بررسی انواع روش های شیمیایی حفاظت کاتدیک جهت انتخاب پارامتر لازم برای طراحی یک سیستم حفاظت کاتدیکی مناسب

مجید ناصریان اصل[1]*، [2]،کیهان جهان فتحی[2] ،محمد یوسفی[3]

دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبادان-گروه مهندسی شیمی- باشگاه پژوهشگران جوان

Majid.naserian@yahoo.com

چکیده

امروزه خوردگی شیمیایی فلزات از جمله مشکلات اساسی و هزینه ساز صنایع بزرگ به خصوص صنعت نفت، گاز، پتروشیمی، و ... میباشد. لوله های انتقال و توزیع سوخت و آب،کشتی ها، دکلهای انتقال نیرو، مخازن ذخیره سوخت و دیگر سازه های مدفون (و یا غوطه ور) در یک الکترولیت متناسب با شرایط موجود و با توجه به ساختار متالورژیکی خود ، خورده شده و بعد از مدتی کار یک سیستم و پروسه فعال را مختل کرده و منجربه ضرر و زیانهای غیر قابل پیش بینی میشونداز آنجائیکه پوششهای موجود هیچ یک دارای راندمان ۱۰۰٪ نمی باشند،لذا داشتن یک سیستم مکمل جهت حفاظت از خوردگی سازه های مدفون الزامی به نظر میرسد. روش تکمیلی یاد شده در این مقاله سیستم حفاظت کاتدیک میباشد که در این روش با کاتد کردن سازه در حال خورده شدن (که قبلاً آند بوده است) میتوان از خوردگی آن جلوگیری نمود.

کلمات کلیدی: خوردگی،حفاظت کاتدی،آند فدا شونده،فلز،اختلاف پتانسیل

[1] دانشجوی مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبادان

[2] دانشجوی مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبادان

[3] عضو هیئت علمی گروه مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبادان

مقدمه

حفاظت کاتدی عبارت است از جلوگیری یا کاهش خوردگی فلزات به طوری که توسط اعمال یک جریان الکتریکی خارجی (یک سو) و یا تماس آن با یک آند فدا شونده، فلز مورد نظر بصورت کاتد در آید. به بیان دیگر حفاظت کاتدی فرآیندی است که با ایجاد میدان الکتریکی در سطح فلز، از واکنش خوردگی در سطح آن جلوگیری می کند. برای اینکه یون های فلزی تولید شده به طور کامل از بین بروند، باید میدان الکتریکی محافظ، قدرت کافی داشته باشد. منبع میدان الکتریکی که برای مقابله با واکنش خوردگی مورد استفاده قرار می گیرد، باید دارای یک جریان پیوسته و مستقیم مانند ترانسفورماتورهای DC همراه آندهای پلاتینه باشد. این روش را حفاظت کاتدی توسط جریان معکوس می نامند. روش دیگر حفاظت کاتدی استفاده از آندهای فداشونده است. بدین ترتیب که فلزات فعال تر از فولاد را (به عنوان مثال) به عنوان آند به سازه وصل کرده تا بجای فلز سازه خورده شود.گاهی حفاظت کاتدی را به دو دسته گالوانی و الکترولیتی هم دسته بندی می کنند. حفاظت کاتدی گالوانی همان روش استفاده از آندهای فداشونده است که در آن آندها را به شکل مجزا و یا به صورت پوشش (فولاد گالوانیزه) در تماس با فلز اصلی قرار می دهند. در حفاظت کاتدی الکترولیتی، فلز در معرض خوردگی به عنوان کاتد، و یک فلز غیر قابل حل مثل پلاتین، سرب و گاهی نیز قابل حل نظیر منیزیم و آلومینیوم را به عنوان آند، توسط یک دستگاه تولید جریان الکتریکی مستقیم به هم متصل می کنند. حفاظت کاتدی برای جلوگیری از خوردگی فلزاتی از قبیل فولاد، مس، سرب و برنج در زمین خاک و محلول های مختلف آبی به کار برده می شود. به کمک حفاظت کاتدی می توان از خوردگی حفره ای فلزات رویین از جمله فولادهای زنگ نزن نیز جلوگیری کرد. همچنین جهت تقلیل ترک های خوردگی تنشی در فلزاتی مثل برنج ها، فولادها، فولادهای زنگ نزن، منیزیم، آلومینیم و ... و نیز خوردگی خستگی در اغلب فلزات و خوردگی بین دانه ای در فلزاتی مانند فولادهای زنگ نزن آستنیتی و همچنین زدایش روی برنج ها، می توان از حفاظت کاتدی استفاده کرد. لازم به ذکر است که روش های آند فداشونده و جریان معکوس، به طور وسیعی برای حفاظت از سکوهای دور از ساحل، تجهیزات حفاری، خطوط لوله زیر آب، تاسیسات بندری مثل اسکله و بنادر و پل ها و نیز کشتی ها، استفاده می شود. در برخی کاربردهای دیگر نظیر سکوهای عظیم حفاری از ترکیب هر دو روش جریان معکوس و آندهای قربانی شونده استفاده می کنند.

تاریخچه حفاظت کاتدی

اولین بار دیوی هامفری (Davy Humphrey) در سال ۱۸۲۴ نتایج بررسی خود در آب دریا را این چنین بیان کرد : خوردگی فلز مس را می توان به کمک آهن یا روی که در تماس با آن قرار گرفته اند کاهش داد . این دانشمند پیشنهاد کرد که برای حفاظت از کشتی های انگلیسی با بدنه مسی، قطعاتی از آهن روی آن نصب شود طوری که نسبت سطح آهن به مس ۱ به ۱۰۰ باشد .پس از هامفری، ادموند دیوی (Edmund Davy)

دستگاه ها و وسایل شناور در آب دریا را با نصب قطعاتی از روی محافظت کاتدی نمود .البته استفاده از پوشش های روی از زمانهای قدیم (قبل از ۱۷۴۲میلادی) معمول بوده است

امروزه تکنولوژی حفاظت کاتدی کاملا تثبیت و در طول سالیان گذشته کاربرد آن برای جلوگیری از خوردگی فولاد سازه های دریایی، از شمع های فولادی اسکله گرفته تا فولادهای داخلی بتن مسلح و همچنین ترمیم دراز مدت سازه هایی که در اثر آلودگی به کلر دستخوش زنگ خوردگی شده اند، به خوبی تبیین شده است .

عوامل موثر در انتخاب روش حفاظت کاتدی:

کاتد کردن سازه با جایگزینی یک منبع تامین کننده الکترون انجام پذیر است که این منبع تامین کننده یک منبع الکتریکی و یا یک فلز فعال تر (آندتر) از سازه مدفون ما میباشد. بدیهی است استفاده از هریک از روشهای یاد شده مستلزم صرف هزینه های اقتصادی میباشد ولی با یک بررسی کارشناسی میتوان نتیجه گرفت که صرف هزینه های اولیه جهت پوشش دادن سازه و نصب سیستم حفاظت کاتدی نه تنها از خطرات جانبی در آینده جلوگیری میکند بلکه هزینه های مربوط به تعویض قطعات، تعمیرات و جبران خسارات و زیانهای وارده را کاهش داده و هزینه های لازم جهت نصب چنین سیستم هایی را از نظر اقتصادی توجیه پذیرتر میسازد. عوامل بسیاری در تعیین و انتخاب روش حفاظت کاتدی موثر میباشند که از آن جمله میتوان به :

۱-تعیین موقیت جغرافیایی محل کار، شامل طول و عرض جغرافیایی و شرایط اقلیمی محلی که سیستم باید در آنجا قرار گیرد.

۲- برآورد تمامی سطوح مغروق، خیس شده و یا مغروق در آب دریا، مربوط به سازه ای که باید از آن محافظت شود.

۳- مشخص کردن شکل قطعه، شامل طرح و ابعاد آن برای کسب اطمینان از توزیع مناسب آند بر روی آن.

۴- مشخص کردن طبیعت، نوع و گستردگی پوششی که روی قطعه به کار رفته است.

۵- تعیین جنس آند و نوع تجهیزات مورد نیاز بر حسب خواسته مشتری.

۶-کسانی که در رابطه با حفاظت کاتدی کار می کنند و همچنین ناظرین باید از تخصص کافی بر خوردار باشند.

۷-در خطوط لوله، ویژگی های ماده تشکیل دهنده لوله مانند قیر، ضخامت و اطلاعاتی در رابطه با الکتریسیته، پیوسته باید مشخص شود.

شرایط الکترولیت، امکان دسترسی به برق، امکان وجود بازرسی های آتی، شرایط سازه های مجاور، جریانهای سرگردان، نوع و کیفیت پوشش، مدت زمان طراحی سیستم، شرایط اقتصادی و . . . نیز ممکن است تاثیر گذار باشد.

علاوه بر آن شرایط اقتصادی یکی از مهمترین عوامل موثر در انتخاب سیستم می باشد که در نهایت باید یک حالت بهینه فنی ـ اقتصادی ایجاد شود. در اصل، طراحی یک سیستم حفاظت کاتدی زمانی موفقیت آمیز خواهد بود که تمامی شرایط فوق درآن مد نظر قرار گرفته باشد.

رفتار فلزات مدفون و غوطه ور در زمان استفاده از سیستم حفاظت کاتدی

هرگاه یک فلز در تماس با یک الکترولیت خورده شود، در این صورت با آزاد شدن الکترون، یون های مثبت به داخل الکترولیت منتقل میشوند. در این حالت الکترون های اضافی در فلز باقی می مانند. این فرایند در مورد آهن به صورت زیر بیان می شود:

$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2\,e^{-} \qquad (1)$$

خوردگی توسط انتقال جریان الکترون از فلز به الکترولیت صورت میگیرد که به دنبال آن یونهای مثبت به سمت الکترولیت و الکترون ها به سمت فلز حرکت میکنند. اکثر اوقات یونهای فلزی با یونهای منفی داخل الکترولیت واکنش داده و محصولات خوردگی تشکیل شوند (برای مثال زنگ آهن در فولاد). زمانیکه محصولات ناشی از خوردگی، مقاوم در برابر تهاجمات خوردگی باشند. در نهایت بایستی از نظر بار الکتریکی یک تعادل برقرار شود. جهت متعادل شدن واکنش از نظر بار الکتریکی، باید یک جریان از محلول (الکترولیت) به سمت فلز حرکت کند و الکترون ها در محیط دیگری که منطقه کاتدی نامیده میشود، مصرف میشوند. میزان انتقال جریان در این واکنشها سرعت خوردگی را تعیین مینماید.میزان اختلاف پتانسیل بین سطح فلزات و الکترولیت آنها با توجه به دانسیته جریان و جهت انتقال جریان تغییر میکند. این تغییرات را پلاریزاسیون می نامند. اختلاف پتانسیل فوق بستگی به نوع واکنش های شیمیایی در سطح فلز دارد. پتانسیل فصل مشترک فلز ـ الکترولیت را میتوان با استفاده ار الکترود مرجع اندازه گیری نمود. میزان اختلاف پتانسیل اندازه گیری شده نه تنها بستگی به نوع فلز و الکترولیت دارد بلکه نوع الکترود مرجع نیز در آن تاثیر گذار میباشد.

اصول کلی حفاظت کاتدی

لازمه انجام واکنشهای مربوط به خوردگی وجود مناطق آندی و کاتدی میباشد. اگر الکترون های سازه از یک منبع خارجی تامین شوند، میزان حرکت یونهای مثبت از سطح فلز کاهش و سرعت واکنش کاتدی افزایش می یابد. اگر پتانسیل فلز با اعمال الکترونهای خارجی از مقدار **Ecorr** (پتانسیل خوردگی فلز در حالت طبیعی) به مقدار **Ep** (پتانسیل حفاظتی فلز پس از اعمال حفاظت کاتدی) کاهش یابد (این مقادیر در نمودارهای مربوط به پلاریزاسیون فولاد موجود است)، در نتیجه جریان آندی و یورش خوردگی متوقف شده و حفاظت کاتدی حاصل میگردد. جریان کاتدی (IP) توسط یک منبع خارجی تامین میگردد، که این منبع خارجی یا یک آند فلزی (روش آندهای فدا شونده) و یا یک منبع ولتاژ برق **DC** (روش اعمال جریان) میباشد.

معیارهای حفاظت کاتدی

اکثر فلزات در برابر خوردگی با اعمال جریان حفاظت می شوند، بطوریکه پتانسیل آنها در پتانسیل منفی تر از پتانسیل سازه نسبت به محیط قرار گیرد. جریان مستقیم از طریق آندهای فداشونده و یا سیستم اعمال جریان فراهم میشود. تعیین و اندازه گیری پتانسیل تحت حفاظت نسبت به محیط اطرافش میتواند نمایانگر درجه و میزان حفاظت آن سازه باشد. از استاندارد **NACE - RPO169-83** به عنوان معیار سیستم حفاظت کاتدی سازه های غوطه ور یا مدفون استفاده می شود. در خیلی از شرایط میتوان خوردگی را در مقادیر کمتر نیز حفاظت کاتدی نمود. این معیار در استاندارد**NACE - RPO169-83** تحت عنوان " کنترل خوردگی خارجی سیستم های خطوط لوله فلزی غوطه ور یا مدفون" بیان شده است. پتانسیل **850 mv–** برای اولین بار توسط **R.J.Kuhn** در سال **۱۹۳۳** بیان شده و جهت حفاظت کاتدی سازه های فولادی غوطه ور و یا مدفون پذیرفته شد. معیار پتانسیل حفاظت کاتدی عبارتست از اندازه گیری پتانسیل خط لوله – خاک که این اختلاف پتانسیل توسط الکترود مرجع مس ـ سولفات مس اندازه گیری میشود. در انتخاب معیار حفاظت کاتدی باید مسائل مربوط به هزینه های بالای تعمیرات و حفظ سرمایه های ملی در نظر گرفته شود که در نهایت به شرایط محیطی، پوشش سازه و در دسترس بودن نیروی برق بستگی دارد. عدم تغییر در اصل طراحی نیز اشاره بر این امر دارد که حفاظت کاتدی برای سازه های حفاظت شده، به راحتی انجام شده است.

مدار یک سیستم حفاظت کاتدی

بدیهی است برای داشتن یک سیستم حفاظت کاتدی بایستی مدار الکتریکی آن کامل باشد برای این منظور لازمست تا اجزا تشکیل دهنده این مدار شناخته و مورد ارزیابی قرار گیرند. بطور کلی این اجزا عبارتند از:

a. کاتد: سازه و تاسیسات فلزی مدفون و یا غوطه ور در یک الکترولیت که بایستی با استفاده از روش حفاظت کاتدی از خوردگی شیمیایی آنها جلوگیری به عمل آید، کاتد نامیده میشود. در واقع این سازه فلزی قبل از نصب چنین سیستمی آند بوده و در حال از دست دادن الکترون و خورده شدن بوده است، که با اعمال سیستم حفاظت کاتدی و قرار گرفتن در مدار این سیستم از آند به کاتد تبدیل شده و در نتیجه خوردگی آن متوقف می شود.

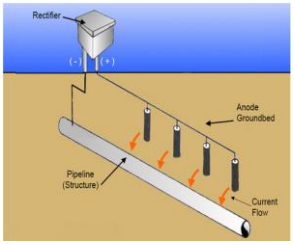
b. آند: عنصر و یا آلیاژی که در آن واکنش آندی رخ داده و به مرور زمان و بر اساس مقدار جریان اعمالی از وزن و حجم آن کاسته میگردد آند نامیده میشود. جنس و آلیاژ این آندها، بسته به نوع روش سیستم حفاظت کاتدی و محیط اطراف متغیر است.

c. الکترولیت: محیطی که در آن تبادل الکترون و واکنش یونی اتفاق میافتد و معمولاً از جنس خاک و یا آب میباشد الکترولیت نامیده میشود.

d. اتصالات الکتریکی: جهت تکمیل مدار الکتریکی یک سیستم حفاظت کاتدی و انتقال الکترونها، از کابلهای مسی استفاده میشود که ایجاد اتصال آنها در باند باکسهای مربوطه انجام می پذیرد.

e. منبع تغذیه : جهت تامین الکترون مورد نیاز و اعمال اختلاف پتانسیل لازم بین کاتد و الکترولیت (در روش اعمال جریان) از یک منبع تغذیه DC استفاده می شود. این منبع تغذیه، جریان مستقیم مورد نیاز جهت حفاظت سازه را تأمین می کند.

شکل (۱) نمایی از شماتیک یک سیستم حفاظت کاتدی



انواع روشهای سیستم حفاظت کاتدی (کاتودیک یا کاتدیک)

با توجه به نوع آند بکار رفته و نحوه عملکرد، سیستم به دو روش عمده تقسیم بندی میشود:

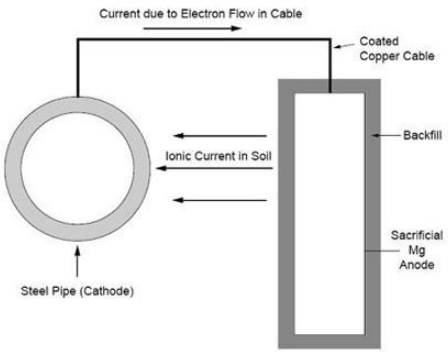
- روش آند فداشونده (Sacrificial Anodes)
- روش اعمال جریان (Impressed Current)

حال به تشریح هریک از روشهای فوق می پردازیم:

۱-سیستم حفاظت کاتدی به روش آندهای فدا شونده

آندهای فدا شونده شامل آلیاژهایی از منیزیم، روی و آلومینیوم میباشند. این آندها در خاک یا در آب به صورت ساده و یا همراه با یک پشت بند مخصوص نصب میشوند.

شکل ۲ مدار یک آند فداشونده



از این روش جهت حفاظت کاتدی سازه های که به جریان کمی نیاز داشته و یا در خاکی با مقاومت الکتریکی پائین مستقر میباشد، استفاده میگردد. میتوان از این نوع آندها به صورت نواری شکل که در تمام طول مسیر خط لوله

نصب میشوند نیز جهت جلوگیری از خوردگی استفاده کرد. طبق استانداردهای موجود از آندهای فداشونده در موارد زیر میتوان استفاده نمود:

a. خطوط لوله با پوشش خوب که نیاز به جریان حفاظتی خیلی کمی دارند.
b. خطوط لوله کوتاه با پوشش خوب
c. فراهم نمودن حفاظت موقتی قسمتی از خط لوله مدفون که در شرایط خوردگی موضعی قرار دارد. مانند منطقه عبور خط لوله از عرض رودخانه .
d. جهت حفاظت کف مخازن رو زمینی که دارای سطح وسیعی نباشند.

انواع آندهای مورد مصرف در روش فدا شونده عبارتند از:

۱. آندهای روی
۲. آندهای منیزیم
۳. آندهای آلومینیوم

با توجه به الکترولیت موجود در یک منطقه نوع آند مصرفی برای محیط متفاوت است و این تفاوت ناشی از شرایط ویژه الکترولیت از جمله مقاومت ویژه، **PH**، رطوبت و همچنین خواص و قابلیتهای هر یک از آندهای یاد شده میباشد. به عنوان نمونه آندهای فداشونده با توجه به الکترولیت و مقدار مقاومت آن به صورت زیر دسته بندی میشوند:

الف -آندهای مصرفی در آب:

مقاومت الکتریکی آب(Ohm-Cm)	نوع آند مصرفی
کمتر از ۱۵۰	آلومینیوم
کمتر از ۵۰۰	روی
بیشتر از ۵۰۰	منیزیم

ب -آندهای مصرفی در خاک:

مقاومت الکتریکی آب(Ohm-Cm)	نوع آند مصرفی
کمتر از ۱۵۰۰	روی
کمتر از ۵۰۰۰	منیزیم (استاندارد)
کمتر از ۶۰۰۰	منیزیم (پتانسیل بالا)

۲- سیستم حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان

یک سیستم اعمال جریان باید شامل یک یا چند ایستگاه به عنوان منبع جریان **DC**، بستر آندی و کابل هادی جریان باشد. موقعیت این ایستگاه ها در طول خط لوله بستگی به امکان دسترسی به نیروی برق متناوب و میزان کاهش پتانسیل دارد. کاهش میزان حفاظت یک خط لوله از محل نصب سیستم حفاظت کاتدی نیز بستگی به مقاومت طولی خط لوله و هدایت پوشش لوله دارد.

معیار احداث و انتخاب محل بسترهای مذکور بایستی پس از بررسی نتایج مربوط به بازرسی و کنترل محیطی صورت پذیرد. حداقل فاصله بستر آندی از خط لوله مدفون یا سازه های مجاور بستگی به مقدار جریان مورد نیاز سیستم داشته و با افزایش مقدار جریان این فاصله نیز افزایش خواهد یافت.

معیار این فاصله عبارتست از : **۵۰** متر برای **۳۰** آمپر، **۱۰۰**متر برای **۵۰** آمپر، **۲۰۰** متر برای **۱۰۰** آمپر و **۳۰۰** متر برای **۱۵۰** آمپر میباشد.تمامی کابلهای مربوط به خروجی از قطب مثبت رکتیفایر به بسترهای آندی باید پیوسته بوده و حداکثر **۱۵۰** متر طول داشته باشند.سیستم حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان بهتر است در خارج از محلی که خطر انفجار و آتش سوزی دارد طراحی و نصب گردد.به عبارت دیگر استفاده از ترانسفورمر ـ رکتیفایر، جعبه های اتصال ، جعبه های اندازه گیری اختلاف پتانسیل بایستی از نوع ضد انفجار طراحی و مورد استفاده قرارگیرد.

آندهای مورد مصرف در روش اعمال جریان:

- ☐ آند چدن پر سیلیس (سیلیکون)
- ☐ آند آلیاژ دور یکلر
- ☐ آند چدن پر سیلیس کروم دار
- ☐ آند پلاتینیوم
- ☐ آند چدن پرسیلیس مولیبدن دار

عمده ترین آندی که در روش اعمال جریان مورد استفاده دارد آند چدن پرسیلیس میباشد، این نوع آندها در پشت بندهای کربنی کارآیی آندهای گرافیتی را داشته و در خاکهایی با مقاومت ویژه کم نسبت به آندهای گرافیتی ارجحیت دارند. همچنین امکان استفاده از این آندها در دانسیته جریان های بالا وجود دارد. عناصر تشکیل دهنده این نوع آلیاژ عبارتند از: : $0.95\%C,\ 14.4\%Si\ ,\ 0.7\%Mn$ و مابقی **Fe** .

کارآیی یک آند با نحوه نصب آن دارای رابطه مستقیم می باشد، به قسمی که یک عایق بندی ضعیف در محل اتصال به واسطه خوردگی حفره ای به مقدار قابل توجهی از کار آیی آند می کاهد. عمر مفید آندهای مذکور معمولاً تا زمانی در نظر گرفته میشوند که قطر آنها در حدود **۳۳٪** کاهش یابد که البته این مقدار بستگی به قطر

اولیه و میزان خوردگی حفره ای و همچنین تنشهای مکانیکی دارد. بنابراین دو برابر کردن سطح مقطع آند عمر مفید را بیش از دو برابر افزایش خواهد داد.این نوع آلیاژ دارای مقاومت بسیار بالایی در بسیاری از محیطهای خورنده میباشد. استثنا قابل توجه در این مورد اسید فلوریدریک است، در حقیقت این چدنها مقاومترین فلزات و آلیاژهای تجارتی (غیر گرانبها) میباشند.

مشخصات برخی از آندهای مورد مصرف در سیستمهای حفاظت کاتدی به روش اعمال جریان در جدول ۱-۱ آورده شده است.

Materials	Density (g/m^3)	Maximum operation current density (A/m^2)	Consumption rate(mass/A.year)	Utilization Factor%
Steel	7.85	5	9 Kg	30 – 50
Impregnated Graphite	1.1	10	0.5 Kg	50
High-Silicon Iron	7	50	0.2 – 1 Kg	50 – 90
Carbonaceous Backfill	0.7 - 1.1	5	1 – 2 Kg	50
Magnetite	5.8	100	10 mg	90
Lead Alloy	11.3	300	25 g	80
Platinum on Titanium or Tantalum	21.5	1000	10 mg	90

جدول ۱-۱- مشخصات انواع آندهای مورد مصرف در روش اعمال جریان

انواع بسترهای آندی

معمولاً با توجه به اطلاعات بدست آمده از منطقه و اطلاعات حاصل از اندازه گیری مقاومت خاک و همچنین تجمع و محل استقرار دیگر تاسیسات، ساختمانها و سازه ها ، نوع و تعداد بستر انتخاب و در بخش طراحی با توجه به آن اقدامات لازم جهت انجام محاسبات صورت میگیرد.

با توجه به شکل فیزیکی و نوع پشت بند مصرفی، بستر های آندی به دو دسته عمده بسترهای آندی سطحی و بسترهای آندی عمیق تقسیم میشوند:

۱ -بستـرهای آندی سطحـی

این نوع بسترها که عمق بستر بندرت به بیش از ۵ متر میرسد، خود به دو دسته عمده زیر تقسیم میشوند:

الف -بستـر آندی افقـی

در این نوع بسترها، آندهای مورد مصرف به شکل افقی و در کانالی به عرض ٦۰ سانتی متر و به عمق ۲ الی ۳ متر و به فاصله مرکز به مرکز ۳ الی ۸ متر از یکدیگر قرار میگیرند.

پشت بند این نوع بسترها کک میباشد که بایستی به ضخامت ۱۵ سانتی متر زیر و روی آندها را بپوشاند به عبارت دیگر استوانه ای به قطر ۳۰ سانتی متر (یک فوت) و به طول بستر آندی از کک کوبیده شده داشته باشیم که آندها در مرکز آن قرار گرفته اند. در این نوع بسترها جهت انتقال گازهای حاصل از واکنشهای شیمیایی به سطح زمین از لوله های ونت به قطر ٤ الی ۸ اینچ و از جنس آزبست استفاده میشود. این نوع بستر بدلیل صرفه اقتصادی در حفاری و آماده سازی بستر و استقرار آندها بیشتر از بسترهای دیگر مورد استفاده قرار میگیرند. ولی بدلیل آنکه در این بسترها با تعداد آند زیاد به حفاری در طول زیادتری نیازمی باشد .

ب - بستـر آندی عمـودی

در این نوع بسترها که بیشتر در شبکه های توزیع گاز طبیعی، نفت، آب، مخازن ذخیره سازی و ... استفاده میشود.آندها به صورت عمودی و در کانالهایی به قطر ۳۰ الی ۵۰ سانتی متر و به عمق حدود ۳ متر و به فاصله مرکز به مرکز ۳ الی ۱۰ متر از یکدیگر قرار می گیرند که پشت بند ککی آندها بایستی به قطر حداقل ۳۰ سانتی متر دور تا دور آندها را پرکند . در این نوع بسترها نیز از لوله های ونت جهت تسهیل درخروج گازهای حاصل از واکنشهای شیمیایی استفاده به عمل می آید .

۲ -بستـرهای آندی عمیـق

از بسترهای آندی عمیق در مناطقی که طبقات بالایی خاک مقاومت مخصوص بالایی داشته و یا امکان ایجاد بسترهای آندی افقی و عمودی غیر ممکن باشد و همچنین در مواقعی که تجمع سازه های مدفون را داشته باشیم، استفاده به عمل می آید. این نوع بسترها عبارتند از:

الف -بستر آندی چاهی خشک

در این نوع بسترها آندها به صورت عمودی و در یک راستا در کانالی به قطر ۳۰ الی ۵۰ سانتی متر و به عمقی که بستگی به تعداد آندها دارد قرار میگرند . در این نوع بستر پشت بندآندها ککک می باشد و لوله ولت مصرفی از جنس فولاد گالوانیزه می باشد. عمق این نوع بستر بستگی به تعداد آندهای مصرفی دارد ، به عبارت دیگر با توجه به اینکه فاصله مرکز به مرکز آندها عموما" ۳ متر می باشد و اولین آند تا سطح زمین بایستی حداقل ۱/۵ متر و آخرین آند تا انتهای بستر حداقل ۰/۵ متر فاصله داشته باشد ، لذا می توان در محاسبات عمق بستر را بدست آورد .

ب - بستر آندی چاهیِ تر

این نوع بستر مشابهت زیادی با بستر آندی چاهی خشک دارد در این نوع بستر آندها به وسیله طناب مخصوص و با استفاده از قرقره در مرکز چاه قرار می گیرند.کابل آندها مانند بستر چاهی خشک بوسیله دو راهی اتصال کابل به کابل بستر متصل شده و از هر آند یک کابل به باند باکس مثبت اتصال پیدا می کند. از این نوع بسترها بدلیل هزینه بالای حفاری و نصب آندها در مواقع خاصی استفاده می گردد.

اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی یک سیستم حفاظت کاتدیک خوب

این اطلاعات به دو دسته عمده تقسیم بندی میشوند:

- اطلاعات مربوط سایت (منطقه)
- اطلاعات مربوط به سازه

۱ -اطلاعات مربوط سایت (منطقه)

ضرورت انجام عملیات بررسی میدانی Field Survey جهت بدست آوردن اطلاعات مربوط به سایت با توجه به استاندارد که قبل از انجام طراحی بایستی از سایت جمع آوری گردد را به ۹ مورد تقسیم مینماید که در اینجا به یک مورد اصلی اشاره میگردد:

آزمایش مقاومت الکتریکی خاک

با توجه به استاندارد اشاره شده یکی از اطلاعات ضروری جهت طراحی سیستم حفاظت کاتدی دانستن مقاومت مخصوص خاک به عنوان الکترولیت اصلی می باشد که خط لوله در آن قرار دارد. چندین روش جهت اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک وجود دارد که یکی از بهترین و دقیقترین روشها، اندازه گیری به روش چهار میله ای ونر می باشد. در این روش از یک دستگاه ویبروگراند و چهار میله فولادی استفاده می شود. در زیر مراحل اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک به این روش تشریح شده است:

۱- کوبیدن ۴ الکترود در یک امتداد و فواصل مساوی ۱، ۲ و ۳ متری از یکدیگر

۲- در این روش جریان از طریق الکترودهای خارجی به زمین تزریق می شود و افت ولتاژ بین دو الکترود میانی اندازه گیری شده و حاصل تقسیم این افت ولتاژ بر جریان تزریق شده بطور مستقیم برحسب اهم در روی دستگاه نشان داده خواهد شد.

۳- جریان تزریق شده به الکترودهای بیرونی که توسط دستگاه ارت سنج وارد می شود باید متناوب باشد. (نام دیگر این دستگاه ویبروگراند است و وجه تسمیه آن تزریق ولتاژ متناوب به زمین است).

۴- پس از کوبیدن الکترودها و اتصال سیمها ، محدوده های دستگاه را تغییر داده ،اگر عقربه صفحه مدرج روی صفر نباشد دوباره محدوده ها را تغییر می دهیم و این کار را آنقدر ادامه می دهیم تا با فشار دادن شستی، عقربه دقیقاً روی صفر صفحه مدرج قرار گیرد ، عددی بدست می آید و کار را برای فواصل دیگر ادامه می دهیم.

۵- فرکانس جریان متناوب تزریقی که دستگاه ویبروگراند به زمین می فرستد مقدار زیادی است به طوریکه فرکانس های اطراف ۵۰ تا ۶۰ هرتز منابع خارجی و یا القا شده از خطوط برق فشار قوی هوائی یا کابلی روی اندازه گیری مقاومت تاثیری نگذارند.

۶- پس از استقرار دستگاه و ایجاد اتصالات مربوطه توسط سیمها و الکترودها و قرائت عدد R از دستگاه بایستی مقدار عددی ρ (مقاومت الکتریکی خاک) با استفاده از رابطه مخصوص که در زیر به آن اشاره شده است، محاسبه گردد:

$$P = 2.p.R.a$$

که پارامتر های آن بشرح ذیل است:

P = مقاومت مخصوص خاک بر حسب اهم-سانتیمتر و یا اهم-متر

= 2pعدد ثابت

= Rعدد قرائت شده از دستگاه بر حسب اهم

= aفاصله پین های اندازه گیری از یکدیگر بر حسب سانتیمتر و یا متر

انجام این آزمایش را جهت روشن شدن دو موضوع اصلی زیر ضروری دانسته است :

الف) وضعیت خورنده بودن خاک

ب) جهت انتخاب و تصمیم گیری در مورد نوع سیستم حفاظت کاتدی قابل نصب

تعداد و موقعیت های نقاطی که مقاومت خاک آنها باید اندازه گیری شود، به شرایط محیطی و نوع جنس خاک بستگی دارد. ولی ملاحظات اقتصادی و عملی تعداد آزمایشات را به مقدار مورد نیاز محدود میکند.

۲-اطلاعات مربوط به سازه

اطلاعات مربوط به سازه که بایستی توسط طراح پایپینگ، ایستگاه پمپاژ، برج خنک کن، شیرآلات و.... در اختیار طراح سیستم حفاظت کاتدی قرار گیرد عبارتند از:

- محل تغییر وضعیت لوله ها از مدفون به روکار
- سایز و مشخصات شیرآلات
- فشار کارکرد و کلاس شیرآلات و دیگر فیتینگها
- نحوه استقرار کلیه خطوط لوله مانند لوله های گاز، آتش نشانی، آب خنک کن، سوختهای مایع و تعیین محل تقاطع هریک

نتیجه گیری :

با توجه به توسعه و فناوری های روز افزون،می توان نتیجه گرفت که شرکت های مرتبط، با هزینه نه چندان زیاد می تواند تجهیزات در معرض خوردگی را با استفاده از روش حفاظت کاتدی،محافظت نمایند. بهتر است آگاه باشیم و بگوییم که پیشگیری بهتر و کم هزینه تر از درمان می باشد.

منابع:

[1]. آقاجانی،عباس؛ ساعتچی احمد،"جلوگیری از خوردگی فلزات توسط حفاظت کاتدی به روش آند فدا شونده "،انتشارات ارکان دانش،۱۳۸۲

[2]. هاشمی مجد،سیدعلی،"حفاظت کاتدیک لوله های فولادی: شامل مبانی، تبیین خوردگی و راههای مقابله با آن، روشهای طراحی و محاسبه و اجرا، روش نگهداری از ایستگاههای ..."،انتشارات سخن گستر ،۱۳۸۶

[3]. معطوفی،فتح الله؛"استانداردهای پایه در خوردگی مس و آلومینیم و آلیاژهای آن"،انتشارات فدک ایساتیس،۱۳۸۵

[4]. مفیدی،جمشید؛ "اصول خوردگی و حفاظت فلزات" ،انتشارات دانشگاه تهران،۱۳۸۳

[5] .بهزاد آهنگری مرجع کامل شناسایی و مقابله با پدیده خوردگی در خطوط لوله فولادی انتقال و شبکه های توزیع

[6].سایت های اینترنتی مرتبط

Abstract

Today, chemical corrosion of metals such basic problems and cost instrument industries, especially oil, gas, petrochemical, and is .... Transmission and distribution pipes and water, fuel, ships, power transmission towers, fuel storage tanks and other buried structures (or immersed) in an electrolyte according to the conditions and according to their metallurgical structure, and then eaten Work while an active system and disrupt the process and lead to losses and losses are unpredictable Since the coatings have no performance are not 100%, so having a complementary system for corrosion protection of buried structures, it seems necessary . Complementary methods mentioned in this article is cathodic protection system in this way to the cathode structures are being eaten (which was previously the anode) can be prevented from corrosion.

Keywords: corrosion, cathodic protection, sacrificial anodes, metal, potential difference