



بسمه تعالی

سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی

معاونت امور مهندسی

اداره کل راهبری نظام نگهداری و تعمیرات صنعت نفت

MPEM-RCA-PR-۰۱	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

فرم مشخصات سند:

عنوان سند	سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
شناسه سند	MPEM-RCA-PR-۰۱
طبقه بندی	فاقد طبقه بندی

تهیه و تدوین	مدیر کل راهبری نگهداری و تعمیرات (نت) صنعت نفت (علیرضا اصل عربی)
تصویب	معاون وزیر در امور مهندسی وزارت نفت

محل درج مهر اعتبار	تعداد صفحات (بدون احتساب جلد)
	شماره ویرایش
	تاریخ آخرین ویرایش

این سند از تاریخ تصویب معتبر و از تاریخ ابلاغ لازم الاجراست

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

شرح وضع موجود و عارضه یابی:

سیستم های حفاظت کاتدی یک روش شناخته شده در کنترل خوردگی هستند. متأسفانه در ایران در اکثر پروژه های در حال ساخت مورد بی توجهی قرار گرفته و به عنوان یک سیستم کم اهمیتیت در آخر مراحل اجرا به پروژه اضافه می شود. نتیجه چنین نگاهی در کلان مدیریت و مهندسی پروژه ها موجب شده حتی در سیستم های جدید اجرا شده یک سیستم یکپارچه و با عملکرد مناسب حفاظت کاتدی نداشته باشیم. مثالهایی از این دست در یک دهه گذشته بسیار زیاد است و نمونه بارز آن پالایشگاه های پارس جنوبی است.

عدم ممیزی صحیح پیمانکاران و مشاوران تخصصی حفاظت کاتدی و عدم استفاده از پرسنل متخصص در شرکت های و زیر مجموعه های بزرگترین شرکت های اصلی سازنده (GC) موجب شده ضعف های فنی و بدیهی پیمانکاران و سازندگان جز به بزرگترین پروژه های ملی سرایت کرده و به علت خطاهای کوچک بزرگترین طرح ها در خطر خوردگی قرار گیرند. برای مثال می توان از پتروشیمی ها و خطوط انتقال زیادی نام برد.

بازدید های انجام شده از سیستم های حفاظت کاتدی در حال بهره برداری نشان دهنده شرایط تاسف بار سیستم های موجود است. در تیم های نت به علت عدم توجه سیستماتیک به سیستم های حفاظت کاتدی یا از پرسنل متخصص استفاده نمی کنند یا براساس استانداردها و مشخصات فنی عمل نمی کنند و در بهترین شرایط که مشکل پرسنل و یا به روز بودن روش ها را ندارند به صورت جزیره هایی از متخصصین سعی در رفع مشکلی دارند که یکپارچگی شرط اصلی عملکرد صحیح آن است.

برای رفع مشکلات کلان مطروحه بهترین روش درس گرفتن از خطاهای گذشته و ایجاد رویه های و سیستم های کلان برای استقرار سیستم های یکپارچه حفاظت کاتدی است. سند حاضر دریچه ای

MPEM-RCA-PR-۰۱	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

فهرست مطالب

۳	شرح وضع موجود و عارضه یابی:
۴	فهرست مطالب
۶	۲) هدف سند حفاظت کاتدی و آندی
۶	۳) دامنه کاربرد
۷	۴) کلیات حفاظت کاتدی و آندی
۸	۴-۱) خوردگی و حفاظت کاتدی
۸	۴-۲) تاریخچه حفاظت کاتدی و آندی
۹	۴-۳) عملکرد حفاظت کاتدی و آندی
۹	۴-۳-۱) سیستم حفاظت کاتدی فداشونده
۱۰	۴-۳-۲) سیستم حفاظت کاتدی اعمال جریان
۱۱	۴-۳-۳) حفاظت آندی
۱۲	۴-۴) ضرورت بکارگیری و مخاطرات عدم بکارگیری سیاست جامع حفاظت کاتدی
۱۲	۴-۴-۱) ضرورت بکارگیری سیاست جامع حفاظت کاتدی
۱۲	۴-۴-۲) خطرات عدم بکارگیری سیاست جامع حفاظت کاتدی
۱۳	۵) طراحی و روش ها و فرآیندهای اجرایی
۱۳	۵-۱) سایت در دست ساخت
۱۶	۵-۲) اقدامات اصلاحی در سایت های دارای سیستم حفاظت کاتدی
۱۶	۵-۳) اقدامات اصلاحی برای سایت های فاقد سیستم حفاظت کاتدی
۱۷	۵-۴) سیستم حفاظت کاتدی در پایان عمر طراحی
۱۷	۶) یکپارچه سازی سیستم های حفاظت کاتدی
۱۸	۷) گزارشات سیستم های حفاظت کاتدی
۱۸	۷-۱) گزارشات تکنیکی عملکرد سیستم
۱۸	۷-۲) گزارشات مدیریتی

MPEM-RCA-PR-۰۱	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

- ۱۹ ۳-۷) گزارشات تحلیلی
- ۱۹ ۸) شاخص های عملکرد سیستم های حفاظت کاتدی
- ۱۹ ۸-۱) تعریف شاخص های حفاظت کاتدی
- ۲۰ ۸-۲) نحوه محاسبه شاخص های حفاظت کاتدی
- ۲۲ ۹) ممیزی سیستم های حفاظت کاتدی
- ۲۲ ۹-۱) ممیزی داخلی
- ۲۲ ۹-۲) ممیزی ثالث
- ۲۲ ۱۰) نگهداری و تعمیرات سیستم حفاظت کاتدی
- ۲۳ ۱۱) مدیریت سیستم حفاظت کاتدی
- ۲۵ ۱۲) آموزش و نیروی انسانی
- ۲۷ ۱۳) پیمانکاران و مشاوران
- ۲۸ ۱۴) پژوهش و فن آوری
- ۲۸ ۱۵) نرم افزار
- ۲۹ ۱۶) تعیین لزوم استفاده از حفاظت کاتدی
- ۳۲ ۱۷) پوشش و حفاظت کاتدی
- ۳۲ ۱۷-۱) لزوم استفاده از پوشش
- ۳۳ ۱۷-۲) اثر پوشش بر حفاظت کاتدی
- ۳۳ ۱۷-۳) اثر حفاظت کاتدی بر پوشش
- ۳۴ ۱۸) ابزار و مواد مورد استفاده در حفاظت کاتدی
- ۳۵ ۱۹) مراجع
- ۳۶ پیوست شماره ۱: تعاریف

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

(۱) مقدمه

سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی، به عنوان یکی از روش های صنعتی کنترل و کاهش خوردگی، بخشی از دستورالعمل صیانت از دارایی های فیزیکی در کلیه زیر مجموعه های وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران است. این سند، ضمن تشریح اهداف و نکات تکنیکی کلی که پیش نیاز استقرار سیستم یکپارچه حفاظت کاتدی و آندی است، چهارچوب اصلی تکنیک ها و روش های مورد استفاده و نحوه سیستماتیک پایش و مدیریت آن در سطوح مختلف را مشخص می کند.

(۲) هدف سند حفاظت کاتدی و آندی

هدف از تهیه این سند، ضمن استقرار یک نظام یکپارچه بمنظور کنترل خوردگی و کاهش هزینه های ناشی از آن در شرکتها و مجموعه های صنعت نفت که قابلیت بکارگیری سیستم های حفاظت کاتدی و یا آندی را دارند، ارتقای سطح آگاهی و دانش سطوح مختلف مدیران و کارشناسان مرتبط میباشد.

(۳) دامنه کاربرد

با توجه به اینکه این سند بخشی از سند راهبردی حفاظت از دارایی های فیزیکی است دامنه کاربرد این سند سازه ها و دارایی های فلزی را شامل می شود.

در این راستا و براساس معیارهای مختلف و تجارب اجرایی می توان گفت تجهیزات تحت شمول حفاظت کاتدی در طی چهار سال گذشته افزایش یافته است. در گذشته به دفعات مشاهده شده است که از حفاظت کاتدیک در خاک های با مقاومت الکتریکی بالا صرف نظر شده است و یا محدودیت های کمی برای حد کلر داخل بتن و لزوم حفاظت کاتدیک وجود داشته است اما بررسی های بعدی نشان داده است که نمی توان در شرایط مثال های پیش گفته از سیستم حفاظت کاتدی صرفنظر کرد. تدوین استانداردهای بین المللی جدید و مشخص حفاظت کاتدی برای تجهیزات مختلف گواه این مدعاست. اگرچه در ابتدا استاندارد مدون NACE RP 0169 بر روی خطوط لوله تاکید داشته اما امروزه برای تجهیزات مختلف و با تعاریف مشخص، استانداردهای مجزایی تهیه و الزامی شده است تا کلی گویی مانع از تحقق هدف های حفاظت کاتدی و کاهش خوردگی نگردد.

MPEM-RCA-PR-۰۱	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

لیست کلی تجهیزاتی که حفاظت کاتدی و آندی میشوند هر چند در برخی موارد نیاز به فرایندهای ارزیابی دارند، شامل اما نه محدود به موارد ذیل میباشند:

أ) خطوط لوله فلزی مدفون در خاک و کف دریا و مدفون در کف دریا

ب) غلاف فلزی چاه های استخراج نفت و گاز

ج) سطح بیرونی مخازن و تانک های در تماس با خاک و یا محیطهای خورنده

د) داخل مخازن و تانک های در تماس با محلول های خورنده که توانایی تشکیل سل خوردگی دارند

ه) تجهیزات فلزی و میلگردهای داخل بتن در محیط های مرطوب و خورنده، بخصوص در مجاورت محیط های دریایی

و) اسکله ها و تجهیزات فراساحلی در تماس با آب دریا

ز) شناورهای و کشتی ها

ح) تجهیزات و ادوات فلزی یا بتنی در تماس با آب و محلول خورنده

اگر پوشش های گالوانیزه و یا پوشش های حاوی روی را که مبنای حفاظت فولاد با استفاده از یک فلز فعالتر را هم به عنوان یکی از زیر مجموعه های حفاظت کاتدی بدانیم گستره کاربرد بسیار وسیع و غیر کاربردی می شود. به همین منظور پوشش های گالوانیزه و رنگهایی که براین اساس طراحی شده اند را در طبقه بندی پوشش ها قرار داده و دامنه کاربرد را در خصوص سطوحی تعریف می کنیم که به همراه خود پوشش حفاظت کاتدی ندارند و یا پوشش گالوانیک آنها پاسخگوی عملکرد مناسب در عمر طراحی نیست.

۴) کلیات حفاظت کاتدی و آندی

کنترل خوردگی براساس حفاظت کاتدی براساس کاهش تمایل به خوردگی با پلاریزه کردن سطح است. حفاظت آندی روشی است که از توانایی ذاتی فلز در تشکیل پوسته محافظ استفاده می کند تا لایه ای در مقابل خوردگی تشکیل دهد. در زیر بخش های این قسمت ضمن مرور تاریخچه و کلیات مربوطه به طور اجمالی کلیات حفاظت کاتدی و آندی به همراه مضرات و مخاطرات عدم استفاده از آنها آورده شده است.

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

۴-۱) خوردگی و حفاظت کاتدی

خوردگی پدیده ای طبیعی است که در آن فلزات و مواد، به طبیعت و حالت پایدار ترمودینامیکی خود بر می گردند. جهان صنعتی امروز، که بر پایه مواد و مصالحی است که از طبیعت استخراج شده است، همواره با استفاده از روش های جلوگیری و حفاظت از خوردگی، در حال مقابله با بازگشت کنترل نشده مواد به طبیعت است. روش های جلوگیری و کاهش خوردگی در صنعت را می توان در چند بخش کلی طبقه بندی نمود: انتخاب مواد مناسب، جداکردن محیط خورنده با انواع پوشش، تغییر و یا اصلاح شیمی و پارامترهای محیطی و یا تغییر تمایل به خوردگی با تغییر پتانسیل سطح است. مورد آخر که بر مبنای تغییر میل سازه به خوردگی بر اساس تغییر پتانسیل آن است را حفاظت کاتدیک می نامند [۱]. استفاده از توانایی ذاتی یک آلیاژ در تماس با محیط برای تشکیل یک پوشش پایدار به منظور کاهش سرعت خوردگی را نیز حفاظت آندی می نامند [۱].

حفاظت کاتدی روشی است که در آن با تامین الکترون از منابع خارجی پتانسیل سازه فلزی تغییر کرده و در نتیجه تمایل به خوردگی در فصل مشترک با الکترولیت کاسته می شود. سطح فلزی می تواند دارای پوشش و یا بدون پوشش باشد. جنس فلز می تواند انواع فولاد، مس و آلیاژهای نیکل و دیگر فلزات و آلیاژهای صنعتی باشد. الکترولیتی که منظور نظر است می تواند آب، آب دریا، خاک، بتن و هر الکترولیتی حاوی یون و مقاومت داخلی کم که قابلیت تشکیل پیل های خوردگی دارند باشد. قطعا هوا و مایعات نفتی بدون آب در این دسته از الکترولیت های قرار نمی گیرند و در نتیجه حفاظت کاتدی برای آنها معنا ندارد.

۴-۲) تاریخچه حفاظت کاتدی و آندی

حفاظت کاتدیک-اگرچه می توان استفاده از فلزات غیر همجنس توسط همفتری دیپوی در سال ۱۸۲۴ را شروع استفاده و شناخت روش حفاظت کاتدی دانست اما شروع صنعتی این روش و مبنای قرار دادن معیار حفاظت مربوط به سال ۱۹۲۸ در خط لوله ای در نیواورلیان توسط رابرت کن است. با گذشت چهل سال و انباشت تجارب صنعتی، در دهه هفتاد میلادی معیارهای حفاظت کاتدی در استانداردهای بین المللی لحاظ شد و با تدوین استاندارد NACE RP-0169 می توان گفت حفاظت کاتدیک در شکل صنعتی به بلوغ خود رسید. با توجه به تاسیس پالایشگاه های نفت و اجرای خطوط لوله انتقال مهم در ایران، توسط شرکت های دارای تکنولوژی روز آن زمان، حفاظت کاتدی به عنوان یک روش صنعتی در ایران بکار گرفته شد. به مرور زمان دانش و فن آوری های لازم توسط کارشناسان و متخصصان ایرانی کسب شد و در سال ۱۹۹۷ استاندارد جامعی در خصوص حفاظت کاتدی توسط وزارت نفت منتشر شد. این استاندارد سالیان متمادی

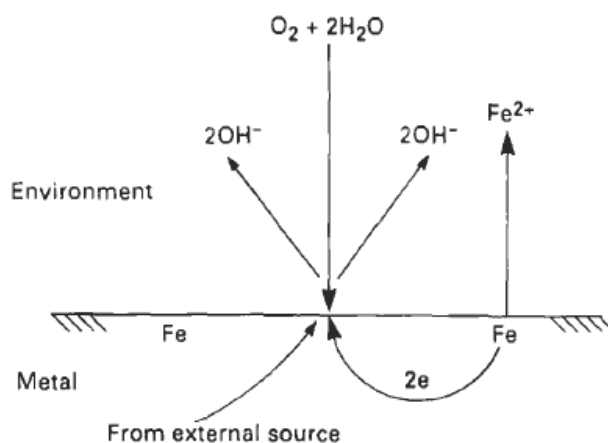
MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

مورد استفاده قرار گرفته و می گیرد. در ایران امروز، در کلیه پالایشگاه ها، پتروشیمی ها، خطوط لوله انتقال و تاسیسات با درجه اهمیت بالا، حفاظت کاتدی به نحوی مورد استفاده قرار می گیرد اما از منظر تکنیکی به طور عموم عملکرد مناسبی ندارند و از منظر صاحبان تجهیزات حفاظت کاتدی اثر مثبت واضح و عملکرد مناسبی ندارند.

حفاظت آندی- با توجه به اینکه درک علمی و عملی تشکیل پوسته محافظ بر روی آلیاژ های زنگ نزن در محیط های خاص به چند دهه قبل بر می گردد، استفاده موفق از روش حفاظت آندی نیز قدمتی به طول چند دهه دارد.

۳-۴) عملکرد حفاظت کاتدی و آندی

در روش حفاظت کاتدی، الکترون (جریان) از منابع خارجی تامین می شود تا پتانسیل سطح تغییر کند. با تامین جریان از منابع خارجی چرخه خوردگی الکتروشیمیایی عادی که براساس تامین الکترون در محل خوردگی (آند) و مصرف آن در واکنش کاتدی است مختل می شود.



شکل یک: شماتیک عملکرد تامین الکترون (جریان) از منابع خارجی در حفاظت کاتدی [۱].

براساس استانداردهای بین المللی و تجارب متعدد صنعتی، ملاک عملکرد صحیح سیستم و رسیدن به حفاظت، پتانسیل سازه است.

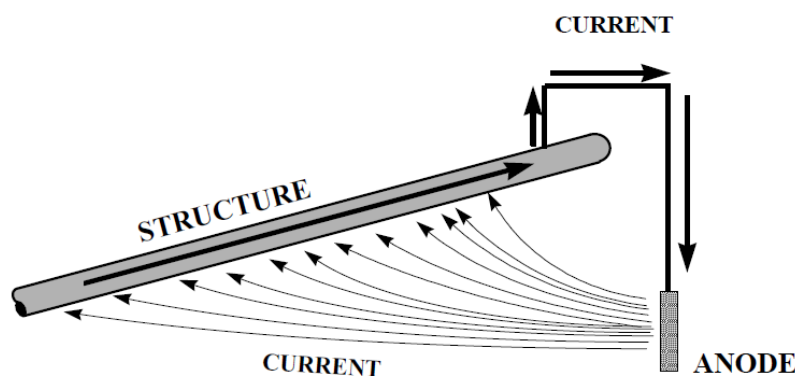
۱-۳-۴) سیستم حفاظت کاتدی فداشونده

براساس روش تامین الکترون یا همان جریان حفاظتی، سیستم های حفاظت کاتدی را به دو دسته عمده تقسیم می کنند؛ یک روش آندهای فدا شونده و دیگری روش اعمال جریان است. مسائل و نکات و

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

محدودیت های تکنیکی هر دو روش در کنار پارامتر اصلی صرفه اقتصادی، موجب شده هرکدام از این دو روش فضای کاربردی خودشان را داشته باشند.

در روش آندهای فداشونده، با استفاده از یک فلز فعالتر نظیر آلومینیوم، روی و یا منیزیم سل خوردگی کنترل شده ای بوجود خواهد آمد که فلز فعالتر آند شده و با انحلال در محیط، الکترون کافی و در جهت مناسب تامین می کند تا پتانسیل سطح مورد نظر تغییر کند و به کاتد تبدیل شود. با کاتد شدن سطح مورد نظر خوردگی در آن بسیار بسیار کاهش می یابد. در برخی موارد به روش آندهای فداشونده روش موقت گفته می شود که علت آن عمر طراحی کوتاه آنها و معمولا تا زیر ۵ سال است. در طراحی بسیاری از سیستم ها و با توجه به شرایط و محدودیت ها از آند فداشونده به عنوان روش اصلی استفاده شده و نه یک روش موقت. ورق های گالوانیزه، بدنه بیرونی بسیاری از شناورها و خطوط لوله مدفون در کف دریا مواردی هستند که می توان به عنوان مثالهایی نام برد که در آن سیستم حفاظت کاتدی با استفاده از آند فداشونده روش اصلی حفاظت است.

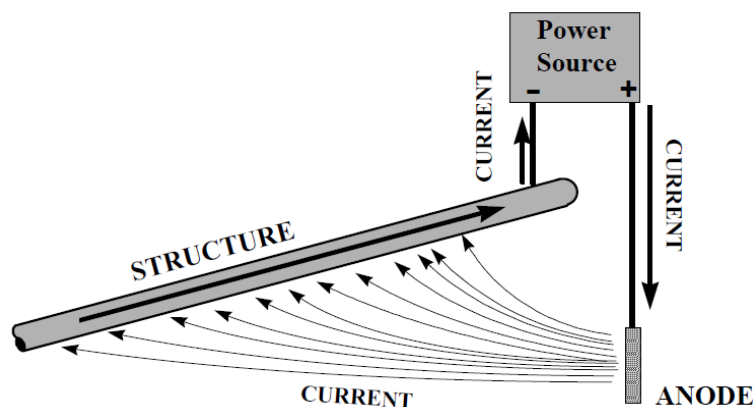


شکل دو: شماتیک یک سیستم حفاظت کاتدی فداشونده [۱].

۴-۳-۲) سیستم حفاظت کاتدی اعمال جریان

سیستم اعمال جریان کاربرد وسیعی دارد و روش اصلی حفاظت کاتدی در پتروشیمی ها، پالایشگاه ها و خطوط لوله انتقال است. در سیستم اعمال جریان منبع تامین جریان یک یکسو کننده است که با استفاده از یک آند از پیش طراحی شده مداری تشکیل می دهد که در آن سازه تحت حفاظت به کابل منفی وصل شده و کاتد می شود. در این شرایط پتانسیل سطح تغییر کرده و خوردگی مورد نظر کاهش می یابد.

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آنودی
	طبقه بندی		



شکل سه: شماتیک یک سیستم حفاظت کاتدی اعمال جریان II

۴-۳-۳) حفاظت آنودی

برخی از فلزات و آلیاژهای صنعتی در محیط های مشخص توانایی تشکیل لایه غیر فعال (passive) را دارند. در برخی از آلیاژهای صنعتی و در برخی از محیط های صنعتی این لایه غیر فعال، چسبنده و متراکم است و می تواند مانع از نفوذ یون های خورنده از محیط به سطح فلز و در نتیجه گسترش خوردگی شود. این لایه غیر فعال در بازه خاصی از اسیدیته (pH) و پتانسیل سطح اتفاق می افتد و برای تمام آلیاژ ها قابل استفاده نیست. با توجه به اهمیت نوع آلیاژ و محیط حفاظت آنودی در سیستم های مختلف از قبلا می بایست در پیش بینی شده باشند.

برخلاف روش حفاظت کاتدی که بر مبنای پلاریزه کردن محل های کاتدی و یا به تعبیری رساندن جریان به سطح الکتروود است، روش حفاظت آنودی بر مبنای غیر فعال کردن سطح با ایجاد یک لایه محافظ است که جریان در جهت خروج از سطح و در راستای خوردگی عادی است، اما با این کار و بعد از کمی خوردگی لایه محافظ تشکیل شده و سرعت خوردگی ده ها بار کاهش می یابد. حساسیت حفاظت آنودی در هم راستا بودن جهت جریان حفاظت آنودی و خوردگی است یعنی خروج از بازه پتانسیل حفاظتی (تشکیل و بقای لایه محافظتی) و اسیدیته مذکور می تواند به خوردگی بسیار شدید منجر شود و داشتن یک سیستم یکپارچه و پایدار الزامی است.

بیشترین کاربرد حفاظت آنودی در مورد آلیاژ های فولاد ضد زنگ در تماس با اسید سولفوریک رقیق است. اسید سولفوریک غلیظ و بدون آب خوردگی کمی داشته و در بسیاری از موارد از فولاد ساده کربنی در تماس با آن می توان استفاده کرد. اگر اسید مذکور رقیق شود تبدیل به محیطی بسیار خورنده شده و به

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

طور متداول از فولاد های ضد زنگ در تماس با آن استفاده می کنند. براساس پیش بینی عملکرد و سطح خوردگی برای کنترل خوردگی و اطمینان از عملکرد آن می توان از سامانه حفاظت آندی استفاده کرد.

۴-۴) ضرورت بکارگیری و مخاطرات عدم بکارگیری سیاست جامع حفاظت کاتدی

در بسیاری از حالت ها، سیستم حفاظت کاتدی را جبران کننده نواقص اجتناب ناپذیر پوشش می دانند. اگرچه به صورت عام این تعریف کامل نیست اما نشان می دهد با توجه به در دسترس نبودن، قابل بازرسی نبودن و امکان پذیر نبودن ترمیم پوشش ها در بسیاری از حالات، حفاظت کاتدی راه اجتناب ناپذیر صنعتی برای کنترل خوردگی است. ضرورت و خطرات عدم استفاده از حفاظت کاتدی در زیر آورده شده است.

۴-۴-۱) ضرورت بکارگیری سیاست جامع حفاظت کاتدی

ضرورت استفاده از این سند به طور خلاصه شامل و نه محدود به موارد زیر است:

- ۱- ساماندهی امور فنی مرتبط برای رسیدن به یک سامانه یکپارچه مدیریت خوردگی
- ۲- معرفی روش ها و ساز و کار اجرای یک سامانه موفق حفاظت کاتدی و یا آندی
- ۳- افزایش امنیت تولید و محصول؛ مانند کنترل خوردگی بویلرها و خطوط لوله فرآیندی
- ۴- ایجاد بستر حفظ دارایی های بنیادی؛ مانند افزایش طول عمر سازه های بتنی و زیربنایی در محیط های خورنده تا بیش از ۵۰ سال
- ۵- افزایش ضریب اطمینان عملکرد سازه های در تماس با الکترولیت خورنده در عمر طراحی؛ مانند خطوط لوله انتقال در تماس با خاک
- ۶- کاهش هزینه های مستقیم تعمیرات در مقایسه با تعویض آنها؛ مانند خوردگی کف تانک های در تماس با خاک
- ۷- اصلاح معایب ذاتی پوشش که در محیط های صنعتی اجتناب ناپذیر است؛ مانند پایه های اسکله ها

۴-۴-۲) خطرات عدم بکارگیری سیاست جامع حفاظت کاتدی

عدم بکارگیری این سیاست، مخاطرات ذیل را به همراه دارد:

- ۱- ایجاد بستر خطر برای نیروی انسانی
- ۲- خسارت مالی مستقیم با کوتاه شدن دوره های تعمیرات و نگهداری
- ۳- خسارت مالی مستقیم با افزایش دفعات توقف تولید و کاهش راندمان فرآیندها

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

- ۴- صدمه به محیط زیست
- ۵- افزایش هزینه تولید با افزایش هزینه های تعمیرات و نگهداری و تاخیر در فرآیند
- ۶- کاهش امنیت تولید به صورت پیش بینی نشده
- ۷- کاهش ارزش مالی و رتبه اعتباری تجهیزات و سیستم های موجود با کاهش اطمینان عملکرد

۵) طراحی و روش ها و فرآیندهای اجرایی

طراحی و روش ها و فرآیندهای اجرایی را می توان در سه بخش عمده دید، در خصوص سازه ها و تجهیزات در حال تاسیس، تجهیزات و سازه های دارای سیستم حفاظت کاتدیک معیوب یا ناقص و سازه ها و تجهیزاتی که نیاز به حفاظت کاتدی دارند اما بنا به ملاحظات برایشان لحاظ نشده است.

۵-۱) سایت در دست ساخت

اجرای سیستم های حفاظت کاتدی به عنوان بخشی از کل سیستم و همراه با دیگر بخش ها اجرا خواهد شد. با توجه به نوع فناوری و طراحی مورد استفاده، تقدم و تاخر فعالیت های اجرایی ممکن است متفاوت باشد. به عنوان مثال زمان اجرای بستر های عمیق و خط لوله انتقال کاملاً می تواند متفاوت باشد اما در خصوص آندهای وایری مورد استفاده در خطوط داخلی پالایشگاه زمان اجرا می بایست منطبق بر زمان اجرای خطوط لوله باشد. برای نیل به اهداف کلان پیش گفته و عملکرد نهایی مناسب سیستم، موارد زیر می بایست در نظر گرفته شود:

أ) طراحی و اجرا یک سیستم متمرکز و یکپارچه برای مجتمع ها و مجموعه های در حال ساخت الزامی است. لازم به ذکر است طراحی سیستم حفاظت کاتدیک می بایست همزمان با مدارک ساخت تهیه شود تا در مراحل بعدی اجرای سیستم حفاظت کاتدیک با تداخل های پیش بینی نشده با دیگر بخش ها همراه نباشد. متأسفانه در حال حاضر نمونه های متعددی از طرح های جدید پتروشیمی و پالایشگاهی وجود دارد که سیستم حفاظت کاتدی و نتیجه کار به علت تاخیر در لحاظ نمودن حفاظت کاتدی در مدارک مهندسی با مشکلات متعددی همراه بوده است و در برخی موارد راهکارهای باقی مانده تنها راه حل، راه حل با هزینه های چند برابری است.

ب) در طرح های جدید می بایست طراحی و تجهیزات به صورتی انجام شود که علاوه بر یکپارچگی سیستم امکان پیش و ارزیابی سیستم با استفاده از زیرساخت های فناورانه وجود داشته باشد. در این راستا استفاده

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

از سیستم های کنترلی باقابلیت پایش در ترانسفورمر رکتیفایرها، استفاده از مراجع اندازه گیری دائمی و در نظر گرفتن ظرفیت کافی در باکس ها و تجهیزات اندازه گیری توصیه می شود.

ج) با توجه به عدم رعایت ترتیب کاری در زمان ساخت و یا عدم زمانبندی مناسب اجرای یک سیستم حفاظت کاتدی مشاهده شده است قبل از راه اندازی نهایی یک سیستم محتاج رفع عیب های متعدد شده است. لحاظ نمودن کلیه این تغییرات و اصلاحات در نقشه های فنی نهایی الزامی است.

د) در زمان تحویل یک سیستم حفاظت کاتدیک ارائه نقشه های نهایی و اصلاح شده، گزارش تعمیرات، مدارک پایش راه اندازی و راه اندازی به تیم نگهداری تعمیرات الزامی است.

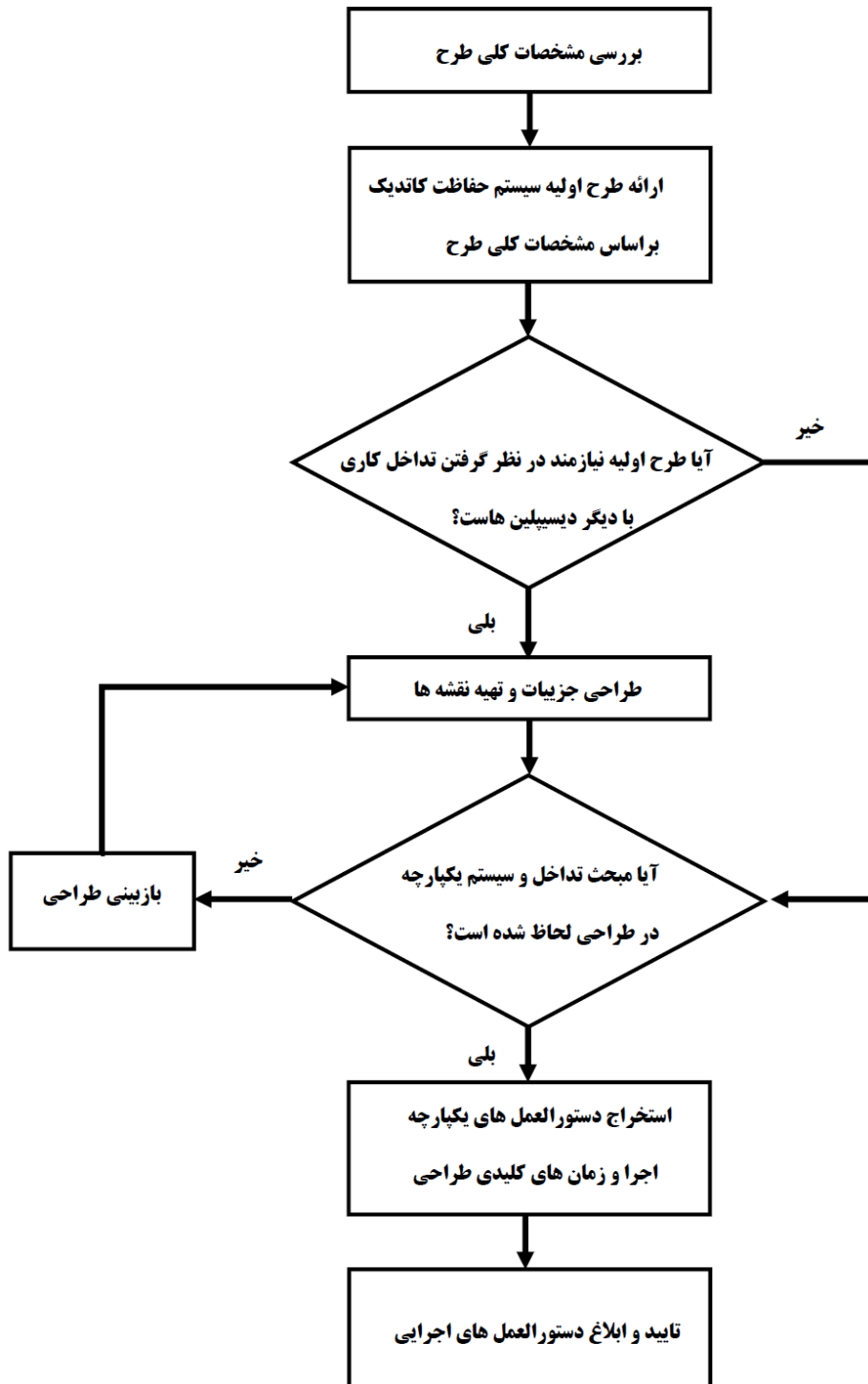
ه) در مناطقی که مراحل ساخت در دوره های مختلف انجام می شود، طراحی و اجرا می بایست به نحوی انجام شود که یکپارچگی سیستم حفظ شود. ایجاد زیرساخت های مناسب پایش برای سیستم های موجود در دوره های تعمیرات برای نیل به سیستم های یکپارچه پیشرفته الزامی است.

و) در مناطقی که مالکین خطوط و تجهیزات متفاوت هستند، سازنده جدید می بایست طراحی و اجرا را به نحوی انجام دهد که اثر منفی بر روی سازه های قبلی و موجود نداشته باشد. تشکیل کارگروه های تخصصی منطقه ای برای رفع اینگونه مشکلات الزامی است.

ز) استفاده از یک مشاور یا شرکت مهندسی تایید صلاحیت شده برای تصدیق طرح ها و نظارت بر حسن اجرای سیستم ها الزامی است.

ح) توصیه می شود برای مجتمع های بزرگ و به منظور جلوگیری در تداخل عملیات اجرایی، عملیات اجرایی به واحد های تخصصی و مجریان اصلی سپرده شود. لازم به ذکر است طراحی و نظارت بر حسن اجرای سیستم به صورت یکپارچه الزامی است.

MPEM-RCA-PR-۰۱	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آنودی
	طبقه بندی		



شکل چهار: شماتیک تهیه دستورالعمل اجرایی برای یک سایت در حال ساخت

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

۵-۲) اقدامات اصلاحی در سایت های دارای سیستم حفاظت کاتدی

در اکثر سازه ها و مجتمع ها، سیستم حفاظت کاتدی به نحوی موجود بوده و یا در بخش های ورود و خروجی از مجتمع ها تحت حفاظت کاتدی هستند. اصلاح و به روز رسانی و حفظ سیستم های موجود خود بخشی از کل سیاست راهبردی حفظ دارایی های فیزیکی بوده و می تواند نقش تاثیر گذاری در باقی عمر تجهیزات و راندمان آنها و هزینه تمام شده عملکرد آنها داشته باشد. اقدامات اصلاحی در این زمینه به شرح ذیل میباشند:

أ) در دوره های تعریف شده عملکرد سیستم می بایست توسط نهادی ثالث مورد ارزیابی قرار گیرد.

ب) در هر دوره تعمیرات کلی می بایست در راستای ایجاد بسترهای یکنواخت و فن آورانه گاه م نهاد. در بسیاری از سیستم ها بستر کافی برای پایش عملکرد سیستم موجود نمی باشد که می بایست در ایجاد بستر لازم و اجرای آن اهتمام ورزید. ایجاد چنین بسترهایی می تواند از اصلاح باکس و نصب الکترودهای مرجع دائمی تا تغییرات بیشتر در منابع تامین جریان و بسترهای ارتباطی ارسال داده های پایش باشد.

ج) ارزیابی و تایید عملکرد یکپارچه و اطمینان از تداخل مخرب سیستم های حفاظت کاتدی در مجاورت یکدیگر الزامی است.

د) در دوره های تعریف شده دستورالعمل های نگهداری تجهیزات و بخصوص تجهیزات نوین می بایست مورد بررسی و بازبینی قرار گیرد.

ه) در صورت اطمینان از عدم عملکرد صحیح و کافی سیستم های موجود، اصلاح و احیانا افزایش ظرفیت با استفاده از مشاور تایید صلاحیت شده الزامی است.

۵-۳) اقدامات اصلاحی برای سایت های فاقد سیستم حفاظت کاتدی

ممکن است در سازه ها و مجتمع های بنابر نظر طراح اولیه و یا در نظر گرفتن ملاحظات دوران اجرا سیستم حفاظت کاتدی و یا عدم نگهداری صحیح، سیستم حفاظت کاتدی و یا آندی موجود نباشد. در دوره های تعمیرات و نگهداری می بایست توسط مشاور تایید شده و چهارچوب های مشخص شده در سند راهبردی مدیریت خوردگی صنعت نفت و سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی در خصوص لزوم استفاده و یا عدم استفاده از سیستم های حفاظت خوردگی و نوع آن تصمیم گیری شود. صرف عدم وجود سیستم حفاظت کاتدی در زمان ساخت تایید کننده لزوم عدم استفاده آن در تمام عمر بهره برداری نمی باشد.

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

۴-۵) سیستم حفاظت کاتدی در پایان عمر طراحی

با در نظر گرفتن سابقه ساخت و نگهداری و تعمیرات سیستم حفاظت کاتدی نیاز است در پایان عمر طراحی سیستم توسط مشاور متخصص تایید شده مورد ارزیابی مجدد قرار گیرد. اگرچه در اصلاحات دوره ای و با به روز رساندن تجهیزات و روش های پایش می توان عمر عملکرد واقعی را بعد از عمر طراحی افزایش داد اما نباید از یاد برد در پایان عمر طراحی امکان تعویض یا اصلاح سیستم مورد حفاظت نیز وجود دارد و از این منظر مهندسی مجدد و بررسی توسط مشاور تایید شده مورد نیاز است. با در نظر گرفتن تنوع سیستم ها و پیش فرض های طراحی و دوره های نگهداری امکان اعلام یک رویه واحد وجود ندارد.

۶) یکپارچه سازی سیستم های حفاظت کاتدی

در شرایط حاضر سیستم های حفاظت کاتدی متعددی موجود هستند که در نزدیکی یکدیگر بوده و بر یکدیگر تاثیر می گذارند اما به صورت مجزا مدیریت شده و مورد بهره برداری قرار می گیرند. لازم است به منظور بهبود شرایط موجود موارد زیر مورد توجه قرار گیرند:

أ) در داخل کلیه مجتمع ها، بررسی طرح های مختلف موجود برای حصول اطمینان به داشتن یک سیستم حفاظت کاتدی یکپارچه و همچنین استقرار مدیریت یکپارچه سیستم حفاظت کاتدی زیر نظر مدیریت مجتمع الزامی است. در برخی موارد زمان راه اندازی سیستم های مختلف در داخل یک مجتمع نیز متفاوت است یا در زمان بهره برداری قسمتی از سیستم حفاظت کاتدی از فعالیت باز می ایستد. در این شرایط احتمال خطر جریان سرگردان و خوردگی تشدید شده ناشی از سیستم حفاظت کاتدی مجاور بسیار زیاد است. افزایش دفعات اندازه گیری و افزایش حوزه بررسی برای اطمینان از عدم اثر متقابل منفی در چنین شرایطی الزامی است. استفاده از مشاور و یا شرکت مهندسی دارای صلاحیت برای بررسی شرایط جدید توصیه می شود.

ب) برای خطوط انتقال و تجهیزاتی که در خارج از محدوده مجتمع ها و سازه ها قرار می گیرند، تشکیل کارگروه های تخصصی برای رسیدن به سیستم های یکپارچه الزامی است. در محدوده های خارج شهر این کارگروه ها به صورت منطقه ای بوده و زیر نظر مدیریت ارشد وزارت نفت در آن منطقه فعالیت خواهند کرد و متولیان هر سیستم نماینده در کارگروه خواهند داشت.

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

در خطوط لوله انتقال طولانی به احتمال خیلی زیاد امکان تقاطع با خطوط برق فشار قوی وجود دارد. در این شرایط اندازه گیری پتانسیل متناوب در کنار دیگر اندازه گیری ها در محل های تست منتخب الزامی است. ضمناً برای چنین شرایطی ایجاد محل های تست ایمن الزامی است.

ج) در محدوده های شهری که امکان تداخل با تجهیزات داخل شهری نظیر تاسیسات زیرساختی، راه آهن شهری، خطوط انتقال برق، خطوط لوله انتقال آب و دیگر تجهیزات وجود دارد، از کلیه بخش ها در کارگروه دعوت به عمل خواهد آمد.

در سالهای جدید و توسعه خطوط ریلی و به خصوص سیستم های برقی مبتنی بر جریان ثابت، خطر جریانهای سرگردان در خطوط لوله داخل محدوده شهر ها افزایش یافته است. در زمان طراحی، اجرا و راه اندازی می بایست به این نکته توجه شود و در دوره تعمیرات نگهداری با افزایش تعداد دوره های بازرسی و استفاده از سیستم های پایش اتوماتیک و یکپارچه می توان تغییرات احتمالی زیر نظر قرارداد تا از تبعات فاجعه باز احتمالی جلوگیری به عمل آید.

۷) گزارشات سیستم های حفاظت کاتدی

گزارشات تهیه شده را می توان به سه دسته کلی تقسیم بندی کرد:

۷-۱) گزارشات تکنیکی عملکرد سیستم

براساس مشخصات فنی پروژه و استانداردهای مرجع مورد استفاده در دوره های مختلف از عملکرد سیستم گزارش تهیه می شود. علاوه براین گزارش عملکرد پیش بینی شده، گزارشاتی براساس سیستم های پایش قابل استخراج می باشد. نتیجه کلی ثبت و طبقه بندی داده ها می بایست به نحوی باشد که صحت عملکرد سامانه موجود و نیازهای تعمیرات نگهداری به خصوص از منظر نگهداری پیش بین (Predictive) قابل تامین باشد.

۷-۲) گزارشات مدیریتی

در دوره های مشخص شده می بایست از گزارشات تکنیکی جمع بندی و تحلیل هایی تهیه گردد تا بتوان در دوره های صحیح اقدامات مدیریتی کلان انجام داد. گزارشات می بایست تامین کننده ورودی تصمیمات

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

مدیریت در راستای حفظ عملکرد سیستم حفاظت کاتدی موجود و نیازهای آتی آن به خصوص یکپارچه سازی و ایجاد بسترهای پایش پیوسته سیستم ها باشد.

۷-۳) گزارشات تحلیلی

در هر دوره تعریف شده نیاز است گزارشات توسط کارشناسان زبده و مشاوران تایید شده مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد و در کنار گزارشات مدیریتی سازمانی کمک کننده مدیریت در اتخاذ تصمیمات کلان در راستای تحقق اهداف سند راهبردی حفاظت از دارایی های فیزیکی و کنترل خوردگی به بهترین نحو باشد.

۸) شاخص های عملکرد سیستم های حفاظت کاتدی

در این قسمت ابتدا شاخص عملکرد سیستم تعریف، هدف و نحوه محاسبه با اعلام حدود مجاز آن ارائه خواهد شد.

۸-۱) تعریف شاخص های حفاظت کاتدی

هدف از داشتن سیستم حفاظت کاتدیک کاهش و کنترل سرعت خوردگی به شکلی پایدار است. هر دو وجه این موضوع حائز اهمیت است: اول رسیدن به هدف طراحی که همان کاهش و کنترل سرعت خوردگی و دوم وجود یک سازو کار پایدار که در شاخص های عملکرد عمومی لحاظ می شود. در نتیجه برای شاخص های سیستم حفاظت کاتدی "شاخص های فنی" و "شاخص های عملکردی عمومی" خواهیم داشت:

(۱) شاخص های عملکردی عمومی

الف) محدوده استفاده: استقرار سیستم حفاظت کاتدی برای کلیه تجهیزات نیازمند سیستم کاتدی که براساس طراحی و یا آخرین اصلاحیه در نظر گرفته شده است.

ب) ظرفیت سیستم: کفایت ظرفیت سیستم موجود برای داشتن یک سیستم حفاظت کاتدی مناسب در دوره پیش بینی شده طراحی و تعمیراتی.

ج) صحت عملکرد اجزا: وضعیت و کیفیت اجزای سیستم حفاظت کاتدی در هر دو سیستم فداشونده و اعمال جریان.

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

د) اثر پذیری: لحاظ نمودن و اثر پذیری از گزارشات و اقدامات کافی در جهت اصلاح سیستم موجود.

ه) نیروی انسانی: کیفیت و کمیت نیروی انسانی مورد نیاز در تعمیرات و نگهداری سیستم حفاظت کاتدی

(۲) شاخص های فنی

و) به روز بودن معیار حفاظت: برای ارزیابی به روز بودن ابتدا می بایست مراجع فنی مورد تایید و ترتیب آنها مشخص شده و براساس آخرین دوره ممیزی و اصلاح صورت گرفته در دوره ساخت و یا تعمیرات اساسی به روز شدن معیار فنی حفاظت تعیین شود.

ز) رسیدن به معیار حفاظت: رسیدن به معیار تعریف شده توسط طراح و یا مشاور مهندسی براساس آخرین طراحی ساخت و یا اصلاح طرح در دوره های تعمیرات اساسی.

ح) پایش و گزارشات: پایش سیستماتیک سیستم حفاظت کاتدی و تهیه و طبقه بندی گزارشات تغییرات، تعمیرات و نگهداری در بازه زمانی مورد بررسی.

۸-۲) نحوه محاسبه شاخص های حفاظت کاتدی

براساس جدول زیر ۸ شاخص نمره دهی شد و شاخص کل با فرمول زیر محاسبه می شود:

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

جدول یک: جدول محاسبه شاخص های حفاظت کاتدی

پارامتر مورد بررسی	بازه	شاخص	پارامتر	ردیف
آیا کلیه مواردی که نیازمند حفاظت کاتدی هستند در طراحی و سیستم موجود لحاظ شده اند؟ اولویت در محدوده مورد استفاده براساس اولویت های گفته شده در سند خواهد بود.	۰-۱	محدوده استفاده	A	۱
بازنگری معیار حفاظتی مطابق آخرین ویرایش سند مرجع.	۰/۵-۱	به روز بودن معیار حفاظت	B	۲
میزان انطباق سیستم موجود به معیار حفاظت تعریف شده.	۰/۵-۱	رسیدن به معیار حفاظت	C	۳
آیا "ظرفیت موثر" سیستم موجود جوابگوی عمر پیش بینی شده در طراحی و یا دوره نگهداری تعمیرات مصوب می باشد؟	۰-۱۰	ظرفیت سیستم	D	۴
آیا اجزا مختلف سیستم عملکرد مناسبی دارند؟ اجزا اصلی شامل سیستم تامین جریان و سیستم اندازه گیری است.	۰-۱۵	صحت عملکرد اجزا	E	۵
میزان اثرپذیری سلسله مراتب مدیریت از خروجی گزارشات و تحلیل های مربوطه در راستای اقدامات لازم.	۰-۳۰	اثر پذیری	F	۶
آیا سطح مهارت و آموزش پرسنل مرتبط متناسب با نیاز سیستم حفاظت کاتدی می باشد؟	۰-۱۵	نیروی انسانی	G	۷
میزان انطباق گزارشات تهیه شده با فرمت مصوب. طبقه بندی و جمع بندی و اعلام صحیح گزارشات. استفاده از نرم افزار متناسب برای طبقه بندی و گزارش گیری و تحلیل داده ها. (حداقل ۵ امتیاز) استفاده از روش های پایش پیوسته (حداقل ۱۵ امتیاز)	۰-۳۰	پایش و گزارشات	H	۸

شاخص حفاظت کاتدی = $A \times B \times C \times (D + E + F + G + H)$

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

حداکثر شاخص ۱۰۰ و حداقل صفر بوده و حد قابل قبول در اولین ممیزی ثالث ۳۵ در دومین دوره ۴۵ و سومین دوره ۵۵ می باشد.

۹) ممیزی سیستم های حفاظت کاتدی

ممیزی سیستم های حفاظت کاتدی می بایست هم توسط خود هر واحد و هم توسط شرکت ها و سازمان های تایید صلاحیت شده بصورت ادواری در بازه های زمانی مشخص انجام شود. نتیجه خروجی ممیزی براساس شاخص های تعریف شده در راستای ارزیابی اثر بخشی در اجرای مفاد این سند و در نهایت راهگشای مدیریت در پیمودن نقشه راه ترسیمی خواهد بود.

۹-۱) ممیزی داخلی

دوره های زمانی پیش فرض برای انجام ممیزی داخلی عملکرد سیستم حفاظت کاتدی براساس شاخص های گفته شده یک سال می باشد. در صورتی که زمان های کوتاهتری در ممیزی های داخلی پیش بینی شده باشد، دوره های کوتاه تر ملاک عمل خواهد بود. شاخص ها نیز به طور خلاصه در سند حاضر آورده شده است.

۹-۲) ممیزی ثالث

لازم است سیستم حفاظت کاتدی، حداکثر در دوره های سه ساله توسط موسسات معتبر که قبلا صلاحیت آن به تایید رسیده است، مورد ممیزی قرار گیرد و با نتایج ممیزی داخلی تطبیق داده شود. در صورتی که زمان های کوتاه تری برای ممیزی خارجی پیش بینی شود، دوره کوتاه تر ملاک عمل خواهد بود.

هر واحدی که موفق کسب امتیاز شاخص دوره مربوطه نگردید می بایست نسبت به رفع عدم انطباق ها اقدامات لازم را انجام دهد و پس از شش ماه ممیزی ثالث مجدد داشته باشد.

۱۰) نگهداری و تعمیرات سیستم حفاظت کاتدی

هر سامانه کنترل خوردگی و به خصوص سامانه های حفاظت کاتدی و آندی نیازمند تعمیرات خواهد شد. علت نیاز به تعمیرات هم می تواند ناشی از صدمه های کنترل نشده به تجهیزات باشد مانند صدمه فیزیکی

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

به ترانسفورمررکتیفایر ها و یا آندی های نصب شده و هم می تواند ناشی از خرابی تجهیزات در دوره های کوتاهتر از دوره های عمر طراحی باشد.

تعمیرات و نگهداری می تواند به دو صورت کلی پیشگیرانه و دوره خرابی باشد. در حالت پیشگیرانه (Preventive Maintenance) می بایست قبل از وقوع خرابی به آن پرداخت تا به صورت پیش بینی نشده سامانه موجود از مدار خارج نشده و خسارت بیشتری به بار نیاید. مواردی که می بایست در برنامه تعمیرات لحاظ گردد به شرح زیر است:

۱- استفاده از نفرات متخصص

۲- استفاده از تجهیزات کالیبره و بخصوص تجهیزات اندازه گیری پتانسیل

۳- انجام دوره ای تعمیرات پیشگیرانه و بازرسی های سیستم حفاظت کاتدی و آندی بر اساس چک لیستها در بازه های زمانی تعریف شده

۴- انجام تعمیرات بعد از وقوع خرابی (نت از کار افتادگی یا Breakdown maintenance) با دانش و آمادگی قبلی در مورد عیب، علت، اقدامات اصلاحی، دستورالعملهای تعمیراتی، ابزار، قطعات و سایر ملزومات مورد نیاز و در صورت لزوم با مشاوره گرفتن از مشاوران ذیصلاح.

۵- بایگانی سوابق تعمیراتی

۶- تحلیل ریشه ای و بر طرف کردن عوامل بروز عیوب در سیستم حفاظت کاتدی و آندی

۱۱) مدیریت سیستم حفاظت کاتدی

نگهداری و مدیریت سیستم حفاظت کاتدی بخشی از مدیریت خوردگی می باشد. براساس سند راهبردی مدیریت خوردگی (MOP-DSM-003) و نظام نامه راهبردی صیانت از دارایی های فیزیکی صنعت نفت (MOP-DSM-002) هر مجتمع ملزم به ایجاد گروه مربوطه در زیر مجموعه تعریف شده است به نحوی که بتوانند مسئولیت های محوله را به نحو احسن به انجام برسانند. پرسنل شاغل در این قسمت می بایست تحصیلات، مهارت و تجارب لازمه را داشته و براساس دستورالعمل های مربوطه ارزیابی شوند. برای نیل به اهداف متعالی مطرح شده در نظام نامه راهبردی صیانت از دارایی های فیزیکی، ایجاد بستر مناسب سخت

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

افزایی و نرم افزاری سیستم حفاظت کاتدی از الزامات است و هر واحد ملزم به ارائه برنامه مربوطه برای رسیدن به نتیجه مطلوب براساس معیارهای ارزیابی مربوطه است.

در حال حاضر به علت عدم توجه به نگهداری و مدیریت سیستم های حفاظت کاتدی، متأسفانه خسارات زیادی به تاسیسات وارد می شود. بسیاری از خسارات وارده بعضاً به علت عدم کارشناسی دقیق پنهان می ماند اما مقایسه کلی دفعات قطع و نیاز به رفع عیب و خوردگی سیستم ها نشان دهنده عدم توجه به مقوله مدیریت خوردگی و سیستم های حفاظت کاتدی به عنوان بخشی از آن است. یک نمونه بارز آن تانک هایی است که قبل از بهره برداری نیازمند اجرای مجدد و اصلاح ورقه کف شده اند. در این مثال عوامل و اشتباهات متعددی موجب بروز چنین معضلی شده اند اما از نگاه مدیریت و کلان، عدم مدیریت خوردگی و نگهداری صحیح علت اصلی آن است.

با توجه به تنوع زیاد سیستم ها و تکنولوژی های حفاظت کاتدی و تغییرات آن در طی زمان، اعلام ملاحظات تعمیرات نگهداری هرکدام از آنها در متن حاضر امکان پذیر نمی باشد. در نتیجه در متن حاضر تنها به رؤس و نکات برجسته تعمیرات نگهداری اشاره می شود. تعمیرات و نگهداری سیستم های حفاظت کاتدی می بایست به نحوی باشد که:

أ) منطبق بر نظر طراح و استانداردهای روز دنیا وضعیت سیستم حفاظت کاتدی مورد ارزیابی قرار گیرد.

ب) داده ها و اطلاعات ثبت شده طی یک نظام مشخص ثبت و به مراجع بالاتر برای بازرسی های دوره ای انتقال داده شود.

ج) از زمان راه اندازی و در برخی موارد از زمان ساخت سابقه تعمیرات و نگهداری می بایست در اختیار کارشناسان مربوطه باشد.

د) گزارش عملکرد مثبت و منفی دوره تجهیزات و خدمات برای در نظر گرفتن تامین کننده ها و تولید کننده های داخلی و خارجی

ه) ایجاد زیر ساخت های لازم برای استقرار سیستم های پایش یکپارچه در دوره های تعمیرات نگهداری کلی

MPEM-RCA-PR-۰۱	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

۱۲) آموزش و نیروی انسانی

بر مبنای تئوری های مدرن مدیریت، بزرگترین سرمایه های یک سازمان نیروی انسانی کارآمد و متخصص است. سیستم های کنترل خوردگی و به خصوص حفاظت کاتدی به عنوان یکی از فعالیت های سازمان های مرتبط صنعت نفت نیز نیازمند نیرو های متخصص مربوطه است. با توجه به وضعیت فعلی اجرا و نگهداری در زیر مجموعه های وزارت نفت، نه تنها کارشناسان مستقیم که مدیران سطوح مختلف نیز می بایست با این موضوع آشنایی بیشتری پیدا کنند.

در موسسات معتبر داخلی و بین المللی دوره های متنوعی برای آموزش حفاظت کاتدی در سطوح کارشناسی تعریف کرده اند تا بتوانند فاصله آموزشی ناشی از بین رشته ای بودن اغلب سیستم های حفاظت کاتدی بین برق، شیمی، الکتروشیمی، مواد و پروسس را پر کنند. استاندارد EN ۱۵۲۵۷ به عنوان مرجعی برای تربیت نیروی متخصص حفاظت کاتدی و ملاک های ارزیابی است. در کنار این استاندارد، دوره های و سطوح مختلف خوردگی توسط موسسات معتبر بین المللی مانند NACE و انجمن خوردگی انگلستان و موسسات مختلف داخلی تهیه شده است.

آموزش کارشناسان براساس سند راهبردی مدیریت خوردگی صنعت نفت الزامی است. ضمناً با توجه به خلاءهای موجود نیاز است در دوره ها و سمینارهای کوتاه مدت برای مدیران مربوطه نیز لزوم و اهمیت سیستم های حفاظت کاتدی تشریح شود. هدف چنین سمینارها و دوره های مدیریت، ایجاد فرهنگ استفاده درست، جامع و یکپارچه از سیستم ها حفاظت کاتدی در کاهش و کنترل خوردگی است.

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

جدول دو: نیروی انسانی

ردیف	تخصص	مهارت	صلاحیت
۱	تکنسین	۱. آشنایی با قوانین پایه برق، الکتروشمی، خوردگی و تئوری های حفاظت کاتدیک ۲. توانایی استفاده از ابزار آلات مربوط به حفاظت کاتدیک و انجام تست های پیوستگی، جریان، مقاومت خاک، مشخص کردن محل لوله و انجام تست های مختلف ارزیابی کیفیت پوشش و وضعیت خوردگی و حفاظت از خوردگی تجهیزات ۳. اپراتوری، ثبت و قرائت پتانسیل و داده های مربوط به سیستم های مختلف حفاظت کاتدیک (اعمال جریان و فداشونده) ۴. آشنایی و نگهداری ادوات و تجهیزات سیستم های مختلف حفاظت کاتدیک (اعمال جریان و فداشونده) ۵. توانایی سرپرستی تیم های اجرایی سیستم های حفاظت کاتدیک مختلف، نقشه خوانی سیستم های مختلف ۶. آشنایی با قوانین پایه برق، الکتروشمی، خوردگی و تئوری های حفاظت کاتدیک ۷. توانایی استفاده از ابزار آلات مربوط به حفاظت کاتدیک و انجام تست های پیوستگی، جریان، مقاومت خاک، مشخص کردن محل لوله و انجام تست های مختلف ارزیابی کیفیت پوشش و وضعیت خوردگی و حفاظت از خوردگی تجهیزات ۸. اپراتوری، ثبت و قرائت پتانسیل و داده های مربوط به سیستم های مختلف حفاظت کاتدیک (اعمال جریان و فداشونده) ۹. آشنایی و نگهداری ادوات و تجهیزات سیستم های مختلف حفاظت کاتدیک (اعمال جریان و فداشونده) ۱۰. توانایی سرپرستی تیم های اجرایی سیستم های حفاظت کاتدیک مختلف، نقشه خوانی سیستم های مختلف ۱۱. بررسی و اجرای صحیح ملاحظات ایمنی سیستم های حفاظت کاتدیک ۱۲. بررسی و اجرای صحیح ملاحظات ایمنی سیستم های حفاظت کاتدیک	۱. گذارندن آزمون ارزیابی ۲. یک سال سابقه کار
۲	کارشناس	۱. انجام تست های میدانی (شامل تست جریان مورد نیاز، تست غلاف چسبیده، افت پتانسیل، تست تداخل ...) ۲. ثبت و تفسیر داده های سیستم های حفاظت کاتدیک مختلف ۳. عیب یابی اولیه سیستم ها	۱. حداقل مدرک کارشناسی مرتبط ۲. حداقل سه سال سابقه مرتبط

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

صلاحیت	مهارت	تخصص	ردیف
	۴. توانایی کنترل و پایش سیستم های نوین حفاظت خوردگی ۵. طراحی سیستم های ساده ۶. تفسیر داده های استخراج شده از روش های ارزیابی کیفیت پوشش و وضعیت خوردگی و حفاظت از خوردگی تجهیزات ۷. عضویت در تیم طراحی ۸. سرپرست دفتر فنی، بازرسی و کنترل کیفیت ۹. آشنایی با مدیریت پروژه و کنترل پروژه ۱۰. آشنایی با استانداردها و مراجع معتبر بین المللی		
۱. حداقل مدرک دانشگاهی کارشناس ۲. حداقل ۵ سال سابقه مرتبط	۱. عیب یابی سیستم های مختلف ۲. درک و محاسبه منابع خطا در اندازه گیری ۳. درک پلاریزاسیون سازه و پارامترهای موثر در آن ۴. طراحی سیستم های مختلف ۵. سرپرستی تیم طراحی ۶. توانایی مدیریت و کنترل پروژه ۷. تدریس برای سطوح پایین تر ۸. مدیریت طرح های صنعتی مربوطه	متخصص	۳
۱. حداقل مدرک کارشناس ۲. حداقل ۸ سال سابقه	۱. آشنایی به حفاظت کاتدی حداقل تا سطح کارشناس ۲. آشنایی به اصول مدیریت	مدیریت	۴

۱۳) پیمانکاران و مشاوران

پیمانکاران و مشاوران دو عضو و رکن اصلی برای طراحی، تامین، اجرا، راه اندازی، ارزیابی و ممیزی سیستم های حفاظت کاتدی در زمان ایجاد و دوره نگهداری تعمیرات هستند. از این منظر حوزه عملکرد پیمانکاران و مشاوران وسیع است.

با توجه به تخصصی بودن مبحث حفاظت کاتدی و آندی، داشتن رتبه مربوطه در رسته برق توصیه می شود اما الزامی نیست. آنچه که به عنوان صلاحیت و توانمندی شرکت های مرتبط دارای صلاحیت ملاک عمل و ارزیابی است داشتن دانش، سابقه و نیروی انسانی متناسب است. روش ارزیابی شرکت ها منطبق بر نسخه اصلاح شده "آیین نامه طبقه بندی و تشخیص صلاحیت پیمانکاران و مشاوران" خواهد بود.

MPEM-RCA-PR-۰۱	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

توصیه می شود اصلاح "آیین نامه طبقه بندی و تشخیص صلاحیت پیمانکاران و مشاوران" براساس نیازمندی‌های حوزه حفاظت کاتدی و آندی توسط کارگروه تهیه کننده سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی انجام شود و تا هنگامی که اصلاحیه آیین نامه مذکور تهیه نشده باشد اصل آیین نامه ملاک ارزیابی قرار گیرد.

۱۴) پژوهش و فن آوری

در یک سیستم پویا، پژوهش و نوآوری در فن آوری جزو لاینفک آن سیستم هستند. هدف گذاری در پژوهش و صرف هزینه ها می بایست به نحوی باشد که به نگهداشت صحیح خود سیستم به خصوص در مدیریت کلی کاهش صدمات و هزینه های خوردگی به اقتصادی ترین روش منجر شود و هم از سوی دیگر آینده علم مورد استفاده را مورد پرسش قرار دهد و یا به عبارتی آینده پژوهی باشد. تجربه سالیان گذشته که ایران توانسته رشد فزاینده ای در تولید علم داشته باشد نشان می دهد انجام و به نتیجه رساندن تحقیقات به روز و مشکل گشا در محیط های صرفا دانشگاهی امکان پذیر نیست و در همین راستا کلیه پروژه های پژوهشی چه با منظر کاربرد در سیستم موجود و چه آینده پژوهی می بایست هدفمند و با استفاده از توان صنعت به صورت یک جز حیاتی انجام شود.

۱۵) نرم افزار

نرم افزارهای مورد استفاده در سیستم های حفاظت کاتدی به دو دسته عمده تقسیم می شوند؛ نرم افزارهای طراحی و نرم افزاری نگهداری و طبقه بندی داده های ثبت شده. الف) نرم افزارهای طراحی: کاربرد این نرم افزارها عمدتاً در زمان طراحی و یا ارزیابی تطبیقی سیستم در حال بهره برداری با مدل های پیش بینی شده است. ورودی این داده ها چیدمان سازه های مورد حفاظت و پیش فرض های طراحی است تا بهترین آرایش آندها و مسیرهای جریان بدست آید. برخی از نرم افزارهای این دسته محاسباتی بوده و برخی دیگر گرافیکی و با خروجی اثر آرایش سیستم بر رسیدن به معیار است. استفاده از نرم افزارهای شبیه ساز تایید شده یک امتیاز در ممیزی شرکت های دارای صلاحیت مهندسی و مشاور می باشد.

ب) نرم افزارهای نگهداری داده ها: نرم افزارهای متعددی برای نگهداری و طبقه بندی داده ها موجود است. این نرم افزارها به تحلیل بهتر داده ها کمک خواهند کرد. با ظهور سیستم های پایش و حجم داده های

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

بالا بهبود طبقه بندی و روش های نوین تحلیل داده ها نیاز شده که می بایست مد نظر تهیه کنندگان قرار گیرد. استفاده از چنین نرم افزارهایی در بررسی شاخص های نگهداری سیستم های حفاظت کاتدی امتیاز می باشد.

۱۶) تعیین لزوم استفاده از حفاظت کاتدی

باید توجه داشت حفاظت کاتدی یکی از روش های کاهش و کنترل خوردگی است، لذا بدیهی است لزوم و با عدم لزوم استفاده از این روش و حوزه تحت اثر آن به عنوان بخشی از کل ماتریس کنترل خوردگی خواهد بود. در گذشته این موضوع کاملاً در اختیار واحدها و مشاوران فنی با نگاه های فنی و سلیقه متنوع، مختلف و در برخی موارد متناقض بوده است اما تجارب متعدد و روش های اجرایی نشان داده است که از دیدگاه کلان نیاز به ترسیم خطوط کلی است تا بتوان سیستم های مختلف را به صورت یکپارچه مدیریت کرد. اگرچه با توجه به گستره تجهیزات و محیط های صنعتی هنوز هم ارزیابی برای بررسی نیاز به سیستم حفاظت کاتدی الزامی است، اما برای حصول نتیجه مناسب از دید کلان می بایست از خطوط کلی پیروی شود.

اولویت ها را با توجه به پیامدهای تولید، ایمنی، محیط زیست می توان به موارد ذیل رده بندی کرد:

۱. تجهیزات و لوله های فرآیندی
۲. خطوط لوله گاز
۳. مخازن ذخیره
۴. تجهیزات و خطوط مرتبط با نفت
۵. تجهیزات مرتبط با آب
۶. سازه ها فلزی در تماس با آب دریا
۷. سازه های فلزی در تماس با خاک
۸. سازه های فلزی در تماس با بتن

تعاریف بند فوق، دامنه کاربرد، کلی بوده و در برخی موارد نیاز است لزوم استفاده از حفاظت کاتدی براساس معیارهای زیر مورد ارزیابی فنی-اقتصادی قرار گیرد. شاخص های کلی ارزیابی تجهیزات مذکور به شرح زیر است:

MPEM-RCA-PR-۰۱	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

أ) حفاظت کاتدیک برای کلیه خطوط لوله فولادی مدفون در خاک و دریا الزامی است. منظور از خطوط لوله کلیه خطوط انتقال در کف دریا و مدفون در خشکی و کلیه خطوط مدفون داخل و خارج مجتمع ها است. در صورتی که خطوط از جنس دیگری مانند فولاد ضد زنگ یا لوله های گالوانیزه بوده و در اطراف آنها سیستم حفاظت کاتدی موجود باشد، با توجه به خطر جریان های سرگردان، می بایست در یک سیستم یکپارچه تحت حفاظت کاتدی قرار گیرند. این موضوع در مورد خطوط گالوانیزه، نیکل، فولاد ضد زنگ و کلیه فلزات مدفون صادق است. با توجه به تعریف و حوزه عملکرد حفاظت کاتدی بدیهی است خطوط رو زمینی به هیچ وجه مورد حفاظت کاتدیک مستقیم قرار نمی گیرند و تنها در نشت جریان و ایجاد مسیرهای الکتریکی کم مقاومت در طراحی یک سیستم حفاظت کاتدی مد نظر قرار می گیرند. هر دو سیستم حفاظت کاتدیک اعمال جریان و فداشونده برای حفاظت خطوط لوله مورد استفاده قرار می گیرند.

ب) به طور کلی استفاده از سیستم حفاظت کاتدی برای غلاف فلزی چاه های نفت و گاز الزامی است بجز مواردی که تجارب موجود عدم استفاده از آنها تایید نماید. با توجه به عمق سیستم ها و تکنولوژی های اجرایی، روش متداول در حفاظت غلاف های چاه های عمیق روش اعمال جریان است.

ج) حفاظت کاتدیک برای سطوح بیرونی مخازن و تانک های با پوشش و بدون پوشش در تماس با خاک الزامی است. در صورتی که سطح تماس با بتن، آسفالت و یا خاک آغشته به روغن باشند بعد از ارزیابی جامع و بررسی تجارب طولانی مدت، لزوم استفاده حفاظت کاتدی مشخص می شود.

یکی از متداول ترین روشهای اجرای تانک ها، اجرای آن بر روی خاک یا ماسه فشرده است. در این شرایط استفاده از پوشش در کف تانک در تماس با خاک توصیه می شود در حالی که استفاده از سیستم حفاظت کاتدی الزامی است. با توجه به الزامات زیست محیطی و استفاده رو به گسترش لایه های عایقی برای جلوگیری از نشت مواد به محیط اطراف لحاظ کردن طرح سیستم حفاظت کاتدیک در زمان ساخت مخازن الزامی است. با توجه به محدودیت های دسترسی و دوره های نگهداری استفاده از سیستم اعمال جریان روش اول حفاظت کاتدی کف تانک ها می باشد. استفاده از سیستم فداشونده زمانی مجاز است که از عدم قطع مسیر الکتریکی ورقه کف تانک-خاک-آند اطمینان حاصل شود و اینکه امکان استفاده و تامین زیرساخت های سیستم اعمال جریان ممکن نباشد.

مخازن مدفون معمولاً دارای پوشش هستند اما استفاده از پوشش به هر شکل نافی استفاده از سیستم حفاظت کاتدیک نیست. تنها در مواردی مانند استفاده از پوشش های بتنی که تجارب طولانی مدت عدم لزوم استفاده از آنها تایید کرده است مجاز است.

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

د) لزوم استفاده از حفاظت کاتدی سطح داخلی مخازن و تانک های دارای پوشش های مناسب یا سرویس های آب با درجه خلوص بالا، اسیدها یا بازهای خورنده بعد از ارزیابی جامع خوردگی و بررسی تجارب طولانی مدت مشخص خواهد شد. در صورت عدم وجود داده های مشابه استفاده از سیستم حفاظت کاتدی الزامی است.

حفاظت کاتدی برای سطوح داخلی کلیه مخازن فولادی آب شور که فاقد پوشش هستند الزامی است. در صورتی که داخل مخازن نگهداری محصولات نفتی لایه ای از آب شور قرار گیرد استفاده از حفاظت کاتدی برای آن محدوده الزامی است.

ه) تجارب بلند مدت و استانداردهای به روز بین المللی تعیین کننده لزوم استفاده حفاظت کاتدی برای سازه های فولادی مدفون در بتن هستند. در برخی موارد می توان مانند موارد زیر لزوم استفاده از سیستم حفاظت کاتدی مشخص است.

حفاظت کاتدی برای میلگردها و سازه های فولادی داخل بتن در تماس با آب دریا و آبهای شور الزامی است. در کلیه سازه های فلزی-بتنی در صورت وجود خطر جریان های سرگردان از دیگر سازه های تحت حفاظت کاتدی و یا منابع جریان های DC و یا جریان های بالای AC انجام آزمایشات جامع و نصب پروب های و سیستم های پایش برای ردیابی و میزان اثرات تخریبی الزامی است. با در نظر گرفتن این موضوع که سازه های بتنی تقویت شده برای عمرهای بالا طراحی می شوند تنها در صورتی که بتوان از کم بودن سرعت خوردگی اطمینان کافی داشت، می توان در محیط های با رطوبت کم و خشک از سیستم حفاظت کاتدی صرف نظر کرد.

و) حفاظت کاتدی برای کلیه سازه های فلزی و فولادی ساحلی و فراساحلی در تماس با آب شور الزامی است. تنها در مواردی که تجربیات بلند مدت مشابه استفاده از پوشش، با و بدون ماهیت کاتدی، نشان دهنده عدم لزوم به سیستم حفاظت کاتدی باشد می توان از آن صرف نظر کرد.

عمده سازه های تحت شمول این بند سازه هایی نظیر پایه های اسکله های ساحلی و پایه های سکوها و جکت های فراساحلی است که بر اساس تجارب موجود استفاده از سیستم های حفاظت کاتدی برای آنها الزامی است. با توجه به محدودیت ها و تکنولوژی های موجود، بنا به نظر شرکت مشاور ذیصلاح از یکی از دو روش فداشونده یا اعمال جریان استفاده می شود.

ز) حفاظت کاتدی برای سطوح بیرونی کلیه شناورها و کشتی ها الزامی است. پره ها و قسمت های از سیستم پیشران که در تماس مستقیم با آب هستند نیز جز سطوح بیرونی محسوب شده و حفاظت کاتدی

MPEM-RCA-PR-۰۱	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

برای آنها الزامی است. در خصوص مخازن داخلی و الزام حفاظت کاتدی آنها براساس رویه پیش گفته اقدام شود.

ح) برای تجهیزات فلزی که تماس با خاک یا محلول های خورنده هستند می بایست ارزیابی خوردگی و تجربیات بلند مدت عدم نیاز به حفاظت کاتدی را ثابت نمایند در غیر اینصورت حفاظت کاتدی الزامی است.

۱۷) پوشش و حفاظت کاتدی

اگرچه می توان از حفاظت کاتدی برای سطوح بدون پوشش استفاده نمود اما به طور معمول، پوشش اولین جبهه مقابله با خوردگی است. با توجه به روش های اجرا، هیچگاه نمی توان از جدایش کامل محیط خورنده و فلز در طول مدت بهره برداری با استفاده از پوشش اطمینان کامل داشت به همین منظور حفاظت کاتدی در کنار پوشش برای بسیاری از سطوح فلزی در تماس با محیط خورنده الزامی است. در صورتی که بتوان از جدایش کامل و قطع ارتباط محیط خورنده و سطح فلزی مطمئن بود می توان از حفاظت کاتدی صرف نظر کرد که این حالت تنها در شرایط خاص اتفاق می افتد. به عنوان مثال پوشش خطوط لوله مدفون، با تکنولوژی موجود، نمی تواند رافع نیاز به حفاظت کاتدی باشد.

در مبحث پوشش و حفاظت کاتدی دو موضوع کلی وجود دارد یکی لزوم و یا عدم لزوم استفاده از پوشش در کنار حفاظت کاتدی است و دیگری اثر استفاده از پوشش و اثر پذیری سیستم حفاظت کاتدی از آن است.

۱۷-۱) لزوم استفاده از پوشش

لزوم استفاده از پوشش در کنار حفاظت کاتدی در زیر خلاصه شده است:

أ) استفاده از پوشش برای سطوح بیرونی تجهیزات فلزی مانند پایه اسکله ها، سطح خارجی لوله های مدفون و قسمت بیرونی شناورها در تماس با آب شور و دریا الزامی است.

ب) استفاده از پوشش برای سطح خارجی لوله های مدفون در خاک الزامی است.

ج) استفاده از پوشش برای کف تانک های ذخیره اکیدا توصیه می شود.

د) استفاده از پوشش برای سازه های فلزی و میلگردهای داخل بتن در تماس با محیط های آب شور توصیه می شود.

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند	 جمهوری اسلامی ایران وزارت نفت	عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

۱۷-۲) اثر پوشش بر حفاظت کاتدیک

پوشش و حفاظت کاتدی اثرات متقابل و قابل توجهی دارند و در بسیاری از موارد از یکدیگر جدانشدنی هستند؛ مانند خطوط لوله انتقال یا کف تانک ها رو زمینی و به همین دلیل خواص پوشش به شدت بر روی عملکرد سیستم حفاظت کاتدی اثر متقابل خواهد داشت. از مهمترین مشخصات اثر گذار پوشش در حفاظت کاتدی می توان به مقاومت الکتریکی پوشش، مقاومت به نفوذ و جذب رطوبت، پایداری شیمیایی در طی زمان، درصد تخریب در طی زمان و مقاومت به جدایش کاتدیک نام برد. نوع پوشش می تواند جریان حفاظتی مورد نیاز برای رسیدن به معیار حفاظت کاتدی ۵ تا ۲۰ برابر دستخوش تغییر کند. مقاومت الکتریکی بالای پوشش که یکی از پارامترها و مولفه های اصلی پوشش است می تواند به گستره عملکرد سیستم حفاظت کاتدی کمک کند، مثلا اگر برای یک شرایط یکسان یک ایستگاه حفاظت کاتدی توانایی پوشش حفاظتی مقداری از خط لوله انتقال را داشته باشد، کیفیت نا مناسب یا مقاومت الکتریکی کم پوشش می تواند میزان پوشش حفاظتی را چند برابر کاهش دهد.

با توجه به موارد فوق لازم است برای هر نوع پوشش حداقل پارامترهایی تعریف شود از عملکرد توامان کاتدی و پوشش اطمینان پیدا کرد.

۱۷-۳) اثر حفاظت کاتدیک بر پوشش

حفاظت کاتدیک نقص های میکروسکوپی پوشش ها را در مقابله با خوردگی جبران می کنند و این به معنی ایجاد واکنش های حفاظتی در محل های ریز داخل و محل های عبور جریان پوشش هاست. قطعا حفاظت کاتدیک و میزان واکنش ناشی از آن در این محل ها در دراز مدت در بافت مجاور که همان پوشش باشد اثر گذار است. یکی از پارامترهای شناخته شده در اغلب پوشش ها افزایش جذب رطوبت است که می تواند اثر منفی در عملکرد پوشش داشته باشد.

نکته دیگر که از برهمکنش حفاظت کاتدی و پوشش ناشی می شود جدایش کاتدی است. در صورتی که در اثر تنظیم ناصحیح سیستم حفاظت کاتدی و یا طراحی اشتباه بخصوص در یک سیستم اعمال جریان، قسمتی از سازه بیش از حد تحت اثر سیستم حفاظت کاتدی قرار گیرند، بسته به نوع پوشش امکان تخریب پوشش وجود دارد. علت اصلی این موضوع قلیایی شدن شدید دذ فصل مشترک سازه و پوشش و افزایش جذب رطوبت ناشی از حفاظت بیش از حد است. بر همین اساس برای انواع پوشش همراه با حفاظت کاتدیک تست جدایش کاتدیک الزامی است. براساس استاندارد های مختلف برای پوشش های مختلف حد

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

پتانسیل و شرایط خاصی به همراه یک سیستم حفاظت کاتدی برای جلوگیری از جدایش کاتدی تعریف می شود.

با حفاظت بیش از حد و فراتر از تحمل یک پوشش، مکانیزم های جدایش کاتدی فعال می شود و پوشش به مرور زمان از سطح تحت حفاظت جدا می شود. افزایش سطح نیاز به حفاظت را افزایش می دهد. افزایش جریان بیشتر و تخریب پوشش تا جایی که دیگر سیستم کاتدی موجود توانایی تامین جریان حفاظتی را ندارد معمولا ادامه می یابد. تبعات چنین چرخه ای جبران ناپذیر است، زیرا هم سیستم کاتدی موجود از بین رفته و کارایی خود را از دست می دهد و هم پوشش از دست می رود. جبران پوشش در بسیاری از سیستم های مدفون و یا غوطه ور بسیار هزینه بر و بعضا غیر ممکن خواهد بود. براساس توضیحات فوق و این واقعیت که پوشش و حفاظت کاتدی دو روش همراه برای کاهش و کنترل خوردگی در بسیاری از محیط ها و شرایط هستند، در طراحی، اجرا و بکار بردن دستور العمل ها و روش های اجرایی و نگهداری مرتبط می بایست دقت کافی صورت پذیرد.

۱۸) ابزار و مواد مورد استفاده در حفاظت کاتدی

در اجرای سیستم های حفاظت کاتدی از ابزار و مواد خاص و طراحی شده ای استفاده می شود. با توجه به اهمیت سیستم های حفاظت کاتدی تامین، ساخت و بازرسی این تجهیزات براساس رویه های استاندارد و تعریف شده ای انجام می شود. عمده ترین اجزای سیستم شامل و نه محدود به موارد زیر است:

أ) آندهای فداشونده در اشکال مختلف و متریال روی یا منیزیم یا آلومینیوم (هر سه نوع آند فوق در ایران تولید و مصرف می شود)

ب) ترانسفورمررکتیفایر ها و تجهیزات تولید جریان مستقیم. اگر چه شناخته شده ترین روش تامین جریان مستقیم ترانسفورمررکتیفایرها است اما امروزه منابع دیگری نظیر سیستم های خورشیدی و سیستم های سوئیچینگ در حال توسعه و بهره برداری هستند.

ج) کابل ها با پوشش، سایز و رنگ های مختلف (متداول ترین نوع کابل مورد استفاده در سیستم های کاتدیک XLPE/PVC هستند که بدون آرمور یا آرمودار استفاده می شوند. در محیط های خورنده یا دارای کلر بالا نظیر خاک های مرطوب و شور، چاههای آندی نزدیک دریا یا حوضچه های آب شور و نظایر آنها، استفاده از کابل های ویژه مانند HMWPE یا Kynar در مدار مثبت سیستم کاتدی مانند کابل آندها الزامی است و نمی توان از همان کابل های XLPE/PVC استفاده نمود).

MPEM-RCA-PR-01	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

د) آندهای اعمال جریان مانند آندهای MMO، چدنی سیلیکون بالا، با پوشش پلاتین، گرافیت و نظایر آنها (متداول ترین آنها آندهای چدنی سیلیکون بالا و MMO می باشند)

ه) باکس ها و تجهیزات توزیع جریان

و) سیستم پایش و قرائت پتانسیل (اطمینان از کالیبره بودن تجهیزات قرائت پتانسیل الزامی است)

ز) تجهیزات ایزولاسیون سازه های تحت حفاظت

ح) کک و مواد مصالح مورد استفاده در پشت بندهای بسترهای آندی

ط) ابزار و ادوات اتصال کابل و آند به سازه ها

از منظر تکنیکی برای حصول یک نتیجه مناسب داشتن یک سیستم یکپارچه با مدیریت متمرکز الزامی است. به همین منظور و در دنیای رو به رشد امروز نیاز است در طراحی ها و ادوات استفاده شده یکپارچگی سیستم لحاظ شود و از سوی دیگر با استفاده از زیر ساخت های فناوری اطلاعات، سیستم های مدیریت و پایش یکپارچه پایش بینی شود. برای حصول به این نتیجه پایش بینی زیر ساخت های لازم در تجهیزات و به خصوص در منابع تامین جریان مانند ترانسفورمر رکتیفایرها، محل های تست و ابزار آلات تست و اندازه گیری الزامی است.

۱۹) مراجع

در اجرای سیستم های

MPEM-RCA-PR-۰۱	شناسه سند		عنوان سند
	شماره ویرایش		سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی
	طبقه بندی		

پیوست شماره ۱: تعاریف

تعاریف عمومی و مورد استفاده در سند راهبردی حفاظت کاتدی و آندی در زیر آورده شده است:

حفاظت کاتدی:

حفاظت آندی:

ظرفیت موثر:

معیار حفاظت:

پایش پیوسته: