هشتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران
۳۰ و ۳۱ اردیبهشت ۱۳۸۲

با اصلاح و کنترل صحیح سیستم زمین جان انسانها و سلامت تجهیزات را تضمین کنیم

جلیل عابدی
شرکت توزیع نیروی برق شیراز
ایران

کلید واژه ها : سیستم زمین – ایمنی

چکیده

بدون تردید شرکتهای توزیع نیروی برق نتوانسته اند همگام با پیشرفتهای انجام شده در تأسیسات و بهره برداری از نیروی برق ، فرهنگ سازی مناسبی بل اخص در بخش ایمنی آن بوجود آوردند (تکرار حوادث تلخ و بعضاً مشابه ، برای همکاران و مصرف کنندگان برق بخشی از این نارسایی هاست). شاید دلیل عمده آن پیچیدگی و زمان بری تغییر فرهنگ عمومی و وجود مشکلات عدیده مالی ، اجتماعی و مدیریتی برای کارکنان است که بقول معروف موجب بی حواسی و بی دقتی می شود . هدف این مقاله نیز تأکیدی بر ارزش فوق العاده سیستم زمین در حفاظت از سلامتی انسان و تجهیزات است .

مسلماً طراحی و اجرای صحیح زمین کردن تأسیسات و تجهیزات اقدامی لازم ولی ناکافی است . زیرا نگهداری و انجام آزمایشات دوره ای همراه با بالا بردن سطح آگاهی عمومی نیز ازاهمیت زیادی برخوردار است .

جهت جلوگیری از تکرار حوادث و خساراتی که بعضاً منجر به فوت هم میگردد پیشنهاداتی با هزینه معقول ارائه میگردد تا عواقب ناشی از هرگونه خطای انسانی و یا تجهیزاتی را به لحاظ عملکرد سریع و صحیح سیستم زمین به حداقل ممکن رسانده و از طرفی موجب افزایش رضایتمندی مشترکین و بالا رفتن درآمدها به دلیل کاهش خاموشیهای ناخواسته گردد .

مقدمه

اخیراً با توجه به حوادث جانی و مالی ناشی از نقص سیستم زمین در شبکه های توزیع برق ، مسئولین واحدهای ایمنی و فنی شرکتها اقدامات مثبتی معمول نموده اند ، اما با توجه به ارزش فوق العاده آن در صنعت برق یعنی حفاظت دو عامل اساسی (انسان و تجهیزات) باید بر ضرورت آشنایی و اصلاح آن اصرار ورزید .

مسلماً اگر آمار درستی در زمینه برقگرفتگی ناشی از نقص اتصال زمین در کشورمان وجود داشت ، مطمئناً در جهت اصلاح و توسعه آن لحظه ای درنگ نمی گردید ، زیرا ضعف در شبکه سیستم زمین حوادث بسیار زیادی اعم از برقگرفتگی و انفجارتجهیزات تاکنون دنبال داشته که تنها در پست فوق توزیع اسلام آباد (تحت پوشش برق اصفهان) در سال ۶۹ و ۷۰ سه مورد اتفاق افتاده است . بدون شک هر ساله تعدادی از مصرف کنندگان برق و مخصوصاً همکاران عزیز ما در صنعت برق بر اثر تماس با تجهیزات و یا عبور از مجاورت آنها دچار برقگرفتگی می شوند که خسارات مالی فراوانی به دنبال دارد و یکی از عوامل عمده آن نقص سیستم زمین می باشد و این تجربه تلخ ما را موظف می کند که از هر طریق ممکن و با استفاده از دانش و تجربیات بدست آمده ، ضایعات را به حداقل برسانیم .

آموزشهای لازم ، همراه با تهیه لوازم ضروری و توجه جدی به وضعیت روحی و فیزیکی همکاران توأم با حاکمیت نظم و انضباط فردی و گروهی که در سایه تشویق و تنبیه بموقع و تدوین شده ، حاصل میگردد ، می تواند در دستیابی به این هدف مهم ، مؤثر واقع گردد .

آمار بیشمار حوادث بخیر گذشته که تنها در سینه همکاران با تجربه مخفی مانده است و یا حوادثی که منجر به فوت ، نقص عضو و ...گردیده است، نشان می دهد که رعایت مسائل ایمنی و تجزیه و تحلیل حوادث ، نیاز به مدیرانی کاردان و دلسوز دارد که با دیدی سخاوتمندانه در جهت رفع کمبود ابزارهای این واحد مهم ، تلاش نموده و قادر به ایجاد فرهنگ ایمنی در بین همکاران باشند اقدامات اخیر شرکتهای توزیع، نشانگر این تعهد و همت است . امید است این فرهنگ چنان در بین کارکنان و مصرف کنندگان برق رونق یابد که هرگز شاهد حواث تلخ و ناگوار گذشته نبوده و اتفاقات به حداقل ممکن برسد .

شرح مقاله

در صورت رعایت استاندارد ایمنی برق مخصوصاً سیستم اتصال زمین ، حوادث دلخراش کنونی در سطح کشور به شدت کاهش می یابد . زیرا بیشترین خطری که انسان را در استفاده از انرژی الکتریکی تهدید می کند خطر اتصال زمین از طریق انسان است . بنابراین در این مقاله سعی میگردد به اختصار روشهای صحیح زمین کردن و محاسن دست یابی به مقاوت کم زمین تشریح و در پایان نتیجه گیری گردد و از اثبات و نقل فرمولها در حد امکان پرهیز و مطلب با زبانی ساده و قابل استفاده برای همگان بیان شود تا ادای قطره ای از دریای مسئولیتمان در برابر ملت بزرگمان باشد .

۱- هدف از بکار بردن اتصال زمین

۱-۱- حفاظت جان کارکنان و عابرین در مقابل برقگرفتگی (تأمین سیستم زمین موقت یا دائم با مقاومت کم).

۱-۲- حفاظت دستگاههای الکتریکی.

۱-۳- کارکرد صحیح برقگیرها و جلوگیری از خسارات ناشی از رعد و برق وکلید زنی .

۱-۴-کشف اشکالات سیستم توسط رله های اتصال زمین .

۱-۵- جلوگیری از افزایش ولتاژ در اثر بروز اتصالی یک فاز به زمین و عدم تعادل ولتاژ.

۲- تعاریف

۲-۱- مقاومت مخصوص زمین : عبارت است مقاومت یک متر مکعب از زمین (بابعاد ۱×۱×۱) که بین دو الکترود سنجیده شده است .

۲-۲- زمین حفاظتی : زمین کردن کلیه قطعات فلزی تأسیسات الکتریکی که در ارتباط مستقیم با مدار الکتریکی نبوده وبرای حفاظت اشخاص در مقابل ولتاژ تماس صورت میگیرد .

۲-۳- زمین کردن الکتریکی : عبارت است از نقطه ای از دستگاه که جرئی از مدار الکتریکی بوده و برای جلوگیری از ازدیاد ولتاژ فازهای سالم در موقع تماس یکی از فازها با زمین ، صورت میگیرد .

۳- نقاطی که بایستی زمین شوند عبارتند از

۳-۱- سیم نول شبکه فشار ضعیف در نقاط مشخص (در انتهای خطوط ، ابتدای خطوط و فاصله های حدود ۱۵۰ متر).

۳-۲- بدنه کلیه دستگاههای برقی و ترانسهای زمینی و هوایی .

۳-۳- نقطه زمین برقگیرها، سرکابلها، سکسیونرها و ...

۳-۴- سیم ثانویه ترانسفورماتورهای ولتاژ و نقطه صفر ترانسفورماتورهای جریان .

۳-۵- یکی از دو سیم ثانویه ترانسفورماتورهای تکفاز دو سیم .

۳-۶- سیم نول مشترکین در محل نصب کنتور که خوشبختانه در سالهای اخیر رایج شده است .

۳-۷- مرکز ستاره ترانسفورماتورهای قدرت و ژنرانورهای سه فازه .

۳-۸- حصارهای فلزی ایستگاهها و سایر قسمتهای فلزی در محدوده پستهای فوق توزیع به بالا .

۴- اهمیت سیستم حفاظتی و الکتریکی

درزمانیکه ولتاژ شبکه های هوایی انتقال نیرو در اثراختلالات جوی و یا کلیدزنی افزایش می یابد ، عملکرد صحیح دستگاه در اثر ولتاژهای گذرا و جلوگیری از خطرات ولتاژهای تماس ، زمین حفاظتی با مقاومت کم و قابل اعتماد برای برگرداندن موقعیت شبکه به حالت عادی ضروری است مهمتر ازآن حفاظت افراد در برابر ولتاژهای تماس می باشد .

زمین الکتریکی با مقاومت کم نیز موجب جلوگیری از افزایش ولتاژ در زمان تماس یکی از فازها به زمین ، عدم آسیب به عایقکاری دستگاه و

نهایتاً عملکرد سریع و صحیح فیوزهای اولیه و جدا شدن از منبع میگردد .

۵- مقدار مقاومت زمین

با پیشرفت تکنولوژی و استفاده از ابزارهای دقیق مانند رایانه ها ، دستگاههای مخابراتی و نظامی دسترسی به اتصال زمین با مقاومت کم اهمیت بیشتری پیدا کرده و دراین مکان ها و تجهیزات حداکثر مقاومت زمین را پنج اهم و عده ای دیگر سه اهم و در بعضی حالات خاص به اندازه کسری از یک اهم پذیرفته اند ، لیکن طبق شرایط متداول مقاومت یک میله اتصال زمین نباید از دو اهم تجاوز کند .

اما متأسفانه در حال حاضر مقاومت سیستم زمین تجهیزات در شرکتهای توزیع برق مخصوصاً در مناطق سنگی و کوهستانی که اینجانب شاهد اندازه گیری آن بوده ام . به بیش از یکصد و هفتاد اهم هم می رسد ، در حالی که عمق چاه حدود سه متر وطول میله ارت ۱/۵ متر بوده است، لیکن با ایجاد میله های موازی این مقدار به حدود ۱۰ اهم رسید . به تجربه دریافته ایم که به علت ضعف درطراحی و اجرای سیستم زمین متأسفانه ارتباط بین هادی و میله زمین قطع شده و مقاومت بسیار بالای موجود ، افراد و تجهیزات را بشدت تهدید می کند .

۶- انواع سیمهای قابل مصرف در سیستم زمین

۶-۱- سیم مسی با مقطع حداقل ۱۶ میلیمتر مربع (کمتر از این مجاز نیست).

۶-۲- سیم آلومینیومی با مقطع ۵۰ میلیمتر مربع .

۶-۳- سیم فولادی روی اندود با مقطع حداقل ۵۰ میلیمتر مربع .

۷- مقاومت کل سیستم زمین

شامل سه جزء زیر است .

۷-۱- مقاومت الکترود و اتصالات آن که مقدار ناچیزی از مقاومت کلی را تشکیل میدهد .

۷-۲- مقدارمقاومت اتصال ما بین الکترودو زمین ، که این مقدار هم خیلی کمتر از آن است که تصور گردد و اگر الکترود عاری از رنگ و گریس باشد و زمین به محکمی فشرده شود ، اداره استاندارد ثابت کرده است که اثرات زنگ زدگی بر روی الکترود آهنی با قطر معمولی (دو اینچ) بسیار ناچیز است .

۷-۳- مقدار مقاومت زمین اطراف الکترود، در زمینهایی که مقاومت مخصوص یکسانی دارند، جریان درتمام جهات عبور می دهند و نزدیکترین پوسته زمین با الکترود طبیعتاً کوچکترین مساحت و بیشترین مقاومت را خواهد داشت و مساحت پوسته زمین بعدی تا اندازه ای بزرگتر و مقاومت آن کمتر و بالاخره به فاصله ای از الکترود خواهد رسید که از این به بعد پوستهای زمین اضافی ، افزایش قابل توجهی روی مقاومت سیستم نخواهد داشت ، بنابراین مقاومت اطراف الکترود بزرگترین سه جزئی است که مجموعاً مقاومت کل سیستم را تشکیل می دهد و با توجه به اثرات رطوبت و درجه حرارت وجنس زمین بر روی مقاومت مخصوص ، مقدار آن ثابت و قابل پیش بینی نیست و از ۵۰۰ تا ۵۰۰۰ اهم سانتیمتر تغییر می کند .

۸-عوامل مؤثر در مقاومت مخصوص زمین

تشخیص کامل مقاومت زمین آسان نیست ، خاک رس بسیاری از زمینها را پوشانده است ، بعنوان مثال زمینی که دارای خاک رس و یا ماسه زیاد است ، مقاومت مخصوص زمین را خیلی تغییر می دهد زیرا زمین بمقدار زیادی خاصیت الکترولیتی داشته و قابلیت هدایت جریان را دارد، بنابراین درصد رطوبت و نمک مقدار مقاومت مخصوص آن را تغییر می دهد . هر چند مقدار آب در زمین بر حسب فصول سال و بدلیل جنس زمین زیرین و عمق سطح دائمی آب متغیر است ، اما موقعی که خاک هموژن (یکنواخت) باشد مقاومت ظاهری در اعماق مختلف یکسان است .

۹-عواملی که ما را موظف به آزمایشات دوره ای برای سنجش مقاومت زمین میکند

۹-۱- توسعه تجهیزات : یک وسیله الکتریکی یا یک پست ممکن است توسعه یافته و چنین تغییراتی باعث می شود که شرایط مختلفی برای الکترود پیش آید و مقاومتی را که قبلاً مناسب بوده است در شرایط فعلی مناسب نباشد .

۹-۲- عمر تجهیزات : اغلب لوله ها ، کانالهای سیم و کابل که در زمین نصب شده است ابتدا دارای اتصال زمین کم مقاومت و مؤثر می باشند . لیکن تدریجاً این اطمینان را از دست می دهند .

۹-۳- وضعیت زمین : در بسیاری از محلها رطوبت تدریجاً پایین می رود و در حدود یکسال در اثر خشک شدن رطوبت زمین اطراف، مقاومت الکترود بالا می رود و ارزش اولیه آن از دست می دهد ،بنابراین یکی از عوامل بسیار مهم اتصال زمین ، عمرمفید آن است که باید در حدود عمر سایر تجهیزات باشد (حدود ۳۰ سال) متأسفانه در حال حاضر به این مهم توجه نمی شود و در اثر فاسد شدن تدریجی تجهیزات بکار رفته و افزایش مقاومت ، حوادث ناگواری پیش می آید ، بنابراین بررسی مقاومت زمین تنها در زمان نصب کافی نبوده و نیاز به یک برنامه مدون آزمایش دوره ای مقاومت زمین می باشد .

۱۰- طرق کاهش مقاومت زمین

سه روش متداول به شرح زیر و به ترتیب اولویت جهت کاهش مقاومت زمین وجود دارد .

۱۰-۱-افزایش طول الکترود در داخل زمین

همانگونه که تصور می شود ، فرو بردن یک میله طولانی در عمق بیشتر زمین (در صورت امکان) مقاومت سیستم زمین را به خوبی کاهش می دهد و بطور کلی اگر طول میله را دو برابر نمائیم مقاومت آن تا حدود ۴۰٪ کم می شود ، مثلاً اگر میله ای به اندازه ۶۰ سانتیمتر در زمین فرو برده شود و مقاومت آن ۸۸ اهم باشد . زمانی که عمق میله به اندازه ۱۲۰ سانتیمتر شود مقاومت به حدود ۵۰ اهم خواهد رسید .

دریک بررسی انجام شده مشخص گردیده که سالها پس از نصب میله های زمین ، تعداد قطعی ناخواسته کلید پست توزیع در سال به بیش از ده بار رسیده است ، ولی پس از نصب میله های عمیق در زمین ، تعداد قطعی های ناخواسته در سال به یک بار رسید . در مناطقی که زمستان سردتر و

یخبندان باشد مقاومت مخصوص بطور چشمگیری افزایش می یابد در چنین زمینهایی میله های اتصال زمین باید به پایین تر از نقطه انجماد برسد . هر چند افزایش قطر میله زمین باعث کاهش مقاومت میگردد ، اما مقدار این کاهش اندک است و برای یک عمق ثابت با دو برابر کردن قطر میله مقاومت درحدود ۱۰٪ کاهش می یابد که بعلت وجود مسائلی چون سنگینی ، ارزش اقتصادی و مشکل فرو بردن در زمین ، کمتر مورد توجه میباشد .

۲-۱۰- استفاده از میله های متعدد

روش مناسبی برای کاهش مقاومت میباشد ، بدین ترتیب که اگر دو عدد میله را با فاصله های معین در زمین فرو بـــرده شود (حداقل به انـــدازه طول میله که ۲/۴۵ متر با قطـــر حداقل ۱۶ میلیمتر می باشد) مسیرهای موازی بوجـــود می آید ، در حقیقت این دو میله دو مقاومت مـــوازی است که مقاومت معـــادل برابر است با

$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$ ، هر چند به علت خصوصیات زمین مقاومت معادل نصف مقاومت هر یک از میله ها نیست ولی بفرض اینکه اندازه میله ها یکی باشد و با عمق مساوی در زمین فرو برده شود مقاومت معادل دو میله به حدود ۶۰٪ کاهش می یابد (مقاومت هر میله ۱۰۰ اهم فرض شده است) و برای سه میله با مقاومت مساوی این مقدار به حدود ۴۰٪ و برای چهار میله با مقاومت مساوی تا حدود ۳۳٪ کاهش می یابد .

۳-۱۰- درمان شیمیایی :

برای پاییـــن آوردن مقاومت زمین زمانیکه نمی توان از روشهای فوق به علت وجود تخته سنگها و .. استفاده نمود ، درمان شیمیـایی انجام می گیرد ، البته باید به اثرات خورندگی و زنگ زدگی احتمالی روی الکترودها توجه نمود . خاصیت خورندگی سولفات منیزیم و سولفات مس کمتر از نمک طعام است لیکن به لحاظ اقتصادی و فراوانی از نمک طعام استفاده میگردد ، بدین ترتیب که نمک کوبیده و سرند شده با خاکه ذغال چوب و خاک سرند شده با نسبت وزنی ۱- ۰/۵ — ۱۰ با هم مخلوط و حداقل تا ارتفاع ۱/۵ متری (در صورت امکان) از ته چاه پر شده و کوبیده می شود . ابتدا ذغال چوب در اطراف صفحه الکترود ریختـــــه می شود ، به نحوی که حداقل ۲۰ سانتیمتر ذغال بالاتر از الکترود قرار گرفته و کوبیده می شود ، سپس به تناوب یک لایه ذغال به ضخامت ۱۵ سانتیمتر از ته چاه پر شده و بقیه چاه را با خاک سرند شده پر و کوبیده می شود .

۱-۳-۱۰-معایب درمان شیمیایی

الف : عدم ثبات مقاومت در طول فصول مختلف ، زیرا مقاومت اتصال زمین در تابستان و پائیز زیادتر است و این در حالی است که برای خنثی نمودن اثرات رعد و برق بر روی شبکه های نیروی برق به مقاومت کم زمین نیازمندیم .

۱-۲-۱۰- در صورتیـــکه امکان کوبیدن میله ها در زمین به عمق مورد نیاز نباشد یک سیم لخت مـــی که قطر آن چهارمیلیمتر یا بیشتر باشد در عمق

حداقل ۴۵ سانتیمتر از سطح زمین و به طول ۳۰ متر اتصال زمین قابل قبولی را تشکیل می دهد .

ب : عدم پایداری و اثر خورندگی : آب باران و تخلیه طبیعی آب تدریجاً باعث از بین رفتن اثرات مواد شیمیایی میگردد .

۱۱- مقدار عمق الکترود در زمین

به طور کلی این عمق باید به حدی برسد که :

الف : زمین در آن عمق رطوبت دائمی داشته باشد (بطور نسبی).

ب : درجه حرارت زمین تقریباً ثابت باشد (زیر خط شبنم)

۱۲- طریقه نصب الکترودهای میله ای در زمین

در هر کجا که امکان داشته باشد باید میله را به طور عمود در زمین قرار داد ، در غیر اینصورت می توان با هر زاویه ای که ۶۰ درجه نسبت به حالت عمود تجاوز نکند در زمین فرو برد و برای جلوگیری از غلظت جریان خیلی زیاد فاصله میله های موازی از یکدیگر بین ۱/۵ تا ۲/۵ متر باشد .

۱۳- نگهداری و حفاظت از هادیهای زمین

الف : نصب حفاظ در وضعیتی که هادیها در معرض صدمات مکانیکی هستند .

۱۴- جدائی الکترودهای اتصال زمین و هادیهای آنها

الف : اتصال زمین برقگیر ، بدنه هادی تجهیزات فشار متوسط .

ب : اتصال زمین هادی مشترک حفاظتی/ الکتریکی در فشار ضعیف .

ج : اتصال زمین سیستم صاعقه گیر ساختمانها و سازه ها (جزء در مواردی که از خود ساختمان به عنوان هادی اتصال زمین استفاده می شود .)

۱۵- شدت جریان مجاز و استقامت میکانیکی در هادی اتصال زمین

شدت جریان مجاز کوتاه مدت یک هادی ، شدت جریانی است که هادی می تواند بدون آن که ذوب شود و یا در اثر نیروهای وارده گسسته شود ، از خود عبور دهد و اگر هادی زمین دارای عایقبندی باشد شدت جریان مجاز کوتاه مدت آن جریانی است که به عایقبندی آن آسیب وارد نیاورد . در قسمتی از مسیر که هادی اجباراً از چند شاخه تشکیل شده باشد ، شدت جریان کل جمع جریانهای شاخه ها خواهد بود . مقدار مجاز جریان کل دائمی هادی در سیستمهای فشار ضعیف با اتصال بیش از یک نقطه نباید از ۱/۵ برابر جریان هادیهایی که به آن وصلند کمتر باشد . برای حفاظت صحیح تأسیسات و جلوگیری از برقگرفتگی بایستی کلیه کلیدها و فیوزهای قطع کننده بموقع عمل کنند ، لذا می توان مقدار شدت جریان اتصال کوتاه در بدترین شرایط برحسب آمپر و در بار کامل ترانسفورماتورها و یا خطوط توزیع (Ia) به طور تقریب چنین محاسبه کرد .

$$Ia \rangle KI$$

K ضریب ۲/۵ برای قطع کننده ها

I جریان اسمی بر حسب آمپر

حداکثر مقـــاومت سیستم زمین (RS) را هم می توان از رابطه زیر بدست آورد .

$$\frac{RS}{RE} \leq \frac{VL}{VO - VL}$$

که در آن :

RE حداقل مقاومت اتصال به زمین بر حسب اهم.

VL حـــداکثر ولتاژ مجاز تماس برای افراد(۵۰ ولت در جریان متناوب).

VO ولتاژ فازی بر حسب ولت .

بدیهی است هادیها در بار کامل مقاومت بیشتری دارند . چنانچه شدت جریان عبوری از هادی زمین ، به سبب استفاده از اتصال زمینهای مکرر ، مقدار زیاد و یا غیرقابل قبول باشد ، باید یک یا چند اتصال به زمین در نقاط مختلف را (به جز اتصال زمین اصلی) حذف و یا محل اتصال به زمینها را تغییر داد .

۱۶- مقدار ولتاژ مجاز

سیستم زمین (دائم یا موقت) مستقیماً باجان انسانها و سلامتی تجهیزات مرتبط است و اگر مقاومت بدن انسان برای ولتاژهای زیاد حدود ۱۰۰۰ اهم و برای ولتاژهای کم حدود۳۰۰۰ اهم درنظر بگیریم، شدت جریان حدود ۲۰ میلی آمپر با فرکانس ۵۰ هرتز خطرناک است (ولتاژ مجاز حدود ۶۰ ولت منظـور شـــــــــــده است ۶۰ = ۰/۲۰ × ۳۰۰۰)

توضیح اینکه فرکانسهای ۵۰ تا ۴۰۰ هرتز مهلکترین فرکانس می باشند و بالاتر از آن باعث سوختگی میگردد ، زیرا در این حالت جـــریان تنها از طریق پوست بدن می گذرد و لطمه ای به قلب ودستگاه تنفسی وارد نمی کند و فرکانس کمتر از ۵۰ هرتز نیز باعث اتلاف انرژی گردیده و مقرون به صرفه نیست . تدابیری که برای حفاظت انسان در اثر تماس با بدنه دستگاههای الکتریکی انجام میگیردعموماً بر اساس ولتاژ ۶۵ ولت (نسبت به زمین) است ولی با این حال کشورهای مختلف استانداردهای متفاوتی دارند، از جمله در لهستان ، سوئیس استاندارد آن۵۰ ولت و در سوئد ، فرانسه ۲۴ ولت برای جریان متناوب و ۵۰ ولت برای جریان مستقیم و در شوروی سابق با توجه به شرایط مختلف محیطی ۱۲ ،۳۶ و ۶۵ را انتخاب کرده اند . مقدار ولتاژ مجاز جریان مستقیم دقیقاً مشخص نشده اما بالاترین مقدار آن ۷۵ ولت بیان شده است ،بدیهی است خطر عمده در جریان مستقیم در صورت طولانی بودن زمان برقگرفتگی ، تجزیه خـــون و مسمومیت است .

بدیهی است علاوه بر شرایط پوست بدن ، عواملی نظیر خستگی ، گرسنگی ، بیخوابی ، عصبانیت ، تشنگی ، اندوه ، بیماری و مخصوصاً عرق کردن بدن موجب افزایش برقگرفتگی میگردد .

۱۷- پیشنهادات

۱-۱۷- چون پیش بینی دقیق مقاومت زمین کاری ناممکن و تعیین مقدار تقریبی آن نیاز به افراد کار آزموده و با تجربه دارد لذا بایستی درهنـــگام طراحی ، نوسازی ، تعمیرات و یا اتفاقات ، بهترین روش زمین کردن (میله ای ، موازی ، درمان شیمیایی) را انتخاب و مناسبترین نقاط را زمین (دائم یا موقت)کنیم .

۱۷-۲- سیم زمین برقگیرها با لوله های عایقی ویا سیم های روپوش دار عایق گردد (زیرا در زمانیکه برقگیرها بهر علت تخلیه الکتریکی می گردند و سیم زمین برقگیر برقدار می شود در دسترس نباشد .)

۱۷-۳ تهیه و تکمیل شناسنامه الکترودهای زمینی که شامل

۱۷-۳-۱- محل الکترود: با استفاده از نام، شماره یا کد پست ، خط ، تیر ،تابلو، مشخص شود .

۱۷-۳-۲- تاریخ احداث : روز،ماه وسال خاتمه عملیات الکترود اتصال زمین مشخص شود .

۱۷-۳-۳- مقداراندازه گیری شده مقاومت

مقدار مقاومت اندازه گیری شده پس از احداث با ذکر مقاومت در دوره های بعدی همراه با ثبت تاریخ ،ساعت ، دمای هوای محیط ، رطوبت نسبی و شرایط جوی بدیهی است فاصله زمانی بین دو اندازه گیری متوالی نباید از شش ماه بیشتر شود .

۱۷-۳-۴- نوع وسیله یا دستگاه اندازه گیری .

۱۷-۳-۵-نوع الکترود ومشخصات فیزیکی آنها .

۱۷-۴- با تشکیل گروههای مجرب و مجهز (در سطح شرکت) به بازدید دوره ای جهت تعیین مقدار مقاومت الکترودهای اصلی ، میزان خورندگی و فرسودگی اجزاء سیستم در اثر عوامل برونی و درونی اقدام جدی بعمل آمده و باتعمیر و یا تعویض اجزاء معیوب ، امنیت بیشتری تأمین کنیم.

بدیهی است اولویت در این امر مهم به شبکه های فشار ضعیف که محل عبور عابرین است ، خواهد بود تا به وضعیت نامطلوب و سر هم بندی شده فعلی جهت جلوگیری از تکرار حوادث و تخریب تجهیزات پایان داده شود .

۱۷-۵- واحدهای طراحی و تحویل و تحول توجه بیشتری در چگونگی وضعیت فیزیکی سیستم زمین بنمایند .

۱۷-۶- با استفاده از روشهای مناسب فرهنگی مانند تهیه و تکثیر مجله ایمنی، فرمهای هشداردهنده، استفاده از رسانه های گروهی (بل اخص سیما)ضمن نشان دادن نقاط خطر آفرین ، اهمیت زمین کردن حفاظتی (ایمنی) و الکتریکی (نقطه خنثی) را به خوبی گوشزد کنیم .

نتیجه گیری :

بار دیگر وظیفه خود می دانم که درمورد ارزش فوق العاده مقاومت کم سیستم زمین در حفظ جان انسانها و جلوگیری از خسارات مالی(طبق آمار۶۵٪ خاموشی های ناخواسته برق در شبکه انتقال در اثررعد وبرق و ضعف در طراحی و اجرای سیستم زمین می باشد) بسیار تأکید و آرزو کنیم که نتیجه عملی چنین نشستهایی نهایتاً منجربه توسعه فرهنگ ایمنی درکشور و مخصوصاً در میان خانواده بزرگ صنعت برق و همکاران عزیز در شرکتهای توزیع گردد و از این رهگذر مدیران و سرپرستان کاردان و دلسوزبا تشویق وترغیب همکاران استفاده عملی از لوازم و تجهیزات ایمنی در محیط کار را به ارمغان آورند و با بالابردن دانش فنی و مدیریتی از تکرار حوادث تلخ و جانگداز گذشته، جلوگیری نمایند. هر چند برابر آمارتجربی بیش از ۹۰٪ اتفاقات و حوادث ، ناشی از خطای انسانی است و قبل از یک حادثه جدی ، دهها و صدها حادثه به خیر گذشته اتفاق که در اثر بی توجهی و عدم تجزیه و تحلیل آن ، حوادث بعدی بوجود آمده است .

لیکن چنانچه در اثر اشتباه و خطای انسانی و یا تجهیزات (به فرض آن که سیستم حفاظتی و الکتریکی زمینی به خوبی و بموقع عمل نکند) برقگرفتگی رخ دهد در صورت استفاده از لوازم ایمنی، آسیب دیدگی به حداقل ممکن خواهد رسید، زیرا طبق رابطه زیر مقدار جریان عبوری از بدن بسیار کم می شود .

ولتاژ
مقاومت دستکش و لوازم ایمنی + مقاومت کفش ایمنی +مقاومت بدن

امید است مسئولین محترم بل اخص همکاران در بخش آموزشی شرکت ها ضمن تعیین اهداف کوتاه مدت و بلند مدت با نظارت عملی و مؤثر توسط افسران ایمنی که باید دارای شایستگی علمی و خصوصیات فردی مناسبی باشند ، بتوانند با دادن اختیارات لازم تحولی اساسی در این بخش که متأسفانه سالها به تأخیر افتاده است ، بوجود آورند .

منابع و مأخذ

۱- مقاومت زمین
انتشارات جهاد دانشگاه اصفهان
۲- روش علمی اتصال زمین
انتشارات وزارت نیرو
۳- استاندارد سیستم زمین
انتشارات مرکز تحقیقات نیرو