آثارپیری وفرسودگی اجزاء شبکه‌های توزیع وفوق توزیع نیـــرو

****

ناصر ابوالقاسمـــی سیدرسول حسینـــی

شرکت برق منطقه ای اصفهـان

پیش گفتار :

****

یکی ازمسائل عمده دررابطه بابهره برداری ازتاسیسات مسئله عمرتجهیزات وکاهش تدریجی قابلیت اطمینان اجزاء آن بعلل تاثیر عوامل درونی سیستم وعوامل بیرونی میباشد . تاثیرات این عوامـــل بصورت افت مشخصات مکانیکی ، الکتریکی وایجادتغییرات تدریجی درساختار مواد وسست نمودن پیوندها وغیره بروز مینمایند ،یکی ازبارزترین این تاثیرات پدیده ،فساد تدریجی یاخوردگی (Corosion)در اثر عوامل جوی میباشد که مهمترین شکل این نوع تاثیرات پدیده زنگ زدگی وپوسیدگی تدریجی اجزاء و قطعات چدنی وفولادی میباشد . می دانیم که دررابطه بامیل ترکیبی آهن بااکسیژن اکسید آهن تشکیـــل شده که بصورت لایه های متخلخل بتدریج پیشروی کرده‌ونهایتا " باعث خوردگی کامل میگردد، سرعـــت این پدیده درمکانهای دارای رطوبت بالاودرخاك بمراتب بیشتر میباشد ، نوع دیگر این عوامل تاثیـــر آلودگی های موجود درمناطق شهری وصنعتی میباشد که این آلودگی هامیتوانددرشرایط عادی روی قسمتهای مختلف تجهیزات رسوب نموده وموجب ایجاد تغییرات ویاترکیباتی گردد که نهایتا " منجر به کاهش کیفـــی مشخصات فنی شده ویادرشرایط بارش باران درآب باران محلول شده وبصورت بارانهای اسیدی وغیره باعث خوردگی درتجهیزات گردد .

عوامل درونی سیستم عبارتند ازتغییرات ناگهانی وشوکهای وارده مداوم میباشند که باعث ایجاد تغییرات سریع درتنش های الکتریکی ومکانیکی وغیره شده ومیتوانند موجبات کاهش عمروبعبارت دیگـــر کاهش قابلیت اطمینان تجهیزات نسبت به طول عمر مفید درنظرگرفته شده رابوجودآورند .

تغییرات ناگهانی درجه حرارت ، فشار سرعت ، افزایش جریان الکتریکی دراثراتصال کوتاههای شدید وبازمان اعمال بالاتر ازحدمجاز ، اضافه بارهای الکتریکی ناگهانی وبصورت موقتی ومکرر، اعمال‌بارهای

مکانیکی بیشترازحدمجاز ،اعمال ارتعاشات دینامیکی مداوم ویاارتعاشات شدیدکوتاه مدت ،انبساط و انقباض های ناگهانی وشدید وغیره ازجمله این عوامل می باشند .

این عوامل وعوامل دیگر مانندکاربرد نادرست ونامناسب تجهیزات ویا اشتباهات درطراحی مجموعا " عواملی میباشند که باعث کاهش عمرمفید تاسیسات می گردد ویابعبارت دیگر باعث فرسودگی زودرس آنهاشده ومثلا " سیستمی که بایستی عمر مفید ۳۰ سال راداشته باشد ممکن است دراثر تاثیرعوامل یادشده عمرمتوسط اجزاء آن به نصف کاهش یافته ودراین شرایط برای ادامه استفاده ازاین سیستم به مدت بیشتر از۱۵ سال باکاهش قابلیت اطمینان آن مواجه شده ومشکلات اساسی دربهره برداری ازآن رابدنبال خواهدداشت .

ازطرف دیگر بررسی عمر قسمتهای مختلف یك سیستم وایجادهماهنگی نسبی درعمر اجزاء متشکله هرقسمت یکی ازجنبه های اساسی درطراحی ، ساخت وبهره برداری سیستم ها می باشد . به قسمی که طبق محاسبات کامپیوتری وباتوجه به کلیه عوامل موجود در ماهیت اجزاء وتاثیرات عوامل خارجی نهایتا " میزان عمر مفید متوسط (Lifetime) هریك از اجزاء محاسبه وملاك عمل قرارمی گیرد .

دررابطه باسیستم های قدرت که متشکل ازقسمتهای مختلف شامل انواع نیروگاهها (آبی ، گازی ، بخاری ، سیکل ترکیبی ، دیزلی و....) ، ایستگاههای تبدیل کاهنده وافزاینده وایستگاههای سوئیچینگ وخطوط انتقال انرژی دررنجهای مختلف ولتاژی ودرکاربردهای انتقال فوق توزیع وتوزیع نیرو می باشند محاسبات عمر متوسط مفید اجزاء مختلف هرقسمت وایجاد هماهنگی درطراحی وساخت تجهیزات هر قسمت ازیك طرف وکیفیت بهره برداری وانجام سرویسها وتعمیرات دوره ای ضروری درجهت دست یابی به عمر مفید تجهیزات مورد نظراهمیت اساسی دارد .

دربین قسمتهای مختلف سیستم های قدرت خطوط انتقال وتوزیع انرژی درشرایط مناسب طراحی وساخت وبهره برداری دارای عمر متوسط مفید بالاتری می باشند .

موضوع مقاله حاضربررسی عوامل موءثر درکاهش عمرمفید خطوط انتقال وتوزیع انرژی هوائی وعملکردهای هریك ازاجزاء آن درمواجهه باعواملی است که باعث کاهش قابلیت اطمینان آنهامیگردد . سپس باتوجه به تجربیات حاصله ازفرسودگی اجزاء شبکه های توزیع وفوق توزیع نیروی شرکت برق منطقه‌ای اصفهان وتجربیات کشورهای پیشرفته صنعتی که‌باتوجه به سوابق طولانی ترکاربردسیستمهای قدرت ازمدتهاپیش بامشکلات کهنگی وفرسودگی اجزاء سیستم های قدرت مواجه بوده اند راه حلهای مناسب ارائه میگردد .

مقـــدمـــه

****

خطوط انتقال وتوزیع انرژی که یکی ازمهمترین قسمتهای سیستمهای قـدرت می باشد بطورعمده وظیفه انتقال وتوزیع انرژی درپهنه های وسیع مناطق مصرف وارتباط بین قسمتهـــای مختلف سیستم عهده دارمی باشد ، مسیرهای خطوط شرایط گوناگونی ازنظرعوارض وعوامل طبیعـی ومصنوعی مانند عبور ازدشت ، تپه وکوهستان وباشرایط اقلیمی متنوع وعبور از مناطق صنعتـــی، مسکونی کشاورزی وغیره رادارامی باشد ، بنابراین بررسی تاثیرات عوامل خ ارجی درعمر متوســط هریك ازاجزاء آن وتامین شرایط مناسب درطراحی وساخت وبهره برداری ازاهمیت بسزائی برخوردار میباشـد.

دربین اجزاء متشکله خطوط انتقال وتوزیع انرژی هادیها به علت ماهیت ساختـــاری خاص آنهاوآسیب پذیری بیشتر درمقابل عوامل خارجی دارای عمر متوسط کمتری می باشند البتـــه خوشبختانه باتوجه به امکان تعویض هادیهادرصورتی که اجزاء دیگر خط حداقل نصف عمر مفیـــد خود رادارا باشند ازنظر اقتصادی تعویض هادیها به صرفه می باشد خصوصا" اینکه باپیشـرفـــت تکنولوژی ساخت هادیهائی که دارای مشخصات مکانیکی مشابه باشند ولی ازنظر ظرفیت انتقـــال بیشتر ازظرفیت انتقالی قبلی خط رابدون هیچگونه تغییری درکلرینس هاوغیره دارابـاشنـــد امکان پذیر گشته ویا باتعویض ایزولاسیون وهادیهامیتوان خط رادرولتاژ بالاتری وباظرفیت هـــا ی بزرگ تری مورداستفاده قرارداد.

عدم تامین مشخصات فنی لازم درطراحی وساخت ونصب وعدم بهره برداری صحیـــح ازخطوط انتقال وتوزیع انرژی موجب کاهش شدید عمر مفید آن می گردد ، بطوری کـــه ادامـــه بهره برداری باعث کاهش شدید قابلیت اطمینان اجزاء مختلف خطوط می گردد که این عوامـــل به غیر ازخسارات سنگین درسرمایه گذاری ها وکاهش ظرفیت های نامی ممکن است باعث صـــرف هزینه های هنگفت برای بازسازی یاجایگزینی خطوط جدید به جای خطوط قدیمی گردد.

به علاوه کاهش قابلیت اطمینان اجزاء مختلف خطوط دراثـــر عـوامـــل مختلـــف به غیرازخسارات فوق الذکر باعث به خطر افتادن ایمنی پرسنلی که بااین خـطوط ســـروکـــار دارند ، ازیك طرف وایجاد مخاطرات جانی برای ساکنین مناطق اطراف این خطوط خواهدشـــد. که عوارض ناشی ازآن به هیچوجه قابل جبران نمی باشد.(پوسیدگی سیستم ارتینگ وپوسیـــدگـــی ایزولاتورهاوغیره ازجمله این موارد میباشد.)

متاسفانه بسیـاری ازخطوط توزیع فشـار متوسط (۲۰کیلوولت) وفشـار ضعیـــف

وتعدادی ازخطوط ۶۳ کیلوولت مو جودتحت پوشش شرکت به علت عوامل فوق الذکر ویابه علت گذشت زمان طولانی اززمان بهره برداری آن ازحداقل قابلیت اطمینان لازم برخوردارنبوده وادامه بهره برداری ازآنهاباشرایط فعلی می تواند مشکلات جدی رابه همراه داشته باشدکه لازم است در این موارد اقدامات واصلاحات لازم معمول گردد.

دررابطه باخطوط توزیع موارد متعدد فرسودگی شامل پوسیدگی هادیها وپوسیدگی آرماتورهای تیرهای بتنی ، تاثیر املاح خورنده سولفات محلول درخاك روی بتن ، پوسیدگی تیرهای چوبی درزمین که درحوالی سطح زمین حداکثر میزان خودرادارامی باشد ، فرسودگی یراق آلات فلزی که دارای پوشش ه ای گالوانیزه مناسب نبوده ویابتدریج پوشش خودراازدست داده اند،کاهش استقامت مکانیکی والکتریکی ایزولاتوروغیره می باشند.

دررابطه باخطوط ۶۳ کیلوولت قدیمی اصفهان شامل خطوط سادلمی (خطوط غرب ، جنوب ، نجف آباد ، سد زاینده رود ، زرین شهر وانشعابات پست های داخل شهر) وباطول عمر حدود ۲۳ سال وخطوط ۶۳ کیلوولت پروژه MQ3/12 (خطوط کاشان ۱ و ۲ ، میمه ، داران ، شهرکرد ، سیمان سپاهان ، پلی اکریل ، جاده نائین ، فرودگاه جدیدکاوه ، دولت آباد ، ابزاران ، شاهین شهر وانشعاب متعددآن) با طول عمر حدود ۱۵ سال که ازقدیمی ترین خطوط منطقه تحت پوشش مدیریت شرکت میباشند مسائل ومشکلاتی که دررابطه باهادیهای این خطوط خصوصا" خطوط سادلمی طی چند سال اخیر داشته ایم مبین کاهش شدید قابلیت اطمینان خطوط مذکور میباشد.

کاهش شدید کلیرنس بین هادیهای خط ۶۳ کیلوولت وشبکه فشار ضعیف درخط نجف آباد درخرداد ماه ۶۸ که منجر به آتش سوزی دریك کارخانه گردید وقوع اتصال کوتاه بین هادیهای ۶۳ کیلوولت وسیم گارد خط ۲۰ کیلوولت درخط غرب درتیر ماه سال ۶۸ ،کاهش شدید کلیرنس هادیها نسبت به زمین درشرایط قطع یك مدار وعبور کل بار ازمدار دیگر درخط جنوب وجود پارگی ه ای متعدد رشته های آلومینیمی درخط سدزاینده رود وغیره عوامل هشدار دهنده ای می باشند که موید فرسوده شدن شدید هادیهای این خطوط می باشد. طبق تحقیقات وآزمایشاتی که ازطرف کارشناسان گروه ۲۲ سیگره (CIGRE) برروی خطوط قدیمی وکهنه که درمناطق صنعتی وآلوده قراردارند به عمل آمده ، حاکی ازآن است که هوای آلوده برروی تجهیزات چنین خطوطی مثل سیم های اصلی ،کارد ، ایزلاتورهاویراق آلات وحتی پایه های گالوانیزه فولادی وبتنی تاثیر مخرب وسریعی دارد. چنین تجهیزاتی درصورتیکه بیش از ۱۰ تا ۱۵

سال درمحیط های آلوده قرارداشته باشند برحسب میزان آلودگی محیط ومیزان تاثیر پدیده‌های فیزیکی ناشی ازعوامل موجود جوی درمنطقه مثل پدیده اُولین (که باعث خستگی وفرسودگی سیم های اصلی و شکننده شدن آنها بخصوص درمحل اتصالات سیم به یراق آلات ، وهمچنین بریدن پیچ ومهره های پایه ها وشکستن نبشی براثر ارتعاشات متوالی وپی درپی درمحل اتصالات می گردند)باکاهش قابل ملاحظه مشخصات مکانیکی ، الکتریکی وحرارتی مواجه خواهند گردید،شدیدترین حالت آن تاثیرات پدیده های شیمیائی براثرآلودگی محیط برروی سیمهای اصلی ، گاردوایزولاتورها وسایر تجهیزات است که به علت خورندگی اسیدی سبب پیدایش حفره هاوسوراخهائی درسطح لایه خارجی سیم های گارد واصلی همچنین موجب زنگ زدگی ، پوسیدگی ، رشته های‌آلومینیمی وحتی مغز فولاد سیم های اصلی وگارد می گردند وآنهاراازنظر بهره برداری درآستانه خطر قرارمی دهد همچنین تاثیر هوای آلوده برروی ایزولاتورهاباعث کاهش شدید مشخصات الکتریکی ومکانیکی وحرارتی مقره ها گردیده وآنهارابه علت ضعیف شدن خاصیت عایقی درآستانه سوراخ شدن قرارمی دهد (Puncturing) ونهایتا " خاصیت عایقی مجموعه ایزولاتورهاکاهش یافته که منجر به کاهش قابل ملاحظه ، قابلیت اطمینان چنین خطوط خواهد گردید .

لذاضروری است دررابطه بااین خطوط بررسی هاوآزمایشات لازم طبق استانداردهای بین المللی انجام گشته وباتوجه به‌نتایج اقدامات لازم درزمینه ترمیم وباتعویض اجزاء،آنهابعمل آید .

۱ ـ عوامـل موثر درکاهش عمر مفیدخطوط انتقال نیرو

****

بایك بررسی دقیق واجمال نظریه تعدادی ازخطوط انتقال نیـرو ، فـوق توزیـع وتوزیع که طی سالیان دراز ومتمادی درحال بهره برداری هستند مشاهده میشود که قابلیـت اطمینان آنها به علت کهنگی ، پوسیدگی وزوال تدریجی تجهیزات مصرف شده درآنهابطورقابـل ملاحظه ای کاهش یافته است ۰

توجه به تـجدید حیات دوباره این خطوط اضطراری ولازم الاجراء میباشد زیرابسیـار ی ازاین خطوط عمر مفید خودرابه پایان رسانیده ویابه پایان آن نزدیك می شوند ۰

بافرض اینکه عمرمفید پایه هـای گالوانیزه فولادی حدود ۷۰ سال تقریبا " دوبرابـر عمر مفید سایر تجهیزات دیگر خطوط باشد ۰ باید روش فوق العاده دقیقی راپیـداکرد که بتـوا ن بادرنظر گرفتن وتوجه به همه ٔ عوامل موثر دربروز فسـاد ، عمـر مفید سایـر تجهیزات رابـه منظور تصمیم نهائی درمورد اصلاح یاتعویض آنها تعیین نمود . تست سیم های اصلی ازنظرکاهـش مقاومت مکانیکی ، پوسیدگی وهدایت الکتریکی وپیدایش فسادتدریجی درآنهابررسی ایزولاتورهـا ازنظر پیدایش زوال وکاهش مقاومت مکانیکی ازروش هائی است که درصورت رضایت بخش بودن یـا نبودن نتایج آزمایشات ، درهر حال کمك موثر ومفیدی می تواند درمورد اخذتصمیم ویافتن راه‌چاره‌ای درمورد اینگونه خطوط بنماید ۰

باتوجه به اینکه عمر مفید اینگونه تجهیـزات درحدود سی یاچهـل سال پیش خـد ود ۴۰ سال درنظر گرفته شده است وبا توجه به این نکته که طراحی وتست های مورد نیاز اینگونـه تجهیزات که درآن زمان (سی یاچهل سال پیش) انجام گرفته ۰ به لحاظ محدودیت ها ونارسائـی که درمورد پیشرفت علم وتکنیك درآن‌زمان وجود داشته الزاما " ازسطح بسیار بالائـی بـرخـوردار نبوده است و بهمین علت کیفیت ونحوه ٔ ساخت اینگونه تجهیزات مطلوب ومـورد اطمینـا ن نبوده بخصوص اینکه تجهیزات مصرفی‌دریك خط ممکن‌است درکشـورهای مختلـف ساخته شـده ودارای کیفیت های‌متفاوت باشند ۰ ازطرفی چون اینگونه خطـوط ازمناطقـی باشـرایـط مختلف جوی ودارای میزان آلودگیهای متفاوت عبـور میکنند پدیـده های مختلفی مثـل پدیده‌ها ی فیزیکی (پدیده ٔ انُولین وغیره) باعث خستگی وفرسودگی کامل تجهیـزات می گـردد وپدیده‌ها ی شیمیائـی باعـث بروز پیـدایش فسـاد تدریجـی مثل خورنـدگـی اسیـدی زنگ زدگـی و

پوسیدگی درسیم های اصلی ، سیم گالوانیزه فولادی وتجهیزات مصرفی می شود . خصوصا" اینکه کاهش شدید قابلیت توانائی عایقی ومکانیکی ایزولاتور ها رابهمراه خواهد داشت .

به طور کلی قابلیت اطمینان وضریب توانائی وپایداری خطوط ازنظر الکتریکی ومکانیکی براثر عبور ازاینگونه مناطق کاهش یافته ونهایتا" ضرورت بررسی مسئله تجدید حیاط خطوط قدیمی وکهنه بادرنظر گرفتن عوامل موءثر دربروز وپیدایش فساد واثرات آن درنوع تجهیزات ذیلا" مشخص می گردد.

۱-۱ : اثر آلودگی محیط برروی سیم های اصلی

==========

دربررسی های به عمل آمده توسط کارشناسان درکشوریوگسلاوی برروی بعضی ازخطوطی که ازمجاورت شهرهای بزرگ ومناطق صنعتی که میزان آلودگی آنهازیاد است عبور می کند، انجام گرفته . حفره هایاسوراخهائی براثر خورندگی اسیدی برروی رشته سیمهای آلومینیم خصوصا" لایه خارجی مشاهده گردیده است که این مسئله باعث شکستگی رشته های آلومینیم ونهایتا" منجر به کاهش مشخصات الکتریکی و مکانیکی سیم های مذکورمی گردد. این پدیده درمغز فولاد سیم های اصلی نیز تاثیر گذاشته وباعث زنگ زدگی وپوسیدگی آنهاشده وکاهش شدید مقاومت مکانیکی آنها رابهمراه خواهد داشت . قدرت پارگی سیم های آلومینیومی درابتدای نصب وبهره برداری مقدار ناچیزی حدود ۵٪ طبق استاندارد کاهش می یابد ولی درطول بهره برداری پس ازگذشت ۱۰ سال وبیشتر به علت آلودگی محیط وبروز فساد تدریجی درلایه های خارجی وداخلی وحتی مغز فولاد قابلیت اطمینان این خطوط بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می یابد.

ازبین ۷۰۲ نمونه سیمهای آلومینیمی که برروی آنهاآزمایش انجام گرفته حدود ۸۷ عدد ازآنهایعنی حدود ۱۲/۴ ٪ ازنتایج آزمایشات رضایت بخش نبوده است . (قدرت پارگی وتحمل قدرت کشش بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدانموده است)، بطور کلی درطول بهره برداری های طولانی بیش از ۱۰ سال نیروی پارگی سیم ها بطور قابل ملاحظه‌ای درحدود ۳٪ تا ۲۲٪ متناسب بامنطقه‌ای که خط انتقال ازآن‌عبور می‌کند (برحسب میزان‌آلودگی) کاهش می یابد . درمورد مغز فولاد سیمهای آلومینیوم فولاد ، آزمایشاتی که برروی آنهاانجام گرفته ملاحظه‌گردیده که ازبین ۷۶ مورد آزمایش انجام گرفته ، ۴۷ مورد یعنی حدود ۶۲٪ ازنتایج آزمایشات

رضایت بخش نبوده‌است که این موضوع بیشتر درخطوطی به چشم می خورد که بیش از ۱۰ سال ازعمر بهره برداری آنهاگذ شته است ، زیراحفره ها وسوراخهائی برروی پوشش سطح سیم های فـــولادی مشاهده گردیده که‌نهایتا" منجر به زنگ زدگی وپوسیدگی سیم های مذکورمی گردد.

۲ـ۱ : اثرات آلودگی محیط برروی سیم گارد

آزمایشاتی که برروی سیم های گالوانیزه فولادی دارای ۷ ، ۱۲ و ۱۹ رشته که بین ۱۵ تا ۳۰ سال درحال بهره برداری بوده اند انجام شده مشاهده گردید که ازبین ۱۰۵ نمونه آزمایش انجـا م شده لایه خارجی ۳۲ ٪ ازسیم های گالوانیزه فولادی تست شده بطور قابل ملاحظه ای براثر آلودگـــی محیط دچار زنگ زدگی وپوسیدگی گردیده‌است .

بهر حال ازنتایج آزمایشات انجام شده برروی سیمهای اصلی وگالوانیزه فولادی چنیـن نتیجه گیری می شود که هرچه قطر سیم هابیشتر ودرنتیجه تعداد لایه هابیشتر باشد ازنظر مصـــون ماندن ازآسیب دیدگی بهتراست زیرالایه‌های خارجی به منزله، پوشش حفاظتی برای لایه های داخلـی درمقابل اثرآلودگی محیط هستند.

ازاین رو سیم های گارد فولادی تاسطح مقطع ۵۰ میلیمتر مربع با ۷ رشته درمقابل پوسیدگی وخورندگی اسیدی کاملا" حساس هستند ولازم است که پس ازطی ۲۵ سال ازعمر بهره برداری آنهـــا باسیم های فولادی دارای همان سطح مقطع منتهاباتعدادرشته های بیشتر ۱۲ یا ۱۹ رشته تعویـــض و جایگزین گردند، (چون تعدادلایه هابیشتر می شود) بطورکلی سیم های اصلی وگارد باقطر خارجـــی بیشتر حدود ۳۰٪ دیرتردرمعرض خورندگی اسیدی زنگ زدگی ، پوسیدگی وفساد تدریجـــی قـــرا ر می گیـرند.

۳ـ۱ : اثر کهنگی وسالخوردگی وپدیده‌های فیزیکی برروی سیم اصلی وسیم گارد

یکی دیگر ازعوامل موثر درکاهش نیـــروی پـارگی وکاهـش قـدرت تحـمـل کشـــش در سیـم های اصلـی وگارد وپائیـن آمـدن قابلیـت اطمینان آنهامسئلـه فرسودگـی وخستگـی سیم ها بعلت مورد استفاده قـرارگرفتن طی سالیان متمـــادی است کـه بـه علـــت کهنـگـــــی

وهمچنین اثرات پدیده ایولین برروی سیم ارتعاشات حاصله باعث خستگی سیم هاونهایتا " شکستگی سیم درمحل اتصالات بایراق آلات (سیم گیرها) می شود، دراین رابطه طبق تحقیقات بعمل آمده ارتعاشات عرضی ناشی ازوزش بادهای موسمی روی هادیهای خطوط درسرعتهای باد ۵/۵ــــ۵متربرثانیه حداکثرمی باشدوفرکانس ارتعاشات باتوجه به سرعت بادومشخصات مکانیکی خط از ۴ تا ۴۵ HZ می باشدعمرهادی دررابطه باپدیده ائولین باتوجه به زمان تداوم وزش بادهای موسمی،نوع منطقه عبور خط ، E.D.S ، اسپان معادل طراحی وغیره محاسبه شده وروش حفاظتی مناسب (استفاده ازدمپر وغیره) عمرهادی راافزایش میدهددررابطه باارتعاشات گالوپینگ و Subspan درخطوط باندل هم بررسی های لازم وروش حفاظتی مناسب (استفاده ازدمپرواسپیسردمپر) موردبررسی قرارخواهد گرفت ۰دراین موردآزمایشهائی که انجام می گیرد، آزمایش پیچش وخمش برروی مغزفولادسیم های اصلی آلومینیم فولاد وسیم گالوانیزه فولادی می باشد ۰

الف : آزمایش خمش

****

دررابطه باآزمایش خمش که برروی مغزفولادسیم های آلومینیوم ودرنمونه های مختلف انجام گرفته ملاحظه شده که بعضی ازسیم های مغزفولادی پس ازگذشت ۱۰ سال ازعمربهره برداری خودحتی قادر نیستندکه تحمل کمترین مقدار خمش راهم بنمایندچنانچه بعضی ازآنهافقط سه مرتبه خمش راتحمل کرده اندرصورتی که طبق استاندارد (JVSN.CI.701) کمترین مقدارخمش برای مغزفولاد سیم های آلومینیمی حدود ۱۶ مرتبه می باشد، ازطرفی نتایج بعضی ازآزمایشات نشان داده که تعدادی ازمغز فولادسیم های اصلی قادرندحتی تا ۲۹ مرتبه خمش راتحمل نمایند، بهرحال حقیقت این است که پس ازگذشت ۱۵ سال ازعمربهره برداری خطوط ، مغزفولادسیم های آلومینیومی قادرنیستندکه حتی مینیمم مقدار خمش راهم تحمل نمایند ۰

این اختلاف نتایج نشان می دهدکه ضعف سیم براثرسالخوردگی ، پوسیدگی وقرارگرفتن درمناطق آلوده است که این ضعف ممکن است درطول سیم مشاهده نشودولی بصورت نقطه ای یامقطعی دربعضی ازنقاط (نه درطول سیم) وجوددارد ۰

ب : آزمایش پیچش (تابیدن)

****

دراین آزمایش که برروی سیم های آلومینیوم فولادخطوط موجودانجام گرفته نتایج آزمایشات کاملا " متفاوت بوده ونمایانگراین است که اثرات جوی منطقه وآلودگی های محیط ، درمواردی نتایج قابل قبول داشته ودرمواردی که آلودگی های صنعتی شدیدبوده ویامسیرخط ازدشت های باپوشش گیاهی کم عبور

نموده (که دراین شرایط تاثیرپدیده اثولین حداکثرمی باشد) نتایج رضایتبخش نبوده است ۰

۲ـکاهش قابلیت اطمینان یراق آلات (فیتینگ ها وهاردورها)

****

ازنتایج آزمایشاتی که درکشوریوگسلاوی برروی تجهیزات (یراق آلات) خطوطی که بین ۱۰ تا ۳۰ سال ازعمرخودرادرحال بهره برداری بوده اندبرمی آیدمشخص شده که مشخصات الکتریکی ومکانیکی اینگونه تجهیزات بعلت فرسودگی وخستگی وکارمتمادی طی سالیان طولانی درمحیط های آلوده بطور قابل ملاحظه ای روبه ضعف نهاده ومنجربه کاهش قابلیت اطمینان آنهاگردیده است ۰

۲ـکاهش قابلیت اطمینان پایه های فلزی وبتنی وچوبی

****

الف : پایه های فلزی

****

یکی دیگرازمشکلات خطوط انتقال نیروکاهش قابلیت اطمینان پایه‌های فلزی براثربروزفسادتدریجی مثل زنگ زدگی ،پوسیدگی ،خورندگی اسیدی وفاسدشدن گالوانیزه Zn نبشی هاوغیره وبخصوص شکستن وبریدن پیچ ومهره هادرمحل اتصالات می باشدکه مورداخیردرنتیجه تاثیرپدیده اثولین برروی قطعات فلزی (نبشی هاوستونها) می باشدکه موجب شکستگی آنان نیزمی شود،بنابراین بازرسی مرتب ومنظم برج هاوتعویض تدریجی قطعات معیوب وپیچ ومهره های بریده شده ضروری است ،ازطرف دیگررنگ نمودن نبشی هائی که دچاررنگ زدگی گردیده رانیزبایدموردتوجه قرارداد، درصورتیکه مسئله حفاظت ونگهداری پایه های فلزی بطورصحیح ومرتب انجام گیردعمرمفیداین نوع پایه هابرای مدت ۷۰ سال پیش بینی وطراحی گردیده است ۰

دررابطه بافونداسیون تیپ گریلاژ پایه های فلزی که قطعات فلزی گالوانیزه استب باپوشش مناسب مستقیما " باخاك تماس داردتاثیراملاح خورنده خاك که موجب ازبین رفتن تدریجی پوشش حفاظتی قطعات وخوردگی پوشش Zn می گرددبایستی موردتوجه قرارگیرد ۰

ب : پایه های بتنی

****

پایه های بتنی که ازبتن وشبکه آرماتورفولادی تشکیل شده است ،بعلت بروزترکهائی موئین ویا پریدگی بتن وترك درشرایط نامناسب حمل ونقل یانصب ویادرشرایط بهره برداری ، رطوبت وآلودگی بداخل تیرنفوذنموده وباعث زنگ زدگی و پوسیدگی آرماتورهاگردیده ونهایتا " کاهش شدید مقاومت پایه بتنی رابهمراه خواهدداشت ۰

تیرهای بتنی درمناسب ترین شرایط ساخت ،حمل ،نصب وبهره برداری دارای عمرمفیدبالائی مـــی باشندولی تاثیرات هرگونه نقاط ضعف درهریك ازموارد وپروسسهای ساخت ،حمل نصب ونگهداری مـــی تواندباعث کاهش شدیدعمرمفیدپایه گردد .

یکی ازمشکلات تیرهای بتنی امکان ایجادترکهای موئی ویابدترین حالت ایجادشکافهای طولـــی ومورب درهریك ازشرایط مذکورمیباشدنفوذ رطوبت وآلودگی بداخل ترکهاوتاثیراکسیژن موجوددر هـــوا روی آرماتورهاباعث زنگ خوردگی وپوسیدگی آرماتورها می‌گرددشدت این پدیده درحوالی یقه تیرکـــــه درآنجابعلت ماکزیمم‌ممان خمشی بیشترین وبازترین ترکهای موئی رادارامیباشدوازطرف دیگرتاثیـــر املاح خورنده خاك بعلت مجاورت باهواحداکثرمیباشدبیشترین مقدارخودرادارامیباشد .

بعلاوه ترکهای موئی درنواحی سردسیردرزمستان بعلت نفوذآب ویخ زدن باعث فرسایش سطحی بتن (ریزش بتن) وپوسیدگی شدیدآرماتورهامیگردد (کاهش شدیدعمر) .

دررابطه بامشکلات ناشی ازترکهای موئی درتیرهای بتنی معمولی کاربردتیرهای بتنـــــی پیش تنیده (Prestressed) بعلـت احتمـال بـروزبمراتب کمترترکهائی موئـی ارجـــح میباشدودارای عمرمفیدبیشتری میباشد (درپیش تنیدگی کامل هیچگونه ترکی وجودنخواهدداشت) .

وجوداملاح خورنده SO3 (املاح سولفات) محلول درخاك باعث خورندگی دربتن وآرماتورهـای بتنی شده ونهایتا " موجب خوابیدن تیردرشرایط وزش باداعمال کشش وغیره میگردد، یادرحالت عادی براثرشدت پوسیدگی تیرمیشکند .

بعنوان مثال بالابودن در صداملاح سولفات موجوددرخاك درمسیرکوهپایه بین پروفیل سپاهـــان وسگزی باعث خورندگی شدیدتیرهای بتنی خط ۲۰ کیلوولت درقسمتهای داخل خاك شده است کـــــه پایداری مکانیکی این خط رادرمعرض خطرجدی قرارداده است (در اسلایدهامشخص است) درحالـــی که فونداسیون بتنی دکلهای ۶۳ کیلوولت خط کوهپایه بعلت استفاده ازسیمان ضدسولفـــات قـــوی (تیپ ۵) وتمهیدات دیگر (ایزولاسیون وتعویض خاك چاله) هیچگونه آسیبی ندیده است .

درجدول زیربراساس درجه بندی میزان درصدسولفات محلول درخاك که باآزمایش شیمیائی بدست می آیدطبق استانداردچهارکلاس مشخص شده که درهرموردمیزان درصدسولفات درخاك ودرآب زیرسطحی مشخص وبراساس آن روش مقابله بااین املاح خورنده مشخص شده است .

عیارسیمان kg	روش مناسب	نسبت وزنی آب به سیمان	SO_3 محول درآب زیرسطحی	SO_3 محلول در خاک	کلاس
۳۰۰تا۴۰۰	سیمان معمولی (پرتلند)	۰/۵	$S' < ۰/۳\%$	$S < ۰/۲\%$	S.1 خیلی کم
۲۳۰تا۴۳۰	سیمان تیپ ۲ (ضدسولفات معمولی)	۰/۵	$۰/۳\% < S' < ۰/۲۵\%$	$۰/۲\% < S < ۱\%$	S.2 کم
۲۷۰تا۴۵۰	سیمان تیپ ۵ (ضدسولفات قوی)	۰/۴۵	$۰/۲۵\% < S' < ۰/۵\%$	$۱\% < S < ۲\%$	S.3 متوسط
۴۰۰تا۴۷۰	سیمان آلومینای بالا وپاتیپ ۵ باایزولاسیون پایه وتعویض خاک اطراف پایه	۰/۴	$S' > ۰/۵\%$	$S > 2\%$	S.4 زیاد

" برای فونداسیون وبرای تیرهای بتنی مقادیربالاترعیاربکارمیرود "

نتایج آزمایش شیمیائی روی یازده نمونه اخذشده دراین مسیردرصد SO_3 محلول درخاک رابین ۰/۵درصدتا ۲ ودر مواردی بیشترمشخص نموده وبه این ترتیب استفاده ازسیمانهای تیپ ۲ ویا ۵ برحسب موردردرفونداسیونهای بتنی ودرساخت تیرهای بتنی ضروری است ، البته چون ضدسولفات حدود۵درصدتا ۸ درصدمقاومت بتن راکم میکندضمنا " دیرگیرمیشودلازم است باافزایش عیارسیمان ونسبت آب به سیمان موردلزوم مقاومت رابالابرد .

ج : تیرهای چوبی :

درارابطه باتیرهای چوبی اشباع شده یاغیراشباع (که دارای عمربه مراتب کمتری میباشد) وجودترک ، شکاف گرد گسیختگی مقطع تیر (ترک عمقی) شکست عرضی ومورب (جداشدن الیاف چوب) وپوسیدگیهای ناشی ازاثر قارچهای چوبخوار ، حشرات چوبخواروغیره تبخیروکاهش غلظت ماده اشباع (روغن کرئوزوت) وغیره عواملی هستندکه تاثیرعوامل جوی واملاح خورنده محلول درخاک رادرپوسیدگی تیرتسریع مینمایند .

تیرهای چوبی بکاررفته درمناطقی ازکانادا که درصد سولفات محلول بالااست درقسمت داخل زمین به شدت خوردگی پیدانموده ونمونه های زیادی ازخوردگی وپوسیدگی تیرهای چوبی بعلل مختلف فوق الذکر وجود داشته است که لازم است تمهیدات لازم برای هرمورد جهت افزایش عمرتیرهابعمل آید.

ایزولاسیون (قیروگونی نمودن) قسمت داخل زمین تیروتعویض خاك ، بتن ریزی باسیمان تیپ و۵ وروشهای دیگربرای کاربرد تیرهای چوبی درمناطق بازمینهای سولفاته الزامی است .

یکی ازمشکلات دیگر تیرهای چوبی که باعث کاهش عمر مفید تیربین $\frac{3}{4}$ - $\frac{1}{2}$ میگردد کاهش شدید غلظت ماده اشباع درحوالی یقه تیرمیباشد (بعلت ممان خمشی ماکزیمم دراین قسمت) وچون دراین قسمت ترکیب عوامل جوی وخاك بیشترین حالت پوسیدگی رابوجود می آورد تیر دراین قسمت سرعت پوسیدگی بیشتری راداشته وازبین میرود.

درکشورفنلاند که بعلت دارابودن منابع جنگلی وسیع بادرختان مناسب برای ساخت تیرهای چوبی بخش اعظم خطوط توزیع .فوق توزیع وانتقال نیروی آن بااستفاده ازپایه های چوبی درطرحهای یك تیره ،چند تیره وطرحهای اسکلتی مهارداروبابدون مهاروشبه خرپامیباشد برای افزایش عمرمفیدتر دراین رابطه ازروشی بنام روش کیری (تزریق ماده اشباع درحوالی یقه تیر) استفاده مینمایند بهاین ترتیب که هرچند سال یك بار (متناسب بامنطقه) در ۵۰ سانتیمتری بالاوپائین یقه تیر راباوسیله ای تزریقی که ماده اشباع گرم رابافشارزیاد توسط سوزن انژکتوربه داخل تیر ودرنقاط نزدیك بهم تزریق میکند عملی میسازند ، انجام این کار هرچند سال یك بارعمر تیر را۱/۵ تا ۲ برابر افزایش میدهد.

درکشور انگلستان نیز ازروش قیر اندودنمودن حدود ۶۰ سانتیمتر طول تیر درحوالی یقه وسپس نصب ورق آلومینیم بامیخ روی آن وقیر اندودنمودن ورق جهت جلوگیری ازپوسیدگی یقه نیز استفاده می نمایند (روش بانداژباورق آلومینیم قیراندود).

۴: سایر پدیده‌های موثردرفرسودگی زودرس اجزاء خطوط

الف ـ پدیده گالوپینك

****

درمناطق برفگیر درزمستان بعضا " قشر یخ سنگین روی هادیهاتشکیل میشودکه هنگام تخلیه باریخ هادیهابعلت ارتعاشات حاصله معمولا " بخش اعظم یخ موجود روی یك هادی درطول اسپان تخلیه شده وایین تخلیه ناگهانی باعث پرتاب شدیدهادی درهوامیگرددکه درآرایش فازهای عمودی ویاترکیبی ودرصورت کم بودن فاصله افقی فازهای بالاوپائین باعث نزدیك شدن وبرخوردفازهاووقوع اتصال کوتاه دوفازوبعضا " سه فازودرمواردی موجب برخوردباسیم گاردواتصال فاز ـ زمین میگرددکه وقوع این اتصالیهاباعث برقراری قوس شدید وآسیب شدید هادیهاخواهدشد، بارزترین نمونه این پدیده درخط ۶۳کیلوولت دومداره فرادنبه آلونی بودکه باوجود گذشت شش سال ازبهره برداری خط به لحاظ تقریبا " مساوی بودن طول کراس آرمهاگذشهای آونگان به کرات بااین پدیده درمناطق مرتفع مواجه شده وبخش اعظم سیم دچارآسیبهای جدی شده است .

دراین شرایط استفاده ازبرجهای دارای اختلاف کافی طول کراس آرمها درآرایش فازهای عمـــــودی واستفاده اززنجیره های گالوپینگ دراسپان های بلندضروری میباشد .

ب ــ پدیده گالوانیک کروژن GalVanic Crossion

بعلت وجودکوپل ترموالکتریك بین پوشش Zn مغزفولادورشته های آلومینیمی هادیهای ACSR درمناطق آلوده ومرطوب پدیده فسادتدریجی الکترولیتی موسوم به گالوانیك کروژن موجب خوردگی رشته هـای فولادی می گـردد ،که دراین رابطه استفاده ازهادیهای ACSR (AW) (مغزفولادازنـــوع آلموولد) الزامی است .

این پدیده دررابطه بامقره های بشقابی باعث خوردگی تدریجی پین مقره می گرددکه دراین رابطـــه استفاده ازرینگ Zn اطراف قسمت داخلی پین به منظورافزایش سطح عبورجریان (کاهش چکالی جریان) موثرمی باشد .

ج ــ کاهش قابلیت اطمینان ایزولاتورهاواثرآن برروی پایداری خط

خطوط انتقالی کهازمناطق باآلودگی زیادعبورمی کندبعلت تاثیرهوای آلوده برروی مقره ها باعث کاهش خاصیت عایقی آنان، تضعیف پوشش گالوانیزه Zn قطعات فلزی ، وتضعیف مشخصات الکتریکـــــی ومکانیکی وسایرمشخصه های آنان می گردد، دراین صورت براثرضعفی که درآنان بوجودآمده پدیده‌هـای Flashover درهوای مهی وبارانی و Back Flashover درشرایط (اصابت مستقیم صاعقـــه برروی خطوط) چنین مقره هائی زادچارسوراخ شدگی وایجادترك وخردشدن سپرعایق نموده ومشکـــلات کاهش استقامت عایقی آنان رابهمراه خواهدداشت .

درآزمایشات متعددی که برروی مجموعه ایزولاتورهاانجام گرفته ملاحظه‌شده که تعدادی ازواحدهای مقره دریك مجموعه قبلا " سوراخ شده وبهمین علت توانائی عایقی مجموعه شدیدا " کاهش پیدانمـــوده است .

وبادرآزمایش ولتاژجرقه مرطوب بافرکانس 50 HZ مشاهده گردیده که تحمل پایداری بیشتـــــر مقره هادرمقابل چنین آزمایشی حدود ۲۰٪ کاهش پیداکرده است .

درآزمایش الکترومکانیکی انجام گرفته برروی ۲۶۷ نمونه مقره بشقابی ملاحظه‌شده که ۴۴ موردیعنی حـــدود ۱۶/۵٪ نتایج آزمایشات رضایت بخش نبوده .

درآزمایش پوشش گالوانیزه برروی قسمتهای فلزی ۳۷ نمونه مقره بشقابی نتایج حاکی ازآن است که ۲۲ موردیعنی حدود ۵۹/۵٪ ازآنهادارای کیفیت قابل قبولی نبوده است .

همه عوامل فوق بیانگراین حقیقت است که تسریع درامرکاهش قابلیت اطمینان ایزولاتورهابستگی بـــه

میزان آلودگی محیط، وطول مدت بهره برداری داردونهایتا " بهره برداری ازچنین خطوط با مقره های معیوب خالی ازخطرنیست وممکن است منجربه حوادث غیرقابل پیش بینی گردد، لذاضروری است که بایك برنامه ریزی قبلی مقره های مخصوص ضدآلودگی با ویژگیهای بخصوص استفاده گردد .

نتیجه گیری وپیشنهادات :

****

دررابطه بامسائل سالخوردگی تجهیزات خطوط بایستی برنامه ریزی برای تجدیدحیات این خطوط باتوجه به پارامترهای زیرمعمول گردد.

الف : نقش خطوط درسیستمهای قدرت .

ب : هزینه تعمیرات ونگهداری .

ج : هزینه های اتفاقی براثرحوادث درخطوط درحال بهره برداری .

د : مقایسه هزینه های تعمیرات متوالی باهزینه های تجدیدحیات خطوط .

برای این منظورکلیه تجهیزات خطوط مانندهادیها، مقره هاوبراق آلات بطورجداگانه بررسی ومورد آزمایشات لازم قرارگرفته وازنظرکارائی وتوانائی موردارزشیابی قرارمیگیرند.

دراین رابطه موارد زیرقابل توجه میباشد.

- باتوجه به هزینه ۳۵ تا ۴۰ درصدسیم ، تعویض آن بادقت وملاحظات فنی اقتصادی معمول گردد.
- درمواردآسیبهای موضعی سیمهامیتوان ازروش ترمیمی بااستفاده از repair sleeveواسپلایس کشوئی استفاده کرد.
- باتوجه به عمردوبرابرپایه های فلزی تعویض سیم درشرایطی که قدرت انتقالی بیشتری موردنیاز باشدباتوجه به تکنولوژی ساخت هادیهای بامشخصات مکانیکی مشابه وهدایت الکتریکی بیشترکاملا " عملی است .
- مقره های بیش از ۲۵ سال با تائیدآزمایشگاه مورداستفاده قرارگیرند.
- استفاده ازمقره های ضدآلودگی معمولی و Sphiral , Open profile برای مناطق دارای آلودگیهای صحرائی،صنعتی وساحلی متوسط وسنگین ومقره های ضدمه برای مناطق مرتفع وپرباران . ضمنا " استفاده ازمقره‌های جدید compositeنیزبرای خطوط E.H.V دراین شرایط مناسب میباشد.
- کنترل اجزاء سیستم ارتینگ پایه‌ها وتعویض وترمیم اجزاء خورده شده
- تعویض یراق آلات پوسیده
- کاربرد لوازم مناسب براساس شرایط ومشخصات مورد لزوم طرحها جهت تامین حداکثر هماهنگی درعمر

مفیدتجهیزات •

ـ افزایش عمرمفیدتیرهای چوبی بااجرای روش تزریق مادهاشباع درحوالی یقه تیر (روش کبـــری)و یاروش باندازورق آلومینیم قیراندود •

ـ افزایش عمرمفیدتیرهای بتنی بااستفاده ازمصالح مناسب وروشهای صحیح ساخت ، حمل ونقل،نصب وبهره برداری اصولـــی •

ـ انجام آزمایشات شیمیائی خاك برای مشخص نمودن نوع ومیزان املاح خورنده خاك وکاربردروشهای مناسب حفاظت پایه های فلزی ، بتنی وچوبی درمقابل آنها •

ـ بازدیدهای دوره ای ، سرویسهای منظم وتعمیرات اساسی باتوجه به برنامه های تعمیـراتـــــــی وبهره برداری اصولی خطوط •

ـ درنظرگرفتن ملاحظات ایمنی وحفاظتی وضریب اطمینان متناسب درطراحی خطوط انتقال نیـــرو دررابطه باافت تدریجی مشخصات فنی تجهیزات خطوط دراثرکهنگی وفرسودگی وتاثیرات عـوامـــل بیرونـــی •

ـ انجام آزمایشات لازم روی نمونه های تجهیزات فرسوده ومشخص نمودن درجه فرسودگی ودارابـــودن حداقل قابلیت اطمینان موردلزوم •

ـ مطالعه وتحقیق وانجام آزمایشات لازم دررابطه باتاثیرات کلیه عواملی که موجب پیـــنـــری زودرس تجهیزات خطوط درمناطق دارای شرایط خاص شده واعمال روشهای طراحی صحیح وانتخاب تجهیـــزات مناسب برای این مناطق •

مـــراجـــع :

1- Cigre transmission lines open conference 1989

2- Over head electric power lines by G.C. GRACY

3- نشریات ومقالات داخلی وخارجـــی

4- خطوط انتقال انرژی هوائی جلددوم : تهیه کننده ناصرابوالقاسمی (انتشارات برق اصفهان ودانشگاه صنعتی اصفهـــان) •