

بررسی سیستمهای تحت حفاظت کاتدیک  
نیروگاه طوس و تدوین روش اصلاح و ترمیم آن

جواد حاجی زاده صفار  
شرکت مدیریت تولید برق طوس

واژه های کلیدی: نیروگاه - حفاظت کاتدیک - خوردگی - لوله های زیرزمینی

چکیده:

خوردگی از مهمترین مشکلاتی است که صنایع بزرگ منجمله نیروگاهها با آن روبرو هستند که مقابله با آن هزینه زیادی را به خود اختصاص می دهد. سیستم حفاظت کاتدیک جهت جلوگیری از خوردگی و یا محدود نمودن آن به عنوان راه حل اساسی در اکثر سازه های زیرزمینی بکار می رود. در نیروگاه طوس بیش از ۶۲۰۰ متر لوله زیرزمینی متشکل از پنج سیستم مختلف تحت حفاظت کاتدیک قرار دارد که علیرغم سرمایه گذاریهای اولیه بدلائلی بتدریج کارایی خود را از دست داده و سیستم حفاظتی را مختل کرده بود.

پس از پی بردن به اهمیت موضوع با جمع آوری اطلاعات و سوابق از سیستم، مراجعه به استانداردها و منابع معتبر، استفاده از تجارب سایر نیروگاهها و صنایع نفت و گاز و همچنین نظرات افراد متخصص و با اندازه گیریها و آزمایشات روی سیستم پی به نقائص سیستم برده و نتایج

مطلوبی بدست آمد.

در این مقاله ضمن بیان سابقه و اهمیت پروژه، نتایج مطالعات، روشها و بررسیهایی را که جهت شناسایی عیوب سیستم انجام گرفته و همچنین مانورها و اقدامات عملی را که جهت تشخیص و رفع خطا در طول اجرای پروژه انجام شده را مطرح نموده و با نتیجه گیری، علل نقائص و اقدامات لازم جهت بهبود سیستم عنوان شده است.

مقدمه:

امروزه بخش مهمی از تاسیسات صنایع را خطوط لوله زیرزمینی تشکیل داده، که حفظ و نگهداری آنها از اهمیت خاصی برخوردار است و روش حفاظت کاتدیک از جمله روشهایی است که برای جلوگیری از خوردگی اعمال می شود.

در نیروگاه طوس بر همین اساس اکثر لوله های مدفون شده شامل خطوط اصلی گاز (GAS) - برج خنک کن

پلاریزاسیون موسوم است. این لایه پلاریزاسیون در کنترل مقدار جریان خوردگی نقش اساسی دارد و به عنوان لایه عایق عمل می‌کند و چنانچه پتانسیل این ناحیه با اختلاف ولتاژ بین آند و کاتد برابر شود جریان خوردگی به سمت صفر میل می‌کند.

در پتانسیل سنجی لوله‌ها بایستی افت پتانسیل (IR DROP) را که ناشی از عبور جریان از مقاومت بین لوله و زمین است از بین ببریم تا پتانسیل مربوط به لایه پلاریزاسیون بدست آید. این کار با استفاده از یک کنتاكت نوسان کننده امکان پذیر است. [12]

اصول حفاظت کاتدیک:

حفاظت کاتدیک عبارت است از کاهش یا از بین بردن خوردگی با منفی نمودن فلز تحت حفاظت با استفاده از اعمال یک جریان مستقیم (Impressed Current) و یا مصرف نمودن یک آند از فلزاتی نظیر منیزیم، آلومینیوم و یا روی (Sacrificial Anode). بنا به تعریف کاتد الکترودی است که در آنجا خوردگی کاهش می‌یابد و یا هیچگونه خوردگی بوقوع نمی‌پیوندد.

عوامل مختلفی نظیر وجود فلزات غیرهم‌جنس، شرایط مختلف خاک، اختلاف غلظت هوا، لوله‌های تازه و کهنه تداخل سایر تاسیسات فلزی هم‌جوار و وجود جریانهای نامطلوب می‌تواند باعث ایجاد کاتد و آند در لوله های زیرزمینی شده و در نواحی آندی خوردگی شدیدی بوجود آید. کار سیستم حفاظت کاتدی رساندن جریان از یک منبع خارجی به تمام سطوح لوله است. هرگاه این جریان بر جریانهای آندی فائق آید گوئیم حفاظت به طور کامل اعمال می‌گردد و جریانهای خروجی از نقاط آندی لوله توسط جریان حفاظتی خنثی می‌گردد. بنابراین سیستم حفاظت کاتدی خوردگی را حذف نمی‌کند بلکه آنرا از تاسیسات مورد حفاظت به یک بستر طراحی شده (ground bed) هدایت می‌کند.

معیار حفاظت کاتدیک: [1]

چون جریان اعمالی بسته به شرایط متفاوت است سطح

(OVF) - سیستم درین (ORT) - سیستم آب آشامیدنی (OUA) و هیدروژن سازی (OUM) تحت سیستم حفاظت کاتدیک قرار دارد که فرسودگی و نقائص بوجود آمده در اثر بیش از ۱۵ سال کارکرد سیستم باعث شده سیستم کارائی دقیق خود را نداشته باشد که با اندازه گیریهای انجام شده نیاز به بررسی عمیق و جدی و به روز آوری آن ضروری تشخیص داده شد.

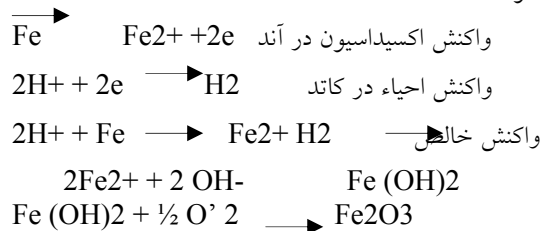
کاربردی بودن پروژه با تاکید بر اصول عملی هدف اصلی در انجام پروژه بوده است.

ایستگاه حفاظت کاتدیک - دو بستر آندی متشکل از ۴۰ آند Fe/Si با نصب افقی - بیش از ۶۲ کیلومتر لوله و تجهیزات تحت حفاظت و ۶۰ نقطه تست سیستم حفاظت کاتدیک نیروگاه طوس را تشکیل می‌دهد.

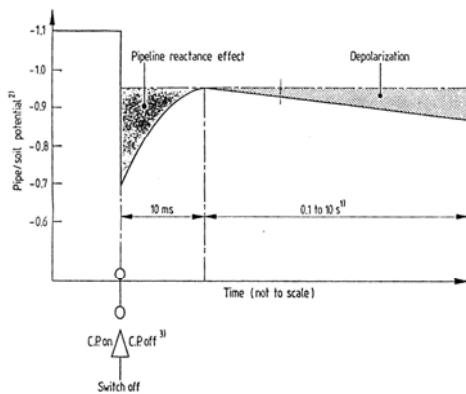
مفهوم خوردگی:

خوردگی یک پدیده الکتروشیمیایی است. وجود دو فلز غیر همجنس بعنوان آند و کاتد، اختلاف پتانسیل بین آن دو و وجود الکترولیت هادی بین آنها می‌تواند منجر به پدیده خوردگی شود. شرایط فوق باعث بوجود آمدن یک جریان الکترونی از طرف آند به سمت کاتد می‌شود.

در آند فلز با از دست دادن الکترون تولید یونهای آهن با بار مثبت خواهد کرد که با OH موجود در اطراف تولید ئیدروکسید دو ظرفیتی آهن به فرمول Fe(OH)2 خواهد نمود که با یک مرحله اکسید شدن بصورت Fe2O3 در خواهد آمد.



در ناحیه کاتدی تعدادی الکترون اضافی از طرف آند تامین شده است که این الکترونهای حاوی بار منفی با یونهای مثبت هیدروژن محیط تولید گاز H2 می‌نماید که به صورت لایه ای در اطراف کاتد در خواهد آمد که به قشر



شکل ۱- نحوه تغییرات پتانسیل با قطع و وصل جریان [2]

در نیروگاه طوس زمان قطع جریان ۳ ثانیه و وصل جریان ۱۲ ثانیه در نظر گرفته شده است. [9]

در طول اجرای مراحل مختلف پروژه بیش از ۴۰۰۰۰ اندازه گیری پتانسیل جهت تشخیص و رفع عیوب انجام شده است.

بررسی شدت جریان خطوط:

اگر پدیده خوردگی در یک خط لوله وجود داشته باشد، جذب شدت جریان در بعضی نقاط و تخلیه این جریان در نقاط دیگر مشاهده می شود. در این روش افت پتانسیل در طول مسیر انتخاب شده اندازه گیری شده و جهت جریان که از قطب مثبت به قطب منفی است تعیین می شود. با محاسبه مقاومت الکتریکی طول انتخاب شده و اندازه گیری افت پتانسیل می توان شدت جریان جاری شده را طبق قانون اهم تعیین کرد.

در نیروگاه طوس در بخشی از سیستم ORT و رینگ داخلی برجهای تراز این روش استفاده شده است.

$$I_{\max} = \frac{30 \times k \times D_u}{L}$$

L: طول واقعی لوله بر حسب متر

K: ضریبی که از جدول بدست آمده و به قطر نامی - قطر خارجی - ضخامت لوله و مقاومت لوله بستگی دارد.

Du: افت ولتاژ بین Von و Voff روی فاصله اندازه گیری شده.

I: جریان عبوری از لوله بر حسب میلی آمپر

پتانسیل لوله ها را بعد از عبور جریان به عنوان معیار در نظر می گیرند.

اختلاف پتانسیل ۰/۸۵ ولت که بین لوله و سطح زمین توسط الکتروود مرجع  $\text{cu/cuso}_4$  اندازه گیری می شود معیار حفاظت رضایت بخش می باشد. [2]

شیفت حداقل ولتاژ منفی به اندازه ۳۰۰ میلی ولت هنگام اعمال جریان کاتدی.

تغییر ۱۰۰ میلی ولت در حالی که دستگاه بصورت اتومات خاموش و روشن می شود.

استفاده از منحنی های پتانسیل بر حسب جریان روشهایی هستند که در برخی استانداردها به آن اشاره شده است.

بررسی پتانسیل خطوط:

اندازه گیری پتانسیل خطوط نسبت به محیط اطراف با استفاده از ولتمتر و نیم سل مس - سولفات مس انجام می شود و ایده کلی در مورد کیفیت خوردگی خط لوله بدست می آید.

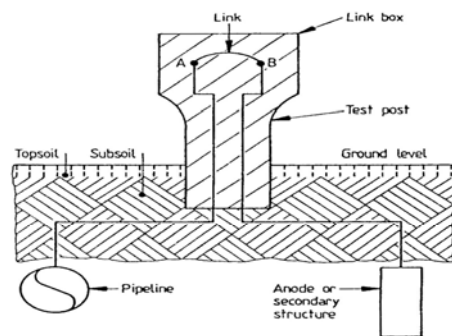
پتانسیل یک سطح حفاظت شده مجموع پتانسیل ناشی از پلاریزاسیون و افت RI می باشد که با قطع جریان، افت RI از بین رفته و پتانسیل ناشی از پلاریزاسیون شروع به کاهش می کند که این کاهش یا دی پلاریزاسیون بستگی به فاکتورهایی نظیر طبیعت خاک - پرپود زمانی قطع و وصل جریان دارد.

در زمان اندازه گیری، سیستم را در حالت اتومات قرار داده تا پتانسیل OFF که همان پتانسیل حفاظتی برای جلوگیری از خوردگی است بدست آوریم اما تاخیر زیاد در قطع جریان باعث از بین رفتن لایه پلاریزاسیون می شود.

از آنها جریانی معادل هر دو از منبع کشیده می‌شود.

در سطح سایت برای اندازه گیری جریان خطوط و جهت جریان از اتصالاتی که بین خطوط مختلف در نقاط تست قرار دارد و روشی که در استاندارد BS 7361 عنوان شده است استفاده شده است. [2]

شکل ۲- روش اندازه گیری صحیح جریان در مدارات با ولتاژ کم



Procedure  
 (a) Remove link between terminals A and B.  
 (b) Measure potential across AB with high impedance millivoltmeter ( $V_1$ ).  
 (c) Connect ammeter across AB and measure current ( $I$ ).  
 (d) Measure potential across AB with ammeter still connected ( $V_2$ ).  
 True current =  $\frac{IV_1}{V_1 - V_2}$

با اندازه گیری جریان در نقاط تست در محل اتصال لوله‌ها با یکدیگر چنانچه در جدول زیر آمده مشخص شد در محل اندازه گیری TP23 جریان بیش از حد نرمال است.

جدول ۲- اندازه گیری جریان در محل اتصال لوله‌ها

جدول ۱- محاسبه جریان لوله‌ها با استفاده از فرمول

مسیر	Von	Voff	Du	NB	K	L(m)	I(ma)	
۱/۱	۷/۱	۱	-۰/۶۵	-۰/۳۵v	۶۰۰	۲/۹	۳۲	۹۵۱
۷/۱	۶/۵	۱	-۰/۶۵	-۰/۳۵v	۵۰۰	۲/۸	۱۵	۱۹۸۸
۶/۶	۵/۱	۱/۵mv	۰/۹mv	۰/۶mv	۵۰۰	۲/۸	۲۰	۲/۵۵
۵/۱	۲/۱	۰	۰	۰	۶۰۰	۲/۹	۴۰	۰
۲/۱	۱/۱	۳mv	۱mv	۲mv	۱۰۰	-۰/۳	۲۵	-۰/۷۲
۱/۱	۶/۶	۱/۵mv	۱mv	-۰/۵mv	۵۰۰-۶۰۰	۲/۸	۳۸	۱/۱
۷/۱	۵/۱	۵mv	۲mv	۳mv	۵۰۰	۲/۸	۳۸	۶/۷۲

۷/۱ منظور ترمینال شماره ۱ از ایستگاه اندازه گیری ۷ \* می‌باشد.

در دو مسیر از خطوط فوق جریانه‌ها بیشتر از آنچه پیش بینی شده بدست آمد که احتمال وجود نقص در محدوده فوق‌الذکر را مشخص می‌کند.

اندازه گیری جریان:

اندازه گیری جریان هر خط از محل تابلوی تزریق جریان انجام می‌شود و با استفاده از تکنیک شنت (مقاومت موازی با آمپر متر) با اندازه گیری اختلاف پتانسیل روی مقاومتها جریان خط اندازه گیری می‌شود.

در هنگام تست خطوط مختلف جریان هر یک از خطوط بصورت زیر بدست آمد.

GAS	۰/۳۲ A
GAS + OUA	۰/۴۰ A
GAS + OUA + OUM	۰/۵۰ A
ORT:	۱۰ A
OVF:	۱۰ A
OVF + ORT:	۱۰ A

نتایج بدست آمده نشان دهنده این است که خطوط ORT و OVF با یکدیگر ارتباط داشته که با وصل هر یک

لوله‌ها در آن نقاط بیشتر است را به آزمایشگاه برده که PH آن ۷/۴ تشخیص داده شد که چون شرایط بازی دارد کیفیت خاک مطلوب می‌باشد.

بررسی در محل و مشاهده نقایص از نزدیک: در بسیاری موارد لازم است نواحی خورده شده از نزدیک مشاهده شوند و بازدید چشمی معیار مناسبی برای ارزیابی کیفیت سایر قسمتهای خط لوله می‌باشد.

پس از تشخیص اینکه خطوط OVF و ORT جریان حفاظتی را در خود نگه نمی‌دارند و پس از حفاری در اطراف برج تر، نقائصی در آن محوطه مشاهده گردید. پوشش نداشتن قسمتهایی از تجهیزات یا از بین رفتن پوشش ضعیف آنها باعث ارتباط مستقیم والوها با زمین و در نتیجه افزایش جریان حفاظتی شده بود.

تماس سیستم ارت نیروگاه با لوله های حفاظت شده، پر شدن بعضی از منهلها از آب و ارتباط فلنج های ایزوله، کنده شدن تعدادی از کابلهای اندازه گیری، و قطع کابل حفاظت کاتدیک توربین گاز از جمله عیوبی است که در سطح سایت مشاهده شدند.

تست خطوط مختلف حفاظت شده بطور جداگانه جهت تشخیص نقائص مربوط به هر خط و میزان جریان و پتانسیل خطوط و برای جلوگیری از تاثیر متقابل خطوط روی یکدیگر هر کدام از خطوط مختلف را بطور جداگانه تحت تست قرار دادیم. ابتدا ارتباط خطوط با یکدیگر قطع شده و ولتاژ جریان و پتانسیل تمام نقاط برای هر خط بطور مجزا اندازه گیری و مشخص شد. جهت رسیدن به شرایط پایدار بعد از ۴۸ ساعت پس از انجام مانور، شروع به اندازه گیری انجام می‌شد.

بررسی پوشش لوله ها:

در نیروگاه طوس از دو پوشش Produtex و الیاف شیشه ای اشباع به قیر fiber glass bitumen استفاده شده که با تست پوشش لوله‌ها مشخص شد از عایق خوبی برخوردار است ولی در برخی از قسمتهای والوها که

مقدار فعلی	مقدار قبلی	ترمینال	ایستگاه
۱۷۵ میلی آمپر	۱۵۰ میلی آمپر	۱ ۵	۲۰
۲۲/۵ آمپر	۳۱۵ میلی آمپر	۱ ۵	۲۳
۱۶۸ میلی آمپر	۴۱۵ میلی آمپر	۱ ۵	۲۴
۳۰۰ میلی آمپر	۲۳۵ میلی آمپر	۱ ۳	۵۳
۱۴ میلی آمپر	۵۰۰ میلی آمپر	۹ ۸	۳۳
۱۵ میلی آمپر	۱۱۵ میلی آمپر	۹ ۱۰	۳۳

در نتیجه تانک درین بویلر واحد ۳ را در ایستگاه شماره ۲۳ از سیستم جدا کردیم جریان بقیه خط بحالت نرمال برگشته و پتانسیلها اصلاح شدند.

اندازه گیری ضریب مقاومت الکتریکی خاک:

در اندازه گیری که با روش ۴ میله ای و نر انجام شد مقاومت الکتریکی خاک در نیروگاه طوس ۳۰۰ اهم متر بدست آمد که در مقایسه با زمان راه اندازی نیروگاه تفاوتی را نشان نمی دهد.

تعیین کیفیت شیمیایی خاک:

بر اثر شدت جریان حفاظت کاتدی خاک اطراف لوله های زیرزمینی شرایط بازی پیدا می‌کند که در بررسی خوردگی PH خاک نواحی مشکوک اندازه گیری می‌شود. چنانچه محیط اسیدی باشد خوردگی در آن محیط بیشتر است.

در نیروگاه طوس برای بدست آمدن PH خاک، نمونه ای از خاکهای مشکوک در اطراف برج تر را که خوردگی

۳. سرویس فلنچ نمونه دو خط 65 ORT و مشاهده اثرات مطلوب این سرویس
۴. بیرون آوردن دو ایستگاه اندازه گیری از زیر خاک که در جریان عملیات ساختمانی مدفون شده بود.
۵. حفاری و خاکبرداری در نقاط مختلف جهت دسترسی به نقاط آسیب دیده در ۹ منطقه
۶. پتانسیل سنجی بیش از ۴۰۰۰۰ مرتبه در سطح سایت و تجزیه و تحلیل اندازه گیریهای انجام شده
۷. تست کابلها و جداسازی تغذیه هر رینگ بطور مجزا جهت محدود نمودن محل نقص
۸. تنظیم جریانهای خروجی از تابلوی حفاظت کاتدیک برای هر مسیر با تنظیم مقاومت آنها
۹. برطرف کردن ارتباط سیم ارت نیروگاه با رینگ داخلی سیستم برج تر و تغییر مسیر آن در چند نقطه
۱۰. تزریق جریان بیشتر به سیستم جهت تست و بدست آوردن میزان جریان حفاظتی لازم با استفاده از ترانسهای جوش آرگون
۱۱. اندازه گیری جریان خطوط از روی نقاط تست و مانورهای لازم جهت اصلاح سیستم
۱۲. تزریق جریان از نقاط مختلف به یک سیستم، اندازه گیری پتانسیل و جریان قسمتهای مختلف جهت تشخیص اینکه از کدام نقطه جریان بیشتر کشیده می شود.
۱۳. قطع تغذیه برخی از خطوط از رینگ داخلی آسیب دیده و وصل آنها به رینگ خارجی که نتیجه آن اصلاح پتانسیل خطوط VF 40 و VF 45 بود.
۱۴. تست پیرسون لوله های رینگ داخلی به جهت اطمینان از پوشش لوله ها توسط متخصصین حفاظت کاتدیک شرکت ملی گاز خراسان
۱۵. تغییر وایرینگ برخی از ایستگاه های اندازه گیری
۱۶. قطع ارتباط ۱۲ والو اطراف برج تر با زمین و ساخت اتاقک مخصوص برای آنها
۱۷. جایابی بستر آندی شماره ۲
۱۸. تعیین مسیر تغذیه لوله های هیدروژن سازی
۱۹. ایزوله نمودن سیمهای خط مربوط به توربین گاز

پیمانکار به یک پرایمر اکتفا کرده است به مرور زمان پرایمر از بین رفته و در همان مکانها خوردگی اتفاق افتاده است. هرگاه مقاومت الکتریکی پوشش در بدو امر خوب باشد ولی به مرور زمان از مقاومت آن کاسته شود ممکن است سیستم حفاظتی اولیه گرچه جواب می داده است دیگر جوابگو نباشد.

#### بررسی غلافهای محافظ casing

جهت حفاظت لوله در زیر جاده ها و خیابانها از غلاف یا لوله های محافظ استفاده می شود که معمولاً برای جلوگیری از تماس فلزی بین لوله و جدار بیرونی از spacer های عایق استفاده می شود. خرد شدن جدا کننده ها - راندن لوله از میان غلافی که کج شده باشد، اتصال سیمهای جعبه تست با یکدیگر یا باقی ماندن قطعات فلز در داخل جدار بیرونی و با ورود آب و تقطیرات از عیوبی هستند که می تواند باعث نقص سیستم حفاظت کاتدیک گردد.

در نیروگاه طوس ۱۴ غلاف محافظ خط لوله گاز مورد تست قرار گرفته که همگی از عایق خوبی برخوردارند ولی نظافت آنها در تعمیرات اساسی ضروری است.

#### وضعیت فلنچ های ایزوله:

نقاط حفاظت شده و حفاظت نشده سیستم توسط فلنچ های ایزوله از یکدیگر جدا می باشند که در پتانسیل سنجی، باید تفاوت زیادی با یکدیگر داشته باشند. در بررسی که از تک تک فلنچ های ایزوله انجام شد، برخی از آنها نتایج خوبی را بدست نمی دادند که در بخش نتایج به آنها اشاره شده است.

اقدامات اصلاحی انجام شده جهت تشخیص و رفع خطاهای سیستم:

۱. جایابی محل بستر آندی با استفاده از دستگاه cable locator
۲. تعیین مسیر تغذیه لوله ها و تهیه نقشه کامل از کل سیستم حفاظت کاتدیک

۲۰. خارج نمودن Boiler empty drain tank واحد ۳

پیشنهادات لازم جهت بهبود سیستم:

۱. کوتاه نمودن لوله های ارتباطی خط OVF 60 که با بالا آمدن آب چاله تماس پیدا می کند.
  ۲. رفع اتصال به زمین Boiler empty drain Tank واحد ۳ که با وصل آن ۲/۵ آمپر جریان از سیستم می کشد.
  ۳. ایزولاسیون مناسب خط OVF60Z014 با نصب دو عدد فلنج ایزوله
  ۴. تعویض کابل ارتباطی Tp36 که نتایج یکسانی را در هر مرحله نشان نمی دهد.
  ۵. رفع نشتی از لوله های زیر Tp50 که باعث مرطوب شدن آن شده است.
  ۶. رفع نقص در محل Tp15 مربوط به تانکهای کروی واحد ۳
  ۷. اصلاح و تعویض تعدادی از ترمینالهای زنگ زده و شکسته نقاط تست و شماره گذاری تعدادی از آنها
  ۸. نصب پمپ کف کش در خط VF کمپرسورخانه و کنترل سطح آب چاله آن
  ۹. نصب فن در تابلوی OGL60 جهت انتقال حرارت آن به بیرون
  ۱۰. ایجاد ونت مناسب بر روی آندها که باعث تجمع یونهای اکسیژن در اطراف آنها شده و کاهش جریان خروجی را به دنبال دارد.
  ۱۱. رفع نقص در رینگ داخلی VF که علیرغم برطرف شدن تعدادی از نقصهای آن هنوز از مدار خارج می باشد. که محدودتر نمودن عیب بوجود آمده به لحاظ ایجاد مشکل در امر بهره برداری و عدم دسترسی به لوله ها دیگر وجود ندارد. تقسیم رینگ به دو قسمت مستلزم از مدار خارج شدن چهار واحد نیروگاه خواهد بود که نه امکان پذیر و نه مقرون به صرفه می باشد.
- چنانچه اقدامات ذکر شده مربوط به این رینگ منجر به اصلاح آن و کسب نتایج مطلوب نشود تنها راه اصلاح آن حفاری و باز نمودن روی لوله ها، بازدید چشمی و

ایزولاسیون مناسب می باشد.

به علت پیچیدگی مسیر و چند سطح بودن لوله ها و سر و صدای محیط امکان استفاده از دستگاه DCVG جهت تشخیص عیب میسر نمی باشد.

تحلیل عیوب:

مواردی را که باعث نقص سیستم شده را می توان به دو علت عمده تقسیم نمود.

۱. اشکالات طراحی و نصب

- ۱،۱. در سیستم لوله های آب درین در سیستم برج خنک کن بجای Insulating joint از Insulating flange استفاده شده که کارائی کامل را ندارد.
  - ۱،۲. در لوله های انشعابی سیستم OVF فلنج های عایقی وضعیت مطلوبی را ندارد.
  - ۱،۳. رنگ آمیزی واشرها و پوشهای عایق پیچهای فلنجها باعث هدایت الکتریکی شده و کارائی نسبی فلنجها را کاهش داده است.
  - ۱،۴. در طراحی اولیه معیارهای لازم برای تسهیل در امر عیب یابی در نظر گرفته نشده و امکان مانور روی سیستم سهولت امکان پذیر نیست.
  - ۱،۵. والوهای اطراف برج تر دارای پوشش مناسبی نبوده و بمرور این پوشش از بین رفته است.
  - ۱،۶. از خطوط حفاظتی به عنوان خط تغذیه سایر سیستمها استفاده شده است.
  - ۱،۷. کابل مشترک تغذیه مشکلاتی را در امر عیب یابی و تشخیص بوجود آورده و باعث می شود در صورت خرابی قسمتی از سیستم کل سیستم کارایی خود را از دست بدهد.
۲. اشکالات در نگهداری و بهره برداری سیستم:
- ۲،۱. عدم پیگیری مداوم، عدم شناخت کافی از سیستم و در نتیجه عدم تحلیل درست نتایج اندازه گیری.
  - ۲،۲. تغییرات سیستم بدون توجه به کارایی سیستمهای حفاظت کاتدی

- ۲,۳. قطع تعدادی از سیمهای اندازه گیری و تست
- ۲,۴. مدفون شده برخی ایستگاهها در جریان عملیات ساختمانی
- ۲,۵. بالا آمدن سطح آب برخی چالهها و کاهش کارایی سیستم
- نتایج بدست آمده:
- با اقداماتی که ذکر شد و بیش از ۲۰ ماه مطالعه و فعالیت روی سیستمهای فوق و همچنین استفاده از تجارب کارشناسان متخصص، بخش قابل توجهی از عیوب سیستم شناسائی و اصلاح گردیدند.
- روش عیب یابی از سیستمهای PC بگونه ایست که با اندازه گیری، سعی و خطا، و تکرار مجدد می توان به عیوب سیستم پی برد و با برطرف کردن تک تک آنها عیوب بعدی خود را نمایان می سازند.
- حاصل اقدامات فوق تا کنون منجر به اصلاح شدن پتانسیل لوله های تحت حفاظت در ۵۵ ایستگاه از ۶۲ ایستگاه شده است. از خطوط OUA, OUM, GAS, ORT, OVF تنها بخشی از سیستم (رینگ داخلی) و تانک درین واحد ۳ فاقد پتانسیل مطلوب می باشد.
- از ۵ سیستم تحت حفاظت نیز ۴/۵ سیستم و از نظر مترائ و سطح حدود ۹۰٪ لولهها در طول اجرای پروژه به حفاظت قابل قبول دست یافته اند و اشکالات بقیه موارد عنوان شده است.
- ۱- Rewcomended Practice Control of external Corroton on Underground of Submerged Metalic piping System
- 6- General Design Certeria of Cathodic Production for Underground-Buried or Submerged Primary Structures By:iccc(international corrotion control company)(1996)
- 7- Report for Recitification of Detects of Cathodic Protection System and Commissioning ASEa Brown Boveri (1988)
- 9- Cathodic Protection Spesification and Details of Testpoints BBC (1986)
- ۱۰- استاندارد و آیین کار سیستم حفاظت کاتدی - دفتر استانداردها - توانیر شماره (۶۹-۲۰۱) روشهای اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک و تعیین درجه خوردگی آن
- ۱۱- استانداردها و آئین کار سیستم حفاظت کاتدی - دفتر استانداردها - توانیر شماره (۶۹-۲۰۳) روش محاسبات- طراحی ومهندسی
- ۱۲- خوردگی در سیستمهای نیروگاه و روشهای کنترل آن - دکتر ارشدی ۱۳۶۶
- ۱۳- شیمی عمومی - مهندس ضیاء موجدی - فصل یازدهم - تبدیل انرژی در واکنشهای شیمیایی
- ۱۴- استاندارد و آئین کار سیستم حفاظت کاتدی - دفتر استانداردها - توانیر شماره (۶۹-۲۰۲) مبانی و معارهای طراحی حفاظت کاتدی وانتخاب روش بهینه
- ۱۵- خوردگی و روشهای کنترل آن - مهندس رحیم زمانیان - انتشارات دانشگاه تهران

منابع و مراجع :

- 1- Metal Handbook 9th Edition vol. 13 Corrosion 1978
- 2- British Standard 7361 1991 Section 4: Application to Buried Structure
- 3- as 2832,2 19991 Sectopm 4 : Croteroa fpr Catjpdoc [rptectopm
- 4- ASTM B- 539 (1990) STANDARD Test for Measuring Contact Resistance of Electrical Conections (static contacts)
- 5- NACE Standard RP. 169 (1996)