اصول طراحی واجرای زمین حفاظتی مناسب

سیدعلی بربند
شرکت فنی توس نیرو

حسین اظهری
شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد

چکیده :

مقاله درجهت بررسی خطرات الکتریکی موجود درمحیط های کاری کارگران وبررسی وتجزیه وتحلیل اینگونه خطرات تدوین و درنهایت درجهت محدود نمودن اختلاف ولتاژ بین هردو نقطه قابل دسترسی کارگران دراطراف محیط کاربه‌میزان ولتاژ ایمن باتوجه به استانداردهای موجود درصنعت برق پیشنهاداتی را ارائه می‌نماید.

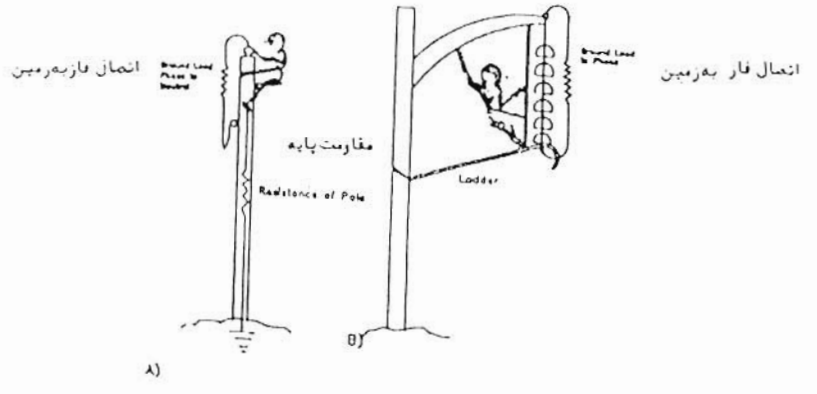
مقدمه

درزمان انجام کارهای تعمیراتی درشبکه علیرغم بی‌برق بودن شبکه به دلایل اشتباه در مانورهای عملیاتی یااتصال شبکه بی‌برق با مدارات برقدار ویابعلت القاء الکتریکی به دلیل در حوزه بودن خط وهمچنین ولتاژهای ناشی ازصاعقه امکان برقدار شدن خط می‌باشد. زمانی که سیم هادی زمین برقدار میگردد، جریان عبوری از قسمتهای زمین شده درصورت عدم وجود زمین حفاظتی مناسب باعث اختلاف ولتاژ زیادی بین قسمتهای زمین شده میگردد.

شکل ۱- بیانگر وضعیت کاری کارگران برقکار درمحیط کاری می‌باشد که درآن ولتاژ غیرنرمالی ظاهر گردیده‌است.

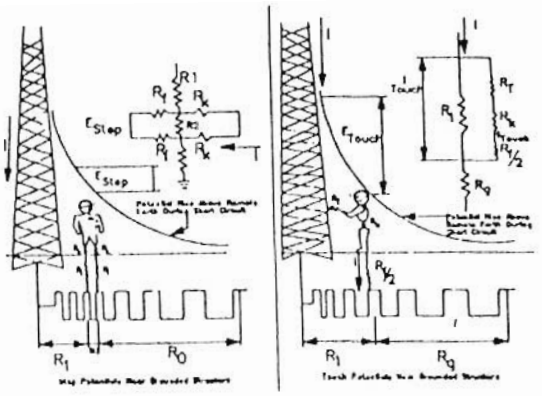
شکل ۲- بیانگر وجود ولتاژ گام و ولتاژ تماس درپای یک ستون یا دکل فلزی برق می‌باشد که درآن امکان حادثه جهت سیمبان وجود خواهد داشت.

ایجاد زمین حفاظتی مناسب در محیط کار وپایین بودن میزان مقاومت سیستم زمین باعث محدود کردن ولتاژ در محیط های کاری ودر ارتفاع گردیده واجرای روشهای صحیح انجام کارتا حد زیادی مشکلات ناشی از ولتاژ گام و ولتاژ تماس جهت کارگران راکاهش می‌دهد. شکل ۱



شکل (۱)

نمایش چگونگی ظهور ولتاژ غیرنرمال درمحیط کاری کارگران برقکار شبکه



شکل (۲)

نمایش ولتاژ گام و ولتاژ تماس درپای کارکه جهت کارگران حادثه‌ساز می‌باشد

آشنایی باجریانهای خطا

جریانهای خطا درسیستم زمین حفاظتی به طریق ذیل جریان می یابد.

۱ - اگر به صورت اتفاقی خط بی‌برق ازمحل تغذیه اصلی برقدارگردد.

۲ - مدار بی‌برق بصورت اتفاقی ازمدار برقدار دیگری درمجاور آن به علت نزدیک شدن فلش

سیم مدار برقدار ویاافتادن یک هادی برقدار روی خط ارت شده برقدارشده باشد. قبل از بی‌برق کردن خط وایجاد سیستم حفاظتی زمین احتمال وقوع هریک ازدومورد فوق می‌بایستی مدنظر قرارگیرد وآمپراژ قابل عبور ازسیستم زمین به طریقی انتخاب گردد که متناسب با حداکثر آمپراژ عبوری ناشی ازهریک از دومورد فوق ویا هردو باهم باشد.

برای انتخاب مناسب سیستم حفاظتی زمین اطلاعاتی بشرح ذیل دررابطه با جریانهای خطا درسیستم موردنیاز می‌باشد.

۱- مقدار جریان خطا

۲- زمان عبور

۳- حداکثر مقدار جریان خطا وشناسایی نیروهای مغناطیسی ایجاد شده

حداکثر جریان خطا درایستگاهها وپستهای مختلف معمولا" ازاطلاعات موجود طراحی اینگونه سیستم‌ها قابل دسترسی می‌باشد. عددهای موجود میزان راتا ۷۰ کیلوآمپر برای بعضی از سیستمها تخمین زده‌اند.

اگر چه جریان خطا به میزان ماکزیمم آن باتوجه به تغییرات درمنبع ایجاد خطا وهمچنین مقداربار درزمان ایجاد خطا به ندرت اتفاق می‌افتد ، به هرحال به جهت ایجادضریب اطمینان بالاتر بهتراست درطراحی سیستم ارت حفاظتی حداکثر میزان آن مدنظر قرار گیرد.

اخیراً بااستفاده ازتکنیک‌های استفاده ازکامپیوتر امکان شبیه‌سازی بروز خطا در سیستم‌های مختلف مقدور می‌باشد.

شکل (۳) نمایانگر نمونه‌ای از این منحنی‌ها می‌باشد. باتوجه به شکل ملاحظه میگردد که احتمال بروز جریان خطا درحد ماکزیمم آن بسیار کم بوده و حدوداً ۹۹٪ احتمال وقوع خطا درحد پایین‌تر از ۶۰٪ مقدار حداکثر جریان خطا می‌باشد واحتمال ایجاد خطا درسیستم‌به حدی که میزان جریان بیش‌از ۶۰٪ حداکثر جریان خطای سیستم باشد ۱٪ می‌باشد. درهر حال استفاده از روشهای احتمالاتی ما رابه‌سمت درنظرگرفتن میزان حداکثر جریان خطا به میزان کمتری هدایت می‌کند.

شکل (۶) نمایانگر این مطلب است که امپدانس خط با دور شدن محل خطا از باس بار پست باعث تقلیل درمقدارجریان خطا درسیستم میگردد.

نظربه اینکه سیستم حفاظتی زمین ممکن است بین یک فاز بازمین یا بین دویا سه فاز و سپس به زمین نصب گردد، لذا خطایی که براساس آن سیستم زمین طراحی میگردد ممکن است به صورت خط به زمین یا فاز به فاز به زمین یاسه فاز خطا باشد. بنابراین درطراحی سیستم زمین‌های حفاظتی حداکثر مقدار جریان خطا باتوجه به وضعیت‌های ارائه شده فوق می‌بایستی بررسی ومدنظر قرارگیرد.

دردسترس‌ترین زمان عبور جریان براساس حوادث قبلی وتجربیات درولتاژ خاصی می‌تواند درطراحی سیستم‌ارت حفاظتی مبناء قرارگیرد. معمولاً زمان تداوم نقص درسیستم برای حفاظت‌های ثانویه براساس تجربیات مبنای محاسبه برای سیستم‌های حفاظتی زمین قرار می‌گیرد.

جریان ناشی ازخطا به‌ندرت می‌تواند ابتداعاً مقداری بیش‌از مقدار حالت تعادل آن که معمولاً بعد ازچند سیکل بدست می‌آید گردد (شکل۷)

نیروهای مکانیکی وارده به سیستم زمین درزمان وقوع خطا متناسب باتوان دوم مقدار جریان لحظه‌ای میباشد بنابراین:

مقدار حداکثر جریان خطا نقش مهمی درتعیین زمین حفاظتی مناسب دارد.

جدول شماره (۴) نمایانگر نمونه‌ای از نیروهای مکانیکی وارده باتوجه به آمپراژ خطا دریک سیستم می‌باشد.

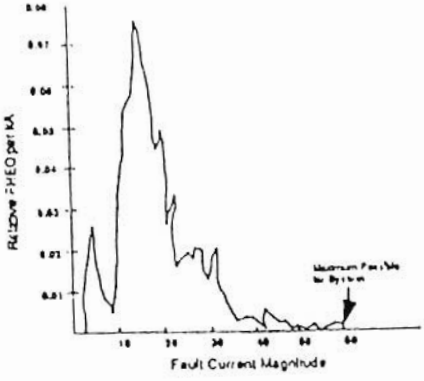
باتوجه به جدول ملاحظه میشود اگر چه مقدار پیک نیروهابالا هستند، اما نیروهای مخرب پیش ازنیروهایی که نیاز به ثابت نگاه‌داشتن یک کابل است که نیروهای مکانیکی وارده آن را شتاب داده وبه سرعت بالایی رسانیده‌اند درسیستم ظاهر می‌گردند. بنابراین درطراحی و اجرای سیستم:

محل قرارگرفتن کابل حفاظتی زمین باتوجه به موقعیت محل کار کارگران باعنایت به نیروهای مکانیکی وارده به کابل درزمان عبور جریان خطا میبایستی انتخاب گردد.

ارتباط جریان خطا ونیروی مکانیکی ایجاد شده

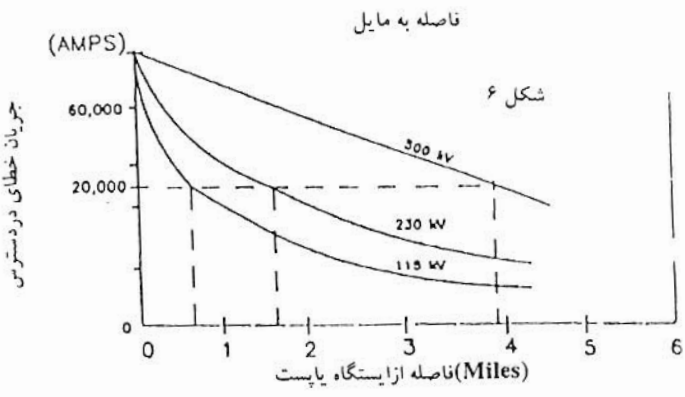
جریان خط		قدرت مکانیکی
حالت ثابت	پیک	
10 kA	12 kA	18 lb/ft
10 kA	20 kA	50 lb/ft
30 kA	40 kA	200 lb/ft
30 kA	60 kA	450 lb/ft

جدول شماره ۴



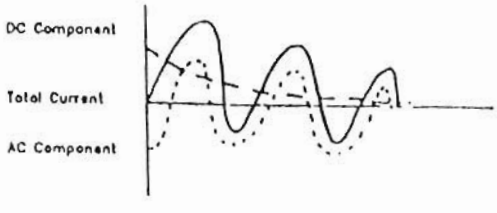
شکل ۳

منحنی توزیع دانسیته مقدار جریان خطا
بااستفاده ازاحتمالات



شکل ۶

جریان خطا درابتدای کار بزرگتراز مقدار حالتْ ثابت آن که بعد ازچند سیکل که آن میرسد می‌باشد.



شکل ۷

زمین‌های حفاظتی درحقیقت هادی‌های عایقی هستندکه می‌بایستی قابلیت هـدایت جـریان وتحمل نیروهای مکانیکی درمدت تداوم جریان رادارا باشد. بنابراین وضعیت سیم زمین بستگی به عوامل زیر دارد:

الف: بستگی به ظرفیت هدایت جریان توسط کابل مربوطه.
ب : بستگی به ظرفیت هدایت جریان کلمپ کابل ارتباطی واتصالات آن .
ج : بستگی‌به‌چگونگی‌اتصال‌ازنظر سطح تماس ومحکم‌بودن‌اتصال‌نقاط انتهایی کابل.
د : بستگی به شمای فیزیکی مدار.
هـ: بستگی به مقاومت کامل سیستم زمین.

الف - نوع کابل

منحنی ذوب تعدادی از انواع سایز کابل‌های مسی درشکل ۸ نمایش داده شده است. چنانچه جریان عبوری ازسیستم زمین باعث گداخته شدن کابل درزمان وقوع خطا گـردد، مـقاومت کـابل افزایش یافته وباعث افزایش افت ولتاژ کابلهای سیستم زمین میگردد. بنابر این سایز کابل معمولا" باید طوری انتخاب گردد که باتوجه به حداکثر مقدار جریان عبوری ناشی ازخطا وزمان تداوم جـریان گداختگی درکابل ایجاد نگردد.

ب - نوع کلمپ

بعد ازتعیین کلمپ برای سایز معینی ازکابل وهادی که اتصال به آن انجام می‌شود بهتر است بصورت نمونه آزمایش کافی برروی سیستم نمونه ارت درحداکثر جریان درنظر گرفته شده‌انـجام گردد. ازعوامل مهم دراین کار انتقال کابل جریان بین کابل ونقطه‌اتصال داده شده و مقدار استقامت مکانیکی لازم دربدترین شرایط وقوع خطا درسیستم می‌باشد. باتوجه به اینکه نیروهای مکـانیکی وارده به کابل ممکن است باعث حرکت کلمپ گردد بهتراست کلمپ طوری به محل اتصال وصل گردد که چنین حرکاتی باعث کنده‌شدن کامل کلمپ نگردد.

ج - اتصال کلمپ

مراقبت لازم درحین کار درجهت آماده‌سازی سطح نقطه تماس می‌بایستی انجام گردد، بطوری که مقاومت سطح تماس به حداقل رسیده تاازداغ شدن و تغییر شکل دادن کلمپ جلوگیری گردد. کوتاهی دربرداشتن لایه اکسید شده نقطه تماس ممکن است باعث افزایش حرارت ناشی ازمقاومت زیاد نقطه تماس گردیده ودرنتیجه منجر به ذوب شدن محل نقطه وشل شدن کلمپ گردد.

هـ - شمای فیزیکی مدار

وضعیت خط از نظر تک مداربودن یا دومدار بودن شبکه درطراحی سیستم زمین حفاظتی نقش بسزایی دارد نیروی مکانیکی وارده برکابل زمین نسبت عکس با فاصله از مسیر جریان عبوری سیم هادی کناری دارد. بنابراین نزدیکی وشکل مسیرهادیهای دیگر که باقیمانده مدار ارت شده راتشکیل می‌دهد، اهمیتی بسزایی درنیروهای مکانیکی وارده به کابلهای سیستم ارت دارد. درزمان آزمایش سیستم زمین مسیرجریان برگشتی رامی‌توان تعیین نمود. توصیه میگردد که بدترین شکل که امکان برخورد درمحیط کار را دارد برای آزمایش نمونه‌سازی گردد.

و - مقاومت سیستم زمین

دراکثر مواقع ، دو قسمت هادی که سیستم کابل زمین به آنها متصل است، بطور همزمان در دسترسی کارگران قرار می‌گیرد. دراین گونه مواقع اختلاف پتانسیل بین این دو قسمت می‌بایستی درزمان وقوع اتصالی ایمن باشد. دربیشتر مواقع سایز کابلهای مورد احتیاج به‌منظور تطبیق باجریان خطادارای مقاومت‌درواحدطول کمتری ازآنچه موردنیاز سیستم است می‌باشد.

دراین گونه مواقع افت ولتاژ درجامپرها واتصالات نادیده گرفته می‌شود به جز در مواردی که طول کابل بسیارزیاد باشد که درآن افت ولتاژ اتصالات نیز مدنظر قرار می‌گیرد.

ولتاژ القایی

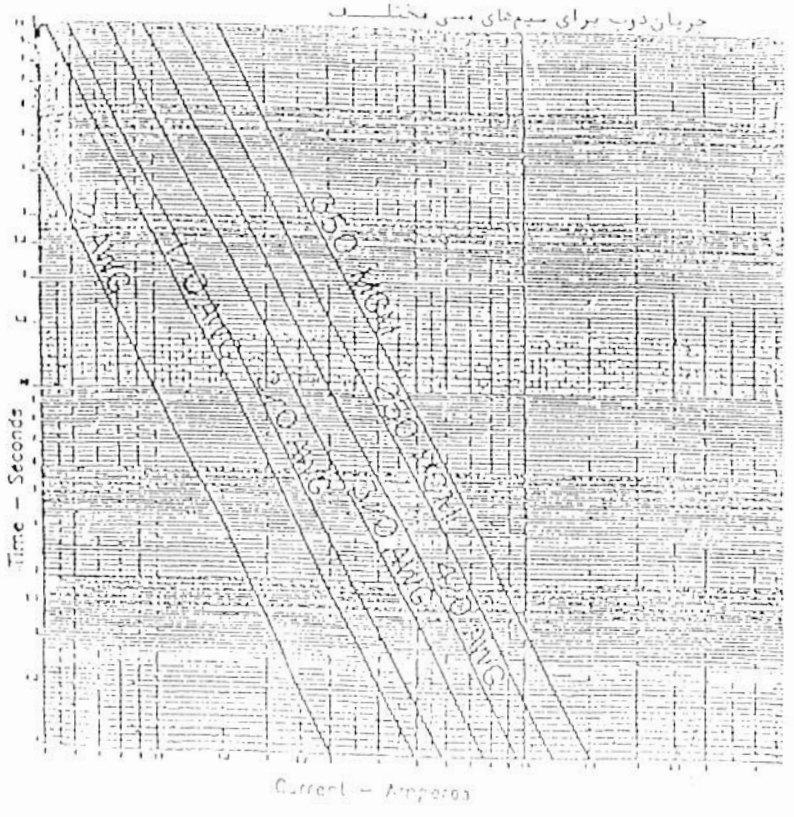
زمانی که یک خط ایزوله شده بی‌برق درجواریک یاچند خط برقدار قرار گیرد، خط مذکور درمعرض القاء خازنی ومغناطیسی ناشی از خط برقدار می‌باشد. (شکل ۹)

القاء خازنی :

به‌دلیل القاء خازنی بین هریک ازخطوط برقدار وهریک ازخطوط بی‌برق ، ولتاژ به خط بی‌برق القاء می‌شود ولتاژ القاء شده بستگی به ولتاژ اسمی خط و موقعیت قرارگرفتن فازهای خط برقدار

داشته ومی‌تواند برای کارگران بسیارخطرناک باشد.

چنانچه خط بی‌برق دریک نقطه‌زمین گردد، جریان القاء شده نسبت مستقیم به طول دو خط همجوار دارد.



شکل (۸)

شکل (۱۰) نمایانگر مثالهای عددی ازانواع خطوط می‌باشد که مقادیر القاء خازنی و مغناطیسی درآن نشان داده شده‌است.

درمثال فوق تازمان وصل زمین حفاظتی درصورت درحوزه خازنی قرارگرفتن خط هیچگونه مشکلی جهت کارگران بوجودنخواهد آمد،اما چنانچه سیستم زمین مربوطه‌قطع گردد، درآن صورت ممکن است عبور جریان خطا باعث جرقه‌زدگی گردد و درآن صورت پرسنل مشغول به کاردر

خطرخواهندبود. آزمایش نشان داده است که طول جرقه کاملا" غیرقابل پیش‌بینی بوده وبستگی به جریان اولیه عبوری ،ولتاژ بعدازخاموش شدن جرقه، آب وهوای غالب درمنطقه ونهایتاً سرعت بیرون کشیدن کلمپ‌های سیستم زمین دارد.

فلوی مغناطیسی القایی:

باتوجه به نیروی القایی بین هریک از فازهای برقدار وبی‌برق یک خط باردار برقدار ولتاژ القایی دریک خط بی‌برق که درموازات خط برقدارکشیده‌شده ایجاد می‌نماید. چنانچه مدار بی‌برق دردونقطه ازطریق سیستم سوئیچینگ ارت ،زمین حفاظتی شده باشد، یک جریان گردش ازطریق زمین های حفاظتی ممکن است درحد چند صدآمپرباشد که برای مدت طولانی جریان خواهد داشت. درنتیجه این امر ، تولید ولتاژو جریان بازیافت، برداشتن سیستم‌های زمین کاری مشکل می‌باشد وامکان ایجاد مشکل جهت پرسنل برقکار راخواهد داشت. ابزارهای سوئیچینگ و روشهای مناسب کار دراینگونه مواقع می‌بایستی مورد عمل قرار گیرد.

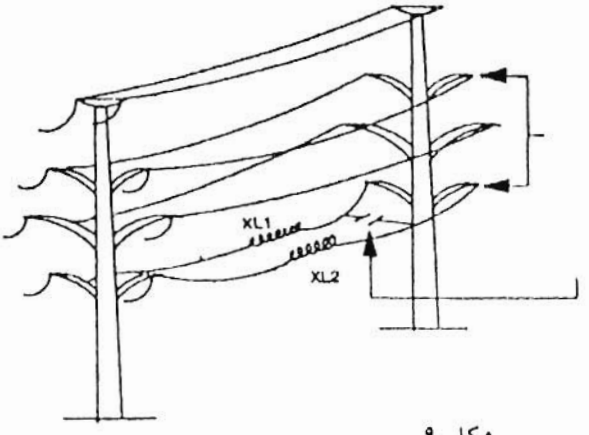
علاوه‌بر مشکلات مربوط به جمع‌آوری کابلهای زمین به جریان القایی پیوسته که در سیستم ارت حفاظتی درحین کار ایجاد میشود به‌دلیل تغییرات درمقاومت زمین امکان ایجاد ولتاژ غیرایمن وخطرناک راخواهد داشت. جریان القایی فوق‌الذکر نسبت مستقیم به جریان موجود درخط برقدار همجوار داشته ومیتواند دربسیاری از موارد درصورت ایجاد خطا درمدار برقدار همجوار افزایش یابد. ازآنجاکه سیستم زمین ایجاد شده برمبنای حداکثر جریان خطای ایجاد شده سیستم طراحی گردیده است، بسیار مفید می‌باشد که جریان القایی توسط خط برقدار معیوب همجوار بتواند ازظرفیت مجاز سیستم زمین خط بی‌برق تجاوز نماید. این امر حتی درزمانی که کار برروی یک سیستم فشار ضعیف که درمجاورت یک شبکه فشار متوسط یا فشار قوی انجام شود نیز صدق مینماید.

هادی خط دومداره

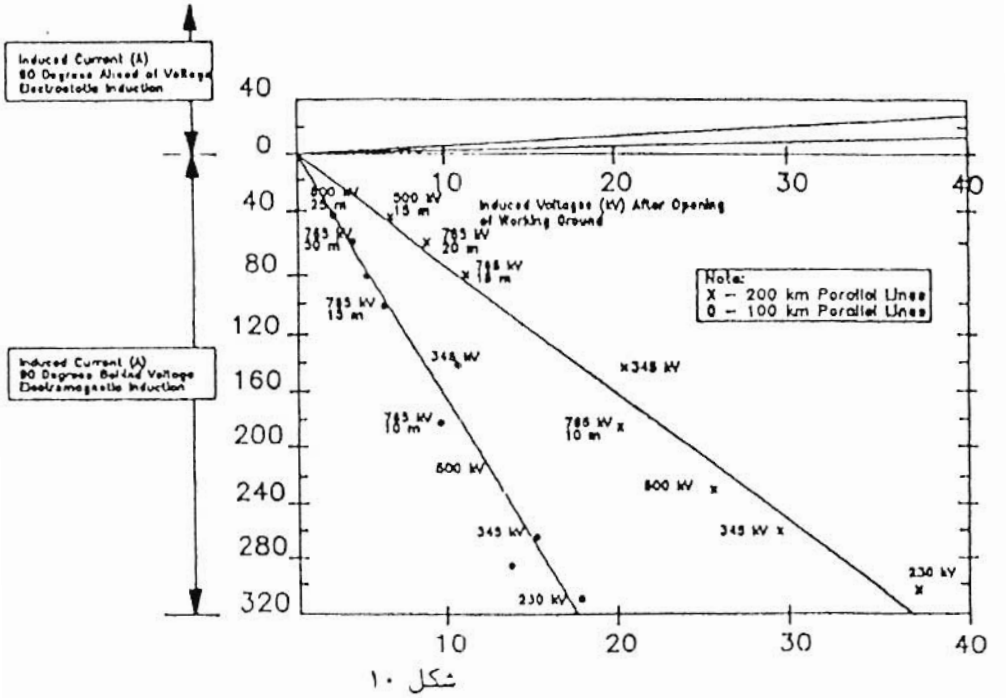
حوزه‌خازنی‌ایجادشده بین دوسیم شبکه

راکتانس مداریك

مدار دو



شکل ۹



شکل ۱۰

ولتاژهای القایی ناشی ازرعد وبرق

اگرچه که انجام کار درمواقع طوفانی ورعدو برق منع گردیده‌است، به هرحال نمی‌توان این امر راتضمین نمود که رعدوبرق درنزدیکی محل کار اتفاق نیفتد، بنابراین امکان وجود ولتاژ ناشی ازرعد وبرق عبوری ازهردو جهت محل کار میباشد.

این موج سینوسی درحین جابجایی درطول خط ضعیف‌تر می‌گردد ولی علیرغم ضعیف ولتاژ ، وجود چنین ولتاژهایی برشبکه حتی درمحل‌های دور ازمحل کار امکان خطر جهت کارگران را دربرخواهد داشت.

ایجاد سیستم حفاظتی زمین باسایزکابلهای مناسب، قابلیت ایستادگی سیستم زمین حفاظتی درسخت‌ترین شرایط رعد وبرق راامکان‌پذیرمی‌نماید.

درهرحال ولتاژ بوجود آمده درسیم‌ها به زمین هدایت وولتاژهای گام وتماس بوجود آمده در پایه‌های تأسیسات‌ممکن‌است خطراتی رادرفواصل حتی دور از محل ایجاد رعد و برق موجب گردد.

روشهای ایجاد سیستم زمین حفاظتی

دراین‌بحث روشهای متداول کارباتوجه‌به‌استانداردهای بین‌المللی موجودتوضیح داده می‌شود.

زمان استفاده ازسیستم حفاظتی زمین موقت وتعیین محل آن وهمچنین تعیین نوع الکترود به کاررفته وچگونگی انجام کار ونکات ایمنی موردنیاز درحین کار ازموارد موردبحث در این قسمت می‌باشد.

نکات تئوری

چنانچه خطی که جهت تعمیرات ارت گردیده‌است به دلایل مختلف برقدارگردد، ولتاژ به‌وجود آمده درمحل بستگی به عوامل مختلف به‌شرح ذیل دارد.

۱- جریان خطا درآن نقطه

۲- موقعیت مکانی سیستم حفاظت زمین به نسبت محل انجام کار ومنبع جریان خطا

۳- تعداد فازهایی که زمین شده‌است.

۴- صحت اتصال وبانداژ بین هادی وسطحی که کارگر روی آن ایستاده است.

کارگرانی که درپای کار قرار دارند درمعرض ولتاژی قراردارند که بستگی به روش اتصال پایه به سیستم ارت وهمچنین نسبت مستقیم به موارد ذکر شده‌دربندهای یک و دو فوق‌الذکر دارد.

درحال حاضردوروش درشرکت‌های برق منطقه‌ای جهت ایجاد سیستم زمین موقت وجود دارد.

دریکی ازروشهای به کاررفته مبادرت به زمین‌کردن شبکه درتیرهای جانبی محیط کار می‌شود. در این روش بااستفاده ازدودستگاه اتصال زمین موقت پایه‌های قبل وبعد ازپایه محیط کار زمین می‌گردند.

روش دوم استفاده ازیکدستگاه اتصال زمین موقت وایجاد سیستم حفاظتی تک نقطه‌ای روی تیری است که برقکاردر روی آن مشغول به کار می‌باشد.

در روش ایجاد زمین حفاظتی در دوطرف محل کار جریان ازطریق دستگاههای اتصال زمین نصب شده درپایه‌های دوسمت محیط کار تخلیه می‌گردند، این امر باعث افزایش ولتاژ درسیستم زمین پایه بعدی میگردد وباتوجه به اینکه محل انجام کار تخلیه میگردند، این امرباعث افزایش ولتاژ درسیستم زمین پایه بعدی میگردد وباتوجه به اینکه محل انجام کار نیز پایه بعدی می‌باشد این امر باعث ایجاد اختلاف ولتاژ درپایه بعدی وهادی میشود ودرنتیجه کارگر سیمبان درمعرض ولتاژ بین هادی وپایه‌ای که روی آن کار می‌نماید می‌باشد که بسیار خطرناک می‌باشد. باتوجه به شکل ۱۲ ملاحظه می‌شود که تخلیه جریانی به قدرت ۱۰۰۰ آمپر از طریق زمین حفاظتی دوپایه جانبی محل کا بامقاومت زمین ۱۵ اهم میگردد. این امر باعث ایجاد ۱۵ کیلوولت ولتاژ درپایه‌ای که کارگر روی آن کار می‌نماید شده ودرنتیجه اختلاف پتانسیل پایه وهادی ایجاد خطرمرگ جهت سیمبان خواهد نمود. ولتاژ تماس وگام ایجاد شده درپای دکلهای زمین شده ایجاد مشکل جهت کارگران پای کار خواهد داشت که می‌باید به کارگران توصیه‌های لازم ایمنی گفته شود.

درسیستم ایجاد زمین حفاظتی تک نقطه‌ای روی تیری که برقکار روی آن مشغول می‌باشد

حداقل امپدانس مسیری که موازی بابدن سیمبان می‌باشد حاصل خواهد گردید که درنتیجه حداقل امکان برخورد ولتاژ درمحیط با بدن برقکار وجود خواهد داشت. دراین روش پرسنل پای کار درمعرض ولتاژ گام و ولتاژ تماس بیشتری نسبت به روش قبلی خواهند بود که دراینگونه سیستم‌ها توصیه میگردد به پرسنل پای کار توصیه گردد که فاصله لازم را ازپایه‌دکل درنظرگرفته و ازنزدیک شدن به آن خودداری فرمایند. (شکل ۵ و ۶)

باتوجه به مقایسه خطرات ناشی از روشهای فوق توصیه میگردد که باتوجه به خطرات زیاد در سیستم ایجاد زمین حفاظتی در پایه‌های جانبی محل کار ازروش ایجاد سیستم زمین تک نقطه‌ای استفاده گردد که این امر درکاهش خطرات مفید و مؤثر خواهد بود.

سیستم زمین حفاظتی تک فاز یا سه فاز

مقدار جریان اتصال کوتاه شده سه فاز ممکن است بیشتر ازمقدار آن درحالت تک‌فاز باشد واین امر مخصوصاً درمواردی که مقاومت زمین بالا می‌باشد بیشتر مشهود می‌شود. درحقیقت جریان خطای تک‌فاز یک شبکه سه فاز توزیع که دریک فاز زمین حفاظتی بامقاومت بالاشده است ممکن است به میزان کافی جهت بازکردن کلید CIRCUIT BREAER کافی نباشد.

زمین‌های حفاظتی اعمال شده روی کلیه فازها درصورت بالابودن میزان مقاومت زمین تأثیر بسزایی درعملکرد به موقع کلیدهای قطع کننده مدار دارد.

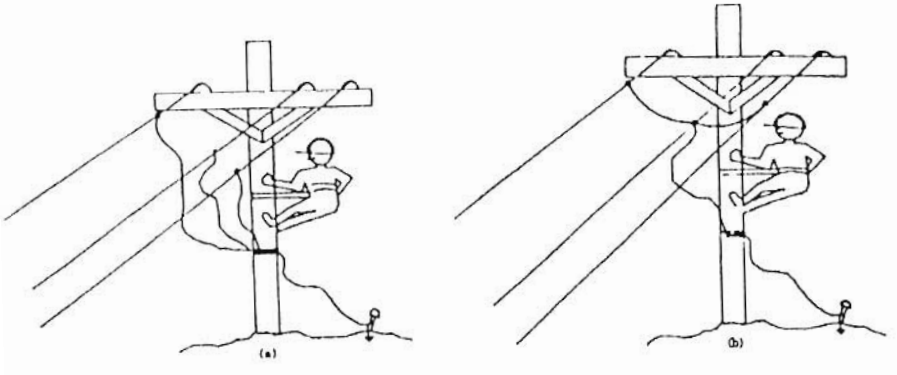
علاوه‌براین ،زمین سه فاز بدان معنی است که فقط قسمت کمی ازجریان خطا به زمین در پای تأسیسات جریان می‌یابد وبنابراین باعث کاهش در ولتاژ گام و ولتاژ تماس درپای کار خواهد گردید.

استفاده از زمین حفاظتی روی یک فاز ازسه فاز موجود فقط در مواردی که مقاومت زمین محل کار به قدر کافی پایین باشد توصیه میگردد که این امر باعث پایین‌آوردن میزان ولتاژ تماس وگام به حدقابل قبولی خواهد شد. درهر حال فضای حفاظتی لازم می‌بایستی جهت فازهای زمین نشده مدنظرقرار گیرد وبه کارگران توصیه‌های لازم ایمنی دراین مورد داده شود.

علاوه‌برآنکه هادی درمحل کار زمین می‌گردد ممکن است که محلی ک کارگردر روی آن ایستاده است نیز به سیم زمین متصل گردد نیازمند این چنین بانداژی می‌باشد. در صورتی که مدار بصورت اتفاقی برقدارگردد، اینگونه بانداژها کارگر راباتأسیسات برقدار هم‌پتانسیل می‌نماید.

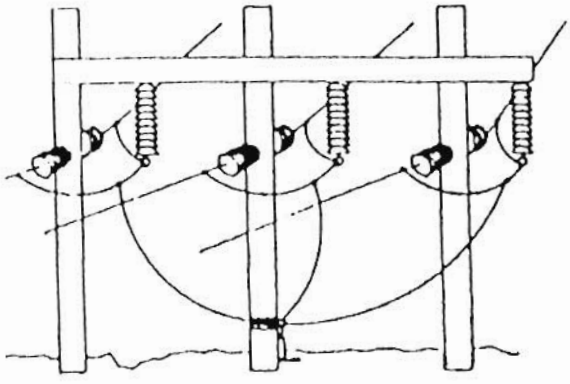
باتوجه به اینکه مقاومت یک تیر چوبی درحد ۲۰۰۰ اهم درفوت تخمین زده است، تیرچوبی مربوطه می‌بایستی ازدیدگاه ایجاد حوادث منجربه شوک بعنوان یک هادی جریان الکتریکی تلقی گردد. متأسفانه مقاومت اینگونه تیرها آنچنان بالا است که نمی‌توان یک اتصال زمین مناسب جهت کارگران صعودکننده ازاینگونه تیرها درنظرگرفت، به‌همین منظور بانصب یک خاموت مناسب روی تیردر پایین محلی ک کارگران روی تیرمشغول به کار می‌باشند ضمن اتصال پایه به سیستم ارت حفاظتی کابل مربوطه به پای تیرهدایت می‌گردد.

ضمناً ازجهت مطمئن شدن ازصحت کاربهتر است همیشه قبل ازنصب سیستم زمین مبادرت به کنترل کابل هادی زمین ازنظرقطع شدگی و لایه‌لایه شدن نمود.

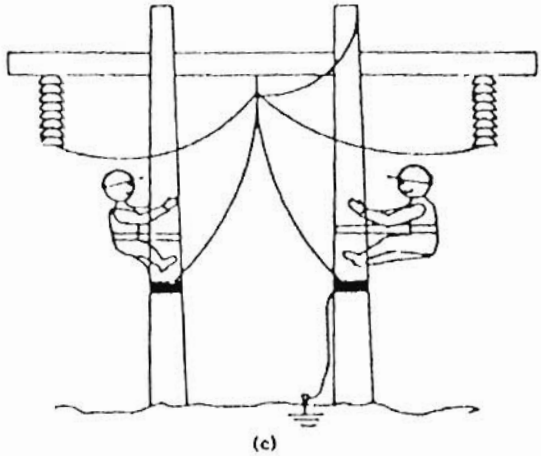


نمایش نحوه اتصال زمین به صورت تک تیری که درآن حداقل خطربرای کارگردرمحیط کار وجود دارد.
(شکل ۵)

نحوه اتصال زمین صحیح شبکه‌های سه تیری (شکل ۶)



(a)



(c)

نحوه اتصال زمین صحیح شبکه‌های دوتیری

نتیجه

باتوجه به جریانهای خطا درسیستم زمین حفاظتی وهمچنین خطرات ناشی از ولتاژهای القاء خازن وفلوی مغناطیسی القایی ازخطوط برقدار مجاور و ولتاژهای القایی ناشی ازرعد و برق ، به جهت ایمن نمودن محیط کار کارگران برقکار شبکه توزیع موارد زیر توصیه میگردد.

۱- پیشنهاد میگردد در سیستم ایجاد زمین حفاظتی به دلیل وجود خطرات از روش ایجاد زمین حفاظتی درپایه‌های جانبی محل کار خودداری وفقط از روش ایجاد سیستم زمین تک نقطه‌ای استفاده گردد.

۲- استفاده اززمین حفاظتی روی یک فاز از سه فاز موجود فقط درمواردی که مقاومت زمین محل کار به قدرکافی پایین باشد توصیه می‌گردد که این امرباعث پایین‌آوردن میزان ولتاژ تماس وگام به حدقابل قبولی خواهد شد.

۳- اتصال محلی که کارگر روی آن ایستاده به سیستم زمین وهم پتانسیل کردن کارگربا تأسیسات برقدار توصیه میگردد.

منابع

IEEE GUIDE FOR PROTECTIVE

GROUNDING OF POWER LINES

MOUSA ABDUL M , NEW GROUNDING PROCEDURES

FOR WORK ON POWER ON DE ENERGIZED LINES

ELECTRONISS MAY 1956

ELECTROSTATIC EFFECTS OF OVERHEAD TRANSMISSION

LINE . APRIL 1972