خوردگی وتخریب تجهیزات پست های توزیع وانتقال

نجم‌الدین عرب - مصطفی توکل ساسان مربوط

شرکت مهندسین مشاورنیرو سازمان برق ایران

چکیده :

خوردگی‌اتمسفری ،مدفون ،بیولوژیکی‌تخریب‌توسط موجودات جانداروخوردگی گالوانیکی، متداولترین انواع خوردگی وتخریب درتجهیزات پست های توزیع وانتقال هستند.دراین مقاله سعی گردیده،که باشرح مختصری ازنحوه عملکردخودرگی وتخریب تجهیزات ،روش های جلوگیری ازاثرات مخرب آن نیزآورده شود.چون تشریح وتوصیف مکانیزم تأثیرهریک ازاین عوامل برقابلیت عملکردوعمرقابل اطمینان تجهیزات نیازمندمطالعات ،آزمایشات وتجربیات فراوانی است وازطرفی اثرات هنگفت زیانباراین عوامل چه ازنظراقتصادی وچه ازنظرسلامت توزیع قابل صرف نیست ،لذاهدف نویسندگان این مقاله بیان ضرورت تحقیق وتفحص دراین مقاله ونیزگشودن دریچه‌ای جدیدبرروی محققان ومهندسین صنایع برق ونیروگاههای کشوربوده است .

۱- شرح مقاله

احداث نیروگاههای جدیدوگسترش روزافزون شبکه های توزیع لزوم مطالعه وبررسی عوامل مخرب درقابلیت کاری تجهیزات وجلوگیری ازکاهش عمرآنهارا دوچندان می‌سازد.آلودگی های محیطی وصنعتی نقشی مهم واساسی درتشدیداین تخریب هادارند.این آلودگی هامی توانندموجب بروزانواع خوردگی درتجهیزات شوند.ازطرفی شرایط اقلیمی ووجودمناطقی باسرمای قطبی تاگرمای سوزان وجودمناطق کوهستانی ودشت ،ونیزوجودمناطقی بارطوبت بسیاربالاتامناطق خشک وکویری واثرات این شرایط برعملکردعوامل خورنده تأئیددیگری برلزوم مطالعه خوردگی تجهیزات است .دراین راستاخوردگی تجهیزات پست های تولیدوتوزیع دراین مقاله مدنظرقرارگرفته وانواع متداول خوردگی این تجهیزات معرفی گردیده است ودراین راستابررسی هائی صورت گرفته است .امااهمیت موضوع این نکته رابرهرمحققی آشکارمی سازدکه مقابله بااین عوامل مخرب هنگامی امکان پذیراست که مطالعاتی جامع وکامل درهریک ازعوامل ذکرشده یانشده صورت پذیرد.

۲- خوردگی اتمسفری :

خوردگی ناشی ازاتمسفرهای مختلف ازنظرهزینه وتناژبه تنهائی ازهرنوع محیط خورنده دیگربیشترباعث انهدام می شوداتمسفرهارامی توان به ۳ دسته کلی تقسیم بندی نمود:صنعتی - دریائی وروستائی .این نوع خوردگی عمدتا"بواسطه حضوررطوبت واکسیژن است ولی وجود ناخالصی‌هائی نظیرترکیبات گوگردی یانمک دارمسئله راحادترمی سازد.خوردگی فولاددرساحل دریا۴۰۰ تا۵۰۰ برابرخوردگی آن دریک ناحیه کویری است .سرعت خوردگی نمونه های فولادی که در۸۰ فوتی ازساحل دریاقراردارند۱۲ برابرسرعت خوردگی نمونه هائی است که در۸۰۰ فوتی ساحل دریاواقعند.اتمسفرهای صنعتی بخاطروجودگازهای گوگرددارحاصل ازاحتراق سوختها بسیار خورنده ترازاتمسفرهای روستائی هستند.دی اکسیدگوگرد (So_2) درحضوررطوبت تشکیل اسدسولفوروسولفوریک می دهدکه بسیارخورنده هستندموادخورنده اتمسفرهای صنعتی ۵۰ تا۱۰۰ برابرنواحی کویری می تواندباشد.

۱-۲) اثرشرایط اقلیمی : عمرمفیدتجهیزات برقی بشدت توسط شرایط اقلیمی محل نصب تحت تأثیرقرارمی گیرد.انتخاب تجهیزات ،جنس وعملیاتی که برروی آنهاانجام می‌شود باید با درنظرگرفتن این شرایط صورت پذیرد.

نحوه عملکردعمومی وشرایط محیطی دراستاندارد (DIN VDE 0660 Part 500) آورده شده است .

شرایط اقلیمی رامی توان به شرایط ناشی ازمؤقعیت جغرافیایی وموقعیت منطقه ای (برای مثال نزدیک بودن یادوربودن ازدریایامناطق صنعتی و....)وشرایط اقلیمی درحین حمل ونقل (برای مثال ازراه دریایی یاسایرراهها)تقسیم بندی کرد.

دراستاندارد (DIN 50019) اطلاعاتی راجع به شرایط اقلیمی مناطق مختلف آورده شده است . این مجموعه اطلاعاتی تقریبی درباره مواردی نظیرتغییرات دمائی ،رطوبت نسبی ، فشار اتمسفرومیزان بارش درایام مختلف سال رابدست می دهد.واضح است که این مجموعه یک راهنمای تقریبی بوده وبرای ساخت یاخریدتجهیزات لازم است اطلاعاتی جزیی تردراینباره و نیزمواردی نظیر سرعت بادوجودماسه باگردوغبار،گازهای صنعتی وآلوده کننده و.....به سازنده یا فروشنده تجهیزات داده شود.تأثیرشرایط اقلیمی درحین حمل ونقل برتجهیزات ماهیت موقتی دارد که عمدتا"برنوع ونحوه ساخت سیستم بسته‌بندی تأثیرمی گذارد.

شرایط لازم درحین جابجائی ،انبارداری ونصب دراستاندارد (DIN VDE 0660 Part 500) آورده شده است بجزدرمواردی که کاملا"مشخص گردیده‌اندلازم‌استکه شرایط ذیل برآورده شوند:

- رطوبت نسبی دردمای ۴۰°c+ نبایداز ۵۰ ٪تجاوزنماید.دردمای ۲۵°c+ انحراف جزئی از این مقدارمجازاست .

- تغییرات دمائی معمولا"درمحدوده ۵۵°c + تا۲۵°c- مجازاست .درجه حرارت ۷۵°c+ تا سقف ۲۴ ساعت مجازاست .

عوامل اقلیمی واثرات آنهابرتجهیزات برقی همراه باروش مقابله باآنهادرجدول ۱ آورده شده است. جدول ۲ شرایط عمومی مناطق ومشخصات رطوبت نسبی آنهارانشان می دهد.جدول ۳ عملیات آماده‌سازی سطوح ورنگ زنی تأسیسات برقی نشان داده شده است .

جدول 1) فاکتورهای اقلیمی که بر تأسیسات برقی اثر می‌گذارند و اقدامات پیشگیرانه قابل انجام

پارامترهای محاسبه‌اقلیمی	عامل تاثیر گذار/نوع	اجزاء سیستم تأسیسات برقی										اقدامات پیشگیرانه
		تجهیزات فضای باز	مقره‌ها	قطعات اتصال نیرو	شینه‌ها فضای باز	پستهای GIS فضای بسته	پستهای GIS فضای باز	تابلوهای فضای باز	تابلوهای فضای بسته	کابلها	ترانسفورماتورها	
دما و حرارت	حداکثر مقدار	×	-	•	•	×	×	-	•	•	×	طراحت مربیان مناسب
	حداقل مقدار	×	•	•	-	×	×	•	-	•	×	بررسی استحکام مکانیکی و انبساط
رطوبت نسبی		×	•	-	-	×	•	×	•	-	×	سیستم رنگ برنی مناسب
	حداکثر مقدار	•	• (1)	-	-	-	-	•	•	-	-	ایجادگرمایش
رطوبت همراه با یون کلر		•	•	•	•	•	•	-	-	-	•	نرم‌الکتریک
باران	شدید	•	• (1)	-	-	-	-	•	-	-	•	ایجادگرمایش
		•	• (1)	-	-	-	-	•	-	-	•	کلاس محافظ IP45
برف	تگرگ برف	•	•	-	-	-	-	•	-	-	•	اندازه‌گیری فاصله عایقی
یخ		•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	در نظر گرفتن وزن یخ
تشعشع حرارتی	تشعشع خورشید	-	-	-	-	-	-	•	-	•	-	جلوگیری از تشعشع مستقیم
تشعشع	تشعشع ماوراء بنفش	-	• (2)	-	-	-	-	-	-	•	-	بررسی اثرات و برآورد شده ماوراء بنفش
باد	وزش باد	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	بحث استحکام مکانیکی
گرد و غبار همراه	اثر و سایل	•	-	-	-	•	•	•	•	-	•	سیستم رنگ برنی مناسب
	گازهای SO_2	•	-	-	-	•	•	•	•	-	•	
	هیدراتهای اسیدی	•	• (4)	-	-	•	•	•	•	-	•	
	گرد و غبار اسیدی	•	• (3)	-	-	•	•	•	•	-	•	
	هاکستر، دوده	•	• (3)	•	•	•	•	•	•	-	•	کلاس محافظ IP45
	گرد و غبار ساده	•	• (3)	-	-	-	-	•	•	-	•	

براساس اطلاعات سازنده : X

قابل کاربرد : O

غیرقابل کاربرد : -

(۱) تبدیل - به O : اگرشرایط بادرجه آلودگی زیادیاخیلی زیادمخصوصا"صنعتی باشداثررطوبت ،شبنم نم باران و.....بایددرنظرگرفته شود.

(۲) تبدیل - به O : اگرمقره نوع غیرسرامیکی (Composict) باشدمانندا پوکسی رزین ، الاستومر،سیلیکونی ،..

(۳) تبدیل - به O :اگرانتخاب ضریب آلودگی خیلی زیادباشدترجیحا"حداقل $\geq$۳۱mm/kv برای مقره هاواندازه گیری میزان آلودگی محل بروش ESDD (equivalent salt deposite density) برحسب mg/cm^2

جدول ۲) مناطق کلی اقلیمی و مقادیر بحرانی فاکتورهای جوی (DIN 50019)

مقادیر بحرانی فاکتورهای جوی			
فشار هوا	رطوبت نسبی	دمای هوا	شرایط اقلیمی
بالاتراز ۷۷۵mbar (۵۸۰torr)	تعریف نشده	حداقل مقدار نرمال درجه حرارت کمتراز ۱۵°C- باشد	سرد
بالاتراز ۷۷۵mbar (۵۸۰torr)	تعریف نشده	متوسط دمای ماهانه ما بین ۲۵°C+ تا ۱۵°C- بوده وحداکثر درجه حرارت ۲۷°Cباشد	معتدل
بالاتراز ۷۷۵mbar (۵۸۰torr)	متوسط ماهانهٔ درجه حرارت	متوسط دمای ماهانه ۲۲°C+بوده و حداکثر درجه حرارت بیشتر از ۲۷°C+ باشد	گرم و خشک
بالاتراز ۷۷۵mbar (۵۸۰torr)	بامتوسط دمای ماهانه بالاتر از ۲۰°C+ و کمتر از ۸۰٪ باشد	مقدار رطوبت نسبی ماهانه	گرم و مرطوب
کمتراز ۷۷۵mbar(۵۸۰torr)	تعریف نشده	تعریف نشده	مناطق کوهستانی

۳ـ خوردگی مدفون

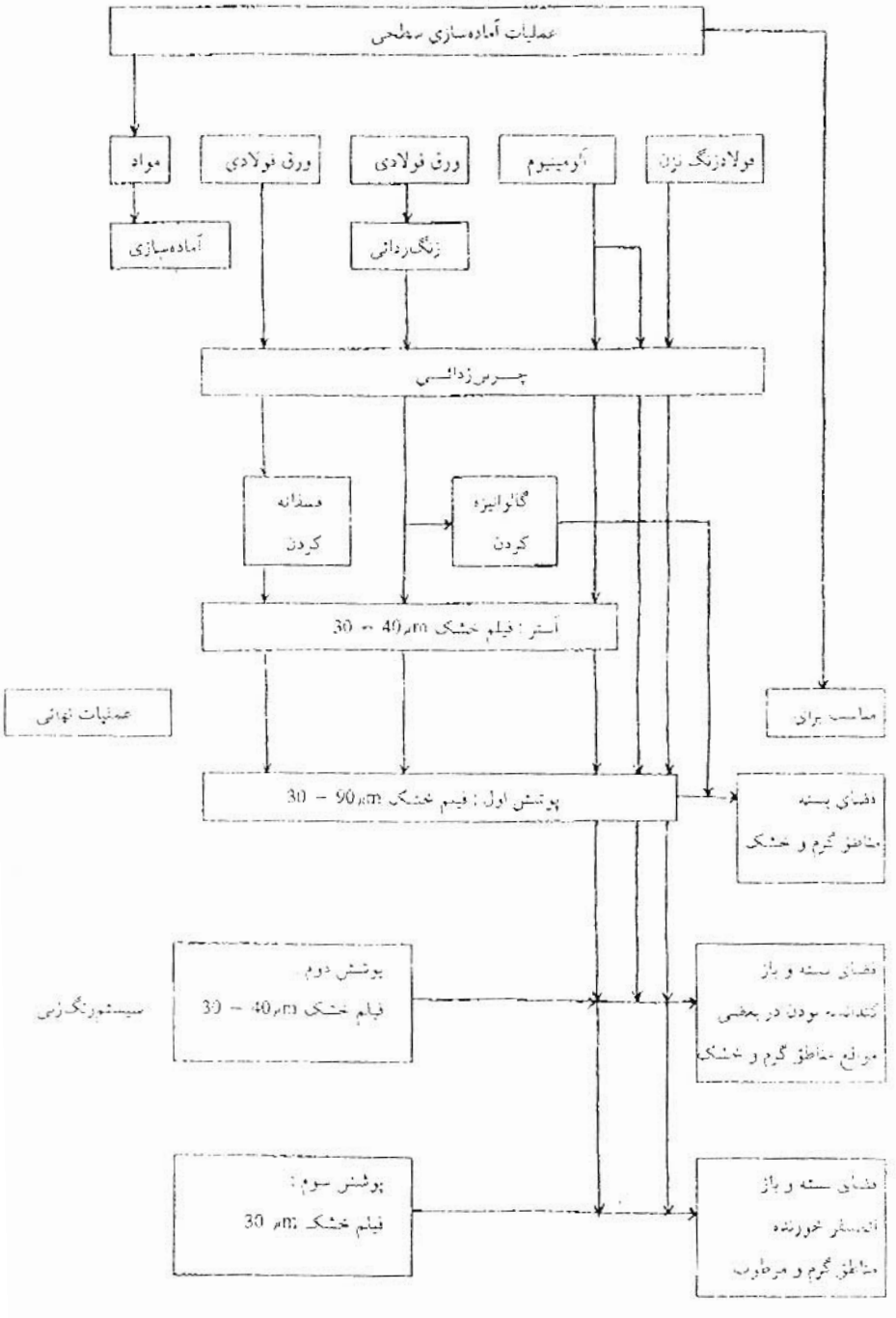
خوردگی مدفون فلزات عمدتا"ناشی ازواکنشهای الکتروشیمیایی است که ازیک جریان الکتریکی مابین بخشی ازفلزورطوبت موجوددرمحیط ناشی می شود.جریان الکتریکی ممکن است منشاء خارجی داشته‌باشندنظیرجریانهای‌الکتریکی سرگردان یاممکن است‌ازپیل های موضعی که در سطح فلزدرمحیط واقع شده‌درآن‌تشکیل می‌گردند،ناشی‌شود.بااین حال واکنش شیمیایی‌بین‌یک عامل خورنده بافلزیاخوردگی ناشی ازباکتریهانیزمی توانندرخوردگی مدفون نقش مهمی را ایفاء کنند.

مقدار خوردگی ناشی ازیک خوردگی الکترولیتی به مقدارجریان ومعادل الکتروشیمیایی فلز بستگی دارد. سرعت خوردگی باتغییردانسیته جریان تغییرمی کند.هرچه دانسیته جریان بیشتر باشد خوردگی ناشی ازآن نیزبیشترخواهدبود.

خوردگی درپوشش سربی کابل های انتقال مدفون درزمین عموما"نـاشی ازالکـترولیزاست . حفره‌هائی که درنتیجه این نوع خوردگی تشکیل می‌شوندهم می توانندازخوردگی ناشی از جریانهای سرگردان نتیجه شوندوهم می توانندناشی ازتشکیل پیل های موضعی باشند.بامشاهده یک حفره به دقت نمی توان تعیین کردکه خوردگی آن ناشی ازکدام عامل است وبرای این تشخیص بهتراست به شرایط عملکردومحیط کارقطعه یاتجهیزات‌توجه کردوعامل اصلی راباآنالیزاین عوامل معین ساخت .

یکی دیگرازعوامل خوردگی تجهیزات‌مدفون تشکیل پیل‌های غلظتی ناشی ازواکنش بین فلز با محیطهای خورنده است .این پیل هامعمولا"متفاوت بوده ونـیزمحیط هـای خـورنده غـالبا"دارای اختلاف درغلظت می باشندبااین ترتیب هنگامی که لوله هایاکابلهایاتجهیزات مدفون دیگردرتماس باخاکهای مختلف قرارمی گیرندویاهنگامی که درخاکی که درصدنمک ورطوبت آن متغیراست قرار می‌گیرندپیلهای غلظتی درسطح آنهاتشکیل می گردد.هنگامی که خاک دارای ماهیتی غیریکنواخت است‌شرایط جهت‌این نوع خوردگی بسیارمناسب خواهدبود.برای مثال ،هنگامی که کابلی ازمنطقه‌ای باخاک طبیعی به منطقه‌ای باخاک دستی می رونددرفصل مشترک خاکهایانزدیک به آن می‌تواندتحت خوردگی قرارگیرد.به این ترتیب قسمتی ازکابل که درزمین خاکی - ماسه‌ای قرارگرفته نقش کاتد را داشته‌وقسمتی ازآن که‌درزمین خاکی - رسی یاخاک مرطوب قرارمی گیرد ،نقش آند را خواهد داشت .

جدول ۲) عملیات آماده‌سازی سطحی و سیستم رنگ زنی برای تجهیزات برقی



۴ـ خوردگی بیولوژیکی

انهدام یاازبین رفتن تجهیزات به وسیله فرآیندهای خوردگی که به طورمستقیم درنتیجه فعالیت موجودات جانداراست راخوردگی بیولوژیکی گویند.این موجودات شامل انواع میکروسکوپی مانندباکتری هاوانواع ماکروسکوپی مثل جلبک هایاسایرجانداران است .موجودات میکروسکوپی وماکروسکوپی درمحیط های با PH مابین ۱۱ تاصفرودرجه حرارتهای $180^{\circ}F$ - ۳۰ وفشارهای تا ۱۵۰۰۰Psi زندگی کرده وتکثیرمی نمایند.فعالیتهای بیولوژیکی ممکن است برخورگی درمحیط های مختلف نظیرخاک ،آب طبیعی ،آب دریا،محصولات نفتی ومایعات روغنکاری تأثیربگذارد.به روشهای ذیل این موجودات می توانندبررفتارخوردگی مؤثرباشند:

۱ـ باتأثیرمستقیم برواکنشهای آندی وکاتدی

۲ـ باتأثیربرپوسته های محافظ سطحی

۳ـ بابوجودآوردن محیط های خورنده

۴ـ باتولیدرسوبات

بسته به نوع محیط واجزاءبیولوژیکی آن این اثرات ممکن است تک تک یابه یکدیگرصورت گیرند.

۱ - ۴) موجودات میکروسکوپی :موجودات میکرسکوپی برحسب توانایی آنهابرای رشدرحضوریاغیاب اکسیژن طبقه بندی می شوند.موجوداتی که درفرآیندهای سوخت وسازخودبه اکسیژن نیازدارندهوازی نامیده شده وگروه دیگرکه بهترین شرایط برای رشدآنهامحیطهای بااکسیژن کم یابدون اکسیژن است بی هوازی نامیده می شوند.هرچندتشدیدخوردگی توسط موجودات میکروسکوپی خیلی متداول است اماتحقیقات جامع کمی جهت مشخص کردن این موجودات و تعیین دقیق مکانیزم عملکردآنهاصورت گرفته است .

احتمالا"مهمترین باکتری بی هوازی که بررفتارخوردگی لوله هاوتجهیزات فولادی که درزمین مدفون گردیده‌اند،انواع احیاءکننده سولفات‌هاهستند.این باکتریهابااانجام واکنش ذیل سولفات رابه سولفیدتبدیل می کنند:

$$SO^{2}_{4}+4H \rightarrow S^{2}+4H_{2}O$$

هیدروژن موردنیازجهت انجام این واکنش ازمحصولات آلی وغیرآلی حل شده درخاک تأمین می‌شود.باکتریهای احیاکننده سولفات درشرایط بی هوازی نظیرخاک رس ، لجنها وباتلاقها،وجوددارند.یون سولفیدبشدت برواکنشهای کاتدی وآندی که درسطح تجهیزات اتفاق می افتندتأثیرمی گذارنداین یون باعث مختل شدن واکنشهای کاتدی خصوصا"واکنش آزادشدن هیدروژن ودرنتیجه تشدیدواکنش آندی می گرددکه نتیجه آن افزایش خوردگی است .

باکتریهای هوازی اکسیدکننده گوگردنظیرتیوباسیلوس تیواکسیدان (Thio baccillus thio oxidons) قادرندگوگردیاترکیبات گوگردی رابرطبق واکنش زیربه اسیدسولفوریک اکسیدنمایند.

$$2S+3O_2+2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$$

بهترین محیط برای زندگی این موجودات محیط های با PHکم بوده ومی توانندبطورموضعی اسیدسولفوریک باغلظت تا٪۵ وزنی تولیدنمایندوبه این ترتیب باکتریهای اکسیدکننده گوگردقادرندشرایط بسیارخورنده ای ایجادنمایند.این اجزاءبرای زنده ماندن نیازبه گوگردیاترکیبات گوگرددارداشته ولذاغالبا"درمیادین گوگردی میادین نفتی یامناطق حاوی موادآلی گوگرداروجوددارند.

باکتریهای بی هوازی‌وهوازی می توانندباتغییرشرایط خاک به طوردوره ای عمل نمایند.بدین معنی که باکتریهای احیاءکننده سولفات درفصل های بارندگی که خاک مرطوب است وهوای آن خارج می گرددبه سرعت رشدکنندوباکتریهای اکسیدکننده گوگرددرفصل های خشک که هوابه داخل خاک نفوذمی کندبه سرعت رشدنمایند.دربعضی مناطق این تغییرات دوره ای باعث واردآمدن خسارات وسیع به تجهیزات مدفون می گردد.

موجودات میکروسکوپی دیگری نیزوجوددارندکه به طورمستقیم یاغیرمستقیم بر رفتار خوردگی فلزات تاثیرمی گذارندوهنوزمطالعه نشده اند.مثلا"باکتری آهن گروهی ازموجودات میکروسکوپی هستندکه آهن فرورااازمحلول جذب نموده وآن رابه صورت هیدروکسیدفرویافریک ورقه‌ای راسب می سازد.بعضی باکتریهاقادرندآمونیاک رابه اسیدنیتریک اکسیدکنند.اسیدنیتریک رقیق موجب خوردگی اکثرفلزات می گردد.برخی باکتریهانیزمی توانددی اکسیدکربن تولیدکننده که این دی اکسیدکربن بارطوبت محیط می تواندباعث تشکیل اسیدکربنیک وخوردگی راافزایش دهد.

درجدول (۴)بعضی ازمهمترین موجودات میکروسکوپی وویژگی های آنهاآمده است .

جدول ۴) خواص فیزیولوژیکی موجودات میکروسکوپی

گروه و نوع	نیازبه‌اکسیژن	عوامل آلوده‌کنندهٔ احیایی یا اکسیدی	محصول نهایی	Habitat	PH بهینهٔ تخمینی واکنش	محدوده دمائی °C
احیاءکنندهٔ سولفات : I	غیرهوازی	سولفاتها، تیوسولفاتها،	سولفید هیدروژن	آب، گل، فاضلاب	بهینه : ۶ ـ ۷/۵	بهینه : ۲۰ ـ ۲۵
(دسولفوروبیرود سولفوریکن)		سولفیت ها، گوگرد ها،		چاههای نفت، خاکها،	محدوده : ۵ ـ ۹	مزوفیلز : ۲۵ ـ ۵۵
		هیپوسولفید ها		لجن ها، بتن		
اکسیدکنندهٔ گوگرد : II		گوگرد، سولفید ها،		کوه‌گیاهی خاک،	بهینه : ۲ ـ ۴	بهینه : ۲۵ ـ ۳۰
(پنوباسیلوس تیواکسیدان)	هوازی	تیوسولفاتها	اسید سولفوریک	فسفاتهای گوگرد، خاکهای	محدوده : ۵/۵ ـ ۶	رشد آهسته : ۱۸ ـ ۲۷
				حاوی ترکیبات گوگردی		
				که کاملاً اکسید نشده‌اند		
اکسیدکنندهٔ تیوسولفات : III		تیوسولفات ها، گوگرد	تیوسولفات تا	دریا و اب رودخانه، گل،	بهینه : خیلی نزدیک	بهینه : ۳۰
(پنوباسیلوس تیوپاروس)	هوازی		سولفات و گوگرد	فاضلاب و خاک	به خنثی (۷) محدوده : ۶ ـ ۹	
باکتری آهن (۱۷)		کربنات های آهن،	گوگرد تا هیدرو	آبهای ساکن و متحرک		بهینه : ۲۴
(پنوباسیلوس تیوپاروس)	هوازی	بیوکربنات آهن،	کسید سولفات آهن	حاوی تنکهای آهن		محدوده : ۲۰ ـ ۵
			بیوکربنات منگنز			

۲ـ۴) جلوگیری ازخوردکی بیولوژیکی :قبل ازاعمال روش حفاظت ابتداضروری است که وجود خوردگی بیولوژیکی اثبات شود.ساده ترین ودقیق ترین روش کشت نمونه‌هائی ازخاک ومطالعه آنهاازنظرموجودات میکروسکوپی است .چندروش عمومی برای جلوگیری ازخوردگی میکروبیولوژیکی وجوددارد.برای جلوگیری ازتماس فولادبامحیط غالبا"ازپوشش‌های قیرمعدنی ، لعاب ،نوارپلاستیکی یابتن استفاده می شودتمام این روشهابکاررفته ونتیجه‌موفقیت‌آمیزبوده‌است . بتن درحضوربا کتریهای اکسیدکننده گوگردمطلوب نمی باشدزیرابتن بوسیله اسیدسولفوریک خورده می‌شود. حفاظت کاتدی نیزبرای جلوگیری ازخوردگی میکروبیولوژیکی بکاررفته است ومخصوصا"موقعی که به همراه پوشش بکاربرده می شودبسیارموثراست .دربعضی مواردمی توان محیط راتغییردادوبدینوسیله خوردگی بیولوژیکی راتقلیل دادکه مثال آن دمش هوادرمحل هائی است

که گوگردوترکیبات گوگردی درآنهاوجوددارد.همچنین ازممانعت کننده های خوردگی می توان استفاده کردوموادمیکروب کش مثل کلر وترکیبات کلردارراردرسیستم های بسته به کاربرد. استفاده از موادآزبستی یا پلاستیکی به جای موادفلزی می تواندروش موثری برای جلوگیری ازاثرات مخرب فعالیتهای میکروبیولوژیکی دربعضی خاکهای نامطلوب باشد.

۳ـ۴) موجودات ماکروسکوپی :علاوه برموجودات میکروسکوپی ،موجودات ماکروسکوپی نظیر قارچ وقارچ های کپکی نیزمی توانندموجب خوردگی شده یاآن راتشدیدسازندایـنهاگـروهی ازگیاهان هستندکه فاقدکلوفیل می باشند.این موجودات موادآلی راجذب نموده ومقادیرقابل توجهی اسیدهای آلی منجمله اسیداگزالیک ،لاکتیک ،استیک وسیتریک تولیدمی نمایند.وبه علاوه وجودقارچ می تواندآغازگرخوردگی شیاری روی سطوح فلزی باشدباتمیزکردن درفواصل زمانی معین می توان از رشدکپک های قارچی جلوگیری نمودیاآن راکاهش داد.بعلاوه کاهش رطوبت‌نسبی باکاربردموادآلی سمی نیزدرتقلیل رشدکپک های قارچی روی سطوح فلزی موثرمی باشند.رشدکپک های قارچی روی لاستیک خصوصا"درکابلهای زیرزمینی مسئله سازاست .جایگزینی لاستیک مصنوعی به جای لاستیک طبیعی روشی موثردرجلوگیری ازاین اتفاق است .

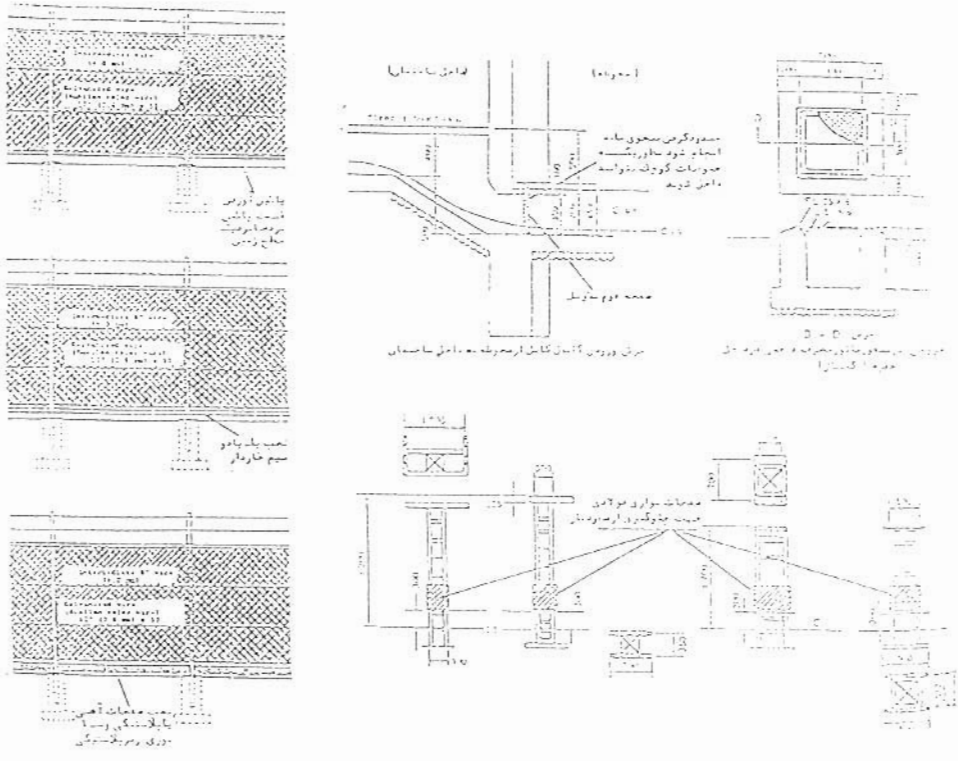
سایرحیوانات وجانوران نظیرمار،موش و....وبرخی حشرات نظیرمورچه ،موریانه ،سوسک ، عقرب و....نیزمی توانندباآسیب هایی که به تجهیزات واردمی کنندباعث تخریب آنهاشوندکه درموردتجهیزات مدفون درزمین این آسیب‌هامی تواندبیشترباشد.

برای جلوگیری ازآسیب‌های فوق لازم است باتوجه به موقعیت پست ونوع حشرات وجانوران موجوددرمنطقه وزمانهاوشرایطی که ظاهرمی شوندراه حل هاوروشهای مناسب مورداستفاده قرار گیرند درجدول ۵ وشکل ۱ چندنمونه ازروشهای مقابله بااین نوع آسیب هابه پست وتجهیزات آن آورده شده است .

۵ـ خوردگی گالوانیکی

هنگامی که دوفلز غیرهمجنس که درتماس بایکدیگرهستنددرمعرض یک محلول هادی یاخورنده قرارگیرند،اختلاف پتانسیل بین آن دوباعث برقراری جریان الکتریکی بین آنهامی گردد.درنتیجه فلزی که مقاومت به خوردگی کمتری داردخورده شده (آند)وفلزی که مقاومت به خوردگی بالاتری دارد،محافظت می گردد(کاتد). ماهیت وشدت خوردگی محیط به میزان زیادی

برشدت خوردگی گالوانیکی تأثیرمی‌گذارد. خوردگی گالوانیکی دراتمسفرنیزصورت می‌گیردوشدت آن به مقداررطوبت ،نوع ومقدارمواد مضرموجوددراتمسفربستگی دارد.مثلا"خوردگی نزدیک سواحل دریابیشترازاتمسفرخشک است .کندانس بخاردرنزدیک ساحل دریاحاوی نمک است لذاهادی ترودرنتیجه خورنده تراست ودررطوبت ودرجه حرارت یکسان نسبت به کندانس دریک ناحیه دورازدریاالکترولیت بهتری است .آزمایشات اتمسفری درنقاط مختلف نشان داده اندکه فلز روی درتمام نقاط نسبت به فولادآنداست .



شکل ۱)الف)روشهای جلوگیری ازنفوذجانوران بوسیله تغییرات درنرده کشی اطراف پست

ب)روش مقابله باصعودجانوران ازاستراکچرهاوپایه های مختلف درپست

جدول ۵) سیستم‌ها و روشهای نمونه مقابله با نفوذ حیوانات و جانوران کوچک به پست

اهداف کاربرد وسیستمهای مقابله	جهت جلوگیری از هجوم و نفوذ جانوران از خارج به پست	جهت جلوگیری از صعود جانوران از پایه‌ها و تجهیزات	بررسی تجهیزات محوطه جهت جلوگیری از نفوذ جانوران به داخل تابلوهای محوطه	جهت جلوگیری از نفوذ جانوران به داخل ساختمانها
کاربرد ها و سیستمهای مقابله	برای مسدود کردن قسمت پائین فنس	۱ - مقابله ساختار پایه‌های تجهیزات بمنظور ایجاد مانع و اشکال جهت صعود جانوران ۲ - جلوگیری بوسیله داردها و سدوم	۱ - برای محافظت از خروجی ثانیه ترانسهای قدرت ۲ - ورودی و خروجی ترانسهای مصرف داخلی ۳ - برای مسدود کردن سوراخهای محل عبور کابلها	برای مسدود کردن فضل مشترک داخل ساختمان یا ورودی کابلهای کابل
سرفیات سیستم و روشهای مقابله	۱ - پائین آوردن ارتفاع فنس به حدود یک سطح زمین (از ۱۰۰ میلیمتر به ۲۰۰ میلیمتر) ۲ - نصب پنک یا دو سیم خاردار بین پای فنس و سطح زمین ۳ - نصب صفحات آهن و پلاستیکی یا نواری دور پلاستیکی از سطح زمین تا ارتفاع ۵۰ تا ۷۵ سانتیمتر	۱ - استفاده از پروفیل تیرآهن ۲ - پوشاندن صفحاتی پائین استراکچرها بوسیله صفحات آهن در دوار دیگ استراکچرها از نوع مونتی یا پیچ و مهره‌ای است. ۳ - استفاده از نوع آهنت ضد صعود جانوران	۱ - قراردادن خروجی ثانیه ترانسورماتورهای قدرت و همچنین ورودی و خروجی ترانسورماتورهای مصرف داخلی در داخل داکت ۲ - آب‌بندی سوراخهای ورودی کابلها به تابلوها پس از نصب تابلوها	۱ - استفاده از مانع موضعات لوله شوسل ۲ - اندازش کیپ‌های شن

آلومینیوم وضعیت متغیری داشته وقلع ونیکل همواره کاتدبوده‌اند.

روشهای مختلفی برای جلوگیری ازخوردگی گالوانیکی پیشنهادگردیده که ازجمله طراحی درست قطعات ،حتی الامکان استفاده ازفلزات همجنس یافلزات باپتانسیل الکتریکی نزدیک به هم ، استفاده ازپوشش ها،استفاده ازممانعت کننده هاو...است .

۶ـ خوردگی در تجهیزات غیرفلزی پستها

دراین بخش خوردگی درمقره‌هاوپایه های بتونی که متداولترند راشرح می دهیم .

۱-۶) خوردگی درمقره : اصولا"سرامیکهادرمقایسه بافلزات قابلیت تحمل دمائی بالاتری راداشته ودارای مقاومت سایشی ومقاومت به خوردگی بالاتری هستند.امااین موادشکننده ترازفلزات بوده واستحکام کششی کمتری داشته ومقاومت به شوکهای حرارتی کمتری دارند.اکثرموادسرامیکی مقاومت خوبی دربرابرموادشیمیایی وکاردراتمسفردارند.استثنای مهم دراین مورداسیدفلوریدریک

وقلیایی هاهستند.وجودعوامل آلوده کننده می تواندبرمقاومت به خوردگی وانهدام آنهاتأثیرگذارد. مهمترین عوامل عبارتنداز:

۱ـ وجودنمک دراتمسفرمحیط :وجودنمک دراتمسفرورسوب آن برروی سطح مقره موجب ایجادالکترولیت هائی می شودکه می توانندموجب تسریع درحل شدن موادآلوده کننده درمقره گردد.سرعت این انهدام به مقداررطوبت ونوع موادآلوده کننده دارد.

۲ـ مقدارموادآلوده کننده قابل حل :هرچه میزان این موادبیشترباشدسرعت انهدام بالاتراست . ازاین موادمی توان به یونهای سدیم ،کلر وفلوراشاره داشت .

۳ـ مسیربادوجابجائی هوا: اصولا"باددارای دونقش متفاوت درموادآلودگی مقره‌هاست .ازیک نظربادموجب‌انتقال آلودگی‌هاوجابجائی هوادرسطح مقره هابوده که ازاین نظردارای اثرمخرب است . ازطرف دیگربادموجب پاک شدن سطح مقره ازذرات غیرچسبنده شده وآلودگی راکم می کند. همچنین وجودذرات سخت وتیزکه توسط بادجابجامی شوندمثل ذرات ماسه ،می توانندباعث تخریب مقره هاگردد.

۴ـ عامل مؤثردیگردرآلودگی مقره‌هانحوه نصب زنجیرمقره است .تجربیات حاصله نشان می‌دهند که امکان جذب آلودگی توسط زنجیره مقره افقی و "V" شکل حدودا"۸۰٪- ۵۰٪ زنجیرعمودی است .

۵) عامل دیگرکه درمیزان آلودگی مقره هاموثراست نوع مقره وشکل آن است معمولا"سطوح بالایی مقره هادرشرایط مختلف آلودگی یکسانی دارندلذانحوه توزیع آلودگی درسطوح تحتانی ازاهمیت بیشتری برخورداراست .مقره های باشیارهای عمیق درسطوح زیرین ،کمتردرمعرض بادوباران قراردارندلذااثرات خودپاکیزیکی کمتری دارند.

روشهای مختلفی برای جلوگیری ازآلودگی مقره هاوجوددارکه ازاین میان می توان به موارد ذیل اشاره داشت :

- استفاده از مقره‌نوع FOG و باضریب آلودگی زیاد(حداقل ۳۱mm/kv≧)
- استفاده ازمقره چینی به جای شیشه‌ای وبالعاب نیمه هادی
- تمیزکردن وشستشوی دوره ای مقره ها
- کنترل آلودگی بوسیله بازدیدچشمی غیرمسلح یامسلح (دوربین لیزری)یااندازه‌گیری

بروش مستقیم [1]

- استفاده از موادی که مانع ازجذب موادآلوده‌کننده ورطوبت برسطح مقره وایجاد پیلهای الکتریکی درقسمت فلزی مقره می‌شوند مانندگریس سیلیکونی .

- استفاده ازمقره نوع الاستومریاسلیکونی برای مناطق باآلودگی زیادکه مشکل نگهداری و سرویس دارند.

۲-۶) خوردگی درپایه های بتونی :درتهیه وساخت بتون موادمختلفی مورداستفاده قرارمی‌گیرند که ازآن جمله سیمان آرماتور،موادحباب ساز موادافزونی وشن وماسه وآب رامی توان نام برد.واضح است که مقدارومیفیت هریک ازاین عوامل می تواندتاثیربسزائی برخواص بتون داشته باشد. محلولهای سولفات دار،آبهای اسیددار،گازهای CO_2 و SO_2 که درهوای مرطوب وجوددارندو نمکهای محلول درآبهای زیرزمینی باتاثیربرموادقلیایی بتون باعث تخریب آن می گردنداین خوردگی و انهدام خصوصا"درمناطق نزدیک به سواحل دریا، مناطق باسطح آب زیرزمینی بالا ومناطق صنعتی بیشتراست .همچنین عوامل فیزیکی نیزمی توانندموجب تخریب بتون گردند.چنانچه تنش پس ماند فشاری ناشی ازکشش آرماتورها،زیادباشدموجب ایجادترکهای ریزدربتون شده که وجودایـن ترکهااستحکام رابه میزان قابل ملاحظه ای کاهش می دهدبعلاوه شرایط آب وهوائی ووجودبادهای تندهمراه باذرات ماسه نیزمی تواندموجب فرسایش بتون گردد.

روشهای مختلفی جهت جلوگیری ازتخریب پایه های بتونی وجوددارداز‌جمله :

استفاده ازسیمان ضدسدلفات یاسیمان برقی که دربرابرواکنشهای شیمیایی مقاوم‌اند.

افزایش تراکم مخلوط بتون

اندودکردن بافلوئرسیلیسیم که باآهک آزادبتون ترکیب شده ویک لایه محافظ رابرسطح بتون بوجود می‌آورد.

قیراندودسازی یااستفاده ازرنگهای مناسب

۷ـ نتیجه گیری

۱) دراین مقاله مهمترین عوامل خوردگی وتخریب تجهیزات پستهامطرح گردیده وباشناخت اجمالی هریک روشهای مقابله بااثرات مخرب آنهاآورده شد.

۲) عوامل مخرب دیگرونیزانواع دیگرخوردگی نظیر خوردگی شیاری ،موضعی ،حفره ای و....

---

(1): ON - LINE MONITORING : (PARTIAL DISCHARGE LEKAGE CURRENT METHOD)

دارند که دراین مبحث مطرح نشده یابحث چندانی درموردآنهاصورت نگرفته که لازم است مورد بررسی قرارگیرند.

۳) اثرات زیانبارخوردگی درتجهیزات تولیدوتوزیع برق ،لزوم مطالعات جامع وکامل دراین ارتباط رابسیارپراهمیت می سازد.

منابع ومراجع

1. M.G Fontana & N.D. Green
"Corrosion Engineering" International studentt Ed . 1978 .

2. Metals Handbook, Vol. 13, "Corrosion", 1987 .

3. L.J. Gorman "Eectrolysis of underground structures " corrosion, Vol.84,1981 .

4. C.J. Gorman "Foundmentals of crrosion"MC. Graw Hill. 1982 .

5. Mechanical Design Underground .

6. ABB Switchgear Manual, 8th edition .

7. Construcion work manual of substation, Mitsubishi Electric Co. Japan , 1984

۸ .مهندسی خوردگی : ترجمه مرجع ۱ ،دکتراحمدساعتچی - دانشگاه صنعتی اصفهان ، ۱۳۶۶

۹ . کاهش دهندگان خوردگی :اسفندیارعمیدزاده - انتشارات اقبال ،۱۳۵۳

۱۰ . محمدحسین امرالهی «تأثیرآلودگی محیط برروی مقره‌هاوورشهای مناسب بهبود عملکرد ایزولاسیون شبکه‌انتقال درمقابل آلودگی» چهارمین‌کنفرانس شبکه‌های توزیع بندرعباس فروردین ۱۳۷۳ .

۱۱ . محمدایرانی «بررسی خوردگی وپوسیدگی درپایه های انتقال نیرودرمناطق ساحلی وروشهای مقابله باآن »

"چهارمین کنفرانس شبکه های توزیع ،بندرعباس ،فروردین ۱۳۷۳ .

12. S.S. YANG,A.y.T.Lin .

Evaluation of Microbial corrosion of Aluminum Alloy A 356 - T6 Proc. of the 9th Asian - Pacific corrosion control conf. Taiwan 1995 .

13. **S. Marboot.Climatic, Environmental, industrial Pollutions and corrosions Affects on outdoor switchyard electrical Equipments Assaciated with Power Plants . Proc. of the 9th Asian - Pacific corrosion control coonf. Tiiwan 1995 .**