکه برق ایران، کل ظرفیت نصب شده نیروگاهی کشور تا تاریخ سی ام خرداد ۹۳ بالغ بر ۷۱۳۸۰ مگاوات بوده است که نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی به ترتیب با ۳۵/۴۶ و ۲۴/۵۵ درصد از کل این ظرفیت بیشترین سهم و نیروگاه‌های انرژی نو با ۰/۳۱ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاهی کشور، کمترین سهم را به خود اختصاص داده اند [۴]. سهم هریک از انواع نیروگاه‌ها از کل ظرفیت نصب شده نیروگاهی کشور در جدول ۱ آورده شده است.

با توجه به جدول مشاهده می شود که نیروگاه های بخاری، گازی، سیکل ترکیبی و آبی ۹۶/۸۵ درصد از کل ظرفیت نصب شده نیروگاهی کشور را به خود اختصاص می دهند. بنابراین با توجه به نقش کلیدی این نیروگاه ها در تولید برق کشور، اهمیت بررسی آنها نسبت به سایر نیروگاه ها کاملا مشهود می باشد. بنابراین در بررسی انواع خوردگی در تجهیزات مختلف نیروگاه ها، به بررسی انواع مکانیزم های خوردگی و روش های کنترل آن ها در تجهیزات به کار رفته در این نیروگاه ها می پردازیم.

جدول ۱- سهم هریک از انواع نیروگاه ها از کل ظرفیت نصب شده نیروگاهی کشور [۴]

واحد	سهم(درصد)	میزان	ظرفیت نصب شده نیروگاهی
مگاوات	۲۲/۱۸	۱۵۸۲۹	بخاری
	۳۵/۴۶	۲۵۳۰۸	گازی
	۲۴/۵۵	۱۷۵۲۵	سیکل ترکیبی
	۱۴/۶۶	۱۰۴۶۶	آبی
	۱/۴۳	۱۰۲۰	اتمی
	۰/۸۰	۵۷۳	تولید پراکنده
	۰/۳۱	۲۱۹	انرژی های نو
	۰/۶۲	۴۴۰	دیزلی
	۱۰۰	۷۱۳۸۰	کل ظرفیت نصب شده

۱-۱-۱-۱- نیروگاه های بخاری

در این نوع نیروگاه ها که عموماً دارای ظرفیت تولید برق بالایی می باشند، از سوخت مازوت و یا گاز طبیعی برای تولید بخار توسط بویلر جهت به حرکت درآوردن پره های توربین و روتور ژنراتور استفاده شده و در نهایت موجب تولید برق می گردد. سیستم خنک کننده خشک و تر جهت خنک کردن آب حاصل از چگالش بخار خروجی از توربین بخار در نیروگاه های بخاری استفاده می گردد [۵].

نیروگاه های بخاری به منظور تأمین انرژی الکتریکی به سه نوع تبدیل انرژی نیاز دارند:

۱- انرژی شیمیایی موجود در سوخت های فسیلی به انرژی حرارتی تبدیل می شود و توسط حرارت تولید شده آب مایع به بخار تبدیل می گردد. این کار در دیگ بخار انجام می شود.

۲- تبدیل انرژی حرارتی بخار به انرژی مکانیکی، این کار توسط توربین انجام می‌شود.

۳- تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی، این کار توسط ژنراتور انجام می‌شود [۵].

تجهیزات گوناگون این نیروگاه‌ها، هر یک با توجه به شرایط کاری خود در معرض انواع مختلف آسیب‌های ناشی از خوردگی قرار می‌گیرند. با توجه به این تجهیزات و نوع خوردگی‌هایی که در آنها اتفاق می‌افتد، می‌توان دسته بندی زیر را به کار برد:

- خوردگی لوله های بویلر که شامل خوردگی های سمت آب/ بخار و سمت احتراق (آتش) می‌شود.

- خوردگی توربین های بخار

- خوردگی کندانسورها و اجزاء سیگل چگالنده

- خوردگی برج های خنک کن

- خوردگی تجهیزات انبار شده [۶]

همچنین در مسیر لوله های خروجی نیروگاه های بخاری خوردگی بوجود می‌آید. خوردگی هیترها و مبدل های حرارتی نیز در بخش خوردگی لوله های بویلر مورد بررسی قرار گرفته است.

از طرفی تجهیزات اصلی و کمکی نیروگاه‌های حرارتی نه تنها در زمان بهره برداری بلکه در مدت توقف نیز تحت تأثیر عوامل خوردنده قرار گرفته و آسیب می‌بینند. این توقفها از یک روز تا چند ماه متغیر است. وقتی که بویلرها تحت تعمیرات اساسی و جاری قرار دارند و یا در حالت سرد یا گرم هستند، دمای فلز به طرز مشهودی کاهش می‌یابد و تأثیر عوامل خوردگی تغییر می‌کند. مثلاً اگر در مسیر لوله بخار و در شرایط معمولی بهره‌برداری، سطوح فلز با بخار تماس پیدا کند و تحت خوردگی عوامل گازی قرار گیرد، در زمان تعمیرات دوره‌ای و اساسی که بعضی از تجهیزات باز شده و بازدید قسمتهای مختلف انجام می‌شود سطوح داخلی دستگاهها با اکسیژن تماس پیدا می‌کنند و باعث صدمه دیدن آب بندی آنها می‌شود و در مواقعی که تخلیه تجهیزات از آب نیز صورت می‌گیرد، خشک کردن سطوح داخلی چنین سیستمهای پیچیده و گسترده لوله‌ها (مسیر آب و بخار) عملاً غیر ممکن است. هنگام توقف واحد، روند خنک کردن تجهیزات معمولاً همراه با کندانسه شدن بخار باقی مانده، انجام می‌شود که در نتیجه سطوح داخلی فلز و از جمله لوله‌های مسیر بخار از لایه‌ای رطوبت پوشیده می‌شود. همچنین نقاطی وجود دارد که امکان تخلیه آب آنها نیست مانند خمیدگی تحتانی لوله‌های ماریپیچی و قسمت فوقانی سوپرهیترها. اکسیژن هوا

از طریق رطوبت، پراکنده شده و ضمن ایفای نقش پلاریزاتور کاتدیک، عملکرد واکنش خوردگی بر روی سطوح فلزی را آسان می‌کند که در نتیجه آن، امکان به جریان افتادن روند خوردگی الکتروشیمیایی حاصل می‌شود. سطوح تمیز فولادهای کربنی یا کم عیار، اغلب به طور یکسان خورده می‌شود. زمانی که سطوح این نوع فولادها آلوده به رسوبات است، خوردگی به صورت موضعی با ایجاد حفره جریان می‌یابد. فرآورده‌های ثانویه حاصل از خوردگی در حال توقف، مرکب از اکسیدهای آهن نظیر Fe_2O_3 و $Fe(OH)_3$, Fe_3O_4 است که در موقع کار بعدی تجهیزات در آب فاقد اکسیژن محلول ممکن است نقش دیپلاریزاتور داشته باشند و خوردگی موضعی را تشدید کنند. تخریب موضعی فلز نیز خود از مراکز تراکم تنش‌های مکانیکی است، در موقع راه اندازی نیز تراکم فرآورده‌های خوردگی در آب تغذیه بویلر موجب صدماتی به قسمت توربین می‌شود. لذا در زمان توقف باید از روش‌های مناسب حفاظت و نگهداری، استفاده کرد. از روش‌های مطمئن حفاظت و نگهداری توربین استفاده از گاز ازت و هوای گرم و مواد جاذب رطوبت است تا از کندانه شدن بخار بر روی پره‌های توربین و روندهای خوردگی الکتروشیمیایی جلوگیری شود. هر یک از روش‌های گفته شده دارای دستورالعمل‌های خاص خود است. از جمله مواد مانع شونده که برای حفاظت و نگهداری واحدهای مولد بخار که برای مدت نامعلومی متوقف و سریعاً راه‌اندازی می‌شوند بکار می‌رود و نیازی به تخلیه مولد بخار از این مواد نیست، مخلوط آمونیاک و هیدرازین هیدرات است [۷].

در ادامه به بررسی خوردگی در بخش‌های مختلف نیروگاه بخاری پرداخته خواهد شد.

۱-۱-۱-۱-۱ خوردگی لوله‌های بویلر

بطور کلی یک بویلر شامل قسمتهای زیر است [۸]:

- کوره: محفظه‌ی احتراق و مشعلها
- واتروالها: لوله‌هایی که قسمت اصلی بویلر هستند و در آنها در اثر گرم شدن آب، بخار بوجود می‌آید.
- سوپرهیترها: توسط آنها، بخار تولید شده تا دمای مورد نظر داغ و منتقل می‌شود.
- درام: برای ذخیره‌ی آب و بخار و جدایش آن دو استفاده می‌گردد.
- اکونومایزر: عمل گرم کردن آب تغذیه بویلر بعد از اینکه آب وارد درام شود را بعهدده دارد.
- ری هیترها: عمل گرم کردن مجدد بخار را بعهدده دارند.

اساس کار بویلرها به این صورت است که در ابتدا آب تغذیه وارد مخزن استوانه ای شکلی به نام درام شده و پس از عبور از لوله های پایین آورنده وارد لوله های واتروال می شود. سوخت با هوای پیشگرم شده در کوره می سوزد و گازهای حاصل از احتراق با حرکت در سرتاسر کوره، آب داخل لوله های واتروال را به بخار تبدیل می کنند. مخلوط آب و بخار وارد همان مخزن استوانه ای یعنی درام شده و توسط تجهیزات خاصی در این مخزن بخارها جدا می شوند. سپس آنها مجدداً مسیر فوق را ادامه می دهند و بخارها پس از خروج از درام، وارد لوله های سوپرهیتر شده که این لوله ها در معرض حرارت ناشی از دود بویلر قرار دارند، بنابراین به درجه حرارت بخار داخل آنها افزوده می شود. در نهایت این بخار به صورت بخار خشک از این لوله ها خارج شده و به سمت توربین هدایت می گردند و سیکل کامل می شود [۹].

خسارات وارده بر لوله های بویلر معمولاً در لوله های واتروال، سوپرهیتر، ری هیتر و اکونومایزر می باشد. بر طبق گزارشات بدست آمده، حدود ۴٪ از تلفات سالیانه در نیروگاه های بزرگ فسیلی، مربوط به خسارات لوله های بویلر می باشد و بیش از ۸۰٪ خسارات وارده بر لوله های بویلر منجر به توقف کار بویلر می شود. حدود ۴۰٪ عیوب لوله در واتروال، حدود ۳۰٪ در سوپرهیتر ها، ۱۵٪ در ری هیتر، ۱۰٪ در اکونومایزر و ۵٪ در لوله های مشعل سیکلون اتفاق می افتد. محیط خورنده ی شدید در ارتباط با لوله های موجود در بویلرهای با سوخت فسیلی، دلیل اصلی برای خسارات وارده بر لوله ها می باشد. خوردگی توسط اکسیداسیون، محصولات احتراق و همچنین آب غیر خالص بویلر می تواند بطور قابل توجهی ضخامت لوله های بویلر را کاهش داده و موجب معیوب شدن لوله در مدت بسیار کمتری نسبت به عمر قابل انتظار شود. خوردگی در بویلرها در دو سمت آب/بخار و سمت آتش اتفاق می افتد [۸].

الف- خوردگی سمت آب/بخار در لوله های بویلر [۸]

هزینه ی ناشی از خوردگی در سمت آب و بخار در بویلر، بالا بوده و حدود ۳/۵ میلیون دلار در هر سال می باشد. تقریباً نیمی از دلایل توقف اضطراری نیروگاه، خوردگی ناشی از سمت آب می باشد. رسوبات آلاینده در اغلب موارد موجب کاهش راندمان و همچنین وقوع خوردگی بر روی لوله های بویلر مخصوصاً در واتروالها و اکونومایزرها می شود.

رسوبات سمت آب، اغلب در اثر انباشتگی محصولات خوردگی منتقل شده از قسمتهای مختلف تشکیل می شود. این رسوبات معمولاً متخلخل هستند و به همین دلیل ناخالصیهای خورنده نظیر سود، کلریدها و سولفاتهای اسیدی در آن گیر می افتند. خسارات لوله‌ی بویلر در این نوع معمولاً از لوله های محتوی بخار شروع شده و اغلب بدلیل آلودگی آلاینده ها در داخل بخار می باشد. کلریدها، سولفاتها و سود معمولترین آلاینده ها هستند. البته رشد لایه Fe_3O_4 در سطح داخلی لوله نیز می تواند عامل دوم خسارت لوله باشد. اگر رشد این لایه زیاد باشد می تواند بعنوان یک لایه سد حرارتی عمل کند و موجب افزایش دما و در نتیجه خسارت اورهیت شدن را بوجود آورد.

کنترل ترکیب شیمیایی آب از فاکتورهای مهم در جلوگیری از خوردگی در جداره ی داخلی لوله بوده و روی عمر مفید فولادهای مورد استفاده در لوله ها تأثیر می گذارد. انواع مکانیزمهای زوال ناشی از خوردگی سمت آب/بخار عبارتند از:

- خوردگی ناشی از سود

- آسیب هیدروژنی

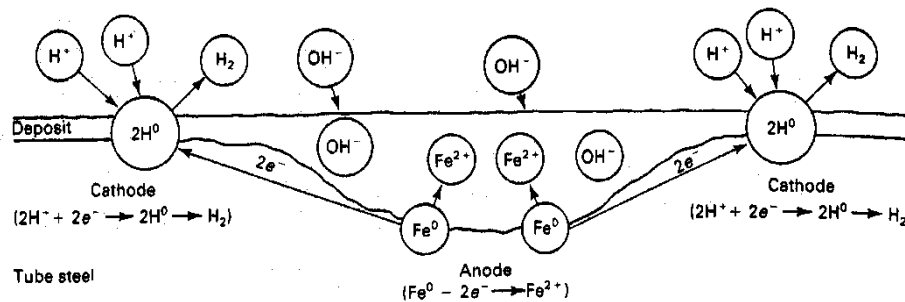
- حفره ای شدن

- خوردگی تنشی

- خوردگی - خستگی

- خوردگی ناشی از سود

این نوع خوردگی معمولاً در بویلرهایی که در آنها مداوای فسفاتی صورت می گیرد، در نقاطی که رسوب تشکیل شده است، ایجاد می گردد. در اثر رسوب محصولات خوردگی ناشی از آب تغذیه که در آن NaOH می تواند pH را به مقادیر بالا افزایش دهد، خوردگی اتفاق می افتد. در pH بالا، لایه‌ی محافظ Fe_3O_4 حل شده و خوردگی سریع اتفاق می افتد. خوردگی ناشی از سود توسط رسوب انتخابی محصولات خوردگی و NaOH در محل هایی که انتقال حرارت زیاد است رخ می دهد. چون رسوبات تشکیل شده متخلخل هستند، آب بویلر به داخل آن نفوذ کرده و یک لایه بین رسوب و فلز تشکیل می دهد و چون سود تنها ماده‌ی آب بویلر است که متبلور نمی شود، لذا غلظت سود از ۱۰۰ ppm در حجم آب به بیش از ۲۰۰۰۰۰ ppm در مجاورت سطح لوله می رسد.



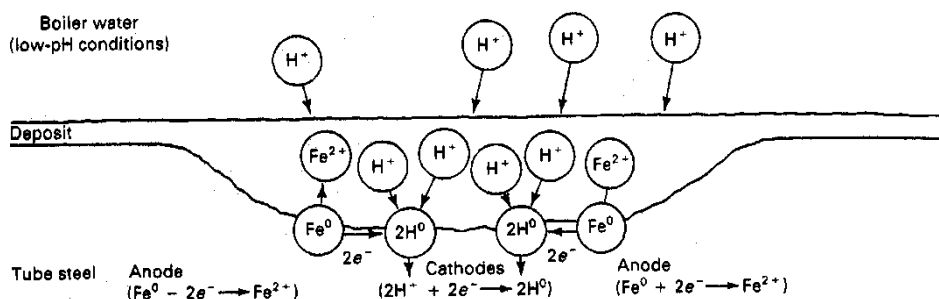
شکل ۱- نمایش شماتیک مکانیزم خوردگی ناشی از سود. ازدیاد یونهای OH^- در رسوب باعث تولید گاز هیدروژن در آب بویلر می‌گردد [۸].

غلظت یونهای هیدروژن (OH^-) در لایه‌ی رسوب افزایش یافته بطوریکه غلظت یون هیدروژن (H^+) به بالاترین حد خود در آب بویلر می‌رسد. این نوع خوردگی منتج به نازک شدن دیواره‌ی لوله در سمت آب گردیده و زوال‌هایی را در لوله‌ها ایجاد می‌نماید. ماهیت الکتروشیمیایی خسارت در شکل ۱ نشان داده شده است.

روش‌های کنترل خوردگی ناشی از سود: حساسیت بویلرهای پرفشار به این نوع خسارت را می‌توان با به حداقل رساندن ورود مواد رسوب دهنده و با انجام عمل متناوب جدایش رسوبات در سمت آب بوسیله‌ی مواد شیمیایی تمیز کننده به حداقل رساند. به همین دلیل بازرسی و کنترل شیمی آب جهت جلوگیری از افزایش مقدار سود لازم می‌باشد.

- آسیب هیدروژنی

این نوع خوردگی از سال ۱۹۶۰ در نیروگاه‌ها مخصوصاً در سیستم‌های فشار بالا و خلوص بالا مشاهده شده است. آسیب هیدروژنی بدلیل عملکرد بویلر با آبی که دارای pH پایین است و همچنین وجود آلاینده‌ها در داخل رسوب تشکیل شده بر روی دیواره‌ی داخلی لوله ایجاد می‌شود. این خسارت در اثر تولید هیدروژن در حین خوردگی سریع سطح داخلی لوله ایجاد می‌گردد. زمانیکه pH آب بویلر در شرایط اعمال شده کاهش می‌یابد، خوردگی فولاد و تصاعد هیدروژن پیش می‌آید. اگر این واکنش زیر رسوبات سخت و چسبنده و غیر متخلخل انجام گیرد، هیدروژن به داخل فولاد نفوذ کرده و هم‌چنین غلظت آن در زیر رسوبات نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۲- نمایش شماتیک مکانیزم خوردگی خسارت هیدروژنی. pH پایین (اسیدی بودن) آب بویلر می‌تواند موجب افزایش غلظت H^+ در رسوب شده و تولید اتمهای هیدروژن می‌گردد که این اتمها وارد فلز می‌شوند [۸].

نفوذ هیدروژن به داخل فولاد و ترکیب با کربن یا Fe_3C تولید متان (CH_4) می‌کند. فشار متان تولید شده باعث ایجاد ترک در مرز دانه ها می‌شود. مولکولهای بزرگتر CH_4 در مرز دانه ها گیر افتاده و موجب تشکیل یک شبکه ناپیوسته ترکهای داخلی می‌شوند. این ترکها رشد کرده و بعضی از آنها به هم متصل شده و موجب گسیختگی در دیواره‌ی لوله می‌شود. همچنین ترکیب کربن و هیدروژن باعث دگرپوره شدن فولاد می‌شود. زمانیکه قسمت‌های آسیب دیده نتوانند فشار داخلی لوله را تحمل کنند، لوله می‌ترکد که این انفجار همراه با خطرات جانی نیز می‌باشد.

ماهیت الکترو شیمیایی خسارت هیدروژنی در شکل ۲ نمایش داده شده است. تحت شرایط حمله‌ی اسیدی غلظت یونهای H^+ در داخل رسوب افزایش یافته، بطوریکه نقاط کاتدی موضعی در مجاورت آند تشکیل می‌شوند.

روش های کنترل جهت پیشگیری از وقوع آسیب هیدروژنی: بازرسی و کنترل شیمیایی آب از جمله فاکتورهای مهم در جلوگیری از ایجاد رسوبات داخلی و خوردگی ناشی از آسیب هیدروژنی می‌باشد. انجام به موقع اسیدشویی بویلر جهت حذف رسوبات و تمیز نمودن سطوح حرارتی بسیار مهم و ضروری است. معمولترین روش جلوگیری از خوردگی و خسارت هیدروژنی، فراهم سازی راهنما برای آب بویلر، مخصوصا برای وقتی که آب بویلر از شرایط مورد نیاز خارج باشد می‌باشد. برای مثال وقتی که pH آب بویلر به کمتر از ۷ برای مدت بیش از یک ساعت برسد، بلافاصله لازم است عمل تمیز کاری شیمیایی انجام گیرد. یک تمیز کاری شیمیایی موفقیت آمیز می‌تواند رسوبات داخلی را حذف کرده و از وارد شدن بیشتر هیدروژن جلوگیری نماید.

اگر ضخامت دیواره و استحکام فلز جهت نگهداری فشار اعمالی کافی نباشد، فلز به نقطه‌ی تسلیم رسیده و یک شکست نرم در سرویس اتفاق خواهد افتاد.

- خوردگی حفره ای

لوله های بویلر در حضور رطوبت و اکسیژن به علت حمله‌ی اکسیژن در سطح داخلی لوله، دچار خوردگی حفره‌ای می شوند. حفره های موضعی زمانیکه پیل گالوانیکی الکتروشیمیایی بر اثر اختلاف غلظت اکسیژن در آب بویلر در میان یک رسوب سطحی یا یک شکاف ایجاد شده باشد، حاصل می شوند. خوردگی فلز در مناطقی ایجاد می گردد که غلظت اکسیژن به حدی پایین باشد که این مناطق آندهای پیل را تشکیل دهند. این نوع خوردگی باعث سوراخ شدن لوله می شود که ناشی از آند شدن سطح کوچکی از لوله نسبت به بقیه سطح می باشد. شرایط آندی به علت اسیدیته بالا یا اکسیژن زیاد و یا وجود شکاف می تواند ایجاد گردد. این نوع خوردگی زمانیکه بویلر در حین کار نباشد و لوله ها نیز کاملاً خشک نبوده و یا بوسیله یک لایه بخار نیتروژن محافظت نشده باشد نیز می تواند به وقوع بپیوندد. حفره ای شدن در همه‌ی مناطق بویلر به خصوص سوپرهیتر، ری هیتر، اکونومایزر و بعضی از قسمت های لوله های واتروال می تواند اتفاق بیافتد. لوله های ری هیتر و اکونومایزر در مقابل این نوع خوردگی در حین عملکرد بویلر، حساسیت بیشتری نشان می دهند.

روش های کنترل حفره ای شدن لوله های بویلر: با حفظ میزان اکسیژن آب تغذیه در مقادیر مناسب سفارش شده از خوردگی ناشی از اکسیژن حل شده می توان جلوگیری کرد. خوردگی حفره ای ناشی از اکسیژن در لوله های اکونومایزر، به وسیله یک عملیات مناسب گرم کن های هوازدایی شده و حذف هوا در مسیرهای نشتی گرم کن های آب تغذیه تحت فشار ناچیز می تواند کنترل گردد.

برای جلوگیری از این خوردگی در طی خارج شدن سیستم از مدار، لازم است که بویلر با آب هیدرازین دار پر شود و گاز نیتروژن بر روی آن دمیده شود. با کارکرد صحیح تجهیزات هوازدا و جلوگیری از نفوذ هوا و استفاده از مواد جاروب کننده‌ی اکسیژن می توان از این خوردگی در اکونومایزرها و دیگر قسمت ها جلوگیری نمود.

- خوردگی تنشی

این نوع خوردگی یکی از عوامل زوال لوله های بویلر می باشد. زوال های ناشی از خوردگی تنش در یک بویلر معمولاً در فولادهای آستینیتی به کار رفته در لوله های سوپرهیتر و ری هیتر مشاهده می گردد. این نوع زوال ها در بعضی از لوله های ری هیتر فریتی نیز زمانی که محدوده وسیعی از عوامل قلیایی در محیط موجود باشد اتفاق می افتد. ترکهای ناشی از خوردگی تنش در فولادهای کربنی هم بین دانه ای و هم میان دانه ای می توانند باشد.

شرایط لازم جهت شروع و رشد ترکهای ناشی از خوردگی تنش را در موارد زیر می توان خلاصه نمود:

- ایجاد آلودگی آب یا بخار داخل بویلرها توسط کلریدها یا هیدروکسیدها

- وجود تنش های بالا با توجه به شرایط سرویس

- ایجاد تنش های باقی مانده بالا در حین ساخت و مونتاژ

SCC، ترکهای مویی ایجاد می نماید که نمی توان آنها را به صورت ماکروسکوپی مشاهده نمود. رشد ترکها در جهت عمود

بر جهت تنش کششی باقی مانده می باشد.

روش های کنترل خوردگی تنش: خوردگی تنش در شرایطی که هم عامل خورنده و هم تنش کششی موجود باشد اتفاق

می افتد. برای جلوگیری از این خوردگی این شرایط بایستی حذف شوند. معمولاً تنش های اعمالی به شکل تنش های باقی مانده

یا تنش های سیستم، مربوط به خم ها، جوش ها و غیره می باشند. در نتیجه به منظور جلوگیری از زوال ناشی از خوردگی تنش

در لوله های بویلر، باید از نصب شدن صحیح لوله های فولادی اطمینان حاصل شود تا نیروهای کششی اضافی اعمال نگردد و

همچنین لوله در مجاورت مواد خورنده سمی بخار یا محصولات سوخت نباید قرار گیرد.

- خوردگی خستگی

این نوع زوال به وسیله اعمال تنش های متناوب و یا بوسیله نوسانات یا گرادیان های دمایی یا مکانیکی ایجاد می گردد.

ترکهای ناشی از خستگی که در فلز ظاهر می گردد، به صورت میان دانه ای می باشند. متمرکز شدن عوامل خوردنده و تنش

های سطحی به صورت متناوب سبب ایجاد این نوع خوردگی در بویلر ها می گردد.

روش های کنترل خوردگی خستگی: این نوع خوردگی توسط روش های زیر قابل کنترل است:

۱- نصب feedwater through که لوله های مرطوب شده با آب تغذیه را در لحظاتی که بخار با دمای بالا اجازه

تماس با انتهای لوله را نداشته باشد، در دماهای نسبتاً یکنواختی نگه می‌دارد.

۲- نصب لوله‌های S شکل، به منظور حذف تنش های بالا در نقاط انتهایی لوله.

ب- خوردگی سمت احتراق در لوله‌های بویلر [۸]

یکی از مشکلات صنعت برق کشور، خوردگی سمت آتش تجهیزات بویلر نیروگاه ها می باشد. وجود عناصر مضر مانند وانادیم، گوگرد، سدیم و پتاسیم در سوخت مایع یا جامد موجب تشکیل رسوبات مذاب در مناطق دمای بالا و تخریب لایه های محافظ سطحی آلیاژ می گردد. نتیجه این امر خوردگی فلز و کاهش ضخامت آن می باشد. ناخالصی‌های موجود در سوخت مصرفی بویلر و دمای سطح فلز از عوامل مهم ایجاد خوردگی سمت آتش و کاهش عمر کاری لوله‌ها می‌باشد. میزان خوردگی سمت آتش مستقیماً به این دو عامل بستگی دارد.

همچنین افزایش دما در برخی از مناطق بویلر موجب تشدید اکسیداسیون و تشکیل پوسته های اکسیدی می شود. افزایش دما می‌تواند ناشی از اشکالات طراحی، پارامترهای احتراق و محدود شدن فضای انتقال حرارت بعلت تشکیل رسوبات باشد. بهر صورت افزایش سرعت خوردگی و اکسیداسیون موجب کاهش عمر قطعات می گردد. معمولاً دو نوع خوردگی در سمت احتراق (آتش) در لوله های بویلر اتفاق می افتد:

- خوردگی در دمای پایین.

- خوردگی در دمای بالا.

در ادامه به بررسی این خوردگی‌ها پرداخته خواهد شد.

- خوردگی در دمای پایین

این نوع خوردگی که نسبت به خوردگی در دمای بالا بسیار متداول تر است، در تمام دیگ ها از هر نوع و هر اندازه ای که از سوخت های گوگردار استفاده می کنند و شرایط دمایی مناسبی جهت تقطیر اسیدسولفوریک موجود باشد، اتفاق می افتد و می‌تواند منجر به زوال بویلر گردد. خوردگی دمای پایین ناشی از تشکیل اسید سولفوریک می باشد. قسمت عمده‌ی گوگرد موجود در سوخت به دی اکسید گوگرد تبدیل می شود و در صورتی که اکسیژن اضافی موجود باشد، اکسیداسیون ادامه پیدا

می‌کند. کسری از SO_2 (گاهی اوقات بیش از ۱۰ درصد آن) به SO_3 تبدیل می‌شود. این واکنش‌ها در صورت حضور اکسیدهای فلزی داغ در ساختار دیگ و خاکستر سوخت و نیز در صورت استفاده از سوخت‌های نفتی و انادایوم و نیکل دار تشدید می‌گردد. هرچه مقدار هوای اضافی بیشتر باشد مقدار SO_3 تولید شده نیز بیشتر می‌شود. هیدروژن موجود در سوخت اکسید شده به بخار آب تبدیل می‌گردد. در نواحی سردتر دیگ، این بخار با SO_3 ترکیب شده و تشکیل اسید سولفوریک می‌دهد. این اسید بر روی لوله‌های فولادی بویلر منجر به کاهش وزن خارجی لوله‌ها می‌گردد. این نوع خوردگی را در بعضی موارد به نام خوردگی سرد می‌نامند که در مناطقی مانند اکونرمایزر که دما در این قسمت کاهش یافته است انجام می‌پذیرد. نقطه‌ی شبنم اسید سولفوریک یکی از پارامترهای مهم در ایجاد این نوع خوردگی می‌باشد. نقطه‌ی شبنم بخارهای اسیدی به مقدار رطوبت سوخت و هوای احتراق، مقدار هوای احتراق، مقدار هوای اضافی و مقدار هیدروژن سوخت بستگی دارد.

کندانس شدن بخارهای اسیدی در نزدیکی گرم‌کن‌های هوا، رسوب دهنده‌ها، خنک‌کننده‌های دودکش و اکونومایزرها معمول می‌باشد. عواملی که احتمال کندانس اسید را افزایش می‌دهند عبارتند از: جریان کم گازهای سوخته شده، دمای پایین گازهای سوخته شده در محل خروج در حین عملکرد نرمال و مقدار بسیار زیاد هوای اضافی که دارای رطوبت زیاد است. دمای سطح فلز نیز بر روی سرعت کندانس بخار اسید سولفوریک بر روی سطح تاثیر می‌گذارد.

روشهای کنترل خوردگی دمای پایین: این نوع خوردگی‌ها به ندرت کاملاً از بین می‌روند. واضح است که اگر بتوان قلیایی‌ها و گوگرد را از ذغال سنگ و یا وانادایوم و گوگرد را از سوخت‌های نفتی مایع خارج کرد، خوردگی کنترل می‌شود. اگرچه روشهایی برای جدا کردن آلودگی‌ها از سوخت وجود دارد ولی این فرایندها هم پرهزینه و هم تا حدودی کم‌اثر هستند. با روش‌های زیر می‌توان میزان این نوع خوردگی را کاهش داد:

۱- انتخاب سوخت مناسب

۲- کنترل احتراق

۳- طراحی صحیح و انتخاب مواد مناسب برای بویلر

۴- تمیز نمودن متناوب بویلر

۵- استفاده از مواد افزودنی مخصوص سوخت‌ها

کنترل مقدار هوای اضافی، دمای هوا و مقدار گاز احتراق دوباره برگشت داده شده، در کنترل مقدار و ترکیب رسوبات خاکستر موثر می باشد. چون نقطه‌ی شبنم در ایجاد این نوع خوردگی موثر است، لذا عواملی که در ایجاد نقطه‌ی شبنم تاثیر می گذارند باید کنترل گردد. از آن جمله فشار جزئی اسید سولفوریک و فشار جزئی آب در گاز خروجی است.

- خوردگی در دمای بالا

خوردگی در دمای بالا در سمت احتراق (آتش) در لوله های بویلر ناشی از حضور خاکستر سوخته‌های فسیلی (مازوت و گازوییل) می باشد. این نوع خوردگی در اثر ایجاد سرباره‌ی مذاب حاوی ترکیبات وانادیوم، سدیم و گوگرد در سوخت فعال می شود. ایجاد اکسیدهای وانادیوم، گوگرد و سدیم یک نوع ترکیب با دمای ذوب کم به وجود آورده که بر حسب نوع اکسید دمای ذوب آنها بین ۵۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی گراد می باشد. این ترکیبات در دمای کاری لوله های سوپرهیتر و ری هیتر مذاب بوده و با لایه اکسیدی حفاظت کننده سطح فولاد واکنش ایجاد کرده، خوردگی شدیدی را در سطح خارجی لوله ها باعث می شوند.

روشهای کنترل خوردگی در دمای بالا: روشهای ذیل می توانند در کاهش این نوع خوردگی موثر باشند:

۱- اضافه کردن افزودنی‌هایی نظیر اکسیدکلسیم و یا اکسید منیزیم به سوخت می تواند باعث بالا بردن دمای ذوب خاکستر شود.

۲- پاک سازی تناوبی توسط دمنده های دود

۳- انتخاب سوخت مناسب و یا خالص سازی سوخت که توسط استفاده از روش گوگرد زدائی هیدروژنی و نیز استفاده از سیستم موسوم به سیستم کات اکس که در آمریکا طراحی شده و از تاسیسات تولید اسید سولفوریک در مقیاس کوچک برای زدایش گوگرد استفاده می کند، انجام می گیرد.

۴- در نظرگیری مواردی چون: بهینه سازی شکل هندسی کوره، دمای فلز، دمای گاز و محل قرارگیری دمنده‌های دود و انتخاب صحیح مواد در طراحی بویلر

۵- کاهش هوای اضافی که از تولید اکسیدهای وانادیوم که خوردگی را تشدید می کند کاسته خواهد شد.

۱-۱-۱-۱-۲- خوردگی توربین های بخار [۶]

توربین های بخار سیستم های ساده و راندمان بالایی هستند که می توانند مقادیر زیادی انرژی حرارتی را به کار مکانیکی تبدیل کنند. بخار در اثر انبساط، سرعت های بالا پیدا می کند و به پره های توربین نیرو وارد می کند. در طی عمر توربین مسائل خوردگی و آسیب های متالورژیکی و مکانیکی وارده به آن، می تواند روی هم انباشته شود و باعث زوالهای غیر مترقبه گردد. خوردگی به علت مسائل مربوط به وضعیت شیمیایی آب، طراحی و انتخاب مواد می تواند به وجود بیاید. تجهیزات توربین بخار نسبت به خوردگی فرسایشی، خوردگی تنشی و خوردگی خستگی حساسیت دارند. در ادامه به بررسی این خوردگی ها پرداخته خواهد شد.

الف- خوردگی فرسایشی

در سیستم های آب و بخار از نیروگاه های بخار، خوردگی به وسیله سرعت های بالای آب یا بخار مرطوب ایجاد می گردد. این نوع خوردگی، در تجهیزات نیروگاه های بخار به مدت مدیدی است که آسیب رسانده است. زمانی که ذرات جامد، قطرات آب یا آب جاری به سطح فلز برخورد کند، انرژی به فلز منتقل شده، که این انتقال انرژی یا توسط ضربه و یا توسط نیروهای برشی پیاپی صورت می گیرد. اگر این نیروها از استحکام آلیاژها بالاتر باشد، فرسایش ایجاد خواهد شد. عملاً همه ی فلزاتی که در مسیر جریان بخار و آب قرار می گیرند، فقط با یک لایه ی اکسیدی محافظت کننده که در سطح فلز تشکیل می گردد، در مقابل خوردگی مقاوم می گردند. اگر این لایه ی اکسیدی تخریب شود و یا اگر قدرت تشکیل آن به وسیله ی آب جاری یا بخار مرطوب ضعیف تر گردد، خوردگی ایجاد خواهد شد. این نوع خوردگی معمولاً تحت عنوان خوردگی فرسایشی می باشد.

در اثر این نوع خوردگی، از یک طرف سطح فلز پایه خورده شده و تجهیزات را معیوب می نماید و از طرف دیگر محصولات خوردگی ایجاد شده، باعث آلودگی چگالیده و آب تغذیه می گردد و به صورت پیاپی رسوب می کند. هم چنین در راکتورهای آب جوش باعث تشکیل یک مقدار از محصولات رادیو اکتیو نامطلوب می گردد. بنابراین خوردگی فرسایشی در سیستم عملکرد تجهیزات، بسیار نامطلوب می باشد.

روش های کنترل خوردگی فرسایشی: به منظور کنترل و کاهش خوردگی فرسایشی و اثرات ناشی از آن می توان از روش های زیر استفاده کرد.

انتخاب مواد مناسب: با استفاده از آزمایشات انجام شده اطلاعاتی بر پایه‌ی انتخاب مواد مناسب برای تجهیزات توربین حاصل می‌شود. نتایج آزمایشات نشان داده است که سرعت خوردگی با افزایش درصد Cr کاهش می‌یابد. علاوه بر میزان کروم آلیاژ، استحکام و سختی آن نیز در سرعت خوردگی مؤثر است. استفاده از پوشش های محافظ زمانی که کاربرد مواد آلیاژی اقتصادی نباشد راه حل مناسبی خواهد بود. در آزمایشات پوشش نیکل مطمئن ترین نتایج را نشان داده است. پوشش های سرمایی یا آلی نیز نسبتا مناسب می‌باشند، ولی استفاده از پوشش های آلی آنچنان توصیه نمی‌گردد. زیرا امکان آسیب دیدگی آن ها وجود داشته و در نتیجه این مواد وارد مولد بخار خواهند شد. پایداری این پوشش ها به نوع پیوندشان با فلز پایه بستگی دارد، که این پایداری فقط روی سطوح ساده‌ی فلز قابل دسترسی می‌باشد. اقتصادی ترین انتخاب مواد برای بخار مرطوب، انتخاب آلیاژی میان فولاد کربنی و فولاد ضد زنگ می‌باشد.

طراحی تجهیزات: با ایجاد سرعتهای مطلوب جریان و با طراحی مناسب تجهیزات می‌توان خوردگی فرسایشی آنها را کنترل نمود. طراحی می‌تواند روی درصد موضعی و یا کلی رطوبت بخار تأثیر بگذارد و همچنین روی شکل جریان آب و روی سطوح در تماس با بخار مرطوب نیز مؤثر خواهد بود.

شرایط شیمیایی در نیروگاهها: با افزودن pH محیط یا اضافه نمودن درصد اکسیژن می‌توان خوردگی فرسایش را شدیداً کاهش داد. به عنوان مثال به وسیله‌ی وارد نمودن پراکسید هیدروژن به داخل توربین بخار، شدت خوردگی فرسایشی می‌تواند کاهش یابد. با در نظر گرفتن تأثیرات مستقیم و اثرات جانبی شرایط شیمیایی، به این نتیجه می‌رسیم که این شرایط، نقصان های ایجاد شده در انتخاب آلیاژ یا طراحی را جبران خواهد نمود.

ب- خوردگی تنشی

در تجهیزات توربین ها نمونه هایی از SCC وجود داشته اند که نشان می دهد در توربین های بخار به این نوع خوردگی دقت و توجه بیشتری بایستی صورت بگیرد. ترک ها ترد بوده و معمولا به صورت شاخه شاخه می باشند و بسته به محیط خورنده و مواد مورد استفاده ممکن است بین دانه ای و یا میان دانه ای باشند.

روش‌های کاهش خوردگی تنش: از جمله روشهای ارائه گردیده به منظور حل مشکلات خوردگی تنش، حذف آلودگی های شیمیایی، کاهش محدوده‌ی تنش و انتخاب یک ماده‌ی مناسب که در مقابل این پدیده حساسیت زیادی ندارد می باشد. معمولاً پیشنهاد می شود که از فولادهای با استحکام بالا که در مقابل خوردگی تنش آمادگی بیشتری نشان می دهند استفاده گردد.

ج- خوردگی خستگی

خوردگی خستگی به عنوان خوردگی یک آلیاژ در محیط خورنده و تحت اعمال تنش های سیکلی تعریف می گردد. شروع ترک خستگی که از یک حفره ناشی می گردد، نشانه‌ی خوردگی خستگی در نظر گرفته می شود. از میان تعداد زیادی از توربین های بخار که امروزه در سرویس می باشند، تعداد زوال نسبتاً کمی ناشی از خوردگی خستگی در پره ملاحظه می شوند. با این حال هزینه‌ی زوال های پره ها از نقطه نظر خروج اجباری واحدها از مدار گران تمام می شود. به همین منظور سازندگان توربین های بخار و اپراتورها تلاش می نمایند که راه حل هایی برای جلوگیری از چنین زوال هایی ارائه نمایند.

روشهای کاهش خوردگی خستگی: به منظور کاهش این نوع خوردگی حداقل سه روش وجود دارد که این روش ها عبارتند از: کاهش دادن تنش ها، کاهش دادن خوردگی محیط و بهبود بخشیدن مقاومت خوردگی - خستگی آلیاژهای پره ها.

د- خوردگی حفره ای

محققان پی برده اند که حفره ای شدن قبل از خوردگی خستگی ایجاد می شود. زیرا حفره ها می توانند باعث جوانه زنی ترک ها در دامنه های تنش های سیکلی پایین باشند. محیط های کلریدی می توانند منجر به ایجاد خوردگی حفره ای شوند و از آنجا که کلریدها آنیون هایی هستند که اغلب در رسوبات موجود بر روی پره های توربین یافت می شوند، امکان انجام این نوع خوردگی در توربین وجود دارد. عدم وجود اکسیژن، پتانسیل حفره دار شدن فولاد های حاوی کروم را در خارج از ناحیه‌ی حفره ای شدن قرار می دهد. بنابراین حضور اکسیژن می تواند احتمال انجام این نوع خوردگی را افزایش دهد. هم چنین درجه حرارت های بالا تر باعث افزایش شدت خوردگی نسبت به خوردگی موضعی و خوردگی خستگی خواهد شد. علاوه بر این خوردگی شکافی نیز ممکن است در غلظت های کلرید کمتر و پتانسیل الکتروود کمتر نسبت به خوردگی حفره ای ایجاد گردد.

این نوع خوردگی ناشی از مقادیر pH پایین به علت هیدرولیز در شکاف می‌باشد. مقادیر pH پایین باعث خورنده تر نمودن محلول‌های کلریدی نسبت به خوردگی خستگی می‌شود.

۱-۱-۱-۱-۳- خوردگی کندانسورها [۱۲-۱۰]

کندانسور یکی از مهم‌ترین قسمت‌های نیروگاه بخاری را تشکیل می‌دهد که وظیفه‌ی میعان بخار خروجی از توربین را بر عهده دارد.

اهداف اساسی از نصب یک کندانسور در نیروگاه به شرح زیر می‌باشد:

۱- به واسطه وجود کندانسور میزان بخار مود نیاز به منظور تولید میزان مشخص برق کاهش می‌یابد.

۲- با قرار دادن کندانسور بخار خروجی با ارزش تبدیل به آب شده و دوباره به سیکل باز می‌گردد. به این آب چگالیده گفته می‌شود.

۳- آب جبرانی هنگامی که به کندانسور وارد می‌گردد به نقطه‌ی جوش رسیده و اکسیژن حل شده در آن حذف می‌گردد.

کندانس کردن بخار توسط ۲ نوع کندانسور امکان پذیر است:

کندانسور پاششی: ساده‌ترین روش کندانس کردن بخار، مخلوط کردن بخار آب با آب درون یک محفظه‌ی بسته می‌باشد. در اثر تماس بخار و آب، آب گرمای نهان بخار را گرفته و بخار تبدیل به آب می‌گردد.

در نیروگاه، چگالیده دوباره به بویلر باز می‌گردد که این آب باید خالص باشد. حال اگر یک کندانسور پاششی نیاز به آب سرد کننده‌ی خالص داشته باشد، به جهت استفاده‌ی فراوان از آب خنک کاری، استفاده از آن برای نیروگاه مقرون به صرفه نمی‌باشد. با این وجود تکنیک‌های خاصی را در کندانسورهای پاششی به کار می‌برند تا بتوان از آن در نیروگاه استفاده نمود و آن اتصال کندانسور پاششی به برج خنک کن خشک می‌باشد، به گونه‌ای که برج خنک کن آب کندانسور پاششی را سرد می‌نماید، بدون آنکه تلفات آب (ناشی از تبخیر و...) وجود داشته باشد.

کندانسور سطحی: در مکان‌هایی که آب به میزان فراوانی وجود دارد (دریا، رودخانه و...) حتی اگر آب دارای ناخالصی هم

باشد این ناخالصی اثر کمی بر قدرت خنک کنندگی آب دارد. در این مکان‌ها از کندانسور سطحی که در آن تعداد زیادی لوله

به کار رفته است، کمک گرفته می شود. کندانسورهای سطحی به گونه ای ساخته می شوند که در آن ها دو سیستم مجزای آب (آب خالص سیکل و آب خنک کننده) از یک محفظه ای گذشته و تبادل حرارتی می نمایند. آب سرد کننده بخار را به آب تبدیل کرده و خود گرم می شود.

کندانسورهای سطحی را می توان به روشهای مختلف دسته بندی نمود. دو نوع از دسته بندی های آن به شرح زیر است:

الف) دسته بندی بر اساس نحوه ی جریان بخار و آب در کندانسور و آرایش لوله ها: جریان پایین و جریان مرکزی

ب) دسته بندی بر اساس نحوه ی جریان آب خنک کننده: یکبارگذر، دوبار گذر و ...

کندانسور شامل لوله ها، جعبه های آب و تیوب شیت هایی می باشد که در آن تیوب شیت ها در هر انتهای پوسته، به فلنج هایی که بر روی پوسته پیچ شده اند قرار دارد. لوله ها نیز از طریق جوشکاری به این تیوب شیت ها متصل شده اند. خوردگی و نشتی هریک از اجزای کندانسور باعث وارد آمدن خسارت های فراوان به صنعت برق و در نتیجه عدم بهره دهی آن میشود. بنابراین، تحقیق در خوردگی کندانسورها و بررسی روشهای نوین کنترل آن ها به منظور پیشگیری از به هدر رفتن سرمایه های ملی، کاهش عمر واحدها و توقف تولید برق حائز اهمیت است.

خوردگی در لوله های کندانسور واحد نیروگاه بخاری از جمله مشکلات عمده ی آن نیروگاه می باشد. لوله های استفاده شده در کندانسورها یکی از مواردی است که نسبتا سریع کارایی خود را از دست می دهند. به دلیل بالا بودن میزان سوراخ شدگی لوله های کندانسور، مصرف آن در یک نیروگاه بخاری زیاد می باشد. سواخ شدن این لوله ها موجب نشت آب خنک کننده از داخل لوله ها به سمت پوسته ی کندانسور شده و آب خالص موجود در سیکل را آلوده می کند. این مسئله موجب وارد آمدن خسارات سنگینی به دیگ های بخار و پره های توربین نیروگاه می گردد. در حقیقت آلوده شدن آب خالص و بخار موجود در سیکل نیروگاه، موجب رسوب گذاری در لوله های بویلر و پره های توربین گردیده و خسارات ناشی از خوردگی را تشدید می کند. اغلب مهندسین ریشه اصلی انواع خوردگی در بویلر و شکست پره های توربین را در نشت آب خنک کننده از لوله های کندانسور می دانند. کندانسورها و سایر مبدل های حرارتی در بهره برداری از یک نیروگاه اثر مهمی را دارا می باشند. زوال لوله های یک کندانسور در اثر خوردگی، مخارج عمده ای را جهت تعمیرات و بهره برداری به همراه خواهد داشت. لذا سعی بر آن است که زمان خارج شدن یک کندانسور از خط به حداقل برسد.

به طور کلی خوردگی در کندانسورها به دو دسته خوردگی سمت آب و خوردگی سمت بخار تقسیم می‌شود. انواع خوردگی در کندانسورها عبارتند از:

الف- خوردگی حفره‌ای و شکافی از سمت آب

خوردگی‌های حفره‌ای و شکافی انواعی از حملات خوردگی هستند که فیلم‌های محافظی را که بر روی مواد تشکیل می‌گردد، به صورت موضعی مورد حمله قرار داده و موجب تسریع خوردگی فلزات و زوال آن‌ها می‌گردند. در این گونه حملات خوردگی، میزان کاهش وزن فلز نسبتاً کم، ولی سرعت نفوذ می‌تواند به قدری بالا باشد که در زمان کوتاهی دیواره‌ی لوله‌های نازک سوراخ گردد. هر دو این حملات خودکاتالیزوری می‌باشند، به طوری که فرایندهای خوردگی در خلال تولید حفره‌ها یا شکافها به صورتی است که فعالیت شیمیایی به صورت پیوسته‌ای ادامه می‌یابد. این حملات از نوع خوردگی داخلی می‌باشند که باعث کاهش عمر لوله می‌شوند.

عمده ترین نوع خوردگی در آلیاژهای کندانسور ناشی از رسوبات، خوردگی شکافی می‌باشد، ولی در حضور محیط‌های کلریدی با شدت اکسیدکنندگی زیاد، در غیاب شکافها، خوردگی حفره‌ای روی خواهد داد.

روش‌های کنترل خوردگی حفره‌ای و شکافی از سمت آب: به منظور کنترل خوردگی حفره‌ای و شکافی از سمت آب می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود.

انتخاب آلیاژهای مناسب: آلیاژهای پایه مسی باید تمیز نگه داشته شوند تا اکسید مس محافظ به طور یکنواخت بر روی آن‌ها باقی بماند. یکپارچگی لایه ممکن است توسط رسوبات موجودات زنده و آلودگی‌ها مختل شود. در این مورد فولادهای زنگ نزن در برابر آب آلوده و آبهای اسیدی مقاومند. در فولادهای زنگ نزن کیفیت بالا و تیتانیوم فقط در شرایطی که درجه حرارت خیلی بالاست خوردگی شکافی یا حفره‌ای شدن روی می‌دهد. لذا جایگزین کردن مواد مقاومتر نسبت به حفره دار شدن نیز از جمله روشهایی است که می‌تواند شدت حملات را به حداقل برساند. آلیاژ برنز AP به طور قابل توجهی مقاومت بالایی را نسبت به این نوع خوردگی در مقایسه با سایر آلیاژهای پایه مسی از خود نشان داده است و تیتانیوم ذاتاً در مقابل خوردگی حفره‌ای مصون می‌باشد.

اعمال بازدارنده: سولفید هیدروژن موجود در آبهای آلوده علت اصلی حفره دار شدن لوله های کندانسور از نوع آلیاژهای پایه مسی در سرویس می باشد. شدت حفره دار شدن را می توان با تزریق سولفات آهن II کاهش داد. از روشهای دیگری که در این مورد به کار گرفته شده است، شستشو و تمیز کردن لوله ها می باشد، در این مورد در برخی از تاسیسات اعمال این روش موجب کاهش حملات حفره ای ناشی از سولفید هیدروژن شده است.

حفاظت کاتدی: مطالعاتی نیز در مورد تاثیر حفاظت کاتدی لوله های کندانسور بر خوردگی حفره ای صورت پذیرفته است. در این مورد محققین نشان داده اند که خوردگی حفره ای و شکافی در آلیاژهای پایه مسی حاوی بیش از ۴۰٪ نیکل را می توان توسط حفاظت کاتدی کاملا متوقف ساخت (در آب دریای غیر آلوده). آلیاژهایی که حاوی کمتر از ۴۰٪ نیکل باشند، در آب دریای غیر آلوده در مقابل خوردگی حفره ای و شیاری مصون می باشند.

ب- خوردگی سایشی از سمت آب

خوردگی سایشی گونه ای از حملات خوردگی است که با برچیده شدن و یا شکستن فیلم های سطحی محافظ ناشی از جریان آب خنک کن در درون لوله، موجب شتاب خوردگی می شود. حمله تصادفی و هم چنین خوردگی در اثر کاویتاسیون نیز گونه ای از خوردگی سایشی می باشند.

فاکتورهای متفاوتی به طور مستقیم یا غیر مستقیم در خوردگی سایشی دخیل می باشند. این فاکتورها عبارتند از: جریان سیال و بخصوص اغتشاش آن، خصوصیات لایه پسیو تشکیل شده بر سطح آلیاژ، وجود عوامل آلوده کننده خوردنده نظیر سولفیدها که می توانند باعث تشدید شکست موضعی لایه محافظ شوند و هم چنین اثرات گالونیک. سایر فاکتورهای مهم دیگر شامل وجود هوا یا ذرات ماسه، جانوران دریایی یا سایر ذرات خارجی انباشته شده در لوله ها می باشند.

روش های کنترل خوردگی سایشی از سمت آب: به منظور کنترل خوردگی سایشی از سمت آب می توان از روش های زیر استفاده نمود.

انتخاب آلیاژ مناسب: خوردگی در مدخل ورودی لوله در اثر سرعت بالا یا آشفته آب دریا، یکی از مهم ترین دلایل نشت آب از لوله کندانسور نیروگاه ها می باشد. زوالهای پی در پی ناشی از خوردگی سایشی برای آلیاژهای مختلف پایه مسی گزارش شده است. فولادهای زنگ نزن و آلیاژهای پایه نیکلی عموماً در مقابل حملات خوردگی سایشی مقاوم هستند. تاکنون هیچ

گونه تخریبی در سرویس های کندانسور هایی که لوله‌ی آنها از جنس فولادهای زنگ نزن بوده به شکل حملات خوردگی سایشی گزارش نشده است. تیتانیوم مقاوم ترین فلز در مقابل خوردگی سایشی می باشد. این فلز در مقابل حملات ناشی از آب دریا، آب آلوده و آب دریای حاوی شن و ماسه بسیار مقاوم می باشد.

اعمال از بازدارنده: استفاده از ممانعت کننده هایی نظیر سولفات آهن II به طور مداوم و یا متناوب می تواند از لوله های مسی در برابر خوردگی سایشی محافظت نماید.

علاوه بر روش های ذکر شده، استفاده از روش های زیر نیز می تواند در کنترل این نوع خوردگی موثر باشد:

- استفاده از پلاستیک در مدخل ورودی لوله های مسی در پیشگیری از صدمات ناشی از خوردگی تصادمی بسیار موفقیت آمیز است.

- پوشش های اپوکسی در انتهای مدخل ورودی لوله های مسی به کار می روند.

- طراحی مجدد جعبه آب یا تجهیزات مربوط به فیلترها ، به منظور جلوگیری از ورود ذرات خارجی

- نصب پره های ثابت، به منظور کاهش تلاطم در ناحیه ورودی

- تمیز نمودن پیاپی لوله ها به منظور زدایش ذرات موجود در لوله که باعث ایجاد تلاطم و اغتشاش جریان سیال می شوند.

ج- خوردگی سایشی از سمت بخار

یکی از روش های تخریب لوله های کندانسور در سمت بخار، سایش ناشی از تصادم بخار مرطوبی است که از توربین های با سرعت بالا به سمت لوله های کندانسور جریان دارد. بخار حاوی قطرات آب در اثر برخورد با لوله باعث تخریب سطح لوله می شود.

اختلاف اساسی بین رفتار خوردگی سایشی سمت بخار با خوردگی سایشی سمت آب خنک کن در سرعت سیالی است که به

لوله برخورد می کند. سرعت سیال در سمت بخار، بیش از 300 m/s است، در حالی که در سمت آب سرعت کمتر از 5 m/s می رسد.

تخریب‌های ناشی از سایش سمت بخار و تهاجم تصادمی ناشی از بخار مرطوب در لوله‌های کندانسور به کرات مشاهده شده است. تخریب‌ها بیشتر به طراحی ضعیف و استفاده از مواد نامناسب نسبت داده شده‌اند. نتایج به دست آمده از تحقیقات آزمایشگاهی و تجربه در حین کار نشان می‌دهد که خواص مکانیکی مواد نظیر حد دوام خستگی، مدولها، سختی و استحکام کشش نهایی، نقش مهمی را در تاثیر روی مقاومت در برابر خوردگی بازی می‌کنند.

روش‌های کنترل خوردگی سایشی از سمت بخار: از روش زیر می‌توان به منظور کنترل خوردگی سایشی از سمت بخار استفاده نمود.

انتخاب آلیاژ مناسب: نوع آلیاژ و عناصر آلیاژی تاثیر مهمی روی رفتار خوردگی سایشی سمت بخار لوله‌های کندانسور دارند. موادی مانند فولاد زنگ نزن ۳۰۴ و تیتانیوم که دارای حد دوام خستگی بالایی هستند عملکرد خوبی در سرویس از خود نشان می‌دهند. لوله‌های مسی با سختی کم، مقاومت به خوردگی سایشی کمی از خود نشان می‌دهند. آلیاژهای تیتانیومی مقاومت به خوردگی سایشی خوبی از خود نشان می‌دهند. مقاومت به خوردگی سایشی فولادهای زنگ نزن بیشتر از آلیاژهای مس و کمتر از تیتانیوم می‌باشد.

د- خوردگی گالوانیکی از سمت آب

در بین فلزات متصل به هم در یک محیط خورنده، اختلاف پتانسیلی برقرار می‌گردد که موجب یک نیروی محرکه جهت حملات خوردگی از نوع گالوانیکی می‌شود. کوپل فلزات متصل به طور الکتریکی در یک محیط خورنده موجب افزایش حملات خوردگی بر روی فلز منفی تر (اکتیو) شده و حملات خوردگی بر روی جزء مثبت تر (نوبل) کاهش می‌یابد. سری‌های گالوانیکی که در این مورد وجود دارند، فقط نشان دهنده آن است که خوردگی وجود دارد یا خیر، اما در مورد سرعت خوردگی اطلاعاتی به ما نمی‌دهد. سرعت‌های خوردگی اجزاء کوپل شده در محیط، توسط واکنش‌های اکسیداسیون و احیای هر دو ماده مشخص می‌گردد.

فاکتورهایی که می‌توانند بر روی سینتیک این واکنش‌ها تاثیر بگذارند، عبارتند از: سرعت جریان، دما، غلظت اکسیژن، هدایت محلول، هجوم محیطی و نسبت سطح کاتد به سطح آنود.

صفحات نگهدارنده لوله ها و جعبه های آب کندانسورها از جنس های متفاوت که بالطبع دارای پتانسیل های خوردگی مختلف می باشند، ساخته می شوند. زمانی که این مواد در معرض آب دریا قرار گیرند، یک پیل گالوانیکی تشکیل شده و فلز فعال خورده می شود ولی فلز نجیب محافظت می شود. تفاوت پتانسیل بین فلز فعال و نجیب باعث برقراری جریان خوردگی گالوانیکی می شود که به نوبه خود خوردگی گالوانیکی را به همراه دارد.

روش های کنترل خوردگی گالوانیکی از سمت آب: استفاده از روش های زیر به منظور کنترل خوردگی گالوانیکی از سمت آب توصیه می شود.

انتخاب مواد مناسب: موارد زیر در به حداقل رساندن خوردگی گالوانیکی در کندانسورها موثر می باشد.

۱- استفاده از یک نوع آلیاژ برای تمام لوله ها ، صفحات نگهدارنده لوله ها و جعبه های آب مفید می باشد. در صورت عدم وجود مسائل اقتصادی کاربرد آلیاژ مس با ۱۰ درصد نیکل برای ساخت لوله ها، صفحات نگهدارنده لوله ها و جعبه های آب مناسب می باشند و بدین ترتیب مسائل مربوط به خوردگی گالوانیک از بین خواهد رفت.

۲- اگر ساخت اجزای کندانسور که در معرض آب خنک کننده هستند از یک آلیاژ امکان پذیر نباشد، به کارگیری آلیاژهایی که دارای اختلاف پتانسیل کمی باشند باعث کاهش خوردگی گالوانیک می شود. برای مثال استفاده از لوله هایی از جنس $Cu-30 Ni$ و جعبه های آب از جنس آلیاژ مس، $Cu-10 Ni$ از نظر گالوانیکی مناسب می باشند. حساسترین اجزاء به خوردگی گالوانیک (معمولا لوله ها) باید از فلز نجیب ساخته شوند. اجزایی که از فلز فعال ساخته می شوند و در معرض آب دریا قرار می گیرند، باید سطح بزرگتری نسبت به سطوح نجیب داشته باشند تا از تشدید و تسریع خوردگی ناشی از نسبت نامناسب سطوح در کوپل گالوانیک جلوگیری به عمل آید.

۳- در مواردی که لوله ها از جنس تیتانیوم می باشند باید از سیستم حفاظت کاتدی که به طور اتوماتیک کنترل می شود استفاده نمود. مادامیکه سیستم حفاظت کاتدی نصب می شود، برای ساخت جعبه های آب پوشش دار می توان از مواد ارزان قیمت تر استفاده نمود.

استفاده از پوشش ها: در بسیاری از نیروگاهها صفحات نگهدارنده لوله های کندانسور با اپوکسی و جعبه های آب با پوشش های تقویت شده با الیاف شیشه ای پوشش داده می شوند. کنترل دوره ای تمام پوشش ها از نظر وجود ترک، آسیب های

مکانیکی و جدایش از سطح ضروری می باشد. چنین پوشش هایی نباید بدون اعمال حفاظت کاتدی بر روی اجزایی از کندانسور که در معرض خوردگی گالوانیک هستند به کار روند، چون وجود ترک یا هر آسیب کوچک در محل پوشش منجر به نسبت نامناسب آند به کاتد می شود و بدین ترتیب خوردگی تسریع می یابد. در هر حال بهتر است که این پوشش ها به همراه حفاظت کاتدی به کار روند.

حفاظت کاتدی: حفاظت کاتدی به دو طریق یعنی سیستم جریان اعمالی - با استفاده از یکسو کننده به عنوان منبع قدرت - و یا بکارگیری سیستم آند فداشونده که شامل آندهای خیلی فعال تر از فلز اصلی می باشند، صورت می گیرد.

در نوع اول یعنی به کارگیری سیستم جریان اعمالی در کندانسور، جریان DC (مستقیم) از آند متصل به ترمینال مثبت یکسو کننده، به آب خنک کن انتقال می یابد، سپس جریان از آب خنک کن به سازه های تحت حفاظت مانند جعبه های آب، صفحات نگهدارنده ی لوله ها و لوله ها وارد می شود و در نهایت به ترمینال منفی یکسو کننده برمی گردد. میزان محافظت توسط اندازه گیری پتانسیل سازه تحت حفاظت و الکترومتر مرجع صورت می پذیرد. برای توقف خوردگی گالوانیک، پتانسیل سازه تحت حفاظت باید خیلی منفی تر از پتانسیل خوردگی فلزات خیلی فعال باشد.

هم چنین می توان از آندهای Pt-Ti و Pt-Nb استفاده نمود. نوعی از آند Pt-Nb در نیروگاهها وجود دارد که برای سرعت های بالا مناسب می باشد. در جعبه های آب کندانسور به جای چندین آند Pt-Ti می توان از چندین آندی استفاده نمود.

اعمال بازدارنده: روش استفاده از ورق های فولادی نرم نشان می دهد که محصولات خوردگی حاوی آهن، در آب می توانند برای آلیاژهای مس به عنوان ممانعت کننده عمل نمایند. تزریق سولفات آهن II در آب خنک کنند نیز باعث کاهش خوردگ گالوانیک در سیستم هایی با اختلاف پتانسیل خوردگی ناچیز می شود.

ه- آلیاژ زدائی از سمت آب

آلیاژزدائی در حقیقت جدایش انتخابی عنصر فعالتر از محلول جامد آلیاژی به وسیله ی فرایند الکتروشیمیایی می باشد. یکی از رایجترین موارد، جدایش انتخابی روی در آلیاژهای برنجی است (روی زدائی). فرایند مشابهی نیز بدین صورت در آلیاژهای Cu-Ni و Cu-Zn رخ می دهد. در رابطه با چدن نیز فرایند به گونه ای است که در اثر آلیاژزدائی یک لایه گرافیتی به وجود خواهد آمد. آلیاژزدائی در فولادهای زنگ نزن در دماهای کاری سطح کندانسور تاکنون مشاهده نشده است. تیتانیوم نیز در مورد

اینگونه حملات خوردگی حساسیتی را نشان نمی‌دهد. دو نوع آلیاژدائی در آلیاژهای پایه مسی مشاهده شده است که عبارتند از نوع یکنواخت یا لایه ای و نوع موضعی یا قارچی شکل.

زوال ناشی از آلیاژدائی در لوله های کندانسور و همینطور در صفحات نگهدارنده لوله‌ها روی می‌دهد. این پدیده زیر رسوبات و در نقاط داغ بوقوع می‌پیوندد. در جعبه های آب چدنی، معمولاً نوعی آلیاژدائی که به خوردگی گرافیتی یا گرافیته شدن معروف است، صورت می‌گیرد که طی آن آهن به صورت انتخابی از چدن جدا می‌شود و لایه‌ی گرافیتی باقی می‌ماند. مخصوصاً این نوع خوردگی می‌تواند زیان بار باشد، چون پس از گرافیته شدن جعبه‌های آب، خوردگی گالوانیک شدیدی در لوله های آلیاژی پایه مسی و صفحات نگهدارنده لوله ها می‌تواند صورت گیرد.

روشهای مختلفی برای به حداقل رساندن زوال ناشی از آلیاژدائی وجود دارد. مثلاً در ساخت لوله ها می‌توان از مواد مقاوم در برابر این نوع زوال نظیر تیتانیوم، فولادهای زنگ نزن یا آلیاژهای مسی حاوی عناصر ممانعت کننده استفاده نمود. اگر در لوله های کندانسور مسئله‌ی آلیاژدائی روی دهد، تمیزکاری مکرر لوله و به حداقل رسانیدن احتمال ایجاد شرایط رکود (نظیر انبار کردن در محیط مرطوب) می‌تواند سرعت زوال را کاهش دهد. برای جلوگیری از پدیده‌ی آلیاژدائی در صفحات نگهدارنده‌ی لوله ها و جعبه های آب چدنی از حفاظت کاتدی نیز می‌توان استفاده نمود.

و- خوردگی تنش‌ی از سمت آب و از سمت بخار

SCC یکی از انواع ناگوار خوردگی است که ضعیف ترین ساختار را از لحاظ مهندسی نسبت به سایر انواع خوردگی دارد. ترک خوردگی توأم با تنش (SCC) به دلیل حضور همزمان تنش کششی و یک محیط خوردنده صورت می‌پذیرد. در هنگام SCC، مجازاً در بیشتر سطوح فلز یا آلیاژ هیچگونه حمله خوردگی مشاهده نمی‌شود، در صورتیکه ترکهای ریزی بداخل آن پیشرفت می‌کنند. کلیه‌ی مواد مهندسی، تحت شرایط ویژه‌ای از تنش و محیط خوردنده، نسبت به SCC حساس می‌باشند، لذا محیطی که در یک ماده ایجاد SCC می‌کند، ممکن است به کلی در موارد دیگر بی‌ضرر باشد. فاکتورهایی از قبیل دما، ترکیب محلول، ترکیب فلز، تنش کششی و ساختار میکروسکوپی آلیاژ از جمله متغیرهایی هستند که بر روی SCC تاثیر می‌گذارند.

SCC آلیاژهای مسی در محلولهای آمونیاکی، باعث آسیب‌هایی در لوله‌ها و نشتی‌هایی در ناحیه‌ی خنک‌شونده توسط هوا در کندانسورها شده است. در ناحیه خنک‌شونده توسط هوا در لوله‌ی کندانسوری که آلیاژ آن مستعد است، دو عامل شرایط لازم را برای وقوع SCC فراهم می‌آورند:

۱- محلول خورنده شامل آمونیاک و اکسیژن حل شده در آب

۲- تنش‌های کششی در سطح آلیاژ مسی حساس به این نوع خوردگی

تحت این شرایط آلیاژ قابل انعطاف به صورت ترد ترک برمی‌دارد. ترک‌های ایجاد شده در دیواره باعث آسیب در لوله یا نشت می‌شوند. تنش‌های کششی لازم برای این نوع خوردگی معمولاً در نواحی نزدیک به صفحات نگهدارنده لوله یافت می‌شوند.

آلیاژهای مس که معمولاً برای لوله‌های کندانسور مورد استفاده قرار می‌گیرند، دارای محدوده وسیعی می‌باشند و بعضی از آنها در محلولهای آمونیاکی کاملاً در برابر SCC مستعد هستند، در حالیکه گروهی در مقابل این نوع خوردگی مقاومند. در ذیل گروه بندی این چنین آلیاژهایی دیده می‌شود:

۱- مواد حساس به SCC در محلولهای حاوی آمونیاک

- برنج آلومینیوم دار آرسنیک

- برنج آدمیرالیتی با ممانعت کننده

۲- موادی که به طور متوسط در محلولهای حاوی آمونیاک در مقابل SCC حساس هستند

- برنزهای آلومینیوم دار

- آلیاژهای مس با ۱۰ درصد نیکل (به همراه رسوبات آهن)

۳- مواد مقاوم در مقابل SCC در محلولهای حاوی آمونیاک

- آلیاژهای Cu-۳۰Ni

- آلیاژهای Cu-۱۰Ni (با آهن حل نشده)

- آلیاژهای مس-آهن (آلیاژ ۱۹۴)

روش‌های کنترل خوردگی تنش‌ی: در مجموع روشهای زیر جهت به حداقل رساندن SCC در کندانسورها وجود دارد.

انتخاب آلیاژ مناسب: آلیاژهای مختلفی در ساخت قطعات کندانسور مورد استفاده قرار می‌گیرند که به طور عمده می‌توان

آنها را به چهار قسمت تقسیم نمود:

۱- برنجها

۲- آلیاژهای مس - نیکل

۳- فولادهای زنگ نزن

۴- تیتانیوم

در بیشتر محیط‌ها، بخصوص محیطهای آمونیاکی، برنجها بیشتر از آلیاژهای Cu-Ni مستعد به ترک دارشدن می‌باشند. بنابراین واضح است که در ناحیه‌ی حذف هوا در کندانسورها جایی که غلظت آمونیاک بسیار بالاست (بالا تر از ۱۰۰۰ppm)، خطر بزرگی نسبت به وقوع SCC در لوله‌های برنجی وجود دارد.

در عوض تیتانیوم و فولادهای زنگ نزن مقاومت بالایی را نسبت به ترک دار شدن در محیطهای آمونیاکی در ناحیه مذکور دارا می‌باشند.

کاهش تنشهای باقی مانده: یکی از دلایل ترک دار شدن کندانسورها، تنشهای باقی مانده زیاد در لوله‌ها می‌باشد. این تنشها گاهی در اثر تولید لوله‌ها به وجود می‌آید و گاهی نیز به طور غیرعمدی در هنگام نصب لوله‌ها ایجاد می‌گردد. بنابراین بعد از یک آنیل نهایی جهت رهاسازی تنش، هیچ یک از موارد خم کردن، راست کردن، ویا نورد جهت راست کردن لوله‌ها مجاز نمی‌باشد. برای نورد کردن لوله‌ها در صفحه‌ی لوله‌ها از ابزار مناسبی استفاده می‌شود. در این مورد از نورد بیش از حدی که موجب تنشهای غیر ضروری در لوله‌ها می‌شود، احتراز خواهد شد. لذا با دور کردن تنشهای باقی مانده زیاد از لوله‌ها، می‌توان SCC را به حداقل رساند.

عملیات حرارتی: عملیات حرارتی نامناسب یک آلیاژ می‌تواند موجب حساسیت زیادی نسبت به SCC در محیط داده شده گردد. فولادهای زنگ نزن حساس شده به طور قابل توجهی مقاومتری کمتر از فولادهای آنیل شده (نسبت به SCC در محیط‌های کلریدی اکسیژن دار) دارند.

کنترل دقیق محیط: آمونیاک، مشتقات آمونیاک، نیتریتها، نیتراتها و سولفاتها و غیره به عنوان مسئول ایجاد SCC در آلیاژهای پایه مسی شناخته شده اند. در طول این خوردگی، غالباً هوا نیز برای SCC لازم است. با کارکرد مناسب کندانسور، که به موجب آن غلظتهای آمونیاک و هوا از سمت بخار به حداقل می‌رسد، می‌توان SCC را در نواحی حذف هوا کاهش داد.

از سمت آب خنک کننده، حضور مواد آلی می‌تواند تولید نیتروژن (حاوی مواد ویژه ای) کند که احتمالاً سبب ایجاد SCC بر روی لوله های پایه مسی کندانسور خواهد شد و این در شرایطی است که کندانسور از مدار خارج است. شستشوی مناسب هرگونه رسوب از درون لوله با آب شیرین قبل از خروج کندانسور از مدار احتمالاً در به حداقل رساندن SCC مناسب خواهد بود.

حفاظت کاتدی سمت آب: حفاظت کاتدی در کندانسورها در جهت جلوگیری از حفره دار شدن و خوردگی سایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. حفاظت کاتدی در جلوگیری از SCC نیز کمک خواهد کرد. از این رو SCC در آلیاژهای پایه مسی به مقدار زیادی در پتانسیل های نجیب (آندی) رخ خواهد داد. بنابراین حفاظت کاتدی فقط در طول محدودی از مدخل ورودی لوله موثر خواهد بود. در بعضی از موارد که تنشهای باقی مانده زیادی در نزدیک مدخل ورودی محصور می‌شود، حفاظت کاتدی احتمالاً در جلوگیری از SCC مفید خواهد بود، اما اگر تنشهای باقی مانده زیادی در ناحیه میانی لوله یا در مسیری از مدخل ورودی وجود داشته باشد، حفاظت کاتدی موثر نخواهد بود.

استفاده از بازدارنده‌ها: در بسیاری از سیستمهای محیطی، مواد شیمیایی خاصی که در جلوگیری از خوردگی حفره ای و خوردگی شکافی موثر است، در به حداقل رساندن حساسیت SCC نیز موثر می‌باشد. سولفات آهن در کاهش خوردگی حفره ای از سمت آب بر روی آلیاژهای پایه مسی موثر است، لذا SCC را نیز احتمالاً به حداقل خواهد رساند.

به کار بردن تکنیک‌های ویژه: با بکار بردن روش های خاص و کارهای تجربی می‌توان در کنترل SCC قدم برداشت. به عنوان مثال اگر مدخل ورودی لوله ای که تحت نورد مورد تنش واقع شده اند نسبت به آب خنک کن ایزوله نمود، سرعت SCC در آن محل کاهش خواهد یافت. باید توجه شود که وجود هر شیاری بین سطح لوله و غشاء بواسطه تمرکز اجزاء خوردنده در آن محل می‌تواند شکل SCC را حادثر کند. غشاء لوله فلزی با پلاریزاسیون لوله ها باعث تشدید SCC می‌شود. بنابراین دقت در طراحی و نصب لوله می‌تواند بر مشکلات ناشی از SCC غلبه کند.

ز- خوردگی چگالیده از سمت بخار

خوردگی تجهیزات آهنی در قسمت بویلر نیروگاه به واسطه حضور اکسیژن حل شده و ناخالصیهایی نظیر SO_2 و CO_2 در آب تغذیه، یکی از معضلاتی است که صنعت از دیرباز با آن مواجه بوده است. برای جلوگیری از این پدیده و صدمات ناشی از آن می‌بایست عملیاتی روی آب تغذیه صورت گیرد تا غلظت اکسیژن حل شده کاهش یافته و pH آب در یک حد معینی قرار گیرد. عموماً کنترل شیمیایی آب شامل اضافه کردن هیدرازین (N_2H_4) برای حذف اکسیژن و افزودن آمونیاک، سیکلوگزیل آمین یا مورفولین برای تنظیم pH فاز مایع در حد ۸ الی ۹ و نهایتاً کاهش خوردگی ناشی از SO_2 و CO_2 می‌باشد. البته افزودنیهای دیگری نیز برای کنترل خوردگی و تنظیم pH به سیستم آب تغذیه اضافه می‌شود.

در اثر تجزیه‌ی هیدرازین آمونیاک ایجاد می‌شود. از سوی دیگر افزودنیهای دیگری چون سیکلوگزیل آمین و مورفولین طی هیدرولیز حرارتی به آمونیاک و سایر مواد نظیر اسیدهای کربوکسیلیک و در نهایت دی‌اکسید کربن تبدیل می‌شود. بنابراین میزان آمونیاک در سیستم بالا رفته و وارد چرخه آب-بخار می‌شود.

تشکیل آمونیاک در اثر فرایند فوق‌موجب ایجاد خوردگی شدید در آلیاژهای پایه مس در تماس با بخار کندانس می‌شود. لوله‌های کندانسور از جنس مس بخصوص لوله‌های برنجی مستعد به خوردگی در بخار کندانس که محتوی آمونیاک با غلظت زیاد باشد و اکسیژن حل شده هم در آن وجود داشته باشد، می‌باشند. بنابراین، این نوع خوردگی نیز بیشتر در قسمت هوازدایی کندانسورها در قسمت زیر بافلها که گازهای غیر کندانس جمع شده اند اتفاق می‌افتد.

روشهای مختلفی برای به حداقل رساندن خوردگی آب کندانس شده در لوله‌های کندانسور وجود دارد. به عنوان مثال کنترل pH در محدوده مناسب و جلوگیری از نشتی هوا، می‌تواند خوردگی را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. به منظور اطمینان از کنترل pH در یک محدوده مشخص وثابت لازم است تا pH آب کندانس به طور کامل و منظم اندازه‌گیری شود. برای جلوگیری از نشتی هوا نیز باید مکان نشتی مشخص شود. برای تعیین مکان نشتی می‌توان از تجهیزات هشدار دهنده‌ی هالوژنی یا هلیومی استفاده کرد.

نتایج تحقیقات بدست آمده نشان می‌دهد که انتخاب آلیاژهای مقاوم به خوردگی، تکنیک موثرتری برای جلوگیری از خوردگی چگالیده در قسمت هوازدایی کندانسورهای سطحی است. تیتانیوم و آلیاژهای آهن- کروم- نیکل نظیر فولاد زنگ نزن

نوع ۳۰۴ و Al6X در برابر خوردگی چگالیده مصون می باشند. آلیاژهای مس- نیکل در مقایسه با آلیاژهای مس- روی در برابر خوردگی آمونیاکی از مقاومت بالاتری برخوردارند. آبکاری نیکل و قلع از روشهای کاهش خوردگی چگالیده برنج آلومینیوم دار می باشد.

ح- خوردگی میکروبیولوژیکی در کندانسورها

سیستم های آبی از جمله کندانسورها از فولاد کربنی، فولاد زنگ نزن، تیتانیوم یا آلیاژهای نیکل و مس ساخته می شوند. معمولا در این سیستم ها در طی اولین تماس با محیط نمناک، بستری مناسب برای خوردگی میکروبیولوژیکی ایجاد می گردد. خوردگی میکروبیولوژیکی از انواع خوردگی نیست، بلکه از بین رفتن یا انهدام یک فلز به وسیله فرایند های خوردگی که به طر. مستقیم یا غیر مستقیم در نتیجه ی فعالیت موجودات جاندار است، می باشد. این موجودات شامل انواع میکروسکوپی مثل باکتری ها و انواع ماکروسکوپی مثل قارچ ها، جلبک ها و جانوران دریایی دیگر هستند. این موجودات بعضی مواد را تغذیه نموده. مواد دیگری را بوجود می آورند. این فرایندها به طرق زیر می توانند بر رفتار خوردگی موثر باشند.

- با تاثیر بر واکنش آندی و کاتدی

- با تاثیر بر پوسته های محافظ سطحی

- با بوجود آوردن محیط های خورنده

- با تولید رسوبات

این اثرات بسته به محیط و اجزاء بیولوژیکی ممکن است تک تک یا یکدیگر واقع شوند. خوردگی میکروبیولوژیکی به دو صورت خوردگی یکنواخت و موضعی می تواند اتفاق بیافتد که بیشتر به صورت موضعی باعث تخریب فلزات می گردد.

روش های کنترل خوردگی میکروبیولوژیکی: از روش های زیر به منظور کنترل خوردگی میکروبیولوژیکی استفاده می شود:

کاربرد بیوسیدها: در صورت استقرار میکروارگانیسم ها در سطح تجهیزات، جلوگیری از خوردگی بسیار مشکل و پرهزینه

می باشد. لذا راه حل موجود، کاربرد انواع بیوسیدها خواهد بود.

بیوسیدها مواد شیمیایی معدنی یا آلی می باشند که قابلیت کنترل میکروارگانیسمها را دارند. بسیاری از مواد شیمیایی تحت

عنوان بیوساید در غلظتهای بالا نقش نبود کردن میکروارگانیسم ها و در غلظت های کمتر نقش کنترل کننده ی جمعیت آنها را

بعده دارند. کلریک بیوسید اکسید کننده می باشد که بهترین وسیله برای حذف عوامل بیولوژیکی در برج های خنک کننده می باشد. اخیراً از ن به عنوان بیوسید مؤثر و یک عامل اکسید کننده قوی پیشنهاد شده است، البته اثرات آن بر خوردگی مس و فولاد در حال بررسی می باشد. عوامل غیر اکسید کننده اغلب بیوسیدهای پایه آلی نظیر آلدئیدها، آرسناتها، آمونیاک و آمین ها و ترکیبات سیانیدی، ترکیبات آلی فلزی و کلروفنلها هستند. این بیوسیدها مؤثرتر از بیوسیدهای اکسید کننده می باشند (دوام آن ها بیشتر است، کنترل عمومی جلبک ها، قارچ ها و باکتری ها بیشتر است و تاثیر پذیری آن ها مستقل از pH است) استفاده از ترکیب بیوسیدهای اکسید کننده و غیر اکسید کننده در سیستم های صنعتی برای کنترل خوردگی میکروبیولوژیکی پذیرفته شده است. از بین بیوسیدهای اکسید کننده، متیلن بیس تیوسیانات (MBT) در کنترل کردن جلبکها، قارچها و باکتریها خصوصاً SRB مؤثرترین می باشد. هرچند، MBT برای کاربرد در مقادیر pH بیشتر از ۸ به خاطر هیدرولیز شدن سریع آن در محدوده‌ی pH قلیایی توصیه نمی شود. برعکس نمک های آمونیوم چهارتایی بر علیه قارچ ها و باکتری ها در مقادیر pH قلیایی موثر هستند. به خاطر طبیعت سطح فعال آن ها این مواد شیمیایی در سیستم های شدیداً آلوده موثر نیستند. ایزوتیازولین یک بیوسید حاوی گوگرد است که در کنترل جلبک ها و باکتری ها در محدوده‌ی وسیع pH خیلی موثر است. گلو تار آلدئید یک وسیله‌ی بسایر موثر برای کنترل باکتری های تشکیل دهنده‌ی لجن، SRB، جلبک ها و قارچ ها می باشد. این ماده به خاطر موثر بودن آن بر علیه بیوفیلم ها در محدوده‌ی وسیع pH و دما استفاده می شود.

حفاظت کاتدی: حفاظت کاتدی به همراه آستری و پوشش، حفاظت در برابر خوردگی را تأمین می کند. استفاده از پوشش مقدار جریان لازم برای حفاظت را کاهش می دهد. از این روش بطور وسیعی برای حفاظت آهن و فولاد در خصوص SRB استفاده می شود. این روش حفاظتی خصوصاً برای ساختارهای فلزی در معرض محیط خورنده مثل آب دریا لازم می باشد که می تواند بروز اعمال جریان یا اتصال آندهای فداشونده انجام شود. میزان جریان مورد نیاز بستگی به ضخامت، ساختار و ترکیب فیلم هایی که بر روی سطح فلز تشکیل شده یا اعمال می شوند دارد.

کاربرد پوشش بر روی فلز: در بعضی حالات که میزان رطوبت و تجمع میکروبی در حدی است که عملیات شیمیایی غیر عملی است، از پوششها برای حفاظت استفاده می شود این پوشش ها که به طور وسیعی مورد استفاده قرار می گیرند شامل انواع آسفالتی و یا ترکیبات مصنوعی جدید می باشند که برای سطوح خارجی به کار برده می شوند. سطوح داخلی توسط پوشش

فیزیکی مثل آسفالت، رزین اپوکسی یا سیمان حفاظت می‌شوند. البته این پوششها در محل‌های ترکها و حفره‌ها، فلز زیری را در معرض خوردگی حفره‌ای قرار می‌دهند. حفاظت سطوح فلزی با یک مانع شیمیایی نظیر آنهایی که توسط آمین‌های فیلم‌ساز تشکیل می‌شوند نیز انجام می‌شود. این آمین‌های فیلم‌ساز موثر هستند ولی گاهی با تشکیل لجن مشکل‌ساز می‌شوند.

رنگهای آنتی‌فاولینگ حاوی ترکیبات سمی (اکسیدهای مس و . . .) هستند که به لاستیک وینیلی کلردار شده، کولتاراپوکسی و سایر رنگها می‌پیوندند. آنها با آزاد شدن آهسته به آب جهت جلوگیری از چسبیدن میکروارگانیسم‌ها عمل می‌کنند. گرچه به علت خصوصیات فعالیتشان تاثیر پذیری آنها با زمان خصوصا در آب دریا کاهش می‌یابد. رنگها یا پوششهای آنتی‌فاولینگ به‌مراه حفاظت کاتدی در جلوگیری از اثرات تخریب بیولوژیکی مؤثر می‌باشند.

کاربرد آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی بیوشیمیایی: آلیاژهای سمی با خواص آنتی‌فاولینگ برای کنترل رشد ارگانیسم‌های آنتی‌فاولینگ آب دریا استفاده می‌شوند. در محیط‌های دریایی، آلیاژهای مس-نیکل یک اکسید سمی چسبنده به صورت فیلم مقاوم در برابر خوردگی را تشکیل می‌دهند. یون‌های مس در این فیلم وقتی به داخل آب دریا آزاد می‌شوند نسبت به ارگانیسم‌های بیوفاولینگ دریایی سمی هستند و از چسبیدن آنها به سطح فلز جلوگیری می‌کنند. هرچند بعد از در معرض قرار گرفتن‌های طولانی خواص آنتی‌فاولینگ مس-نیکل در بیوفیلم خنثی می‌شود.

کاربرد روشهای غیر شیمیایی برای کنترل بیوفاولینگ: روشهای غیر شیمیایی شامل شستشوی حرارتی با افزایش دمای آب خنک کن از حد تلورانس حرارتی ارگانیسم‌های فاولینگ، تکنیک‌های انرژی غیر حرارتی آنتی‌فاولینگ شامل پرتو افکنی گاما و ماوراءبنفش، روش‌های هیدرولیک برای جلوگیری از چسبیدن ارگانیسم‌های فاولینگ و روش‌های مکانیکی برای حذف ذرات معدنی و آلی از دیواره‌ی داخلی لوله‌های مبدل‌های حرارتی می‌باشد.

۱-۱-۱-۱-۴- خوردگی برج‌های خنک کن [۱۸-۱۳و۶]

در نیروگاهها به منظور خنک‌سازی بخشهای گوناگون از برجهای خنک‌کننده استفاده می‌گردد. به علت در تماس بودن این برجها با آب، قطعات و قسمت‌های فلزی می‌توانند در معرض خوردگی قرار گرفته و باعث خرابی و یا کاهش بازدهی نیروگاه گردد. یکی از مشکلات عمده‌ی نیروگاه‌های کشور، خوردگی لوله‌های مربوط به آبهای برج‌های خنک‌کن می‌باشد.

برج های خنک کننده در اصل دستگاه هایی هستند که جهت بازیاب آب استفاده می شوند و با ایجاد سطح وسیع تماس آب با هوا، عمل تبخیر را آسان می کنند و باعث خنک شدن سریع آب می گردند. عمل خنک شدن در اثر از دست دادن گرمای نهان تبخیر انجام می گیرد، مقدار کمی آب تبخیر می شود و باعث خنک شدن آب می گردد. برج های خنک کن به لحاظ نوع تماس آب و هوا به دو گروه برج های تر (مدار باز) و برج های خشک (مدار بسته) تقسیم می شوند. در سیستم باز هوا در تماس مستقیم با آب است در حالیکه در سیستم بسته آب در تماس مستقیم با هوا قرار نمی گیرد.

در برج های خنک کن تر آب گرم خروجی از کندانسور به بالای برج پمپ شده و از میان پرکن ها به طرف پایین پاشیده یا جریان می یابد. هوا به دو صورت متقاطع یا متقابل با آب جریان داشته و بنابراین برج های خنک کن تر به دو دسته ی جریان متقابل و جریان متقاطع تقسیم بندی می شوند. در نتیجه ی جریان هوا قسمتی از آب تبخیر می شود، در حالیکه باقیمانده ی آن سرد شده و باعث گرم و مرطوب شدن هوا می گردد. جریان هوا در اثر گردش طبیعی یا توسط فن ها (گردش مکانیکی) در داخل برج ایجاد می گردد.

بیشتر دستگاه های خنک کن از یک مدار بسته تشکیل شده اند که آب در این دستگاهها نقش جذب، دفع و انتقال گرما را به عهده دارد، یعنی گرمای به وجود آمده توسط ماشین را جذب و از دستگاه دور می سازد. این کار باعث ادامه کار یکنواخت و پایداری دستگاه می شود. به دلایل زیر آب معمول ترین سردکننده هاست:

۱- به مقدار زیاد وارزان در دسترس می باشد.

۲- به آسانی آب را می توان مورد استفاده قرار داد.

۳- قدرت سرد کنندگی آب نسبت به اکثر مایعات در حجم مساوی بیشتر است.

۴- انقباض و انبساط آب با تغییر درجه حرارت جزئی همراه است.

هر چند که آب برای انتقال گرما بسیار مناسب است استفاده از آن باعث بوجود آمدن مشکلاتی نیز می شود. آب با سختی زیاد باعث رسوب گذاری در دستگاهها شده و همچنین از آنجایی که بیشتر این دستگاهها از آلیاژ آهن ساخته شده اند، مشکل خوردگی بوجود می آید. از طرف دیگر چون بیشتر برجهای خنک کننده در برخورد مستقیم با هوا و نور خورشید می باشند، محیط مناسبی برای رشد باکتریها و میکروارگانیسم ها نیز می باشند که آنها نیز مشکلاتی به همراه دارند.

خوردگی موجب زیانهای مستقیم و غیرمستقیم نظیر تغییر در طراحی، کاهش بازدهی، آلودگی و اتلاف محصولات، توقف دستگاهها و واحدهای عملیاتی و هزینه های بیشتر تعمیرات و نگهداری می شود. به همین منظور جهت کاهش اثرات و ضررهای ناشی از خوردگی بایستی آن را کنترل نمود. خوردگی و کیفیت آب در سیستم را می توان با تنظیم pH، حذف اکسیژن محلول، کنترل رشد باکتری ها و حذف رسوب از لوله کنترل نمود.

آب برج خنک کن حاوی ذرات متفاوتی است که از طریق هوایی که از میان پر کن ها عبور می کند به آن منتقل می شود. بنا به موقعیت محلی که برج در آن واقع شده است، ذرات گرد و غبار ناشی از آلودگی های فرایندهای صنعتی از طریق هوا به داخل برج خنک کن راه یافته و در محل هایی که سرعت آب کم باشد تجمع می یابند. لذا در طراحی برج باید دقت کافی برای جلوگیری از تجمع ذرات صورت گیرد، زیرا این مسئله باعث ایجاد مشکلات بیولوژیکی می شود. کیفیت آب تغذیه دیگ بخار در هر شرایطی از دو نظر مقدار املاح مضر (رسوبات) و مقدار گازهای محلول در آب باید کنترل و در صورت لزوم بهینه سازی گردد.

برای اجرای موازین مربوط به کیفیت آب تغذیه از حیث مواد ناشی از خوردگی، باید کار دستگاههای هوازدایی را کنترل و تنظیم و کیفیت آب تغذیه را با آمونیاک و هیدرازین در حد مناسبی کنترل کرد.

یک برنامه ی کنترل شیمیایی صحیح برای آبهای خنک کن، شامل استفاده از مواد ضد رسوب، ضد خوردگی و مواد میکروب کش می باشد. مواد ضد رسوب موادی هستند که از تشکیل رسوبات ناخواسته در سیستم جلوگیری می کنند و مواد بازدارنده خوردگی، میزان خوردگی عمومی را کاهش می دهند. استفاده از مواد میکروب کش، سبب از بین رفتن میکروب هایی می شوند که مسبب خوردگی و ایجاد لجن های ناخواسته هستند. جهت کنترل خوردگی و رسوب دهی در اغلب نیروگاه های کشور تنها از پلی فسفات و اسید استفاده می شود اما آزمایشات انجام شده نشان می دهند که استفاده تنها از این مواد نمی تواند جوابگو باشد و بایستی از مخلوط ترکیبات شیمیایی بهتر نظیر نمک های روی، فسفوناتها و مولیداتها استفاده شود. هم چنین استفاده از بازدارنده ی خوب بدون در نظر گرفتن کلیه ی جوانب و دستورالعمل ها نمی تواند جوابگوی مشکلات خوردگی و رسوب دهی در

آب های برج خنک کن باشد. برای داشتن یک سیستم خوب و مطمئن باید ضمن رعایت دستورالعمل های مربوطه با روش بازرسی مستمر^۱ از عملکرد بازدارنده های خوردگی و رسوب دهی و تنظیم شرایط میکروبی آن آگاهی یافت.

هم چنین به منظور جلوگیری از خوردگی فلزاتی که در تماس با آب قرار دارند از روش حفاظت کاتدی استفاده می شود.

اکسیژن محلول در آب یکی از دلایل اصلی خاصیت خوردگی آب می باشد. گازهای محلول در آب شامل اکسیژن و دی اکسید کربن، می توانند با فلز ترکیب شده و اکسید آهن نامحلول تولید کنند. که در نهایت منجر به ایجاد خوردگی بر روی فلز خواهد شد.

با توجه به مشکلات متعددی که وجود اکسیژن در آبهای صنعتی (بویژه در آب جوش آورها) ایجاد می کند، حذف آن از آب هایی که استفاده صنعتی دارند، لازم است.

حذف اکسیژن محلول از آب را معمولاً تجزیه هوازدایی می نامند که به روش فیزیکی و شیمیایی انجام می گیرد. در روش فیزیکی از دستگاه خاصی استفاده می شود که با استفاده از جریان متضاد آب و بخار داغ، اکسیژن را از آب خارج می کند. پس از هوازدایی به روش فیزیکی، برای تکمیل عملیات از روش شیمیایی استفاده می شود که به روش های زیر می تواند انجام گیرد:

- اضافه کردن سولفیت سدیم (با جذب اکسیژن به سولفات سدیم تبدیل می گردد)

- اضافه کردن هیدرازین

- در محیط قلیایی استفاده از گاز SO_2

هیدرازین یک ترکیب شیمیایی با فرمول مولکولی N_2H_4 است. هیدرازین به دلیل خاصیت اکسیژن زدایی که دارد، با آبی که در سیکل ترکیبی نیروگاه قرار می گیرد، ترکیب می شود تا اکسیژن درون آب را کاهش دهد. اکسیژن در مجاورت رطوبت باعث خوردگی فلزاتی مشابه آهن می شود. از آنجا که اکثر فلزات بکار رفته در سیستم توربینی نیروگاه از جنس آهن و آلیاژهای آن می باشند، استفاده از هیدرازین در نیروگاهها برای اختلاط با آب مورد نیاز سیکل های تولید انرژی باعث کم تر شدن خوردگی فلزات مذکور می شود.

خوردگی میکروبیولوژیکی اثر مهمی در خوردگی تجهیزات مختلف سیستم‌های خنک کننده نیروگاه‌های بخاری دارد. این نوع خوردگی که بستگی بسیاری به شرایط محیطی دارد، به دو صورت خوردگی یکنواخت و موضعی می‌تواند اتفاق بیفتد. بیشتر مشکلات میکروبیولوژیکی در سیستم‌های خنک کننده بوسیله گروهی از گیاهان میکروسکوپی یا ارگانسیم های شبه گیاهی ایجاد می‌شود. آب جبرانی سیستم های خنک کننده در بسیاری از موارد حاوی میکروارگانسیم های زنده است. آبی که برای خنک کردن مورد استفاده قرار می‌گیرد، اغلب در محل یا سطوحی از سیستم قرار می‌گیرد که درجه‌ی حرارت آن برای رشد موجودات زنده مناسب بوده و وجود اکسیژن و غذای مناسب (مانند فسفات‌ها، هیدروکربنات‌ها و آمونیاک) باعث تداوم زندگی آن‌ها می‌شود. سه گروه اصلی این میکروارگانسیم‌ها باکتری‌ها، جلبک‌ها و قارچ‌ها هستند. لجنی که در لوله‌ها و مبدل‌ها رشد می‌کند نتیجه تشکیل این موجودات است. تکثیر این میکروارگانسیم‌ها در آب خنک کننده باعث کاهش انتقال حرارت، کاهش راندمان حرارت، کاهش سرعت جریان آب، انسداد لوله‌ها و خوردگی می‌شود. در نتیجه باید از این نوع خوردگی جلوگیری شود. جلبک‌ها و باکتری‌ها هر دو تولید لجن‌هایی می‌کنند که در اثر تشکیل پیل‌های الکترولیتی مانع از تشکیل لایه‌های محافظ ممانعت کننده‌ها بر روی سطوح فلزی می‌شوند. سیستم‌های خنک‌کنی که لجن زیادی دارد برای خوردگی حفره‌ای بسیار مستعد هستند. باکتری‌های غیر هوازی خصوصاً آنهایی که به نام کاهش دهنده‌های سولفات یا باکتری آهن شناخته می‌شوند به طور معمول فعال بوده اما در اکثر منابع آب باکتری‌های غیر فعال وجود دارند که در اثر شرایط مناسب غذا و درجه حرارت فعال می‌شوند. در آب خنک کننده سولفات‌ها توسط باکتری‌های غیر هوازی به سولفید هیدروژن احیا شده و در برخورد با قطعات فلزی سریعاً ایجاد خوردگی حفره‌ای می‌کند.

اختلاف غلظت اکسیژن می‌تواند خوردگی را تسریع کند که این اثر در شیارهای باریک یا زیر رسوبات صورت می‌گیرد. بیوفیل‌های باکتریایی روی سطح فلزات عموماً منجر به این نوع خوردگی موضعی می‌شوند. وقتی غلظت اکسیژن در یک قسمت از سطح فلز بیشتر و در قسمت دیگر کمتر باشد، قسمتی که در معرض غلظت کمتر اکسیژن قرار دارد به عنوان آند عمل کرده و باعث افزایش خوردگی می‌شود. نسبت آند به کاتد زیاد باعث خوردگی موضعی شدید در داخل شیار می‌شود. هیدرولیز یون‌های فلزی باعث کاهش pH در داخل شیار و در نتیجه تشکیل سلول اختلاف دمشی می‌شود.

هم چنین در بعضی از نیروگاه‌ها بالا بودن میزان مواد معلق در آب برج خنک کن سبب رسب شدن مواد گل و لای در لوله‌ها می‌شود، که این امر نیز سبب تشکیل سل‌های غلظتی اکسیژن شده و منجر به سوراخ شدن لوله‌ها می‌شود. روش‌های جلوگیری از خوردگی میکروبیولوژیکی شامل استفاده از بیوسیدها، حفاظت کاتدی، کاربرد پوشش بر روی فلز، کاربرد آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی میکروبیولوژیکی و کاربرد روش‌های غیرشیمیایی کنترل فاولینگ می‌باشد که در بخش کندانسورها توضیح داده شده است.

۱-۱-۱-۱-۵- خوردگی تجهیزات انبار شده (خوردگی اتمسفری) [۶]

خوردگی اتمسفری عبارتست از خوردگی یا از بین رفتن مواد فلزی و یا غیر فلزی تحت شرایط اتمسفریک. در شرایطی که رطوبت حضور نداشته باشد، سرعت خوردگی فلزات در دماهای معمولی خیلی کم است. متغیرهای اتمسفری از قبیل درجه حرارت، شرایط جوی و رطوبت نسبی و همچنین شکل سطح و شرایط سطحی از عوامل مهم و مؤثر در سرعت خوردگی هستند. دو راه حل برای جلوگیری از خوردگی اتمسفری وجود دارد. راه حل اول موقتی است و در مواقع حمل و نقل و انبار کردن قطعه به کار می‌رود و راه حل دوم دائمی می‌باشد.

۱-۱-۱-۲- نیروگاه گازی [۱۹ و ۲۰]

یکی از مهمترین مصرف‌کننده‌های گاز طبیعی، نیروگاه‌های تولید برق می‌باشند. این نیروگاه‌ها به نیروگاه گازی موسوم هستند. نیروگاه گازی نیروگاهی است که سیال عامل در آن هوا است و بر اساس سیکل برایتون کار می‌کند. نیروگاه گازی، همانطور که از نام آن پیداست، برخلاف نیروگاه بخاری فاقد دیگ بخار است و اکثراً با سوخت گاز و یا گازوئیل کار می‌کند. گاز داغ حاصل از احتراق این ماده‌ی سیال، مستقیماً به اتاق احتراق انتقال می‌یابد و در آنجا تبدیل به انرژی حرارتی می‌شود و با دمش آن به پره‌های توربین، به انرژی مکانیکی تبدیل و سپس با به حرکت در آوردن ژنراتور به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

مزایا و معایب توربین‌های گازی به قرار زیر است:

مزایا:

- واحد‌های گازی به خاطر حجم کوچک و ساده بودن نصب خیلی سریع نصب می‌شوند.

- واحدهای گازی بعد از استارت در عرض چند دقیقه (در حدود ده دقیقه) به مرحله‌ی باردهی می‌رسد که این زمان کوتاه، توربین گاز را قادر ساخته است که برای موقعیت‌های اضطراری و در مواقعی که ماکزیمم مصرف بق را در سیستم قدرت داریم مورد استفاده قرار بگیرند. در ضمن تغییر بار در این واحد سریع صورت می‌گیرد.
- قیمت و هزینه‌ی نصب واحدهای گازی پایین است.
- به علت سادگی ساختمان و کم بودن تعداد قسمت‌های کمکی و فرعی بهره برداری از آن آسان می‌باشد. در واحد‌های گازی امکان کنترل و بهره برداری در محل از راه دور میسر می‌باشد.
- میزان آلودگی محیط حاصل از این نیروگاه‌ها از نیروگاه‌های بخار با قدرت مشابه کمتر است.
- در توربین‌های گازی امکان استفاده از سوخت‌های مختلف و تعویض نوع سوخت در حال کار واحد به هنگام باردهی، قدرت مانور خوبی به واحد می‌دهد.

معایب:

- این واحدها به خاطر خارج کردن حرارت زیاد از آگروز و تشعشع مقداری گرما از جداره‌ی اتاق‌های احتراق دارای راندمان پایین می‌باشند.
- چون در واحدهای گازی از گاز طبیعی یا سوخت سبک استفاده می‌شود، لذا خرج جاری آن‌ها به علت سوخت گران قیمت آن بالا می‌باشد.

به طور کلی نیروگاه گازی از سه قسمت اصلی تشکیل می‌شود: کمپرسور، محفظه‌ی احتراق و توربین.

کمپرسور: هوا از محیط اطراف به داخل کمپرسور هدایت می‌شود و در کمپرسور، هوا از بین پره‌های ثابت و متحرک (روتور و کمپرسور) عبور کرده و فشرده می‌شود و از طریق یک مجرای خروجی از کمپرسور خارج شده و به محفظه‌ی احتراق می‌رود. **محفظه‌ی احتراق:** هوا و سوخت در محفظه‌ی احتراق با یکدیگر مخلوط شده و محترق می‌شوند و گازهایی با دمای بالا ایجاد می‌کند. از آنجا که در این توربین‌ها گاز حاصل از احتراق به شکل دیگری از انرژی تبدیل می‌شود و گاز داغ حاصل از احتراق به عنوان سیال حامل انرژی استفاده می‌شود به آن توربین گازی گفته می‌شود. از هوای خروجی کمپرسور فقط یک سوم با سوخت مخلوط می‌شود و بخشی از آن به اطراف محفظه‌ی احتراق جریان یافته و برای خنک نگه داشتن دیواره‌ها به کار می‌رود.

رود و بخشی از آن، قبل از اینکه گازهای داغ به قسمت توربین انتقال یابد با آن مخلوط می شود تا دمای آن به ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه ی کلوین برسد.

توربین: در توربین انرژی گاز داغ با فشار بالا که توسط کمپرسور و محفظه ی احتراق ایجاد شده است به انرژی مکانیکی تبدیل می شود. در واقع انبساط گاز و نیروی ضربه ی حاصل از برخورد گاز به پره های متحرک، توان توربین گازی را تامین می کند و از این توان دو سوم صرف فشرده شدن هوا می شود و بقیه صرف کارهای دیگری مانند تولید برق یا راندن مکانیکی می گردد.

علاوه بر موارد بالا، برای افزایش کارایی، توربین گازی ممکن است شامل کولرهای خنک کننده بین کمپرسور ها ، مبدلهای حرارتی بین توربین ها و مبدل های حرارتی برای گرم کردن هوای ورودی به محفظه ی احتراق باشد.

از آنجاکه امکان دارد به علت های مختلف کار تصفیه ی گاز به خوبی انجام نگیرد، موادی چون هیدروکربنها، آب، اسیدهای آلی و معدنی، نمکها، گازهایی مثل دی اکسید کربن و سولفید هیدروژن در مسیر گاز جریان یافته، که متعاقباً مشکلات حادی برای نیروگاهها بوجود می آورند. بررسی های به عمل آمده حاکی از آن است که عوامل اقلیمی و ورود ناخالصی ها همراه با اتمسفر محیط به واحدهای نیروگاه مهمترین عامل تخریب قطعات می باشد. با توجه به اینکه هوا پرمصرفترین ماده در واحدهای گازی به حساب می آید، اگر دارای مقادیر جزئی ناخالصی مضر باشد آنگاه با گذشت زمان قطعات توربین در معرض میزان قابل توجهی از این ناخالصی ها قرار خواهند گرفت، که با ورود به توربین منشاء صدماتی نظیر خوردگی داغ و خوردگی سایشی خواهد بود. قطعات مسیر داغ بطور مداوم در معرض سایش قرار دارند.

در طی فرایند احتراق توربینهای گازی، ناخالصی هایی چون سدیم، گوگرد، پتاسیم، کلر و وانادیم که از طریق هوای ورودی یا سوخت وارد سیستم احتراق می شوند، در فاز گازی ترکیباتی را تولید می کنند. اگر فشار بخار این ترکیبات بیشتر از نقطه ی شبنم آن در شرایط سرویس باشد، در محیط احتراق روی قطعات سردتر بشکل مایع رسوب می کنند. در نتیجه فیلمی از نمک مذاب مثل سولفات سدیم، وانادات سدیم و یا کلرید سدیم روی پره ها ایجاد می شود. در نتیجه پره ها مورد تهاجم قرار گرفته، تخریب می شوند که نوع فرایند و مکانیزم آن بستگی به نوع رسوب، نوع آلیاژ و نوع محیط اکسیدکننده ی گازی دارد. به این فرایند زوال اصطلاحاً خوردگی داغ اطلاق می گردد.

در ادامه انواع خوردگی در قسمت های مختلف نیروگاه های گازی مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۱-۱-۱-۲-۱- خوردگی کمپرسور

یکی از مهم ترین بخش های نیروگاه گازی کمپرسور می باشد. کمپرسور دستگاهی است که با افزایش فشار هوا، حجم سیستم را کاهش داده و هوا را با فشار تخلیه می کند. کمپرسور وظیفه‌ی جانبی دیگری نیز دارد و آن فراهم کردن هوا برای مصارف جانبی موتور می باشد. این مصارف شامل خنک کاری بخش های داغ توربین گاز، راه اندازی قسمت های نیوماتیکی و . . می باشد. بسته به نوع کاربرد، هوا ممکن است از مراحل ابتدایی تا انتهایی کمپرسور گرفته شود.

هوای ورودی به توربین های گازی به دلیل وجود ذرات آلاینده در آن سبب خوردگی و سایش می شود. وجود عناصر خوردنده مانند سدیم و پتاسیم در هوای ورودی و برخورد ذرات ریز بر روی پره های کمپرسور و توربین گازی مهم ترین دلیل کثیفی، سایش و خوردگی پره هاست. بنابراین خوردگی سایشی در پره های کمپرسور، خصوصا پره های ردیف اول، می تواند اتفاق بیافتد. به همین منظور برای کاهش اثرات خوردگی سایشی، در ساخت پره های کمپرسور از مواد مقاوم در برابر خوردگی سایشی استفاده می شود. هم چنین یکی دیگر از روش های کاهش این نوع خوردگی، استفاده از پوشش های مقاوم به خوردگی سایشی بر روی این پره ها می باشد.

۱-۱-۱-۲-۲-۱- خوردگی محفظه‌ی احتراق

فرایند احتراق در این بخش از نیروگاه گازی صورت می گیرد. هوای فشرده ای که از کمپرسور وارد این قسمت می شود، با افزودن سوخت محترق شده شتاب گرفته و دمای آن نیز افزایش می یابد. محفظه‌ی احتراق به طور کلی دارای دو لایه‌ی درونی و بیرونی است و دارای سه وظیفه‌ی زیر است:

- تهویه‌ی مخلوط مناسب هوا با سوخت

- سوزاندن این مخلوط با راندمان بالا

- تحویل گاز داغ به توربین با درجه حرارت مناسب

در محفظه‌ی احتراق به دلیل وجود درجه حرارت بالا و تنش های مکانیکی و حرارتی بالا امکان وقوع خوردگی داغ و

اکسیداسیون وجود دارد.

۱-۱-۱-۲-۳- خوردگی توربین گازی

با توجه به اینکه انرژی الکتریکی یکی از ضروری‌ترین و پرمصرف‌ترین نیازهای زندگی بشر می‌باشد، بنابراین هزینه‌ی الکتریسیته، اطمینان از عرضه‌ی آن و همچنین تاثیرات آن بر محیط اطراف، صنعت برق را به سمت استفاده از مواد بهتر برای ساخت قطعات مورد استفاده در قسمت تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی سوق داده‌است. یکی از روش‌های تولید انرژی الکتریکی، استفاده از توربین‌های گازی می‌باشد. توربین‌های گازی سیستم‌هایی هستند که به عنوان مبدل‌های انرژی در صنایع هوایی، سفینه‌های دریایی و نیروگاه‌های تولید برق استفاده می‌شوند و انرژی حرارتی را به انرژی حرکتی تبدیل می‌نمایند.

بر اساس تئوری‌های مهندسی مکانیکی، هرچه دمای گازها در این سیستم‌ها بالاتر باشد راندمان کاری بالاتر خواهد بود. از این رو، گرایش به افزایش کارایی این توربین‌ها منجر به طراحی‌های جدیدی شده‌است که پره‌های ردیف اول آنها در معرض دمای بسیار بالایی قرار می‌گیرند. به عنوان مثال افزایش دمای گاز ورودی به توربین از دمای 900°C به 1250°C ، با وجود ثابت نگه‌داشتن سوخت می‌تواند به افزایش ۳۰ درصدی انرژی خروجی توربین منجر شود. از طرفی افزایش دما مستلزم استفاده از مواد مقاوم‌تر می‌باشد. زیرا افزایش دما پدیده‌هایی همچون خوردگی دما بالا، خوردگی داغ و خزش را به همراه دارد. علاوه بر این اجزاء و قطعات توربین‌های گازی بایستی دارای خواص مقاومت به سایش و فرسایش و خستگی کافی باشند تا بتوانند عملکرد مناسبی داشته باشند. در بسیاری از موارد افزایش برخی از مواد و یا انجام گونه‌ای از عملیات‌ها گروهی از خواص لازم را برآورده می‌سازد، در حالی که از نقطه نظرهای دیگر مخرب می‌باشد. بنابراین بایستی اولویت‌ها در نظر گرفته شود و با اعمال تدابیری ویژه شیوه‌ای اتخاذ گردد که بهترین عملکرد ممکن حاصل آید.

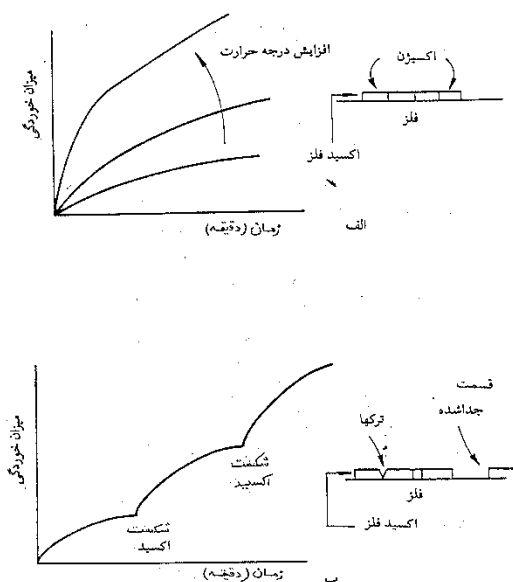
قطعات مورد استفاده در توربین‌های گازی خصوصاً پره‌ها که در تماس مستقیم با گازهای داغ هستند، در اثر عوامل تخریبی مختلفی از جمله سوخت مورد استفاده، شوک‌های حرارتی و شرایط محیطی آسیب می‌بینند. آسیب‌های وارده بصورت کاهش ضخامت و تضعیف فلز پایه بدلیل خوردگی داغ، اکسیداسیون، فرسایش و پوسته شدن و یا افت خواص مکانیکی در اثر نفوذ عوامل مضر بداخل زمینه آلیاژ بروز می‌کند.

در توربین‌های گازی و هم چنین محفظه‌ی احتراق که می‌توان از آن‌ها تحت عنوان، قطعات مسیر داغ یاد نمود، با توجه به شرایط کاری موجود اکسیداسیون و خوردگی داغ اتفاق می‌افتد که در ادامه به بررسی آن‌ها پرداخته خواهد شد.

الف- اکسیداسیون

ساده‌ترین نوع از بین رفتن یا تخریب، اکسیداسیون (یعنی واکنش با اکسیژن محیط) می‌باشد. در دماهای مورد نظر (650°C تا 1050°C) سوپراآلیاژهای پایه نیکلی (و پایه کبالتی) مورد استفاده در پره‌ها با اکسیژن اضافی موجود در جریان گاز داغ ترکیب شده و اکسیدهای فلزی در سطح قطعه تشکیل می‌گردد (شکل ۳-الف). سرعت اکسیداسیون با افزایش دما، افزایش می‌یابد و این حالت در محدوده 750°C تا 850°C شدیدتر است. با ادامه‌ی عمل اکسیداسیون فلز (زیر لایه اکسید)، ضخامت لایه‌ی اکسید افزایش یافته و سرعت خوردگی به مرور زمان کاهش می‌یابد. لایه اکسیدی بشرطی که ترک نخورد یا جدا نگردد قطعه را در برابر خوردگی بیشتر توسط گاز داغ محیط محافظت می‌کند. با اینحال اگر چنانچه خرد شدن یا ترکیدگی ایجاد شود در آنصورت به علت از بین رفتن "لایه محافظ" سرعت تخریب شدیداً افزایش می‌یابد (شکل ۳-ب).

شکل ۳- رفتار اکسیداسیونی: الف) اکسیداسیون محافظ ب) اکسیداسیون غیر محافظ [۲۰].



میزان حفاظت حاصله به نوع اکسید تشکیل شده و ترکیب شیمیایی زمینه بستگی دارد. ترکیبات اکسیدی که بیشترین حفاظت را می‌توانند انجام دهند عبارتند از: اکسید آلومینیوم (آلومینا Al_2O_3) و اکسید کروم (کرومیا Cr_2O_3). علاوه بر این در آلیاژهایی این اکسیدها به آسانی یافت می‌شود که مقدار کروم یا آلومینیوم بیشتری داشته باشند و یا بالعکس مقاومت در برابر خوردگی کمتر مربوط به آلیاژهایی است که میزان کروم یا آلومینیوم آنها پایین‌تر است.

اگر بتوان تدابیری بکار برد که چسبندگی اکسیدی که تشکیل می‌شود، بیشتر گردد در آنصورت مقاومت در برابر اکسیداسیون نیز بیشتر می‌شود. گروهی از عناصر وجود دارند (عناصر فعال) که چسبندگی اکسید و در نتیجه مقاومت در برابر اکسیداسیون را افزایش می‌دهند. عناصر اصلی این گروه یتیریم (Y) و هافنیم (Hf) می‌باشند اما عناصر دیگری مثل سیلیسیم (Si) و لانتانیم (La) نیز می‌باشند که جزو این گروه می‌باشند.

ب- خوردگی داغ

در یک محیط یا اتمسفر صنعتی، حالت اکسیداسیون ساده تنها بندرت پیش می‌آید. آلودگیهای مختلفی در سوخت و هوای ورودی وجود دارد که اهمیت زیادی از نقطه نظر تعیین شدت یورش‌های خوردگی دارند. این آلودگیها عبارتند از گوگرد، سدیم، پتاسیم، کلسیم، کلورها، وانادیم، سرب و کربن. اگر چه اشکال مختلفی از خوردگی ها وجود دارد، با اینحال بیشتر آنها مربوط به تشکیل رسوبات مذاب یا نیمه مذاب بر روی سطوح پره و یا به عبارتی ناشی از خوردگی داغ می باشد. این رسوبات در اثر واکنش‌های مابین ناخالصی‌ها و اکسیژن تشکیل می‌شوند. نمونه‌ای از این رسوبات سولفاتهای سدیم و پتاسیم می‌باشند. این نمکها خیلی خورنده هستند و اکسید محافظ سطح فلز را مورد حمله شیمیایی قرار می‌دهند. جدول ۲ ترکیبات احتمالی که در طول فرآیند احتراق می‌تواند تولید و باعث خوردگی داغ گردد به همراه نقطه‌ی ذوب آنها نشان می‌دهد. این امر منجر به سرعت‌های خیلی بالای خوردگی می‌شود که در بعضی شرایط این سرعت ممکن است با زمان افزایش یابد و مثل حالت اکسیداسیون با پوشش غیرمحافظ (شکل ۳-ب) خطی نیست.

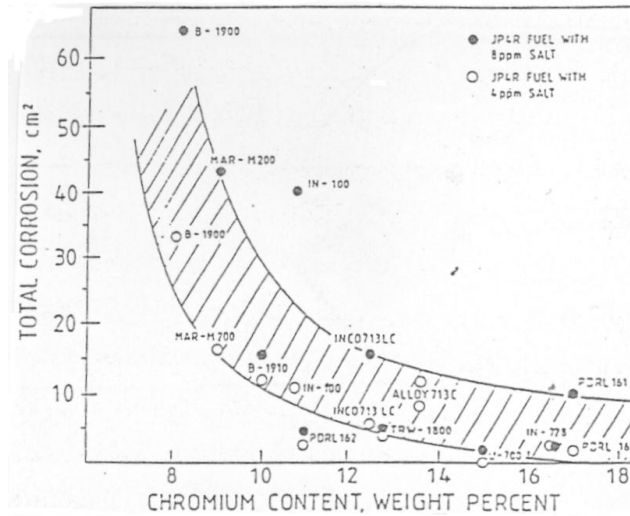
خوردگی داغ، خوردگی شتابدار تعریف می‌شود. این خوردگی ناشی از حضور آلوده کننده‌های نمکی مثل سولفات سدیم، کلرید سدیم و پنتاکسید وانادیوم می‌باشد. این رسوبات مذاب اکسیدهای سطحی محافظ را خراب می‌کنند.

اساساً شدت خوردگی و تهاجم به عوامل زیر بستگی دارد:

ترکیب شیمیایی آلیاژ: اگر چه ترکیب شیمیایی حائز اهمیت می‌باشد با اینحال یک رابطه قوی بین میزان کروم و مقاومت در برابر خوردگی وجود دارد (شکل ۴). این موضوع نیروی محرکه توسعه آلیاژهای کروم بالا برای توربین‌های گازی صنعتی بوده است.

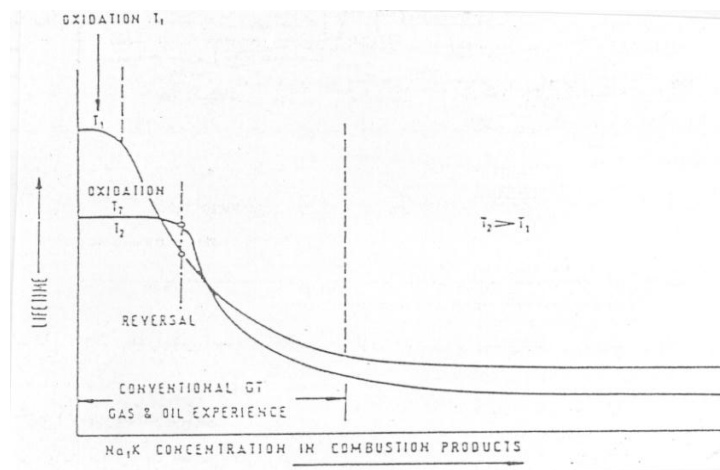
جدول ۲- ترکیبات احتمالی تولید شده در طول فرآیند احتراق به‌مراه نقطه ذوب آنها [۲۰]

SYSTEM	MELTING POINT deg. F. deg. C.		REMARKS
SULFATES			
Na ₂ SO ₄	1623	883	
K ₂ SO ₄	1969	1076	
Na ₂ SO ₄ -75%, K ₂ SO ₄ -25%	1530	832	
Al ₂ (SO ₄) ₃	1418	770	forms Al ₂ O ₃ & SO ₃
CaSO ₄	1642	894	
Na ₂ SO ₄ , K ₂ SO ₄ , Al ₂ (SO ₄) ₃	1030	554	
MgSO ₄	2055	1123	forms MgO & SO ₃
NiSO ₄	1544	840	forms NiO & SO ₃
Na ₂ S ₂ O ₇	752	400	
ZnSO ₄	1364	740	forms ZnO & SO ₃
OXIDES			
Al ₂ O ₃	3722	2050	
CaO	4660	2571	
Fe ₂ O ₃	2849	1565	
MgO	4532	2500	
NiO	3794	2040	
SiO ₂	3128	1720	
ZnO	>3270	>1800	
V ₂ O ₃	3578	1970	
V ₂ O ₄	3578	1970	
V ₂ O ₅	1247	675	
CHLORIDES			
FeCl ₃	540	282	
NaCl	1472	800	
KCl	1429	776	
CaCl ₂	1409	765	
VANADATES			
Na ₂ O-V ₂ O ₅	1166	630	
Na ₂ O-3V ₂ O ₅	1235	668	
Na ₂ O-6V ₂ O ₅	1295	702	
2Na ₂ O-V ₂ O ₅	1184	640	
2Na ₂ O-3V ₂ O ₅	1049	565	
3Na ₂ O-V ₂ O ₅	1562	850	
Na ₂ O-V ₂ O ₄ -5V ₂ O ₅	1157	625	
5Na ₂ O-V ₂ O ₄ -11V ₂ O ₅	995	535	
2NiO-V ₂ O ₅	>1625	>900	
3NiO-V ₂ O ₅	>1625	>900	



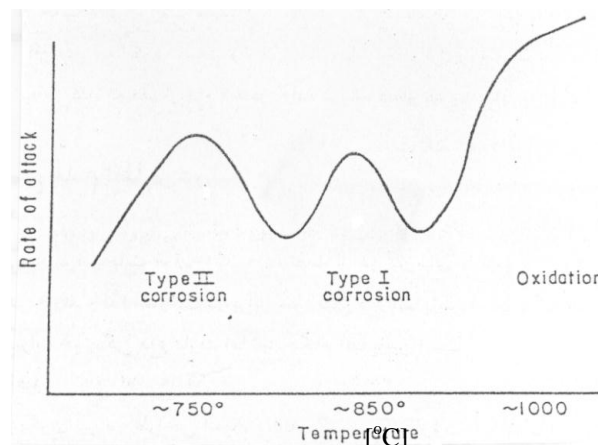
شکل ۴- حساسیت در برابر خوردگی بر حسب میزان کروم [۲۰].

میزان آلودگی: عموماً با افزایش میزان آلودگی، سرعت خوردگی افزایش می‌یابد (شکل ۵)، اگر چه عموماً به یک حد اشباع می‌رسد و بالاتر از آن با افزایش میزان مواد خورنده افزایش کمی در سرعت خوردگی ایجاد خواهد شد (وقتیکه کل سطح با مواد خورنده پوشانیده شده باشد اضافه کردن بیشتر مواد تأثیری در وضعیت نخواهد داشت). بیشتر مشخصاتی که در رابطه با سوخت مصرفی توربین ارائه می‌گردد میزان $Na+K$ را به کمتر از حدود ۱ ppm محدود می‌کند. مقدار گوگرد می‌تواند خیلی بیشتر باشد (بعنوان مثال تا ۱٪ در سوخت). مقدار گوگرد در سوختها بیش از مقداری است که برای ترکیب با تمام آلودگیهای موجود و تشکیل سولفات ها لازم می‌باشد.



شکل ۵- تاثیر میزان سدیم و پتاسیم سوخت بر روی عمر قطعات داغ [۲۰].

دما: بعلت تغییر نوع مکانیزم خوردگی با دما، سرعت خوردگی نسبت به درجه حرارت حساس می‌باشد. محققین معمولاً خوردگی داغ را به دو صورت خوردگی داغ دمای بالا (خوردگی داغ نوع I) و خوردگی داغ دمای پایین (خوردگی داغ نوع II) نامگذاری کرده‌اند. این تقسیم بندی بر اساس دمای کاری و نیز مورفولوژی محصولات خوردگی انجام شده است.



شکل ۶- سرعت خوردگی بر حسب دما [۲۰].

میزان تغییرات سیکلی درجه حرارت: نوسانات حرارت باعث ایجاد کرنش های سیکلی در آلیاژ و لایه اکسیدی آن می‌شود. این امر موجب ترک خوردن یا جدا شدن لایه‌ی اکسید شده و فلز زیرین را در معرض اتمسفر قرار می‌دهد و در نتیجه تهاجم جدید آغاز می‌شود و سرعت کلی تهاجم افزایش می‌یابد.

همانگونه که گفته شد، خوردگی داغ اغلب به دو گونه حمله تقسیم می‌شود، نوع اول (خوردگی داغ دمای بالا) و نوع دوم (خوردگی داغ دمای پایین).

خوردگی داغ نوع اول: این نوع خوردگی که از سال ۱۹۵۰ شناخته شده است، یک نوع اکسیداسیون سریع است که در دماهای بالاتر از نقطه‌ی ذوب سولفات سدیم (۸۴۴ °C) رخ می‌دهد و عمدتاً دامنه‌ی دمایی آن ۸۰۰-۱۰۰۰ °C می‌باشد و در

حضور نمک‌های قلیایی و به خصوص نمک سولفات سدیم صورت می‌گیرد. به طوریکه با متراکم شدن مذاب نمک فلزات قلیایی بر روی سطح قطعه، لایه‌ی محافظ سطحی ایجاد شده در سطح پوشش یا آلیاژ زمینه‌ی پره، توسط نمک مذاب مورد تهاجم قرار گرفته و خوردگی شروع می‌شود. یک چرخه‌ی پی در پی واکنش‌های شیمیایی اتفاق می‌افتد. در ابتدا حمله به فیلم اکسیدی محافظ و فقیر کردن فلز پایه از عنصر کروم انجام می‌گیرد. با تهی شدن کروم، اکسیداسیون فلز پایه شتاب می‌گیرد و پوسته‌ی متخلخل شروع به تشکیل شدن می‌کند. به علت پایداری ترمودینامیکی، نمک غالب در این خوردگی سولفات سدیم است. عنصر Na در آلودگی‌های اتمسفر صنعتی و مواد آتشفشانی و نیز سوخت وجود دارد. نمک سولفات سدیم می‌تواند در حین احتراق از گوگرد و سدیم تشکیل شود. ناخالصی‌های دیگر چه در سوخت و چه در هوا، مثل وانادیوم، فسفر، سرب و کلر می‌توانند با سولفات سدیم ترکیب شده و مخلوطی از نمک‌های با دمای ذوب پایین تشکیل دهند و بدین ترتیب دامنه‌ی حمله را گسترش دهند. به عنوان مثال، نقطه‌ی ذوب سولفات سدیم (884°C) با افزودن کلرید سدیم پایین می‌آید، زیرا یک مخلوط یوتکتیک با نقطه ذوب 619°C تشکیل می‌شود. سولفات پتاسیم در رابطه با این نوع خوردگی مشابه سولفات سدیم عمل می‌کند. بنابراین تعریف فلزات قلیایی در سوخت یا هوا اغلب به معنی مجموع مقدار سدیم و پتانسیل است.

وانادیوم اغلب یک آلودگی غیر قابل اجتناب در سوخت‌های مایع می‌باشد. وقتی رسوبات حاوی وانادیوم سازه را در یک محیط دما بالا می‌پوشانند، خوردگی داغ شتاب یافته رخ می‌دهد. فازهای مایع بسیار خوردنده‌ی وانادیوم می‌توانند در دماهایی به کمی 535°C شکل بگیرند که بستگی به نسبت میان سدیم و وانادیوم دارد. علاوه بر دمای ذوب نسبتاً پایین این مواد، ترکیبات وانادیوم وقتی با سولفات سدیم مخلوط می‌شوند حلالیت اکسید را افزایش می‌دهند. آلیاژهای پایه نیکل بیش از آلیاژهای پایه کبالت به این نوع خوردگی حساسیت دارند.

خوردگی داغ نوع دوم: خوردگی داغ دمای پایین در اواسط دهه‌ی ۱۹۷۰ به عنوان یک مکانیزم جداگانه‌ی حمله‌ی خوردگی در نظر گرفته شد. اگر شرایط مناسب باشد حمله‌ی ناشی از این نوع خوردگی خیلی شدید است. این خوردگی که موجب ایجاد حفره می‌شود، عمدتاً در دماهای بین 800°C - 600°C اتفاق می‌افتد و نیاز به یک فشار جزئی قابل توجه از گاز SO_3 دارد. این حمله در نتیجه‌ی تشکیل ترکیبات یوتکتیک با دمای ذوب پایین می‌باشد. این ترکیبات از ترکیب شدن سولفات سدیم و بعضی عناصر تشکیل‌دهنده‌ی آلیاژ مثل نیکل و کبالت بوجود می‌آیند.

به نظر می‌رسد که میزان حمله به مقدار ترکیب نمک‌های حاضر مربوط می‌شود که این ترکیب توسط فشار SO_3 زیاد پایدار می‌شود. نسبت تعادلی PSO_3/PSO_2 با کاهش دما افزایش می‌یابد و پذیرفته شده است که این دلیلی برای سرعت‌های زیاد خوردگی در دمای پایین می‌باشد. در توربین‌های گازی دریایی بیشتر زمان کارکرد در شرایط دریایی می‌باشد که منجر به یک دمای نسبتاً پایین در محفظه احتراق و از این رو فشار زیاد SO_3 می‌شود. علاوه بر این نسبت SO_3/SO_2 تعادلی به میزان زیادی به حضور کاتالیست‌هایی بستگی دارد که ممکن است در شرایط کاری وجود داشته باشند. طبیعت موضعی حمله مربوط به شکست موضعی پوسته است که ناشی از حمله‌ی کلریدها به آن مواضع، سیکل‌های حرارتی و یا سایش می‌باشد. بنابراین مقدار کلر زیاد در این محیط می‌تواند به تشدید خوردگی کمک کند.

۱-۱-۱-۳- نیروگاه آبی [۲۱-۲۳]

نیروگاه‌های آبی انرژی ذخیره شده‌ی آب در ارتفاع بالا را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. در حقیقت در این نیروگاه هیدروالکتریک یا تولید انرژی الکتریکی از انرژی پتانسیل گرانشی آب، انجام می‌گیرد که در آن با استفاده از نگه داشتن آب پشت یک سد و افزایش انرژی پتانسیل آن، از این انرژی پتانسیل برای تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. در این فرایند از توربین‌های آبی برای انتقال انرژی آب به مولدها استفاده می‌شود.

نیروی برق آبی یا هیدروالکتریسیته اصطلاحی است که به انرژی الکتریکی تولیدی از نیروی آب اطلاق می‌شود. در سال ۲۰۰۳ هیدروالکتریسیته چیزی در حدود ۶۳٪ از انرژی الکتریکی تولیدی از منابع تجدیدپذیر را شامل می‌شد که این عدد در سال ۲۰۰۸ به ۸۶/۳۱٪ رسیده است. بنابراین مشاهده می‌شود که میزان انرژی الکتریکی تولیدی از نیروی آب در حال افزایش است.

مزایای نیروگاه آبی عبارتند از:

- ۱- ساختمان آن ساده و مقاوم بوده و نیاز به نگهداری کمتری دارد.
- ۲- نسبت به تغییرات بار پاسخ مناسبی می‌دهد.
- ۳- سریعاً وارد مدار می‌شود.
- ۴- در حالت آماده به کار، دارای تلفات نیستند.

۵- برای ساخت آن نیاز به متخصصین زیادی است اما در نگهداری آن تعداد بسیار کمی لازم است.

۶- نیاز به سوخت ندارد.

۷- راندمان آن نسبت به زمان کاهش نمی‌یابد.

۸- سازگار با محیط زیست بوده و آلودگی محیطی ایجاد نمی‌نماید.

از معایب نیروگاه آبی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- هزینه ساخت نیروگاه بالا می‌باشد.

۲- هزینه خطوط انتقال در آن زیاد است.

۳- پروژه‌های احداث سد معمولاً با تغییرات زیادی در اکوسیستم منطقه‌ی احداث سد همراه هستند.

بیشتر نیروگاه‌های آبی انرژی مورد نیاز خود را از انرژی پتانسیل آب پشت یک سد تامین می‌کنند. در این حالت انرژی تولیدی از آب به حجم آب پشت سد و اختلاف ارتفاع بین منبع و محل خروج آب سد وابسته است. در واقع میزان انرژی پتانسیل آب با ارتفاع فشاری آن متناسب است. برای افزایش فاصله یا ارتفاع فشاری، آب معمولاً برای رسیدن به توربین آبی فاصله زیادی را در یک لوله بزرگ طی می‌کند.

نیروگاه آب تلمبه‌ای: نوعی دیگر از نیروگاه آبی است. وظیفه‌ی یک نیروگاه آب تلمبه‌ای پشتیبانی شبکه‌ی الکتریکی در ساعات اوج مصرف (ساعات پیک) است. این نیروگاه تنها آب را در ساعات مختلف بین دو سطح جابجا می‌کند. در ساعاتی که تقاضا برای انرژی الکتریکی پایین است، با پمپ کردن آب به یک منبع مرتفع انرژی الکتریکی را به انرژی پتانسیل گرانشی تبدیل می‌کند. در زمان اوج مصرف آب دوباره از مخزن به سمت پایین جاری می‌شود و با چرخاندن توربین آبی موجب تولید برق و رفع نیاز شبکه می‌گردد. این نیروگاه‌ها با ایجاد تعادل در ساعات مختلف موجب بهبود ضریب بار شبکه و کاهش هزینه‌های تولید انرژی الکتریکی می‌شوند.

نیروگاه‌های جزر و مدی: از دیگر انواع نیروگاه‌های آبی می‌توان به نیروگاه‌های جزر و مدی اشاره کرد. همانطور که از نام این نیروگاه‌های مشخص است این نیروگاه‌ها نیروی مورد نیاز خود را از اختلاف ارتفاع آب در بین شبانه روز تامین می‌کنند.

منابع در این دسته از نیروگاه‌ها نسبت به بقیه کاملاً قابل پیشبینی هستند. این نیروگاه‌ها همچنین می‌توانند در مواقع اوج مصرف به عنوان پشتیبان شبکه عمل کنند.

برخی نیروگاه‌های آبی که تعداد آنها زیاد هم نیست از انرژی جنبشی آب جاری استفاده می‌کنند. در این دسته از نیروگاه‌ها نیازی به احداث سد نیست. توربین این نیروگاه‌ها شبیه یک چرخ آبی عمل می‌کند. این نوع استفاده از انرژی شاخه نسبتاً جدیدی از علم جنبش مایعات است.

توربین‌های آبی را می‌توان مطابق معیارهای زیر طبقه‌بندی نمود.

۱- طبقه بندی براساس نوع جریان آب

الف) توربین‌های جریان محوری (جریان آب در طول محور) Kaplan , Propeller

ب) توربین‌های جریان شعاعی (جریان آب در امتداد شعاع) Francis

پ) توربین‌های جریان مماسی (جریان آب در جهت مماس) Pelton

ت) توربین‌های ترکیبی ورودی شعاعی - خروجی محوری Francis

۲- طبقه بندی براساس عمل سیال

الف) توربین‌های ضربه ای به صورت Pelton ساخته می‌شوند که در آن انرژی حاصل از فشار آب در وهله‌ی اول به انرژی جنبشی تبدیل شده و سپس آب در فشار اتمسفری پره‌های توربین را می‌چرخاند.

ب) توربین‌های واکنشی به صورت Francis, Propeller, Kaplan ساخته می‌شوند. در این حالت قبل از آن که آب به پره‌ها برخورد کند در اثر نیروی واکنشی تنها قسمتی از انرژی آب به انرژی مکانیکی و الکتریکی تبدیل می‌شود.

۱-۱-۱-۳-۱- انواع خوردگی در نیروگاه آبی

انواع خوردگی که اغلب نیروگاه‌های آبی با آن‌ها مواجه می‌شوند عبارتند از:

- خوردگی یکنواخت

- خوردگی حفره ای

- خوردگی شیاری
 - خوردگی فرسایشی و کاویتاسیون
 - خوردگی تنشی
 - خوردگی گالوانیک
- تجهیزات حساس به خوردگی توربین های آبی عبارتند از:
- محفظه های سطحی^۱
 - پره های توربین
 - درافت تیوب^۲
 - دریچه های هدایت کننده^۳
 - رانر^۴
 - نازل ها

۱-۱-۱-۴- نیروگاه های تولید برق توسط منابع انرژی تجدید پذیر [۲۳]

این نیروگاه ها نیروگاه هایی هستند که با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، برق تولید می نمایند. از انواع این نیروگاه ها می توان به نیروگاه بادی، نیروگاه خورشیدی و نیروگاه زمین گرمایی اشاره کرد. در سال های اخیر با توجه به رو به اتمام بودن منابع انرژی تجدید پذیر، استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در نیروگاه ها مورد توجه قرار گرفته است.

یک نیروگاه بادی مجموعه ای از چند توربین بادی است که در یک مکان قرار گرفته اند. در این نیروگاه ها از توربین بادی برای تبدیل انرژی جنبشی باد به انرژی مکانیکی استفاده می شود. این توان مکانیکی از طریق شفت به ژنراتور انتقال پیدا کرده و در نهایت انرژی الکتریکی تولید می شود.

1 - Buket

2 - Darft Tube

3 - Guide Vanes

4 - Runner

در نیروگاه خورشیدی نیز انرژی خورشیدی به انرژی الکتریسیته تبدیل می‌شود. انرژی خورشیدی منحصر به فرد ترین منبع انرژی تجدید پذیر در جهان است و منبع اصلی تمام انرژی های موجود در جهان می باشد. تبدیل مستقیم پرتوهای خورشیدی به انرژی الکتریسیته به وسیله تجهیزات به نام فتو ولتائیک انجام می‌گیرد.

در نیروگاه زمین گرمایی، انرژی موجود در زمین به انرژی الکتریسیته تبدیل می‌شود. به وسیله یک سیال مانند بخار یا آب داغ یا هردو می توان حرارت موجود در زمین را به سطح زمین منتقل نمود و این انرژی گرمایی در سطح زمین برای تولید برق مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۱-۱-۲- بررسی انواع خوردگی در تجهیزات توزیع و انتقال برق [۲۴-۲۸]

احداث نیروگاه‌های جدید و گسترش روز افزون شبکه‌های توزیع، لزوم مطالعه و بررسی عوامل مخرب در قابلیت کاری تجهیزات و جلوگیری از کاهش عمر آنها را دوچندان می‌سازد. آلودگی‌های محیطی و صنعتی نقشی مهم و اساسی در تشدید این تخریب‌ها دارند. این آلودگی‌ها می‌توانند موجب بروز انواع خوردگی در تجهیزات شوند. از طرفی شرایط اقلیمی و وجود مناطقی با سرمای قطبی تا گرمای سوزان، وجود مناطق کوهستانی و دشت و نیز وجود مناطقی با رطوبت بسیار تا مناطق خشک و کویری و اثرات این شرایط بر عملکرد عوامل خورنده، لزوم مطالعه‌ی خوردگی تجهیزات مورد استفاده در بخش‌های انتقال و توزیع برق را مشخص می‌نماید.

آلودگی‌های موجود در شهرها و مناطق صنعتی، آلودگی‌های صحرائی، آلودگی‌های ساحلی و ترکیب بعضی از این آلودگی‌ها در برخی از موارد یکی از عوامل موثر در کاهش قابلیت اطمینان عناصر و تجهیزات خطوط انتقال و توزیع برق می‌باشد. این آلودگی‌ها در شرایط عادی بتدریج روی قسمت‌های مختلف خطوط رسوب نموده و موجب ایجاد تغییرات و یا ترکیباتی می‌گردند که نهایتاً منجر به افت مشخصات الکتریکی و مکانیکی تجهیزات شده و یا در شرایط بارش باران حل شده و بصورت باران‌های اسیدی باعث حفره‌دار شدن آنها می‌گردد. در هر صورت علیرغم وجود انواع آلودگی و عوامل خورنده‌ی محیطی، می‌توان روش‌های حفاظتی مناسب را متناسب با نوع تجهیزات و شرایط محیطی و با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی به قسمی در رابطه با مراحل مختلف طراحی، انتخاب تجهیزات، ساخت، حمل، نصب و بهره‌برداری عناصر خطوط انجام داد که متضمن افزایش عمر تجهیزات باشد.

خوردگی اتمسفری، مدفون، بیولوژیکی و خوردگی گالوانیکی متداولترین انواع خوردگی و تخریب در تجهیزات پست‌های توزیع و انتقال هستند که در ادامه به بررسی آنها پرداخته خواهد شد.

خوردگی اتمسفری: یکی از مشکلات عمده‌ی صنعت برق، خوردگی اتمسفری در تاسیسات و تجهیزات قسمتهای انتقال و توزیع می‌باشد که موجب وارد آمدن خسارات عظیم مالی به صنعت برق کشور می‌گردد. این خسارتهای شامل تعمیر و تعویض قطعات خورده شده و عدم بهره‌دهی مناسب می‌باشد. خوردگی اتمسفری از نظر هزینه و تناژ به تنهایی از هر نوع محیط خورنده‌ی دیگری، بیشتر باعث انهام می‌شود.

خوردگی اتمسفری به عنوان یکی از انواع خوردگی مواد در معرض هوا و آلاینده‌های همراه آن، سبب ایجاد خسارتهای فراوان به تجهیزات مختلف می‌گردد. متغیرهای اتمسفری نظیر درجه حرارت، شرایط آب و هوایی، شکل ظاهری سطح، شرایط سطحی و زمان ترشوندگی به همراه شرایط جغرافیایی و میزان آلودگی اتمسفر از جمله فاکتورهای مهمی می‌باشند که بر روی نرخ این نوع خوردگی اثر دارند. مقاومت مواد مختلف بویژه فلزات که در معرض محیط خورنده قرار می‌گیرند، بستگی به خواص حفاظت‌کنندگی فیلم سطحی تشکیل شده بر روی فلز یا آلیاژ دارد، که بعنوان عامل سد فیزیکی در برابر عامل خورنده عمل می‌نمایند.

به طور کلی فرآیندهای خوردگی را می‌توان به دو دسته‌ی خوردگی شیمیایی و خوردگی الکتروشیمیایی دسته بندی کرد. واکنش فلزات با هوای خشک یا اکسیژن در طبقه‌ی خوردگی شیمیایی قرار می‌گیرد. همچنین اکسیداسیون دمای بالا و کدر شدن فلزاتی نظیر مس، نقره و غیره در این دسته قرار دارند. مورد اخیر همچنین به صورت یک فرآیند الکتروشیمیایی که با نفوذ اکسیژن به سمت داخل و یون‌های فلز به سمت خارج لایه‌ی اکسیدی همراه است، در نظر گرفته می‌شود.

خوردگی الکتروشیمیایی در حضور الکترولیت اتفاق می‌افتد. واکنش در فصل مشترک فلز- محلول انجام می‌گیرد و با ایجاد مناطق آندی و کاتدی موضعی روی سطح فلز همراه است.

بسیاری از تجهیزات که در معرض اتمسفر واقع می‌شوند در مراحل ساخت و یا بعد از نصب تحت عملیات پوشش‌دهی واقع می‌شوند که معمولترین آن گالوانیزاسیون می‌باشد. تحقیقات صورت گرفته نشان داده است که عمر پوشش نازکی از فلز روی (Zn) به ضخامت $30\mu\text{m}$ در محیط‌های روستایی و کشاورزی در حدود ۱۱ سال یا بیشتر و در محیط‌های دریایی در حدود ۸

سال و در محیط‌های شدیداً دریایی نزدیک به خط استوا به کمتر از این مقادیر می‌رسد و چنانچه محیط‌های صنعتی نیز وجود داشته باشد، عمر متوسط پوشش به حدود ۴ سال کاهش می‌یابد. در پوشش‌های گالوانیزه پدیده‌ی خوردگی بصورت زنگ سفید رنگ در اثر باقیماندن لکه‌ی رطوبت بر روی تجهیزات بوجود می‌آید که یک مشکل جهانی محسوب می‌گردد. این مسئله نه تنها باعث از بین رفتن پوشش محافظ روی (Zn) می‌شود، بلکه زمینه را برای بوجود آوردن خوردگی‌های بعدی نظیر حفره‌دار شدن و ایجاد پدیده‌ی زنگ زدگی قرمز رنگ که در آن فلز پایه فولادی مورد تهاجم قرار می‌گیرد، فراهم می‌نماید.

آب، اکسیژن، کلریدها و گازهای آلوده کننده بویژه گازهای اسیدی نظیر SO_2 و اکسیدهای نیتروژن که عمدتاً از مراکز صنعتی و یا در اثر احتراق سوخت‌های فسیلی به اتمسفر وارد می‌شوند خوردگی فلزات را تسریع می‌کند. واکنش کاتدی اصلی در خوردگی اتمسفری، احیای اکسیژن می‌باشد که در اثر تشکیل یک فیلم الکترولیت روی سطح اتفاق می‌افتد و رابطه‌ی نزدیکی با تجزیه‌ی فلز در آند و تشکیل محصولات خوردگی دارد.

خوردگی اتمسفری تنها شامل فلزات و یا آلیاژهای مختلف نمی‌شود، بلکه هر سازه‌ای که در معرض اتمسفر واقع گردد می‌تواند تحت تأثیر خوردگی اتمسفری قرار گیرد. بعنوان مثال در سازه‌های بتنی این نوع خوردگی یکی از مخرب‌ترین انواع خوردگی می‌باشد که میزان خسارات ناشی از آن قسمت بزرگی از مشکلات خوردگی را در برمی‌گیرد.

خوردگی اتمسفری بستگی به مشخصه‌های هوا و منطقه دارد که مهمترین آنها عبارتند از:

- میزان رطوبت هوا؛ زیرا خوردگی الکتروشیمیایی نیازمند تشکیل فیلم رطوبت (الکترولیت) روی سطح فلز می‌باشد.
- متغیرهای اتمسفری نظیر دما، سرعت و جهت وزش باد، وجود عایق بر روی سطح فلز و ...
- ترکیبات شیمیایی اتمسفری نظیر کلریدهای معلق در محیط‌های دریایی و SO_2 در محیط‌های صنعتی.

مجموعه‌ای یا بخشی از این عوامل میزان مخرب بودن اتمسفر را نشان می‌دهد.

خوردگی اتمسفری را می‌توان به صورت خشک، مرطوب و تر طبقه بندی کرد. اکسیداسیون خشک در مورد فلزاتی در اتمسفر اتفاق می‌افتد که انرژی آزاد تشکیل اکسید آنها منفی باشد. محصولات ناشی از خوردگی مرطوب در میزان رطوبت بحرانی ایجاد می‌شوند (معمولاً در اثر جذب مولکول‌های آب) در حالی که خوردگی تر با شبنم، پاشش از دریا، آب باران و سایر فرم‌های پاشیدن آب مرتبط است.

محیط‌های خوردنده به صورت روستایی، شهری، صنعتی و دریایی، یا ترکیبی از این محیط‌ها طبقه بندی می‌گردند. این اتمسفرهای خوردنده به صورت زیر توضیح داده می‌شوند.

روستایی: محیط‌های روستایی معمولاً عاری از عوامل مهاجم هستند (نرخ رسوب SO_2 و NaCl پایین تر از $\text{mg/m}^2.\text{day}$ است). خوردنده‌های اصلی عبارتند از رطوبت، مقادیر جزئی اکسیدهای گوگرد (SO_x) و دی اکسید کربن (CO_2) ناشی از مواد سوختی. آمونیاک (NH_3) ناشی از تجزیه‌ی کود مورد استفاده در کشاورزی نیز ممکن است به وجود بیاید. زنگ زدن زمانی مشاهده می‌شود که رطوبت نسبی از مقدار مشخصی تجاوز کند. این مقدار در هوای پاک حدود ۷۰٪ است. محیط‌های روستایی معمولاً باعث ایجاد خسارت در فلزات نمی‌شوند. به طور کلی این نوع اتمسفر کمترین میزان خوردگی را داراست و معمولاً حاوی آلاینده‌های شیمیایی نیست اما شامل ذرات آلی و غیرآلی است.

شهری: در جایکه فعالیت صنعتی کمی صورت می‌گیرد اتمسفر شهری مشابه اتمسفر روستایی است. مشخصه‌ی این مناطق آلودگی ناشی از SO_x و NO_x تولید شده توسط موتور خودروها و احتراق سوخت برای مصارف خانگی است که به همراه شبنم یا مه باعث ایجاد محیط بسیار خوردنده می‌شود (نرخ رسوب SO_2 بیش از $\text{mg/m}^2.\text{day}$ ۱۵ و نرخ رسوب NaCl کمتر از این مقدار است).

صنعتی: مهمترین عامل خوردگی در محیط‌های صنعتی اکسیدهای گوگرد (SO_x) و اکسیدهای نیتروژن (NO_x) تولید شده در اثر احتراق سوخت‌های مربوط به حرکت وسایل نقلیه و سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌هاست. رطوبت نسبی بحرانی، که در مقادیر بالاتر از آن فلز خورده می‌شود، زمانی که آلاینده‌ها روی سطح رسوب می‌کنند حدود ۶۰٪ است. خوردگی این محیط‌ها همچنین به غلظت کلریدها، فسفات‌ها، سولفات هیدروژن، آمونیاک و نمک‌ها بستگی دارد.

دریایی: خوردگی محیط‌های دریایی به توپوگرافی ساحل، حرکت موج، بادهای غالب و رطوبت نسبی بستگی دارد. خوردگی با افزایش فاصله از دریا به سرعت کاهش می‌یابد. طوفان‌های شدید قادرند نمک‌ها را تا ۱۵ کیلومتر به داخل خشکی انتقال دهند. نمک در اثر مه دریایی و وزش باد حامل نمک روی سطح فولاد رسوب می‌کند. این امر سبب خوردگی شدید در رطوبت نسبی بالای ۵۵٪ می‌شود. مشخصه‌ی این نوع محیط‌ها قرار گرفتن در مجاورت دریا و هوای مملو از نمک است که

می‌تواند سبب خوردگی بسیار شدید در بسیاری از مواد ساختمانی شود، خوردگی گالوانیک را افزایش دهد و تخریب پوشش‌های محافظ را شتاب بخشد. عامل اصلی خوردگی در محیط‌های دریایی یون کلرید (Cl⁻) است که از کلرید سدیم مشتق می‌شود.

خوردگی مدفون: خوردگی فلزات عمدتاً ناشی از واکنش‌های الکتروشیمیایی است که از یک جریان الکتریکی مابین بخشی از فلز و رطوبت موجود در محیط ناشی می‌شود. جریان الکتریکی ممکن است، منشاء خارجی داشته باشد، نظیر جریانهای الکتریکی سرگردان، یا ممکن است از پیل‌های موضعی که در سطح فلزی که در محیط واقع شده است تشکیل می‌گردند، ناشی شود. با اینحال واکنش شیمیایی بین یک عامل خورنده با فلز یا خوردگی ناشی از باکتری‌ها نیز می‌توانند در خوردگی مدفون نقش مهمی را ایفا نمایند.

مقدار خوردگی ناشی از یک خوردگی الکترولیتی به مقدار جریان و معادل الکتروشیمیایی فلز بستگی دارد. سرعت خوردگی با تغییر دانسیته‌ی جریان تغییر می‌کند. هرچه دانسیته‌ی جریان بیشتر باشد، خوردگی ناشی از آن نیز بیشتر خواهد بود.

خوردگی در پوشش سربی کابل‌های انتقال که در زمین مدفون می‌باشند، عموماً ناشی از الکترولیز است. حفره‌هایی که در نتیجه‌ی این نوع خوردگی تشکیل می‌شوند هم می‌توانند از خوردگی ناشی از جریان‌های سرگردان نتیجه شوند و هم می‌توانند ناشی از تشکیل پیل‌های موضعی باشند. با مشاهده‌ی یک حفره به دقت نمی‌توان تعیین کرد که خوردگی آن ناشی از کدام عامل است و برای این تشخیص بهتر است به شرایط عملکرد و محیط کار قطعه یا تجهیزات توجه کرد.

یکی دیگر از عوامل خوردگی تجهیزات مدفون، تشکیل پیل‌های غلظتی ناشی از واکنش بین فلز با محیط‌های خورنده است. این پیل‌ها معمولاً متفاوت بوده و نیز محیط‌های خورنده غالباً دارای اختلاف در غلظت می‌باشند. به این ترتیب هنگامی که لوله‌ها یا کابل‌ها یا تجهیزات مدفون دیگر در تماس با خاک‌های مختلف قرار می‌گیرند و یا هنگامی که در خاکی که درصد نمک و رطوبت آن متغیر است قرار می‌گیرند، پیل‌های غلظتی در سطح آن‌ها تشکیل می‌گردد. هنگامی که خاک دارای ماهیتی غیر یکنواخت است، شرایط جهت وقوع این نوع خوردگی بسیار مناسب خواهد بود. برای مثال هنگامی که کابلی از منطقه‌ای با خاک طبیعی به منطقه‌ای با خاک دستی می‌رود در فصل مشترک خاک‌ها با نزدیک به آن می‌تواند تحت خوردگی ناشی از تشکیل پیل‌های غلظتی قرار گیرد. به این ترتیب قسمتی از کابل که در زمین خاکی-ماسه‌ای قرار گرفته نقش کاتد را داشته و قسمتی که در زمین خاکی-رسی یا خاک مرطوب قرار می‌گیرد، نقش آند را خواهد داشت.

خوردگی بیولوژیکی: همانطور که در بخش‌های قبلی نیز بیان شد، انهدام یا از بین رفتن تجهیزات به وسیله‌ی فرایندهای خوردگی که به طور مستقیم در نتیجه‌ی فعالیت موجودات جاندار ایجاد می‌شود را خوردگی بیولوژیکی می‌گویند. این موجودات شامل انواع میکروسکوپی مانند باکتری‌ها و انواع ماکروسکوپی مثل جلبک‌ها یا سایر جانداران است. فعالیت‌های بیولوژیکی ممکن است بر خوردگی در محیط‌های مختلف نظیر خاک، آب طبیعی، آب دریا، محصولات نفتی و مایعات روغنکاری تاثیر بگذارند. به روش‌های زیر این موجودات می‌توانند بر رفتار خوردگی موثر باشند:

۱- با تاثیر مستقیم بر واکنش‌های آندی و کاتدی

۲- با تاثیر بر پوسته‌های محافظ سطحی

۳- با وجود آوردن محیط‌های خوردنده

۴- با تولید رسوبات

بسته به نوع محیط و اجزاء بیولوژیکی آن، این اثرات ممکن است تک تک یا همراه با یکدیگر صورت بگیرند.

خوردگی گالوانیکی: هنگامی که دو فلز غیر هم‌جنس که در تماس با یکدیگر هستند، در معرض یک محلول هادی یا خوردنده قرار گیرند، اختلاف پتانسیل بین آن دو باعث برقراری جریان الکتریکی بین آنها می‌گردد. در نتیجه فلزی که مقاومت به خوردگی کمتری دارد خورده شده (آند) و فلزی که مقاومت به خوردگی بالاتری دارد، محافظت می‌گردد (کاتد). ماهیت و شدت خوردگی محیط به میزان زیادی بر شدت خوردگی گالوانیکی تاثیر می‌گذارد. خوردگی گالوانیکی در اتمسفر نیز صورت می‌گیرد و شدت آن به مقدار رطوبت، نوع و مقدار مواد مضر موجود در اتمسفر بستگی دارد. مثلاً خوردگی نزدیک سواحل دریا بیشتر از اتمسفر خشک است. کندانس بخار در نزدیک ساحل دریا حاوی نمک است، لذا هادی تر و در نتیجه خوردنده‌تر است و در رطوبت و درجه حرارت یکسان نسبت به کندانس در یک ناحیه دور از دریا الکترولیت بهتری می‌باشد. آزمایشات مختلف نشان داده است که روی در تمام نقاط نسبت به فولاد آن است. آلومینیوم وضعیت متغیری داشته و قلع و نیکل همواره کاتد بوده است. روش‌های مختلفی برای جلوگیری از خوردگی گالوانیکی پیشنهاد گردیده است که از جمله طراحی درست، حتی‌الامکان استفاده از فلزات هم‌جنس یا فلزات دارای پتانسیل الکتریکی نزدیک به هم، استفاده از پوشش‌ها و استفاده از بازدارنده‌ها و ... می‌باشد.

در بین تجهیزات خطوط انتقال و توزیع برق، هادی‌ها، یراق آلات، پایه‌ها و دکل‌ها و نیز مقرها در مقابل آلودگی و خوردگی آسیب‌پذیرتر می‌باشند. در این بخش به بررسی خوردگی در این تجهیزات اصلی خطوط انتقال و توزیع برق پرداخته خواهد شد. علاوه بر موارد بالا که از اصلی‌ترین اجزای تحت خوردگی در بخش توزیع و انتقال برق محسوب می‌شوند، می‌توان به خوردگی پست‌ها و تابلوهای برق نیز اشاره کرد. پست‌های الکتریکی ایستگاهی فرعی است که در مسیر تولید، انتقال یا توزیع انرژی الکتریکی، ولتاژ را به وسیله ترانسفورماتور به مقادیر بالاتر یا پایین‌تر تغییر می‌دهد.

تابلوهای برق نیز یک محفظه برای نصب و سیم‌بندی تجهیزات الکتریکی یا الکترونیکی است که کلیدها و قطعات کنترلی و حفاظتی و لوازم نمایشگر (ولتاژ، جریان، فرکانس، توان، کسینوس فی و...) روی آن نصب می‌شوند. همچنین تابلوهای برق جهت جلوگیری از وارد شدن شوک الکتریکی به کاربران تجهیزات و حفاظت تجهیزات در برابر عوامل محیطی استفاده می‌شوند.

متداول‌ترین انواع خوردگی در پست‌ها که در بخش قبلی نیز توضیح داده شد، خوردگی اتمسفری، خوردگی مدفون، خوردگی بیولوژیکی و خوردگی گالوانیکی می‌باشد. متداول‌ترین نوع خوردگی در تابلوها نیز خوردگی اتمسفری است.

۱-۱-۲-۱- هادی‌ها

هادی‌های مورد استفاده در خطوط انتقال و توزیع برق شامل سیم‌ها و کابل‌ها می‌باشند. سیم‌های هادی بدون شک مهم‌ترین اجزای یک شبکه‌ی توزیع برق محسوب می‌شوند، بطوریکه مسیر جریان از طریق آنها انجام می‌پذیرد. بنابراین تمام مقدمات در طراحی یک خط توزیع هوایی به منظور برق‌رسانی مناسب و مطمئن از طریق این هادی‌ها انجام می‌گردد. بدلیل افزایش روزافزون مصرف انرژی الکتریکی، خطوط توزیع نیرو همواره در حال گسترش و توسعه هستند و بطور دائم خرید و نصب سیم‌های در خط توزیع نیرو سهم قابل توجهی از هزینه‌های اجرای خط را به خود اختصاص داده است. علاوه بر سرمایه‌گذاری اولیه‌ی انجام شده، هزینه‌ی سالیانه افت انرژی در مراحل بهره‌برداری و نیز میزان تلفات توان، جنبه‌های اقتصادی انتخاب بهترین و مطلوب‌ترین هادی در یک خط هوایی را دوچندان نموده است.

جنس هادی‌های شبکه های هوایی توزیع باید بگونه ای باشد که علاوه بر رسانایی الکتریکی مورد نیاز، استقامت مکانیکی مناسبی را داشته و در مقابل رطوبت و گازهای خورنده‌ی موجود در هوا مقاوم بوده و به آسانی دچار خوردگی و فرسودگی نگردند. سیم‌های شبکه‌ی توزیع برق شهری و روستایی را می‌توان بصورت هوایی لخت و یا روپوش‌دار و بصورت هادی‌های عایق شده نصب و مورد استفاده قرار دارد. متداولترین سیم‌های هوایی در شبکه های توزیع از جنس آلومینیوم و یا آلومینیوم تقویت شده با مغز فولاد^۱ و مس می‌باشند و در موارد خاص از گونه هایی دیگری چون سیم‌های فولادی استفاده می‌شود. ویژگی‌های عمده‌ی هر یک از این هادی‌ها در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۱-۲-۱-۱- هادی‌های آلومینیومی

در سال‌های اولیه، هادی‌های خطوط هوایی توزیع، از جنس مس انتخاب می‌شد ولی بعدها برای اینکار آلومینیوم نیز مورد استفاده قرار گرفت. امروزه به علت وزن سبکتر و قیمت کمتر به غیر از شبکه های فشار ضعیف با کاربرد انبوه، هادی‌های آلومینیومی، با انجام فرآیندهایی برای تقویت مقاومت مکانیکی آنها در شبکه‌های فشار متوسط جایگزین شده و نتایج رضایت بخشی به دنبال داشته است.

هادی‌های آلومینیومی نسبت به مس از درجه‌ی رسانایی و استقامت کشش پائین تری برخوردارند و بنابراین برای انتقال جریان مساوی باید سطح مقطع هادی آلومینیومی از هادی‌های مسی بزرگتر انتخاب شوند ولی وزن مخصوص آلومینیوم در حدود یک سوم مس می‌باشد. بنابراین برای قابلیت هدایت برابر وزن هادی آلومینیوم فقط نصف مس خواهد بود که البته در این حالت، قطر هادی آلومینیومی مقداری بزرگتر از قطر هادی مسی خواهد بود.

علاوه بر جنبه‌ی کاربرد اقتصادی سیم‌های آلومینیومی، از این هادی‌ها به علت وزن سبکتر آن بصورت سیم‌های روپوش‌دار مانند شبکه‌ی کابل‌های خودنگهدار هوایی نیز استفاده می‌شوند که توسط روپوش عایق آن، قابلیت استفاده در شبکه‌ی توزیع فشار ضعیف و فشار متوسط بدلیل کاهش حریم مورد نیاز خط و مسیرهای پرداخت بیشتر استفاده می‌شود.

نکته‌ی قابل توجه در کاربرد سیم‌های آلومینیومی، همراه بودن و یا اتصال آن با هادی‌های مسی است که استفاده از بست‌های مخصوص روپوش‌دار، بمنظور جلوگیری از اثرات خوردگی بین این دو فلز حائز اهمیت می‌باشد.

1- Aluminium Conductor Alloy Reinforced(A C A R)

امروزه استفاده از رشته های فولادی گالوانیزه شده یا آلیاژهای فلزی که در مغز هادی‌ها قرار گرفته و آنها را تقویت می کند کاربرد زیادتری یافته است. به این هادی‌ها، هادی آلومینیومی تقویت شده با مغز فولاد گفته می شود. این سیم‌ها دارای استقامت مکانیکی بالایی می باشند.

۱-۱-۲-۱-۲- هادی‌های فولادی

فولاد، در میان سایر مواد دارای بیشترین استقامت مکانیکی و کمترین قابلیت هدایت الکتریکی برای ساخت سیم‌ها می‌باشد. به همین دلیل سیم‌های فولادی در موارد محدودی از جمله مواردی که استحکام مکانیکی در درجه‌ی اول اهمیت قرار دارد و یا باید قدرت‌های کم انتقال یافته و بطور کلی فقط در یک فاصله‌ی کوتاه در شبکه فشار متوسط بکار رود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، عبور از روی رودخانه‌ها یا بستر عریض و فواصل عبوری از روی آبراهه‌ها و کانالها نمونه‌هایی از این موارد است. هادی‌های فولادی برای سیم‌های محافظ یا زمین، خطوط هوایی سیم سیستم‌های مهار و در بسیاری دیگر به عنوان مغزی و یا رشته‌ی میانی سیم‌های هوایی استفاده می‌شود. در این صورت فولاد را به طور معمول با عمل گالوانیزه کردن یا با پوشش‌دادن بصورت‌های دیگر در مقابل خوردگی حفاظت می‌نمایند. امروزه هادی‌های فولاد با روکش مسی یا روکش آلومینیومی به عنوان سیم محافظ هوایی در خطوط توزیع کاربرد گسترده‌ای دارند.

۱-۱-۲-۱-۳- سیم‌های آلومینیومی با مغز فولادی

هر گاه به منظور ازدیاد مقاومت مکانیکی هادی آلومینیومی، درون هادی را با رشته‌های فولادی تقویت کنند، سیمی با قابلیت الکتریکی و مکانیکی مناسبی بدست می‌آید که بر سایر هادی‌ها برتری داشته و بطور گسترده‌ای در خطوط هوایی فشار متوسط توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرد. این هادی‌ها بطور اختصار "سیم آلومینیوم فولاد" نیز گفته می‌شود. قسمت خارجی این هادی را حداقل هفت مفتول (یا رشته) از جنس آلومینیوم پوشانده و مفتول یا مفتول‌های فولادی مرکز آن را تشکیل می‌دهند.

۱-۱-۲-۱-۴- هادی‌های مسی

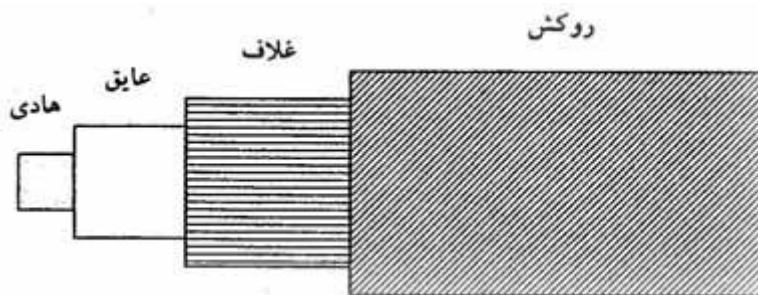
مس دارای قابلیت هدایت الکتریکی بالا و استقامت کششی قابل توجهی است که در برابر تغییرات و تاثیرات جوی و مواد خوردنده مقاومت خوبی دارد. برای سال‌های متمادی، مس رضایت بخش ترین هادی برای اهداف الکتریکی بوده است. خواص

الکتریکی و مکانیکی خوب و مقرون به صرفه بودن مس در ایران، آن را تقریباً بصورت تنها فلز مورد استفاده در شبکه های خطوط فشار ضعیف توزیع در آورده است.

۱-۱-۲-۱-۵- کابل ها

اصولاً هر نوع هادی که بتواند جریان برق را از خود عبور داده و توسط موادی از محیط اطراف خود عایق شده باشد، به طوریکه ولتاژ روی سطح عایق نسبت به زمین صفر و در روی سطح سیم یا هادی نسبت به زمین دارای ولتاژ فاز باشد، کابل نامیده می‌شود.

شکل ۷ اجزای اصلی تشکیل دهنده یک کابل را نشان می‌دهد.



شکل ۷- اجزاء اصلی یک کابل [۲۸].

الف- هادی کابل

هادی کابل هدایت الکتریکی را به عهده داشته و مهم‌ترین قسمت کابل است. هادی کابل از فلز مس یا آلومینیوم انتخاب شده است و سطح مقطع آن بستگی به کاربرد مصرفی آن دارد. سطح مقطع هادی به شکل‌های متنوعی وجود دارد.

ب- عایق کابل

عایق کردن کابل بدین جهت است که چون کابل در زیر زمین نصب می‌شود، باعث اتصال هادی به زمین نشده و ولتاژ روی بدن عایق صفر باشد. به طور کلی عایق کابل، کابل را در مقابل خطرات الکتریکی محافظت می‌نماید و باید دارای خواص زیر باشد:

۱. خاصیت جذب رطوبت نداشته باشد؛
 ۲. در مقابل ازدیاد درجه‌ی حرارت مقاوم باشد؛
 ۳. دارای خواص عایقی خوبی باشد؛
 ۴. در مقابل عوامل شیمیایی مقاوم باشد.
- انواع عایق‌های مورد استفاده در کابل‌ها عبارتند از:

کاغذ: کاغذ آغشته به روغن دارای خواص عایقی فوق‌العاده خوبی بوده و در مقابل ازدیاد درجه حرارت

ناشی از افزایش جریان نیز استقامت دارد، ولی خاصیت جذب رطوبت در آن زیاد و بدین جهت احتیاج به پوشش فلزی برای آن است تا از نشت رطوبت به داخل آن جلوگیری شود.

پلی وینیل کلراید: یکی از متداولترین عایق‌های پلیمری ترموپلاستیک مورد مصرف در تهیه کابلها، PVC است که بعنوان عایق و غلاف کابل‌های فشار ضعیفی که در دما و شرایط معمولی کار می‌کنند مورد استفاده قرار می‌گیرد. لیکن در ولتاژهای بالاتر از ۱۰kV بدلیل افت شدید در خواص دی‌الکتریک، کاربرد این مواد پلیمری مناسب نمی‌باشد. کابل‌های عایق شده با PVC دارای مزایای زیادی از قبیل کارایی مناسب، ویژگی‌های مکانیکی و مقاومت سایشی مناسب، مقاومت کافی در مقابل حلال‌ها، قابلیت پذیرش مواد افزودنی مختلف برای کاربردهای متنوع، پایین بودن هزینه‌ی تهیه و سادگی فرآیند تولید و ... می‌باشند.

پلی اتیلن: یکی دیگر از عایق‌های پلیمری ترموپلاستیک (گرما نرم) مورد مصرف در تهیه کابلها که طی سالیان اخیر کاربردشان بیشتر از PVC بوده است، پلی اتیلن می‌باشد. ثابت دی‌الکتریک پلی اتیلن پایین (در حد ۲/۳) و درجه حرارت نرمی آن حدود 240°C - 200°C می‌باشد، که از آنها اغلب بمنظور عایق سازی کابل‌های مورد مصرف در فرکانسهای بالا، سیم و کابل‌های مخابراتی و کواکسیال استفاده می‌شود.

پلی اتیلن کراس لینک شده (XLPE): نوع دیگری از عایق‌های پلیمری می‌باشد که نوع خاصی از پلیمرهای ترموپلاستیک پلی اتیلن بوده و در آنها پس از ایجاد پیوندهای عرضی بین زنجیره‌های پلی اتیلن، شبکه‌ای از یک پلیمر ترموست (گرما سخت) حاصل می‌گردد که علاوه بر دارا بودن خواص الکتریکی مشابه با پلی‌اتیلن، استحکام مکانیکی و

مقاومت شیمیایی مناسب و مقاومت کافی در برابر شرایط آب و هوایی مختلف، کمترین ضخامت را نیز برای کاربرد به‌عنوان عایق یکپارچه‌ی کابل‌های برق فشار ضعیف (تا یک کیلو ولت) دارا می‌باشد.

ج- غلاف کابل

غلاف کابل برای حفاظت کابل در مقابل عوامل خارجی مانند ضربه‌های مکانیکی وارده بر کابل و تاثیر مواد شیمیایی، رطوبت، روغن‌ها و مشتقات نفتی و اسیدها، حریق و موارد دیگر است. بستگی به محل استفاده کابل از غلاف‌های مخصوص و لایه لایه استحفاظی خاصی استفاده می‌شود که هر کدام نقش به‌سزایی در مراقبت و نگهداری کابل به‌عهده دارد. از غلاف‌های مورد استفاده در کابل‌ها می‌توان غلاف‌های پلاستیکی، لاستیکی، سربی، آلومینیومی و... را نام برد.

د- روکش کابل

وظیفه‌ی روکش کابل حفاظت کلی آن در برابر ضربات مکانیکی وارده بر کابل می‌باشد.

۱-۱-۲-۲-۱-۱- پایه‌ها (برج‌ها و دکل‌ها)

پایه‌های برق وسایلی هستند که سیم‌ها و تجهیزات برق را طبق استاندارد از دسترس دور نگه می‌دارند. نیروهایی که بر پیکره‌ی یک پایه اعمال می‌شوند عبارتند از: نیروهای عمودی ناشی از وزن سیم یا لایه‌ی یخ دور سیم، یراق آلات، مقره، کنسول و خود پایه و نیروی افقی که نزدیک به سر پایه به آن اعمال می‌شود و بیشتر ناشی از کشش سیم، فشار باد و نیروهای ناشی از وزن هادی‌ها در نتیجه‌ی غیر یکنواخت بودن فاصله‌ی پایه‌ها از یکدیگر و زاویه‌ی انحراف خط است. پایه‌ها خود به سه دسته‌ی چوبی، بتنی و فولادی طبقه‌بندی می‌شوند که جدیداً از پایه‌های کامپوزیتی نیز استفاده می‌شود.

۱-۱-۲-۲-۱-۱- پایه‌های چوبی

پایه‌های چوبی در ابتدا به‌طور وسیع در سیستم توزیع برق و خطوط انتقال تا ولتاژ ۶۳ کیلوولت و خطوط تلفن استفاده می‌شد، اما امروزه بیشتر در مناطقی که امکان تردد وسایل نقلیه برای برپاکردن تیرهای سنگین بتنی ممکن نیست، مورد استفاده قرار می‌گیرند. این پایه‌ها برای شبکه‌های فشار ضعیف و فشار متوسط مناسب هستند. تیرهای چوبی به دلیل امکان حمل دستی توسط کارگران، در شبکه‌های فشار ضعیف و ۲۰ کیلوولتی مناطق روستایی با کوچه‌های تنگ و پیچ در پیچ به کار می‌روند. مشخصات تیرهای چوبی در صنعت برق ایران، براساس استاندارد تیرهای چوبی خطوط توزیع هوایی تدوین و به

کاربرده می شوند. این استاندارد شامل مشخصات کامل و ابعاد تیرهای چوبی است که باید عملیات اشباع روی آنها مطابق استاندارد انجام گیرد.

سهولت در حمل و نقل و نصب آنها به علت سبکی و وزنشان مخصوصاً در مسیرهای ناهموار کوهستانی، از مزایای پایه‌های چوبی نسبت به سایر پایه‌هاست. از معایب پایه‌های چوبی پوسیدگی آنها مخصوصاً در نقاط مرطوب می‌باشد و برای جلوگیری از پوسیدگی در مقابل نفوذ رطوبت معمولاً آنها را توسط روغن مخصوصی آغشته و اشباع می‌نمایند.

اصولاً پایه های چوبی به دو دسته تقسیم می شوند :

- پایه های چوبی ساده

- پایه‌های چوبی اشباع شده

پایه های چوبی دارای چند مزیت اساسی می‌باشند :

- پایه‌های چوبی عایق طبیعی خوبی هستند.

- در مناطقی که چوب به طور فراوان وجود دارد، تیرها ارزان تر تمام می‌شوند.

از معایب پایه‌های چوبی آسیب پذیری آنها در برابر عوامل جوی از جمله آتشگیر بودن آنان در اثر رعد و برق یا آتشگیری سر تیرهای چوبی در مناطق شرعی سواحل جنوبی کشور به علت ایجاد تخلیه‌ی جزئی فاز وسطی با مقره‌ی سوزنی و حتی پوسیدگی می‌باشد و در نگهداری پایه‌های چوبی روش خاصی برای جلوگیری از تغییر شکل آنها لازم است. شناسایی تیرهای چوبی و پوسیده‌ی قدیمی موجود در شبکه که در اثر تجزیه و فساد توسط انگل های قارچی ایجاد شده، امری ضروری است. در این مورد دو نوع پوسیدگی ابتدایی و پیشرفته وجود دارد.

پوسیدگی ابتدایی: عبارتست از مرحله ی مقدماتی پوسیدگی، در واقع پوسیدگی تا حدی نیست که چوب را نرم کرده باشد و

بطور معمول این پوسیدگی در قسمتهای مماس با زمین اتفاق می افتد.

پوسیدگی پیشرفته: شامل مرحله ی کامل شده ی پوسیدگی کف و چوب می شود که به سهولت قابل تشخیص است. زیرا

چوب آن پوک، نرم، و نخ نخ شده است. در این حالت، تیر چوبی سوراخ و شکننده است و بایستی به سرعت نسبت به تعویض

آن اقدام شود.

عوامل خوردگی تیرهای چوبی عبارتند از :

۱- حرارت و برودت

۲- باد، برق، طوفان، یخبندان

۳- عوامل انسانی که منجر به تخریب آنها می شود.

۴- حیوانات

۵- مواد شیمیایی که منجر به تخریب سلولز چوب می شوند.

۶- مجاورت با بتن

۷- شرایط اولیه مانند نوع چوب، نحوه اشباع تیرها و مدت نگهداری چوبی تیرها تا نصب

۸- شرایط محیط

انتخاب نوع چوب برای ساخت تیرهای چوبی بستگی به محل و موقعیت جغرافیایی و نوع درختان موجود در منطقه دارد.

۱-۱-۲-۲-۲-۲- پایههای بتنی

این پایه‌ها دارای موارد استفاده‌ی زیادی هستند و در حال حاضر به طور وسیعی در شبکه‌های توزیع به کار برده می شوند. پایه‌های بتنی یا فلزی بیشتر در مکانهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند که استحکام زیاد و شکل ظاهری از اهمیت بالایی برخوردار باشد. در کشورهای جهان پایه‌های بتنی در رنگ‌ها و شکل‌های متفاوتی ساخته می‌شوند.

پایه‌های بتنی را بصورت توخالی یا لانه زنبوری می‌سازند تا وزن آنها که عیب این پایه‌هاست کم شود، زیرا سنگینی آنها به خصوص در محل‌های نامناسب یا سطوح شیب‌دار کوهپایه‌ها، کار نصب را با مشکل مواجه می‌کند، به طوری که این عامل عدم رغبت به کاربرد پایه‌ها با قدرت سنگین را موجب می‌شود.

تیرهای بتنی از دو بخش تشکیل شده اند. بخش اول آرماتورهای فولادی است که تامین کننده اصلی استحکام تیر می باشد و بخش دوم بتنی است که علاوه بر حفاظت از آرماتور در مقابل اتمسفر، تا حدودی به افزایش استحکام نیز کمک می نماید.

برای تقویت پایه‌های بتونی مسلح از میلگردهای فولادی آجدار به طور سرتاسری در تمام طول استفاده می‌شود. پایه‌های بتنی مسلح به تیری گفته می‌شود که میلگردها و سیم‌های فولادی قبل از ریختن بتن بصورت اسکلت فولادی در قالب قرار گرفته و پس از اینکه بتن ریخته شد مقاومت آن را افزایش دهد. پایه‌های بتنی برای مناطق مرطوب بهتر از پایه‌های چوبی می‌باشند. عمر این پایه‌ها نسبتاً طولانی است ولی هزینه‌ی حمل و نقل و نصب آنها نسبت به پایه‌های چوبی بیشتر است.

به دلیل رعایت نکردن استانداردهای مهم جهانی و منطقه‌ای و عدم استفاده از نتایج طرحهای تحقیقاتی کاربردی درخصوص سازه‌های بتنی و بتن مسلح، هر ساله هزینه‌های هنگفتی صرف تعویض و ترمیم زود هنگام این سازه‌ها می‌گردد که زیانهای اقتصادی زیادی را به صنعت برق کشور تحمیل می‌نماید. بمنظور حصول اطمینان از پایداری سازه‌های بتنی و بتن آرمه لازم است علاوه بر دقت‌هایی که در آنالیز و طراحی نیرو می‌شود، دقت و باریک بینی خاصی در مورد دوام و سلامت آنها نیز انجام گیرد.

همانطور که گفته شد، تیرهای بتنی از دو بخش آرماتورهای فولادی و بتنی که منجر به حفاظت از آرماتور در مقابل اتمسفر و تا حدودی منجر به افزایش استحکام می‌شود تشکیل می‌شود. چنانچه به هر دلیلی آرماتور در معرض اتمسفر قرار گیرد، یا بواسطه‌ی عناصر مزاحم در بتن، خوردگی در تیرهای بتنی ایجاد گردد، محصولات خوردگی باعث ایجاد فشار زیاد به بتن شده بطوریکه منجر به اضمحلال بتن می‌گردد و این امر منجر می‌شود تا بخش بیشتری از آرماتور در معرض اتمسفر قرار گیرد و نهایتاً تخریب کامل بتن و تیر را به همراه دارد.

همچنین تجهیزات خطوط و پست‌ها غالباً بر روی فونداسیونهای بتنی نصب می‌گردند که اغلب از بتن مسلح می‌باشند. با گذشت زمان چنانچه شرایط بتن، آرماتور و خاک مجاور بتن مناسب نباشد، به تدریج بتن دچار اضمحلال و آرماتورها دچار خوردگی شدید می‌گردند و علائم خوردگی در بدنه‌ی فولادی پایه تجهیزات و پایه‌های بتنی نمایان می‌شود. با توجه به اینکه بیش از ۸۰٪ از تخریب‌های بوجود آمده در سازه‌های بتنی در اثر خوردگی فولاد تقویت کننده آن می‌باشد، این مساله مشخص شده است که پایداری بتن تقویت شده پس از روئین شدن فولاد بطور چشمگیری به توانایی بتن برای حفاظت فولاد در مقابل خوردگی الکتروشیمیایی ناشی از وجود رطوبت، اکسیژن و دیگر عوامل مولد خوردگی در سطح فولاد بستگی دارد.

شرایط محیطی و وجود عوامل خوردنده در محیط و یا حتی در داخل بتن می‌تواند موجبات خوردگی شدید آرماتور را فراهم آورده و سبب بروز انواع مختلف خوردگی بر روی آن گردد. خوردگی‌های مختلف ایجاد شده بر روی بتن را می‌توان بطور خلاصه به صورت خوردگی در اثر مکانیزم‌های شیمیایی نظیر حملات کلروری، سولفاتی، اسیدی، کربناتی، آمونیاکی و قلیایی ها و مکانیزم‌های فیزیکی نظیر تخریب‌های سایشی، فرسایشی، چرخه‌ی یخ زدن و ذوب شدن، تغییرات دمایی و میکروارگانیسم‌ها بیان نمود. البته لازم به ذکر است که با توجه به مطالعات گسترده‌ی انجام شده، مهمترین عامل خوردگی تیرهای بتنی، نفوذ یونهای کلر به داخل بتن و رسیدن این یونهای مهاجم به سطح آرماتور است که باعث از بین رفتن لایه‌ی روئین ایجاد شده بر روی سطح آرماتور می‌گردد. در ضمن اندرکنش یونهای سولفات و دما نیز بر سرعت تخریب تیرها تاثیر گذار می‌باشد.

خوردگی فولاد یا آهن در بتن تحت مکانیزم‌های مختلفی انجام می‌شود که مشتمل بر دو موضوع کلی خوردگی بتن و خوردگی میل‌های فولادی می‌گردد. فولاد در بتن در اثر روپین شدن ناشی از طبیعت قلیایی آب حفره‌ها و ایجاد یک لایه‌ی اکسیدی بر روی آن محافظت می‌شود.

خواص بتن تابعی از زمان و شرایط محیطی می‌باشد و لذا آزمایشهای انجام شده بر روی بتن زمانی ارزشمند خواهند بود که تحت شرایط مشخص شده‌ای صورت گیرند. سالیان متمادی است که آزمایشهای مختلفی بمنظور ارزیابی بتن سخت شده مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولیکن هنوز هیچ آزمایش استاندارد که در سطح دنیا مورد قبول واقع شده باشد وجود ندارد و اغلب از روشها و تکنیک‌های متفاوتی در کشورهای مختلف استفاده می‌شود. در کشورهای صاحب تکنولوژی و پیشرفته بر اعمال روشهای حفاظت و طراحی بر اساس افزایش عمر در خصوص تیرها و سازه‌های بتنی دقت نظر ویژه‌ای مبذول می‌گردد. با این وجود با توجه به پیشرفتهایی که در زمینه‌ی سازه‌های بتنی صورت گرفته است می‌توان با انتخاب مناسب بتن و مواد اولیه با کیفیت، به بتنی با مقاومت خوب در برابر شرایط خوردنده محیطی دست یافت. بعنوان مثال با استفاده از آرماتورهای پوشش داده شده، سیمان مناسب، خاک و آب با درصد بسیار پایین مواد مضر، می‌توان تیرها و سازه‌هایی را اجرا نمود که بتواند شرایط خوردنده‌ی محیطی را تحمل نماید. در مواردی می‌توان با تغییر شکل تیرها از تمرکز تنش‌ها و نهایتاً حساسیت تیرها با ضربات

وارده جلوگیری نمود. چنانچه شرایط ساخت و عمل و نصب تیرها بصورت مناسبی صورت گیرد، به راحتی میتوان عمر ۳۰ ساله را از این تیرها توقع داشت.

با توجه به مطالب فوق الذکر بطور خلاصه عوامل تخریب و خوردگی تیرهای بتنی را می‌توان چنین بر شمرد:

۱- اکسیژن و انواع گازهای موجود در هوا بخصوص CO_2 ، SO_2

۲- بخارات ، مواد شیمیایی خاک و آبهای سطحی

۳- شرایط جوی مثل، حرارت ، برودت، باد - باران - طوفان - صاعقه

۴- شرایط محیط شامل : صدا، آلودگی، لرزش، رطوبت

۵- عوامل انسانی

۶- شرایط ساخت و تولید

۷- شرایط حمل و نقل و نصب

۱-۱-۲-۳- پایه‌های فولادی

برای احداث خطوط هوایی در مسیرهایی که حمل پایه‌های سنگین مشکل بوده و ضرورت چند تکه کردن پایه‌ها مورد نیاز باشد و یا به منظور عبور خطوط از موانع و مکان‌هایی که به قدرت و مقاومت بیشتری نیاز است، انواع تیرهای فلزی (فولادی) طراحی و مورد استفاده قرار می‌گیرد. دکل‌های فلزی برای ولتاژهای بالا و فوق فشار قوی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بخصوص در مناطقی که باید فاصله‌ی دو دکل زیاد باشد (مثل مناطق کوهستانی). برای ساختن این دکل‌ها از نبشی استفاده شده که قطعات به هم پرچ و یا جوش داده می‌شوند ولی متداول ترین روش اتصال، به منظور تسهیل در مونتاژ به وسیله‌ی پیچ و مهره است.

دکل‌های بزرگ را یا به صورت چند قسمت آماده شده به محل نصب می‌برند و یا تمام قطعات در محل نصب، به هم وصل می‌شوند. دکل‌ها باید در برابر زنگ‌زدگی محافظت شوند و لذا از قطعات گالوانیزه استفاده می‌گردد. بهتر است که قسمت‌های نزدیک زمین و داخل زمین قیر اندود شوند.

۱-۱-۲-۲-۴- تیرهای کامپوزیتی

به موازات پیشرفت در شبکه‌های توزیع هوایی، بهره‌گیری از مواد مناسب و کارآمدتر و همچنین روش‌های جدید در ساخت تجهیزات مربوطه مطرح می‌باشد. از جمله‌ی این تجهیزات استفاده از تیرهای کامپوزیتی است. این نوع تیرها را از مواد کامپوزیتی پلیمری می‌سازند و کاربرد عمده‌ی آنها در شبکه‌های توزیع شهری و تیرهای روشنایی معابر می‌باشد. این تیرها سبک بوده و دارای ظاهر زیبا و شکیل می‌باشند که همین ویژگی باعث جلب توجه مسئولین در بکارگیری آنها در خیابانهای اصلی شهر شده است. از دیگر مزایای آنها سازگاری شان با محیط زیست بوده و در برابر تنشهای مکانیکی و زلزله مقاومت خوبی از خود نشان می‌دهند. در شبکه برق رسانی ایران بجز در چند نمونه‌ی آزمایشی بعنوان مصارف روشنایی در جزیره کیش از آنها استفاده چندانی نشده است.

۱-۱-۲-۳- مقره‌های الکتریکی

مقره‌ها تجهیزاتی هستند که جهت ایجاد اتصال مکانیکی مابین خط انتقال یا توزیع نیرو و دکل به کار می‌روند و وظیفه‌ی آنها علاوه بر داشتن ویژگیهای عایق الکتریکی و عایق نمودن هادی نسبت به پایه، دارا بودن استحکام مکانیکی کافی و ایجاد ارتباط مکانیکی هادی و پایه می‌باشد.

با توجه به گستردگی شبکه‌های انتقال و توزیع و رشد کمی بالای آن، لزوم حفظ پایداری و کیفیت برق‌رسانی به مشترکان، مستلزم استفاده از تجهیزات کارآمد است. در این میان مقره‌ها از جمله مهمترین اجزاء شبکه محسوب می‌گردند که گستردگی کاربرد آنها نشان‌دهنده‌ی اهمیت آنها می‌باشد.

مقره‌ها ۴ ویژگی عمده دارند:

۱- وظیفه‌ی اصلی مقره‌ها ایزوله کردن هادی از بدنه‌ی کنسول و پایه می‌باشد. این مقره‌ها باید بتوانند بدون داشتن

جریان ناشی، مشخصات الکتریکی لازم برای تحمل بیشترین ولتاژ عادی و سایر ولتاژهای اضافی تحت شرایط

مختلف را داشته باشند. این ویژگی‌ها به عنوان خواص الکتریکی مقره‌ها عبارتند از:

الف - مقاومت الکتریکی حجمی و سطحی بالا

ب - مقاومت در برابر سوراخ شدن توسط شوک حرارتی در اثر عبور جریان الکتریکی فشار قوی

ج - مقاومت زیاد در مسیر

د - عدم تشکیل خود القایی

۲- وظیفه‌ی دیگر مقره‌ها تحمل نیروهای مکانیکی حاصل از وزن هادی‌ها و دیگر نیروهای اعمالی ناشی از باد و یخ

می‌باشد که در هر شرایطی فاصله‌ی هادی از بدنه و بازوی پایه نباید از مقادیر مجاز کمتر باشد. این ویژگی‌ها به

عنوان خواص مکانیکی مقره نامیده می‌شود و به شرح زیر می‌باشند:

الف - خاصیت الاستیسیته‌ی به نسبت خوب

ب - در برابر نیروی فشاری مقاومت بالایی از خود نشان می‌دهد.

ج - چون مقره‌های چینی در برابر ضربه مقاومت کمی دارند، باید سعی شود تا لبه و گوشه‌های تیز نداشته باشند.

د - مقاومت لازم را در برابر شوک‌های حرارتی حاصل از تغییرات اختلاف پتانسیل الکتریکی، صاعقه و ... به طور

ناگهانی داشته باشند.

۳- مقره‌ها باید در برابر تغییرات جوی و درجه حرارت مقاوم بوده و خواص خود را در اثر گذشت زمان و کهنه شدن تا

حد قابل قبول حفظ کنند.

این ویژگی‌ها که به عنوان خواص فیزیکی نامیده شده عبارتند از :

الف - مقاومت در برابر عوامل جوی و تابش آفتاب

ب - زنگ نزدن و اکسید نشدن

ج - دارا بودن ضریب انبساط کم

د - حفظ خواص در برابر سرما و گرما

ه - عدم میل ترکیبی با بیشتر مواد موجود در محیط اطراف

۴- هر مقره باید خواص ساختمانی را رعایت نموده و قابل اعمال روی آن باشد.

نوع مقره‌های بکار رفته در خطوط مختلف ، متفاوت می باشد و نظر به اهمیت آنها از دیدگاه‌های فنی و بهره برداری و

اقتصادی، انتخاب مقره مناسب با توجه به شرایط اقلیمی و محیطی منطقه مورد نظر صورت می‌پذیرد. غالباً در نزدیکی مصرف

کنندگان شهری و صنعتی که مولد انواع آلودگیها هستند و همچنین در مناطق شرعی، مرطوب و آلوده، انتخاب مفره مناسب از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود که در این بین راهکارهای مختلفی پیشه می‌گردد.

انتخاب قطعی یک مفره برای یک خط یا دکل نیازمند اطلاعات زیادی است. انتخاب براساس فاکتورهای اقتصادی، انسانی، دسترسی به منابع تامین مفره، نوع و میزان آلودگی محیطی، شرایط جوی، میزان بارندگی و ... صورت می‌گیرد.

در حال حاضر مفره‌ای که تمامی خصوصیات عالی مکانیکی و الکتریکی یک عایق ایده‌آل را دارا باشد وجود ندارد. در این میان تولیدکنندگان مفره سعی دارند با توجه به تکنولوژیهای جدید و همچنین بهره‌گیری از مواد اولیه مرغوب‌تر، بهترین مفره‌ها را با مشخصات فنی الکتریکی و مکانیکی برتر بسازند.

جنس مواد مورد مصرف در ساختمان مفره‌ها به شرایط استفاده و کاربرد آن بستگی دارد که به دو دسته‌ی مواد سرامیکی و غیر سرامیکی تقسیم می‌شوند. ماده‌ی اصلی در ساختمان عایق‌های سرامیکی که به طور انبوه به صورت مفره‌های هوایی کاربرد دارند، چینی یا شیشه سخت می‌باشد. نوع جدیدی از مفره‌های پرسلانی (چینی) با لعاب نیمه هادی می‌باشد که نسبت به مفره‌های با لعاب معمولی دارای مزایایی می‌باشد. مفره‌های جدید شامل مفره‌های غیر سرامیکی می‌باشد. از ابتدای پیدایش مفره‌ها و استفاده از آن به عنوان عایق در شبکه‌های توزیع و انتقال، گفتگوهایی برای جایگزینی موادی به جای چینی یا شیشه مطرح شد.

از اوایل سال ۱۹۷۰ اولین تولیدات مفره‌های از جنس پلاستیک (رزین) وارد بازار شد. این مفره‌ها از جنس EPDM یعنی ترکیبات شیمیایی و نفتی هستند که می‌توان به صورت یکپارچه روی میله‌ی مرکزی آن فایبرگلاس پوشش داده و در سر و ته آن اتصالات فلزی قرار داد. طول و تعداد پرده‌های این مفره بر حسب سطح ولتاژ و منطقه‌ی مورد نظر قابل تغییر می‌باشد.

مزیت این مفره‌ها دفع خوب آب می‌باشد. پس از چند سال علیرغم گذراندن آزمایشات لازم، بهره‌برداری از آنها دچار

مشکل شد و بعضی از پرندگان و حیوانات نیز آن را می‌خوردند.

بنابراین استفاده از مقره‌های کامپوزیتی (با چترک سیلیکون رابر^۱ (مانند مواد پاک کن)، مقاوم در برابر شرایط محیطی و هسته‌ی فایبر گلاس تقویت شده‌ی پلاستیکی برای تحمل نیروهای کششی) توصیه شد و پس از آزمایش، تولید شده و در شبکه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

از محاسن این مقره‌ها عدم شکستگی مکانیکی در برابر سنگ و ضربه‌ی مکانیکی است که از آمار زیاد مقره‌های شکسته و تعویض شدنی در شبکه‌های توزیع می‌کاهد. این مقره‌ها حتی در اثر ایجاد جرقه‌ی ناشی از تخلیه‌ی سطحی هیچگونه اثری از خود به جای نمی‌گذارد. بنابراین پس از شستشو دوباره قابل استفاده خواهند بود.

باتوجه به نقاط مثبت و ضعف مقره‌ها از حیث نوع ترکیب می‌توان با تلفیق آنها نقاط ضعف را کاهش و نقاط مثبت را افزایش داد. به عنوان مثال آلودگی جمع شده بر روی مقره از نقاط ضعف مقره‌های پرسیلانی محسوب می‌شود، در حالی که مقره‌های سیلیکونی به علت خاصیت آب‌گریزی عملکرد مطلوبتری در مقابل تجمع آلودگی بر سطح مقره را دارا می‌باشد. از طرف دیگر مقاومت کم هسته‌ی مرکزی مقره‌های سیلیکونی را می‌توان با مقاومت بالای هسته‌های پرسیلانی بسیار تقویت نمود. با این نگرش از حدود چندین سال قبل نسل مقره‌های هیبریدی مورد پذیرش کاربران این قسمت در بعضی کشورها قرار گرفت.

هم‌چنین نوع جدیدی از مقره در سال‌های جدید مورد بررسی قرار گرفته است که مقره‌ی بتن پلیمری نامیده می‌شود. بتن پلیمر یک ماده‌ی کامپوزیتی نسبتاً کم قیمت است که برخلاف پرسیلان و شیشه، این ماده در دمای اتاق فرایند می‌شود و دارای خصوصیات مطلوبی نظیر چقرمگی بالاتر نسبت به مقره‌های پرسیلانی بوده که استفاده از آنها را در محیط‌های زلزله خیز مطلوب می‌سازد و چگالی پایینی در مقایسه با پرسیلان دارد که منجر به سبکتر شدن محصول نهایی می‌گردد و خواص مکانیکی و دی‌الکتریکی آن نیز از مقره‌های پرسیلانی و شیشه‌ای بهتر است.

برخلاف پرسیلان بتن پلیمر نیاز به هیچ فرایند تولید پیچیده‌ای ندارد که این مسئله باعث صرفه‌جویی در زمینه‌ی تجهیزات کارخانه و هم‌چنین زمان فرایند می‌شود. از این رو کاهش قابل توجهی در هزینه و انرژی تا حدود ۵۰ درصد ایجاد می‌شود.

تولید مقره‌های پرسلان در ابعاد و اشکال متفاوت اقتصادی نیست، اما بتن پلیمر می‌تواند در هر شکل و اندازه‌ای قالب‌گیری شود که باعث ایجاد انعطاف پذیری بیشتر در مورد انتخاب یک شکل خاص برای یک کاربرد ویژه می‌شود. از طرفی یکی از مزایای بتن پلیمر سهولت جاسازی فلزات در طول فرایند است که این مسئله در مورد پرسلان منجر به اتلاف و شکست تناوبی می‌شود. صرفه‌جویی در هزینه‌های بتن پلیمر نسبت به پرسلان بسیار مهم است و از مزایای بارز آن به شمار می‌رود.

بسته به محل بکارگیری مقره‌ها و شرایط آب و هوایی و محیطی از نظر میزان آلودگی می‌توان از هر یک از مقره‌های مذکور استفاده کرد. عوامل موثر در گزینش مقره‌ها را می‌توان به شکل فیزیکی لحاظ شده در طراحی، جنس مقره و ویژگی‌های خاص قابل عرضه توسط هر مقره مرتبط دانست. بعنوان مثال مقره‌های شیشه‌ای بعنوان اولین مقره‌های الکتریکی ساخته شده بدلیل جذب کم آلودگی از کارایی خوبی در مناطق مرطوب برخوردارند و کاندید مناسبی برای این مناطق محسوب می‌شوند یا مقره‌های پرسلانی با لعاب نیمه هادی برای مناطق مرطوب و آلوده مناسب می‌باشند. خاصیت آبگریزی در سطح مقره‌های کامپوزیتی، استفاده از آنها را در مناطق آلوده بعنوان یک انتخاب مطرح نموده است. با تلفیق مزایای مقره‌های چینی، کامپوزیتی در یک طرح واحد و با حذف نقاط ضعف خاص هر یک بطور نسبی، جای مقره‌های هیبریدی را برای مناطق مخصوص آلوده و مرطوب باز نموده است.

با توجه به آنکه مقره‌های بکار رفته در خطوط انتقال و توزیع نیرو در معرض شرایط جوی مختلفی قرار دارند، همواره تحت تاثیر عوامل آب و هوایی و آلودگی مختلف می‌باشند. آلودگی و گرد و غبار محیط روی سطح مقره نشسته و یک لایه‌ی سطحی از آلودگی را تشکیل می‌دهد. با جذب رطوبت توسط لایه سطحی و اشباع آن از رطوبت، این لایه به الکترولیت تبدیل گشته و جریان سطحی بیشتری از طریق این الکترولیت برقرار می‌گردد. با افزایش جریان سطحی روی مقره، درجه حرارت سطح مقره بالا رفته و این افزایش دما به مرور زمان می‌تواند باعث ایجاد ترکهای مویین روی سطح خارجی مقره شود. بنا به نظریه گریفیث^۱، در اثر تنشهای مکانیکی وارد شده به مقره‌ها در اثر گذشت زمان، ترکهای مویین ایجاد شده روی سطح مقره‌ها توسعه یافته و نهایتاً باعث خوردگی سطح مقره‌ها می‌شود. این در حالی است که بر اثر افزایش رطوبت در سطح مقره، مقدار جریان

نشتی از حد مشخصی بیشتر شده و مقاومت عایقی مقره افت پیدا می‌کند. این امر زمینه ساز تخلیه‌ی الکتریکی و در نهایت وقوع قوس الکتریکی می‌گردد.

بطور کلی خوردگی مقره‌ها به دو صورت یکنواخت و موضعی انجام گرفته که اساساً به هیدرولیز شدن در مجاورت آب می‌انجامد. بنابراین خوردگی عمدتاً به علت رطوبت و اکسیژن می‌باشد. ولی توسط ناخالصی‌هایی مثل ترکیبات گوگردی و نمک طعام مساله حادتر می‌شود. لذا خوردگی در سواحل دریا ۴۰۰-۵۰۰ مرتبه بیشتر از خوردگی در یک ناحیه‌ی کویری است. محیط‌های صنعتی نیز عمدتاً به خاطر حضور گازهای گوگرددار حاصل از احتراق سوخت‌ها، خورنده‌تر از اتمسفرهای روستایی و حومه‌ی شهرها هستند. بعنوان مثال گاز SO_2 در حضور رطوبت تشکیل اسید سولفوریک داده که دارای خاصیت خوردگی بالایی است.

واکنش‌های شیمیایی که روی سطح مقره‌ها اتفاق می‌افتد، عامل اصلی خوردگی آنها است. موثرترین واکنش شیمیایی که روی سطح خارجی مقره انجام شده و باعث خوردگی سطحی مقره می‌گردد، ترکیب عناصر تشکیل دهنده قلیایی و اکسیدهای آنها با رطوبت محیط می‌باشد. این قضیه بیشتر در مورد مقره‌های شیشه‌ای صدق می‌کند از ترکیب اکسید قلیایی با آب طبق معادلات زیر هیدروکسید خیلی قوی تولید خواهد شد.



از آنجا که سدیم از واکنش دهنده ترین عناصر می‌باشد، هیدروکسید حاصل از آن نیز قوی بوده و می‌تواند SiO_2 را به صورت نمک قلیایی آن حل نماید. البته پتاسیم نیز جزء گروه عناصر قلیایی بوده که در فرمولاسیون مقره‌ها استفاده می‌شود، ولی چون از لحاظ واکنش دهندگی قدرت کمتری نسبت به سدیم دارد، هیدروکسید آن ضعیف بوده و توانایی انحلال SiO_2 را ندارد.

هرچه نسبت اکسید قلیایی در ترکیب شیشه‌های مقره بیشتر باشد، خاصیت محلول بودن آنها در آب بیشتر است. کلسیم از گروه عناصر قلیایی خاکی است. شیشه‌هایی که دارای اکسید قلیایی خاکی باشند، خاصیت محلول بودن در آب را کمتر دارند. با

توجه به معادلات شیمیایی زیر از ترکیب اکسید کلسیم با آب و کلسیم با آب هیدروکسید قوی تشکیل می‌شود و این هیدروکسید میتواند در حل کردن SiO_2 و خوردگی سطح شیشه مفره نقش داشته باشد.



تجزیه و انحلال SiO_2 را توسط هیدروکسیدهای Ca(OH)_2 و NaOH هیدرولیز در مجاورت آب می‌نامند.

اکسید باریوم که یک اکسید قلیایی خاکی است می‌تواند با آب تولید هیدروکسید کرده و در خوردگی سهیم باشد. از نظر ماکروسکوپی وقتی مفره‌ای مدت زیادی در مجاورت رطوبت محیط قرار می‌گیرد، قشر نازکی از آب روی سطح خارجی مفره بوجود آمده که خود یک سطح یکنواختی را روی سطح مفره ایجاد می‌کند و از سطح مفره قلیایی موجود در طبقه زیرین سطح مفره وارد این قشر نازک آب شده و در آن رسوب می‌کند و یک نوع حالیت در این سطح آب بصورت نامحسوس در می‌آید. این تغییرات را می‌توان در قسمتهای مختلف توسط دستگاههای آنالیز نوری مورد کنترل قرارداد.

از دیگر عناصری که ناشی از آلودگی محیطی بوده و روی سطح مفره می‌نشینند، کلر است. از ترکیبات عناصر سدیم، کلسیم و پتانسیم با آب، هیدروژن تولید می‌شود که در این صورت H_2 و Cl می‌توانند با هم ترکیب شده و HCl را بوجود آورند. HCl تولید شده می‌تواند باعث ایجاد ترکهای موئین روی سطح مفره شده که در نتیجه آن خوردگی در سطح مفره اتفاق می‌افتد. در اثر خوردگی و فرسایش سطحی مفره، استحکام و مقاومت مکانیکی مفره کاهش یافته و همچنین میزان جریان خزشی روی سطح مفره افزایش و به دنبال آن درجه حرارت سطح مفره نیز افزایش یافته و در نهایت فروپاشی مفره صورت می‌گیرد. این درحالی است که وجود یون Mg در اتمسفر محیط می‌تواند نقش کاتالیزور را داشته و موجب تسریع خوردگی سطح مفره گردد. کلر ناشی از آلودگی محیطی که روی سطح مفره وجود دارد نیز می‌تواند با سدیم ترکیب شده، تولید نمک NaCl نماید. این نمک بر ضخامت لایه تشکیل شده روی سطح مفره می‌افزاید و باعث افزایش جریان سطحی و دمای سطحی مفره می‌شود.

با توجه به اطلاعات جمع آوری شده در رابطه با حوادث خطوط انتقال و توزیع نیرو که عمدتاً مربوط به شکست مفره‌ها می‌باشد، اهمیت شناخت آلودگی و تاثیر آن بر عملکرد مفره‌ها بیش از پیش نشان داده می‌شود. لذا به منظور پیش بینی رفتار

مقره‌های مختلف در شرایط سخت محیطی به وسیله ایجاد رطوبت و آلودگی مصنوعی می‌توان نمونه‌ها را مورد بررسی قرار داده و با اندازه‌گیری خواص الکتریکی نظر جریان نشستی و ولتاژ شکست، تاثیرات شرایط آب و هوایی بر خوردگی سطحی و در نهایت شکست آنها را مشاهده نمود. بدین ترتیب با بکارگیری ساز و کارهای مناسب می‌توان موجبات کاهش تاثیر خوردگی اتمسفری بر عملکرد مقره‌ها و همچنین کاهش احتمال شکست آنها را فراهم آورد.

بمنظور مقابله با تاثیرات منفی و آلودگی و رطوبت و کاهش خوردگی سطحی مقره‌ها لازم است ضمن انتخاب مقره‌ای مناسب از لحاظ جنس و شکل فیزیکی، بتوان از ایجاد تخلیه جزئی در زنجیره مقره، ممانعت از تجمع آلودگی و رطوبت بر سطح با بهره‌گیری از پوشش‌های محافظ و کمک به خشک ماندن سطح، انتخاب طراحی آئرودینامیکی خاص و ... امکانپذیر است.

- راهکارهای مقابله با تاثیر آلودگی

بمنظور بهبود عملکرد مقره‌های پرسلانی در شرایط آلوده می‌توان با لحاظ نمودن تمهیداتی به نتیجه‌ی مناسبی دست پیدا کرد. این تمهیدات می‌توانند شامل افزایش طول خزشی، ممانعت از تجمع آلودگی در سطح مقره‌ها، استفاده از پوشش‌های محافظ روی سطح خارجی مقره‌ها، شستشوی دوره‌ای و استفاده از لعاب نیمه‌هادی باشند. در خصوص انتخاب هریک از موارد فوق لازم است بسته به شرایط بکارگیری مقره‌ها و معیارهای اقتصادی، مزایا و معایب هر روش را به دقت مورد ارزیابی قرار داد تا بتوان هدف مورد نظر را به درستی تأمین نمود.

افزایش طول خزشی زنجیره مقره: با توجه به آنکه مقاومت لایه‌ی آلوده روی سطح مقره رابطه مستقیمی با طول خزش دارد و با افزایش این طول، مقاومت لایه افزایش یافته و باعث کاهش جریان خزشی و در نهایت مانع از گسترش قوس الکتریکی می‌شود، بنابراین افزایش طول خزشی می‌تواند بعنوان یکی از راهکارها مطرح باشد. بدین منظور می‌توان بواسطه‌ی افزایش تعداد مقره‌ها در زنجیره، استفاده از مقره‌های با طول خزشی بیشتر یا انواع مه‌ای، استفاده از افزایش دهنده‌ی فاصله خزشی عمل کرد.

استفاده از پوشش‌های محافظ روی سطح مقره: راه حل دیگری که برای مقابله با تاثیر آلودگی و رطوبت روی سطح مقره‌ها مطرح است، استفاده از پوشش‌های محافظی است که به سبب بهبود خاصیت آب‌گریزی، بهبود ولتاژ تخلیه الکتریکی و محدود کردن جریانهای نشستی، عملکرد مناسبی را از خود نشان داده‌اند.

از جمله‌ی این پوشش‌های محافظ می‌توان به پوشش سیلیکون رابر RTV^۱ اشاره کرد که با استفاده از آن بواسطه ممانعت از تشکیل لایه نازک آب بر روی سطح، از مفره برای مدت زمان طولانی بطور کامل محافظت می‌نماید. این پوششها رزین‌هایی هستند که حاوی پرکننده‌ی آلومینا تری هیدرات می‌باشند. خواص دی‌الکتریک خوب، قابلیت انعطاف در محدوده دمایی وسیع، مقاومت بالا در برابر اشعه‌ی فرابنفش و مقاومت شیمیایی خوب این پوششها باعث شده است که آنها کاندیدهای مناسبی برای مفره‌های پرسلانی فشار قوی باشند.

با وجود این پوششها روی سطح مفره‌های پرسلانی، سطح آب‌گریزی بوجود می‌آید که از ایجاد جریان نشتی و در نهایت وقوع قوس الکتریکی حتی در حضور آلودگی‌های مختلف ممانعت به‌عمل می‌آید. استفاده از این پوششها جایگزین مناسبی برای عملیات شستشوی سطح مفره‌ها با حذف هزینه‌های کاری و نیروی انسانی محسوب می‌شوند.

استفاده از مفره‌های با لعاب نیمه‌هادی: مزایای استفاده از مفره‌های با لعاب نیمه‌هادی در مقایسه با مفره‌های پرسلانی با لعاب معمولی قابلیت آنها در مقابله با تأثیرات منفی آلودگی، رطوبت و خاصیت خشک‌کنندگی سطحی آن بواسطه‌ی عبور جریان از لایه لعاب نیمه‌هادی می‌باشد. وجود هدایت سطحی در لعاب منجر به عبور جریان نشتی محدود در حد $1-5 \text{ mA}$ شده و دمای مفره را تا چند درجه بالاتر از دمای محیط افزایش می‌دهد. گرم شدن مفره باعث تبخیر رطوبت از سطح مفره می‌شود و مانع از بروز تخلیه الکتریکی می‌شود. لعاب‌های نیمه‌هادی از توزیع یک شبکه‌ی کریستالی پیوسته بصورت مخلوطی از اکسیدهای فلزی (شامل مخلوط اکسیدهای قلع و آنتیموان) در یک ماتریس شیشه‌ای نیمه‌هادی موسوم به لعاب پایه به‌دست می‌آیند که این شبکه‌ی پیوسته قابلیت ایجاد هدایت مطلوب را دارد.

ویژگی برجسته لعاب‌های نیمه‌هادی در مقایسه با لعاب‌های معمولی، هدایت الکتریکی بالاتر آن است که این مسأله توزیع یکنواخت‌تر ولتاژ روی سطح مفره، خاصیت آلودگی، نویز و کرونا‌ی کمتری را در پی دارد و بدین ترتیب از جرقه زدن در محیط‌های آلوده‌ی مرطوب ممانعت بعمل می‌آید.

البته کاهش مقاومت الکتریکی در مورد این لعاب‌ها تا حد خاصی مجاز است. زیرا در صورت کاهش بیشتر، پایداری حرارتی مقره‌ها مورد تهدید واقع می‌شود. استفاده از این مقره‌ها در مناطق آلوده و مرطوب امکان طراحی فشرده‌تر خطوط، کاهش طول زنجیره و استفاده از تعداد مقره کمتری را در مقایسه با انواع با لعاب معمولی را فراهم می‌آورد.

در نهایت بکارگیری مقره‌های با لعاب نیمه‌هادی بدلیل دارا بودن مزایای متعدد و کارایی طولانی مدت در مناطق آلوده و مرطوب بعنوان راهکار مناسبی می‌تواند مطرح باشد.

۱-۱-۲-۴- یراق آلات

یراق آلات مورد نیاز برای موتاژ مقره‌ها و نیز برپایی سازه‌های خطوط هوایی شبکه‌های توزیع دارای تنوع فراوانی می‌باشند. بیشتر این اتصالات، از فولاد گالوانیزه یا آلیاژ آلومینیوم و در بعضی موارد از چدن نرم (آهن مالیل) ساخته شده‌اند که کلیه‌ی قطعات آهنی برای جلوگیری از زنگ زدگی باید بصورت گرم گالوانیزه گردند. همچنین به دلیل اهمیت کیفیت این قطعات، علاوه بر کنترل ضخامت گالوانیزه آنها، باید از نظر کمترین مقاومت (کشش) مکانیکی مورد آزمایش قرار گیرند.

یراق آلات نیز به نوبه‌ی خود نقش بسیار مهمی در مجموعه‌ی تجهیزات سیستم توزیع و انتقال انرژی برعهده دارند. مشخصات اساسی یراق آلات که بایستی در زمان انتخاب مدنظر قرار گیرند را می‌توان بصورت زیر برشمرد:

- داشتن مشخصات الکتریکی مناسب

- دارا بودن مقاومت مکانیکی مورد نیاز

- انعطاف پذیری

از آنجائیکه خطوط توزیع برق برای بهره‌برداری در مدت زمانهای طولانی (حدود ۳۰ الی ۴۰ سال) طراحی می‌شوند، بایستی تجهیزات مربوط به آن نیز بتواند برای مدت زمان فوق دوام آورده و تا حد زیادی مشخصات خود را حفظ نمایند. به همین علت مشخصه‌ی مهم دیگری که می‌توان در خصوص یراق آلات عنوان کرد و این مشخصه در تقسیم بندی کلی فوق نیز قرار داده نشده، حفظ و دوام مشخصه‌های اساسی اشاره شده در بالا می‌باشد.

مواد مورد استفاده در تولید یراق آلات شامل فولاد، چدن، آلومینیوم خالص، آلیاژهای آلومینیوم، روی و آلیاژهای مس می‌باشد.

یراق آلات مورد استفاده در شبکه توزیع برق مطابق زیر تقسیم بندی می‌گردند:

۱- بیراق آلات خطوط فشار متوسط: بیراق آلات خطوط فشار متوسط عبارتند از:

۱-۱- اتصالات مقره بشقابی:

- گیره انتهایی رکابی

- گیره آویزی

- رکاب انتهایی

- رابط گیره انتهایی

- رابط چشمی

- مهره چشمی

- کلمپ ۱۸۵-۳۵

- کلمپ خط گرم

۱-۲- نگهدارنده ها:

- جلوبر مقره

- میله جلوبر

- پایه حائل

- راس تیر

- میله مقره سوزنی

- کربی و روینده

۱-۳- کراس آرمها:

- کراس آرم ۱/۲

- کراس آرم ۱/۵

- کراس آرم ۲

- کراس آرم ۲/۴۴

- کراس آرم ۳ متری

- کراس آرم LR

۱-۴- پیچ و مهره و واشر و بوش:

- پیچ و مهره دو سر رزوه ۱۶*۳۵۰

- پیچ و مهره تمام رزوه ۱۶*۳۵۰

- پیچ و مهره ۱۲*۴۰

- پیچ و مهره و واشر ۱۶

- واشر مربع

- پیچ رزو تو چوب

- بوش پرسی

- بوش تعمیر پرسی

۱-۵- مهارها:

- میله مهار

- گوشواره مهار

- پیچ و مهره چشمی

- مهار چشمی

- مهار بدون زاویه

- پیچ مهره چشمی

- مهار زاویه دار

۲- یراق آلات خطوط فشار ضعیف عبارتند از:

- راک
- بوش پرس
- کلمپ مسی دو پیچ
- کلمپ بی متال
- کانکتور شکافدار
- پیچ و مهره و واشر ۱۶
- ۳- یراق آلات روشنایی معابر:
- ۱-۳- براکت
- براکت ۶۰ سانتی متری
- براکت ۷۰ سانتی متری
- براکت ۱/۵ متری
- براکت ۳ متری
- ۴- یراق آلات پستهای هوایی:
- سکوی ترانس
- میله اتصال به زمین
- کربی و روبنده
- پیچ و مهره ۴۰*۱۲
- ۵- یراق آلات پستهای زمینی:
- کراس آرم ۲/۴۴ متری
- سکوی سرکابل هوایی

- نردبان کابل
- سینی کابل
- کربی و روبنده
- پیچ و مهره ۴*۱۲
- پیچ و مهره و واشر ۱۶

۱-۲- روش‌های کنترل خوردگی

در این بخش به بررسی روش‌های مختلف کنترل خوردگی پرداخته خواهد شد. این روش‌ها شامل طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب، اعمال پوشش‌های مقاوم، استفاده از افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی، حفاظت کاتدی و مانیتورینگ خوردگی، بازرسی فنی و پایش وضعیت می‌باشد. در بخش بعد کاربرد فناوری‌های کنترل خوردگی در هریک از تجهیزات اصلی صنعت برق مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۲-۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب [۲۹ و ۳۰]

به علت پیشرفت سریع صنایع و گسترش آن در زمینه‌های گوناگون، به ویژه در یک قرن اخیر، استفاده از مواد و آلیاژهای گوناگون دامنه‌ی بسیار وسیعی پیدا کرده است. این موضوع در بخش‌های گوناگون صنعت برق نیز صادق می‌باشد، به طوری که امروزه به منظور ساخت تجهیزات گوناگون صنعت برق، از فلزات و آلیاژهای گوناگون، مواد طبیعی، چوب، بتن و سرامیک، مواد مصنوعی و سینتیک (لاستیک و پلاستیک‌ها)، کامپوزیت‌ها و... استفاده می‌گردد. انتخاب هر کدام از آنها با توجه به خواص و مشخصات مربوطه و عملکرد آنها در برابر عوامل محیطی صورت می‌پذیرد. به طور کلی هر ماده‌ای ممکن است فقط در کاربرد معین و مشخصی نسبت به سایر مواد مناسب‌تر باشد.

سرعت و رفتار خوردگی فلزات مختلف در محیط‌ها و شرایط گوناگون با دیگری متفاوت می‌باشد. در تهیه و ساخت آلیاژها که تقریباً نیمی از عناصر فلزی شناخته شده در آن شرکت دارد، پیشرفت‌های سریع و وسیعی انجام گرفته است، به طوری که تاکنون بیش از ۴۰،۰۰۰ نوع آلیاژ ساخته شده است و با گذشت زمان تعداد زیادی نیز به این رقم اضافه می‌شود. در عمل

عوامل مختلفی در کاربرد مواد مد نظر قرار می‌گیرد، برای مثال اگر قیمت‌ها و قابل دسترسی بودن (موجود بودن) به عنوان عامل موثر محسوب نمی‌شد، می‌توانستیم بهترین و مقاوم‌ترین مواد در برابر خوردگی را انتخاب کنیم.

به هر حال عوامل مهم مداخله‌گر در این مورد عبارت است از:

- قیمت
- رفتار خوردگی
- قابلیت جوشکاری و لحیم کاری
- خاصیت شکل پذیری (خمشی، کششی و غیره)
- خواص مکانیکی (مقاومت کششی، مقاومت در برابر ضربه، خستگی و غیره)
- قابلیت انعطاف یا شکل پذیری و قابلیت در برابر کشش
- مقاومت در برابر دماهای پایین و بالا
- موجود بودن یا قابل دسترسی بودن (به حالت مورد نظر)
- سازگاری به دیگر مواد موجود در سیستم
- خواص و رفتار حرارتی و الکتریکی
- صفاتی نظیر چگالی و خاصیت مغناطیسی

به طور کلی به علت وجود محیط‌های خورنده‌ی مختلف در بخش‌های گوناگون صنعت برق و نیز وجود دماهای بالا در بعضی از تجهیزات آن می‌توان گفت که برای هر شرایط محیطی یک یا چندین ماده‌ی خاص مناسب می‌باشد که بایستی با بررسی‌های مختلف انتخاب شوند.

هدف اصلی مهندسی خوردگی کاهش هر چه بیشتر هزینه‌های خوردگی و رساندن آن به حداقل مقدار ممکن است که در آن تمام عناصر هزینه‌ها اعم از مستقیم و غیر مستقیم بایستی در نظر گرفته شده باشد. در مورد انتخاب یک ماده‌ی مورد نظر جهت استفاده در یک وضعیت معین خوردگی، با توجه به بررسی‌های لازم در زمینه‌ی مقاومت به خوردگی در محیط مورد نظر،

لازم است بررسی‌های اقتصادی نیز انجام گرفته و قیمت آن ماده و مخارج مربوط به اقدامات و عملیات و اعمال روش‌های پیشگیری مد نظر قرار گیرد.

هم چنین انتخاب صحیح یا مناسب مواد جهت استفاده در محیط خورنده ی معین همراه با طراحی دستگاه‌ها اهمیت بسیار زیادی در کنترل و جلوگیری از خوردگی دارد. معایب حاصله از خوردگی اغلب ناشی از انجام تخلفاتی از یک یا چند اصل از اصول حاکم بر پدیده‌ی خوردگی می باشد. خواص و مشخصات مواد بایستی در طراحی دستگاه‌ها الزاماً مد نظر قرار گیرد.

نکات مهمی که در این باره باید مورد توجه واقع شوند عبارت است از:

- اختصاص ضخامت معینی به عنوان "سهم خوردگی" در طراحی ظروف
- استفاده از جوشکاری در اتصالات، به جای پیچ و رول.
- تعبیه ی امکانات تخلیه در دستگاه‌ها و ظروف.
- قابلیت تعویض آسان قطعات.
- اجتناب از تمرکز تنش به ویژه در مورد آلیاژهای حساس به ترک خوردگی تنش.
- اجتناب از احتمال تماس بین قطعاتی از جنس فلزاتی با اختلاف پتانسیل زیاد.
- حذف زوایای خیلی تند مخصوصاً در شرایطی که سرعت حرکت سیال زیاد است.
- اجتناب از توزیع غیر یکنواخت حرارت در کوره‌ها و مبدل‌های حرارتی.
- ممانعت از امکان ورود اکسیژن یا مواد مضر دیگر به سیستم عملیاتی.
- حذف گوشه‌ها و زوایا و فرورفتگی‌ها جهت اجتناب از ایجاد حالت سکون در مایعات و تجمع مواد جامد در این

نقاط

- اجتناب از کاربرد مواد متخلخل نظیر چوب، آزیست و غیره به علت خاصیت جذب مایعات.
- اجتناب از سرعت‌های زیاد در حرکت سیالات و توجه به سرعت‌های بحرانی.
- تعبیه امکانات بازرسی از نقاط مختلف دستگاه‌های عملیاتی.

در این جا این سوال مطرح است که دلایل شکست و انهدام مواد چیست؟

بر اساس مطالعات و بررسی‌هایی که در این زمینه به عمل آمده، علل شکست‌ها و معایب حاصله در دستگاه‌ها، مصالح صنعتی و واحد‌های عملیاتی را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

- انتخاب نامناسب مواد
 - روش تهیه‌ی نامناسب مواد و یا اجرای غیر اصولی عملیات بعدی.
 - اجرای ناقص یا غیر اصولی عملیات کنترل خوردگی
 - طراحی نامناسب قطعات، دستگاه‌ها، و واحدهای عملیاتی.
- به طور کلی معایب حاصله در مواد و مصالح صنعتی، معمولاً یا به علت "بار مکانیکی اضافی" یا "خوردگی" و یا هر دو علت می‌باشد که جهت حل مسائل ناشی از آن سه راه کلی و اساسی وجود دارد:

۱- تغییر در جنس (یا تعویض جنس)

۲- تغییر در عملیات.

۳- جداسازی مواد و محیط.

از آنجائی که مشکلات خوردگی موجود در واحدهای صنعتی عمدتاً باقی مانده از زمان طراحی می‌باشد، که غالباً به دلیل ناآشنائی و یا عدم اطلاعات کافی طراحان از دانش خوردگی است، لذا مهم‌ترین و حساس‌ترین مرحله، پیش‌بینی و ارزیابی مسائل خوردگی یا اجرای تمهیدات لازم برای کنترل مناسب در مرحله‌ی طراحی و ساخت دستگاه‌ها و واحدهای عملیاتی است. در مواردی نیز ممکن است ضعف‌های موجود در مقاومت خوردگی دستگاه‌ها دلایل سهوی داشته باشد. به طور کلی اگر مسائل خوردگی در مرحله‌ی طراحی، ساخت و نصب تجهیزات مطالعه و اجرا نشود، مسلماً منجر به بروز صدمات و زیان‌هایی در حین یا بعد از راه‌اندازی واحدها می‌شود که نهایتاً به توقف تولید خواهد انجامید. در این صورت هزینه‌های مربوط به تعویض قطعات و دستگاه‌ها و مخارج تعمیراتی نیز به حسابها اضافه می‌گردد. برعکس در صورتی که طراحان نسبت به مقاومت خوردگی مواد، نظیر آنچه که به مقاومت مکانیکی مصالح اهمیت می‌دهند توجه داشته باشند، مشکلات و خسارات بعدی رفع و یا میزان آنها به مراتب کاهش می‌یابد. در واقع این اصل مهم باید مدنظر باشد که شکست‌های ناشی از خوردگی به دلیل "عدم شناخت کافی و بی‌مبالاتی مصرف‌کنندگان"، "انتخاب نامناسب مواد"، و یا "نواقص طراحی" می‌باشد.

به این ترتیب نقش و موقعیت موثر و حساس طراحان آشکار می‌شود و نشان می‌دهد که می‌توانند در کاهش هزینه‌های عملیاتی و تعمیراتی و خسارات هنگفت ناشی از پدیده‌ی خوردگی نقش بسیار ارزنده‌ای داشته باشند. البته این در صورتی است که به اهمیت قضیه آگاه باشند و از دانش لازم در این زمینه و نیز اطلاعات کافی از راهکارهای مبارزه با خوردگی برخوردار باشند.

با توجه به اینکه در هر کدام از قسمت‌های مختلف صنعت برق شرایط محیطی خاصی حاکم می‌باشد، بایستی انتخاب ماده‌ی مناسب برای هر کدام از تجهیزات به طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین در بخش‌های بعدی با توجه به شرایط محیطی خاص هر یک از اجزای به کار رفته در صنعت برق، انتخاب ماده‌ی مناسب برای مقاومت در برابر خوردگی در آن محیط و نیز کاربرد مواد جدید به منظور افزایش مقاومت به خوردگی مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.

۱-۲-۲- استفاده از پوشش‌های محافظ

به طور کلی افزایش مقاومت به خوردگی آلیاژ با افزودن عناصر آلیاژی ممکن است موجبات کاهش خواص مکانیکی آن را فراهم نماید، لذا یکی از فناوری‌های کنترل خوردگی اعمال پوشش‌های مقاوم به خوردگی است که با استفاده از آن می‌توان سطح آلیاژ را در برابر خوردگی مقاوم نمود و از سوی دیگر آلیاژی را بکار برد که استحکام مکانیکی خوبی داشته باشد. امروزه ساخت پوشش‌های نانو، فناوری جدیدی در جهت کنترل خوردگی می‌باشد. انتخاب پوشش مناسب برای هر کدام از تجهیزات، وابسته به شرایط کاری آن می‌باشد. برای مثال اگر قطعات در معرض دماهای بالا قرار داشته باشند، نیاز است که از پوشش‌های مقاوم به خوردگی داغ استفاده شود و در صورتی که پوشش‌ها در معرض اتمسفر و خوردگی اتمسفری قرار داشته باشند، بایستی از پوشش‌های مقاوم به خوردگی اتمسفری استفاده شود. بنابراین در اینجا نیز انتخاب پوشش مناسب برای هر کدام از تجهیزات به صورت مجزا مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۲-۳- استفاده از افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی

بازدارنده‌های خوردگی افزودنی‌هایی هستند که با تغییر سطح فلز، محیط و یا هردو آنها خوردگی را تحت کنترل درمی‌آورند. افزودن مقادیر کمی از بازدارنده‌ها به محیط‌های خورنده، خوردگی را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. همچنین افزودنی‌های دیگری به منظور جلوگیری از ایجاد رسوب و یا از بین بردن جلبک‌ها و باکتری‌ها مورد استفاده قرار

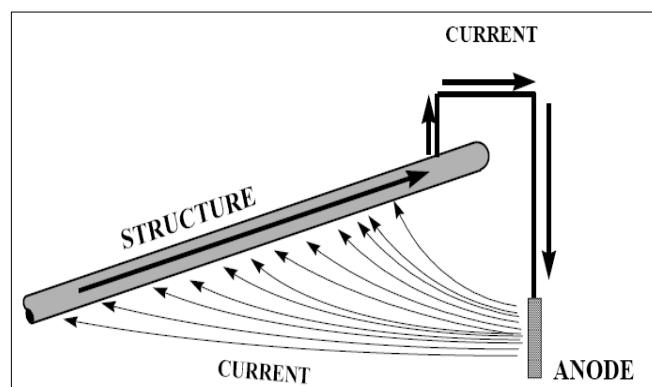
می‌گیرند. تشکیل رسوبات معدنی در بویلرها، مبدل‌های حرارتی و . . . از جمله مشکلات موجود در صنعت می‌باشد. این رسوبات در حلال‌های معمول نامحلول بوده و امکان استفاده از حلال‌های بسیار اسیدی به دلیل خوردگی شدید در سیستم وجود ندارد. لذا راه حل معمول استفاده از افزودنی‌های ضد رسوب می‌باشد. علاوه بر بازدارنده‌هایی که به جهت ممانعت از خوردگی به محلول‌ها اضافه می‌شوند، دسته‌ای از بازدارنده‌ها، بازدارنده‌های خوردگی در خاک می‌باشند که برای ممانعت از خوردگی بخشی از تجهیزات که بر روی خاک قرار گرفته به کار می‌روند. بازدارنده‌ها و افزودنی‌ها به منظور کنترل خوردگی در بعضی از تجهیزات صنعت برق مورد استفاده قرار می‌گیرند که در بخش‌های بعدی مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۲-۴- حفاظت کاتدی

حفاظت کاتدی یکی از فناوری‌های کنترل خوردگی می‌باشد که در آن با وارد کردن یک جریان از طریق خاک به لوله، پتانسیل لوله فولادی نسبت به خاک منفی‌تر شده و لوله فولادی به کاتد (قطب منفی) تبدیل می‌گردد، در حقیقت جریان از طرف محیط به تمام سطح لوله می‌رسد که در این صورت خوردگی کاهش می‌یابد و لوله محافظت می‌گردد. حفاظت کاتدی برای لوله‌های لخت معمولاً مقرون به صرفه نیست و به عنوان دومین جبهه‌ی مقابله با خوردگی، در کنار پوشش‌های محافظ، محسوب می‌شود.

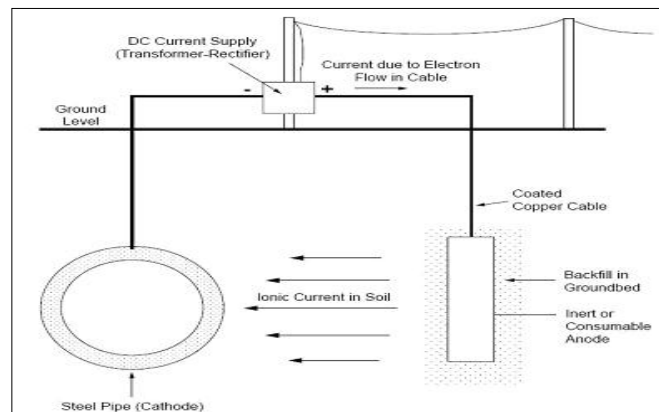
حفاظت کاتدی به دو روش آند فداشونده و اعمال جریان انجام می‌گیرد.

در روش آند فدا شونده از فلزات با پتانسیل منفی‌تر نسبت به فلز پایه استفاده می‌شود که در این سیستم فلز با پتانسیل منفی‌تر نقش آند و فلز پایه نقش کاتد را دارد. این روش نیاز به استفاده از منبع خارجی تامین جریان مانند ترانس رکتیفایر ندارد



(شکل ۸).

شکل ۸- سیستم حفاظت کاتدی با آند فداشونده [۳۱].



شکل ۹- سیستم حفاظت کاتدی با جریان اعمالی [۳۱].

حفاظت به روش جریان اعمالی در حقیقت ساخت و کنترل یک سلول خوردگی بزرگ است که در این سلول، پایانه ی منفی جریان مستقیم به خط لوله و پایانه ی مثبت به رسانای مصرف شدنی به نام آند وصل می شود (شکل ۹). این فناوری نیز در صنعت برق به منظور کنترل خوردگی بکار گرفته می شود که در بخش های بعد به بررسی تجهیزاتی که از این فناوری استفاده می کنند پرداخته خواهد شد.

۱-۴-۲-۱- مانیتورینگ حفاظت کاتدی

یکی از بحث هایی که در زمینه ی حفاظت کاتدی مطرح می باشد، مانیتورینگ و یا پایش سیستم حفاظت کاتدی به منظور بررسی روند انجام این فناوری می باشد. در مبحث پایش سیستم حفاظت کاتدی دو قسمت مجزا وجود دارد. قسمت اول شامل بررسی سخت افزارهای سیستم حفاظت کاتدی مانند خروجی رکتیفایر، پتانسیل لوله به خاک، اندازه گیری جریان در آند فدا شونده، بازرسی اتصالات، فیوزها، عایقها، ایستگاههای تست و الکترودهای مرجع دائمی می باشد. قسمت دوم به شرایط خود خط لوله (یا سازه دفن شده) می پردازد و با بررسی در طول خط لوله برای تعیین شرایط آن و شناسایی مناطق با احتمال خوردگی بالا سروکار دارد.

۱-۴-۲-۱-۱- پایش سخت افزارهای سیستم حفاظت کاتدی

برای عملکرد مناسب سیستم حفاظت کاتدی، نگهداری سخت افزارها بسیار مهم است. در این زمینه NACE راهنمای بسیار خوبی تهیه کرده است، که در آن روشهایی بر مبنای بازرسی ماهانه، فصلی و سالیانه توضیح داده شده اند. بر اساس این راهنما ایستگاه های تست منتخب ماهانه بازرسی می شوند. واحد های رکتیفایر و آندهای فداشونده ی منتخب بازرسی چشمی

شده و خروجی آنها اندازه گیری می شود. بازرسی فصلی نیز مشابه بازرسی ماهانه است. در بازرسی سالیانه بر روی بازرسی جزئیات و قطعات سیستم (مانند اتصالات، شنت ها، فیوزها، جعبه های تقسیم و...) تأکید می شود. واضح است که همه ی این عملیات ها احتیاج به زمان و افراد زیادی دارد. امروزه تمایل زیادی به استفاده از سیستم های کنترل از راه دور، سیستم های ارتباطی جدید و شبکه های کامپیوتری در مورد رکتیفایرها و سایر قطعات وجود دارد تا به این طریق هزینه ها کاهش یابد.

با سیستم های تجاری می توان موارد زیر را از راه دور به دست آورد:

- ولتاژ رکتیفایر و جریان خروجی آن
- داده های پتانسیل ON سازه به خاک
- داده های پتانسیل OFF سازه به خاک بلافاصله پس از قطع جریان
- داده های دیپلاریزه شدن
- داده های دما و پارامترهای خاک
- اعلام خطر در صورت تجاوز از مقادیر از پیش تعیین شده.

۱-۲-۴-۱-۲- پایش شرایط سازه

برای بررسی شرایط خط لوله های دفن شده ای که حفاظت کاتدی می شوند، روش های مختلفی وجود دارد. این روش ها عبارتند از:

- روش اندازه گیری پتانسیل خط لوله^۱
- روش پیرسون^۲
- روش شیب پتانسیل^۳
- روش کوپن های خوردگی^۱

1 -Closed Interval Potential Surveys(CIPS)

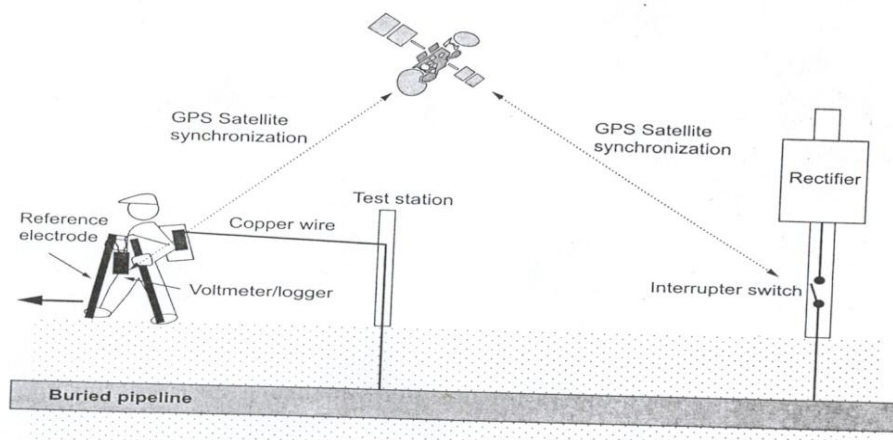
2 -Pearson Survey

3 -Direct Current Voltage Gradient (DCVG) Surveys

الف- روش اندازه گیری پتانسیل خط لوله (CIPS)

پتانسیل خط لوله‌ی دفن شده را می‌توان در ایستگاه‌های تست دائمی اندازه گرفت، اما این ایستگاه‌ها، مایلها با هم فاصله دارند، بنابراین کسر کوچکی از تمام سطح خط لوله بررسی خواهد شد. اهداف اصلی روش CIPS بدست آوردن پروفیل پتانسیل یک خط لوله در تمام طول آن با خواندن پتانسیل در فواصل حدود یک متر است. اساس این روش بسیار ساده است. یک الکتروود مرجع در یک ایستگاه به خط لوله متصل می‌شود. این الکتروود مرجع روی زمین بالای خط لوله در فواصل مساوی (حدود یک متر) برای اندازه گیری اختلاف پتانسیل بین دو الکتروود و خط لوله قرار می‌گیرد (شکل ۱۰).

روش کار CIPS: برای اجرای این روش به سه نفر احتیاج است: نفر اول که جلو حرکت می‌کند و وظیفه‌ی او مشخص کردن خط لوله است تا اختلاف پتانسیل دقیقاً بالای خط لوله اندازه گرفته شود. این شخص همچنین نشانه‌هایی (یک پرچم کوچک) را در فواصل مشخص بر روی خط لوله نصب می‌کند. نفر دوم وسیله‌ی اندازه‌گیری پتانسیل و یک جفت الکتروود مرجع را حمل می‌کند که به ایستگاه تست متصل می‌شود. این فرد همچنین باید علامت‌های مشخصه‌ای را برای اندازه‌گیری مسافت وارد کند. جزییاتی مانند جاده، نشانه‌های مسافت دائمی، حصار، رکتیفایرو... نقاط مرجع کارآمدی هستند، برای زمانی که بر اساس نتایج بازرسی‌ها عملیات ترمیمی لازم باشد. نفر سوم، بعد از تمام شدن بازرسی یک قسمت مشخص سیم باقیمانده را جمع می‌کند. این روش به شدت به عملکرد خدومه بستگی دارد و خدومه باید کاملاً حرفه ای باشند.

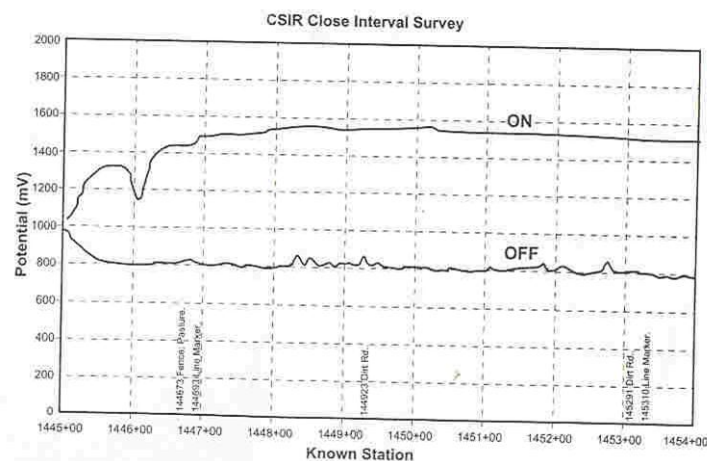


شکل ۱۰- طرح شماتیک روش CIPS [۳۳].

بر اساس گزارش NACE، مهمترین مسأله در خواندن پتانسیل، خطای افت IR است که در زمان فعال‌بودن سیستم حفاظت کاتدی (CP) در پتانسیل اندازه‌گیری شده وجود دارد. در حضور این افت پتانسیل، پتانسیل اندازه‌گیری در زمان روشن بودن سیستم CP از مقدار واقعی آن منفی‌تر خواهد بود و درک نادرستی از امنیت بدست خواهد آمد.

برای کمینه کردن خطای افت IR دو روش سیکلی (متناوب) وجود دارد. در یکی از روشها مدت زمان دوره ی روشن بودن (ON) ۳ ثانیه و مدت زمان دوره ی خاموش بودن ۱ ثانیه و در دیگری ۰/۸ ثانیه برای روشن بودن و ۰/۲ ثانیه برای خاموش بودن است. دوره های روشن بودن برای محدود کردن دیپلاریزاسیون خط لوله به طور مشخصی طولانی‌تر از دوره های خاموش بودن هستند.

تحلیل داده های CIPS: برای پردازش داده ها از کامپیوتر استفاده می شود. در مرحله ی اول، در پایان هر روز داده ها از دستگاه اندازه گیری به کامپیوتر منتقل می شود. در شکل ۱۱ مثالی از نحوه ی نمایش داده های CIPS نشان داده شده است. در ساده ترین حالت پتانسیل های روشن و خاموش بودن به صورت تابعی از فاصله نشان داده می شوند. پتانسیل ها را معمولاً به صورت اعداد مثبت نشان می دهند و تفاوت بین آنها مورد توجه قرار می گیرد. به طور معمول پتانسیل های خاموش بودن از پتانسیل های روشن بودن کمتر منفی هستند (قدر مطلق آنها کوچکتر است و زیر پتانسیل های روشن بودن قرار می گیرند). اگر موقعیت نسبی برعکس شود، احتمال وجود شرایطی غیر عادی مانند تداخل با جریانهای سرگردان وجود دارد. استاندارد شماره NACE RP0792-92 یک روش استاندارد توصیه شده برای این داده ها را بیان می کند.



شکل ۱۱- داده های روش CIPS، نشان دهنده پتانسیل های ON و OFF [۳۳].

مزایا و محدودیتهای روش CIPS: روش CIPS یک پروفیل کامل از پتانسیل لوله به خاک که نشان دهنده‌ی وضعیت و درجه‌ی حفاظت کاتدی است را فراهم می‌کند. تفسیر نتایج و شناسایی عیوب نسبتاً ساده است. سرعت پیشروی تیم بازرسی به کیفیت پوشش خط لوله بستگی دارد.

اساساً این روش شدت آسیب خوردگی را مشخص نمی‌کند، چون پتانسیل خوردگی یک پارامتر سینتیکی نیست. تمام طول خط لوله باید بوسیله‌ی تیم بازرسی پیموده شود و تجهیزات پشتیبانی لازم است. این روش را نمی‌توان در نواحی مانند جاده‌ها، رودخانه‌ها و ... بکار برد.

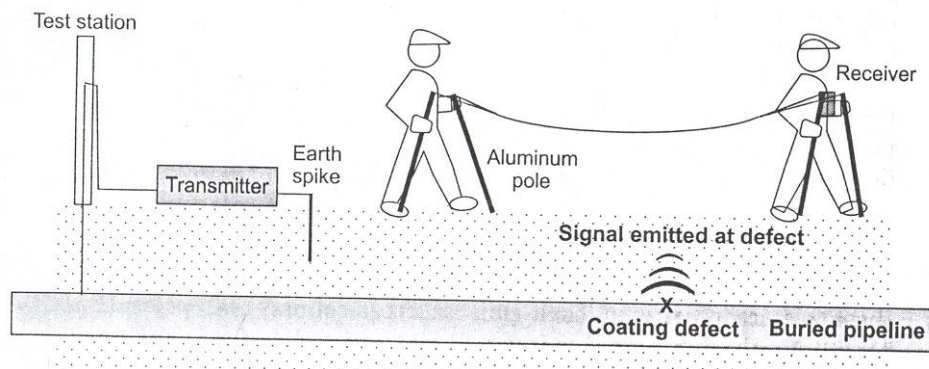
ب- روش پیرسون

این روش که به نام مخترعش نام گذاری شده است، برای تعیین موقعیت عیوب پوشش در لوله‌های دفن شده بکار می‌رود. هنگامی که این عیوب مشخص شدند، درجه‌ی حفاظت سیستم را می‌توان در این مناطق بحرانی بدست آورد.

روش کار پیرسون: یک سیگنال جریان AC با فرکانس حدود 1000Hz بوسیله‌ی یک ترانس‌میتزر که به زمین و خط لوله متصل است، وارد خط لوله می‌شود. (شکل ۱۲) دو اپراتور بازرسی بوسیله‌ی چکمه‌هایی با کف فلزی یا تیرک‌های آلومینیومی اتصال برقرار می‌کنند. فاصله این دو اپراتور حدود چند متر است. الزاماً سیگنالی که بوسیله‌ی گیرنده اندازه‌گیری می‌شود، گرادیان پتانسیل در طول فاصله دو اپراتور است. محل عیب بوسیله تغییر در گرادیان پتانسیل مشخص می‌شود که به تغییری در شدت سیگنال تبدیل می‌شود.

مانند روش CIPS، اندازه‌گیری معمولاً با حرکت کردن بالای خط لوله انجام می‌شود. هنگامی که نفر اول از عیب می‌گذرد، شدت سیگنال افت می‌کند و بعد زمانی که نفر دوم به عیب نزدیک می‌شود دوباره افزایش می‌یابد. تفسیر سیگنال‌ها هنگامی که بین دو اپراتور چندین عیب وجود داشته باشد، گیج‌کننده و مشکل خواهد بود. در این حالت، فقط یک نفر به طور مستقیم بالای خط لوله حرکت می‌کند در حالی که اتصالها عمود بر خط لوله هستند.

روش پیرسون را می‌توان بر روی یک سیستم حفاظت کاتدی با جریان اعمالی در حالی که سیستم روشن است انجام داد. اتصال آندهای فدا شونده باید قطع شود زیرا سیگنال ناشی از آنها، ممکن است عیوب واقعی را بپوشاند. یک گروه سه نفره لازم است تا محل خط لوله را مشخص کنند، اندازه‌گیری را انجام دهند، محل عیوب را بر روی زمین با نشانه‌هایی مشخص کنند و ترانسmitter را متناوباً حرکت دهند. اپراتوری که گیرنده را حمل می‌کند باید کاملاً با تجربه باشد، به خصوص زمانی که بررسی بر اساس سیگنال‌های صوتی و تنظیمات حساسیت دستگاه است. تحت این شرایط نتایج کاملاً بسته به قضاوت اپراتور است.



شکل ۱۲- طرح شماتیک روش پیرسون [۳۳].

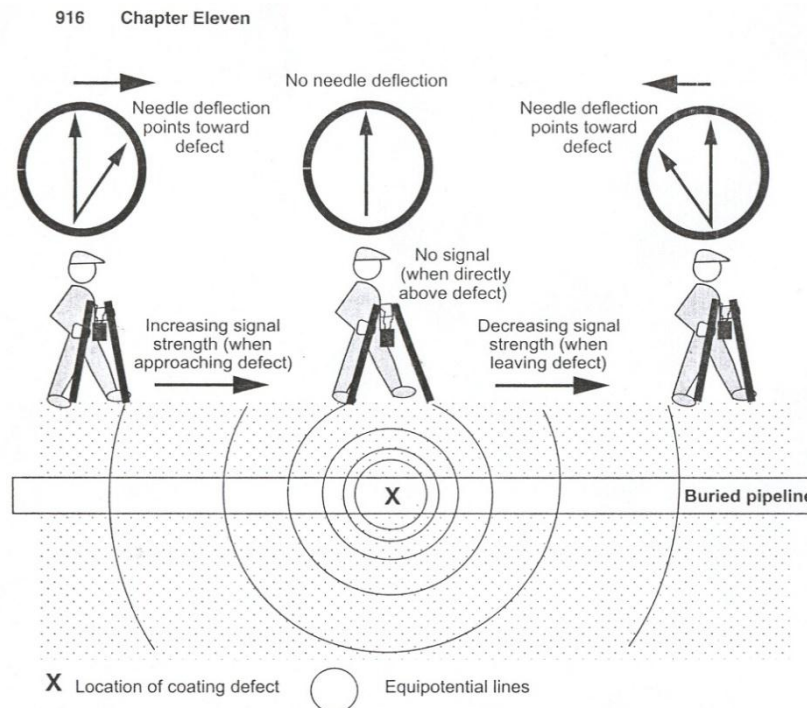
مزایا و محدودیتهای روش پیرسون: در این روش همه‌ی عیوب مهم و هادی‌های فلزی که باعث بوجود آمدن گرادیان پتانسیل می‌شوند، آشکار خواهند شد. در این روش هیچ سیم دنباله دار وجود ندارد و احتیاج به خاموش و روشن کردن جریان اعمالی نیست.

معایب این روش مشابه CIPS است که تمام طول خط لوله باید پیموده شود و اتصال با زمین برقرار گردد. در نتیجه این روش را نمی‌توان در جاده‌ها، رودخانه‌ها و ... بکار برد. همچنین شدت آسیب خوردگی مشخص نمی‌شود و هیچ اندازه‌گیری مستقیمی از عملکرد سیستم حفاظت کاتدی نخواهیم داشت. اگر از هیچ وسیله‌ی ثبت داده‌ی اتوماتیک استفاده نشود، نتایج به شدت به اپراتور بستگی خواهند داشت.

ج- روش شیب پتانسیل (DCVG)

DCVG نسبت به سایر روشها روش جدیدتری برای تعیین محل عیب می باشد و می توان شدت آسیب را برآورد کرد. اساس این روش نیز بر گرادیان پتانسیل بوجود آمده در خاک در محل عیوب پوشش تحت حفاظت کاتدی است. به طور کلی هر چه عیب بزرگتر باشد، گرادیان پتانسیل بزرگتر خواهد بود. داده‌های این روش به عملکرد کلی سیستم حفاظت کاتدی بستگی دارد زیرا این داده ها نشانه ی جریان و جهت آن در خاک هستند.

روش کار DCVG: گرادیان پتانسیل بوسیله ی دو اپراتور بین دو الکتروود مرجع (معمولاً $Cu/CuSO_4$) که حدود ۰/۵ متر با هم فاصله دارند، اندازه گیری می شود. ظاهر این الکتروود ها مشابه یک جفت چوب اسکی (شکل ۱۳) است. برای اندازه گیری های DCVG، یک سیگنال پالسی جریان DC به خط لوله تحمیل می شود. این سیگنال پالسی ورودی تداخل از سایر منابع جریان را مینیمم می کند. این جریان بوسیله ی یک قطع کننده بر روی رکتیفایر موجود یا بوسیله ی یک جریان پالسی ثانویه که به جریان ثابت حفاظت کاتدی اضافه می شود، به دست می آید.



شکل ۱۳- طرح شماتیک روش DCVG [۳۳].

ایراتوری که در طول خط لوله حرکت می‌کند، از عقربه یک میلی ولت‌متر برای مشخص کردن محل عیب استفاده می‌کند. بهتر است که ایراتور مستقیماً بالای خط لوله حرکت کند، هر چند که الزاماً احتیاجی نیست. حضور یک عیب با انحراف مثبت عقربه هنگام نزدیک شدن به عیب، عدم انحراف عقربه هنگامی که ایراتور دقیقاً بالای عیب است و انحراف منفی عقربه هنگام دور شدن از آن مشخص می‌شود. ادعا شده است که می‌توان محل عیب را با دقتی در حدود ۰/۲-۰/۱ متر مشخص کرد. مزیت عمده این مسأله در کم کردن حفاری‌های بعدی برای عملیات ترمیمی است. مزیت دیگر این روش این است که می‌توان به هر عیب یک فاکتور اندازه نسبت داد. اندازه مهمترین فاکتور برای تعیین بحرانی‌ترین عیوب و ارجح‌ترین تعمیرات است. یک ارزش گذاری کارآمد بر اساس میزان IR% به شرح زیر است:

- IR 0-15% (کوچک): معمولاً احتیاج به تعمیرات نیست.

- IR 16-35% (متوسط): تعمیرات ممکن است توصیه شود.

- IR 36-60% (بزرگ): تعمیرات زودهنگام توصیه می‌شود.

- IR 61-100% (خیلی بزرگ): تعمیرات فوری توصیه می‌شود.

برای داشتن یک پایه تئوری برای میزان IR%، پتانسیل اندازه‌گیری شده خط لوله نسبت به زمین دور در هر ایستگاه تست باید در نظر گرفته شود. این پتانسیل V_t از دو جزء تشکیل شده است:

$$V_t = V_i + V_s \quad (7)$$

که در آن V_i ولتاژ در طول خط لوله بین فصل مشترک و خاک و V_s ولتاژ بین خاک اطراف لوله و زمین دور است. IR%

به این صورت تعریف می‌شود:

$$\% IR = \frac{V_s}{V_t} \quad (8)$$

می‌توان فصل مشترک خاک-لوله و خاک بین لوله و زمین دور را به صورت دو مقاومت با اختلاف پتانسیلی بین آنها در نظر گرفت. اگر چه در عمل اندازه‌گیری V_i آسان نیست، اما V_s را می‌توان به آسانی با دستگاه DCVG اندازه گرفت (یک الکتروود مرجع در مرکز عیب قرار داده می‌شود و سپس تغییرات ولتاژ هنگامی که الکتروودها از مرکز عیب به سمت زمین دور حرکت می‌کنند جمع زده می‌شود). در عمل V_s اندازه‌گیری شده در ایستگاه تست باید برون یابی شود تا مقدار آن در محل عیب به

دست آید. معمولاً از داده های دو ایستگاه که عیب بین آن دو است و برون یابی خطی استفاده می شود. برای حفاظت کاتدی مؤثر عیب، نسبت V_s/V_t باید کوچک باشد. جابجایی کلی در پتانسیل خط لوله به دلیل اعمال حفاظت کاتدی باید اساساً با تغییر در V_i معلوم شود نه با V_s .

می توان از روش DCVG برای تعیین جهت جریان در خاک استفاده کرد. مطابق شکل ۱۳ تحت تأثیر حفاظتی یک سیستم حفاظت کاتدی، جریان به سمت ترک جاری می شود. تخریب ناشی از خوردگی (حل شدن آندی) اثر عکس دارد. یعنی جریان از عیب خارج می شود. با استفاده مناسب از روش DCVG ادعا شده است که با سیستم حفاظت کاتدی که به طور پالسی روشن و خاموش می شود، می توان تعیین کرد که جریان از عیب خارج یا به آن وارد می شود.

مزایا و محدودیتهای روش DCVG: این روش در اصل برای سیستم های حفاظت کاتدی پیچیده در مناطقی با چگالی بالایی از سازه های دفن شده مناسب است. تجهیزات DCVG نسبتاً ساده هستند و هیچ سیم دنباله ای وجود ندارد. اگرچه می توان درجه ای از شدت و جدی بودن آسیب را برای عیوب پوشش تعیین کرد اما این سیستم ارزش گذاری تجربی است و اطلاعاتی در مورد سینتیک خوردگی نمی دهد. سرعت پیشروی گروه بازرسی به تعداد عیوب موجود در پوشش بستگی دارد. محدودیت های نوع زمین مشابه CIPS است، اگر چه می توان نوک الکتروود ها را در ترکهای سطحی بتن یا آسفالت قرار داد.

د- روش کوپن های خوردگی

این کوپن ها بدون پوشش نصب می شوند و یک عیب را بر روی خط لوله تحت شرایط کنترل شده بازسازی می کنند. این کوپنها از طریق خروجی یک ایستگاه تست به خط لوله متصل می شوند و امکان بعضی از اندازه گیری ها مانند پتانسیل و جریان را فراهم می کنند. این روش زمانی به کار برده می شود که نتوان از روشهایی که در آنها جریان قطع می شود استفاده کرد.

روش کار کوپن های خوردگی: در نصب کوپنهای خوردگی مهمترین نکته این است که این کوپنها باید نشان دهنده ی سطح واقعی خط لوله و عیوب آن باشند. بنابراین جزئیات متالورژیکی دقیق و پرداخت سطحی مانند سطح واقعی خط لوله برای کوپن لازم است.

همچنین تجمع محصولات خوردگی نیز ممکن است مهم باشد. گذشته از این موارد، شرایط محیطی کوپن و خط لوله باید یکسان باشد (دما، وضعیت خاک، فشردگی خاک، غلظت اکسیژن و ...). از اثرات حفاظتی جریان بر روی کوپن باید اجتناب شود.

اگر الکتروود مرجع مناسبی در فاصله ی نزدیک به کوپن نصب شود، پتانسیل ON اندازه گیری شده روی کوپن از پتانسیل اندازه گیری شده روی خط لوله دقیق تر است. اگر چه پتانسیل اندازه گیری شده روی کوپن هنوز مقداری خطای افت IR دارد اما مقدار آن کمتر است. برای اندازه گیری پتانسیل OFF می توان سیم اتصال کوپن با ایستگاه تست را قطع کرد. به همین ترتیب می توان اندازه گیری های پلاریزاسیون طولانی مدت را بدون دیپلاریزه شدن کل سازه انجام داد. با استفاده از یک مقاومت Shunt در سیم اتصال کوپن می توان میزان جریان خروجی یا ورودی به کوپن و همچنین جهت آن را تعیین کرد. علاوه بر این امکان تعیین سرعت خوردگی کوپن نیز وجود دارد. با استفاده از سنسورهای مقاومت الکتریکی به عنوان جایگزینی برای کاهش وزن می توان سرعت خوردگی را در محل به دست آورد.

مساحت سطح کوپنی که به کار می رود بسیار مهم است، زیرا هم دانسیته ی جریان و هم پتانسیل به سطح بستگی دارند. این دو پارامتر به نوبه ی خود تأثیر مستقیمی بر سینتیک واکنشهای خوردگی دارند.

مزایا و محدودیتهای روش کوپن‌های خوردگی: برخی پارامترهای مهم خوردگی را می توان به راحتی تحت شرایط کنترل شده بدون هیچ گونه تغییر در سیستم حفاظت کاتدی سازه بررسی کرد. اصول اندازه گیری بسیار ساده هستند. بسیار مشکل و تقریباً غیر ممکن است که بتوان تضمین کرد که کوپن کاملاً نشان دهنده ی یک عیب واقعی بر روی سازه ی دفن شده باشد. اندازه گیری ها تنها محدود به محل‌های مشخصی هستند. حسگرهای کوپن باید ابزارهای خیلی محکم و نسبتاً ساده ای باشند تا بتوانند با رضایت تحت شرایط زمین کار کنند.

۱-۲-۵- مانیتورینگ خوردگی ، بازرسی فنی و پایش وضعیت (دیدبانی خوردگی) [۳۵]

مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی دو مورد از فناوری های کنترل خوردگی هستند که با اجرای روش‌های مربوط به آنها در بخش های گوناگون صنعت برق می‌توان از کم و کیف پدیده‌ی خوردگی آگاه شد و از بوجود آمدن خسارات بیشتر در سیستم

جلوگیری نمود. روش‌های دیدبانی خوردگی بر اساس آزمون‌های پایش خوردگی و روش‌های غیر مخرب (NDT) هستند و با استفاده و اجرای آنها می‌توان به موارد زیر دست یافت:

۱- بهینه کردن بازده تولید

۲- حفظ کیفیت

۳- کارکرد ایمن (نفرات و دستگاه‌ها)

۴- حفظ سرمایه

۵- کاهش هزینه‌های نیروی انسانی

۶- نگهداری پیوستگی فرایند

۷- کاهش هزینه‌ی تعمیرات

۸- نگهداری بهتر تجهیزات

۹- ایجاد بانک اطلاعاتی در زمینه‌ی خسارات ناشی از خوردگی

روش‌های دیدبانی خوردگی در برگیرنده‌ی روش‌هایی است که می‌توان با استفاده از آنها سرعت خوردگی را بطور پیوسته اندازه‌گیری نمود. در این روش‌ها علاوه بر بهره گرفتن از مبانی روش‌های آزمون‌های خوردگی از سایر روش‌ها مانند تست‌های غیرمخرب و روش‌های مختلف اندازه‌گیری ضخامت نیز می‌توان سود برد.

آزمون‌های خوردگی به همراه روش‌های غیرمخرب اساس دیدبانی خوردگی را تشکیل می‌دهند. بنابراین در این بخش به بررسی روش‌های مانیتورینگ خوردگی و روش‌های غیرمخرب به منظور بازرسی فنی پرداخته خواهد شد.

۱-۲-۵-۱- روش‌های مانیتورینگ خوردگی

روش‌های مانیتورینگ خوردگی شامل روش‌های زیر می باشد.

۱-۲-۵-۱-۱- بازرسی چشمی^۱

این روش ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش دیدبانی خوردگی است که عموماً توجه چندانی به آن نمی‌شود. در صورتی که می‌تواند اطلاعات بسیار مفیدی را از سیستمی که مشکل خوردگی در آن وجود دارد ارائه دهد. به عنوان مثال نشتی‌ها، تغییررنگ، ترک دار شدن، مسدود شدن و ... را می‌توان با بازرسی چشمی کنترل کرد.

در این روش می‌توان از ذره بین، وسائل اندازه‌گیری، ضخامت سنج و حتی دوربین‌های کوچک جهت تصویربرداری استفاده کرد. هرکدام از این روش‌ها می‌توانند اطلاعات جداگانه‌ای را ارائه دهند و به دلیل اینکه عموماً هیچ‌گونه تغییری در دستگاه‌ها و ساختمان آنها در این روش اعمال نمی‌شود می‌توان این روش را در رده‌ی روش‌های NDT نیز دسته‌بندی نمود.

۱-۲-۵-۱-۲- روزنه‌های نگهبانی^۲

در اغلب واحدهای فرایندی مثلاً در لوله‌های فولاد کربنی که حامل مواد خورنده و یا ساییده هستند، با تعبیه‌ی سوراخی که به ضخامت مجاز لوله برسد می‌توان با مشاهده‌ی نشتی به میزان خوردگی واحد پی برد. باید توجه کرد که این روش دارای محدودیت‌های زیادی است و فقط در مکان‌های محدودی که نشتی، سلامت و ایمنی پرسنل و یا سایر دستگاه‌ها را در معرض خطر قرار ندهد می‌توان از آن استفاده کرد.

۱-۲-۵-۱-۳- کوپن‌های خوردگی

کوپن‌ها قطعاتی فلزی هستند که برای مدت زمان معینی در معرض محیط خورنده‌ی واقعی قرار می‌گیرند و یکی از قدیمی‌ترین روش‌های دیدبانی خوردگی می‌باشند. کوپن‌ها از نظر فیزیکی، ترکیب شیمیایی و ساختمان متالورژیکی دقیقاً باید از جنس لوله، مخزن یا دستگاه مورد مطالعه انتخاب شوند. بسته به موارد ذکر شده کوپن‌ها اشکال مختلفی دارند که عبارتند از:

- نوارها

- دیسک‌ها

- پروب‌های بایو فیلم

- حلقه‌هایی از لوله‌های سوراخ دار

1 - Visual Inspection

2 - Sentry Holes

- کوپن با تنش اعمالی

- کوپن با تنش باقی مانده

کوپن‌گذاری به دلیل سابقه‌ی طولانی آن، روش شناخته شده‌ای می‌باشد و محدودیت و مزایای آن کاملاً شناخته شده است.

مزایای کوپن‌گذاری عبارتند از:

الف) تفسیر چشمی: با مشاهده ی کوپن ها می توان اطلاعات زیادی را در مورد چگونگی و نوع محصولات خوردگی بدست آورد.

ب) رسوب ها را می توان مشاهده و آنالیز کرد و تاثیر آن ها را بر روند خوردگی مورد مطالعه قرار داد.

ج) کاهش وزن و نرخ خوردگی معین می گردد.

د) میزان موضعی بودن خوردگی تعیین می گردد.

ه) خوردگی شیاری می تواند بررسی گردد.

و) ویژگی های لایه ی بازدارنده می تواند بررسی قرار گیرد.

ن) تاثیر تنش بر روی اجزا را می تواند مورد مطالعه قرار داد.

کوپن گذاری دارای محدودیت هایی نیز می باشد که باید مورد توجه قرار گیرد. مدت زمان کوپن گذاری باشد کاملاً مشخص باشد. این زمان تقریباً بین ۱ تا ۳ ماه متغیر است. در صورت کم بودن زمان، نتایج قابل اندازه گیری نیستند و از طرف دیگر در صورت طولانی شدن زمان بسیاری از نتایج از بین خواهد رفت.

نسبت سطح کوپن به جرم آن باید بالا باشد تا بتوان نتایج کاهش وزن قابل اعتمادی بدست آورد و این امر در برخی از مکان ها محدودیت ایجاد می کند.

کوپن ها می توانند بر روی یک نگهدارنده نصب شوند و در خط فرایند در مسیر جریان مورد نظر گذاشته شوند. روش دیگر این است که از یک خط لوله‌ی مغزی در خط جریان اصلی برای شبیه سازی هرچه بیشتر شرایط سرعت استفاده کرد. اگر از هر کدام از این دو روش استفاده شود لازم است مدت زمان حضور کوپن در محیط طولانی باشد.

جهت کاهش زمان های آزمایش از پروب های مقاومت الکتریکی، الکترودهای اندازه گیری مقاومت پلاریزاسیون یا اندازه گیری یون آهن موجود در جریان می توان استفاده نمود. چنین تست هایی زمان آزمایش را از چند هفته به چند روز تقلیل می دهد.

یک روش دیگر استفاده از جریان جانبی خطوط فرایند واقعی است. در این روش مقادیر کمی از سیال واقعی از روی نمونه ی فلزی عبور داده می شود. به این ترتیب مقادیر کمی بازدارنده برای برآورد مورد نیاز است. اگر همراه با این روش از پروب های مقاومت الکتریکی یا الکترودهای مقاومت پلاریزاسیون استفاده شود می توان در مدت زمان کوتاهی بازدارنده های بسیاری را برآورد نمود.

۱-۲-۵-۱-۴- روش مقاومت پلاریزاسیون خطی (LPR)^۱

مقاومت پلاریزاسیون خطی، روش الکتروشیمیایی مفیدی برای اندازه گیری خوردگی است. تحلیل رابطه ی پتانسیل و جریان تولید شده ی بین دو الکتروده، می تواند نرخ خوردگی را محاسبه نماید. اندازه گیری نرخ واقعی خوردگی این امکان را به اپراتور می دهد که یک بازخور تقریباً لحظه ای از فرآیند داشته باشد. مانیتورینگ توسط LPR چندین دهه است که به طور وسیع در صنایع حتی در صناعی که با دمای بالا سر و کار دارند، مورد استفاده قرار می گیرد.

هدایت الکتریکی (عکس مقاومت الکتریکی) یک سیال می تواند به خوردگی آن مرتبط باشد. در پروبهای LPR دو یا سه الکتروده که به یکدیگر متصل نیستند، درون سیستم قرار داده می شوند. پتانسیل کمی (در حدود ۲۰ میلی ولت که بر طبیعت فرآیند خوردگی اثر نمی گذارد) بین الکترودها اعمال شده و جریان حاصله اندازه گیری می شود. نسبت پتانسیل اعمالی به جریان بدست آمده، مقاومت پلاریزاسیونی خواهد بود. این مقاومت با نرخ خوردگی رابطه ی عکس دارد. مقاومت الکتریکی هر رسانا توسط رابطه ۹ بدست می آید:

$$R = V / I \quad (9)$$

که در آن R مقاومت لحظه ای، V پتانسیل اعمالی و I جریان لحظه ای بین دو الکتروده است. اگر نرخ خوردگی الکترودها بالا باشد و یون های فلزی به راحتی وارد محلول شوند، پتانسیل اعمالی کم، جریان زیادی تولید خواهد کرد و بنابراین مقدار

مقاومت پلاریزاسیون، کوچک و در نتیجه نرخ خوردگی زیاد خواهد شد. استفاده از LPR برای محاسبه ی نرخ خوردگی شامل چند فرض و محدودیت است:

۱. در محاسبات تعیین جریان خوردگی از مقاومت محلول صرف نظر می شود و فرض می شود که $R = R_p$ باشد. با افزایش مقاومت محیط، خطای این فرض بیشتر خواهد شد.
۲. تشکیل محصولات خوردگی رسانا بر روی پروب، موجب برقراری اتصال الکتریکی بین الکترودها شده و این امر مانند این است که در محیط الکترولیت وجود نداشته باشد.
۳. فرض می شود واکنش‌های آندی و کاتدی تنها از یک مدل سینتیکی مشخص پیروی می کنند.
۴. فرآیند باید تحت کنترل انتقال بار باشد. با افزایش سرعت انتقال بار - معمولاً در مجاورت کاتد- روش LPR کارایی خود را از دست می دهد.
۵. تنها یک واکنش آندی و تنها یک واکنش کاتدی باید در حال وقوع باشد.
۶. ثوابت تافل باید معلوم باشد؛ ثابت تافل را معمولاً در ابتدا بدست آورده و در طول فرآیند ثابت فرض می کنند.
۷. اگر در طول فرآیند، پتانسیل خوردگی تغییر کند، نتایج بدست آمده بی معنی خواهند بود. بنابراین قبل از اندازه گیری‌های الکتروشیمیایی، پتانسیل خوردگی باید به حالت ایستا و پایدار رسیده و سپس اندازه‌گیری شود.
۸. خوردگی‌های موضعی را تنها به صورت کیفی نشان می دهد.

در مجموع روش LPR نسبتاً ساده و راحت است. مهمترین مزیت LPR سرعت آن در اندازه‌گیری نرخ خوردگی است که می‌تواند به صورت لحظه‌ای نرخ خوردگی را محاسبه کند. تغییرات نرخ خوردگی در کمتر از یک دقیقه مشخص می‌شوند و از این رو یک سیستم اندازه‌گیری لحظه‌ای تهیه شده است. این سرعت پاسخگویی به اپراتور اجازه می‌دهد تا تغییرات بوجود آمده در فرآیند را به‌طور موثر ارزیابی کرده و برای پیشگیری از آن اقدام نماید. برای مثال بازخور سریع می‌تواند انتخاب صحیح نوع سوخت و مقدار هوای اضافه را در کمترین زمان ممکن تعیین کند.

ویژگی مهم دیگر مانیتورینگ از طریق روش LPR این است که به‌طور کیفی تمایل به حفره‌دار شدن را نشان می‌دهد. مثلاً تشخیص اینکه حفره‌ها کم عمق و کم تعداد، یا زیاد و عمیق هستند امکان پذیر است. همچنین LPR می‌تواند رفتار فلز در

حین فرآیند خوردگی، برای مثال هنگامی که آلیاژ مورد اکسیداسیون قرار گرفته باشد را نشان دهد. در تکنیک‌های جدید LPR، حفره دار شدن بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

LPR معمولاً هنگامی استفاده می‌شود که نرخ خوردگی در فواصل کوتاه زمانی، نوسان زیادی داشته باشد و دانستن نرخ خوردگی متوسط در بلند مدت کافی نباشد. برای مثال از آنجا که در خوردگی لوله‌های بویلر گاهاً نرخ خوردگی لحظه‌ای و یا تشخیص خوردگی موضعی اهمیت می‌یابد، لذا LPR از این حیث می‌تواند یاری دهنده باشد.

مقاومت اندازه‌گیری شونده در LPR، مجموع مقاومت محلول (R_s) و مقاومت پلاریزاسیونی (R_p) خواهد بود. در مواردی که R_s بزرگ است (محیط با هدایت الکتریکی کم)، اگر مقاومت جبران شده^۱ اعمال نشود، این روش خطای زیادی خواهد داشت و نرخ خوردگی را کمتر از واقعیت تخمین می‌زند. به همین خاطر روش‌های الکتروشیمیایی برای محیط‌های با هدایت الکتریکی کم مانند الکترولیت تشکیل شده از اکسیدهای سطحی، توصیه نمی‌شود، اما اگر نرخ خوردگی خیلی کم باشد (R_p) زیاد باشد مانند اکسیداسیون آلیاژهای پر کروم) مقدار خطا بسیار کوچک خواهد بود.

پروب‌های LPR: پروب‌های LPR در دو نوع دو و سه الکترودی ساخته می‌شوند. در سیستم‌های دو الکترودی، پتانسیلی کم به الکترودها اعمال شده و جریان بوجود آمده اندازه‌گیری می‌شود. این جریان تابعی از مقاومت الکترودها و همچنین مقاومت محلول است. در سیستم‌های سه الکترودی، اثر مقاومت محلول با اضافه کردن یک الکتروود مرجع به کمترین مقدار می‌رسد. بنابراین حتی در پروب‌های سه الکترودی، ممکن است نرخ خوردگی همراه با خطا پیش‌بینی شود. سیستم‌های سه الکترودی برای محلول‌های با مقاومت الکتریکی بالا و نرخ خوردگی زیاد توصیه می‌شود. کمترین مقدار اندازه‌گیری این پروب‌ها ۱ mpy و دقت آنها ۰/۱٪ است. شکل ۱۴ شمایی از انواع پروب LPR را نشان می‌دهد.

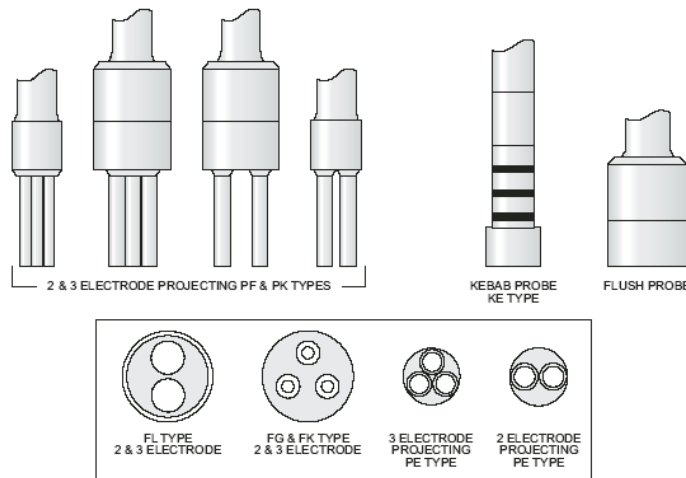
جنس بدنه ی پروب‌های LPR بطور معمول فولاد زنگ نزن 316L بوده و بسته به شرایط کاری و نحوه ی استفاده عمر زیادی دارند. پروب‌های LPR در سه دسته ی عمده طراحی می‌شوند؛ باز یافتنی^۲، جمع شدنی^۳ و ثابت^۴.

1 - IR Compensation

2 - Retrieval Probe

3 - Retractable Probe

4 - Fixed Probe



شکل ۱۴ - شمایی از انواع پروب LPR [۳۵].

جدول ۳- مزایا و محدودیت‌های روش LPR [۳۵]

محدودیت‌ها	مزایا
با افزایش مقاومت الکتریکی محیط، خطای این روش نیز افزایش خواهد یافت.	محاسبه‌ی نرخ خوردگی سریع و در حدود چند دقیقه است.
خوردگی‌های موضعی را تنها به صورت کیفی نشان می‌دهد.	مقدار پتانسیل اعمالی بسیار کم است (حداکثر ۳۰ mv) و بر روی فرآیند تاثیرگذار نیست.
در صورتی که رسوب تشکیل شده روی پروب رسانا باشد، این تکنیک قابل استفاده نخواهد بود.	این تکنیک می‌تواند مقادیر بسیار کم خوردگی (کمتر از ۰/۱ mpy) را اندازه‌گیری کند.
سرعت رویش نباید از ۵ میلی ولت بر ثانیه تجاوز کند.	اندازه‌گیری‌ها می‌توانند در صورت نیاز تکرار شوند.

پروب‌های بازیافتنی: پروب‌های بازیافتنی می‌توانند در سیستم‌های پرفشار تا ۴۲ MPa کار کنند. پروب در یک لوله ی کم

عمق قرار گرفته و با اعمال فشار درون لوله ثابت می‌گردد. با استفاده از این نوع پروب‌ها می‌توان بدون قطع سیستم، پروب را بازرسی و یا تعویض نمود.

پروب‌های جمع‌شدنی: این پروب‌ها برای سیستم‌های با فشار کمتر (حداکثر ۱۰ MPa) طراحی شده‌اند. سایر مشخصات

آن مانند پروب بازیافتنی است.

پروب‌های ثابت: همانند دو پروب قبل، با استفاده از این پروب‌ها می‌توان اطلاعات بدست آمده را در هر زمان و به صورت لحظه‌ای ثبت کرد. اما تعویض پروب ثابت، ملزم به قطع سیستم است. مدل‌های خاصی از این پروب تا فشارهای ۷۰ MPa قابل استفاده اند. کار با پروب‌های ثابت در سیستم‌های مانیتورینگ آسان بوده و از دیگر پروب‌ها اقتصادی‌تر است. جدول ۳ چکیده‌ای از مزایا و محدودیت‌های روش LPR را بازگو می‌کند.

۱-۲-۵-۱-۵- روش مقاومت الکتریکی (ER)^۱

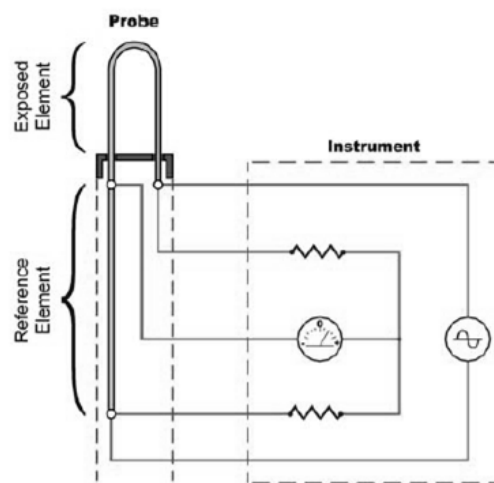
اندازه‌گیری‌های ER به طور گسترده به عنوان یک روش الکتریکی آنالوگ بدون محدودیت نوع محیط برای محاسبه ی کاهش وزن به کار می‌رود. در روش سنتی ER، تغییرات مقاومت ظاهری در دراز مدت، نرخ خوردگی کل را خواهد داد. در دهه‌ی اخیر انواع پروب‌ها و تجهیزات ER با دقت و سرعت بالا گسترش یافته‌اند. این تجهیزات در دماهای مختلف قابل استفاده‌اند. در روش‌های دقیق و در کاربردهای حساس نرخ‌های خوردگی در حد چند میکرون در سال قابل اندازه‌گیری هستند. ER بطور کلی برای خوردگی عمومی (یکنواخت) مناسب بوده و برای خوردگی موضعی پیشنهاد نمی‌شود، زیرا که با تغییرات زیاد مقاومت الکتریکی در اشکال هندسی پیچیده، ER خوردگی موضعی را بیشتر از واقعیت تخمین می‌زند.

می‌توان گفت ER قدیمی‌ترین روش مانیتورینگ خوردگی است. این تکنیک حدود ۴۰ سال است که برای مانیتورینگ خوردگی در صنعت و در شرایط خاکی و یا آبی به کار می‌رود. تکنیک ER تقریباً برای تمام محیط‌ها مناسب است، اما برای محیط‌های اسیدی و در حالتی که لایه‌ی هادی (مانند سولفید آهن) بر روی سطح رسوب می‌کند، توصیه نمی‌شود. این در حالی است که برای شرایط محصولات خوردگی و لایه‌های رسوبی رسانا، روش‌های الکتروشیمیایی نیز تخمین درستی از نرخ خوردگی نمی‌دهند.

این روش بر این مبنا قرار دارد که مقاومت الکتریکی فلزات با سطح مقطع فلز رابطه ی معکوس دارد. اساس کار، اندازه‌گیری تغییرات مقاومت الکتریکی در ماده‌ی رساناست. هنگامی که فلز رسانا در محیط خورنده قرار می‌گیرد، مساحت آن کاهش یافته و هدایت الکتریکی آن نیز کاهش و مقاومت آن افزایش می‌یابد. مقاومت‌های خوانده شده توسط دستگاه، نسبت به

سنسور مرجع واقع در بدنه پروب هستند. تغییر کوچک در مقاومت الکتریکی با وسایل اندازه‌گیری دقیق ثبت می‌شود. ساختار درونی پروب ER در شکل ۱۵ نشان داده شده است.

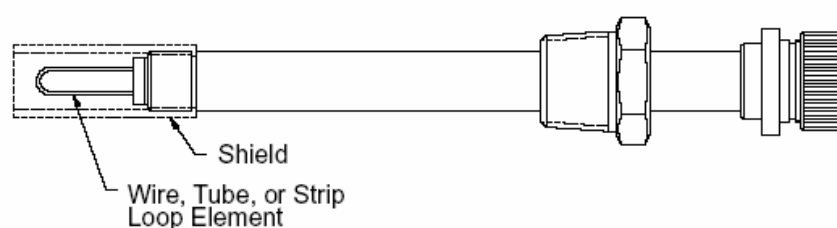
از آنجا که تغییرات دما بر روی مقاومت اثر می‌گذارد سنسور مرجع را درون لوله‌ی پروب قرار می‌دهند تا با سنسور در شرایط دمایی یکسان قرار بگیرد. برای شبیه‌سازی خوردگی فلز مورد نظر جنس پروب (سنسور) از همان فلز سازه خواهد بود. پروب‌های ER، پر استفاده‌ترین پروب در شرایط مختلف کاری است، علاوه بر آن حضور الکترولیت ضروری نیست زیرا تکنیک ER مستقل از واکنش‌های الکتروشیمیایی است. مانیتورینگ ER می‌تواند در تمامی محیط‌ها - با هدایت الکتریکی کم و یا زیاد از قبیل جامدات، مایعات غیرآبی، گازها و بخارات به کار رود.



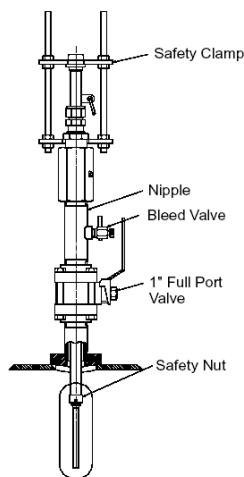
شکل ۱۵- ساختار درونی پروب ER [۳۵].

پروب‌های ER: پروب‌های ER به سه دسته‌ی ثابت، جمع‌شدنی و باز یافتنی تقسیم می‌شوند. در اشکال ۱۶ تا ۱۸

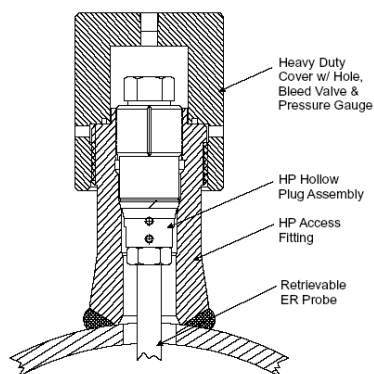
شماتیک این پروب‌ها نمایش داده شده‌اند.



شکل ۱۶- نمایش پروب ثابت ER [۳۵].



شکل ۱۷- نمایش پروب جمع شدنی ER [۳۵].



شکل ۱۸- نمایش پروب بازیافتی ER [۳۵].

هر یک از این سه نوع می‌تواند به یکی از صورت‌های زیر باشد (شکل ۲۰):

نوع لوپ سیمی: شاید بتوان این پروب را پرکاربردترین پروب در تکنیک ER دانست. این نوع پروبها بسیار حساس بوده و از طرفی کمتر در معرض خطر نویز سیستم قرار می‌گیرند. پروب با شیشه آببندی می‌شود و سنسور درون بدنه ی سر بسته قرار گرفته و به آن جوش داده می‌شود. در شکل ۱۹ نمونه‌ای از این پروب دیده می‌شود. آببندی شیشه‌ای از لحاظ شیمیایی خنثی بوده و برای اکثر محیطها حتی دما و فشار بالا مناسب است. در موارد کمی که امکان خوردگی آببندی وجود دارد، آب بندی توسط تفلون انجام می‌شود.

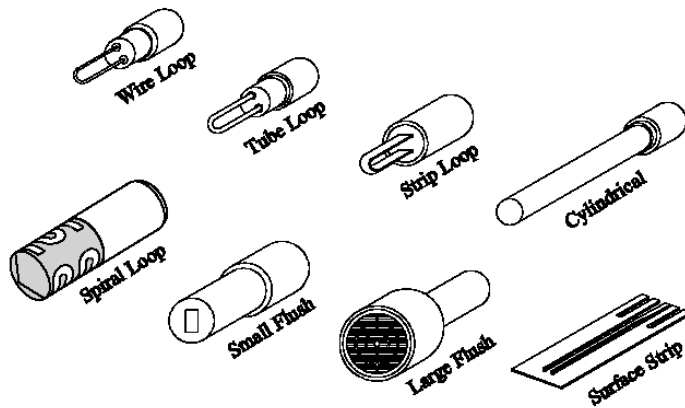


شکل ۱۹- یک پروب Wire loop [۳۵].

نوع لوپ لوله‌ای: این پروبها به دلیل حساسیت بسیار بالا، برای تشخیص نرخ خوردگی‌های کم توصیه می‌شوند. این پروبها از یک لوله‌ی تو خالی کوچک در بالای قسمت حلقوی پروب تشکیل شده‌اند. فولاد کربنی بیشترین استفاده را برای ساخت این نوع پروب دارد. آب بندی پروبهای Tube loop معمولاً از جنس تفلون است. همچنین در سیستم‌های با جریان سریع سیالات ممکن است از منحرف کننده استفاده شود.

نوع لوپ استریپ: ساختار این پروب مشابه دو نوع پروب قبل است با این تفاوت که قسمت حلقوی، شکلی مسطح دارد. آب بندی بسته به کاربرد با اپوکسی یا شیشه است. پروب بسیار حساس و شکننده بوده و تنها در سیستم‌های با جریان آرام قابل استفاده است.

نوع استوانه‌ای: تمام اجزاء این پروب به یکدیگر جوش داده شده‌اند. بنابراین می‌توان عناصر آلیاژی متفاوتی در آنها به کاربرد. این پروب بطور مطلوبی می‌تواند در محیطهای دما بالا، سرعت سیال بالا و مواردی که آب بندی شیشه‌ای نمی‌توان به کار برد، استفاده شود.



شکل ۲۰- شماتیک انواع پروب ER [۳۵].

نوع لوپ اسپیرال: شامل یک لایه ی نازک فلزی بر روی یک پایه ی خنثی است و برای محیط‌های با سرعت سیال بالا ایده آل و درعین حال بسیار حساس است.

نوع فلاش مانت: این پروب برای دیواره ی سلیندرها طراحی شده است (نشان داده شده در شکل ۲۱) و برای شبیه سازی نرخ خوردگی سطوح داخلی سلیندر بسیار مفید است. این پروب در معرض تخریب در سیستم‌های با سرعت سیال بالا قرار نمی‌گیرد و می‌تواند براحتی در لوله‌ها و سازه‌های با دمای بالا استفاده شود.



شکل ۲۱- یک پروب فلاش مانت [۳۵].

نوع استریپ سطحی: پروب‌هایی به شکل مستطیل نازک با سطح نسبتاً زیاد هستند که اجازه ی استفاده در محیط‌های خورنده ی ناهمگن را می‌دهد. معمولاً در مانیتورینگ سیستم‌های حفاظت کاتدی سطوح خارجی لوله‌ها در محیط‌های خاکی از این پروب‌ها استفاده می‌شود.

جدول ۴ چکیده‌ای از مزایا و محدودیت‌های روش ER را بازگو می‌کند.

جدول ۴- مزایا و محدودیت‌های روش ER [۳۵]

محدودیت‌ها	مزایا
محاسبه نرخ خوردگی زمان بر است.	مستقیماً خود مقاومت محاسبه شده و لذا روش محاسبه نرخ خوردگی ساده است.
خوردگی‌های موضعی را نشان نمی‌دهد.	مستقل از سرعت روبش است.
در فرآیندهایی که دما ثابت نباشد، خطا ایجاد می‌شود.	پروب‌های اندازه گیری متنوع و تجهیزات نسبتاً ارزان قیمت هستند.
در صورتی که رسوب تشکیل شده روی پروب رسانا باشد، این تکنیک قابل استفاده نخواهد بود.	در انواع محیط‌ها با هدایت الکتریکی مختلف، قابل استفاده است.

۱-۲-۵-۱-۶- روش جریان گالوانیکی (ZRA)^۱

ساده ترین مدار ZRA در سال ۱۹۹۳ توسط بابویان^۲ و پرو^۳ تشریح شد. این مدار شامل یک منبع جریان، ولت متر، آمپلی فایر و یک مقاومت بود. با داشتن مقاومت یک کیلو اهمی و ولتاژ یک ولت، جریان گالوانیکی یک آمپلی فایر بدست خواهد آمد. ساده بودن قسمت الکترونیکی مدار ZRA باعث شده است که این نوع سنسورها نسبتاً ارزان محسوب شوند. ZRA برای اندازه گیری جریان گالوانیکی بین مواد مختلف یا مواد مشابه با ساختار مختلف مفید است. در محیط‌های شدیداً خورنده، جریان مابین دو الکتروود یکسان نیز قابل اندازه گیری است. هنگامی که دو الکتروود رویین و یا اکسید شده باشند، جریان ماکروسل ناچیز و قابل نظر خواهد بود. از این خاصیت برای مانیتورینگ خوردگی سازه‌های قرار گرفته در دریا که

1 - Zero Resistance Ammeter

2 - Baboian

3 - Prew

اختلاف فشار اکسیژن وجود دارد و نیز لوله‌های بویلر استفاده می‌شود. با انحلال یا تخریب لایه ی پسیو یکی از سنسورها، جریان می‌تواند افزایش یابد.

علاوه بر اندازه گیری جریان گالوانیک دو الکتروود غیر یکسان، ZRA می‌تواند جریان برقرار شده بین دو الکتروود مشابه را نیز اندازه گیری کند. در عمل بین دو الکتروود یکسان، اختلاف های زیادی وجود داشته و تعداد سایت های آندی و کاتدی آن دو متفاوت است. برای نشان دادن مناطق آندی و کاتدی در سطح یک الکتروود، تصور می‌شود که الکتروود به دو نیم تقسیم شده و از طریق ZRA این دو قسمت به یکدیگر مرتبطند. ZRA جریان های مابین دو قسمت آندی و کاتدی را قطع می‌کند. به طور تجربی، جریان گالوانیکی بسته به نوع سیستم، حدوداً ۱۰٪ جریان خوردگی است. با اندازه گیری جریان گالوانیک و ۱۰ برابر کردن آن و با استفاده از قانون فارادی، نرخ خوردگی تقریبی بدست خواهد آمد.

پروب های ZRA: پروب های ZRA از فولاد زنگ نزن 316L و فولاد ساده کربنی AISI 1018 و الکتروود های برنجی ساخته می‌شوند. الکتروود و بدنه ی پروب را می‌توان با توجه به فلزات مورد نظر در جنس های مورد نظر ساخت. سنسورهای پروب ZRA، پس از آنکه عمرشان تمام شد قابل جایگزینی هستند. در شکل ۲۲ تصویری از این نوع پروب آمده است. در مانیتورینگ با ZRA ممکن است تغییرات مقاومت یونی در محلول بین الکتروودها، نمایش فعالیت خوردگی را دچار اختلال کند. برای رفع این مشکل می‌توان مقاومت یونی را به طور مستقل از جریان گالوانیک اندازه گرفت. بدین منظور از روش امپدانس در فرکانس های بالا استفاده می‌شود.



شکل ۲۲- نمایش نمونه ای از پروب ZRA [۳۵].

جدول ۵ چکیده‌ای از مزایا و محدودیت‌های روش ZRA را بازگو می‌کند.

جدول ۵- مزایا و محدودیت‌های روش ZRA [۳۵]

مزایا	محدودیت‌ها
برای سیستم‌های آبی که فرآیند خوردگی با مقدار اکسیژن کنترل می‌شود، بسیار موثر است.	پروب‌های ZRA از دو فلز غیرهم‌جنس هستند و در مواردی که خوردگی یک سازه در یک فلز اتفاق می‌افتد، مناسب نیست.
در سیستم‌های با فشار بالا قابل استفاده است.	پوسته ای شدن الکترودها از حساسیت پروب می‌کاهد.
قیمت سنسورها مناسب است.	جریان بدست آمده، جریان خوردگی نیست.
خوردگی موضعی را نشان می‌دهد.	در محیط‌های با هدایت الکتریکی کم، جریان اندازه‌گیری شده کمتر از واقعیت است.

۱-۲-۵-۱-۷- روش پتانسیل هیدروژنی

روش پتانسیل هیدروژنی در طی واکنش احیایی هیدروژن بعنوان روش مانیتورینگ خوردگی استفاده می‌شود. این روش برای مانیتورینگ خوردگی در محیط‌های اسیدی (اسیدهای معدنی و آلی) و خوردگی ناشی از CO₂ در صنایع نفت و گاز استفاده می‌گسترده‌ای دارد. هیدروژن به صورت اتمی درآمده و سپس با ورود به فولاد، موجب خسارات مکانیکی می‌گردد. با تسریع نرخ خوردگی و افزایش سرعت واکنش کاتدی، مقدار این خسارات نیز بیشتر خواهد شد.

برای مانیتورینگ نفوذ هیدروژن در فولاد که منجر به تردی، تاول زدن، دکربوره شدن و در نهایت شکست قطعه می‌شوند، معمولاً پروب‌های هیدروژنی به کار می‌روند.

پروب‌های هیدروژنی: کارکرد پروب‌های هیدروژنی بر اساس این واقعیت قرار دارد که در محیط‌های غیر اکسید کننده، در واکنش کاتدی هیدروژن تولید می‌شود. اتم‌های هیدروژن تولید شده از ضخامت دیواره نفوذ می‌کنند و در خارج از دیواره هیدروژن اتمی به مولکولی تبدیل می‌شود. این هیدروژن را می‌توان به دو صورت دیدبانی کرد.

دستگاه اندازه گیری نوع فشاری^۱: این پروب ها محفظه هایی هستند که درون سیستم یا روی لوله ها و مخازن قرار گرفته و مقدار هیدروژن نفوذی از دیواره را که پس از مولکولی شدن سبب افزایش فشار می شود را بوسیله ی یک فشارسنج اندازه گیری می کنند. فشارسنج می تواند دارای یک گیج با یک کریستال جامد الکترونی باشد. بزرگترین مشکل گیج ها نشت هیدروژن از راه اتصالات پیچ و مهره در بدنه های فولاد زنگ نزن می باشد.

دستگاه های اندازه گیری نوع الکترولیتی^۲: این پروب ها بر روی سطح خارجی قسمتی که خورده می شود قرار می گیرد و از یک قطعه ورقه ی پالادیومی که در نقش جمع کننده و کاتالیزور می باشد تشکیل شده است. این فویل همراه با یک الکترود کاری از جنس فولاد زنگ نزن و الکترولیت اسیدسولفوریک ۹۰٪ می باشد. این الکترود می تواند جریان لازم برای اکسید شدن هیدروژن نفوذ کرده از دیواره را اندازه گیری کند.

از جمله مزایای اینگونه پروب ها عدم نیاز به تعبیه ی مکان خاص برای آن ها می باشد. هم چنین می توان آن ها را مستقیماً پس از یک آماده سازی سطحی ساده بر روی تجهیزات و یا خط لوله قرار داد. از طرف دیگر باید توجه کرد که اگر واکنش کاتدی فقط احیای هیدروژن باشد نرخ خوردگی متناسب با میزان هیدروژن نفوذ کرده از جداره است. در غیر این صورت نتایج حاصل از این پروب ها با خطای بسیاری همراه خواهد بود. جدول ۶ مزایا و محدودیت های روش پتانسیل هیدروژنی را به طور خلاصه بیان می کند.

جدول ۶- مزایا و محدودیت های روش پتانسیل هیدروژنی [۳۵]

مزایا	محدودیت ها
نرخ نفوذ هیدروژن به فولاد اندازه گیری می شود.	پاسخ دهی سیستم به علت ماهیت پدیده نفوذ، آهسته است.
اثر روش های کنترل خوردگی بر نرخ نفوذ هیدروژن مشاهده می شود.	جریان بدست آمده را به سختی می توان به نرخ خوردگی مرتبط کرد.
در سیستم های با فشار بالا قابل استفاده است.	مقدار هیدروژن خروجی از فولاد اندازه گیری می شود در صورتی که علت تخریب، هیدروژن باقیمانده درون فولاد است.

1 - Pressure Type

2 - Electrolytic Type

در سیستم‌هایی که هیدروژن تولید نمی‌شود (مثلاً احیای اکسیژن غالب باشد)، کاربرد ندارد.
--

۱-۲-۵-۱-۸- روش نوین الکتروشیمیایی

نوسانات در مقادیر الکتریکی مثل جریان و پتانسیل یک الکتروود فلزی که در تماس با یک محیط خورنده قرار دارد را به خاطر شباهت با لغت "نویز" که برای نشان دادن نوسانات صوتی یا الکتریکی تصادفی و نامنظم به کار می‌رود، نویز الکتروشیمیایی می‌گویند. این نوسانات مربوط به فرآیندهایی که در فصل مشترک فلز با الکتروولیت روی می‌دهند، می‌باشند. تمام شکل‌های خوردگی به خصوص خوردگی‌های یکنواخت، ایجاد حفره، خوردگی تنشی و نیز تشکیل یا اضمحلال لایه محافظ سطحی سبب نوسان‌های خود به خودی در کمیت‌های الکتریکی می‌شوند؛ این نوسان‌ها تحت عنوان سیگنال نویز پتانسیل و یا سیگنال نویز جریان در طی فرآیند‌های مختلف خوردگی تشکیل می‌شوند و با ناپایداری و تغییر موضعی در سرعت فرآیند‌های آندی و کاتدی پدیدار می‌شوند که به عنوان نتیجه‌ی فرآیند‌های اتفاقی مانند شکست یا انحلال لایه‌ی پسیو و یا تشکیل لایه‌ی پسیو یا رشد حفرات بروز خواهد کرد.

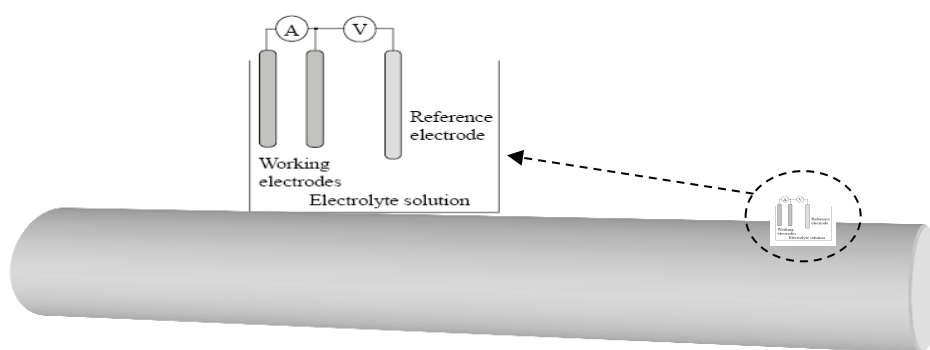
تجزیه و تحلیل نویز الکتروشیمیایی نتیجتاً می‌تواند اطلاعاتی در مورد اتفاقاتی که در فصل مشترک روی می‌دهد، بدست دهد. تحلیل نویز در بسیاری از رشته‌ها به خوبی تکامل یافته است. بوسیله‌ی تحلیل نوسانات خود به خود کمیت‌های الکتریکی در یک سیستم، اطلاعات با ارزشی در رشته‌های مختلف مانند شیمی و الکتروشیمی بدست آمده است. خصوصاً اینکه به نظر می‌رسد این روش می‌تواند اطلاعاتی فراهم آورد که بوسیله‌ی اندازه‌گیری‌های معمول مانند اندازه‌گیری امپدانس الکتروشیمیایی قابل حصول نیست، لذا روش تحلیل نویز الکتروشیمیایی در مهندسی خوردگی کاربرد روزافزونی پیدا نموده است.

کاربردهای اصلی روش نویز در خوردگی، تعیین شروع خوردگی موضعی و پیدا کردن علائم اختصاصی در طیف نویز برای شناسایی نوع خاص خوردگی بوده است. طیف فرکانس و تغییرات ریشه‌ی مجموع مربعات^۱ (RMS) سیگنال‌های نویز الکتروشیمیایی برای تشخیص سرعت و نوع خوردگی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

1 - Root Mean Square (RMS)

روش اندازه‌گیری نوین الکتروشیمیایی (نوسانات ولتاژ و جریان) می‌تواند خوردگی موضعی را تشخیص دهد، در حالی که دیگر روش‌های الکتروشیمیایی کمتر از آن برای خوردگی موضعی موثرند. این روش می‌تواند سطح فلز در ناحیه‌ی خوردگی موضعی را تشخیص دهد. همان‌طور که در شکل ۲۳ آمده است، سیستم استاندارد اندازه‌گیری نوین الکتروشیمیایی برای تحلیل خوردگی در یک سازه‌ی معین، شامل سه الکتروود کاری، شمارنده (یا کاری) و مرجع می‌باشد و نوسانات جریان و ولتاژ مشاهده شده برای ارزیابی خوردگی بررسی می‌شوند و همچنین نتایج بدست آمده می‌تواند نرخ خوردگی یکنواخت را هم تعیین کند.

هنگامی که خوردگی موضعی اتفاق می‌افتد، گذری از جریان و نوسانات ولتاژ مشاهده می‌شود. شکل این گذر جریان یا ولتاژ به ماده‌ی خورده شده بستگی دارد.



شکل ۲۳- سیستم استاندارد نوین الکتروشیمیایی؛ شامل سه الکتروود کاری، شمارنده و مرجع [۲۵].

فرآیندهای خوردگی آهسته است بنابراین گذر تشکیل شده در حد حداقل چند ثانیه اتفاق می‌افتد. مشکل اصلی در اینست که سیستم یاد شده نمی‌تواند مکان خوردگی موضعی را بر سطح الکتروود تعیین کند. در روش نوین جریان در بین دو الکتروود کاری و پتانسیل بین الکتروود کاری و الکتروود مرجع مانیتور می‌شود. دستگاه پتانسیواستات الکتروود کاری را توسط یک مدار آمپلی فایر کوچک به زمین متصل می‌کند.

پروب‌های EN: حسگرهای روش نوین الکتروشیمیایی عبارتند از ۲ یا ۳ قطعه‌ی عایق شده از جنس فلز لوله (یا فلز مورد بررسی) که این ۲ یا ۳ قطعه در واقع همان الکتروودهای سیستم نوین الکتروشیمیایی خواهند بود. این الکتروودها تحت یک بسته

ی تجاری در مکان مورد نظر نصب شده و سیگنال‌ها توسط حسگرها به یک سیستم کامپیوتری از راه دور برای آنالیز و تحلیل فرستاده می‌شود.

حسگرهای روش نوین الکتروشیمیایی به لحاظ مکان نصبشان به دو دسته‌ی داخلی و خارجی تقسیم‌بندی می‌شوند. در واقع حسگرهای داخلی خود سازه را مانیتور می‌کنند اما حسگرهای خارجی یک نمونه‌ی کوچک از جنس سازه را در همان محیطی که سازه قرار دارد، مانیتور می‌کنند. حسگرهای داخلی دارای نقاط کمی برای تماس با الکترولیت (اکسید جمع شده بر روی سطح) بوده و برای دماهای بالا نیاز به کمپرسور خنک‌کننده دارد و همچنین دارای محدودیت ابعادی برای قرار گرفتن درون لوله هستند. اما حسگرهای خارجی مزیتشان در عدم نیاز به سیستم پروب‌های خوردگی است. حسگرهای خارجی بسیار شبیه کوپن‌های مورد استفاده در پروب‌های خوردگی بوده و حتی می‌توانند تحت تنش قرار گرفته و خوردگی تحت تنش (SCC) را نیز بررسی کنند.

جدول ۷ مزایا و محدودیت‌های روش نوین الکتروشیمیایی را به طور خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۷- مزایا و محدودیت‌های روش نوین الکتروشیمیایی [۳۵]

مزایا	محدودیت‌ها
خوردگی‌های موضعی را تشخیص می‌دهد.	به اپراتور متخصص یا نرم افزارهای حرفه‌ای نیاز دارد.
به تغییرات محیط سریع پاسخ می‌دهد.	نرخ خوردگی را در حالتی که خوردگی به صورت یکنواخت باشد، کمتر از مقدار واقعی نشان می‌دهد.
در محیط‌های با هدایت الکتریکی کم قابل استفاده است. برای شرایطی که سازه متناوباً خشک و مرطوب می‌شوند، مناسب است.	نیاز به دستگاه‌های با دقت بالا دارد (آمپر متر با مقاومت صفر)
می‌تواند ترک ناشی از خوردگی تنش را تشخیص دهد.	

حسگرهای سیستم نوین الکتروشیمیایی توانایی تشخیص موارد زیر را دارند:

۱- میزان خوردگی که شامل تاریخچه‌ی زوال و مانیتورینگ قسمت‌های تخریب شده است و میزان موثر بودن تغییر

شرایط محیطی در کاهش نرخ خوردگی

۲- نوع خوردگی شامل خوردگی یکنواخت، حفره دار شدن و خوردگی تحت تنش

۳- نوع جریان برقرار شده در لوله برای مثال تکفازی یا جریان دوفازی

۴- عوامل شیمیایی قطعات خورده شده از قبیل اکسیژن و دی اکسید کربن

۱-۲-۵-۱-۹- روش امپدانس الکتروشیمیایی (EIS)^۱

همان طور که در بخش‌های قبل ذکر شد در روش های مختلف برای اینکه بتوان یک فرآیند یا واکنش را ارزیابی نمود، متغیرهای مختلفی بررسی می شوند؛ مانند اندازه گیری پتانسیل در تکنیک های ولتامتری، نویز الکتروشیمیایی و مقاومت پلاریزاسیون خطی و یا اندازه گیری جریان در روش های کنترل شده با جریان که در سیستم های فوق به ترتیب پتانسیل و دانسیته جریان متغیر مستقل و جریان و پتانسیل متغیر وابسته هستند.

از آنجایی که معمولاً محصولات خوردگی در دماهای بالا به صورت لایه های اکسیدی نیمه رسانا هستند، لذا مقاومت الکتروشیمیایی زیادی داشته و مانیتور کردن میزان جریان عبوری در آنها به علت کوچک بودن مقدار جریان، بسیار مشکل خواهد بود. در واقع عموماً نسبت بین پتانسیل و دانسیته جریان بیانگر مقاومت خوردگی ماده مزبور است و لذا در تکنیکی به نام طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی خود مقاومت اندازه گیری می شود که به نوعی بیانگر مقاومت به خوردگی است. می توان تغییرات E-I را تعیین و سپس تقسیم کرده تا مقاومت بدست آید، اما این میزان برای بررسی یک عنصر مقاومت اهمی مناسب است ولی تمام اجزاء یک مدار الکتریکی از نوع مقاومت اهمی نیستند. اگر اجزای مدار تماماً دارای رابطه ی خطی بین پتانسیل و جریان الکتریکی نباشند نمی توان به آنها مقاومت اطلاق کرد و امپدانس هستند. امپدانس نشان دهنده ی میزان پلاریزاسیون مقاومتی یک عنصر در مدار الکتریکی برای عبور جریان است.

در ذیل مزایا و محدودیتهای روش EIS در جدول ۸ بطور خلاصه نشان داده شده است.

جدول ۸- مزایا و محدودیت‌های روش امپدانس الکتروشیمیایی [۳۵]

محدودیت‌ها	مزایا
به اپراتور متخصص یا نرم افزارهای حرفه ای نیاز دارد.	می تواند مکانیزم خوردگی را تعیین نماید.
خوردگی‌های موضعی را تشخیص نمی دهد.	مقاومت الکترولیت را به دقت اندازه گیری می کند.
نیاز به دستگاه‌های با قیمت بالا دارد.	در محیط‌های با هدایت الکتریکی کم و زیاد استفاده می شود.
	در محیط‌های خشک و مرطوب قابل استفاده است.
	در مانیتورینگ خوردگی در درجه حرارت‌های بالا سابقه‌ی زیادی دارد.

۱-۲-۵-۱-۱- روش آنالیز میکروبیولوژیکی و شیمیایی

فعالیت میکروارگانیسمها به عنوان یک عامل مهم مسأله‌ی خوردگی در بسیاری از صنایع شناخته شده است. متأسفانه تا چند سال اخیر تشخیص وقوع و مقدار خسارات حاصل از باکتری‌ها مشکل بود، ولی اخیراً با استفاده از پروبهای مانیتورینگ خوردگی، بررسی رفتار خوردگی ناشی از میکرو ارگانیسم‌ها میسر گردیده است.

پروب میکروبیولوژیکی با دکتور شیمیایی دارای چند میله است که تجمع باکتری‌ها را ممکن می‌سازد. این پروب‌ها بصورتی طراحی می‌شوند که قابل جمع شدن بوده و برای نصب در فشارهای کم و به صورت ۲ یا ۵ میله‌ای طراحی می‌شوند.

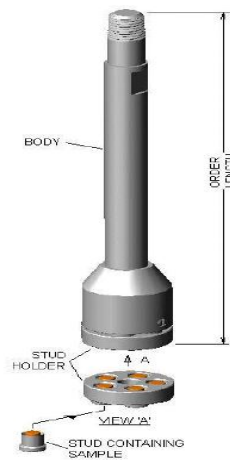
با استفاده از این پروب، نمونه‌گیری سیستم مورد آزمایش آسان بوده و تشخیص انواع باکتری‌ها امکانپذیر است. همچنین این پروب‌ها می‌توانند خوردگی ناشی از باکتری‌ها را شناسایی کنند. پروب‌های میکروبیولوژی برای همتراز شدن به دیواره‌ی لوله نصب شده و در جلوی پروب میله‌ها، در معرض تجمع باکتری‌ها قرار می‌گیرند. پروب مقدار فعالیت شیمیایی باکتری‌ها را در طول دیواره‌ی لوله مشخص می‌نماید. سپس نمونه‌های میله‌ای در معرض خوردگی میکروبی قرار گرفته، توسط کیت آزمایش هیدروژنی مورد آنالیز قرار می‌گیرند و نتایج آن می‌تواند توسط ابزارهای تشخیص ترکیبات شیمیایی بصورت کمی بیان شوند.

پروب میکروبیولوژی شیمیایی برای شناسایی باکتری‌های بی‌هوازی مانند باکتری‌های احیای سولفات (SRB) و نیز باکتری‌های هوازی بکار برده می‌شوند. نمونه‌های پروب میکروبیولوژیکی همچنین می‌توانند در تکنیک‌های آزمایشی معمول

مانند اپی فلوئورسانس^۱ به کار روند. این سیستم به اپراتور اجازه می‌دهد که میزان موثر بودن عملیات آفت‌کشی^۲ را ارزیابی کرده و مقدار خوردگی ناشی از باکتری‌ها را کنترل نماید.

سیستم نمونه‌گیری برای اجتناب از اطلاعات غلط ناشی از تجمع باکتری‌های مرده بر روی میله‌ی نمونه‌گیری به گونه‌ای طراحی شده است که باکتری‌های مرده را از سطح میله دور کند. با این وجود این مشکل مرسوم است که در پروب‌های میکروبیولوژی تجاری یافت می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۲۴ نشان داده شده است، میله‌های نمونه‌گیری پروب میکروبیولوژی در کپسول قرار داده شده و درون عایق پلاستیکی آب‌بندی می‌شوند در حالیکه سطح فولاد در معرض باکتری، استریلیزه شده است و در نهایت این پکیج درون کپسول بسته‌بندی می‌شود. پروب میکروبیولوژی معمولاً از جنس فولاد زنگ‌نزن ۳۱۶ با میله‌های نمونه‌گیری از جنس فولاد ساده‌ی کربنی ساخته می‌شوند. البته این پروب‌ها و میله‌ها می‌توانند از جنس‌های مختلفی ساخته شوند.



شکل ۲۴- طرح ساده‌ای از یک پروب میکروبیولوژیک با ۵ میله‌ی نمونه‌گیری [۳۵].

از طرفی از آنجا که باکتری‌های عامل خوردگی مرسوم در دماهای بالاتر از ۳۰۰ درجه‌ی سانتیگراد معمولاً قادر به زندگی نیستند، لذا این پروب‌ها به هیچ‌عنوان قابل استفاده برای تشخیص خوردگی دمای بالا نمی‌باشند

1 - Epifluorescence

2 - Biocide Treatment

چکیده ی مزایا و محدودیتهای این روش در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول ۹- مزایا و محدودیت های روش آنالیز میکروبیولوژی و شیمیایی [۳۵]

مزایا	محدودیت‌ها
خوردگی ناشی از انواع باکتری ها را تشخیص می دهد.	فقط در محیط های با حضور باکتری ها قابل استفاده است.
	تنها خوردگی ناشی از حضور باکتری ها را دیتکت می کند.
در محیط های خاکی نتایج خوبی دارد.	در دماهای بالا قابل استفاده نیست.
	پروپ ها و شرکت های تولید کننده ی آن محدودند.

۱-۲-۵-۲- کاربرد روش های غیر مخرب (NDT) در دیدبانی خوردگی

همانطور که ذکر شد، روش های دیدبانی خوردگی علاوه بر بهره گرفتن از مبانی روش های آزمون‌های خوردگی از سایر روش ها مانند تست های غیر مخرب نیز بهره می برد. تست‌های غیر مخرب روش های غیر تهاجمی در تشخیص درستی از اجزاء یک ماده یا ساختار یا اندازه گیری برخی کمیت های تجسمی از یک شیء هستند. در مقایسه با تست های مخرب، NDT روش تشخیص بدون وارد کردن آسیب، تنش یا تخریب در آزمایش قطعه است. معمولاً در آزمایش های مخرب یک جسم، هزینه زیادی صرف تخریب می شود و در بسیاری مواقع، تخریب نمونه نامناسب است. روش‌های غیرمخرب، تکنیک‌های متنوعی (مانند UT، AE، ادی کارنت و . . .) داشته و هر کدام دارای کاربردهای فراوانی است. یکی از کاربردهای اصلی این روش‌ها در صنعت برق و در تشخیص عیوب قطعات نیروگاهی می‌باشد. هر روش NDT دارای مجموعه ای از فواید و ضررها است و از این رو برخی از آنها بهتر از دیگری برای یک کاربرد خاص هستند. در ادامه ی قسمت قبل به بررسی این روش‌ها پرداخته خواهد شد.

۱-۲-۵-۲-۱- روش مافوق صوت

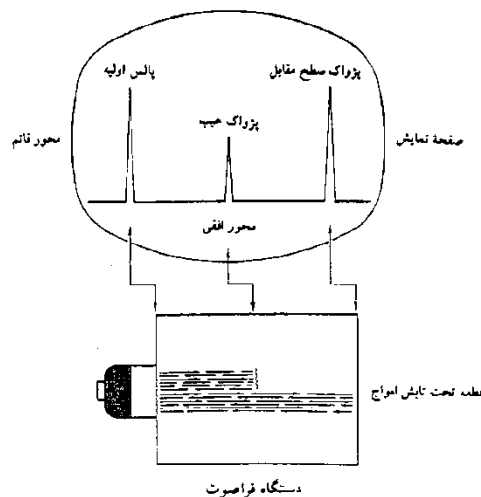
در میان روش های غیر مخرب، آزمون فراصوتی معروفترین و پرکاربردترین تست می باشد. این روش یکی از آزمایش های نسبتاً پیشرفته در بین آزمون های غیر مخرب است. آزمایش فراصوتی روشی برای اندازه گیری ضخامت فلز به وسیله ی امواج است. ابزارهای اندازه گیری ضخامت توسط امواج صوتی می‌تواند به عنوان یک روش دیدبانی خوردگی استفاده شود. اساس این روش بر مبنای قرار دادن یک پروپ روی دیواره ی خارجی محفظه ها قرار دارد. پروپ از دو قسمت تشکیل شده است، قسمت

اول امواج مافوق صوتی را می‌فرستند. این امواج توسط یک پیزوالکتریک (معمولاً بلور کوارتز) که در تماس با فلز قرار می‌گیرد، در فرکانس ثابت و سرعت مشخص در جسم منتشر می‌شوند. موج‌های فراصوتی از داخل قطعه‌ی مورد آزمایش عبور داده می‌شوند و پس از عبور از ضخامت دیواره به سطح داخلی برخورد کرده و با هر گونه تغییر در تراکم داخلی قطعه، منعکس می‌شوند. امواج بازگشتی را قسمت دوم پروب دریافت می‌کند و با دانستن سرعت امواج در داخل فلز مربوطه و زمان رفت و برگشت آنها می‌توان ضخامت دیواره را محاسبه کرد و با مقایسه‌ی این ضخامت و ضخامت اولیه می‌توان میزان خوردگی را اندازه گرفت.

این روش چند مزیت دارد:

- لزومی به وارد کردن پروب اندازه گیری به داخل محفظه ها و خطوط لوله نیست.
- نتایج را می توان مستقیماً با توجه به پریودهای اندازه گیری و ضخامت اولیه به نرخ خوردگی تبدیل کرد.
- این دستگاه ها دارای حجم کمی بوده و به آسانی قابل حمل هستند.
- علی رغم مزایای فوق به موارد زیر که محدودیت های آن را نشان می دهند نیز باید توجه کرد:
 - وجود رنگ ها و عایق های حرارتی و یا تجهیزات جانبی می تواند در امر اندازه گیری مشکل ایجاد کرده و یا آن را غیر ممکن سازد.
 - برای نصب پروب یک عامل جفت کننده^۱ نظیر گریس، ژل نفتی یا روغن نیاز است. بنابراین هنگامی که دیواره گرم یا بسیار سرد است مشکلات عدیده ای وجود دارد.
 - هزینه ی تجهیزات نسبتاً بالاست.
 - با این روش فقط می توان خوردگی یکنواخت را بطور دقیق دیدبانی کرد.
 - برای بدست آوردن نرخ خوردگی به یک مدت زمان نسبتاً طولانی (چند سال) نیاز است و نمی توان میزان خوردگی را در هر لحظه بدست آورد.

علاوه بر ضخامت سنجی تکنیک های مافوق صوتی به طور گسترده ای برای آشکارسازی عیوب داخلی مواد بکار می روند. هم چنین می توان از آنها برای آشکارسازی ترک های کوچک سطحی نیز استفاده کرد. این آزمون سریع بوده و قادر به تشخیص معایب داخلی بدون نیاز به تخریب قطعه می باشد. چون این روش از نزدیک کنترل می شود، قابلیت ارائه اطلاعات دقیق و مورد نیاز قطعه، بدون نیاز به یک سری عملیات پرکار را داراست. این روش هم معایب سطحی و هم نواقص داخلی فلز را مشخص، مکان یابی و اندازه گیری می کند. هنگامی که پروب به قطعه‌ی مورد نظر متصل می شود، دو نوع پژواک بر روی صفحه نمایش ظاهر می شود. ضربان اول، انعکاس صدا از سطح رویی جسم که در تماس با دستگاه است، می باشد و ضربان دوم مربوط به انعکاس موج از سطح مقابل است. فاصله‌ی بین این دو ضربان با دقت کالیبره می شود. این الگو نشان می دهد که قطعه در شرایط مناسبی از نظر معایب و نواقص داخلی قرار دارد. هنگامی که یک عیب یا ترک داخلی توسط پروب پیدا شود، تولید ضربان سوم می کند که بین ضربان اول و دوم بر روی صفحه نمایش ثبت می شود (شکل ۲۵). بنابراین مشخص می شود که محل این عیب بین سطوح بالا و پایین قطعه (در داخل جسم) می باشد. فاصله‌ی میان ضربان ها و ارتفاع نسبی آنها محل و میزان سختی (تراکم) عیب مزبور را مشخص می کند.



شکل ۲۵- طرح ساده ای از نمایش ضربان ها در روش فراصوتی [۳۵].

۱-۲-۵-۲-۲- روش رادیو گرافی

اشعه‌ی الکترو مغناطیس (اشعه ی X یا گاما) با طول موج های بسیار کوتاه از میان مواد جامد نفوذ می‌کند، اما بخشی از آن توسط محیط جذب می‌شود. مقدار جذب اشعه در عبور از ماده به چگالی و ضخامت ماده و هم چنین ویژگی های تشعشعی آن بستگی دارد. اشعه ی عبوری از میان ماده می‌تواند به وسیله ی یک فیلم یا کاغذ حساس آشکار شده یا روی یک صفحه ی فلورسانس مشاهده شود و یا اینکه توسط دستگاه های حساس الکترونیکی اندازه گیری شود. البته برای بازرسی بجای اشعه ی ایکس یا گاما عموماً از یک پرتو نوترونی استفاده می‌کنند که در این صورت روش رادیوگرافی نوترونی نامیده می‌شود.

مزایای این روش به شرح زیر است:

- برای ردیابی خوردگی های موضعی به ویژه در خطوط لوله بسیار مفید است.
 - احتیاج به جابجایی لوله نیست.
 - نتایج را به طور دائمی می‌توان بر روی صفحه ی عکاسی ثبت و یا به روش های دیگر بایگانی کرد.
- لیکن به دلیل استفاده از پرتوهای رادیو اکتیو این روش خطراتی را نیز به دنبال دارد که باید با رعایت کامل ایمنی از آن استفاده کرد. علاوه بر آن موارد زیر را نیز که جزء محدودیت های این روش هستند باید در نظر گرفت:

- خطرهای ناشی از پرتو ایکس

- زمان بالای پرتو دهی برای بدست آوردن تصویر

- نیاز به دسترسی به هر دو سوی قطعه ی مورد آزمایش

امروزه روش های جدیدی ابداع شده اند. برای مثال روش هایی که با کمک تصاویر تلویزیونی می‌توان در هر لحظه تصویری از شرایط قطعه را در دست داشت و یا روش هایی که از کامپیوتر برای تصویرسازی استفاده می‌کند. منبع پرتو در این دستگاهها با بهره جوئی از کامپیوتر (مانند دمانگاری اشعه ایکس) می‌تواند زاویه های مختلفی داشته باشد که این امر بسیاری از مشکلات را مرتفع می‌کند.

۱-۲-۵-۳- دیدبانی توسط روش رادیوگرافی نوترونی

این روش بر پایه عبور امواج نوترونی از درون قطعه‌ی مورد مطالعه و سپس تصویربرداری از آن می‌باشد و چون هیدروژن جذب نوترونی بالائی دارد، توسط این روش می‌توان میزان هیدروژن آزاد شده در فرایند خوردگی را بدست آورد و آن را به سرعت خوردگی تبدیل کرد.

۱-۲-۵-۴- روش جریان گردابی

اساس این روش ایجاد جریان‌های گردابی توسط جریان متناوب در داخل قطعه و اندازه‌گیری آثار مغناطیسی حاصل از این جریان خواهد بود. این روش می‌تواند اطلاعات بسیار زیادی را از قطعه به دست آورد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- ردیابی ترک

۲- ضخامت جداره و پروفیل آن

۳- اندازه‌گیری ضخامت پوشش و پدیدار کردن عیوب آن

۴- خواص فیزیکی از قبیل رسانائی الکتریکی، خواص مغناطیسی و سختی

۵- خواص متالورژیکی مانند اندازه دانه و شرایط عملیات حرارتی

علاوه بر آن پروب‌های استفاده شده با سطح قطعه تماس ندارند و این امر در بسیاری از موارد کارگشاست، ولی باید توجه داشت که استفاده از این وسیله برای ردیابی خوردگی و ترک‌ها به مهارت و آموزش کافی نیاز دارد و دستگاه‌های استفاده شده نیز عموماً هزینه بر هستند.

۱-۲-۵-۵- دمانگاری و کاربرد امواج مادون قرمز

به طور کلی دمانگاری^۱ یعنی تعیین خطوط همدمای یا مسیرهائی که دارای دمای یکسان روی سطح قطعه هستند که این امر می‌تواند مستقیم باشد، به این معنی که ماده‌ی حساس به دما مستقیماً به سطح قطعه اتصال داده شود و یا غیر مستقیم توسط اندازه‌گیری امواج مادون قرمز انتشار یافته از سطح قطعه باشد. این روش خصوصاً برای خطوط لوله‌ی گرم یا سردتر از محیط

و بررسی خوردگی آنها بسیار مفید است، چون انتقال حرارت تابعی از ضخامت دیواره نیز می باشد نقاطی که کاهش ضخامت دارند سردتر یا گرمتر از سایر قسمت ها هستند و با روش دمانگاری می توان این نقاط را مشخص کرد.

۱-۲-۵-۶- روش نشر صوتی

هنگامی که ترکی در حال رشد است و فلزی تحت تنش قرار دارد امواج صوتی از خود منتشر می کند که با ردیابی آن می توان میزان رشد ترک را اندازه گیری کرد. اساس روش نشر صوتی نیز بر همین مبناست. این روش خصوصاً برای دیدبانی SCC بسیار مفید است. هرچند که استفاده از آن به تجربه ی زیادی نیازمند است.

۱-۲-۵-۷- روش اشباع مغناطیسی

این روش مخصوص مواد فرو مغناطیس می باشد که در آن قطعه ی مورد آزمایش را تحت میدان مغناطیسی قرار می دهند. این میدان می تواند توسط آهنربای دائمی، سیم پیچ حاوی جریان الکتریکی یا عبور جریان از داخل قطعه ایجاد شود، اطراف ترکها و یا مناطق غیر یکنواخت میدان مغناطیسی دچار غیریکنواختی می شود و از این طریق می توان ترکها ردیابی کرد.

۱-۲-۵-۸- استفاده از PIG^۱

در این روش ابزاری به داخل لوله فرستاده می شود که این وسیله به کمک نیروی محرکه ی داخلی و یا توسط فشار مایع و گاز حرکت می کند. بر روی این دستگاه می توان ابزارهای دیدبانی و آزمایشگر مختلفی مانند دوربین و یا سایر ابزار NDT را نصب کرد.

۱-۳- فناوری های کنترل خوردگی در تجهیزات مختلف صنعت برق

در بخش قبل فناوری های کنترل خوردگی مورد بررسی قرار گرفت. در این بخش، هریک از تجهیزات مختلف صنعت برق، با توجه به نوع خوردگی که در آنها اتفاق می افتد (که در بخش ۱-۱ توضیح داده شده است)، بررسی شده و فناوری های کنترل خوردگی که در آن ها به کار گرفته می شود شرح داده خواهد شد.

۱-۳-۱- فناوری های کنترل خوردگی در نیروگاه بخاری

همانطور که در بخش ۱-۱ توضیح داده شد، تجهیزات اصلی در نیروگاه های بخاری که خوردگی در آنها اتفاق می افتد شامل لوله های بویلر، توربین های بخار، کندانسورها، برج های خنک کن و تجهیزات انبار شده می باشد. در این بخش فناوری های کنترل خوردگی در این تجهیزات اصلی نیروگاه های بخاری، مورد بررسی قرار خواهد گرفت. لازم به ذکر است که تجهیزات انبار شده در قسمت های بعدی نیز مشترک می باشد، که به جهت جلوگیری از تکرار مطالب تنها در همین بخش توضیح داده خواهند شد.

۱-۱-۳-۱- فناوری های کنترل خوردگی در بویلر [۸]

به منظور کنترل خوردگی در بویلرها در سمت آب/ بخار و سمت آتش، استفاده از فناوری های زیر پیشنهاد می شود.

- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب برای لوله های بویلر

- اعمال پوشش های مقاوم بر روی لوله های بویلر

- استفاده از افزودنی ها و بادارنده های خوردگی (افزودن مواد شیمیایی به سوخت)

- مانیتورینگ خوردگی، بازرسی فنی و پایش وضعیت لوله های بویلر

فناوری های مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی و پایش وضعیت، در بخش قبلی شرح داده شده اند. در ادامه به بررسی

فناوری های دیگر پرداخته خواهد شد.

۱-۳-۱-۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب

اولین فناوری برای جلوگیری از خوردگی در بویلرها، انتخاب آلیاژ مناسب برای لوله های بویلر می باشد. هنگامی که نرخ خوردگی بالا باشد، استفاده از فلزات آلیاژی مقاوم در برابر شرایط خوردنده به عنوان لوله های آلیاژی باعث بهبود مقاومت به خوردگی می گردد.

هم چنین همانطور که در قسمت قبلی عنوان شد، مواردی چون بهینه سازی شکل هندسی کوره، دمای فلز، دمای گاز و

محل قرارگیری دمنده های دود و انتخاب صحیح مواد در طراحی بویلر بایستی در نظر گرفته شود.

انتخاب مواد در بویلر به عوامل مختلفی بستگی دارد. برای مثال برای لوله‌های سوپرهیتر، ری هیتر، هدرها و لوله‌های بخار، استحکام خزشی و استحکام گسیختگی مهمترین عامل می باشد. در صورتیکه برای لوله‌های واتروال، مقاومت به خوردگی سمت آتش و مقاومت به اکسیداسیون سمت بخار اهمیت زیادی دارد. هم چنین برای قطعات ضخیم هدرها و لوله‌های بخار، قابلیت ساخت، جوش پذیری، تافنس شکست و مقاومت به خستگی حرارتی نیاز است. لوله‌های بویلر بصورت بدون درز و یا با روش جوش مقاومتی تولید می شوند.

معمولاً بالاترین دماهای کاربردی مربوط به سوپر هیترها و ری هیترها می باشد. لذا این لوله‌ها باید از موادی که از خواص دما بالا و همچنین مقاومت به اکسیداسیون بیشتر و بهتری برخوردارند استفاده کرد. فولادهای کربنی برای دمای 510°C - ۴۵۵ بسته به فشار کاری مفید و اقتصادی هستند. در دماهای بالاتر، فولادهای آلیاژی بکار گرفته می شوند، چرا که فولادهای کربنی دارای مقاومت به اکسیداسیون و تنش مجاز کمتری در این دماها هستند. معمولاً دو یا چند آلیاژ برای ساختن سوپر هیترها بکار می رود. برای قسمتهای ورودی از فولادهای کم آلیاژی نظیر فولادهای کربنی - مولیبدنی و برای قسمتهای خروجی که دمای بخار و فلز بالاتر است از فولادهای کم کروم یا با مقدار متوسط کروم استفاده می شود. معمولاً از فولاد زنگ نزن در داغ ترین قسمت سوپرهیتر استفاده می شود تا بتواند شرایط کاری با فشار نسبتاً بالا (۴۰۰۰ - ۱۸۰۰ Psi) و دماهای 565°C - 540°C را که در قسمتهای مرکزی قرار دارند تحمل نماید.

فولادهای مورد استفاده در لوله‌های بویلر را می توان به سه دسته ی فولادهای ساده ی کربنی، فولادهای فریتی و فولادهای آستنیتی تقسیم بندی کرد.

الف - فولادهای ساده ی کربنی

لوله‌های صرفه جو و بیشتر لوله‌های دیواره آبی از این فولادها ساخته می شوند. مهمترین عنصر فولادهای ساده کربنی منگنز در حدود $0/25 - 0/6$ درصد می باشد که برای افزایش مقاومت به خوردگی افزوده می شود. خصوصیات مورد انتظار از این فولادها با توجه به قسمت‌های مورد استفاده، مقاومت در برابر اکسیداسیون در سمت آب / بخار و مقاومت به خوردگی در سمت آتش / دود است. فولادهای ساده کربنی حداکثر تا دمای 538°C قابل کاربرد می باشند که البته در عمل معمولاً در دماهای کمتری بکار برده می شوند.

ب- فولادهای فریتی

مهمترین فولادهای این گروه خانواده های $1Cr - 0.5 Mo$ و $2/25 Cr - 1Mo$ می باشند که کاربردهای زیادی در بویلر دارند و بخش اعظمی از لوله ها از این فولادها ساخته می شوند. مهمترین عناصر بکار رفته در این فولادها کرم، مولیبدن و منگنز هستند که علاوه بر افزایش مقاومت به خوردگی باعث بهبود خواص استحکام خزشی و استحکام گسیختگی تنش می شوند.

از فولادهای مهم در خانواده ی فولادهای فریتی ، فولادهای سوپر کروم هستند. این فولادها بین ۹ تا ۱۲ درصد کروم دارند. کروم باعث افزایش مقاومت به خوردگی و اکسیداسیون می گردد. در سالهای اخیر تحقیقات قابل توجهی در مورد فولادهای سوپر کروم صورت گرفته است. گرچه حجم فولادهای سوپر کروم بکار رفته در نیروگاههای کشور پایین می باشد، اما این فولاد بدلیل انطباق میزان انبساط حرارتی با فولادهای کم آلیاژی و مقاومت اکسیداسیون بهتر جایگزین مناسبی برای فولادهای آستنیتی می باشد.

این فولادها حداکثر تا دمای $595^{\circ}C$ قابل استفاده می باشند. فولاد HT9 بطور وسیع در اروپا برای لوله های دیگ بخار و لوله های بزرگ بخار استفاده می شود . این فولادها نسبت به فولادهای $2/25 Cr - 1Mo$ مقاومت خوردگی بهتری را دارا می باشند.

جدول ۱۰- فولادهای مورد استفاده در لوله های بویلر [۸]

گروه آلیاژ	استاندارد ASME یا ASTM	حداقل استحکام تسلیم (MPa)	حداقل استحکام کششی (MPa)	ترکیب شیمیایی (درصد وزنی)	کاربرد در بویلر
فولادهای کربنی کم استحکام	SA-۱۹۲	۱۸۰	۳۲۴	$0.048 P, 0.27-0.63 Mn, 0.06-0.18 C, 0.25 Si, 0.058 S$	واتروال و اکونومایزر
	SA-۲۲۶	۱۸۰	۳۲۴	$0.06 S, 0.05 P, 0.27-0.68 Mn, 0.06-0.18 C$	
فولادهای استحکام متوسط	SA-۲۱۰ A-۱	۲۵۵	۴۱۴	$0.1 Si, 0.058 S, 0.048 P, 0.93 Mn, 0.27 C$	واتروال و ری هیتر
	SA-۱۷۸ C	۲۵۵	۴۱۴	$0.06 Si, 0.05 S, 0.3 P, 0.3 Mn, 0.35 C$	
آلیاژهای فریتی	SA-۲۰۹ T۱ C-۰.۵Mo	۲۵۵	۳۸۰	$0.045 P, 0.3-0.8 Mn, 0.1-0.2 C, 0.1-0.5 Si, 0.045 S$	سوپر هیتر و ری هیتر
	SA-۲۱۳ T۱۲ $1Cr - 0.5Mo$	۲۵۵	۴۱۴	$0.045 P, 0.3-0.61 Mn, 0.15 C, 0.44-0.65 Mo, 0.8-1.25 Cr, 0.5 Si, 0.045 S$	

کاربرد در بویلر	ترکیب شیمیایی (درصد وزنی)	حداقل استحکام کششی (MPa)	حداقل استحکام تسلیم (MPa)	استاندارد ASME یا ASTM	گروه آلیاژ
	$C \ 0.15, Mn \ 0.61-0.3, P \ 0.045, S \ 0.045, Si \ 0.5, Cr \ 1.25-0.8, Mo \ 0.65-0.44$	۴۱۴	۲۵۵	SA-۲۱۳ T۱۱ ۱/۲۵Cr-۰/۵Mo	
	$C \ 0.15, Mn \ 0.61-0.3, P \ 0.045, S \ 0.045, Si \ 0.5, Cr \ 1.25-0.8, Mo \ 0.65-0.44$	۴۱۴	۲۵۵	SA-۲۱۳ T۲۲ ۲/۲۵Cr-۰/۵Mo	
	$C \ 0.15, Mn \ 0.61-0.3, P \ 0.045, S \ 0.045, Si \ 0.5, Cr \ 1.25-0.8, Mo \ 0.65-0.44$	۴۱۴	۲۵۵	SA-۲۱۳ T۵ ۵Cr - ۰/۵Mo	
	$C \ 0.15, Mn \ 0.61-0.3, P \ 0.045, S \ 0.045, Si \ 0.5, Cr \ 1.25-0.8, Mo \ 0.65-0.44$	۴۱۴	۲۵۵	SA-۲۱۳ T۹ ۹Cr - ۱Mo	
	$C \ 0.1, Mn \ 2-3, P \ 0.04, S \ 0.03, Ni \ 8-11, Cr \ 20-18, Si \ 0.75$	۵۱۷	۲۵۵	SA-۲۱۳ TP۳۰۴H ۱۸ Cr - ۸ Ni	آلیاژهای آستنیتی
	$C \ 0.1, Mn \ 2-3, P \ 0.04, S \ 0.03, Ni \ 9-13, Cr \ 20-17, Si \ 0.75$	۵۱۷	۲۵۵	SA-۲۱۳ TP۳۲۱H ۱۸ Cr - ۱۰Ni-Ti	
	$C \ 0.1, Mn \ 2-3, P \ 0.04, S \ 0.03, Ni \ 9-13, Cr \ 20-17, Si \ 0.75$	۵۱۷	۲۵۵	SA-۲۱۳ TP۳۴۷H ۱۸ Cr - ۱۰Ni- Cb	
	$C \ 0.1, Mn \ 2-3, P \ 0.04, S \ 0.03, Ni \ 11-14, Mo \ 3-2, Cr \ 18-16, Si \ 0.75$	۵۱۷	۲۵۵	SA-۲۱۳ TP۳۱۶H ۱۸ Cr - ۱۰Ni-۲Mo	

ج- فولادهای آستنیتی

در مجموعه لوله های بویلر، مناطقی که دارای بیشترین دمای کاری هستند مانند سوپر هیترها و ری هیترهای نهایی معمولاً از فولادهای آستنیتی استفاده می شود این فولادها معمولاً جزء خانواده $Cr - 8 Ni - 18$ می باشند. فولادهای زنگ نزن آستنیتی دارای مقاومت به خوردگی خوب و استحکام کششی و خزشی عالی در دمای بالا می باشند. این فولادها در صورتی که شرایط کاری مناسبی داشته باشند، در سوپر هیتر به مدت ۳۵ سال و یا تا زمانی که کارایی خوبی داشته باشند، مورد استفاده قرار می گیرند. در بین فولادهای زنگ نزن آستنیتی نوع ۸-۱۸، فولادهای نوع TP ۳۰۴H و TP ۳۲۱ H که محتوی تیتانیوم هستند بیشترین استفاده را دارند. در جدول ۱۰ فولادهای متداول مورد استفاده در بویلرهای نیروگاهی به همراه استاندارد مربوطه، کمترین استحکام تسلیم و کمترین استحکام کشش و ترکیب شیمیایی فهرست گردیده است.

۱-۳-۱-۱-۲- اعمال پوشش‌های محافظ

یکی از روش‌های کاهش آسیب‌های ناشی از خوردگی و اکسیداسیون، پوشش‌دهی لوله‌های بویلر با پوشش‌های دما بالا می‌باشد. از آنجاییکه افزایش مقاومت به خوردگی آلیاژ با افزودن عناصر آلیاژی ممکن است موجبات کاهش خواص مکانیکی آن را فراهم نماید، لذا با اعمال پوشش‌های مقاوم به خوردگی می‌توان سطح آلیاژ لوله را در برابر خوردگی مقاوم نمود و از سوی دیگر آلیاژی را بکار برد که استحکام مکانیکی خوبی را در شرایط سرویس بویلر داشته باشد. مواد مختلف و تکنیک‌های پوشش‌دهی متفاوتی در این رابطه مورد استفاده قرار گرفته است. نوع پوشش و روش پوشش‌دهی انتخابی به پارامترهای مختلف از جمله عوامل خوردگی و اکسیداسیون، عوامل سایش، تجهیزات قابل دسترس، هزینه‌های پوشش‌دهی و جنبه‌های اقتصادی بستگی دارد و بسته به طراحی بویلر و شرایط سرویس تعیین می‌گردد. روش پوشش‌دهی سطح توسط ترکیب آلیاژی مقاوم در برابر خوردگی (خوردگی سمت آتش) یک روش اقتصادی و مناسب برای ایجاد مقاومت لازم در برابر خوردگی در کوتاهترین زمان می‌باشد.

عواملی که می‌بایست در موقع انتخاب پوشش محافظ برای دماهای بالا مد نظر قرار گیرد عبارتند از:

- مقاومت بالا در برابر خوردگی داغ و اکسیداسیون پوشش
- چسبندگی کافی پوشش به زمینه
- انعطاف‌پذیری و داشتن قابلیت شکل‌پذیری پوشش
- پایداری حرارتی پوشش
- نفوذپذیری کم و پایین بودن نرخ نفوذ بین پوشش و فلز پایه
- نازکی و یکنواختی پوشش
- استحکام مکانیکی کافی پوشش
- حداقل بودن معایب داخلی، حفره و ترک در پوشش
- مقاومت پوشش در برابر نوسانات حرارتی
- سازگاری پوشش با زمینه و یکسان بودن ضریب انبساط پوشش و زمینه

- نداشتن اثرات نامطلوب بر روی خواص مکانیکی و شکل لوله بویلر

- قابل پیش بینی بودن تعمیر و نگهداری پوشش

علاوه بر اینها باید فرآیند ایجاد پوشش بر روی لوله از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد و عمر آن با عمر مفید لوله همخوانی داشته باشد. همچنین فرآیندهای پوشش دهی علاوه بر ایجاد پوشش با خواص مطلوب، بایستی قابلیت بکارگیری در مقیاس صنعتی را نیز داشته باشند.

پوشش هایی برای لوله های بویلر مورد نیاز می باشند که در برابر خوردگی ناشی از رسوبات سطحی جامد و مذاب تشکیل شده در بویلرها مقاومت کنند. بطور کلی، از نقطه نظر ماهیت پوشش، پوشش های لوله های بویلر به دو دسته ی پوششهای نفوذی^۱ و پوششهای روکشی^۲ تقسیم می گردند. در دسته ی اول ترکیب سطح آلیاژ در اثر نفوذ تغییر داده می شود، در حالیکه دسته دوم شامل پوشش دهی یک روکش فلزی با مقاومت بهینه در برابر اکسیداسیون و خوردگی است.

آلیاژ های مقاوم به خوردگی همچنین ممکن است با فرایند های روکشی جوشکاری^۳، پاشش حرارتی^۴، روکش کاری با لیزر^۵، یا با فرایند ذوبی^۶ اعمال شوند و همه این روشها معمولاً در بویلر ها به کار می روند.

شکل ۲۶ روش های مختلف پوشش دهی را نشان می دهد.

الف- پوشش های نفوذی

پوشش های نفوذی (معمولاً به ضخامت $50-100 \mu m$) سطحی غنی از آلومینیوم، کروم و یا سیلیکون فراهم می کنند که در نتیجه اکسیدهای محافظ سطح Al_2O_3 ، Cr_2O_3 یا SiO_2 تشکیل می شوند. پوشش های نفوذی با نفوذ عناصر فعال مانند

1- Diffusion Coating

2- Overlay Coating

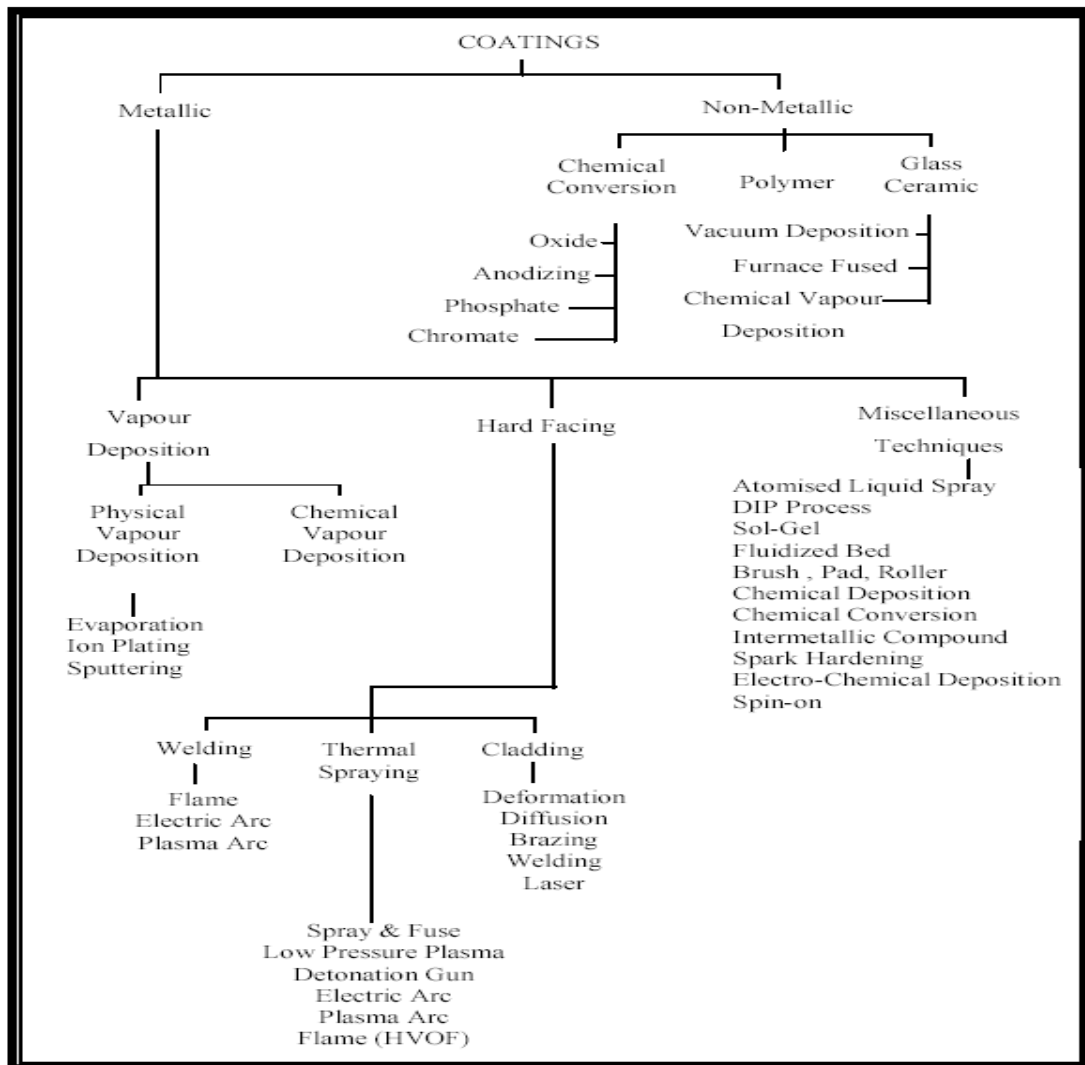
3- Weld Overlay

4- Thermal Spraying

5- Laser Cladding

6 - Fusion

Al ، Si ، Cr و عناصر خاکی کمیاب بطور منفرد یا همزمان به سطح قطعات در دماهای بالا به دست می آیند. این پوشش ها با تشکیل اکسیدهای محافظ تر با بهبود دوام اکسید، حفاظت در برابر خوردگی را فراهم می کنند.



شکل ۲۶- روش های پوشش دهی [۸].

– روش های اعمال پوشش های نفوذی

پوشش های نفوذی معمولاً توسط روشهای سمنتاسیون بسته ای، ترسیب شیمیایی فاز بخار، دوغاب مذاب و غوطه وری گرم

اعمال می شوند. این روش ها در بخش توربین گازی مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

ب- پوشش‌های روکشی

پوشش‌های روکشی کاربرد گسترده‌ای در لوله‌های بویلر دارند. بدین ترتیب که آلیاژهای مقاوم به خوردگی روی سطح قطعه بطریقه‌ی روکشی اعمال می‌شود. این پوششها طیف وسیعی از پوششهای فلزی و سرمتی را در لوله‌های بویلر شامل می‌شوند. از پوششهای متنوع نیکل - کروم گرفته تا پوششهای M-Cr-Al-X در این دسته از پوششها قرار دارند. M می‌تواند Ni ، Fe و یا Co باشد و X یک فلز واکنشگر با اکسیژن مانند Si , Hf , Ce, Y یا ترکیبی از این عناصر است. در مورد پوشش‌های روکشی تقابل با زمینه حین پوشش دهی قابل صرف نظر است. علاوه بر آن پوشش‌های ضخیم تری (حدود $350 \mu m$) نیز تولید می‌شوند که عمر کاری قطعه را افزایش می‌دهند. واکنش‌های کمتر با زمینه، انتخاب آلیاژ مقاوم به خوردگی و قابلیت اعمال پوشش‌های ضخیم تر منجر به انعطاف پذیری بیشتر طراحی در این نوع از پوششها شده است.

- روش‌های اعمال پوشش‌های روکشی

بطور کلی این دسته از پوشش‌ها را می‌توان با روشهای جوشکاری، روکش کاری با لیزر و روشهای پاشش حرارتی بر روی لوله‌های بویلر اعمال کرد که در ادامه به بررسی این روش‌ها پرداخته خواهد شد.

روکش کاری به طریقه‌ی جوشکاری: در این روش یک آلیاژ مقاوم به خوردگی روی لوله بویلری که باید حفاظت شود، جوشکاری می‌شود و شامل پوشش دهی یک لایه‌ی نسبتاً ضخیم (6 mm) از فلز جوش روی سطح لوله به روش جوشکاری خودکار TIG است. بطور کلی روکش جوشکاری یک فرایند بسیار موثر است و احتمالاً معروفترین روش برای حفاظت فولاد نرم یا سطوح کم آلیاژی در برابر خسارت خوردگی است. اما چندین عیب قابل توجه وجود دارد که عبارتند از:

- مقدار زیاد حرارت ورودی حین فرآیند جوشکاری می‌تواند سبب تغییر فرم و خمش قابل ملاحظه لوله شود.

- در هم آمیختن روکش جوشکاری با زمینه می‌تواند سبب رقیق شدن فلز پوشش شود.

- این فرایند بطور کلی از روشهای کروم‌ایزینگ یا پاشش حرارتی گرانتر است.

- برای پوشش مساحت‌های وسیع سطوح لوله توصیه نمی‌شود.

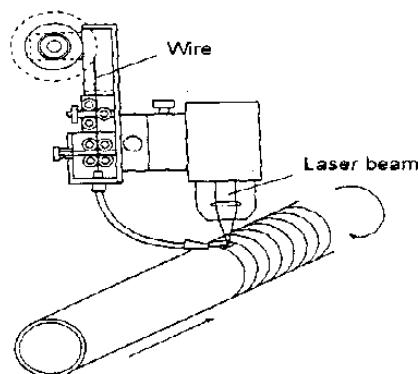
روکش کاری با اشعه‌ی لیزر: این روش یک نوع متناوب فرایند روکش جوشکاری است. در حالیکه هنوز به طور گسترده

استفاده نشده اما پتانسیل قابل ملاحظه‌ای به عنوان یک روش حفاظت در برابر خوردگی دارد و از بعضی معایب فرآیند روکش

جوشکاری برخوردار نمی باشد. این روش شامل پاشش همزمان پودر فلزی روی سطح لوله و ذوب فلز با استفاده از یک لیزر CO₂ با نیروی زیاد (حدود ۱۲ kW) می باشد. لایه‌ی پوشش داده شده می تواند بطور قابل ملاحظه‌ای نازکتر از لایه‌ی حاصل از روکش جوشکاری باشد (حدود ۰/۵-۱ میلی متر)، و از آنجاییکه حرارت ورودی خیلی کمتر است مشکلات مربوط به اعوجاج لوله‌ها قابل اجتناب است. البته ورود کمتر حرارت به زمینه و لایه‌های نازکتر پوشش، این فرآیند را تسریع می کند و با کمترین رقیق شدن انجام می شود. در این روش چسبندگی خیلی خوبی (پیوند متالورژیکی) بدست می آید.

از طرفی روش روکش با لیزر شبیه روش آلیاژ سازی سطحی قطعه با استفاده از لیزر می باشد. در هر دو روش یک لایه نازک از سطح فلز با اشعه لیزر ذوب شده و همزمان عناصر آلیاژی مورد نیاز اضافه می شود. بنابراین ترکیب شیمیایی سطح قطعه عوض می شود. تفاوت روکش با لیزر و آلیاژ سازی سطحی این است که در اولی ذوب شدن سطح فلز پایه حداقل می باشد. مزایای این روش عبارتند از :

- کاهش احتمال اعوجاج و پیچیدگی قطعه حین پوشش دادن، چون فلز پایه کمترین انرژی را نسبت به روشهای دیگر جذب می کند.
- کاهش تخلخل پوشش
- ضخامت ۰/۳-۳ mm را می توان در یک پاس ایجاد کرد.
- ساختار میکروسکوپی سریع انجماد یافته است.
- سطح پوشش از نظر پرداخت وضعیت مناسبی دارد.
- قابلیت خودکار شدن



شکل ۲۷- تصویر شماتیک روش روکش کاری با لیزر با تغذیه سیم [۸].

پوشش حاصل از نظر چسبندگی یک پیوند متالورژیکی با فلز پایه ایجاد می‌کند و منطقه‌ی تحت تاثیر حرارتی بسیار کمتری نسبت به سایر تکنیک‌های روکش کاری به عنوان مثال روکش جوشکاری با TIG، دارد. شکل ۲۷ نمای شماتیک این روش را نشان می‌دهد.

پوشش حاصل از این روش پس از آزمایش در شرایط واقعی بویلر و در محل واتروالها پس از گذشت ۶۶۰۰ ساعت هیچ آثاری از خوردگی داغ نشان نداد و هیچ ترکی نیز مشاهده نشد.

در مقایسه با روکش کاری مرسوم با TIG، روکش کاری با لیزر روش کمتر مخربی است، زیرا انتقال حرارت به فلز پایه را به شدت کاهش می‌دهد. در نتیجه ترکیب شیمیایی پودر پوشش بعد از فرایند بدون تغییر باقی می‌ماند و این موضوع به ویژه برای مقدار آهن، که روی مقاومت به خوردگی موثر است مهم می‌باشد. اما، طی جوشکاری TIG ذوب مجدد از فلز پایه تا روکش انجام می‌شود در نتیجه سبب انتقال آهن به سطح می‌گردد، بنابراین TIG در چند پاس انجام می‌شود و ضخامت پوشش در این روش، حداقل ۲/۵-۳/۵ mm بایستی باشد تا مقدار آهن درون پوشش کاهش یابد. در حالیکه با استفاده از تکنولوژی لیزر، پوششهایی با ضخامت ۰/۹-۰/۵ mm در یک پاس با حداقل مقدار آهن اعمال می‌شود. علاوه بر آن به شدت منطقه تحت تاثیر حرارتی درون فلز پایه را تا ضخامت ۰/۳-۰/۵ mm کاهش می‌دهد و تغییر فرم قطعه را حین فرایند حداقل می‌سازد.

به علت محدودیتهایی، این روش هنوز کاربرد گسترده‌ای نیافته است که عبارتند از:

- فقط روی لوله‌های مستقیم (نه منحنی) به طول ۷-۸ m قابل اعمال است.

- پوشش باید در کارگاه اعمال شود. (درمکان انجام نمی‌شود)

- لوله‌های پوشش داده شده را نمی‌توان خم کرد. (در پوشش ترک ایجاد می‌شود)

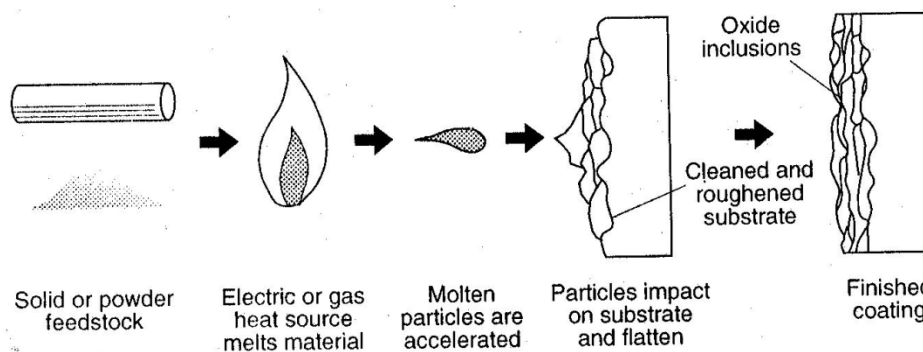
روکش کاری به طریقه‌ی پاشش حرارتی: اصول پاشش حرارتی بر این اساس است که ماده‌ای که باید پاشیده یا پوشش

داده شود، به شکل مذاب در می‌آید، سپس به جریان باریکی از ذرات متمیزه تبدیل شده و به سوی زمینه با سرعت زیادی پرتاب

می‌شوند تا بعد از برخورد به زمینه پهن شود و نهایتاً به آن بچسبد. پس یک منبع حرارتی و یک وسیله ی شتاب دهنده مورد نیاز می باشد. انرژی حرارتی استفاده شده برای ذوب ماده پوشش، به دو دسته تقسیم می‌شود: منبع حرارتی شعله ای و الکتریکی. شکل ۲۸ مراحل تشکیل پوشش در روشهای پاشش حرارتی را بطور شماتیک نشان می دهد.

ویژگیهای اصولی که فرآیندهای پاشش حرارتی را از پوشش های جوشکاری متمایز می کند عبارتند از:

- استحکام اتصال بین پوشش و زمینه
- موادی را که به دلیل ترکیبشان یا تمایل آنها به اعوجاج برای جوشکاری مناسب نیستند، می‌توان به روش پاششی اعمال کرد.
- پوشش پاششی را می توان بصورت لایه های نازکتر از پوشش جوشکاری اعمال کرد، البته تحت شرایطی پوشش های ضخیم تر هم می توان بدست آورد.
- تقریباً همه ی ترکیبات مواد قابل پوشش دهی هستند.
- بیشتر فرآیندها در مقایسه با جوشکاری، «سرد» هستند و هیچ تخریب متالورژیکی در زمینه رخ نمی‌دهد.
- فرایندهای پاشش حرارتی در هر موقعیتی قابل اجراست و اغلب در هوا کار می شوند، پس قابلیت انعطاف بالایی دارند.



شکل ۲۸- مرور شماتیک فرآیند پاشش حرارتی [۸].

طی چندین سال گذشته پاشش حرارتی یک راه حل قابل اطمینان مقرون به صرفه برای حفاظت لوله‌های بویلر به منظور افزایش عمر بویلر ارائه کرده است.

اصول پایه‌ای همه فرآیندهای پاشش حرارتی مشابه است. پودر یا سیم به پیستول اسپری تغذیه و گرم می‌شود تا نرم گردد و آنگاه با سرعت روی زمینه پرتاب می‌شود تا پوشش تشکیل گردد.

بعضی خواص را که پوشش‌های پاشش حرارتی می‌توانند فراهم کنند:

- تریبولوژیکی (سایش، مقاومت)

- مقاومت در برابر خوردگی

- مقاومت در برابر حرارت

- سد حرارتی

- رسانایی یا مقاومت الکتریکی

- قابل سایش بودن یا ساینده بودن

- بازیابی ابعاد اولیه

- پوشش سطوح پیچیده

مزایای پوشش‌های پاشش حرارتی عبارتند از:

- تنوع بسیار گسترده ی موادی که می‌توان با آنها پوشش ساخت. در واقع هر ماده ای که بدون تجزیه شدن ذوب شود، قابل استفاده است.

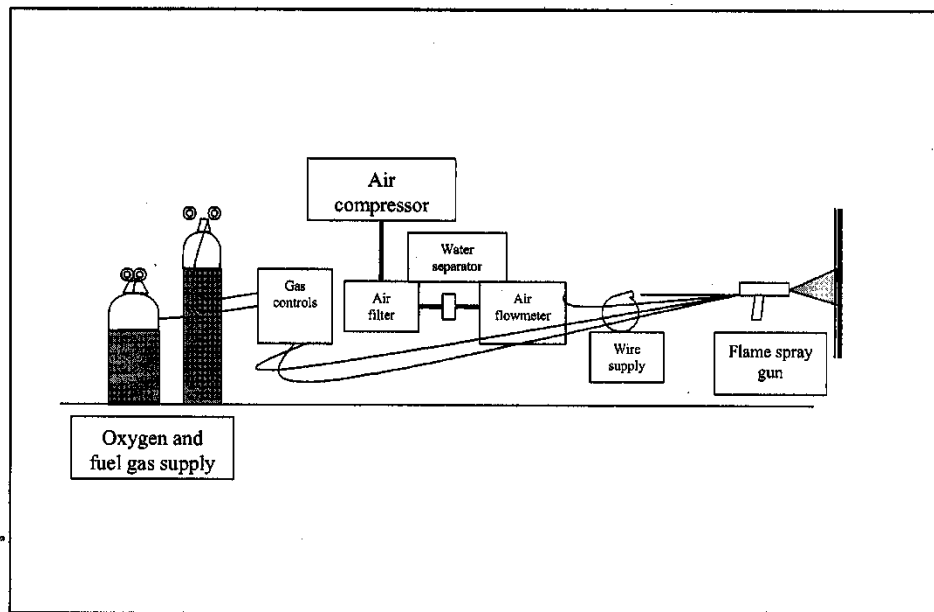
- قطعاتی که عملیات حرارتی تکمیلی و نهایتاً ماشینکاری شده اند با کمترین اعوجاج و تغییر خواص می‌توان آنها را به این روش پوشش داد. زیرا بیشتر فرایندهای پاشش حرارتی بدون آنکه زمینه را بطور قابل ملاحظه ای گرم کنند قابلیت اعمال پوشش زمینه را دارند.

- قسمتهای خسارت دیده ی پوشش را می‌توان با سرعت و هزینه کم دو باره پوشش داد بدون آنکه ابعاد قطعات تغییر کند و هزینه آن نیز کسری از هزینه جایگزینی می‌شود.

- پوشش‌های ضخیم را می‌توان با سرعت‌های زیاد پوشش دهی اعمال کرد.
 - پوشش به طور مکانیکی به زمینه متصل می‌شود، پس موادی که از نظر متالورژیکی با زمینه سازگار نیستند (مثلاً موادی که نقطه ذوب بالاتری نسبت به زمینه دارند) نیز قابل استفاده اند.
 - با استفاده از مواد مناسب برای پوشش، قطعات پوشش داده شده نسبت به قطعات جدید دوام بیشتری خواهند داشت.
 - پوشش‌های پاشش حرارتی هم به روش دستی و هم به صورت خود کار قابل اعمال می‌باشد.
- فرایندهای پاشش حرارتی:** فرایند های پاشش حرارتی به دو دسته ی فرایندهای کم - انرژی و فرایندهای پر- انرژی تقسیم می شوند. فرآیند های کم - انرژی، که اغلب فلز پاشی نامیده می شوند، شامل پاشش قوسی و پاشش شعله ای هستند. موارد استفاده گسترده آنها عبارتند از :
- اعمال پوششهایی که در دمای نزدیک به دمای محیط کار می کنند
 - پوشش دهی روی سازه های بزرگ
 - ایجاد پوشش برای شرایطی که شوک حرارتی و مکانیکی یا سایش کم باشد
- در این پوشش‌ها همواره مقداری تخلخل وجود دارد که ممکن است مفید باشد زیرا تنش های پسماند در پوشش‌های متخلخل تمایل به کاهش دارند و می‌توان پوشش‌های ضخیم‌تر را بدون خطر جدا شدن از زمینه اعمال کرد.
- فرایندهای پر - انرژی شامل پاشش پلاسما، پاشش تفنگ انفجاری و پاشش احتراق بسیار سریع، گسترش یافته‌اند تا پوشش‌هایی با تخلخل بسیار کمتر و چسبندگی بهتر به زمینه فراهم کنند. همچنین با این روشها می توان مواد با نقاط ذوب بالاتر به کاربرد تا پوشش های مقاوم به دماهای بالاتر و مقاوم به شوک حرارتی و مکانیکی بدست آورد. با استفاده از فرایندهای با انرژی زیاد ، تخلخل بسیار کمتر و استحکام پیوند بیشتر، چه در خود پوشش و چه بین پوشش و زمینه، ایجاد خواهد شد و از طرفی تا حدی پیوند نفوذی رخ می دهد.
- تفاوت‌های دیگری نیز بین این دو گروه وجود دارد. گروه کم - انرژی « فلز پاشی » به هزینه سرمایه گذاری کمتری نیاز دارد و تقریباً قابل حمل است، در حالیکه گروه پر - انرژی به هزینه بیشتری نیاز دارد و ترجیحاً با تجهیزات ثابت به کار می رود.
- روش‌های پوشش دهی کم انرژی: این روشها عبارتند از:

۱- روش پاشش شعله ای (FS): تکنیک پاشش شعله ای، گاهی پاشش شعله ای حاصل از احتراق نیز نامیده می شود که قدیمی ترین شکل پاشش حرارتی است که به کار می رود، تا تنوع گسترده ای از مواد شامل سیم های فلزی ، میله های سرامیکی و پودرهای فلزی و غیر فلزی مورد استفاده قرار گیرند. در این روش ماده به نوک تفنگ پاشش تغذیه می شود تا در شعله ی گاز سوختنی ذوب شده و در جریانی از گاز اتمیزه کننده به سوی زمینه پرتاب شود. گازهای متداول سوختنی استیلن ، پروپان و متیل استیلن - پروپادین هستند که به همراه اکسیژن می سوزند و از هوا هم معمولاً به عنوان گاز اتمیزه کننده استفاده می شود.

اجزای اصلی سیستم پاشش شعله ای شامل تفنگ پاشش، ماده ی تغذیه شنی و مکانیزم تغذیه، اکسیژن و گازهای سوختنی به همراه فلومترها و تنظیم کننده های فشار و یک متراکم کننده و تنظیم کننده هواست (شکل ۲۹)



شکل ۲۹- سیستم متداول پاشش شعله ای [۸].

روشهای پاشش شعله ای بنا بر مواد مصرفی به دو نوع پاشش شعله ای پودر و پاشش شعله ای سیم تقسیم بندی می شوند.

۲- **روش پاشش قوسی (AS)**^۱: در این فرایند دو سیم که به عنوان آند و کاتد عمل می‌کنند، با هم در یک تفنگ پاشش تغذیه می‌شوند. یک قوس DC بین دو سیم تشکیل می‌شود که سبب ذوب انتهای دو سیم می‌شود. قطرات مذاب سپس با یک گاز اتمیزه کننده به سوی زمینه شتاب می‌یابند. اگر جنس سیم‌ها متفاوت باشد می‌توان پوشش‌های شبه - آلیاژی تولید کرد. در این روش وزن پوشش که می‌تواند در واحد زمان اعمال شود متاثر از توان الکتریکی سیستم، دانسیته و نقطه ذوب سیم می‌باشد.

روش‌های پوشش دهی پر انرژی: روش‌های پوشش دهی پر انرژی عبارتند از:

۱- **روش پاشش پلاسما در هوا (APS)**^۲: مشعل پاشش قوس پلاسما شامل یک آند مدور از جنس مس و کاتد از جنس تنگستن است. هر دو الکتروود با آب خنک می‌شوند و هر دو را نیز عایق می‌کنند تا در موقعیت درست نسبت به یکدیگر نگاه داشته شوند. یک قوس با جریان بالا درون مشعل تولید می‌شود و گازی که در محفظه ی قوس تزریق شده گرم می‌شود و به واسطه انقباض هنگام عبور از سوراخ آند به پلاسمای دمای بالا تبدیل می‌شود. ماده ی پوشش به شکل پودر درون این جت پلاسما تزریق شده و سپس گرم می‌شود و به سوی زمینه شتاب می‌یابند. تغییرات قابل ملاحظه ای در طراحی مشعل وجود دارد. تزریق ماده ی پاشش بطور محوری به مرکز جت پلاسما، با سرعت و بازدهی زیاد پوشش دهی، بهترین نتایج را بدست می‌دهد. یک مشعل پلاسما ی طراحی شده با خنک کنندگی آب، تا ده برابر سرعت پوشش دهی بیشتری نسبت به مشعل‌های سنتی، با سرعت ذرات یکسان دارد. یک سیستم پاشش پلاسما شامل تجهیزات منبع برق، منبع گاز، تفنگ پاشش مکانیزم تغذیه پودر، کنترل کننده های پاشش، خنک کننده ها و مبدلهای حرارتی، واحدهای توزیع و کمپرسور هوا می‌باشد.

۲- **روش پاشش پلاسما در خلا (VPS)**^۳: این فرآیند با نام‌های پاشش پلاسما یی در خلا یا پاشش پلاسما یی کم فشار (VPS/LPPS) شناخته می‌شود و شامل پاشش در محفظه ایست که قبلاً با فشار 10^{-2} mbar به منظور خلاء آماده شده و سپس با گاز آرگون تا فشار ۴۰ mbar پر می‌شود. با استفاده از گازهای کاری و ژنراتور، قوس الکتریکی پلاسما تولید می‌شود

1- Arc Spray

2- Air Plasma Spray

1- Vacume Plasma Spray

و پودر هم از یک ورودی به جت پلاسما که درخلاء جاریست وارد می‌شود. یک قوس انتقالی اضافی نیز به کار می‌رود تا سطح زمینه را قبل از پاشش تمیز و گرم کند، البته این قوس اضافی ممکن است در همه سیستم‌ها نباشد.

۳- **روش پاشش تفنگ انفجاری^۱**: در این روش یک تفنگ که به شکل D است استفاده می‌شود. لوله‌ی این تفنگ که قطر داخلی آن ۲۵ mm است با آب خنک می‌شود. در عمل مخلوطی از اکسیژن و استیلن به همراه پودر تغذیه می‌شوند و گاز در اثر جرقه

مشعل می‌شود و موج انفجار، پودر را تا حدود ۷۵۰ m/s شتاب می‌بخشد. در هر ثانیه یک الی ۱۵ انفجار رخ می‌دهد. در حالیکه بین انفجارها گاز نیتروژن عبور داده می‌شود. بدلیل صدای زیادی تولید شده، این روش معمولاً در یک محفظه‌ی ضد صدا انجام شده و معمولاً کاملاً اتومات می‌باشد.

۴- **پاشش با سرعت بالا حاصل از سوخت اکسیژن (HVOF)^۲**: یکی از آخرین روش‌هایی که به خانواده‌ی پاشش حرارتی افزوده شده فرآیند HVOF می‌باشد. در این فرآیند سوخت با اکسیژن در فشار بالا در محفظه‌ی احتراق می‌سوزد، آنگاه محصولات احتراق به یک نازل هدایت می‌شوند تا سرعت گاز بسیار افزایش یابد. سپس پودر معلق در گاز حامل بصورت محوری درون این جت ترزیک می‌شود تا گرم شده و شتاب گیرند. چون پودر در معرض محصولات احتراق، که ممکن است محیطی اکسید کننده یا احیا کننده فراهم کنند، قرار می‌گیرد. پس ممکن است مواد فلزی یا سرامیکی متحمل اکسیداسیون قابل توجهی شوند. محفظه‌ی احتراق و نازل با آب خنک می‌شوند. تفاوت سیستم‌های HVOF و پاشش شعله‌ای در این است که در HVOF فرآیند احتراق درون تفنگ اتفاق می‌افتد و سرعت شارش گاز و فشار انتقال بسیار بیشتر از فرآیندهای پاشش شعله‌ای است که در اتمسفر می‌سوزند.

۵- **روش پاشش ذوب (F&S)^۳**: حین فرآیند یک لایه پودر روی لوله اعمال می‌شود، سپس این لایه ذوب شده تا پیوند متالورژیکی خوب با زمینه و همچنین یک لایه سطحی بدون تخلخل بدهد. پوشش‌ها معمولاً پایه Ni – Cr با مقادیری افزودنی Si و B می‌باشند تا شرایط مناسب ذوب فراهم شود. پوشش معمولاً با استفاده از مشعل اکسی استیلن اعمال می‌شود و

2- Dtonation-Gun Spray

3- High Velocity Oxy-fuel Spray

1- Spray Fuse Coating

سپس با عملیات ذوب دنبال می شود که شامل گرم کردن پوشش و فلز زیرین آن تا دمای بین خط جامد و خط مایع آلیاژ پوشش، معمولاً حدود 1000°C می شود.

۱-۳-۱-۱-۳- استفاده از بازدارنده های خوردگی (افزودن مواد شیمیایی به سوخت)

ناخالصی های موجود در سوخت می تواند منجر به ایجاد رسوب و خوردگی داغ در سمت آتش شوند. ترکیبات منیزیم، باریوم، منگنز، آهن، مس و سیلیکا همگی برای کنترل خوردگی مورد استفاده قرار می گیرند. مواد افزودنی در کاهش مشکلات ناشی از خاکستر سوخت به شکل فاولینگ در سوپرهیتر، خوردگی خاکستر در دمای بالا و خوردگی اسیدسولفوریک در دمای پایین مورد استفاده قرار می گیرند.

بطور کلی تأثیرات اصلی افزودنیها عبارتند از:

- افزایش نقطه ی ذوب نمکهای سدیم/ وانادیوم و در نتیجه ی ممانعت از ایجاد رسوب در جدار خارجی لوله ها
- ایجاد رسوبات ترد با چسبندگی بسیار کمتر
- کاهش تشکیل SO_3
- کاهش تشکیل اسید سولفوریک
- بهبود هدایت حرارتی لوله های سوپرهیتر از طریق تمیزتر نگهداشتن این لوله ها
- کاهش روند خوردگی
- کاهش هزینه های نگهداری

افزودنی های شامل اکسیدهای منیزیم و آلومینیوم برای کنترل مشکلات ناشی از خوردگی داغ در بویلرها مناسب می باشند. موثرترین مواد افزودنی عبارتند از آلومینا، دولومیت و منیزی (اکسید منیزیم). تکنولوژی های جدید شامل استفاده از ترکیبات شامل منیزیم و یا منیزیم/کلسیم می باشد. هم چنین استفاده از مواد پایه سیلیکونی برای ایجاد رسوبات ترد و شکننده و غیرچسبنده مورد استفاده قرار می گیرد. ترکیبات سیلیکونی شبیه به یک اسفنج عمل کرده و اکسیدهای با نقطه ی ذوب پایین را جذب می کند و از آگلومره شدن و رسوب آن ها جلوگیری می نماید.

افزودنی‌های پایه منیزیمی، بطور گسترده ای مواد خوردند ی زود ذوب را به محصولاتی با قدرت خوردندگی پایین و با نقطه‌ی ذوب بالا تبدیل می‌کنند. از طرف دیگر در اثر بکارگیری این افزودنی‌ها، رسوبات چسبنده و سنگین به رسوبات غیر چسبنده‌ای تبدیل شده که به راحتی زدوده می‌شوند. منیزیم می‌تواند از طریق تشکیل ترکیباتی با نقطه‌ی ذوب بالا با SO_3 و V_2O_5 ، مشکلات رسوبات سولفات‌های قلیایی و پنتااکسید وانادیوم را برطرف سازد.

اگرچه ممکن است افزودنیها میزان رسوبات را افزایش دهند، ولی رسوبات حاصله از نظر فیزیکی ضعیف بوده و به مرور زمان از سطح جدا شده و به آسانی توسط دمنده ها قادر به زدوده شدن هستند. هم چنین لازم است که میزان این افزودنی ها در پایین ترین سطح ممکن حفظ شود.

افزودنیهای منیزیمی می توانند از اکسیداسیون کاتالیتیکی SO_2 به SO_3 که در قسمتهای دما بالای بویلر رخ می‌دهد، ممانعت بعمل آورند.

علاوه بر این V_2O_5 حاصل از خاکستر سوخت که حاوی مقدار زیادی وانادیوم است و Fe_2O_3 تشکیل شده روی سطح لوله ها بعنوان کاتالیست خوبی برای تشکیل SO_3 می باشند، در حالیکه منیزیم با V_2O_5 واکنش داده و وانادات با نقطه ی ذوب بالا تشکیل می دهد که این وانادات بعنوان کاتالیست عمل نمی کند. از طرف دیگر MgO منجر به ایجاد یک پوشش محافظ روی سطوح دما بالای فلزات و در نتیجه پوشاندن اکسیدهای آهن گردیده که در اثر این امر، از فعالیت کاتالیتیکی Fe_2O_3 ممانعت بعمل می آورد.

همچنین کلسیم و منیزیم می توانند از طریق تشکیل نمکهای سولفاتی (غیر از تری سولفات قلیایی آهن که بسیار خوردنده است و نقطه ی ذوب پائینی دارد) منجر به توقف خوردگی شوند. بعنوان مثال Ca_2SO_4 و K_2SO_4 نمونه ای از این نمکهای سولفاتی می باشند.

کاهش فاولینگ و خوردگی دما بالا اصولاً توسط تولید رسوب حاصل از خاکستر با نقطه ی ذوب بالا که پودری بوده و براحتی از روی سطح زدوده می‌شود، انجام می‌گیرد. همچنین وقتی خاکستر خشک است خوردگی بطور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

خوردگی دما پایین اسیدسولفوریک توسط سولفات‌های دیرگداز که از که در اثر واکنش با گاز SO_3 در بخار گازهای سوخته شده تشکیل می شود، کاهش می یابد. بنابراین با زدایش گاز SO_3 ، نقطه شبنم گازهای سوخته شده بطور قابل توجهی کاهش یافته و سطح فلز، مورد حفاظت قرار می گیرد. ترکیبات سولفات‌های تشکیل شده نسبتاً خشک بوده و براحتی توسط تجهیزات تمیزکاری معمولی زدوده می شود.

بطور کلی مقدار افزودنی مورد استفاده باید تقریباً برابر مقدار خاکستر سوخت باشد. در بعضی موارد تفاوت‌های نسبتاً جزئی ممکن است برای دست یابی به نتایج بهتر مخصوصاً جهت کاهش خوردگی دما بالا لازم باشد. انتخاب نوع افزودنی به قابلیت دسترسی و هزینه و روش کاربرد بستگی دارد. مقدار رسوب تشکیل شده نیز از عوامل بسیار مهم برای واحد، مخصوصاً از نقطه نظر تمیزکاری می باشد. مقایسه ی مقادیر تشکیل شده رسوب با افزودنیهای مختلف نشان داد که دولومیت بیشترین مقدار رسوب را تشکیل می دهد. آلومینا کمترین و اکسید منیزیم حد وسط می باشد.

۱-۳-۱-۲- فناوری های کنترل خوردگی در توربین بخار [۶]

به منظور کنترل خوردگی در توربین استفاده از فناوری های زیر پیشنهاد می شود.

۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب برای توربین

۲- اعمال پوشش های مقاوم بر روی پره های توربین

۳- مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی و پایش وضعیت پره های توربین

در ادامه به بررسی این فناوری ها پرداخته خواهد شد.

۱-۳-۱-۲-۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب

آلیاژهایی که در ساخت پره های توربین مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از: فولادهای حاوی (۱۳٪-۱۲٪) کروم، فولادهای رسوب سخت شونده با درصد کروم بالا مانند فولاد ۴pH-۱۷، فولادهای زنگ نزن دوفازی فریتی-آستنیتی و آلیاژهای تیتانیوم. فولادهای حاوی (۱۳٪-۱۲٪) کروم که به صورت وسیعی مورد استفاده قرار می گیرند دارای مقاومت خوردگی خستگی مناسبی می باشند. فولادهای رسوب سخت شونده به طور کلی استحکام خستگی بالاتری را دارا می باشند. با این حال در محیط های خورنده ی واقعی مانند محلول های کلریدی هوادار غلیظ و داغ، استحکام خوردگی خستگی فولادهای

زنگ نزن رسوب سخت شونده کم و در حد فولادهای حاوی ۱۲٪ کروم می‌باشد. مقاومت خوردگی خستگی فولادهای زنگ نزن دوفازی فریتی-آستنیتی حتی در محلول‌های کلریدی غلیظ و داغ بسیار بالاست. آلیاژهای پایه تیتانیوم در محلول‌هایی با خوردگی بسیار استحکام خوردگی خستگی بالاتری نسبت به فولادهای حاوی ۱۲٪ کروم را دارا می‌باشند. هم‌چنین آلیاژهای تیتانیوم مقاومت بالایی در برابر خوردگی حفره‌ای دارند. استفاده از آلیاژهای تیتانیوم در پره‌های توربین بخار یکی از کاربردهای جدید تیتانیوم می‌باشد.

۱-۳-۱-۲-۲-۱ اعمال پوشش‌های محافظ

یکی از روش‌های محافظت پره‌ها در برابر محیط خوردنده، استفاده از یک پوشش محافظ می‌باشد. پوشش آلومینایدی IVD، پوشش تفلون و پوشش نیکل-کادمیوم سه نوع از پوشش‌های محافظ برای پره‌های توربین می‌باشند. پوشش آلومینایدی IVD به صورت قابل توجهی در مقابل خوردگی مقاومت ایجاد می‌نماید. بعضی از پوشش‌های به کاررفته روی لبه‌ی برجسته‌ی خارجی در نتیجه‌ی ذرات ساینده‌ی موجود در بخار حذف می‌شوند، ولی با این وجود سطوح پوشش داده شده، خوردگی قابل ملاحظه‌ای را نسبت به سطح پره‌ای که پوششی روی آن اعمال نشده است، نشان نمی‌دهد. در قسمت‌های پوشش داده شده با تفلون که شامل لبه‌های برجسته و لبه‌های عقبی می‌باشد، هیچ اثری از مواد خوردنده یا ایجاد حفره روی سطوح پوشش داده شده با تفلون مشاهده نمی‌شود.

پوشش نیکل-کادمیوم در شرایط مناسب روی سطح محدب از ایرفویل ظاهر می‌شود که هیچ اثری از حفره‌ای شدن یا متمرکز شدن مواد خوردنده بر روی آن‌ها نمی‌باشد. در مرکز طرف مقعر متمرکز شدن مواد خوردنده اتفاق می‌افتد و حفره‌ای شدن در آن منطقه به وضوح قابل مشاهده خواهد بود. این مسئله با ایجاد حداقل ضخامت پوشش در قسمت مقعر و ایجاد پوشش ضخیم‌تر در طرف محدب اصلاح می‌گردد.

پوشش‌های پاشش حرارتی مانند پوشش‌های HVOF که به منظور افزایش مقاومت به خوردگی سایشی پره‌های توربین مورد استفاده قرار می‌گیرند، پوشش‌های جدید مورد استفاده در پره‌های توربین می‌باشند.

۱-۳-۱-۳-۱ فناوری‌های کنترل خوردگی در کندانسورها [۱۰-۱۲]

به منظور کنترل خوردگی در کندانسورها استفاده از فناوری‌های زیر پیشنهاد می‌شود.

۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب

۲- اعمال پوشش‌های مقاوم

۳- حفاظت کاتدی

۴- استفاده از افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی

۵- مانیتورینگ خوردگی، بازرسی فنی و پایش وضعیت کندانسور

۱-۳-۱-۳-۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب

تکرار زوال و انواع آن به طور قابل ملاحظه‌ای از یک طبقه از مواد به طبقه‌ی دیگر فرق می‌کند. مواد معمول در لوله‌های کندانسور می‌توانند به طور مناسب در چهار طبقه و در نتیجه مد زوال و معیار تکرار آن تقسیم شوند: برنجه‌ها و برنزه‌ها، آلیاژهای مس-نیکل، فولادهای زنگ نزن و تیتانیوم

الف- برنجه‌ها و برنزه‌ها

برنجه‌ها و برنزه‌ها به طور ثابت به دفعات دچار تمام زوالهای آلیاژهای موجود در کندانسورها شده‌اند، که در این میان خوردگی سایشی، خوردگی حفره‌ای و شکافی و خوردگی تنشی شایعترین مدهای زوال می‌باشند. تعداد زوال مربوط به اختلاف انواع آب خنک کن و شرایط محیطی می‌باشد. از سوی دیگر موقعیت لوله‌ها در کندانسور نیز فاکتور مهمی است. برای مثال تکرار زوال برنج آدمیرالتی در آب تازه به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر در قسمت هوازدائی شده نسبت به بدنه اصلی در حال کار دیده می‌شود. برای مد زوال مربوط به مکان نیز، SCC در قسمت هوازدائی شده کندانسور شایعتر می‌باشد. اثرات مکانی به تغییر غلظت آمونیاک در قسمت هوازدائی شده که مروج خوردگی شدید و SCC هستند، نسبت داده می‌شود.

ب- آلیاژهای مس-نیکل

آلیاژهای مس-نیکل در مقایسه با برنجه‌ها و برنزه‌ها در هر دو آب تازه و آب دریا بهتر عمل می‌کنند. با این حال بعضی زوالهای این آلیاژها در کاربردهای آب دریا اتفاق افتاده است. بیشتر زوالها به حفره دار شدن و خوردگی سایشی طرف آب نسبت داده شده است. عملکرد خوب آلیاژهای مس-نیکل نسبت به برنجه‌ها و برنزه‌ها منتهی به مقاومت بهتر آنها در برابر خوردگی چگالیده و SCC می‌شود. آلیاژهای مس-نیکل به خوردگی سایشی طرف آب و طرف بخار نسبت به برنجه‌ها و برنزه‌ها مقاومتر

هستند. اگرچه وقوع زوالها در حین کار نشان می‌دهد که حد مقاومت کم است و پایین تر از حد لازم برای مصون کردن می‌باشد. در حفره دار شدن با آب آلوده حاوی سولفید، آلیاژهای مس-نیکل برتری مشخصی نسبت به برنجها ندارند.

ج- فولادهای زنگ نزن

حفره دار شدن و خوردگی طرف بخار زوال اصلی برای فولادهای زنگ نزن مورد استفاده در کندانسور هستند. با این حال این مواد به طور قابل ملاحظه ای به خوردگی سایشی نسبت به آلیاژهای پایه مس مقاوم تر هستند. زوال فولادهای زنگ نزن با خوردگی سایشی طرف بخار می‌تواند به استفاده گسترده این مواد در قسمت جانبی کندانسورها، جاییکه سرعت های بخار بالاترین مقدار هستند مربوط شود.

فولادهای زنگ نزن مصونیت خوبی در برابر خوردگی SCC و خوردگی چگالیده نشان داده اند. این مواد از طرف آب در آبهای خنک کن حاوی کلرید ترک نخورده اند، اگرچه امکان وقوع SCC در چنین آبهایی، مخصوصا در مناطقی که لوله ها با عملیات حرارتی نظیر جوشکاری حساس شده اند، وجود دارد.

حفره دار شدن در محیط های حاوی کلرید باعث زوال فولادهای زنگ نزن می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که فولادهای ۳۰۴ یا ۳۱۶ مقاومت کمی در برابر حفره دار شدن در محیط کلریدی دارند. اضافه کردن مولیبدن موثرترین نقش را در بهبود مقاومت حفره دار شدن فولادهای زنگ نزن ایفا می‌کند.

مشکلات خوردگی گالوانیکی زمانی است که کندانسور دارای صفحات لوله یا آلیاژ پایه مس و غشاء فولاد زنگ نزن باشند که خوردگی شدید صفحه گاهها اتفاق می‌افتد.

د- تیتانیوم

تیتانیوم اساسا به بیشتر انواع خوردگی به وجود آمده در کندانسورهای نیروگاهها مصونیت دارد. این ماده به خوردگی سایشی هم از طرف آب و هم بخار SCC، خوردگی چگالیده و حفره دار شدن مقاوم می‌باشند. خوردگی گالوانیکی صفحات لوله در کندانسورهای دارای آلیاژ پایه مس و لوله های تیتانیومی دیده شده است. حفاظت کاتدی می‌تواند خوردگی گالوانیکی را کم کند ولی باید در مورد حفاظت کاتدی که ممکن است به هیدریدی شدن منتهی شود دقت کرد که در نتیجه این موضوع افت

مشخصی را در خواص مکانیکی تیتانیوم نشان می‌دهد. هیدرید شدن می‌تواند با دقت در پتانسیل مدخل ورودی یا با استفاده از حفاظت کاتدی با کنترل به طور پتانسیواستاتیکی اجتناب شود.

۱-۳-۱-۳-۲- اعمال پوشش‌های محافظ

پوشش‌های محافظ می‌توانند برای کاهش خوردگی در کندانسورها و افزایش عمر مواد و تجهیزات سیستم خنک‌کننده مورد استفاده قرار بگیرند.

پوشش اغلب برای کنترل خوردگی جعبه‌ی آب و تیوب‌شیت‌ها در کندانسور مورد استفاده قرار می‌گیرد. محل ورودی و خروجی آب خنک‌کننده در کندانسورها به دو جعبه‌ی آب یا بیشتر تقسیم می‌شود که برای جلوگیری از خوردگی یا کاهش آن، سطح داخلی جعبه‌های آب با رنگ‌های مناسب پوشش داده می‌شود. در بعضی موارد پوشش روی تیوب‌شیت‌ها برای حذف خوردگی گالوانیکی بین ورودی لوله‌ها و تیوب‌شیت‌ها اعمال شده است. در بیشتر نیروگاه‌ها تیوب‌شیت‌ها با اپوکسی پوشش داده می‌شوند. البته کنترل دوره‌ای پوشش‌ها برای ترک‌ها، تخریب مکانیکی و جدایش لازم است.

همانطور که گفته شد بیشترین کاربرد پوشش در سیستم آب خنک‌کن نیروگاه، در جعبه‌های آب و روی تیوب‌شیت‌های کندانسور می‌باشد. تیوب‌شیت‌ها از جنس برنج، لوله‌ها از جنس تیتانیوم یا فولاد زنگ‌نزن و جعبه‌های آب از جنس چدن یا فولاد کربنی می‌باشند. اتصال این فلزات غیر متشابه به یکدیگر که پتانسیل‌های گالوانیکی متفاوتی دارند، در حضور الکترولیت (مثل آب دریا) باعث خوردگی شدید گالوانیکی مواد فعالتر می‌گردد.

برای جلوگیری از خوردگی گالوانیکی روی تیوب‌شیت‌ها، پوشش اپوکسی ۱۰۰٪ جامد با استحکام دی‌الکتریک بالا بر داخل و خارج تیوب‌شیت اعمال می‌گردد. به همراه پوشش یک سیستم حفاظت کاتدی از نوع اعمال جریان نسبتاً بالا نیز لازم می‌باشد. این سیستم برای حفاظت تیوب‌شیت از خوردگی متمرکز در ترک‌های پوشش و نیز حفاظت سطوح جعبه‌ی آب طراحی می‌شود.

جعبه‌های آب از جنس چدن یا فولاد کربنی، با روکش‌های لاستیکی، پلاستیکی یا رنگ اپوکسی ۱۰۰٪ جامد پوشش داده می‌شوند. از نقطه نظر هزینه و نیازهای سرویس، مناسبترین پلاستیک‌های تقویت‌شده برای سیستم‌های آب خنک‌کن، GRP (پلاستیک‌های تقویت‌شده با الیاف شیشه‌ای) بر پایه‌ی ریزن پلی‌استر نوع ایزو فتالیک می‌باشد. این نوع پوشش‌ها

برای جعبه‌های آب ورودی و خروجی کندانسور استفاده می‌شود. کاربرد دیگر GRP در نیروگاه شامل آسترهای سخت برای مقاومت در برابر خوردگی در سیستم‌های آب خنک کن می‌باشد.

به طور کلی استفادهاز پوشش در جعبه آب دارای فواید زیر است:

- جلوگیری از افزایش دمای پوسته جعبه‌ی آب
- جلوگیری از ورود حرارت به جعبه‌ی آب
- حفاظت از سطح در برابر خوردگی

۱-۳-۱-۳- حفاظت کاتدی

استفاده از حفاظت کاتدی برای یک کندانسور می‌تواند باعث جلوگیری از خوردگی‌های زیر شود:

- خوردگی گالوانیک و عمومی در جعبه‌ی آب
- خوردگی گالوانیک در تیوب شیت‌ها
- خوردگی شیاری در محل اتصال لوله به تیوب شیت
- خوردگی حفره‌ای در طول لوله‌ها و خوردگی سایشی در ورودی لوله‌ها

با طراحی صحیح سیستم حفاظت کاتدی، سه نوع خوردگی اولی و تا حدودی خوردگی آخری قابل کنترل می‌باشد. عوامل

مختلفی در طراحی حفاظت کاتدی موثر است که عمده‌ترین آن‌ها عبارتند از:

- شرایط آب خنک کن و عملیات تصفیه به لحاظ رسوب گذاری و خوردگی
- جنس لوله‌ها، تیوب شیت و جعبه آب و ابعاد کندانسور
- استفاده از پوشش برای جعبه آب و تیوب شیت و میزان از بین رفتن آن
- نوع سیستم حفاظت کاتدی و نوع آند مصرفی در سیستم آند‌های فدا شونده

تاثیر شرایط آب خنک کن و عملیات تصفیه به لحاظ رسوب گذاری و خوردگی در حفاظت کاتدی کندانسور: با توجه به

شرایط آب هر منطقه و کندانسور مورد استفاده، آب خنک کن مصرفی هر نیروگاه می‌تواند متفاوت باشد، ولی به هر صورت آب

خنک کن باید به گونه‌ای باشد که مشکل رسوب گذاری و خوردگی کمتری به وجود بیاید. بدین ترتیب میزان pH، سختی و

اندیس اشباع، سرعت آب، میزان اکسیژن وابسته به جنس لوله‌ها و تیوب‌شیت به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که آلیاژها و فلزات در معرض خوردگی و رسوب‌گذاری قرار نگیرند.

هرچه میزان خوردگی آب بیشتر باشد، جریان لازم برای حفاظت بیشتر خواهد شد. همچنین افزایش غلظت اکسیژن و سرعت آب باعث افزایش جریان لازم برای حفاظت خواهد شد. pH و املاح موجود در آب مثل کلر و سولفید در مقاومت الکتریکی آب تاثیر می‌گذارد و بازدارنده روی تشکیل فیلم بر روی آلیاژها مؤثر می‌باشد. اگر لایه‌ی ایجاد شده در اثر اعمال بازدارنده بر روی اجزاء کندانسور یکنواخت و چسبنده باشد، میزان جریان جهت حفاظت کمتر خواهد شد.

تاثیر جنس لوله‌ها، تیوب‌شیت و جعبه‌آب و ابعاد کندانسور در حفاظت کاتدی کندانسور: با توجه به جنس لوله‌ها، تیوب‌شیت و جعبه‌آب و ابعاد کندانسور، جریان لازم جهت حفاظت کاتدی کندانسور متفاوت است. معمولاً جعبه‌آب از جنس فولاد ساده‌ی کربنی و لوله و تیوب‌شیت از جنس آلیاژهای مس هستند. هرچه آلیاژهای به کار رفته در کندانسور نجیب‌تر باشند، جریان لازم جهت حفاظت کمتر خواهد بود.

اخیراً لوله‌های تیتانیومی و فولادهای زنگ‌نزن فریتی در کندانسورهایی که از آب دریا جهت کندانس کردن بخار استفاده می‌کنند، کاربرد زیادی پیدا کرده‌اند. تیوب‌شیت این کندانسورها معمولاً آلیاژ پایه مس هستند. استفاده از چنین سیستمی باعث خوردگی گالوانیک شدید روی تیوب‌شیت می‌شود. نتیجتاً تیوب‌شیت‌ها نیاز به حفاظت کاتدی دارند.

تاثیر اعمال پوشش در حفاظت کاتدی کندانسور: جریان لازم جهت حفاظت بستگی زیادی به پوشش اعمالی بر کندانسور دارد. بسته به نوع پوشش، طریقه‌ی اعمال پوشش و . . . ، جریان لازم جهت حفاظت متفاوت خواهد بود. پوشش مناسب باید دارای مقاومت الکتریکی بالا در برابر ولتاژهای حفاظت بوده و هم‌چنین پوشش باید یک پیوند قوی با زمینه داشته و ضد آب باشد. هرچه میزان هدایت پوشش بیشتر باشد، جریان لازم جهت حفاظت هم بیشتر خواهد بود.

مشکل عمده‌ای که ممکن است در سازه‌ی پوشش‌دار تحت حفاظت کاتدی به وجود آید، حرکت آب در داخل پوشش است. آب در جهت جریان حفاظت حرکت می‌کند و اگر پوشش ضد آب نباشد، آب به صورت حباب در فصل مشترک سازه و پوشش جمع شده و باعث کنده شدن پوشش می‌شود. یکی از بهترین انواع پوشش‌ها برای کندانسورها، پوشش‌های اپوکسی است که با اعمال حفاظت کاتدی می‌توان از خوردگی جعبه‌آب و حتی تیوب‌شیت جلوگیری نمود.

الف- روش‌های اعمال حفاظت کاتدی

برای حفاظت کندانسور بسته به ابعاد کندانسور، وجود پوشش، شرایط آب، جنس لوله و جعبه آب و تیوب‌شیت سیستم آند فدا شونده و یا سیستم اعمال جریان کاربرد دارد. سیستم‌های آند فدا شونده به لحاظ طراحی و کاربرد از سیستم‌های اعمال جریان ساده تر می‌باشند. یکی از مهم‌ترین مزیت‌های سیستم آند فدا شونده عدم ایجاد حفاظت بیش از حد می‌باشد و به این لحاظ لوله‌ها در محل اتصال با تیوب‌شیت دچار خوردگی تحت تنش نمی‌شوند. عمده‌ترین مشکل این سیستم در بعضی از موارد، بالا بودن وزن آندهاست.

آند‌های مورد استفاده برای این حالت می‌تواند آهن خالص، منیزیم، روی و در بعضی از موارد آلومینیوم و جدیداً هم آند‌های کامپوزیتی باشد. آند‌های کامپوزیتی دارای یک سطح روئی منیزیمی و هسته‌ی آلومینیومی هستند. منیزیم باعث می‌شود که یک جریان زیادی در ابتدا به وجود بیاید. این جریان زیاد ناشی از انحلال منیزیم باعث می‌شود که یک لایه‌ی چسبنده رسوب بر روی سازه ایجاد شود. بعد از انحلال کامل منیزیم و ایجاد لایه‌ی رسوب، میزان جریان حفاظت افت می‌کند و جریان کمتری برای حفاظت سازه لازم می‌شود. در این حالت آند آلومینیومی وارد عمل شده و جریان نهائی را تامین می‌کند.

آند‌های سیستم اعمال جریان که جهت حفاظت کاتدی کندانسور به کار می‌روند عبارتند از:

- آلیاژهای پلاتینیزه شده مثل تیتانیوم پلاتینیزه شده و نایوبیوم پلاتینیزه شده

- آند‌های آلیاژهای آهن

- آند‌های آلیاژهای سرب

- آند‌های مگنتیتی

به طور کلی در مورد اعمال حفاظت کاتدی می‌توان گفت استفاده از آند‌های فداشونده برای مواردی که جریان لازم برای حفاظت کم باشد (کمتر از ۵۵ آمپر) توصیه می‌شود. اگر مقاومت آب پایین باشد از آند منیزیمی و در غیر این صورت از آند فداشونده‌ی روی استفاده می‌شود. در شرایطی که از سولفات آهن به عنوان یک عامل جلوگیری از خوردگی در سیستم خنک کن استفاده شود، آند آهن با خلوص بالا به کار برده می‌شود. دلیل این امر این است که هنگام استفاده از آهن همراه با تزریق سولفات آهن، یک لایه چسبنده بر روی لوله‌های کندانسور تشکیل می‌شود که از خوردگی لوله‌ها جلوگیری می‌کند. برای

شرایطی که جریان لازم برای حفاظت زیاد باشد (بیش از ۵۵ آمپر) استفاده از آندهای با اعمال جریان معمول است. از بهترین آندهای مورد استفاده در روش اعمال جریان نایوبیوم پلاتینیزه شده می باشد.

۱-۳-۱-۴- استفاده از بازدارنده های خوردگی

کاربرد بازدارنده های خوردگی در آب خنک کننده جهت جلوگیری از خوردگی لوله های کندانسور نتایج متفاوتی داشته است. سولفات آهن II از رایج ترین نوع بازدارنده ها می باشد. این ماده، اکسید محافظ تشکیل شده بر روی لوله های کندانسور از جنس آلیاژ مس را پایدار می نماید.

گزارشات معدودی نشان می دهد که انگلیسی ها با استفاده از پلیمرهایی با مولکول های سنگین و محلول در آب توانسته اند موفقیت هایی را در کاهش خوردگی لوله های $Cu-10Ni$ در نیروگاهی در حوالی دریاچه ی تایمز کسب نمایند. تزریق پلی آکریل آمیدهایی با وزن مولکولی بالا می تواند باعث بهبود و پایداری اکسید تشکیل شده بر روی آلیاژ مس- نیکل شود.

هم چنین برای کنترل خوردگی در مسیر آب تغذیه و محافظت لوله های کندانسور در سمت بخار، کنترل و تنظیم pH آب تغذیه و به حداقل رساندن گازهای مهاجم نظیر اکسیژن و دی اکسید کربن از مهم ترین عوامل کنترل به حساب می آید. در این قسمت مهم ترین بازدارنده هایی که برای این منظور در بویلر های صنعتی با ظرفیت بالا مورد استفاده قرار می گیرند هیدرازین، آمین های خنثی کننده و آمین های نوع فیلمی می باشند. مکانیزم عملکرد بازدارنده ها متفاوت می باشد. هیدرازین جهت حذف اکسیژن محلول در آب به کار گرفته می شود در حالیکه آمین های نوع خنثی کننده غالباً جهت کاهش تاثیرات سوء گازهای CO_2 به کار می رود، ضمن آن که pH سیستم را نیز کنترل می کنند. هم چنین آمین های نوع فیلمی زمانی که بخار کندانس می شود، فیلم نازکی در حد چند مولکول در روی سطح فلز ایجاد می کند، که این فیلم سبب می شود که سطح فلز از محیط خورنده جدا شود. این بازدارنده ها هیچ گونه واکنشی با سطح فلز ایجاد نمی کنند و لذا مکانیزم بازدارندگی آن ها به صورت فیزیکی می باشد نه شیمیایی.

۱-۳-۱-۴- فناوری های کنترل خوردگی در برج های خنک کن [۶ و ۱۸-۱۳]

به منظور کنترل خوردگی در برج های خنک کن، استفاده از فناوری های زیر پیشنهاد می شود.

۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب

۲- اعمال پوشش‌های مقاوم

۳- حفاظت کاتدی

۴- استفاده از بازدارنده‌های خوردگی

۵- مانیتورینگ خوردگی، بازرسی فنی و پایش وضعیت برج خنک کن

۱-۳-۱-۴-۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاوم

برج‌های خنک‌کن معمولاً به سه صورت فلزی، فایبرگلاسی و بتنی ساخته می‌شوند. هم‌چنین بسیاری از برج‌های خنک‌کن شامل ترکیبی از این مواد در بخش‌های گوناگون خود می‌باشند.

اولین برج‌های خنک‌کن در دنیا با سازه چوبی طراحی و اجرا گردیده‌اند و تا قبل از اینکه سازه‌های بتنی یا فایبرگلاس مورد استفاده قرار گیرند تنها گزینه برای اجرای اسکلت پروژه‌های برج‌خنک‌کننده در صنایع مختلف بوده‌اند. با فراهم شدن شرایط و امکان ساخت سازه‌های فلزی (فولاد‌های گالوانیزه و فولادهای زنگ‌نزن)، بتنی و یا فایبرگلاس در طراحی و اجرای برج‌های خنک‌کننده، در سال‌های اخیر، استفاده از سازه‌های چوبی محدودتر گردیده ولی همچنان به علت پیش‌ساخت قطعات تشکیل‌دهنده اسکلت چوبی و مدت زمان کمتر اجرای عملیات نصب و بازسازی، نسبت به گزینه بتنی و همچنین کاهش سرمایه‌گذاری ثابت نسبت به اجرای سایر سازه‌ها، کماکان در پروژه‌های جدید و یا بازسازی پروژه‌های برج‌خنک‌کن نصب شده موجود در صنایع مختلف، سازه برج با اسکلت چوبی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در دهه‌های اخیر استفاده از فایبرگلاس تقویت شده با پلی‌استر (FRP) که در تمام محیط‌ها، به دلیل طبیعت خنثی خود، مقاوم می‌باشد پیشنهاد می‌شود. عملکرد این برج‌ها از نظر زیست‌محیطی توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا (E.P.A) تایید گردیده است.

۱-۳-۱-۴-۲- استفاده از پوشش‌های محافظ

پوشش‌هایی که برای کنترل خوردگی در برج‌های خنک‌کن مورد استفاده قرار می‌گیرند به دو دسته تقسیم می‌شوند: نوع مانع‌شونده و نوع فدا شونده.

رنگ های پوششی نوع مانع شونده با ایجاد یک مانع محافظتی بین سازه و محیط خورنده از ایجاد خوردگی جلوگیری می نمایند. بیشتر این پوشش ها به صورت مایع با استفاده از قلم مو، غلتک و یا اسپری بر روی سطح اعمال می شوند. بعضی از این پوشش ها نیز به صورت پودری با استفاده از روش رسوب الکترواستاتیک و سپس حرارت دهی به منظور تسریع ایجاد پیوند بین پوشش و زمینه، بر روی سطح اعمال می شوند. همه ی این پوشش ها دارای ساختار متخلخل بوده که میزان این تخلخل برای بعضی از پوشش ها کمتر و بعضی بیشتر می باشد. هم چنین میزان تخلخل با افزایش ضخامت پوشش کاهش می یابد. اما به طور کلی این پوشش ها به وضعیت نفوذ ناپذیری نمی رسند و این منجر به ایجاد خوردگی در زمان های طولانی خواهد شد. بنابراین استفاده ی تنها از این پوشش ها در برج های خنک کننده کافی نمی باشد.

پوشش های فدا شونده مانند گالوانیزه نیز در برج های خنک کن مورد استفاده قرار می گیرند. در فرایند گالوانیزه کردن فولاد در حمامی از روی مذاب در دمای حدود ۸۵۰ درجه ی فارنهایت غوطه ور می شود. ضخامت پوشش توسط زمان غوطه وری در حمام کنترل می شود.

۱-۳-۱-۳-۴-۳- استفاده از بازدارنده های خوردگی

همانطور که گفته شد جهت کنترل خوردگی و رسوب دهی در اغلب نیروگاه های کشور تنها از پلی فسفات و اسید استفاده می شود اما آزمایشات انجام شده نشان می دهند که استفاده تنها از این مواد نمی تواند جوابگو باشد و بایستی از مخلوط ترکیبات شیمیایی بهتر نظیر نمک های روی، فسفوناتها و مولیبداتها استفاده شود.

۱-۳-۱-۴-۴- حفاظت کاتدی

سازه ی برج های سهمی نیروگاههای تولید برق دارای ارتفاع ، قطر و وزن بسیار زیادی است و مانند هر سازه دیگری، در معرض عوامل جوی و فرسایش قرار دارد ، اختلاف حرارتی زیاد بالا و پایین برج ، استفاده از آب رودخانه ها با املاح مختلف جهت پرکردن داخل آن و وزش بادهای حاوی یون های گوناگون از عوامل مهم فرسودگی بدنه و همچنین تیر و ستون های تحتانی برج هستند ، آزمایشات نشان می دهد مخربترین یون برای این سازه ها یون کلرید می باشد. برای پیشگیری از وقوع خرابی ها ، حین اجرای سازه جدید یا حین تعمیر برج فرسوده می توان از سیستم حفاظت کاتدی استفاده نمود

حفاظت کاتدی در برج های خنک کننده به هر دو روش آند فدا شونده و اعمال جریان انجام می گیرد. در مواقعی که جریان لازم جهت حفاظت کم باشد از روش آند فدا شونده استفاده می شود که آند می تواند آلومینیوم، منگنز و روی باشد. در مواقعی که جریان لازم برای حفاظت زیاد باشد از سیستم اعمال جریان استفاده می شود که آند می تواند گرافیت، آلیاژهای سیلیکون - آهن ، آلیاژهای سرب- نقره و . . . باشد.

۱-۳-۱-۵- فناوری های کنترل خوردگی فلزات و تجهیزات فلزی انبار شده (محافظت موقت) [۶]

بسیاری از تجهیزات فلزی در زمان حمل و یا نگهداری در معرض خوردگی اتمسفری قرار می گیرند. جهت مقابله با این نوع خوردگی روش های متنوع و گوناگونی با توجه به نوع تجهیزات و زمان نگهداری اعمال می گردد. غالباً این نوع کنترل را محافظت موقت می نامند.

روشهای محافظت موقت را می توان به گروههای اصلی زیر تقسیم نمود:

- اعمال پوشش های موقت سطحی
- استفاده از بازدارنده
- روشهای دیگر

۱-۳-۱-۵-۱- اعمال پوششهای موقت سطحی

به منظور نگهداری موقت تجهیزات از خوردگی اتمسفری که همانا جلوگیری از رسیدن رطوبت و اکسیژن به سطح فلز می باشد، از پوششهای سطحی استفاده می شود. این پوششها انواع مختلفی دارند که روغنهای ساده تا پوششهای ضخیم را شامل می شوند. انتخاب نوع پوشش به جنس فلز (تجهیزات) و مدت زمان حفظ شرایط اتمسفری بستگی دارد. این پوششها غالباً پس از حمل تجهیزات بایستی از روی سطح فلز شسته و حذف شوند. این پوشش ها با توجه به نوع لایه ای که در روی سطح فلز ایجاد می نمایند به پوشش های ضخیم و سخت، پوشش های نرم و پوشش های روغنی تقسیم می شوند. پوشش های سخت غالباً شامل مواد پایه لانتولین می باشند که می توان آن ها را با روش های گوناگون اعمال نمود. این روش ها شامل روش های غوطه وری، استفاده از برس و روش پاشیدنی می باشند. بعضی از حلال ها که بر پایه ی تری کلرو اتیلن می باشند سمی هستند، گاهی اوقات ممانعت کننده هایی نظیر کرومات و یا نفتانات جهت افزایش راندمان به محلول های فوق افزوده می

شوند. این پوشش‌های سخت بیشتر برای تجهیزات مستقل که دارای شکل هندسی ساده می‌باشند به کار گرفته می‌شوند. پوشش‌های نوع نرم غالباً از مواد پترولا تام و لانولین همراه با ممانعت کننده و همراه با مواد اکسیدان و یا مشتقات آن (کلتار نفتا) تشکیل می‌شوند.

پوشش‌های نوع روغنی برای تجهیزات دوار نظیر گیربکس و بعضی از قسمت‌های موتورهای به کار گرفته می‌شوند. به همراه این پوشش‌ها می‌توان از ممانعت کننده‌ها و یا موادی که باعث جابجایی مولکول آب از روی سطح می‌شوند نیز استفاده نمود. گاهی از آنها به عنوان ناقل ممانعت کننده‌های فاز بخار VPI برای فضاهایی از تجهیزات که امکان رسیدن این روغن‌ها به آن نقاط وجود ندارد، می‌توان استفاده نمود. این روغن‌ها غالباً از روغن‌های معدنی با لزجت کم و یا متوسط می‌باشند.

۱-۳-۱-۵-۲- استفاده از بازدارنده‌های خوردگی

نوعی از بازدارنده که برای کنترل خوردگی اتمسفری در تجهیزات انبار شده مورد استفاده قرار می‌گیرد، بازدارنده‌های فاز بخار می‌باشد. بازدارنده‌های فاز بخار به موادی اطلاق می‌شوند که با تبخیر خود به دلیل دارا بودن فشار بخار بالا، در روی سطوح فلزی قرار گرفته و آن‌ها را از خوردگی اتمسفری مصون می‌دارند. این مواد به شکل‌های گوناگون مانند پودری، مایع، کف، کاغذ‌های آغشته به مواد بازدارنده، الیاف بافته شده پلیمری، لایه نازک پلیمری، فیلم پلاستیکی چند لایه از بازدارنده‌های فاز بخار، پلاستیک‌های ضربه گیر بالشتکی حبابدار حاوی بازدارنده‌های فاز بخار و... عرضه می‌شوند که با تبخیر خود می‌توانند در محیط‌های بسته به داخل شیارها و شکاف‌ها نفوذ نموده و به صورت ممانعت کننده عمل نمایند. با استفاده از این مواد می‌توان تجهیزات مورد نظر را در هر درجه حرارت و رطوبتی از خوردگی اتمسفری مصون داشت. سطوحی که باید توسط این بازدارنده‌ها محافظت گردند بایستی به نحوی آب بندی شوند تا از خروج این بازدارنده‌ها به هوای خارج از تجهیزات جلوگیری نمود. راندمان ممانعت کنندگی این مواد برای تجهیزاتی که در داخل بسته بندی‌های چوبی قرار می‌گیرند به دلیل ایجاد اسیدهای آلی، توسط چوب تقلیل می‌یابد و لذا این تاثیرات بایستی مد نظر قرار گیرند. در مورد کاربرد این مواد بایستی دقت شود که از تماس این بازدارنده‌ها با سطوح رنگ آمیزی شده و مواد پلاستیکی به دلیل تشدید خوردگی این مواد جلوگیری به عمل آید.

از مزایای استفاده از بازدارنده های خوردگی فاز بخار این است که برخلاف پوششهای موقت محافظ خوردگی که مانند گریس روی سطوح مالیده می شوند، نیازی به زدودن مجدد ندارند؛ چراکه لایه ای بسیار نازک در حد مولکول، عمل بازدارندگی خوردگی را انجام می دهد. همچنین هیچ گونه گریس زدایی، زنگ زدایی، سند بلاست، اسید شویی و تمیز کردن یا آماده سازی بیشتری قبل از فرآیند نصب و استفاده لازم نیست و اجزاء، قطعات و وسایل تحت حفاظت این بازدارنده ها همواره آماده برای استفاده هستند و خارج کردن تجهیزات و قطعات از حالت ذخیره شده زمان بر نمی باشد. در ضمن، این مواد محافظت از خوردگی وسایل ریز الکترونیکی تا تجهیزات بزرگ را تحت پوشش قرار می دهند.

بیشتر بازدارنده های تجاری که در کشورهای جهان جهت محافظت فولاد و آلیاژهای آن به کار می روند از ترکیبات آمین های آلی محتوی نیتريت سدیم یا یون نیتريت می باشند.

مکانیزم عمل این بازدارنده ها به این صورت می باشد که با حذف رطوبت هوا عمل هیدرولیز آن ها صورت می پذیرد و از آنجا که غالب این بازدارنده ها حاوی نیتريت و یا بنزوات و یا کربنات می باشند در موقع هیدرولیز این ترکیبات که خاصیت ممانعت کنندگی را دارا می باشند، آزاد می گردند. نیتريت و بنزوات در حضور اکسیژن قادرند سطح فولاد را روئین نمایند. مکانیزم عمل کربنات ها با دو بازدارنده ی دیگر متفاوت می باشد. حضور کربنات سبب افزایش pH محیط می گردد.

مکانیزم عمل بازدارنده های ترکیبات آمین که محتوی نیتريت سدیم می باشند بدین صورت می باشد که ترکیبات آمین با هیدرولیز خود تولید آمونیاک بنمایند و از آنجا که نیتريت سدیم یک بازدارنده ی خوب آندی است، قادر است سطح فولاد را روئین نماید. ضمن آنکه آمونیاک ایجاد شده سبب بالا رفتن pH محیط می گردد. ذکر این نکته ضروری است که بعضی از این بازدارنده ها با واکنش هایی که انجام می دهند تولید اسید می نمایند (نظیر اسید نیتريك) و لذا حضور آمونیاک از تقلیل pH محیط جلوگیری به عمل آورده و سطح فلز را در حالت قلیایی نگاه می دارد که این امر به محافظت سطح فولاد کمک می نماید.

ضمناً ذکر این نکته ضروری می باشد که دی سیکلو هگزیل آمونیوم نیتريت که یک بازدارنده ی خوب برای آهن می باشد سبب تشدید خوردگی آلیاژها و فلزات منیزیم، مس و روی می شود.

مقدار بازدارنده های فاز بخار به شرایط محیط بستگی دارد. پیشنهاد شده است که این بازدارنده ها در ۳۰ سانتی متری از سطحی که قرار است مورد محافظت قرار گیرد واقع شوند. در موقع انتخاب بازدارنده‌های فاز بخار چنانچه تجهیزاتی که قرار است مورد محافظت قرار گیرند از فلزات مختلف تشکیل شده باشد بایستی تاثیرات بازدارنده بر فلزات مورد بررسی قرارگیرد. تنها بازدارنده‌ای که خاصیت خوب بازدارندگی را برای تمامی فلزات دارا می باشد، کرومات است که متأسفانه به دلیل سمی بودن کاربرد آن بسیار محدود می‌باشد. بیشتر بازدارنده هایی که می توانند این نقش مهم را ایفاء نمایند ترکیبات نیترو و یا دی نیتروبنزواتها می‌باشند. این بازدارنده ها برای اغلب فلزات دارای محافظت خوبی می‌باشند.

محصولات جدید بازدارنده های فاز بخار عاری از نیتريت ها، فسفات ها، مواد هالوژنه و مواد سمی دیگر هستند که خطری برای سلامتی افرادی که با آن ها سرو کار دارند نداشته باشد و هم چنین محافظ چند فلزی باشند.

تحقیقات جدید در حال گسترش ترکیبات مایع بر پایه آب می باشد که از نظر زیست محیطی قابل قبول بوده و در آینده جایگزین پوششهای آلوده کننده بر پایه روغن / حلال خواهند شد. جدید ترین تحقیقات نیز به دنبال ساخت محصول چند کاره می باشد که دارای مزایای بی نظیری است دو نوع از بازدارنده های جدید سازگار با محیط زیست برای فولاد ساده ی کربنی اولئیک هیدرازید بنزوات و اولئیک هیدرازید سالیسیلات می باشد.

نوعی دیگر از بازدارنده ها وجود دارند که به بازدارنده های تماسی معروف می‌باشند. قسمتهایی از تجهیزاتی که قرار است محافظت شوند در کاغذهای مخصوص پارافینی پیچیده می‌شوند. این کاغذها حاوی بازدارنده های مخصوصی می باشند، این بازدارنده ها شامل نیتريت ها و بنزواتها می‌باشند. برای فلزات مسی می‌توان از بازدارنده‌های بنزوتتری آزول استفاده نمود.

۱-۳-۱-۵-۳- روشهای دیگر

به طور کلی در محیط های بسته به طرق زیر می توان خوردگی اتمسفری را به حداقل رسانید:

- استفاد از مواد جاذب الرطوبه (در محیط های کوچک)
- استفاده از هوای خشک و یا گازهای خنثی نظیر نیتروژن
- استفاده از هیدرازین و یا سولفیت سدیم

استفاد از مواد جاذب الرطوبه (در محیط‌های کوچک): موادی که به عنوان جاذب الرطوبه مورد استفاده قرار می‌گیرند بایستی از نظر اقتصادی ارزان و حمل و نقل آنها نیز آسان باشد. ضمن آنکه اثرات سوء خوردگی فلز را نیز نباید به همراه داشته باشد. از متداول ترین این مواد می‌توان سیلیکا ژل، آلومینای فعال و اکسید کلسیم را نام برد. سیلیکا ژل و آلومینای فعال را می‌توان با حرارت دادن مجدداً فعال نمود. غالباً برای فضاهای بزرگ استفاده از این مواد اقتصادی نمی‌باشد و بهتر است از هوای خشک استفاده شود.

استفاده از هوای خشک و یا گازهای خنثی: به طور کلی زمانی که رطوبت نسبی به میزان ۵۰ درصد کاهش یابد خوردگی اتمسفری فلزات به میزان زیادی کاهش می‌یابد. افزایش درجه حرارت هوا سبب تقلیل رطوبت نسبی می‌گردد که این امر نهایتاً سبب جلوگیری از کندانس شدن بخار آب می‌گردد. لذا گرم نگه داشتن سیستم‌های بسته‌ای مانند بویلر کمک زیادی به کنترل خوردگی می‌نماید.

ضمناً استفاده از گازهای خنثی در مواقعی که بویلرها قرار است به مدت طولانی از مدار خارج باشند بسیار مفید می‌باشد. استفاده از هیدرازین و یا سولفیت سدیم: در این حالت بویلر و یا محفظه‌هایی را که قرار است به مدت طولانی نگهداری نمایند با آب مقطر حاوی ۱۰۰-۳۰۰ mg/lit هیدرازین نگهداری می‌شوند. در این حالت با افزودن آمونیاک، pH در حدود ۱۱-۱۰ حفظ می‌شود.

هدف از افزودن هیدرازین و یا سولفیت سدیم (که با جذب اکسیژن به سولفات سدیم تبدیل می‌شود)، حذف اکسیژن محلول از آب است. ذکر این نکته ضروری می‌باشد که در این حالت گرم نگه داشتن آب دیگ از اهمیت بالایی برخوردار است. زیرا حرارت به عنوان کاتالیزور برای واکنش جذب اکسیژن عمل می‌نماید. در این مورد درجه حرارت حداقل ۷۰ درجه سانتی‌گراد پیشنهاد می‌گردد.

۱-۳-۲- فناوری‌های کنترل خوردگی در نیروگاه گازی [۱۹ و ۲۰]

همانطور که در بخش ۱-۱ توضیح داده شد، تجهیزات اصلی در نیروگاه‌های گازی که خوردگی در آن‌ها اتفاق می‌افتد شامل کمپرسور، محفظه‌ی احتراق و توربین‌های گازی می‌باشد. در این بخش فناوری‌های کنترل خوردگی در این تجهیزات اصلی نیروگاه‌های گازی، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۳-۲-۱- فناوری‌های کنترل خوردگی در کمپرسور

به منظور کنترل خوردگی در کمپرسور استفاده از فناوری‌های زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاوم

۲- استفاده از پوشش‌های محافظ

۳- بازرسی فنی

در ادامه به بررسی این فناوری‌های پرداخته خواهد شد.

۱-۳-۲-۱-۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاوم

برای ساخت پره‌های متحرک و ثابت کمپرسورها از آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی و خصوصاً خوردگی سایشی استفاده می‌شود.

الف- جنس پره‌های متحرک کمپرسور

از مشخصه‌های مهم پره‌های متحرک وزن کم، مقاومت در برابر خستگی و مقاومت در برابر خوردگی سایشی می‌باشد. در توربین‌های گازی اولیه از آلیاژهای آلومینیوم و مواد با پوشش نیکل کادمیم استفاده می‌شد. این پوشش برای جلوگیری از خوردگی مورد استفاده قرار می‌گرفت اما عمر این پره‌ها چندان زیاد نبود و زمانی که هوا مرطوب بوده و گرد و غبار در هوا زیاد بود سبب خوردگی اینگونه پره‌ها می‌گشت. امروزه بیشتر از فولاد زنگ‌نزن با چند درصد کروم استفاده می‌شود. آلیاژهای حاوی کروم در مقابل خوردگی کاملاً مقاوم هستند. هم‌چنین در ساخت بعضی از کمپرسورها از آلیاژهای تیتانیوم استفاده می‌شود.

شود. البته قیمت این آلیاژها بالاست اما در عین حال که سبک می باشند مقاومت خوبی در برابر خستگی و خوردگی سایشی دارند.

ب- جنس پره های ثابت کمپرسور

پره های ثابت در طبقات آخر کمپرسور همان جنس پره های متحرک کمپرسور را دارند، اما پره های جلوتر از جنس ضعیف تر می باشند. پره های ثابت جلویی از آلیاژهای کروم یا تیتانیوم می باشند که درصد آن ها در طبقات مختلف متفاوت است. شایان ذکر است جنس پوسته ی کمپرسور از چدن خاکستری می باشد که ریخته گری شده است. امروزه پیشرفت در جهت استفاده از آلیاژهای تیتانیوم است که در برابر خوردگی و اکسید شدن مقاوم هستند، در عین حال سبک بوده و مقاومت مناسبی در برابر خستگی و خزش دارد.

۱-۳-۲-۱- استفاده از پوشش های محافظ

زبری سطح اثر زیادی بر روی عملکرد کمپرسور دارد. خوردگی و ایجاد رسوب می توانند به طرز نامطلوبی سطح کمپرسور را تحت تاثیر قرار دهند که هردو عامل منجر به کاهش عملکرد کمپرسور خواهد شد. برای کنترل خوردگی پره های کمپرسور، خصوصا خوردگی سایشی ناشی از برخورد ذرات موجود در هوای ورودی از پوشش های محافظ استفاده می شود که می تواند منجر به بهبود راندمان و افزایش عمر کمپرسور گردد. عدم حضور پوشش بر روی پره های کمپرسور منجر به نیاز به جابجایی زودهنگام اجزاء کمپرسور به دلیل خوردگی و از بین رفتن آلیاژ خواهد شد.

در طی ۳۰ سال گذشته پوشش هایی که برای پره های کمپرسور مورد استفاده قرار می گرفته اند شامل پوشش های آلومینایدی بسته ای دما پایین، پوشش های نفوذی نیکل-کادمیم و پوشش های سرامیکی - فلزی بوده است. پوششی که امروزه بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد پوشش های سرامیکی- فلزی می باشد که علت آن توانایی این پوشش در محافظت از خوردگی، قابلیت استفاده در قطعات بزرگ و هزینه ی کاربرد آن می باشد.

پوشش های نیتريد تیتانیوم پوششی مناسب برای پره های کمپرسور می باشد که مقاومت خوبی در برابر سایش دارد. نسل جدید این پوشش ها ترکیبی از نیتريد تیتانیوم و آلیاژهای آلومینیوم برای بهبود خواص مقاومت به خوردگی و مقاومت به سایش است.

هم‌چنین اخیراً به منظور بهبود مقاومت در برابر خوردگی سایشی و جلوگیری از ایجاد رسوب بر روی پره‌های کمپرسور از پوشش‌های چند لایه ی سرامیکی-فلزی-پلیمری استفاده می‌شود. این پوشش‌ها دارای یک زیر لایه ی فلزی بوده که مقاومت در برابر خوردگی را ایجاد می‌نماید. برای مثال آلومینیوم در این زیر لایه به عنوان آند فداشوند در برابر زیر لایه پایه آهنی عمل نموده و از خوردگی آن جلوگیری می‌نماید. لایه ی میانی این پوشش‌ها یک لایه ی غیر آلی می‌باشد. لایه ی بالایی این پوشش یک ماده ی آلی آغشته به PTFE (پلی تترا فلورو اتیلن) است که منجر به کاهش ضریب اصطکاک و ایجاد خواص ضد رسوبی خواهد شد.

۱-۳-۲-۲- فناوری‌های کنترل خوردگی در محفظه ی احتراق

در این بخش به دلیل وجود درجه حرارت بالا و تنش‌های مکانیکی و حرارتی بالا امکان وقوع خوردگی داغ و اکسیداسیون وجود دارد که به منظور کنترل خوردگی در محفظه ی احتراق از فناوری‌های زیر استفاده می‌شود.

۱-۳-۲-۲-۱- استفاده از آلیاژهای مقاوم

انتخاب مواد مناسب برای محفظه ی احتراق یکی از مهم‌ترین قسمت‌های طراحی محفظه می‌باشد. این مواد باید در برابر تنش‌های مکانیکی و حرارتی بالا، اکسیداسیون و خوردگی داغ مقاومت خوبی داشته باشند. برای این منظور از سوپر آلیاژهای پایه نیکل و پایه کبالت استفاده می‌شود. چند مورد از آلیاژهایی که برای ساخت محفظه ی احتراق مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

سوپر آلیاژ اینکونل: اینکونل، سوپر آلیاژ پایه نیکل آستنیتی است که در دماهای بسیار بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. عنصر دوم از نظر درصد ترکیب شیمیایی کروم می‌باشد که منجر به تغییر خواص این ماده می‌شود. این ماده در برابر اکسیداسیون و خوردگی مقاوم است و برای کاربرد های دما بالا مناسب می‌باشد. در درجه‌های حرارت بالا، روی سطح اینکونل لایه ی مقاوم، پایدار و غیر فعال از اکسید تشکیل می‌شود که از خوردگی بیشتر جلوگیری می‌کند. اینکونل در رنج وسیعی از دماها مستحکم باقی می‌ماند.

سوپر آلیاژ Inconel 617 که آلیاژی شامل نیکل، کروم، کبالت و مولیبدن می باشد برای ساخت محفظه‌ی احتراق مورد استفاده قرار می گیرد. هم چنین این آلیاژ دارای آلومینیوم می باشد که در کنار کروم منجر به ایجاد خواص مقاومت در برابر اکسیداسیون در دماهای بالا می شود.

سوپر آلیاژ Hestalloy X: این آلیاژ پایه نیکل بوده و با کروم و مولیبدن تقویت شده است و متداولترین ماده ی مصرفی در محفظه های احتراق می باشد. این آلیاژ تا دماهای ۸۷۰ درجه ی سانتی گراد مقاومت خوبی در برابر اکسیداسیون دارد.

سوپر آلیاژ Haynes 188: سوپر آلیاژ فوق پایه کبالت بوده و دارای نیکل و مولیبدن نیز می باشد. این آلیاژ تا دمای ۱۰۳۵ درجه ی سانتی گراد قابل استفاده است و به علاوه مقاومت آن در برابر خوردگی بالاست. این آلیاژ در شرایط دمایی ۸۶۷-۹۷۵ درجه ی سانتی گراد کاربرد فراوانی دارد.

سوپر آلیاژ Nimonic: که آلیاژهای پایه نیکل با مقدار نیکل بیش از ۵۰٪ و کروم ۲۰٪ به همراه افزودنی‌های تیتانیوم و آلومینیوم می باشد. از بین این آلیاژها Nimonic C263، Nimonic PK33 و Nimonic 86 برای ساخت محفظه‌های احتراق استفاده می شود.

۱-۳-۲-۲-۲-۲ اعمال پوشش های محافظ

پوشش های مورد استفاده بر روی محفظه ی احتراق مشابه پوشش های مورد استفاده بر روی توربین گازی یا به عبارتی پوشش های دما بالا می باشد که در بخش بعدی توضیح داده خواهد شد.

۱-۳-۲-۳-۱ فناوری های کنترل خوردگی در توربین گازی

به منظور کنترل خوردگی در توربین های گازی از فناوری های زیر استفاده می شود.

۱-۳-۲-۳-۱ طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاوم

پیشرفت در تکنولوژی ساخت توربین های گازی و تقاضا برای کارایی بیشتر، نیاز به موادی با قابلیت تحمل تنش ها و دماهای بالاتر در زمان طولانی تر را ایجاد می کند. استفاده از آلیاژهای سبک برای قسمت های دما بالا ممکن نیست، زیرا که خواص خزشی مناسب ندارند و یا بالایی دمای ذوبشان است. سوپر آلیاژها، جزء معدود موادی هستند که توانایی و قابلیت کاربرد در دمای بالا را داشته و برای استفاده در داغ ترین قسمت های توربین گازی گسترش یافته اند. این سوپر آلیاژها بیشتر بر

پایه ی یکی از عناصر نیکل، کبالت یا آهن بوده و به صورت کار شده و یا ریختگی می باشند. مقاومت به سایش، خوردگی داغ و خزش در درجه حرارت بالا (620°C تا 1200°C) از جمله خواص سوپر آلیاژها می باشد. آلیاژهای بکار رفته در توربین گازی معمولاً از جنس سوپرآلیاژهای پایه نیکل (پره های متحرک) و پایه کبالت (پره های ثابت) می باشد. روشهای عمده ی تولید پره ها معمولاً ریخته گری و فورج می باشند. نحوه ی ساخت پره های سوپرآلیاژها در سال ۱۹۴۰ شروع شد و از آن به بعد پیشرفتهای قابل توجه در نحوه ی ساخت و افزایش استحکام صورت گرفت که ذوب در خلاء بصورت القایی (VIM) بصورت تجاری از سال ۱۹۵۰ و بعد از آن آلیاژهای پلی کریستالی از سال ۱۹۷۰ شروع به تولید شد.

از دهه ی ۶۰، آلیاژهای پلی کریستال دارای نظم دانه ای خاصی شده، بطوریکه با انجماد جهت دار پره های توربین در سال ۱۹۸۰، پره های تک کریستالی وارد مرحله ای جدید از تولید شدند.

چند مورد از آلیاژهایی که برای ساخت پره های توربین مورد استفاده قرار می گیرد عبارتند از:

سوپر آلیاژ Inconel: این ماده سوپر آلیاژ پایه نیکلی است که توضیح آن در بخش محفظه ی احتراق داده شده است. چند مورد از آلیاژهای Inconel که برای ساخت پره های توربین استفاده می شوند، Inconel X 750، Inconel 738 و Inconel 700 می باشد.

سوپر آلیاژ Nimonic: این آلیاژ نیز سوپر آلیاژ پایه نیکلی است که در بخش محفظه ی احتراق توضیح داده شده است. چند مورد از آلیاژهای Nimonic که در ساخت پره های توربین مورد استفاده قرار می گیرد Nimonic 105 و Nimonic 115 می باشد.

سوپر آلیاژ Udimet: این سوپر آلیاژ نیز پایه نیکلی بوده و دارای عناصر کروم، کبالت و مولیبدن است. سوپرآلیاژهای Udimet 500، Udimet 520، Udimet 710 و Udimet 720 از آلیاژهایی هستند که به دلیل داشتن خواص مناسب برای ساخت پره های توربین مورد استفاده قرار می گیرند.

طبق تحقیقات انجام گرفته در کشورهای دیگر، مواد دیگری می توانند در قطعات مسیر داغ توربین ها جایگزین سوپرآلیاژها شوند و از این طریق راندمان توربین گازی افزایش خواهد یافت. چند مورد از موادی که براساس تحقیقات می توانند جایگزین سوپرآلیاژها شوند عبارتند از:

سرامیک‌ها: افزایش درجه حرارت ورودی، فراتر از آنچه توسط سوپر آلیاژها ممکن است، با جایگزین کردن مواد سرامیکی می‌تواند متصور شود. مواد سرامیکی قابلیت تحمل دماهای بالا را دارند و از طرف دیگر قابلیت مقاومت در برابر آلودگی‌هایی مانند سدیم و وانادیم که در سوخت‌ها ارزان قیمت موجود است و منجر به خوردگی در سوپرآلیاژهای پایه نیکل می‌شود را دارا می‌باشد. هم‌چنین سرامیک‌ها حدود ۴۰٪ نسبت به آلیاژهای دما بالای مشابه دیگر سبک‌تر می‌باشند. هم‌چنین هزینه‌ی این مواد کم می‌باشد (حدود ۵٪ سوپر آلیاژها). مواد سرامیکی بر پایه‌ی کاربید سیلیکون و نیتريد سیلیکون در سال ۱۹۶۰ به عنوان جایگزینی در توربین‌های گازی مطرح شد و فعالیت‌های فراوانی در این زمینه در سرتاسر جهان انجام گرفت. مشکلی که در رابطه با مواد سرامیکی وجود دارد، شکننده بودن آن‌ها می‌باشد، که با وجود تلاش‌هایی که در جهت رفع این مشکل انجام گرفت، مانند اضافه کردن آلومینیوم به سرامیک، مشکل شکنندگی سرامیک‌ها برطرف نشد و استفاده از این مواد در توربین‌های گازی عملی نشده است.

مواد بین فلزی: در طی ۳۰ سال گذشته تلاش‌های گسترده‌ای به منظور توسعه‌ی مواد بین فلزی برای استفاده در توربین‌های گازی انجام شده است. نیروی محرکه‌ی اولیه برای این منظور، جایگزینی سوپرآلیاژها توسط موادی سبک‌تر و در نتیجه کاهش وزن بوده است. آلومیناید پایه نیکلی و پایه تیتانیومی موادی بودند که بیشترین توجه را به خود جلب نمودند. اما این مواد نیز وارد مرحله‌ی تولید نشدند، زیرا مشکلات فنی و اقتصادی زیادی در این زمینه وجود داشت. این مواد پراکندگی زیادی در خواص مکانیکی از خود نشان دادند که کاهش وزن در مقابل آن قابل صرف نظر کردن بود. این مواد قابلیت تحمل کم در برابر عیوبی مانند تخلخل‌های ریخته‌گری، ناخالصی‌های سرامیکی و ترک‌های ناشی از ماشین‌کاری از خود نشان دادند. از طرف دیگر هزینه‌ی ساخت این مواد در مقایسه با تکنولوژی‌های موجود بسیار بالاتر بود.

کامپوزیت‌ها: کامپوزیت‌های بررسی شده بع منظور استفاده در توربین‌های گازی در سه دسته‌ی زیر جای می‌گیرند:

الف) کامپوزیت‌های زمینه پلیمری: پیشرفت‌های قابل توجهی در ارتباط با توسعه و بکارگیری کامپوزیت‌های زمینه پلیمری در بخش‌های سرد توربین‌های گازی انجام شده است. استفاده از این مواد منجر به صرفه‌جویی قابل توجهی در وزن قطعات شده است.

ب) کامپوزیت های زمینه فلزی بر پایه ی تیتانیوم: کامپوزیت های زمینه فلزی بر پایه ی تیتانیوم تقویت شده با الیاف پیوسته، موضوع بسیاری از فعالیت های تحقیقاتی بوده است که منجر به تغییر در طراحی دیسک های معمولی و کاهش وزنی در حدود ۷۰٪ شده است. یکی از فاکتور های محدود کننده برای استفاده از این کامپوزیت ها، واکنش بین الیاف و زمینه می باشد، که منجر به از بین رفتن خواص می شود. انواع مختلف پوشش برای کم کردن این واکنش مورد استفاده قرار گرفته است. آلومیناید تیتانیوم به عنوان ماده ی زمینه مورد توجه قرار گرفتند، زیرا واکنش کمی با الیاف از خود نشان می دادند.

ج) کامپوزیت های زمینه سرامیکی (CMCs): تولیدکنندگان توربین گازی دائما در حال تلاش برای افزایش دمای ورودی توربین ها به منظور افزایش راندمان و کاهش انتشار گازهای خروجی مضر می باشند. این دو عامل منجر به تلاش در جهت بهبود مواد به کار رفته در ساخت قطعات مسیر داغ در توربین شده است. برای این منظور کامپوزیت های زمینه سرامیکی برای استفاده در قطعات مسیر داغ توربین، برای مثال در محفظه ی احتراق معرفی شده اند. کامپوزیت های زمینه سرامیکی پیشرو در تکنولوژی مواد پیشرفته است که دلیل آن وزن سبک، استحکام و چقرمگی بالا و قابلیت تحمل درجه حرارت های بالا می باشد. **آلیاژهای پایه کروم:** آلیاژهای پایه کروم نیز به عنوان ماده ای که می تواند جایگزین سوپرآلیاژهای پایه نیکل شود، مورد بررسی قرار گرفته است که علت آن نقطه ی ذوب بالا، مقاومت اکسیداسیون خوب، چگالی کم (۲۰٪ کمتر نسبت به اکثر سوپرآلیاژهای پایه نیکل) و رسانایی حرارتی بالا (۲ تا ۴ برابر بیشتر نسبت به اغلب سوپرآلیاژها) می باشد. دو عیب اصلی برای بهره برداری تجاری از این ماده وجود دارد. اول اینکه آلیاژهای پایه کروم دمای انتقال چقرمگی به شکنندگی بالایی دارند و دوم اینکه کروم در اثر قرار گیری در دمای بالا و در اثر نیتروژن دچار تردی می شود. بنابراین از اواخر سال ۱۹۷۰ آلیاژهای کروم کمتر مورد توجه قرار گرفتند، اما در سال های اخیر توجه به این آلیاژها احیا شده است. هدف از مطالعات و تحقیقات اخیر بهبود استحکام در درجه حرارت های بالا، محافظت در برابر تردی ناشی از نیتريداسیون و اکسیداسیون و بهبود انعطاف پذیری در دمای محیط می باشد. برخی از یافته های دلگرم کننده ی اخیر عبارتند از: اضافه کردن مقداری نقره که می تواند انعطاف پذیری در دمای محیط را به نحو چشم گیری بهبود بخشد و نیز استحکام دهی با مواد بین فلزی که می تواند استحکام در دمای بالا را افزایش دهد. در حال حاضر مطالعات و تحقیقات برای کاربرد تجاری از این آلیاژها در توربین های گازی ادامه دارد.

آلیاژهای پایه مولیبدن: آلیاژهای پایه مولیبدن هم اکنون به عنوان قطعات مورد استفاده در دماهای فوق‌العاده بالا تحت اتمسفر محافظ مورد استفاده قرار می‌گیرند که دارای مزایای نقطه ذوب بالا، خواص مکانیکی و استحکام خزشی بالا می‌باشد. آلیاژها شامل Si و B مقاوم در برابر اکسیداسیون می‌باشند. هم‌چنین اضافه کردن کروم نیز منجر به افزایش مقاومت در برابر اکسیداسیون می‌شود. هم‌چنین اضافه کردن عنصر فعال Zr نیز منجر به کاهش میزان اکسیداسیون خواهد شد.

آلیاژهای پایه پلاتین: آلیاژهای پایه پلاتین توانایی استفاده در دماهای بالای ۱۷۰۰ درجه سانتی‌گراد را دارند. با وجود قیمت بالای این آلیاژها، استفاده از آنها در توربین‌های گازی به دلیل مقاومت استثنایی آنها در برابر اکسیداسیون، نقطه ذوب بالا، انعطاف پذیری و مقاومت در برابر شوک‌های حرارتی و نیز هدایت حرارتی آنها مورد توجه قرار گرفته است. تلاش برای توسعه این آلیاژها با ساختارذی مشابه ساختار سوپر آلیاژهای پایه نیکل ادامه دارد. گروه‌های پژوهشی فراوانی در سرتاسر جهان در تحقیق بر روی این آلیاژ مشارکت می‌کنند. با این حال برای استفاده از این آلیاژها اطلاعات بیشتری مورد نیاز می‌باشد.

۱-۳-۲-۳-۲- استفاده از پوشش‌های محافظ

قرار گرفتن در درجه حرارت‌های بالا و بارگذاری سنگین، شرایط سخت کاری در توربین است که بر پره‌های متحرک اعمال می‌گردد. پره‌های متحرک توربین‌های گازی که در تماس مستقیم با گاز داغ ناشی از احتراق هستند، در اثر عوامل مخربی نظیر سوخت‌های سنگین مورد استفاده، شوک‌های حرارتی و شرایط محیطی آسیب می‌بینند. آسیب‌های وارده بصورت کاهش ضخامت و تضعیف فلز پایه بدلیل خوردگی داغ، اکسیداسیون، فرسایش و پوسته شدن و یا افت خواص مکانیکی در اثر نفوذ عوامل مضر بداخل زمینه‌ی آلیاژ بروز می‌کند.

آلیاژ پره باید مقاومت خوبی در برابر محیط (اتم‌سفر سرویس) داشته باشد و در عین حال بصورت همزمان باید استحکام مکانیکی کافی نیز داشته باشد. یکی از خواص مکانیکی بحرانی، مقاومت در برابر گسیختگی تنش‌ی یا خزشی می‌باشد که عبارتست از قابلیت تحمل بار در دماهای بالا بدون ایجاد تغییر فرم زیاد یا شکست. اگرچه با اصلاحاتی که در ترکیب شیمیایی آلیاژها و فرآیندها در طی سال‌های اخیر به عمل آمده است، استحکام خزشی آلیاژها افزایش پیدا کرده است، با اینحال برای رسیدن به خواص مکانیکی خوب بایستی مقدار کروم کاهش داده شود (از تقریباً ۲۰٪ به تقریباً ۸٪). بنابراین تضادی در

نیازهای آلیاژ پره وجود دارد. آلیاژهای قوی عموماً مقدار کروم کمی دارند و لذا مقاومت در برابر خوردگی داغ آنها پایین است و از طرفی آلیاژهایی که حاوی مقدار کروم بیشتری هستند، مقاومت خوبی در برابر خوردگی داغ دارند، اما استحکام آنها پایین است. به منظور حل تضاد ایجاد شده در نیازهای آلیاژ پره لازم بود که نیازهای محیطی و مکانیکی از هم تفکیک شوند. نقش مقاومت در برابر خوردگی را پوشش ایفا کند و استحکام مکانیکی توسط آلیاژ پره تأمین گردد. اگر چه آلیاژ پره باید مقاومت در برابر خوردگی ذاتی کافی داشته باشد تا در صورت سوراخ شدن پوشش سریع از بین نرود، با اینحال وظیفه اصلی حفاظت در برابر خوردگی و تهاجم‌های محیطی بر عهده‌ی پوشش می‌باشد.

به‌منظور کاهش عوامل خوردنده می‌توان از فیلتر کردن سوخت، هوا و ... استفاده نمود ولی حذف کامل این عوامل امکان‌پذیر نیست. بنابراین بهترین روش جهت جلوگیری از خوردگی و اکسیداسیون، استفاده از پوشش‌های محافظ می‌باشد. بطوریکه امروزه تقریباً پوشش‌ها جزء جدایی‌ناپذیر قطعات داغ توربین و خصوصاً پرها شده‌اند. با بکارگیری پوشش‌ها نه تنها می‌توان مقاومت به خوردگی را افزایش داد، بلکه می‌توان با افزایش دمای گازهای ورودی، ظرفیت تولید توربین را نیز بالا برد. بطور کلی پوشش‌های محافظ یک لایه‌ی سطحی ایجاد شده بر روی قطعاتی می‌باشند که خواص متفاوتی نسبت به زمینه دارند. این پوشش‌ها معمولاً از جنس سرامیک، فلز و یا ترکیبی از این دو می‌باشند که می‌توانند از ایجاد واکنش بین زمینه و محیط خوردنده‌ی بیرون جلوگیری نموده و یا آنرا به تأخیر اندازند.

واضح‌ترین ویژگی‌های مورد نیاز یک پوشش عبارتند از:

۱- پوشش در مقایسه با آلیاژی که بر روی آن اعمال شده است باید مقاومت در برابر خوردگی و اکسیداسیون بهتری داشته باشد.

۲- پوشش باید با زمینه سازگار باشد. این موضوع نه تنها سازگاری شیمیایی را در بر می‌گیرد، بلکه شامل اثرات عملیاتی حرارتی نیز می‌شود.

۳- فرایند پوشش‌دهی بایستی تکرارپذیر بوده و در طول پوشش‌دهی بتوان ضخامت و ساختار آنرا کنترل کرد.

۴- تأثیر پوشش بر روی خواص مکانیکی آلیاژ پره و همچنین پاسخ مکانیکی پره (مثلاً ارتعاشات) باید حداقل باشد.

۵- در شرایط بهره‌برداری، بعنوان مثال کارکرد سیکلی، نباید زوال مکانیکی در پوشش ایجاد شود.

۶- راه‌حل مقرون بصره‌ای برای مشکلات خوردگی باشد.

۷- بطور ایده‌آل باید قابلیت زدایش از پره و اعمال مجدد بر روی آن را در مراحل تولید و یا تعمیر داشته باشد.

۸- ضخامت و زبری پوشش نباید خیلی زیاد باشد، زیرا راندمان آیرودینامیکی توربین را کاهش می‌دهد.

عواملی که می‌بایست در موقع انتخاب پوشش محافظ برای دماهای بالا مدنظر قرار گیرد عبارتند از:

- مقاومت بالا در برابر خوردگی داغ و اکسیداسیون

- چسبندگی کافی به زمینه

- انعطاف‌پذیری و داشتن قابلیت شکل‌پذیری

- پایداری حرارتی

- نفوذپذیری کم و پایین بودن نرخ نفوذ بین پوشش و فلز پایه

- نازکی و یکنواختی

- استحکام مکانیکی کافی

- حداقل بودن معایب داخلی، حفره و ترک در پوشش

- مقاومت به نوسانات حرارتی

- سازگاری با زمینه و یکسان بودن ضریب انبساط پوشش و سوپراآلیاژ

- نداشتن اثرات نامطلوب بر روی خواص مکانیکی و شکل پره

علاوه بر اینها باید فرآیند ایجاد پوشش بر روی قطعه عملی بوده و از لحاظ اقتصادی مقرون بصره باشد و عمر آن با عمر

مفید قطعه همخوانی داشته باشد. همچنین فرآیندهای پوشش‌دهی علاوه بر ایجاد پوشش با خواص مطلوب، بایستی قابلیت

بکارگیری در مقیاس صنعتی را نیز داشته باشند.

پوشش‌هایی که بر روی سوپراآلیاژها اعمال می‌شوند نباید بعنوان موانع خنثی عمل نمایند، بلکه می‌بایست با اکسیژن موجود

در محیط وارد واکنش شده و در نتیجه یک پوسته اکسیدی به شدت چسبنده و متراکم ایجاد کنند. بطوریکه این پوسته از نفوذ

عوامل زیانبخشی چون اکسیژن، نیتروژن و گوگرد به زمینه جلوگیری کرده و موجب حفاظت سوپراآلیاژ گردد.

پوشش‌ها باید از عناصری که در تشکیل پوسته‌های محافظ شرکت می‌کنند (مانند Al، Cr و Si) غنی باشند. این ویژگیها باعث ترمیم مداوم پوشش‌های اکسیدی آسیب دیده می‌گردد. بنابراین عمر مفید یک پوشش با توجه به توانایی آن در تشکیل، نگهداری و در صورت لزوم ترمیم پوسته‌ی محافظ ارزیابی می‌شود. همانگونه که قبلاً ذکر شد دلیل اصلی استفاده از پوشش حفظ شدن زمینه در برابر حملات محیط خورنده می‌باشد، اما باید به تأثیرات احتمالی پوشش یا فرآیند اعمالی آن بر روی خواص مکانیکی و حرارتی سوپراآلیاژ توجه شود. مثلاً می‌بایست اثرات نفوذ داخلی بین پوشش و زمینه هنگامیکه قطعه در شرایط کاری در معرض درجه حرارت‌های بالا قرار می‌گیرد مورد توجه باشد. شکل هندسی قطعه می‌تواند تعیین کننده‌ی نوع فرایند پوشش‌دهی باشد، زیرا در بعضی از روشها، برای پوشش دادن محلهایی از قطعه که در خط دید منبع پوشش‌دهی واقع نمی‌شوند نمی‌توان از این روشها استفاده کرد. لازم به ذکر است که قیمت پوشش هم همواره فاکتور مهمی در انتخاب روش می‌باشد.

در یک تقسیم‌بندی کلی پوشش‌های کاربردی در دمای بالا بر روی سوپراآلیاژها به سه دسته‌ی زیر تقسیم می‌شوند:

- پوشش‌های نفوذی
- پوشش‌های روکشی
- پوشش‌های سدحرارتی

در این بخش به بررسی این پوشش‌ها پرداخته خواهد شد.

الف- پوشش‌های نفوذی

پوشش‌های نفوذی در دهه‌ی ۱۹۵۰ ابداع شدند و هنوز به طور گسترده‌ای استفاده می‌گردند. در پوشش‌های نفوذی یک و یا چند عنصر به گونه‌ای به سطح فلز پایه افزوده می‌شود. این عناصر در فلز پایه نفوذ کرده و یک لایه غنی از این عناصر تشکیل می‌شود. این پوسته در برابر نفوذ اکسیژن و گوگرد به عنوان یک مانع عمل کرده و از خوردگی آلیاژ جلوگیری بعمل می‌آورد. عناصری که معمولاً در این مورد استفاده می‌شوند عبارتند از آلومینیوم، کروم و سیلیسیم که به عملیات پوشش‌دهی مربوط به آنها به ترتیب آلومینایزینگ، کرومایزینگ و سیلیکاته کردن یا سلیکونایزینگ گفته می‌شود.

عناصر ذکر شده موجب تشکیل ترکیبات آلومیناید، کروماید و سلیساید در سطح آلیاژ می‌گردند که پس از قرار گرفتن در درجه حرارت‌های بالا در سطح پوشش تشکیل اکسید آلومینیوم، اکسید کروم و اکسید سلیسیوم می‌دهند. در بین پوشش‌های مذکور پوشش‌های کرومایدی و سلیسایدی به دلیل تشکیل اکسیدهای فرار و عدم محافظت در برابر اکسیداسیون و خوردگی محدود به دماهای زیر ۹۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌گردند، ولی از آنجاییکه دماهای کاری توربین‌گازی به ۱۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد پوشش‌های آلومینایدی دارای وسیع‌ترین استفاده در بین این سه نوع پوشش هستند.

– روش‌های اعمال پوشش

پوشش‌های نفوذی معمولاً توسط روش‌های سمناسیون بسته‌ای، ترسیب شیمیایی فاز بخار، دوغاب مذاب و غوطه‌وری گرم اعمال می‌شوند. البته بعضی از این روشها ممکن است در ترکیب با بعضی فرآیندهای دیگر به عنوان مثال آبکاری الکتریکی به کار برده شود.

سمناسیون بسته‌ای: در این روش قطعه‌ی مورد نظر برای پوشش دهی را به همراه منبع فلز پوشش‌دهنده، فعال‌کننده و ترکیب پرکننده‌ی خنثی درون یک جعبه‌ی کاملاً آب‌بندی شده قرار می‌دهند. فعال‌کننده معمولاً از نمک‌های هالید و پرکننده‌ی خنثی عموماً آلومینا می‌باشد، که وظیفه‌ی آلومینا جلوگیری از تفجوشی پودر فلز پوشش است. سپس کلیه‌ی این مواد درون جعبه تا دمای $1100^{\circ}\text{C} - 700$ که دمای مورد نیاز برای پوشش دهی می‌باشد، حرارت داده می‌شوند. روش کار به این صورت است که ترکیبات گازی مثل NaF ، NaCl ، NH_4F ، NH_4Cl و NH_4Br با پودر فلز پوشش واکنش داده و ترکیبی در فاز بخار تشکیل می‌دهند. این ترکیب روی سطح فلز طبق واکنش‌های زیر تجزیه شده، گاز به محیط باز خواهد گشت و فلز به درون قطعه نفوذ خواهد کرد.



با توجه به جنس آلیاژ پایه، ترکیب جعبه، مقدار آلومینیوم و ضخامت لایه‌ی پوشش، دما و زمان عملیات تعیین می‌گردد. به این روش سمناسیون بسته‌ای یا آلومینایزینگ بسته‌ای گفته می‌شود. اما اختلاف‌های زیادی در جزئیات این نوع فرآیندها دیده می‌شود.

از مزایای روش سمناسیون بسته‌ای می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- ساده و قابل تکرار می‌باشد.
 - ۲- برای دامنه‌ی وسیعی از سوپرآلیاژها کاربرد دارد.
 - ۳- ضخامت و سطح مناسبی تولید می‌نماید.
 - ۴- می‌توان سطوحی را که مورد نظر نمی‌باشد، ماسک نمود.
 - ۵- می‌توان شکلها و اندازه‌های مختلف را پوشش داد.
 - ۶- برای مقدار زیاد، صرفه‌ی اقتصادی دارد.
- روش‌های صنعتی مختلفی برای بهبود پوشش‌های آلومینایدی از طریق تغییر ترکیب آنها وجود دارد که عبارتند از:
- ۱- رسوب همزمان عناصر مختلف از بسته.
 - ۲- انجام عملیاتی بر روی سوپرآلیاژ قبل از آلومینایزینگ (به طور مثال کرومایزینگ).
 - ۳- رسوب یک فلز (مانند پلاتین) یا یک آلیاژ به روی سوپرآلیاژ قبل از آلومینایزینگ.

ترسیب شیمیایی فاز بخار: این فرآیند مشابه روش سمناسیون بسته‌ای می‌باشد، با این تفاوت که قطعه‌ی مورد نظر برای پوشش‌دهی، در تماس با مخلوط پودر نمی‌باشد. در این روش یک واکنش شیمیایی بین فاز گازی و سطح حرارت داده شده‌ی فلز پایه برای ایجاد پوشش انجام می‌گیرد. خانواده‌ی وسیعی از پوششها به صورت فلزی یا سرامیکی توسط این روش اعمال می‌گردند. معمولاً واکنشها در محدوده‌ی دمایی $150-2200^{\circ}\text{C}$ انجام می‌شود. به طور کلی دو روش اعمال پوشش با روش CVD می‌توان در نظر گرفت. اول اینکه نفوذی بین فلز پایه و پوشش انجام نگیرد که از این روش برای اعمال پوششهای

روکشی استفاده می‌شود. روش دیگر بر این مبنا می‌باشد که یک ناحیه‌ی نفوذی در دمای بالا تشکیل می‌گردد و به این طریق پیوندی بسیار قوی بین فلز پایه و پوشش برقرار خواهد شد.

پوشش از طریق تجزیه‌ی حرارتی فاز گازی اعمال می‌شود. این فاز گازی ممکن است از هالید کربونیل یا هیدرید فلزات و یا ترکیبات ارگانومتالیک و غیره تشکیل شده باشد. البته ممکن است که فاز گازی به غیر از تجزیه‌ی حرارتی از طریق احیاء با هیدروژن و یا بخار فلزات دیگر نیز تجزیه گردد. خواص مختلف پوشش‌های اعمالی با این روش مثل ترکیب شیمیایی، ضخامت، همواری سطح و ساختار به پارامترهای عملی مثل دما، فشار، سرعت حرکت گاز و میزان رقیق بودن این بخار در یک فاز گازی خنثی و همچنین روشهای گرم کردن فلز پایه (شعله ای، پلاسمایی، قوس الکتریکی یا لیزری) و به طور کلی به خود دستگاه انجام آزمایش بستگی دارد.

مزایای روش CVD عبارتند از:

- ۱- امکان ایجاد انواع مختلف پوشش با کنترل شرایط عملی.
 - ۲- قدرت پرتاب بالا، یعنی با این روش می‌توان سوراخها و قسمتهای دور از دسترس قطعه را پوشش داد. اصطلاحاً این پوشش وابسته به خط دید نمی‌باشد.
 - ۳- کیفیت خوب پوشش، یعنی دانسیته‌ی کنترل شده رسوب و جهت بندی دلخواه رسوب.
 - ۴- نرخ رسوب زیاد.
 - ۵- امکان پوشش دادن شکل‌های پیچیده.
 - ۶- سادگی در ماسک کردن نواحی‌ای که لازم نیست پوشش داده شوند.
 - ۷- عدم حضور آلودگی سطحی ناشی از ذرات درون بسته.
- از معایب روش CVD می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
- ۱- دمای کاری بالا.
 - ۲- فشار گاز پایین.
 - ۳- گرم کردن فلز پایه گاهی اوقات سخت می‌باشد.

۴- مطالعات صحیح روی واکنش دهنده‌ها و نحوه قرار گرفتن آنها احتیاج به پوشش دهی قبلی ترکیبات پیچیده دارد.

۵- قیمت بالای بعضی از واکنش دهنده‌ها.

۶- خواص خوردنگی، سمی بودن و حساسیت به رطوبت اکثر واکنش دهنده‌ها.

فرایند دوغابی: پوشش‌های دوغابی متشکل از مخلوط پودر آلومینیوم یا یکی از آلیاژهای آلومینیوم، یک فعال کننده به همراه چسب می‌باشند که توسط اسپری کردن یا برس کشیدن اعمال می‌شوند. سپس این قطعه تحت عملیات حرارتی نفوذی در محدوده 1000°C تا 1200°C قرار داده می‌شود. اگر مقدار آلومینیوم دوغاب زیاد باشد، یک پوشش از نوع نفوذ به طرف درون به دست می‌آید، در غیر این صورت یک پوشش از نوع نفوذ به طرف خارج حاصل می‌شود.

پوشش حین عملیات حرارتی می‌تواند به دو طریق زیر تشکیل گردد:

۱- ذوب شدن مخلوط پودرها و حل شدن آنها در فلز پایه و تشکیل پوشش چند فازی توسط عملیات نفوذ.

۲- واکنش شیمیایی بین دوغاب و فلز پایه و ایجاد یک منطقه‌ی نفوذی.

غوطه‌وری گرم: این فرآیند مشابه فرآیند دوغابی می‌باشد که با فروبردن قطعه‌ای که قرار است پوشش داده شود، در یک حوضچه‌ی فلز مذاب انجام می‌شود. در نتیجه این عملیات پوشش از طریق واکنش متقابل با زمینه ایجاد می‌شود. نفوذ در حالت جامد در حین فرو بردن یا در حین عملیات حرارتی بعدی صورت می‌گیرد.

- انواع پوشش‌ها

پوشش‌های آلومینایدی: اساس کارکرد این پوشش‌ها غنی ساختن سطح از آلومینیوم می‌باشد تا به این طریق مقاومت در برابر اکسیداسیون و خوردگی داغ فلز پایه بالا رود. اما به دلیل بعضی ضعف‌های پوشش آلومینایدی، روی این پوشش‌ها اصلاحاتی صورت گرفته‌است افزودن عناصر مختلف روشی برای افزایش قابلیت حفاظت پوشش‌های آلومینایدی است و به علت ضعف پوشش‌های آلومیناید بویژه در شرایط خوردگی داغ این پوشش‌ها با استفاده از عناصری مانند سیلیسیم، کروم، پلاتین و عناصر فعال مانند ایتربیم و هافنیم اصلاح شده‌اند که این امر سبب به وجود آمدن خانواده‌های پوششی زیر گردیده‌است:

پوشش‌های آلومینایدی اصلاح شده با سیلیسیوم: آلومیناید و سیلیکاید هرکدام مزایایی دارند که ترکیب مزایای آلومینایزینگ و سیلیکایزینگ در فرایند رسوب همزمان سیلیسیوم و آلومینیوم بر سطح فلزات و آلیاژها بکار می‌رود. سیلیسیم از اصلی‌ترین عناصر افزودنی به پوشش‌های آلومیناید است و بر طبق تحقیقات مشخص شده است که عامی اصلی برتری پوشش‌های حاوی سیلیسیوم نسبت به پوشش‌های آلومیناید ساده وجود لایه‌ی سطحی غنی از سیلیسیوم می‌باشد. افزودن سیلیسیوم به پوشش‌های آلومیناید می‌تواند از طریق فرایند سمنتاسیون یا دوغابی به صورت همزمان و یا جدای از آلومینایزینگ انجام گیرد.

آلیاژ کردن پوشش‌های آلومینایدی با سیلیسیوم بر روی سوپر آلیاژهای پایه نیکلی باعث بهبود خوردگی داغ در دمای بالا و بهبود خواص خستگی حرارتی می‌شود. همانطور که عنوان شد، در پوشش‌های حاوی سیلیسیوم یک لایه سطحی غنی از سیلیسیوم و سیلیساید‌ها وجود دارد که عامل اصلی مقاومت بالای این پوشش‌هاست.

اشکال اصلی افزودن سیلیسیوم به پوشش کاهش انعطاف پذیری و ایجاد حساسیت به ترک در لایه‌ی خارجی پوشش می‌باشد. گرچه این ترک‌ها از نظر اندازه بسیار ناچیزند ولی از آنجا که مسیری برای ورود نمک‌های مذاب سطحی به درون پوشش و واکنش با زمینه‌ی سوپرآلیاژ را فراهم می‌کنند خطر حادی به شمار می‌روند. تلاش‌ها و تحقیقات اخیر بر روی کاهش تردی این لایه تاکید دارد. آزمایشات نشان داده است که نقش سیلیسیوم در بهبود خواص خوردگی داغ پوشش موثرتر از بهبود خواص اکسیداسیون می‌باشد.

پوشش‌های آلومینایدی اصلاح شده با کروم: اضافه کردن کروم به پوشش‌های آلومینایدی با تشکیل لایه‌ی محافظ و چسبندگی اکسید کروم باعث بهبود مقاومت در برابر نفوذ نمک مذاب شده و از سوی دیگر در صورت انحلال کروم به صورت Na_2CrO_4 خاصیتی شبیه به اثر بازدارندگی کرومات در محیط آبی از خود نشان می‌دهد. از نظر ترمودینامیکی تشکیل اکسید کروم تا دماهای بالاتر از ۱۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد امکان‌پذیر می‌باشد. اما در عمل درجه حرارت مذکور تا ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد محدود می‌شود، زیرا در دماهای بالاتر از آن Cr_2O_3 می‌تواند به CrO_3 تبدیل شود که اکسیدی غیر محافظ و فرار است. افزودن کروم به پوشش‌های آلومینایدی می‌تواند از طریق فرایند کرومایزینگ به روش پودری یا گازی، پوشش دهی الکترکی قبل از آلومینایزینگ و یا رسوب همزمان کروم و آلومینیوم انجام شود.

پوشش‌های آلومینایدی اصلاح شده با پلاتین: خواص پوشش های نفوذی آلومیناید با تزریق فلزات نجیبی همچون پلاتین و رودیم بهبود یافته است. ریز ساختار پوشش های پلاتین آلومیناید بسته به مقدار پلاتین موجود در لایه ی رسوبی قبل از آلومینایزینگ برای دستیابی به نفور مناسب پلاتین به زمینه و همچنین پارامترهای مورد استفاده در فرایند مانند اکتیویته‌ی آلومینیوم، زمان و درجه حرارت متفاوت است. به پوشش های پلاتین آلومیناید ممکن است عناصری به مقدار کم نیز اضافه گردد که از آن جمله می توان به افزودن کروم توسط فرایند کرومایزینگ به منظور بهبود مقاومت به خوردگی داغ در دمای پایین اشاره کرد.

این پوشش ها در مقایسه با پوشش های آلومینایدی مرسوم مقاومت به پوشته ای شدن بهتر و از لحاظ مقاومت به خوردگی داغ در دمای بالا عالی (بیش از ۱۰ برابر) و مقاومت به خوردگی داغ در دمای پایین متوسط تا خوب می باشند.

پوشش های آلومینایدی اصلاح شده با پالادیم: افزودن پالادیم به پوشش های آلومینایدی بجای افزودن پلاتین مورد بررسی قرار گرفته است. حسن این پوشش ها در مقایسه به پوشش های پلاتین آلومیناید، صنعتی تر بودن آنها و همچنین انعطاق پذیری بهتر به دلیل عدم حضور فازهای بین فلزی ترد می باشد. آزمایشات خوردگی داغ در دمای ۸۵۰ درجه ی سانتی گراد و اکسیداسیون در دمای ۱۱۰۰ درجه ی سانتی گراد بر روی این پوشش ها رفتاری حداقل مشابه با پوشش های آلومینایدی اصلاح شده با پلاتین نشان داده است.

پوشش های آلومینایدی اصلاح شده با ایتریم: ایتریم و هافنیم نیز به منظور بهبود خواص خوردگی داغ پوشش های آلومینایدی افزوده می گردند. افزودن ایتریم به پوشش آلومیناید به روش پوشش دهی یونی یا دوغابی به همراه آلومینایزینگ به روش پودری بهبود قابل ملاحظه ای در اکسیداسیون و مقاومت به خوردگی داغ این پوشش ها بر روی سوپر آلیاژهای پایه نیکلی داشته است.

اکسیداسیون داخلی سولفیداسیون پوشش های فاقد ایتریم چندین برابر پوشش های حاوی آن است.

پوشش های آلومینایدی اصلاح شده با تیتانیوم و تانتالیوم: از دیگر عناصر افزودنی به پوشش های آلومینایدی تیتانیوم و تانتالیوم است. این دو عنصر تشکیل دهنده های قوی سیلیساید بوده و از این نظر تکمیل کننده ی اثرات اضافه کردن کروم به پوشش می باشند. تیتانیوم و تانتالیوم اثری بر روی قدرت کروم ندارند ولی در عوض این عناصر تمایل به تمرکز بیشتر در ناحیه

ی سطحی غنی از سیلیساید داشته و در پوشش های حاوی این دو ناحیه ی سطحی وسیع تر و غلظت سیلیسیوم در آن کمتر است که باعث کاهش حساسیت به ترک پوشش خواهد شد. این دو تمایل به تشکیل ترکیبات بین فلزی با نیکل دارند. تیتانیوم به تشکیل پوسته ی اکسیدی محافظ آلومینا در سطح پوشش با کمک آزاد کردن آلومینیوم از آلومیناید زیر سطحی کمک می کند.

مشخص شده است که نواحی سطحی حاوی تیتانیوم و تانتالیوم در برابر شروع ترک نسبت به نواحی فاقد این دو بسیار مقاوم ترند و این امر بر افزایش خواص مقاومت پوشش و بهبود عمر کارکرد قطعات اثر دارد.

پوشش های کرومایدی: این پوشش ها سدهای موثری در برابر خوردگی داغ نوع دوم می باشند. مقاومت به خوردگی داغ نوع دوم این پوشش خیلی خوب است. اما مقاومت به خوردگی داغ نوع اول آن خوب و مقاومت به اکسیداسیون آن ضعیف می باشد. علت این موضوع عدم پایداری کافی Cr_2O_3 در دمای بالا می باشد.

پوشش های سیلیسایدی: این پوششها مقاومت به اکسیداسیون و خوردگی خیلی زیادی را حتی در حضور وانادیوم نشان می دهند. اما اشاره شد که این پوششها مشکلاتی دارند که استفاده آنها را در توربینهای گازی کاهش می دهد.

پوشش های سیلیسایدی اصلاح شده: پوشش سیلیسایدی اصلاح شده با تیتانیوم در برابر اکسیداسیون و خوردگی داغ مقاومت بالایی دارد.

ب- پوشش های روکشی^۱

پوشش های نفوذی بیشترین کاربرد را در قطعات داغ توربین های گازی و بخصوص پرها دارند، اما رسیدن به یک پوشش مقاوم به خوردگی و اکسیداسیون با حفظ خواص مکانیکی بگونه ای که عناصر آلیاژی فلز پایه کیفیت پوشش را تحت تأثیر قرار ندهد، انگیزه ی اصلی برای تولید پوشش های روکشی بوده است.

در این روش یک لایه از جنس آلیاژ فلزی، سرامیک یا ترکیبات بین فلزی بر روی سطح رسوب داده می شود. در این پوشش ها برعکس پوشش های نفوذی واکنشی با سطح انجام نمی شود و عمدتاً اتصال مکانیکی تضمین کننده ی چسبندگی

پوشش با فلز پایه می‌باشد. لذا ترکیب آلیاژی فلز پایه عاملی محدودکننده در انتخاب پوشش نخواهد بود. در نتیجه امکان تولید پوشش‌هایی با ضخامت و مقاومت بیشتر به خوردگی و اکسیداسیون فراهم می‌شود.

پوشش‌های روکشی، پوشش‌هایی با ترکیب شیمیایی MCrAlX می‌باشند. در این پوشش‌ها M می‌تواند یکی از عناصر کبالت، نیکل، آهن و یا ترکیب کبالت- نیکل باشد و X می‌تواند به عنوان یک عنصر اصلی و یا فرعی جهت افزایش استحکام و پایداری پوشش، مانند Y، اضافه شود. این پوشش‌ها را می‌توان در یک محدوده وسیع از ترکیب شیمیایی، ساختار کریستالوگرافی و در نتیجه خواص فیزیکی و شیمیایی مورد نظر تولید کرد. با توجه به امکان افزودن عناصر آلیاژی مختلف نظیر Y، Hf، Si، Ta و ... می‌توان پوشش‌هایی با کیفیت‌های متفاوت برای هر نوع شرایط کاری تولید کرد. معمولاً آلیاژ MCrAlY برای بدست آوردن بهترین مقاومت به خوردگی و داکتیلیتی بکار می‌رود و عناصر فعال برای افزایش چسبندگی پوسته‌ی اکسیدی و کاهش سرعت اکسیداسیون به آن اضافه می‌شود. عموماً در صورتیکه مقاومت اکسیداسیون بالایی مورد نیاز باشد از پوشش NiCrAlY و در صورتیکه به مقاومت به خوردگی داغ بالایی نیاز باشد از پوشش‌های CoCrAlY استفاده می‌شود.

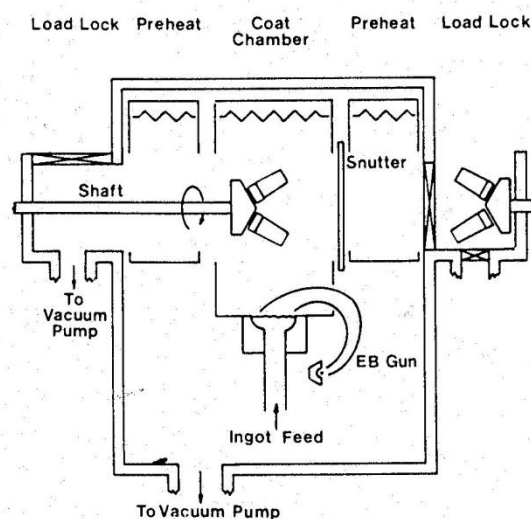
– روش‌های اعمال پوشش

پوشش روکشی پوششی است که در اثر یک فرآیند فیزیکی (Plasma, Flame و یا EB-PVD) بر روی سطح ایجاد می‌شود. پوشش‌های روکشی از این جهت با پوشش‌های نفوذی متفاوتند که برای ایجاد ترکیب با ساختار مناسب نیاز به نفوذ دو جانبه ندارند. بلکه آلیاژ زمینه به تشکیل یک پوسته محافظ و چسبنده اکسیدی احتیاج دارد. این امر توسط روش‌هایی صورت می‌گیرد که نیاز به نفوذ دو جانبه کمی برای اطمینان از چسبیدن پوشش به زمینه دارند. در پوشش‌های روکشی اتصال بین زمینه و روکش از نوع شیمیایی نمی‌باشد. بنابراین امروزه تکنیک‌های مهم اعمال پوشش‌های روکشی، عمدتاً روش‌های تشکیل پیوند فیزیکی نظیر روش‌های ترسیب فیزیکی فاز بخار (PVD) و پاشش پلاسمایی یا پلاسما اسپری می‌باشد.

ترسیب فیزیکی فاز بخار: این روش، اولین روش پوشش‌دهی بوده که در سال ۱۹۶۰ به منظور پوشش‌دهی روکشی مورد استفاده قرار گرفته‌است. PVD نوعی روش رسوب دادن فلزات از فاز بخار تحت خلاء و متراکم کردن ذرات فلزی روی قسمت‌های مورد نظر می‌باشد.

این روش، توانایی پوشش‌دهی فلزات، آلیاژها و سرامیک‌ها را روی اکثر مواد با اشکال متنوع دارد. این روش در فشار پایین (حدود ۱-۱۰ پاسکال) به منظور جلوگیری از اکسیداسیون بخار فلزی انجام می‌گیرد. حداقل ضخامت پوشش‌دهی در این روش ده میکرومتر می‌باشد. نرخ رسوب‌گذاری توسط گرمای ورودی به منظور تبخیر فلز پوشش کنترل می‌شود. گرمای لازم برابر تبخیر فلز، از طریق القایی و مقاومتی تأمین می‌گردد. اما بهترین روش برای ایجاد گرما، استفاده از تفنگ الکترونی می‌باشد. امروزه از روش‌های پیشرفته PVD، ترسیب فیزیکی فاز بخار به کمک پرتو الکترونی، پوشش‌دهی یونی و یون پرانی به منظور پوشش‌دهی استفاده می‌شود.

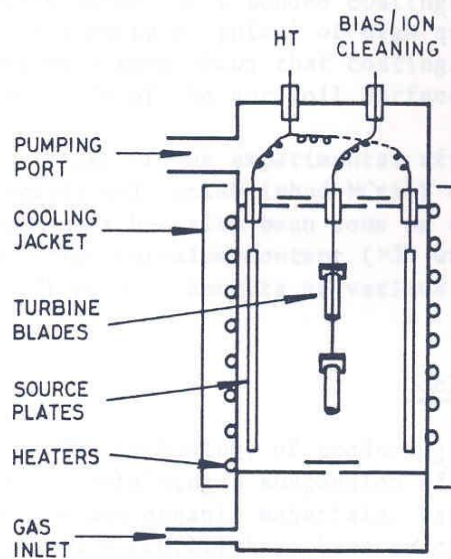
ترسیب فیزیکی فاز بخار به کمک پرتو الکترونی: امروزه به منظور تشکیل فاز بخار از پرتو الکترونی استفاده می‌شود و لذا به این روش EB-PVD اطلاق می‌گردد. در این روش، ابتدا شمش‌هایی که دارای ترکیب شیمیایی مورد نظر می‌باشد تهیه می‌گردد. سپس بوسیله تفنگ الکترونی و با تمرکز پرتوی ایجاد شده توسط سیم پیچ‌های مغناطیسی، تبخیر شدن صورت می‌پذیرد. نمایی از این روش در شکل ۳۰ نشان داده شده است.



شکل ۳۰- تصویر شماتیکی از دستگاه EB-PVD.

پوشش‌دهی یونی: این روش یکی از انواع روشهای PVD می‌باشد که به منظور افزایش چسبندگی و چگالی، سطح پوشش با یونهای گاز ورودی از منبع کمکی، بمباران می‌شود.

یون پرانی آبکاری یونی (SIP): این روش یکی از روشهای PVD است که در آن زمینه توسط یون‌هایی تحت شرایط خلاء بمباران می‌شود. تجهیزات مورد استفاده در این کار به منظور پوشش‌دهی روکشی در شکل ۳۱ آورده شده است. پره‌های توربین به طور معلق در اتاقکی از جنس فولاد ضد زنگ که قبلاً پیش گرم شده‌اند قرار می‌گیرند و توسط صفحاتی از جنس مواد پوشش دهنده، احاطه می‌شوند. اتصالات الکتریکی مناسب بین پره‌های توربین و صفحات منبع ایجاد می‌شود و با تبخیر مواد پوشش از روی این صفحات پوشش‌دهی پره‌ها صورت می‌پذیرد.



شکل ۳۱- دستگاه SIP.

در این روش جریانی از گاز آرگون خالص شده و یا دیگر گازها در داخل اتاقک پیش‌بینی شده است. دما در محفظه پوشش‌دهی به همراه محتویات آن تا حدود 573 K افزایش می‌یابد و پره‌ها با قرارگرفتن در اختلاف پتانسیل منفی بزرگی توسط یونها بمباران شده و بدین طریق تمیز می‌گردند. در طول عملیات پوشش‌دهی، مقدار بالایی از ولتاژ منفی به صفحات منبع پوشش اعمال می‌گردد که منجر به تخلیه در اتاقک شده و باعث می‌گردد که یونهای آرگون، صفحات را بمباران کنند. اتم‌ها و یون‌های مواد منبع، از صفحات پراکنده شده و به‌طور اتفاقی در طول محفظه حرکت می‌کنند و روی پره‌های توربین رسوب داده می‌شوند و ایجاد پوشش می‌کنند.

یون پرانی^۱: در این روش برای بدست آوردن لایه نازکی از پوشش بر روی آلیاژ زمینه، سطح آلیاژ مورد نظر توسط یونهای مثبت حاصل از تخلیه الکتریکی در لامپ الکترونی کاتدی بمباران می‌شود.

پاشش پلاسمایی^۲: این روش از سالیان پیش به‌منظور پوشش‌دهی مورد استفاده قرار گرفته است پاشش پلاسمای یک نوع فرآیند پاشش حرارتی می‌باشد. این فرآیند شامل مرحله تزریق مواد پوشش به‌صورت پودر آلیاژ به داخل بخار گاز پلاسمای در دمای بالا می‌باشد. در این روش ذرات پودر تا نزدیک یا بالای نقطه ذوب حرارت داده می‌شود و به سمت زمینه شتاب داده می‌شوند.

قابل ذکر است که پلاسمای گاز به شدت یونیزه شده‌ای می‌باشد که معمولاً در فشار کم دارای یون‌های مثبت و منفی برابر است که از تخلیه قوس الکتریکی با فرکانس بالا ناشی از جریان مستقیم توسط گازهای ورودی و ذرات پودری تولید می‌شود. ذرات فلزی مذاب که روی سطح قرار می‌گیرند به‌صورت موازی با سطح رشد می‌کنند. فاکتورهایی نظیر میزان پیش‌گرم شدن، ویژگی‌های تفنگ پلاسمای، فاصله تفنگ تا قطعه و... همگی در ساختار و ویژگی‌های رسوب تأثیرگذار خواهند بود.

این روش در بخش پوشش‌دهی مورد استفاده در بویلر شرح داده شده است.

1-Ion Sputtering

1-Plasma Spray

ج- پوشش‌های سد حرارتی^۱

پوشش‌های سد حرارتی شاید مهمترین دستاورد حاصل از تحقیقات سالهای اخیر باشند. پوشش سدحرارتی یا TBC یک سیستم پوشش چندلایه‌ای شامل یک لایه‌ی خارجی سرامیکی عایقی (Coat Top) و یک لایه‌ی درونی فلزی به نام لایه‌ی اتصال (Bond Coat) که بین زمینه و سرامیک واقع شده، می‌باشد. در بیشتر موارد، پوشش خارجی و پوشش اتصال به روش پلاسما اسپری اعمال می‌شود. گرچه اسپاترینگ و EB-PVD نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولاً ضخامت پوشش خارجی سرامیکی بین ۳۸۱-۱۲۷ میکرومتر و ضخامت لایه فلزی اتصال‌دهنده (Metallic Bond Coating) بین ۱۲۷-۷۶ میکرومتر می‌باشد. وظیفه‌ی لایه‌ی سرامیک، عایق کردن زمینه‌ی فلزی در برابر دماهای بالاتر از حد تحمل می‌باشد. با توجه به پایین بودن هدایت حرارتی در سرامیک، با انتخاب مناسب ضخامت پوشش و شار حرارتی متناسب توسط طراحی، می‌توان اختلاف درجه حرارتی در حدود چند صد درجه، در عرض پوشش ایجاد نمود. اکسید زیرکونیم بدلیل هدایت حرارتی خیلی کم و بالاتر بودن ضریب انبساط حرارتی آن نسبت به سرامیک‌های دیگر ماده‌ای ویژه است، وقتی اکسید زیرکونیم تا حدود ۱۱۷۰ °C حرارت داده شود ساختارش از مونوکلینیک به تتراگونال تغییر می‌یابد که این استحاله با تغییر حجمی در حدود ۶-۴ درصد همراه است و می‌تواند موجب پوسته‌ای شدن شدید لایه سرامیک گردد. با افزودن CaO ، MgO ، Y_2O_3 و یا افزودن اکسیدهای عناصر خاکی دیگر به ZrO_2 می‌توان فاز تتراگونال را تا دمای اتاق پایدار کرد. این کار در عمل با افزودن Y_2O_3 به مقدار ۸-۶ درصد وزنی به ZrO_2 صورت می‌گیرد.

لایه‌ی خارجی اکسید زیرکونیم با وجودی که یک سد حرارتی عالی ایجاد می‌کند اما اکسیژن را از خود عبور می‌دهد. بنابراین کار اصلی لایه نفوذی اتصال‌دهنده ایجاد مقاومت محیطی برای زمینه است. با این وجود تشکیل شدن اکسید در فصل مشترک فلز - سرامیک می‌تواند باعث متورق شدن لایه سرامیک گردد. زبر بودن لایه اتصال‌دهنده‌ای که توسط روش پلاسما اسپری ایجاد شده باعث می‌گردد که خلل و فرج بطور مکانیکی با هم درگیر شده و لایه سرامیکی بخوبی به سطح بچسبد. در گذشته پلاسما اسپری از ترکیبات $MCrAlY$ بعنوان زیرلایه برای اغلب پوشش‌های TBC در هوا استفاده می‌شد. اما امروزه بیشتر از پلاسما اسپری در فشار پایین استفاده می‌گردد.

پوشش های TBC می‌توانند به طور قابل ملاحظه‌ای راندمان و قابلیت اطمینان قطعات داغ توربین‌های گازی را افزایش دهند، زیرا زیرکونیا رسانایی حرارتی کمتری نسبت به سرامیک‌های دیگر دارد. اگر این پوشش بر روی زیر لایه اعمال شود، دمای گاز در داخل محفظه ی احتراق توربین های گازی می‌تواند افزایش یابد، در حالی که دمای زیرلایه (سوپر آلیاژ) تغییری نخواهد کرد.

اولین پوشش TBC در سال ۱۹۶۰ بر روی اجزای موتور هواپیما اعمال شد. این پوشش دارای چندین مشکل بود. به عنوان مثال ناپایداری ZrO_2 و پیوند ضعیف بین زیرلایه و پوشش سد حرارتی. این مشکلات در طی سال های ۱۹۷۰-۱۹۸۰ به طرق زیر حل شد:

۱- استفاده از YSZ (زیرکونیای پایدار شده با اکسید یتتریم) به عنوان لایه ی سد حرارتی به دلیل رسانایی حرارتی کم آن.

۲- استفاده از پوشش پیوند فلزی MCrAlY که به منظور بهبود چسبندگی بین لایه سرامیکی رویی و زیرلایه به کار گرفته شد. لایه ی MCrAlY یک ماده ی مقاوم به اکسیداسیون می باشد.

علاوه بر این MCrAlY نقش مهمی در ایجاد یک سطح چسبنده برای اعمال پوشش سد حرارتی و ایجاد حفاظت در برابر اکسیداسیون برای زیر لایه (سوپرآلیاژ) دارد.

با وجود آن که تعداد و اهمیت کاربرد پوشش های TBC به طور گسترده ای در دهه های اخیر افزایش یافته است، اما هنوز انهدام زود هنگام ناشی از پوسته شدن سیستم های دولایه ی TBC حین کارکرد که می تواند فلز بدون پوشش را بهطور خطرناکی در معرض گازهای داغ قرار دهد، از اهمیت خاصی برخوردار است. عدم تطابق انبساط حرارتی دولایه ی فلزی و سرامیکی در فصل مشترک آن ها و رشد لایه ی اکسیدی تولید شده در اثر اکسیداسیون پوشش میانی منجر به ایجاد ترک، لایه لایه شدن و پوسته شدن طی سیکل های حرارتی می گردد و در نتیجه مطالعات در مورد سیستم های TBC بر روی چقرمگی شکست و استحکام چسبندگی آن ها متمرکز شده است تا عمر کاری و قابلیت اطمینان پذیری پوشش های سد حرارتی در دماهای بالا افزایش یابد. به همین منظور تحقیقات دیگری توسط محققان دیگر در سال های ۲۰۰۷-۱۹۸۰ انجام شد که شامل موارد زیر می باشد:

۱- یک روش برای حل مشکل پوشش های TBC استفاده از مواد مرکب لایه ای (FGM) می باشد. این نوع پوشش از پاشش لایه های مخلوط با تغییر تدریجی ترکیب فلز و سرامیک حاصل می شود، بدین ترتیب که پوشش در جهت ضخامت از ۱۰۰ درصد فلز که مستقیماً بر روی زمینه اعمال می شود تا ۱۰۰ درصد سرامیک برای پوشش نهایی تغییر می کند. برای تهیه ی این نوع پوشش، فرایند پاشش پلاسما به دلیل سهولت تامین پودرهای متفاوت به طور گسترده ای مورد استفاده قرار گرفته است.

۲- پایدار کننده ی CeO_2 که می تواند با اضافه شدن به لایه ی سد حرارتی سرامیکی منجر به بهبود مقاومت به شوک حرارتی گردد.

۳- ذوب مجدد لایه ی سرامیکی با استفاده از لیزر که منجر به کاهش نفوذ اکسیژن به داخل پوشش TBC می شود. علاوه بر این موارد محققان دیگر، جنبه های دیگری از پوشش TBC را در طی سال های ۲۰۱۱-۲۰۰۲ به منظور دستیابی به موارد زیر مورد بررسی قرار داده اند:

۱- جایگزینی زیرکونیا (ZrO_2) با موادسرامیکی دیگر به منظور دستیابی به کمترین رسانایی حرارتی و بالاترین میزان پایداری.

۲- کاهش نفوذ اکسیژن و نمک های مذاب به داخل لایه ی سرامیکی YSZ با استفاده از لایه ی Al_2O_3 معمولی به عنوان لایه ی سوم بر روی پوشش YSZ.

۳- استفاده از لایه ی Al_2O_3 با ساختار نانو به عنوان لایه ی سوم بر روی پوشش YSZ به عنوان لایه ی سد نفوذی.

۴- کاهش رشد لایه ی TGO و اکسیداسیون داخلی لایه ی NiCrAlY با استفاده از لایه ی نانو کریستالی NiCrAlY در سیستم TBC.

مطالعات و انجام آزمایشات گوناگون به منظور بهبود خواص این پوشش ها ادامه دارد [۳۶ و ۳۷].

۱-۳-۳- فناوری های کنترل خوردگی در نیروگاه آبی [۲۱-۲۳]

به منظور کنترل خوردگی در نیروگاه آبی استفاده از فناوری های زیر پیشنهاد می شود:

۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاوم

۲- اعمال پوشش‌های محافظ

۳- مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی و پایش وضعیت

۱-۳-۳-۱- طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاوم

به منظور کنترل خوردگی در اجزای توربین‌های آبی بایستی از مواد مقاوم در برابر فرسایش و کاویتاسیون استفاده نمود. مشخص شده است که مواد با سختی بیشتر به میزان کمتری مستعد به کاویتاسیون می‌باشند. از طرف دیگر مقاومت به کاویتاسیون وابسته به انعطاف پذیری و چقرمگی ماده نیز دارد. بنابراین ترکیبی از سختی بالا و انعطاف پذیری و چقرمگی برای مقاومت به کاویتاسیون لازم می‌باشد. گروهی از پژوهشگران عنوان کرده‌اند که استفاده از کامپوزیت‌ها به منظور دستیابی به این هدف با انتخاب مناسب ماتریس و عامل تقویت کننده مناسب می‌باشد. از طرف دیگر گروهی دیگر از پژوهشگران پیشنهاد داده‌اند که بهترین ماده برای مقاومت در برابر کاویتاسیون فولاد‌های زنگ نزن با ترکیب شیمیایی $4\% \text{Ni} - 13\% \text{Cr}$ یا $5\% \text{Ni} - 16\% \text{Cr}$ می‌باشد. از طرف دیگر به منظور مقاومت در برابر فرسایش فولاد با همین ترکیبات شیمیایی پیشنهاد شده است.

۱-۳-۳-۲- استفاده از پوشش‌های محافظ

به منظور افزایش مقاومت در برابر خوردگی فرسایشی و کاویتاسیون در اجزای توربین‌های آبی از پوشش‌های محافظ استفاده می‌شود. روش‌های پوشش دهی متفاوتی برای اعمال این پوشش‌ها وجود دارد. روش‌های HVOF، پاشش قوسی، جوشکاری و پوشش دهی پلیمری سرد روش‌های مرجح برای اعمال پوشش‌های مقاوم در برابر خوردگی فرسایشی و کاویتاسیون می‌باشند.

پوشش‌هایی مانند پوشش‌های آلی و پوشش‌های سرامیکی و نیز آلیاژهای hardfacing از انواع پوشش‌های به کار رفته بر روی اجزای توربین می‌باشد. مشخص شده است که پوشش کاربید تنگستن بر پایه‌ی کامپوزیت‌هایی چون $86\text{WC}-10\text{Co}$ برای مقاومت در برابر خوردگی فرسایشی مناسب می‌باشد.

۱-۳-۴ - فناوری‌های کنترل خوردگی در تجهیزات انتقال و توزیع برق [۲۴-۲۸]

به منظور کنترل خوردگی (خصوصاً خوردگی اتمسفری) در تجهیزات مختلف خطوط انتقال و توزیع برق می‌توان از فناوری‌های زیر استفاده نمود.

۱-۳-۴-۱ - طراحی، ساخت و انتخاب مواد مناسب

در بخش‌های قبلی درباره‌ی مواد مورد استفاده در ساخت هر یک از تجهیزات خطوط انتقال و توزیع برق توضیح داده شد. در این بخش به طور کلی، مواد مورد استفاده برای تجهیزات فلزی و غیرفلزی بیان خواهد شد.

الف) مواد مناسب برای تجهیزات فلزی

هر فلز یا آلیاژی لایه‌ی محصولات خوردگی مخصوص به خود را تشکیل می‌دهد که برخی از آنها دارای خواص حفاظتی بیشتری نسبت به بقیه می‌باشند و بعنوان پوشش محافظ عمل می‌کنند. این پوشش‌های محافظ تمایل دارند که سرعت خوردگی را با زمان کاهش دهند. در نهایت سرعت خوردگی به حالت پایا می‌رسد و با زمان در معرض قراردهی بسیار کم تغییر می‌کند. این ویژگی تمامی فلزات و آلیاژها می‌باشد. فولاد کربنی (نورد گرم و نورد سرد) پرکاربردترین فلز در فضای باز است. فولاد گالوانیزه، فولاد زنگ نزن، آلومینیوم، برنج و مس نیز کاربرد وسیعی دارند. در ادامه فلزاتی که معمولاً در فضای باز استفاده می‌شوند مورد بحث قرار می‌گیرند.

فولاد کربنی: به دلیل قابلیت جوشکاری و شکل پذیری خوب، فولاد کربنی گرم کار به طور گسترده در سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. فولاد سرد کار دارای چقرمگی بسیار خوب در دمای پایین، مقاومت به تردی هیدروژنی، مقاومت به شکست، شکل پذیری و قابلیت جوشکاری بالاست.

در اتمسفر آلوده، کلریدها و SO_2 آلاینده‌هایی هستند که خوردگی اتمسفری را تحت تأثیر قرار می‌دهند. کلرید که منبع آن نمک‌های موجود در هواست، به دلیل فعالیت و واکنش زیاد با فلز اثر قابل توجهی بر خوردگی اتمسفری دارد. غلظت SO_2 در اتمسفر نیز نقش مهمی در خوردگی اتمسفری فولاد ایفا می‌کند. SO_2 جذب شده، رطوبت موجود در سطح فلز را اسیدی می‌کند و باعث تولید $FeSO_4$ می‌شود. $FeSO_4$ هیدرولیز شده و تشکیل هیدروکسیدهای اکسی فریک و احتمالاً H_2SO_4 می‌دهد که باعث خوردگی بیشتر سطح فولاد می‌گردد. همچنین پیشنهاد شده است که به هنگام تشکیل $FeSO_4$ و زنگ، شرایط

مطلوب برای یک سیکل الکتروشیمیایی مهیا می‌شود که اثر آن سریع تر از سیکل تولید مجدد اسید است. گزارش شده است بین ترکیبات کلرید و سولفور رقابت وجود دارد.

سایر آلاینده‌ها از جمله NO_x و O_3 نیز روی خوردگی فولاد کربنی می‌توانند تاثیر داشته باشند. اسیدهای آلی مانند اسید استیک و اسید فرمیک نقش مهمی در خوردگی فولاد کربنی دارند. منشا این اسیدها عمدتاً چوب، پلاستیک و رنگ است که در مجاورت آنها فولاد کربنی دچار خسارت می‌شود. همچنین وجود اسید استیک و اسید فرمیک در آب باران گزارش شده است که سبب افزایش اسیدیته می‌شود. در اتمسفری که حاوی ۰/۵ تا ۱۰ درصد اسید استیک باشد در رطوبت نسبی ۱۰۰٪ خوردگی فولاد کربنی مشاهده می‌شود.

ذرات معلق موجود در اتمسفر نیز نقش مهمی در کاهش مقاومت مواد نسبت به خوردگی اتمسفری دارند. آنیون‌های مهاجم مانند Cl^- و SO_4^- به عنوان عوامل ایجاد خوردگی موضعی نیز شناخته شده اند. نمک دریا یکی دیگر از ذرات مضر موجود در هوا به خصوص برای فولاد کربنی ساده است. بادی که از سمت دریا می‌وزد در حالت معمول به طور متوسط حامل ۱۰ تا ۱۰۰ پوند (۴ تا ۴/۵ کیلوگرم) نمک در مایل مکعب (۴/۱۷ کیلومتر مکعب) هواست. ایوانز^۱ بیان داشته است که در صورتی که نمک دریا حاوی کلرید منیزیم باشد، خوردگی نسبت به زمانی که تنها کلرید سدیم در نمک باشد، در رطوبت‌های پایین تری اتفاق می‌افتد. اریکسون^۲ نشان داده است که وجود کلرید سدیم روی سطح فولاد کربنی باعث خوردگی در رطوبت‌هایی می‌شود که برای شروع خوردگی در محیط‌های حاوی SO_2 بسیار پایین است. او گزارش داد که اثر مشترک کلرید سدیم و SO_2 در رطوبت نسبی ۹۰٪ سرعت خوردگی را در حدود ۱۴ برابر نسبت به زمانی که فقط کلرید سدیم حضور داشته باشد افزایش می‌دهد.

از میان فاکتورهایی که نوع و میزان محصولات خوردگی اتمسفری را تحت تاثیر قرار می‌دهند نقش اصلی را واکنش پذیری فولاد کربنی به عهده دارد. این ویژگی به خواص مختلفی از جمله ترکیب شیمیایی، روش تولید و عملیات پایانی، طرح و نوع سازه و اتصالات بستگی دارد.

1-Evans

2- Ericsson

معمول ترین ویژگی خوردگی اتمسفری موضعی بودن جوانه زنی است، مکان های جوانه زنی ترجیحی به ساختار فلز بستگی دارد و با فازهای مختلف و یا آلاینده های محیطی موجود روی سطح فلز در ارتباط است. در مورد فولاد کربنی، جوانه زنی با ایجاد برآمدگی کوچکی از محصولات خوردگی در نقاط منفرد روی سطح فلز آغاز می شود و با تشکیل مقادیر بیشتر محصولات خوردگی که پس از مدت نسبتاً کوتاهی سطح را می پوشانند ادامه می یابد.

سرعت خوردگی پس از یک سال قرار گرفتن در معرض اتمسفر اطلاعات مهمی در مورد واکنش بین سطح فلز و پارامترهای محیطی فراهم می کند. کاهش وزن فلزات پس از زمان های طولانی تر قرارگیری، اطلاعاتی در مورد ویژگی حفاظتی لایه ی محصولات خوردگی فولاد کربنی به دست می دهد. در صورتی که این لایه به حد کافی رشد کند اثر متغیرهای آب و هوایی و آلاینده ها را ضعیف می کند. این ممانعت به ضخامت، یکنواختی، میزان تخلخل، انحلال پذیری، چسبندگی و سایر خواص بستگی دارد و سرعت و مکانیزم خوردگی فولاد را به شدت تحت تاثیر قرار می دهد.

فولادهای جوی: فولادهای جوی فولادهایی می باشند که به آنها مقادیر کمی مس، کروم، نیکل، فسفر یا ترکیبات مختلفی از آنها افزوده می شود. این امر منجر به فولاد کربنی کم آلیاژی می شود که مقاومت به خوردگی بالاتری را در اتمسفرهای روستایی که دارای میزان کم آلاینده ها است نشان می دهند. عواملی که مقاومت به خوردگی این آلیاژها را تحت تاثیر قرار می دهد عبارتند از:

- شرایط آب و هوایی
- میزان آلاینده ها
- میزان سرپوشیدگی از اتمسفر
- ترکیب مخصوص فولاد

در معرض قراردادی در بیشتر اتمسفرها منجر به سرعت خوردگی می شود که در عرض ۳ تا ۵ سال پایدار می شود. در طول این مدت، لایه های حفاظتی زنگار، با رنگ قهوه ای تیره تا بنفش تشکیل می شوند. این زنگار دارای چسبندگی بالایی به سطح فولاد می باشد. از آنجا که تشکیل این فیلم وابسته به آلاینده ها در هوا می باشد، در نواحی روستایی که میزان آلاینده ها ناچیز

است، زمان طولانی‌تری برای تشکیل این فیلم مورد نیاز می‌باشد. در نواحی که دارای میزان زیادی از SO_2 است ذرات زنگ سستی تشکیل می‌شوند که دارای سرعت خوردگی بیشتری می‌باشند. این فیلم‌ها تأثیر کمی بر روی سرعت خوردگی دارند. زمانیکه کلریدها حضور دارند، به عنوان مثال در محیط‌های دریایی، فیلم‌های محافظ تشکیل نمی‌شوند. تحت این شرایط، سرعت خوردگی فولادهای جوی مشابه فولادهای معمولی می‌باشد.

زنگی که بر روی فولادهای جوی تشکیل می‌شود بسیار متراکم‌تر از زنگی می‌باشد که بر روی سطح فولادهای معمولی تشکیل می‌شود. در نتیجه زنگ تشکیل شده بر روی فولادهای جوی به میزان بیشتری سطح فلز را از محیط خورنده جدا می‌کند و در نتیجه سرعت خوردگی را نیز به میزان بیشتری کاهش می‌دهد.

هر یک از عناصر آلیاژی به صورت متفاوتی برای اصلاح مقاومت فولادهای جوی در برابر خوردگی اتمسفری عمل می‌کنند. مس دارای بیشترین تأثیر در کاهش سرعت خوردگی این فولادها می‌باشد. افزایش میزان مس از ۰/۰۱ به ۰/۴ درصد منجر به کاهش خوردگی به میزان ۷۰ درصد می‌شود. افزایش مس در محدوده‌ی ۰/۲ تا ۰/۵ درصد تأثیر کمی بر روی افزایش مقاومت به خوردگی دارد. چندین تئوری برای توضیح چگونگی کاهش سرعت خوردگی با افزایش مس به فولاد پیشنهاد شده است. یک تئوری می‌گوید که تأثیر مثبت مس ناشی از تشکیل پوشش سطحی فلز مس می‌باشد که به عنوان محافظ عمل می‌کند یا پسیواسیون آندی را بوسیله‌ی تأمین واکنش کاتدی افزایش می‌دهد. تئوری دیگر می‌گوید که یون‌های مس که از فلز پایه حل شده‌اند قادر می‌باشند یون‌های سولفید را که از آخال‌های سولفیدی فولاد یا از اتمسفر نشأت گرفته‌اند را رسوب دهد و در نتیجه اثر مضر آنها را حذف کند. محتمل‌ترین تئوری آن می‌باشد که می‌گوید مس سولفات‌های بازی با قابلیت انحلال کم را تشکیل می‌دهد که در داخل منافذ لایه‌ی زنگ رسوب می‌یابند و از آن طریق تخلخل آنها را کاهش می‌دهند. فولادهای جوی معمولاً حاوی ۰/۲ تا ۰/۵ درصد مس می‌باشند.

زمانیکه کروم و نیکل به همراه مس به فولاد افزوده می‌شوند، مقاومت فولادهای جوی به مقدار بیشتری در برابر خوردگی افزایش می‌یابد. کروم معمولاً به مقدار ۰/۴ تا ۱٪ افزوده می‌شود در حالیکه نیکل تا ۰/۶۵٪ اضافه می‌گردد. ثابت شده است که کروم موثرتر از نیکل می‌باشد. خواص مکانیکی فولاد با افزایش هر دو عنصر بهبود می‌یابد.

فسفر نیز مقاومت به خوردگی فولادهای جوی را افزایش می‌دهد. با افزایش میزان فسفر از کمتر از ۰/۰۱٪ تا ۰/۱٪ مقاومت به خوردگی فولاد حاوی مس به میزان ۲۰ تا ۳۰٪ افزایش می‌یابد. فسفر می‌تواند لایه‌های فسفاتی نامحلول را در زنگ ایجاد کند که به عنوان موانع انتقال عوامل خوردنده عمل می‌کنند.

فولاد زنگ نزن: این فولاد برای اولین بار در حدود ۷۰ سال پیش وارد کاربردهای تجاری گردید. این ماده در تجهیزات سازه‌های فلزی بکار می‌رود. تحقیقات زیادی بر روی رفتار خوردگی این نوع فولاد انجام گرفته است. فولادهای زنگ نزن آلیاژهای آهن می‌باشند که دارای حداقل ۱۱٪ کروم هستند. کروم باعث تشکیل لایه‌ی محافظ بر روی سطح فولاد می‌شود که از خوردگی بیشتر آن جلوگیری می‌کند. با افزایش بیشتر کروم مقاومت به خوردگی هم بیشتر افزایش می‌یابد. در نتیجه فولادهای زنگ نزن با میزان کروم ۱۵٪، ۱۷٪ و ۲۰٪ و بیشتر وجود دارند. عناصر آلیاژی دیگری نیز به منظور افزایش مقاومت به خوردگی و استحکام مکانیکی به فولادهای زنگ نزن افزوده می‌شوند. در نتیجه این امکان در افزایش عناصر آلیاژی، بیشتر از ۷۰ نوع فولاد زنگ نزن وجود دارد. فولادهای زنگ نزن را می‌توان به ۴ گروه عمده بر اساس ریزساختار طبقه بندی نمود: آستنیتی، فریتی، مارتنزیتی و دوفازی.

آلومینیوم: این فلز یکی از عناصر با فراوانی بالا در طبیعت می‌باشد. دانسیته‌ی پایین، مدول الاستیسته، هدایت حرارتی و الکتریکی و مقاومت در برابر خوردگی بالا و قابلیت آن در تشکیل آلیاژهایی با بسیاری از عناصر، این فلز را به یکی از مواد بسیار مفید تبدیل کرده است. هنگامی که آلومینیوم و آلیاژهای آن در معرض اتمسفر مرطوب قرار می‌گیرند، لکه‌های سیاه رنگ متمایل به خاکستری روی سطح آنها تشکیل می‌شود که ناشی از چگالش رطوبت یا باران در سطح آن می‌باشد. میزان این خوردگی وابسته به ترکیب آب نیست و آهنگ خوردگی عمدتاً بوسیله‌ی آهنگ نفوذ اکسیژن به فیلم نازک آب چگالش یافته کنترل می‌شود. محصول خوردگی عمدتاً بایریت ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) با ضخامت ۵۰۰-۲۵۰۰ Å می‌باشد. از میان تمامی آلیاژهای آلومینیوم، آلیاژهای آلومینیوم- منیزیم شدیداً به خوردگی در آب حساس می‌باشند که ناشی از تشکیل فیلم اکسید منیزیم است. در مقایسه با فلزات دیگر، آلومینیوم تحت شرایط اتمسفری بسیار کندتر خورده می‌شود، زیرا یک لایه‌ی اکسیدی آمورف و عایق، با قابلیت انحلال پایین در هوا و در محلول‌های آبی با pH بین ۴ تا ۸/۶ در سطح آن تشکیل می‌شود اما در محیط‌های

دریایی و برخی از محیط‌های شهری خوردگی آن زیاد است. محصولات خوردگی رایجی که تحت این شرایط ایجاد می‌شوند سولفات‌های آلومینیوم بازی و هیدرات سولفات آلومینیوم آمورف می‌باشند.

در اتمسفرهای بسته سولفات در سطح آلومینیوم به وفور یافت می‌شود. حضور SO_4^{2-} در این سطوح می‌تواند ناشی از خوردگی در اثر SO_2 یا سولفات‌های همراه ذرات رسوب کرده باشد. تجمع ذرات یونی معدنی در اصل ناشی از رسوب ذرات می‌باشد. آمونیوم و یون‌های سولفات، یون‌هایی با فراوانی بیشتر در ذرات ریز گرد و خاک می‌باشند که معمولاً در محیط‌های شهری یافت می‌شوند و بنابراین می‌توانند نقش مهمی را در فرآیند خوردگی ایفا نمایند. این امر به خصوص در مورد اتمسفرهای حاوی ذرات جامد و آلاینده‌های یونی مانند سولفات آمونیوم صادق است.

مس: مس فلزی است که همیشه کاربردهای زیادی در تجهیزات در معرض اتمسفر داشته است. امروزه بر هدایت الکتریکی تعداد کمی از فلزات برای انتقال نیرو و اطلاعات سیگنالی به تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی اتکا شده است. یکی از فلزات بسیار مهم در این زمینه مس می‌باشد. به علت کاربرد گسترده‌ی مس دانش زیادی در مورد رفتار طولانی مدت خوردگی اتمسفری مس بدون حفاظ در محیط‌های خارجی وجود دارد. برای مثال تشکیل زنگار مس، مراحل آن و اجرای تشکیل دهنده اصلی به همراه خواص مکانیکی بطور کامل مورد بررسی قرار گرفته است.

روند کلی خوردگی اتمسفری مس به خوبی شناخته شده است. ابتدا اکسایش و آب با سطح مس واکنش می‌دهند. که ساختار لایه‌ای محصولات شامل $[Cu(OH)_2$ یا $CuO \cdot xH_2O$ / CuO / Cu_2O می‌باشد. جز اصلی Cu_2O یعنی کوپریت می‌باشد. سپس خوردگی بوسیله واکنش با آلاینده‌هایی که بصورت گازی (مانند SO_2 ، NO_2 ، O_3 ، Cl_2 ، HCl و H_2S) یا بصورت یون‌هایی در رسوبات حضور دارند، ادامه می‌یابد. سرانجام لایه‌ای از زنگار مس شامل چند جزء مختلف روی لایه کوپریت ابتدایی ایجاد می‌شود. ترکیبات مهم مس که بصورت اجزای تشکیل دهنده‌ی زنگار مس یافت می‌شوند شامل $Cu_4CO_3(OH)_2$ ، $Cu_2SO_4(OH)_4$ و $Cu_4SO_4(OH)_6 \cdot H_2O$ ، $Cu_2Cl(OH)_3$ می‌باشد. در نواحی شهری $Cu_4SO_4(OH)_6$ می‌باشد. نیز مشاهده شده‌اند. زمانیکه مس برای انتقال سیگنال الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، عیوب بسیار کوچکی در سطوح تماس به علت خوردگی اتمسفری ایجاد می‌شود که می‌تواند منجر به از کار افتادگی جزئی و یا کامل ابزار گردد. حتی محیط‌های به نسبت بی‌خطر یا مدت زمان در معرض قرار گرفتن کوتاه در محیط‌های بسیار آلوده نیز می‌تواند منجر به ایجاد عیب

شود. بنابراین بسیار مهم است که حملات کوچک که بر تشکیل زنگار مس پیشی می‌گیرند را مورد بررسی قرار دهیم. برای رخ دادن خوردگی اتمسفری، حضور آب در سطح فلز ضروری می‌باشد. میزان آب جذب شده وابسته به رطوبت نسبی و رسوبات سطحی می‌باشد.

برنج: برنج‌ها مواد مهندسی می‌باشند که بطور گسترده در تجهیزات در معرض اتمسفر مورد استفاده قرار می‌گیرند و کاربردهایی را در صنعت برق پیدا کرده‌اند. عنصر آلیاژی اصلی برنج‌ها روی می‌باشد. عناصر آلیاژی دیگر شامل سرب، قلع و آلومینیوم است. سرب به منظور افزایش قابلیت ماشینکاری اضافه می‌شود و تأثیری در افزایش مقاومت به خوردگی ندارد. افزایش تقریباً ۱٪ قلع مقاومت به جدایش آلیاژی را در برنج افزایش می‌دهد.

آلومینیوم به منظور پایدار کردن فیلم سطحی محافظ افزوده می‌شود. آلیاژهای حاوی بیشتر از ۱۵٪ روی در محیط‌های اسیدی و بازی مستعد جدایش آلیاژی می‌باشند. افزایش قلع یا آرسنیک از جدایش آلیاژی جلوگیری می‌کند. آلیاژ آدمیرالتی که حاوی قلع است در مقابل جدایش آلیاژی مقاوم می‌باشد. برنج‌های با مقدار روی بالا در مقابل سولفیدها مقاومتر از برنج‌های با روی کم می‌باشند.

برنز و آلیاژهای مس-نیکل: آلیاژهای مس-قلع برنزهای قلعی یا برنزهای فسفری نامیده می‌شوند. برنزهای فسفر همواره در مقادیر کم موجود می‌باشد با این وجود قلع عنصر آلیاژی اصلی می‌باشد. فسفر به عنوان یک اکسید کننده افزوده می‌شود و در کل دارای غلظت کمتر از ۰/۵٪ می‌باشد.

آلیاژهای مس-آلومینیوم به عنوان برنزهای آلومینیومی شناخته می‌شوند. آنها آلیاژهای پیچیده‌ای می‌باشند که حاوی آهن، نیکل، سیلیکون، منگنز و عناصر دیگر و همچنین آلومینیوم می‌باشند. برنزهای آلومینیومی برای کاربرد در اتمسفرهای دریایی مناسب می‌باشند.

آلیاژهای مس-نیکل نیز برای کاربرد در اتمسفرهای دریایی بسیار مناسب می‌باشند.

نیکل: در محیط اتمسفر نیکل مات و کدر می‌شود و فیلم نازک و چسبنده‌ای را در سطح خود تشکیل می‌دهد که معمولاً سولفاتی است و سرعت خوردگی را کاهش می‌دهد. سرعت خوردگی بسیار پایین می‌باشد، اما، با افزایش در میزان SO_2 اتمسفر سرعت خوردگی افزایش می‌یابد. آلیاژ نیکل 200 دارای سرعت خوردگی بسیار کمی در اتمسفرهای روستایی و دریایی می‌باشد.

آلیاژ مونل: مونل آلیاژ نیکل می‌باشد که حاوی ۳۰ تا ۳۳٪ مس می‌باشد. خوردگی مونل در تمامی انواع اتمسفرها ناچیز می‌باشد. زمانیکه در معرض باران قرار می‌گیرد، زنگار سبز خاکستری در سطح مونل تشکیل می‌شود. در اتمسفرهای حاوی گوگرد، فیلم چسبنده‌ی مسطحی بر روی سطح آن تشکیل می‌شود. به علت سرعت خوردگی کم و ظاهر مطلوب زنگاری که در سطح آن تشکیل می‌شود، از مونل ۴۰۰ بطور گسترده در محیط‌های اتمسفری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آلیاژهای اینکونل: اینکونل ۶۰۰ آلیاژ نیکل-کروم-آهن می‌باشد که حاوی تقریباً ۱۶٪ کروم و ۷۰٪ آهن است. در اتمسفرهای روستایی، آلیاژ برای سال‌ها براق باقی می‌ماند. زمانیکه در معرض یک اتمسفر صنعتی حاوی گوگرد قرار می‌گیرد کمی تیرگی ممکن است رخ دهد. بهتر است که اینکونل ۶۰۰ در معرض اتمسفر قرار بگیرد تا اینکه در یک مکان سرپوشیده. این امر اجازه می‌دهد که باران سطح آلیاژ را بشوید و نور خورشید و باد سطح آن را خشک کنند.

آلیاژ اینکونل ۶۲۵ آلیاژ نیکل-کروم-مولیبدن-کلمبیوم می‌باشد. آلیاژ اینکونل ۸۰۰ حاوی کروم-نیکل-آهن و اینکونل ۸۲۵ نیز حاوی کروم-نیکل-آهن اما با مقدار بیشتر نیکل می‌باشد. این آلیاژها در اتمسفرهای صنعتی و روستایی براق باقی می‌مانند. آلیاژ ۸۰۰ لایه‌ی بسیار نازک اکسیدی را پس از قرار گرفتن طولانی در اتمسفر دریایی در سطح خود تشکیل می‌دهد در حالیکه آلیاژ ۶۲۵ و ۸۲۵ براق باقی می‌مانند.

ب- مواد مناسب برای تجهیزات غیر فلزی

از میان تجهیزات به کار رفته در انتقال و توزیع برق، مقره‌ها و تیرها غیر فلزی می‌باشند. مقره‌ها از اصلی‌ترین اجزا خطوط انتقال و توزیع برق هستند که انتخاب مناسب مواد مورد استفاده برای ساخت مقره از اهمیت بالایی برخوردار است. ملزومات خاص برای مواد مورد استفاده برای مقره عبارتند از:

- استحکام دی الکتریک بالا

- خواص مکانیکی خوب

- هزینه کم و پایداری بالا

همانطور که در قسمت های قبلی بیان شد مقره ها به دو دسته ی سرامیکی و غیر سرامیکی تقسیم بندی می شوند. انواع این مقره ها در قسمت های قبلی بیان شده است.

همچنین پایه ها (برج ها و دکل ها) نیز می توانند از مواد غیر فلزی ساخته شوند. تیرهای چوبی، بتنی و کامپوزیتی از انواع این تیرها می باشند.

۱-۳-۴-۲- استفاده از پوشش های محافظ

مهمترین روش جهت کاهش خوردگی اتمسفری تجهیزات فلزی استفاده از پوشش های مناسب برای حفاظت فلزات برای نیل به اهداف ذیل می باشد:

۱. برای جلوگیری یا کم کردن میزان خوردگی فلز پایه

۲. برای بهبود خواص فیزیکی یا مکانیکی فلز زیرلایه

۳. برای حصول جنبه های تزئینی

با اینکه انتخاب اولیه ماده پوششی که برای اهداف ۲ و ۳ بکار می رود می تواند بوسیله ی خواص ویژه ای که مورد نیاز است تعیین شود، اما رفتار خوردگی سیستم "پوشش فلزی/فلز زیرلایه نیز باید در نظر گرفته شود.

انتخاب فلز زیرلایه معمولاً بوسیله ی هزینه، وزن و خواص فیزیکی، مکانیکی یا تولیدی تعیین می گردد، که این عوامل بطور طبیعی تعداد بسیار محدودی از مواد را ارائه خواهد کرد که ممکن است هیچ کدام دارای مقاومت به خوردگی خوبی که در طول کارکرد با آن مواجه خواهند شد را بدست ندهند. بطور ایده آل، یک پوشش محافظ فلزی باید بطور کامل محیط خورنده را از فلز زیرلایه جدا کند و اگر این امر حاصل شود، تنها لازم است که مقاومت خود فلز پوشش در برابر محیط خورنده در نظر گرفته شود.

۱-۳-۴-۲-۱- عوامل موثر در انتخاب پوشش

عوامل موثر در انتخاب پوشش مناسب در ادامه آورده شده است.

الف) مقاومت در برابر محیط خورنده

مهمترین مشکل در تعیین مقاومت ماده‌ی پوشش در برابر محیط خوردنده در توصیف دقیق آن محیط نهفته می‌باشد. فلزاتی که در معرض اتمسفر طبیعی قرار می‌گیرند در سرعت‌های کاملاً متفاوتی خورده خواهند شد که وابسته به میزان آلاینده‌های موجود و تعدادی فاکتورهای هواشناسی مرتبط می‌باشد. سرعت‌های خوردگی اتمسفری برای بیشتر فلزات رایج به وسیله‌ی محققان زیادی و همچنین توسط ASTM گزارش شده است. این جداول را می‌توان برای راهنمایی کلی انتخاب پوشش استفاده نمود ولی باید همواره احتیاط نمود که محیطی انتخاب شود که بسیار شبیه محیط مورد نظر می‌باشد. بنابراین قبل از پیشنهاد یک سیستم پوشش مناسب برای یک اتمسفر و یک کاربرد بخصوص، بازرسی دقیق آن منطقه ضروری می‌باشد.

ب) عملی بودن روش اعمال

انتخاب ماده و روش اعمالی که پوششی با ضخامت مناسب و پوشانندگی و توزیع خوب در سطح قطعه فراهم نماید، ضروری می‌باشد. اعمال پوشش‌های قلع غوطه وری گرم با ضخامت خارج از محدوده $38-8 \mu\text{m}$ سخت می‌باشد و پوشش‌های روی غوطه وری گرم معمولاً بطور قابل ملاحظه‌ای متجاوز از ضخامت $50 \mu\text{m}$ نمی‌باشند. غوطه وری گرم مقاطع توخالی و قطعات بسیار بزرگ ممکن است غیرعملی باشد و قطعات با مقطع خیلی نازک ممکن است دچار اعوجاج گردند. پوشش‌های آبکاری الکتریکی برای کاربردهای تزئینی و حفاظتی می‌توانند دارای ضخامت در محدوده 0.1 تا $25 \mu\text{m}$ باشند، اما ضخامت‌های بسیار بیشتری برای کاربردهای سایشی اعمال می‌گردد. شکل قطعه‌ای که آبکاری می‌شود بطور قابل ملاحظه‌ای ضخامت و پوشانندگی پوشش را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پوشش‌های مس و نیکل خوب پوشش می‌گیرند، بخوبی تورفتگی‌ها را پوشش می‌دهند و تسطیح در طول فرایند رخ می‌دهد. روی پوشانندگی خوب ولی تسطیح کمی دارد و کروم دارای قدرت پرتاب بسیار کمی می‌باشد که منجر به نواحی لخت در تورفتگی‌های قطعه می‌شود. به خاطر مسائل اقتصادی، فلزات گرانبها را در ضخامت‌های کمتر از $1 \mu\text{m}$ پوشش می‌دهند و در این ضخامت‌ها، تخلخل پوشش عامل مهمی می‌باشد. پوشش‌های آبکاری طلای ایجاد شده از حمام‌های اسیدی دارای تخلخل کمتری نسبت به پوشش‌های ایجاد شده از حمام‌های بازی می‌باشند.

پوشش‌های فلزی پاششی می‌توانند بدون محدودیت اندازه قطعه اعمال شوند و ضخامت و پوشاندگی پوشش می‌تواند به آسانی در طول فرایند کنترل شود. اما، مشکلاتی در پوشش دادن قطعات با مقطع توخالی یا شکل پیچیده وجود دارد. ضخامت پوشش بطور معمول در محدوده $250-50 \mu\text{m}$ می‌باشد، اما ممکن است ضخامت‌های بطور قابل ملاحظه‌ای بزرگتر را برای کاربردهای سایشی نیز اعمال نمود و همچنین عملیات حرارتی نفوذی نیز به منظور افزایش بیشتر مقاومت سایشی اعمال کرد. پوشش‌های فلزی پاششی دارای ماهیت متخلخل می‌باشند و حاوی نسبت بالایی از اکسیدها می‌باشند که بوسیله‌ی روش اعمال ایجاد شده‌اند. در کارکرد، محصولات خوردگی ممکن است در منافذ پوشش ایجاد شوند که اساساً می‌توانند در خوردگی را کاهش دهند، اما با این وجود، حفاظت فداشونده زیرلایه در معرض قرار گرفته در هر گونه ناپیوستگی پوشش نیز حفظ شود.

غلاف کاری بوسیله‌ی پرس، نورد یا اکستروژن می‌تواند پوششی را ایجاد کند که ضخامت و توزیع بتواند به آسانی در محدوده وسیعی کنترل شود و پوشش‌هایی که با این روش‌ها ایجاد می‌شوند می‌توانند کاملاً خالی از تخلخل باشند. با اینکه محدودیت عملی بسیار کمی در ضخامت پوشش‌های ایجاد شده با این روش وجود دارد، اما اعمال روش محدود به قطعات با شکل به نسبت ساده می‌باشد که تغییر شکل مکانیکی قابل ملاحظه‌ای بعد از اعمال نیاز ندارند. در بین کاربردهای اصلی، غلاف کاری سرب و آلومینیوم برای کابل‌ها، ورق‌های غلاف شده با سرب برای کاربردهای ساختمانی و لوله‌های اکستروود شده کامپوزیتی برای مبدل‌های حرارتی می‌باشد.

ج) تأثیر فرایند پوشش دهی بر روی خواص زیرلایه

کاربرد هرگونه فرایند پوشش دهی می‌تواند خواص فیزیکی یا مکانیکی ماده زیرلایه را تحت تأثیر قرار دهد و چنین تأثیری باید هنگام انتخاب نوع پوشش مورد استفاده و روش اعمال آن در نظر گرفته شود.

با فرایندهای غوطه وری گرم، جدا از خطر اعوجاج که قبلاً ذکر شد، دمای بالای فرایند می‌تواند باعث انبساط و نرم شدن برنج و مس در طول غوطه وری گرم گردد. علاوه بر این، نواحی سخت و ترد آلیاژ بین فلزی در طول فرایند غوطه وری گرم در نتیجه ی نفوذ پوشش فلز مذاب به داخل فلز جامد پایه تولید می‌شوند، برای مثال می‌توان به FeSn_2 در قلع کاری فولاد، Cu_2Sn و Cu_6Sn_5 در قلع کاری مس اشاره نمود. مقدار و عمق تشکیل آلیاژ وابسته به دما و زمان غوطه وری می‌باشد.

بنابراین، زمان بسیار طولانی غوطه وری در گالوانیزه کردن غوطه وری گرم می‌تواند منجر به پوسته پوسته شدن در طول تغییر شکل مکانیکی متعاقب گردد.

آزاد شدن هیدروژن در طول برخی فرایندهای آبکاری الکتریکی می‌تواند در صورت نفوذ کردن هیدروژن به داخل فلز منجر به ترد شدن آن گردد. استانداردهایی برای عملیات حرارتی نفوذی به منظور کاهش تردی هیدروژنی فراهم می‌باشد. این پدیده برای آبکاری کروم و کادمیوم فولاد استحکام بالا گزارش شده است. متناوباً، پوشش‌های روی و کادمیوم را می‌توان بوسیله‌ی رسوب خلاً اعمال نمود و در نتیجه از هرگونه ترد شدن فولاد جلوگیری نمود.

با اینکه زمانیکه پوشش‌ها بوسیله‌ی فرایندهای اسپری فلزی اعمال می‌شوند، از اثرات آنیل فوق گرمایش اجتناب می‌شود، اما گزارش شده است که تنش‌های فشاری که توسط پیش‌عملیات ماسه زنی در زیرلایه ایجاد می‌شوند، می‌توانند خواص خستگی ماده را تحت تأثیر قرار دهند.

د) خواص پوشش

تعدادی از خواص فیزیکی و مکانیکی فلزات پوشش را باید هنگام انتخاب فلز برای یک کاربرد بخصوص در نظر گرفت. ظاهر، رنگ و براقیت برای کاربردهای تزئینی مهم می‌باشند. مس، روی، کادمیوم، نیکل، نقره و طلا را می‌توان به آسانی در شرایط براق پوشش داد، در حالیکه قلع معمولاً بصورت یک رسوب کدر آبکاری می‌شود ولی می‌توان آن را با ذوب سریع بعد از آبکاری براق نمود. رسوبات آلومینیوم و سرب معمولاً کدر می‌باشند، اما پوشش‌های صیقلی آلومینیومی را می‌توان بوسیله‌ی غلاف کاری نوردی با استفاده از نوردهای به خوبی پولیش شده تولید نمود. رنگ‌ها می‌توانند از آبی - سفید کروم تا زرد برای طلا یا برنج متغیر باشد. بازتاب پذیری بعد از پولیش نیز با فلز پوشش تغییر می‌کند بطوریکه برای نقره و رودیوم بسیار بالا می‌باشد و به ترتیب آلومینیوم، پالادیوم، قلع، روی، طلا، آهن و سرب کاهش می‌یابد.

سختی، استحکام و مقاومت سایشی خواص اصلی می‌باشند و لزوماً به هم وابسته نیستند. برای مثال، تماس سایشی بین دو سطح سخت می‌تواند سایش بیشتری را نسبت به دو سطح نرم ایجاد نماید، در حالیکه بطور کلی تماس سایشی بین سطح نرم و سخت منجر به سایش در ماده ی نرمتر می‌گردد. اما، فاکتورهای مکانیکی طراحی می‌توانند این رابطه‌ی سایشی را تغییر دهند

بطوریکه ماده ی سختتر تا مقادیر بیشتر ساییده شود. در کل، سختترین رسوبات مربوط به کروم، نیکل و رودیوم می‌باشد. سختی آهن، مس، روی، کادمیوم و نقره متوسط می‌باشد و طلا و ایندیوم نسبتاً نرم می‌باشند. مقاومت دمایی که ترکیبی از نقطه ذوب و مقاومت در برابر اکسیداسیون می‌باشد، می‌تواند دارای اهمیت اصلی باشد. رابطه ی کلی بین نقطه ی ذوب و سختی وجود دارد، زیرا هر دو استحکام پیوند اتم‌ها در شبکه کریستالی را انعکاس می‌دهند. ترتیب ترجیحی فلزات پوشش برای کاربرد در دماهای بالا بصورت نقره، آلومینیوم، نیکل، رنیوم، کروم، پالادیوم، پلاتین و رودیوم افزایش می‌یابد.

هدایت الکتریکی پوشش‌ها معمولاً دارای اهمیت ثانویه می‌باشد، زیرا آنها دارای مقطعی نازک می‌باشند و به موازات زیرلایه فلزی با سطح مقطع بزرگتر می‌باشند که معمولاً رسانای خوبی است. ویژگی مهمتر برای پوشش‌های مورد استفاده به عنوان اتصالات الکتریکی سختی سطح و قابلیت آنها در اکسید نشدن می‌باشد. بنابراین، با اینکه آلومینیوم دارای هدایت الکتریکی ۴ برابر بیشتر از قلع می‌باشد، ولی معمولاً برای بهبود تماس الکتریکی آن با قلع پوشش داده می‌شود. فلزات پوشش دیگری که بطور معمول برای کاربردهای ولتاژ پایین مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از طلا، قلع/سرب، نقره، پالادیوم، مس، رودیوم و نیکل.

ه) مسائل اقتصادی

بطور واضح مسائل اقتصادی هنگام انتخاب ماده ی پوشش و روش اعمال آن دارای اهمیت اساسی می‌باشند. قطعات مجزا در ترازنامه ی اقتصادی نه تنها با ماده و فرایند بلکه با قابلیت دسترس پذیری، هزینه‌های کارگری و عوامل مربوط به طراحی و کاربرد قطعات نیز تغییر می‌کند. در کل، بجز برخی استثناها، هزینه‌های فرایندی می‌تواند در یک ترتیب صعودی از غوطه وری گرم تا آبکاری، اسپری و غلاف کاری افزایش یابد. فلزات با کمترین میزان هزینه عبارتند از روی، مس، آهن و سرب، فلزات با هزینه متوسط عبارتند از نیکل، قلع، قلع/سرب، کادمیوم و آلومینیوم و با بیشترین هزینه عبارتند از نقره، پالادیوم، طلا و رودیوم، هرچند که رابطه ی هزینه‌ای از یک زمان به زمان دیگر تغییر می‌کند که ناشی از افت و خیز قیمت‌ها در اثر پاسخ به عرضه و تقاضا می‌باشد.

اصولاً مهارت در اعمال فرایندهای پوشش فلزی می‌تواند هزینه‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین، گرچه اعمال آلومینیوم بوسیله‌ی آبکاری الکتریکی ممکن می‌باشد ولی کار کردن با فرایند سخت می‌باشد و کمتر از آن استفاده می‌شود. اعمال پوشش‌های آلومینیومی بوسیله‌ی غوطه‌وری گرم یا بوسیله‌ی اسپری فلزی بسیار آسانتر انجام می‌شود و بیشتر از این روش‌ها استفاده می‌شود.

۱-۳-۴-۲- انواع پوشش‌های فلزی مناسب برای تجهیزات فلزی

پوشش‌های کاربردی فلزی مورد استفاده بر روی تجهیزات فلزی شامل موارد زیر می‌باشد.

الف- روی

روی یک پوشش آندی می‌باشد که می‌تواند بوسیله‌ی غوطه‌وری گرم، پاشش یا آبکاری الکتریکی پوشش داده شود. پوشش روی دارای مقاومت به خوردگی خوبی در اغلب محیط‌های طبیعی می‌باشد، بخصوص زمانیکه به همراه عملیات پسیواسیون کرومات‌ها یا فسفات‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اغلب اتمسفرها، روی حفاظت خوبی را برای فولاد فراهم می‌کند، بخصوص زمانیکه آلاینده‌های سولفوری موجود باشند ولی در محیط‌های روستایی و کاملاً دریایی شرایط رطوبت و میزان آلودگی کلریدی می‌تواند میزان تأثیر پوشش‌های روی را کاهش دهد و استفاده از کادمیوم را مناسبتر سازد، هرچند که اغلب با افزایش ضخامت پوشش روی همان میزان حفاظت با هزینه‌ی کمتر حاصل می‌گردد. روی پوشش مرجح برای فولاد مورد استفاده تحت شرایط غوطه‌وری در آب دریا یا آب‌هایی می‌باشد که رسوب ایجاد می‌کنند. از آنجا که روی نسبت به کادمیوم دارای سمیت کمتری می‌باشد، در نتیجه در مواردی که جوشکاری مورد نیاز است باید از روی استفاده نمود.

ب- کادمیوم

کادمیوم نیز پوشش فداشونده برای فولاد می‌باشد و حفاظت بهتری را نسبت به روی در کاربردهایی که همراه اسیدها و قلیایی‌های قوی است یا کاربردهایی که شامل غوطه‌وری در آب‌های طبیعی راکد یا نرم می‌باشند، فراهم می‌کند. این پوشش باید در کاربردهایی که شامل تماس دو فلزی با آلومینیوم است یا سهولت لحیم کاری مهم است، بکار برده شود. کادمیوم دارای

مقاومت پیچشی پایینی می‌باشد و باید به عنوان ماده ی پوشش در مواردی که قطعات پیچ شده باید مدام باز شوند به عنوان پوشش بکار برده شود. پوشش کادمیوم همچنین در فضاهای محبوس که چگالش می‌تواند رخ دهد بخصوص زمانی که آلودگی بوسیله ی بخارهای آلی وجود دارد، حفاظت خوبی را نسبت به روی ارائه می‌دهد.

کادمیوم نسبت به روی گرانتز می‌باشد. این پوشش معمولاً بوسیله ی روش آبکاری الکتریکی در ضخامت‌هایی تا حدود ۲۵ میکرومتر اعمال می‌شود و نسبت به روی دارای مقاومت بهتری در برابر لکه دار شدن می‌باشد. همانند روی، عمر پوشش‌های کادمیومی نیز متناسب با ضخامت می‌باشد.

ج- قلع

قلع به روش غوطه وری گرم یا آبکاری الکتریکی اعمال می‌شود و دارای رفتار خوردگی شبیه روی می‌باشد. ضخامت پوشش معمولاً در محدوده ی ۱۲ تا ۵۰ میکرومتر می‌باشد و در بخش‌های پایینتر این محدوده تخلخل پوشش می‌تواند فاکتوری باشد که باید در نظر گرفته شود.

پوشش‌های قلع به علت خواص تماسی خوب بطور گسترده در صنعت برق و به علت سمیت پایین در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر پوشش‌های قلع خالص، تعدادی از پوشش‌های آلیاژی نیز برای برخی کاربردهای خاص گسترش یافته‌اند که به عنوان مثال می‌توان به قلع-سرب، قلع-روی، قلع-کادمیوم، قلع-برنز و قلع-نیکل اشاره نمود.

د- آلومینیوم

آلومینیوم را می‌توان به عنوان پوشش به وسیله ی اسپری، غلاف کاری، غوطه وری گرم و آبکاری الکتریکی اعمال نمود. اما اعمال روش آبکاری الکتریکی سخت می‌باشد و اغلب پوشش‌های آلومینیوم به وسیله ی اسپری و غلاف کاری اعمال می‌شوند. هنگام قرار گرفتن در معرض اتمسفر صنعتی سرعت خوردگی آلومینیوم تنها یک سوم سرعت خوردگی روی می‌باشد و واکنش خوردگی بوسیله اکسید چسبنده‌ای که در سطح آن ایجاد می‌شود، شدیداً کاهش می‌یابد.

پوشش‌های آلومینیومی اسپری شده (با ضخامت حدود ۱۲۵ میکرون) همچنین حفاظت کاملی را در برابر پوسته پوسته شدن و خوردگی تنش‌ی برای آلیاژهای آلومینیوم-مس-منیزیم و آلومینیوم-روی-منیزیم در اتمسفرهای صنعتی و دریایی در مدت‌های بیشتر از ۱۰ سال فراهم می‌کند.

ه- نیکل

نیکل بطور ذاتی یک فلز با مقاومت بالا در برابر خوردگی بخصوص در اتمسفرهای خالی از کلر می‌باشد و بطور گسترده به عنوان پوشش در صنایع شیمیایی بکار برده می‌شود. هنگام قرار گرفتن در معرض اتمسفر، کدر شدن سریع و خوردگی سطحی کند رخ می‌دهد. به همین علت، پوشش‌های نیکل به ندرت به تنهایی بکار برده می‌شوند، اما آنها بطور گسترده در کاربردهای تزئینی به عنوان پوشش زیرین برای کروم براق در قطعات خودرو و لوازم خانگی بکار برده می‌شوند. در این حالت، خوردگی پوشش زیرین نیکل محدود به حفره‌های موضعی خواهد بود که در ناپیوستگی‌های لایه‌ی کروم گسترش می‌یابند و در نهایت به زیرلایه می‌رسند.

و- سرب

پوشش‌های سرب عمدتاً بوسیله‌ی غلاف کاری اعمال می‌شوند و کاربردهای عمده‌ای را در صنایع شیمیایی برای مقاومت در برابر اسید سولفوریک، برای غلافکاری کابل جهت مقاومت در برابر خوردگی ناشی از خاک و در کاربردهای ساختمانی جهت مقاومت در برابر خوردگی اتمسفرهای صنعتی بدست آورده‌اند. مقاومت پوشش‌های سرب در برابر خوردگی ناشی از تشکیل محصولات خوردگی نامحلول می‌باشد، اما مقاومت این پوشش‌ها در اتمسفرهای حاوی کلر پایین می‌باشد.

ز- مس

بجز چند مورد کاربردهای تزئینی و الکتریکی، مس به ندرت به عنوان ماده پوشش بکار می‌رود که ناشی از سرعت بالای کدر شدن آن بخصوص در اتمسفرهای حاوی سولفور می‌باشد. ولی به هر حال، مقاومت به خوردگی اتمسفری آن خوب می‌-

باشد که ناشی از ایجاد زنگار سبز رنگ نمک‌های بازی مس می‌باشد که فلز را در برابر خوردگی بیشتر محافظت می‌کنند. زمانیکه پوشش‌های مس برای اثر تزئینی که دارند مورد استفاده قرار می‌گیرند، براقیت بالا و رنگ متمایزی را با اعمال پوشش حفاظتی لاک شفاف که ممکن است حاوی ممانعت‌کننده‌ی بنزوتریازول باشد بدست می‌آورند.

ح- کروم

کروم در برابر خوردگی اتمسفری بسیار مقاوم می‌باشد و تقریباً در بیشتر اتمسفرها بی اثر می‌باشد، و بنابراین به عنوان پوشش براق بالایی برای پوشش‌های دیگر بکار برده می‌شوند تا ظاهر دکوری پوشش تا مدت طولانیتری حفظ شود. ضخامت این پوشش‌ها که به روش آبرکاری الکتریکی اعمال می‌شوند بطور معمول بین $0/3$ تا $1/3$ میکرومتر است. در کران پایینتر این محدوده پوشش حاوی گسستگی‌های جزئی می‌باشد که آنها را نمی‌توان با افزایش ضخامت حذف نمود، زیرا ترک خوردن خود به خودی رسوب با افزایش ضخامت رخ می‌دهد.

۱-۳-۴-۲-۳- انواع پوشش‌های آلی مناسب برای تجهیزات فلزی

پایه اصلی پوشش‌های آلی را رزین تشکیل می‌دهد، انتخاب نوع پوشش معمولاً از روی نوع رزین انجام می‌پذیرد. رزین وظایف عمده‌ای در پوشش‌های آلی به عهده دارد که ذیلاً به آنها اشاره می‌شود.

از وظایف اصلی رزین در پوشش ایجاد فیلم روی سطح است. رزین بوسیله‌ی این خاصیت خود قادر است سطح زیرین را از محیط اطراف جدا کند. ترکیبات با اندازه مولکولی کوچک ممکن است روی سطح به خوبی پهن شوند ولی قادر نیستند که فیلم ایجاد نمایند. تجربه و تحقیق نشان داده که ترکیبات با اندازه مولکولی بزرگ می‌توانند روی سطح از حالت مایع به حالت جامد تبدیل شوند و ایجاد فیلم نمایند. معمولاً رزین به صورت مایع یا محلول بر روی سطح پهن می‌شود و با انجام عمل فیزیکی و یا واکنش شیمیایی جامد می‌شود. اکثراً با اینکه رزینها خود ساختار پلیمری دارند، اما روی سطح پلیمریزه می‌شوند و جرم مولکولی آن بالاتر می‌رود. قدرت فیلم پلیمری به تعداد و کیفیت باندهای بین مولکولی بستگی مستقیم دارد.

از وظایف دیگر رزین چسبندگی به خود و به سطح است. اگر چسبندگی رزین به سطح زیرین خوب باشد می‌تواند بسیاری از خواص را حفظ کند و بعنوان یک محافظ دائمی عمل کند. اصولاً سه نوع باند یا پیوند در چسبندگی فیلم به سطح دخالت دارد.

پیوندهای شیمیایی، پیوندهای قطبی و پیوندهای مکانیکی. در بیشتر اوقات حداقل دو نوع پیوند در یک پوشش فعال است و اتصال فیلم به سطح را به عهده می‌گیرد.

مقاومت در برابر عوامل خوردنده یکی دیگر از وظایف رزین در رنگ است. فیلم حاصل از رزین می‌تواند مانع از دسترسی عوامل خوردنده به سطح شود. اما از آنجایی که هیچکدام از مواد آلی تشکیل دهنده فیلم قادر نیستند در مقابل نفوذ گازها و رطوبت مقاومت طولانی داشته باشند. بنابراین از رنگ دانه‌ها جهت کاهش نفوذ عوامل خوردنده استفاده می‌شود. بدیهی است رنگدانه‌ها نقش موثری در کاهش نفوذ رطوبت و در نتیجه کاهش میزان خوردگی ایفا می‌کنند.

مقاومت رزین به عوامل خوردنده از عوامل کلیدی در انتخاب رنگ می‌باشد. البته رزین خود به تنهایی در معرض عوامل خوردنده قرار نمی‌گیرد، بلکه هنگامیکه همراه با رنگدانه‌ها، مواد کمکی و حلال در قالب یک پوشش بر روی سطح بکار می‌رود و این سطح رنگ شده می‌باشد که در تماس مستقیم با عوامل خوردنده قرار می‌گیرد. عوامل خوردنده را به عوامل شیمیایی، حرارتی، مکانیکی، فیزیکی و الکتریکی تقسیم‌بندی می‌کنند.

الف) عوامل شیمیایی

در صورتیکه سطح رنگ شده در تماس با یک ماده شیمیایی قرار گیرد، ماده شیمیایی مفروض می‌تواند بر روی رنگ تاثیر گذارد و عمر مفید آن را کاهش دهد. این تاثیر بسته به نوع ماده شیمیایی و کیفیت رنگ متفاوت است. مواد شیمیایی را به چند گروه تقسیم‌بندی می‌کنند. محیط اطراف رنگ می‌تواند صد در صد حاوی یک گروه و یا حاوی چند گروه از مواد شیمیایی باشد. همچنین می‌تواند به طور مداوم و یا در مقاطع زمانی خاص در تماس با ماده شیمیایی قرار بگیرد. مواد را به گروه‌های زیر طبقه‌بندی می‌کنند:

- آب به صورتهای مختلف از جمله آب باران، آب دریا، بخار آب، آب گرم، اسیدی و قلیایی وجود دارد. گاهی در تلاطم، گاهی در جریان و نیز گاهی راکد است. میزان جذب آب و یا میزان عبور آب از رنگ پدیده‌ای است که می‌تواند جهت مقایسه مورد اندازه‌گیری قرار بگیرد.

- اسیدهای غیر آلی یا اسیدهای معدنی مثل اسید کلریدریک، اسید فلوریدریک، اسید سولفوریک و . . . را شامل می‌شود. میزان عمر رنگ و خوردگی فلز به غلظت اسید و دمای محیط بستگی دارد.
- در بین مواد شیمیایی، مواد آکنده بالاترین میزان خرابی را برای رنگ ایجاد می‌کنند. کمتر رنگی است که بتواند مدت مدیدی در مقابل این گونه مواد مقاومت خوبی از خود نشان دهد. به طور کلی منظور از آکنده‌ها ترکیباتی نظیر هیپوکلریت کلسیم، هیپوکلریت سدیم، هیدروژن پراکسید و ید می‌باشد.
- اسیدهای آلی همانند اسید فولیک، اسید اگزالیک و اسید استیک جز این گروه می‌باشند. ساختمان کلی آنها R-COOH است. تاثیر آنها کمتر از اسیدهای غیر آلی است.
- مواد قلیایی نیز اثرات تخریبی دارند، مثلاً اسیدهای چرب موجود در رنگهای آلیکیدی را صابونی می‌کنند و سبب انحلال آنها می‌شوند. تاثیرات آنها با توجه به غلظت متفاوت است. از انواع آنها می‌توان هیدروکسید آمونیم، هیدروکسید سدیم را نام برد.
- نمکهای محلول مانند کلورها، سولفاتها، فسفاتها نیز در عمر پوشش‌ها دخالت دارند. این نمکها در آب محلول هستند، در صورتی که این محلول در حد فاصل پوشش و سطح فلز رخنه کند، به صورت الکترولیت در یک پیل الکتروشیمیایی، سرعت واکنشهای اکسایش و احیاء را بالا می‌برد و باعث خورده شدن فلز و در نتیجه کاهش مقاومت رنگ می‌شود.
- حلالها شامل طیف وسیعی از مواد می‌باشد. از جمله انواع آسترها، کتونها، هیدروکربنها، الکلها و اترها در این گروه جای دارند. در صورتیکه رزین موجود در رنگ از انواع گرما نرم^۱ باشد در بیشتر حلالها حل می‌شود. بنابراین چنین رنگی نمی‌تواند در تماس به این حلالها بکار رود. حتی بعضی از رنگهای حاوی رزین گرما سخت^۲ نیز زمانی که در مجاورت بعضی از حلالها قرار می‌گیرند، مقداری از حلال را به خود جذب می‌کنند و افزایش حجم پیدا می‌کنند. با افزایش حجم، رنگ حالت یکنواخت خود را از دست داده و در ضمن به چسبندگی آن نیز لطمه وارد می‌کند.

1 - Soft Heat

2 - Hard Heat

- روغن‌ها و چربیها منابع مختلف حیوانی، گیاهی و معدنی دارند. روغنهای پنبه دانه، کرچک، نارگیل و سویا از انواع پر مصرف هستند. اکثر رنگها مقاومت کافی در مقابل روغن‌ها و چربیها از خود نشان می‌دهند.
- گازها نیز در زمره عوامل خورنده شیمیایی قرار می‌گیرند. هر چه فشار گاز بیشتر باشد، تاثیر آن بر سطح بیشتر خواهد بود. گاز فعال یا غیر فعال تاثیرات متفاوتی خواهند داشت و گازهای بی‌اثر مثل هیدروژن و هلیوم فقط قادرند تاثیرات تخریبی فیزیکی بر رنگ و سطح داشته باشند ولی گازهای فعال مثل اسید سولفوریک، دی اکسید کربن و اکسیژن در واکنشهای اکسایش و احیاء خوردگی دخالت می‌کنند و سرعت تخریب را افزایش می‌دهند. از طرف دیگر هر چه مولکولهای گاز کوچکتر باشند، قدرت نفوذ بیشتری خواهند داشت.

ب) عوامل حرارتی

اثرات تخریبی عوامل خورنده به وسیله گرما افزایش می‌یابد. بنابراین در زمان بررسی تاثیر یک ماده شیمیایی بر رنگ عامل دما را نیز بایستی مورد توجه قرار دهیم. همچنین توجه به مقاومت رنگ در برابر آتش و میزان اشتعال پذیری احتمالی ضرورت دارد.

ج) عوامل مکانیکی

یک رنگ خوب بایستی یکنواختی و یکدستی خود را بر سطح حفظ کند. حال اگر رنگ تحت تاثیر یک نیروی مکانیکی مثل سایش، ضربه و لرزش قرار بگیرد قطعاً متاثر خواهد شد. رنگ یا سیستم پوششی روی سطوح بایستی طوری انتخاب شود که بتواند در مقابل ضربه‌های قابل پیش‌بینی مقاومت داشته باشد.

د) عوامل فیزیکی

عواملی از قبیل سختی، چسبندگی، نفوذپذیری و ... در این گروه قرار می‌گیرند. سختی و انعطاف‌پذیری رنگ همیشه در رابطه با کاربرد تعیین می‌شود. به این صورت که اگر سطح در معرض تنش قرار داشته باشد، بایستی رنگ روی آن از نوع انعطاف‌پذیر انتخاب شود و برعکس. رنگ نرم بهتر می‌تواند نیروی ناشی از ضربه را خنثی کند. در صورتی که ضربه به یک

رنگ سخت وارد شود شکنندگی حتمی است. هر چه چسبندگی بهتر باشد احتمال ایجاد پیل الکتروشیمیایی در حد فاصل رنگ و فلز کمتر خواهد بود.

ه) عوامل الکتریکی

پلیمرها و همچنین رزینهای رنگسازی عایق کننده‌های خوبی هستند و سبب کاهش هدایت الکتریکی و افزایش مقاومت الکتریکی می‌شوند اما تاثیر آنها می‌بایستی بر روی رنگها بررسی شود. رزینها انواع گوناگونی دارند که فهرست آنها در زیر آورده شده است.

- رزینهای طبیعی
- رزینهای متولیک
- رزینهای کلرو کائوچو
- روغنها
- رزینهای نیتروسولولز
- رزینهای وینیلی
- رزینهای آلکیدی
- رزینهای اپوکسی
- رزینهای پلی وینیل استات
- رزینهای پلی آستر
- رزینهای پلی اورتان
- رزینهای پلی وینیل بوترال
- رزینهای آمین دار
- رزینهای سیلیکونی

- رزینهای آکرلیک

هر کدام از این رنگها روش‌های ساخت، خواص فیزیکی و شیمیایی و مقاومت در برابر عوامل خورنده مخصوص خود را دارند، و به دلیل خواص متفاوت از یکدیگر متمایز شده و کاربردهای متفاوتی دارند و در جاهای مختلفی بکار می‌روند. یکی دیگر از اجزای رنگ، رنگ دانه می باشد. رنگدانه‌ها مواد جامدی هستند که برای بوجود آوردن خصوصیات در رنگ پراکنده می‌شوند. این خصوصیات عبارتند از: رنگ، تیرگی، استقامت، قدرت مکانیکی و محافظت از زنگ‌زدگی. برای رسیدن به هدف مطلوب نهایی رنگدانه‌ها باید دارای خواص ویژه‌ای باشند. غالب رنگدانه‌ها ساختمان بلوری دارند و شکل و نوع بلور بر روی خواص آنها تاثیر می‌گذارد. اندازه و شکل ذرات رنگدانه خصوصیات بسیار مهمی هستند که بر تراکم و انباشتگی رنگپایه و ماتریس رنگ اثر می‌گذارند. اندازه ذرات همچنین در شفافیت فیلم نهایی موثر است. چگالی عامل مهم دیگری است که نه تنها در رسوب رنگدانه بلکه در حجم رنگدانه در وزن مشخص تاثیر می‌گذارد. بنابراین هنگام انتخاب رنگدانه برای رنگ فاکتورهای متعددی در نظر گرفته می‌شود.

خصوصیات عمومی رنگدانه‌ها به قرار زیر است:

- رنگ نهایی رنگدانه
- قدرت رنگ آرائی
- پایداری در برابر نور
- قابلیت انحلال رنگدانه: رو افتادن رنگ، انحلال در آب، انحلال در حلال و رزین و روغن، ناخالصی‌های محلول در آب آنرا بپوشاند که لایه زیرینش محو شود.
- اندازه ذرات: حداقل اندازه ذرات که قابلیت پخش نور و پوشاندگی عالی داشته باشد نصف طول موج نور مرئی است.
- شکل ذرات: شکل ذرات ممکن است مکعبی، کروی، گره گره، تیغه‌ای، سوزنی و یا ورقه‌ای باشد. ذرات چسبندگی لایه بعد را افزایش می‌دهد. کریستالهای ورقه‌ای بر روی هم قرار می‌گیرند و از امکان نفوذ آب به داخل فیلم رنگ می‌کاهند. شکل ذرات بر روی سیالیت رنگ، مقاومت رنگدانه در مقابل ته نشین شدن و پایداری فیلم رنگ موثر است.

- سنگینی ویژه رنگدانه

- فعالیت شیمیایی

- پایداری حرارتی

قابلیت انحلال رنگدانه به عوامل زیر بستگی دارد:

- ضریب شکست نوری

- طول موج نور تابیده شده

- قدرت جذب نور رنگدانه

- شکل و اندازه ذرات رنگدانه

رنگدانه‌ها به دو گروه اصلی پیگمنت‌ها و پرکننده‌ها تقسیم می‌شوند. پرکننده‌ها (اکستندرها) موادی هستند که در رنگپایه نامحلولند و عملاً هیچ نقشی در دادن رنگ و تیرگی به رنگپایه ندارند. این مواد برای تعدیل و اصلاح خواص رنگ اضافه می‌شوند. اکستندرها شامل کربنات کلسیم، کربنات سرب، سیلیکات آلومینیم، سیلیکات منیزیم، اکسید روی، میکا، سیلیس، سولفات کلسیم، آزبست، سولفات باریم و سولفات روی می‌باشند که هر کدام خواصی را به رنگ اضافه می‌کنند.

پیگمنت‌ها به دو دسته آلی و معدنی تقسیم می‌شوند که از نظر کاربرد با هم متفاوت و متمایز هستند. پیگمنت‌ها شامل دی اکسید تیتانیم، تری فسفو سیلیکات سرب، کرومات سرب، سیلیکو کرومات سرب بازی، پیگمنت‌های بر مبنای کادمیم، کرومات روی، تتراکسی کرومات روی، کرومات استرانسیم، اکسیدهای آهن، برنج، سیانامید سرب، سبز کروم، اکسید کروم، آبی اولترامارین، آهن آبی، آبی کبالت و آی کرولتان و بنفش کبالت، دوده، دوده استخوان، اکسید آهن سیاه، پیگمنت‌های آلومینیم، رنگدانه‌های برنز، اکسید جیوه از دسته پیگمنت‌های معدنی و گروه آنتراکینون، گروه ایندیگوئید، گروه بازی، گروه اسیدی و انواع پیگمنت‌های بخاری نظیر آزو، قرمزهای تولوئیدین، زرشکی تولوئیدین، قرمزهای پارا، قرمزهای مفتول، نارنجی‌های نترانیلین، زردهای هانزا، نارنجی ایرانی، پیگمنت‌های سبز کلائی از دسته پیگمنت‌های آلی می‌باشند.

ساختار شیمیایی، ساختار بلوری یا سنتزی یک پیگمنت شکل ذرات را معین می‌کند. ذرات اولیه یک پیگمنت ممکن است

کروی، گره‌ای، مکعبی، سوزنی و صفحه‌ای شکل باشد.

اندازه ذرات چند خاصیت مهم، شامل موارد زیر را کنترل می نماید:

- رنگ
- قدرت پخش پوشش
- براقیت
- قدرت رنگ آرایبی
- ویسکوزیته
- سرعت ته نشینی

ذرات بزرگتر سریعتر از ذرات کوچکتر رسوب می کنند و ذرات کوچکتر سخت تر از ذرات بزرگتر پخش می شوند؛ پخش نور

نیز می تواند توسط اندازه ذرات تحت تاثیر قرار گیرد

یکی از اجزای مهم رنگ حلال رنگ می باشد. حلالها مایعات فراری هستند که برای حل کردن رنگپایه یا رزین مربوطه به

رنگ افزوده می شوند. این مایعات می توانند نقش اصلاح کننده رنگ را نیز داشته باشند. بنابراین نه تنها یک حلال باید رزین را

حل کند بلکه باید ویسکوزیته مناسب را برای رنگ ایجاد کند. مهمترین خواص حلالهای رنگ عبارتند :

- قدرت حلالی
- میزان تبخیر
- رنگ
- نقطه اشتعال و قابلیت شعله‌وری
- مواد غیر فرار
- سنگینی ویژه
- نقطه جوش و طیف تبخیر
- میزان رطوبت
- اسیدیته یا قلیائیت

علاوه بر این مواد ذکر شده در بالا، مواد دیگری نیز برای ساخت، تثبیت، سهولت استفاده، مرغوبیت و نمود بهتر به مقدار کم به رنگ افزوده می‌شود که مواد افزودنی نام دارد. مقدار این مواد $2-4\%$ و حداکثر 5% وزن کل رنگ است. مواد افزودنی عبارتند از: خشک کننده‌ها، مواد ضد پوسته (ضد اکسایش)، مواد ضد ته‌نشینی (ضد رسوب)، مواد غلیظ کننده، مواد پخش کننده، مواد مرطوب کننده و مواد هم سطح کننده و مواد ضد خوردگی. مواد افزودنی دیگر از جمله ضد شناوری، ضد رگه رگه شدن و ... هر یک در رنگی ویژه و با هدفی معین بکار می‌روند.

۱-۳-۴-۲-۴- عوامل موثر در انتخاب پوشش‌های آلی در شرایط اتمسفری

انتخاب پوشش محافظتی برای یک سازه با شناسایی وظیفه آن، محیط اطراف آن، عملیات نگهداری و ظاهر مورد نیاز سازه شروع می‌شود. این شرایط ممکن است طوری باشد که احتیاج به محافظت کمی باشد یا اینکه هیچگونه محافظتی نیاز نباشد. برعکس، ممکن است طوری باشد که به آماده سازی سطحی بسیار خوب، پرایمر فرموله شده و لایه میانی و نهایی احتیاج باشد. جنبه اقتصادی ایجاب می‌کند که تمام عواملی که عملکرد رنگ را تحت تاثیر قرار می‌دهد مورد توجه قرار بگیرد تا در نهایت ارزانه‌ترین سیستم رنگ انتخاب شود.

سازه‌های فولادی براساس محیط قرارگیری به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

خشک: سازه‌های فولادی که در داخل مصالح ساختمانی یا بتن قرار می‌گیرند و یا داخل محیط خشک و غیر خورنده قرار می‌گیرند و یا اینکه در معرض اتمسفر البته در آب و هوای خشک قرار می‌گیرند، جزء این دسته می‌باشند. همچنین مکانهایی که محافظت کوتاه مدت در مقابل اتمسفر مورد نیاز است (کمتر از ۶ ماه) در اتمسفرهای شهری و روستایی یا اتمسفر صنعتی ضعیف در این گروه قرار می‌گیرند.

خشک البته در معرض اتمسفر: سازه‌های فولادی که در معرض آب و هوای روستایی، صنعتی و یا اتمسفر دریایی قرار دارند و به صورت نرمال خشک می‌باشند و در معرض گازهای شیمیایی خیلی خورنده ی صنایع شیمیایی سنگین، حالت غوطه‌وری و به صورت مداوم در معرض رطوبت بالا نمی‌باشند، دسته دوم را تشکیل می‌دهند.

متناوباً در محیط تر و رطوبت بالا: سازه‌های فولادی که متناوباً تر می‌شوند البته به صورت دائمی تر نمی‌باشند، سازه‌هایی که در معرض اتمسفر با رطوبت بالا قرار دارند، سازه‌هایی که خیلی کم و به ندرت در آب شیرین یا شور غوطه‌ور می‌شوند دسته ی سوم را به خود اختصاص می‌دهند.

کاملاً در محیط تر و یا غوطه‌ور در آب: این گروه شامل سازه‌هایی می‌باشد که دائماً در آب تازه غوطه‌ور هستند و یا سازه‌هایی که غالباً در آب تازه یا شور غوطه‌ور هستند. و یا سازه‌هایی که به صورت مداوم توسط کندانس شدن تر می‌شوند و یا اینکه سازه در معرض اتمسفری با رطوبت بسیار بالا قرار گرفته است.

کاملاً در محیط تر و یا غوطه‌ور در آب شور: سازه‌های فولادی که دائماً در آب دریا غوطه‌ور هستند و یا در منطقه ی پاشش هستند در این گروه قرار می‌گیرند.

مدفون در خاک: سازه‌های فولادی که در زیر خاکهای غیر خورنده، کمی خورنده و بسیار خورنده قرار دارند بطوریکه بسته به شرایط احتیاج به محافظتهای متفاوت دارند در این گروه قرار می‌گیرند.

مصون از زنگ‌زدگی: سازه‌هایی که احتیاج به محافظت آنی در محیطهای شدید و یا محافظت دائمی در محیطهای متوسط توسط ترکیبات ضد اکسید از نوع واکس یا گرین دارند، سطوح ماشینکاری شده قبل از نصب متعلق به این گروه می‌باشند.

در تماس با مواد شیمیایی: سازه‌های فولادی که در معرض گازها و بخارهای خورنده شدید در اتمسفر می‌باشند، سازه‌هایی که گاهی در معرض پاشش مواد شیمیایی خیلی خورنده می‌باشند و یا اینکه سازه در داخل مواد شیمیایی غوطه‌ور باشد البته مواد رنگ در ماده شیمیایی حل نشود و مورد هجوم ماده شیمیایی قرار نگیرد گروه آخر را تشکیل می‌دهد.

برای هر کدام از محیطهای بالا سیستم‌های رنگ خاصی پیشنهاد می‌شود. البته در هر کدام از محیطهای بالا شدت نیز مهم است. مثلاً در شرایط تماس با مواد شیمیایی شدت محیط شیمیایی مهم است. در ضمن شرایط کاری سازه نیز باید مدنظر قرار بگیرد. عبارت دیگر اینکه در شرایط کاری کدام خاصیت رنگ بیشتر مورد توجه است و اهمیت بیشتری دارد. نکات مهمی که در عملکرد رنگها بیشتر مدنظر است در زیر آورده شده است.

الف) مقاوم به سایش

نسبتاً زیادی، مقاومت خود را از دست داده و به حالت پودری شکل در می‌آیند. بنابراین مشاهده می‌شود که مشخص کردن این نکته که محیط عملیاتی پوشش محیطی اکسید کننده است یا خیر در انتخاب پوشش رنگ برای سازه‌های فلزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اپوکسی‌ها و پلی‌یورتان‌ها از دسته پوشش‌های رنگی هستند که مقاومت قابل توجهی در برابر محیط‌های اکسید کننده از خود نشان می‌دهند.

ه) گرفتگی

سطح باید از رنگ‌های قدیمی تمیز شود. گریس زدایی شود. سطح سخت فولاد باید توسط یک غیر رنگ غیر خورنده پوشانده شود، زیر این پوشش واش پرایمر باید استفاده شود. رنگ غیر خورنده مقاومت شیمیایی خوبی باید داشته باشد. و سیستم وینیلی برای این کار مناسب است.

و) رطوبت و چگالش بالا

برای بیشترین عمرکاری پوسته‌زدایی کامل و زدودن زنگ اکسیدی لازم می‌باشد. برای مکانهایی که امکان سندبلاست نباشد از شعله یا تمیزکاری دستی می‌توان استفاده کرد. البته باید با دقت انجام شود. در این شرایط واش پرایمر و یا فسفات‌ها کردن پیشنهاد می‌شود.

ز) pH محیط

محدوده اسیدی یا قلیایی بودن شدید محیط (pH بسیار کم یا بسیار زیاد) تاثیر شگرفی بر عملکرد پوشش‌های رنگ دارد. در تماس قرار گرفتن یک سازه فلزی حاوی پوشش با محیط‌هایی که pH آنها از حد خنثی خارج است و به سمت اسیدی یا بازی میل می‌کند، راندمان حفاظتی پوشش را تغییر می‌دهد. از این رو تعیین دقیق pH محیط در تماس با پوشش رنگ برای انتخاب یک سیستم حفاظتی مناسب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هر چند برای سازه‌هایی که در تماس با اتمسفر خشک هستند این عامل چندان تعیین کننده نیست اما برای پوشش‌هایی که در محیط‌های مرطوب کار می‌کنند و یا غوطه‌ور در محیط خورنده

هستند از اهمیت خاصی برخوردار است. برای عملکرد بهینه ی پوشش رنگ در چنین محیطهایی دو ویژگی ذیل بسیار حیاتی هستند:

- نرخ نفوذ پذیری رطوبت پائین سیستم پوشش

- عدم واکنش دهی سیستم پوشش با محیط

مقاومت سیستم‌های رنگ به مواد قلیایی از آن جهت حائز اهمیت است که محصولات خوردگی روی سازه‌ها، شدیداً قلیایی هستند. به این ترتیب اگر سیستم رنگ به مواد قلیایی مقاوم نبوده و با آن واکنش دهند، نقش حفاظتی خود را از دست خواهند داد. بویژه زمانی که پوششی از رنگ به روی بتن اعمال می‌شود که محیطی بسیار قلیایی است اهمیت این موضوع دو چندان خواهد شد.

تجربه نشان داده است که وینیل‌ها، رابر کلرینه شده (رزین حاصل از واکنش لاستیک با کلر که به راحتی در حلالهای هیدروکربنیک قابل حل است و مقاومت شیمیایی خوبی دارد) و اپوکسی‌ها مقاومت قابل قبولی در محیطهای با pH بسیار بالا یا بسیار پایین دارند. این در حالی است که رنگ‌های روغنی و آلکیدها بدلیل مقاومت کم در برابر محیطهای قلیایی، نباید در این محیطها مورد استفاده قرار بگیرند.

ک) سیکل‌های حرارتی

سازه فلزی ممکن است بصورت موضعی و یا عمومی تحت تاثیر تغییرات دمایی محیط و یا تجهیزات گرمایش و سرمایش که در مجاورت سیستم سازه قرار می‌گیرند واقع گردند که این سیکل‌های دمایی تاثیر مستقیمی بر روی ویژگیهای فنی پوشش بر جای می‌گذارد. اعمال تغییرات دمایی بر سازه و در نتیجه بر پوشش می‌تواند عملکرد پوشش رنگ را تحت تاثیر قرار دهد. مهمترین عامل بروز تغییرات دمایی، گرم و سرد شدن هوا است. سازه‌ای که در شرایط اتمسفری قرار دارد سیکل‌های گرم و سرد شدن متناوبی را بواسطه گرم و سرد شدن هوا متحمل می‌گردد و طبیعتاً چنین تغییراتی به پوشش رنگ موجود بر سازه نیز تحمیل می‌گردد.

سیکلهای حرارتی می‌توانند سبب انقباض و انبساط سازه و پوشش گردند. برای اینکه یک سیستم پوشش رنگ بتواند در شرایط عملیاتی دارای سیکلهای حرارتی متناوب خوب عمل کند بایستی قادر باشد به اندازه خود فلز پایه، در اثر تغییرات دمایی منقبض و منبسط شود. در صورتیکه یک سازه فلزی بطور مثال بدلیل قرار گرفتن در معرض نور خورشید گرم شود و یا بواسطه ی غروب خورشید و یا ابری شدن هوا دمای خود را از دست بدهد، انقباض و انبساط در آن رخ می‌دهد. حال اگر پوشش رنگ نتواند به همان میزان انبساط یا انقباض پیدا کند، وجود اختلاف بین ضرایب انبساط و انقباض حرارتی فلز پایه و پوشش رنگ، تنشهایی را در پوشش ایجاد می‌نماید که می‌تواند سبب ترک برداشتن و جدایش لایه پوشش گردد. به همین دلیل بهترین حالت برای کاهش تاثیرات مخرب سیکلهای حرارتی، یکسان بودن و یا حداقل نزدیک بودن ضرایب انبساط حرارتی پوشش رنگ و پایه فلزی است. آکرلیک‌ها، وینیل‌ها و پوشش‌های معدنی غنی از روی مقاومت بسیار خوبی نسبت به تغییرات دمایی و سیکلهای حرارتی دارند و می‌توانند در جهت کاهش اثرات نامطلوب ناشی از این تغییرات بکار گرفته شوند.

ل) اشعه ماوراء بنفش

با توجه به اینکه سازه‌های فلزی معمولاً در محیطهای رو باز و از نظر موقعیت جغرافیایی محیط در معرض شدتهای متفاوتی از اشعه خورشید قرار دارند، در نظر داشتن این نکته در انتخاب پوشش مهم است. اشعه خورشید طیف وسیعی از طول موجها را در بر می‌گیرد که بخشی از آن در محدوده طول موج فرا بنفش^۱ قرار دارد.

قرارگیری یک سیستم پوشش رنگ در معرض اشعه فرا بنفش می‌تواند کاهش قدرت حفاظتی پوشش از سازه را به دنبال داشته باشد. سازه‌های فلزی و پوششهای محافظ که در معرض نور خورشید قرار دارند از گزند امواج ماوراء بنفش در امان نبوده و لذا انتخاب یک سیستم پوشش در چنین شرایطی مستلزم در نظر گرفتن مقاومت کافی پوشش نسبت به این امواج مخرب می‌باشد. نور خورشید قادر است حتی در دوره‌های زمانی کوتاه مدت سبب تغییر رنگ و ترد شدن لایه‌های پوشش محافظ گردد. این تغییرات علاوه بر صدمه زدن به ظاهر سازه، کاهش خواص حفاظتی پوشش را نیز در بر دارد. از سیستمهای پوششی که مقاومت خوبی در برابر امواج فرابنفش از خود نشان داده‌اند می‌توان به پلی یورتان‌های آکرلیک خطی اشاره داشت. در این

1- Ultra Violet (UV)

میان آکلیدها و رنگهای روغنی با قرار گیری در معرض نور خورشید و امواج فرابنفش خواص خود را از دست داده و لذا برای این شرایط مناسب نیستند. اما ایجاد تغییراتی در ترکیب آنها می‌تواند به بهبود خواص آنها منجر شود. افزودن سیلیکون به آکلید می‌تواند مقاومت آن را در برابر امواج فرابنفش بطور قابل توجهی افزایش دهد. بدلیل همین افزایش مقاومت و تغییرات مطلوب دیگری که در خصوصیات آکلیدها با افزودن سیلیکون به آنها ایجاد می‌شود، از سیلیکون آکلید به عنوان پوشش نهایی بر روی آکلیدهای معمولی استفاده می‌گردد.

م) سطوح دما بالا

در مکانهایی که دما تا 120°C می‌باشد، آماده سازی سطحی باید به صورت کافی صورت بگیرد و سیستم‌های آکلیدی اغلب استفاده شود. سیستم‌های آکلیدی روی سطح تمیز فولاد اعمال می‌شود. وقتی دمای محیط بین 120°C - 290°C باشد سندبلاست و یا اسیدشویی و عملیات فسفات‌گرم مناسب به نظر می‌آید. در دماهای بالاتر از 290°C علاوه بر سندبلاست می‌بایستی زنگ، آلودگی، روغن و گریس کاملاً زدوده شوند.

س) شرایط حلال

بسیاری از مواد معدنی غیر خورنده هستند اما حلالهای با قدرت کافی برای حل کردن رنگها و پوششها می‌باشند. این امر ممکن است باعث در معرض قرار گرفتن فلز شود و یا اینکه باعث آلودگی محصول شود زیرا بعضی حلالها خورنده هستند. بنابراین باید رنگ طوری انتخاب شود که حل نشود. حلالیت به درجه حرارت بستگی دارد، چه بسا موادی که در دمای پایین غیرحلال هستند اما در دمای بالا در حلال حل شوند.

ع) مقررات زیست محیطی

در کنار محدودیت‌های مختلفی که به لحاظ ویژگی‌های حفاظتی پوششهای مختلف، نظیر مشخصات فنی سیستم پوشش، هزینه، امکانات و شرایط اجرایی وجود دارد، یک محدودیت بزرگ دیگر نیز در رابطه با انتخاب پوشش رنگ برای سازه‌های فلزی مقررات زیست محیطی است. مقررات و محدودیت‌های زیست محیطی اجازه استفاده از هرگونه پوشش محافظ را

نمی‌دهند و لازم است تا سیستم‌های پوشش انتخاب شده ویژگی‌های خاصی را به لحاظ آلودگی‌های زیست محیطی دارا باشند. مقررات زیست محیطی در خصوص اعمال رنگ بر سازه‌های فلزی از دو دیدگاه مختلف قابل بررسی هستند. محدودیت اول در رابطه با نوع پوشش انتخاب شده به لحاظ ترکیب شیمیایی و میزان ترکیبات آلی فرار آن و محدودیت دوم در خصوص نحوه زدودن رنگ قبلی موجود بر سازه و اعمال سیستم رنگ جدید می‌باشد.

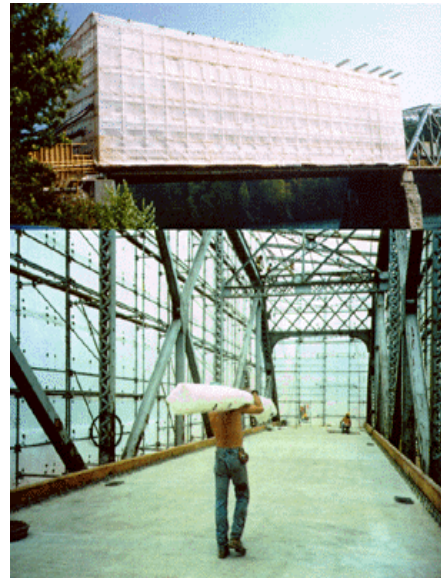
یکی از مشخصه‌های حائز اهمیت هر سیستم رنگ، میزان ترکیبات آلی فرار^۱ در آن می‌باشد. بطور معمول سیستم‌های رنگ حاوی حلالهایی هستند که خاصیت فراریت داشته و تصاعد آنها به هوا سبب بروز مشکلات زیستی برای انسان و موجودات زنده دیگر می‌گردد. به همین دلیل انجمن‌ها و تشکیلات گوناگونی در کشورهای مختلف دنیا سازماندهی شده‌اند تا بتوانند با ایجاد محدودیت‌هایی برای میزان ترکیبات آلی فرار سیستم‌های رنگ گوناگون، سلامتی بیشتر موجودات زنده را تضمین نمایند. آژانس حفاظت زیست محیطی امریکا نمونه‌ای از این تشکیلات است که در سال ۱۹۶۶ با انتشار استاندارد، حداکثر میزان ترکیبات آلی فرار مجاز را برای ۵۵ سیستم رنگ مختلف صنعتی اعلام نمود. همانگونه که ذکر شد این مقررات در کشورهای مختلف، با اعداد و ارقام متفاوتی ارائه شده است اما نکته مشترک بین تمامی آنها این است که این محدودیت‌ها همواره در حال تشدید می‌باشند. در جدول ۱۱ حد مجاز ترکیبات آلی فرار برای چند سیستم رنگ مختلف در سال ۱۹۹۸ در امریکا به امضاء رسید، بیان شده است.

جدول ۱۱ - حد مجاز ترکیبات آلی فرار برای سیستم‌های رنگ مختلف تعیین شده در ۱۹۹۸ در آمریکا

نوع رنگ	حد مجاز VOC (گرم در لیتر)	حد مجاز VOC (پوند در گالن)
رنگهای ضد فولینگ (محافظ در برابر میکرو ارگانیسم‌ها)	۴۵۰	۳/۸
رنگهای محافظ بتن	۴۰۰	۳/۳
رنگهای ضد حریق (شفاف)	۸۵۰	۷/۱
رنگهای صنعتی سازه‌ای	۴۵۰	۳/۸
رنگهای حاوی پیگمنت‌های فلزی	۵۰۰	۴/۲
پرایمرها و زیر لایه‌ها	۴۵۰	۳/۸
رنگهای استخری	۶۰۰	۵/۰

یکی از راه‌حلهایی که برای حل این مشکل ارائه شده است، استفاده از سیستم‌های رنگ تمام-جامد است. غالب این سیستمها از حداقل دو جزء تشکیل شده‌اند که طی یک واکنش شیمیایی بر روی سطح سازه پلیمریزه شده و فیلمی جامد را شکل می‌دهند. استفاده از اینگونه رنگها هیچگونه ترکیبات آلی فراری را متصاعد نخواهد نمود و بنابراین تاثیر مخربی بر محیط زیست نخواهد داشت.

اما بعد دوم محدودیت‌های زیست محیطی در رابطه با پوشش‌دهی سازه‌های فلزی، محدودیت‌های نحوه آماده‌سازی سطح، زدودن رنگ قبلی و اعمال رنگ جدید است. هر یک از این فرایندها قادرند آسیب‌های شدیدی را به لحاظ آلودگی به محیط زیست وارد نمایند. زدودن رنگ قبلی موجود بر سازه و آماده‌سازی سطحی، فرایند معمولی است که بر روی سازه‌های فلزی که قرار است با پوشش رنگ جدید حفاظت شوند انجام می‌گردد. برای اینکار روشهای گوناگونی وجود دارد که هر یک با توجه به نوع فرایند می‌تواند محیط اطراف را آلوده نماید. روش سندبلاست از روشهای رایج آماده سازی سطحی است که گردوغبار زیادی را در حین پروسه تولید می‌نماید. بویژه زمانی که رنگ قبلی موجود بر سازه، رنگ سرب‌دار باشد پخش شدن حجم عظیمی از سرب در اتمسفر اطراف سازه، خطرات زیست محیطی قابل توجهی را در پی خواهد داشت. در فرایند اعمال رنگ نیز متصاعد شدن ترکیبات فرار رنگ پیامدهای مشابهی را داراست. از اینرو استانداردهای گوناگون زیست محیطی، مجریان طرحهای اعمال رنگ بر سازه‌های فلزی را ملزم به استفاده از حفاظ در هنگام عملیات آماده‌سازی سطح و اعمال پوشش رنگ کرده است. شکل ۳۲ نمونه‌ای از بکارگیری حفاظ برای جلوگیری از پخش شدن رنگ و آلودگی‌های ناشی از آماده‌سازی سطح حین عملیات اعمال رنگ محافظ بر یک سازه فلزی را نشان می‌دهد. در صورتیکه از آب برای شستشوی سطح سازه استفاده‌گردد مقررات زیست محیطی اجازه نمی‌دهد تا آب آلوده پس از مصرف دوباره به سیستم‌های آبی طبیعی یا فاضلابها وارد شود. اینگونه آبها قبل از رهاسازی بایستی تصفیه شده، ترکیبات خطرناک آنها نظیر سرب خنثی شده، pH آن تنظیم گردیده و سپس رها شوند. اهمیت جلوگیری از آلودگی آب مصرف شده در فرایند شستشوی سازه، جلوگیری از متصاعد شدن گردوغبار به محیط اطراف و جلوگیری از پخش شدن ترکیبات آلی فرار موجود در رنگ هنگام اعمال آن زمانی چندین برابر خواهد شد که محیط زیست اطراف شامل یک جریان آبی طبیعی نظیر رودخانه و یا دریا باشد. در اینحالت غفلت از مقررات زیست محیطی، زندگی چندین گونه موجودات زنده دریایی را با مخاطره روبرو خواهد نمود.



شکل ۳۲- بکارگیری حفاظت برای جلوگیری از آلودگی محیط اطراف سازه حین عملیات آماده‌سازی سطحی و اعمال رنگ.

ف) شرایط آماده سازی سطح

انتخاب پوشش می‌تواند با توجه به نوع آماده سازی سطحی سازه تحت تاثیر قرار بگیرد، به بیان دیگر برای اعمال هر نوع سیستم رنگ، یک درجه آماده سازی سطحی و تمیزی سطح مورد نیاز است و بالعکس، برای سطوحی با آماده سازی خاص و درجه تمیزی و زبری مشخص، سیستم‌های رنگ مشخصی را می‌توان اعمال نمود. درجه آماده سازی سطح معمولاً بوسیله درجه خوردگی محیط سازه تعیین می‌شود. به عنوان یک قانون کلی هر چه محیط اطراف سازه‌ای که قرار است پوشش داده شود خورنده تر باشد، درجه آماده سازی بیشتر و تمیزی بالاتری احتیاج است. آماده سازی صحیح سطح قبل از اعمال پوشش رنگ تاثیر مستقیمی بر چسبندگی پوشش و طول عمر آن دارد. در کنار تمیزی سطح، زبری سطح فاکتور دیگری است که در تعیین درجه چسبندگی پوشش به زمینه نقش بارزی ایفا می‌کند. به عنوان یک قانون کلی در رابطه با زبری، برای پوششهایی تا ضخامت $0/3$ میلی‌متر، عمق زبری‌ها بایستی بین $0/25$ تا $0/33$ ضخامت پوشش باشند. ایجاد یک زبری سطحی مطلوب با هدف امکان ایجاد باندهای مکانیکی بین فلز پایه و پوشش صورت می‌گیرد. در کنار این افزایش زبری سطحی، سطح مؤثر سازه که با پوشش در تماس قرار می‌گیرد افزایش یافته و این عامل خود چسبندگی بهتر پوشش را به همراه دارد.

ض) شرایط اعمال پوشش

علاوه بر شرایط مختلف آماده سازی سطح، خود شرایط گوناگون اعمال پوشش بر سازه نیز روی انتخاب نوع پوشش تاثیر داشته و اجازه انتخاب هر نوع پوششی را نمی‌دهد. گاهی اوقات محدودیت‌های زیست محیطی اجازه اجرای برخی از روشها مثل اسپری کردن رنگ بر روی سازه را نمی‌دهند. از سوی دیگر برخی از سیستمهای رنگ، تنها با روشهای خاصی قابلیت اعمال دارند. بنابراین مشاهده می‌شود که نوع اعمال رنگ بر انتخاب پوشش برای سازه‌های فلزی مؤثر بوده و در نظر گرفتن این پارامتر در انتخاب حائز اهمیت است.

ح) تاثیر سیستمهای حفاظت کاتدی

با توجه به اینکه اعمال سیستمهای پوشش بر سازه‌های فلزی برای جلوگیری از فرآیند خوردگی صورت می‌پذیرد، اما در برخی شرایط که خوردگی محیط بالا است (نظیر محیط آب دریا) استفاده از یک روش حفاظتی به تنهایی کافی بنظر نمی‌رسد و برای کاهش خوردگی سازه فلزی تا حد مطلوب لازم است تا از روشهای دیگر در کنار استفاده از پوششهای محافظ استفاده شود. از روشهای مؤثر دیگری که عموماً برای کاهش خوردگی سازه‌های فلزی استفاده می‌شود، می‌توان به حفاظت کاتدی اشاره داشت.

استفاده همزمان از سیستمهای حفاظت کاتدی و پوششهای رنگ جهت مهار خوردگی رایج بوده و نتایج قابل قبولی در بر داشته است، اما نکته حائز اهمیت در این رابطه آن است که اجرای حفاظت کاتدی تاثیر منفی بر عملکرد پوشش رنگ نداشته و سبب کاهش چسبندگی آن به سازه نگردد.

ط) توصیه عرضه کنندگان پوشش

عرضه کنندگان سیستمهای پوشش محافظ و مجریان این عملیات، غالباً اطلاعات گرانبهایی در رابطه با ویژگی‌های انواع سیستمهای رنگ، پارامترهای اجرایی در راستای انتخاب بهینه پوششها در اختیار دارند. بنابراین می‌توان در انتخاب سیستمهای پوشش از مشورت و توصیه عرضه کنندگان و مجریان پوشش بهره گرفت. اما زمانی که اطلاعات کافی در رابطه با خوردگی محیط و تاثیر عوامل محیطی بر پوشش رنگ در دسترس نباشد، آزمایشات میدانی توصیه می‌شود. برای این کار لازم است تا

یک قطعه آزمایشی پوشش داده شده براساس استاندارد ASTM D5064 تهیه شده و برای مدت زمان مشخص در شرایط سازه قرار داده شود. انجام این آزمایش که قبل از رنگ آمیزی کامل سازه در مقیاس وسیع انجام می‌شود می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در خصوص عملکرد رنگ در شرایط واقعی بدست دهد.

ی) هزینه

در کنار تمامی عوامل محیطی و فاکتورهای عملیاتی اعمال پوشش رنگ بر سازه فلزی، عاملی که شاید بیشترین تاثیر را در انتخاب سیستم پوشش داشته باشد هزینه ی اعمال آن است. در واقع کارایی فنی یک سیستم پوشش در کنار هزینه‌های اعمال آن از مهمترین عوامل موثر بر انتخاب نوع پوشش هستند و لازم است تا تعادل معقولی بین این دو ایجاد گردد

ظ) عوامل دیگر

پارامترهای دیگری نظیر مدت زمان عمر قابل انتظار از پوشش رنگ، اهمیت استراتژیک سازه، سن و وضعیت پوشش موجود بر سازه، وضعیت سازه به لحاظ سازه‌ای و مدت زمان مورد نیاز برای اتمام عملیات آماده‌سازی و اعمال رنگ، از دیگر عواملی هستند که به عنوان فاکتورهای مؤثر در انتخاب سیستم‌های رنگ برای سازه‌های فلزی در نظر گرفته می‌شوند.

جدول ۱۲- پوشش‌های محافظ توصیه شده برای شرایط محیطی گوناگون

وضعیت محیطی	سیستم‌های رنگ پیشنهاد شده
دماهای بالا	پوشش‌های حاوی سیلیکون و ذرات ورقه‌ای شکل فلزی
دماهای پایین	پوشش‌های غنی از روی
رطوبت بالا	اپوکسی‌ها و وینیل‌ها
غوطه‌وری پوشش در آب	اپوکسی‌ها، وینیل‌ها، پوشش‌های غنی از روی
محیط اکسید کننده	اپوکسی‌ها، پلی‌یورتان، رابر کلرینه شده
pH بالا یا پائین	اپوکسی‌ها، وینیل‌ها و رابر کلرینه شده
سیکلهای حرارتی متناوب	اکریلیک‌ها، وینیل‌ها، پوشش‌های معدنی غنی از روی
اشعه ماوراء بنفش	پلی‌یورتان‌های خطی اکریلیک، سیلیکون الکید
ضربه و سایش	اپوکسی‌ها و پلی‌یورتان‌ها

با توجه به عوامل یاد شده در بالا و اهمیت آنها در انتخاب سیستم‌های پوشش رنگ برای سازه‌های فلزی، لازم است دقت کافی در تعیین هر یک از آنها صورت گیرد تا انتخابی صحیح و بهینه انجام شود. به لحاظ اهمیت نقش عوامل محیطی در انتخاب یک سیستم پوشش در جدول ۱۲ شرایط محیطی گوناگون و سیستم‌های رنگ پیشنهاد شده برای آنها ارائه شده است. بنابراین در انتخاب رنگ مناسب عوامل مختلفی دخیل هستند که از مهمترین آنها می‌توان به شرایط محیطی، عملکرد رنگ، در دسترس بودن و نحوه‌ی اعمال را نام برد. البته جنبه اقتصادی رنگ نیز باید مورد توجه قرار گیرد. یعنی اینکه با توجه به شرایط چند سیستم رنگ انتخاب می‌شود و در نهایت برآورد اقتصادی انجام شده و سیستم‌های رنگ محدودتر می‌شود. سپس رنگ‌های انتخاب شده تحت تست آزمایشگاهی قرار می‌گیرد و باز تعداد رنگ‌ها محدودتر می‌شود. و در نهایت با توجه به جواب آزمایشات و جنبه اقتصادی، رنگ مناسب پیشنهاد داده می‌شود.

۱-۳-۵- جدول فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

نتایج بررسی بخش‌های مختلف انواع خوردگی در صنعت برق (تولید، انتقال و توزیع) و فناوری‌های کنترل خوردگی در آن‌ها به صورت خلاصه در جدول ۱۳ نشان داده شده است. در این جدول، اجزای اصلی بخش‌های تولید و انتقال و توزیع که در معرض خوردگی قرار دارند در ستون‌های عمودی و فناوری‌های کنترل خوردگی در ردیف‌های افقی نشان داده شده است. همچنین به منظور نشان دادن وضعیت فناوری‌های کنترل خوردگی در کشورمان، وضعیت‌های گوناگون برای هر فناوری با رنگ خاصی نشان داده شده است. رنگ سبز نشان دهنده‌ی فناوری‌های موجود در کشور است که به صورت صحیح مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد و کشور ما توانایی ساخت تجهیزات و اعمال فناوری را دارد. همانطور که مشاهده می‌شود، هیچ یک از فناوری‌های کنترل خوردگی در کشور دارای این وضعیت نبوده و رنگ سبز در جدول مشاهده نمی‌شود. رنگ قرمز نشان دهنده‌ی فناوری‌هایی است که در کشور ما موجود نبوده و در کشورهای پیشرفته به منظور کنترل خوردگی در صنعت برق مورد استفاده قرار می‌گیرد.

رنگ نارنجی نشان دهنده ی فناوری هایی است که در کشور موجود است، اما بهره برداری از فناوری صحیح نیست و فناوری ساخت داخل است.

رنگ صورتی نیز نشان دهنده ی فناوری هایی است که در کشور موجود است، اما امکان ساخت فناوری در داخل کشور وجود ندارد (فناوری وارداتی است).

در بین رنگ های موجود در جدول، ۲۶ درصد مربوط به رنگ قرمز، ۴۴ درصد مربوط به رنگ صورتی و ۳۱ درصد مربوط به رنگ نارنجی می باشد. هم چنین همانطور که مشاهده می شود، رنگ سبز در جدول وجود ندارد.

توزیع و انتقال برق				تولید برق												
				تجهیزات آبار شده	سازه های بتنی	لوله های انتقال سوخت یا آب	مخازن	نیروگاه آبی		نیروگاه گازی			نیروگاه بخاری			
برق آلات	مقره ها	پایه ها	هادی ها					اجزای توربین	قطعات مسیبر داغ	کمپرسور	برج خنک کن	کندانسور	توربین	بویلر		
✓			✓				✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	پوشش های فلزی	۲- پوشش های محافظ
✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓	✓				پوشش های آلی	
✓		✓	✓				✓				✓				پوشش های گالوانیزه	
				✓											پوشش های موقت سطحی	
									✓				✓	✓	پوشش های نفوذی	
									✓				✓	✓	پوشش های روکشی	
									✓						پوشش های سد حرارتی	
							✓		✓						پوشش های سرامیکی	
		✓			✓	✓	✓				✓	✓			روش آند فدا شونده	۳- حفاظت

توزیع و انتقال برق				تولید برق										روش اعمال جریان	کاتدی	
برق آلات	مقره ها	پایه ها	هادی ها	تجهیزات اتیار شده	سازه های بتنی	لوله های انتقال سوخت یا آب	مخازن	نیروگاه آبی		نیروگاه گازی			نیروگاه بخاری			
								اجزای توربین	قطعات مسیر داغ	کمپرسور	برج خنک کن	کندانسور	توربین	پویلر		
				✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓			✓	۴- افزودنی و بازدارنده خوردگی
✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۵- پایش خوردگی
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	۶- بازرسی فنی

جدول ۱۳- فناوری های کنترل خوردگی در بخش های مختلف صنعت برق

فناوری در کشور موجود نیست

فناوری در کشور موجود است. بهره برداری صحیح نیست. فناوری وارداتی است.

فناوری در کشور موجود است. بهره برداری صحیح نیست. فناوری ساخت داخل است.



۲۱۵

سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال

و توزیع)

ویرایش اول، آبان ۱۳۹۳

فاز ۲: هوشمندی فناوری

فناوری در کشور موجود است. بهره برداری صحیح است. فناوری ساخت داخل است.

۲- آینده پژوهی

امروزه تغییرات فناورانه با نرخ سریع‌تری از گذشته به وقوع می‌پیوندند. تغییرات فناوری و به دنبال آن تغییر در دیگر جنبه‌های زندگی از طریق:

- افزایش روز افزون وابستگی متقابل کشورها و ملل،

- تمرکززدایی جوامع و نهادهای موجود که به دلیل گسترش فناوری اطلاعات، شتاب بیشتری یافته است و تمایل

روزافزون به جهانی شدن به همراه حفظ ویژگی‌های ملی، قومی و فرهنگی

لزوم درک بهتر از "تغییرات" و "آینده" را برای دولت‌ها، کسب و کارها، سازمان‌ها و مردم ایجاد می‌کند. آینده اساساً قرین به عدم قطعیت است. با این همه، آثار و رگه‌هایی از اطلاعات و واقعیات که ریشه در گذشته و حال دارند، می‌توانند رهنمون‌هایی برای افزایش فهم نسبت به آینده باشند. عدم قطعیت نهفته در آینده برای بعضی، توجیه کننده‌ی عدم دوراندیشی آنان است و برای عده‌ای دیگر منبعی گرانبها از فرصت‌ها می‌باشد. در اینجا است که نقش مطالعات پیرامون آینده یا همان آینده‌پژوهی بیش از هرچیز احساس می‌شود.

آینده‌پژوهی دانش و معرفتی است که منجر به بازشدن دید سیاستگذاران نسبت به رویدادها، فرصت‌ها و چالش‌های احتمالی آینده شده و از طریق کاهش ابهام‌ها و تردیدهای فرساینده، توانایی انتخاب‌های هوشمندانه را افزایش می‌دهد [۴۰-۳۸].

فعالیت‌های مربوط به آینده‌پژوهی در راستای دو مسیر آینده‌های اکتشافی و آینده‌های هنجاری به انجام می‌رسد. دانش حاصل از آینده‌پژوهی اکتشافی این اجازه را به سیاست‌گذاران می‌دهد تا بدانند که به کجاها می‌توانند بروند. در مقابل، آینده‌پژوهی هنجاری مشخص می‌کند که فرایندهای توسعه به کجاها باید بروند.

یکی از روش‌هایی که به کمک آن مطالعات آینده‌پژوهی حول حوزه‌های فناورانه شناسایی شده و به انجام می‌رسد، روندیابی می‌باشد که می‌تواند در قالب تحلیل روند انجام شود. هدف از تحلیل روند، مطالعه‌ی یک روند مشخص به منظور کشف ماهیت، علت‌های بروز، سرعت توسعه و پیامدهای بالقوه‌ی آن است [۳۸-۴۰].

به منظور بررسی روند استفاده و توسعه فناوری‌های کنترل خوردگی در کشورهای پیشرفته، مقالات به چاپ رسیده توسط محققین این کشورها و نیز پروژه‌های انجام گرفته در مراکز تحقیقاتی بزرگ در زمینه خوردگی در دنیا مورد بررسی قرار گرفته است.

ابتدا تعداد مقالاتی که توسط تعدادی از کشورهای پیشرفته در سال‌های گذشته در زمینه فناوری‌های کنترل خوردگی در ژورنال‌های معتبر به چاپ رسیده، به عنوان معیار بررسی در نظر گرفته شده است. روند توسعه فناوری‌های کنترل خوردگی با استفاده از بررسی تعداد این مقالات در زمینه‌های گوناگون مورد تحلیل قرار گرفته است.

پس از آن پروژه‌های انجام گرفته توسط تعدادی از پژوهشگاه‌های برق و مراکز تحقیقاتی خوردگی بزرگ کشورهای دیگر مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی این پروژه‌ها می‌تواند به ما نشان دهد که در حال حاضر مراکز تحقیقاتی بزرگ دنیا بیشتر در چه زمینه‌هایی از کنترل خوردگی و فناوری‌های آن فعالیت می‌نمایند و یا به عبارتی درصدد توسعه کدام یک از فناوری‌های کنترل خوردگی می‌باشند.

تعداد مقالات به چاپ رسیده بیشتر در یک زمینه خاص، می‌تواند نشان‌دهنده جذابیت بیشتر آن موضوع به دلیل کارایی بالاتر و . . . باشد. با افزایش روز افزون تعداد مقالات به چاپ رسیده توسط کشورهای پیشرفته در زمینه خوردگی خاص می‌توان گفت تمرکز این کشورها بر روی آن فناوری در طول زمان افزایش یافته است که می‌تواند معیار خوبی برای بررسی روند استفاده از فناوری‌های مختلف کنترل خوردگی و نیز میزان تمرکز کشورهای پیشرفته در جهت توسعه این فناوری‌ها باشد. در صورتی که تعداد مقالات به چاپ رسیده در زمینه یکی از فناوری‌ها روند کاهشی داشته باشد، می‌تواند نشان‌دهنده این موضوع باشد که فناوری مورد نظر دارای معایبی است که میزان جذابیت تحقیق را کاهش می‌دهد.

۲-۱- بررسی پروژه‌های علمی و تحقیقاتی انجام گرفته توسط محققین کشورهای پیشرفته

به منظور بررسی روند تحقیق و توسعه فناوری‌های کنترل خوردگی، کشورهای آمریکا، انگلستان، کانادا، فرانسه، ایتالیا، اسپانیا، آلمان، ژاپن، کره و چین انتخاب شده‌اند. تعداد مقالات به چاپ رسیده در ژورنال‌های معتبر موجود در سایت Science Direct که توسط محققین ۱۰ کشور پیشرفته‌ی منتخب مذکور به چاپ رسیده مورد بررسی قرار گرفته است. ابتدا هر کدام از

فناوری های کنترل خوردگی به طور جداگانه در نظر گرفته شده و تعداد مقالات به چاپ رسیده از سال ۲۰۰۰ تا امروز برای هر کدام از این کشورها از سایت مذکور استخراج شده است. سپس سهم هر کدام از کشورها از مقالات چاپ شده بر حسب درصد محاسبه شده و به صورت نمودار با یکدیگر مقایسه شده است، تا مشخص شود که در طی ۱۵ سال اخیر کدام کشورها بیشترین کار تحقیقاتی را بر روی فناوری مورد نظر انجام داده اند. پس از آن روند انجام تحقیقات برای ۵ کشور اول، از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۴ مورد بررسی قرار گرفته است. این کار می تواند مشخص نماید که انجام تحقیقات توسط کشورهای منتخب بر روی کدام یک از فناوری ها در طول زمان افزایش یافته است، که می تواند نشان دهنده ی آن باشد که فناوری مورد نظر توسط این کشورها دارای جذابیت بوده و آن ها در صدد توسعه ی آن فناوری در طی سال های اخیر بوده اند.

سپس کشورهایی که در تمامی فناوری ها بیشترین کار تحقیقاتی را انجام داده اند انتخاب شده و برای هر کدام از کشورها به طور جداگانه تعداد مقالات به چاپ رسیده از سال ۲۰۰۰ تاکنون برای هر کدام از فناوری های کنترل خوردگی بر حسب درصد با یکدیگر مقایسه شده است. این کار می تواند نشان دهد که هر کدام از این کشورها در طی ۱۵ سال اخیر بر روی کدام یک از فناوری ها بیشترین تمرکز را داشته اند.

جدول ۱۴ تا ۱۸ تعداد مقالات مربوط به کشورهای منتخب را در طی ۱۵ سال اخیر، نشان می دهد که برای هر کدام از فناوری ها به طور جداگانه آورده شده است.

جدول ۱۴- تعداد مقالات چاپ شده توسط کشورهای منتخب در طی ۱۵ سال اخیر در زمینه ی طراحی، ساخت و انتخاب مواد

سال														کشور	
۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳		۲۰۱۴
۲۴۴	۲۴۷	۳۱۶	۴۲۳	۵۳۶	۶۷۴	۱۱۴۴	۱۳۳۶	۱۵۸۹	۱۷۷۵	۱۹۶۳	۲۵۴۸	۲۸۹۸	۳۵۶۴	۴۲۶۲	چین
۸۰۲	۱۰۱۹	۷۴۵	۹۳۶	۸۳۲	۸۳۷	۷۹۷	۸۳۹	۸۶۴	۸۵۲	۹۰۸	۱۰۵۵	۱۱۲۸	۱۴۰۳	۱۶۷۶	آمریکا
۲۸۷	۲۸۹	۳۰۳	۳۶۹	۳۹۶	۳۹۰	۳۹۶	۴۴۸	۴۹۱	۵۳۵	۵۱۵	۷۰۵	۷۱۶	۸۴۷	۹۷۶	آلمان
۲۴۵	۳۲۸	۳۲۰	۳۰۸	۳۹۶	۳۳۵	۴۵۸	۴۶۶	۵۳۸	۵۰۹	۵۵۷	۶۲۹	۶۴۲	۷۶۴	۸۰۰	فرانسه
۲۸۲	۳۳۳	۳۶۹	۳۹۳	۴۳۱	۴۰۶	۴۴۵	۴۱۳	۴۸۳	۴۴۱	۴۶۲	۵۸۴	۵۲۳	۶۵۱	۶۵۲	ژاپن
۳۴۰	۳۸۳	۳۰۱	۴۸۸	۳۶۰	۳۸۱	۳۲۸	۳۴۹	۳۷۵	۳۴۹	۴۶۵	۴۱۷	۴۵۰	۵۸۴	۶۲۴	انگلستان
۹۹	۱۳۰	۱۴۶	۱۹۸	۱۷۶	۱۹۱	۲۴۲	۲۹۹	۳۵۵	۳۸۸	۴۱۱	۴۳۵	۴۸۶	۶۱۷	۶۸۸	کره
۹۷	۱۲۲	۱۷۲	۱۵۱	۱۶۹	۲۱۱	۲۷۷	۲۶۴	۲۹۰	۳۱۰	۳۸۵	۴۳۷	۴۲۹	۵۷۴	۶۱۹	اسپانیا
۱۳۱	۱۴۸	۱۲۰	۱۴۲	۱۹۰	۲۱۶	۲۲۸	۲۴۳	۲۹۰	۳۲۶	۳۵۸	۳۹۳	۴۱۲	۴۶۹	۵۲۷	کانادا
۱۴۶	۱۴۹	۱۶۶	۱۶۵	۱۶۴	۱۹۷	۲۱۷	۲۱۶	۲۵۲	۲۸۴	۳۱۶	۳۴۳	۳۲۲	۴۸۳	۵۸۴	ایتالیا
۱۲	۱۴	۱۳	۴۲	۴۶	۵۹	۸۵	۹۴	۱۳۸	۲۳۵	۳۲۸	۳۸۹	۴۶۱	۵۳۴	۶۵۳	ایران

جدول ۱۵- تعداد مقالات چاپ شده توسط کشورهای منتخب در طی ۱۵ سال اخیر در زمینه ی پوشش های محافظ

سال														کشور	
۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳		۲۰۱۴
۶۳۳	۶۱۹	۷۵۳	۱۰۳۳	۱۲۷۷	۱۷۲۵	۲۶۰۳	۳۰۲۴	۳۴۶۳	۳۸۲۶	۴۳۳۲	۵۱۱۳	۵۷۹۰	۷۳۶۳	۸۶۷۵	چین
۲۱۹۵	۲۵۱۳	۳۳۹۶	۲۸۵۲	۲۹۹۴	۲۸۱۵	۲۵۷۶	۲۵۳۳	۲۵۲۲	۲۷۵۹	۲۹۷۰	۳۴۰۴	۳۳۶۴	۳۹۷۱	۴۷۰۰	آمریکا
۹۳۰	۱۱۳۱	۱۰۰۳	۱۱۷۱	۱۱۸۶	۱۲۲۷	۱۳۵۶	۱۳۳۱	۱۳۲۹	۱۴۶۳	۱۴۹۶	۱۸۳۹	۱۸۰۲	۲۰۳۳	۲۳۹۴	آلمان
۸۶۸	۹۵۳	۹۹۳	۱,۲۸۶	۱,۲۰۸	۱,۱۴۵	۱,۳۰۴	۱,۳۳۰	۱,۳۴۴	۱,۲۱۹	۱,۲۱۶	۱,۳۳۶	۱,۲۴۰	۱,۴۴۱	۱,۵۲۶	ژاپن
۷۲۵	۷۸۰	۸۴۳	۸۴۴	۹۶۲	۹۸۷	۱۲۰۷	۱۲۰۸	۱۱۴۳	۱۲۷۵	۱۲۳۵	۱۴۲۶	۱۴۶۴	۱۷۸۸	۱۹۰۰	فرانسه
۸۶۹	۹۳۸	۸۲۸	۱۰۲۹	۹۹۶	۱۰۱۶	۸۹۱	۸۴۸	۸۹۲	۹۴۴	۱۱۳۱	۱۱۳۶	۱۱۲۷	۱۲۶۵	۱۴۰۰	انگلستان
۳۰۱	۳۴۸	۴۳۲	۶۱۲	۶۱۰	۶۷۳	۷۵۵	۸۳۰	۱۰۰۶	۱۰۶۶	۱۲۵۷	۱۴۱۳	۱۵۹۰	۱۷۶۳	۱۹۸۱	کره
۳۷۳	۴۰۸	۴۵۷	۵۵۰	۵۶۳	۶۳۰	۶۵۳	۷۳۵	۷۴۰	۷۵۵	۸۱۳	۹۳۶	۱۰۲۳	۱۲۶۱	۱۵۰۰	ایتالیا
۲۵۰	۳۰۸	۳۸۷	۳۸۸	۴۲۸	۵۱۴	۶۱۰	۷۷۸	۷۲۵	۸۱۷	۹۲۳	۹۹۵	۱,۰۸۱	۱,۲۷۵	۱,۵۰۰	اسپانیا
۳۱۹	۳۱۶	۳۲۹	۳۹۰	۴۶۰	۵۷۸	۵۸۲	۵۹۶	۶۶۸	۶۸۴	۷۵۷	۸۰۶	۹۰۷	۹۷۳	۱۱۰۳	کانادا
۱۶	۱۷	۲۵	۶۵	۶۳	۸۷	۱۲۹	۱۸۰	۲۴۱	۳۶۳	۴۹۷	۶۳۷	۷۰۰	۸۸۰	۱۲۰۷	ایران

جدول ۱۶- تعداد مقالات چاپ شده توسط کشورهای منتخب در طی ۱۵ سال اخیر در زمینه‌ی بازدارنده‌ها

کشور	سال														
	۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴
آمریکا	۱۷۵	۲۳۴	۲۱۱	۲۷۱	۲۴۷	۲۹۶	۲۷۰	۲۲۶	۳۴۰	۳۱۸	۳۹۷	۴۲۵	۵۰۳	۵۹۷	۷۵۰
چین	۳۱	۴۳	۵۲	۵۹	۱۰۷	۱۴۹	۲۱۴	۲۲۵	۲۹۶	۳۶۵	۴۵۱	۵۸۲	۶۳۷	۸۴۳	۹۸۷
ژاپن	۷۷	۷۰	۸۰	۸۳	۹۹	۹۹	۱۰۹	۸۴	۹۶	۱۲۲	۱۲۸	۱۳۶	۱۵۳	۱۵۸	۱۷۴
آلمان	۴۸	۶۳	۶۱	۶۲	۷۵	۸۴	۶۷	۷۸	۱۱۴	۹۸	۱۳۶	۱۲۶	۱۵۴	۱۶۲	۱۸۹
انگلستان	۵۴	۷۹	۷۰	۱۱۰	۸۹	۱۲۲	۶۱	۷۳	۹۵	۱۱۷	۱۱۵	۱۱۵	۱۲۶	۱۳۰	۱۵۰
فرانسه	۴۸	۴۸	۶۵	۶۶	۱۰۴	۹۶	۹۴	۹۷	۱۲۴	۱۰۲	۱۰۹	۱۱۵	۱۴۰	۱۳۱	۱۵۹
کره	۱۷	۲۵	۳۲	۳۴	۴۰	۶۱	۵۸	۸۶	۶۵	۹۳	۱۲۰	۱۵۱	۱۵۲	۱۹۰	۱۹۳
اسپانیا	۳۱	۳۶	۴۰	۴۲	۵۲	۵۱	۶۴	۶۳	۷۴	۸۶	۸۳	۱۱۲	۱۱۴	۱۴۲	۱۵۰
ایتالیا	۴۴	۳۹	۴۵	۴۵	۵۴	۵۹	۵۸	۵۱	۶۷	۶۵	۸۴	۸۸	۱۰۶	۱۲۶	۱۴۸
کانادا	۳۰	۲۴	۲۹	۳۴	۴۵	۶۶	۴۶	۵۱	۵۸	۷۴	۸۵	۱۱۵	۱۲۴	۱۱۱	۱۴۰
ایران	۴	۲	۴	۶	۶	۱۵	۲۱	۲۵	۲۶	۵۳	۵۱	۷۴	۷۷	۱۲۰	۱۵۰

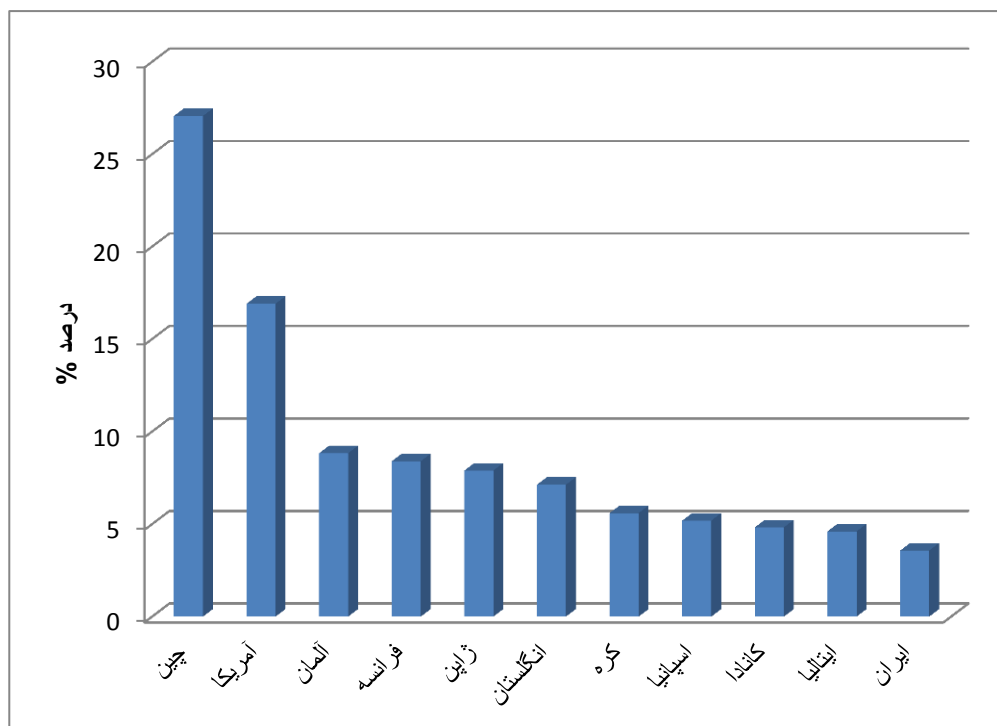
جدول ۱۷- تعداد مقالات چاپ شده توسط کشورهای منتخب در طی ۱۵ سال اخیر در زمینه ی حفاظت کاتدی

کشور	سال														
	۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴
چین	۲۱	۲۷	۳۱	۴۷	۵۵	۷۹	۱۲۸	۱۲۵	۱۷۰	۱۹۹	۲۴۵	۲۶۳	۲۹۵	۳۷۸	۴۸۰
آمریکا	۵۶	۷۰	۴۵	۶۸	۶۶	۷۵	۵۷	۶۳	۵۷	۶۲	۸۲	۷۸	۸۳	۱۰۰	۱۶۰
فرانسه	۲۳	۲۷	۲۲	۲۱	۵۲	۴۴	۵۱	۵۸	۵۷	۵۹	۶۳	۶۶	۶۵	۷۵	۷۸
انگلستان	۲۵	۲۷	۳۹	۴۷	۴۵	۵۶	۴۰	۳۷	۲۹	۳۵	۵۰	۳۰	۴۷	۵۳	۹۷
آلمان	۱۸	۲۱	۲۰	۳۴	۳۶	۲۶	۴۰	۲۷	۲۴	۳۶	۳۳	۶۱	۶۱	۶۴	۶۶
اسپانیا	۸	۱۴	۲۰	۱۶	۲۷	۲۹	۴۰	۳۵	۴۲	۴۶	۴۹	۴۸	۴۵	۵۸	۶۳
ایتالیا	۱۶	۱۵	۱۷	۱۸	۱۷	۱۸	۲۰	۳۳	۳۵	۳۴	۴۲	۳۶	۳۷	۵۵	۵۸
کانادا	۱۲	۱۵	۱۳	۱۴	۱۵	۲۳	۲۸	۳۴	۳۲	۳۸	۴۲	۳۸	۴۹	۴۲	۵۱
ایران	۱	۱	۱	۲	۳	۱۳	۸	۱۳	۲۲	۳۹	۵۰	۳۶	۴۷	۵۴	۱۰۲
ژاپن	۱۵	۱۶	۲۱	۳۰	۲۵	۳۰	۲۳	۲۷	۲۴	۱۳	۲۴	۳۰	۳۱	۳۰	۳۲
کره	۲	۶	۷	۱۷	۵	۱۰	۱۶	۲۰	۱۸	۳۰	۲۹	۲۳	۴۳	۳۶	۴۸

جدول ۱۸- تعداد مقالات چاپ شده توسط کشورهای منتخب در طی ۱۵ سال اخیر در زمینه ی مانیورینگ خوردگی و بازرسی فنی

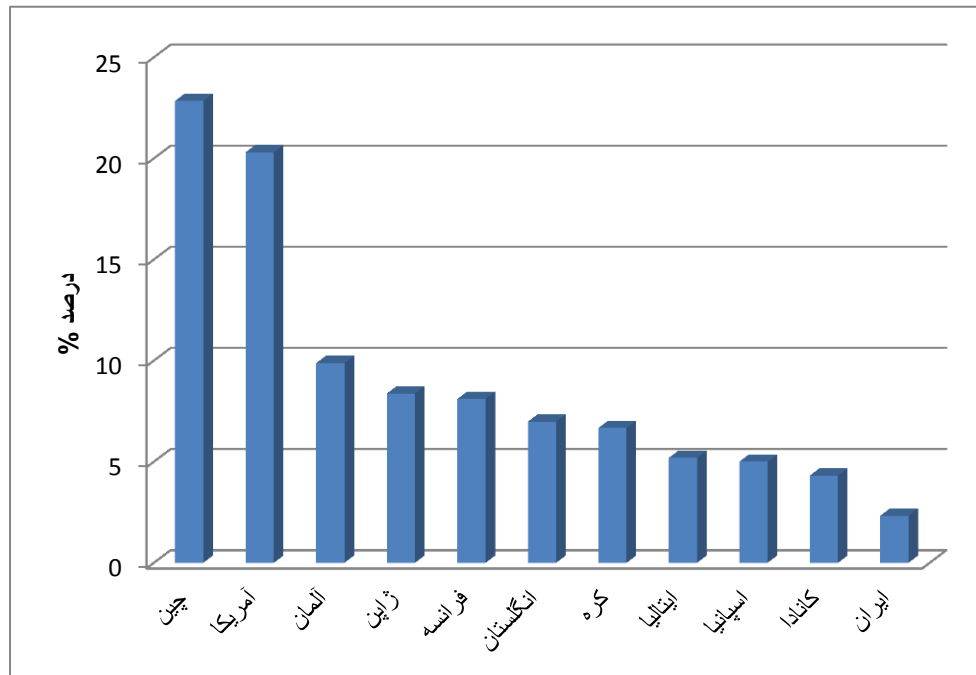
کشور	سال														
	۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴
آمریکا	۶۱۵	۶۸۵	۷۱۵	۹۰۶	۸۱۰	۸۴۶	۸۹۳	۷۹۸	۹۱۳	۹۶۵	۱۰۲۵	۱۱۱۸	۱۲۸۳	۱۴۵۱	۱۸۶۶
چین	۶۱	۶۰	۸۴	۸۴	۱۱۳	۱۸۶	۲۵۸	۳۳۷	۳۵۴	۴۵۸	۵۴۱	۸۱۸	۱۰۰۵	۱۱۹۲	۱۶۷۳
انگلستان	۳۳۹	۳۶۲	۳۲۰	۴۷۹	۴۲۷	۴۰۱	۳۸۸	۴۴۹	۴۲۵	۴۰۶	۴۸۳	۵۱۴	۵۵۵	۶۶۲	۸۱۷
فرانسه	۱۹۲	۲۲۱	۲۴۶	۲۶۹	۲۹۱	۲۹۱	۳۹۳	۳۸۱	۵۰۵	۴۷۹	۵۳۸	۵۶۳	۶۴۷	۷۸۵	۸۴۳
آلمان	۱۹۶	۲۳۷	۲۵۷	۲۸۸	۳۰۳	۲۷۳	۳۴۵	۳۵۳	۳۹۸	۴۳۲	۵۳۲	۵۷۰	۶۲۶	۷۷۷	۸۹۰
ایتالیا	۱۴۸	۱۴۸	۱۸۳	۱۷۸	۲۱۹	۲۴۳	۲۶۴	۲۸۲	۳۱۴	۳۶۶	۳۹۰	۴۷۶	۴۷۹	۶۵۴	۷۳۲
اسپانیا	۸۱	۷۷	۹۸	۱۰۳	۱۶۰	۱۶۷	۲۱۲	۲۲۲	۲۷۴	۲۸۶	۳۳۲	۳۹۵	۴۳۰	۵۲۷	۵۹۷
کانادا	۱۳۷	۱۳۴	۱۰۱	۱۴۴	۱۷۶	۱۴۹	۲۱۸	۲۳۶	۲۳۱	۳۰۰	۳۰۵	۳۲۵	۳۸۵	۳۵۵	۵۲۵
ژاپن	۱۲۷	۱۵۷	۱۴۳	۱۶۷	۱۸۸	۱۸۳	۲۲۷	۱۹۹	۱۹۰	۲۵۲	۲۳۶	۲۵۶	۲۶۴	۳۴۱	۳۵۵
کره	۲۸	۴۶	۵۶	۶۶	۶۹	۸۸	۹۱	۱۱۵	۱۲۲	۱۷۵	۱۵۲	۲۳۷	۲۰۴	۲۷۹	۳۱۰
ایران	۵	۵	۸	۱۸	۱۸	۲۲	۲۹	۴۹	۵۹	۹۸	۱۰۰	۱۶۹	۱۸۷	۲۵۹	۳۳۱

با استفاده از داده های موجود در جداول بالا نمودارهای مربوط به هر فناوری رسم شده است. این نمودارها در شکل های ۳۳ تا ۳۷ آورده شده که نشان دهنده ی مقالات به چاپ رسیده در زمینه ی هر کدام از فناوری‌ها در طی ۱۵ سال اخیر برای ۱۰ کشور منتخب بر حسب درصد می باشد. همچنین مقالات چاپ شده در طی این مدت توسط کشور ایران برای مقایسه با این کشورها نشان داده شده است.

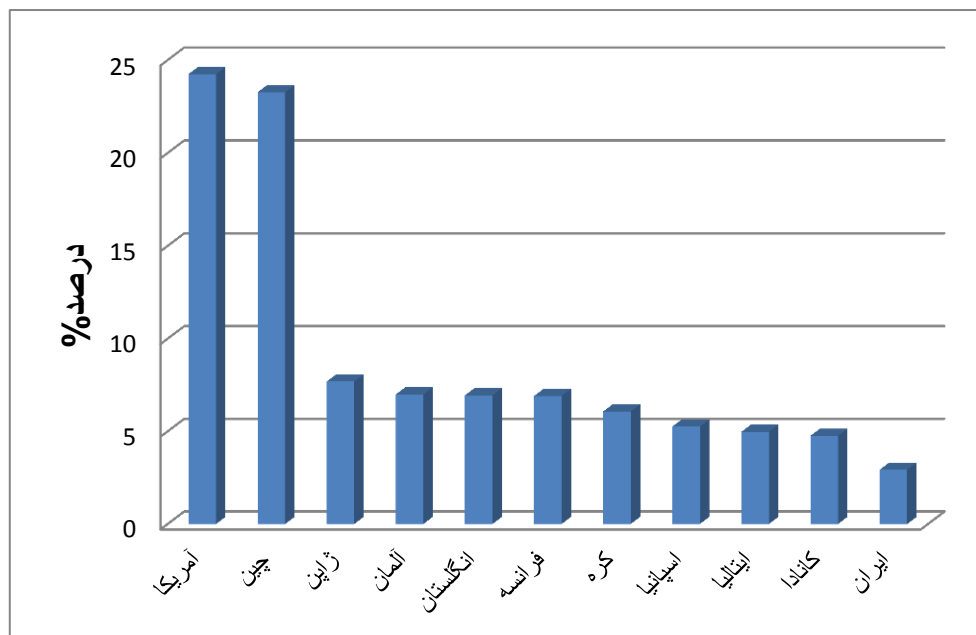


شکل ۳۳- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاوم به خوردگی در طی

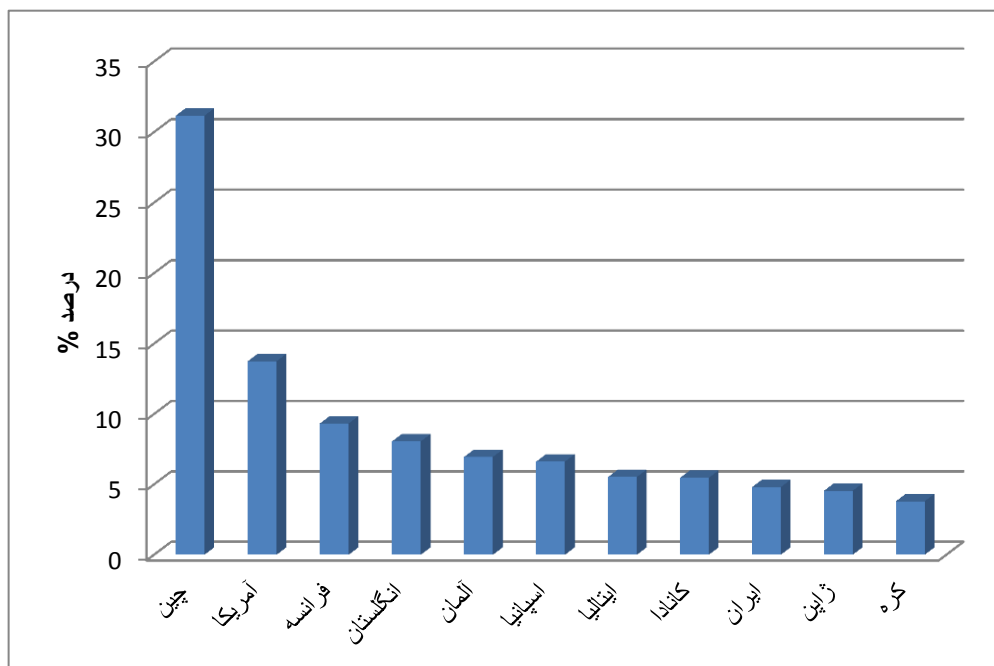
سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



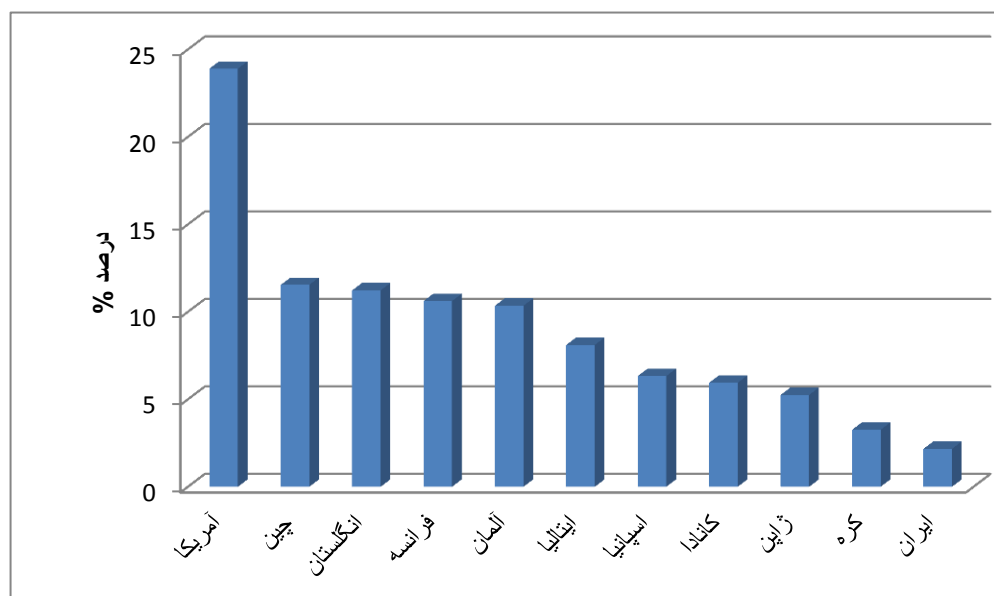
شکل ۳۴- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه پوشش های محافظ در طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



شکل ۳۵- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه بازدارنده خوردگی در طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



شکل ۳۶- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی حفاظت کاتدی در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.

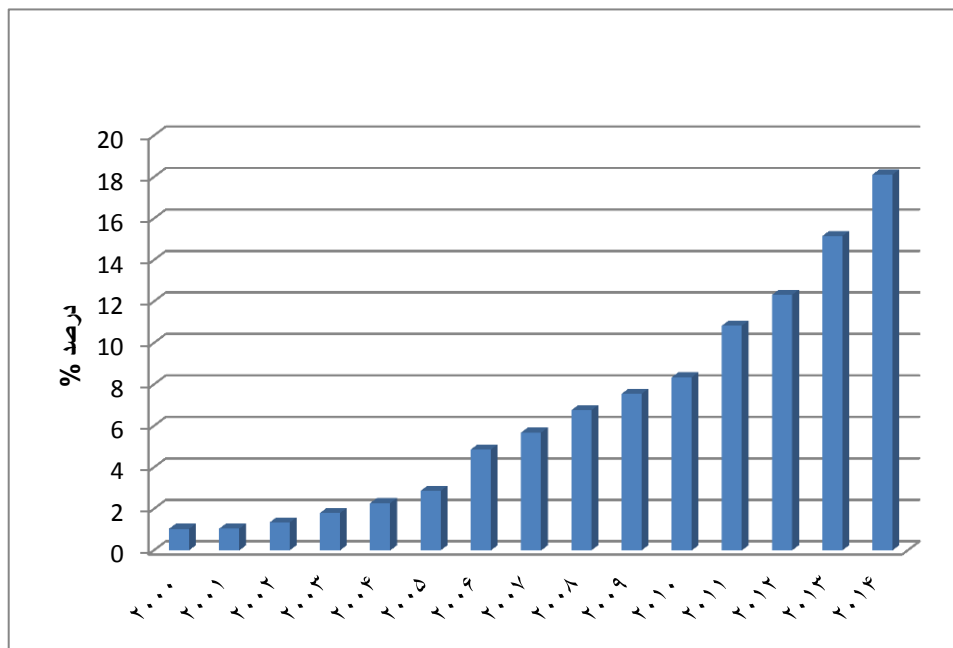


شکل ۳۷- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا

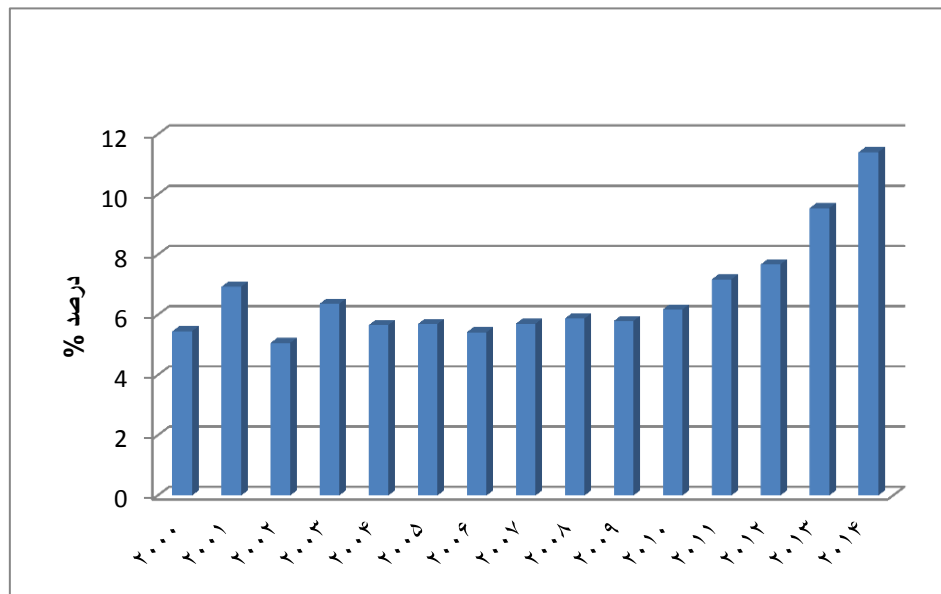
پس از بررسی نمودارهای بالا می‌توان برای هر کدام از فناوری‌های کنترل خوردگی ۵ کشور پیشرو را مشخص نموده و روند انجام تحقیقات برای این کشورها را مورد مطالعه و بررسی قرار داد. در ادامه به بررسی این روندها پرداخته خواهد شد.

۲-۱-۱- ساخت و انتخاب مواد مناسب

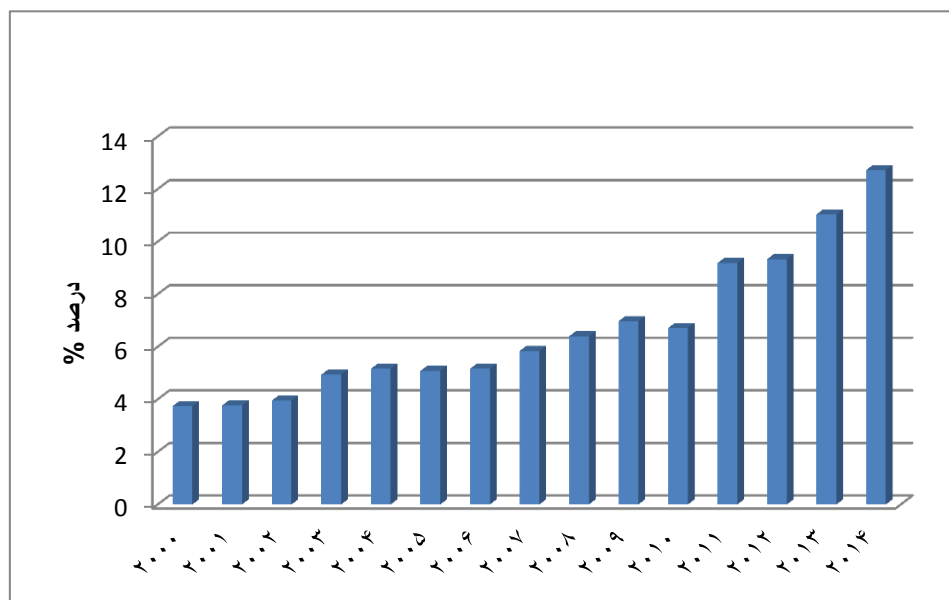
با توجه به شکل ۳۳ مشاهده می‌شود که کشور چین بالاترین سهم را در مقالات چاپ شده در زمینه‌ی انتخاب مواد مناسب به منظور کنترل خوردگی در طی ۱۵ سال اخیر دارا می‌باشد و پس از آن کشورهای آمریکا، آلمان، فرانسه و ژاپن بیشترین تحقیق را در این زمینه انجام داده‌اند. به همین منظور روند انجام تحقیقات در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ برای این ۵ کشور مورد بررسی قرار خواهد گرفت. شکل‌های ۳۸ تا ۴۲ تعداد مقالات چاپ شده در زمینه‌ی انتخاب مواد را در سال‌های مختلف برای هر کدام از این ۵ کشور نشان می‌دهد.



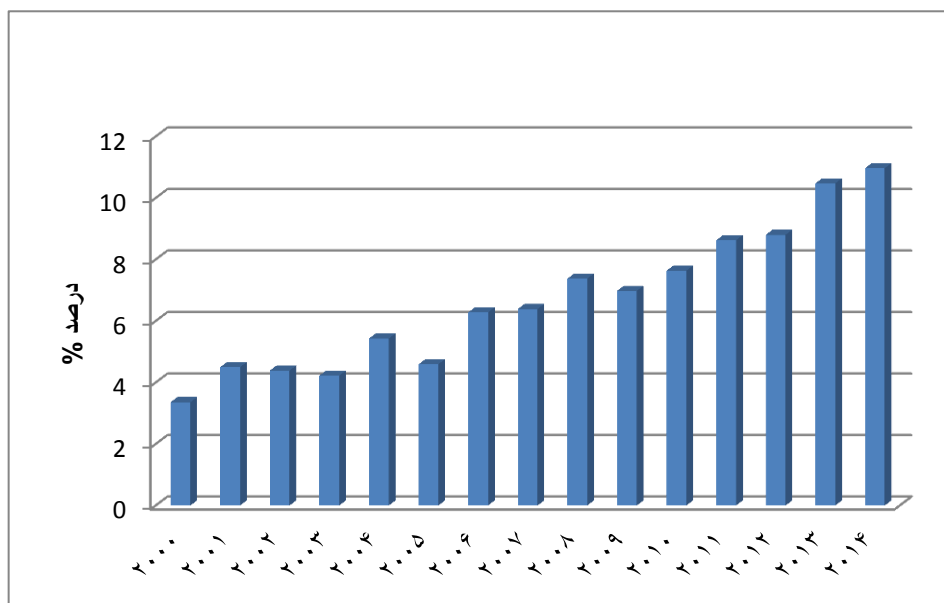
شکل ۳۸- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی انتخاب مواد توسط کشور چین برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



شکل ۳۹- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی انتخاب مواد توسط کشور آمریکا برای سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.

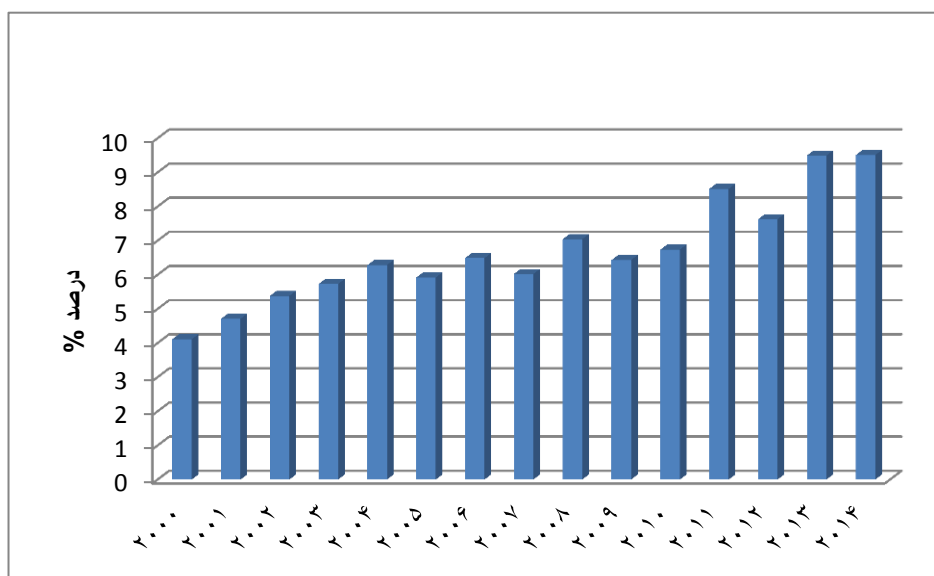


شکل ۴۰- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی انتخاب مواد توسط کشور آلمان برای سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



شکل ۴۱- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی انتخاب مواد توسط کشور فرانسه برای سال‌های ۲۰۰۰ تا

۲۰۱۴.

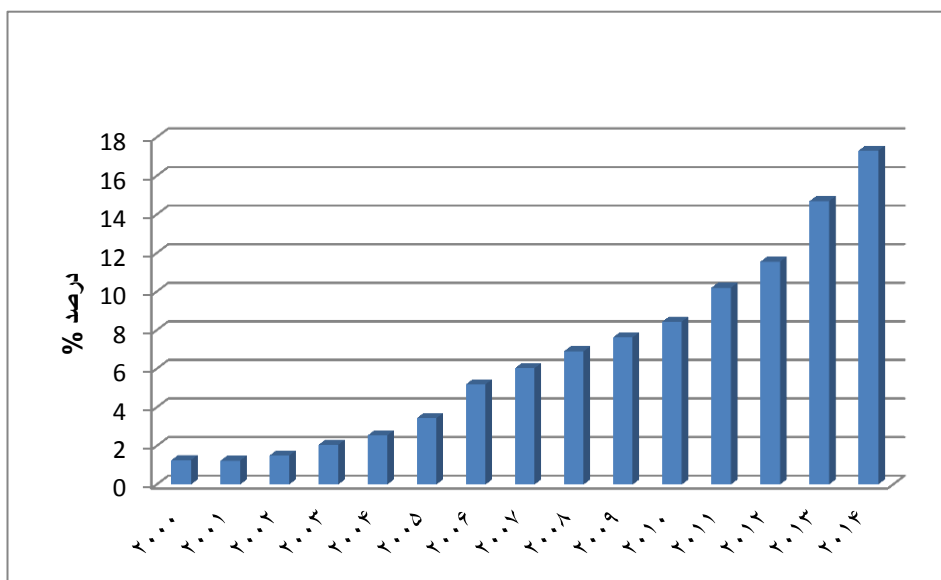


شکل ۴۲- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی انتخاب مواد توسط کشور ژاپن برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.

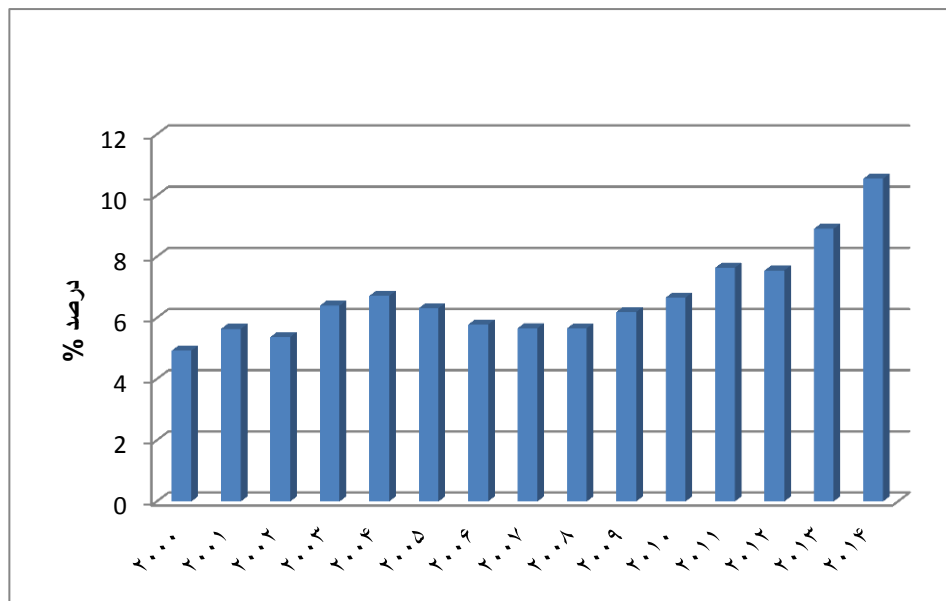
همانطور که در تمامی نمودارها مشاهده می شود، تعداد مقالات چاپ شده در زمینه ی طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاوم در برابر خوردگی در طی ۱۵ سال اخیر برای هر ۵ کشور منتخب، نشان دهنده ی روند افزایشی می باشد. افزایش تحقیقات انجام گرفته در این زمینه نشان دهنده ی تمایل این کشورها در جهت توسعه ی این فناوری و استفاده از مواد مقاوم جدید به منظور کنترل خوردگی می باشد.

۲-۱-۲- پوشش های محافظ

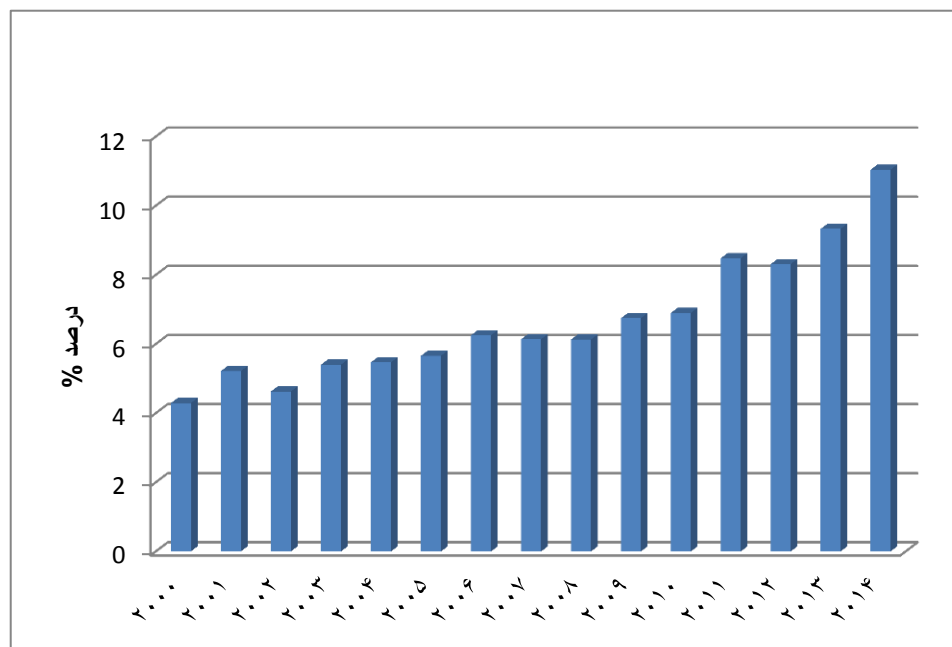
با بررسی شکل ۳۴ مشاهده می شود که در زمینه ی پوشش های محافظ خوردگی نیز، کشور چین دارای بیشترین مقالات چاپ شده می باشد. پس از آن، کشورهای آمریکا، آلمان، ژاپن و فرانسه بیشترین تعداد مقالات را در زمینه ی پوشش چاپ نموده اند. به همین منظور روند انجام تحقیقات در طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ برای این ۵ کشور مورد بررسی قرار خواهد گرفت. شکل های ۴۳ تا ۴۷ تعداد مقالات چاپ شده در زمینه ی پوشش های محافظ خوردگی را در سال های مختلف برای هر کدام از این ۵ کشور نشان می دهد.



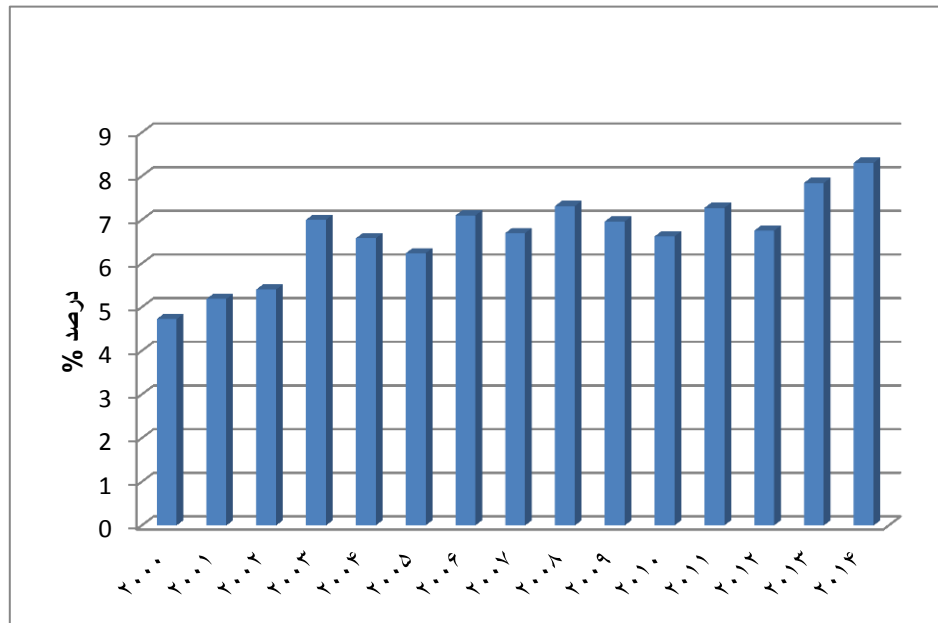
شکل ۴۳- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی پوشش توسط کشور چین برای سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



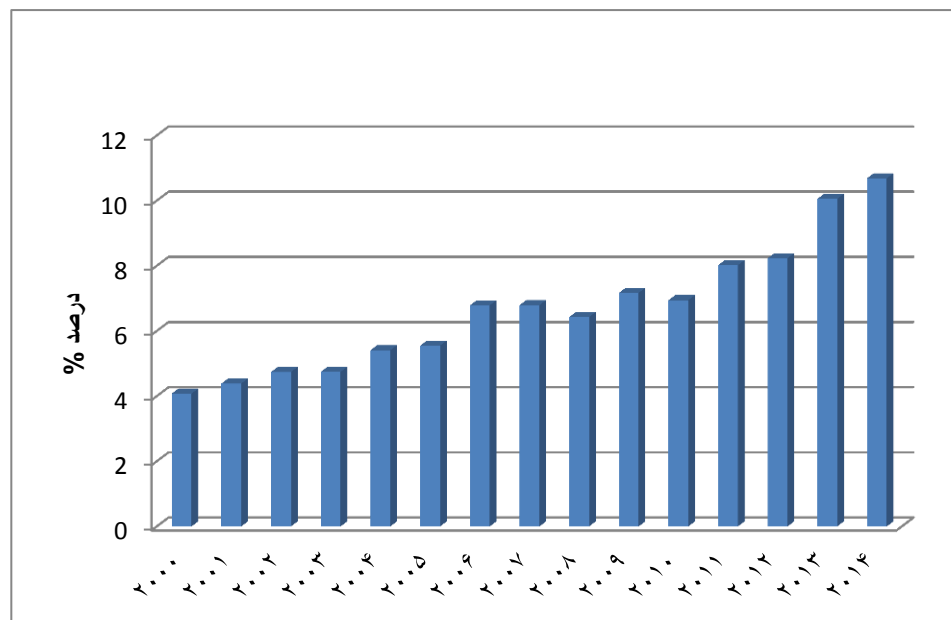
شکل ۴۴- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی پوشش توسط کشور آمریکا برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



شکل ۴۵- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی پوشش توسط کشور آلمان برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



شکل ۴۶- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی پوشش توسط کشور ژاپن برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.

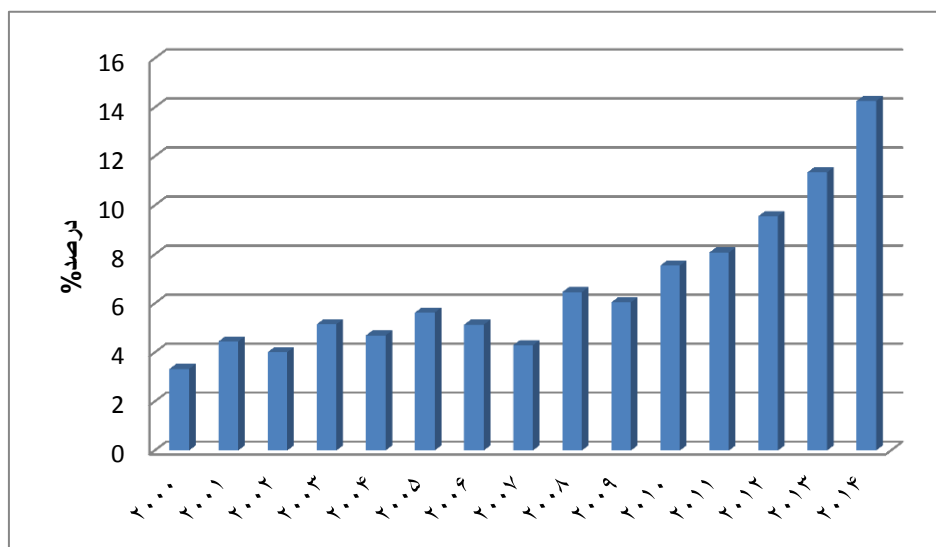


شکل ۴۷- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی پوشش توسط کشور فرانسه برای سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.

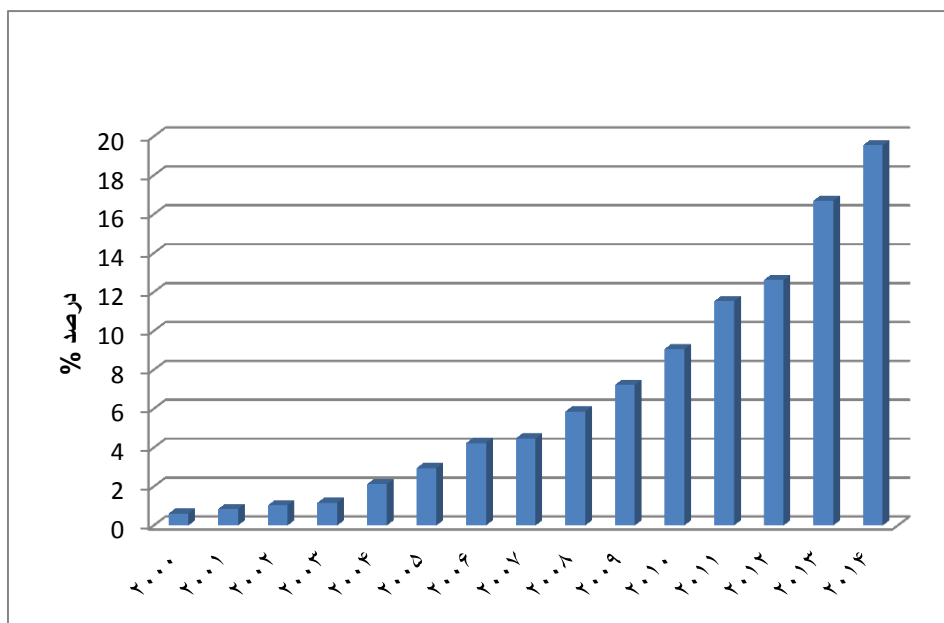
با توجه به نمودارهای بالا مشاهده می شود که مشابه فناوری انتخاب مواد مقاوم در برابر خوردگی، روند انجام تحقیقات در زمینه فناوری پوشش نیز به صورت افزایشی می باشد. این موضوع برای ۵ کشور منتخب صادق است. بنابراین می توان گفت این کشورها با انجام تحقیقات بیشتر در زمینه فناوری پوشش در صدد توسعه این فناوری و به کارگیری پوشش های جدید با کارایی بالاتر می باشند.

۲-۱-۳- افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی

با توجه به نمودار ۳۵ مشاهده می شود که کشور آمریکا بالاترین سهم را در مقالات چاپ شده در زمینه بازدارنده خوردگی در طی ۱۵ سال اخیر دارا می باشد و پس از آن کشورهای چین، ژاپن، آلمان و انگلستان بیشترین تحقیق را در این زمینه انجام داده اند. به همین منظور روند انجام تحقیقات در طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ برای این ۵ کشور مورد بررسی قرار خواهد گرفت. شکل های ۴۸ تا ۵۲ تعداد مقالات چاپ شده در زمینه بازدارنده خوردگی را در سال های مختلف برای هر کدام از این ۵ کشور نشان می دهد.

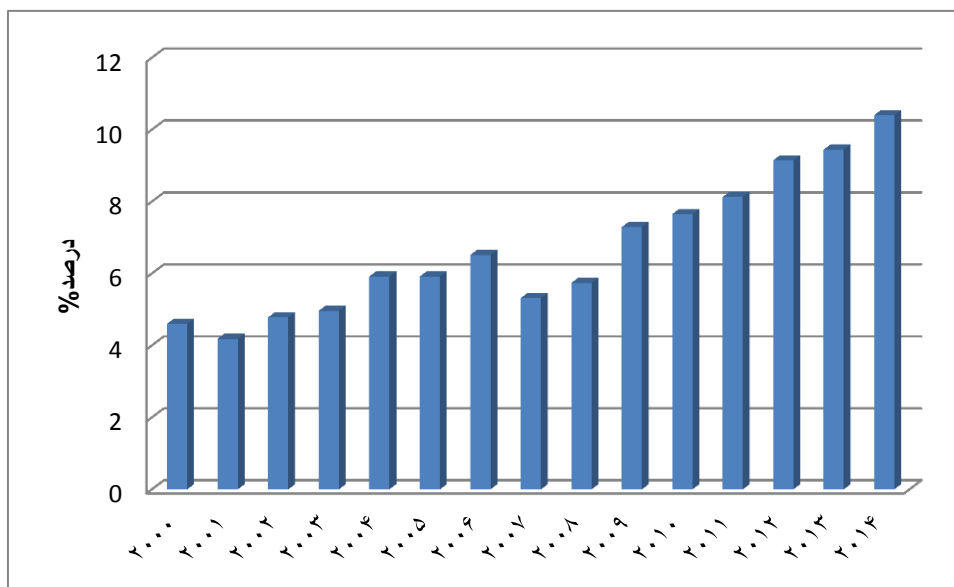


شکل ۴۸- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه بازدارنده خوردگی توسط کشور آمریکا برای سال های ۲۰۰۰ تا



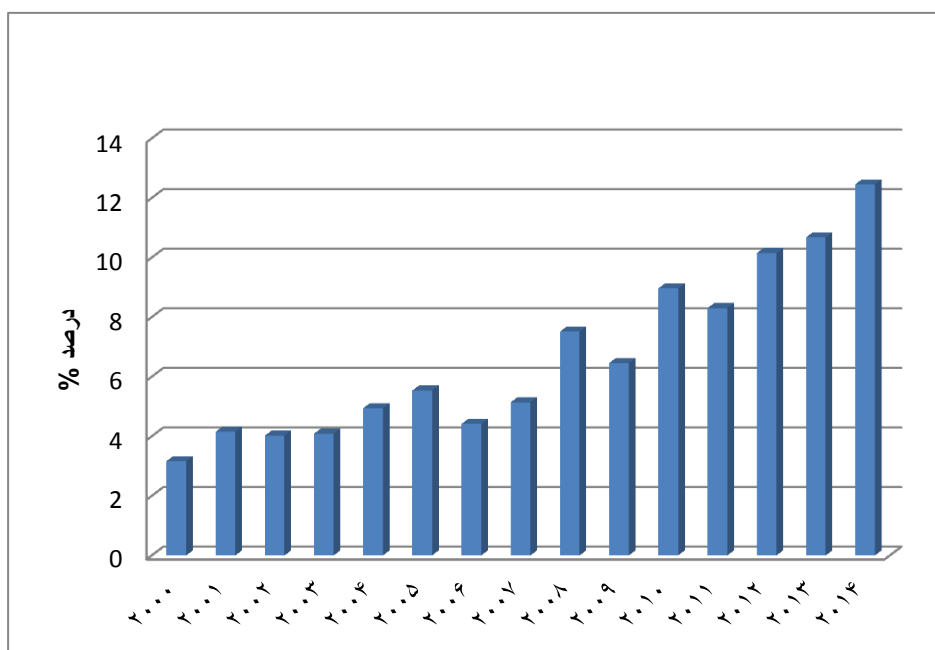
شکل ۴۹- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی بازدارنده خوردگی توسط کشور چین برای سال‌های ۲۰۰۰ تا

۲۰۱۴.



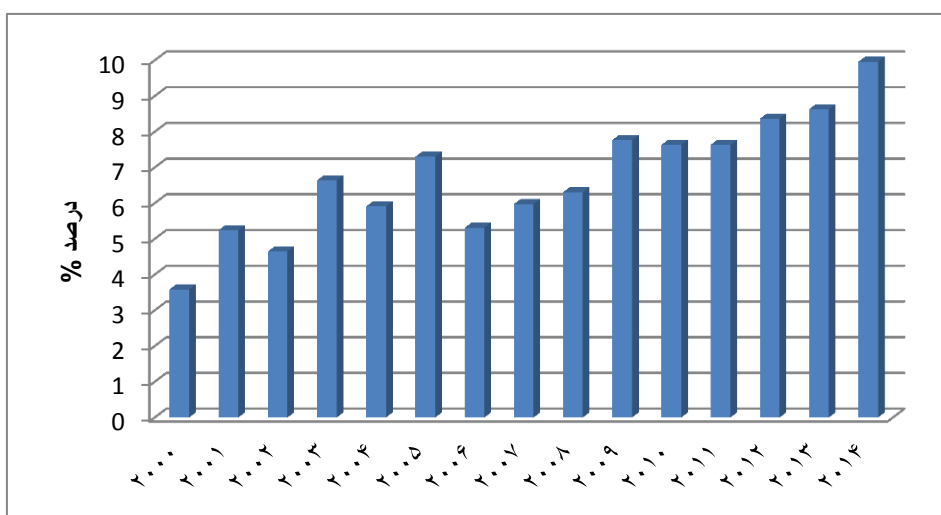
شکل ۵۰- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی بازدارنده خوردگی توسط کشور ژاپن برای سال‌های ۲۰۰۰ تا

۲۰۱۴.



شکل ۵۱- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی بازدارنده خوردگی توسط کشور آلمان برای سال های ۲۰۰۰ تا

۲۰۱۴.



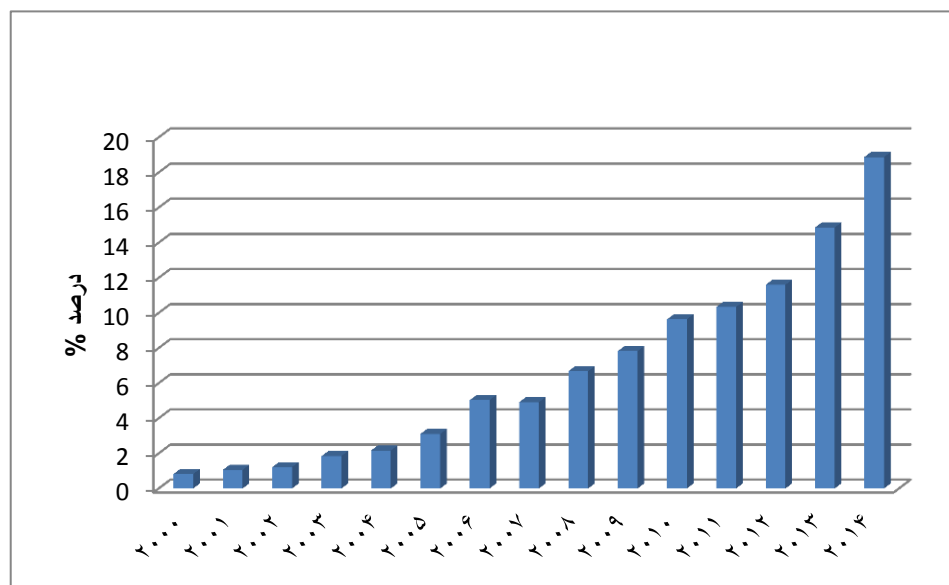
شکل ۵۲- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی بازدارنده خوردگی توسط کشور انگلستان برای سال های ۲۰۰۰ تا

۲۰۱۴.

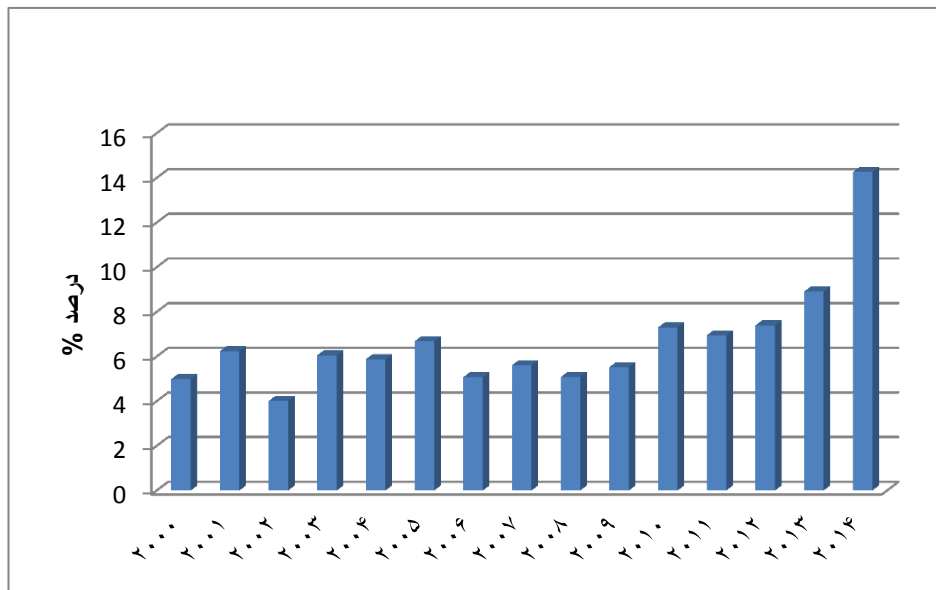
همانطور که مشاهده می شود تمام نمودارها نشان دهنده ی روند افزایشی می باشند. این موضوع نشان می دهد که در تمام کشورهای یاد شده، فناوری استفاده از بازدارنده خوردگی در طی سال های اخیر به طور روزافزون مورد توجه و تحقیق قرار گرفته که این موضوع می تواند نشان دهنده ی گرایش این کشورها در جهت توسعه ی این فناوری و استفاده از بازدارنده های جدید با کارایی بالاتر و قیمت کمتر باشد.

۲-۱-۴- حفاظت کاتدی

با بررسی نمودار ۳۶ مشاهده می شود، کشور چین بیشترین تحقیق را در زمینه ی حفاظت کاتدی در طی ۱۵ سال اخیر انجام داده است. کشور های آمریکا، فرانسه، انگلستان و آلمان پس از کشور چین دارای بیشترین مقاله ی چاپ شده در زمینه ی حفاظت کاتدی در طی ۱۵ سال اخیر می باشند. به همین دلیل روند انجام تحقیقات در زمینه ی حفاظت کاتدی در این ۵ کشور در نمودارهای نشان داده شده در شکل های ۵۳ تا ۵۷ مورد بررسی قرار گرفته است.

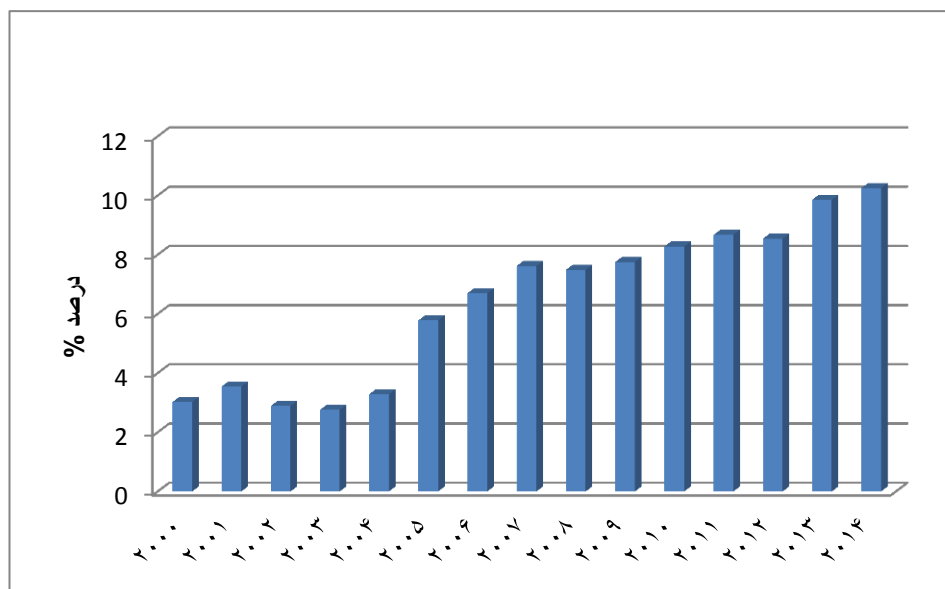


شکل ۵۳- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی حفاظت کاتدی توسط کشور چین برای سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



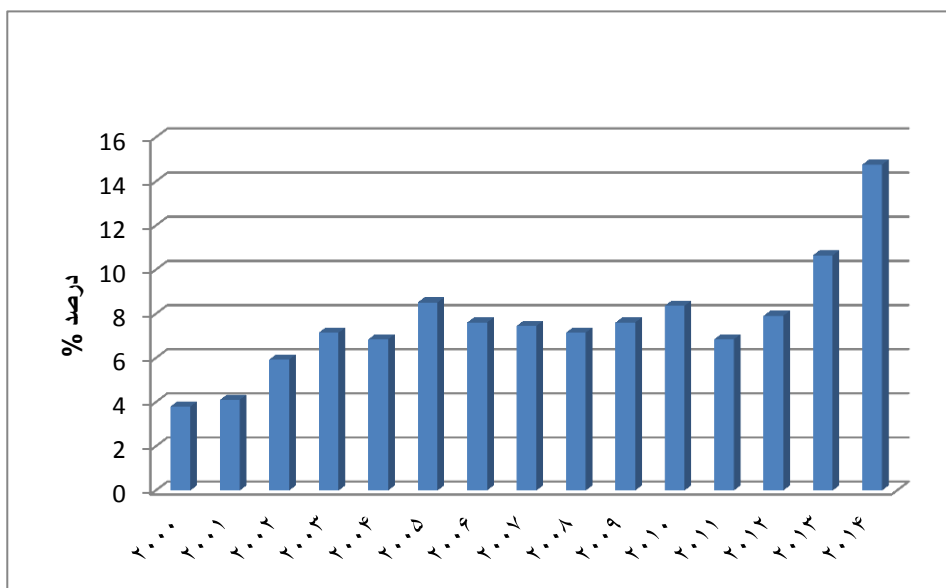
شکل ۵۴- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی حفاظت کاتدی توسط کشور آمریکا برای سال های ۲۰۰۰ تا

۲۰۱۴.



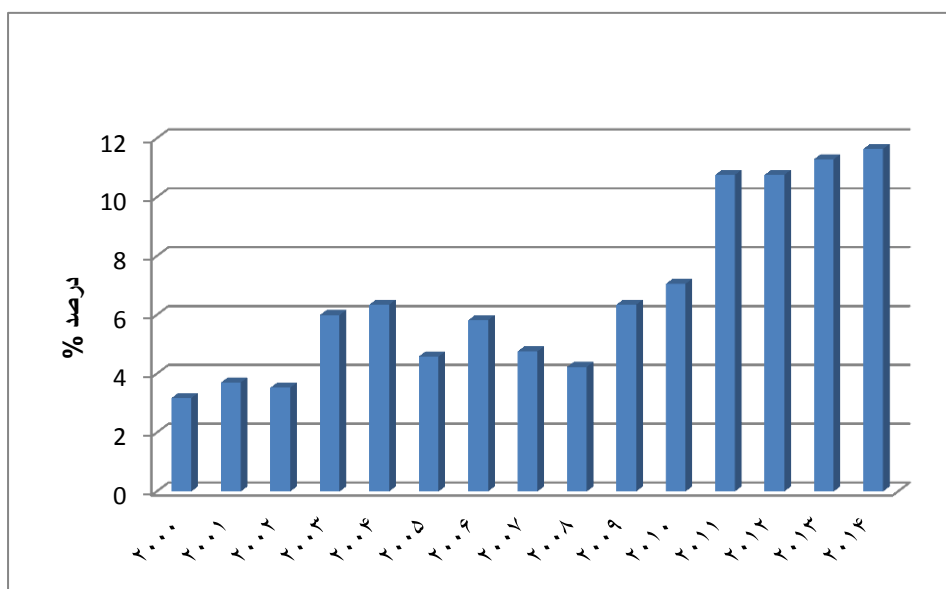
شکل ۵۵- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی حفاظت کاتدی توسط کشور فرانسه برای سال های ۲۰۰۰ تا

۲۰۱۴.



شکل ۵۶- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی حفاظت کاتدی توسط کشور انگلستان برای سال های ۲۰۰۰ تا

۲۰۱۴.



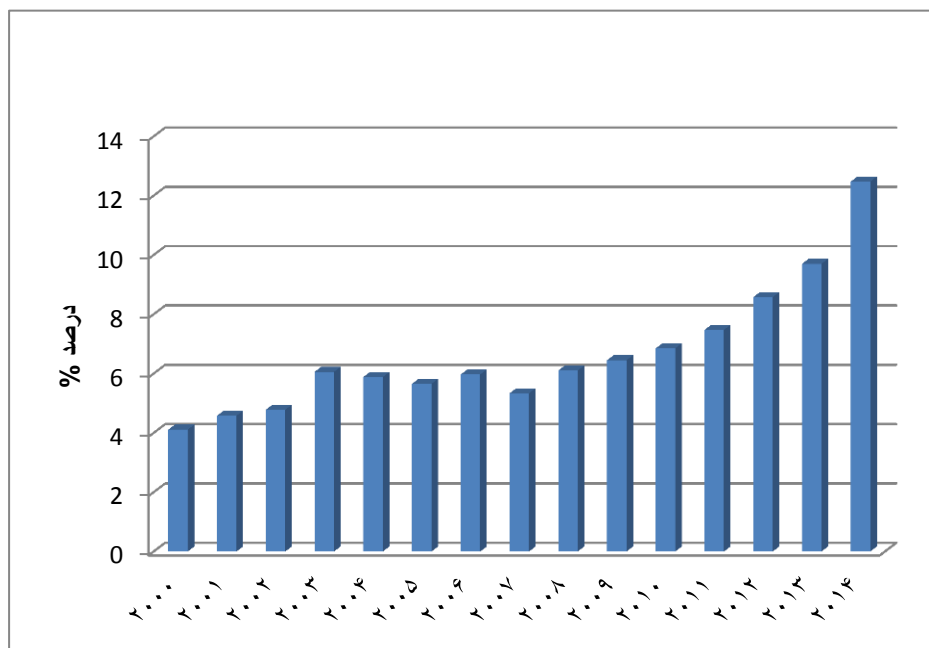
شکل ۵۷- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی حفاظت کاتدی توسط کشور آلمان برای سال های ۲۰۰۰ تا

۲۰۱۴.

با بررسی نمودارهای بالا می توان نتیجه گرفت که مشابه فناوری های قبل میزان تحقیقات انجام گرفته بر روی فناوری حفاظت کاتدی روند افزایشی داشته است.

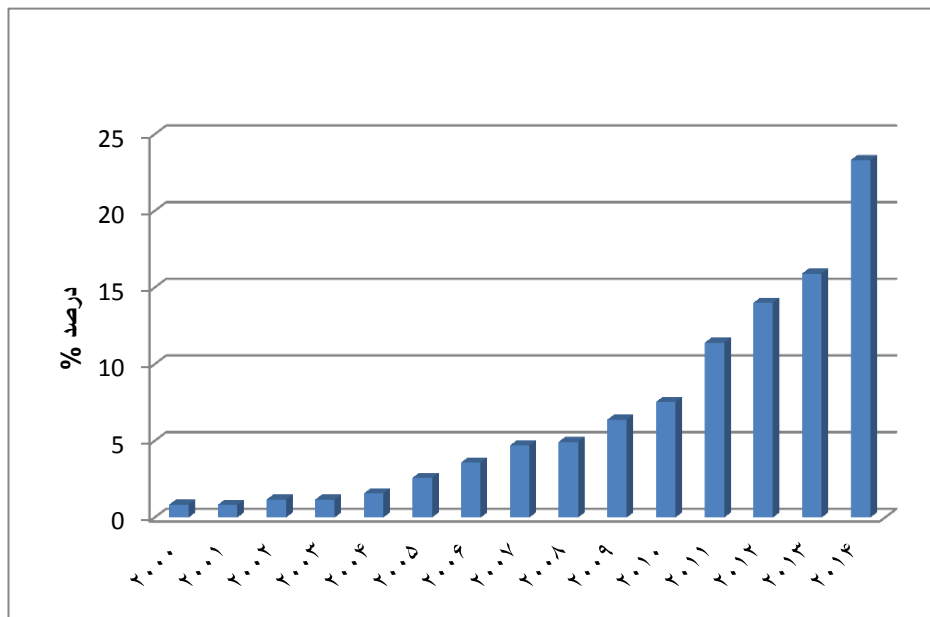
۲-۱-۵- مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی

با توجه به نمودار نشان داده شده در شکل ۳۷ مشاهده می شود که بیشترین تحقیق بر روی فناوری مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی در طی ۱۵ سال اخیر توسط کشور آمریکا انجام گرفته است. پس از کشور آمریکا، کشورهای چین، انگلستان، فرانسه و آلمان بالاترین تعداد مقالات را در زمینه ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی به چاپ رسانده اند. بنابراین روند انجام تحقیقات بر روی فناوری یاد شده در طی ۱۵ سال اخیر توسط این کشورها، در نمودارهای ۵۸ تا ۶۲ مورد بررسی قرار گرفته است.

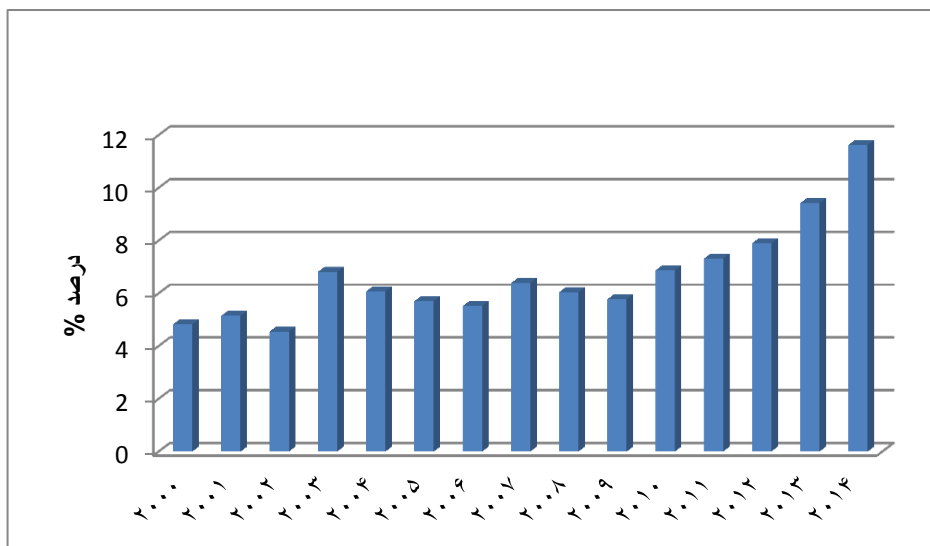


شکل ۵۸- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی توسط کشور آمریکا برای

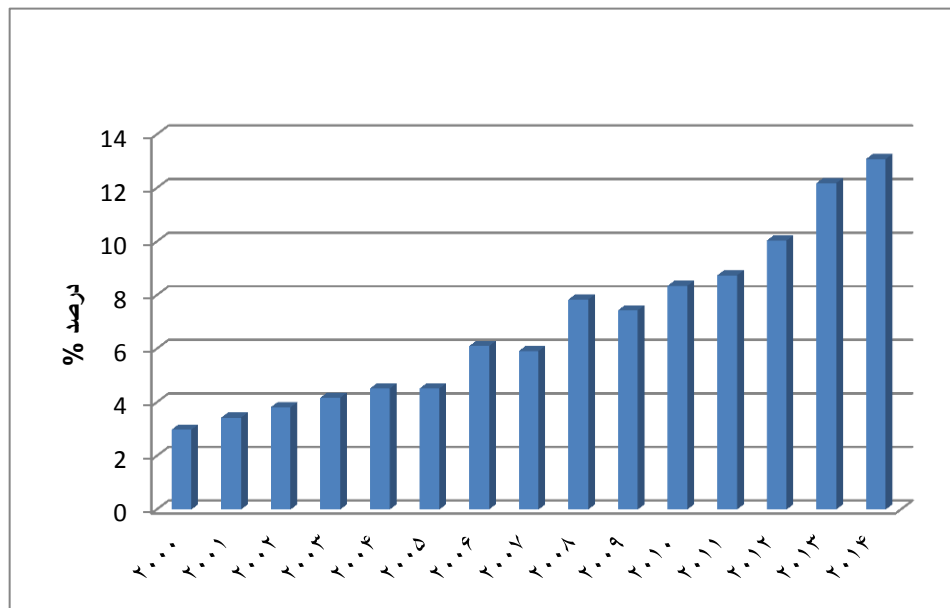
سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



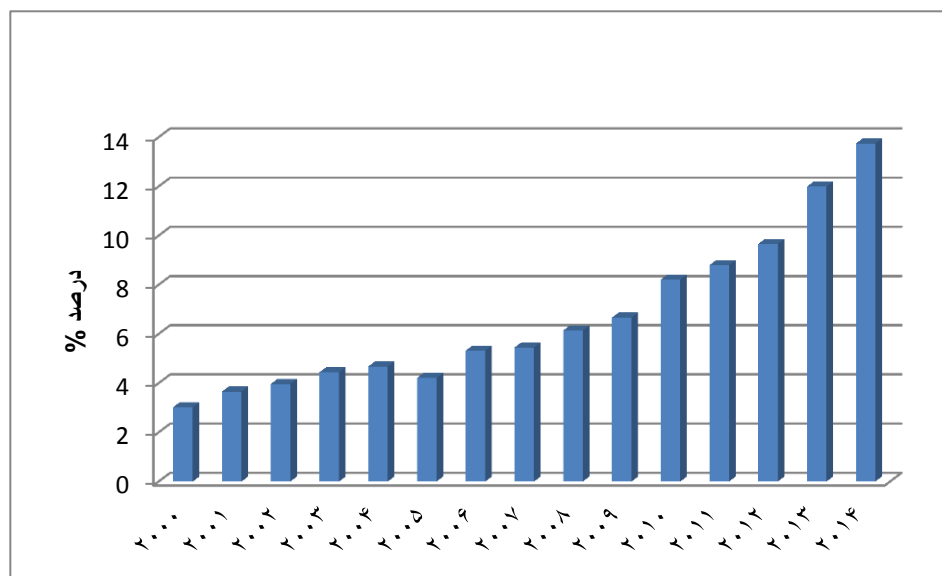
شکل ۵۹- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی توسط کشور چین برای سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



شکل ۶۰- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی توسط کشور انگلستان ا برای سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.

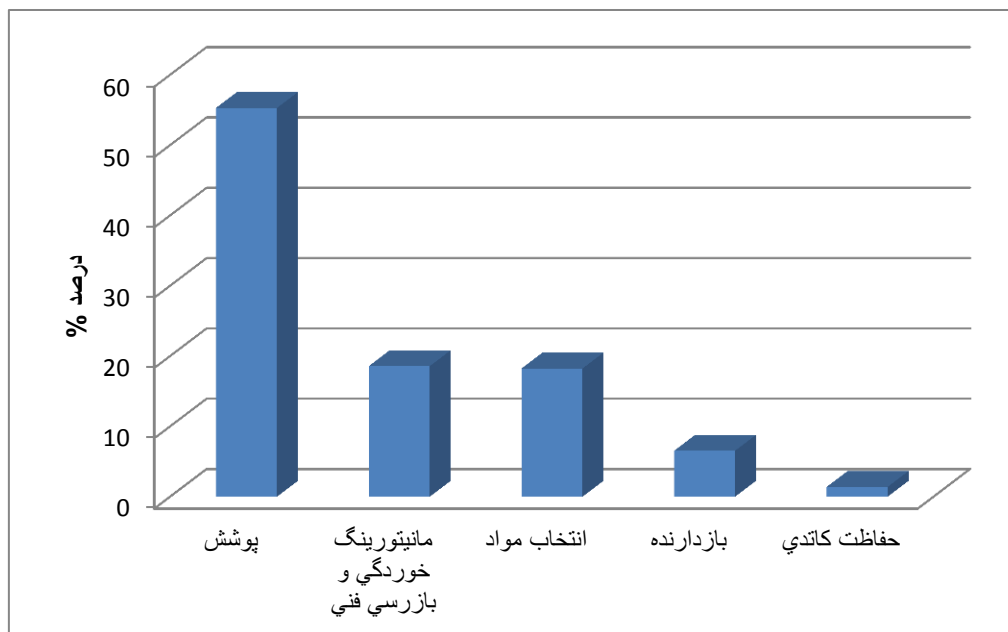


شکل ۶۱- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی توسط کشور فرانسه برای سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



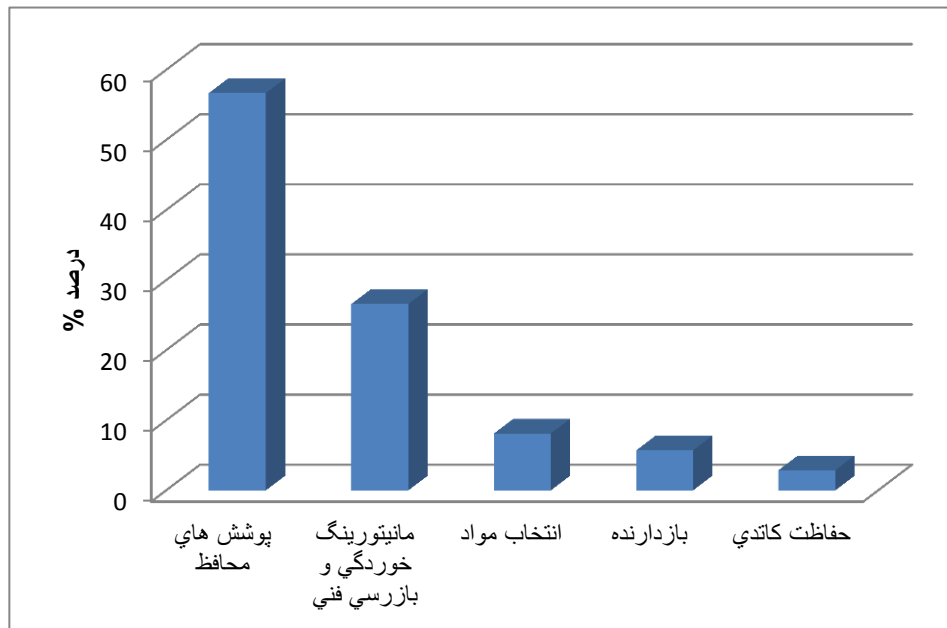
شکل ۶۲- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی توسط کشور آلمان برای سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.

با توجه به نمودارهای بالا مشاهده می شود که مانند دیگر فناوری های کنترل خوردگی که در قسمت های قبلی مورد بررسی قرار گرفت، روند انجام تحقیقات در زمینه ی فناوری مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی نیز برای تمام کشور های مورد بررسی روند افزایشی داشته است که نشان دهنده ی افزایش تمایل این کشور ها در جهت توسعه ی این فناوری می باشد. با بررسی روند انجام تحقیقات صورت گرفته بر روی هر کدام از فناوری های کنترل خوردگی مشاهده شد که تحقیقات انجام گرفته بر روی تمامی این فناوری ها در تمام کشور های منتخب که با معیار تعداد مقالات به چاپ رسیده مورد ارزیابی قرار گرفته، به صورت روز افزون افزایش یافته است. به منظور بررسی این موضوع که کدام یک از فناوری های کنترل خوردگی به میزان بیشتری نسبت به دیگر فناوری ها توسط کشورهای منتخب مورد تحقیق قرار گرفته است، ۶ کشور آمریکا، چین، آلمان، فرانسه، انگلستان و ژاپن که تقریباً بر روی تمام فناوری ها بیشترین تحقیق را انجام داده اند مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور تعداد مقالات چاپ شده در زمینه ی هر کدام از فناوری ها بر حسب درصد نسبت به دیگر فناوری ها برای هر کدام از این کشورها به صورت مجزا محاسبه شده و در شکل های ۶۳ تا ۶۸ به صورت نمودار نشان داده شده است.



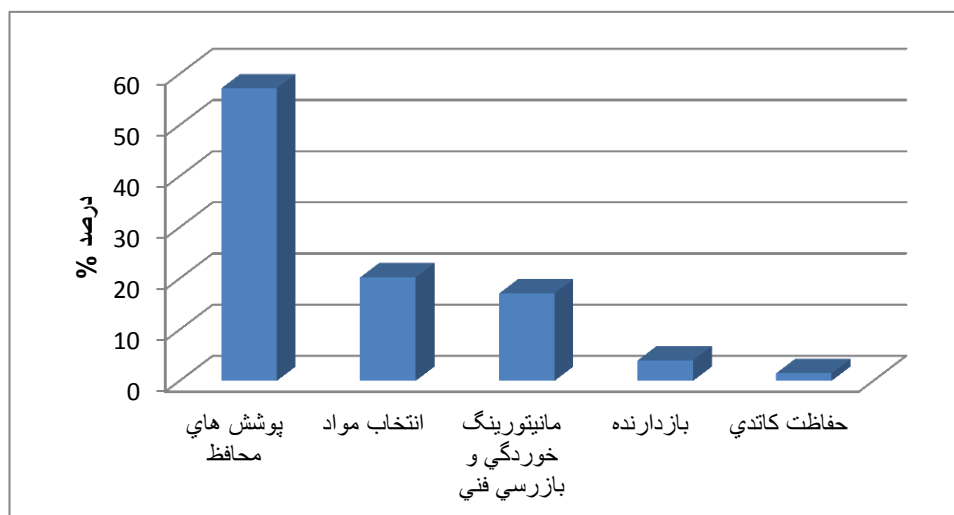
شکل ۶۳- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه ی فناوری های مختلف کنترل خوردگی توسط کشور آمریکا در

طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



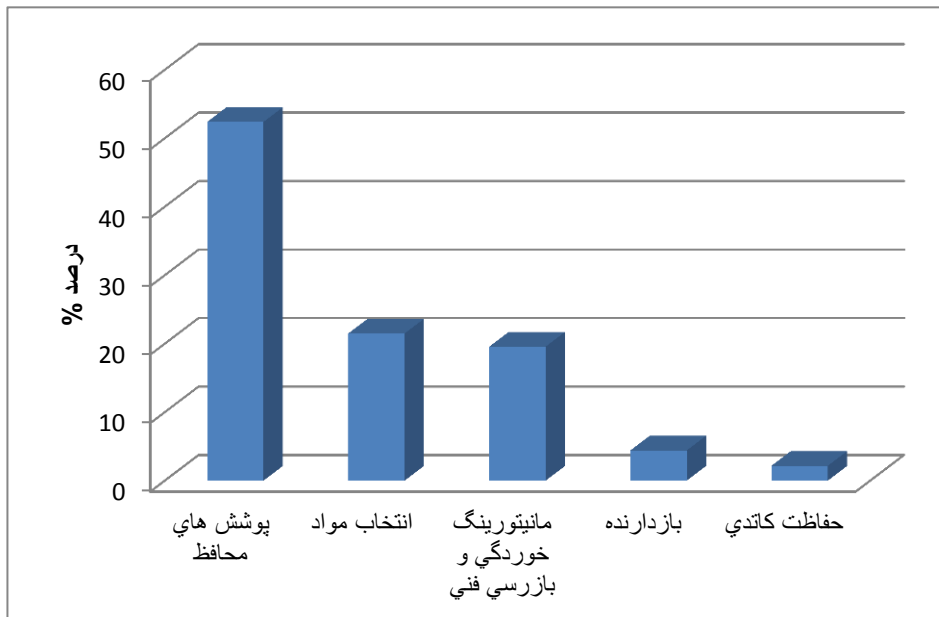
شکل ۶۴- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه های فناوری های مختلف کنترل خوردگی توسط کشور چین در طی

سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



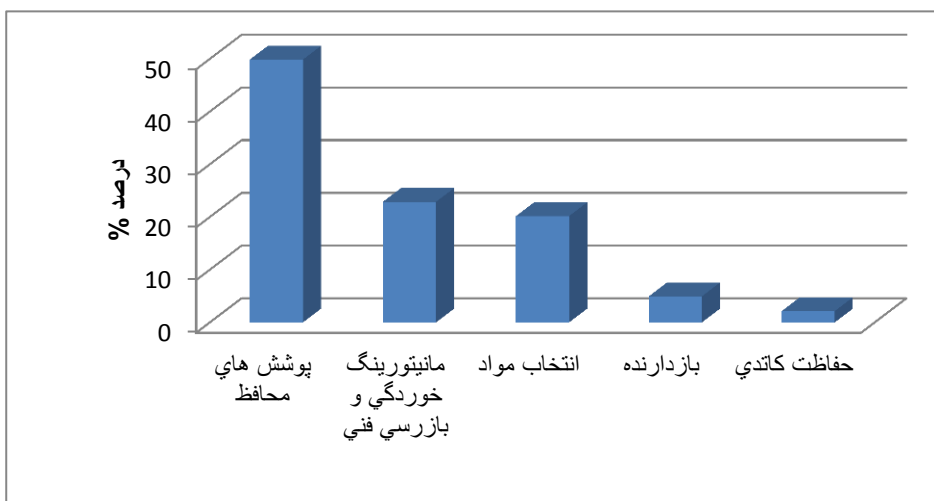
شکل ۶۵- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه های فناوری های مختلف کنترل خوردگی توسط کشور آلمان در طی

سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



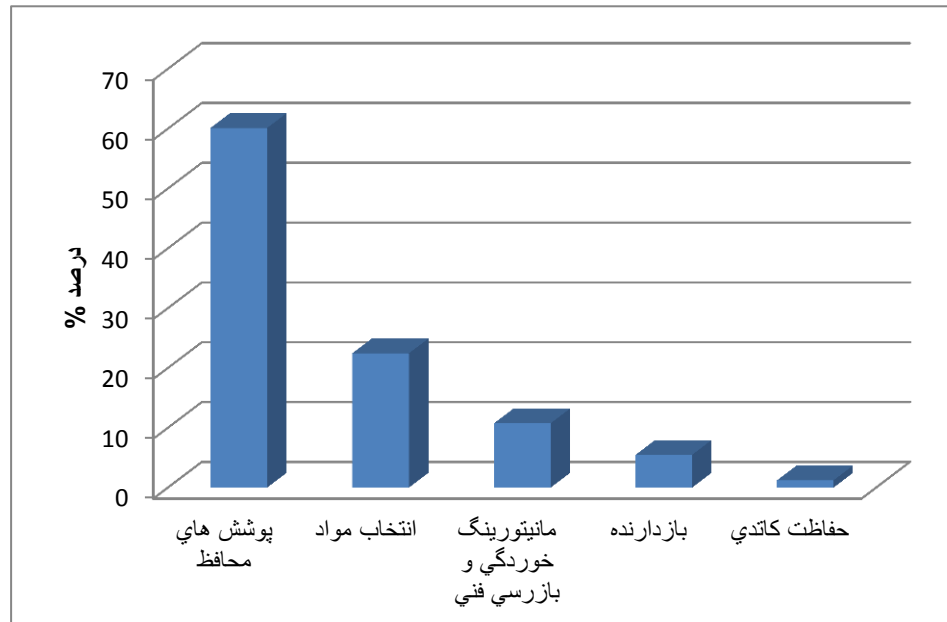
شکل ۶۶- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه های فناوری های مختلف کنترل خوردگی توسط کشور فرانسه در طی

سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



شکل ۶۷- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه های فناوری های مختلف کنترل خوردگی توسط کشور انگلستان در طی

سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.



شکل ۶۸- تعداد مقالات چاپ شده بر حسب درصد در زمینه‌ی فناوری‌های مختلف کنترل خوردگی توسط کشور زاین در طی

سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴.

با بررسی نمودارهای بالا مشاهده می‌شود، در تمامی کشورهای منتخب فناوری پوشش‌های محافظ بالاترین میزان تحقیقات در طی ۱۵ سال اخیر را به خود اختصاص داده است. مشاهده می‌شود که تقریباً بیش از نیمی از مقالات چاپ شده در زمینه‌ی فناوری‌های گوناگون کنترل خوردگی توسط هر کشور به موضوع پوشش‌های محافظ پرداخته‌اند. پس از این فناوری، دو فناوری انتخاب مواد و مانیتورینگ خوردگی و بازرسی فنی تقریباً به میزان یکسانی توسط این کشورها مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است. پس از آن‌ها فناوری بازدارنده و در نهایت فناوری حفاظت کاتدی دارای کمترین تعداد مقالات چاپ شده توسط این کشورها در طی ۱۵ سال اخیر می‌باشند.

۲-۲- بررسی پروژه‌های پژوهشی و صنعتی انجام گرفته توسط مراکز صنعتی کشورهای پیشرفته

به منظور تعیین موضوعات مطرح در زمینه‌ی خوردگی و روشهای کنترل آن در حوزه‌ی برق و انرژی در جهان، چند پژوهشگاه صنعت برق جهان و نیز چند مرکز خوردگی و انجمن خوردگی که در زمینه‌ی خوردگی در صنعت برق و انرژی فعالیت می‌کنند مورد مطالعه قرار گرفت. لیست پژوهشگاه‌های برق در جدول ۱۹، لیست مراکز خوردگی در جدول ۲۰ و لیست انجمن‌های خوردگی مورد مطالعه در جدول ۲۱ نشان داده شده است.

جدول ۱۹- لیست پژوهشگاه‌های برق بررسی شده در این تحقیق

کشور	نام پژوهشگاه	ردیف
آمریکا	Electric Power Research Institute (EPRI)	۱
چین	China Electric Power Research Institute (CEPRI)	۲
کره	Korea Electric Power Research Institute (KEPRI)	۳
هند	Central Power Research Institute (CPRI)	۴
ژاپن	Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)	۵
مکزیک	Electrical Research Institute (Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE))	۶

جدول ۲۰- لیست مراکز خوردگی بررسی شده در این تحقیق

کشور	نام مرکز خوردگی	ردیف
آمریکا	The Institute for Corrosion and Multiphase Technology	۱
آمریکا	The Fontana Corrosion Center	۲
آمریکا	National Corrosion Center	۳
آمریکا	Corrosion Research Center	۴
آمریکا	Erosion/corrosion research center	۵
انگلستان	Centre for Corrosion Technology	۶
انگلستان	Corrosion and Protection Center	۷
انگلستان	Institute of Corrosion	۸
فرانسه	The French Corrosion Institute	۹
استرالیا	Curtin Corrosion Engineering Industry Centre	۱۰
آلمان	GfKorr – Gesellschaft fuer Korrosionsschutz e.V.	۱۱

چین	Wuhan Research Institute of Materials Protection	۱۲
چین	Marine Corrosion and Protection Research and Development Center	۱۳
آفریقای جنوبی	Corrosion Institute of Southern Africa(CorrISA)	۱۴
عربستان سعودی	Center of Research Excellence in Corrosion	۱۵
هلند	Netherlands Corrosion Centre	۱۶
سوئد	Swedish Corrosion Institute	۱۷

جدول ۲۱- لیست انجمن‌های خوردگی بررسی شده در این تحقیق

کشور	نام انجمن خوردگی	ردیف
سازمان ملل	World Corrosion Organization (WCO)	۱
آمریکا	The National Association of Corrosion Engineers (NACE)	۲
استرالیا	The Australasian Corrosion Association (ACA)	۳
اروپا	European Federation of Corrosion (EFC)	۴
انگلستان	Corrosion Prevention Association (CPA)	۵
ژاپن	Japan Society of Corrosion Engineering (JSCE)	۶
هندوستان	NACE International Gateway India Section (NIGIS)	۷

موضوعاتی که در این پژوهشگاه و مراکز خوردگی در زمینه خوردگی در صنعت برق در قالب پروژه‌های و طرح‌های

مختلف در دست انجام می‌باشد به تفکیک موضوع در زیر آورده شده است:

۱- انتخاب مواد:

۱-۱- استفاده از آلیاژهای مقاوم به خوردگی در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی

۱-۲- استفاده از آلیاژهای مقاوم به خوردگی در لوله‌های بویلر نیروگاهی

۳-۱- استفاده از مواد کامپوزیتی مقاوم به خوردگی جهت استفاده در تجهیزات نیروگاهی

۴-۱- استفاده از آلیاژهای مقاوم به خوردگی اجزای مختلف سیستم‌های خنک کن

۵-۱- استفاده از آلیاژهای مقاوم به خوردگی و سایش در کمپرسورهای توربین‌های گازی

۶-۱- استفاده از آلیاژهای مقاوم به خوردگی در هادی‌های انتقال برق، دکل‌ها و یراق‌آلات

۷-۱- استفاده از سازه‌های بتنی با مقاومت به خوردگی بالا

۲- پوشش‌های محافظ:

۱-۲- استفاده از پوشش‌های مقاوم به خوردگی شامل پوشش‌های MCrAlY و TBC در قطعات مسیر داغ توربین‌های

گازی

۲-۲- استفاده ترکیبی از پوشش‌ها برای افزایش چسبندگی و طول عمر پوشش‌ها

۳-۲- تخمین عمر باقیمانده پوشش‌های قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی

۴-۲- استفاده از پوشش‌های مقاوم به خوردگی در لوله‌های سوپرهیتر، ری هیتر و واتروال نیروگاه‌های بخاری

۵-۲- استفاده از پوشش‌های محافظ مقاوم به خوردگی اتمسفری در تجهیزات نیروگاهی

۶-۲- توسعه در روش‌های پوشش دهی قطعات مختلف صنعت برق

۷-۲- توسعه در مواد اولیه پوشش قطعات مختلف صنعت برق

۸-۲- استفاده از رنگ‌های صنعتی مقاوم به خوردگی و توسعه آنها

۹-۲- استفاده از پوشش‌های مقاوم به خوردگی با راندمان پوشش دهی بالا برای سازه‌های تحت سیستم حفاظت

کاتدی

۱۰-۲- استفاده از پوشش‌های مقاوم به خوردگی در کندانسورها و سیستم‌های خنک کن

۱۱-۲- استفاده از پوشش‌های مقاوم به خوردگی در مخازن ذخیره

۱۲-۲- استفاده از پوشش‌های مقاوم به خوردگی بر روی سطح سازه‌های بتنی

۱۳-۲- استفاده از پوشش‌های مقاوم به خوردگی بر روی سطح فولادهای سازه‌های بتنی مسلح

۱۴-۲- استفاده از پوشش های گالوانیزه گرم با ترکیبات متنوع شامل روی آلیاژی، کامپوزیتی و ... در سازه های

اتمسفری

۱۵-۲- استفاده از پوشش های گالوانیزه و رنگ های آلی در سازه های اتمسفری

۱۶-۲- استفاده از پوشش های فلزی، سرامیکی و کامپوزیتی در کمپرسورهای نیروگاه های گازی

۱۷-۲- استفاده از پوشش های نسوز در داکت ها و دودکش های نیروگاه ها

۳- حفاظت کاتدی:

۱-۳- توسعه در طراحی سیستم های حفاظت کاتدی شامل توسعه معادلات طراحی، شبیه سازی و تولید نرم افزارهای

طراحی

۲-۳- استفاده از پوشش های مقاوم به خوردگی با راندمان پوشش دهی بالا

۳-۳- استفاده از تجهیزات حفاظت کاتدی با راندمان و کارایی بالا

۴-۳- مانیتورینگ سیستم های حفاظت کاتدی

۵-۳- استفاده از تجهیزات ارزیابی سیستم های حفاظت کاتدی

۶-۳- استفاده از آند های جدید با راندمان بالا و طول عمر طولانی و سازگار با محیط زیست

۷-۳- استفاده از سیستم های حفاظت کاتدی در سازه های بتنی

۸-۳- اجرای سیستم یکپارچه مدیریت خوردگی و بازرسی بر مبنای ریسک در صنعت برق

۴-افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی :

۱-۴- استفاده از افزودنی ها و بازدارنده های جدید جهت کاهش خوردگی در نیروگاه های بخاری

۲-۴- استفاده از افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی در سوخته های مایع نیروگاه ها

۳-۴- استفاده از افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی در سازه های بتنی

۴-۴- استفاده از افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی در رنگ ها و پوشش های صنعتی

۴-۵- استفاده از افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی سازگار با محیط زیست در شیمی آب نیروگاهها

۵- مانیتورینگ خوردگی، بازرسی فنی و پایش شرایط بهره برداری:

۵-۱- مانیتورینگ خوردگی سازه های بتنی

۵-۲- مانیتورینگ خوردگی لوله های بویلر نیروگاهی

۵-۳- مانیتورینگ خوردگی سیستم های خنک کن نیروگاهی

۵-۴- مانیتورینگ خوردگی تجهیزات شبکه انتقال و توزیع برق

۵-۵- استفاده از روشهای نوین غیر مخرب در بازرسی فنی ناشی از خوردگی تجهیزات نیروگاهی

۵-۶- توسعه فناوریهای برنامه ریزی جهت بازرسی فنی تجهیزات

۵-۷- ارائه دستورالعمل های لازم جهت تعمیر و نگهداری به منظور کنترل خوردگی تجهیزات صنعت برق

۶- ارزیابی قطعات و توسعه آزمون های خوردگی و توسعه فناوری های آموزشی

۶-۱- ارزیابی و بررسی علل خوردگی قطعات نیروگاهی

۶-۲- توسعه در آزمونهای شتاب یافته و میدانی تجهیزات نیروگاهی

۶-۳- توسعه آزمونهای ارزیابی روشهای کنترل خوردگی

۶-۴- توسعه تجهیزات آزمایشگاهی جهت تست خوردگی تجهیزات نیروگاهی

۶-۵- استانداردهای سازی آزمونهای خوردگی تجهیزات نیروگاهی

۶-۶- تهیه اطلس خوردگی تجهیزات نیروگاهی

۶-۷- تهیه آمار و خسارتهای سالیانه ناشی از خوردگی در صنعت برق

۶-۸- توسعه فناوری های آموزش نیروی انسانی جهت آشنائی با خوردگی و روشهای کنترل آن

با بررسی موضوعات پروژه های انجام گرفته و یا در حال انجام در مراکز تحقیقاتی بزرگ دنیا در زمینه خوردگی مشاهده

می شود که این مراکز در حال انجام پژوهش در زمینه های فناوری های کنترل خوردگی می باشند که تاییدکننده نتایج

حاصل از بررسی تعداد مقالات به چاپ رسیده توسط محققین کشورهای پیشرفته می باشد. همچنین مشاهده می شود که این

مراکز در زمینه های متعددی فناوری استفاده از پوشش های محافظ را مورد بررسی و تحقیق قرار داده اند که نشان دهنده ی تمایل بیشتر این مراکز تحقیقاتی نسبت به تحقیق در زمینه ی این فناوری کنترل خوردگی می باشد. این موضوع نیز با نتایج حاصل از بررسی تعداد مقالات در تطابق می باشد.

نتیجه گیری

- در بخش اول حوزه‌های مختلف فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق مورد شناسایی قرار گرفتند. در این بخش ابتدا به جمع‌آوری اطلاعات در زمینه‌ی انواع خوردگی در تجهیزات به کار رفته در حوزه‌های مختلف صنعت برق (تولید، انتقال و توزیع) پرداخته شده و سپس فناوری‌های کنترل خوردگی در این تجهیزات شناسایی شدند.
- در بخش دوم مطالعات آینده‌پژوهی بر روی فناوری‌های مختلف کنترل خوردگی انجام گرفت. به منظور بررسی روند استفاده و توسعه‌ی فناوری‌های کنترل خوردگی در کشورهای پیشرفته، مقالات به چاپ رسیده توسط محققین این کشورها و نیز پروژه‌های انجام گرفته در مراکز صنعتی و تحقیقاتی بزرگ در زمینه‌ی خوردگی در دنیا مورد بررسی قرار گرفته است.
- پس از انجام بررسی‌های مربوطه، مشخص شد که تحقیق و پژوهش بر روی تمامی فناوری‌های کنترل خوردگی در کشورهای پیشرفته‌ی دنیا روز به روز در حال افزایش است که نشان‌دهنده‌ی جذابیت توسعه‌ی این فناوری‌ها در آینده توسط این کشورها می باشد.

منابع و مراجع

- ۱- عباسعلی کارشناس و سید محمد باقر ملائک، ارائه ساختار کارکردهای نظام ملی هوشمندی فناوری؛ مورد به کارگیری فناوری‌های پیشرفته پیل سوختی، فصلنامه مدیریت توسعه فناوری، شماره ۲، ۵۵-۳۱، پاییز ۱۳۹۲
- ۲- ناصر باقری مقدم و حسین حقیقی، شناسایی تکنولوژی با رویکرد نگاشت تکنولوژی، اولین کنفرانس مدیریت تکنولوژی، ۱۸۹-۱۸۰، خرداد ۱۳۸۲
- 3- <http://www.electricalbank.com>
- 4- <http://danakhabar.com>
- 5- <http://daaneshjo.parsiblog.com>
- ۶- علی اکبر ژام و همکاران، گزارش نهائی پروژه "بررسی دلائل خوردگی شیمیایی"، کارفرما: مرکز تحقیقات نیرو، ۱۳۷۳
- 7- <http://ewa.ir>
- ۸- داور رضاخانی و همکاران، گزارش نهائی پروژه "تدوین دانش فنی پوششهای مقاوم به خوردگی و سایش بر روی لوله های بویلر نیروگاهی"، کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۴.
- 9- <http://www.persianfun.org>
- ۱۰- علی اکبر ژام و همکاران، گزارش نهائی پروژه "تحقیق و بررسی خوردگی و روش های پیشگیری در کندانسورهای نیروگاه های بخاری"، کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۳۷۹.
- ۱۱- داور رضاخانی و سودابه خلیلی، بررسی علل خوردگی لوله های کندانسور و تعیین شرایط بهینه اسیدشویی، چهارمین کنفرانس نیروگاه های برق، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۰
- ۱۲- علی منصوری مقرب، بررسی علل خوردگی در لوله های کندانسورهای توربین بخار، شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی
- ۱۳- مصطفی گودرزی و عیسی نویری، کنترل عوامل موثر بر خوردگی و رسوب دهی در آب های خنک کن و روش های جلوگیری از آن، نخستین همایش بین المللی چیلر و برج خنک کن ایران، ۱۳۸۹

۱۴- عیسی نویری، مصطفی گودرزی و حسن محمدی مجد، بررسی علل خوردگی برج خنک کن و لوله های سیستم خنک کن آب و بهبود عوامل موثر در وضعیت کنترل شیمیایی آن ها، نخستین همایش بین المللی چیلر و برج خنک کن ایران، ۱۳۸۹

۱۵- کامران کوزه گر، حفاظت کاتدیک از برج های سهمی نیروگاه، دومین همایش بین المللی چیلر و برج خنک کن ایران، ۱۳۹۰

۱۶- محمد شکوهیان و فرزاد پیاده، بررسی پارامترهای موثر بر خوردگی در بخش آب Aux.Cooling نیروگاه سیکل ترکیبی به وسیله ی نمونه گیری های آنالین یکساله، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۳۹۰

17- Technical report of SPX Cooling Technologies, Corrosion protection for cooling towers, 2005

18- Technical report of SPX Cooling Technologies, Selection of corrosion resistant materials for cooling towers, 1999

۱۹- محسن صارمی و همکاران، گزارش نهائی پروژه "بررسی پوشش های دمای بالای مورد استفاده در توربین های صنعت گاز و ارائه پوشش بهینه و استاندارد سازی آن"، کارفرما: شرکت ملی گاز ایران- معاونت تحقیق، توسعه و فناوری، ۱۳۸۵.

۲۰- داور رضاخانی و همکاران، گزارش نهائی پروژه "تعیین پوشش های بهینه برای پره های متحرک ردیف اول توربین های گازی GE-F5، TG20 و MW701B نیروگاه ری"، کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۱

21- Cristian Andersson, 2012, Protective coating recommendations in hydro power stations

22- A, Rinvoll, 2011, Corrosion reviews, volume 8, Issue 1-2, Pages 71-86

23- <http://fa.wikipedia.org>

۲۴- نجم الدین عرب و مصطفی توکل، خوردگی و تخریب تجهیزات پست های توزیع و انتقال، ششمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق، ۴۳۶-۴۲۱، ۱۳۸۰

۲۵- ناصر ابولقاسمی و سید رسول حسینی، تاثیرات آلودگی و خوردگی در کاهش قابلیت اطمینان عناصر خطوط انتقال و توزیع نیرو، هفتمین کنفرانس بین المللی برق، ۱۳۷۱

۲۶- قدرت الله حیدری و سعید خردیار، بررسی خوردگی در هادی های خطوط انتقال نیرو، دومین کنگره ملی خوردگی، ۱۳۶۹

۲۷- مهدی مهرابی و ایرج نودری، خوردگی پایه های بتونی در مناطق آلوده، هفتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق، ۱۱۲-۹۷، ۱۳۸۱

- ۲۸- داور رضاخانی و همکاران، گزارش نهائی پروژه "تهیه اطلس خوردگی برای صنعت برق"، کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۹
- 29- <http://corrosion.blogfa.com>
- ۳۰- رحیم زمانیان، اهمیت خوردگی و لزوم ساماندهی مدیریت خوردگی در صنعت نفت، شرکت پژوهش فناوری
- ۳۱- داور رضاخانی و همکاران، گزارش نهائی پروژه "خرید خدمات تست و تعمیرات سیستم حفاظت کاتدیک نیروگاه بیستون"، پژوهشگاه نیرو، کارفرما: شرکت مدیریت تولید برق بیستون، ۱۳۹۲
- 32- NACE International and Institute of Corrosion, Cathode Protection Monitoring for Buried Pipelines, pub. No. CEA 54276, Houston, Tex, NACE International, 1988.
- 33- NACE International, Specialized Surveys for Buried Pipelines, pub. No. 54277, Houston, Tex, NACE International, 1990.
- 34- Pierre R. Roberge, Handbook of Corrosion Engineering, New York, McGraw-Hill, 1999.
- ۳۵- داور رضاخانی و همکاران، گزارش نهائی پروژه "بررسی علل خوردگی روی سطوح لوله های بویلر (سمت آتش لوله های سوپر هیتز و ری هیتز) نیروگاه شهید رجایی و انتخاب مناسب ترین سیستم مانیتورینگ خوردگی و نصب و راه اندازی آن به صورت On-Line"، کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۲
- 36- P.W. Schilke, Advanced Gas Turbine Materials and Coatings ,GE Energy, 1995-2004
- 37- Ernesto Benini, Advances in Gas Turbine Technology, 2011
- 38- <http://www.modiryar.com>
- ۳۹- گزارش تدوین متدولوژی واحد تهیه اسناد راهبردی توسعه فناوری صنعت برق، موسسه پژوهشی مدیریت راهبردی انرژی آیندگان، کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۳
- ۴۰- روش شناسی تدوین اسناد ملی فناوری های راهبردی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، ۱۳۹۲

فهرست مطالب

۱	مقدمه.....
۲	۱- تدوین چشم انداز توسعه فن آوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران.....
۳	۱-۱- چهارچوب نظری در خصوص تدوین و تبیین بیانیه چشم انداز.....
۳	۱-۱-۱- تعریف چشم انداز.....
۴	۱-۱-۲- ویژگی های یک چشم انداز مطلوب.....
۵	۱-۱-۳- ضرورت تدوین چشم انداز.....
۶	۱-۱-۴- انواع چشم اندازها.....
۸	۱-۱-۵- روش های تبیین بیانیه چشم انداز.....
۱۰	۱-۲- فرایند تدوین چشم انداز به روش منتخب در این سند.....
۱۲	۱-۲-۱- نتایج حاصل از بررسی اسناد بالادستی.....
۱۲	۱-۲-۲- تعیین نتایج حاصل از بررسی ابعاد چشم اندازی توسعه فن آوری های نوین کنترل خوردگی در کشورهای مختلف (مطالعات تطبیقی).....
۱۳	۱-۳- تبیین چهارچوب بیانیه و ارائه بیانیه چشم انداز سند توسعه فن آوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران.....
۱۴	۱-۳-۱- تدوین اهداف کلان توسعه فن آوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران.....
۱۹	۱-۳-۲- چهارچوب نظری تدوین اهداف کلان توسعه فن آوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران.....
۱۹	۱-۳-۲-۱- حوزه های اهداف تعیین شده.....
۲۰	۱-۳-۲-۲- دریافت ورودی از نظرات خبرگان همراستا با چشم انداز، اصول ارزشی و هوشمندی فن آوری.....
۲۲	۱-۳-۲-۳- تدوین اولیه اهداف کلان بر اساس اطلاعات ورودی.....
۲۲	۱-۳-۲-۴- تدوین و نهایی سازی اهداف کلان.....
۲۳	۱-۳-۲-۵- فرایند تدوین اهداف توسعه فن آوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران.....



- ۲۴-۱-۲-۲- مراحل تدوین اهداف توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ۲۴
- ۲۵-۱-۲-۲- نتایج حاصل از بررسی بیانیه چشم انداز فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ۲۵
- ۲۶-۱-۲-۲- نتایج حاصل از بررسی گزارش اسناد بالادستی مرتبط با توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ۲۶
- ۲۸-۱-۲-۲- نتایج حاصل از بررسی گزارش توجیه پذیری ۲۸
- ۲۸-۳-۲- اهداف کلان تعیین شده در سند توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ۲۸
- ۳۲-۳- تدوین راهبردهای توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ۳۲
- ۳۳-۱-۳- اولویت‌بندی فن‌آوری‌ها بر اساس شاخصهای جذابیت و توانمندی ۳۳
- ۳۳-۱-۳- تعیین شاخصهای جذابیت و توانمندی ۳۳
- ۳۵-۲-۱-۳- ارزیابی جذابیت و توانمندی فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ۳۵
- ۳۹-۳-۱-۳- تحلیل نتایج ۳۹
- ۴۴-۱-۳-۱-۳- ترسیم ماتریس جذابیت- توانمندی فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در تجهیزات صنعت برق ۴۴
- ۴۷-۲-۳- روش اکتساب فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ۴۷
- ۴۷-۱-۲-۳- ناحیه بندی ماتریس جذابیت-توانمندی ۴۷
- ۵۶-۲-۲-۳- الگوریتم پیشنهادی روش اکتساب ۵۶
- ۶۵-۳-۳- راهبردهای تعیین شده برای توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ۶۵
- ۶۷- نتیجه‌گیری ۶۷
- ۶۸- منابع و مراجع ۶۸
- ۶۹- پیوست شماره یک ۶۹
- ۷۲- پیوست شماره دو ۷۲
- ۷۴- پیوست شماره سه ۷۴



فهرست شکل‌ها

- شکل ۱: بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز ۷
- شکل ۲: گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب ۱۰
- شکل ۳: مدل اجرایی خلق چشم‌انداز ۱۱
- شکل ۴: مدل توسعه مفهومی مطالعات تطبیقی ۱۳
- شکل ۵: نحوه استخراج زمینه‌های نهایی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز ۱۵
- شکل ۶: ویژگی‌های اهداف کلان ۲۳
- شکل ۷: نحوه تعیین اهداف کلان در سند توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ۲۵
- شکل ۸: اهداف استخراج شده از چشم‌انداز سند توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ۲۶
- شکل ۹: نحوه استخراج اهداف سند توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۲۹
- شکل ۱۰: فرایند تدوین راهبردهای توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۳۳
- شکل ۱۱: ماتریس جذابیت- توانمندی فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق ۴۶
- شکل ۱۲: فرایند پیشنهادی جهت تعیین روش اکتساب فن‌آوری‌ها ۴۷
- شکل ۱۳: اثر پراکندگی فناوری‌ها در ماتریس جذابیت و توانمندی بر انتخاب نواحی ماتریس ۴۸
- شکل ۱۴: ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت- توانمندی فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق ۴۹
- شکل ۱۵: الگوریتم تعیین روش اکتساب فن‌آوری ۶۰

فهرست جداول

- جدول ۱: زمینه های مرتبط قابل استخراج از اسناد بالادستی برای تدوین بیانیه اولیه چشم انداز ۱۲
- جدول ۲: نتایج حاصل از مطالعات تطبیقی ۱۴
- جدول ۳: نظرات خبرگان پیرامون چشم انداز ۱۶
- جدول ۴: اهداف قابل استنتاج از اسناد بالادستی در حوزه فن آوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۲۷
- جدول ۵: نظرات خبرگان پیرامون اهداف ۳۰
- جدول ۶: ضریب اهمیت هریک از پارامترهای مربوط به توانمندی و جذابیت براساس پرسشنامه ۳۶
- جدول ۷: جمع بندی نتایج جذابیت و توانمندی فن آوری های مختلف کنترل خوردگی در تجهیزات صنعت برق ۳۶
- جدول ۸: نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت فن آوری های کنترل خوردگی در تجهیزات ۳۹
- جدول ۹- نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی فن آوری های کنترل خوردگی در تجهیزات ۴۲
- جدول ۱۰: جایگاه فن آوری ها در ماتریس جذابیت-توانمندی ۵۰
- جدول ۱۱: خروجی های الگوریتم تعیین روش اکتساب فن آوری ۶۱
- جدول ۱۲: روش پیشنهادی اکتساب فن آوری ها ۶۳

مقدمه

در این گزارش به تدوین ارکان جهت ساز در سند راهبردی و نقشه راه توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران شامل چشم انداز، اهداف، و راهبردها پرداخته می‌شود. چشم انداز، تصویر مطلوب (شفاف، واقعی، جذاب و قابل قبول) و آرمان قابل دستیابی در حوزه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی را ترسیم می‌کند. اهداف مسیر نیل به چشم انداز تعیین شده را مشخص می‌کنند و راهبردها روش تحقق اهداف توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق را نشان می‌دهند [۱].

در بخش اول این گزارش، مبانی نظری مربوط به چشم انداز، فرایند تدوین چشم انداز و در نهایت چشم انداز سند توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ارائه می‌شود. سپس چارچوب نظری و فرایند تدوین اهداف و اهداف تعیین شده برای دستیابی به چشم انداز مورد بحث قرار می‌گیرد. در بخش آخر این گزارش فرایند اولویت‌بندی فن‌آوری‌ها، تعیین روش‌های اکتساب و همچنین راهبردهای در نظر گرفته شده برای تحقق اهداف و چشم انداز سند مشخص می‌شود.



۱- تدوین چشم‌انداز توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

به طور کلی چشم‌انداز^۱ بیانگر افق و جایگاه مطلوب، آرمانی و رقابتی برای سازمان، صنعت یا تکنولوژی است. چشم‌انداز همواره امیدها و اهداف آرمانی 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 به موارد ذکر شده می‌توان گفت که چشم‌انداز دو کارکرد اصلی دارد: نخست از به بیراهه کشیده شدن فعالیت‌ها جلوگیری کرده و دوم اینکه همواره امید را برای نیل به اهداف تعیین شده تقویت می‌نماید.

انواع آینده که در چشم‌انداز به آن پرداخته می‌شود، در سه دسته، طبقه‌بندی می‌شود: آینده ممکن، آینده محتمل و آینده مطلوب.

آینده ممکن: شامل تمامی آینده‌هایی است که می‌تواند اتفاق بیفتد. مهم نیست که این آینده‌ها تا چه حد احتمال وقوع داشته باشند و یا حتی دست‌نیافتنی باشند.

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

آینده‌های مطلوب: آن رویداد آتی که بیشترین مطلوبیت و ارجحیت را دارد.

هدف از این بخش، تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران 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 خواهد شد.

¹ Vision



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، 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
- بیان صریح سرنوشتی که باید به سوی آن حرکت کرد
- هنر دیدن نادیدنی‌ها
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.



- 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.
- 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.
- چشم‌انداز، ارائه‌دهنده یک تصویر مطلوب، آرمانی و قابل دستیابی است که مانند چراغی در افق بلندمدت، فراروی سیستم و ذی‌نفعانش قرار دارد و واجد ویژگی‌های جامع‌نگری، آینده‌نگری، ارزش‌گرایی و واقع‌گرایی می‌باشد.
- 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 ویژگی‌های چشم‌انداز مطلوب ارائه می‌گردد. ویژگی‌هایی که چشم‌انداز مطلوب باید دارای آن‌ها باشد عبارتند از [۱]:

- قابل دستیابی در زمان مورد نظر و کمیت‌پذیر
- برآیند آثار ناشی از مزیت‌ها (مؤلفه‌های قوت و فرصت) از یک طرف و رافع چالش‌ها (نقاط ضعف و تهدید)
- جامع، تحول‌گرا، آینده‌نگر و پویا
- دارای افق زمانی معین
- بلندپروازانه و در عین حال منحصر به فرد
- برانگیزاننده مشارکت همگانی و مشوق حرکت
- پیونددهنده حال و آینده به همدیگر (یعنی در عین آنکه باید واقع‌گرایانه باشد، مطابق با آرمان‌ها نیز باشد)
- اطمینان‌بخش و توجه‌برانگیز برای ذینفعان



- دارای حس مالکیت و تعلق و تقویت‌کننده این حس در ذینفعان
 - تعیین‌کننده مسیر حرکت و به وجود آورنده هدفی منسجم (در این خصوص چشم‌انداز باید تصویری ممکن از اهداف مطلوب را دارا باشد)
 - تداوم‌بخش به برنامه‌ریزی و اجرای آن‌ها
 - نشان‌دهنده فرصت‌های موجود و راه بهره‌جویی از این فرصت‌ها
- این در حالی است که در سیستم‌ها و سازمان‌هایی با مقیاس‌های کوچک‌تر ویژگی‌های زیر را نیز باید برای چشم‌انداز متصور شد:

- ایجادکننده رضایت شغلی، تعهد، علاقه و غرور در کارکنان و انرژی‌دهنده به آن‌ها و در حوزه سازمانی اثرگذار و معنی بخش به جوانب مختلف زندگی
- مشوق یادگیری
- مشخص‌کننده مخاطب
- مشخص‌کننده استاندارد برتر
- کوتاه و دقیق
- 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. همان‌طور که اشاره شد ضرورت اصلی تدوین چشم‌انداز تعیین افق، جایگاه و موقعیت مطلوب است که با تعیین آن از منحرف شدن از مسیر اصلی جلوگیری شده و امید فعالیت در مجموعه ذینفعان مدنظر تقویت می‌شود. 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
- پیچیدگی های روند و ماهیت توسعه
- ضعف در منابع کلان مورد نیاز
- عدم تخصیص صحیح اولویت ها
- 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 چشم انداز فعلی به خوبی منتقل نشده است.
- بخش و یا کلیت مفهوم چشم انداز فعلی به خوبی درک نشده است.
- بخش و یا کل چشم انداز فعلی برای افراد ترغیب کننده و الهام بخش نیست.

لذا باید جهت دهی جدید و نوینی تعریف و تنظیم گردد و از این رو برخورداری از یک چشم انداز مؤثر، جامع و کارآمد حائز

اهمیت خواهد شد.

۱-۱-۴- انواع چشم اندازها

برخی از مزایا و ابعاد قدرت چشم انداز در نمودار شکل ۱ ارائه شده است. اکثر چشم اندازها به بیان جمله ای کیفی و کلی

پرداخته اند. با این وجود، می توان چشم انداز را به چهار نوع دسته بندی نمود [۱]:

الف- چشم انداز کمی

چشم اندازی است که در آن شاخص های کمی برای آینده مطلوب بیان شده و سپس هر یک از این شاخص ها عددگذاری

می شوند. چشم اندازهای کمی می توانند از نوع عددی (به عنوان مثال، میزان تولید در افق زمانی چشم انداز) و یا از نوع درصدی

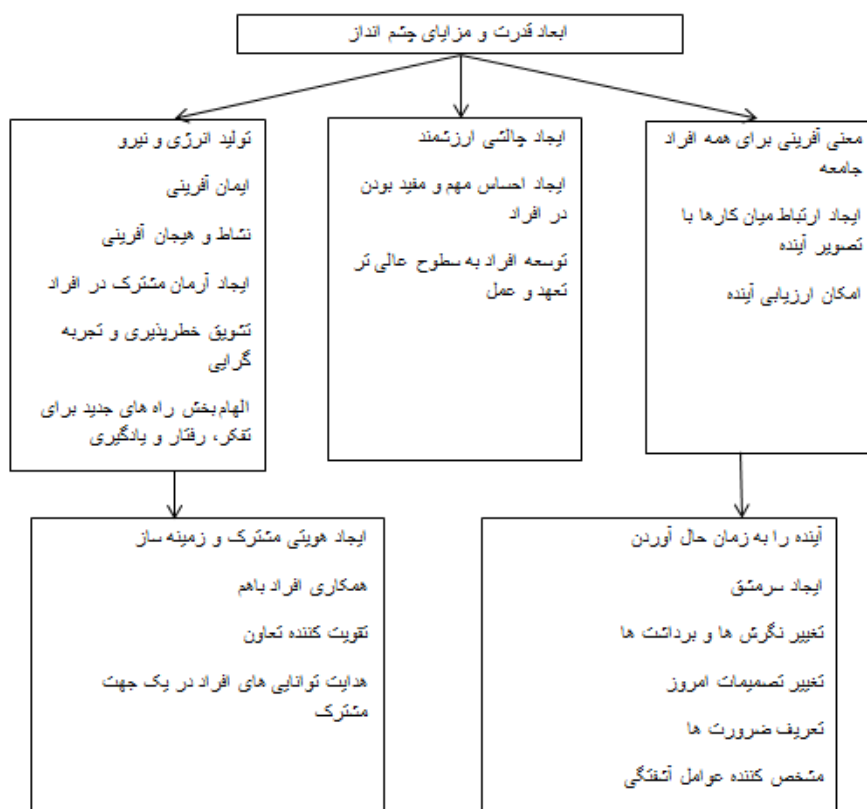
(درصد سهم تولید در کشور یا منطقه در افق زمانی چشم انداز) باشند.

ب- چشم انداز کیفی

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

پ- چشم‌انداز رتبه‌ای

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



شکل ۱: بررسی ابعاد قدرت و مزایای چشم‌انداز.

ت- 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 خواهد 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.

۱-۱-۵- 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 ارائه شده است.

۱-۱-۵-۱- 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.

۱-۱-۵-۲- 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

۱-۱-۵-۳- روش برت نی‌نوس

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

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

۱-۱-۵-۴- 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 داده‌ها برای اعضای گروه مرکزی

۱-۱-۵-۵- 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



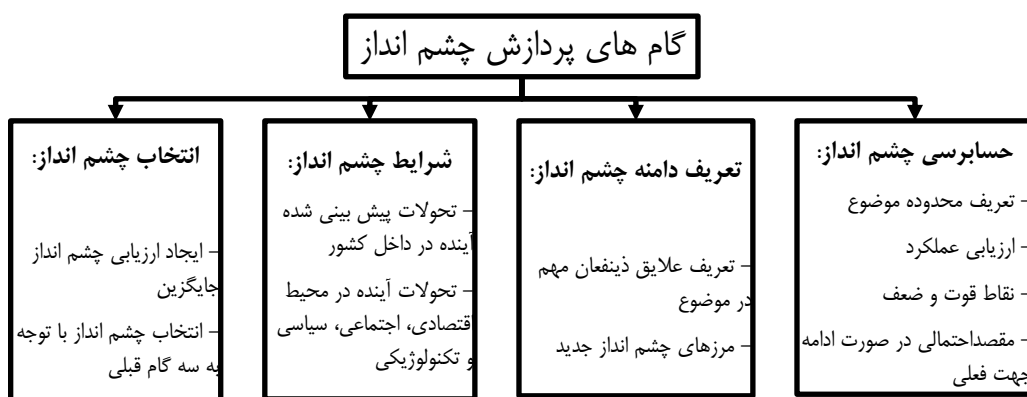
۵- گام پنجم: تصحیح بیانیه

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 پردازش و ارائه شود. در این شکل گام‌های پردازش چشم‌انداز به طور خلاصه ذکر شده است.



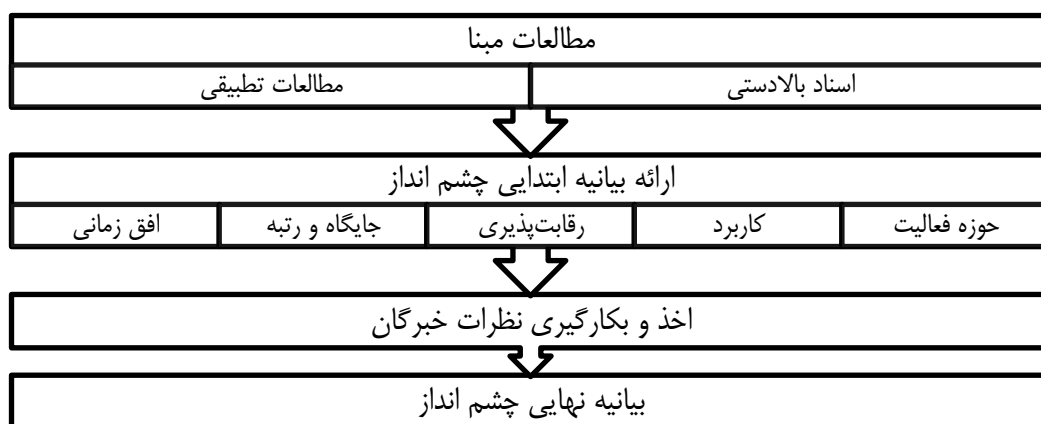
شکل ۲: گام‌های پردازش یک چشم‌انداز مطلوب.

۱-۲- فرایند تدوین چشم‌انداز به روش منتخب در این سند

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. برای تدوین چشم‌انداز بر اساس فلوجارت ارائه شده در شکل ۳

عمل می‌شود.



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

لازم به یادآوری است که چشم‌انداز تدوین شده باید مورد ارزیابی قرار گیرد تا کارایی آن اثبات شود. برای اثبات کارایی چشم‌انداز، بیانیه نهایی چشم‌انداز تدوین شده از لحاظ دارا بودن صفات و ویژگی‌های ضروری چشم‌انداز بررسی و سنجیده می‌شود و در صورتی که صفات و ویژگی‌های ذکر شده را دارا باشد چشم‌انداز از کارایی خوبی برخوردار خواهد بود. بر اساس 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 گزارش مرحله یک ارائه شده است. بنابراین با بررسی مواد یا بندهای مرتبط با این موضوعات می‌توان زمینه‌های مرتبط را به دست آورد. این زمینه‌های مرتبط در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: زمینه‌های مرتبط قابل استخراج از اسناد بالادستی برای تدوین بیانیه اولیه چشم‌انداز

ردیف	سند/قانون	موارد مرتبط در سند	موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون
۱	چشم‌انداز جمهوری اسلامی در افق ۱۴۰۴ [۲]	<ul style="list-style-type: none"> توسعه یافته برخوردار از دانش پیشرفته توانا در تولید علم و فن‌آوری متکی بر تولید ملی بهره مند از محیط زیست مطلوب تأکید بر جنبش نرم‌افزاری و تولید علم توسعه‌ی کارآمد دارای تعامل سازنده و موثر با جهان بر اساس اصول عزت، حکمت و مصلحت 	<p>دستیابی به دانش فنی کنترل خوردگی با فن‌آوری‌های نوین در افق ۱۴۰۴</p>
۲	سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو [۳]	<p>وزارت نیرو با ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فن‌آوری‌های نوین، سازگار با محیط‌زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به‌عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، افزایش خوداتکایی و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند</p> <p>گسترش بازار صنعت آب و برق کشور به سطح جهانی، به ویژه کشورهای منطقه از طریق توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات در سطح ملی</p>	<p>ارتقاء بهره‌وری از طریق بکارگیری فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی</p> <p>توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات از طریق کاهش قطعی‌های برق با بکارگیری فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق</p> <p>افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها از طریق بکارگیری فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق</p>
		افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقای بازده نیروگاه‌ها	

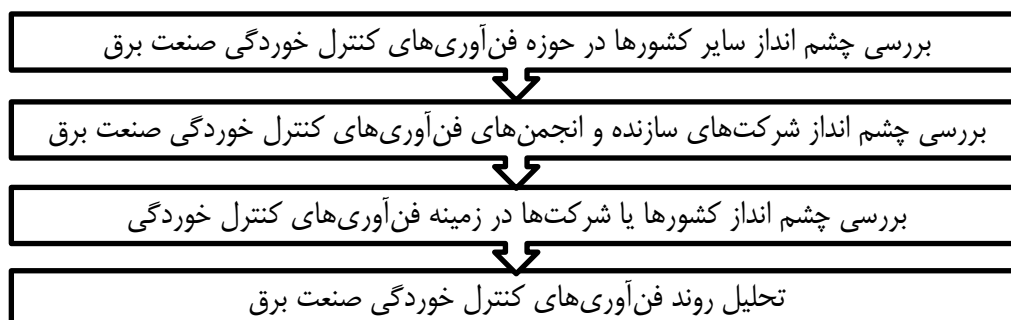


ردیف	سند/قانون	موارد مرتبط در سند	موارد و ویژگی‌های قابل برداشت از قانون
۳	قانون برنامه پنجم [۴]	دستیابی به فن‌آوری‌های پیشرفته‌ی مورد نیاز	دستیابی به فن‌آوری کنترل خوردگی در صنعت برق
		دستیابی به جایگاه دوم علمی و فن‌آوری در منطقه و تثبیت آن	دستیابی به فن‌آوری کنترل خوردگی در صنعت برق
۴	سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی [۵]	افزایش بهره‌وری برق در کلیه مراحل زنجیره تولید تا مصرف	افزایش بهره‌وری برق در کلیه مراحل زنجیره تولید تا مصرف در صنعت برق
		پایداری و بهبود کیفیت و کمیت خدمات آب و برق در بخش‌های مختلف مصرف	افزایش پایداری برق با به کارگیری فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق
۵	سیاست‌های کلی نظام در بخش صنعت [۶]	ارتقاء سطح فن‌آوری صنایع کشور و دستیابی به فن‌آوری‌های پیشرفته و راهبردی با گسترش تحقیق و توسعه	ارتقاء سطح فن‌آوری صنایع کشور و دستیابی به فن‌آوری‌های پیشرفته و راهبردی در زمینه‌ی کنترل خوردگی در صنعت برق
۶	نقشه‌ی جامع علمی کشور [۷]	تثبیت جایگاه کشور در فن‌آوری‌های نوین	دستیابی به فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

۱-۲-۲- تعیین نتایج حاصل از بررسی ابعاد چشم‌اندازی توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در

کشورهای مختلف (مطالعات تطبیقی)

همان‌طور که در بررسی چهارچوب نظری تبیین بیانیه چشم‌انداز و فرآیند 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. در این مرحله پس از بحث و بررسی‌های انجام شده، مدل توسعه مفهومی مطالعات تطبیقی در این حوزه مشخص شد. این مدل در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴: مدل توسعه مفهومی مطالعات تطبیقی.

پس از جستجو بر اساس مدل فوق، به دلیل محدودیت‌های منابع در دسترس تنها چشم‌انداز انجمن خوردگی استرالیا و سازمان جهانی خوردگی مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه در جدول ۲ این چشم‌اندازها آمده است.

جدول ۲: نتایج حاصل از مطالعات تطبیقی

کشور/شرکت	چشم‌انداز	زمینه‌های قابل استخراج
انجمن خوردگی استرالیا ^۱ [۸](ACA)	انجام بهترین عمل در مدیریت خوردگی توسط مدیران و رهبران در انتشار دانش در سراسر استرالیا، به گونه ای که اطمینان حاصل شود که محیط حفاظت شده، امنیت عمومی افزایش یافته و اقتصاد بهبود پیدا کرده است.	<ul style="list-style-type: none">حفظ محیط زیستدستیابی به منافع اقتصادی
سازمان جهانی خوردگی ^۲ [۹](WCO)	ترویج آموزش و پرورش و بهترین شیوه‌ها برای کنترل خوردگی، به منظور منفعت اجتماعی- اقتصادی جامعه، حفظ منابع و حفاظت از محیط زیست	<ul style="list-style-type: none">افزایش رفاه اجتماعیحفظ سرمایه‌های ملیحفظ محیط زیست

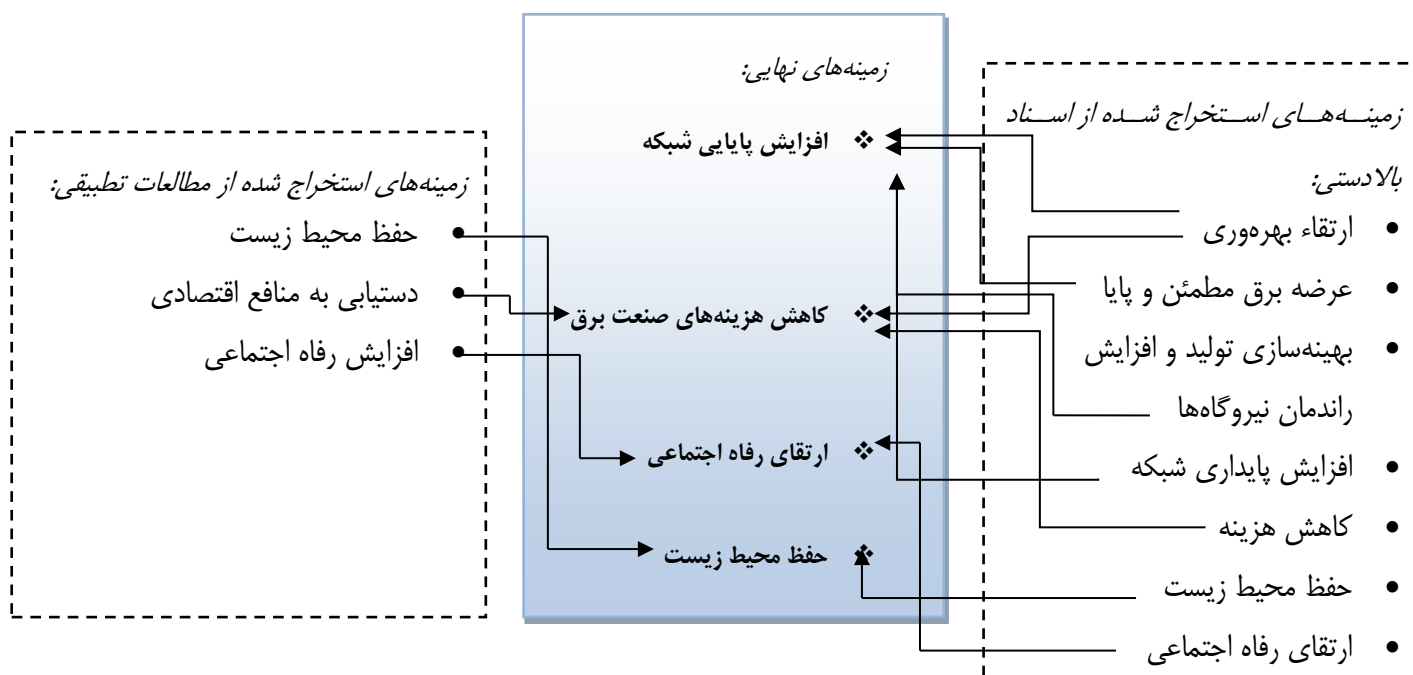
۱-۳- تبیین چهارچوب بیانیه و ارائه بیانیه چشم‌انداز سند توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل

خوردگی در صنعت برق ایران

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 ۵ نحوه استخراج این زمینه‌ها را نشان می‌دهد.

¹ Australasian Corrosion Association

² World Corrosion Organization



شکل ۵: نحوه استخراج زمینه‌های نهایی برای تدوین بیانیه اولیه چشم انداز.

بر اساس موارد ذکر شده سناریوی زیر به عنوان بیانیه اولیه چشم‌انداز توسعه فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق

کشور به شرح زیر تبیین و اعلام می‌گردد:

«با اتکا به خداوند متعال و مجاهدت ملی، جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ در راستای تحقق سند چشم‌انداز بیست ساله و سیاست‌های اقتصاد مقاومتی خود، با تأکید بر خودتکایی و با بهره‌گیری از دانش پیشرفته و مبتنی بر نیروی انسانی بومی، ضمن توجه به مقوله حفظ محیط زیست و ارتقای سطح رفاه اجتماعی،

به توانمندی ساخت و بهره‌برداری از کاراترین و مناسب‌ترین فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در راستای کمک به افزایش پایایی شبکه و کاهش هزینه‌های صنعت برق کشور در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع دست خواهد یافت.»

پس از برگزاری جلسه با کمیته راهبری، بیانیه اولیه چشم انداز مورد بحث و بررسی قرار گرفت و نظرات اعضای این کمیته به منظور اصلاح این بیانیه مطرح گردید. در نهایت با اعمال نظرات مورد توافق اعضا، چشم‌اندازی که به خبرگان جهت اعلام نظر از طریق پرسشنامه ارائه گردید به شرح زیر بود:



«با اتکا به خداوند متعال و مجاهدت ملی، صنعت برق کشور در افق ۱۴۰۴ در راستای تحقق سند چشم‌انداز بیست ساله خود، با تأکید بر خوداتکایی و با بهره‌گیری از دانش پیشرفته و مبتنی بر نیروی انسانی بومی، ضمن توجه به مقوله حفظ محیط زیست و ارتقای سطح رفاه اجتماعی،

به دانش فنی و توانمندی ساخت و بهره‌برداری از روزآمدترین فن‌آوری‌های کنترل خوردگی بمنظور کمک به تولید، انتقال و توزیع پایدار برق و حداقل‌سازی هزینه‌های صنعت برق دست خواهد یافت.»

در این چشم‌انداز، بر اساس نظر اعضای کمیته راهبری، عبارت «دانش فنی» به ابتدای بیانیه اولیه اضافه شده و نیز عبارت‌های «کارترین و مناسب‌ترین»، «افزایش پایایی شبکه» و «کاهش هزینه‌های صنعت برق» در بیانیه اولیه، به ترتیب با عبارت‌های «روزآمدترین»، «تولید، انتقال و توزیع پایدار برق» و «حداقل‌سازی هزینه‌های صنعت برق» جایگزین شده است. جهت استفاده از نظرات خبرگان در تدوین چشم‌انداز نهایی توسعه فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق، بیانیه فوق به همراه پرسشنامه ارزیابی چشم‌انداز (پیوست ۱) برای اعضای کمیته راهبری و خبرگان معرفی شده از سوی کمیته راهبری ارسال شد که در مجموع ۲۳ پاسخ دریافت شد. این نظرات در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳: نظرات خبرگان پیرامون چشم‌انداز

نام خبره	سمت	نظرات
علی‌اکبر فلاح	مدیر گروه متالورژی مرکز شیمی و مواد	موافقت با چشم‌انداز غیر از بخش «رفاه اجتماعی»
علیرضا صبور اقدم	استاد دانشگاه تربیت مدرس	موافقت با چشم‌انداز
شاهرخ آهنگرانی	استادیار و مدیر گروه فن‌آوری‌های متالورژیکی و حفاظت سطوح سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی	موافقت با چشم‌انداز غیر از بخش «رفاه اجتماعی» و «ساخت و بهره‌برداری»
محمدرضا جهانگیری	کارشناس پژوهشی پژوهشگاه نیرو	موافقت با چشم‌انداز
جعفر جلوخانی	مدیر کارگاه مهندسی بریزکاران	موافقت با چشم‌انداز غیر از «رفاه اجتماعی» و «ساخت و بهره‌برداری»
حسن کاظم‌پور	کارشناس پژوهشی پژوهشگاه نیرو	پیشنهاد «دانش فنی و بکارگیری» به جای «ساخت و بهره‌برداری»
محسن مهدیزاده	کارشناس پژوهشی پژوهشگاه نیرو	موافقت با چشم‌انداز غیر از بخش «رفاه اجتماعی» و «ساخت و بهره‌برداری»



نام خبره	سمت	نظرات
شهرام میری	مدیرعامل شرکت اطلس انرژی	موافقت با چشم‌انداز غیر از بخش «رفاه اجتماعی» و «محیط زیست» و همچنین پیشنهاد «کاهش» به جای «حداقل سازی»
علی اصغر نجف‌زاده	مدیرعامل شرکت مهندسی پیمان نیرو	موافقت با چشم‌انداز غیر از بخش «رفاه اجتماعی»
محمد حسین شریعت	استاد دانشگاه شیراز	موافقت با چشم‌انداز غیر از بخش «رفاه اجتماعی» و «ساخت و بهره‌برداری»
احمدعلی آماده	استاد دانشگاه تهران	موافقت با چشم‌انداز
حشمت دهکردی	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی	پیشنهاد افزودن «حفاظت از سرمایه‌های ملی» و «بهینه‌سازی» به جای «حداقل سازی»
هادی عادل‌خانی	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی	پیشنهاد افزودن «حفاظت از سرمایه‌های ملی» و «بهینه‌سازی» به جای «حداقل سازی»
کاظم کوزه‌کنانی	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی	پیشنهاد افزودن «حفاظت از سرمایه‌های ملی» و «بهینه‌سازی» به جای «حداقل سازی»
ناصر گیوه‌چی	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی	پیشنهاد افزودن «حفاظت از سرمایه‌های ملی» و «بهینه‌سازی» به جای «حداقل سازی»
داریوش ماسوری	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی	پیشنهاد افزودن «حفاظت از سرمایه‌های ملی» و «بهینه‌سازی» به جای «حداقل سازی»
احمدرضا بحرانی	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی	پیشنهاد افزودن «حفاظت از سرمایه‌های ملی» و «بهینه‌سازی» به جای «حداقل سازی»
محمدرضا نفری	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی	پیشنهاد افزودن «حفاظت از سرمایه‌های ملی» و «بهینه‌سازی» به جای «حداقل سازی»
جواد خسروی	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی	پیشنهاد افزودن «حفاظت از سرمایه‌های ملی» و «بهینه‌سازی» به جای «حداقل سازی»
حسین کهتری	مدیر بخش کنترل خوردگی و آزمون‌های غیرمخرب شرکت تکنیکوی	پیشنهاد حذف واژه «ساخت»
علیرضا کیان بخش	مدیر تحقیقات و توسعه مدیریت نیروگاه شهید رجائی	«دستیابی به روزآمدترین فن‌آوری کنترل خوردگی در راستای کمک به حداکثر سازی پایداری شبکه و حداقل سازی هزینه‌های خوردگی در صنعت برق در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع»
غلامرضا نعمتی	مدیرعامل شرکت دانش بنیان مسن انرژی قشم	پیشنهاد «به‌روز» به جای «روزآمد» و «اقتصاد مقاومتی» به جای «رفاه اجتماعی»
داور رضاخانی	مدیر پروژه و کارشناس پژوهشگاه نیرو	موافقت با چشم‌انداز غیر از بخش «رفاه اجتماعی» و «محیط زیست» و «تولید، انتقال و توزیع پایدار برق» به جای «تولید و عرضه‌ی پایدار برق»

پس از دریافت پرسشنامه‌ها، نتایج حاصل از آنها جمع‌بندی شده و نکات مطروحه در جلسه دیگری با حضور اعضای کمیته راهبری مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه و با اعمال نظرات اعضای این کمیته، عبارت «رفاه اجتماعی» حذف و عبارت «حفظ سرمایه‌های ملی» به بیانیه اضافه شده و چشم‌انداز نهایی به این شکل اصلاح گردید:

«با اتکا به خداوند متعال و مجاهدت ملی، صنعت برق کشور در افق ۱۴۰۴ در راستای تحقق سند چشم‌انداز بیست ساله خود، با تأکید بر خوداتکایی و با بهره‌گیری از دانش پیشرفته و مبتنی بر نیروی انسانی بومی، ضمن توجه به مقوله حفظ محیط زیست،

به دانش فنی و توانمندی ساخت و بهره‌برداری از روزآمدترین فن‌آوری‌های کنترل خوردگی بمنظور کمک به تولید، انتقال و توزیع پایدار برق و حفظ سرمایه‌های ملی و حداقل‌سازی هزینه‌های صنعت برق دست خواهد یافت.»

به منظور تبیین بهتر عبارات کلیدی مورد استفاده در چشم‌انداز توضیحات مربوط به هریک از آن‌ها در ادامه ارائه شده است: دانش فنی: اصطلاحی برای بیان دانش و آگاهی عملی در مورد چگونگی انجام کاری است؛ که هرگونه اطلاعات و تکنیک صنعتی را شامل می‌شود.

ساخت و بهره‌برداری: به معنای ساخت فن‌آوری‌ها داخل کشور و بکارگیری آن‌ها در تجهیزات صنعت برق است.

روزآمدترین فن‌آوری‌ها: نشان‌دهنده‌ی استفاده از فن‌آوری‌های نوین در این حوزه است که به لحاظ کاهش شدت و سرعت خوردگی بهتر می‌باشند.

تولید، انتقال و توزیع پایدار برق: منظور از این عبارت به حداقل‌رساندن قطعی‌های برق در زنجیره تولید تا توزیع است که به دلیل وجود خوردگی در تجهیزات روی می‌دهند.

هزینه‌های صنعت برق: منظور هزینه‌های ناشی از خوردگی در تجهیزات است که هزینه‌های کل صنعت برق را افزایش می‌دهد.

حفظ سرمایه‌های ملی: بیانگر کاهش از کارافتادگی تجهیزات صنعت برق ناشی از خوردگی در آن‌هاست.

حفظ محیط زیست: بیانگر توجه به تأثیرات توسعه فن‌آوری‌های کنترل خوردگی بر محیط زیست، از نظر انتشار آلاینده‌ها و تخریب محیط زیست است.

۲- تدوین اهداف کلان توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

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

۲-۱- چارچوب نظری تدوین اهداف کلان توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت

برق ایران

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 و 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 فن‌آوری، اهداف بلندمدتی را دنبال می‌کنند و در نتیجه، برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و فعالیت‌های خود را براساس آن به صورت دقیق‌تر و با جزئیات بیشتر انجام می‌دهند [۱].

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^۱ 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

^۱ Issue-Based

صورت می گیرد. این اهداف در راستای چشم انداز و با تعریف حوزه های اهداف مشخص می شوند. علاوه بر حوزه های هدف که بیان کننده ابعاد اهداف هستند، کیفیت و ویژگی های این اهداف باید تعیین شود. به منظور تعیین کردن حوزه ها و ویژگی های ضروری هدف، به بررسی مدل های هدف گذاری پرداخته شده است.

۲-۱-۱- اهداف حوزه های تعیین شده

در منابع برنامه ریزی راهبردی، مطالعات مختلفی با موضوعیت تدوین حوزه های اهداف تعیین شده است. در زیر به طور خلاصه به بررسی تعدادی از مدل های موجود در ادبیات پرداخته می شود.

۲-۱-۱-۱- اهداف حوزه های اهداف در مدل کارت امتیازی متوازن کاپلان و نورتون [۱۰]

از منظر این مدل، حوزه های اهداف به شرح زیر می باشند:

- ۱- منظر مالی (سودآوری، رشد در آمد و افزایش بهره وری)
- ۲- منظر مشتری (تعیین مشتریان مخاطب، تعیین ارزش های پیشنهادی بنگاه با توجه به مشتریان)
- ۳- منظر فرآیندهای داخلی (روابط با تأمین کنندگان، تصمیم گیری 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 سیستم های اطلاعاتی لازم و برنامه های آموزش کارکنان)

۲-۱-۱-۲- اهداف حوزه های اهداف در مدل پیرس و رایبسون [۱۱]

پیرس و رایبسون شش حوزه زیر را برای اهداف بر شمرده اند:

- ۱- توجه به مشتری
- ۲- نوآوری
- ۳- بهره وری
- ۴- توجه به بخش مالی
- ۵- منابع انسانی
- ۶- لحاظ کردن محیط خارجی



۲-۱-۱-۳- حوزه‌های اهداف بر اساس مدل ترکیبی فیلیپس [۱۲]

در مدل ترکیبی فیلیپس، به هفت حوزه برای اهداف اشاره گردیده است که به شرح زیر است:

- 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)

۲-۱-۱-۴- حوزه‌های اهداف بر اساس مدل دکتر اعرابی [۱۳]

دکتر محمد اعرابی هفت حوزه‌ی زیر را برای اهداف متصور می‌باشد:

- 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 فناورانه
- ۷- مسئولیت اجتماعی (جلب رضایت، اعتماد و مشارکت خدمت‌گیرندگان)

با در نظر داشتن مدل‌های هدف‌گذاری، می‌توان به معرفی گام‌های ضروری در تدوین اهداف پرداخت. روش پیشنهادی زیر

می‌تواند برای تدوین اهداف کلان مورد استفاده قرار گیرد.



۲-۱-۲- دریافت ورودی از نظرات خبرگان همراستا با چشم‌انداز، اصول ارزشی و هوشمندی فن‌آوری

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 فن‌آوری (روندهای رشد و توسعه فن‌آوری 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.

۲-۱-۳- 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 ۶):

۱- مشخص باشد^۱ (به‌طور واضح و عینی بیان‌کننده تغییری باشد که قرار است اتفاق بیافتد)،

۲- قابل اندازه‌گیری باشد^۲،

۳- قابل دستیابی باشد^۳،

۴- واقع‌گرایانه باشد^۱، و

¹ Specific

² Measurable

³ Achievable

۵- محدود به زمان باشد.^۲



شکل ۶: ویژگی های اهداف کلان.

۲-۱-۴- تدوین و نهایی سازی 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 تحلیل گران کمک می کند.

۲-۲- فرایند تدوین اهداف توسعه فن آوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

به منظور تدوین اهداف توسعه فن آوری های نوین کنترل خوردگی، ابتدا به مرور ادبیات و مطالعه تعاریف و مفاهیم مرتبط با اهداف پرداخته می شود. نتیجه مرور ادبیات و مطالعات انجام گرفته در بخش های قبلی این فصل ارائه شده است. اهم این مباحث عبارت بودند از تعریف اهداف، رابطه چشم انداز با اهداف، ویژگی های اهداف، حوزه های اهداف و ... که به صورت مفصل ارائه شد.

¹ Realistic

² Time Bounded



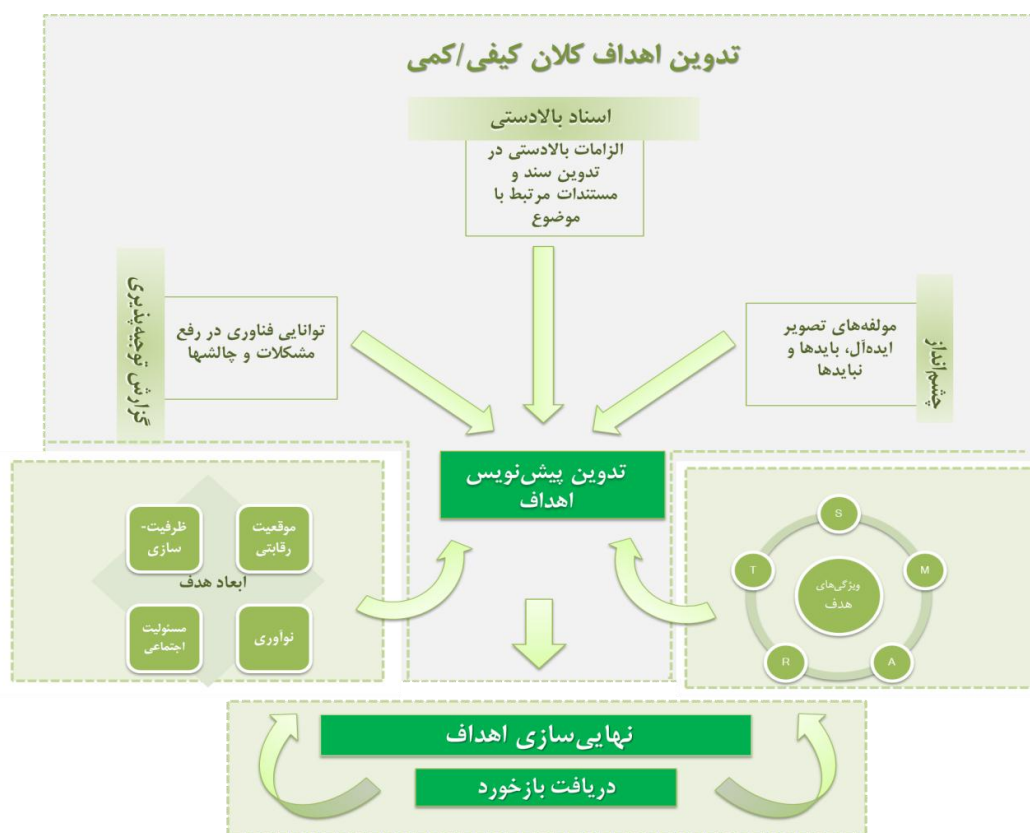
مطابق فرایند ذکر شده در بخش‌های قبل، در این گزارش به منظور تعیین اهداف توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی از منابع مختلفی استفاده شد، که عبارتند از:

- ۱- بیانیه چشم‌انداز سند توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی
- ۲- گزارش اسناد بالادستی مرتبط با فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی
- ۳- گزارش توجیه‌پذیری توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی
- ۴- استفاده از نظرات خبرگان حوزه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی جهت نهایی‌سازی

۲-۲-۱- مراحل تدوین اهداف توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

مراحل تدوین اهداف کلان برای این سند به‌طور خلاصه در شکل ۷ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل 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 فن‌آوری 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 بلندمدت است، در حالیکه اهداف بازه زمانی کوتاه‌تر و نیز ابعاد و سنجه‌های جزئی‌تری نسبت به شاخص‌های چشم‌انداز دارا هستند.

در گام بعدی 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 ۷: نحوه تعیین اهداف کلان در سند توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران [۱].

۲-۱-۱-۲-۱- نتایج حاصل از بررسی بیانیه چشم‌انداز فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

با توجه به چشم‌انداز تدوین شده برای توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، زمینه‌های اصلی چشم‌انداز، افزایش پایایی و کاهش هزینه در شبکه برق می‌باشد. همچنین زمینه‌های کلان‌تر چشم‌انداز حفظ سرمایه‌های ملی و حفظ محیط زیست می‌باشد. لذا برای دستیابی به موارد ذکر شده در چشم‌انداز می‌بایست اهداف توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق را طوری تعریف کرد که امکان دستیابی به موارد ذکر شده در چشم‌انداز را در افق تعیین شده امکان‌پذیر سازد، در این راستا با توجه به شکل ۸ اهداف زیر را می‌توان در راستای چشم‌انداز تعریف کرد:

۱- کاهش هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم

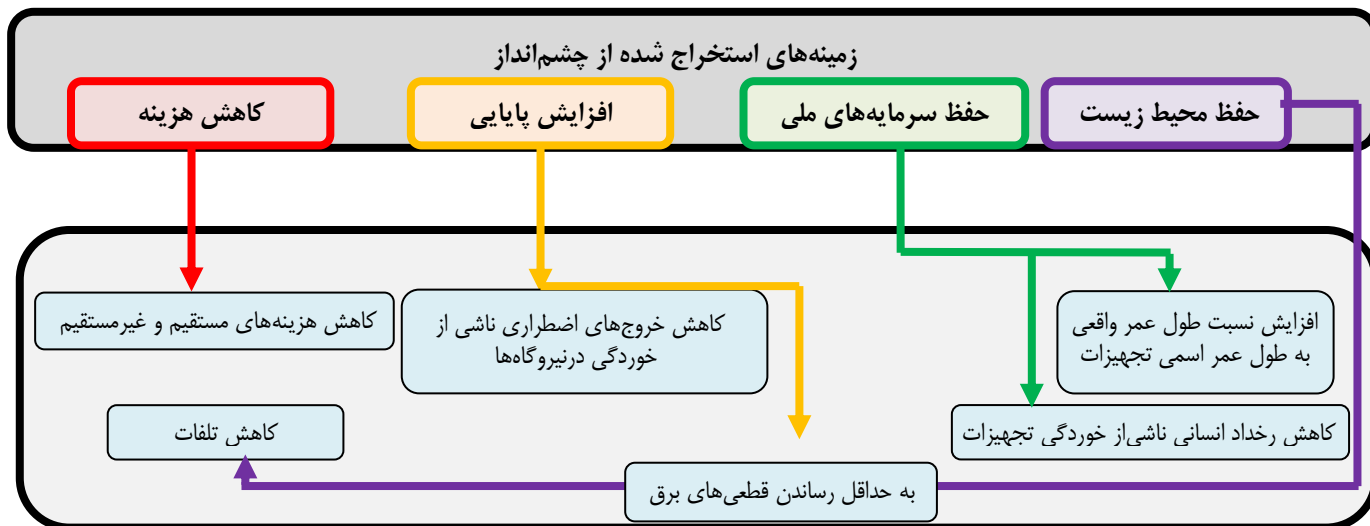
۲- کاهش تلفات

۳- کاهش خروج‌های اضطراری ناشی از خوردگی در نیروگاه‌ها

۴- به حداقل رساندن قطعی‌های برق

۵- کاهش رخداد انسانی ناشی از خوردگی تجهیزات

۶- افزایش نسبت طول عمر واقعی به طول عمر اسمی تجهیزات



شکل ۸: اهداف استخراج شده از چشم انداز سند توسعه فن آوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران.

۲-۱-۲-۲- نتایج حاصل از بررسی گزارش اسناد بالادستی مرتبط با توسعه فن آوری های نوین کنترل خوردگی

در صنعت برق ایران

با توجه به متنوع بودن ارگان های قانون گذار، اسناد بالادستی متعددی در رابطه با فن آوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق بررسی شده اند که لیست این اسناد در گزارش فاز ۱ ارائه شده است. در اکثر اسناد بررسی شده سیاست های کلی کشور مشخص شده و به طور خاص به سیاست های مربوط به کنترل خوردگی در صنعت برق اشاره نشده است. با مطالعه قوانین و سیاست های مرتبط، با توجه به پتانسیل های موجود در بکارگیری فن آوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، اهداف قابل استنتاج از قوانین به شرح جدول ۴ تعیین شده اند.



جدول ۴: اهداف قابل استنتاج از اسناد بالادستی در حوزه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

ردیف	سند بالادستی	محورهای مرتبط با خوردگی در اسناد	زمینه‌های اهداف کلان قابل برداشت از سند
۱	چشم‌انداز جمهوری اسلامی در افق ۱۴۰۴	<ul style="list-style-type: none"> توسعه یافته برخوردار از دانش پیشرفته توانا در تولید علم و فن‌آوری متکی بر تولید ملی بهره مند از محیط زیست مطلوب توسعه‌ی کارآمد 	کمک به برخوردار از محیط زیست مطلوب از طریق بکارگیری فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق
۲	سند چشم‌انداز و برنامه راهبردی بلندمدت وزارت نیرو	وزارت نیرو با ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فن‌آوری‌های نوین، سازگار با محیط‌زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به‌عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، افزایش خوداتکایی و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند	<ul style="list-style-type: none"> ارتقاء بهره‌وری از طریق بکارگیری فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق سازگار نمودن هرچه بیشتر صنعت برق با محیط‌زیست
		گسترش بازار صنعت آب و برق کشور به سطح جهانی، به‌ویژه کشورهای منطقه از طریق توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات در سطح ملی	توسعه و ارتقای بهره‌وری و کیفیت ارائه خدمات از طریق بکارگیری فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق
		افزایش بهره‌وری تولید برق و ارتقاء بازده نیروگاه‌ها	طولانی‌تر شدن عمر قطعات و مصنوعات
		ارتقاء ایمنی در فعالیتهای صنعت برق	کاهش رخداد و حوادث ناشی از خوردگی در تجهیزات و قطعات
۳	سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی	افزایش بهره‌وری برق در کلیه مراحل زنجیره‌ی تولید تا مصرف	افزایش بهره‌وری برق در کلیه مراحل زنجیره تولید تا مصرف با به‌کارگیری فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق
		توسعه زیرساخت‌های تولید و انتقال برق و تلاش برای تأمین ملزومات تبدیل کشور به قطب تأمین و تبادل برق منطقه	دستیابی به زیرساخت‌های نرم و سخت مورد نیاز برای توسعه‌ی فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق
۴	سیاست‌های کلی نظام در بخش صنعت	ارتقاء سطح فن‌آوری صنایع کشور و دستیابی به فن‌آوری‌های پیشرفته و راهبردی با گسترش تحقیق و توسعه	دستیابی به فن‌آوری‌های کنترل پیشرفته و نوین کنترل خوردگی
۵	نقشه‌ی جامع علمی	تثبیت جایگاه کشور در فن‌آوری‌های نوین	دستیابی کشور به فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی

۲-۲-۱-۳- نتایج حاصل از بررسی گزارش توجیه‌پذیری [۱۴]

یکی از پارامترهای مهم در تعیین اهداف کلان توسعه فن‌آوری‌های مختلف، توانایی و پتانسیل بکارگیری فن‌آوری در زمینه‌های مختلف است، که با فعال‌سازی و شکوفاسازی پتانسیل‌های فن‌آوری در حوزه‌های مختلف می‌توان به نتایج مناسبی دست یافت. قابلیت‌ها و پتانسیل‌های بکارگیری فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) به طور مفصل در گزارش توجیه‌پذیری توسعه این فن‌آوری‌ها بحث شده و می‌توان گفت که گزارش توجیه‌پذیری یک منبع مناسب برای تعیین توانایی فن‌آوری‌ها و تعیین اهداف برای آینده می‌باشد. اهداف استنباط شده از این گزارش عبارتند از:

۱- افزایش نسبت طول عمر واقعی به طول عمر اسمی قطعات و مصنوعات

۲- کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری

۳- افزایش امنیت عرضه برق با استفاده‌ی بهینه از فن‌آوری‌های کنترل خوردگی

۴- جلوگیری از خروج‌های اضطراری و توقف کار نیروگاه‌ها

۲-۳- اهداف کلان تعیین شده در سند توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

ایران

پس از بررسی و جمع‌بندی نتایج حاصل از گزارش توجیه‌پذیری و اسناد بالادستی، اهداف زیر به عنوان اهداف کلان اولیه توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران شناسایی شده‌اند.

۱- کاهش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم خرابی و از بین رفتن دستگاه‌ها و تجهیزات

۲- کاهش هزینه‌های مربوط به بازرسی و نگهداری قطعات و تجهیزات

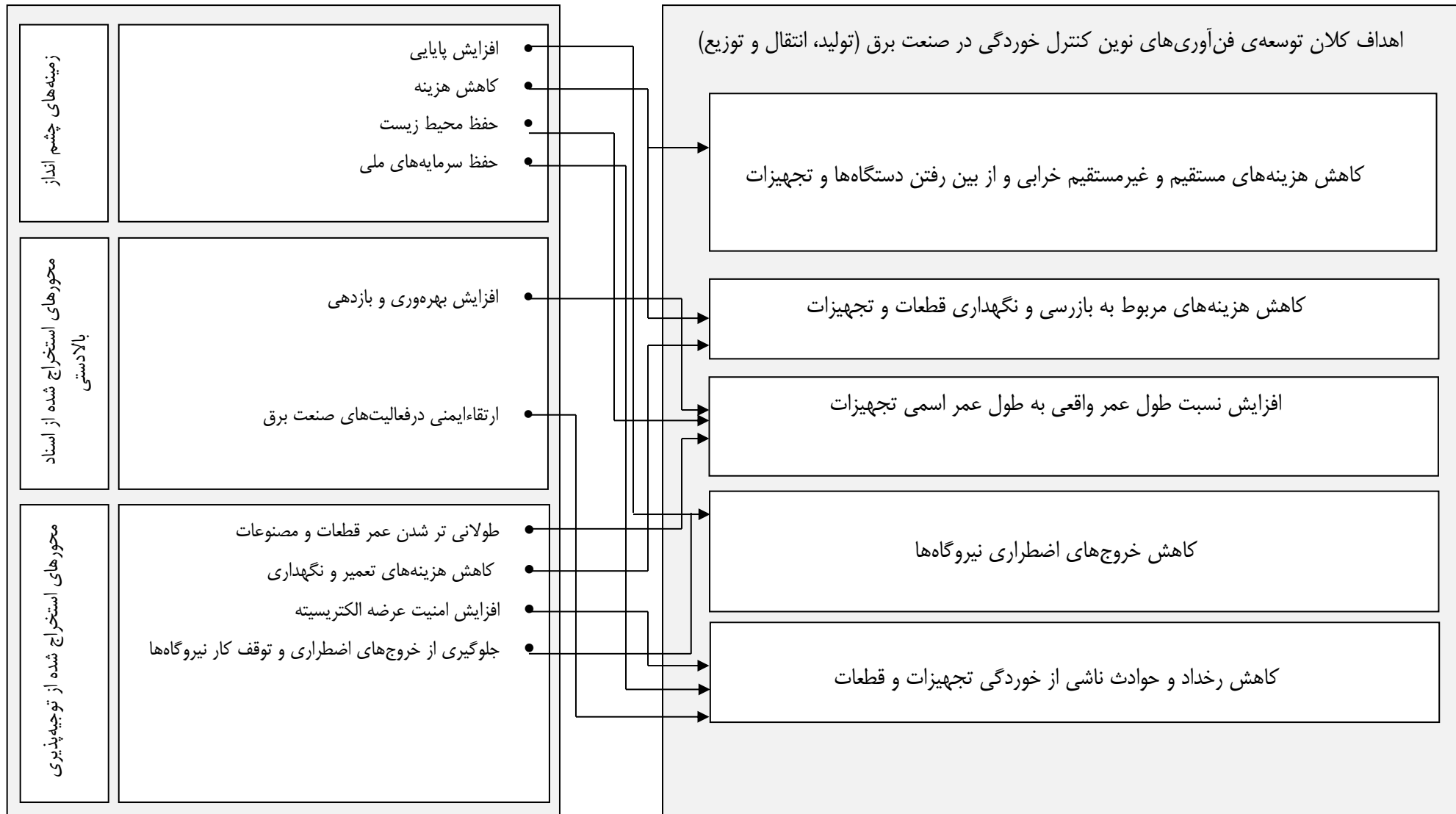
۳- افزایش نسبت طول عمر واقعی به طول عمر اسمی تجهیزات

۴- کاهش خروج‌های اضطراری ناشی از خوردگی در نیروگاه‌ها

۵- کاهش رخداد و حوادث ناشی از خوردگی تجهیزات و قطعات

نحوه ارتباط اهداف شناسایی شده با بیانیه چشم‌انداز، اسناد بالادستی و گزارش توجیه‌پذیری در شکل ۹ نشان داده شده

است.



شکل ۹: نحوه استخراج اهداف سند توسعه فن آوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق.

پس از شناسایی این اهداف اولیه، طی پرسشنامه‌ای که در پیوست ۲ آمده از خبرگان در رابطه با اهداف نظرخواهی شده که نظرات در جدول ۵ آورده شده است. در این پرسشنامه از خبرگان خواسته شده است که اهداف ۲، ۳ و ۴ را کمی نموده و عدد مورد نظر خود را در رابطه با هر کدام از اهداف ذکر نمایند. به منظور کمی نمودن هدف اول از منابع موجود در این زمینه استفاده شده است. میزان کاهش هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم ناشی از خوردگی در صورت استفاده صحیح از فناوری های کنترل خوردگی که به عنوان هزینه‌های قابل اجتناب خوردگی عنوان شده، در بعضی از منابع ۲۵ تا ۳۰ درصد [۱۵] و در بعضی از آنها ۴۰ درصد گزارش شده است [۱۶ و ۱۷].

با توجه به اینکه مقادیر ذکر شده در منابع برای کاهش هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم خوردگی، در مورد کشورهای پیشرفته عنوان شده است و با در نظر گرفتن این موضوع که در کشورمان هنوز فناوری های کنترل خوردگی به طور کامل مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، کاهش ۱۵-۲۰ درصدی برای هزینه های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از خوردگی در نظر گرفته شده است.

هم‌چنین در این مرحله هدف شماره ۵ کمی نشده و تصمیم‌گیری در مورد آن به مراحل بعدی موکول شد.

جدول ۵: نظرات خبرگان پیرامون اهداف

نام خبره	سمت خبره	اعداد پیشنهادی برای بند ۲ و ۳ و ۴ از اهداف + سایر نظرات
علی اکبر فلاح	مدیر گروه متالورژی مرکز شیمی و مواد	۲۰-۲۰-۲۰
علیرضا صبور اقدم	استاد دانشگاه تربیت مدرس	۷۰-۲۰-۳۰
شاهرخ آهنگرانی	استادیار و مدیر گروه فن‌آوری‌های متالورژیکی و حفاظت سطوح سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی	۱۵-۱۵-۱۵
محمد رضا جهانگیری	کارشناس پژوهشی گروه متالورژی پژوهشکده شیمی	۱۰-۱۰-۱۵
جعفر جلوخانی	کارگاه مهندسی بریزکاران	۲۰-۲۰-۲۰
حسن کاظم پور	کارشناس پژوهشی	۲۰-۱۰-۱۵

نام خبره	سمت خبره	اعداد پیشنهادی برای بند ۲ و ۳ و ۴ از اهداف + سایر نظرات
محسن مهدیزاده	کارشناس پژوهشی	۱۰ تا ۱۰ تا ۱۰ تا ۳۴
شهرام میری	مدیرعامل شرکت اطلس انرژی	۱۵-۱۵-۲۰
علی اصغر نجف‌زاده	مدیرعامل شرکت مهندسی پیمان نیرو	۲۰-۲۰-۲۰
محمد حسین شریعت	استاد دانشگاه شیراز	۲۰-۲۰-۲۰
احمدعلی آماده	استاد دانشگاه تهران	۱۰-۱۵-۲۰
حشمت دهکردی	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی ایران	در حد امکان-در حد امکان-حداقل
هادی عادل‌خانی	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی ایران	در حد امکان-در حد امکان-حداقل
کاظم کوزه‌کنانی	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی ایران	در حد امکان-در حد امکان-حداقل
ناصر گیوه‌چی	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی ایران	در حد امکان-در حد امکان-حداقل
داریوش ماسوری	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی ایران	در حد امکان-در حد امکان-حداقل
احمدرضا بحرانی	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی ایران	در حد امکان-در حد امکان-حداقل
محمدرضا نفری	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی ایران	در حد امکان-در حد امکان-حداقل
جواد خسروی	عضو هیئت مدیره انجمن خوردگی ایران	در حد امکان-در حد امکان-حداقل
حسین کهتری	مدیر کنترل خوردگی و آزمون‌های غیر مخرب تکنیکوی	۳۰ تا ۴۰ تا ۵۰ تا ۶۰ تا ۲۰ تا ۳۰
علیرضا کیان بخش	مدیر گروه تحقیقات و توسعه مدیریت	۵۰-۵۰-۵۰ هدف پیشنهادی: افزایش سطح آگاهی کارشناسان مهندسی و بهره‌برداری در زمینه کنترل خوردگی تجهیزات و تأسیسات نیروگاهی
غلامرضا نعمتی	مدیرعامل شرکت دانش بنیان مسن انرژی قشم	۱۵-۲۵-۳۰
داور رضاخانی	مدیر پروژه و کارشناس پژوهشگاه نیرو	۱۰-۱۵-۲۰
خسرو رحمانی	عضو هیئت علمی دانشگاه شهید عباسپور	۳۰-۲۰-۱۰ در هدف ۱ به جای خرابی، خوردگی ذکر گردد.

پس از دریافت پرسشنامه ها و استخراج نتایج حاصل از آن، در جلسه ای با حضور اعضای کمیته راهبری، عنوان اهداف و اعداد حاصل از کمی کردن اهداف که از منابع (هدف ۱) و میانگین پرسشنامه‌ها (هدف ۲، ۳ و ۴) به دست آمده بود، ارائه گردید و مورد بحث قرار گرفت. بر اساس نظر اعضای کمیته دو هدف ذیل به اهداف افزوده گردید:

۱- بهبود راندمان فعلی نیروگاه‌ها

۲- کاهش تلفات ناشی از خوردگی در شبکه انتقال و توزیع

هم چنین با توجه به نظر اعضای کمیته مبنی بر لزوم کمی نمودن هدف شماره ۵، این هدف نیز توسط اعضای کمیته کمی شده و اعداد مربوط به کمی سازی کلیه اهداف مستخرج از جمع بندی و اظهار نظر کمیته راهبری روی اعداد حاصل از پرسشنامه و گزارش‌ها به شرح زیر اهداف را نهایی نمود:

۱- بهبود حداقل ۱ درصدی راندمان فعلی نیروگاه‌ها

۲- کاهش ۱۰ درصدی تلفات ناشی از خوردگی در شبکه انتقال و توزیع

۳- کاهش حداقل ۱۵ درصدی هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از خوردگی

۴- کاهش حداقل ۲۵ درصدی هزینه‌های مربوط به نگهداری و تعمیرات قطعات و تجهیزات

۵- افزایش حداقل ۱۵ درصدی نسبت طول عمر واقعی به طول عمر اسمی تجهیزات

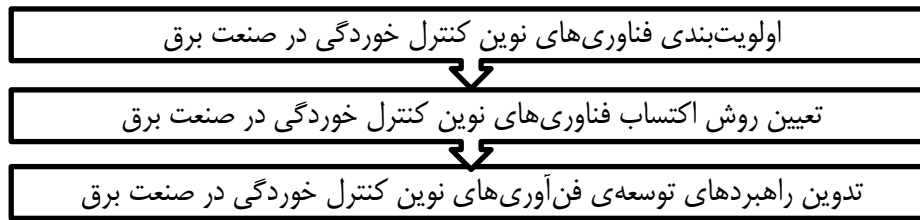
۶- کاهش حداقل ۱۰ درصدی خروج‌های اضطراری ناشی از خوردگی در نیروگاه‌ها

۷- کاهش حداقل ۱۰ درصدی حوادث و خاموشی‌های ناشی از خوردگی تجهیزات و قطعات

۳- تدوین راهبردهای توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

در گام سوم از مرحله سوم طرح تدوین سند راهبردی توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)، به تدوین راهبردها پرداخته می‌شود. راهبردها مجموعه جهت‌گیری‌های اصلی برای دستیابی به اهداف را مشخص می‌کنند. در این بخش ابتدا درباره اولویت‌بندی فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق بر اساس معیارهای جذابیت و توانمندی بحث می‌شود. سپس روش اکتساب این فن‌آوری‌ها ارائه می‌شود. در انتها راهبردهای شناسایی شده برای

توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق با توجه به این روش اکتساب‌ها مشخص می‌گردد. (شکل ۱۰)



شکل ۱۰: فرایند تدوین راهبردهای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق.

۳-۱- اولویت‌بندی فن‌آوری‌ها بر اساس شاخص‌های جذابیت و توانمندی

در این گام به منظور اولویت‌بندی فن‌آوری‌های 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 تولید و بکارگیری فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در تجهیزات مختلف صنعت برق مشخص شد و سپس پرسشنامه‌ای برای ارزیابی این شاخص‌ها طراحی شد. این پرسشنامه‌ها برای خبرگان و متخصصان شناسایی شده در هر یک از حوزه‌های فن‌آوری ارسال شد و با جمع‌بندی نتایج پرسشنامه‌ها میزان جذابیت و توانمندی هر یک از فن‌آوری‌ها مشخص شد. نتایج به دست آمده وارد ماتریس جذابیت-توانمندی شده و جایگاه هر فن‌آوری مشخص شده است. در ادامه روند اولویت‌بندی توضیح داده شده است.

۳-۱-۱- تعیین شاخص‌های جذابیت و توانمندی

جذابیت یک فن‌آوری به ویژگی‌ها و موقعیت آن فن‌آوری در مقایسه با سایر فن‌آوری‌ها برمی‌گردد. تعیین موقعیت نسبی جایگاه یک فن‌آوری از سوی متخصصان، میزان جذابیت آن را مشخص خواهد کرد. برای اندازه‌گیری جذابیت توسعه یک فن‌آوری ابتدا باید شاخص‌های مرتبط با آن را شناسایی کرد. نمونه‌ای از شاخص‌های جذابیت موجود در ادبیات عبارتند از:

- تنوع کاربرد فن‌آوری
- هزینه‌های دستیابی به دانش فنی فن‌آوری
- میزان منافع اقتصادی ناشی از به کارگیری فن‌آوری

- میزان اشتغال‌زایی ناشی از توسعه فن‌آوری و ...

برای تعیین شاخص‌های مرتبط ابتدا مجموعه‌ای از شاخص‌های موجود در ادبیات شناسایی شد و پس از بررسی کارشناسان و خبرگان به تأیید رسید. یکی از مهم‌ترین شاخص‌های جذابیت یک فن‌آوری میزان کارآمدی آن در برآورده کردن هدف توسعه فن‌آوری است. بنابراین شاخصی که بتواند اهداف مورد نظر از توسعه فن‌آوری (کاهش خوردگی) را اندازه‌گیری کند از اهمیت بالایی برخوردار است. نمونه‌ای از شاخص‌های تعیین شده عبارتند از:

۱. میزان تاثیر هریک از این فن‌آوری‌ها در کاهش خوردگی (سرعت و شدت خوردگی) هریک از تجهیزات
۲. هزینه استفاده از هریک از فن‌آوری‌ها برای کاهش خوردگی هریک از تجهیزات
۳. هزینه دستیابی به دانش فنی و بومی‌سازی فن‌آوری
۴. میزان فوریت دستیابی کشور به این فن‌آوری

توانمندی یک فن‌آوری به میزان قابلیت دستیابی به آن فن‌آوری در مقایسه با سایر فن‌آوری‌ها برمی‌گردد. تعیین موقعیت نسبی توانایی در دستیابی به یک فن‌آوری از سوی متخصصان، میزان توانمندی آن را مشخص خواهد کرد. برای اندازه‌گیری توانمندی توسعه یک فن‌آوری ابتدا باید شاخص‌های مرتبط با آن را شناسایی کرد. نمونه‌ای از شاخص‌های توانمندی موجود در ادبیات عبارتند از:

- وضعیت دسترسی به دانش فنی، مواد اولیه و قطعات مربوط به فن‌آوری
- وضعیت دسترسی به منابع انسانی متخصص برای توسعه فن‌آوری
- وضعیت دسترسی به زیرساخت نرم مورد نیاز برای توسعه فن‌آوری
- هماهنگی ذینفعان و نهادهای مسئول توسعه فن‌آوری و

برای تعیین شاخص‌های مرتبط ابتدا مجموعه‌ای از شاخص‌های موجود در ادبیات شناسایی شد و پس از بررسی کارشناسان و خبرگان به تأیید رسید. شاخص‌های تعیین شده برای توانمندی عبارتند از:

۱. وضعیت دسترسی به دانش فنی مربوط به فن‌آوری
۲. وضعیت دسترسی به مواد اصلی مورد نیاز برای توسعه فن‌آوری
۳. وضعیت دسترسی به منابع انسانی متخصص برای توسعه فن‌آوری

۴. وضعیت دسترسی به زیرساخت سخت افزاری مورد نیاز برای توسعه فن آوری

۵. وجود قوانین و سیاست‌های مرتبط با توسعه این فن آوری

۳-۱-۲- ارزیابی جذابیت و توانمندی فن آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

در این بخش به بررسی روش ارزیابی شاخص‌ها پرداخته می‌شود. روش‌های مختلفی برای ارزیابی وجود دارد (از روش‌های ریاضی محض گرفته تا روش‌های کاملاً کیفی همچون پنل خبرگان) که روش منتخب در این قسمت استفاده از نظر کارشناسان از طریق ارسال پرسشنامه است. پرسشنامه طراحی شده (ارائه شده در پیوست ۳) حاصل ساعت‌ها تلاش کارشناسان پروژه بوده و سعی شده پرسشنامه تا حد ممکن گویا و موجز بوده تا برای فرد پاسخ‌دهنده خسته‌کننده نباشد. از طرف دیگر سؤالات به نحوی طراحی شده است که پاسخ آن‌ها توانایی تفکیک جذابیت و توانمندی فن آوری‌های مورد استفاده را داشته باشد و از سؤالات دارای پاسخ مشترک یا بسیار شبیه هم برای فن آوری‌های مختلف خودداری شده است. با توجه به ارتباط زیاد جذابیت و توانمندی فن آوری‌های مختلف کنترل خوردگی به تجهیزاتی که فن آوری در آن به کار گرفته شده، در این مرحله با در نظر گرفتن این نکته پرسشنامه‌ای به منظور ارزیابی جذابیت و توانمندی فن آوری‌ها تهیه شد. پرسشنامه تهیه شده شامل ۳ بخش مختلف است، بخش اول سؤالات مربوط به ارزیابی جذابیت و اهمیت خوردگی در تجهیزات مختلف صنعت برق، بخش دوم سؤالات مربوط به ارزیابی جذابیت استفاده از هر یک از فن آوری‌های کنترل خوردگی در هر یک از تجهیزات و بخش سوم سؤالات مربوط به ارزیابی توانمندی بکارگیری هر یک از فن آوری‌های کنترل خوردگی در هر یک از تجهیزات صنعت برق می‌باشد.

از پرسشنامه‌های ارسالی به اعضای کمیته راهبری و خبرگان معرفی شده از سوی این کمیته در مجموع ۲۴ پرسشنامه دریافت شد (اسامی این افراد در جدول ۵ ذکر گردیده است) که نتایج این پرسشنامه‌ها وارد نرم افزار اکسل شد و محاسبات لازم برای ارزیابی انجام شد. در ادامه نتایج مربوط به جذابیت و توانمندی تولید و بکارگیری فن آوری‌های مختلف کنترل خوردگی در تجهیزات صنعت برق از نظر خبرگان در جدول ۷ ارائه شده است. منطق تعیین امتیاز جذابیت و توانمندی در یک فن آوری به این صورت بوده که ابتدا ضریب اهمیت (که در جدول ۶ آمده است) هریک از پارامترهای مربوط به توانمندی و جذابیت توسط خبرگان تعیین شده است. در ادامه میانگین وزنی جذابیت‌ها و توانمندی‌های ارائه شده توسط خبرگان مختلف برای هر فن آوری

با لحاظ نمودن ضریب اهمیت فوق با روش وزن دهی محاسبه گردیده است. بنابراین با توجه به امتیاز ۱ الی ۱۰ ارائه شده توسط خبرگان، این میانگین ها که جذابیت و توانمندی نهایی هستند، بصورت اعدادی بین ۱ و ۱۰ به شرح جدول ۷ به دست آمدند.

جدول ۶: ضریب اهمیت هر یک از پارامترهای مربوط به توانمندی و جذابیت براساس پرسشنامه

توانمندی						جذابیت			
پارامتر ۶	پارامتر ۵	پارامتر ۴	پارامتر ۳	پارامتر ۲	پارامتر ۱	پارامتر ۴	پارامتر ۳	پارامتر ۲	پارامتر ۱
۰,۱۴	۰,۱۸	۰,۱۱	۰,۱۶	۰,۱۹	۰,۲۲	۰,۲۹	۰,۱۴	۰,۱۹	۰,۳۸

جدول ۷: جمع بندی نتایج جذابیت و توانمندی فن آوری های مختلف کنترل خوردگی در تجهیزات صنعت برق

ردیف	فناوری کنترل خوردگی در تجهیز	جدابیت	توانمندی
۱	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد بویلر	۶/۹۵	۶/۷۵
۲	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کندانسور	۶/۱۲	۶/۱۶
۳	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سیستم های خنک کننده	۴/۹۱	۶/۵۶
۴	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد هیترها	۴/۱۱	۶/۳۵
۵	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد لوله های انتقال آب	۳/۵۱	۷/۸۹
۶	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سازه های بتنی	۳/۴۶	۷/۹۲
۷	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد توربین بخاری	۴/۴۴	۵/۸۸
۸	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دودکش	۲/۶۹	۶/۹۲
۹	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقاطع مسپر داغ توربین های گازی	۷/۴۱	۵/۷۰
۱۰	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کمپرسور	۴/۶۴	۵/۵۵
۱۱	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد اجزای نیروگاه آبی	۳/۴۳	۵/۷۳
۱۲	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد هادی ها	۲/۶۰	۷/۰۱
۱۳	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد یراق آلات	۲/۴۰	۷/۴۹
۱۴	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دکل ها	۲/۵۱	۷/۵۴
۱۵	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد پست های توزیع	۲/۱۲	۶/۵۶
۱۶	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقره ها	۰/۷۳	۷/۱۹
۱۷	فن آوری افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی بویلر	۶/۶۱	۵/۱۸
۱۸	فن آوری افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی کندانسور	۵/۹۴	۵/۰۸
۱۹	فن آوری افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی سیستم های خنک کننده	۴/۹۲	۵/۲۹
۲۰	فن آوری افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی لوله های انتقال آب	۳/۲۶	۵/۹۵
۲۱	فن آوری افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی سازه های بتنی	۲/۸۹	۵/۳۸
۲۲	فن آوری افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی مقاطع مسپر داغ توربین های گازی	۵/۹۶	۴/۰۸
۲۳	فن آوری پوشش های محافظ بویلر	۶/۳۳	۵/۵۷
۲۴	فن آوری پوشش های محافظ کندانسور	۵/۲۴	۵/۵۰
۲۵	فن آوری پوشش های محافظ سیستم های خنک کننده	۴/۵۶	۵/۶۵
۲۶	فن آوری پوشش های محافظ هیترها	۳/۷۴	۵/۲۴
۲۷	فن آوری پوشش های محافظ لوله های انتقال آب	۳/۵۲	۶/۹۶
۲۸	فن آوری پوشش های محافظ سازه های بتنی	۳/۱۴	۶/۳۴
۲۹	فن آوری پوشش های محافظ توربین بخاری	۴/۱۰	۵/۱۱
۳۰	فن آوری پوشش های محافظ دودکش	۲/۶۲	۶/۱۲
۳۱	فن آوری پوشش های محافظ مقاطع مسپر داغ توربین های گازی	۷/۴۸	۵/۳۰
۳۲	فن آوری پوشش های محافظ کمپرسور	۴/۱۷	۵/۱۲
۳۳	فن آوری پوشش های محافظ اجزای نیروگاه آبی	۳/۳۰	۵/۱۸

ردیف	فناوری کنترل خوردگی در تجهیز	جدابیت	توانمندی
۳۴	فن آوری پوشش های محافظ هادی ها	۲/۳۹	۶/۱۴
۳۵	فن آوری پوشش های محافظ یراق آلات	۲/۳۸	۶/۷۴
۳۶	فن آوری پوشش های محافظ دکل ها	۲/۵۰	۶/۹۰
۳۷	فن آوری پوشش های محافظ پست های توزیع	۲/۰۶	۶/۱۶
۳۸	فن آوری پوشش های محافظ مقره ها	۰/۶۶	۶/۳۹
۳۹	فن آوری حفاظت کاتدی کندانسور	۵/۰۹	۶/۱۷
۴۰	فن آوری حفاظت کاتدی سیستم های خنک کننده	۴/۲۶	۶/۲۲
۴۱	فن آوری حفاظت کاتدی لوله های انتقال آب	۳/۵۱	۷/۴۷
۴۲	فن آوری حفاظت کاتدی سازه های بتنی	۳/۰۳	۶/۵۲
۴۳	فن آوری حفاظت کاتدی دکل ها	۱/۹۷	۵/۶۷
۴۴	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی بویلر	۶/۲۵	۴/۸۶
۴۵	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کندانسور	۵/۲۸	۵/۲۱
۴۶	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سیستم های خنک کننده	۴/۳۶	۵/۱۳
۴۷	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی هیترا	۳/۵۲	۵/۰۲
۴۸	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی لوله های انتقال آب	۳/۳۱	۵/۶۹
۴۹	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سازه های بتنی	۲/۸۹	۵/۳۴
۵۰	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی توربین بخاری	۳/۷۱	۴/۵۳
۵۱	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی دودکش	۲/۳۰	۵/۱۸
۵۲	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی قطعات مسیر داغ توربین های گازی	۶/۳۳	۴/۲۷
۵۳	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کمپرسور	۳/۹۳	۴/۴۷
۵۴	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی اجزای نیروگاه آبی	۳/۰۳	۴/۵۲
۵۵	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی هادی ها	۲/۱۲	۴/۶۹
۵۶	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی یراق آلات	۱/۹۵	۵/۷۱
۵۷	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی دکل ها	۲/۰۲	۵/۷۷
۵۸	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی پست های توزیع	۱/۷۲	۵/۶۲
۵۹	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی مقره ها	۰/۵۸	۵/۷۹

۳-۱-۳- تحلیل نتایج

در ابتدا می‌توان میزان جذابیت و توانمندی را تفکیک کرد و نتایج مربوط به فن‌آوری‌ها را بر اساس هر یک از این دو معیار مرتب نمود. نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت مربوط به استفاده از فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در تجهیزات مختلف صنعت برق در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸: نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس جذابیت فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در تجهیزات

ردیف	فناوری کنترل خوردگی در تجهیزات	جدائیت	توانمندی
۱	فن آوری پوشش‌های محافظ قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی	۷/۴۸	۵/۳۰
۲	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد قطعات مسیرداغ توربین‌های گازی	۷/۴۱	۵/۷۰
۳	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد بویلر	۶/۹۵	۶/۷۵
۴	فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی بویلر	۶/۶۱	۵/۱۸
۵	فن آوری پوشش‌های محافظ بویلر	۶/۳۳	۵/۵۷
۶	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی	۶/۳۳	۴/۲۷
۷	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی بویلر	۶/۲۵	۴/۸۶
۸	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کندانسور	۶/۱۲	۶/۱۶
۹	فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی	۵/۹۶	۴/۰۸
۱۰	فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی کندانسور	۵/۹۴	۵/۰۸
۱۱	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کندانسور	۵/۲۸	۵/۲۱
۱۲	فن آوری پوشش‌های محافظ کندانسور	۵/۲۴	۵/۵۰
۱۳	فن آوری حفاظت کاتدی کندانسور	۵/۰۹	۶/۱۷
۱۴	فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی سیستم‌های خنک کننده	۴/۹۲	۵/۲۹
۱۵	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سیستم‌های خنک کننده	۴/۹۱	۶/۵۶
۱۶	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کمپرسور	۴/۶۴	۵/۵۵
۱۷	فن آوری پوشش‌های محافظ سیستم‌های خنک کننده	۴/۵۶	۵/۶۵
۱۸	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد توربین بخاری	۴/۴۴	۵/۸۸
۱۹	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سیستم‌های خنک کننده	۴/۳۶	۵/۱۳
۲۰	فن آوری حفاظت کاتدی سیستم‌های خنک کننده	۴/۲۶	۶/۲۲
۲۱	فن آوری پوشش‌های محافظ کمپرسور	۴/۱۷	۵/۱۲
۲۲	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد هیترها	۴/۱۱	۶/۳۵
۲۳	فن آوری پوشش‌های محافظ توربین بخاری	۴/۱۰	۵/۱۱
۲۴	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کمپرسور	۳/۹۳	۴/۴۷
۲۵	فن آوری پوشش‌های محافظ هیترها	۳/۷۴	۵/۲۴
۲۶	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی توربین بخاری	۳/۷۱	۴/۵۳
۲۷	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی هیترها	۳/۵۲	۵/۰۲
۲۸	فن آوری پوشش‌های محافظ لوله‌های انتقال آب	۳/۵۲	۶/۹۶
۲۹	فن آوری حفاظت کاتدی لوله‌های انتقال آب	۳/۵۱	۷/۴۷
۳۰	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد لوله‌های انتقال آب	۳/۵۱	۷/۸۹
۳۱	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سازه‌های بتنی	۳/۴۶	۷/۹۲
۳۲	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد اجزای نیروگاه آبی	۳/۴۳	۵/۷۳
۳۳	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی لوله‌های انتقال آب	۳/۳۱	۵/۶۹

ردیف	فناوری کنترل خوردگی در تجهیز	جداییت	توانمندی
۳۴	فن آوری پوشش‌های محافظ اجزای توربین آبی	۳/۳۰	۵/۱۸
۳۵	فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی لوله‌های انتقال آب	۳/۲۶	۵/۹۵
۳۶	فن آوری پوشش‌های محافظ سازه‌های بتنی	۳/۱۴	۶/۳۴
۳۷	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی اجزای نیروگاه آبی	۳/۰۳	۴/۵۲
۳۸	فن آوری حفاظت کاتدی سازه‌های بتنی	۳/۰۳	۶/۵۲
۳۹	فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی سازه‌های بتنی	۲/۸۹	۵/۳۸
۴۰	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سازه‌های بتنی	۲/۸۹	۵/۳۴
۴۱	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دودکش	۲/۶۹	۶/۹۲
۴۲	فن آوری پوشش‌های محافظ دودکش	۲/۶۲	۶/۱۲
۴۳	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب موادهادی‌ها	۲/۶۰	۷/۰۱
۴۴	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دکل‌ها	۲/۵۱	۷/۵۴
۴۵	فن آوری پوشش‌های محافظ دکل‌ها	۲/۵۰	۶/۹۰
۴۶	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد براق آلات	۲/۴۰	۷/۴۹
۴۷	فن آوری پوشش‌های محافظه‌ادی‌ها	۲/۳۹	۶/۱۴
۴۸	فن آوری پوشش‌های محافظ براق آلات	۲/۳۸	۶/۷۴
۴۹	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی دودکش	۲/۳۰	۵/۱۸
۵۰	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد پست‌های توزیع	۲/۱۲	۶/۵۶
۵۱	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی هادی‌ها	۲/۱۲	۴/۶۹
۵۲	فن آوری پوشش‌های محافظ پست‌های توزیع	۲/۰۶	۶/۱۶
۵۳	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی دکل‌ها	۲/۰۲	۵/۷۷
۵۴	فن آوری حفاظت کاتدی دکل‌ها	۱/۹۷	۵/۶۷
۵۵	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی براق آلات	۱/۹۵	۵/۷۱
۵۶	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی پست‌های توزیع	۱/۷۲	۵/۶۲
۵۷	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقره‌ها	۰/۷۳	۷/۱۹
۵۸	فن آوری پوشش‌های محافظ مقره‌ها	۰/۶۶	۶/۳۹
۵۹	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی مقره‌ها	۰/۵۸	۵/۷۹



همچنین نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در تجهیزات مختلف در جدول ۹ نشان

داده شده است.

جدول ۹- نتایج تفکیکی مرتب شده بر اساس توانمندی فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در تجهیزات

ردیف	فناوری کنترل خوردگی در تجهیزات	جذابیت	توانمندی
۱	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سازه‌های بتنی	۳/۴۶	۷/۹۲
۲	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد لوله‌های انتقال آب	۳/۵۱	۷/۸۹
۳	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دکل‌ها	۲/۵۱	۷/۵۴
۴	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد یراق آلات	۲/۴۰	۷/۴۹
۵	فن آوری حفاظت کاتدی لوله‌های انتقال آب	۳/۵۱	۷/۴۷
۶	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقره‌ها	۰/۷۳	۷/۱۹
۷	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب موادهادی‌ها	۲/۶۰	۷/۰۱
۸	فن آوری پوشش‌های محافظ لوله‌های انتقال آب	۳/۵۲	۶/۹۶
۹	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دودکش	۲/۶۹	۶/۹۲
۱۰	فن آوری پوشش‌های محافظ دکل‌ها	۲/۵۰	۶/۹۰
۱۱	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد بویلر	۶/۹۵	۶/۷۵
۱۲	فن آوری پوشش‌های محافظ یراق آلات	۲/۳۸	۶/۷۴
۱۳	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد پست‌های توزیع	۲/۱۲	۶/۵۶
۱۴	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سیستم‌های خنک‌کننده	۴/۹۱	۶/۵۶
۱۵	فن آوری حفاظت کاتدی سازه‌های بتنی	۳/۰۳	۶/۵۲
۱۶	فن آوری پوشش‌های محافظ مقره‌ها	۰/۶۶	۶/۳۹
۱۷	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد هیترها	۴/۱۱	۶/۳۵
۱۸	فن آوری پوشش‌های محافظ سازه‌های بتنی	۳/۱۴	۶/۳۴
۱۹	فن آوری حفاظت کاتدی سیستم‌های خنک‌کننده	۴/۲۶	۶/۲۲
۲۰	فن آوری حفاظت کاتدی کندانسور	۵/۰۹	۶/۱۷
۲۱	فن آوری پوشش‌های محافظ پست‌های توزیع	۲/۰۶	۶/۱۶
۲۲	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کندانسور	۶/۱۲	۶/۱۶
۲۳	فن آوری پوشش‌های محافظ هادی‌ها	۲/۳۹	۶/۱۴
۲۴	فن آوری پوشش‌های محافظ دودکش	۲/۶۲	۶/۱۲
۲۵	فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی لوله‌های انتقال آب	۳/۲۶	۵/۹۵
۲۶	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد توربین بخاری	۴/۴۴	۵/۸۸
۲۷	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی مقره‌ها	۰/۵۸	۵/۷۹
۲۸	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی دکل‌ها	۲/۰۲	۵/۷۷
۲۹	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد اجزای نیروگاه آبی	۳/۴۳	۵/۷۳
۳۰	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی یراق آلات	۱/۹۵	۵/۷۱
۳۱	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد قطعات مسیرداغ توربین‌های گازی	۷/۴۱	۵/۷۰
۳۲	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی لوله‌های انتقال آب	۳/۳۱	۵/۶۹
۳۳	فن آوری حفاظت کاتدی دکل‌ها	۱/۹۷	۵/۶۷
۳۴	فن آوری پوشش‌های محافظ سیستم‌های خنک‌کننده	۴/۵۶	۵/۶۵

ردیف	فناوری کنترل خوردگی در تجهیزات	جذابیت	توانمندی
۳۵	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی پست‌های توزیع	۱/۷۲	۵/۶۲
۳۶	فن آوری پوشش‌های محافظ بویلر	۶/۳۳	۵/۵۷
۳۷	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کمپرسور	۴/۶۴	۵/۵۵
۳۸	فن آوری پوشش‌های محافظ کندانسور	۵/۲۴	۵/۵۰
۳۹	فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی سازه‌های بتنی	۲/۸۹	۵/۳۸
۴۰	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سازه‌های بتنی	۲/۸۹	۵/۳۴
۴۱	فن آوری پوشش‌های محافظ قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی	۷/۴۸	۵/۳۰
۴۲	فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی سیستم‌های خنک‌کننده	۴/۹۲	۵/۲۹
۴۳	فن آوری پوشش‌های محافظ هیترها	۳/۷۴	۵/۲۴
۴۴	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کندانسور	۵/۲۸	۵/۲۱
۴۵	فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی بویلر	۶/۶۱	۵/۱۸
۴۶	فن آوری پوشش‌های محافظ اجزای نیروگاه آبی	۳/۳۰	۵/۱۸
۴۷	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی دودکش	۲/۳۰	۵/۱۸
۴۸	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سیستم‌های خنک‌کننده	۴/۳۶	۵/۱۳
۴۹	فن آوری پوشش‌های محافظ کمپرسور	۴/۱۷	۵/۱۲
۵۰	فن آوری پوشش‌های محافظ توربین بخاری	۴/۱۰	۵/۱۱
۵۱	فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی کندانسور	۵/۹۴	۵/۰۸
۵۲	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی هیترها	۳/۵۲	۵/۰۲
۵۳	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی بویلر	۶/۲۵	۴/۸۶
۵۴	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی‌های هادی‌ها	۲/۱۲	۴/۶۹
۵۵	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی توربین بخاری	۳/۷۱	۴/۵۳
۵۶	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی اجزای نیروگاه آبی	۳/۰۳	۴/۵۲
۵۷	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کمپرسور	۳/۹۳	۴/۴۷
۵۸	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی	۶/۳۳	۴/۲۷
۵۹	فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی	۵/۹۶	۴/۰۸

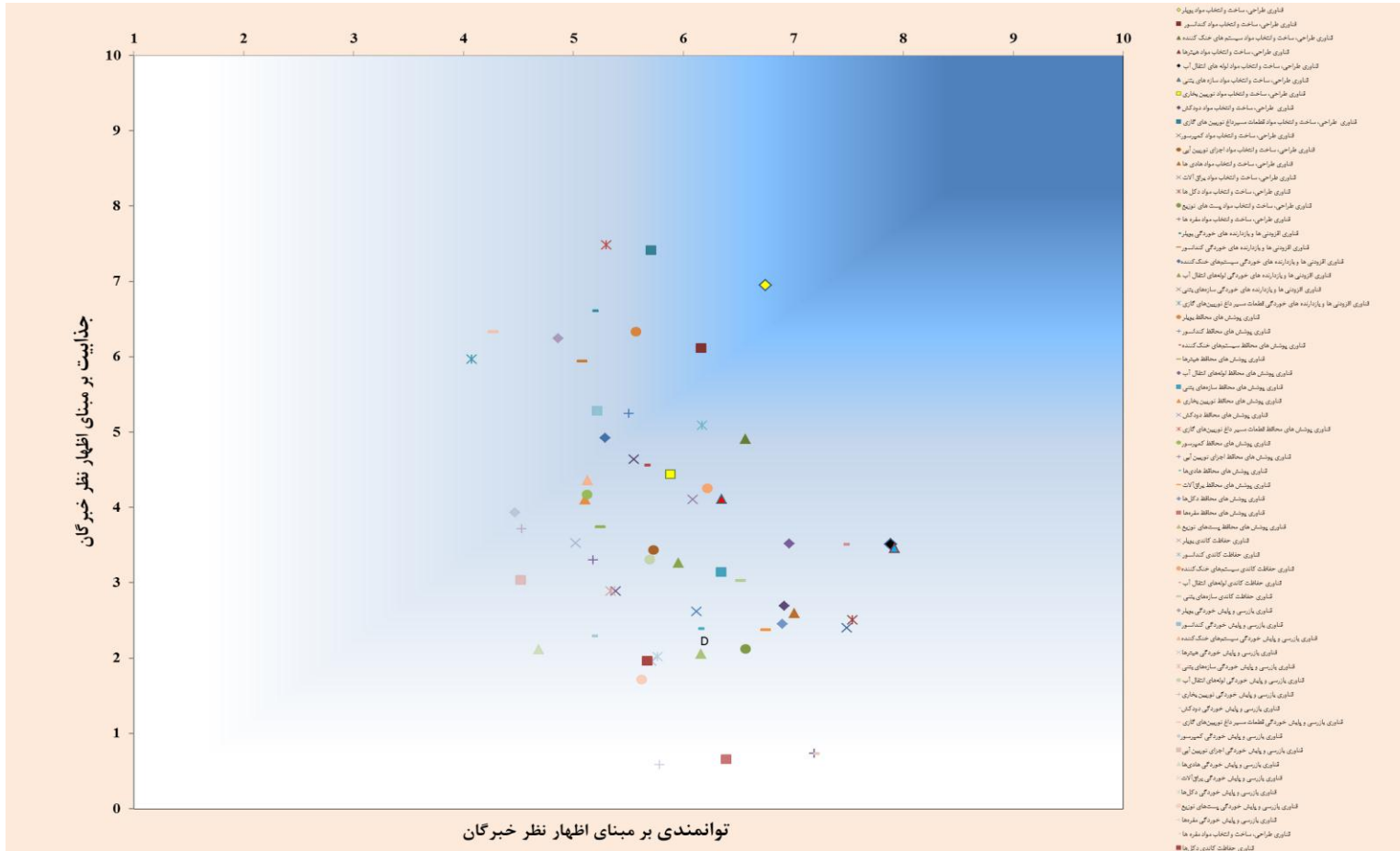
۳-۱-۳-۱- ترسیم ماتریس جذابیت- توانمندی فن آوری‌های کنترل خوردگی در تجهیزات صنعت برق

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 جمع بندی نتایج



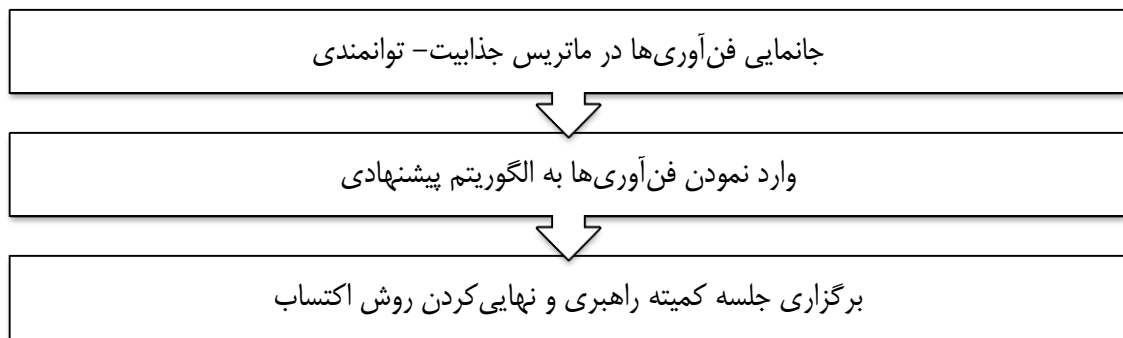
پرسشنامه‌ها مقادیر هر کدام از ابعاد جذابیت و توانمندی تعیین شده‌اند و کافی است که این مقادیر در ماتریس نمایش داده شوند. ماتریس اولیه‌ای که حاصل می‌شود در شکل ۱۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱۱: ماتریس جذابیت - توانمندی فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق.

۳-۲- روش اکتساب فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

تعیین روش اکتساب فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق به شرح شکل ۱۲ انجام می‌گردد. اولین گام برای تعیین روش اکتساب ماتریس جذابیت-توانمندی معرفی شده در بخش قبل خواهد بود. پس از استفاده از این روش به شرحی که در ادامه معرفی می‌گردد، از الگوریتم پیشنهادی در شکل ۱۵ استفاده می‌گردد و در نهایت نهایی‌شدن روش اکتساب‌ها با نظرات خبرگان صورت می‌پذیرد. این فرایند به تفصیل در ادامه توضیح داده می‌شود.

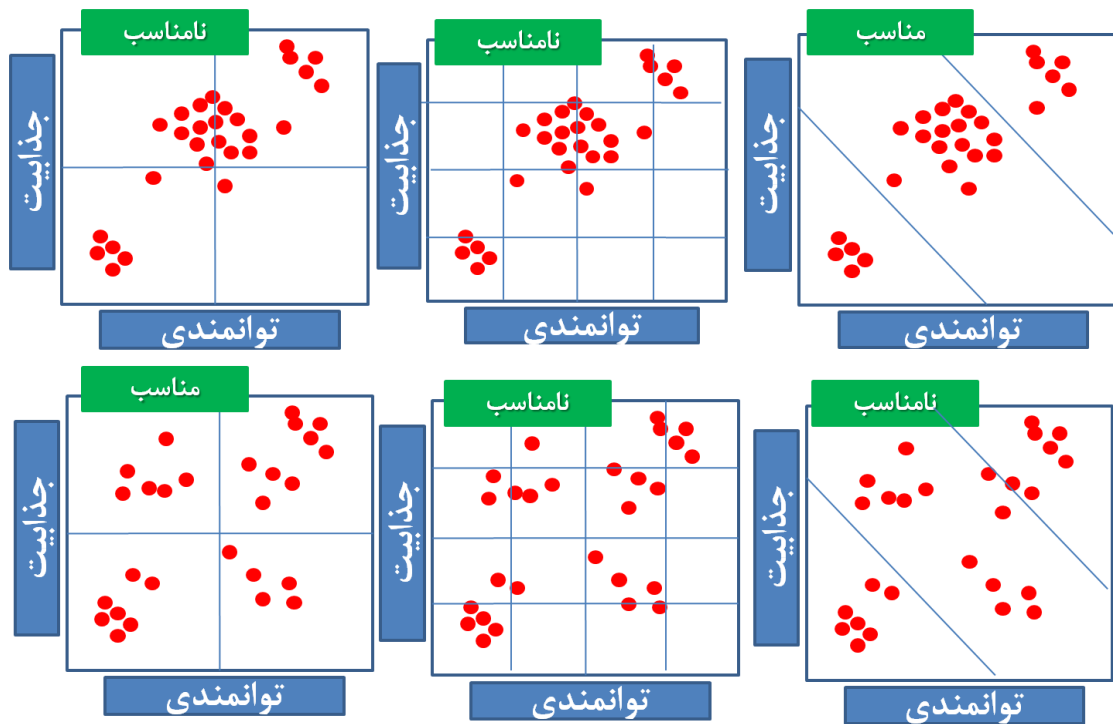


شکل ۱۲: فرایند پیشنهادی جهت تعیین روش اکتساب فن‌آوری‌ها.

۳-۲-۱- ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت-توانمندی

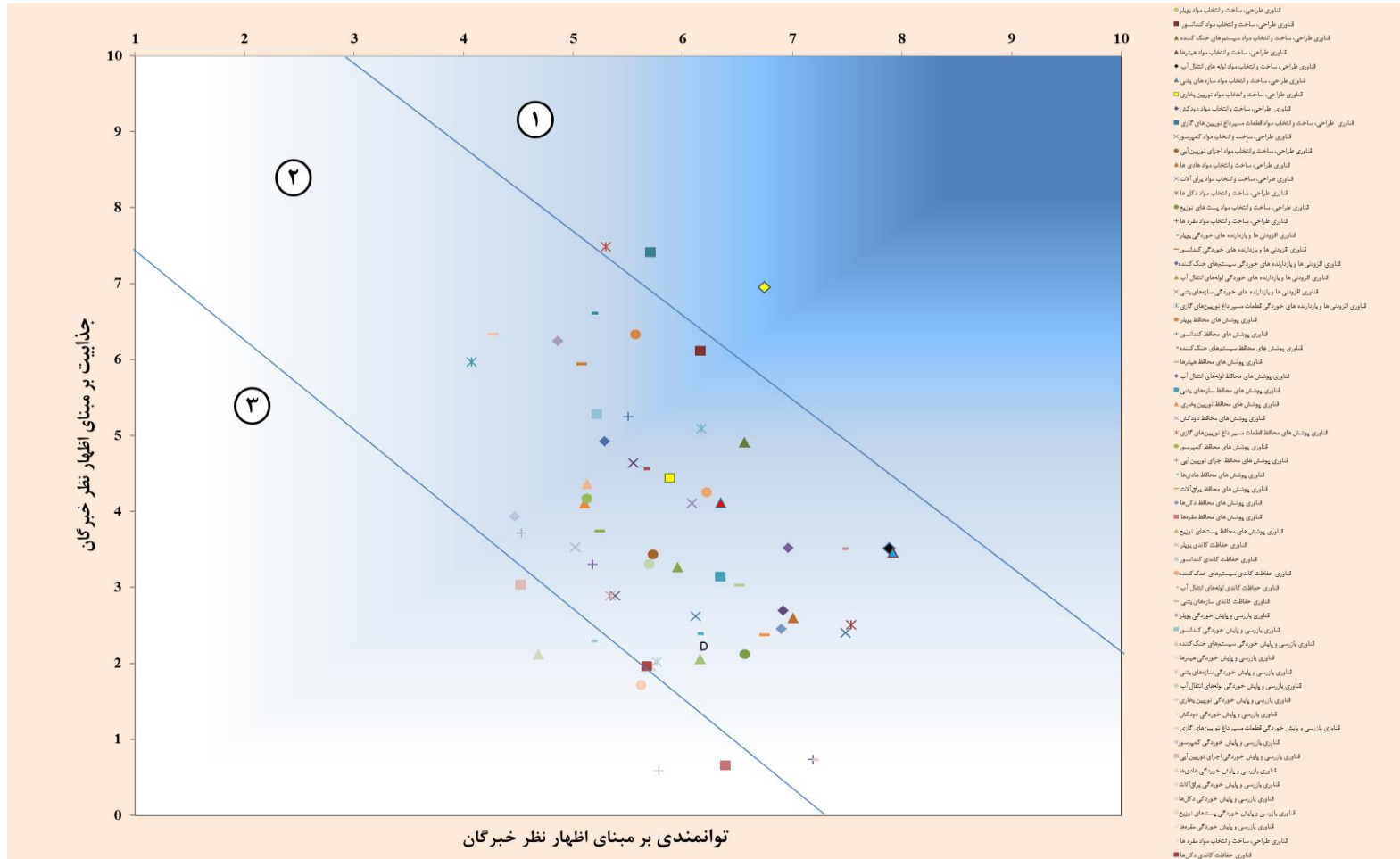
با توجه به ادبیات موضوع، ماتریس جذابیت-توانمندی به چند ناحیه باید تقسیم شود تا بتوان بر اساس آن، رویکرد مناسب در قبال هر فن‌آوری را به صورت دقیق‌تر تعیین نمود. این ماتریس، بیانگر جایگاه جذابیت و امکان‌پذیری هر یک از فن‌آوری‌ها است. در تقسیم‌بندی این ماتریس می‌توان از تقسیم سه ناحیه‌ای (با استفاده از خطوط شیب دار)، چهار ناحیه‌ای، نه ناحیه‌ای و شانزده ناحیه‌ای استفاده نمود. تعداد و نحوه نواحی در نظر گرفته شده در ماتریس جذابیت-توانمندی وابسته به پارامتر پراکندگی فناوری‌ها در ماتریس جذابیت-توانمندی می‌باشد. در واقع ناحیه‌بندی در نظر گرفته شده باید به گونه‌ای انجام پذیرد که بتوان دسته فناوری‌ها را از هم تمیز داد، به عبارت دیگر فناوری‌های دارای توانمندی و جذابیت تقریباً یکسان در یک ناحیه قرار گیرند. نحوه صحیح دسته‌بندی با توجه به پراکندگی زیرفناوری‌ها در ماتریس جذابیت-توانمندی در شکل ۱۳ ارائه شده

است. در مجموع ترجیح داده می‌شود که از یک سو تا حد امکان تعداد نواحی انتخاب شده در ماتریس کمتر بوده و از سوی دیگر زیرفناوری‌ها بر روی مرزهای نواحی مختلف قرار نگیرند.



شکل ۱۳: اثر پراکندگی فناوری‌ها در ماتریس جذابیت و توانمندی بر انتخاب نواحی ماتریس.

در این میان با توجه به ماتریس به دست آمده (نحوه پراکندگی فن‌آوری‌ها در سطح ماتریس) و نوع انتخاب در این پروژه از روش تقسیم‌بندی سه ناحیه‌ای (با استفاده از خطوط شیب‌دار) استفاده شده است. شکل ۱۴ تقسیم‌بندی سه ناحیه‌ای ماتریس جذابیت و توانمندی تولید و بکارگیری فن‌آوری‌های مختلف کنترل خوردگی در تجهیزات صنعت برق را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴: ناحیه‌بندی ماتریس جذابیت- توانمندی فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق.

در ادامه در جدول ۱۰ جایگاه قرارگیری فن‌آوری‌ها در ماتریس جذابیت-توانمندی طبق شکل ۱۴ مشخص گردیده است.

جدول ۱۰: جایگاه فن‌آوری‌ها در ماتریس جذابیت-توانمندی

ردیف	فن‌آوری کنترل خوردگی در تجهیز	ناحیه در ماتریس جذابیت-توانمندی
۱	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد بویلر	۱
۲	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد قطعات مسیرداغ توربین‌های گازی	
۳	فن‌آوری پوشش‌های محافظ قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی	
۴	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کندانسور	۲
۵	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سیستم‌های خنک کننده	
۶	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد هیترها	
۷	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد لوله‌های انتقال آب	
۸	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سازه‌های بتنی	
۹	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد توربین بخاری	
۱۰	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دودکش	
۱۱	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کمپرسور	
۱۲	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد اجزای نیروگاه آبی	
۱۳	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد هادی‌ها	
۱۴	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد پراق آلات	
۱۵	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دکل‌ها	
۱۶	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد پست‌های توزیع	
۱۷	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقره‌ها	
۱۸	فن‌آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی بویلر	
۱۹	فن‌آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی کندانسور	
۲۰	فن‌آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی سیستم‌های خنک کننده	
۲۱	فن‌آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی لوله‌های انتقال آب	
۲۲	فن‌آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی سازه‌های بتنی	
۲۳	فن‌آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی	
۲۴	فن‌آوری پوشش‌های محافظ بویلر	
۲۵	فن‌آوری پوشش‌های محافظ کندانسور	
۲۶	فن‌آوری پوشش‌های محافظ سیستم‌های خنک کننده	
۲۷	فن‌آوری پوشش‌های محافظ هیترها	
۲۸	فن‌آوری پوشش‌های محافظ لوله‌های انتقال آب	
۲۹	فن‌آوری پوشش‌های محافظ سازه‌های بتنی	
۳۰	فن‌آوری پوشش‌های محافظ توربین بخاری	

۲	فن آوری پوشش های محافظ دودکش	۳۱
	فن آوری پوشش های محافظ کمپرسور	۳۲
	فن آوری پوشش های محافظ اجزای نیروگاه آبی	۳۳
	فن آوری پوشش های محافظ هادی ها	۳۴
	فن آوری پوشش های محافظ یراق آلات	۳۵
	فن آوری پوشش های محافظ دکل ها	۳۶
	فن آوری پوشش های محافظ پست های توزیع	۳۷
	فن آوری پوشش های محافظ مقره ها	۳۸
	فن آوری حفاظت کاتدی کندانسور	۳۹
	فن آوری حفاظت کاتدی سیستم های خنک کننده	۴۰
	فن آوری حفاظت کاتدی لوله های انتقال آب	۴۱
	فن آوری حفاظت کاتدی سازه های بتنی	۴۲
	فن آوری حفاظت کاتدی دکل ها	۴۳
	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی بویلر	۴۴
	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کندانسور	۴۵
	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سیستم های خنک کننده	۴۶
	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی هیترها	۴۷
	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی لوله های انتقال آب	۴۸
	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سازه های بتنی	۴۹
	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی توربین بخاری	۵۰
فن آوری بازرسی و پایش خوردگی قطعات مسیر داغ توربین های گازی	۵۱	
فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کمپرسور	۵۲	
فن آوری بازرسی و پایش خوردگی یراق آلات	۵۳	
۳	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی اجزای نیروگاه آبی	۵۴
	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی هادی ها	۵۵

فن آوری بازرسی و پایش خوردگی دودکش	۵۶
فن آوری بازرسی و پایش خوردگی دکل ها	۵۷
فن آوری بازرسی و پایش خوردگی پست های توزیع	۵۸
فن آوری بازرسی و پایش خوردگی مقره ها	۵۹

در شکل ۱۴ سه ناحیه مشخص شده است. بر این اساس روش اکتساب فن آوری های هر کدام از ناحیه های سه گانه به طور کلی به صورت زیر است:

توسعه درونزا: این روش به ناحیه **یک** بر می گردد و در این ناحیه، استراتژی انتخابی توسعه درونزا است. توسعه درونزا یعنی توسعه ای که به صورت همه جانبه و در داخل کشور باید صورت گیرد و معمولاً از تحقیق و توسعه برای کسب یک فن آوری شروع می شود. در حقیقت هنگامی که یک فن آوری از جذابیت بالایی برخوردار است، چنانچه توانمندی دستیابی به آن فن آوری نیز از میزان قابل قبولی برخوردار باشد، توسعه ای همه جانبه آن در کشور روش اکتساب مناسب آن فن آوری خواهد بود.

انتقال فن آوری: این استراتژی به فن آوری های واقع در ناحیه **دو** بر می گردد. به این معنا که فن آوری مورد نظر با روش های مختلف انتقال فن آوری تهیه خواهند شد. انتقال فن آوری از طریق روش های زیر انجام می گردد: تملک شرکتی، ادغام، سرمایه گذاری مشترک، اتحاد، تملک فردی، قرارداد تحقیق و توسعه، سرمایه گذاری در تحقیقات، مشارکت با سهام، لیسانس و کنسرسيوم. (در این پروژه طبق فرایند معرفی شده در شکل ۱۲، فن آوری هایی که در ناحیه **۲** قرار گرفته اند، جهت افزایش دقت بار دیگر در معرض اظهار نظر خبرگان قرار خواهد گرفت تا مواردی که راهکار توسعه ای درونزا و یا چشم پوشی برای آنها مناسب تر است پالایش شده و موارد انتقال فن آوری مشخص گردد.)

چشم پوشی: این استراتژی به فن آوری هایی بر می گردد که در ناحیه **سه** واقع شده اند. از فن آوری های این دسته باید چشم پوشی کرد و در حیطه توسعه فن آوری جایی ندارند، زیرا هنگامی که جذابیت یک فن آوری در مقایسه با سایر فن آوری ها پایین باشد و هم چنین توانمندی دستیابی به آن فن آوری نیز کم باشد، در اولویت های توسعه فن آوری قرار نمی گیرد.

در ناحیه اول فن آوری های زیر قرار گرفته اند:

- فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد بویلر

- فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد قطعات مسیرداغ توربین‌های گازی
 - فن‌آوری پوشش‌های محافظ قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی
- با توجه به جذابیت و توانمندی بالای به‌کارگیری فن‌آوری‌های قرار گرفته در این ناحیه، روش اکتساب این فن‌آوری‌ها از طریق توسعه درون‌زا می‌باشد.
- در ناحیه دوم، فن‌آوری‌ها از توانمندی و جذابیت نسبتاً بالایی برخوردار هستند، ولی با توجه به اینکه میزان جذابیت و توانمندی تولید و بکارگیری این فن‌آوری‌ها در حد مناسب بالا نیست، به منظور تعیین روش اکتساب فن‌آوری‌های قرار گرفته در این ناحیه باید دست به انتخاب زد و با توجه به شرایط تکنولوژی مدنظر روش اکتساب مناسب را تعیین نمود. با توجه به اینکه فن‌آوری‌های حفاظت در برابر خوردگی از جمله فن‌آوری‌های موازی سایر فن‌آوری‌های تولید و انتقال برق می‌باشد بخش اعظمی از فن‌آوری‌های خوردگی در تجهیزات مختلف در ناحیه دو قرار گرفته‌اند که به شرح زیر است:
- فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کندانسور
 - فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سیستم‌های خنک کننده
 - فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد هیترها
 - فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد لوله‌های انتقال آب
 - فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سازه‌های بتنی
 - فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد توربین بخاری
 - فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دودکش
 - فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کمپرسور
 - فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد اجزای نیروگاه آبی
 - فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد هادی‌ها
 - فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد یراق آلات
 - فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دکل‌ها
 - فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد پست‌های توزیع

- فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد مفره‌ها
- فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی بویلر
- فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی کندانسور
- فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی سیستم‌های خنک کننده
- فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی لوله‌های انتقال آب
- فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی سازه‌های بتنی
- فن آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی
- فن آوری پوشش‌های محافظ بویلر
- فن آوری پوشش‌های محافظ کندانسور
- فن آوری پوشش‌های محافظ سیستم‌های خنک کننده
- فن آوری پوشش‌های محافظ هیترها
- فن آوری پوشش‌های محافظ لوله‌های انتقال آب
- فن آوری پوشش‌های محافظ سازه‌های بتنی
- فن آوری پوشش‌های محافظ توربین بخاری
- فن آوری پوشش‌های محافظ دودکش
- فن آوری پوشش‌های محافظ کمپرسور
- فن آوری پوشش‌های محافظ اجزای نیروگاه آبی
- فن آوری پوشش‌های محافظ هادی‌ها
- فن آوری پوشش‌های محافظ یراق‌آلات
- فن آوری پوشش‌های محافظ دکل‌ها
- فن آوری پوشش‌های محافظ پست‌های توزیع
- فن آوری پوشش‌های محافظ مفره‌ها

- فن آوری حفاظت کاتدی کندانسور
- فن آوری حفاظت کاتدی سیستم‌های خنک‌کننده
- فن آوری حفاظت کاتدی لوله‌های انتقال آب
- فن آوری حفاظت کاتدی سازه‌های بتنی
- فن آوری حفاظت کاتدی دکل‌ها
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی بویلر
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کندانسور
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سیستم‌های خنک‌کننده
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی هیترها
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی لوله‌های انتقال آب
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سازه‌های بتنی
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی توربین بخاری
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی مقاطع مسیر داغ توربین‌های گازی
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کمپرسور
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی یراق‌آلات

فن آوری‌های موجود در ناحیه سوم از توانمندی و جذابیت نسبتاً پایینی نسبت به سایر فن آوری‌ها برخوردار هستند که در

بحث توسعه فن آوری از آنها چشم‌پوشی می‌شود.

- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی اجزای نیروگاه آبی
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی هادی‌ها
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی دودکش
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی دکل‌ها
- فن آوری بازرسی و پایش خوردگی پست‌های توزیع

- فن‌آوری بازرسی و پایش خوردگی مقره‌ها

۳-۲-۲- الگوریتم پیشنهادی روش اکتساب

جهت تعیین روش اکتساب فن‌آوری‌های ناحیه ۲ الگوریتمی توسط تیم پروژه طراحی شده است. این الگوریتم از چند شرط و ورودی و تصمیم‌گیری در هر مرحله استفاده می‌کند. ابتدا فن‌آوری‌های موجود در کشور به دلیل قرار نداشتن در اولویت توسعه‌ای حذف می‌گردد. در ادامه با ورود هر فن‌آوری، اولین شرطی که بررسی می‌شود میزان تقاضای موجود برای بکارگیری فن‌آوری خوردگی در تجهیز مدنظر در کشور می‌باشد. با توجه به اینکه میزان تقاضای استفاده از فن‌آوری در تجهیز مدنظر کم یا زیاد باشد مسیر تعیین روش اکتساب فن‌آوری متفاوت خواهد بود. با توجه به مسیر تعیین شده در بررسی شرط میزان تقاضا، در گام بعدی برخی از شروط اساسی زیر باید بررسی شود:

(۱) وضعیت زیرساخت‌های استفاده از فن‌آوری در کشور چگونه است؟

(۲) جایگاه فن‌آوری مدنظر در چرخه عمر چگونه است؟

(۳) هزینه تحقیق و توسعه و مدت زمان دستیابی به فن‌آوری نسبت به هزینه و زمان انتقال فن‌آوری چگونه است؟

با توجه به این شروط و برخی شروط دیگر روش اکتساب مشخص می‌گردد. در ادامه مختصری پیرامون این شروط توضیح داده خواهد شد.

میزان تقاضا: میزان تقاضا برای یک فن‌آوری از دیگر پارامترهایی است که می‌تواند در محاسبه میزان جذابیت یک فن‌آوری

لحاظ گردد. هر چه میزان تقاضا برای یک فن‌آوری بیشتر باشد، به همان میزان نیز از جذابیت بالایی برخوردار خواهد بود.

وضعیت زیر ساخت‌ها: منظور از زیرساخت‌های نرم‌افزاری، نرم‌افزارهای مورد نیاز جهت طراحی است. طبیعی است که

هرچه میزان امکانات نرم‌افزاری بیشتر فراهم می‌شود، امکان توسعه بیشتر و سریع‌تری در آن زمینه به وجود می‌آید. در بحث

زیرساخت‌های سخت‌افزاری، وضعیت تجهیزات و آزمایشگاه‌های موجود در کشور، اصلی‌ترین شاخص می‌باشد. طبیعی است که

هرچه میزان امکانات سخت‌افزاری بیشتر فراهم می‌شود، امکان توسعه بیشتر و سریع‌تری در آن زمینه به وجود می‌آید.

همچنین، در صورت وجود نیروی انسانی متخصص بیشتر و کارآمدی ایشان، امکان تحقیق و توسعه در زمینه این فن‌آوری

بیشتر فراهم می‌گردد. کارآمدی به معنای داشتن دانش و همچنین تجربه کافی است.

جایگاه در چرخه عمر: هر فن‌آوری بسته به میزان رشدی که در عرصه تحقیقاتی و صنعتی داشته و دارد، موقعیتی در منحنی چرخه عمر فن‌آوری خواهد داشت. این منحنی به دسته‌های مختلفی تقسیم‌بندی شده است؛ ولی در مورد شکل کلی آن (منحنی به صورت S شکل می‌باشد)، اختلافی وجود ندارد. رایج‌ترین نوع تقسیم‌بندی این منحنی، چهار بخش ذیل می‌باشد:

۱- جنینی

۲- رشد

۳- بلوغ

۴- منسوخ

در مرحله جنینی یا مرحله تحقیق و توسعه اولیه، فن‌آوری در مرحله تحقیقات اولیه است و در حد ارائه مقالات و یا کمی در مقیاس آزمایشگاهی قرار دارد. در این مرحله فن‌آوری در حدی نیست که حتی از آن در پایلوت‌های صنعتی نیز بتوان استفاده کرد.

در مرحله رشد، فن‌آوری تا حدی موفق عمل نموده ولی به طور کامل اقتصادی نشده و یا به لحاظ علمی مشکلات فنی محدودی دارد. لذا از آن در پایلوت‌های صنعتی و یا در حد چند نمونه محدود صنعتی استفاده می‌شود.

و در نهایت در مرحله بلوغ، فن‌آوری کاملاً صنعتی شده و در تعداد زیادی واحد صنعتی از آن استفاده می‌شود.

برای انجام تحقیقات در زمینه یک فن‌آوری، جذاب‌ترین مرحله، مرحله رشد است. در واقع در این مرحله تحقیقات، رشد خوبی داشته و می‌توان به ادامه تحقیقات امید زیادی داشت و از طرفی به بلوغ هم نرسیده و می‌توان به عنوان یکی از پیشروهای این فن‌آوری مطرح شد.

پس از مرحله رشد، مرحله جنینی از جذابیت بیشتری برای تحقیقات برخوردار است و در نهایت فن‌آوری بالغ قرار دارد. در مرحله فن‌آوری بالغ، تحقیقات به حد بلوغ رسیده تنها می‌توان اندکی تغییر ایجاد نمود. در این مرحله فرصت تحقیقات تا حد زیادی از بین رفته است مگر در همان تغییرات جزئی؛ لذا از جذابیت کمتری نسبت به سایرین برخوردار خواهد بود.

هزینه تحقیق و توسعه و مدت زمان دستیابی به فن‌آوری نسبت به هزینه و زمان انتقال فن‌آوری: این معیار که از آن با عنوان شکاف تکنولوژیک نیز یاد می‌شود، به این دلیل مطرح می‌شود که در صورتی که فاصله‌ی تحقیقاتی در یک فن‌آوری در

کشور با کشورهای پیشرو در آن فن‌آوری بالا باشد، هزینه و زمان توسعه درون‌زا در آن نسبت به هزینه انتقال آن فن‌آوری به شدت بالا خواهد بود و به لحاظ اقتصادی توجیه‌پذیری تحقیق و توسعه از بین می‌رود.

برای درک بهتر مطالب در ادامه تمامی حالات ممکن بررسی شده‌اند که عبارتند از:

- اولین حالت، حالتی است که میزان تقاضای بکارگیری فن‌آوری در تجهیز زیاد بوده، زیرساخت مورد نیاز در کشور موجود نبوده، فن‌آوری در مرحله رشد و بلوغ خود بوده و هزینه تحقیق و توسعه در این زمینه نسبت به انتقال فن‌آوری نسبتاً کم باشد که در این صورت روش اکتساب تعیین شده توسعه درون‌زا است.

- حالت دوم، حالتی است که میزان تقاضای بکارگیری فن‌آوری در تجهیز زیاد بوده، زیرساخت مورد نیاز در کشور موجود نبوده، فن‌آوری در مرحله رشد و بلوغ خود بوده و هزینه تحقیق و توسعه در این زمینه نسبت به انتقال فن‌آوری نسبتاً زیاد باشد، روش اکتساب تعیین شده با توجه به هزینه بالای تحقیق و توسعه، انتقال فن‌آوری است.

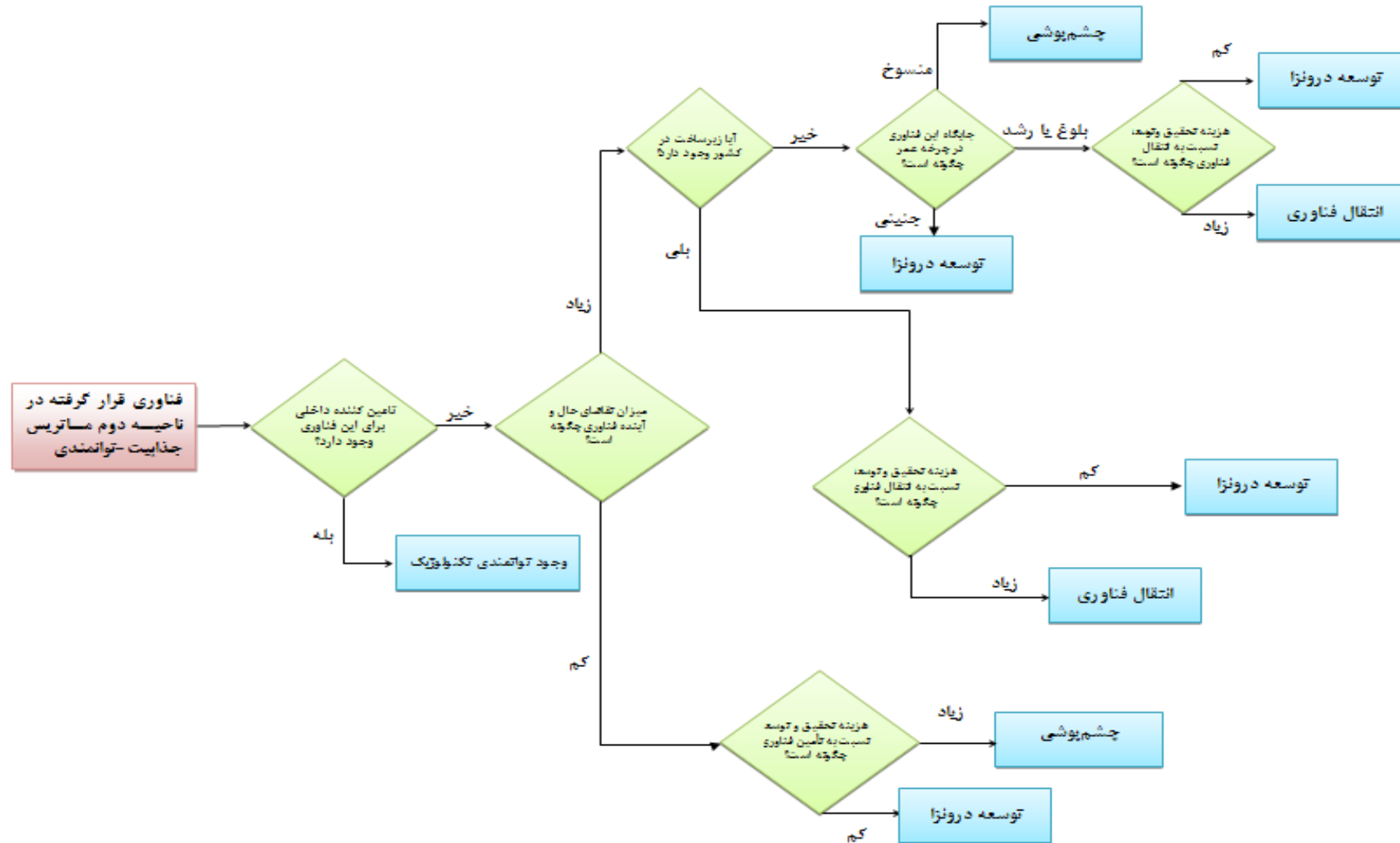
- در حالت سوم میزان تقاضای بکارگیری فن‌آوری در تجهیز زیاد بوده، زیرساخت مورد نیاز در کشور موجود نبوده، فن‌آوری در مرحله جنینی باشد با توجه به آینده پیش روی این فن‌آوری روش اکتساب پیشنهادی برای این فن‌آوری توسعه درون‌زا می‌باشد.

- حالت چهارم، دقیقاً مشابه حالت سوم است با این تفاوت که در این حالت فن‌آوری در مرحله زوال قرار دارد که در این حالت با توجه به اینکه توسعه فن‌آوری در کشور آینده امیدوارکننده‌ای به همراه ندارد، از توسعه فن‌آوری چشم‌پوشی می‌شود.

- حالت پنجم، حالتی است که میزان تقاضای بکارگیری فن‌آوری در تجهیز زیاد بوده، اما زیرساخت مورد نیاز در کشور موجود باشد، اگر هزینه تحقیق و توسعه نسبتاً کم باشد به توسعه درون‌زای فن‌آوری پرداخته و در غیر این صورت روش اکتساب پیشنهادی انتقال فن‌آوری خواهد بود.

- در صورتی که میزان تقاضای بکارگیری فن‌آوری در تجهیز کم باشد، با توجه به وضعیت نسبت هزینه تحقیق و توسعه به تامین فناوری، دو رویکرد مختلف وجود دارد. اگر نسبت هزینه تحقیق و توسعه به تامین فناوری کم باشد توسعه درون‌زای فن‌آوری پیشنهاد شده و اگر نسبت هزینه تحقیق و توسعه به تامین فناوری زیاد باشد، از فناوری چشم‌پوشی می‌شود.

تمامی این حالات را می‌توان در فلوچارتی به صورت شکل ۱۵ به نمایش گذاشت. در ادامه، با توجه به الگوریتم، روش اکتساب پیشنهادی برای هر کدام از فن‌آوری‌های کنترل خوردگی که در ناحیه ۲ قرار دارند، با طرح در جلسه‌ی کمیته راهبری تعیین گردید.



شکل ۱۵: الگوریتم تعیین روش اکتساب فناوری.

خروجی‌های الگوریتم شکل ۱۵ به شرح جدول ۱۱ می‌باشد. فن‌آوری‌های موجود با خط تیره نشان داده شده‌اند.

جدول ۱۱: خروجی‌های الگوریتم تعیین روش اکتساب فن‌آوری

ردیف	فن‌آوری کنترل خوردگی در تجهیز (ناحیه ۲)	روش اکتساب پیشنهادی
۱	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کندانسور	-
۲	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سیستم‌های خنک کننده	-
۳	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد هیترها	-
۴	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد لوله‌های انتقال آب	-
۵	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سازه‌های بتنی	-
۶	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد توربین بخاری	توسعه درون‌زا
۷	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دودکش	-
۸	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کمپرسور	-
۹	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد اجزای نیروگاه آبی	توسعه درون‌زا
۱۰	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب موادهای‌ها	-
۱۱	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد یراق آلات	-
۱۲	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دکل‌ها	-
۱۳	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد پست‌های توزیع	-
۱۴	فن‌آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقره‌ها	-
۱۵	فن‌آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی بویلر	انتقال فن‌آوری
۱۶	فن‌آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی کندانسور	انتقال فن‌آوری
۱۷	فن‌آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی سیستم‌های خنک کننده	توسعه درون‌زا
۱۸	فن‌آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی لوله‌های انتقال آب	توسعه درون‌زا
۱۹	فن‌آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی سازه‌های بتنی	انتقال فن‌آوری
۲۰	فن‌آوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی	انتقال فن‌آوری
۲۱	فن‌آوری پوشش‌های محافظ بویلر	انتقال فن‌آوری
۲۲	فن‌آوری پوشش‌های محافظ کندانسور	توسعه درون‌زا
۲۳	فن‌آوری پوشش‌های محافظ سیستم‌های خنک کننده	-
۲۴	فن‌آوری پوشش‌های محافظ هیترها	-
۲۵	فن‌آوری پوشش‌های محافظ لوله‌های انتقال آب	-
۲۶	فن‌آوری پوشش‌های محافظ سازه‌های بتنی	-
۲۷	فن‌آوری پوشش‌های محافظ توربین بخاری	توسعه درون‌زا
۲۸	فن‌آوری پوشش‌های محافظ دودکش	انتقال فن‌آوری
۲۹	فن‌آوری پوشش‌های محافظ کمپرسور	توسعه درون‌زا
۳۰	فن‌آوری پوشش‌های محافظ اجزای نیروگاه آبی	توسعه درون‌زا

جدول ۱۱: خروجی‌های الگوریتم تعیین روش اکتساب فن آوری (ادامه)

ردیف	فن آوری کنترل خوردگی در تجهیز (ناحیه ۲)	روش اکتساب پیشنهادی
۳۱	فن آوری پوشش‌های محافظ‌های	-
۳۲	فن آوری پوشش‌های محافظ یراق‌آلات	-
۳۳	فن آوری پوشش‌های محافظ دکل‌ها	-
۳۴	فن آوری پوشش‌های محافظ پست‌های توزیع	-
۳۵	فن آوری پوشش‌های محافظ مقره‌ها	چشم‌پوشی
۳۶	فن آوری حفاظت کاتدی کندانسور	توسعه درون‌زا
۳۷	فن آوری حفاظت کاتدی سیستم‌های خنک‌کننده	-
۳۸	فن آوری حفاظت کاتدی لوله‌های انتقال آب	توسعه درون‌زا
۳۹	فن آوری حفاظت کاتدی سازه‌های بتنی	توسعه درون‌زا
۴۰	فن آوری حفاظت کاتدی دکل‌ها	توسعه درون‌زا
۴۱	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی بویلر	انتقال فن آوری
۴۲	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کندانسور	انتقال فن آوری
۴۳	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سیستم‌های خنک‌کننده	انتقال فن آوری
۴۴	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی هیترها	-
۴۵	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی لوله‌های انتقال آب	توسعه درون‌زا
۴۶	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سازه‌های بتنی	انتقال فن آوری
۴۷	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی توربین بخاری	-
۴۸	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی	انتقال فن آوری
۴۹	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کمپرسور	-
۵۰	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی یراق‌آلات	-

در نهایت روش‌های اکتساب به شرح جدول ۱۲ می‌باشد.

جدول ۱۲: روش پیشنهادی اکتساب فن آوری ها

ردیف	فن آوری کنترل خوردگی در تجهیز	روش اکتساب پیشنهادی
۱	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد بویلر	توسعه درونزا
۲	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کندانسور	-
۳	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سیستم های خنک کننده	-
۴	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد هیترها	-
۵	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد لوله های انتقال آب	-
۶	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد سازه های بتنی	-
۷	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد توربین بخاری	توسعه درونزا
۸	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دودکش	-
۹	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد قطعات مسیرداغ توربین های گازی	توسعه درونزا
۱۰	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد کمپرسور	-
۱۱	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد اجزای نیروگاه آبی	توسعه درونزا
۱۲	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد هادی ها	-
۱۳	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد یراق آلات	-
۱۴	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد دکل ها	-
۱۵	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد پست های توزیع	-
۱۶	فن آوری طراحی، ساخت و انتخاب مواد مقره ها	-
۱۷	فن آوری افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی بویلر	انتقال فن آوری
۱۸	فن آوری افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی کندانسور	انتقال فن آوری
۱۹	فن آوری افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی سیستم های خنک کننده	توسعه درونزا
۲۰	فن آوری افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی لوله های انتقال آب	توسعه درونزا
۲۱	فن آوری افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی سازه های بتنی	انتقال فن آوری
۲۲	فن آوری افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی مسیر داغ توربین های گازی	انتقال فن آوری
۲۳	فن آوری پوشش های محافظ بویلر	انتقال فن آوری
۲۴	فن آوری پوشش های محافظ کندانسور	توسعه درونزا
۲۵	فن آوری پوشش های محافظ سیستم های خنک کننده	-
۲۶	فن آوری پوشش های محافظ هیترها	-
۲۷	فن آوری پوشش های محافظ لوله های انتقال آب	-
۲۸	فن آوری پوشش های محافظ سازه های بتنی	-
۲۹	فن آوری پوشش های محافظ توربین بخاری	توسعه درونزا
۳۰	فن آوری پوشش های محافظ دودکش	انتقال فن آوری
۳۱	فن آوری پوشش های محافظ قطعات مسیر داغ توربین های گازی	توسعه درونزا
۳۲	فن آوری پوشش های محافظ کمپرسور	توسعه درونزا
۳۳	فن آوری پوشش های محافظ اجزای نیروگاه آبی	توسعه درونزا

-	فن آوری پوشش های محافظه های محافظه های	۳۴
-	فن آوری پوشش های محافظ براق آلات	۳۵
-	فن آوری پوشش های محافظ دکل ها	۳۶
-	فن آوری پوشش های محافظ پست های توزیع	۳۷
چشم پوشی	فن آوری پوشش های محافظ مفره ها	۳۸
توسعه درونزا	فن آوری حفاظت کاتدی کندانسور	۳۹
-	فن آوری حفاظت کاتدی سیستم های خنک کننده	۴۰
توسعه درونزا	فن آوری حفاظت کاتدی لوله های انتقال آب	۴۱
توسعه درونزا	فن آوری حفاظت کاتدی سازه های بتنی	۴۲
توسعه درونزا	فن آوری حفاظت کاتدی دکل ها	۴۳
انتقال فن آوری	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی بویلر	۴۴
انتقال فن آوری	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کندانسور	۴۵
انتقال فن آوری	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سیستم های خنک کننده	۴۶
-	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی هیترها	۴۷
توسعه درونزا	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی لوله های انتقال آب	۴۸
انتقال فن آوری	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی سازه های بتنی	۴۹
-	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی توربین بخاری	۵۰
چشم پوشی	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی دودکش	۵۱
انتقال فن آوری	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی مقاطع مسیر داغ توربین های گازی	۵۲
-	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی کمپرسور	۵۳
چشم پوشی	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی اجزای نیروگاه آبی	۵۴
چشم پوشی	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی هادی ها	۵۵
-	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی براق آلات	۵۶
چشم پوشی	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی دکل ها	۵۷
چشم پوشی	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی پست های توزیع	۵۸
چشم پوشی	فن آوری بازرسی و پایش خوردگی مفره ها	۵۹

۳-۳- راهبردهای تعیین شده برای توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

ایران

در راستای نیل به اهداف توسعه‌ی فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی باید راهبردهای توسعه این فن‌آوری شناخته شود. به این منظور پس از بررسی روش اکتساب فن‌آوری‌های کنترل خوردگی، دو راهبرد متناسب با روش اکتساب‌های معین شده (توسعه درون‌زا و انتقال فن‌آوری) شناسایی شد. راهبردهای مدنظر عبارتند از:

(۱) دستیابی به دانش فنی فن‌آوری‌های:

- طراحی، ساخت و انتخاب مواد بویلر؛
- طراحی، ساخت و انتخاب مواد قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی؛
- طراحی، ساخت و انتخاب مواد توربین بخاری؛
- طراحی، ساخت و انتخاب مواد اجزای نیروگاه آبی؛
- پوشش‌های محافظ قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی؛
- پوشش‌های محافظ کندانسور؛
- پوشش‌های محافظ توربین بخاری؛
- پوشش‌های محافظ کمپرسور؛
- پوشش‌های محافظ اجزای نیروگاه آبی؛
- افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی سیستم‌های خنک‌کننده؛
- افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی لوله‌های انتقال آب و مخازن؛
- حفاظت کاتدی کندانسورها؛
- حفاظت کاتدی لوله‌های انتقال آب؛
- حفاظت کاتدی دکل‌ها؛
- حفاظت کاتدی سازه‌های بتنی؛
- بازرسی و پایش خوردگی لوله‌های انتقال آب.

(۲) انتقال فن آوری در زمینه ی فن آوری های:

- افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی بویلر؛
- افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی قطعات مسیر داغ توربین های گازی؛
- افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی کندانسور؛
- افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی سازه های بتنی؛
- پوشش های محافظ بویلر؛
- پوشش های محافظ دودکش؛
- بازرسی و پایش خوردگی بویلر؛
- بازرسی و پایش خوردگی قطعات مسیر داغ توربین های گازی؛
- بازرسی و پایش خوردگی سیستم های خنک کننده (اصلی و کمکی)؛
- بازرسی و پایش خوردگی کندانسور؛
- بازرسی و پایش خوردگی سازه های بتنی.

نتیجه‌گیری

در فاز سوم از پروژه تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)، ارکان جهت‌ساز تدوین گردید. این ارکان شامل چشم‌انداز، اهداف و در نهایت راهبردها بوده است. متدولوژی تدوین هر یک از این بخش‌ها در گزارش ارائه گردیده است. در مجموع این گزارش با روش تحلیلی و با تأکید بر نظرات خبرگان این حوزه تدوین گردیده است.

منابع و مراجع

۱. روش شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فن‌آوری‌های صنعت برق، راهنمای شماره ۱. پژوهشگاه نیرو، آذر ۱۳۹۲. ویرایش دوم.

2. <http://www.dolat.ir/PDF/20years.pdf> .

3. <http://www.moe.gov.ir> .

4. legal.iuims.ac.ir/uploads/ghanune-barname_panjom.pdf .

5. <http://rc.majlis.ir/fa/law/show/99709> .

6. <http://maslahat.ir>

7. http://www.isacmsrt.ir/files/site1/pages/naghshe_jame_elmi.pdf .

8. www.corrosion.com.au .

9. www.corrosion.org .

10. Kaplan, R.S., Norton, D.P., The balanced scorecard: translating strategy into action, 1996, Harvard Business Press .

11. Pearce, J.A, Robinson, R.B, Strategic management: formulation, implementation, and control, 1997, Irwin/McGraw-Hill .

۱۲. مهدی فتح‌اله، علیرضا علی احمدی، و ایرج تاج‌الدین. نگرشی جامع بر مدیریت استراتژیک. تهران: تولید دانش، ۱۳۸۲.

۱۳. سید محمد اعرابی. دستنامه برنامه ریزی استراتژیک. تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی، ۱۳۸۵.

۱۴. فاز اول طرح تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)، تعیین ابعاد موضوع و محدوده مطالعات سند، مهرماه ۹۳

15. Corrosion costs and preventive strategies in the United States, pub. No. FHWA-RD-01-156, NACE International, 1998

16. Economic Effects on Metallic Corrosion in the United States, NBS Special Publication 511-1, SD Stock No. SN-003-003-01926-7, 1978.

17. Corrosion: Understanding the Basics, ASM International, 2000

پیوست شماره یک

پرسشنامه چشم‌انداز فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)

صاحب‌نظر ارجمند

احتراماً، به اطلاع می‌رساند در راستای تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)، چشم‌انداز این سند در حال تدوین است. بر این اساس از جنابعالی خواهشمند است ضمن مطالعه خلاصه گزارش تدوین چشم‌انداز، نظر خود را در مورد بیانیه چشم‌انداز در فرم پیوست منعکس نمایید.

«با اتکا به خداوند متعال و مجاهدت ملی، صنعت برق کشور در افق ۱۴۰۴ در راستای تحقق سند چشم‌انداز بیست ساله خود، با تأکید بر خودتکایی و با بهره‌گیری از دانش پیشرفته و مبتنی بر نیروی انسانی بومی، ضمن توجه به مقوله حفظ محیط زیست و ارتقای سطح رفاه اجتماعی،

به دانش فنی و توانمندی ساخت و بهره‌برداری از روزآمدترین فن‌آوری‌های کنترل خوردگی بمنظور کمک به تولید، انتقال و

توزیع پایدار برق و حداقل‌سازی هزینه‌های صنعت برق دست خواهد یافت.»

(۱) آیا عبارت "ساخت و بهره‌برداری" در چشم‌انداز سند مورد تایید است؟

بله

خیر

در صورتیکه عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

(۲) آیا عبارت "روزآمدترین" که به عنوان ویژگی‌های فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در چشم‌انداز قید شده، از

نظر شما مورد تایید است؟

بله

خیر

در صورتیکه عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

۳) آیا عبارت "حفظ محیط زیست" که بعنوان اولین زمینه (تم) چشم انداز در بیانیه قید شده است از نظر شما مورد تایید

است؟

بله

خیر

در صورتیکه عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

۴) آیا عبارت "ارتقای رفاه اجتماعی" که بعنوان دومین زمینه (تم) چشم انداز در بیانیه قید شده است از نظر شما مورد تایید

است؟

بله

خیر

در صورتیکه عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

۵) آیا عبارت "تولید، انتقال و توزیع پایدار برق" که بعنوان سومین زمینه (تم) چشم انداز در بیانیه قید شده است از نظر شما

مورد تایید است؟

بله

خیر

در صورتیکه عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

۶) آیا عبارت "حداقل سازی هزینه های صنعت برق" که بعنوان چهارمین زمینه (تم) چشم انداز در بیانیه قید شده است از

نظر شما مورد تایید است؟

بله

خیر

در صورتیکه عبارت دیگری را مدنظر دارید در این قسمت قید فرمایید:

۷) در این قسمت، اگر از نظر شما بیانیه چشم انداز آینده مطلوب برای فن‌آوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق را به طور کامل منعکس نمی‌کند، آینده مطلوب مورد نظر خود را یادداشت فرمایید.

۸) لطفاً بیانیه چشم انداز را مطالعه کرده و جدول ذیل را در مورد آن پر نمایید.

ویژگی	بسیار مطلوب	مطلوب	متوسط	ضعیف	بسیار ضعیف	نظر ویژه
قابل دستیابی در زمان مورد نظر (۱۰ سال)						
تاحد ممکن کمیت‌پذیر می‌باشد.						
جامع، تحول‌گرا، آینده‌نگر و پویا می‌باشد.						
بلندپروازانه و منحصر به فرد می‌باشد.						
برانگیزاننده می‌باشد.						
حال و آینده را به هم پیوند می‌دهد یعنی در عین آنکه واقع‌گرایانه می‌باشد، با آرمان‌ها نیز مطابقت دارد.						
توجه‌برانگیز برای جلب توجه ذی‌نفعان (و فعالین این حوزه) بوده و موجب ایجاد اطمینان میان ایشان می‌گردد						
حس مالکیت و تعلق را در فعالین این حوزه ایجاد می‌کند						
ایجاد تداوم در برنامه‌ریزی و اجرا می‌کند.						
فرصت‌های موجود را نشان داده، راه بهره‌جویی از فرصت‌ها را می‌نماید.						
کوتاه و به خاطر ماندنی می‌باشد.						

پیوست شماره دو

پرسشنامه اهداف فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)

صاحب‌نظر ارجمند

احتراماً، به اطلاع می‌رساند در راستای تدوین سند راهبردی توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)، اهداف مربوط به این سند در حال تدوین است. بر این اساس از جنابعالی خواهشمند است ضمن مطالعه اهداف که در ذیل آمده است، نظر خود را در مورد آن‌ها در فرم پیوست منعکس نمایید.

اهداف قابل تصور به قرار زیر می‌باشد:

کاهش ۱۵ تا ۲۰ درصدی هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم خرابی و از بین رفتن دستگاه‌ها و تجهیزات

کاهش x درصدی هزینه‌های مربوط به بازرسی و نگهداری قطعات و تجهیزات

افزایش y درصدی طول عمر تجهیزات

کاهش z درصدی خروج‌های اضطراری نیروگاه‌ها

کاهش رخداد و حوادث ناشی از خوردگی تجهیزات و قطعات

(۱) در راستای کمی‌سازی اهداف کلان تهیه شده، لطفاً نظر خود را در رابطه با مقادیر مناسب x، y و z ذکر فرمایید.

x=

y=

z=

(۲) لطفاً با توجه به اهداف، جدول ذیل را در مورد آن تکمیل نمایید.

ویژگی	بسیار مطلوب	مطلوب	متوسط	ضعیف	بسیار ضعیف	نظر ویژه
مشخص بودن						
قابل اندازه‌گیری بودن						
قابل دستیابی بودن						
واقع‌گرایانه بودن						
محدود به زمان بودن						

۳) در این قسمت، اگر از نظر شما اهداف مشخص شده، اهداف توسعه فن آوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران را به طور کامل منعکس نمی کند، اهداف مورد نظر خود را یادداشت بفرمایید.

۴) در این قسمت، اگر از نظر شما اهداف مشخص شده، با اسناد بالادستی همراستا نمی باشد، اهداف مورد نظر خود را یادداشت بفرمایید.

۵) در این قسمت، اگر از نظر شما اهداف مشخص شده، با چشم انداز توسعه فن آوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران، همراستا نمی باشد، اهداف مورد نظر خود را یادداشت بفرمایید.

پیوست شماره سه

پرسشنامه ارزیابی جذابیت و توانمندی فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)

فرهیم‌خته گرامی

به استحضار می‌رساند در راستای سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه فن‌آوری در حوزه انرژی، سند ملی توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) با مشارکت کلیه فعالان و صاحب نظران در حال تدوین است. بر این اساس و به منظور ارزیابی جذابیت و توانمندی تجهیزات بکاررفته در صنعت برق از نظر اولویت کنترل خوردگی و توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)، پرسشنامه‌ای تهیه شده است که مستدعی است در تکمیل این پرسشنامه دقت لازم را مبذول فرمایید. لطفاً در صورت نیاز به راهنمایی با کارشناس مربوطه تماس حاصل فرمایید.

ملاحظات:

این پرسشنامه حاوی ۱۷ سؤال است که مربوط به تحلیل جذابیت و اولویت‌بندی قطعات بکارگیری شده در صنعت برق از نظر اهمیت کنترل خوردگی و نیز تحلیل جذابیت و توانمندی توسعه فن‌آوری‌های نوین کنترل خوردگی می‌باشد. تمام تجهیزات کلیدی که برای تولید، انتقال و توزیع برق مورد استفاده قرار می‌گیرند در زیر هر سوال قید شده‌اند. برای پاسخ به سؤالات، عدد مربوط به پاسخ هر سؤال را (از عدد ۱ تا ۱۰) در داخل خانه مربوط به هر یک از تجهیزات وارد نمایید.

مقره‌ها	پست‌های توزیع	دکل‌ها	یراق‌آلات	هادی‌ها	اجزای توربین آبی	کمپرسور	قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی

۷) وضعیت تجهیزات زیر را از منظر تعداد و گستردگی در صنعت برق چگونه ارزیابی می‌نمایید؟

بسیار گسترده (تعداد بسیار زیاد تجهیز)
۱
۵
۱۰
 بسیار اندک (تعداد ناچیز)

بویلر	کندانسور	سیستم‌های خنک‌کننده	هیترها	لوله‌های انتقال آب	سازه‌های بتنی	توربین بخاری	دودکش

مقره‌ها	پست‌های توزیع	دکل‌ها	یراق‌آلات	هادی‌ها	اجزای توربین آبی	کمپرسور	قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی

۸) میزان تاثیر هریک از این فن‌آوری‌ها را در کاهش خوردگی (سرعت و شدت خوردگی) هریک از تجهیزات به چه صورت

ارزیابی می‌نمایید؟

بسیار تاثیرگذار
۱
۵
۱۰
 اثرگذاری بسیار ناچیز است

فن‌آوری تجهیزات	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	پوشش‌های محافظ	حفاظت کاتدی	بازرسی و پایش خوردگی
بویلر					
کندانسور					
سیستم‌های خنک‌کننده					
هیترها					
لوله‌های انتقال آب					
سازه‌های بتنی					
توربین بخاری					
دودکش					
قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی					

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش‌های محافظ	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن‌آوری تجهیزات
					کمپرسور
					اجزای توربین آبی
					هادی‌ها
					یراق‌آلات
					دکل‌ها
					پست‌های توزیع
					مقره‌ها

۹) وضعیت دسترسی به دانش فنی مربوط به این فن‌آوری را در رابطه با هر یک از تجهیزات چگونه ارزیابی می‌کنید؟

دانش فنی موجود در سطح ایده آل است ۱۰
دانش فنی موجود بسیار ناچیز است ۱

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش‌های محافظ	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن‌آوری تجهیزات
					بوiler
					کندانسور
					سیستم‌های خنک‌کننده
					هیترها
					لوله‌های انتقال آب
					سازه‌های بتنی
					توربین بخاری
					دودکش
					قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی
					کمپرسور
					اجزای توربین آبی
					هادی‌ها
					یراق‌آلات
					دکل‌ها
					پست‌های توزیع
					مقره‌ها

۱۰) آیا مواد و قطعات اصلی مورد نیاز برای توسعه این فن‌آوری در کشور موجود است؟

۱. بلی

در صورت منفی بودن پاسخ، کدام یک از حالات زیر وجود دارد؟

۱. تهیه مواد اصلی از خارج از کشور به سهولت امکانپذیر است.

۲. تهیه مواد اصلی از خارج از کشور ممکن اما با محدودیت مواجه است.

۳. به علت تحریم، امکان تهیه مواد اولیه از خارج از کشور امکان‌پذیر نیست.

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش‌های محافظ	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن‌آوری تجهیزات
					بویلر
					کندانسور
					سیستم‌های خنک‌کننده
					هیترها
					لوله‌های انتقال آب
					سازه‌های بتنی
					توربین بخاری
					دودکش
					قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی
					کمپرسور
					اجزای توربین آبی
					هادی‌ها
					یراق‌آلات
					دکل‌ها
					پست‌های توزیع
					مقره‌ها

۱۱) وضعیت دسترسی به منابع انسانی متخصص برای توسعه این فن‌آوری‌ها را با توجه به هریک از تجهیزات چگونه ارزیابی

می‌کنید؟

تعداد منابع انسانی متخصص این فن‌آوری در سطح ایده آل است ۱ ۵ ۱۰
تعداد منابع انسانی متخصص این فن‌آوری بسیار کم است

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش‌های محافظ	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن‌آوری تجهیزات

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش‌های محافظ	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن‌آوری تجهیزات
					بویلر
					کندانسور
					سیستم‌های خنک‌کننده
					هیترها
					لوله‌های انتقال آب
					سازه‌های بتنی
					توربین بخاری
					دودکش
					قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی
					کمپرسور
					اجزای توربین آبی
					هادی‌ها
					یراق‌آلات
					دکل‌ها
					پست‌های توزیع
					مقره‌ها

۱۲) وضعیت آمادگی و هماهنگی دستگاه‌ها و سازمان‌های مرتبط را برای توسعه این فن‌آوری‌ها چگونه ارزیابی می‌کنید؟

دستگاه‌ها و سازمان‌های مرتبط آمادگی و هماهنگی بسیار پایینی برای توسعه این فناوری دارند
 ۱ ۵ ۱۱
 دستگاه‌ها و سازمان‌های مرتبط آمادگی و هماهنگی بسیار بالایی برای توسعه این فناوری دارند

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش‌های محافظ	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن‌آوری تجهیزات
					بویلر
					کندانسور
					سیستم‌های خنک‌کننده
					هیترها
					لوله‌های انتقال آب
					سازه‌های بتنی
					توربین بخاری
					دودکش
					قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی
					کمپرسور
					اجزای توربین آبی
					هادی‌ها
					یراق‌آلات
					دکل‌ها
					پست‌های توزیع
					مقره‌ها

۱۳) وضعیت دسترسی به زیرساخت سخت افزاری مورد نیاز برای توسعه این فن‌آوری (مانند آزمایشگاه‌ها، ابزار، ماشین‌آلات و

...) را در رابطه با هریک از تجهیزات چگونه ارزیابی می‌کنید؟

زیرساخت سخت افزاری مورد نیاز به طور کامل وجود دارد ۱۰
 ۵
 ۱
 زیرساخت سخت افزاری مورد نیاز وجود ندارد

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش‌های محافظ	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن‌آوری تجهیزات
					بویلر
					کندانسور
					سیستم‌های خنک‌کننده
					هیترها
					لوله‌های انتقال آب
					سازه‌های بتنی
					توربین بخاری

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش‌های محافظ	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن‌آوری تجهیزات
					دودکش
					قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی
					کمپرسور
					اجزای توربین آبی
					هادی‌ها
					یراق‌آلات
					دکل‌ها
					پست‌های توزیع
					مقره‌ها

۱۴) آیا قوانین و سیاست‌های مرتبط با توسعه این فن‌آوری در کشور وجود دارد؟

۱. قوانین و سیاست‌های مرتبط تدوین و اجرایی شده است.

۲. قوانین و سیاست‌های مرتبط تدوین شده است اما اجرایی نشده است.

۳. قوانین و سیاست‌های مرتبط در حال تدوین است.

۴. قوانین و سیاست‌های مرتبط وجود ندارد.

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش‌های محافظ	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن‌آوری تجهیزات
					بوiler
					کندانسور
					سیستم‌های خنک‌کننده
					هیترها
					لوله‌های انتقال آب
					سازه‌های بتنی
					توربین بخاری
					دودکش
					قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی
					کمپرسور
					اجزای توربین آبی
					هادی‌ها

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش‌های محافظ	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن‌آوری تجهیزات
					یراق‌آلات
					دکل‌ها
					پست‌های توزیع
					مقره‌ها

۱۵) میزان هزینه استفاده از هر یک از فن‌آوری‌ها برای کاهش خوردگی هر یک از قطعات را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

هزینه‌ی ناچیز
۱
۵
۱۰
 بسیار پرهزینه

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش‌های محافظ	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن‌آوری تجهیزات
					بوئیلر
					کندانسور
					سیستم‌های خنک‌کننده
					هیترها
					لوله‌های انتقال آب
					سازه‌های بتنی
					توربین بخاری
					دودکش
					قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی
					کمپرسور
					اجزای توربین آبی
					هادی‌ها
					یراق‌آلات
					دکل‌ها
					پست‌های توزیع
					مقره‌ها

۱۶) هزینه دستیابی به دانش فنی و به روزرسانی این فن‌آوری‌ها را برای هر یک از تجهیزات چگونه ارزیابی می‌کنید؟

بسیار کم
۱
۵
۱۰
 بسیار زیاد

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش‌های محافظ	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن‌آوری تجهیزات
					بویلر
					کندانسور
					سیستم‌های خنک‌کننده
					هیترها
					لوله‌های انتقال آب
					سازه‌های بتنی
					توربین بخاری
					دودکش
					قطعات مسیر داغ
					توربین‌های گازی
					کمپرسور
					اجزای توربین آبی
					هادی‌ها
					یراق‌آلات
					دکل‌ها
					پست‌های توزیع
					مقره‌ها

۱۷) میزان فوریت دستیابی کشور ما به جدیدترین این فن‌آوری‌ها را برای هر یک از تجهیزات چگونه ارزیابی می‌کنید؟

بسیار زیاد ۱۰ | ۵ | ۱ بسیار کم

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش‌های محافظ	افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن‌آوری تجهیزات
					بویلر
					کندانسور
					سیستم‌های خنک‌کننده
					هیترها
					لوله‌های انتقال آب
					سازه‌های بتنی
					توربین بخاری
					دودکش
					قطعات مسیر داغ

بازرسی و پایش خوردگی	حفاظت کاتدی	پوشش های محافظ	افزودنی ها و بازدارنده های خوردگی	طراحی، ساخت و انتخاب مواد	فن آوری تجهیزات
					توربین های گازی
					کمپرسور
					اجزای توربین آبی
					هادی ها
					یراق آلات
					دکل ها
					پست های توزیع
					مقره ها

فهرست مطالب

مقدمه	۱
۱- چارچوب نظری تدوین سیاستها و اقدامات سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی	
در صنعت برق ایران	۱
۱-۱- کارکردها در نظام نوآوری فناورانه	۲
۱-۱-۱- فعالیت‌های کارآفرینی	۳
۱-۱-۱-۱- خلق دانش	۴
۱-۱-۱-۱-۱- انتشار دانش	۶
۱-۱-۱-۱-۱-۱- جهت‌دهی به سیستم	۷
۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱- شکل دهی به بازار	۹
۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱- بسیج منابع	۱۲
۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱- مشروعیت بخشی	۱۳
۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه	۱۴
۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱- بازیگران	۱۴
۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱- نهادها	۱۵
۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱- زیرساخت	۱۶
۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱- روابط و شبکه‌ها	۱۷
۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱- روابط	۱۷
۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱-۱- شبکه‌ها	۱۷
۲- فرایند تدوین سیاستها و اقدامات توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق	۱۹
۱-۲- فرایند تدوین سیاستها و اقدامات غیر فنی (مدیریتی)	۱۹
۱-۱-۲-۱- شناسایی وضعیت موجود توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق	۲۱



- ۲۱-۱-۱-۲-۱-بازیگران نظام توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق
- ۲۲-۱-۱-۱-۲-بازیگران در زمینه توسعه دانش
- ۲۲-۱-۱-۲-بازیگران در زمینه انتشار دانش
- ۲۳-۱-۱-۲-بازیگران در زمینه تأمین منابع
- ۲۴-۱-۱-۲-بازیگران در زمینه جهت‌دهی به سیستم
- ۲۵-۱-۱-۲-بازیگران در زمینه کارآفرینی
- ۲۵-۱-۱-۲-بازیگران در زمینه مشروعیت‌بخشی
- ۲۵-۱-۱-۲-بازیگران در زمینه شکل‌گیری بازار
- ۲۷-۱-۱-۲-مرحله توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق
- ۲۹-۱-۲-شناسایی وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق
- ۳۰-۱-۲-شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق
- ۳۱-۱-۳-۱-۲-چالش‌های توسعه دانش
- ۳۲-۱-۳-۲-چالش‌های انتشار دانش
- ۳۲-۱-۳-۳-چالش‌های تأمین منابع
- ۳۳-۱-۳-۴-چالش‌های جهت‌دهی به سیستم
- ۳۳-۱-۳-۵-چالش‌های کارآفرینی
- ۳۴-۱-۳-۶-چالش‌های مشروعیت‌بخشی
- ۳۴-۱-۳-۷-چالش‌های شکل‌گیری بازار
- ۳۹-۲-۲-فرایند تدوین اقدامات فنی
- ۳۹-۳-۲-سیاست‌ها و اقدامات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق
- ۴۰-۱-۳-۲-اقدامات غیر فنی (مدیریتی)
- ۴۰-۱-۳-۲-سیاست‌ها و اقدامات مربوط به توسعه دانش

- ۲-۱-۳-۲- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به انتشار دانش ۴۰
- ۲-۱-۳-۳- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به تأمین منابع (مالی، انسانی و مواد) ۴۱
- ۲-۱-۳-۴- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم ۴۱
- ۲-۱-۳-۵- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به شکل‌گیری بازار ۴۱
- ۲-۱-۳-۶- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به کارآفرینی ۴۱
- ۲-۱-۳-۷- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به مشروعیت‌بخشی ۴۱
- ۲-۳-۲- اقدامات فنی ۴۲
- ۲-۳-۲-۱- اقدامات مربوط به راهبرد دستیابی به دانش فنی ۴۲
- ۲-۳-۲-۲- اقدامات مربوط به راهبرد انتقال فناوری ۴۲
- نتیجه‌گیری ۴۳
- مراجع ۴۴

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱: نمایش مسیر توسعه‌ی بازار فناوری ۱۱
- شکل ۲: فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات مدیریتی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۲۰
- شکل ۳: مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای ۲۹
- شکل ۴- فرایند تدوین اقدامات فنی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۳۹

فهرست جداول

- جدول ۱: ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه ۱۸
- جدول ۲: بازیگران نظام توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۲۶
- جدول ۳: ویژگی مراحل توسعه به تفکیک عناصر ساختاری برای تعیین مرحله‌ی نظام نوآوری فناورانه ۲۸
- جدول ۴: اسامی خبرگان مورد مصاحبه برای چالش‌ها ۳۰
- جدول ۵: چالش‌های فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق به تفکیک هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناورانه در هر یک از ابعاد ساختاری ۳۶

مقدمه

در مرحله چهارم طرح «تدوین سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)»، سیاست‌ها و اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردها مشخص می‌گردد. این سیاست‌ها و اقدامات برای رفع مشکلات موجود در ابعاد توسعه و انتشار دانش، فعالیت‌های کارآفرینی، شکل‌دهی به بازار، تأمین منابع مالی، انسانی و مواد، مشروعیت‌بخشی و جهت‌دهی به سیستم در حوزه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق تعیین می‌شود [۱]. ورودی لازم برای تعیین سیاست‌ها و اقدامات مدیریتی، چالش‌ها و مشکلات موجود در هر یک از این ابعاد است که با کمک کارشناسان و خبرگان در زمینه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی ایران استخراج می‌شود. به‌علاوه در کارکرد توسعه دانش، اقدامات فنی نیز ارائه خواهند شد که ورودی آن‌ها راهبردهای ارائه شده در گزارش مرحله سوم می‌باشد.

ساختار این گزارش به این صورت است: در بخش اول درباره مبانی نظری تدوین سیاست‌ها و اقدامات در ادبیات سیاست‌گذاری فناوری صحبت می‌شود. سپس فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع) مورد بحث قرار می‌گیرد. در نهایت، سیاست‌ها و اقدامات تدوین شده برای رفع مشکلات توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ارائه خواهد شد.

۱- چارچوب نظری تدوین سیاست‌ها و اقدامات سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه

فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

مبنای تدوین این سیاست‌ها و اقدامات در این سند نظام نوآوری فناورانه (TIS) است. بنا بر تعریف کارلسون و استانکیویکز [۲] نظام فناورانه عبارت است از: «شبکه‌ای پویا از عاملان^۱ که در یک ناحیه‌ی اقتصادی/صنعتی تحت زیرساخت‌های نهادی خاص با یکدیگر در تعامل بوده و در تولید، انتشار و بهره‌برداری از فناوری سهیم هستند».

نقطه‌ی آغاز تحلیل یک نظام فناورانه نوآوری بر یک منطقه جغرافیایی یا بخش صنعتی متمرکز نیست، بلکه بر یک فناوری یا یک زمینه فناورانه متمرکز است. هدف بیشتر مطالعات نظام‌های نوآوری فناورانه، تحلیل و ارزیابی توسعه‌ی یک نوآوری فناورانه خاص در قالب ساختار یا فرآیندهای پشتیبان (یا مخرب) آن است. از این منظر، می‌توان به این رویکرد به‌عنوان یک گونه‌ی خردنگر^۱ از مفهوم نظام‌های بخشی نوآوری نگریست. رویکرد نظام نوآوری فناورانه دارای مشخصه‌های عمومی رویکردهای نظام نوآوری است. با این وجود، دو مشخصه، این رویکرد را از رویکردهای دیگر متمایز می‌سازد. اولین مشخصه، تأکید رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر نقش شایستگی اقتصادی، توانایی توسعه و استفاده از فرصت‌های جدید کسب و کار به‌عنوان جنبه‌ای مهم از نوآوری فناورانه می‌باشد. این رویکرد بر کافی نبودن تحریک جریان‌های دانش برای وقوع تغییرات فناورانه و عملکرد اقتصادی تأکید می‌کند. تحریک جریان‌های دانش برای تحریک فعالانه دانش‌های موجود به‌منظور ایجاد فرصت‌های جدید کسب و کار، لازم است. این جنبه رویکرد نظام نوآوری فناورانه بر اهمیت اشخاص به‌عنوان منابع نوآوری تأکید می‌کند. این موضوع توسط رویکردهای کل‌نگر^۲ نظام نوآوری مغفول واقع گردیده است. تمرکز بر فعالیت‌های کارآفرینانه، مکمل تأکید بر جریان‌های دانش است. مشخصه دوم متمایز کننده مطالعات مربوط به نظام نوآوری فناورانه از رویکردهای دیگر، تمرکز زیاد آن بر پویایی سیستم است. تمرکز بر اقدام کارآفرینانه، پژوهشگران حوزه نظام فناورانه نوآوری را تشویق به نگرستن به آن به‌عنوان چیزی کرده است که در طول زمان ایجاد می‌گردد.

۱-۱- 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، به‌ظهور می‌رسد. حال دسته‌های مختلف فعالیت‌هایی که بر توسعه فناوری اثر می‌گذارند، کارکردهای نظام نوآوری فناورانه نام می‌گیرند. کارکردها، فرایندهایی هستند که وجود آن‌ها در شکل‌گیری یک نظام نوآوری فناورانه ضروری است. هر یک از این کارکردها، می‌تواند از طریق فعالیت‌های گوناگون محقق شود. در راستای شکل‌گیری نظام نوآوری فناورانه برای یک فناوری، ۷ کارکرد گوناگون باید محقق گردد. از طرفی، این

1 - Micro Oriented

2 - Macro Oriented

کارکردها بر یکدیگر اثرگذار هستند و می‌توانند منجر به تقویت و یا تضعیف یکدیگر شوند. بنابراین، در ادامه به معرفی کارکردها و چگونگی اثرگذاری آن‌ها بر یکدیگر پرداخته خواهد شد.

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:

- کار آفرینی
- توسعه دانش
- انتشار دانش
- جهت‌دهی به سیستم
- شکل‌دهی به بازار
- بسیج (تأمین و تسهیل) منابع
- مقبولیت‌بخشی (مشروعیت‌بخشی)

در سال ۲۰۰۸ برگ 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].

۱-۱-۱- 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 بازیگران 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 فناوری) 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 فناوری موجود گردد. بنابراین، از یک سو توسعه دانش لازمه انجام فعالیت‌های کارآفرینانه است و از سوی دیگر، فعالیت‌های کارآفرینانه با افزایش دانش فنی در رابطه با فناوری همراه است.

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

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

۱-۱-۲- خلق دانش

کارکرد خلق دانش، دربرگیرنده تمامی فعالیت‌هایی است که می‌توان در فرایند یادگیری 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 فناوری نوظهور، بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کنندگان صادق است. با این وجود، تأکید بیشتری در رابطه با یادگیری دانش فنی فناوری 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. منبع خلق دانش می‌تواند در داخل سیستم و یا خارج از آن باشد. حالت اول خلق دانش (با منبع داخلی)، توسعه درون‌زا و حالت دوم، انتقال دانش نامیده می‌شود. بنابراین می‌توان کارکرد خلق دانش را بر مبنای منبع آن به دو دسته توسعه درون‌زا و انتقال دانش تقسیم کرد. همچنین، این دو گزینه بیان‌گر راه‌های موازی برای وقوع فرایند یادگیری می‌باشند.

این فرایند یادگیری، به اقسام گوناگونی می‌تواند واقع شود. از مهم‌ترین انواع یادگیری رخ داده در راستای تحقق این کارکرد، یادگیری در حین جستجو^۱ (یادگیری کتابخانه‌ای) و یادگیری در حین انجام کار^۲، یادگیری در حین تعامل^۳ و یادگیری در حین استفاده^۴ می‌باشد. البته می‌بایست به این موضوع توجه داشت که یادگیری در حین تعامل در صورت وقوع به این صورت در قالب این کارکرد قرار می‌گیرد: تعامل موجود بین بازیگران موجود در سیستم در حالی که هیچ یک از آنان دانش مورد نظر را ندارد (همه 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 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 عبارت است از دانشی که مختص بنگاه‌ها بوده و برای دستیابی به آن می‌بایست آن را درون بنگاه‌ها جستجو کرد. این دانش (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش فنی است) در رابطه با محصولات و فرایند تولید آن‌ها در حیطه تخصصی بنگاه‌ها است و معمولاً بنگاه‌ها حاضر به تسهیم آن با سایر بنگاه‌ها نمی‌شوند. دانش موجود در سطح صنعت (که سهم بیشتر آن متعلق به دانش غیرفنی است) متعلق به بنگاه خاصی نیست و حاصل از پارادایم موجود در سطح صنعت می‌باشد. برای دستیابی به دانش موجود در سطح یک صنعت می‌بایست وارد صنعت موردنظر شد. دانش موجود در سطح جامعه

1 - Learning by Searching

2 - Learning by Doing

3 - Learning by Interacting

4 - Learning by Using

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 جامعه‌ی 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 فناوری
- تعداد حق اختراعات ثبت شده به صورت بین‌المللی در زمینه فناوری
- تعداد و اندازه نهادهای تحقیقاتی (R&D) فعال در زمینه فناوری
- تعداد و اندازه مطالعات علمی و فنی صورت گرفته درباره فناوری
- تعداد تست‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی فناوری
- تعداد انجام آزمایش و پیاده‌سازی فناوری در ناحیه‌ای از محیط به‌جای محدوده گسترده‌تر (پایلوت)^۱
- تعداد توسعه و ایجاد نمونه‌های آزمایشی و اولیه از فناوری (پروتوتایپ)^۲

۱-۱-۳- انتشار دانش

کارکرد انتشار دانش دربرگیرنده‌ی مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف تسهیم^۳ و به‌اشتراک‌گذاری^۴ دانش^۵ و اطلاعات در میان بازیگران مختلف موجود در نظام 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 به‌صورت کامل منتقل نمی‌شود. نمونه‌هایی از این نوع از شبکه عبارتند از کنفرانس‌ها، همایش‌ها،

1 - Pilot

2 - Prototype

3 - Dissemination

4 - Sharing

۵ - 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.

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 فناوری و سرمایه‌گذاری‌های مشترک^۱. این نوع از انتشار دانش، اشتراک‌گذاری دانش نامیده می‌شود.

نمونه‌ای از رخدادهای و 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 فناوری
- کنفرانس‌ها، کارگاه‌های آموزشی، پیمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین بازیگران، سرمایه‌گذاری‌های مشترک صورت پذیرفته با موضوع فناوری
- تعداد و اندازه شبکه‌های متشکل از بازیگران موجود در نظام فناورانه

۱-۱-۴- جهت‌دهی به سیستم

کارکرد جهت‌دهی به سیستم متشکل از فعالیت‌هایی است که به‌گزینه‌ش و محدود کردن گزینه‌های موجود در رابطه با فناوری، کاربرد آن‌ها و بازارشان در سطوح مختلف می‌پردازد. این سطوح عبارتند از سطح فراسیستم^۲ و سطوح کلان^۳ و خرد سیستم^۴. این فعالیت‌ها به‌منظور همگرا ساختن تلاش‌های انجام گرفته در توسعه فناوری انجام می‌شوند. می‌توان این فرایند گزینه‌ی 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

1 - Joint venture

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

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

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

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

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

- وضع چشم‌اندازهای جدید برای توسعه فناوری و یا موارد دیگر که بر فناوری اثرگذارند.
- شفاف‌سازی تقاضای کاربران اصلی
- رشد فناوری در کشورهای دیگر
- شکل‌گیری انتظاراتی درباره آینده فناوری
- هدف‌گذاری‌های انجام شده در سیاست‌گذاری‌های فناوری

1 - Regulative

2 - Cognitive

3 - Normative

- قانون‌گذاری در رابطه با فناوری

- تدوین استانداردها

۱-۱-۵- شکل دهی به بازار

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

درحقیقت، یک فناوری 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 فناوری نوظهور با پیدایش سه قابلیت، قابلیت‌های فنی^۱، قابلیت‌های اقتصادی^۲ و قابلیت‌های بازار^۳ در آن فناوری همراه خواهد بود. به عبارت دیگر، شکل‌گیری بازار فناوری در قالب دستیابی به این سه قابلیت تجلی پیدا می‌نماید. با دستیابی به هر قابلیت، توانایی‌هایی از ابعاد گوناگون در فناوری ایجاد می‌گردد و زمینه را برای نفوذ فناوری در بازار آماده می‌کند. در این جا مناسب است تا منظور از هر دسته از قابلیت‌ها که پیش‌نیازی برای ورود فناوری به بازار است روشن گردد:

قابلیت‌های فنی اشاره به قابلیت‌هایی داشته که یک فناوری با دارا بودن آن‌ها می‌تواند از لحاظ فناورانه، ممکن تلقی شود. به عبارت دیگر، زمانی که یک فناوری از قابلیت فنی برخوردار باشد، دسترسی به زیرفناوری‌های لازم برای تولید آن ممکن بوده، مواد اولیه و تجهیزات مکمل مورد نیاز موجود می‌باشد، دانش کافی برای انتقال فناوری در اختیار است، کلیه اجزای فنی آن با یکدیگر سازگاری داشته (هماهنگی میان اجزا)، فناوری به خروجی قابل قبول خود دست یافته (فناوری درست عمل می‌کند) و

1 - Technological Potential

2 - Economical Potential

3 - Market Potential

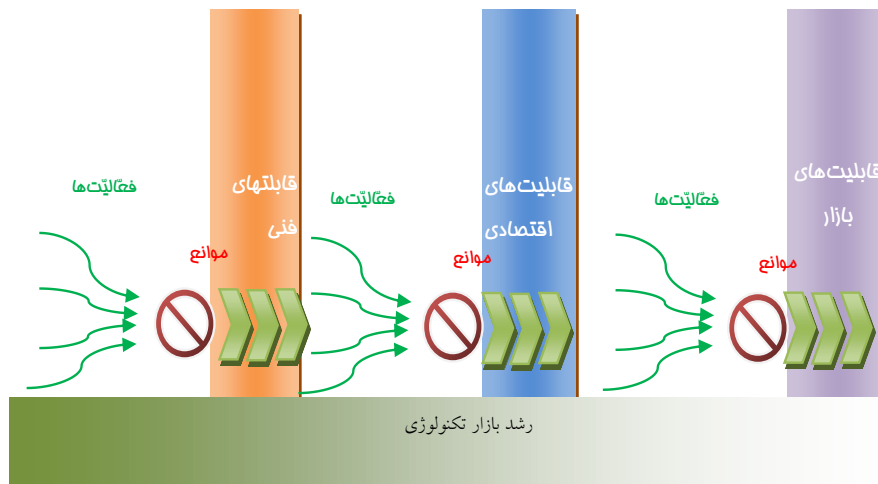
در نهایت فناوری از قابلیت اطمینان^۱ بالایی برخوردار می‌باشد. بنابراین، با دارا بودن این قابلیت در مورد یک فناوری مفروض می‌توان از پشتیبانی کامل از بعد فناورانه در آن فناوری اطمینان حاصل نموده و دستیابی به فناوری را چه از بُعد تولیدی و چه از بُعد انتقال فناوری ممکن دانست.

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

قابلیت بازار در یک فناوری به این معنی خواهد بود که علاوه بر دارا بودن قابلیت‌های فنی و اقتصادی، فناوری 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 فناوری بتواند به این قابلیت دست پیدا نماید، تمام شرایط برای ورود به بازار در آن مهیا شده و از این پس با این فناوری به صورت یک محصول تجاری برخورد می‌شود.

1 - Reliability

2 - Cost Benefit Analysis



شکل ۱: نمایش مسیر توسعه بازار فناوری.

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

- شناسایی مرحله بلوغ (دوره‌ی عمر) بازار
- شفاف‌سازی پتانسیل بازار
- تعداد و تنوع کاربران موجود برای فناوری
- تعداد و تنوع نهادهای تنظیم‌شده برای شکل‌دهی به بازار
- میزان عدم قطعیت موجود در برابر تولیدکنندگان و یا سرمایه‌گذاران
- هزینه‌های مصرف فناوری

۱-۱-۶- بسیج منابع

مجموعه‌ای از فعالیت‌های مربوط به تأمین 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 فناوری، 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 فناوری نوظهور به هیچ وجه مورد استقبال قرار نخواهد گرفت. بنابراین، این کارکرد دارای اهمیت فراوانی در روند توسعه می‌باشد. بنابراین نگاهت کارکرد بسیج منابع در چهار بعد مختلف، امکان‌پذیر است:

- منابع انسانی: تأمین و هماهنگ‌سازی افراد علمی یا فنی موردنیاز برای توسعه فناوری
 - منابع مالی: تأمین و هماهنگ‌سازی بودجه‌ها و اعتبارات موردنیاز برای توسعه فناوری
 - منابع مادی: تأمین و هماهنگ‌سازی مواد (و در پاره‌ای اوقات، قطعات) موردنیاز برای توسعه فناوری
 - منابع مکمل: تأمین و هماهنگ‌سازی زیرساخت‌ها، محصولات و یا خدمات مکمل^۱ موردنیاز برای توسعه فناوری
- این کارکرد می‌تواند توسط دولت، صنعت و یا هر بازیگر دیگری که در روند توسعه فناوری مشغول است، برآورده گردد. هرچه سطح بلوغ فناوری نوظهور بیشتر شود، انتظار می‌رود سهم بخش خصوصی در تأمین منابع مورد نیاز نیز بیشتر گردد. نمونه‌ای از رخدادهایی که می‌تواند منجر به تحقق این کارکرد شود، در ادامه آورده شده است:
- کمک‌های بلاعوض دولتی (یارانه)
 - سرمایه‌گذاری‌های بخش دولتی و خصوصی در گسترش فناوری
 - توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز فناوری و محصولات و خدمات مکمل
 - تأمین مواد اولیه مورد نیاز برای توسعه فناوری از خارج از کشور
 - در دسترس بودن نیروی انسانی فنی در رابطه با فناوری موردنظر

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

۱-۱-۷- مشروعیت بخشی

آن دسته از فعالیتهایی که به دنبال ایجاد مقبولیت اجتماعی برای فناوری 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 فناوری جدید، اغلب با مخالفت بازیگرانی که دارای منافع در فناوری‌های کنونی هستند، همراه می‌شود. بنابراین، نیاز است تا بازیگران فناوری نوظهور، بر این لختی^۱ موجود غلبه نمایند. این کارکرد در توسعه فناوری‌ها 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 فناوری صورت می‌پذیرد. شبکه‌ها، نقشی مهم را در تحقق این کارکرد ایفا می‌کنند. این کارکرد از اهمیت بالایی در توسعه‌ی نظام نوآوری برخوردار است؛ چراکه معمولاً در بدو توسعه یک نظام نوآوری، بازیگران موجود در آن به آسانی دست به ایجاد شبکه‌ای میان خود نمی‌زنند. از این‌رو در ارتباط با فناوری مطلوب و نیز روش دستیابی به آن اختلاف نظر وجود دارد و شناسایی یک موضع شفاف در این رابطه دشوار خواهد بود. بنابراین، ایجاد اتحاد برای توسعه فناوری 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 به علت آنکه توسعه فناوری نوظهور منجر به کنار زده شدن برخی فناوری‌های دیگر می‌گردد، بازیگران مربوط به فناوری‌های موجود (رقیب فناوری نوظهور) که دارای تعاملات قابل توجهی با یکدیگر هستند با توسعه فناوری نوظهور مخالفت می‌کنند. بنابراین، کارکرد مشروعیت‌بخشی برای توجیه کردن فناوری نوظهور به عنوان بخشی از نظام فنی جدید و مقاومت در برابر مقابله‌های انجام گرفته از سوی بازیگران موجود اهمیت دارد. نمونه‌ای از رخدادها و شاخص‌های نمایانگر تحقق این کارکرد در ادامه آورده شده است:

- میزان همگرایی نهادهای موجود و نظام نوآوری فناورانه در حال توسعه

۱- نام دیگری که بر این کارکرد نهاده می‌شود، حذف مقاومت در برابر تغییر (لختی یا اینرسی) است. بنابراین، علت وجودی این کارکرد، غلبه بر اینرسی بازیگران موجود در نظام است.

- میزان مشروعیت سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری و محصولات مربوط به آن
- رایزنی‌های سیاسی بین گروه‌های درگیر برای حمایت از فناوری
- اعمال نفوذ گروه‌های پشتیبان فناوری در بخش‌های مختلف دولت و صنعت
- میزان حمایت از فناوری موردنظر در رسانه‌ها

۱-۲- ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

در این بخش به چهار دسته از عوامل ساختاری موجود در نظام‌های نوآوری فناورانه پرداخته خواهد شد. این چهار دسته عبارتند از بازیگران^۱، نهادها^۲، فناوری‌ها^۳ و روابط و شبکه‌ها^۴.

۱-۲-۱- بازیگران

دسته‌ی بازیگران شامل تمام سازمان‌هایی است که به طور مستقیم به عنوان توسعه‌دهنده و یادگیرنده‌ی فناوری یا به طور غیرمستقیم به عنوان تنظیم‌کننده، تأمین‌کننده مالی و دیگر نقش‌ها در ظهور فناوری نقش دارند. در حقیقت، این بازیگران یک نظام نوآوری فناورانه هستند که با انتخاب‌ها و تصمیمات خود، فناوری‌هایی را ایجاد، منتشر و بهره‌برداری می‌کنند. ایجاد یک نظام نوآوری فناورانه 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^۵ را دارند و سایر بازیگران، پیرو^۶ 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، پیشروان توسعه یک فناوری، متشکل از واحدهای صنعتی و توسعه‌دهندگان

1 - Actors
2 - Institution
3 - Technology
4 - Network
5 - Enactor
6 - Selector

فناوری کوچک هستند که تنها در حوزه یک فناوری به ایفای نقش مشغولند. در طرف مقابل، پیروان را می‌توان متشکل از تنظیم‌گران، تأمین‌کنندگان مالی، کاربران و بنگاه‌های بزرگ با قابلیت حمایت از انواع مختلفی از گزینه‌های تکنولوژیکی دانست. برای تحلیل نظام نوآوری فناورانه می‌توان بازیگران (افراد، سازمان‌ها و شبکه‌ها) را برحسب نقش آن‌ها در فعالیت‌های اقتصادی تقسیم‌بندی کرد: جامعه مدنی، سازمان‌های غیردولتی (NGO)، شرکت‌ها (نوبنیان، بنگاه‌های کوچک و متوسط (SMEs)، شرکت‌های چندملیتی و نیز شرکت‌های بزرگ)، مؤسسات دانشی (دانشگاه‌ها، نهادهای فناورانه، مراکز تحقیقاتی و مدارس) و دیگر بخش‌ها (شامل سازمان‌های حقوقی، مؤسسات مالی، بانک‌ها، نهادهای واسطه‌ای (بیمه‌ها) و مشاوران). این بازیگران مختلف همگی می‌توانند نقش‌های متفاوتی را در یک نظام ایفا نمایند.

۱-۲-۲- نهادها

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

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

برای یک نظام نوآوری فناورانه که در مرحله‌ی سازندگی^۲ است، پیکربندی نهادی معمولاً توسعه نیافته است. این حرف بدان معناست که قواعد نهادی کمی (به‌ویژه از نوع رسمی) وجود دارند و حتی قواعد موجود با فناوری در حال ظهور ناسازگار هستند. انتظار می‌رود که قواعد شناختی برای هدایت بازیگران، به‌ویژه پیروان، در مراحل اولیه حمایت از فناوری نوظهور از اهمیت

1 - Heuristic

2 - Formative

ویژه‌ای برخوردار باشند. علاوه بر آن، نگاه‌ها و انتظارات، به جهتی، تنها علت حمایت از یک فناوری نوظهور است. این موضوع به مفهوم کارآفرین ریسک‌پذیر^۱ مربوط است که با نوعی فرصت تحریک می‌شود و برای برهم زدن ساختارهای موجود از طریق تطبیق دادن آن‌ها با حالت مطلوب خویش و یا ایجاد ساختارهای جدید تلاش می‌کند. از منظر مداخله، عوامل نهادی به علت هدف واقع‌شدن 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 برنامه‌های حمایتی، مشوق‌های مالیاتی و موارد دیگر، بر این بازیگران اثر می‌گذارد. همچنین ماهیت ساختار فناورانه از دایره اثر مستقیم بسیاری از بازیگران، به ویژه حاکمیت، خارج است.

۱-۲-۳- زیرساخت

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

در صورت عدم در نظر گرفتن وجوه فناورانه به عنوان بخشی از نظام نوآوری فناورانه، یک مکانیزم بازخوردی مهم (بین تغییر فناورانه و تغییر نهادی) مغفول واقع می‌شود. برای مثال، در صورت ایجاد بهبود در ایمنی و قابلیت اطمینان در نتیجه ایجاد یک طرح، 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.

۱-۲-۴- 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.

۱-۲-۴-۱- روابط

روابط ممکن بین مؤلفه‌های ساختاری دارای انواع گوناگونی می‌باشند. می‌توان این روابط را به روابط بین بازیگران، بین نهادها، بین فناوری‌ها و همچنین بین بازیگران و نهادها، بین بازیگران و فناوری‌ها و بین فناوری‌ها و نهادها تقسیم کرد. برای فهم این موضوع، نهادها و فناوری‌ها را به‌عنوان بخش‌هایی از نظام قواعد در نظر بگیرید که در آن هر قاعده به قواعد دیگر اشاره دارد. قواعد موجود می‌توانند در رابطه با یک مسأله خاص یکدیگر را رد (ناهمگرایی^۱) 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.

۱-۲-۴-۲- شبکه‌ها

در برخی موارد خاص، روابط موجود در یک گروه از بازیگران، نهادها و فناوری‌ها از روابط موجود در خارج از گروه، قوی‌تر است. در صورتی که این مؤلفه‌های ساختاری باعث ایجاد یک پیکربندی متراکم گردند، می‌توان آن را یک ساختار شبکه‌ای یا یک شبکه نامید. مثالی در این رابطه می‌تواند ائتلاف بنگاه‌هایی برای کاربرد یک فناوری نوظهور باشد (قواعد فناورانه) که به‌وسیله مجموعه‌ای از روش‌های حل مسأله هدایت می‌شود و توسط برنامه‌های یارانه‌ای حمایت می‌شود (قواعد نهادی).

همچنین، انجمن‌های صنعتی^۱، جوامع تحقیقاتی، شبکه‌های سیاستی، روابط عرضه‌کننده و کاربر نیز مثال‌هایی از این شبکه‌ها به‌شمار می‌روند.

شبکه‌ها فراهم‌آورنده شکلی از همکاری است که در وضعیتی بین جهت‌مند نبودن منعطف بازارها و صلب بودن سلسله مراتبی‌ها (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 باز ترکیب^۲ مفهومی و عملی دانش است.

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

جدول ۱ تمامی ابعاد ساختاری TIS را به صورت خلاصه نشان می‌دهد.

جدول ۱: ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه

زیر بخش‌ها	ابعاد ساختاری
<ul style="list-style-type: none"> - جامعه مدنی - شرکت‌ها: شرکت‌های تازه تاسیس شده، بنگاه‌های کسب و کار کوچک و متوسط، کارخانجات بزرگ، شرکت‌های چند ملیتی - دولت - سازمان‌های مردم نهاد - بخش‌های دیگر: سازمان‌های قانون‌گذاری، بانک‌ها/ سازمان‌های مالی، نهادهای واسطه‌ای، کارگزاران دانشی، مشاورین 	بازیگران

1 - Industry Association

2 - Recombination

ابعاد ساختاری	زیر بخش‌ها
نهاده‌ها	- سخت: قوانین، مقررات، دستورالعمل‌ها - نرم: هنجارها، عادات‌های رایج، رسوم سنتی، انتظارات و...
تعاملات	- در سطح شبکه - در سطح ارتباطات فردی
زیرساخت‌ها	- تجهیزاتی: ابزارهای فنی، ماشین‌ها، ساختمان‌ها، جاده‌ها، پل‌ها و ... - دانشی: دانش، تخصص، اطلاعات راهبردی

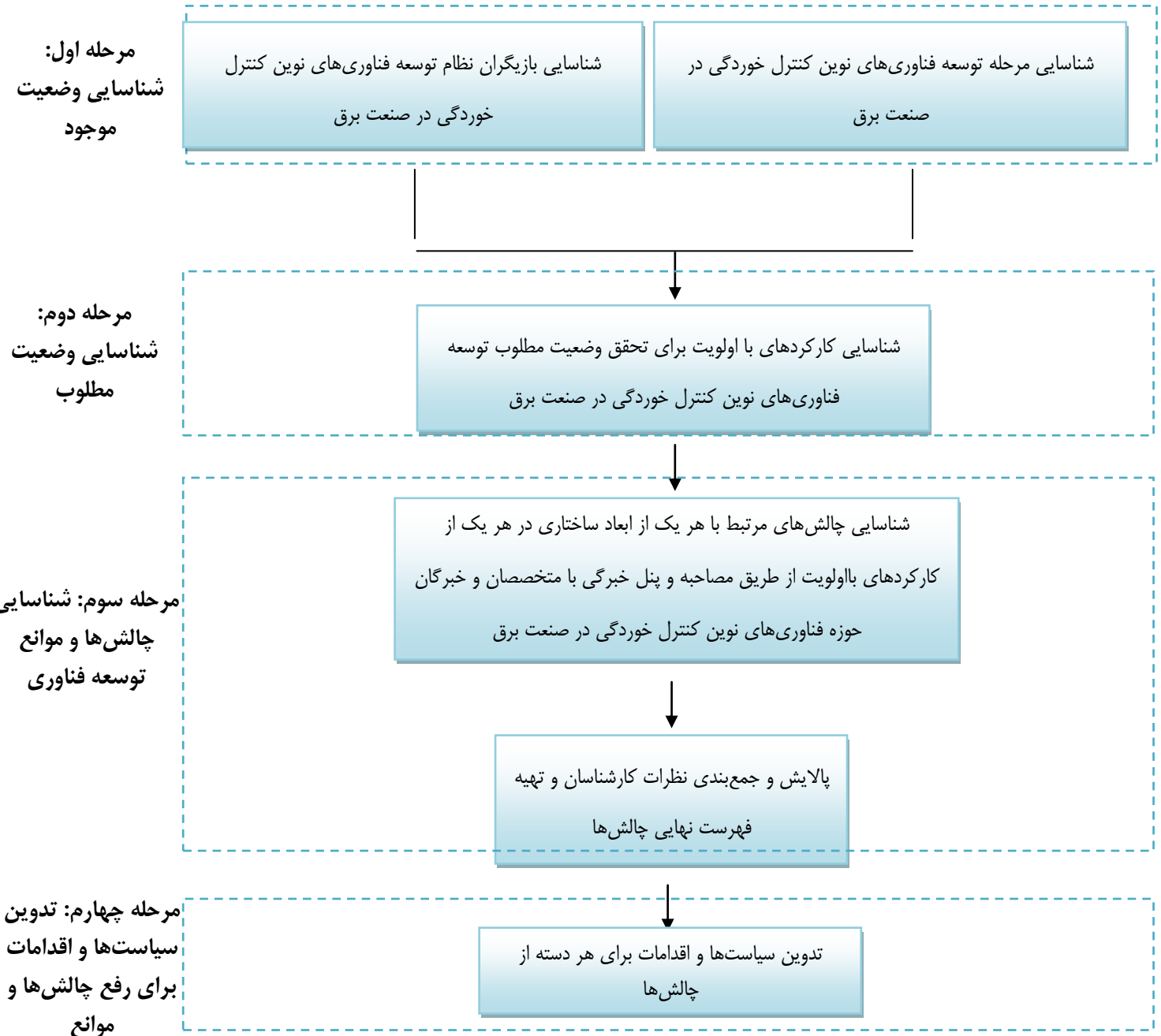
۲- فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت

برق

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

۲-۱- فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات غیر فنی (مدیریتی)

فرایند تدوین این سیاستها و اقدامات در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: فرایند تدوین سیاستها و اقدامات مدیریتی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق.

همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است در مرحله اول، وضعیت موجود توسعه فناوری مشخص می‌شود. بدین منظور

ابتدا بازیگران نظام توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق شناسایی شده و سپس مرحله توسعه فناوری‌های

نوین کنترل خوردگی در صنعت برق مشخص می‌شود. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، کارکردهای بااولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق مشخص می‌گردد. در مرحله سوم، موانع موجود مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در کارکردهای بااولویت از طریق مصاحبه و برگزاری پنل خبرگی با متخصصان و خبرگان آشنا با حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق تعیین می‌گردد. چالش‌های شناسایی شده پالایش و جمع‌بندی می‌شود و فهرست نهایی چالش‌های توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق مشخص می‌شود. در مرحله آخر، سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی برای رفع چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق 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 و برگزاری پنل خبرگی با خبرگان و کارشناسان آشنا با حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق استخراج شده است. اسامی این افراد در جدول ۴ ارائه شده است.

۲-۱-۱- شناسایی وضعیت موجود توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

همان طور که اشاره شد در مرحله اول فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات، وضعیت موجود توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق شناسایی می‌شود. این کار، بر مبنای شناسایی بازیگران نظام توسعه این فناوری‌ها در کشور و نیز مشخص نمودن مرحله توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق انجام می‌گردد.

۲-۱-۱-۱- بازیگران نظام توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

ساختار هر نظام نوآوری متشکل از بازیگران و ذینفعانی است که هر یک به طور مستقیم یا غیر مستقیم 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 فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق در حوزه‌های تحقیق و توسعه، انتشار دانش، تأمین منابع انسانی، منابع مالی، مواد، قطعات و تجهیزات، کارآفرینی، مشروعیت‌بخشی، شکل‌دهی به بازار و جهت‌دهی به فعالیت‌های توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق شناسایی شدند. به همین منظور ابتدا لیست اولیه این بازیگران بر اساس جستجوهای انجام گرفته در منابع کتابخانه‌ای و اینترنت تهیه شده و پس از ارائه این لیست در جلسه کمیته

راهبری و بحث و تبادل نظر اعضای کمیته راهبری در این زمینه، لیست بازیگران نظام توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق در حوزه‌های گوناگون نهایی گردید. لیست نهایی بازیگران شناسایی شده در حوزه‌های مختلف، در ادامه آورده شده است.

۲-۱-۱-۱-۱-۱-۱ بازیگران در زمینه توسعه دانش

بازیگران موجود در زمینه توسعه دانش و فعالیت‌های تحقیق و توسعه در ارتباط با فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق به شرح ذیل هستند:

- پژوهشگاه‌ها: پژوهشگاه نیرو، پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشگاه مواد و انرژی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، پژوهشگاه رنگ و پلیمر، پژوهشکده فناوری و مهندسی دریا، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، مرکز پژوهش متالورژی رازی
- دانشگاه‌های دولتی: امیرکبیر، تهران، تربیت مدرس، صنعتی شریف، صنعت آب و برق شهید عباسپور، سهند تبریز، شیراز، باهنر کرمان، صنعتی اصفهان، فردوسی مشهد، مالک اشتر، صنعت نفت، شهیدچمران اهواز، سمنان
- دانشگاه‌های آزاد: واحدهای تهران، خراسان رضوی، شهرضا، سیرجان، مرودشت، نجف آباد، یزد
- پارک‌های علم و فناوری (مانند پارک علم و فناوری تهران، سمنان و اصفهان)
- جهاد دانشگاهی دانشگاه‌ها (مانند جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران و جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)
- شرکت‌ها و سازمان‌های دولتی شامل صنعت نفت، صنایع دفاع، صنایع هواپیمایی ایران، صنایع دریایی و ...

۲-۱-۱-۱-۱-۲ بازیگران در زمینه انتشار دانش

بازیگران موجود در زمینه انتشار دانش در ارتباط با فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق به شرح ذیل هستند:

- دبیرخانه کنفرانس بین‌المللی برق (توانیر)
- دبیرخانه کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق (توانیر)
- دبیرخانه کنفرانس ملی نیروگاه‌های برق (انجمن مهندسين برق و الکترونیک ایران)
- دبیرخانه سمپوزیوم فولاد (انجمن آهن و فولاد ایران)
- دبیرخانه کنگره ملی خوردگی (انجمن خوردگی ایران)

- دبیرخانه کنگره سالانه انجمن مهندسين متالورژی ایران (انجمن مهندسين متالورژی ایران)

- انجمن علوم و فناوری سطح ایران

- انجمن سازه‌های فولادی ایران

۲-۱-۱-۱-۳- بازیگران در زمینه تأمین منابع

بازیگران موجود در زمینه تأمین منابع مورد نیاز فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق اعم از منابع انسانی، مالی

و مواد و تجهیزات به شرح ذیل هستند:

- منابع مالی:

- صندوق حمایت از طرح‌های نوآورانه در پژوهشگاه نیرو، صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق، صندوق

حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران، توانیر، شرکت‌های برق منطقه‌ای،

نیروگاه‌ها، سازمان توسعه برق، شرکت‌های مدیریت تولید و شرکت‌های مدیریت توزیع

- منابع انسانی:

- دانشگاه‌های دولتی صنعتی امیرکبیر، تهران، تربیت مدرس، صنعتی شریف، صنعت آب و برق شهید عباسپور،

صنعتی سهند تبریز، شیراز، باهنر کرمان، صنعتی اصفهان، فردوسی مشهد، مالک اشتر، صنعت نفت، شهید

چمران اهواز، سمنان

- دانشگاه‌های آزاد واحدهای تهران، خراسان رضوی، شهرضا، سیرجان، مرودشت، نجف آباد، یزد

- موسسه آموزش عالی علمی کاربردی صنعت آب و برق

- شرکت‌ها و مؤسسات آموزشی خصوصی

- پژوهشگاه نیرو، پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشگاه مواد و انرژی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران،

پژوهشگاه رنگ و پلیمر، پژوهشکده فناوری و مهندسی دریا، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، مرکز پژوهش

متالورژی رازی

- مواد، قطعات و تجهیزات:

- شرکت‌های تأمین کننده تجهیزات حفاظت کاتدی

- شرکت‌های تأمین کننده تجهیزات مانیتورینگ خوردگی
 - شرکت‌های تأمین کننده تجهیزات بازرسی فنی خوردگی
 - شرکت‌های تأمین کننده مواد و تجهیزات اعمال پوشش‌های محافظ خوردگی
 - شرکت‌های تأمین کننده بازدارنده‌های خوردگی
 - شرکت‌های تأمین کننده تجهیزات نیروگاهی
 - شرکت‌های تأمین کننده تجهیزات خطوط توزیع و انتقال نیرو
- ۱-۱-۱-۱-۲-۴-بازیگران در زمینه جهت‌دهی به سیستم
- در زمینه جهت‌دهی به سیستم، در حال حاضر این بخش‌ها فعال هستند:
- وزارت نیرو (دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری)
 - توانیر (دفتر پشتیبانی فنی تولید)
 - پژوهشگاه نیرو
 - سازمان ملی استاندارد ایران
 - وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
 - شورای سیاست‌گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور
 - معاونت علمی و فناوری‌های ریاست جمهوری
 - سازمان توسعه برق
 - شرکت‌های برق منطقه‌ای
 - شرکت مدیریت شبکه برق
 - شرکت‌های توزیع نیروی برق
 - شرکت‌های مدیریت تولید برق

۲-۱-۱-۱-۵- بازیگران در زمینه کارآفرینی

در حال حاضر بازیگران فعالی در حوزه کارآفرینی در زمینه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق وجود ندارند، اما بازیگرانی که از تجاری سازی نتایج تحقیقات و فعالیت های نوآورانه خصوصا در صنعت برق حمایت می نمایند و در نتیجه می توانند از توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق نیز حمایت کنند عبارتند از:

- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)

- پارک های علم و فناوری

- معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)

- دفتر آموزش تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)

- معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری

- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور

- صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران

۲-۱-۱-۱-۶- بازیگران در زمینه مشروعیت بخشی

در حال حاضر بازیگر فعالی که به آگاهی بخشی در زمینه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق بپردازد و منجر به ترویج این فناوری ها در صنعت برق گردد وجود ندارد. البته می توان گفت انجمن ها (مانند انجمن خوردگی ایران) که به ترویج استفاده از فناوری های نوین کنترل خوردگی می پردازند، می توانند جزو بازیگران این حوزه معرفی شوند.

۲-۱-۱-۱-۷- بازیگران در زمینه شکل گیری بازار

در حال حاضر می توان عنوان کرد که بازیگر فعالی که در حوزه شکل گیری بازار در زمینه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق فعالیت انجام دهد، وجود ندارد. به عبارتی، در مورد فناوری های کنترل خوردگی تا حدی عرضه و تقاضا در صنعت برق وجود دارد، اما به شکل بازار کامل و مشخصی نمی باشد. این فناوری ها بیشتر توسط شرکت های وارد کننده عرضه می شوند و از آنجا که چرخه عمر این فناوری ها در صنعت برق کشورمان عمدتا در مرحله جنینی قرار دارد، بنابراین عملا بازاری برای آن ها شکل نگرفته و در نتیجه بازیگری برای این کارکرد وجود ندارد.

خلاصه اطلاعات مربوط به بازیگران توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: بازیگران نظام توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

بازیگران	ابعاد	
	کارکردها	
<p>پژوهشگاه‌ها: پژوهشگاه نیرو، پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشگاه مواد و انرژی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، پژوهشگاه رنگ و پلیمر، پژوهشگاه فناوری و مهندسی دریا، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، مرکز پژوهش متالورژی رازی</p> <p>دانشگاه‌های دولتی: امیرکبیر، تهران، تربیت مدرس، شریف، صنعت آب و برق شهیدعباسپور، سهند تبریز، شیراز، باهنر کرمان، صنعتی اصفهان، فردوسی مشهد، مالک اشتر، صنعت نفت، شهید چمران اهواز، سمنان</p> <p>دانشگاه‌های آزاد: واحدهای تهران، خراسان رضوی، شهرضا، سیرجان، مرودشت، نجف آباد، یزد</p> <p>پارک‌های علم و فناوری (مانند پارک علم و فناوری تهران، سمنان، اصفهان)</p> <p>جهاددانشگاهی دانشگاه‌ها (مانند جهاددانشگاهی دانشگاه تهران و جهاددانشگاهی صنعتی امیرکبیر)</p> <p>شرکت‌ها و سازمان‌های دولتی شامل صنعت نفت، صنایع دفاع، صنایع هواپیمایی ایران، صنایع دریایی و ...</p>	<p>توسعه دانش</p>	
<p>دبیرخانه کنفرانس بین‌المللی برق (توانیر)</p> <p>دبیرخانه کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق (توانیر)</p> <p>دبیرخانه کنفرانس ملی نیروگاه‌های برق (انجمن مهندسين برق و الکترونیک ایران)</p> <p>دبیرخانه سمپوزیوم فولاد (انجمن آهن و فولاد ایران)</p> <p>دبیرخانه کنگره ملی خوردگی (انجمن خوردگی ایران)</p> <p>دبیرخانه کنگره سالانه انجمن مهندسين متالورژی ایران (انجمن مهندسين متالورژی ایران)</p> <p>انجمن علوم و فناوری سطح ایران</p> <p>انجمن سازه‌های فولادی ایران</p>	<p>انتشار دانش</p>	
<p>صندوق حمایت از طرح‌های نوآورانه در پژوهشگاه نیرو</p> <p>صندوق غیر دولتی پژوهش و فناوری صنعت برق</p> <p>صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور</p> <p>صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران</p> <p>توانیر</p> <p>شرکت‌های برق منطقه‌ای</p> <p>نیروگاه‌ها</p> <p>سازمان توسعه برق</p> <p>شرکت‌های مدیریت تولید</p> <p>شرکت‌های مدیریت توزیع</p>	<p>منابع مالی</p> <p>تامین منابع</p>	
<p>دانشگاه‌های دولتی صنعتی امیرکبیر، تهران، تربیت مدرس، صنعتی شریف، صنعت آب و برق عباسپور، صنعتی سهند تبریز، شیراز، باهنر کرمان، صنعتی اصفهان، فردوسی مشهد، مالک اشتر، صنعت نفت، شهید چمران اهواز، سمنان</p> <p>دانشگاه‌های آزاد واحدهای تهران، خراسان رضوی، شهرضا، سیرجان، مرودشت، نجف آباد، یزد</p> <p>موسسه آموزش عالی علمی کاربردی صنعت آب و برق</p> <p>شرکت‌ها و موسسات آموزشی خصوصی</p> <p>پژوهشگاه نیرو، پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشگاه مواد و انرژی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، پژوهشگاه رنگ و پلیمر، پژوهشگاه فناوری و مهندسی دریا، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، مرکز پژوهش متالورژی رازی</p>	<p>منابع انسانی</p>	

<p>شرکت‌های تأمین کننده تجهیزات حفاظت کاتدی شرکت‌های تأمین کننده تجهیزات مانیتورینگ خوردگی شرکت‌های تأمین کننده تجهیزات بازرسی فنی خوردگی شرکت‌های تأمین کننده مواد و تجهیزات اعمال پوشش‌های محافظ خوردگی شرکت‌های تأمین کننده بازدارنده‌های خوردگی شرکت‌های تأمین کننده تجهیزات نیروگاهی شرکت‌های تأمین کننده تجهیزات خطوط توزیع و انتقال نیرو</p>	<p>مواد، قطعات و تجهیزات</p>	
<p>وزارت نیرو (دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری) توانیر (دفتر پشتیبانی فنی تولید) پژوهشگاه نیرو سازمان ملی استاندارد ایران وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شورای سیاست گذاری و نظارت راهبردی پژوهش و فناوری در صنعت برق کشور معاونت علمی و فناوری‌های ریاست جمهوری سازمان توسعه برق شرکت مدیریت شبکه برق شرکت‌های برق منطقه‌ای شرکت‌های توزیع نیروی برق شرکت‌های مدیریت تولید برق</p>	<p>جهت دهی به سیستم</p>	
<p>مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو) پارک‌های علم و فناوری معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو) دفتر آموزش تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو) معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران</p>	<p>کارآفرینی</p>	
<p>انجمن ها (مانند انجمن خوردگی ایران)</p>	<p>مشروعیت بخش ی</p>	
	<p>شکل گیری بازار</p>	<p>-</p>

۲-۱-۱-۲- مرحله توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

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: پیش توسعه، توسعه، اوج‌گیری، سرعت‌گیری و تثبیت. بعد از مشخص

شدن ساختار نظام نوآوری فناورانه می‌توان مرحله توسعه نظام را بر اساس ساختار موجود حول فناوری شناسایی کرد. این کار با استفاده از جدول ۳ صورت می‌گیرد.

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

تثبیت	سرعت‌گیری	اوج‌گیری	توسعه	پیش‌توسعه	
تمام بازیگران در این حوزه فناورانه به صورت فعال حضور دارند	تعداد رقبای حوزه توسعه فناوری به شدت افزایش می‌یابد نقش پررنگ بانک‌ها و مؤسسات دولتی نقش دولت در تنظیم‌گری پررنگ می‌شود	انجمن‌ها و سندیکاها شکل گرفته‌اند افزایش شرکت‌های دانش بنیان نقش دولت در سیاست‌گذاری پررنگ می‌شود	شرکت‌های دانش بنیان علاوه بر دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی شرکت‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر در این حوزه ورود می‌کنند نقش دولت در سیاست‌گذاری پررنگ می‌شود	دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی تعداد محدود نقش تسهیل‌گری دولت کم‌کم شکل می‌گیرد	بازیگران
شبکه‌های علمی قوی شبکه‌های صنفی قوی	شبکه‌های علمی قوی شبکه‌های صنفی در حال قوی شدن است	شبکه‌های علمی در حال قوی شدن است شبکه‌های ضعیف صنفی کم‌کم شکل می‌گیرد	شبکه‌های ضعیف علمی شکل می‌گیرد	روابط فردی شکل گرفته است شبکه‌های مربوط به فناوری وجود ندارند	تعاملات
نهادهای سخت‌متنوعی وجود دارد	افزایش تنوع نهادها بسته به نیازها	نهادهای سخت‌گرفته است	نهادهای سخت در حال شکل‌گیری است	نهادهای نرم شکل می‌گیرد نهاد سختی هنوز وجود ندارد	نهادهای

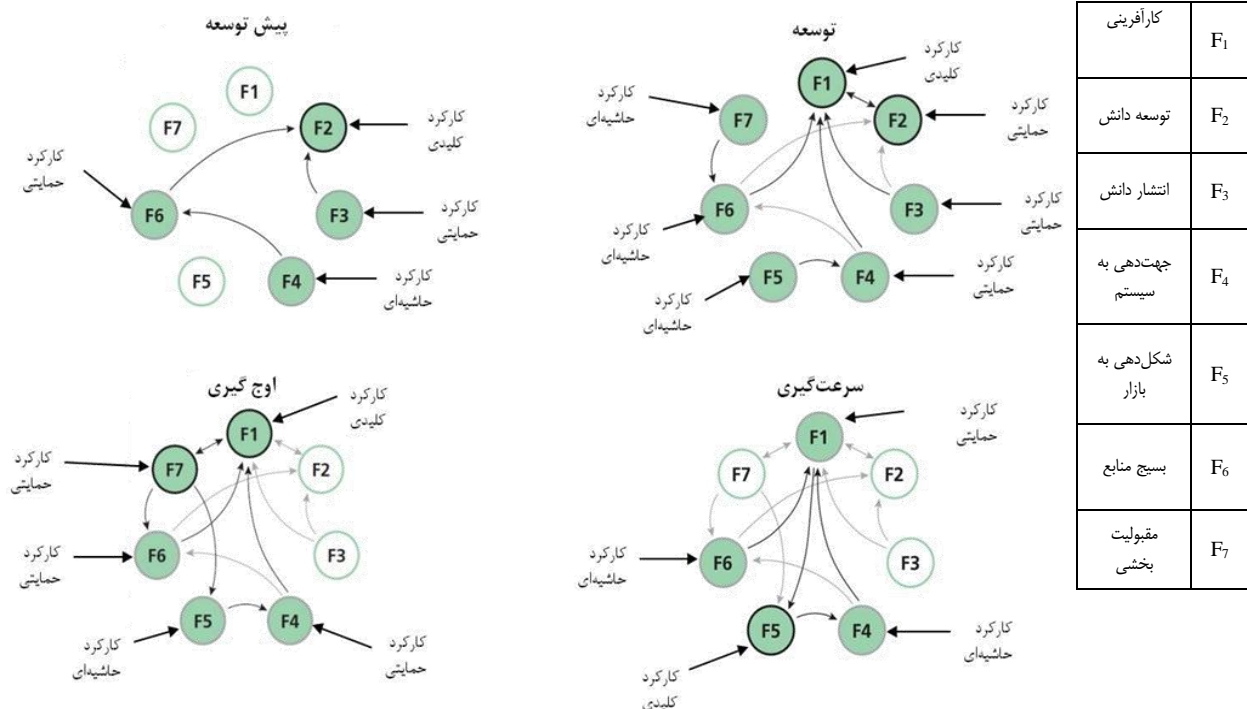
بخش عمده بازیگران فعال کنونی در توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق را دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها به‌خصوص پژوهشگاه نیرو تشکیل می‌دهند. هرچند شرکت‌هایی نیز در این حوزه فعال هستند که در جدول ۲ به آن‌ها اشاره شده است، ولی این شرکت‌ها بیشتر واردکنندگانی هستند که در حوزه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی فعالیت چندانی نداشته و فعالیت‌های آنان جنبه‌ی دانش بنیان و تولید فناوری‌های جدید ندارد. همچنین شبکه‌های علمی و تحقیقاتی در این حوزه هنوز به خوبی شکل نگرفته است؛ بحث کنترل خوردگی به ویژه در صنعت برق، نه در قالب نشریات و نه در قالب رویدادهایی از قبیل همایش و کنفرانس مورد توجه کافی قرار نگرفته است. به‌علاوه، قوانین، دستورالعمل‌ها و استانداردهای مربوط به این حوزه محدود است یا اصلاً تدوین نشده است؛ الزامی برای نیروگاه‌ها، یا سایر بازیگران حوزه تولید، انتقال و توزیع

صنعت برق برای استفاده از فناوری‌های نوین کنترل خوردگی وجود ندارد. با توجه به جدول ۳ و با در نظر گرفتن این نشانه‌های شناخته شده در حوزه بازیگران، تعاملات و نهادها، می‌توان مرحله توسعه نظام نوآوری فناورانه کنترل خوردگی در صنعت برق را «پیش‌توسعه» در نظر گرفت.

۲-۱-۲- شناسایی وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

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 مدنظر است.

نکته اصلی در اینجا نحوه‌ی 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 منزله‌ی انتقال به مرحله بعدی است. شکل زیر مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای مرتبط با هر مرحله را نشان می‌دهد.



شکل ۳: مراحل توسعه و کارکردهای کلیدی، حمایتی و حاشیه‌ای.

در بخش قبلی مشخص شد که نظام توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق در مرحله «پیش توسعه» قرار دارد. به علاوه با توجه به چشم‌انداز ده‌ساله‌ی این سند و نظر خبرگان در کمیته راهبری، گذار از مرحله‌ی پیش توسعه و ورود به مرحله توسعه در بازه زمانی پنج‌ساله قابل تحقق است و پنج سال دوم از بازه ده‌ساله چشم‌انداز در فاز «توسعه» سپری خواهد شد. بر اساس شکل ۳، زمانی که در مرحله پیش توسعه قرار داشته باشیم و بخواهیم به مرحله بعدی نظام توسعه فناوری منتقل شویم ۴ کارکرد توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین منابع و جهت‌دهی به سیستم باید محقق شوند. در نتیجه کارکردهای مذکور به عنوان کارکردهای بااولویت شناخته می‌شوند و هنگامی که در مرحله توسعه قرار داشته باشیم و بخواهیم به مرحله بعدی نظام توسعه فناوری منتقل شویم هر ۷ کارکرد نظام نوآوری فناورانه باید محقق شوند. در بخش بعدی چالش‌های مرتبط با هر یک از ابعاد ساختاری در این کارکردها شناسایی شده و فرایند تدوین سیاست‌ها و اقدامات مناسب جهت رفع هر چالش انجام می‌شود.

۲-۱-۳- شناسایی چالش‌ها و موانع توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

در گام قبلی کارکردهای توسعه دانش، انتشار دانش، تأمین منابع و جهت‌دهی به سیستم به عنوان کارکردهای با اولویت دوره‌ی پیش توسعه و کلیه کارکردهای نظام نوآوری فناورانه به عنوان کارکردهای مدنظر دوره توسعه شناسایی شدند. در این گام با استفاده از یک تحلیل ساختاری-کارکردی، چالش‌ها و موانع پیش روی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق شناسایی شده است. همان‌طور که پیشتر بیان شد این چالش‌ها از طریق برگزاری پنل خبرگی با ۸ نفر از خبرگان و کارشناسان آشنا با این حوزه و همچنین چهار مصاحبه تکمیلی استخراج شده است. اسامی این افراد در ادامه آورده شده است:

جدول ۴: اسامی خبرگان مورد مصاحبه برای چالش‌ها

ردیف	پنل خبرگی	مصاحبه
۱	✓	✓
۲	✓	
۳	✓	
۴	✓	
۵	✓	✓
۶	✓	
۷	✓	✓
۸	✓	✓

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 گردید. در ادامه به بررسی چالش‌های شناسایی شده پرداخته می‌شود.

۲-۱-۳-۱- چالش‌های توسعه دانش

چالش‌های مربوط به این کارکرد، دربرگیرنده تمامی فعالیت‌هایی است که می‌تواند منجر به ایجاد مانع در فرایند یادگیری شود. این چالش‌ها در رابطه با موضوعات مختلف مانند دانش فنی فناوری نوظهور، بازار، شبکه‌ها و مصرف‌کنندگان ممکن است رخ دهد. در کشورهای در حال توسعه، یکی از مهم‌ترین دلایل عدم توسعه برخی صنایع فناوری 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 پیش روی توسعه فناوری در این کارکرد عبارتند از:

۱. کمبود کمی و کیفی فعالیت دانشگاهی برای تولید دانش مورد نیاز در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق
۲. عدم کفایت کمی و کیفی مراکز تحقیقاتی در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق
۳. ضعف زیرساخت‌های تحقیقاتی مورد نیاز اعم از آزمایشگاه‌ها و ...
۴. شکاف تحقیقاتی زیاد بین ایران و کشورهای پیشرو در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق
۵. عدم وجود مکانیزم تبادل دانش با کشورهای پیشرو در حوزه خوردگی اعم از حضور اساتید و متخصصان خارجی در کشور و یا اعزام اساتید و متخصصان داخلی به کشورهای خارجی
۶. عدم حضور نمایندگان صنعت برق ایران در سمینارهای بین‌المللی در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق
۷. عدم برگزاری سمینارهای بین‌المللی در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق در کشور
۸. عدم وجود انجمن تخصصی در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق

۲-۱-۳-۲- 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 پیش روی توسعه فناوری در این کارکرد عبارتند از:

۱. مکانیزم ناکارآمد تبادل دانش مرتبط با خوردگی بین صنعت برق و صنایع دیگر اعم از نفت، گاز و ...

۲. عدم کفایت تبادل دانش بین صنعت و دانشگاه در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق به دلایل مالی، ساختاری و

نهادی

۳. عدم وجود نشریات تخصصی در حوزه خوردگی در صنعت برق

۴. عدم استقرار نظام مدیریت دانش در حوزه خوردگی در صنعت برق

۵. عدم برگزاری سمینارهای داخلی در حوزه خوردگی که به طور تخصصی به صنعت برق بپردازند.

۲-۱-۳-۳- چالش‌های تأمین منابع

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

مداخلات دولت در رابطه با این چالش‌ها مجموعه‌ای از فعالیت‌های مربوط به تأمین و هماهنگی ورودی‌های لازم برای توسعه نظام نوآوری را پوشش می‌دهد که در راستای تحقق کارکرد تأمین و تسهیل منابع قرار می‌گیرند. این چالش‌ها به سه دسته چالش‌های مربوط به منابع انسانی، منابع مالی و مواد و تجهیزات تقسیم می‌شود.

چالش‌های مشخص شده در این کارکرد عبارتند از:

۱. عدم تأمین اعتبارات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

۲. ناکافی بودن نیروی انسانی متخصص در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق اعم از مهندس و تکنیسین

۳. کمبود قوانین حمایتی و کمک‌های مالی از بخش خصوصی برای ورود به صنعت

۲-۱-۳-۴- 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 و استانداردها تعریف می‌شود. چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

۱. عدم وجود دفتر مدیریت خوردگی در شرکت‌های مادر تخصصی صنعت برق

۲. عدم وجود واحد سازمانی تخصصی در حوزه کنترل و نظارت بر خوردگی در شرکت‌های وابسته به صنعت برق

(شرکت‌های مدیریت تولید، شرکت‌های توزیع، شرکت‌های برق منطقه‌ای، انتقال برق و ...)

۳. عدم وجود نهاد تهیه استانداردها و دستورالعمل‌ها در حوزه‌ی کنترل خوردگی در صنعت برق

۴. عدم اولویت دهی به مسائل حوزه کنترل خوردگی در برنامه‌ریزی‌های کلان صنعت برق

۲-۱-۳-۵- چالش‌های کارآفرینی

کارکرد کارآفرینی به دنبال ایجاد فرصت‌های کاری جدید و یا شناساندن فرصت‌های کاری جدید است. 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 فناوری) هدف اصلی فعالیت است. در این حالت، با ایجاد مشروعیت برای محصول یا خدمت ارائه شده، زمینه‌ای برای کسب سود فراهم می‌شود. فعالیت‌های کارآفرینی شامل تلاش‌هایی است که بطور مستقیم به تجاری‌سازی محصولات و خدمات ارائه شده بر پایه‌ی دانش فنی موجود می‌پردازند. چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

۱. فقدان قواعد و قوانین منسجم و کارآمد لازم برای حمایت از کارآفرینان

۲. عدم وجود قوانین ملزم کننده به استفاده از فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

۳. عدم وجود قوانین مناسب برای تسهیل فعالیت‌های اداری - اجرایی کارآفرینان

۴. عدم وجود نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه کنترل خوردگی

۲-۱-۳-۶- چالش‌های مشروعیت‌بخشی

این کارکرد در توسعه‌ی فناوری‌ها 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 و از سوی نهادهای پشتیبان، شامل لابی‌های سیاسی و رایزنی‌هایی است که بین گروه ذینفعان فناوری صورت می‌پذیرد.

چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

۱. استفاده ناکافی از ظرفیت‌های تبلیغی و ترویجی کشور در جهت ترویج اهمیت و منافع ناشی از کنترل خوردگی در

صنعت برق

۲. عدم وجود قوانین و دستورالعمل‌های ترویجی کارآمد در جهت کنترل خوردگی

۳. نبودن دانش کافی در صنعت برق برای انتخاب فناوری مناسب جهت کنترل خوردگی

۲-۱-۳-۷- چالش‌های شکل‌گیری بازار

مجموعه‌ای از فعالیت‌ها با هدف رقابت‌پذیر ساختن فناوری نوظهور نسبت به فناوری‌های موجود در عرصه‌ی بازار در طول تحقق این کارکرد قرار می‌گیرند. کارکرد شکل دهی به بازار، شامل فعالیت‌هایی (مانند حمایت مالی از مصرف فناوری نوظهور و یا سیاست‌های مالیاتی برای فناوری‌های رقیب) است که منجر به ایجاد تقاضا برای فناوری 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 فناوری انجام می‌شود.

چالش‌های شناسایی شده در این کارکرد عبارتند از:

۱. ناکافی بودن سیاست‌های دولتی در ایجاد بازار تقاضای فناوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق

۲. عدم وجود عرضه و تقاضای کافی برای فناوری‌های کنترل خوردگی به دلیل قیمت غیر واقعی و پایین برق در کشور



چالش‌های شناسایی شده به تفکیک کارکرد و بر حسب ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه در جدول ۵ نشان داده شده

است.

جدول ۵: چالش‌های فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق به تفکیک هر یک از کارکردهای نظام نوآوری فناوریانه در هر یک از ابعاد ساختاری

ساختار کارکرد	بازیگران	تعاملات	نهادها	زیرساخت‌ها
توسعه دانش	- کمبود کمی و کیفی فعالیت دانشگاهی برای تولید دانش مورد نیاز در حوزه کنترل خوردگی صنعت برق - شکاف تحقیقاتی زیاد بین ایران و کشورهای پیشرو در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق	- عدم وجود مکانیزم تبادل دانش با کشورهای پیشرو در حوزه خوردگی اعم از حضور اساتید و متخصصان خارجی در کشور و یا اعزام اساتید و متخصصان داخلی به خارج - عدم حضور نمایندگان صنعت برق ایران در سمینارهای بین‌المللی در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق - عدم برگزاری سمینارهای بین‌المللی در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق در کشور	-	- عدم کفایت کمی و کیفی مراکز تحقیقاتی در حوزه کنترل خوردگی صنعت برق - ضعف زیرساخت‌های تحقیقاتی مورد نیاز اعم از آزمایشگاه‌ها و ...
انتشار دانش	- عدم وجود نشریات تخصصی در حوزه خوردگی و به ویژه در حوزه تخصصی صنعت برق - عدم برگزاری سمینارهای داخلی در حوزه خوردگی که به طور تخصصی به صنعت برق بپردازند.	- مکانیزم ناکارآمد تبادل دانش مرتبط با خوردگی بین صنعت برق و صنایع دیگر اعم از نفت، گاز و ... - عدم کفایت تبادل دانش بین صنعت و دانشگاه در حوزه کنترل خوردگی در	-	- عدم استقرار نظام مدیریت دانش در حوزه خوردگی در صنعت برق



		صنعت برق به دلایل مالی، ساختاری و نهادی		
	-	- کمبود قوانین حمایتی برای بخش خصوصی برای ورود به صنعت	- عدم تأمین اعتبارات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق - عدم تأمین نیروی انسانی متخصص در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق اعم از مهندس و تکنیسین	تأمین منابع
	-	- عدم اولویت دهی به مسائل حوزه خوردگی در برنامه‌ریزی‌های کلان صنعت برق	- عدم وجود دفتر مدیریت خوردگی در شرکت‌های مادر تخصصی صنعت برق - عدم وجود واحد سازمانی تخصصی در حوزه کنترل و نظارت بر خوردگی در شرکت‌های وابسته به صنعت برق (شرکت‌های مدیریت تولید، شرکت‌های توزیع، شرکت‌های برق منطقه‌ای، انتقال برق و ...) - عدم وجود نهاد تهیه استانداردها و دستورالعمل‌ها در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق	جهت‌دهی به سیستم
	-	- فقدان قواعد و قوانین منسجم و کارآمد لازم برای حمایت کارآفرینان - عدم وجود قوانین مناسب برای تسهیل فعالیت‌های اداری - اجرایی کارآفرینان - عدم وجود قوانین ملزم کننده به استفاده از فناوری‌های نوین در کنترل	- عدم وجود نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه کنترل خوردگی	کارآفرینی
- نبودن دانش کافی در صنعت برق برای انتخاب فناوری مناسب	-	- عدم وجود قوانین و دستورالعمل‌های ترویجی کارآمد در جهت کنترل	- استفاده ناکافی از ظرفیت‌های تبلیغی و ترویجی کشور در جهت ترویج اهمیت و منافع کنترل خوردگی در صنعت برق	مشروعیت بخشی



۳۸

سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و

توزیع)

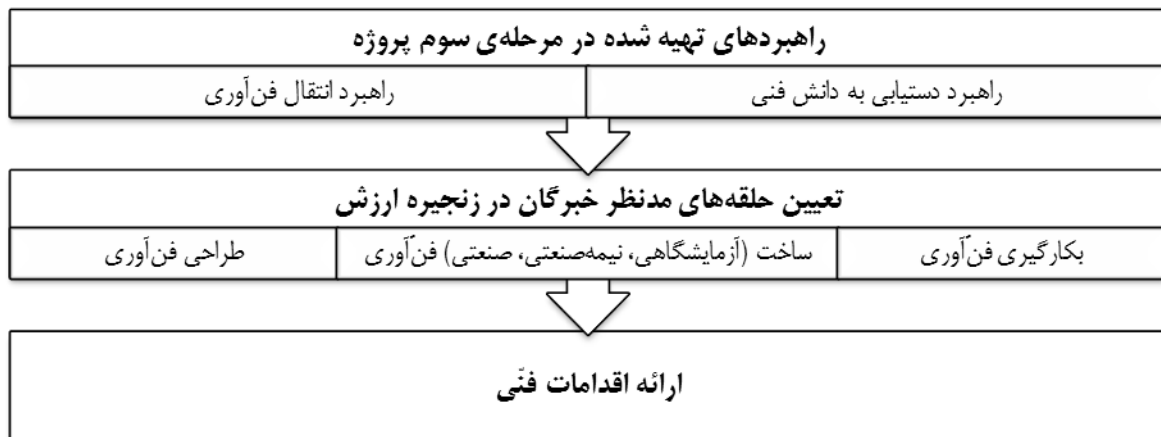
ویرایش اول، اردیبهشت ۱۳۹۴

فاز ۴: تدوین برنامه، اقدامات و سیاستها

	خوردگی			
-	-ناکافی بودن سیاست‌های دولتی در ایجاد بازار تقاضای فناوری های کنترل خوردگی در صنعت برق	-	- عدم وجود عرضه و تقاضای کافی برای فناوری‌های کنترل خوردگی به دلیل قیمت غیر واقعی و پایین برق در کشور	شکل‌گیر ی بازار

۲-۲- فرایند تدوین اقدامات فنی

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



شکل ۴- فرایند تدوین اقدامات فنی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق.

همان‌طور که پیشتر اشاره شد و از شکل ۴ نیز برمی‌آید، پس از مشخص شدن روش اکتساب فناوری‌ها در مرحله سوم پروژه (شامل راهبردهای دستیابی به دانش فنی و انتقال فناوری)، برای شناسایی آن دسته از حلقه‌های زنجیره ارزش توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق (شامل بکارگیری، طراحی، ساخت آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی) که می‌توان به آن ورود پیدا کرد یک پنل خبرگی برگزار شد و نظر خبرگان حاضر در جلسه در مورد هر یک از این حلقه‌های زنجیره ارزش توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی دریافت گردید. پس از جمع بندی نظرات اعضای کمیته راهبری، حوزه‌هایی که صنعت برق می‌تواند وارد آن شود مشخص شده و بر این اساس اقدامات فنی به منظور توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق تدوین گردید.

۲-۳- سیاست‌ها و اقدامات مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت

برق

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، سیاست‌ها و اقدامات مدیریتی مورد نیاز بر اساس فهرست چالش‌ها و موانع شناسایی شده در مرحله قبلی پیشنهاد می‌شود. این سیاست‌ها ۷ دسته هستند که همان‌طور که پیش از این اشاره شد بر اساس

چالش‌ها و موانع شناخته شده در کارکردهای هفت گانه نظام نوآوری فناورانه پیشنهاد می‌شوند. در ادامه، با توجه به اینکه برخی از سیاست‌های توسعه فناوری بسیار کلی می‌باشند، برخی از آن‌ها به اقدامات لازم در جهت نیل به این سیاست‌های کلی تبدیل شده‌اند که در ادامه این اقدامات و سیاست‌ها مورد توجه قرار گرفته است. به علاوه، اقدامات فنی اقداماتی هستند که ذیل دو دسته چالش‌های مختص فناوری در کارکرد توسعه دانش یعنی «انتقال فناوری» و «توسعه درون‌زا» تعریف شده و بنابراین از راهبردهای تهیه شده در فاز ۳ ورودی می‌گیرند. در ادامه فهرست این اقدامات ارائه شده است.

۲-۳-۱- اقدامات غیر فنی (مدیریتی)

اقدامات غیر فنی آن دسته از اقداماتی هستند که به توسعه نظام نوآوری در حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق کمک می‌کنند. این اقدامات بر مبنای موانع و چالش‌های شناسایی شده در کارکردها در هفت دسته قرار گرفتند که به ترتیب توضیح داده می‌شود.

۲-۳-۱-۱- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به توسعه دانش

۱. ارائه تسهیلات به پایان‌نامه‌های تعریف شده در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق در حوزه‌های بااولویت
۲. انعقاد قراردادهای همکاری فناورانه با مراکز پژوهشی خارج از صنعت برق (مانند پژوهشگاه صنعت نفت)
۳. راه اندازی و تجهیز مرکز آزمایشگاهی مرجع جهت تحقیق و توسعه
۴. تهیه و بروزرسانی بانک اطلاعاتی و آماری در زمینه خوردگی در صنعت برق
۵. تسهیل حضور پژوهشگران و متخصصان صنعت برق کشور در کنفرانس‌های بین‌المللی
۶. اعزام کارشناسان و متخصصان صنعت برق به مراکز علمی و تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم

۲-۳-۱-۲- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به انتشار دانش

۱. برگزاری کنفرانس‌های تخصصی خوردگی در صنعت برق در سطح ملی و بین‌المللی
۲. ایجاد ارتباطات مؤثر میان انجمن خوردگی و انجمن متالورژی با انجمن‌های صنعت برق

۲-۳-۱-۳- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به تأمین منابع (مالی، انسانی و مواد)

۱. تأمین مالی برای حمایت از توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق
۲. تدوین و اجرای آیین نامه بکارگیری نیروی انسانی متخصص در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق
۳. شناسایی و تأمین زیرساخت‌های سخت افزاری و نرم افزاری مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

۲-۳-۱-۴- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم

۱. تأسیس مرکزی جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات سند
۲. اصلاح ساختارهای سازمانی فعلی در زمینه کنترل خوردگی در صنعت برق
۳. تأسیس دفتر مدیریت خوردگی در شرکت‌های مادر تخصصی صنعت برق

۲-۳-۱-۵- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به شکل‌گیری بازار

۱. تدوین دستورالعمل‌های الزام‌آور جهت استفاده از فناوری‌های کنترل خوردگی در بخش‌های مختلف صنعت برق
۲. صدور خدمات فنی مهندسی در زمینه فناوری‌های کنترل خوردگی به سایر کشورها
۳. ارائه مشوق جهت ایجاد انگیزش طرف تقاضای فناوری‌های کنترل خوردگی

۲-۳-۱-۶- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به کارآفرینی

۱. حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان بخصوص شرکت‌های فعال در حوزه‌های با اولویت
۲. برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه کنترل خوردگی (در راستای شکل‌گیری شبکه‌های کارآفرینانه)

۲-۳-۱-۷- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به مشروعیت‌بخشی

۱. اجرای فعالیت‌های آگاه‌سازی جهت تبیین اهمیت حوزه کنترل خوردگی در برنامه‌ریزی‌های کلان صنعت برق
۲. تدوین استانداردهای ملی مرتبط با کنترل خوردگی

۲-۳-۲- اقدامات فنی

اقدامات فنی طبق فرایند شکل ۴ و با توجه به راهبردهای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق تدوین شده است. این اقدامات به دو دسته اقدامات مربوط به راهبرد دستیابی به دانش فنی و اقدامات مربوط به راهبرد انتقال فناوری تقسیم شده است. فهرست این اقدامات در ادامه ارائه شده است.

۲-۳-۲-۱- اقدامات مربوط به راهبرد دستیابی به دانش فنی

۱. توسعه‌ی دانش فنی مواد مقاوم به خوردگی در تجهیزات با الویت صنعت برق
۲. توسعه‌ی دانش فنی پوشش‌های مقاوم به خوردگی در تجهیزات با الویت صنعت برق
۳. توسعه‌ی دانش فنی سیستم‌های حفاظت کاتدی

۲-۳-۲-۲- اقدامات مربوط به راهبرد انتقال فناوری

۱. توسعه‌ی فناوری‌های بازرسی فنی خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی
۲. توسعه‌ی فناوری‌های پایش خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی
۳. توسعه‌ی فناوری‌های مربوط به بازدارنده‌های خوردگی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

نتیجه گیری

هدف از مرحله چهارم طرح «تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)» تدوین سیاستها و اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم انداز، اهداف و راهبردهای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق می باشد. در ابتدای این گزارش مبنای نظری مربوط به تدوین اقدامات شامل کارکردها و ابعاد ساختاری نظام نوآوری فناورانه (TIS) به تفصیل مورد بحث قرار گرفت. سپس فرایند چهار مرحله‌ای تدوین اقدامات غیر فنی سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی توضیح داده شد. در مرحله اول این فرایند وضعیت موجود توسعه فناوری مشخص شد. در مرحله دوم، با توجه به خروجی حاصل از مرحله اول، کارکردهای با اولویت برای تحقق وضعیت مطلوب توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی تعیین شد. در مرحله سوم، چالشها و موانع موجود از طریق مصاحبه با متخصصان و خبرگان آشنا با حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی تعیین شد و در نهایت سیاستها و اقدامات غیر فنی پیشنهادی برای رفع چالشها و موانع توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی ارائه گردید. هم چنین سیاستها و اقدامات فنی سند، به منظور توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران، با استفاده از راهبردهای تهیه شده در مرحله سوم پروژه تدوین گردید.

مراجع

[۱]. «روش‌شناسی تدوین اسناد راهبردی توسعه فناوری‌های صنعت برق - راهنمای شماره ۱، ویرایش دوم»، پژوهشگاه نیرو،

آذر ۱۳۹۲

[2]. Carlsson, B. and Stankiewicz, R., *Evolutionary Economics*, pp. 93–118, 1991.

[3]. Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., and Rickne, A., “Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis,” *Research policy*, vol. 37, no. 3, pp. 407–429, 2008.

[4]. North, D. C., *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge university press, 1990.

[5]. Schot, J., “Towards new forms of participatory technology development,” *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 13, no. 1, pp. 39–52, 2001.

[6]. Dosi, G., “Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation,” *Journal of economic literature*, pp. 1120–1171, 1988

فهرست مطالب

۱	مقدمه.....
۲	۱- تدوین پروژه های اجرایی فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران.....
۳	۱-۱- شکستن اقدامات به پروژه های اجرایی
۴	۱-۱-۱- مبنای شکستن اقدامات.....
۵	۱-۱-۲- ابزارهای شکستن اقدامات.....
۸	۱-۳- بازنگری نهایی و انتخاب پروژه های اجرایی
۸	۲-۱- فهرست پروژه های اجرایی سند توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران
۱۲	۲- بودجه ریزی و زمان بندی پروژه های فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران
۱۹	۳- تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی مطلوب) فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران
۱۹	۳-۱- نگاشت نهادی
۲۱	۳-۱-۱- انواع نقش ها در نگاشت نهادی
۲۳	۳-۱-۲- مراحل طراحی نگاشت نهادی طرح توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران
۲۷	۳-۱-۳- تحلیل نگاشت نهادی.....
۲۷	۳-۲- تخصیص متولیان اقدامات مدیریتی و پروژه های فنی
۳۴	۴- ترسیم ره نگاشت فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران
۴۰	نتیجه گیری
۴۱	پیوست شماره ۱.....
۶۷	پیوست شماره ۲.....
۱۱۰	پیوست شماره ۳.....
۱۳۸	منابع و مراجع



فهرست شکل ها

- شکل ۱- فرایند تدوین برنامه عملیاتی. ۲
- شکل ۲- نحوه شکستن اقدام X. ۳
- شکل ۳- نقشه راه توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات فنی). ۳۷
- شکل ۴- نقشه راه توسعه نظام نوآوری فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات غیرفنی). ۳۸

فهرست جداول

- جدول ۱- فهرست پروژه های اجرایی سند توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۹
- جدول ۲- زمان بندی پروژه های فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۱۳
- جدول ۳- زمان بندی اقدامات مدیریتی فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۱۷
- جدول ۴- نگاشت نهادی سند توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق (تولید، انتقال و توزیع) ۲۶
- جدول ۵- متولیان اقدامات غیر فنی توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ۲۸
- جدول ۶- متولیان پروژه های فنی توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ۳۰

مقدمه

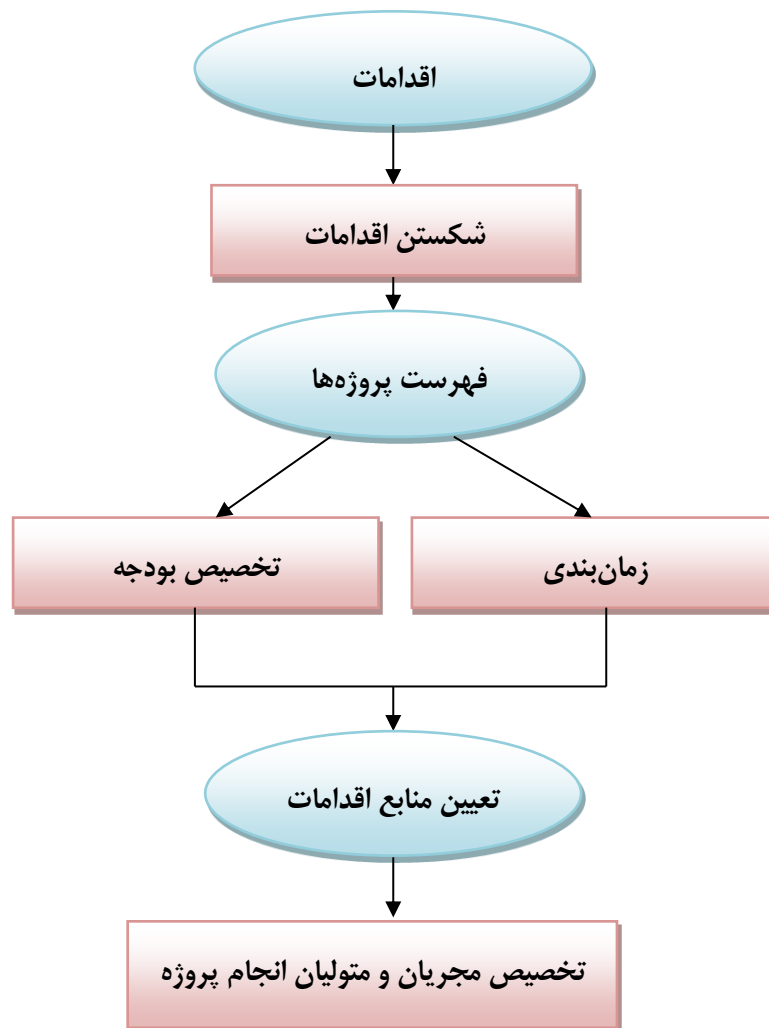
در این بخش از سند با عنوان «تدوین ره‌نگاشت و برنامه عملیاتی» با ارائه مدلی از گام‌های لازم جهت تکمیل فرایند برنامه عملیاتی و همچنین ابزارهای هر گام می‌پردازیم که در نهایت منجر به دستیابی به برنامه عملیاتی و ره‌نگاشت^۱ در راستای چشم‌انداز سند خواهد شد. در مراحل ۳ و ۴ این پروژه ارکان جهت‌ساز (شامل چشم‌انداز، اهداف و راهبردهای سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق) 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، نقشه‌راه (ره‌نگاشت) مربوط به سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق بر اساس اقدامات تعیین شده ترسیم می‌شود.

کلیه مطالب علمی مطرح شده در این گزارش از مرجع ۱ استخراج شده است.

۱- تدوین پروژه‌های اجرایی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

در این بخش فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران توضیح داده می‌شود و در نهایت فهرست پروژه‌ها ارائه می‌گردد. همان طور 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 سال‌های مختلف اجرا گردد تا در صورت اجرای این پروژه‌ها بتوان اطمینان حاصل کرد که اقدامات، راهبردها، اهداف و در نهایت چشم‌انداز سند توسعه‌ی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق محقق شده است. فرایند تدوین برنامه عملیاتی در شکل ۱ نشان داده شده است.

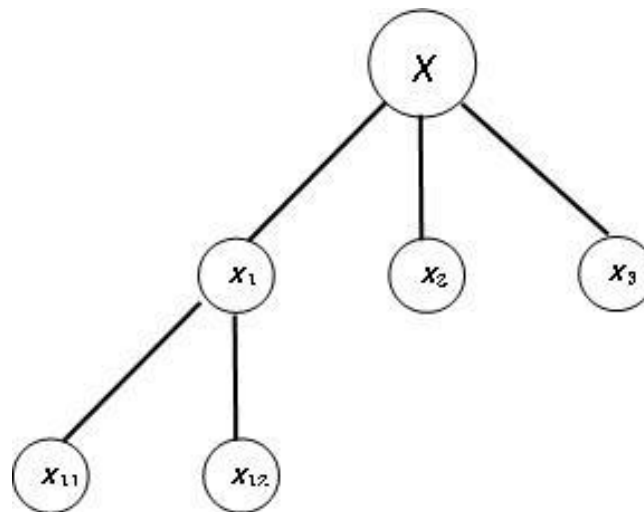


شکل ۱- فرایند تدوین برنامه عملیاتی.

مطابق شکل ۱، 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 می‌گردد. در نهایت با شناسایی نهادهای مرتبط در محیط داخلی و بیرونی و نقش آن‌ها، متولی و مجری انجام پروژه‌ها شناسایی می‌شود.

۱-۱- 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 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 $\{X_1, X_2, X_3\}$ 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 سطح شکسته شدن اقدامات تعیین گردد.



شکل ۲- 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^۱.

ب) هر پروژه اجرایی در اندازه‌ای باشد که بتوان آن را به یک مجری محول نمود. به عبارتی اگر پروژه اجرایی به اندازه کافی جزء نشده باشد، به طوری که گستردگی ابعاد مختلف آن امکان اختصاص آن را به یک مجری سلب نماید، می‌باید پروژه اجرایی مربوطه به فعالیت‌های دیگری شکسته شود تا تخصیص آن به مجری واحد امکان‌پذیر گردد. ساختار کلی شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی مشابه WBS^۲ می‌باشد که در بحث مدیریت پروژه تاکنون تحقیقات فراوانی در مورد آن صورت پذیرفته است.

نکته دیگر حصول اطمینان از جامعیت پروژه‌های اجرایی در راستای تحقق اقدامات می‌باشد. تاکنون الگوریتمی که تضمین نماید مجموعه پروژه‌های اجرایی منتخب برای تحقق اقدام کفایت می‌نماید ارائه نشده است. تنها با بهره‌گیری از قضاوت خبرگان، استفاده از تجارب پیشین و در صورت امکان به‌کارگیری ابزارهایی چون شبیه‌سازی می‌توان امیدوار بود مجموعه پروژه‌های اجرایی شرایط کافی برای حصول اقدامات را فراهم سازند.

۱-۱-۱- 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^۳ (راه‌سازی کوهستانی، بیابانی و جنگلی) و عملکردی^۴ (زیرسازی راه، روسازی و آسفالت، حفاظت حاشیه راه و ...) به پروژه‌های اجرایی زیرمجموعه خود شکسته شود. این که کدام مبنای برای شکستن اقدامات مورد توجه قرار گیرد بر اساس عوامل مختلفی تعیین می‌شود که در ادامه به مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌شود.

۱- توضیحات بیش‌تر در مورد اقسام منابع در قسمت‌های آتی بیان خواهد شد.

2- Work-Breakdown-Structure

3- Geographical Base

4- Functional Base

الف) ساختار و فرهنگ حاکم

اگر در ساختار موجود کشور تقسیم‌بندی ویژه و یا هنجارهای پذیرفته شده‌ی 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.

۱-۱-۲- 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 فرایند استاندارد

در ادبیات برخی از اقدامات فرایندی تجربه شده‌ای وجود دارد که به طور عام توسط نخبگان علمی آن حوزه مورد پذیرش قرار گرفته است. 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 علی معلولی

هدف این ابزار استفاده از نظرات خبرگان برای شکستن اقدامات به مجموعه پروژه‌های اجرایی می‌باشد. از همین رو 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 تشکیل دهنده‌اش شکسته می‌شوند. از همین رو 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 بهینه‌کاو استفاده نمود.^۱

گام ۳: کلیه موارد موجود در لیست اولیه تحت سه عنوان زیر دسته‌بندی می‌شوند:

الف) پروژه‌های اجرایی اصلی تکین: پروژه‌های اجرایی هستند که اولاً در راستای تحقق اقدام مورد نظر انجام آن‌ها ضروری بوده و ثانیاً در بین سایر پروژه‌های اجرایی پیشنهاد شده موارد مشابه قابل جایگزینی با آن وجود ندارد.

ب) پروژه‌های اجرایی جایگزین: این دسته شامل آن بخش از پروژه‌های اجرایی ضروری می‌باشد که در بین سایر پروژه‌های اجرایی، موارد مشابه قابل جایگزینی با آن‌ها یافت می‌شود. در این حالت هر گروه از پروژه‌های اجرایی مشابه را در مجموعه‌هایی جمع کرده که مجموعه‌های جایگزینی نامیده می‌شوند. سرانجام می‌باید از هر یک از مجموعه‌های جایگزینی یک پروژه اجرایی انتخاب شود.

مجموعه‌های جایگزینی نباید با یکدیگر دارای اشتراک باشند. همچنین در صورتی که پروژه اجرایی قابل تخصیص به بیش از یک مجموعه جایگزینی باشد، آن پروژه اجرایی به چند بخش تفکیک شده و هر بخش به مجموعه مربوطه اختصاص می‌یابد.

ج) پروژه‌های اجرایی پشتیبانی: پروژه‌های اجرایی که در راستای تحقق یک اقدام، ضروری نیستند ولی می‌توانند فرآیند انجام اقدام مورد نظر را تقویت کرده و آن را تسریع بخشند.

در صورتی که پس از دسته‌بندی فوق مواردی وجود داشته باشند که به نوعی زیرفعالیت سایر پروژه‌های اجرایی اصلی یا پشتیبانی به حساب آیند حذف می‌گردند - در صورت لزوم در شکستن پروژه‌های اجرایی به زیرفعالیت‌ها در مراحل بعد مورد

۱- ممکن است بتوان درمورد یک فعالیت از روش تحلیل فرآیند استاندارد و یا بهینه‌کاو به نتیجه رسید، علی‌رغم این‌که در مورد اقدام بالادست استفاده از این دو ابزار نتیجه‌بخش نبوده باشد.

استفاده قرار می‌گیرند - و در غیر این صورت 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.

۱-۱-۳- 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.

۱-۲- فهرست پروژه‌های اجرایی سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت

برق ایران

با توجه به موارد مطرح شده در ابتدای این بخش در ارتباط با ضرورت و نحوه شکستن اقدامات به پروژه‌های اجرایی، در این بخش، پروژه‌هایی شناسایی می‌شود که اجرایی شدن آن‌ها منجر به تحقق اقدامات می‌گردد. با توجه به ابزارهای گوناگونی که جهت شکستن اقدامات در بخش قبل معرفی شده با بررسی‌های صورت گرفته این نتیجه حاصل شد که ابزار تحلیل علی معلولی بهترین ابزار برای شکستن اقدامات در این طرح می‌باشد.

همان طور که در گزارش مرحله چهارم سند اشاره شد اقدامات مربوط به این سند در دو دسته اقدامات فنی و 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 در حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، به طور مجزا فهرست پروژه‌های اولیه مربوط به خود را استخراج کردند و سپس در مرحله بعد با برگزاری جلسه‌ای با حضور ۷ نفر از خبرگان و کارشناسان حوزه سند، 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:

- دکتر علیرضا صبور اقدم
- دکتر حشمت دهکردی
- مهندس علیرضا کیان بخش
- مهندس علی اصغر چهره عالم
- مهندس علی اکبر ژام
- مهندس علی اکبر فلاح
- مهندس داور رضاخانی

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 جدول ۱ ارائه شده است.

اقدام ۱: توسعه دانش فنی مواد مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	انتخاب فولادهای جدید مقاوم به خوردگی مناسب جهت استفاده در نیروگاه بخاری، با انجام آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده
۲	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه بخاری، در مقیاس آزمایشگاهی
۳	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه بخاری، در مقیاس نیمه‌صنعتی
۴	انتخاب فولادهای جدید مقاوم به خوردگی مناسب جهت استفاده در نیروگاه آبی، با انجام آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده
۵	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه آبی در مقیاس آزمایشگاهی
۶	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه آبی در مقیاس نیمه‌صنعتی
۷	انتخاب سوپر آلیاژهای جدید مناسب جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی، با انجام آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده
۸	انتخاب آلیاژهای تیتانیوم مناسب جهت استفاده در نیروگاه‌های بخاری و گازی، با انجام آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده
۹	توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم جهت استفاده در نیروگاه‌های بخاری و گازی در مقیاس آزمایشگاهی
۱۰	توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم جهت استفاده در نیروگاه‌های بخاری و گازی در مقیاس نیمه‌صنعتی
۱۱	انتخاب کامپوزیت‌های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق، با انجام آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده
۱۲	توسعه فناوری ساخت کامپوزیت‌های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق در مقیاس آزمایشگاهی
۱۳	توسعه فناوری ساخت کامپوزیت‌های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه‌صنعتی
اقدام ۲: توسعه دانش فنی پوشش‌های مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	شناسایی و انتخاب پودر پوشش و روش‌های پوشش‌دهی مناسب جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی با انجام آزمایش‌های شبیه‌سازی شده
۲	توسعه فناوری ساخت پودر پوشش‌های مورد استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در مقیاس آزمایشگاهی
۳	توسعه فناوری ساخت پودر پوشش‌های مورد استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در مقیاس نیمه‌صنعتی
۴	توسعه فناوری پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در مقیاس آزمایشگاهی
۵	توسعه فناوری پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در مقیاس نیمه‌صنعتی
۶	شناسایی و انتخاب مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید و روش‌های پوشش‌دهی مناسب جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق با انجام آزمایش‌های شبیه‌سازی شده
۷	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی

۸	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش های آلی و تبدیلی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی
۹	توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های آلی و تبدیلی، در مقیاس آزمایشگاهی
۱۰	توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های آلی و تبدیلی، در مقیاس نیمه صنعتی
۱۱	شناسایی و انتخاب مواد اولیه سایر پوشش های فلزی و غیر فلزی جدید و روش های پوشش دهی مناسب جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق با انجام آزمایش های شبیه سازی شده
۱۲	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه سایر پوشش های فلزی و غیر فلزی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی
۱۳	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه سایر پوشش های فلزی و غیر فلزی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی
۱۴	توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های فلزی و غیر فلزی، در مقیاس آزمایشگاهی
۱۵	توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های فلزی و غیر فلزی، در مقیاس نیمه صنعتی
اقدام ۳: توسعه دانش فنی سیستم های حفاظت کاتدی	
ردیف	عنوان پروژه ها
۱	توسعه فناوری های نوین سیستم حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده
۲	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده در مقیاس آزمایشگاهی
۳	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده در مقیاس نیمه صنعتی
۴	توسعه فناوری ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده
۵	توسعه فناوری های نوین سیستم حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان
۶	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان در مقیاس آزمایشگاهی
۷	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان در مقیاس نیمه صنعتی
۸	توسعه فناوری ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان
اقدام ۴: توسعه فناوری های بازرسی فنی خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	
ردیف	عنوان پروژه ها
۱	توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص حفره دار شدن در لوله های کندانسور، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی
۲	توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص ترک های ناشی از خوردگی در لوله های کندانسور، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی
۳	توسعه فناوری ساخت سیستم بازرسی سطوح داخلی لوله های واتروال، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی
۴	توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص ترک های ناشی از خوردگی در لوله های بویلر در حین کار، با استفاده از روش

مناسب همکاری‌های خارجی	
توسعه فناوری ساخت سیستم اندازه‌گیری ضخامت رسوبات داخلی لوله‌های بویلر و کندانسور از بیرون لوله، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	۵
توسعه فناوری ساخت سیستم تعیین میزان هیدروژن در سیکل آب و بخار و تشخیص آسیب‌های ناشی از آن به صورت آنالاین، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	۶
توسعه فناوری ساخت سیستم بازرسی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	۷
اقدام ۵: توسعه فناوری‌های پایش خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	توسعه فناوری‌های نوین تهیه اطلس خوردگی در صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی
۲	توسعه فناوری ساخت سیستم پایش خوردگی سازه‌های بتنی مورد استفاده در صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی
۳	توسعه فناوری ساخت سیستم پایش خوردگی تجهیزات مختلف نیروگاه به روش دستگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی
اقدام ۶: توسعه فناوری‌های مربوط به بازدارنده‌های خوردگی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	
ردیف	عنوان پروژه‌ها
۱	شناسایی و انتخاب بازدارنده‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق
۲	توسعه فناوری ساخت بازدارنده‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس آزمایشگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی
۳	توسعه فناوری ساخت بازدارنده‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه‌صنعتی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی
۴	شناسایی و انتخاب افزودنی‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق
۵	توسعه فناوری ساخت افزودنی‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس آزمایشگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی
۶	توسعه فناوری ساخت افزودنی‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه‌صنعتی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۲- زمان بندی پروژه‌های فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

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. همان طور که در بخش قبل عنوان شد یکی از معیارهای مورد توجه در تعیین تعداد سطوحی که اقدامات شکسته می‌شوند، رسیدن به سطحی است که در آن بتوان منابع لازم را برآورد نمود. این برآورد بر دو مبنا صورت می‌پذیرد:

الف) تجربه‌های پیشین

ب) نظر خبرگان

منابعی که در برنامه عملیاتی این سند مورد توجه قرار خواهند گرفت، عبارت‌اند از زمان و در صورت لزوم منابعی چون دانش و فناوری. تأمین منابع انسانی با استفاده از هزینه اختصاص یافته توسط مجری فعالیت صورت می‌پذیرد. البته هزینه نیروی انسانی برآورد شده و جزء منابع مالی به مجری تخصیص می‌یابد. با توجه به محدود بودن زمان، جهت دستیابی به اهداف در زمان مورد نظر، 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 بلافاصل پایین دست می‌باشد.^۱ در این بخش زمان تخمینی لازم برای انجام پروژه‌ها در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. زمان بندی دقیق پروژه‌ها می‌تواند به ترسیم صحیح ره‌نگاشت کمک کند.

جدول ۲- زمان بندی پروژه‌های فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

اقدام ۱: توسعه دانش فنی مواد مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق		
ردیف	عنوان پروژه‌ها	زمان (ماه)

۱- مسأله مهمی که در تخصیص منابع مالی محدود مورد ملاحظه قرار می‌گیرد اولویت بندی فعالیت‌ها به گونه‌ای است که مشخص باشد منابع اضافی که احياناً در طول پروژه اختصاص می‌یابند به کدام یک از آنها تعلق گرفته و در صورت کاهش منابع کدامیک با کمبود مواجه می‌شوند. این ملاحظه برای پروژه جاری وجود ندارد.

اقدام ۱: توسعه دانش فنی مواد مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق		
ردیف	عنوان پروژه ها	زمان (ماه)
۱	انتخاب فولادهای جدید مقاوم به خوردگی مناسب جهت استفاده در نیروگاه بخاری، با انجام آزمایش های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه سازی شده	۱۲
۲	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه بخاری، در مقیاس آزمایشگاهی	۱۸
۳	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه بخاری، در مقیاس نیمه صنعتی	۱۸
۴	انتخاب فولادهای جدید مقاوم به خوردگی مناسب جهت استفاده در نیروگاه آبی، با انجام آزمایش های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه سازی شده	۱۲
۵	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه آبی در مقیاس آزمایشگاهی	۱۸
۶	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه آبی در مقیاس نیمه صنعتی	۱۸
۷	انتخاب سوپرآلیاژهای جدید مناسب جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین های گازی، با انجام آزمایش های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه سازی شده	۱۲
۸	انتخاب آلیاژهای تیتانیوم مناسب جهت استفاده در نیروگاه های بخاری و گازی، با انجام آزمایش های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه سازی شده	۱۲
۹	توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم جهت استفاده در نیروگاه های بخاری و گازی در مقیاس آزمایشگاهی	۱۸
۱۰	توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم جهت استفاده در نیروگاه های بخاری و گازی در مقیاس نیمه صنعتی	۱۸
۱۱	انتخاب کامپوزیت های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق، با انجام آزمایش های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه سازی شده	۱۲
۱۲	توسعه فناوری ساخت کامپوزیت های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق در مقیاس آزمایشگاهی	۱۸
۱۳	توسعه فناوری ساخت کامپوزیت های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه صنعتی	۱۸

جدول ۲- زمان بندی پروژه های فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق (ادامه)

اقدام ۲: توسعه دانش فنی پوشش های مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق

ردیف	عنوان پروژه ها	زمان (ماه)
۱	شناسایی و انتخاب پودر پوشش و روش های پوشش دهی مناسب جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین های گازی با انجام آزمایش های شبیه سازی شده	۱۲
۲	توسعه فناوری ساخت پودر پوشش های مورد استفاده در قطعات مسیر داغ توربین های گازی در مقیاس آزمایشگاهی	۱۸
۳	توسعه فناوری ساخت پودر پوشش های مورد استفاده در قطعات مسیر داغ توربین های گازی در مقیاس نیمه صنعتی	۲۴
۴	توسعه فناوری پوشش دهی قطعات مسیر داغ توربین های گازی در مقیاس آزمایشگاهی	۱۸
۵	توسعه فناوری پوشش دهی قطعات مسیر داغ توربین های گازی در مقیاس نیمه صنعتی	۱۸
۶	شناسایی و انتخاب مواد اولیه پوشش های آلی و تبدیلی جدید و روش های پوشش دهی مناسب جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق با انجام آزمایش های شبیه سازی شده	۱۲
۷	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش های آلی و تبدیلی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی	۱۸
۸	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش های آلی و تبدیلی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی	۱۸
۹	توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های آلی و تبدیلی، در مقیاس آزمایشگاهی	۱۸
۱۰	توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های آلی و تبدیلی، در مقیاس نیمه صنعتی	۱۸
۱۱	شناسایی و انتخاب مواد اولیه سایر پوشش های فلزی و غیر فلزی جدید و روش های پوشش دهی مناسب جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق با انجام آزمایش های شبیه سازی شده	۱۲
۱۲	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه سایر پوشش های فلزی و غیر فلزی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی	۱۸
۱۳	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه سایر پوشش های فلزی و غیر فلزی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی	۱۸
۱۴	توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های فلزی و غیر فلزی، در مقیاس آزمایشگاهی	۱۸
۱۵	توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های	۱۸

فیزی و غیر فیزی، در مقیاس نیمه صنعتی		
اقدام ۳: توسعه دانش فنی سیستم های حفاظت کاتدی		
ردیف	عنوان پروژه ها	زمان (ماه)
۱	توسعه فناوری های نوین حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده	۱۲
۲	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده در مقیاس آزمایشگاهی	۱۸
۳	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده در مقیاس نیمه صنعتی	۱۸
۴	توسعه فناوری ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده	۱۸
۵	توسعه فناوری های نوین حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان	۱۲
۶	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان در مقیاس آزمایشگاهی	۱۸
۷	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان در مقیاس نیمه صنعتی	۱۸
۸	توسعه فناوری ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان	۱۸
اقدام ۴: توسعه فناوری های بازرسی فنی خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی		
ردیف	عنوان پروژه ها	زمان (ماه)
۱	توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص حفره دار شدن در لوله های کندانسور، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۲۴
۲	توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص ترک های ناشی از خوردگی در لوله های کندانسور، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۲۴
۳	توسعه فناوری ساخت سیستم بازرسی سطوح داخلی لوله های واتروال، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۲۴
۴	توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص ترک های ناشی از خوردگی در لوله های بویلر در حین کار، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۲۴
۵	توسعه فناوری ساخت سیستم اندازه گیری ضخامت رسوبات داخلی لوله های بویلر و کندانسور از بیرون لوله، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۲۴
۶	توسعه فناوری ساخت سیستم تعیین میزان هیدروژن در سیکل آب و بخار و تشخیص آسیب های ناشی از آن به صورت آنالین، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۲۴

۲۴	توسعه فناوری ساخت سیستم بازرسی قطعات مسیر داغ توربین های گازی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۷
اقدام ۵: توسعه فناوری های پایش خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی		
زمان (ماه)	عنوان پروژه ها	ردیف
۱۲۰	توسعه فناوری های نوین تهیه اطلس خوردگی در صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۱
۲۴	توسعه فناوری ساخت سیستم پایش خوردگی سازه های بتنی مورد استفاده در صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۲
۲۴	توسعه فناوری ساخت سیستم پایش خوردگی تجهیزات مختلف نیروگاه به روش دستگامی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۳
اقدام ۶: توسعه فناوری های مربوط به بازدارنده های خوردگی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی		
زمان (ماه)	عنوان پروژه ها	ردیف
۱۲	شناسایی و انتخاب بازدارنده های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق	۱
۱۸	توسعه فناوری ساخت بازدارنده های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس آزمایشگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۲
۱۸	توسعه فناوری ساخت بازدارنده های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه صنعتی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۳
۱۲	شناسایی و انتخاب افزودنی های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق	۴
۱۸	توسعه فناوری ساخت افزودنی های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس آزمایشگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۵
۱۸	توسعه فناوری ساخت افزودنی های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه صنعتی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	۶

ردیف	عنوان اقدام	زمان (ماه)
۱	ارائه تسهیلات به پایان‌نامه‌های تعریف شده در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق در حوزه‌های بالولویت	۶۰
۲	انعقاد قراردادهای همکاری فناورانه با مراکز پژوهشی خارج از صنعت برق (مثلاً پژوهشگاه صنعت نفت)	۱۲
۳	راه‌اندازی مراکز آزمایشگاهی جهت تحقیق و توسعه	۲۴
۴	تهیه و به‌روزرسانی بانک اطلاعاتی در زمینه خوردگی در صنعت برق	۱۲۰
۵	اعزام پژوهشگران و متخصصان صنعت برق کشور به کنفرانس‌های بین‌المللی	۶۰
۶	اعزام کارشناسان و متخصصان صنعت برق به مراکز علمی و تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم	۶۰
۷	برگزاری دوره‌های آموزشی با حضور کارشناسان و متخصصان خارجی در صنعت برق جهت انتقال مهارت‌های لازم	۶۰
۸	برگزاری کنفرانس‌های تخصصی خوردگی در صنعت برق در سطح ملی و بین‌المللی	۶۰
۹	ایجاد ارتباطات مؤثر میان انجمن خوردگی و انجمن متالورژی با انجمن‌های صنعت برق	۶۰
۱۰	تأمین مالی برای حمایت از توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق	۶۰
۱۱	تدوین و اجرای آیین‌نامه بکارگیری نیروی انسانی متخصص در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق	۶۰
۱۲	شناسایی و تأمین زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق	۲۴
۱۳	تأسیس مرکزی جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات سند	۱۲
۱۴	اصلاح ساختارهای سازمانی فعلی در زمینه کنترل خوردگی در صنعت برق	۲۴
۱۵	تأسیس دفتر مدیریت خوردگی در شرکت‌های مادر تخصصی صنعت برق	۱۲
۱۶	تدوین دستورالعمل‌های الزام‌آور جهت استفاده از فناوری‌های کنترل خوردگی در بخش‌های مختلف صنعت برق	۱۲
۱۷	صدور خدمات فنی مهندسی خوردگی به سایر کشورها	۱۲
۱۸	ارائه مشوق جهت ایجاد انگیزش طرف تقاضای فناوری‌های کنترل خوردگی	۱۲
۱۹	حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان به خصوص شرکت‌های فعال در حوزه‌های بالولویت	۶۰

ردیف	عنوان اقدام	زمان (ماه)
۲۰	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه کنترل خوردگی (در راستای شکل‌گیری شبکه‌های کارآفرینانه)	۶۰
۲۱	اجرای فعالیت‌های آگاه‌سازی جهت تبیین اهمیت حوزه کنترل خوردگی در برنامه‌ریزی‌های کلان صنعت برق	۱۸
۲۲	تدوین استانداردهای ملی مرتبط با کنترل خوردگی	۱۲

۳- تقسیم کار ملی (نگاشت نهادی^۱ مطلوب) فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت

برق ایران

پس از تعیین پروژه‌های اجرایی و محاسبه زمان لازم برای اجرایی شدن هر پروژه، در این بخش با یک نگاشت نهادی مطلوب، مجریان پروژه‌های اجرایی برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق شناسایی خواهند شد. جهت شناسایی مجریان انجام هر پروژه، ابتدا می‌بایست کلیه بازیگران در حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق 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 سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران ترسیم شده است. در انتها نیز متولیان پروژه‌های اجرایی با توجه به نگاشت نهادی مطلوب مشخص شده است.

۳-۱- نگاشت نهادی

از یک سو، تعدد سازمان‌ها و نهادهای خصوصی و دولتی که هر یک به نوعی در توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق 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 نگاشت نهادی استفاده کرد. به کمک نگاشت نهادی به خوبی می‌توان وضعیت بازیگران مختلف موجود در یک صنعت و وضعیت ایفای نقش آن‌ها را بررسی و تحلیل نمود. نگاشت نهادی، ماتریسی است که در یک بعد سازمان‌ها و نهادهای درگیر در این حوزه و در بعد دیگر انواع نقش‌هایی که این سازمان‌ها به عهده می‌گیرند را نمایش می‌دهد. در واقع تکمیل نگاشت نهادی 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 دارند؟ تعدد سازمان‌ها و نهادها چگونه است؟ در صورت کثرت نهادها آیا نیازی به مدیریت یکپارچه نهادهای فعال وجود دارد؟
 - میزان درگیر بودن نهادهای مرتبط و غیرمرتبط در نقش چگونه است؟ آیا نقشی وجود دارد که هیچ نهاد مرتبطی در آن فعالیت ندارد؟
 - آیا در نقش مورد نظر، نیاز به وجود نهادی متمرکز احساس می‌شود؟
 - آیا نهادهای غیردولتی در نقش مورد نظر می‌توانند جایگزین نهادهای دولتی شوند؟
- نگاشت نهادی یکی از ابزارهای مطالعه سیستم نوآوری می‌باشد. نظام ملی نوآوری مجموعه‌ای است از مؤسسات مجزا که به طور مشترک یا انفرادی به توسعه و انتشار فناوری‌های جدید کمک می‌کنند. این مؤسسات چهارچوبی فراهم می‌کنند که دولت‌ها بتوانند در آن چهارچوب، سیاست‌هایی جهت تأثیرگذاری بر فرایند نوآوری را شکل داده و اجرا کنند.
- در یک سطح عمومی کارکرد اصلی یا کلی نظام‌های نوآوری، تعقیب و انجام فرایندهای نوآوری یا به عبارت دیگر «خلق، اشاعه و بهره‌برداری» از نوآوری‌هاست. بنابراین کارکرد اصلی هر نظام نوآوری تولید، اشاعه و بکارگیری دانش و نوآوری می‌باشد. از نظر ادکویست، عواملی که بر خلق، اشاعه و بهره‌برداری از نوآوری‌ها تأثیرگذار باشند، فعالیت محسوب می‌شوند. به عنوان مثال تحقیق و توسعه (به عنوان ابزاری برای تولید دانش)، یکی از فعالیت‌های نظام نوآوری است. تأمین منابع مالی به منظور تجاری‌سازی دانش نیز یک فعالیت 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.

۳-۱-۱- 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 سؤال 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.

۳-۱-۱-۱- سیاست‌گذاری

یک سیاست‌گذار نهادی است که برنامه‌های پی‌گیری شده توسط دولت، کسب‌وکارها 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.

۳-۱-۱-۲- تنظیم‌گری

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

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

در مجموع سه عامل اصلی بر شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری تأثیر دارند:

۱- اهداف و منابع تنظیم‌گری

۲- ساختار نهادی محیط تنظیم‌گری

۳- شرایط مختلف صنعت در محیط تنظیم‌گری

اهداف مختلف تنظیم‌گری آثار مستقیم مختلفی بر نوع تنظیم‌گری مورد استفاده به جای می‌گذارند. اگر اهداف خاص در تنظیم‌گری مد نظر باشد، شکل، کارکرد و دامنه سیاست‌های تنظیم‌گری نیز تحت تأثیر آن قرار می‌گیرند. منابع محدود نیز می‌تواند بر ماهیت و طبیعت تنظیم‌گری اثرگذار باشد، این مسئله می‌تواند به واکنشی شدن سیاست‌های تنظیم‌گری منجر شود. ساختار نهادی و تشکیلاتی کشورها نیز بر قابلیت‌ها و توانایی‌های سازمان‌های تنظیم‌گر 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 تأثیر قرار می‌گیرد. در این حالت‌ها تقاضاکنندگان در بازار نیز از قدرت خرید بالایی برخوردار هستند و عملاً سیاست‌های دستور و کنترل نمی‌تواند کارایی لازم را داشته باشد.

۳-۱-۱-۳ تسهیل‌گری

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

- تسهیل‌گری در بعد فناوری

- تسهیل‌گری منابع دانشی

- تسهیل‌گری منابع مالی

- تسهیل‌گری ظرفیت‌سازی و ترویج

- تسهیل‌گری توسعه ارتباطات

۳-۱-۱-۴- ارائه‌دهنده کالا و خدمات

ارائه‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی: تأمین‌کننده خدمات آموزشی و پژوهشی شامل دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مؤسساتی هستند که در زمینه آموزش و پژوهش در حوزه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق با ظرفیت بالا فعالیت می‌کنند.

ارائه‌کننده خدمات صنعتی: شامل شرکت‌هایی هستند که در زمینه تولید یا تأمین تجهیزات مورد نیاز فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق فعالیت می‌کنند. این شرکت‌ها ممکن است سازنده تمام قطعات نبوده و ترکیبی از عملیات طراحی، ساخت و مونتاژ ادوات را انجام دهند و یا ارائه‌کننده محصول یا خدمتی به سازندگان تجهیزات فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق باشند.

۳-۱-۲- مراحل طراحی نگاشت نهادی طرح توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

ایران

با توجه به موارد ارائه شده در رابطه با نگاشت نهادی و کارکردهای اصلی آن، در این بخش مراحل اصلی طراحی نگاشت طرح توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ارائه می‌گردد.

۳-۱-۲-۱- شناسایی سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

نهادهای اصلی مرتبط با فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق 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 فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق شامل موارد زیر می‌باشد که در پیوست ۳ توضیحی از وظایف هر کدام آورده شده است.

۱- هیئت‌وزیران

- ۲- مجمع تشخیص مصلحت نظام
- ۳- شورای عالی انقلاب فرهنگی
- ۴- شورای عالی عتف
- ۵- مجلس شورای اسلامی
- ۶- وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
- ۷- وزارت صنعت، معدن و تجارت
- ۸- وزارت نیرو
- ۹- معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
- ۱۰- مرکز همکاری‌های فناوری و نوآوری ریاست جمهوری
- ۱۱- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)
- ۱۲- معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی (وزارت نیرو)
- ۱۳- دبیرخانه شورای استاندارد (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)
- ۱۴- دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)
- ۱۵- معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)
- ۱۶- دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)
- ۱۷- دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)
- ۱۸- سازمان ملی استاندارد ایران
- ۱۹- دفتر امور تحقیقات برق (معاونت منابع انسانی و تحقیقات توانیر)
- ۲۰- صندوق غیردولتی پژوهش و فناوری صنعت برق
- ۲۱- پژوهشگاه نیرو (وزارت نیرو)
- ۲۲- مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)
- ۲۳- پارک‌های علم و فناوری (ریاست جمهوری)

۲۴- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور

۲۵- صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران

۲۶- دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی

۲۷- شرکت‌های خصوصی

۲۸- انجمن‌های علمی (مانند انجمن خوردگی ایران)

۳-۱-۲-۲- شناخت روابط میان بنگاهی بین نهادهای مرتبط با فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

در این بخش، تلاش شده است تا ضمن شناسایی و بررسی تعاملات موجود میان نهادهای مختلف و توجه به کارکرد اصلی آن‌ها در نظام توسعه این فناوری، نقاط ضعف، کاستی‌ها و گسستگی‌ها در این زمینه مشخص شود. کارکردهایی که با توجه به نظام نوآوری در نگاشت نهادی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق به کار برده شده است شامل: سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری، ارائه‌دهنده کالا و خدمات (آموزشی، پژوهشی و صنعتی) می‌باشد.

۳-۱-۲-۳- تهیه ماتریس نهاد-کارکرد برای وضع موجود

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده در مراحل قبل می‌توان ماتریس نهاد-کارکرد را در حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق تهیه کرد. همان‌گونه که از نام این ماتریس مشخص است دو عامل، نهادهای مختلف و کارکردهای شناسایی شده بر اساس ادبیات نظام نوآوری در کنار هم آمده‌اند.

جدول ۴- نگاشت نهادی سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق (تولید، انتقال و توزیع)

ارائه‌دهنده کالا و خدمات			تسهیل‌گری	تنظیم‌گری	سیاست‌گذاری	کارکرد
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 برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)
					*	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی (وزارت نیرو)
				*		دبیرخانه شورای استاندارد (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)
					*	دفتر آموزش تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)
					*	معاونت برق و انرژی (وزارت نیرو)
				*		دفتر استانداردهای فنی، مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)
				*		دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)
				*		سازمان ملی استاندارد ایران
					*	دفتر امور تحقیقات برق (معاونت منابع انسانی و تحقیقات توانیر)
			*			صندوق غیردولتی پژوهش و فناوری صنعت برق
	*					پژوهشگاه نیرو (وزارت نیرو)
			*			مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی (پژوهشگاه نیرو)
			*			پارک‌های علم و فناوری (ریاست جمهوری)
			*			صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور
			*			صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران
	*	*				دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی
*						شرکت‌های خصوصی
		*	*			انجمن‌ها (انجمن خوردگی ایران)

۳-۱-۳- تحلیل نگاشت نهادی

در این نگاشت ابتدا بازیگران و ذینفعان اصلی تأثیرگذار در حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق شناخته شده و در ادامه کارکردهای اصلی هر کدام از این ذینفعان در توسعه‌ی این فناوری‌ها با توجه به چهار کارکرد اصلی ذکر شده مشخص شده است. در این نگاشت نهادی، ۲۸ گروه تأثیرگذار اصلی شناسایی شده است که در ابتدا اهداف و وظایف هر یک بررسی شده و سپس نگاشت نهادی کلی توسعه‌ی این فناوری‌ها بر اساس این وظایف و اهداف در جدول ۴ بیان شده است که در این جدول نقشی که هر بازیگر در توسعه‌ی این فناوری‌ها متولی آن است، مشخص شده است.

با توجه به نگاشت ترسیم شده، هر چند نهادها و سازمان‌های مختلفی با کارکردهای مختلف سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل‌گری و ارائه کالا و خدمات در حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق فعال هستند ولی نارسایی‌ها و خلأهایی نیز در این نگاشت نهادی وجود دارد که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌گردد.

یکی از ضعف‌های نگاشت نهادی وضع موجود، عدم وجود یک نهاد متمرکز در حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق می‌باشد. ایجاد یک نهاد با عنوان مرکز ملی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، که علاوه بر مشارکت با نهادهای سیاست‌گذار، دارای نقش تنظیم‌گری و تسهیل‌گری نیز باشد، می‌تواند به توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق کمک کند. این نهاد می‌تواند نقش تنظیم‌گر و تسهیل‌گر را ایفا کند.

نارسایی دیگری که در نگاشت نهادی وضع موجود در حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق وجود دارد، عدم وجود یک انجمن یا تشکل مستقل در این حوزه می‌باشد. این انجمن می‌تواند ضمن مشارکت و همفکری با مراکز تصمیم‌گیری دولت در تدوین آیین‌نامه‌ها و مقررات مرتبط با توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق حمایت کند.

۳-۲- تخصیص متولیان اقدامات مدیریتی و پروژه‌های فنی

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 پروژه‌های فنی در جدول‌های ۵ و ۶ ارائه شده است.

جدول ۵- متولیان اقدامات غیرفنی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

ردیف	اقدام	متولی
۱	ارائه تسهیلات به پابان‌نامه‌های تعریف شده در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق در حوزه‌های باالولیت	- دبیرخانه مرکز فناوری‌های نوین خوردگی در صنعت برق - صندوق غیردولتی پژوهش و فناوری صنعت برق - مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی
۲	انعقاد قراردادهای همکاری فناورانه با مراکز پژوهشی خارج از صنعت برق (مثلاً پژوهشگاه صنعت نفت)	- دبیرخانه مرکز - وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۳	راه‌اندازی مراکز آزمایشگاهی جهت تحقیق و توسعه	- کمیته فنی-اقتصادی مرکز فناوری‌های نوین خوردگی در صنعت برق
۴	تهیه و به‌روزرسانی بانک اطلاعاتی در زمینه خوردگی در صنعت برق	معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو
۵	اعزام پژوهشگران و متخصصان صنعت برق کشور به کنفرانس‌های بین‌المللی	- دبیرخانه مرکز فناوری‌های نوین خوردگی در صنعت برق - دانشگاه‌ها - وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - انجمن خوردگی ایران
۶	اعزام کارشناسان و متخصصان صنعت برق به مراکز علمی و تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم	- دبیرخانه مرکز فناوری‌های نوین خوردگی در صنعت برق - سندیکای صنعت برق
۷	برگزاری دوره‌های آموزشی با حضور کارشناسان و متخصصان خارجی در صنعت برق جهت انتقال مهارت‌های لازم	- سندیکای صنعت برق
۸	برگزاری کنفرانس‌های تخصصی خوردگی در صنعت برق در سطح ملی و بین‌المللی	- دبیرخانه مرکز فناوری‌های نوین خوردگی در صنعت برق - انجمن خوردگی ایران - دانشگاه‌ها - شرکت‌های تولیدکننده - شرکت‌های مشاور
۹	ایجاد ارتباطات مؤثر میان انجمن خوردگی و انجمن متالورژی با انجمن‌های صنعت برق	- دبیرخانه مرکز فناوری‌های نوین خوردگی در صنعت برق
۱۰	تأمین مالی برای حمایت از توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق	- دبیرخانه مرکز فناوری‌های نوین خوردگی در صنعت برق - وزارت صنعت، معدن و تجارت - معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی
۱۱	حمایت از بکارگیری نیروی انسانی متخصص در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق	- وزارت نیرو - وزارت صنعت، معدن و تجارت
۱۲	شناسایی و تأمین زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد نیاز	- دبیرخانه مرکز فناوری‌های نوین خوردگی در

ردیف	اقدام	متولی
	برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق	صنعت برق - پژوهشگاه نیرو - وزارت نیرو
۱۳	تأسیس مرکزی جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات سند	- پژوهشگاه نیرو
۱۴	اصلاح ساختارهای سازمانی فعلی در زمینه کنترل خوردگی در صنعت برق	- وزارت نیرو
۱۵	تأسیس دفتر مدیریت خوردگی در شرکت‌های مادر تخصصی صنعت برق	- پژوهشگاه نیرو - وزارت نیرو
۱۶	تدوین دستورالعمل‌های الزام‌آور جهت استفاده از فناوری‌های کنترل خوردگی در بخش‌های مختلف صنعت برق	- پژوهشگاه نیرو - وزارت نیرو
۱۷	صدور خدمات فنی مهندسی خوردگی به سایر کشورها	- پژوهشگاه نیرو - وزارت نیرو
۱۸	ارائه مشوق جهت ایجاد انگیزش طرف تقاضای فناوری‌های کنترل خوردگی	- پژوهشگاه نیرو - وزارت نیرو
۱۹	حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان به خصوص شرکت‌های فعال در حوزه‌های باولویت	- دبیرخانه مرکز فناوری‌های نوین خوردگی در صنعت برق - صندوق غیردولتی پژوهش و فناوری صنعت برق - مرکز توسعه فناوری صنعت برق و انرژی - معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی
۲۰	برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه کنترل خوردگی (در راستای شکل‌گیری شبکه‌های کارآفرینانه)	- پژوهشگاه نیرو - وزارت نیرو - انجمن خوردگی ایران
۲۱	اجرای فعالیت‌های آگاه‌سازی جهت تبیین اهمیت حوزه کنترل خوردگی در برنامه‌ریزی‌های کلان صنعت برق	- انجمن خوردگی ایران - دبیرخانه مرکز فناوری‌های نوین خوردگی در صنعت برق
۲۲	تدوین استانداردهای ملی مرتبط با کنترل خوردگی	- پژوهشگاه نیرو

جدول ۶- متولیان پروژه‌های فنی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

ردیف	پروژه	متولی
۱	انتخاب فولادهای جدید مقاوم به خوردگی مناسب جهت استفاده در نیروگاه بخاری، با انجام آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه بخاری، در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه بخاری، در مقیاس نیمه‌صنعتی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۴	انتخاب فولادهای جدید مقاوم به خوردگی مناسب جهت استفاده در نیروگاه آبی، با انجام آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۵	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه آبی در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۶	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه آبی در مقیاس نیمه‌صنعتی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۷	انتخاب سوپرآلیاژهای جدید مناسب جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی، با انجام آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۸	انتخاب آلیاژهای تیتانیوم مناسب جهت استفاده در نیروگاه‌های بخاری و گازی، با انجام آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۹	توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم جهت استفاده در نیروگاه‌های بخاری و گازی در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۱۰	توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم جهت استفاده در نیروگاه‌های بخاری و گازی در مقیاس نیمه‌صنعتی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۱۱	انتخاب کامپوزیت‌های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق، با انجام آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۱۲	توسعه فناوری ساخت کامپوزیت‌های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۱۳	توسعه فناوری ساخت کامپوزیت‌های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه‌صنعتی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۱۴	شناسایی و انتخاب پودر پوشش و روش‌های پوشش‌دهی مناسب جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی با انجام آزمایش‌های شبیه‌سازی شده	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۱۵	توسعه فناوری ساخت پودر پوشش‌های مورد استفاده در قطعات مسیر داغ	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

ردیف	پروژه	متولی
	توربین‌های گازی در مقیاس آزمایشگاهی	
۱۶	توسعه فناوری ساخت پودر پوشش‌های مورد استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در مقیاس نیمه صنعتی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۱۷	توسعه فناوری پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۱۸	توسعه فناوری پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در مقیاس نیمه صنعتی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۱۹	شناسایی و انتخاب مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید و روش‌های پوشش‌دهی مناسب جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق با انجام آزمایش‌های شبیه‌سازی شده	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۰	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۱	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۲	توسعه فناوری پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های آلی و تبدیلی، در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۳	توسعه فناوری پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های آلی و تبدیلی، در مقیاس نیمه صنعتی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۴	شناسایی و انتخاب مواد اولیه سایر پوشش‌های فلزی و غیر فلزی جدید و روش‌های پوشش‌دهی مناسب جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق با انجام آزمایش‌های شبیه‌سازی شده	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۵	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه سایر پوشش‌های فلزی و غیر فلزی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۶	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه سایر پوشش‌های فلزی و غیر فلزی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۷	توسعه فناوری پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های فلزی و غیر فلزی، در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۸	توسعه فناوری پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های فلزی و غیر فلزی، در مقیاس نیمه صنعتی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۲۹	توسعه فناوری‌های نوین حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۰	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۱	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده در مقیاس نیمه صنعتی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۲	توسعه فناوری ساخت سیستم‌های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۳	توسعه فناوری‌های نوین حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

ردیف	پروژه	متولی
۳۴	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان در مقیاس آزمایشگاهی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۵	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان در مقیاس نیمه صنعتی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۶	توسعه فناوری ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۷	توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص حفره دار شدن در لوله های کندانسور، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۸	توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص ترک های ناشی از خوردگی در لوله های کندانسور، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۳۹	توسعه فناوری ساخت سیستم بازرسی سطوح داخلی لوله های واتروال، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۴۰	توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص ترک های ناشی از خوردگی در لوله های بویلر در چین کار، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۴۱	توسعه فناوری ساخت سیستم اندازه گیری ضخامت رسوبات داخلی لوله های بویلر و کندانسور از بیرون لوله، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۴۲	توسعه فناوری ساخت سیستم تعیین میزان هیدروژن در سیکل آب و بخار و تشخیص آسیب های ناشی از آن به صورت آنلاین، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۴۳	توسعه فناوری ساخت سیستم بازرسی قطعات مسیر داغ توربین های گازی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۴۴	توسعه فناوری های نوین تهیه اطلس خوردگی در صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۴۵	توسعه فناوری ساخت سیستم پایش خوردگی سازه های بتنی مورد استفاده در صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۴۶	توسعه فناوری ساخت سیستم پایش خوردگی تجهیزات مختلف نیروگاه به روش دستگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۴۷	شناسایی و انتخاب بازدارنده های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۴۸	توسعه فناوری ساخت بازدارنده های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس آزمایشگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۴۹	توسعه فناوری ساخت بازدارنده های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه صنعتی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۵۰	شناسایی و انتخاب افزودنی های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

ردیف	پروژه	متولی
	تجهیزات صنعت برق	
۵۱	توسعه فناوری ساخت افزودنی های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس آزمایشگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو
۵۲	توسعه فناوری ساخت افزودنی های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه صنعتی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	شرکت خصوصی، دانشگاه و پژوهشگاه نیرو

۴- ترسیم رهنگاشت فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران

آخرین گام در فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی تدوین رهنگاشت است. رهنگاشت نمایانگر ارکان اساسی فرآیند پیاده‌سازی استراتژی و خروجی فرایند برنامه‌ریزی عملیاتی می‌باشد. نمایش کلیه سطوح راهبردی از چشم‌انداز تا فعالیت‌ها، تقدم و تأخر حاکم در سطوح مختلف به‌ویژه در سطح اقدامات، زمان‌بندی تحقق هر سطح به همراه منابع اختصاص یافته و در نهایت معرفی متولیان هر یک از سطوح اجزای تشکیل‌دهنده رهنگاشت می‌باشند.

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. آن چنان که در بسیاری از موارد، درحالی که استراتژی‌های ارزشمندی بر روی کاغذ آمده‌اند، تصمیمات و برنامه‌های اجرایی بدون توجه به استراتژی‌ها و سیاست‌ها به اجرا گذاشته 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 تاکید کرد که هیچ‌گاه رهنگاشت نمی‌تواند جای راهبر را بگیرد و کلید به کارگیری این الگو در پیاده‌سازی استراتژی قابلیت‌های هنرمندانه راهبری است. آن چنانکه استفاده از تکنیک‌ها و متدلوژی‌های 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 مؤلفه‌ها 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 کسب‌وکار سازمان محسوب می‌شود. همچنین تعاریف ذیل در تفسیر مفهوم ره‌نگاشت ارائه شده است:

(الف) ره‌نگاشت ابزاری است برای ارتباط بین چشم‌انداز، ارزش‌ها و اهداف با اقدامات استراتژیکی که برای تحقق اهداف مورد نیاز است.

(ب) ره‌نگاشت جدولی زمانی است که بخش‌های مختلف یک برنامه کاری را تعریف نموده و درعین حال سررسیدهای^۱ موجود در مسیر را نیز شامل می‌شود.

(ج) ره‌نگاشت برنامه‌ای است برای شناسایی مسیر آینده که آنچه باید در آینده توسعه یابد را در بستر زمان نشان می‌دهد.

(د) ره‌نگاشت آنچه را که باید در بین زمان‌های سررسید از زمان حال تا زمان تحقق هدف انجام شود نشان می‌دهد.

(ه) ره‌نگاشت مجموعه‌ای است که شامل اهداف کمی و کیفی، استراتژی‌ها و تاکتیک‌ها (اقدامات، فعالیت‌ها و شاخص‌ها) بوده و بازه‌های زمانی و مجریان در نظر گرفته شده برای انجام این اقدامات را نشان می‌دهد.

لذا برای رسیدن به هدف، ره‌نگاشت باید سطح مطلوب و مناسبی از جزئیات را در بر گرفته تا در مجموع ابزار توانمندی را برای هدایت فعالیت‌ها در طول زمان در اختیار مدیران سازمان قرار دهد. اگر چه برخی تعاریف کارکردهایی همچون توجیه اقتصادی اقدامات و معرفی پیچیدگی‌های موجود بین زیر سیستم‌های زیرساخت‌ها را نیز از مؤلفه‌های یک ره‌نگاشت می‌دانند، اما برخی تعاریف سعی در هر چه واقعی‌تر کردن انتظارات کاربران از کارکردهای ره‌نگاشت دارند و بیان می‌کنند همان طور که ره‌نگاشت نباید در صدد تشریح استراتژی‌ها برآید، نباید به صورت جزئی به تشریح زیرساخت‌های فنی لازم در پیاده‌سازی یک فناوری اشاره کنند.

در یک جمع‌بندی، می‌توان این گونه بیان نمود که ره‌نگاشت، نمایش کلانی از روش پیمودن مسیر تحقق اهداف را در زمان مشخص بیان می‌کند. اگر چه استفاده از مشخصه‌هایی همچون شاخص تحقق اقدام، مجری و نقاط خاص^۲ موجود در مسیر، به

1 - Deadline

2- Milestone

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 طرح توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق در افق زمانی ۱۰ ساله ترسیم شده است. این ره‌نگاشت‌ها شامل نقشه‌راه توسعه نظام نوآوری فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات غیر فنی) و نیز نقشه‌راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات فنی) است. این ره‌نگاشت‌ها در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

ابتدای ۱۳۹۹ تا انتهای ۱۴۰۳	ابتدای ۱۳۹۷ تا انتهای ۱۳۹۸	ابتدای ۱۳۹۶ تا انتهای ۱۳۹۶	ابتدای ۱۳۹۴ تا انتهای ۱۳۹۵
<ul style="list-style-type: none"> • اعزام کارشناسان و متخصصان صنعت برق به مراکز علمی و تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم • حمایت از بکارگیری نیروی انسانی متخصص در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق • حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان به خصوص شرکت‌های فعال در حوزه‌های بااولویت • برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه کنترل خوردگی (در راستای شکل‌گیری شبکه‌های کارآفرینانه) 	<ul style="list-style-type: none"> • انعقاد قراردادهای همکاری فناورانه با مراکز پژوهشی خارج از صنعت برق (مثلا پژوهشگاه صنعت نفت) • تأسیس دفتر مدیریت خوردگی در شرکت‌های مادر تخصصی • صدور خدمات فنی مهندسی خوردگی به سایر کشورها • ارائه مشوق جهت ایجاد انگیزش طرف تقاضای فناوری‌های کنترل خوردگی 	<ul style="list-style-type: none"> • شناسایی و تأمین زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق • اصلاح ساختارهای سازمانی فعلی در زمینه کنترل خوردگی در صنعت برق • اجرای فعالیت‌های آگاه‌سازی جهت تبیین اهمیت حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق • راه‌اندازی مراکز آزمایشگاهی جهت تحقیق و توسعه 	<ul style="list-style-type: none"> • ایجاد ارتباط مؤثر میان انجمن خوردگی و انجمن متالورژی با انجمن‌های صنعت برق • تأسیس مرکزی جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات سند • تدوین دستورالعمل‌های الزام‌آور جهت استفاده از فناوری‌های کنترل خوردگی در بخش‌های مختلف صنعت برق • تدوین استانداردهای ملی مرتبط با کنترل خوردگی
<ul style="list-style-type: none"> • ارائه تسهیلات به پایان‌نامه‌های تعریف شده در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق در حوزه‌های بااولویت • تسهیل حضور پژوهشگران و متخصصان صنعت برق کشور در کنفرانس‌های بین‌المللی • برگزاری دوره‌های آموزشی با حضور کارشناسان و متخصصان خارجی در صنعت برق جهت انتقال مهارت‌های لازم • برگزاری کنفرانس‌های تخصصی خوردگی در صنعت برق در سطح ملی و بین‌المللی • تأمین مالی برای حمایت از توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق 			

• تهیه و به‌روزرسانی بانک اطلاعاتی در زمینه خوردگی در صنعت برق

شکل ۴- نقشه‌راه توسعه نظام نوآوری فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق (مبتنی بر اقدامات غیرفنی).



لازم به ذکر است که تقدم و تأخر پروژه‌های فنی در نقشه راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی، بر اساس میزان جذابیت هریک از آن‌ها که با استفاده از جدول جذابیت در گزارش مرحله سوم تعیین شده است، مشخص گردیده است. هم چنین تمامی اقدامات، قابل انجام به صورت موازی می‌باشند و در صورت وجود بودجه به میزان کافی، همگی می‌توانند از سال اول شروع گردند، اما به دلیل محدودیت بودجه این امر امکان‌پذیر نمی‌باشد. به همین دلیل در تهیه نقشه‌راه تلاش شده است که در هر سال، بودجه لازم برای انجام پروژه‌ها از حد خاصی فراتر نرود.

نتیجه گیری

در مرحله پنجم از طرح «تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)»، برنامه عملیاتی سند و نقشه راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق تدوین شد. این برنامه عملیاتی شامل پروژه‌ها، زمان بندی و بودجه مورد نیاز آن‌ها است. در این گزارش ابتدا فرایند تدوین پروژه‌های اجرایی سند بر اساس اقدامات شناسایی شده در مرحله چهارم توضیح داده شد، سپس با توجه به سطح اقدامات غیرفنی تصمیم گرفته شد تا این اقدامات به سطح پایین تر شکسته نشود. پس از این مرحله زمان بندی و بودجه بندی مربوط به اقدامات و پروژه‌ها مشخص شد و با توجه به شکسته نشدن اقدامات غیرفنی، زمان و هزینه برای اقدامات تعیین شد. در گام بعدی فرایند برنامه ریزی عملیاتی، متولیان انجام اقدامات و پروژه‌ها مشخص شد. برای این کار ابتدا وضعیت موجود نهادهای مرتبط با توسعه فناوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق مشخص شد و سپس پیشنهادهایی برای بهبود آن ارائه شد و نگاشت نهادی فناوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق ترسیم گردید. در نهایت با توجه به این که اقدامات به دو دسته فنی و غیرفنی تقسیم شده بود دو ره نگاشت برای توسعه نظام نوآوری فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق و نیز برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق در بازه ۱۰ ساله ترسیم شد.

پیوست شماره ۱

فرم شناسنامه اقدامات مدیریتی

در این بخش شناسنامه اقدامات مدیریتی تعیین شده در طرح توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ارائه شده است.

۱-۱ سیاست‌ها و اقدامات مربوط به توسعه دانش

۱-۱-۱-۱- ارائه تسهیلات به پایان‌نامه‌های تعریف شده در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق در

حوزه‌های با اولویت

بر اساس بررسی‌های انجام شده در فاز چهارم تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)، مشخص شد که یکی از چالش‌های اساسی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در کشور، چالش‌های مربوط به کارکرد توسعه دانش این فناوری‌ها است. حمایت از پژوهش و تحقیق یکی از راهکارهای رفع چالش‌هایی همچون کمبود کمی و کیفی فعالیت دانشگاهی برای تولید دانش و شکاف تحقیقاتی زیاد بین ایران و کشورهای پیشرو در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق می‌باشد. از این رو یکی از اقدامات سند راهبردی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران، "ارائه تسهیلات به پایان‌نامه‌های تعریف شده در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق در حوزه‌های با اولویت" در نظر گرفته شده است.

حمایت از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری مرتبط با فناوری‌های نوین کنترل خوردگی به سه روش امکان‌پذیر است

:

الف) حمایت‌های مالی: این حمایت به عنوان اصلی‌ترین فعالیت به شمار می‌رود. این حمایت در سه حوزه مختلف قابل انجام

است:

- حمایت مالی از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد به صورت کمک نقدی به دانشجو
- حمایت مالی از پایان‌نامه‌های دکتری به صورت کمک نقدی به دانشجو
- حمایت تشویقی از صنعتی شدن دستاوردهای پایان‌نامه‌ها به طوری که در مواردی که پایان‌نامه کاملاً در راستای نیازهای صنعت بوده و در این بخش قابل اجرا باشد، فرد مبلغی را به عنوان تشویقی دریافت کند.
- (ب) پشتیبانی‌های فیزیکی: این نوع حمایت شامل دو عنوان اصلی می‌شود:
 - حق استفاده از آزمایشگاه‌ها: در این مورد به دانشجویانی که پایان‌نامه‌هایی مرتبط با موضوعات مطرح شده در حوزه فناوری‌های کنترل خوردگی تعریف کرده‌اند، حق استفاده به صورت رایگان ولی در تعداد محدودی آزمایش در هر سال از آزمایشگاه‌ها داده می‌شود.
 - حق استفاده از کتابخانه‌های خارج از دانشگاه‌ها: در این مورد حق استفاده رایگان از کتابخانه‌های مرتبط با این موضوع به دانشجویان داده می‌شود.
- (ج) حمایت‌های مشاوره‌ای: این نوع حمایت به منظور رفع موانع علمی دانشجویان و کمک به ایشان در انجام پایان‌نامه می‌باشد که از آن به عنوان اطلاع‌رسانی علمی و مشاوره علمی به دانشجویان یاد شده است.
- به منظور ارتقای سطح پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه و جلوگیری از هدر رفت هزینه و انرژی حمایت از پایان‌نامه‌ها باید به صورت گزینشی انجام پذیرد و با بررسی پایان‌نامه‌های مختلف تعریف شده در این حوزه از پایان‌نامه‌های کاربردی و منطبق بر نیازهای صنعت برق حمایت شود. در راستای اجرای این اقدام فعالیت‌های مختلفی باید انجام شود، که لیست این فعالیت‌ها در جدول زیر ارائه شده است.

ردیف	فعالیت	تعداد (در سال)	زمان (ماه)
۱	شناسایی پایان‌نامه‌های کاربردی	۱	۶۰
۲	حمایت مالی از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد	۱۵	۶۰
۳	حمایت مالی از پایان‌نامه‌های دکتری	۵	۶۰
۴	حمایت تشویقی از صنعتی شدن دستاوردهای پایان‌نامه‌ها	۲	۶۰
۵	حق استفاده از آزمایشگاه‌ها	۲۰	۶۰
۶	حق استفاده از کتابخانه‌های خارج از دانشگاه‌ها	-	-
۷	حمایت‌های مشاوره‌ای	-	۶۰

شاخص اقدام:

تعداد پایان نامه های حمایت شده با موضوعات با اولویت خوردگی در صنعت برق در هر سال، که تعداد پایان نامه ها به تفکیک نوع و نحوه حمایت در جدول فوق ارائه شده است.

زمان بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه است.

۱-۱-۲- انعقاد قراردادهای همکاری فناورانه با مراکز پژوهشی خارج از صنعت برق (مانند پژوهشگاه صنعت نفت)

یکی از چالش های سند توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران "عدم کفایت کمی و کیفی مراکز تحقیقاتی در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق" است. این در حالی است که فناوری های نوین کنترل خوردگی علاوه بر صنعت برق در دیگر صنایع نیز دارای کاربرد می باشد. یکی از راه حل های موثر رفع این چالش بهره گیری از ظرفیت های موجود در خارج از صنعت برق در حوزه فناوری های نوین کنترل خوردگی است. در صورت همکاری فناورانه صنعت برق و صنایع مرتبط دیگر می توان گام موثری در توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در داخل کشور برداشت. بدین منظور "انعقاد قراردادهای همکاری فناورانه با مراکز پژوهشی خارج از صنعت برق (مانند پژوهشگاه صنعت نفت)" به عنوان یکی از اقدامات مدیریتی سند توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران در نظر گرفته شده است.

شناسایی مراکز پژوهشی مرتبط با فناوری های نوین کنترل خوردگی در سایر صنایع، تشکیل کمیته پیگیری و رایزنی به منظور انعقاد قراردادهای همکاری فناورانه با مراکز پژوهشی شناسایی شده از جمله فعالیت های قابل تصور در راستای اجرای این اقدام می باشند. لیست این فعالیت ها، به همراه زمان مربوط به آن ها در جدول بعد آورده شده است.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	شناسایی مراکز پژوهشی مرتبط با فناوری های نوین کنترل خوردگی خارج از صنعت برق	۲
۲	تشکیل کمیته پیگیری جهت رایزنی و انعقاد قراردادهای همکاری فناورانه با مراکز پژوهشی شناسایی شده	۲
۳	رایزنی و انعقاد قراردادهای همکاری فناورانه با مراکز پژوهشی شناسایی شده در سایر صنایع	۸

شاخص اقدام:

تعداد طرح‌های مشترک انجام شده با مراکز پژوهشی خارج از صنعت برق در هر سال، که تعریف طرح مشترک در ۵ حوزه حفاظت کاتدی، بازدارنده های خوردگی، پوشش های مقاوم در برابر خوردگی، بازرسی و پایش خوردگی و انتخاب مواد در هر سال به عنوان معیار این شاخص در نظر گرفته شده است.

زمان بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۱۲ ماه است.

۱-۱-۳- راه اندازی و تجهیز مرکز آزمایشگاهی مرجع جهت تحقیق و توسعه

طبق مطالعات انجام شده در فاز چهارم سند و نظر خبرگان در حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی، یکی از موانع تحقیق و توسعه در این حوزه ضعف زیرساخت‌های تحقیقاتی مورد نیاز از جمله آزمایشگاه‌ها است. از آنجایی که نبود امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی مورد نیاز سبب شده که توسعه فناوری حتی در زمینه‌هایی که توانایی تئوری متخصصان داخلی در آن‌ها بالا است اتفاق نیفتد، حل این چالش از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. راه‌اندازی و تجهیز یک آزمایشگاه مرجع خوردگی در صنعت برق می‌تواند بخشی از کمبودهای زیرساختی کشور در این حوزه را جبران نماید. این مرکز آزمایشگاهی وظیفه ارائه خدمات تحقیق و توسعه به بازیگران فعال در زمینه توسعه دانش در این حوزه را دارد. این مرکز آزمایشگاهی زیر نظر کمیته آموزش و پژوهش مرکز خوردگی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق فعال خواهد بود.

فعالیت‌های مختلفی جهت راه‌اندازی و تجهیز آزمایشگاه باید انجام گیرد که لیست این فعالیت‌ها به همراه زمان مورد نیاز برای انجام هر یک از آن‌ها در جدول بعد ارائه شده است.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	کسب مجوزهای لازم برای ایجاد یک مرکز آزمایشگاهی مجهز برای تحقیق و توسعه فناوری‌های نوین خوردگی در صنعت برق	۳
۲	خرید تجهیزات مورد نیاز و راه‌اندازی مرکز آزمایشگاهی	۱۵
۳	جذب و به کارگیری نیروهای متخصص در آزمایشگاه به منظور انجام آنالیزهای مختلف	۳
۴	تدوین دستورالعمل نحوه و تعرفه ارائه خدمات به بازیگران مختلف	۳

شاخص اقدام:

وضعیت راه‌اندازی و تجهیز مراکز آزمایشگاهی مرجع

زمان‌بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۲۴ ماه است.

۱-۱-۴- تهیه بانک اطلاعاتی و آماری در زمینه خوردگی در صنعت برق

طبق نظر خبرگان در زمینه فناوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق یکی از چالش‌های توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق نبود اطلاعات دقیق از میزان و هزینه ناشی از خوردگی در بخش‌های مختلف صنعت برق است. در صورت وجود چنین اطلاعاتی می‌توان روش مناسب برای جلوگیری از هزینه‌های خوردگی را انتخاب و به کاهش هزینه‌ها و ارتقای پایداری شبکه برق کمک کرد. با تهیه یک بانک اطلاعاتی جامع و دقیق از بخش‌های مختلف صنعت برق و تعیین میزان خوردگی سالانه تجهیزات مختلف صنعت برق می‌توان این مشکل را تا حد زیادی مرتفع نمود. تهیه بانک اطلاعاتی و آماری در زمینه خوردگی در صنعت برق به عنوان یکی از اقدامات توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق در نظر گرفته شده است.

فعالیت‌های در نظر گرفته شده در رابطه با این اقدام و زمان هر فعالیت در جدول بعد تعیین شده است.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	تعریف پروژه به منظور گردآوری و دسته‌بندی محتوای مناسب برای ارائه در بانک اطلاعاتی	۶
۲	طراحی سیستم نرم‌افزاری مورد نیاز	۶
۳	ایجاد امکان دسترسی بازیگران و ذینفعان مختلف این حوزه به اطلاعات	۲
۴	به‌روزرسانی اطلاعات ارائه شده در بانک اطلاعاتی	۱۰۸

شاخص اقدام:

وضعیت تهیه بانک اطلاعاتی مورد نیاز در زمینه خوردگی در صنعت

زمان بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۱۲۰ ماه است.

۱-۱-۵- تسهیل حضور پژوهشگران و متخصصان صنعت برق کشور در کنفرانس های بین المللی

از چالش های موجود در تعاملات میان بازیگران توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق کشور، می توان به "عدم حضور نمایندگان صنعت برق ایران در سمینارهای بین المللی در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق" اشاره کرد. شرکت در همایش و سمینارهای علمی بین المللی از یک سو سبب آشنایی محققان کشور با تکنولوژی های جدید و کاهش شکاف دانشی کشور شده و از سوی دیگر سبب تقویت روابط پژوهشگران و محققین داخلی با دانشمندان و صنایع پیشرو در حوزه فناوری های نوین کنترل خوردگی می شود. از همین رو حضور پژوهشگران و متخصصان صنعت برق کشور در کنفرانس های بین المللی می تواند به توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی کمک کند.

لازمه اجرای مناسب این اقدام انجام فعالیت هایی همچون تدوین اساس نامه اعزام پژوهشگر به کنفرانس های بین المللی، شناسایی افراد شایسته و واجد شرایط بر مبنای اساس نامه تدوین شده، ایجاد هماهنگی های لازم با سازمان های داخلی و مراکز خارجی برای اعزام پژوهشگران و متخصصان صنعت برق و اعزام آنها به کنفرانس های بین المللی است. لازم به ذکر است که در اساس نامه تدوین شده شرایط لازم برای ثبت نام افراد در لیست اعزام به کنفرانس های بین المللی، نحوه امتیازدهی و رتبه بندی افراد داوطلب اعزام، نحوه و اصول انتخاب مراکز تحقیقاتی - صنعتی خارجی برای اعزام نیرو باید به صورت واضح مشخص شود. زمان انجام هر یک از فعالیت های در نظر گرفته شده در جدول زیر ارائه شده است.

شاخص اقدام:

تعداد پژوهشگران و متخصصان صنعت برق شرکت کننده در کنفرانس های بین المللی، که با توجه به جدول فوق اعزام ۵ نفر در سال به عنوان معیار این شاخص انتخاب شده است.

زمان بندی:

با توجه به جدول زیر مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه است.



ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	تدوین اساس‌نامه اعزام پژوهشگران و متخصصان صنعت برق به کنفرانس‌های بین‌المللی	-	۴
۲	شناسایی افراد شایسته و واجد شرایط بر مبنای اساس‌نامه تدوین شده	۱	۵۴
۳	ایجاد هماهنگی‌های لازم با سازمان‌های داخلی برای اعزام پژوهشگران و متخصصان	-	۲
۴	اعزام پژوهشگران و متخصصان صنعت برق به کنفرانس‌های بین‌المللی	۵ نفر	۵۴

۱-۱-۶- اعزام کارشناسان و متخصصان صنعت برق به مراکز علمی و تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور

جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم

در بررسی‌های انجام شده در رابطه با وضعیت کنونی فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق کشور مشخص گردید، که دانش بکارگیری فناوری‌های مختلف کنترل خوردگی در تجهیزات مختلف صنعت برق شکاف تکنولوژیکی زیادی با کشورهای پیشرو دارد. به منظور از بین بردن این شکاف تکنولوژیکی باید منابع مختلفی اعم از نیروی انسانی، مواد، تجهیزات و منابع مالی مورد نیاز تأمین گردد، که در موارد قبل راهکارهای مختلفی برای تأمین هر یک از موارد ذکر شده بیان شد. در مصاحبه‌های انجام شده با خبرگان مشخص شد که نیروهای فعال در زمینه خوردگی دارای تخصص و مهارت صنعتی مورد نیاز برای بکارگیری فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در تجهیزات صنعت برق را ندارند. یک راهکار مناسب برای تربیت نیروی متخصص با دید صنعتی اعزام کارشناسان و متخصصان صنعت برق به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم در حوزه بکارگیری فناوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق می‌باشد.

فعالیت‌های مربوط به این اقدام مانند اقدام "تسهیل حضور پژوهشگران و متخصصان صنعت برق کشور در کنفرانس‌های بین‌المللی" شامل مواردی همچون تدوین اساس‌نامه اعزام نیرو، شناسایی نیروهای شایسته، ایجاد هماهنگی‌های لازم و اعزام نیرو به مراکز علمی و تحقیقاتی خارج از کشور است. زمان مورد نیاز برای انجام فعالیت‌های این اقدام در جدول زیر ارائه شده است.

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	تدوین اساس‌نامه اعزام نیرو به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارجی	-	۴
۲	شناسایی افراد شایسته و واجد شرایط بر مبنای اساس‌نامه تدوین شده	۱	۶۰
۳	ایجاد هماهنگی‌های لازم با سازمان‌های داخلی و مراکز خارجی برای اعزام نیرو	-	۶۰
	اعزام نیرو به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارجی	۵ نفر	۶۰

شاخص اقدام:

تعداد کارشناسان و متخصصان صنعت برق اعزام شده به مراکز علمی و تحقیقاتی و صنعتی داخل و خارج از کشور در هر سال، که با توجه به جدول فوق اعزام ۵ نفر به مراکز تحقیقاتی و صنعتی خارجی در سال به عنوان معیار این شاخص انتخاب شده است.

زمان‌بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه است.

۱-۱-۷- برگزاری دوره‌های آموزشی با حضور کارشناسان و متخصصان خارجی در صنعت برق جهت

انتقال مهارت‌های لازم

همان‌طور که در تشریح اقدام "اعزام کارشناسان و متخصصان صنعت برق به مراکز علمی و تحقیقاتی و صنعتی خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت‌های لازم" بیان گردید یکی از راهکارهای تربیت نیروی انسانی متخصص با دید صنعتی و علم روز دنیا، تربیت و آموزش متخصصان داخلی در دوره‌ها و کلاس‌های آموزشی با حضور کارشناسان و متخصصان خارجی است. به منظور برگزاری کلاس‌ها و دوره‌های آموزشی نیاز به انجام فعالیت‌هایی وجود دارد که از جمله فعالیت‌های قابل تصور برای اجرای این اقدام می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

برای اجرایی کردن این اقدام نیاز به انجام فعالیت‌های مختلفی وجود دارد، که از جمله فعالیت‌های قابل تصور برای عملی شدن این اقدام می‌توان به تعریف دوره‌ها و مطالبی که در هر یک باید ارائه شود، ایجاد هماهنگی‌های لازم با صنایع برای

برگزاری دوره‌ها و برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی اشاره کرد. زمان مورد نیاز برای انجام هر یک از این فعالیت‌ها در جدول زیر ارائه شده است.

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	تعریف تعیین سیلابس دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی	-	۶
۲	ایجاد هماهنگی‌های لازم با صنایع	۵	۵۴
۳	برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی	۵	۵۴

شاخص اقدام:

تعداد دوره‌های آموزشی برگزار شده در هر سال، که با توجه به جدول فوق برگزاری ۵ دوره آموزشی در هر سال به عنوان معیار این شاخص انتخاب شده است.

زمان‌بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه است.

۱-۲- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به انتشار دانش

۱-۲-۱- برگزاری کنفرانس‌های تخصصی خوردگی در صنعت برق در سطح ملی و بین‌المللی

با توجه به چالش‌های موجود در رابطه با انتشار دانش و توسعه دانش حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی، تعاملات بین بازیگران (صنعت و دانشگاه) این حوزه برگزاری کنفرانس‌های تخصصی خوردگی در صنعت برق در سطح ملی و بین‌المللی است. در این کنفرانس‌ها بازیگران مختلف داخلی و خارجی به ارائه دستاوردهای علمی خود پرداخته و این کنفرانس‌ها ابزار بسیار مناسبی برای انتشار دانش بین بازیگران مختلف و افزایش تعاملات بازیگران داخلی و خارجی با یکدیگر خواهد شد. فعالیت‌های مربوط به این اقدام در جدول زیر ارائه شده‌اند.

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	کسب مجوزهای لازم برای برگزاری کنفرانس	-	۶
۲	دعوت از دانشگاه‌ها، شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی فعال برای شرکت در نمایشگاه	۱	۵۴

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۳	برگزاری کنفرانس	۱	۵۴
۴	تعیین دستاوردهای علمی برتر سال و اهدای پاداش	۱	۵۴

شاخص اقدام:

تعداد کنفرانس‌های تخصصی خوردگی در صنعت برق برگزار شده در هر سال، که با توجه به جدول فوق برگزاری ۱ کنفرانس بین‌المللی در هر سال به عنوان معیار این شاخص انتخاب شده است.

زمان‌بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه است.

۱-۲-۲- ایجاد ارتباطات مؤثر میان انجمن خوردگی و انجمن متالورژی با انجمن‌های صنعت برق

طبق نظر کارشناسان و خبرگان حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق، نظام مدیریت دانش در حوزه خوردگی در صنعت برق وجود ندارد. مدیریت دانش در بیان ساده، ایجاد ساختاری است که دانش ضمنی را به دانش صریح قابل انتقال به دیگران تبدیل می‌کند. چنین ساختاری سبب می‌شود با اشتراک دانش بین بخش‌ها و زیرمجموعه‌ها، دانش هر بخش افزایش بیابد و از ترکیب دانش یک مجموعه با مجموعه‌ای دیگر، دانش جدید ایجاد شود. به بیان دیگر مدیریت دانش، توانایی یک مجموعه در استفاده از سرمایه معنوی (تجربه و دانش فردی هر یک از کارکنان) و دانش دسته جمعی به منظور دستیابی به اهداف کلان است. به منظور به اشتراک‌گذاری و انتقال دانش ضمنی در بخش‌های مختلف، یکی از اقدامات سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران "ایجاد ارتباطات مؤثر میان انجمن خوردگی و انجمن متالورژی با انجمن‌های صنعت برق" است. در این راستا ابتدا می‌بایست انجمن‌های صنعت برق که به نوعی با حوزه کنترل خوردگی در ارتباط هستند، شناسایی شوند. سپس از طریق برگزاری نشست‌های دوره‌ای سعی در ایجاد ارتباط مؤثر بین این انجمن‌ها و انجمن خوردگی و انجمن متالورژی شود.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	شناسایی انجمن‌های مرتبط با حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق	۲
۲	تشکیل کمیته هماهنگی جهت برگزار کردن نشست‌های دوره‌ای مشترک بین انجمن خوردگی،	۴

شاخص اقدام:

وضعیت انعقاد قرارداد همکاری بین دو انجمن با انجمن های صنعت برق

زمان بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶ ماه است.

۱-۳- سیاست ها و اقدامات مربوط به تأمین منابع (مالی، انسانی و مواد)

۱-۳-۱- تأمین مالی برای حمایت از توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

یکی از انواع چالش های سیستمی که منجر به عدم توسعه نظام یک فناوری می شود، عدم تخصیص منابع مالی مورد نیاز برای توسعه آن فناوری است. در واقع همین عدم تخصیص منابع مورد نیاز منجر به ایجاد بروز مشکلات مختلفی در حوزه های مختلف توسعه فناوری می شود.

از نظر اکثر خبرگان حوزه خوردگی کشور کمبود منابع مالی و نبود تسهیلاتی مالی همچون وام کم بهره برای تحقیق و توسعه در زمینه فناوری های نوین کنترل خوردگی یکی از مشکلات پیشروی توسعه فناوری های کنترل خوردگی در صنعت برق است. با توجه به کمبود منابع مالی موجود به توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، تخصیص منابع مالی باید بر اساس یک برنامه مشخص انجام پذیرد و تا حد امکان از هدر رفت سرمایه جلوگیری و به موضوعات با اولویت این حوزه پرداخته شود.

منابع مالی مورد نیاز را می توان از روش های مختلفی همچون (۱) اعطای تسهیلات بلندمدت کم بهره یا بدون بهره، (۲) پرداخت بخشی از سود تسهیلات بانکی و (۳) ارائه کمک های بلاعوض در اختیار آن ها قرار دارد. به منظور جلوگیری از هدر رفت سرمایه پیشنهاد شد که دستورالعملی برای تأمین منابع مالی تدوین گردد که در این دستورالعمل نحوه و سطح بهره مندی هر یک از بازیگران بر اساس رتبه آن بازیگر در کشور تعیین شود. مبنا و شاخص های رتبه بندی بین مراکز و دانشگاه های فعال در حوزه خوردگی در صنعت برق باید در این دستورالعمل ها به صورت دقیق مشخص گردد. مشخص است که برای تحقق این



اقدام نیاز به انجام فعالیت‌هایی چون تدوین دستورالعمل تأمین منابع مالی مورد نیاز تحقیق و توسعه، شناسایی و رتبه‌بندی دانشگاه‌ها و مراکز فعال در این حوزه و رایزنی با صندوق‌ها جهت تأمین منابع مالی مورد نیاز وجود دارد.

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	تدوین دستورالعمل تأمین منابع مالی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی	-	۶
۲	شناسایی و رتبه‌بندی دانشگاه‌ها و مراکز فعال در این حوزه	۲	۵۴
۳	رایزنی با صندوق‌ها جهت تأمین منابع مالی مورد نیاز	۱	۵۴

شاخص اقدام:

منابع مالی تأمین شده برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

زمان‌بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه است.

۱-۳-۲- تدوین و اجرای آیین‌نامه بکارگیری نیروی انسانی متخصص در حوزه کنترل خوردگی در

صنعت برق

طبق نظر کارشناسان و خبرگان حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق در حال حاضر نیروی انسانی متخصص اعم از مهندس و تکنسین در کشور به تعداد کافی وجود نداشته و نیروهای موجود نیز در این حوزه بکار گرفته نمی‌شوند. به منظور رفع مشکل کمبود نیروهای متخصص و کارآمد اقداماتی همچون اعزام نیرو به خارج از کشور و برگزاری کلاس‌ها و دوره‌های آموزشی پیشنهاد شده است. یک راهکار مناسب برای رفع چالش عدم بکارگیری متخصصین خوردگی در زمینه تخصصی خود تسهیل بکارگیری نیروی متخصص در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق می‌باشد.

فعالیت‌های قابل تصور در زیرمجموعه این اقدام عبارت‌اند از:

- تدوین آیین‌نامه بکارگیری افراد متخصص حوزه کنترل خوردگی در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع صنعت برق کشور

- انجام رایزنی‌های مورد نیاز جهت اجرای آیین‌نامه تدوین شده در صنعت برق کشور

- رایزنی با صندوق‌ها جهت تأمین منابع مالی مورد نیاز برای ارائه تسهیلات و اجرای قوانین تشویقی

- شناسایی شرکت‌های واجد شرایط و ارائه تسهیلات مشخص شده به آن‌ها

شرایط و ویژگی‌های افرادی که به عنوان متخصص حوزه خوردگی شناخته می‌شوند، نحوه فعالیت این افراد در صنایع مرتبط، شرایط صنایع و شرکت‌هایی که افراد متخصص را به کار گرفته‌اند، نحوه حمایت از این شرکت‌ها و ... از جمله مواردی هستند که در آیین‌نامه تدوین شده باید مشخص شوند. جدول زیر زمان مورد نیاز برای اجرای این اقدام را نشان می‌دهد.

ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	تدوین آیین‌نامه به کارگیری افراد متخصص حوزه کنترل خوردگی در بخش‌های انتقال و توزیع صنعت	-	۴
۲	انجام رایزنی‌های مورد نیاز جهت اجرای آیین‌نامه تدوین شده در صنعت برق کشور	-	۲
۳	رایزنی با صندوق‌ها جهت تأمین منابع مالی مورد نیاز برای ارائه تسهیلات و اجرای قوانین تشویقی	-	۲
۴	شناسایی شرکت‌های واجد شرایط و ارائه تسهیلات مشخص شده به آن‌ها	۱	۵۴

شاخص اقدام:

تعداد نیروی انسانی متخصص بکار گرفته شده در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق در سال، بکارگیری ۲۰ نفر نیروی متخصص کنترل خوردگی در صنعت برق در هر سال به عنوان معیار تحقق این شاخص در نظر گرفته شده است.

زمان‌بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه است.

۱-۳-۳- شناسایی و تأمین زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های

نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی بدون تأمین زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد نیاز امکان‌پذیر نیست. در همین راستا "شناسایی و تأمین زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل



خوردگی در صنعت برق " یکی دیگر از اقدام‌های سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران است. جهت اجرایی کردن این اقدام در وهله اول باید زیرساخت‌های موجود را شناسایی و با توجه به آن‌ها زیرساخت‌های نرم و سخت مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق شناسایی و اولویت‌بندی شوند. پس از شناسایی و اولویت‌بندی زیرساخت‌های مورد نیاز، باید به تأمین زیرساخت‌ها و ایجاد امکان دسترسی بازیگران این حوزه به این زیرساخت‌ها پرداخته شود.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	انجام پروژه تحقیقاتی جهت شناسایی و اولویت‌بندی زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد نیاز	۶
۲	تأمین زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری	۱۲
۳	تدوین دستورالعمل بهره‌مندی بازیگران مختلف حوزه خوردگی به این زیرساخت‌ها	۳
۴	ایجاد امکان دسترسی بازیگران و ذینفعان مختلف این حوزه به این زیرساخت‌ها	۳

شاخص اقدام:

وضعیت زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد نیاز برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

زمان‌بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۲۴ ماه می‌باشد.

۱-۴- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به جهت‌دهی به سیستم

۱-۴-۱- تأسیس مرکزی جهت نظارت بر فعالیت‌ها، هماهنگی و جهت‌دهی به اقدامات سند

یکی از چالش‌های اصلی شناسایی شده در فاز چهارم سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، نبود یک مرجع مشخص برای جهت‌دهی به فعالیت‌های بازیگران حوزه کنترل خوردگی و ایجاد هماهنگی بین بازیگران مختلف این حوزه می‌باشد. این چالش‌ها به نوبه خود سبب بروز مشکلات دیگری همچون موازی‌کاری، نامناسب بودن توزیع فعالیت‌های تحقیقاتی در زمینه‌های مختلف این حوزه، تمرکز ناکافی به نیازهای کشور و موضوعات بااولویت و ... می‌گردد. از سوی دیگر به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی مختلف تعریف شده برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد.



از این رو به منظور تحقق اهداف این سند، نیاز به ایجاد یک نهاد یا مرکز وجود دارد که فعالیت‌های بازیگران مختلف حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق را جهت‌دهی نماید. این ستاد با ایجاد ساز و کارهای لازم و استفاده از نهادهای مختلف، ضمن انجام تصمیم‌گیری‌های لازم، وظیفه نظارت بر تحقق اهداف سند و ارزیابی پیشرفت کار را بر عهده دارد. از جمله وظایف اصلی این ستاد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سیاست‌گذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی لازم برای توسعه فناوری‌های نوین خوردگی
- 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
- تدوین و پیشنهاد مجموعه قوانین و مقررات

پس از تشکیل مرکز و مطالعه تدوین اهداف و مأموریت‌ها و طراحی ساختار سازمانی مرکز، لازم است کمیته‌هایی جهت پیگیری و نظارت بر اجرای اقدامات سند در حوزه‌های مختلف تشکیل گردد. لذا ابتدا باید کمیته‌های مورد نیاز، اعضای آن‌ها و شرح وظایف هر کمیته به طور دقیق مشخص گردد. این کمیته‌ها باید در فواصل زمانی منظم، تشکیل جلسه داده و گزارشی از فعالیت‌های خود آماده کرده و در زمان مشخص به اطلاع رییس مرکز برسانند تا در صورت لزوم اقدامات لازم صورت گیرد. این کمیته‌ها عبارت‌اند از:

- کمیته آموزش و پژوهش
- کمیته ارتباط با قانون‌گذاران، سیاست‌گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها
- کمیته تعامل با صنعت
- کمیته فنی - بازرگانی
- کمیته حقوقی و مناقصات

در ادامه فعالیت‌های لازم برای تشکیل مرکز آورده شده است.

زمان (ماه)	فعالیت	ردیف
۲	مطالعه تدوین اهداف و مأموریت‌ها و طراحی ساختار سازمانی ستاد	۱
۲	اخذ موافقت تأسیس ستاد از مراجع ذی‌ربط	۲
۳	انجام اقدامات اجرایی لازم در خصوص شروع به کار دبیرخانه ستاد	۳
۲	تأمین محل استقرار دبیرخانه ستاد و تجهیز آن (سخت‌افزاری و نرم‌افزاری)	۴
۲	تشکیل دبیرخانه و تأمین کادر اداری مورد نیاز	۵
۱	تشکیل کمیته‌های ذی‌ربط و انجام مطالعات مورد نیاز اقدامات سند	۶

شاخص اقدام:

وضعیت تأسیس مرکز

زمان‌بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۱۲ ماه است.

۱-۴-۲- اصلاح ساختارهای سازمانی فعلی در زمینه کنترل خوردگی در صنعت برق

اساساً ساختارها علت به وجود آمدن رفتارها هستند و پیامدها نتیجه رفتارها هستند. معمولاً پیامدها جلوه بیشتری دارند و برخی افراد هنگام مشاهده پیامدهای یک رفتار غلط سعی در از بین بردن پیامد می‌کنند و اکثر افراد در نهایت به از میان بردن یا تغییر رفتاری که منجر به پیامدهای نامناسب شده رضایت می‌دهند. اما بهترین و موثرترین اقدام هنگامی که یک سیستم یا سازمان از خود پیامدهای نامناسبی بروز می‌دهد، تغییر و اصلاح ساختار آن نهاد است. این مهم ممکن است مستلزم صرف هزینه و زمان بیشتری نسبت به سایر اقدامات شود اما مشکلات بروز یافته را به صورت ریشه‌ای در بلندمدت برطرف می‌نماید. یکی از موارد ساختاری در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق که توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق را با مشکل همراه کرده، ساختارهای سازمانی سازمان‌های مرتبط با کنترل خوردگی در صنعت برق است. به همین منظور نیاز به مطالعه و اصلاح ساختارهای سازمانی موجود در زمینه کنترل خوردگی در صنعت برق است. در این راستا فعالیت‌های زیر تعریف شده است:

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	بررسی جامع ساختارهای سازمانی فعلی در زمینه کنترل خوردگی	۶
۲	ارائه پیشنهادهای اصلاحی ساختارهای سازمانی	۶
۳	برگزاری نشستهای مشترک با مراجع ذی ربط جهت رایزنی در خصوص اعمال اصلاحات ساختاری در سازمانهای هدف	۶

شاخص اقدام:

وضعیت اعمال اصلاحات پیشنهادی توسط مرکز خوردگی

زمان بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۲۴ ماه است.

۱-۴-۳- تأسیس دفتر مدیریت خوردگی در شرکت های مادر تخصصی صنعت برق

یکی از چالش های ساختاری سند توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران نبود دفتر مدیریت خوردگی در شرکت های مادر تخصصی صنعت برق است. طبق بخشنامه مصوب هیئت وزیران، دفتر سومین سطح سازمانی است که عهده دار انجام بخشی وظایف متجانس معاونت و یا دستگاه است و وجه غالب وظایف آن مطالعاتی، آموزش یا تحقیقاتی است. در رأس دفتر «مدیر کل» قرار می گیرد. هر دفتر می تواند با حداقل ۲۵ پست سازمانی که حداقل ۷۰ درصد پست های آن کارشناسی باشد، تشکیل گردد. تأسیس دفتر مدیریت خوردگی در شرکت های مادر تخصصی صنعت برق می تواند سبب افزایش توجه شرکت های مادر به کنترل خوردگی شده و به توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق کمک می نماید. از جمله فعالیت های لازم الاجرا برای اجرای اقدام "تأسیس دفتر مدیریت خوردگی در شرکت های مادر تخصصی صنعت برق" می توان به تدوین بخشنامه تأسیس دفتر خوردگی در شرکت های مادر در وزارت نیرو، رایزنی با مسئولین وزارت نیرو جهت الزام شرکت های مادر تخصصی به اجرای بخشنامه، ابلاغ بخشنامه به شرکت های مادر و الزام شرکت ها به تأسیس دفتر خوردگی اشاره کرد. نحوه تشکیل و وظایف دفاتر خوردگی راه اندازی شده در شرکت ها باید به طور کامل در بخشنامه تشریح شود. زمان مورد نیاز برای انجام فعالیت های مربوط به این اقدام در جدول بعد ارائه شده است.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	تدوین بخش‌نامه ایجاد دفتر خوردگی در شرکت‌های مادر تخصصی	۴
۲	رایزنی با مسئولین وزارت نیرو جهت الزام شرکت‌های مادر تخصصی به اجرای بخش‌نامه	۶
۳	ابلاغ بخش‌نامه به شرکت‌های مادر تخصصی و الزام شرکت‌ها به تأسیس دفتر خوردگی	۲

شاخص اقدام:

وضعیت راه‌اندازی دفتر مدیریت خوردگی در شرکت‌های مادر تخصصی صنعت برق

زمان‌بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۱۲ ماه است.

۱-۵- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به شکل‌گیری بازار

۱-۵-۱- تدوین دستورالعمل‌های الزام‌آور جهت استفاده از فناوری‌های کنترل خوردگی در بخش‌های

مختلف صنعت برق

علی‌رغم اهمیت و ضرورت فناوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق، هم‌اکنون این فناوری‌ها به قدر کافی در صنعت برق استفاده نمی‌شوند. طبق نظر خبرگان حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق، عدم توجه بخش‌های مختلف صنعت برق به کنترل خوردگی یکی از دلایل اصلی عدم استفاده از فناوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق است. با توجه به اینرسی بالای بخش دولتی و پویایی کم این بخش، یکی از راه‌های گسترش کاربرد فناوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق، الزام دولتی بخش‌های مختلف صنعت برق به استفاده از این فناوری‌ها می‌باشد. به منظور اجرای این اقدام نیاز است که در ابتدا دستورالعمل‌های الزام‌آور در راستای استفاده از فناوری‌های کنترل خوردگی در بخش‌های مختلف صنعت برق تدوین شده و سپس به منظور کسب تأییدیه تصویب و ابلاغ دستورالعمل رایزنی‌های لازم با مراجع ذی‌ربط انجام شده و در نهایت بخش‌های مختلف صنعت برق ملزم به اجرای این دستورالعمل‌ها می‌گردند. زمان مورد نیاز برای اجرای این اقدام در جدول بعد لیست شده است.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	تدوین دستورالعمل های الزام آور در راستای استفاده از فناوری های کنترل خوردگی در بخش های مختلف صنعت برق	۳
۲	رایزنی با مراجع ذی ربط به منظور کسب تأییدیه تصویب و ابلاغ این دستورالعمل ها	۳
۳	الزام بخش های مختلف صنعت برق به اجرای این دستورالعمل ها	-

شاخص اقدام:

وضعیت تدوین گزارش دستورالعمل الزام آور جهت استفاده از فناوری های کنترل خوردگی در بخش های مختلف صنعت

برق

زمان بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۱۲ ماه است.

۱-۵-۲- صدور خدمات فنی مهندسی خوردگی به سایر کشورها

همان طور که در اسناد بالادستی وزارت نیرو ذکر شده یکی از اهداف وزارت نیرو صدور خدمات فنی- مهندسی به سایر کشورها می باشد. یکی از لازمه های توسعه و تجاری سازی هر فناوری وجود بازار گسترده و جذاب برای ورود روزافزون کارآفرینان به حوزه فناوری است. یکی از راهکارهای توسعه بازار فناوری، افزایش میزان تقاضای فناوری از طریق صدور خدمات دانشی به خارج از کشور و در دست گرفتن بازار سایر کشورها می باشد.

جهت انجام این اقدام ابتدا باید بازارها و کشورهای دارای پتانسیل صادرات فنی مهندسی به آنها شناسایی شده، سپس موانع پیشروی صادرات به این کشورها شناسایی شده و راهکارهایی جهت رفع آنها پیشنهاد گردد. در نهایت به رایزنی با دستگاه های مرتبط مانند وزارت امور خارجه و سفارت و کنسولگری های ایران در کشورهای هدف، سفارتخانه های کشورهای هدف در ایران و... پرداخته و زمینه مورد نیاز برای صادرات این خدمات به کشورهای هدف فراهم می شوند. لیست فعالیت های زیرمجموعه این اقدام به همراه زمان مورد نیاز برای انجام هر کدام از این فعالیت ها در جدول بعد فراهم شده است.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	انجام پروژه تحقیقاتی در خصوص مطالعه، شناسایی و پتانسیل سنجی بازارهای بین‌المللی مناسب برای صادرات	۶
۲	تعریف پروژه پژوهشی در زمینه موانع و راهکارهای قانونی صادرات محصولات فناورانه به کشورهای هدف	۶
۳	زمینه‌سازی صادرات خدمات فنی مهندسی با رایزنی با دستگاه‌های داخلی و خارجی مرتبط	۳

شاخص اقدام:

تعداد طرح‌های انجام شده برای سایر کشورها

زمان بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۱۲ ماه است.

۱-۵-۳- ارائه مشوق جهت ایجاد انگیزش طرف تقاضای فناوری‌های کنترل خوردگی

همان طور که در تشریح اقدام صدور خدمات فنی مهندسی اشاره گردید از جمله عوامل مهم جهت گسترش و توسعه یک فناوری، میزان تقاضا و اندازه بازار آن فناوری است. با افزایش تقاضای یک فناوری، عرضه آن صرفه اقتصادی پیدا کرده و کارآفرینان علاقه‌مند به فعالیت در حوزه این فناوری می‌شوند و علاوه بر سایر موارد یاد شده، ارائه مشوق از جمله راهکارهای افزایش تقاضای استفاده از فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق کشور می‌باشد.

فعالیت‌های قابل تصور برای اجرای این اقدام به همراه زمان و بودجه مورد نیاز برای انجام هر اقدام در جدول بعد ارائه شده است.

شاخص اقدام:

وضعیت تدوین و اجرای دستورالعمل اعطای مشوق‌های مالی به مراکز شناسایی شده در صنعت برق

زمان بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۱۲ ماه است.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	شناسایی راهکارهای تشویقی برای ارتقای استفاده از فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق	۶
۲	تدوین دستورالعمل اعطای مشوق‌های مالی به مراکز شناسایی شده در صنعت برق	۴
۳	رایزنی با صندوق‌ها جهت تأمین منابع مالی برای اجرای این اقدام	۲

۱-۶- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به کارآفرینی

۱-۶-۱- حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان به خصوص شرکت‌های فعال در حوزه‌های بااولویت

از جمله مشکلات و چالش‌های پیش روی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، عدم حضور کارآفرینان در این حوزه است. به منظور رفع این چالش باید از راهکارهای مختلفی برای ورود کارآفرینان به این حوزه استفاده شود، حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در حوزه‌های بااولویت یکی از راهکارهای کارآمد در توسعه این فناوری‌ها در صنعت برق کشور می‌باشد. حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در حوزه‌های بااولویت از دو طریق مختلف امکان‌پذیر می‌باشد که عبارت‌اند از:

- حمایت‌های مالی

- حمایت حقوقی و مشاوره‌ای

به منظور اجرای مناسب این اقدام لازم است که حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در حوزه‌های بااولویت به صورت جهت‌دار و اصولی انجام پذیرد. از جمله فعالیت‌هایی که در راستای اجرای این اقدام باید انجام شود می‌توان به تدوین اساس‌نامه حمایت از تشکیل و فعالیت شرکت‌های دانش‌بنیان، شناسایی شرکت‌های دانش‌بنیان واجد شرایط، الزام شرکت‌های فعال در صنعت برق به انعقاد قراردادهای تحقیقاتی با شرکت‌های دانش‌بنیان منتخب و انجام رایزنی‌های لازم در جهت اعطای مشوق‌های مختلف به شرکت‌های فعال در زمینه خوردگی اشاره کرد. در جدول بعد زمان مورد نیاز برای انجام هر یک از فعالیت‌ها پیشنهاد شده است.



ردیف	فعالیت	تعداد در سال	زمان (ماه)
۱	تدوین اساس نامه حمایت از تشکیل و فعالیت شرکت‌های دانش بنیان	-	۴
۲	شناسایی شرکت‌های دانش بنیان واجد شرایط	۱	۵۴
۳	الزام شرکت‌های فعال در صنعت برق به انعقاد قراردادهای تحقیقاتی با شرکت‌های دانش بنیان منتخب	۱	۵۴
۴	انجام رایزنی‌های لازم در جهت اعطای مشوق‌های مختلف به شرکت‌های فعال در زمینه خوردگی	-	۲

شاخص اقدام:

تعداد شرکت‌های دانش بنیان تحت حمایت، که معیار این شاخص حمایت از ۵ شرکت دانش بنیان واجد شرایط می‌باشد.

زمان بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه است.

۱-۶-۲- برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه کنترل خوردگی (در راستای شکل‌گیری شبکه‌های

کارآفرینانه)

یکی از ابزارهای مهم برای رونق بخشیدن به صادرات و انجام فعالیت موثر در تبلیغات و بازاریابی کالاها و خدمات، نمایشگاه‌ها می‌باشند. بر اساس طبقه بندی صورت گرفته نمایشگاه‌های بین المللی را می‌توان به چهار دسته مختلف تقسیم کرد که عبارت‌اند از: نمایشگاه‌های عمومی، نمایشگاه‌های تخصصی، نمایشگاه‌های اختصاصی و نمایشگاه‌های اکسپو.

نمایشگاه‌های تخصصی به منظور نمایش و عرضه گروه خاصی از کالاها، مصرف‌کنندگان خاص و یا فناوری خاص برگزار می‌شوند. در حال حاضر حدود ۹۰٪ از نمایشگاه‌های برگزاری در دنیا از این نوع می‌باشند. با توجه به نظرات کارشناسان اقتصادی و بازرگانی برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی (صادراتی) بین المللی یکی از موثرترین روش‌های توسعه فناوری و توسعه صادرات غیرنفتی در کشورهای در حال توسعه است. از این رو می‌توان گفت که نمایشگاه‌های ملی و بین المللی به عنوان یکی از مجاری و کانال‌های معرفی کالاهای تولید شده و انتقال تکنولوژی در دنیا، می‌توانند نقش بسیار موثری در فرآیند افزایش ارتباط سطح و دانشگاه، توسعه فناوری‌های نوظهور و صادرات فناوری و محصولات آن داشته باشند.



با توجه به چالش‌های موجود در رابطه با انتشار دانش فناوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق و تعاملات بین بازیگران (صنعت و دانشگاه) برگزاری نمایشگاه تخصصی این حوزه که بازیگران مختلف داخلی و خارجی در آن به ارائه دستاوردهای خود بپردازند، بسیار مفید خواهد بود. نمایشگاه‌ها محیط مناسبی برای تعامل کارآفرینان مختلف یک حوزه با یکدیگر و آشنا شدن با محصولات و خدمات تولیدکنندگان مختلف می‌شود. برپایی نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه کنترل خوردگی می‌تواند به شبکه‌سازی میان کارآفرینان این حوزه کمک نماید.

در همین راستا یکی از اقدامات سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران "برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه کنترل خوردگی (در راستای شکل‌گیری شبکه‌های کارآفرینانه)" تعریف شده است. فعالیت‌های مربوط به این اقدام در جدول زیر ارائه شده‌اند.

ردیف	فعالیت	تعداد (در سال)	زمان (ماه)
۱	کسب مجوزهای لازم برای برگزاری نمایشگاه	-	۳
۲	دعوت از شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی فعال برای شرکت در نمایشگاه	۱	۵۷
۳	برگزاری نمایشگاه	۱	۵۷
۴	تبلیغات و اطلاع‌رسانی به بازدیدکنندگان	۱	۵۷
۵	تعیین دستاوردهای برتر سال و اهدای پاداش	۱	۵۷

شاخص اقدام:

تعداد نمایشگاه‌های تخصصی برگزار شده در حوزه کنترل خوردگی در سال، که معیار این شاخص برگزاری یک نمایشگاه در هر سال می‌باشد.

زمان بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۶۰ ماه است.

۷-۱- سیاست‌ها و اقدامات مربوط به مشروعیت‌بخشی

۷-۱-۱- اجرای فعالیت‌های آگاه‌سازی جهت تبیین اهمیت حوزه کنترل خوردگی در برنامه‌ریزی‌های

کلان صنعت برق

مشروعیت‌بخشی در توسعه فناوری‌ها مانند یک کاتالیزگر عمل می‌کند و به فرآیند توسعه نظام نوآوری سرعت می‌بخشد. یکی از راهکارهای مشروعیت‌بخشی اطلاع‌رسانی به بازیگران فعال حوزه مدنظر به منظور درک اهمیت توسعه فناوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق می‌باشد. ضرورت این اطلاع‌رسانی کسب حمایت سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان برای توسعه فناوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق است و افزایش حمایت این بازیگران تأثیر بسزایی در توسعه این فناوری‌ها داشته و افزایش آگاهی به فرآیند توسعه فناوری سرعت می‌بخشد. جهت جذب حمایت‌های سیاست‌گذاران اطلاع‌رسانی باید در راستای بیان اهمیت و ضرورت بکارگیری فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق انجام پذیرد. از همین رو یکی دیگر از اقدامات سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران، "اجرای فعالیت‌های آگاه‌سازی جهت تبیین اهمیت حوزه کنترل خوردگی در برنامه‌ریزی‌های کلان صنعت برق" در نظر گرفته شده است. اطلاع‌رسانی را می‌توان به صورت‌های گوناگون و با استفاده از ابزار اطلاع‌رسانی مختلف انجام داد که در ادامه به نمونه‌هایی از این برنامه‌های اطلاع‌رسانی اشاره شده است:

- برگزاری جلسات تعاملی با اهمیت کنترل خوردگی در صنعت برق با مدیران
- برگزاری نشست با مسئولان ارشد وزارت نیرو جهت آگاه‌سازی آنان از اهمیت حوزه کنترل خوردگی
- چاپ و توزیع برشور در رابطه با میزان کاهش هزینه بخش‌های مختلف صنعت برق با استفاده از فناوری‌های کنترل خوردگی در سایر کشورها

و ...

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	شناسایی و تعیین برنامه‌های آگاه‌سازی مناسب و کارا برای اطلاع‌رسانی به بخش‌های مختلف صنعت برق	۳
۲	اجرای برنامه‌های آگاه‌سازی تعیین شده	۱۸
۳	ارزیابی اثربخشی و موفقیت برنامه‌های اجرا شده و رفع نواقص برنامه‌های اجرا شده	۳

شاخص اقدام:

تعداد دوره‌های توجیهی و آگاهی‌بخشی اهمیت خوردگی برگزار شده در سطح صنعت برق در سال، که معیار این شاخص برگزاری ۳ دوره در هر سال می‌باشد.

زمان‌بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۲۴ ماه است.

۱-۷-۲- تدوین استانداردهای ملی مرتبط با کنترل خوردگی

در یک استاندارد آنچه به چشم می‌خورد، چند پیشنهاد ساده، دو سه فرمول کلی، یک یا چند جدول و مقداری اعداد و ارقام است که شاید در مرحله‌ی اول به نظر چیزی عادی و بی‌اهمیت جلوه کند اما در واقع این مطالب راهگشای پیشرفت و ترقی بسیاری از مشکلات علمی در صنایع و فنون است. تدوین استانداردها و شاخص‌های هر صنعت لازمه توسعه آن می‌باشد، به عبارت دیگر توسعه یک فناوری بدون وجود استانداردها و شاخص‌های مورد نیاز برای ارزیابی محصولات آن فناوری امکان‌پذیر نیست. با استفاده از استانداردها، تولیدکنندگان می‌توانند محصولات و خدمات خود را با کیفیت و ویژگی‌های قابل قبول تولید و ارائه نمایند. بدین ترتیب همه بازیگران و ذی‌نفعان یک حوزه می‌توانند با زبان استانداردهای موجود با یکدیگر تعامل کنند.

با توجه به نبود درک درست فعالان صنعت برق از ضرورت و اهمیت فناوری‌های کنترل خوردگی، استانداردهای خاصی برای بکارگیری فناوری‌های کنترل خوردگی در تجهیزات صنعت برق وجود نداشته و در صورت وجود الزامی برای اجرای این استانداردها وجود ندارد. طبق نظر خبرگان حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق، هم اکنون استاندارد ملی در این حوزه وجود ندارد، از این رو یکی از اقدامات سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران "تدوین استانداردهای ملی مرتبط با کنترل خوردگی" است. به منظور تدوین استانداردها و معیارهای ارزیابی فناوری‌های کنترل خوردگی در داخل کشور در وهله اول باید به بررسی استانداردهای موجود برای اعمال فناوری‌های کنترل خوردگی بر روی قطعات و تجهیزات صنعت برق در کشورهای مختلف پرداخت و پس از آن با توجه به وضعیت کشور و استانداردهای سایر کشورها، استانداردها و شاخص‌های داخلی را تدوین کرد. البته به منظور مشروعیت بخشیدن به استانداردهای تدوین شده لازم است تا این استانداردها به تأیید سازمان ملی استاندارد ایران برسد و تمام فعالیت‌های فنی در زمینه خوردگی بر اساس این استانداردها و شاخص‌ها ارزیابی گردد.

ردیف	فعالیت	زمان (ماه)
۱	بررسی استانداردهای موجود برای اعمال فناوری‌های کنترل خوردگی بر روی قطعات و تجهیزات مختلف صنعت برق در کشورهای مختلف	۳
۲	تدوین استانداردها و شاخص‌های کنترل خوردگی در تجهیزات مختلف صنعت برق	۶

زمان (ماه)	فعالیت	رتبه
۳	کسب تأییدیه از دفتر استاندارد ستاد توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی و سازمان ملی استاندارد ایران	۳

شاخص اقدام:

وضعیت تدوین گزارش استانداردهای ملی مرتبط با کنترل خوردگی.

زمان بندی:

با توجه به جدول فوق مشخص است که مدت زمان اجرای این اقدام ۱۲ ماه است.

پیوست شماره ۲

فرم شناسنامه پروژه های فنی

اقدام ۱- توسعه دانش فنی مواد مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق

سرعت و رفتار خوردگی هر فلز یا آلیاژ در محیط‌ها و شرایط گوناگون با دیگری متفاوت می‌باشد. انتخاب هر ماده با توجه به خواص و مشخصات مربوط به آن و عملکرد آن در برابر عوامل محیطی صورت می‌پذیرد. به طور کلی هر ماده‌ای ممکن است فقط در کاربرد معین و مشخصی نسبت به سایر مواد مناسب‌تر باشد.

به علت وجود محیط‌های خورنده‌ی مختلف در بخش‌های گوناگون صنعت برق می‌توان گفت که برای هر شرایط محیطی یک یا چندین ماده‌ی خاص از منظر خوردگی مناسب می‌باشد که بایستی با بررسی‌های همه‌جانبه انتخاب شوند. با توجه به گسترده بودن مواد و شرایط محیطی در صنعت برق، بایستی تجهیزات با اولویت صنعت برق که در شرایط حادثری از منظر خوردگی قرار دارند، مدنظر قرار گیرد و مواد مناسب به‌منظور استفاده در این تجهیزات مشخص شوند. این تجهیزات با اولویت در بخش‌های مختلف سند، بر اساس نظرات خبرگان و بررسی‌های انجام شده انتخاب گردیده است.

هدف از این اقدام توسعه دانش فنی مواد مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق می‌باشد. به‌منظور تحقق

اقدام مورد نظر انجام پروژه‌های زیر در نظر گرفته شده است که در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۱- انتخاب فولادهای جدید مقاوم به خوردگی مناسب جهت استفاده در نیروگاه بخاری، با انجام آزمایش‌های مختلف

متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده

۲-۱- توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه بخاری، در مقیاس آزمایشگاهی

۳-۱- توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه بخاری، در مقیاس نیمه‌صنعتی

۴-۱- انتخاب فولادهای جدید مقاوم به خوردگی مناسب جهت استفاده در نیروگاه آبی، با انجام آزمایش‌های مختلف

متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده

۵-۱- توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه آبی در مقیاس آزمایشگاهی

۶-۱- توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه آبی در مقیاس نیمه‌صنعتی

۷-۱- انتخاب سوپرآلیاژهای جدید مناسب جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین های گازی، با انجام آزمایش های

مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه سازی شده

۸-۱- انتخاب آلیاژهای تیتانیوم مناسب جهت استفاده در نیروگاه های بخاری و گازی، با انجام آزمایش های مختلف

متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه سازی شده

۹-۱- توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم جهت استفاده در نیروگاه های بخاری و گازی در مقیاس آزمایشگاهی

۱۰-۱- توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم جهت استفاده در نیروگاه های بخاری و گازی در مقیاس نیمه صنعتی

۱۱-۱- انتخاب کامپوزیت های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق، با انجام آزمایش های مختلف متالورژیکی،

مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه سازی شده

۱۲-۱- توسعه فناوری ساخت کامپوزیت های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق در مقیاس آزمایشگاهی

۱۳-۱- توسعه فناوری ساخت کامپوزیت های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه صنعتی

۱-۱- انتخاب فولادهای جدید مقاوم به خوردگی مناسب جهت استفاده در نیروگاه بخاری، با انجام

آزمایش های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه سازی شده

تجهیزات گوناگون نیروگاه های بخاری، با توجه به شرایط کاری خود در معرض انواع مختلف آسیب های ناشی از خوردگی

قرار می گیرند. به همین جهت استفاده از مواد مقاوم به خوردگی در ساخت این تجهیزات از اهمیت بالایی برخوردار است. فولاد

از اصلی ترین مواد مقاوم به خوردگی مورد استفاده در ساخت تجهیزات نیروگاه های بخاری می باشد. به همین دلیل انتخاب

فولادهای جدید مقاوم به خوردگی مناسب جهت استفاده در تجهیزات نیروگاه بخاری، به منظور توسعه آنها، هدف پروژه حاضر

می باشد. تجهیزات اصلی نیروگاه های بخاری که در معرض آسیب های ناشی از خوردگی قرار دارند شامل بویلر، کندانسور،

توربین بخار و ... است و توسعه فولادهای جدید در تجهیزات اصلی که در شرایط حادثتری از منظر خوردگی قرار دارند در

اولویت می باشد.

به منظور انجام این پروژه فولادهای مورد استفاده در ساخت تجهیزات با اولویت نیروگاه های بخاری کشورهای پیشرفته

مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته و از میان آنها فولادهای مقاوم به خوردگی که در تجهیزات نیروگاه های بخاری کشور مورد



استفاده قرار نمی‌گیرند به عنوان فولادهای جدید مقاوم به خوردگی انتخاب می‌شوند و امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بر روی آن‌ها انجام گرفته و مشخص می‌گردد که کدامیک از آن‌ها جهت استفاده در تجهیزات با اولویت نیروگاه‌های بخاری کشور مناسب می‌باشند. در این راستا، نحوه ساخت، عمر تجهیز در صورت استفاده از فولاد جدید، قیمت و ... مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین به منظور بررسی دقیق‌تر و انتخاب نهایی فولادها، یک نمونه از هر فولاد منتخب در شرایط شبیه‌سازی شده بر اساس شرایط بهره‌برداری (از جمله سوخت مورد استفاده، دما و ...) مورد آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی قرار می‌گیرند. پس از بررسی‌های مذکور، فولاد یا فولادهایی که هم به لحاظ فنی و هم به لحاظ اقتصادی در وضعیت بهینه قرار داشته باشد، برای هر یک از تجهیزات اصلی نیروگاه‌های بخاری کشور تعیین و ارائه می‌گردد.

شاخص (معیار):

- تعیین فولادهای جدید و بهینه مقاوم به خوردگی برای بخش‌های اصلی نیروگاه بخاری

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است.

۱-۲- توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه بخاری، در

مقیاس آزمایشگاهی

همانگونه که ذکر شد، فولاد از اصلی‌ترین مواد مقاوم به خوردگی مورد استفاده در ساخت تجهیزات نیروگاه‌های بخاری می‌باشد. به دلیل اهمیت فولادهای مورد استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های بخاری، ساخت این فولادها به منظور توسعه در کشور از اهمیت خاصی برخوردار است. به همین منظور، هدف از پروژه حاضر توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی انتخاب شده در پروژه ۱-۱ جهت استفاده در نیروگاه بخاری می‌باشد. در این راستا، در این پروژه هریک از فولادهای منتخب برای بخش‌های اصلی نیروگاه بخاری که با بررسی‌های همه‌جانبه و انجام آزمایش‌های گوناگون در شرایط شبیه‌سازی شده انتخاب گردیده‌اند، در مقیاس آزمایشگاهی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت فولادهای بهینه منتخب برای بخش‌های اصلی نیروگاه بخاری، در مقیاس آزمایشگاهی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۱-۳- توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه بخاری، در

مقیاس نیمه صنعتی

به منظور توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی منتخب جهت استفاده در نیروگاه بخاری، این فولادها پس از اینکه در مقیاس آزمایشگاهی ساخته شدند لازم است تا در مقیاس نیمه صنعتی نیز ساخته شوند و کارایی آن ها از نقطه نظر متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی مورد بررسی قرار گیرد. به همین منظور در این پروژه، فولادهای منتخب برای بخش های اصلی نیروگاه بخاری که در پروژه ۱-۲ نیز به صورت آزمایشگاهی ساخته شده اند، در مقیاس نیمه صنعتی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت فولادهای بهینه منتخب برای بخش های اصلی نیروگاه بخاری، در مقیاس نیمه صنعتی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۱-۴- انتخاب فولادهای جدید مقاوم به خوردگی مناسب جهت استفاده در نیروگاه آبی، با انجام

آزمایش های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه سازی شده

به علت تماس اجزای نیروگاه آبی با آب، تجهیزات مختلف این نیروگاه در معرض انواع مختلف خوردگی مانند خوردگی حفره ای، خوردگی شیبی، خوردگی فرسایشی و کاویتاسیون و ... قرار دارند. به همین جهت استفاده از فولادهای مقاوم به خوردگی جهت استفاده در تجهیزات نیروگاه آبی، به منظور کاهش انواع خوردگی دارای اهمیت می باشد. تجهیزات حساس به خوردگی در نیروگاه آبی شامل رانر، پره های توربین و ... می باشند.

در این پروژه مواد مورد استفاده در ساخت تجهیزات حساس به خوردگی در نیروگاه های آبی کشورهای پیشرفته مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته و فولادهای جدید مقاوم به خوردگی که در تجهیزات نیروگاه های کشورمان مورد استفاده قرار نمی گیرند



شناسایی می‌گردند. پس از انتخاب اولیه این فولادها، امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بر روی آن‌ها انجام گرفته و مشخص می‌گردد که کدامیک جهت استفاده در تجهیزات نیروگاه‌های آبی کشور مناسب می‌باشد. در این راستا هر یک از این فولادها از منظر روش ساخت، قیمت و ... مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین فولادهای منتخب در آزمایشگاه در شرایط شبیه‌سازی شده مطابق شرایط بهره‌برداری، تحت آزمایش‌های گوناگون متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی قرار می‌گیرند. پس از بررسی در این زمینه، فولادی که هم به لحاظ فنی و هم به لحاظ اقتصادی در وضعیت بهینه قرار داشته باشد، برای استفاده در هر یک از تجهیزات نیروگاه‌های آبی کشور تعیین و ارائه می‌گردد.

شاخص (معیار):

- تعیین فولادهای جدید و بهینه مقاوم به خوردگی برای بخش‌های اصلی نیروگاه آبی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است.

۱-۵- توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه آبی در مقیاس

آزمایشگاهی

همانگونه که ذکر شد، فولادهای مقاوم به خوردگی جهت استفاده در تجهیزات نیروگاه آبی، به منظور کاهش انواع خوردگی دارای اهمیت می‌باشند. به دلیل اهمیت این فولادها، ساخت آنها به‌منظور توسعه در کشور از اهمیت خاصی برخوردار است. به همین منظور، هدف از پروژه حاضر توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی انتخاب شده در پروژه ۱-۴ جهت استفاده در نیروگاه آبی می‌باشد. در این راستا، در این پروژه هریک از فولادهای منتخب برای بخش‌های اصلی نیروگاه آبی که با بررسی‌های همه‌جانبه و انجام آزمایش‌های گوناگون در شرایط شبیه‌سازی شده انتخاب گردیده‌اند، در مقیاس آزمایشگاهی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت فولادهای بهینه منتخب برای بخش‌های اصلی نیروگاه آبی، در مقیاس آزمایشگاهی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۱-۶- توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه آبی در مقیاس

نیمه‌صنعتی

به منظور توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی منتخب جهت استفاده در نیروگاه آبی، این فولادها پس از اینکه در مقیاس آزمایشگاهی ساخته شدند لازم است تا در مقیاس نیمه صنعتی نیز ساخته شوند و کارایی آنها از نقطه نظر متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی مورد بررسی قرار گیرد. به همین منظور در این پروژه، فولادهای منتخب برای بخش‌های اصلی نیروگاه آبی که در پروژه ۱-۵ نیز به صورت آزمایشگاهی ساخته شده‌اند، در مقیاس نیمه صنعتی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت فولادهای بهینه منتخب برای بخش‌های اصلی نیروگاه آبی، در مقیاس نیمه‌صنعتی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۱-۷- انتخاب سوپرآلیاژهای جدید مناسب جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی، با

انجام آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده

پیشرفت در تکنولوژی ساخت توربین‌های گازی و تقاضا برای کارایی بیشتر، نیاز به موادی با قابلیت تحمل تنش‌ها و دماهای بالاتر در زمان طولانی‌تر را ایجاد می‌کند. در این میان سوپرآلیاژها، آلیاژهایی هستند که توانایی و قابلیت کاربرد در دمای بالا را داشته و برای استفاده در داغ‌ترین قسمت‌های توربین‌های گازی گسترش یافته‌اند. این سوپرآلیاژها بیشتر بر پایه‌ی یکی از عناصر نیکل، کبالت یا آهن بوده و به صورت کار شده و یا ریختگی می‌باشند. مقاومت به سایش، خوردگی داغ و خزش در درجه حرارت بالا از جمله خواص سوپرآلیاژها می‌باشد. آلیاژهای بکار رفته در توربین‌های گازی معمولاً از جنس سوپرآلیاژهای پایه نیکل (پره‌های متحرک) و پایه کبالت (پره‌های ثابت) می‌باشند. به همین دلیل توسعه دانش فنی سوپرآلیاژهای پایه نیکل و پایه کبالت جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی حائز اهمیت است.



در این پروژه سوپرآلیاژهایی که در ساخت قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی کشورهای پیشرفته استفاده می‌شوند، مورد بررسی قرار خواهند گرفت. هدف از انجام این فعالیت شناسایی سوپرآلیاژهای جدید به منظور توسعه در کشور می‌باشد. پس از انتخاب اولیه این سوپرآلیاژها امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بر روی آن‌ها انجام گرفته و مشخص می‌گردد که کدامیک از آن‌ها جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی کشور مناسب می‌باشد. در این راستا سوپرآلیاژها از منظر خواص خوردگی، خواص مکانیکی، روش ساخت، قیمت و ... بررسی شده و موارد بهینه انتخاب می‌گردد. به منظور بررسی دقیق‌تر و انتخاب نهایی سوپر آلیاژها، شرایط بهره‌برداری قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در آزمایشگاه شبیه‌سازی شده و سوپرآلیاژهای مختلف بر اساس شرایط بهره‌برداری تحت آزمایش‌های گوناگون متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی قرار می‌گیرند. پس از بررسی در این زمینه، سوپرآلیاژهایی که هم به لحاظ فنی و هم به لحاظ اقتصادی در وضعیت بهینه قرار دارند، برای استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی کشور تعیین و ارائه می‌گردند.

شاخص(معیار):

- تعیین سوپرآلیاژهای جدید و بهینه مقاوم به خوردگی برای قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است.

۱-۸- انتخاب آلیاژهای تیتانیوم مناسب جهت استفاده در نیروگاه‌های بخاری و گازی، با انجام

آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده

آلیاژهای پایه تیتانیوم در محیط‌های با خوردگی بالا، مقاومت به خوردگی و مقاومت به حفره‌دار شدن بالایی دارند. آلیاژهای تیتانیوم در عین حال سبک بوده و مقاومت مناسبی در برابر خستگی و خزش دارند. از کاربردهای آلیاژهای پایه تیتانیوم در صنعت برق می‌توان به استفاده از آن در پره‌های توربین بخاری، لوله‌های کندانسور و پره‌های کمپرسور اشاره نمود. استفاده از آلیاژهای تیتانیوم در پره‌های توربین بخار یکی از کاربردهای جدید تیتانیوم می‌باشد. هم‌چنین تیتانیوم اساساً نسبت به بیشتر انواع خوردگی به وجود آمده در کندانسورهای نیروگاه‌ها مصونیت دارد و به همین دلیل به عنوان ماده مناسبی برای ساخت کندانسورها مطرح می‌باشد. علاوه بر این‌ها آلیاژهای تیتانیوم به عنوان ماده جدیدی برای ساخت پره‌های ثابت و متحرک



کمپرسورها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به مطالب مطرح شده، توسعه دانش فنی آلیاژهای تیتانیوم جهت استفاده در نیروگاه‌های بخاری و گازی از اهمیت بسزایی برخوردار است و به همین دلیل به عنوان هدف این در پروژه در نظر گرفته شده است.

در این پروژه ابتدا آلیاژهای تیتانیوم مورد استفاده در ساخت تجهیزات نیروگاه‌های بخاری و گازی کشورهای پیشرفته مورد شناسایی قرار گرفته و سپس امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بر روی آن‌ها انجام می‌گیرد. برای این منظور بایستی شرایط تجهیزات مورد نظر در نیروگاه‌های کشور، در آزمایشگاه شبیه‌سازی شده و آلیاژهای تیتانیوم مختلف بر اساس شرایط بهره‌برداری تحت آزمایش‌های گوناگون متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی قرار گیرند و از منظر کارایی و قیمت با تجهیزات مشابهی که از فولاد ساخته شده است مقایسه گردد و از میان آن‌ها ماده بهینه برای ساخت تجهیزات مورد نظر شناسایی گردد. در نهایت، آلیاژهای تیتانیوم که هم به لحاظ فنی و هم به لحاظ اقتصادی در وضعیت بهینه قرار دارد، برای استفاده در نیروگاه‌های بخاری و گازی کشور تعیین و ارائه می‌گردد.

شاخص (معیار):

- تعیین آلیاژهای تیتانیوم بهینه برای تجهیزات نیروگاه‌های بخاری و گازی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است.

۱-۹- توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم جهت استفاده در نیروگاه‌های بخاری و گازی در مقیاس

آزمایشگاهی

همانگونه که ذکر شد، آلیاژهای تیتانیوم به عنوان ماده‌ی جدید در ساخت برخی تجهیزات نیروگاه‌های بخاری و گازی مطرح می‌باشد که می‌تواند مزایای خوبی به منظور مقاومت در برابر خوردگی ایجاد نماید. به همین علت ساخت آلیاژهای تیتانیوم به‌منظور توسعه در کشور حائز اهمیت است. به همین منظور، هدف از پروژه حاضر توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم مناسب انتخاب شده در پروژه ۱-۸ جهت استفاده در نیروگاه‌های بخاری و گازی می‌باشد. در این راستا، در این پروژه هریک از

آلیاژهای تیتانیوم منتخب برای تجهیزات نیروگاه‌های بخاری و گازی که با بررسی‌های همه‌جانبه و انجام آزمایش‌های گوناگون در شرایط شبیه‌سازی شده انتخاب گردیده‌اند، در مقیاس آزمایشگاهی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت آلیاژهای تیتانیوم بهینه منتخب برای تجهیزات نیروگاه‌های بخاری و گازی، در مقیاس آزمایشگاهی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۱-۱۰- توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم جهت استفاده در نیروگاه‌های بخاری و گازی در مقیاس

نیمه صنعتی

به منظور توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم منتخب جهت استفاده در نیروگاه‌های بخاری و گازی، این آلیاژها پس از اینکه در مقیاس آزمایشگاهی ساخته شدند لازم است تا در مقیاس نیمه صنعتی نیز ساخته شوند و کارایی آنها از نقطه نظر متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی مورد بررسی قرار گیرد. به همین منظور در این پروژه، آلیاژهای تیتانیوم منتخب برای تجهیزات نیروگاه‌های بخاری و گازی که در پروژه ۱-۹ نیز به صورت آزمایشگاهی ساخته شده‌اند، در مقیاس نیمه صنعتی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت آلیاژهای تیتانیوم بهینه منتخب برای تجهیزات نیروگاه‌های بخاری و گازی، در مقیاس نیمه صنعتی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۱-۱۱- انتخاب کامپوزیت‌های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق، با انجام آزمایش‌های

مختلف، در شرایط شبیه‌سازی شده



کامپوزیت‌ها دارای خواصی چون وزن کم و در عین حال نسبت مقاومت به وزن بالا، وجود روش‌های مختلف ساخت و امکان تولید اشکال پیچیده و متنوع و نیز مقاومت به خوردگی بالا می‌باشند. از کاربردهای کامپوزیت در صنعت برق می‌توان به مقره‌های کامپوزیتی، تیرهای کامپوزیتی، استفاده در آندهای حفاظت کاتدی و . . . اشاره نمود. از آنجایی که کامپوزیت در صنعت برق کشور به عنوان ماده جدید مطرح می‌باشد و هنوز مورد استفاده وسیع قرار نگرفته است، توسعه دانش فنی کامپوزیت‌ها به عنوان مواد مناسب مقاوم به خوردگی امری لازم و ضروری است. در این جا منظور از کامپوزیت، کامپوزیت‌های زمینه پلیمری و کامپوزیت‌های زمینه فلزی می‌باشد.

در این پروژه پس از شناسایی انواع کامپوزیت‌های مورد استفاده در تجهیزات صنعت برق کشورهای پیشرفته، امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بر روی انواع کامپوزیت‌ها انجام می‌گیرد. برای این منظور بایستی شرایط تجهیزات مورد نظر، در آزمایشگاه شبیه‌سازی شده و کامپوزیت‌های مختلف بر اساس شرایط بهره‌برداری بررسی گردند و هم‌چنین از منظر کارایی و قیمت ارزیابی گردند و از میان آن‌ها ماده مناسب برای ساخت تجهیزات مورد نظر شناسایی گردد. پس از بررسی در این زمینه، کامپوزیت‌هایی که هم به لحاظ فنی و هم به لحاظ اقتصادی در وضعیت بهینه قرار دارد، برای استفاده در صنعت برق کشور تعیین و ارائه می‌گردد.

شاخص (معیار):

- تعیین کامپوزیت‌های بهینه برای صنعت برق کشور

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است.

۱-۱۲- توسعه فناوری ساخت کامپوزیت‌های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق در مقیاس

آزمایشگاهی

همانگونه که ذکر شد، کامپوزیت به عنوان ماده‌ی جدید در ساخت برخی تجهیزات صنعت برق مطرح می‌باشد که می‌تواند مزایای خوبی به منظور مقاومت در برابر خوردگی ایجاد نماید. به همین علت ساخت کامپوزیت‌ها به منظور توسعه در کشور حائز اهمیت است. به همین منظور، هدف از پروژه حاضر توسعه فناوری ساخت کامپوزیت‌های مناسب انتخاب شده در پروژه ۱-۱۱،



جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق می‌باشد. در این راستا، در این پروژه هریک از کامپوزیت‌های منتخب برای تجهیزات صنعت برق که با بررسی‌های همه‌جانبه و انجام آزمایش‌های گوناگون در شرایط شبیه‌سازی شده انتخاب گردیده‌اند، در مقیاس آزمایشگاهی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت کامپوزیت‌های بهینه منتخب برای تجهیزات صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۱-۱۳- توسعه فناوری ساخت کامپوزیت‌های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق در مقیاس

نیمه صنعتی

به منظور توسعه فناوری ساخت کامپوزیت‌های منتخب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق، این کامپوزیت‌ها پس از اینکه در مقیاس آزمایشگاهی ساخته شدند لازم است تا در مقیاس نیمه صنعتی نیز ساخته شوند و کارایی آنها مورد بررسی قرار گیرد. به همین منظور در این پروژه، کامپوزیت‌های منتخب برای تجهیزات صنعت برق که در پروژه ۱-۱۲ نیز به صورت آزمایشگاهی ساخته شده‌اند، در مقیاس نیمه صنعتی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت کامپوزیت‌های بهینه منتخب برای تجهیزات صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.



اقدام ۲: توسعه دانش فنی پوشش‌های مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق

یکی از فناوری‌های مهم کنترل خوردگی اعمال پوشش‌های مقاوم به خوردگی است که با استفاده از آن می‌توان سطح آلیاژ را در برابر خوردگی مقاوم نمود و از سوی دیگر آلیاژی را بکار برد که استحکام مکانیکی خوبی داشته باشد.

انتخاب پوشش مناسب برای هر کدام از تجهیزات، وابسته به شرایط کاری آن می‌باشد. برای مثال اگر قطعات در معرض دماهای بالا قرار داشته باشند، نیاز است که از پوشش‌های مقاوم به خوردگی داغ استفاده شود و در صورتی که پوشش‌ها در معرض اتمسفر و خوردگی اتمسفری قرار داشته باشند، بایستی از پوشش‌های مقاوم به خوردگی اتمسفری استفاده شود. با توجه به گسترده بودن کاربرد پوشش در تجهیزات گوناگون صنعت برق لازم است که کاربرد آن‌ها برای تجهیزات با اولویت که از نظر خوردگی از اهمیت بالاتری برخوردار می‌باشند در نظر گرفته شود. این تجهیزات با اولویت در بخش‌های مختلف سند، بر اساس نظرات خبرگان و بررسی‌های انجام شده انتخاب گردیده است.

هدف از این اقدام توسعه دانش فنی پوشش‌های مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق می‌باشد. به‌منظور تحقق اقدام مورد نظر انجام پروژه‌های زیر در نظر گرفته شده است که در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۲- شناسایی و انتخاب پودر پوشش و روش‌های پوشش‌دهی مناسب جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی با انجام آزمایش‌های شبیه‌سازی شده

۲-۲- توسعه فناوری ساخت پودر پوشش‌های مورد استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در مقیاس آزمایشگاهی

۳-۲- توسعه فناوری ساخت پودر پوشش‌های مورد استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در مقیاس نیمه صنعتی

۴-۲- توسعه فناوری پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در مقیاس آزمایشگاهی

۵-۲- توسعه فناوری پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در مقیاس نیمه صنعتی

۶-۲- شناسایی و انتخاب مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید و روش‌های پوشش‌دهی مناسب جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق با انجام آزمایش‌های شبیه‌سازی شده

۷-۲- توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در

مقیاس آزمایشگاهی



۸-۲- توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در

مقیاس نیمه صنعتی

۹-۲- توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های آلی و تبدیلی، در مقیاس

آزمایشگاهی

۱۰-۲- توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های آلی و تبدیلی، در مقیاس نیمه

صنعتی

۱۱-۲- شناسایی و انتخاب مواد اولیه سایر پوشش‌های فلزی و غیر فلزی جدید و روش‌های پوشش‌دهی مناسب جهت استفاده

در تجهیزات با اولویت صنعت برق با انجام آزمایش‌های شبیه‌سازی شده

۱۲-۲- توسعه فناوری ساخت مواد اولیه سایر پوشش‌های فلزی و غیر فلزی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت

برق، در مقیاس آزمایشگاهی

۱۳-۲- توسعه فناوری ساخت مواد اولیه سایر پوشش‌های فلزی و غیر فلزی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت

برق، در مقیاس نیمه صنعتی

۱۴-۲- توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های فلزی و غیر فلزی، در مقیاس

آزمایشگاهی

۱۵-۲- توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های فلزی و غیر فلزی، در مقیاس نیمه

صنعتی

۱-۲- شناسایی و انتخاب پودر پوشش و روش‌های پوشش‌دهی مناسب جهت استفاده در قطعات مسیر

داغ توربین‌های گازی با انجام آزمایش‌های شبیه‌سازی شده

با توجه به شرایط کاری قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی (کار در درجه حرارت‌های بالا)، این قطعات در معرض خوردگی

داغ و اکسیداسیون قرار دارند. به منظور جلوگیری از ایجاد آسیب‌های ناشی از خوردگی، کاربرد پوشش بر روی این قطعات

ضروری می‌باشد. اگر چه آلیاژ مورد استفاده برای ساخت قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی باید مقاومت در برابر خوردگی

کافی داشته باشد تا در صورت از بین رفتن پوشش سریع مورد آسیب قرار نگیرد، با این حال وظیفه‌ی اصلی حفاظت در برابر خوردگی و تهاجم‌های محیطی بر عهده‌ی پوشش می‌باشد.

در یک تقسیم‌بندی کلی پوشش‌های کاربردی در دماهای بالا به سه دسته پوشش‌های نفوذی، پوشش‌های روکشی و پوشش‌های سد حرارتی تقسیم می‌شوند و بنابراین تسلط بر فناوری اعمال و بکارگیری این سه نوع پوشش مد نظر قرار داده شده است. هدف از پروژه حاضر شناسایی و انتخاب پودر پوشش و روش‌های پوشش‌دهی مناسب جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی می‌باشد.

در این پروژه ابتدا پوشش‌های نفوذی، روکشی و سد حرارتی که در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی کشورهای پیشرفته مورد استفاده قرار می‌گیرند بررسی شده و پوشش‌های جدید شناسایی می‌شوند. هم‌چنین برای توسعه پوشش‌های جدید، علاوه بر شناسایی پوشش‌هایی که در کشورهای پیشرفته مورد استفاده قرار می‌گیرند، لازم است که ترکیبات جدیدی نیز برای پوشش‌های نفوذی، روکشی و سد حرارتی پیشنهاد گردد.

از آنجایی که هدف از پروژه حاضر انتخاب روش‌های پوشش‌دهی مناسب نیز می‌باشد، لازم است که روش‌های مختلف اعمال هر یک از پوشش‌ها نیز بررسی شده و روش‌های مناسب برای اعمال پوشش‌های مدنظر نیز شناسایی گردد. سپس امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بر روی پودر پوشش‌ها و روش‌های پوشش‌دهی منتخب انجام می‌گیرد. سپس شرایط بهره‌برداری از پوشش‌ها بر اساس شرایط نیروگاه‌های کشور در آزمایشگاه شبیه‌سازی شده و آزمایش‌های لازم به منظور بررسی کارایی پوشش (مانند تست‌های خوردگی و اکسیداسیون و ...) انجام می‌گیرد و پوشش‌هایی که از لحاظ کارایی و قیمت در وضعیت بهینه قرار داشته باشند، تعیین می‌گردند. در نهایت پوشش‌های مناسب، به همراه روش اعمال مناسب آن برای توسعه در نیروگاه‌های کشور انتخاب خواهند شد.

شاخص (معیار):

- تعیین پودر پوشش‌های بهینه به همراه روش پوشش‌دهی مناسب آن، برای قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است.



۲-۲- توسعه فناوری ساخت پودر پوشش‌های مورد استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در

مقیاس آزمایشگاهی

به دلیل اهمیت پوشش‌های قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی، توسعه درون‌زای این فناوری در کشور در اولویت می‌باشد. در همین راستا ساخت پودر این پوشش‌ها در کشور حائز اهمیت بوده و به همین دلیل، توسعه فناوری ساخت پودر پوشش‌های مورد استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی هدف این پروژه می‌باشد.

در این پروژه پودر پوشش‌های شناسایی شده جهت پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی که با بررسی‌های همه جانبه در پروژه ۱-۲ انتخاب گردیده‌اند، در مقیاس آزمایشگاهی ساخته خواهد شد.

شاخص (معیار):

- ساخت پودر پوشش‌های منتخب جهت پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی، در مقیاس آزمایشگاهی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۲-۳- توسعه فناوری ساخت پودر پوشش‌های مورد استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در

مقیاس نیمه صنعتی

به منظور توسعه فناوری ساخت پودر پوشش‌های منتخب جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی، این پوشش‌ها پس از اینکه در مقیاس آزمایشگاهی ساخته شدند لازم است تا در مقیاس نیمه صنعتی نیز ساخته شوند و فناوری ساخت آن‌ها در مقیاس نیمه‌صنعتی نیز به‌دست آید. به همین منظور در این پروژه، پودر پوشش‌های منتخب برای قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی که در پروژه ۲-۲ نیز به صورت آزمایشگاهی ساخته شده‌اند، در مقیاس نیمه صنعتی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت پودر پوشش‌های منتخب جهت پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی، در مقیاس نیمه‌صنعتی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۲۴ ماه در نظر گرفته شده است.

۲-۴- توسعه فناوری پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در مقیاس آزمایشگاهی

به منظور توسعه فناوری اعمال و بکارگیری پوشش بر روی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی، علاوه بر ساخت پودر آن در داخل کشور، توسعه درونزای فناوری پوشش‌دهی این قطعات نیز حائز اهمیت است. به همین منظور در این پروژه، پوشش‌دهی به روش‌های منتخب، که با بررسی‌های همه جانبه در پروژه ۲-۱ انتخاب گردیده‌اند، در مقیاس آزمایشگاهی انجام خواهد شد.

شاخص(معیار):

- پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی، در مقیاس آزمایشگاهی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۲-۵- توسعه فناوری پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی در مقیاس نیمه صنعتی

در راستای توسعه فناوری پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی، لازم است تا پس از پوشش‌دهی در مقیاس آزمایشگاهی، پوشش‌دهی در مقیاس نیمه صنعتی نیز انجام گیرد. به همین منظور در این پروژه، پوشش‌دهی به روش‌های منتخب، که در پروژه ۲-۴ به صورت آزمایشگاهی انجام شده‌اند، به صورت نیمه‌صنعتی نیز انجام خواهد شد.

شاخص(معیار):

- پوشش‌دهی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی، در مقیاس نیمه صنعتی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۲-۶- شناسایی و انتخاب مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید و روش‌های پوشش‌دهی مناسب

جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق با انجام آزمایش‌های شبیه‌سازی شده

از انواع پوشش‌هایی که به طور گسترده به منظور مقاومت در برابر خوردگی تجهیزات صنعت برق مورد استفاده قرار

می‌گیرد، پوشش‌های آلی و تبدیلی می‌باشند. به دلیل وسعت کاربرد، این پوشش‌ها از اهمیت بالایی برخوردار هستند.



هدف از پروژه حاضر شناسایی و انتخاب مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید و روش‌های پوشش‌دهی مناسب جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق می‌باشد. به همین منظور، ابتدا پوشش‌های آلی و تبدیلی که در تجهیزات صنعت برق کشورهای پیشرفته مورد استفاده قرار می‌گیرند بررسی شده و پوشش‌های جدیدی که در کشور استفاده نمی‌گردد شناسایی خواهند شد. علاوه بر این، به منظور توسعه پوشش‌های جدید، ترکیبات نوینی نیز برای مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی پیشنهاد می‌گردد.

هم چنین از آنجایی که هدف از پروژه حاضر انتخاب روش‌های پوشش‌دهی مناسب نیز می‌باشد، لازم است که روش‌های مختلف اعمال هر یک از پوشش‌ها نیز بررسی شده و روش‌های مناسب برای اعمال پوشش‌های مدنظر نیز شناسایی گردد. سپس امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بر روی مواد اولیه پوشش‌ها و روش‌های پوشش‌دهی منتخب انجام می‌گیرد. در این مرحله شرایط بهره‌برداری از پوشش‌ها بر اساس شرایط تجهیزات صنعت برق مورد استفاده در کشور در آزمایشگاه شبیه‌سازی شده و آزمایش‌های لازم به منظور بررسی کارایی پوشش (مانند تست‌های خوردگی و اکسیداسیون و ...) انجام خواهد گرفت و پوشش‌هایی که از لحاظ کارایی و قیمت در وضعیت بهینه قرار داشته باشند، تعیین می‌گردند. در نهایت پوشش‌های مناسب، به همراه روش اعمال مناسب آن برای توسعه در نیروگاه‌های کشور انتخاب خواهد شد.

شاخص(معیار):

- تعیین مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی بهینه برای تجهیزات با اولویت صنعت برق به همراه روش اعمال مناسب

آن‌ها

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است.

۲-۷- توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید مورد استفاده در تجهیزات با

اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی



به دلیل اهمیت پوشش‌های آلی و تبدیلی، توسعه درونزای این فناوری در کشور در اولویت می‌باشد. در همین راستا ساخت مواد اولیه این پوشش‌ها در کشور حائز اهمیت بوده و به همین دلیل توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید جهت پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق هدف این پروژه می‌باشد.

در این پروژه مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید شناسایی شده جهت پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق که با بررسی‌های همه جانبه در پروژه ۲-۶ انتخاب گردیده‌اند، در مقیاس آزمایشگاهی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی منتخب جهت پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۲-۸- توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی جدید مورد استفاده در تجهیزات با

اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی

به منظور توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی منتخب جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، این پوشش‌ها پس از اینکه در مقیاس آزمایشگاهی ساخته شدند لازم است تا در مقیاس نیمه صنعتی نیز ساخته شوند و فناوری ساخت آن‌ها در مقیاس نیمه صنعتی نیز به دست آید. به همین منظور در این پروژه، مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی منتخب برای تجهیزات با اولویت صنعت برق که در پروژه ۲-۷ نیز به صورت آزمایشگاهی ساخته شده‌اند، در مقیاس نیمه صنعتی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت مواد اولیه پوشش‌های آلی و تبدیلی منتخب جهت پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۲-۹- توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های آلی و تبدیلی، در مقیاس آزمایشگاهی

به منظور توسعه فناوری اعمال و بکارگیری پوشش‌های آلی و تبدیلی بر روی تجهیزات با اولویت صنعت برق، علاوه بر ساخت مواد اولیه آن در داخل کشور، توسعه درونزای فناوری پوشش‌دهی این تجهیزات با استفاده از پوشش‌های آلی و تبدیلی نیز حائز اهمیت است. به همین منظور در این پروژه، پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های آلی و تبدیلی به روش‌های منتخب، که با بررسی‌های همه جانبه در پروژه ۲-۶ انتخاب گردیده‌اند، در مقیاس آزمایشگاهی انجام خواهد شد.

شاخص (معیار):

- پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های آلی و تبدیلی منتخب، در مقیاس آزمایشگاهی
زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۲-۱۰- توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های آلی و تبدیلی، در مقیاس نیمه صنعتی

در راستای توسعه فناوری پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های آلی و تبدیلی، لازم است تا پس از پوشش‌دهی در مقیاس آزمایشگاهی، پوشش‌دهی در مقیاس نیمه صنعتی نیز انجام گیرد. به همین منظور در این پروژه، پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های آلی و تبدیلی به روش‌های منتخب، که در پروژه ۲-۹ به صورت آزمایشگاهی انجام شده‌اند، به صورت نیمه‌صنعتی نیز انجام خواهد شد.

شاخص (معیار):

- پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های آلی و تبدیلی منتخب، در مقیاس نیمه صنعتی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۱۱-۲- شناسایی و انتخاب مواد اولیه سایر پوشش‌های فلزی و غیر فلزی جدید و روش‌های پوشش‌دهی مناسب جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق با انجام آزمایش‌های شبیه‌سازی شده

به منظور افزایش مقاومت به خوردگی در تجهیزات گوناگون صنعت برق، از انواع مختلف پوشش‌های فلزی استفاده می‌گردد. به دلیل گستردگی کاربرد این پوشش‌ها، در این پروژه تجهیزاتی که از منظر خوردگی بیشتر از سایر تجهیزات، حساس به خوردگی می‌باشند در اولویت قرار دارند. این تجهیزات شامل تجهیزات حساس به خوردگی در نیروگاه بخاری (مانند توربین بخاری)، تجهیزات حساس به خوردگی در نیروگاه آبی (مانند پره توربین) و تجهیزات حساس به خوردگی در نیروگاه گازی (مانند کمپرسور) می‌باشند.

علاوه بر پوشش‌های فلزی، انواع مختلف پوشش‌های غیرفلزی (مانند پوشش‌های سرامیکی، سرامیکی- فلزی، فلزی- سرامیکی- پلیمری و ...) در تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق (مانند کمپرسور) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

هدف از پروژه حاضر شناسایی و انتخاب مواد اولیه سایر پوشش‌های فلزی و غیر فلزی جدید و روش‌های پوشش‌دهی مناسب جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق می‌باشد. به همین منظور ابتدا پوشش‌های فلزی و غیرفلزی که در تجهیزات صنعت برق کشورهای پیشرفته مورد استفاده قرار می‌گیرند بررسی شده و پوشش‌های جدید در این زمینه شناسایی خواهند شد. هم چنین به منظور توسعه پوشش‌های جدید، ترکیبات نوینی از این پوشش‌ها نیز پیشنهاد می‌گردد.

هم چنین از آنجایی که هدف از پروژه حاضر انتخاب روش‌های پوشش‌دهی مناسب نیز می‌باشد، لازم است که روش‌های مختلف اعمال هر یک از پوشش‌ها نیز بررسی شده و روش‌های مناسب برای اعمال پوشش‌های مدنظر نیز شناسایی گردد. سپس امکان‌سنجی فنی و اقتصادی بر روی مواد اولیه پوشش‌ها و روش‌های پوشش‌دهی منتخب انجام می‌گیرد. در این مرحله شرایط بهره‌برداری از پوشش‌ها بر اساس شرایط تجهیزات صنعت برق مورد استفاده در کشور در آزمایشگاه شبیه‌سازی شده و آزمایش‌های لازم به منظور بررسی کارایی پوشش (مانند تست‌های خوردگی و اکسیداسیون و ...) انجام خواهد گرفت

و پوشش هایی که از لحاظ کارایی و قیمت در وضعیت بهینه قرار داشته باشند، تعیین می گردند. در نهایت پوشش های مناسب، به همراه روش اعمال مناسب آن برای توسعه در صنعت برق انتخاب خواهد شد.

شاخص (معیار):

- تعیین مواد اولیه سایر پوشش های فلزی و غیرفلزی بهینه برای تجهیزات با اولویت صنعت برق به همراه روش اعمال مناسب آنها

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است.

۲-۱۲- توسعه فناوری ساخت مواد اولیه سایر پوشش های فلزی و غیر فلزی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی

به دلیل اهمیت پوشش های فلزی و غیر فلزی، توسعه درونزای این فناوری در کشور در اولویت می باشد. در همین راستا ساخت مواد اولیه این پوشش ها در کشور حائز اهمیت بوده و به همین دلیل توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش های فلزی و غیر فلزی جدید جهت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق هدف این پروژه می باشد. در این پروژه مواد اولیه پوشش های فلزی و غیر فلزی جدید شناسایی شده جهت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق که با بررسی های همه جانبه در پروژه ۲-۱۱ انتخاب گردیده اند، در مقیاس آزمایشگاهی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت مواد اولیه پوشش های فلزی و غیر فلزی منتخب جهت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۲-۱۳- توسعه فناوری ساخت مواد اولیه سایر پوشش‌های فلزی و غیر فلزی جدید مورد استفاده در

تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی

به منظور توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش‌های فلزی و غیر فلزی منتخب جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، این پوشش‌ها پس از اینکه در مقیاس آزمایشگاهی ساخته شدند لازم است تا در مقیاس نیمه صنعتی نیز ساخته شوند و فناوری ساخت آن‌ها در مقیاس نیمه‌صنعتی نیز به‌دست آید. به همین منظور در این پروژه، مواد اولیه پوشش‌های فلزی و غیر فلزی منتخب برای تجهیزات با اولویت صنعت برق که در پروژه ۲-۱۲ نیز به صورت آزمایشگاهی ساخته شده‌اند، در مقیاس نیمه صنعتی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت مواد اولیه پوشش‌های فلزی و غیر فلزی منتخب جهت پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس

نیمه‌صنعتی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۲-۱۴- توسعه فناوری پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های فلزی و

غیر فلزی، در مقیاس آزمایشگاهی

به منظور توسعه فناوری اعمال و بکارگیری پوشش‌های فلزی و غیر فلزی بر روی تجهیزات با اولویت صنعت برق، علاوه بر ساخت مواد اولیه آن در داخل کشور، توسعه درونزای فناوری پوشش‌دهی این تجهیزات با استفاده از پوشش‌های فلزی و غیر فلزی نیز حائز اهمیت است. به همین منظور در این پروژه، پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های فلزی و غیر فلزی به روش‌های منتخب، که با بررسی‌های همه جانبه در پروژه ۲-۱۱ انتخاب گردیده‌اند، در مقیاس آزمایشگاهی انجام خواهد شد.

شاخص (معیار):

- پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های فلزی و غیر فلزی منتخب، در مقیاس آزمایشگاهی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۲-۱۵- توسعه فناوری پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های فلزی و

غیر فلزی، در مقیاس نیمه صنعتی

در راستای توسعه فناوری پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های فلزی و غیر فلزی، لازم است تا پس از پوشش‌دهی در مقیاس آزمایشگاهی، پوشش‌دهی در مقیاس نیمه صنعتی نیز انجام گیرد. به همین منظور در این پروژه، پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های فلزی و غیر فلزی به روش‌های منتخب، که در پروژه ۲-۱۴ به صورت آزمایشگاهی انجام شده‌اند، به صورت نیمه‌صنعتی نیز انجام خواهد شد.

شاخص (معیار):

- پوشش‌دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش‌های فلزی و غیر فلزی منتخب، در مقیاس نیمه صنعتی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۳- اقدام توسعه دانش فنی سیستم‌های حفاظت کاتدی

فناوری حفاظت کاتدی یکی از فناوری‌های مهم کنترل خوردگی فلزات توسط کاتد قرار دادن سطح فلز در یک سلول الکتروشیمیایی می‌باشد. این فناوری به عنوان موثرترین روش حفاظتی به منظور جلوگیری از خوردگی سازه‌های مدفون در خاک شناخته شده است و به طور گسترده در صنعت برق کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به دلیل اهمیت فناوری حفاظت کاتدی، توسعه دانش فنی سیستم‌های حفاظت کاتدی به عنوان هدف اقدام حاضر در نظر گرفته شده است. به منظور تحقق این هدف، انجام پروژه‌های زیر در نظر گرفته شده است که در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۳- توسعه فناوری‌های نوین سیستم حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده

۲-۳- توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده در مقیاس آزمایشگاهی

۳-۳- توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده در مقیاس نیمه صنعتی

۴-۳- توسعه فناوری ساخت سیستم‌های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده

۵-۳- توسعه فناوری‌های نوین سیستم حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان

۶-۳- توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان در مقیاس آزمایشگاهی

۷-۳- توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان در مقیاس نیمه صنعتی

۸-۳- توسعه فناوری ساخت سیستم‌های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان

۱-۳- توسعه فناوری‌های نوین حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده

همان‌طور که اشاره شد، اهمیت فناوری حفاظت کاتدی، به عنوان یکی از فناوری‌های کنترل خوردگی در صنعت برق شناخته شده می‌باشد.

هدف از پروژه حاضر توسعه فناوری‌های نوین حفاظت کاتدی به روش آند فدا شونده است. به همین منظور در این پروژه پس از شناسایی روش‌های جدید طراحی سیستم‌های حفاظت کاتدی به روش آند فدا شونده و انتخاب روش‌های بهینه، دستورالعمل مناسب طراحی سیستم‌های حفاظت کاتدی به روش ذکر شده، به منظور حفاظت از تجهیزات صنعت برق کشور ارائه خواهد شد. هم‌چنین روش‌های جدید نصب و اجرا و راه‌اندازی سیستم‌های حفاظت کاتدی به روش آند فدا شونده و نیز روش‌های جدید نگهداری و پایش سیستم‌های مذکور مورد بررسی و شناسایی قرار گرفته و پس از انتخاب روش‌های بهینه، دستورالعمل‌های مربوطه ارائه خواهد شد.

علاوه بر این، به منظور توسعه دانش فنی در زمینه‌های مورد استفاده در این روش، آینده‌های جدید در دنیا شناسایی شده و امکان‌سنجی فنی و اقتصادی به منظور ساخت این‌اندها در کشور انجام خواهد گرفت. در نهایت آینده‌هایی که به لحاظ فنی و اقتصادی در وضعیت بهینه قرار داشته باشند برای ساخت و توسعه در کشور انتخاب خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ارائه دستورالعمل‌های جدید طراحی، نصب و اجرا، راه‌اندازی، نگهداری و پایش سیستم‌های حفاظت کاتدی به روش آند فدا شونده

- انتخاب آندهای فداشونده بهینه

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است.

۲-۳- توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده در مقیاس آزمایشگاهی

هدف از انجام این پروژه توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فدا شونده می‌باشد. به همین منظور در این پروژه ساخت آزمایشگاهی این‌اندها مدنظر قرار داده شده است. در پروژه حاضر آندهای جدید بهینه مورد استفاده به روش آند فداشونده، که با بررسی‌های همه‌جانبه در پروژه ۱-۳ انتخاب گردیده‌اند، در مقیاس آزمایشگاهی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت آندهای جدید بهینه مورد استفاده به روش فدا شونده، در مقیاس آزمایشگاهی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۳-۳- توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده در مقیاس نیمه صنعتی

به منظور توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده، لازم است که پس از ساخت آزمایشگاهی، این آندها در مقیاس نیمه‌صنعتی نیز ساخته شوند. به همین منظور هدف از انجام این پروژه ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده در مقیاس نیمه صنعتی می‌باشد. برای انجام این پروژه، آندهای جدید بهینه که در پروژه ۳-۲ به صورت آزمایشگاهی ساخته شده‌اند، به صورت نیمه صنعتی نیز ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت آندهای جدید بهینه مورد استفاده به روش فدا شونده، در مقیاس نیمه صنعتی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۳-۴- توسعه فناوری ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده

یکی از مباحث مهم در زمینه حفاظت کاتدی، مانیتورینگ و یا پایش سیستم حفاظت کاتدی به منظور بررسی روند انجام این فناوری می‌باشد. استفاده از این سیستم برای عملکرد مناسب سیستم حفاظت کاتدی بسیار مهم است. به همین دلیل در این پروژه ساخت سیستم‌های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش آند فدا شونده مدنظر قرار داده شده است.

شاخص (معیار):

- ساخت سیستم‌های مانیتورینگ حفاظت کاتدی روش آند فدا شونده

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۳-۵- توسعه فناوری‌های نوین حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان

همان طور که ذکر شد، حفاظت کاتدی به دو روش آند فدا شونده و اعمال جریان انجام می‌پذیرد. در این پروژه پس از شناسایی روش‌های جدید طراحی سیستم‌های حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان و انتخاب روش‌های بهینه، دستورالعمل مناسب طراحی سیستم‌های حفاظت کاتدی به این روش، به منظور حفاظت از تجهیزات صنعت برق کشور ارائه خواهد شد. هم

چنین روش‌های جدید نصب و اجرا و راه‌اندازی سیستم‌های حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان و نیز روش‌های جدید نگهداری و پایش سیستم‌های مذکور مورد بررسی و شناسایی قرار گرفته و پس از انتخاب روش‌های بهینه، دستورالعمل‌های مربوطه ارائه خواهد شد.

علاوه بر این، به منظور توسعه دانش فنی در زمینه‌های مورد استفاده در این روش، آینده‌های جدید در دنیا شناسایی شده و امکان‌سنجی فنی و اقتصادی به منظور ساخت این‌اندها در کشور انجام خواهد گرفت. در نهایت آینده‌هایی که به لحاظ فنی و اقتصادی در وضعیت بهینه قرار داشته باشند برای ساخت و توسعه در کشور انتخاب خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ارائه دستورالعمل‌های جدید طراحی، نصب و اجرا، راه‌اندازی، نگهداری و پایش سیستم‌های حفاظت کاتدی به روش

اعمال جریان

- انتخاب آینده‌های اعمال جریان بهینه

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است.

۳-۶- توسعه فناوری ساخت آینده‌های جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان در مقیاس آزمایشگاهی

هدف از انجام این پروژه توسعه فناوری ساخت آینده‌های جدید مورد استفاده به اعمال جریان می‌باشد. به همین منظور در این پروژه ساخت آزمایشگاهی این‌اندها مدنظر قرار داده شده است. در پروژه حاضر آینده‌های جدید بهینه مورد استفاده به روش اعمال جریان، که با بررسی‌های همه‌جانبه در پروژه ۳-۵ انتخاب گردیده‌اند، در مقیاس آزمایشگاهی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت آینده‌های جدید بهینه مورد استفاده به روش اعمال جریان، در مقیاس آزمایشگاهی

زمان‌بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۳-۷- توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان در مقیاس نیمه صنعتی

به منظور توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان، لازم است که پس از ساخت آزمایشگاهی، این آندها در مقیاس نیمه صنعتی نیز ساخته شوند. به همین منظور هدف از انجام این پروژه ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان در مقیاس نیمه صنعتی می باشد. برای انجام این پروژه، آندهای جدید بهینه که در پروژه ۳-۶ به صورت آزمایشگاهی ساخته شده اند، به صورت نیمه صنعتی نیز ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت آندهای جدید بهینه مورد استفاده به روش اعمال جریان، در مقیاس نیمه صنعتی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۳-۸- توسعه فناوری ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان

همانطور که در پروژه ۳-۴ نیز ذکر شد، استفاده از سیستم مانیتورینگ و یا پایش سیستم حفاظت کاتدی به منظور بررسی روند انجام این فناوری بسیار با اهمیت می باشد. استفاده از این سیستم برای عملکرد مناسب سیستم حفاظت کاتدی بسیار مهم است. به همین دلیل در این پروژه ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان مدنظر قرار داده شده است.

شاخص (معیار):

- ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی روش اعمال جریان

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

اقدام ۴: توسعه فناوری های بازرسی فنی خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق، با استفاده از روش

مناسب همکاری های خارجی



فناوری بازرسی فنی خوردگی، یکی از روش‌های کنترل خوردگی است که در آن علاوه بر بهره گرفتن از مبانی روش‌های آزمون‌های خوردگی از سایر روش‌ها مانند تست های غیر مخرب نیز بهره می‌برد. یکی از کاربردهای مهم این روش‌ها در صنعت برق، تشخیص عیوب قطعات نیروگاهی می‌باشد. به دلیل اهمیت این فناوری در تشخیص عیوب ناشی از خوردگی و کنترل آن، که می‌تواند به میزان زیادی خوردگی و اثرات مخرب آن را کنترل نماید، توسعه فناوری‌های بازرسی فنی خوردگی به عنوان هدف اقدام حاضر در نظر گرفته شده است.

به منظور تحقق این اقدام انجام پروژه‌های زیر در نظر گرفته شده است که در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۴- توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص حفره‌دار شدن در لوله های کندانسور، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۲-۴- توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص ترک‌های ناشی از خوردگی در لوله‌های کندانسور، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۳-۴- توسعه فناوری ساخت سیستم بازرسی سطوح داخلی لوله‌های واتروال، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۴-۴- توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص ترک‌های ناشی از خوردگی در لوله‌های بویلر در حین کار، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۵-۴- توسعه فناوری ساخت سیستم اندازه‌گیری ضخامت رسوبات داخلی لوله‌های بویلر و کندانسور از بیرون لوله، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۶-۴- توسعه فناوری ساخت سیستم تعیین میزان هیدروژن در سیکل آب و بخار و تشخیص آسیب‌های ناشی از آن به صورت آنلاین، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۷-۴- توسعه فناوری ساخت سیستم بازرسی قطعات مسیر داغ توربین‌های گازی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۱-۴- توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص حفره‌دار شدن در لوله های کندانسور، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی



یکی انواع خوردگی که در لوله‌های کندانسور اتفاق می‌افتد، خوردگی حفره‌ای می‌باشد که می‌تواند منجر به وجود آمدن خسارات زیادی در آن شود. این نوع خوردگی فیلم‌های محافظی را که بر روی مواد تشکیل می‌گردد، به صورت موضعی مورد حمله قرار داده و موجب تسریع خوردگی فلزات و زوال آن‌ها می‌گردد. در این‌گونه حملات خوردگی، میزان کاهش وزن فلز نسبتاً کم است، ولی سرعت نفوذ می‌تواند به قدری بالا باشد که در زمان کوتاهی دیواره‌ی لوله‌های نازک سوراخ گردد. هم‌چنین این حملات از نوع خود کاتالیزوری می‌باشد، به طوری که فرایندهای خوردگی در خلال تولید حفره‌ها به صورتی است که فعالیت‌های شیمیایی به صورت پیوسته ادامه می‌یابد. به دلایل ذکر شده این نوع خوردگی بسیار حائز اهمیت است. بنابراین توسعه فناوری تشخیص حفره‌دار شدن در لوله‌های کندانسور لازم و ضروری می‌باشد.

در این پروژه پس از بررسی روش‌های مختلف تشخیص حفره‌دار شدن در لوله‌های کندانسور، این روش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و روش بهینه برای توسعه در کشور انتخاب خواهد شد. هم‌چنین از آنجایی که راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، استفاده از همکاری‌های خارجی می‌باشد، با بررسی در این زمینه روش مناسب همکاری‌های خارجی به منظور انتقال فناوری مورد نظر و ساخت آن در کشور انتخاب می‌گردد. پس از انتخاب روش مناسب همکاری‌های خارجی، فناوری مورد نظر به روش منتخب به کشور انتقال می‌یابد و در این راستا سیستم مورد نظر با کمک همکار خارجی ساخته می‌شود و پس از اجرای فناوری در یک نیروگاه، دستورالعمل استفاده از سیستم مورد نظر تهیه خواهد شد.

شاخص (معیار):

- ساخت سیستم تشخیص حفره دار شدن در لوله‌های کندانسور

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۲۴ ماه در نظر گرفته شده است.

۴-۲- توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص ترک‌های ناشی از خوردگی در لوله‌های کندانسور، با

استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

یکی دیگر از انواع مهم خوردگی که در کندانسورها اتفاق می‌افتد خوردگی تنش می‌باشد. خوردگی تنش یکی از انواع ناگوار خوردگی می‌باشد که ضعیف‌ترین ساختار را از لحاظ مهندسی نسبت به سایر انواع خوردگی دارد. ترک‌های خوردگی توأم



با تنش به دلیل حضور همزمان تنش کششی و یک محیط خورنده صورت می‌پذیرد. به دلیل اهمیت خوردگی تنش و نیز انواع دیگر خوردگی که می‌توانند در کندانسورها منجر به ایجاد ترک گردند، در این پروژه توسعه تکنولوژی تشخیص ترک‌های ناشی از خوردگی در لوله‌های کندانسور به عنوان هدف در نظر گرفته شده است.

در این پروژه پس از بررسی روش‌های تشخیص ترک‌های ناشی از خوردگی (شامل ترک‌های ناشی از خوردگی تنش، ترک‌های ناشی از خوردگی خستگی، ترک‌های هیدروژنی و...) در لوله‌های کندانسور، این روش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و روش بهینه برای توسعه در کشور انتخاب خواهد شد. همچنین از آنجایی که راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، استفاده از همکاری‌های خارجی می‌باشد، با بررسی در این زمینه روش مناسب همکاری‌های خارجی به منظور انتقال فناوری مورد نظر و ساخت آن در کشور انتخاب می‌گردد. پس از انتخاب روش مناسب همکاری‌های خارجی، فناوری مورد نظر به روش منتخب به کشور انتقال یافته و در این راستا سیستم مورد نظر با کمک همکار خارجی ساخته می‌شود و پس از اجرای این فناوری در یک نیروگاه، دستورالعمل استفاده از سیستم مورد نظر تهیه خواهد شد.

شاخص(معیار):

- ساخت سیستم جهت تشخیص ترک‌های ناشی از خوردگی در لوله‌های کندانسور

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۲۴ ماه در نظر گرفته شده است.

۴-۳- توسعه فناوری ساخت سیستم بازرسی سطوح داخلی لوله‌های واتروال، با استفاده از روش مناسب

همکاری‌های خارجی

خوردگی حفره‌ای یکی از انواع خوردگی است که فیلم‌های محافظی را که بر روی مواد تشکیل می‌گردد به صورت موضعی مورد حمله قرار داده و موجب تسریع خوردگی فلزات و زوال آن‌ها می‌گردد. این نوع خوردگی، با توجه به اینکه سرعت نفوذ بالایی داشته و می‌تواند منجر به سوراخ شدن قطعات گردد، خطرناک می‌باشد و توجه به آن از اهمیت بالایی برخوردار است. لوله‌های واتروال یکی از تجهیزات مهم صنعت برق می‌باشد که خوردگی حفره‌ای در آن اتفاق می‌افتد. بازرسی و مشاهده عیوب



سطحی شامل حفرات، ترک‌ها و . . . در داخل لوله‌های واتروال دارای اهمیت می باشد و به همین جهت به عنوان هدف پروژه حاضر در نظر گرفته شده است.

در این پروژه پس از بررسی روش‌های مختلف بازرسی سطوح داخلی لوله‌های واتروال، این روش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و روش بهینه برای توسعه در کشور انتخاب خواهد شد. همچنین از آنجایی که راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، استفاده از همکاری‌های خارجی می‌باشد، با بررسی در این زمینه روش مناسب همکاری‌های خارجی به منظور انتقال فناوری مورد نظر و ساخت آن در کشور انتخاب می‌گردد. پس از انتخاب روش مناسب همکاری‌های خارجی، فناوری مورد نظر به روش منتخب به کشور انتقال یافته و در این راستا سیستم مورد نظر با کمک همکار خارجی ساخته می‌شود و پس از اجرای این فناوری در یک نیروگاه، دستورالعمل استفاده از سیستم مورد نظر تهیه خواهد شد.

شاخص (معیار):

- ساخت سیستم بازرسی سطوح داخلی لوله‌های واتروال

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۲۴ ماه در نظر گرفته شده است.

۴-۴- توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص ترک‌های ناشی از خوردگی در لوله‌های بویلر در حین کار،

با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

خوردگی خستگی به عنوان خوردگی یک آلیاژ در محیط خورنده و تحت اعمال تنش‌های سیکلی تعریف می‌گردد. شروع ترک خستگی که از یک حفره ناشی می‌گردد، نشانه خوردگی خستگی در نظر گرفته می‌شود. این نوع زوال به وسیله اعمال تنش‌های متناوب و یا به وسیله نوسانات و یا گرادیان‌های دمایی یا مکانیکی ایجاد می‌گردد. متمرکز شدن عوامل خورنده و تنش‌های سطحی به صورت متناوب، سبب ایجاد این نوع خوردگی در بویلرها می‌گردد.

به منظور تشخیص ترک‌های ناشی از خوردگی (شامل ترک‌های ناشی از خوردگی خستگی، خوردگی تنشی و . . .) در لوله‌های بویلر در حین کار، در این پروژه پس از بررسی روش‌های مختلف در این زمینه و شناسایی آن‌ها، این روش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت روش بهینه برای توسعه در کشور انتخاب خواهد شد.

هم‌چنین از آنجایی که راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، استفاده از همکاری‌های خارجی می‌باشد، با بررسی در این زمینه روش مناسب همکاری‌های خارجی به منظور انتقال فناوری مورد نظر و ساخت آن در کشور انتخاب می‌گردد. پس از انتخاب روش مناسب همکاری‌های خارجی، فناوری مورد نظر به روش منتخب به کشور انتقال یافته و در این راستا سیستم مورد نظر به کمک همکار خارجی ساخته می‌شود و پس از اجرای این فناوری در یک نیروگاه، دستورالعمل استفاده از سیستم مورد نظر تهیه خواهد شد.

شاخص (معیار):

- ساخت سیستم تشخیص ترک‌های ناشی از خوردگی در لوله‌های بویلر در حین کار

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۲۴ ماه در نظر گرفته شده است.

۴-۵- توسعه فناوری ساخت سیستم اندازه‌گیری ضخامت رسوبات داخلی لوله‌های بویلر و کندانسور از بیرون لوله، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

رسوبات آلاینده در بویلرها و کندانسورها در اغلب موارد موجب کاهش راندمان و همچنین وقوع خوردگی بر روی لوله‌های بویلر مخصوصاً در واتروال ها و اکونومایزرها می‌شود. رسوبات ایجاد شده در سمت آب در بویلر، اغلب در اثر انباشتگی محصولات خوردگی منتقل شده از قسمت‌های مختلف تشکیل می‌شود. این رسوبات معمولاً متخلخل هستند و به همین دلیل ناخالصی‌های خورنده در آن گیر می‌افتد. رشد لایه رسوب در سطح داخلی لوله می‌تواند عامل ایجاد خسارت در لوله‌های بویلر شود. اگر رشد این لایه زیاد باشد، می‌تواند به عنوان یک لایه سد حرارتی عمل کند و موجب افزایش دما شده و در نتیجه خسارت اورهیت شدن را به وجود آورد. به دلایل ذکر شده، اندازه‌گیری ضخامت رسوبات داخلی لوله‌های بویلر و کندانسور، به منظور جلوگیری از افزایش ضخامت آن دارای اهمیت می‌باشد.

در این پروژه پس از شناسایی روش‌های اندازه‌گیری ضخامت رسوبات داخلی لوله‌های بویلر و کندانسور از بیرون لوله، این روش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت روش بهینه به منظور توسعه در کشور انتخاب خواهد شد. هم‌چنین از آنجایی که راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، استفاده از همکاری‌های خارجی می‌باشد، با بررسی در این زمینه روش مناسب

همکاری‌های خارجی به منظور انتقال فناوری مورد نظر و ساخت آن در کشور انتخاب می‌گردد. پس از انتخاب روش مناسب همکاری‌های خارجی، فناوری مورد نظر به روش منتخب به کشور انتقال یافته و در این راستا سیستم مورد نظر با کمک همکار خارجی ساخته می‌شود و پس از اجرای این فناوری در یک نیروگاه، دستورالعمل استفاده از سیستم مورد نظر تهیه خواهد شد.

شاخص (معیار):

- ساخت سیستم اندازه‌گیری ضخامت رسوبات داخلی لوله‌های بویلر و کندانسور از بیرون لوله

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۲۴ ماه در نظر گرفته شده است.

۴-۶- توسعه فناوری ساخت سیستم تعیین میزان هیدروژن در سیکل آب و بخار و تشخیص آسیب‌های ناشی از آن به صورت آنلاین، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

افزایش میزان هیدروژن می‌تواند منجر به ایجاد آسیب هیدروژنی و در نتیجه ایجاد خسارت شود. این خسارت در اثر تولید هیدروژن در حین خوردگی سریع سطح داخلی لوله ایجاد می‌گردد. در اثر نفوذ هیدروژن به داخل فولاد و ترکیب آن با کربن، گاز متان تولید شده و با ایجاد فشار، باعث ایجاد ترک در مرز دانه‌ها می‌گردد. به منظور جلوگیری از ایجاد آسیب هیدروژنی، تعیین میزان هیدروژن در آب سیکل بخار دارای اهمیت است.

در این پروژه پس از شناسایی روش‌های تعیین میزان هیدروژن در آب سیکل بخار به صورت آنلاین، این روش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت روش بهینه به منظور توسعه در کشور انتخاب خواهد شد. همچنین از آنجایی که راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، استفاده از همکاری‌های خارجی می‌باشد، با بررسی در این زمینه روش مناسب همکاری‌های خارجی به منظور انتقال فناوری مورد نظر و ساخت آن در کشور انتخاب می‌گردد. پس از انتخاب روش مناسب همکاری‌های خارجی، فناوری مورد نظر به روش منتخب به کشور انتقال یافته و در این راستا سیستم مورد نظر با کمک همکار خارجی ساخته می‌شود و پس از اجرای این فناوری در یک نیروگاه، دستورالعمل استفاده از سیستم مورد نظر تهیه خواهد شد.

شاخص (معیار):

- ساخت سیستم تعیین میزان هیدروژن در سیکل آب و بخار و تشخیص آسیب‌های ناشی از آن به صورت آنلاین

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۲۴ ماه در نظر گرفته شده است.

۴-۷- توسعه فناوری ساخت سیستم بازرسی قطعات مسیر داغ توربین های گازی، با استفاده از روش

مناسب همکاری های خارجی

همانطور که در پروژه های قبل عنوان شد، اهمیت قطعات مسیر داغ توربین های گازی بسیار بالا می باشد. به همین دلیل بازرسی این قطعات به منظور جلوگیری از خوردگی و نیز کنترل آن حائز اهمیت است.

در این پروژه پس از شناسایی روش های بازرسی قطعات مسیر داغ توربین های گازی، این روش ها مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت روش بهینه به منظور توسعه در کشور انتخاب خواهد شد. هم چنین از آنجایی که راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، استفاده از همکاری های خارجی می باشد، با بررسی در این زمینه روش مناسب همکاری های خارجی به منظور انتقال فناوری مورد نظر و ساخت آن در کشور انتخاب می گردد. پس از انتخاب روش مناسب همکاری های خارجی، فناوری مورد نظر به روش منتخب به کشور انتقال یافته و در این راستا سیستم مورد نظر با کمک همکار خارجی ساخته می شود و پس از اجرای این فناوری در یک نیروگاه، دستورالعمل استفاده از سیستم مورد نظر تهیه خواهد شد.

شاخص (معیار):

- ساخت سیستم بازرسی قطعات مسیر داغ توربین های گازی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۲۴ ماه در نظر گرفته شده است.

اقدام ۵: توسعه فناوری های پایش خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق، با استفاده از روش

مناسب همکاری های خارجی



یکی دیگر از فناوری‌های کنترل خوردگی، فناوری پایش خوردگی می‌باشد. با اجرای روش‌های مربوط به پایش خوردگی در تجهیزات مختلف صنعت برق، می‌توان از کم و کیف پدیده‌ی خوردگی آگاه شد و از به وجود آمدن خسارات بیشتر در سیستم جلوگیری نمود.

این فناوری، یکی از فناوری‌های نسبتاً جدید کنترل خوردگی در کشور می‌باشد. به همین دلیل انجام فعالیت‌های لازم به منظور توسعه این فناوری در صنعت برق کشور حائز اهمیت است. به همین جهت توسعه فناوری‌های پایش خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق به عنوان هدف اقدام حاضر در نظر گرفته شده است.

به منظور تحقق این اقدام انجام پروژه‌های زیر در نظر گرفته شده است که در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۵- توسعه فناوری‌های نوین تهیه اطلس خوردگی در صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۲-۵- توسعه فناوری ساخت سیستم پایش خوردگی سازه‌های بتنی مورد استفاده در صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۳-۵- توسعه فناوری ساخت سیستم پایش خوردگی تجهیزات مختلف نیروگاه به روش دستگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۱-۵- توسعه فناوری‌های نوین تهیه اطلس خوردگی در صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

یکی از مهم‌ترین اقدامات در زمینه پیشگیری یا کاهش خوردگی تجهیزات مختلف صنعت برق که بستر بسیار مناسبی را برای متخصصین خوردگی، طراحان، تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان این تجهیزات فراهم می‌سازد، تهیه اطلس خوردگی در صنعت برق می‌باشد. خوردگی به عواملی همچون حضور اجزاء خورنده در اتمسفر، رطوبت، شرجی بودن منطقه، وضعیت باد در منطقه شامل جهت و سرعت باد که موجب جابجایی املاح خورنده در منطقه می‌شود، توپوگرافی از نقطه نظر دشت یا کوهستانی بودن، دمای منطقه، میزان باران، تماس با سایر مواد شیمیایی، تماس با سایر فلزات غیرمشابه، چگونگی برخورد اشعه آفتاب و شرایط جابجایی هوا و ... بستگی دارد. در اختیار داشتن اطلسی که در آن کیفیت و کمیت خوردگی اتمسفری تجهیزات در مناطق مختلف ترسیم شده باشد امکان بررسی و پیش‌بینی رفتار خوردگی تجهیزات مورد نظر را فراهم می‌سازد.

در این پروژه سعی بر این است که با استفاده از روش‌های نوین، اطلس خوردگی جامعی در کشور تهیه گردد. در این راستا لازم است که در مناطق مختلف کشور فضاهایی برای احداث پایگاه‌های خوردگی اختصاص داده شود و پس از احداث پایگاه‌های خوردگی در بخش‌های مختلف صنعت برق و تهیه اطلاعات مربوط به شرایط آب و هوایی، وضعیت خوردگی اتمسفری تجهیزات صنعت برق، در مناطق مختلف کشور مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت نرم‌افزار GIS اطلس خوردگی در صنعت برق کشور تهیه گردد.

شاخص (معیار):

- ارائه نرم‌افزار GIS اطلس خوردگی در صنعت برق

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۲۰ ماه در نظر گرفته شده است.

۵-۲- توسعه فناوری ساخت سیستم پایش خوردگی سازه‌های بتنی مورد استفاده در صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

خوردگی فولاد در بتن نقش مهمی را در تعیین عمر و دوام سازه‌های بتنی ایفا می‌کند و هزینه‌های ایجاد شده به دلیل این رخداد، توجه بسیاری از محققین را به خود معطوف داشته است. خوردگی فولاد در بتن تحت مکانیزم‌های مختلفی به وقوع می‌پیوندد و متغیرهای گوناگونی نظیر شرایط آب و هوایی، کیفیت ساخت سازه، در دسترس بودن عوامل خوردنده و ... در این نوع از خوردگی موثر بوده و ارزیابی عملی این پدیده را بسیار پیچیده ساخته است.

با توجه به اهمیت این پدیده، در پروژه حاضر، پس از شناسایی روش‌های پایش و تعیین میزان خوردگی سازه‌های بتنی، این روش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و روش بهینه به منظور توسعه در صنعت برق کشور انتخاب خواهد شد. همچنین از آنجایی که راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، استفاده از همکاری‌های خارجی می‌باشد، با بررسی در این زمینه روش مناسب همکاری‌های خارجی به منظور انتقال فناوری مورد نظر و ساخت آن در کشور انتخاب می‌گردد. پس از انتخاب روش مناسب همکاری‌های خارجی، فناوری مورد نظر به روش منتخب به کشور انتقال یافته و در این راستا سیستم مورد نظر با کمک همکار

خارجی ساخته می‌شود و پس از یک بار اجرای این فناوری در شرایط عملی، دستورالعمل استفاده از سیستم مورد نظر تهیه خواهد شد.

شاخص (معیار):

- ساخت سیستم پایش خوردگی سازه‌های بتنی مورد استفاده در صنعت برق

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۲۴ ماه در نظر گرفته شده است.

۵-۳- توسعه فناوری ساخت سیستم پایش خوردگی تجهیزات مختلف نیروگاه به روش دستگاهی، با

استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

تجهیزات مختلف نیروگاه‌ها در معرض انواع مختلف خوردگی می‌باشند. پدیده‌ی خوردگی منجر به ایجاد آسیب در این تجهیزات و افزایش هزینه‌ها خواهد شد. علاوه بر روش‌های کنترل خوردگی ذکر شده، که می‌توانند منجر به کاهش آسیب‌های ناشی از خوردگی گردند، پایش تجهیزات و بررسی میزان خوردگی در آن‌ها نقش مهمی در کنترل خوردگی این تجهیزات خواهد داشت.

با توجه به اهمیت پایش خوردگی و تعیین میزان خوردگی در تجهیزات مختلف نیروگاه‌ها، در این پروژه پس از بررسی روش‌های مختلف پایش خوردگی در این تجهیزات، این روش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت روش بهینه به منظور توسعه در کشور انتخاب خواهد شد. هم‌چنین از آنجایی که راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، استفاده از همکاری‌های خارجی می‌باشد، با بررسی در این زمینه روش مناسب همکاری‌های خارجی به منظور انتقال فناوری مورد نظر و ساخت آن در کشور انتخاب می‌گردد. پس از انتخاب روش مناسب همکاری‌های خارجی، فناوری مورد نظر به روش منتخب به کشور انتقال یافته و در این راستا سیستم مورد نظر با کمک همکار خارجی ساخته می‌شود و پس از اجرای این فناوری در یک نیروگاه، دستورالعمل استفاده از سیستم مورد نظر تهیه خواهد شد.

شاخص (معیار):

- ساخت سیستم پایش خوردگی تجهیزات مختلف نیروگاه به روش دستگاهی



زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۲۴ ماه در نظر گرفته شده است.

اقدام ۶: توسعه فناوری‌های مربوط به افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی، با استفاده از روش مناسب

همکاری‌های خارجی

فناوری افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی، یکی از فناوری‌های مهم کنترل خوردگی می‌باشد. بازدارنده‌های خوردگی افزودنی‌هایی هستند که با تغییر سطح فلز، محیط و یا هردو آن‌ها، خوردگی را تحت کنترل درمی‌آورند. افزودن مقادیر کمی از بازدارنده‌ها به محیط‌های خورنده، خوردگی را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد.

همچنین افزودنی‌های دیگری به منظور جلوگیری از ایجاد رسوب و یا از بین بردن جلبک‌ها و باکتری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. تشکیل رسوبات معدنی در بویلرها، مبدل‌های حرارتی و... از جمله مشکلات موجود در صنعت می‌باشد. این رسوبات در حلال‌های معمول نامحلول بوده و امکان استفاده از حلال‌های بسیار اسیدی به دلیل خوردگی شدید در سیستم وجود ندارد. لذا راه حل معمول استفاده از افزودنی‌های ضد رسوب می‌باشد.

بازدارنده‌ها و افزودنی‌ها به منظور کنترل خوردگی در بعضی از تجهیزات صنعت برق مورد استفاده قرار می‌گیرند و به دلیل اهمیت آن‌ها، توسعه فناوری‌های مربوط به بازدارنده‌های خوردگی به عنوان هدف اقدام حاضر در نظر گرفته شده است. به منظور تحقق اقدام مورد نظر انجام پروژه‌های زیر در نظر گرفته شده است که در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۶- شناسایی و انتخاب بازدارنده‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق

۲-۶- توسعه فناوری ساخت بازدارنده‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس

آزمایشگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۳-۶- توسعه فناوری ساخت بازدارنده‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس

نیمه‌صنعتی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۴-۶- شناسایی و انتخاب افزودنی‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق

۵-۶- توسعه فناوری ساخت افزودنی‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس

آزمایشگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۶-۶- توسعه فناوری ساخت افزودنی‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه

صنعتی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

۶-۱- شناسایی و انتخاب بازدارنده‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق

همان طور که ذکر شد، استفاده از بازدارنده‌های خوردگی یکی دیگر از روش‌های کنترل خوردگی می‌باشد. امروزه بازدارنده‌های جدیدی در تجهیزات کشورهای پیشرفته مورد استفاده قرار می‌گیرد، که استفاده از آن‌ها در تجهیزات صنعت برق کشورمان می‌تواند منجر به کاهش خسارات و همچنین کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی شود.

به دلیل اهمیت بازدارنده‌های خوردگی و فناوری مربوط به آن در این پروژه ابتدا بازدارنده‌های نوین مورد استفاده در کشورهای پیشرفته که در کشورمان مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، به عنوان بازدارنده‌های جدید شناسایی می‌شوند. سپس این بازدارنده‌ها مورد ارزیابی فنی و اقتصادی قرار گرفته و کارایی آنها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در نهایت بازدارنده‌های نوین بهینه برای توسعه و استفاده در تجهیزات مختلف صنعت برق انتخاب خواهند شد.

شاخص (معیار):

- انتخاب بازدارنده‌های جدید بهینه برای استفاده در تجهیزات مختلف صنعت برق

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است.

۶-۲- توسعه فناوری ساخت بازدارنده‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق

در مقیاس آزمایشگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

با توجه به اهمیت بازدارنده‌های خوردگی به عنوان یکی از روش‌های کنترل خوردگی، امکان ساخت و توسعه آن‌ها در کشور

دارای اهمیت است.

با توجه به اینکه راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، استفاده از همکاری‌های خارجی می‌باشد، برای توسعه و ساخت بازدارنده‌های نوین بهینه از این روش استفاده خواهد شد. به همین منظور بایستی با بررسی در این زمینه، روش مناسب همکاری‌های خارجی به منظور انتقال فناوری مورد نظر و ساخت آن در کشور انتخاب گردد. پس از انتخاب روش مناسب، هریک از بازدارنده‌های منتخب در پروژه ۶-۱ با کمک همکار خارجی در مقیاس آزمایشگاهی ساخته خواهند شد و پس از استفاده از بازدارنده‌ها در شرایط عملی و بررسی کارایی آن‌ها، دستورالعمل استفاده از بازدارنده‌های منتخب تهیه خواهد شد.

شاخص (معیار):

- ساخت بازدارنده‌های منتخب در مقیاس آزمایشگاهی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۶-۳- توسعه فناوری ساخت بازدارنده‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه صنعتی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی

به منظور توسعه فناوری بازدارنده‌های خوردگی، پس از ساخت بازدارنده‌های منتخب در مقیاس آزمایشگاهی، لازم است که این مواد در مقیاس نیمه صنعتی نیز ساخته شوند و فناوری ساخت آن‌ها در مقیاس نیمه صنعتی نیز به دست آید. به همین منظور در این پروژه بازدارنده‌های منتخب که در پروژه ۶-۲ نیز در مقیاس آزمایشگاهی ساخته شده‌اند، در مقیاس نیمه صنعتی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت بازدارنده‌های منتخب در مقیاس نیمه صنعتی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۶-۴- شناسایی و انتخاب افزودنی‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق

همانطور که ذکر شد، افزودنی ها به منظور جلوگیری از ایجاد رسوب و یا از بین بردن جلبک ها و باکتری ها که باعث خوردگی می شوند مورد استفاده قرار می گیرند. به دلیل اهمیت این مواد و فناوری مربوط به آن، همانند بازدارنده های خوردگی، در این پروژه نیز ابتدا افزودنی های نوین مورد استفاده در کشورهای پیشرفته که در کشور مورد استفاده قرار نمی گیرند، به عنوان افزودنی های جدید شناسایی می شوند. سپس این افزودنی ها مورد ارزیابی فنی و اقتصادی قرار گرفته و کارایی آنها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در نهایت افزودنی های نوین بهینه برای توسعه و استفاده در تجهیزات مختلف صنعت برق انتخاب خواهند شد.

شاخص (معیار):

- انتخاب افزودنی های جدید بهینه برای استفاده در تجهیزات مختلف صنعت برق

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۲ ماه در نظر گرفته شده است.

۵-۶- توسعه فناوری ساخت افزودنی های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق

در مقیاس آزمایشگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی

با توجه به اهمیت افزودنی های خوردگی، امکان ساخت و توسعه آن ها در کشور دارای اهمیت است. با توجه به اینکه راهبرد مربوط به توسعه این فناوری، استفاده از همکاری های خارجی می باشد، برای توسعه و ساخت افزودنی های نوین بهینه از این روش استفاده خواهد شد. به همین منظور بایستی با بررسی در این زمینه، روش مناسب همکاری های خارجی به منظور انتقال فناوری مورد نظر و ساخت آن در کشور انتخاب گردد. پس از انتخاب روش مناسب، هریک از افزودنی های منتخب در پروژه ۶-۴ با کمک همکار خارجی در مقیاس آزمایشگاهی ساخته خواهند شد و پس از استفاده از افزودنی ها در شرایط عملی و بررسی کارایی آن ها، دستورالعمل استفاده از افزودنی های منتخب تهیه خواهد شد.

شاخص (معیار):

- ساخت افزودنی های منتخب در مقیاس آزمایشگاهی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

۶-۶- توسعه فناوری ساخت افزودنی های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق

در مقیاس نیمه صنعتی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی

به منظور توسعه فناوری افزودنی های خوردگی، پس از ساخت افزودنی های منتخب در مقیاس آزمایشگاهی، لازم است که این مواد در مقیاس نیمه صنعتی نیز ساخته شوند و فناوری ساخت آنها در مقیاس نیمه صنعتی نیز به دست آید. به همین منظور در این پروژه افزودنی های منتخب که در پروژه ۶-۵ نیز در مقیاس آزمایشگاهی ساخته شده اند، در مقیاس نیمه صنعتی ساخته خواهند شد.

شاخص (معیار):

- ساخت افزودنی های منتخب در مقیاس نیمه صنعتی

زمان بندی:

برای انجام این پروژه مدت زمان ۱۸ ماه در نظر گرفته شده است.

پیوست شماره ۳

معرفی اجمالی نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی

در این بخش نهادهای مرتبط با نگاشت نهادی طرح توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق به طور اجمالی معرفی خواهند شد.

۳-۱- وزارت نیرو

وزارت نیرو یکی از مهم‌ترین وزارتخانه‌های اقتصادی دولت محسوب می‌شود. میزان اعتبارات سالیانه این وزارتخانه به طور طبیعی چند برابر برخی از وزارتخانه‌ها است. اهمیت 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 اقبال مردم با تامین، تصفیه و توزیع مناسب آب بهداشتی سالم و دائمی برای انواع مصارف.
 - بالا بردن بهداشت محیط شهرها و روستاها با طراحی و اجرای شبکه‌های جمع‌آوری و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب.
 - تامین نیازهای انرژی با کیفیت مطلوب و تمام وقت برای انواع مصارف شهروندان
 - دیدگاه بلندمدت (دورنگر) به صیانت از منابع آب و انرژی و انتقال آن به نسل‌های آینده
- وظایف 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
- بیانیه مأموریت وزارت نیرو در بخش برق و انرژی به قرار زیر است:
- وزارت نیرو در بخش‌های برق و انرژی عهده‌دار سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان انرژی و ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای برق و حفظ کیفیت آن در راستای توسعه پایدار و امنیت عرضه انرژی کشور می‌باشد.
- وزارت نیرو در این بخش با سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، هدایت، نظارت و تدوین ضوابط، مقررات و لوایح مرتبط، بسترهای لازم را برای ایجاد هماهنگی بین نقش‌آفرینان، فعالیت بخش‌های خصوصی، تعاونی و عمومی را در تمامی عرصه‌ها فراهم نموده و با حمایت از بهینه‌سازی مصرف، رونق‌بخشی به فضای کسب‌وکار در عرصه ملی و فراملی بخش برق و انرژی، حقوق کلیه ذینفعان خود شامل آحاد جامعه، بخش‌های صنعت، کشاورزی، خدمات، دولت و نهادهای قانون‌گذار را رعایت می‌کند. وزارت نیرو در این بخش با ارتقاء بهره‌وری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، سازگار با محیط‌زیست و متناسب با زیرساخت‌های حال و آینده و توسعه مشارکت و بهره‌وری منابع انسانی متخصص و خلاق به‌عنوان ارزشمندترین دارایی، نقشی مؤثر در رفاه اجتماعی و تبادل برق با کشورهای منطقه ایفا نموده و در راستای کاهش شدت انرژی، افزایش خوداتکایی و توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام می‌کند.



وظایف حاکمیتی بخش انرژی عبارت‌اند از:

۱. سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در زمینه صیانت و بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی کشور
۲. برنامه‌ریزی کلان انرژی کشور به منظور حصول اطمینان از تأمین و عرضه انرژی مورد نیاز بخش‌های گوناگون
۳. سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای شناسایی و در اختیار گرفتن انرژی‌های دست نیافته (انرژی‌های نو) و حمایت و ترویج کاربرد آن
۴. نظارت بر نحوه استفاده از انواع انرژی به منظور رعایت رفاه مردم و حفظ منابع انرژی کشور
۵. تعیین الگوی مصرف انواع انرژی با رعایت مصالح کشور و حفظ حقوق مردم
۶. سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی به منظور مدیریت مصرف انرژی
۷. تدوین استانداردها و مقررات لازم برای تولید، مصرف و تبدیل انرژی در کلیه بخش‌های اقتصادی و اجتماعی
۸. حمایت از توسعه تحقیقات کاربردی، فناوری و منابع انسانی در بخش انرژی
۹. تولید آمار و اطلاعات پایه بخش انرژی و تسهیل دسترسی به آن‌ها
۱۰. برنامه‌ریزی برای اصلاح ساختار مصرف انرژی و اعطای تسهیلات مالی و فنی لازم در بخش انرژی
۱۱. 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
۱۲. تهیه، تدوین و پیشنهاد قوانین مرتبط با بخش انرژی
۱۳. تعیین نرخ انواع انرژی
۱۴. کاهش، شفاف‌سازی و هدفمند کردن یارانه
۱۵. ارزیابی رضایت مشترکین و سیاست‌های بهبود آن

وظایف حاکمیتی بخش برق عبارت‌اند از:

۱. سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کلان و نظارت بر اجرای طرح‌های توسعه در حد حصول اطمینان از تأمین برق

مورد نیاز



۲. تصویب و ابلاغ استانداردها و دستورالعمل‌های لازم برای تنظیم اثرات خارجی صنعت و رعایت حقوق مشترکین و مصالح جامعه و نظارت بر اجرای آن‌ها در زمینه‌های فنی، زیست‌محیطی، ایمنی و ارائه خدمات به مشترکین
۳. کاهش، شفاف‌سازی و هدفمند کردن یارانه‌ها
۴. تصویب تعرفه‌های فروش برق
۵. تهیه و تصویب مقررات و آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های ناظر بر روابط شرکت‌های فعال در بازار برق و نظارت بر اجرای آن‌ها
۶. ایجاد و توسعه رقابت بر آن بخش از امور صنعت برق که امکان رقابت در آن‌ها وجود دارد
۷. تشویق و حمایت از سرمایه‌گذاری بخش غیردولتی در صنعت برق
۸. تسهیل دسترسی عمومی به آمار و اطلاعات صنعت برق
۹. 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
۱۰. حمایت از توسعه تحقیقات کاربردی، فناوری و منابع انسانی در صنعت برق
۱۱. ظرفیت‌سازی و حمایت از صنایع داخلی
۱۲. تهیه، تدوین و پیشنهاد قوانین و مقررات مرتبط
۱۳. ارزیابی رضایت مشترکین و سیاست‌های بهبود آن

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

انرژی وزارت نیرو)

در معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو، دفتری تحت عنوان دفتر استانداردهای فنی و مهندسی، اجتماعی و زیست‌محیطی برق و انرژی شکل گرفته است که با رویکرد حاکمیتی و با بهره‌گیری از دستاوردهای گذشته، به این مهم پردازد. به طور کلی

نتایج نهایی فعالیت‌های صنعت برق از طریق کارآمدی و اثربخشی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و درازمدت آشکار می‌شود و جامعه و مسئولین آن را از دو طریق درک می‌نمایند:

- تأثیرگذاری مثبت بر کیفیت زندگی مردم
- تأثیرگذاری مثبت بر توسعه پایدار ملی

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

۱. حفاظت از حقوق متقابل مشتریان و بخش عرضه برق
۲. حفظ پایایی و امنیت سیستم قدرت کشور
۳. بهره‌وری بخش عرضه برق
۴. مدیریت تقاضای برق
۵. تعاملات صنعت برق با محیط‌زیست
۶. خوداتکایی علمی و فنی صنعت برق
۷. بازرگانی برق (بازرگانی داخلی و خارجی)
۸. توازن و پایداری اقتصادی صنعت برق

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

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



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

۳-۴- دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی (معاونت برق و انرژی وزارت نیرو)

فرآیند برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری برق و انرژی مستلزم شناخت دقیق وضعیت جاری، امکانات، محدودیت‌ها و تعیین استراتژی‌ها و اهداف این بخش می‌باشد. لذا با بکارگیری از ابزار فوق می‌توان ضمن شناسایی نقاط بحران‌زا و مشکلات این بخش، راه‌حل‌های مربوط به برنامه‌ریزی را ارائه و سیاست‌های مناسب را تعیین و به موقع به مرحله اجرا درآورد. در این راستا معاونت امور برق و انرژی وزارت نیرو به منظور انجام وظایف قانونی خود فعالیت‌های متعددی را اجرا نموده است.

مأموریت‌ها:

- برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری برق و مشارکت در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی کشور از طریق تدوین برنامه‌های کوتاه، میان و بلندمدت، به وسیله برآورد تقاضای برق و انرژی مصرف‌کنندگان مختلف و برنامه‌ریزی جهت تامین آن‌ها در یک سیستم بهینه با کمترین هزینه و بیش‌ترین بازدهی، در انطباق با چشم‌انداز بلندمدت توسعه کشور
- بهبود برنامه‌های بخش برق و انرژی
- بهبود ترکیب سبد عرضه انرژی
- دستیابی به روش‌های عرضه سازگار تر با محیط‌زیست
- حمایت از توسعه فناوری‌ها و نوآوری‌های مرتبط با بخش برق و انرژی
- بهبود مبادلات برق با سایر کشورها
- بهبود روش‌های نظارت بر اجرای برنامه‌ها
- بهبود روش‌های تهیه و انتشار آمار و اطلاعات برق و انرژی

۳-۵- معاونت برنامه‌ریزی و امور اقتصادی (وزارت نیرو)

وظایف حاکمیتی بخش برنامه‌ریزی و امور اقتصادی عبارت است از:

۱. مطالعات و آینده‌نگری همه‌جانبه شرایط محیطی و جهانی صنعت آب و برق
۲. تدوین برنامه دوربرد و راهبردی وزارت نیرو
۳. تلفیق برنامه‌های کوتاه‌مدت و میان‌مدت بخش‌های مختلف صنعت آب و برق
۴. تلفیق، تدوین و ارائه لایحه بودجه وزارت نیرو
۵. نظارت دقیق، مستمر و مؤثر بر اجرای برنامه
۶. تهیه و تدوین گزارش عملکرد برنامه
۷. تدوین سیاست‌های تشویقی و حمایت از بخش خصوصی و سرمایه‌گذاری غیردولتی و خارجی
۸. برنامه‌ریزی جهت اجرای اصل ۴۴ قانون اساسی و خصوصی‌سازی صنعت
۹. مطالعات و بررسی ظرفیت‌های داخلی صنعت آب و برق
۱۰. تدوین سیاست‌های توسعه کارآفرینی در وزارت نیرو
۱۱. انجام امور مربوط به دبیرخانه مجامع عمومی شرکت‌های تابعه
۱۲. نظارت بر قراردادهای مرتبط با صنعت آب و برق
۱۳. مطالعات و بررسی اقتصاد کلان صنعت آب و برق
۱۴. مطالعات و بررسی بازار بین‌المللی مرتبط با وزارت نیرو
۱۵. تنظیم سیاست‌ها و روابط اقتصاد خارجی وزارت نیرو
۱۶. تدوین سیاست‌های تشویقی و حمایتی از صادرکنندگان مرتبط با صنعت آب و برق
۱۷. تدوین سیاست‌های راهبری بازار آب و برق
۱۸. تنظیم مقررات مربوط به بازار آب و برق
۱۹. تدوین و استقرار سیاست‌های توسعه رقابت در بازارهای آب و برق

۳-۶- معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی (وزارت نیرو)

وظایف حاکمیتی بخش تحقیقات و منابع انسانی عبارت‌اند از:

۱. برنامه‌ریزی جامع منابع انسانی صنعت آب و برق
۲. تدوین سیاست‌ها و راهبری منابع انسانی
۳. مطالعه و بررسی و تنظیم سیاست‌های افزایش انگیزش و کارآمدی منابع انسانی
۴. بررسی و تدوین راهکارهای استقرار ارزش‌های انسانی در سازمان
۵. مطالعات، برنامه‌ریزی و ساماندهی امر مدیریت و ارائه الگوی مناسب مدیریتی
۶. راهبری تحول اداری صنعت آب و برق و ارتقاء سلامت اداری
۷. مطالعات، تدوین، اصلاح و استقرار ساختار سازمانی، سیستم‌ها و روش‌های کارآمد در وزارت نیرو
۸. تدوین و ارائه طرح‌های ارتقاء کیفیت و بهبود بهره‌وری صنعت آب و برق
۹. تدوین سیاست‌های آموزش و تحقیقات صنعت آب و برق
۱۰. ساماندهی ارتباطات با مراکز آموزشی و پژوهشی درون و برون صنعت آب و برق
۱۱. تدوین سیاست‌ها و استراتژی توسعه فناوری
۱۲. تدوین و استقرار نظام راهبری و توسعه آموزش
۱۳. راهبری برنامه‌های آموزش‌های تخصصی مورد نیاز صنعت
۱۴. هدایت هیئت‌های امانت مراکز آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق
۱۵. مطالعه و بررسی مستمر فناوری‌های نوین اطلاعاتی مورد نیاز صنعت
۱۶. تدوین نظام ارتباطات به هنگام در صنعت آب و برق
۱۷. تدوین و استقرار نظام آماری و اطلاعاتی در وزارت نیرو
۱۸. مدیریت و راهبری اطلاعات علمی، اسناد و کتابخانه
۱۹. ایجاد بانک اطلاعاتی صنعت و بروزرسانی آن
۲۰. مطالعه و ارائه سیستم‌های مکانیزه جهت ارائه خدمات به مشترکین صنعت آب و برق

۳-۷- دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)

مأموریت اصلی این دفتر، توسعه آموزش، تحقیقات و فناوری در صنعت آب و برق بوده و اهم برنامه‌ها و وظایف مرتبط با

این مأموریت عبارت است از:

۱. سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی آموزش، تحقیقات و فناوری
۲. تسهیل و بهینه‌سازی فرآیند انجام آموزش، تحقیقات و فناوری
۳. تعمیق و توسعه فعالیت‌های آموزش، تحقیقات و فناوری
۴. بررسی و تحلیل نیازهای آموزش، تحقیقات و فناوری
۵. تسهیل و تنظیم تعاملات آموزش، تحقیقات و فناوری
۶. پایش، ارزیابی و تحلیل وضعیت آموزش، تحقیقات و فناوری

۳-۸- دبیرخانه شورای استاندارد (معاونت امور تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو)

دبیرخانه شورای استاندارد، در دفتر آموزش، تحقیقات و فناوری معاونت تحقیقات و منابع انسانی وزارت نیرو تشکیل شده

و وظایف زیر را بر عهده دارد:

۱. تنظیم سیاست‌ها و خط مشی‌های استاندارد با کمک دفاتر و ارائه آن به شورا جهت تصویب
۲. تنظیم برنامه‌های تهیه استانداردها با کمک دفاتر و ارائه آن به شورا جهت تصویب
۳. هماهنگ نمودن دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی استاندارد با کمک دفاتر و پیشنهاد آن‌ها به شورا جهت تصویب
۴. تنظیم عناوین استانداردهای مورد نیاز صنعت آب و برق بر اساس اولویت‌های تعیین شده در بخش‌ها و انتشار آن‌ها
۵. تسهیل در برقراری ارتباط با مجامع ملی و بین‌المللی استاندارد
۶. اتخاذ تدابیر لازم برای اجرای مصوبات شورا
۷. نگهداری کلیه دستورالعمل‌ها، مصوبات، صورت جلسات، مکاتبات و پیگیری‌های شورا
۸. برگزاری جلسات هماهنگی با مدیران دفاتر استاندارد

۹. ایجاد هماهنگی در بانک‌های اطلاعاتی دفاتر استاندارد

۳-۹- توانیر

موضوع فعالیت شرکت توانیر:

مدیریت سهام و سرمایه‌های شرکت در صنعت برق، انجام هرگونه فعالیت در راستای تأمین برق مطمئن و اقتصادی برای کلیه مصارف خانگی، عمومی، صنعتی، کشاورزی، تجاری و غیره اعم از سرمایه‌گذاری، مدیریت و نظارت بر ایجاد و بهره‌برداری از تأسیسات و انجام کلیه معاملات مربوط به برق که برای تحقق اهداف شرکت لازم می‌باشد از طریق شرکت‌های زیرمجموعه و یا در صورت لزوم با تصویب مجمع عمومی توسط خود شرکت موارد زیر از جمله وظایف شرکت می‌باشد.

۱. بررسی و تدوین پیشنهادهای لازم در زمینه راهبردها و سیاست‌ها و برنامه‌های بلندمدت و میان‌مدت صنعت برق و

ارایه آن به وزارت نیرو

۲. اجرای سیاست‌ها، برنامه‌ها و مصوبات وزارت نیرو

۳. تهیه طرح‌های لازم برای توسعه تأسیسات تولید، انتقال و توزیع برق و ارایه آن به وزارت نیرو جهت اخذ مجوز

۴. سرمایه‌گذاری در تأسیسات تولید و انتقال و توزیع صنعت برق

۵. اتخاذ تدابیر و راهکارهای لازم به منظور حصول اطمینان از اجرای صحیح و به‌موقع طرح‌های توسعه و بهینه‌سازی

تأسیسات

۶. 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

۷. تدوین و پیشنهاد تعرفه‌های برق به وزارت نیرو

۸. خرید و فروش عمده برق در داخل و خارج کشور از طریق شرکت‌های زیرمجموعه

۹. اخذ هرگونه وام و تسهیلات مالی از منابع داخلی و خارجی، عرضه اوراق قرضه و مشارکت داخلی و پیش‌فروش

انشعاب و انرژی برق و سایر روش‌های تأمین منابع مالی با اخذ مجوز از مراجع قانونی ذی‌ربط

۱۰. مدیریت، توسعه و تأمین منابع مالی صنعت برق و استفاده بهینه از این منابع از طریق برقراری تسهیلات و گردش منابع مالی فی مابین شرکت و شرکت های زیرمجموعه
۱۱. 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 بهینه سازی مصرف و کاهش مصارف غیرضروری
۱۲. بررسی، مطالعه و سایر اقدامات لازم برای توسعه فناوری، انتقال دانش فنی و اطلاع رسانی تأمین کالا و ساخت تجهیزات مورد نیاز صنعت برق کشور
۱۳. حمایت از توسعه فعالیت های آموزشی و پژوهشی در زمینه های تخصصی مرتبط با صنعت برق و پشتیبانی از برنامه های تربیت متخصصان مورد نیاز صنعت برق کشور.
۱۴. حمایت از تحقیقات و فعالیت های علمی و توسعه منابع انسانی و سایر عوامل موثر در بهبود مدیریت و بهره وری صنعت برق کشور
۱۵. مدیریت و هماهنگی تجاری، فنی و برنامه ای بین شرکت های زیرمجموعه و هدایت و هماهنگی آنها در جهت سیاست های تعیین شده از طرف وزارت نیرو و دولت
۱۶. نظارت بر امور مدیریت و نظام مالی شرکت های زیرمجموعه و انجام بازرسی و حسابرسی های لازم
۱۷. تدوین مقررات و استانداردها و دستورالعمل های 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
۱۸. پیشنهاد و پیگیری درخواست های عمومی صنعت برق از دولت
۱۹. انجام هرگونه عملیات مالی، معاملات، سرمایه گذاری، تشکیل شرکت، مشارکت در مؤسسات و شرکت های دیگر که مرتبط با موضوع شرکت باشد، با رعایت مقررات مربوط
۲۰. مبادرت به هرگونه فعالیت که با هدف شرکت مرتبط باشد

شرح وظایف دفتر امور تحقیقات برق عبارت است از:

۱. حمایت، هدایت، راهبری مؤسسات و مراکز علمی و پژوهشی به منظور انجام تحقیقات و پژوهش های کاربردی در

صنعت برق

۲. کمک به توسعه و رشد مراکز تحقیقاتی

۳. ترغیب مؤسسات و مراکز علمی به تدوین طرح ها و پژوهش های کاربردی

۴. تدوین نظام های اصلاح و بهبود فرایندها

۵. سیاست گذاری در بخش تحقیقات شرکت های زیرمجموعه

۶. ارتقاء دانش مدیریت تحقیق و توسعه در شرکت های زیرمجموعه

۷. استقرار طرح ها و پروژه های تحقیقاتی کاربردی انجام شده در شرکت های زیرمجموعه

۸. تدوین شاخص ها و معیارهای تحقیقات در زمینه مختلف (ارزیابی، کنترل و استاندارد)

۹. نظارت عالی و راهبردی بر شرکت های زیرمجموعه

۱۰. تعامل با دستگاه ها و سازمان ها برای پیشبرد امور تحقیقات

۱۱. شناسایی پتانسیل ها و ظرفیت های ارتقاء و بهبود فرایندهای پژوهش و تحقیقاتی در شرکت های موفق داخلی و

خارجی (benchmark)

۱۲. تعامل با مرکز پژوهش ملی و بین المللی

۱۳. ظرفیت سازی در شرکت ها برای مدیریت بر انجام تحقیقات کاربردی (پیشنهاد تقویت ساختار - توانمندسازی

کارکنان و ...)

۱۴. توسعه و گسترش تبادلات علمی و تحقیقاتی ملی و بین المللی در صنعت برق

۱۵. توسعه و بکارگیری سرمایه انسانی کارآمد و دانشگرا در بخش تحقیقات صنعت برق

۱۶. تطبیق سیاست های صنعت برق با نیازهای آن

۱۷. ارزیابی نظام ها و فعالیت های تحقیقاتی و استاندارد به منظور اصلاح و بهبود فرایندها

۱۸. ظرفیت سازی در ستاد و شرکت های زیرمجموعه به منظور استقرار مطلوب نظامها (ایجاد دانش، مهارت، شرایط و

قابلیت های مورد نیاز)

۱۹. مطالعات در زمینه تجارب گذشته و تحلیل وضع موجود جهت تنظیم فعالیت های آینده پژوهشی

۲۰. استقرار نظام یادگیری

۳-۱۱- صندوق غیردولتی پژوهش و فناوری صنعت برق

این صندوق در تاریخ ۱۳۸۳/۱۱/۴ بر اساس مجوز ماده ۱۰۰ قانون برنامه سوم توسعه به صورت موسسه غیرتجاری تأسیس

و تحت شماره ۱۷۷۱۳ به ثبت رسیده است. سرمایه صندوق توسط واحدهای فعال در زمینه های مختلف صنعت برق به شرح

زیر تامین شده است:

- شرکت مادر تخصصی مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر)

- شرکت مادر تخصصی مدیریت تهیه و ساخت کالای آب و برق (ساتکاب)

- شرکت مدیریت پروژه های نیروگاهی ایران (مپنا)

- شرکت سرمایه گذاری صنایع برق و آب (صبا)

- شرکت ایران ترانسفو

هدف از تشکیل:

هدف صندوق عبارت است از حمایت از فعالیت های محققین و طرح های تحقیقاتی بخش غیردولتی صنعت برق به منظور

دسترسی به موارد زیر:

۱. تولید و توسعه دانش فنی

۲. ارتقاء سطح فناوری

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

انواع حمایت ها:

۱. اعطای تسهیلات اعتباری (به صورت عقود اسلامی) جهت اجرای طرح های تحقیقاتی

۲. اعطای یارانه سود برای طرح‌های تحقیقاتی که از سایر منابع مالی و اعتباری کشور تسهیلات دریافت داشته‌اند

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

۴. مشارکت، سرمایه‌گذاری و تامین سرمایه خطرپذیر به منظور اجرای طرح‌های تحقیقاتی

شروط کلی:

۱. 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:

۱. طرح‌های پژوهشی کاربردی

۲. طرح‌های تدوین دانش فنی

۳. طرح‌های تولید نمونه آزمایشگاهی

۴. طرح‌های تولید نمونه نیمه‌صنعتی

۵. طرح‌های پژوهشی توسعه‌ای

۶. توسعه و بومی‌سازی فناوری‌های نوین

۳-۱۲- پژوهشگاه نیرو

پژوهشگاه نیرو به منظور تحقق بخشی از وظایف پژوهشی وزارت نیرو و نیز ارتقاء کیفی امور آن وزارتخانه، تأسیس گردید.

پژوهشگاه نیرو سازمانی دولتی است که مسئولیت راهبری تحقیقات وابسته به صنعت برق و انرژی ایران را بر عهده دارد.

پژوهشگاه نیرو در سال ۱۳۷۶ با اخذ مجوز سه پژوهشکده "برق"، "تولید نیرو" و "انتقال و توزیع نیرو" از شورای گسترش

آموزش عالی به طور رسمی کار خود را آغاز و در سال ۱۳۷۷ با اخذ دو مجوز جدید پژوهشکده‌های "انرژی و محیط‌زیست" و

"کنترل و مدیریت شبکه" را نیز به مجموعه خود افزود و در ادامه با ایجاد مراکز شیمی و مواد، توسعه فناوری توربین‌های

بادی و "آزمایشگاه‌های مرجع" فعالیت‌های خویش را توسعه بخشید.



با توجه به نقش زیربنایی صنعت برق در رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور، پژوهشگاه نیرو با انجام پروژه‌های بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای به منظور پاسخگویی بهتر و بیشتر به نیازهای صنعت برق و رفع مشکلات آن و دستیابی به فناوری‌های نوین اقدام به تعریف پروژه برنامه استراتژیک خود هم‌راستا با خواسته‌ها و برنامه‌های استراتژیک وزارت نیرو و برنامه توسعه پنجم کشور نموده و در سال ۱۳۸۷ پس از تبیین بیانیه‌های مأموریت، چشم‌انداز و ارزش‌های سازمانی با تحلیل محیط داخل و خارج و همچنین مطالعات تطبیقی در عرصه بین‌المللی استراتژی‌ها و اهداف پژوهشگاه را تدوین و در سال ۱۳۸۹ با استفاده از متدلوژی کارت امتیازی متوازن (BSC) با اجرای برنامه‌ها و دستیابی به اهداف کمی راه رسیدن به چشم‌انداز را هموار نموده است.

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

محصولات و خدمات این مأموریت تکمیل چرخه مدیریت نوآوری و فناوری صنعت برق و انرژی از طریق موارد زیر است.

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

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

۱. رفع مشکلات و نیازهای فنی صنعت برق کشور از طریق جذب، پذیرش و حمایت از شرکت‌های فناور مستعد
۲. فراهم نمودن زمینه ارتقاء کمی و کیفی آن‌ها در جهت تکمیل چرخه توسعه فناوری آن‌ها
۳. حاکمیت دیدگاه کاربردی، تفکر تجاری‌سازی و حرکت نتیجه محور در فعالیتهای علمی و پژوهشی
۴. استقرار چهارچوب‌های مدیریتی و اقتصادی در پروژه‌ها و طرح‌های فنی
۵. استفاده از پتانسیل صنعت برق و انرژی کشور در بخش‌های دولتی و خصوصی، به ویژه پژوهشگاه نیرو
۶. روان‌سازی مقررات و تسهیل فرآیندهای کاری و مدیریتی مربوط
۷. ایجاد و راهبری شبکه ملی مراکز رشد مرتبط با حوزه برق و انرژی
۸. هموار نمودن مسیر توسعه کسب و کار بین‌المللی
۹. کمک به راه‌اندازی و مدیریت صندوق‌های حمایت مالی ریسک‌پذیری

۳-۱۴ - 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 رئیس‌جمهور قرار دارد و به منظور هماهنگی و هم‌افزایی امور علمی و فناوری در کل کشور تشکیل شده است که از وزارتخانه‌ها و سایر دستگاه‌های اجرایی کشور مجزا می‌باشد و از ۵ معاونت تشکیل شده که عبارت‌اند از: معاونت سیاست‌گذاری و ارزیابی راهبردی، معاونت توسعه فناوری، معاونت نوآوری و تجاری‌سازی، معاونت امور بین‌الملل و تبادل فناوری و معاونت توسعه مدیریت و منابع. دفتر سیاست‌گذاری معاونت سیاست‌گذاری و ارزیابی راهبردی نقش سیاست‌گذار را بر عهده دارد. اهداف معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری عبارت‌اند از:

۱. ارتقای اقتدار ملی، تولید ثروت و افزایش کیفیت زندگی مردم از طریق افزایش توانمندی‌های فناوری و نوآوری در

کشور

۲. ارتقای «نظام ملی نوآوری» و تکمیل مؤلفه‌ها و حلقه‌های آن

۳. توسعه «اقتصاد دانش‌بنیان» از طریق هماهنگی و هم‌افزایی بین‌بخشی و بین دستگاهی

۴. ارتقای ارتباط «دانش» با «صنعت» و «جامعه» و تسهیل تبادلات بین بخش‌های عرضه و تقاضای فناوری و

نوآوری

۵. تجاری‌سازی دستاوردهای فناوری و نوآوری و توسعه شرکت‌های دانش‌بنیان

۶. توسعه فناوری‌های راهبردی و اولویت‌دار ملی مطرح در نقشه جامع علمی کشور

۷. اعتلای ارتباطات بین‌المللی علمی، فناوری و نوآوری و توسعه دیپلماسی علمی و فناوری

وظایف اساسی معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری عبارت‌اند از:

۱. سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی تأمین منابع مالی در نظام علم، فناوری و نوآوری کشور

۲. هدفمندسازی، هدایت و توسعه پژوهش‌های کاربردی، تقاضا محور و مأموریت‌گرا و کمک به تجاری‌سازی نتایج

آن‌ها

۳. 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

۴. توسعه‌ساز و کارهای سرمایه‌گذاری خطرپذیر و تأمین مالی لازم در اقتصاد دانش‌بنیان

۵. تحریک تقاضا، بازاریابی و تضمین بازار برای تولیدات داخلی و بازاریابی و صادرات کالاها و خدمات دانش‌بنیان

۶. رصد فرصت‌های بین‌المللی به‌منظور توسعه فناوری به ویژه شناسایی و کسب فناوری‌های نوظهور با هماهنگی و

همکاری دستگاه‌های ذی‌ربط

۷. انجام اقدامات لازم جهت توسعه اولویت‌های علم و فناوری نقشه جامع علمی کشور



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 فرهنگ سازی 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، بالأخص در زمینه تکنولوژی‌های مورد نیاز کشور، کمک به تشکیل و راه‌اندازی کانون‌های تحلیلی‌گری و ایجاد ارتباط با مجموعه‌های فکری موجود در داخل و خارج از کشور، ایجاد ارتباط بین محققین و تحلیلگران در عرصه تکنولوژی

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

وظایف و فعالیت‌های دفتر همکاری‌های فناوری ریاست جمهوری:

۱. تسهیل و کمک به انجام پروژه‌های مشترک با شرکت‌های معتبر خارجی
۲. ارتباط با ایرانیان مقیم خارج از کشور و تبادل اطلاعات در زمینه فناوری‌های نوین

۳-۱۶- پارک‌های علم و فناوری

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

۱. گسترش و تقویت روح پژوهش و تفکر علمی در جامعه
۲. تلاش منظم و مستمر به منظور رویارویی با نیازهای حال و آینده
۳. کمک به توسعه هماهنگ بخش‌های مختلف از جمله دانشگاه‌ها و صنایع از طریق برقراری ارتباط سازمان یافته

۴. رشد و پرورش خلاقیت‌ها و ایجاد روحیه کارآفرینی در فارغ‌التحصیلان

۵. زمینه‌سازی مناسب جهت تجاری نمودن تحقیقات

وظایف پارک‌های علم و فناوری عبارت است از:

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

و صنعتی

۲. جهت دادن مؤثر جامعه علمی کشور به سوی تحقیق در رشته‌های مورد نیاز

۳. برنامه‌ریزی و ایجاد زمینه مناسب به منظور کاربردی و تجاری کردن نتایج تحقیقات

۴. ایجاد فضای مناسب علمی و پژوهشی برای جذب دانشمندان و متخصصان داخل و خارج از کشور

۵. ارتقاء دانش فنی متخصصین برای بروز خلاقیت‌ها و نوآوری‌ها در زمینه فناوری

۶. دستیابی به آخرین اطلاعات و دانش فنی مورد نیاز به منظور کسب و ایجاد فناوری برتر به منظور رقابت در جامعه

جهانی

۷. اشاعه فرهنگ و سازمان‌دهی فعالیت‌های جمعی تحقیقاتی و فناوری و استفاده از امکانات پارک‌ها

۸. ایجاد بستر مناسب برای فعالیت واحدها و مؤسسه‌های علمی و فناوری غیردولتی و دولتی در پارک

۳-۱۷- صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور

هدف از تأسیس صندوق، شکوفایی امور تحقیقاتی در راستای تولید علم، فناوری و تجاری‌سازی و بهره‌مند شدن مردم از

نتایج آن‌ها، از طریق ارائه کمک‌ها و خدمات حمایتی و مادی و معنوی به پژوهشگران و فناوران حوزوی و دانشگاهی ایرانی

اعم از حقیقی و حقوقی می‌باشد.

در صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور پروژه‌های تحقیقاتی مورد حمایت قرار می‌گیرند که بر اساس نیازها و

مزیت‌های کشور توصیف شده باشند. انواع حمایت‌های مادی و معنوی از پژوهشگران و فناوران به صورت زیر می‌باشد:

۱. کمک به اجرای طرح‌های تحقیقاتی

۲. حمایت از دوره‌های پسادکترای

۳. حمایت از طرح‌های تحقیق و توسعه
۴. اعطای کرسی پژوهشی
۵. کمک به ثبت بین‌المللی اختراعات
۶. حمایت از ایجاد و توسعه زیرساخت‌های پژوهشی
۷. ثبت ایده‌ها و طرح‌ها (برخورداری صاحبان ایده‌ها و طرح‌ها از منافع حقوقی آن‌ها)
۸. گرنت
۹. کمک برای به ثمر رساندن نوآوری‌ها و خلاقیت‌های منجر به تولید
۱۰. و دیگر فعالیت‌های حمایتی

۳-۱۸- صندوق مالی توسعه تکنولوژی ایران

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

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

۳-۱۹- وزارت علوم تحقیقات و فناوری

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

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

- شناسایی مزیت‌های نسبی، قابلیت‌ها، استعدادها و نیازهای پژوهش و فناوری کشور بر مبنای آینده‌نگری و

آینده‌پژوهی و معرفی آن به واحدهای تولیدی، تحقیقاتی، دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و تحقیقاتی جهت بهره‌برداری

- بررسی اولویت‌های راهبردی تحقیقات و فناوری با همکاری یا پیشنهاد دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط و پیشنهاد به

شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری

- حمایت از توسعه تحقیقات بنیادی و پژوهش‌های مرتبط با فناوری‌های نوین بر اساس اولویت‌ها

- برنامه‌ریزی برای تدارک منابع مالی و توسعه فناوری کشور و مشارکت در ایجاد، توسعه و تقویت فناوری ملی و

حمایت از توسعه فناوری‌های بومی

- اتخاذ تدابیر لازم به منظور افزایش کارایی و اثربخشی تحقیقات کشور و توسعه تحقیقات کاربردی با همکاری

دستگاه‌های ذی‌ربط.

- اتخاذ تدابیر و تهیه پیشنهادهای لازم در خصوص انتقال فناوری و دانش فنی و برنامه‌ریزی به منظور بومی کردن

فناوری‌های انتقال یافته به داخل کشور و ارائه آن‌ها به شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری

- ایجاد زمینه‌های مناسب برای عرضه فناوری در داخل و خارج کشور و حمایت از صدور فناوری‌های تولید شده در

کشور و کمک به ایجاد انجمن‌ها و شرکت‌های غیردولتی علمی، تحقیقاتی و فناوری

- اتخاذ راهکارهای مناسب برای کمک به توسعه پژوهش و فناوری در بخش‌های غیردولتی

در زمینه اداره امور دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی تحت پوشش وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

- تعیین راهکارهای لازم و برنامه‌ریزی و حمایت از ایجاد و گسترش دانشگاه‌ها، مؤسسات آموزش عالی، مراکز

تحقیقاتی و فناوری و دیگر مراکز فعالیت‌های علمی - پژوهشی همانند شهرک‌های تحقیقاتی، آزمایشگاه‌های ملی،

موزه‌های علوم و فنون با استفاده از منابع دولتی و غیردولتی و مشارکت‌های مردمی متناسب با نیازها و ضرورت‌های

کشور

- برنامه‌ریزی اجرایی، آموزشی و تحقیقاتی متناسب با نیازها و تحولات علمی و فنی در جهان

- نظارت بر فعالیت‌های دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی و تحقیقاتی کشور

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

۳-۲۰- شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری (عتف)

بر اساس ماده ۹۹ قانون برنامه سوم توسعه فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی کشور، وزارت فرهنگ و آموزش عالی به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تغییر نام داده و مأموریت‌های جدی و جدیدی در حوزه پژوهش و فناوری به وزارت محول شده است. بر همین اساس قانون اهداف، وظایف و تشکیلات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در شهریورماه ۱۳۸۳ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده است. بر اساس مواد ۳ و ۴ این قانون، تشکیل شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری با هدف ایجاد هماهنگی و یکپارچگی در سیاست‌گذاری کلان اجرایی در حوزه علوم، تحقیقات و فناوری پیش‌بینی شده است. شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری در جهت ارتقای کیفیت سیاست‌گذاری در زمینه‌های مختلف علوم، تحقیقات و فناوری و راهبری توسعه فناوری‌های دارای اولویت ملی، اقدام به تشکیل کمیسیون‌های دوازده‌گانه نموده است. از مهم‌ترین وظایف این کمیسیون‌ها می‌توان به اولویت‌بندی و پیشنهاد اجرای طرح‌های اجرایی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های آموزشی، پژوهشی و فناوری و همچنین بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری اشاره کرد.

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

۱. اولویت‌بندی و انتخاب طرح‌های اجرایی بلندمدت سرمایه‌گذاری کلان در بخش‌های آموزشی و پژوهشی و

فناوری

۲. بررسی و پیشنهاد منابع مالی مورد نیاز در حوزه‌های علوم، تحقیقات و فناوری

۳. 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 گزارش‌ها مزبور را جمع‌بندی و به شکل جامعی به مجلس ارائه نماید. در واقع با توجه به بند اول وظایف این شورا، می‌توان این شورا را جزء سیاست‌گذاران پژوهشی کشور قلمداد نمود.

۳-۲۱- 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:

۱. مجمع تشخیص مصلحت نظام، مسئولیت تصمیم‌گیری در سیاست‌های کلان داخلی و خارجی ایران و حل اختلاف میان قوای سه‌گانه را بر عهده دارد و همچنین ناظر بر فعالیت‌های آنان است.
۲. این مجمع، وظیفه تدوین برنامه چشم‌انداز ۲۰ ساله (از ۱۳۸۴ تا ۱۴۰۴) و نظارت بر اجرای آن را بر عهده دارد.
۳. 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.

۳-۲۲- مجلس شورای اسلامی

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:

۱. قانون گذاری

۲. نظارت

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

۳-۲۳- شورای عالی انقلاب فرهنگی

شورای عالی انقلاب فرهنگی به ریاست رئیس‌جمهور یکی از نهادهای حکومتی جمهوری اسلامی ایران است که پس از انقلاب ۱۳۵۷ ایران با فرمان امام خمینی(ره) تشکیل شد. گسترش نفوذ فرهنگ اسلامی در شئون جامعه و تقویت انقلاب فرهنگی و اعتلای فرهنگ عمومی و تزکیه محیط‌های علمی و فرهنگی از افکار مادی و نفی مظاهر و آثار غرب‌زدگی از جمله اهداف این شورا است. ابتدا ستاد انقلاب فرهنگی تشکیل گردید که بعداً به شورای عالی انقلاب فرهنگی تغییر ماهیت داد. اهداف این شورا عبارت‌اند از:

۱. گسترش و نفوذ فرهنگ اسلامی در شئون جامعه و تقویت انقلاب فرهنگی و اعتلای فرهنگ عمومی

۲. تزکیه محیط‌های علمی و فرهنگی از افکار مادی و نفی مظاهر و آثار غرب‌زدگی از فضای فرهنگی جامعه

۳. تحول دانشگاه‌ها، مدارس و مراکز فرهنگی و هنری بر اساس فرهنگ صحیح اسلامی، گسترش و تقویت هر چه

بیشتر آن‌ها برای تربیت متخصصان متعهد، اسلام‌شناسان متخصص، مغزهای متفکر و وطن‌خواه، نیروهای فعال

و ماهر، استادان، مربیان و معلمان معتقد به اسلام و استقلال کشور

۴. 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

۵. حفظ و احیا و معرفی آثار و مآثر اسلامی و ملی

۶. 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.

۳-۲۴- 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:

۱. تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) به عنوان تنها مرجع رسمی این وظیفه در کشور
۲. انجام تحقیقات به منظور تدوین استاندارد، بالا بردن کیفیت کالاهای تولید داخلی، کمک به بهبود روش‌های تولید و کارایی صنایع
۳. ترویج استانداردهای ملی
۴. نظارت بر اجرای استانداردهای اجباری
۵. 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

۶. کنترل کیفیت کالاهای وارداتی مشمول استاندارد اجباری به منظور حمایت از مصرف‌کنندگان داخلی و جلوگیری از ورود کالاهای نامرغوب خارجی
۷. راهنمایی علمی و فنی تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان انواع کالاها
۸. آزمایش و تطبیق نمونه کالا با استانداردهای مربوط، اعلام مشخصات و اظهارنظر مقایسه‌ای و صدور گواهینامه‌های لازم

۳-۲۵- وزارت صنعت، معدن و تجارت

از مهم‌ترین شرح وظایف وزارت صنعت، معدن و تجارت به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:

۱. تدوین و ابلاغ راهبردهای توسعه صنعتی، معدنی و تجاری کشور و تعیین اهداف، سیاست‌ها، برنامه‌ها، استانداردها، نظام‌ها، آیین‌نامه‌ها و ضوابط کلی بخش‌های صنعت، معدن و تجارت هماهنگ با سیاست‌های کلان کشور با جلب مشارکت تشکلهای و سازمان‌های غیردولتی و مردم نهاد مرتبط و نظارت بر اجرا و تحقق آنها
۲. تعیین سیاست‌های توسعه صادرات غیرنفتی، محصولات صنعتی، فرآورده‌های معدنی و خدمات فنی و مهندسی و تجاری و تنظیم و اجرای مقررات مربوط به حمایت‌های صادراتی
۳. مدیریت و تسهیل فرایند تولید و تجارت داخلی و خارجی
۴. برنامه‌ریزی، هدایت، و حمایت از ایجاد و توسعه زیرساخت‌ها و واحدهای صنعتی، معدنی و تجاری و شهرک‌های صنعتی مشترک با کشورهای هدف بر اساس راهبردهای توسعه صنعتی، معدنی و تجاری کشور و متناسب با توازن منطقه‌ای، آمایش سرزمین و ملاحظات زیست‌محیطی
۵. تنظیم و توسعه روابط تجاری، صنعتی و معدنی و تهیه یادداشت‌های تفاهم و موافقت‌نامه‌های مرتبط و انعقاد و اجرای قراردادهای با سایر کشورها و نهادها و سازمان‌های تخصصی و مجامع منطقه‌ای و بین‌المللی ذی‌ربط با هماهنگی وزارت امور خارجه و در چارچوب سیاست خارجی جمهوری اسلامی ایران و قوانین مربوط
۶. مدیریت الحاق جمهوری اسلامی ایران به سازمان جهانی تجارت

۷. قبول عضویت و نمایندگی دولت جمهوری اسلامی ایران در نهادها و سازمان‌های تخصصی و مجامع منطقه‌ای و بین‌المللی مربوط به امور صنعت، معدن و تجارت در چارچوب قوانین
۸. مدیریت رویدادهای تجاری، صنعتی و معدنی اعم از اعزام و پذیرش هیئت‌ها و کمیسیون‌ها، برگزاری و شرکت در نمایشگاه‌ها و همایش‌های داخلی و خارجی و تعیین و اعزام رایزن‌های مورد نیاز به منظور توسعه صادرات غیر نفتی و جذب سرمایه و فناوری
۹. برنامه‌ریزی، هدایت و حمایت از توسعه و جذب سرمایه‌گذاری‌های داخلی و خارجی برای توسعه صنعت، معدن، تجارت و انتقال فناوری و همچنین سرمایه‌گذاری برای ایجاد و توسعه صنایع مبتنی بر فناوری‌های پیشرفته و خطرپذیر در موارد ضروری و در مناطق کمتر توسعه‌یافته
۱۰. برنامه‌ریزی و ایجاد شرایط لازم برای حفظ، صیانت و افزایش ظرفیت‌های تولیدی واحدهای صنعتی و معدنی و بازسازی، نوسازی و گسترش فعالیت آن‌ها.
۱۱. سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای ایجاد و توسعه مجتمع‌ها و شهرک‌های صنفی، صنعتی و معدنی و نیز پشتیبانی از ایجاد و توسعه واحدهای صنعتی و معدنی و توانمندسازی بنگاه‌های کوچک و متوسط
۱۲. ساماندهی، حمایت و نظارت بر ایجاد، توسعه و فعالیت انجمن‌ها و تشکل‌های صنفی، صنعتی و معدنی، شبکه‌ها و خوشه‌ها و سازمان‌های غیردولتی و مردم نهاد مرتبط با بخش‌های صنعت، معدن و تجارت و صدور مجوزهای تأسیس و فعالیت آن‌ها
۱۳. برنامه‌ریزی برای بهبود فضای کسب و کار و افزایش بازدهی، بهره‌وری، رقابت‌پذیری و توسعه کارآفرینی بخش‌های صنعت، معدن و تجارت
۱۴. حمایت از توسعه و تقویت نام‌ها و علائم تجاری، تجاری‌سازی آثار مالکیت فکری و معنوی اعم از اختراعات، اکتشافات و نوآوری‌ها
۱۵. برنامه‌ریزی، هدایت، حمایت و مدیریت تولید صادرات محور با ارزش افزوده بالا و فناوری‌های پیشرفته و هدایت حمایت از مدیریت واردات مبتنی بر تولید صادرات گرا

۱۶. سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی جهت بهبود نظام تولید، تأمین و توزیع، نظارت بر شبکه‌های توزیع کالا و خدمات، توسعه رقابت و جلوگیری از انحصار در بازار
۱۷. ساماندهی زنجیره‌های تأمین و توزیع کالا و خدمات و مدیریت تنظیم و کنترل بازار
۱۸. نظارت و حمایت از حقوق تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان
۱۹. تعیین سیاست‌ها و ضوابط قیمت کالا و خدمات و ضوابط خدمات پس از فروش و نظارت بر اجرای آن‌ها
۲۰. سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در حوزه تجارت الکترونیکی کشور و توسعه و حمایت از کاربردهای فناوری اطلاعات و ارتباطات در بخش‌های صنعت، معدن و تجارت
۲۱. ساماندهی، استقرار و بکارگیری نظام یکپارچه آمار و اطلاعات و شبکه جامع اطلاع‌رسانی و تولید، تحلیل و ارائه آمارها و گزارش‌های تخصصی در بخش‌های صنعت، معدن و تجارت
۲۲. حمایت از توسعه آموزش و پژوهش، "تحقیق و توسعه (R&D)، ترویج و انتشار یافته‌ها و نتایج تحقیقات و هدایت و بهره‌گیری از توانمندی‌های مراکز آموزشی و پژوهشی و فناوری جهت توسعه بخش‌های صنعت، معدن و تجارت
۲۳. همکاری و مشارکت با دستگاه‌ها در زمینه سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای تربیت و تأمین نیروهای متخصص بخش‌های صنعت، معدن و تجارت در دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی و برنامه‌ریزی و همچنین آموزش، توسعه مدیریت و توانمندسازی شاغلین بخش‌های مذکور
۲۴. سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، نظارت، صیانت و حمایت از توسعه زیربناها، اکتشاف، استخراج و بهره‌برداری از معادن و فراوری معدنی با بکارگیری علوم، فنون و فناوری‌های پیشرفته
۲۵. سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی و انجام مطالعات و بررسی‌های زمین‌شناسی و شناسایی مخاطرات زمین‌شناختی و تهیه نقشه‌های مربوط، تهیه اطلاعات پایه شناسایی، پی‌جویی و اکتشاف عمومی منابع و ذخایر معدنی و تهیه گزارش‌های فنی و اقتصادی و ایجاد و گسترش پایگاه داده‌ها و اطلاع‌رسانی جامع علوم زمین برای بهره‌برداری از مزیت‌های زمین و ظرفیت‌های معدنی کشور

منابع و مراجع

۱. روش شناسی تدوین اسناد ملی فناوری های راهبردی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور. ۱۳۹۱.

فهرست مطالب

مقدمه	۱
۱- فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق	۲
۱-۱- نحوه تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی	۲
۲-۱- تعریف شاخص‌های سند راهبردی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق	۳
۲- تدوین ساختار نظارت، بروزرسانی و مکانیزم ارزیابی	۹
۲-۱- ساختار نظارت و بروزرسانی	۱۳
۲-۱-۱- شرح وظایف کمیته آموزش و پژوهش	۱۴
۲-۱-۲- شرح وظایف کمیته تعامل با صنعت	۱۵
۲-۱-۳- شرح وظایف کمیته ارتباط با قانون‌گذاران، سیاست‌گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها	۱۵
۲-۱-۴- شرح وظایف کمیته فنی - بازرگانی	۱۶
۲-۱-۵- شرح وظایف کمیته حقوقی و مناقصات	۱۶
۲-۲- مکانیزم عملکرد	۱۷
نتیجه‌گیری	۱۹
منابع و مراجع	۲۰

فهرست جداول

- جدول ۱- شاخص ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی سطح تحقق چشم انداز سند راهبردی توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۳
- جدول ۲- شاخص ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی میزان تحقق اهداف سند راهبردی توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۴
- جدول ۳- شاخص ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی سطح اجرایی شدن اقدامات غیرفنی سند راهبردی توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۴
- جدول ۴- شاخص ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی اقدامات فنی سند راهبردی توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۶
- جدول ۵- شاخص ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی پروژه های فنی سند راهبردی توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ۷
- جدول ۶- رویکرد مناسب در راستای بازبینی و تجدیدنظر در سند تدوین شده بر اساس تحقق معیارهای مربوط به اجرای پروژه های فنی تعیین شده. ۱۸

مقدمه

هر برنامه‌ریزی نیازمند ارزیابی بوده و بدون ارزیابی نمی‌توان از اجرای درست و کامل برنامه اطمینان حاصل نمود. در مرحله چهارم طرح «سند راهبردی و نقشه‌راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ایران (تولید، انتقال و توزیع)»، اقدامات مورد نیاز برای تحقق چشم‌انداز، اهداف و راهبردها مشخص گردید. با توجه به اینکه سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی نیز یک برنامه کلان برای توسعه این فناوری‌ها در صنعت برق می‌باشد، نمی‌توان بدون ارزیابی، نحوه عملکرد و اثربخشی ارکان مختلف آن (که بر اساس نقشه‌راه این سند تنظیم شده‌اند) را مشخص نمود. ارزیابی هر برنامه بر اساس شاخص‌های مختلف آن حوزه انجام می‌پذیرد، از این رو به منظور ارزیابی سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق باید شاخص‌های عملکردی و اثربخشی بخش‌های مختلف سند تعریف شده تا بتوان با بررسی این شاخص‌ها در طول زمان میزان پیشرفت ارکان مختلف سند را مشخص کرد. به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی مختلف تعریف شده برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد. از سوی دیگر با توجه به اینکه نقشه‌راه یک سند زنده و پویا است، ضرورت دارد در بازه‌های زمانی مشخصی به بازنگری و بروزرسانی این سند پرداخته شود، از این رو باید برنامه‌ریزی لازم جهت انجام این بازنگری‌ها نیز مشخص شود. در ادامه فرایند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، مکانیزم ارزیابی، ساختار نظارت و بروزرسانی سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ارائه شده است.

کلیه مطالب علمی مطرح شده در این گزارش از مرجع ۱ استخراج شده است.

۱- فرآیند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

در واقع می‌توان گفت که هدف اصلی از انجام ارزیابی برنامه اجرا شده، تعیین میزان اثرگذاری و موفقیت برنامه در رسیدن به اهداف، تعیین اصلاحات و تغییرات مورد نیاز برای اجرای برنامه در مقیاس بزرگ و استفاده از تجربیات اجرایی برای برنامه‌های مشابه در آینده می‌باشد. در این مرحله از سند در ابتدا شاخص‌های عملکردی و اثربخشی ارکان مختلف سند را مشخص کرده، تا بتوان با بررسی این شاخص‌ها در طول زمان میزان پیشرفت ارکان مختلف سند را تعیین نمود. در ادامه به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی برای حصول به اهداف نقشه راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد. از این رو در مرحله دوم شناسایی منابع اطلاعاتی برای اندازه‌گیری شاخص‌ها بررسی شده و پس از آن به جمع‌آوری اطلاعات و مقایسه با معیارهای کمی تعیین شده پرداخته شده است.

۱-۱- نحوه تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی

مرحله اول از ارزیابی سند شامل تدوین شاخص‌های عملکردی و اثربخشی بوده و قبل از اجرایی شدن سند راهبردی باید صورت پذیرد. در این مرحله که به منظور ارزیابی ارکان مختلف سند (چشم‌انداز، اهداف و اقدامات) است، 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 به شاخص‌های سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق و نحوه دستیابی به آن‌ها پرداخته شده است.

شاخص در واقع استاندارد است که دستیابی به آن نشان‌دهنده نیل به مقصد می‌باشد. جزئیات شاخص‌ها تعیین‌کننده طرز اندازه‌گیری دامنه دستیابی به اهداف عینی در زمان‌های مختلف است. شاخص‌ها و اندازه‌گیری‌های آن‌ها می‌توانند کمی، کیفی و یا رفتاری باشند. شاخص‌ها همان ابزار نظارت بر پیشرفت سطوح راهبردی سند هستند که ناظر بر طبق آن‌ها میزان تحقق هر سطح را اندازه‌گیری و مشخص می‌نماید. از همین رو در تعیین شاخص‌ها باید به ابعاد مختلف سطوح راهبردی سند توجه داشت، به شکلی که پیشرفت امور بر اساس این شاخص‌ها تضمین‌کننده تحقق کامل اقدامات می‌باشد. در همین راستا باید شاخص‌ها مشخص‌کننده ابعاد زیر باشند:

(الف) کمیت (چقدر)

(ب) کیفیت (چگونه)

(ج) زمان (چه موقع)

(د) محل (کجا)

لازم به ذکر است که در برخی از شاخص‌ها ممکن است ابعاد چهارگانه فوق قابل تعریف نباشند، به عنوان مثال ممکن است محل در مورد یک شاخص فنی تعریف‌پذیر نباشد که در این حالت از بررسی این بعد خاص صرف‌نظر می‌شود.

در تعریف شاخص‌ها باید ویژگی‌های زیر را در نظر گرفت:

(الف) اساسی بودن: یعنی جنبه اساسی یک سطح خاص را منعکس نماید.

(ب) واقعی بودن: هر شاخص باید منعکس‌کننده یک واقعیت (نه تصور ذهنی) بوده و برای همگان مفهوم واحدی را القا نماید.

(ج) قابل قبول بودن: باید امکان تغییرات شاخص به تحقق یا عدم تحقق مقصود وجود داشته باشد.

(د) مبتنی بر داده‌های قابل کسب بودن: داده‌های لازم برای اندازه‌گیری شاخص باید در دسترس باشد.

۱-۲- تعریف شاخص‌های سند راهبردی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

با توجه به موارد مطرح شده، در این بخش شاخص‌ها در دو سطح کلان و خرد طراحی شده‌اند. با پیمایش شاخص‌های کلان می‌توان تحقق چشم‌انداز و اهداف کلان را بررسی کرده و با تعریف شاخص‌های خرد در سطح اقدامات می‌توان میزان تحقق اقدامات را ارزیابی نمود. در ادامه شاخص‌های تعیین شده برای بررسی تحقق چشم‌انداز، اهداف، اقدامات غیرفنی، پروژه‌ها و برنامه‌های عملیاتی به ترتیب در جدول ۱ تا جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۱- شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی سطح تحقق چشم‌انداز سند راهبردی توسعه فناوری‌های

نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

ردیف	شاخص	معیار ارزیابی
۱	وضعیت دانش فنی و توانمندی ساخت و بهره‌برداری از روزآمدترین فناوری‌های کنترل خوردگی	دستیابی به دانش فنی ساخت و بهره‌برداری از روزآمدترین فناوری‌های کنترل خوردگی

جدول ۲- شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی میزان تحقق اهداف سند راهبردی توسعه فناوری‌های نوین

کنترل خوردگی در صنعت برق

ردیف	هدف	شاخص	معیار ارزیابی
۱	کاهش حداقل ۱۵ درصدی هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از خوردگی	هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از خوردگی	کاهش ۱۵ درصدی هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از خوردگی در صنعت برق
۲	بهبود حداقل ۱ درصدی راندمان فعلی نیروگاه‌ها	راندمان نیروگاه‌ها	بهبود ۱ درصدی راندمان نیروگاه‌ها
۳	کاهش ۱۰ درصدی تلفات ناشی از خوردگی در شبکه انتقال و توزیع	میزان تلفات ناشی از خوردگی در شبکه انتقال و توزیع	کاهش ۱۰ درصدی تلفات ناشی از خوردگی در شبکه انتقال و توزیع
۴	کاهش حداقل ۲۵ درصدی هزینه‌های مربوط به نگهداری و تعمیرات قطعات و تجهیزات	هزینه نگهداری و تعمیرات قطعات و تجهیزات	کاهش ۲۵ درصدی هزینه‌های مربوط به نگهداری و تعمیرات قطعات و تجهیزات
۵	افزایش حداقل ۱۵ درصدی نسبت طول عمر واقعی به طول عمر اسمی تجهیزات	نسبت طول عمر واقعی به طول عمر اسمی تجهیزات	افزایش ۱۵ درصدی نسبت طول عمر واقعی به طول عمر اسمی تجهیزات
۶	کاهش حداقل ۱۰ درصدی خروج‌های اضطراری نیروگاه‌ها	تعداد خروج‌های اضطراری نیروگاه‌ها در سال	کاهش حداقل ۱۰ درصدی خروج‌های اضطراری نیروگاه‌ها
۷	کاهش حداقل ۱۰ درصدی حوادث و خاموشی‌های ناشی از خوردگی تجهیزات و قطعات	تعداد حوادث و خاموشی‌های ناشی از خوردگی تجهیزات و قطعات	کاهش حداقل ۱۰ درصدی حوادث و خاموشی‌های ناشی از خوردگی تجهیزات و قطعات

جدول ۳- شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی سطح اجرایی شدن اقدامات غیرفنی سند راهبردی توسعه

فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق

ردیف	اقدام غیرفنی	شاخص	معیار ارزیابی
۱	ارائه تسهیلات به پایان‌نامه‌های تعریف شده در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق در حوزه‌های با اولویت	تعداد پایان‌نامه‌های حمایت شده با موضوعات با اولویت خوردگی در صنعت برق	تعداد پایان‌نامه‌های حمایت شده (به تفکیک نوع پایان‌نامه و نحوه حمایت) مشخص شده در شناسنامه اقدام
۲	انعقاد قراردادهای همکاری فناورانه با مراکز پژوهشی خارج از صنعت برق (مثلاً پژوهشگاه صنعت نفت)	تعداد طرح‌های مشترک انجام شده با مراکز پژوهشی خارج از صنعت برق در هر سال	۵ حوزه حفاظت کاتدی، بازدارنده، پوشش‌های محافظ خوردگی، پایش خوردگی، انتخاب مواد در هر سال

ردیف	اقدام غیرفنی	شاخص	معیار ارزیابی
۳	راه اندازی مراکز آزمایشگاهی مرجع جهت تحقیق و توسعه	وضعیت راه اندازی و تجهیز مراکز آزمایشگاهی مرجع	راه اندازی و تجهیز حداقل یک مرکز آزمایشگاهی مرجع
۴	تهیه و به روزرسانی بانک اطلاعاتی در زمینه کنترل خوردگی در صنعت برق	وضعیت تهیه بانک اطلاعاتی مورد نیاز در زمینه کنترل خوردگی در صنعت برق	تهیه بانک اطلاعاتی در زمینه کنترل خوردگی در صنعت برق
۵	اعزام پژوهشگران و متخصصان صنعت برق کشور به کنفرانس های بین المللی	تعداد پژوهشگران و متخصصان صنعت برق شرکت کننده در کنفرانس های بین المللی	اعزام سالانه ۵ نفر
۶	اعزام کارشناسان و متخصصان صنعت برق به مراکز علمی و تحقیقاتی و صنعتی داخل و خارج از کشور جهت کسب دانش و مهارت های لازم	تعداد کارشناسان و متخصصان علمی و تحقیقاتی و صنعتی داخل و خارج از کشور در هر سال	۵ نفر در هر سال
۷	برگزاری دوره های آموزشی با حضور کارشناسان و متخصصان خارجی در صنعت برق جهت انتقال مهارت های لازم	تعداد دوره های آموزشی برگزار شده	برگزاری ۵ دوره آموزشی در سال
۸	برگزاری کنفرانس های تخصصی کنترل خوردگی در صنعت برق در سطح ملی و بین المللی	تعداد کنفرانس های تخصصی کنترل خوردگی در صنعت برق برگزار شده در هر سال	یک بار در سال
۹	ایجاد ارتباطات مؤثر میان انجمن خوردگی و انجمن متالورژی با انجمن های صنعت برق	وضعیت انعقاد قرارداد همکاری بین دو انجمن با انجمن های صنعت برق	انعقاد قرارداد همکاری بین دو انجمن با انجمن های صنعت برق
۱۰	تأمین مالی برای حمایت از توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق	منابع مالی تأمین شده برای توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق	تأمین منابع مالی مورد نیاز برای توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق
۱۱	تدوین و اجرای آیین نامه بکارگیری نیروی انسانی متخصص در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق	تعداد نیروی انسانی متخصص بکار گرفته شده در حوزه کنترل خوردگی در صنعت برق در سال	بکارگیری ۲۰ نفر نیروی متخصص کنترل خوردگی در صنعت برق در هر سال
۱۲	شناسایی و تأمین زیرساخت های سخت افزاری و نرم افزاری مورد نیاز برای توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق	وضعیت زیرساخت های سخت افزاری و نرم افزاری مورد نیاز برای توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق	تأمین زیرساخت های سخت افزاری و نرم افزاری مورد نیاز برای توسعه فناوری های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق
۱۳	تأسیس مرکزی جهت نظارت بر فعالیت ها، هماهنگی و جهت دهی به اقدامات سند	وضعیت تأسیس مرکز	تأسیس مرکزی جهت نظارت بر فعالیت ها، هماهنگی و جهت دهی به اقدامات سند
۱۴	اصلاح ساختارهای سازمانی فعلی در زمینه کنترل خوردگی در صنعت برق	وضعیت اعمال اصلاحات پیشنهادی توسط مرکز خوردگی	اعمال اصلاحات پیشنهادی توسط مرکز خوردگی در ساختارهای فعلی
۱۵	تأسیس دفتر مدیریت خوردگی در شرکت های مادر تخصصی صنعت برق	وضعیت راه اندازی دفتر مدیریت خوردگی در شرکت های مادر تخصصی صنعت برق	تأسیس دفتر مدیریت خوردگی در شرکت های مادر تخصصی صنعت

ردیف	اقدام غیرفنی	شاخص	معیار ارزیابی
		تخصصی صنعت برق	برق
۱۶	تدوین دستورالعمل الزام‌آور جهت استفاده از فناوری‌های کنترل خوردگی در بخش‌های مختلف صنعت برق	وضعیت تدوین گزارش دستورالعمل الزام‌آور جهت استفاده از فناوری‌های کنترل خوردگی در بخش‌های مختلف صنعت برق	تأیید گزارش تدوین شده توسط تیم ناظر
۱۷	صدور خدمات فنی مهندسی	تعداد طرح‌های انجام شده برای سایر کشورها	انجام حداقل ۲۰ طرح (از ابتدای سال ۱۳۹۷ تا انتهای سال ۱۴۰۳)
۱۸	ارائه مشوق جهت ایجاد انگیزش طرف تقاضای فناوری‌های کنترل خوردگی	وضعیت تدوین و اجرای دستورالعمل اعطای مشوق‌های مالی به مراکز شناسایی شده در صنعت برق	تدوین و اجرای دستورالعمل اعطای مشوق‌های مالی به مراکز شناسایی شده در صنعت برق
۱۹	حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان به خصوص شرکت‌های فعال در حوزه‌های با اولویت	تعداد شرکت‌های دانش‌بنیان تحت حمایت	حمایت از ۵ شرکت در هر سال
۲۰	حمایت از برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی در حوزه کنترل خوردگی (در راستای شکل‌گیری شبکه‌های کارآفرینانه)	تعداد نمایشگاه‌های تخصصی برگزار شده در حوزه کنترل خوردگی	برگزاری نمایشگاه سالانه کنترل خوردگی در صنعت برق
۲۱	اجرای فعالیت‌های آگاه‌سازی جهت اولویت‌بخشی به مسائل حوزه خوردگی در برنامه‌ریزی‌های کلان صنعت برق	تعداد دوره‌های توجیهی و آگاهی‌بخشی اهمیت خوردگی برگزار شده در سطح صنعت برق	برگزاری ۳ دوره در هر سال
۲۲	تدوین استانداردهای ملی مرتبط با کنترل خوردگی	وضعیت تدوین گزارش استانداردهای ملی مرتبط با کنترل خوردگی	تدوین گزارش استانداردهای ملی مرتبط با کنترل خوردگی و تأیید آن توسط ناظرین طرح

جدول ۴- شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی اقدامات فنی سند راهبردی توسعه فناوری‌های نوین کنترل

خوردگی در صنعت برق

ردیف	اقدام فنی	شاخص	معیار
۱	توسعه دانش فنی مواد مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق	وضعیت دستیابی به دانش فنی مواد جدید مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق	دستیابی به دانش فنی مواد جدید مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق (بر اساس معیارهای تعریف شده برای پروژه‌های زیرمجموعه این اقدام)
۲	توسعه دانش فنی پوشش‌های مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق	وضعیت دستیابی به دانش فنی پوشش‌های مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق	دستیابی به دانش فنی پوشش‌های مقاوم به خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق (بر اساس معیارهای تعریف شده برای پروژه‌های زیرمجموعه این اقدام)
۳	توسعه دانش فنی سیستم‌های حفاظت	وضعیت دستیابی به دانش فنی سیستم‌های	دستیابی به دانش فنی سیستم‌های

ردیف	اقدام فنی	شاخص	معیار
	کاتدی	حفاظت کاتدی	حفاظت کاتدی (بر اساس معیارهای تعریف شده برای پروژه‌های زیرمجموعه این اقدام)
۴	توسعه فناوری‌های بازرسی فنی خوردگی در تجهیزات با الویت صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	وضعیت دستیابی به فناوری‌های بازرسی فنی خوردگی در تجهیزات با اولویت	دستیابی به فناوری‌های بازرسی فنی خوردگی در تجهیزات با اولویت (بر اساس معیارهای تعریف شده برای پروژه‌های زیرمجموعه این اقدام)
۵	توسعه فناوری‌های پایش خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	وضعیت دستیابی به فناوری‌های پایش خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق	دستیابی به فناوری‌های پایش خوردگی در تجهیزات با اولویت صنعت برق (بر اساس معیارهای تعریف شده برای پروژه‌های زیرمجموعه این اقدام)
۶	توسعه فناوری‌های مربوط به افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	وضعیت دستیابی به فناوری‌های مربوط به افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی	دستیابی به فناوری‌های مربوط به افزودنی‌ها و بازدارنده‌های خوردگی (بر اساس معیارهای تعریف شده برای پروژه‌های زیرمجموعه این اقدام)

جدول ۵- شاخص‌ها و معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی پروژه‌های فنی سند راهبردی توسعه فناوری‌های نوین کنترل

خوردگی در صنعت برق

ردیف	پروژه	شاخص	معیار
۱	انتخاب فولادهای جدید مقاوم به خوردگی مناسب جهت استفاده در نیروگاه بخاری، با انجام آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی شده	وضعیت تعیین فولادهای جدید و بهینه مقاوم به خوردگی برای بخش‌های اصلی نیروگاه بخاری	تعیین فولادهای جدید و بهینه مقاوم به خوردگی برای بخش‌های اصلی نیروگاه بخاری
۲	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه بخاری، در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت ساخت فولادهای بهینه منتخب برای بخش‌های اصلی نیروگاه بخاری، در مقیاس آزمایشگاهی	ساخت فولادهای بهینه منتخب برای بخش‌های اصلی نیروگاه بخاری، در مقیاس آزمایشگاهی
۳	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه بخاری، در مقیاس نیمه‌صنعتی	وضعیت ساخت فولادهای بهینه منتخب برای بخش‌های اصلی نیروگاه بخاری، در مقیاس نیمه‌صنعتی	ساخت فولادهای بهینه منتخب برای بخش‌های اصلی نیروگاه بخاری، در مقیاس نیمه‌صنعتی
۴	انتخاب فولادهای جدید مقاوم به خوردگی مناسب جهت استفاده در نیروگاه آبی، با انجام آزمایش‌های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه‌سازی	وضعیت تعیین فولادهای جدید و بهینه مقاوم به خوردگی برای بخش‌های اصلی نیروگاه آبی	تعیین فولادهای جدید و بهینه مقاوم به خوردگی برای بخش‌های اصلی نیروگاه آبی

ردیف	پروژه	شاخص	معیار
	شده		
۵	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه آبی در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت ساخت فولادهای بهینه منتخب برای بخش های اصلی نیروگاه آبی، در مقیاس آزمایشگاهی	ساخت فولادهای بهینه منتخب برای بخش های اصلی نیروگاه آبی، در مقیاس آزمایشگاهی
۶	توسعه فناوری ساخت فولادهای جدید مقاوم به خوردگی جهت استفاده در نیروگاه آبی در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت فولادهای بهینه منتخب برای بخش های اصلی نیروگاه آبی، در مقیاس نیمه صنعتی	ساخت فولادهای بهینه منتخب برای بخش های اصلی نیروگاه آبی، در مقیاس نیمه صنعتی
۷	انتخاب سوپرآلیاژهای جدید مناسب جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین های گازی، با انجام آزمایش های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه سازی شده	وضعیت تعیین سوپرآلیاژهای جدید و بهینه مقاوم به خوردگی برای قطعات مسیر داغ توربین های گازی	تعیین سوپرآلیاژهای جدید و بهینه مقاوم به خوردگی برای قطعات مسیر داغ توربین های گازی
۸	انتخاب آلیاژهای تیتانیوم مناسب جهت استفاده در نیروگاه های بخاری و گازی، با انجام آزمایش های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه سازی شده	وضعیت تعیین آلیاژهای تیتانیوم بهینه برای تجهیزات نیروگاه های بخاری و گازی	تعیین آلیاژهای تیتانیوم بهینه برای تجهیزات نیروگاه های بخاری و گازی
۹	توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم جهت استفاده در نیروگاه های بخاری و گازی در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت ساخت آلیاژهای تیتانیوم بهینه منتخب برای تجهیزات نیروگاه های بخاری و گازی، در مقیاس آزمایشگاهی	ساخت آلیاژهای تیتانیوم بهینه منتخب برای تجهیزات نیروگاه های بخاری و گازی، در مقیاس آزمایشگاهی
۱۰	توسعه فناوری ساخت آلیاژهای تیتانیوم جهت استفاده در نیروگاه های بخاری و گازی در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت آلیاژهای تیتانیوم بهینه منتخب برای تجهیزات نیروگاه های بخاری و گازی، در مقیاس نیمه صنعتی	ساخت آلیاژهای تیتانیوم بهینه منتخب برای تجهیزات نیروگاه های بخاری و گازی، در مقیاس نیمه صنعتی
۱۱	انتخاب کامپوزیت های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق، با انجام آزمایش های مختلف متالورژیکی، مکانیکی و خوردگی در شرایط شبیه سازی شده	وضعیت تعیین کامپوزیت های بهینه برای صنعت برق کشور	تعیین کامپوزیت های بهینه برای صنعت برق کشور
۱۲	توسعه فناوری ساخت کامپوزیت های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت ساخت کامپوزیت های بهینه منتخب برای تجهیزات صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی	ساخت کامپوزیت های بهینه منتخب برای تجهیزات صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی
۱۳	توسعه فناوری ساخت کامپوزیت های مناسب جهت استفاده در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت کامپوزیت های بهینه منتخب برای تجهیزات صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی	ساخت کامپوزیت های بهینه منتخب برای تجهیزات صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی
۱۴	شناسایی و انتخاب پودر پوشش و روش های پوشش دهی مناسب جهت استفاده در قطعات مسیر داغ توربین های گازی با انجام آزمایش های شبیه سازی شده	وضعیت تعیین پودر پوشش های بهینه به همراه روش پوشش دهی مناسب آن، برای قطعات مسیر داغ توربین های گازی	تعیین پودر پوشش های بهینه به همراه روش پوشش دهی مناسب آن، برای قطعات مسیر داغ توربین های گازی



ردیف	پروژه	شاخص	معیار
۱۵	توسعه فناوری ساخت پودر پوشش های مورد استفاده در قطعات مسیر داغ توربین های گازی در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت ساخت پودر پوشش های منتخب جهت پوشش دهی قطعات مسیر داغ توربین های گازی، در مقیاس آزمایشگاهی	ساخت پودر پوشش های منتخب جهت پوشش دهی قطعات مسیر داغ توربین های گازی، در مقیاس آزمایشگاهی
۱۶	توسعه فناوری ساخت پودر پوشش های مورد استفاده در قطعات مسیر داغ توربین های گازی در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت پودر پوشش های منتخب جهت پوشش دهی قطعات مسیر داغ توربین های گازی، در مقیاس نیمه صنعتی	ساخت پودر پوشش های منتخب جهت پوشش دهی قطعات مسیر داغ توربین های گازی، در مقیاس نیمه صنعتی
۱۷	توسعه فناوری پوشش دهی قطعات مسیر داغ توربین های گازی در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت پوشش دهی قطعات مسیر داغ توربین های گازی، در مقیاس آزمایشگاهی	پوشش دهی قطعات مسیر داغ توربین های گازی، در مقیاس آزمایشگاهی
۱۸	توسعه فناوری پوشش دهی قطعات مسیر داغ توربین های گازی در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت پوشش دهی قطعات مسیر داغ توربین های گازی، در مقیاس نیمه صنعتی	پوشش دهی قطعات مسیر داغ توربین های گازی، در مقیاس نیمه صنعتی
۱۹	شناسایی و انتخاب مواد اولیه پوشش های آلی و تبدیلی جدید و روش های پوشش دهی مناسب جهت استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق با انجام آزمایش های شبیه سازی شده	وضعیت تعیین مواد اولیه پوشش های آلی و تبدیلی بهینه برای تجهیزات با اولویت صنعت برق به همراه روش اعمال مناسب آن ها	تعیین مواد اولیه پوشش های آلی و تبدیلی بهینه برای تجهیزات با اولویت صنعت برق به همراه روش اعمال مناسب آن ها
۲۰	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش های آلی و تبدیلی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت ساخت مواد اولیه پوشش های آلی و تبدیلی منتخب جهت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی	ساخت مواد اولیه پوشش های آلی و تبدیلی منتخب جهت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی
۲۱	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه پوشش های آلی و تبدیلی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت مواد اولیه پوشش های آلی و تبدیلی منتخب جهت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی	ساخت مواد اولیه پوشش های آلی و تبدیلی منتخب جهت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی
۲۲	توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های آلی و تبدیلی، در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های آلی و تبدیلی منتخب، در مقیاس آزمایشگاهی	پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های آلی و تبدیلی منتخب، در مقیاس آزمایشگاهی
۲۳	توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های آلی و تبدیلی، در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های آلی و تبدیلی منتخب، در مقیاس نیمه صنعتی	پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های آلی و تبدیلی منتخب، در مقیاس نیمه صنعتی
۲۴	شناسایی و انتخاب مواد اولیه سایر پوشش های فلزی و غیر فلزی جدید و روش های پوشش دهی مناسب جهت استفاده	وضعیت تعیین مواد اولیه سایر پوشش های فلزی و غیر فلزی بهینه برای تجهیزات با اولویت صنعت برق به	تعیین مواد اولیه سایر پوشش های فلزی و غیر فلزی بهینه برای تجهیزات با اولویت صنعت برق به همراه روش اعمال مناسب



ردیف	پروژه	شاخص	معیار
	در تجهیزات با اولویت صنعت برق با انجام آزمایش های شبیه سازی شده	همراه روش اعمال مناسب آن ها	آن ها
۲۵	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه سایر پوشش های فلزی و غیر فلزی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت ساخت مواد اولیه پوشش های فلزی و غیر فلزی منتخب جهت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی	ساخت مواد اولیه پوشش های فلزی و غیر فلزی منتخب جهت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس آزمایشگاهی
۲۶	توسعه فناوری ساخت مواد اولیه سایر پوشش های فلزی و غیر فلزی جدید مورد استفاده در تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت مواد اولیه پوشش های فلزی و غیر فلزی منتخب جهت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی	ساخت مواد اولیه پوشش های فلزی و غیر فلزی منتخب جهت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق، در مقیاس نیمه صنعتی
۲۷	توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های فلزی و غیر فلزی، در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های فلزی و غیر فلزی منتخب، در مقیاس آزمایشگاهی	پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های فلزی و غیر فلزی منتخب، در مقیاس آزمایشگاهی
۲۸	توسعه فناوری پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های فلزی و غیر فلزی، در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های فلزی و غیر فلزی منتخب، در مقیاس نیمه صنعتی	پوشش دهی تجهیزات با اولویت صنعت برق با استفاده از پوشش های فلزی و غیر فلزی منتخب، در مقیاس نیمه صنعتی
۲۹	توسعه فناوری های نوین سیستم حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده	وضعیت تدوین دستورالعمل های جدید طراحی، نصب و اجرا، راه اندازی، نگهداری و پایش سیستم های حفاظت کاتدی به روش آند فدا شونده	ارائه دستورالعمل های جدید طراحی، نصب و اجرا، راه اندازی، نگهداری و پایش سیستم های حفاظت کاتدی به روش آند فدا شونده
۳۰	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده در مقیاس آزمایشگاهی	وضعیت ساخت آندهای جدید بهینه مورد استفاده به روش فدا شونده، در مقیاس آزمایشگاهی	ساخت آندهای جدید بهینه مورد استفاده به روش فدا شونده، در مقیاس آزمایشگاهی
۳۱	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش فداشونده در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت آندهای جدید بهینه مورد استفاده به روش فدا شونده، در مقیاس نیمه صنعتی	ساخت آندهای جدید بهینه مورد استفاده به روش فدا شونده، در مقیاس نیمه صنعتی
۳۲	توسعه فناوری ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده	وضعیت ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی روش آند فدا شونده	ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی روش آند فدا شونده
۳۳	توسعه فناوری های نوین سیستم حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان	وضعیت ارائه دستورالعمل های جدید طراحی، نصب و اجرا، راه اندازی، نگهداری و پایش سیستم های حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان	ارائه دستورالعمل های جدید طراحی، نصب و اجرا، راه اندازی، نگهداری و پایش سیستم های حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان
۳۴	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان در مقیاس	وضعیت ساخت آندهای جدید بهینه مورد استفاده به روش اعمال جریان، در	ساخت آندهای جدید بهینه مورد استفاده به روش اعمال جریان، در مقیاس

ردیف	پروژه	شاخص	معیار
	آزمایشگاهی	مقیاس آزمایشگاهی	آزمایشگاهی
۳۵	توسعه فناوری ساخت آندهای جدید مورد استفاده به روش اعمال جریان در مقیاس نیمه صنعتی	وضعیت ساخت آندهای جدید بهینه مورد استفاده به روش اعمال جریان، در مقیاس نیمه صنعتی	ساخت آندهای جدید بهینه مورد استفاده به روش اعمال جریان، در مقیاس نیمه صنعتی
۳۶	توسعه فناوری ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان	وضعیت ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی روش اعمال جریان	ساخت سیستم های مانیتورینگ حفاظت کاتدی روش اعمال جریان
۳۷	توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص حفره دار شدن در لوله های کندانسور، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	وضعیت ساخت سیستم تشخیص حفره دار شدن در لوله های کندانسور	ساخت سیستم تشخیص حفره دار شدن در لوله های کندانسور
۳۸	توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص ترک های ناشی از خوردگی در لوله های کندانسور، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	وضعیت ساخت سیستم جهت تشخیص ترک های ناشی از خوردگی در لوله های کندانسور	ساخت سیستم جهت تشخیص ترک های ناشی از خوردگی در لوله های کندانسور
۳۹	توسعه فناوری ساخت سیستم بازرسی سطوح داخلی لوله های واتروال، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	وضعیت ساخت سیستم بازرسی سطوح داخلی لوله های واتروال	ساخت سیستم بازرسی سطوح داخلی لوله های واتروال
۴۰	توسعه فناوری ساخت سیستم تشخیص ترک های ناشی از خوردگی در لوله های بویلر در حین کار، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	وضعیت ساخت سیستم تشخیص ترک های ناشی از خوردگی در لوله های بویلر در حین کار	ساخت سیستم تشخیص ترک های ناشی از خوردگی در لوله های بویلر در حین کار
۴۱	توسعه فناوری ساخت سیستم اندازه گیری ضخامت رسوبات داخلی لوله های بویلر و کندانسور از بیرون لوله	وضعیت ساخت سیستم اندازه گیری ضخامت رسوبات داخلی لوله های بویلر و کندانسور از بیرون لوله	ساخت سیستم اندازه گیری ضخامت رسوبات داخلی لوله های بویلر و کندانسور از بیرون لوله
۴۲	توسعه فناوری ساخت سیستم تعیین میزان هیدروژن در سیکل آب و بخار و تشخیص آسیب های ناشی از آن به صورت آنلاین، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	وضعیت ساخت سیستم تعیین میزان هیدروژن در سیکل آب و بخار و تشخیص آسیب های ناشی از آن به صورت آنلاین	ساخت سیستم تعیین میزان هیدروژن در سیکل آب و بخار و تشخیص آسیب های ناشی از آن به صورت آنلاین
۴۳	توسعه فناوری ساخت سیستم بازرسی قطعات مسیر داغ توربین های گازی، با استفاده از روش مناسب همکاری های خارجی	وضعیت ساخت سیستم بازرسی قطعات مسیر داغ توربین های گازی	ساخت سیستم بازرسی قطعات مسیر داغ توربین های گازی
۴۴	توسعه فناوری های نوین تهیه اطلس خوردگی در صنعت برق، با استفاده از روش	وضعیت ارائه نرم افزار GIS اطلس خوردگی در صنعت برق	ارائه نرم افزار GIS اطلس خوردگی در صنعت برق

ردیف	پروژه	شاخص	معیار
	مناسب همکاری‌های خارجی		
۴۵	توسعه فناوری ساخت سیستم پایش خوردگی سازه‌های بتنی مورد استفاده در صنعت برق، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	وضعیت ساخت سیستم پایش خوردگی سازه‌های بتنی مورد استفاده در صنعت برق	ساخت سیستم پایش خوردگی سازه‌های بتنی مورد استفاده در صنعت برق
۴۶	توسعه فناوری ساخت سیستم پایش خوردگی تجهیزات مختلف نیروگاه به روش دستگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	وضعیت ساخت سیستم پایش خوردگی تجهیزات مختلف نیروگاه به روش دستگاهی	ساخت سیستم پایش خوردگی تجهیزات مختلف نیروگاه به روش دستگاهی
۴۷	شناسایی و انتخاب بازدارنده‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق	وضعیت انتخاب بازدارنده‌های جدید بهینه برای استفاده در تجهیزات مختلف صنعت برق	انتخاب بازدارنده‌های جدید بهینه برای استفاده در تجهیزات مختلف صنعت برق
۴۸	توسعه فناوری ساخت بازدارنده‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس آزمایشگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	وضعیت ساخت بازدارنده‌های منتخب در مقیاس آزمایشگاهی	ساخت بازدارنده‌های منتخب در مقیاس آزمایشگاهی
۴۹	توسعه فناوری ساخت بازدارنده‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه‌صنعتی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	وضعیت ساخت بازدارنده‌های منتخب در مقیاس نیمه‌صنعتی	ساخت بازدارنده‌های منتخب در مقیاس نیمه‌صنعتی
۵۰	شناسایی و انتخاب افزودنی‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق	وضعیت انتخاب افزودنی‌های جدید بهینه برای استفاده در تجهیزات مختلف صنعت برق	انتخاب افزودنی‌های جدید بهینه برای استفاده در تجهیزات مختلف صنعت برق
۵۱	توسعه فناوری ساخت افزودنی‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس آزمایشگاهی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	وضعیت ساخت افزودنی‌های منتخب در مقیاس آزمایشگاهی	ساخت افزودنی‌های منتخب در مقیاس آزمایشگاهی
۵۲	توسعه فناوری ساخت افزودنی‌های مناسب به منظور حفاظت از خوردگی در تجهیزات صنعت برق در مقیاس نیمه‌صنعتی، با استفاده از روش مناسب همکاری‌های خارجی	وضعیت ساخت افزودنی‌های منتخب در مقیاس نیمه‌صنعتی	ساخت افزودنی‌های منتخب در مقیاس نیمه‌صنعتی

۲- تدوین ساختار نظارت، بروزرسانی و مکانیزم ارزیابی

همان طور که در مقدمه این مرحله از پروژه اشاره شد، به منظور ارزیابی پروژه‌های اجرایی مختلف تعریف شده برای حصول به اهداف نقشه‌راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، علاوه بر تعیین شاخص‌ها باید ساختارهای نظارتی مورد نیاز و نحوه فعالیت آن‌ها تعیین گردد. از سوی دیگر با توجه به اینکه نقشه‌راه یک سند زنده و پویا است، ضرورت دارد در بازه‌های زمانی مشخصی به بازنگری و بروزرسانی این سند پرداخته شود، از این رو باید برنامه‌ریزی لازم جهت انجام این بازنگری‌ها نیز مشخص شود. در ادامه فرایند ارزیابی سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق، مکانیزم ارزیابی، ساختار نظارت و به‌روزرسانی سند توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق ارائه شده است.

۲-۱- ساختار نظارت و بروزرسانی

به منظور تحقق اهداف سند لازم است ساز و کاری اندیشیده شده و ساختار نظارتی برای آن تعیین گردد. وزارت نیرو وظیفه سیاست‌گذاری کلان، هماهنگی و نظارت کلان بر اجرای این سند را بر عهده دارد. مرکز ملی توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی بر نحوه اجرای این سند نظارت می‌کند و بازنگری‌های لازم در سند انجام داده و گزارش کلان مربوطه را در فواصل زمانی مشخص به وزارت نیرو ارائه خواهد نمود. این مرکز با ایجاد ساز و کارهای لازم و استفاده از نهادهای مختلف، ضمن انجام تصمیم‌گیری‌های لازم، وظیفه نظارت بر تحقق اهداف سند و ارزیابی پیشرفت کار را بر عهده دارد. از جمله وظایف اصلی این ستاد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سیاست‌گذاری اجرایی، راهبری، هماهنگی و ایجاد ارتباطات بین دستگاهی لازم برای توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق
- نظارت و پیگیری اجرای دقیق و کامل مفاد سند
- پایش شاخص‌های عملکردی و اثربخشی
- بررسی طرح‌ها و برنامه‌های بخشی و فرابخشی و نظارت بر اجرای صحیح اقدامات
- تصمیم‌گیری برای تخصیص بودجه‌ها به پروژه‌های اجرایی

مرکز ملی توسعه فناوری‌های کنترل خوردگی در پژوهشگاه نیرو تشکیل می‌شود و اعضای اصلی آن عبارت‌اند از:

- نماینده معاون وزیر نیرو در بخش برق و انرژی

- نماینده معاون وزیر نیرو در امور تحقیقات و منابع انسانی
 - مدیرعامل توانیر
 - معاونت پژوهشی پژوهشگاه نیرو
 - معاونت فناوری پژوهشگاه نیرو
 - سه نفر از صاحب‌نظران و خبرگان حوزه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی از دانشگاه‌های برتر کشور با حکم رئیس مرکز
 - سه نفر از نمایندگان صنعت
 - 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 عبارت‌اند از:
- کمیته آموزش و پژوهش
 - کمیته ارتباط با قانون‌گذاران، سیاست‌گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها
 - کمیته تعامل با صنعت
 - کمیته فنی - بازرگانی
 - کمیته حقوقی و مناقصات
- در ادامه شرح وظایف هر کدام از کمیته‌ها آورده شده است:

۲-۱-۱- شرح وظایف کمیته آموزش و پژوهش

- نیازسنجی و برنامه‌ریزی آموزشی برای توسعه دانش فنی کنترل خوردگی در تجهیزات مختلف صنعت برق
- پایش و ارزیابی مستمر وضعیت دانش فنی موجود در حوزه کنترل خوردگی
- 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 صنایع مرتبط (از جمله صنایع برق، نفت و ...) و دانشگاه‌ها و مراکز علمی-تحقیقاتی مختلف، فعال در حوزه کنترل خوردگی
- حمایت از انتشار نشریه‌های تخصصی در ارتباط با فناوری‌های کنترل خوردگی
- تسهیل ارتباط با انجمن‌های بین‌المللی کنترل خوردگی جهت آگاهی از آخرین دستاوردهای این حوزه
- زمینه‌سازی همکاری میان شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی داخلی با شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر خارجی

۲-۱-۲- شرح وظایف کمیته تعامل با صنعت

- شناسایی مشکلات دانشگاه‌ها و شرکت‌های فعال در حوزه کنترل خوردگی و کمک به رفع آن‌ها و موانع قانونی موجود
- نظارت بر پروژه‌های تدوین دستورالعمل‌های کنترل خوردگی در طراحی و ساخت تجهیزات مختلف
- پیگیری و مدیریت انجام برنامه‌های اطلاع‌رسانی در رابطه با اهمیت کنترل خوردگی برای صنایع مرتبط
- پایش و ارزیابی مستمر توانمندی بازیگران فعال حوزه کنترل خوردگی
- کمک به تأمین مواد و تجهیزات مورد نیاز حوزه کنترل خوردگی
- ارزیابی عملکرد دانشگاه‌ها و شرکت‌های فعال در حوزه کنترل خوردگی در قبل، حین و بعد از انجام پروژه‌ها
- ارائه سیستم جامع ارزیابی مجریان طرح‌ها و پروژه‌ها و نظارت بر صحت انجام کار
- ایجاد سیستم یکپارچه‌ای از اطلاعات مورد نیاز مجریان طرح‌ها برای تسریع فرآیندهای طراحی و ساخت

۲-۱-۳- شرح وظایف کمیته ارتباط با قانون‌گذاران، سیاست‌گذاران و متولیان اجرای قوانین و سیاست‌ها

- رایزنی با نهادهای دولت جهت انجام اصلاحات مورد نیاز در قوانین و مقررات مرتبط
- رایزنی با نهادهای سیاست‌گذار جهت ارائه تسهیلات گمرکی برای تبادله تجهیزات مورد نیاز توسعه فناوری‌های کنترل خوردگی با خارج از کشور
- رایزنی با نهادهای سیاست‌گذار افزایش سرمایه‌گذاری دولت به سرمایه‌گذاری در حوزه به‌کارگیری فناوری‌های مختلف کنترل خوردگی در مقیاس صنعتی
- ارتباط با وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به منظور افزایش حمایت از تحقیق و توسعه در زمینه کنترل خوردگی

۲-۱-۴- شرح وظایف کمیته فنی - بازرگانی

- شناسایی موانع به کارگیری فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق و رفع موانع آنها
- حمایت از تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان تجهیزات مقاوم در برابر خوردگی
- حمایت از محققان داخلی برای انجام پروژه‌ها در عرصه جهانی
- نظارت بر پروژه‌های تعریف استانداردها و دستورالعمل‌ها
- مشاوره و تأیید نهایی استانداردهای کنترل خوردگی و تدوین آنها برای استفاده در صنعت برق
- نظارت بر رعایت شدن استانداردها در اجرای پروژه‌های ساخت تجهیزات مختلف صنعت برق
- ارزیابی محققین داخلی در حین و بعد از انجام پروژه‌های طراحی و ساخت
- ارزیابی کیفیت انجام مطالعات فنی - اقتصادی تعریف شده برای تجهیزات مختلف

تبصره ۱: مصوبات یاد شده در چارچوب این سند و ابلاغ رئیس ستاد برای کلیه دستگاه‌های مرتبط لازم‌الاجرا می‌باشد.

تبصره ۲: ستاد راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و سازوکارهای نهادی ذی‌ربط، از طریق مراجع ذی‌صلاح

گردش کار را انجام خواهد داد.

تبصره ۳: با توجه به روند سریع تحولات لازم است در صورت تشخیص ستاد راهبری سند مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار

گیرد.

۲-۱-۵- شرح وظایف کمیته حقوقی و مناقصات

- تهیه و بروزرسانی بانک اطلاعاتی روزانه مناقصات در حوزه کنترل خوردگی
- تهیه جداول اطلاعات مناقصات به صورت ماهانه و ارسال آن به اعضای انجمن با هدف اطلاع‌رسانی و شفاف‌سازی در این حوزه
- تهیه قراردادهای مختلف برای انجام پروژه‌ها
- فعالیت در جهت اصلاح شرایط عمومی و خصوصی پیمان
- پیگیری موردی مشکلات و مسائل مربوط به مناقصات و پروژه‌هایی که از سوی اعضای محترم به این کمیته ارجاع داده خواهد شد به منظور برطرف کردن نواقص احتمالی و یا احقاق حق از اعضا

- پیگیری و ایجاد جایگاه حقوقی مناسب برای انجمن از طریق ذیل

- درخواست و پیگیری از قوه قضاییه جهت پذیرش نیاز و به تبع آن آموزش و ایجاد مدرک کارشناس رسمی دادگستری در صنعت انتقال برق کشور
- سازمان‌دهی، برنامه‌ریزی و پیگیری جهت طرح مشکلات حقوقی مشابه و مشترک پیمان‌های جاری شرکت‌های عضو با کارفرمای مشترک و یا کارفرماهای متفاوت

۲-۲- مکانیزم عملکرد

با توجه به وظایف مطرح شده برای این کمیته‌ها، باید مکانیزمی برای انجام فعالیت‌های ارزیابی در نظر گرفته شود. همان‌طور که اشاره شد، از جمله وظایف اصلی اعضای مرکز ملی فناوری‌های کنترل خوردگی 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 موظف‌اند طبق نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌ها، اقدامات لازم را جهت اطمینان از تحقق سند در افق ۱۰ ساله، اتخاذ کنند. ستاد راهبری سند در صورت نیاز به اصلاح ساختارها و ساز و کارهای نهادی ذی‌ربط، از طریق مراجع ذیصلاح گردش کار را انجام خواهد داد.

همچنین مرکز موظف است فناوری‌های مرتبط و در حال توسعه مرتبط با حوزه فناوری‌های کنترل خوردگی را رصد کند و گزارش آن را طی دوره‌های زمانی ۲ ساله به وزارت نیرو ارائه نماید. بر اساس مطالعات انجام شده مشخص می‌شود که اساسی‌ترین و مهم‌ترین شاخص‌هایی که تعیین سطح پیشرفت و موفقیت طرح را می‌توان بر مبنای آن ارزیابی نمود شاخص‌های مربوط به پروژه‌های فنی است. شاخص پروژه‌ها به دو لیل دارای اهمیت بوده و به عنوان شاخص‌های اساسی اجرای سند در نظر گرفته شده‌اند. (۱) تدوین بیانیه چشم‌انداز، اهداف، راهبردها، اقدامات و پروژه‌های فنی در امتداد یکدیگر بوده و انجام کامل پروژه‌ها سبب اجرای اقدامات و اجرای اقدامات سبب تحقق کامل اهداف و چشم‌انداز سند می‌شود. (۲) انجام صحیح و کامل پروژه‌های فنی بدون اجرای دقیق اقدامات مدیریتی امکان‌پذیر نیست از این رو تحقق معیارهای مربوط به انجام

پروژه های فنی تصدیق کننده اجرای درست اقدامات مدیریتی است. میزان تأثیر هر پروژه در هر دوره بر اساس هزینه مربوط به انجام آن پروژه در نظر گرفته می شود.

جدول ۶- رویکرد مناسب در راستای بازبینی و تجدیدنظر در سند تدوین شده بر اساس تحقق معیارهای مربوط به اجرای

پروژه های فنی تعیین شده.

میزان تحقق معیارهای تعریف شده برای انجام پروژه های فنی	۳۰-۰ درصد	۷۰-۳۰ درصد	۹۰-۷۰ درصد	بالای ۹۰ درصد
اقدامات مورد نیاز برای بازبینی و یا تجدیدنظر	تجدیدنظر	بازبینی	بازبینی مختصر	نیاز به بازبینی ندارد

با توجه به نقشه راه ترسیم شده برای انجام اقدامات و پروژه های فنی در صورت عدم بروز تغییر در سیاست های کلان وزارت نیرو، روند تحولات و نیز وضعیت پیشرفت سند باید هر ۲ سال یکبار بررسی شود. بر اساس بررسی صورت گرفته در این دو دوره و میزان تحقق معیارهای تعریف شده برای انجام پروژه های فنی، اقدامات مورد نیاز برای بازبینی و یا تجدیدنظر در سند راهبردی تدوین شده تعیین می گردد. نحوه بازبینی و یا تجدیدنظر سند در حالت های مختلف در جدول ۶ مشخص شده است.

نتیجه‌گیری

مرحله ششم این سند به عنوان آخرین مرحله از طرح "تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه فناوری‌های نوین کنترل خوردگی در صنعت برق" به تدوین برنامه ارزیابی و بروزرسانی 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، بروزرسانی و ارزیابی سند مشخص شد. برای این کار اعضای اصلی مرکز ملی توسعه فناوری‌های کنترل خوردگی، 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 ۲ ساله 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.



منابع و مراجع

۱. روش‌شناسی تدوین اسناد ملی فناوری‌های راهبردی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور. ۱۳۹۱.