

شماره سند: ۳۳۹/۳۳۶
ویرایش:
تاریخ صدور:
تاریخ تجدید نظر:
شماره تجدید نظر:

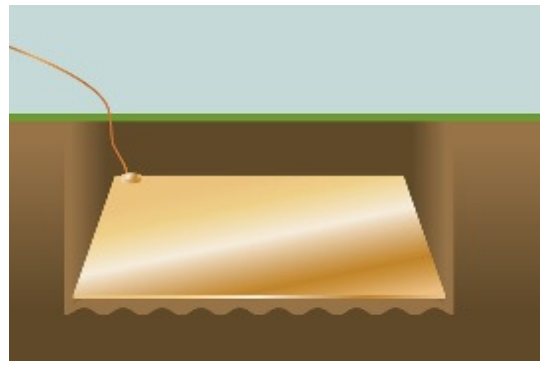
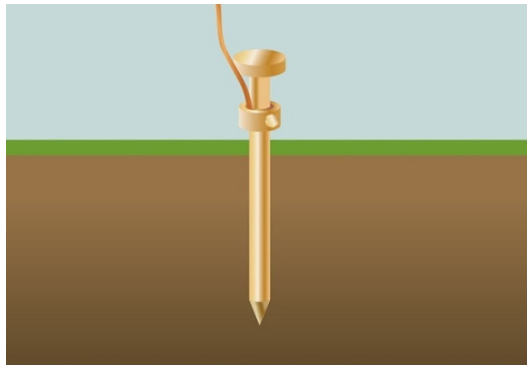
شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



دریافت کنندگان سند جهت اجراء:

۱- کلیه شرکت های توزیع نیروی برق

۲- شرکت توانیر

- معاونت هماهنگی توزیع

تهیه کننده:

- دفتر نظارت بر توزیع معاونت هماهنگی توزیع توانیر - کمیته عالی ارتقاء قابلیت اطمینان شبکه های توزیع

مجموعه دستورالعملهای اجرایی مرتبط با بهره برداری شبکه های توزیع نیروی برق

تصویب کننده: همایون حائری امضاء	تأیید کننده: غلامرضا خوش خلق امضاء	تهیه کننده: سید اعتضاد مقیمی امضاء
---------------------------------------	--	--



فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	مقدمه
۴	۱- تعاریف و واژگان:.....
۵	۲- لزوم ایجاد سیستم اتصال زمین.....
۷	۳- انواع سیستم اتصال زمین.....
۸	۴- طراحی سیستم اتصال زمین.....
۹	۴-۱- اجزای سیستم اتصال زمین.....
۱۶	۵- استانداردها و آزمونهای هادیها (تسمه ها)، صفحه و اتصالات سیستم زمین.....
	۶- تهیه مشخصات فنی هادیها (تسمه ها)، صفحه و اتصالات سیستم زمین از نظر متالورژیکی به منظور کاهش سرقت در پست ها و خطوط توزیع.....
۱۷	
۱۸	۶-۱- هادی زمین.....
۱۹	۶-۲- الکتروود زمین.....
۲۰	۶-۳- اتصالات زمین.....
۲۲	۷- روشهای نصب و بهره برداری از هادیها (تسمه ها) ، صفحه و اتصالات زمین از نظر متالورژیکی.....
۲۴	۸- دستورالعمل نصب.....
۲۵	۸-۱- دستورالعمل ۱: کاربرد صفحه زمین و سیم زمین.....
۲۶	۸-۲- دستورالعمل ۲: کاربرد صفحه زمین و تسمه.....
۲۸	۸-۳- دستورالعمل ۳: کاربرد الکتروود (میله زمین) و سیم زمین.....
۳۰	۸-۴- دستورالعمل ۴: کاربرد میله زمین (الکتروود) و تسمه.....

شماره سند: ۳۳۹/۳۳۶
ویرایش:
تاریخ صدور:
تاریخ تجدید نظر:
شماره تجدید نظر:

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



صفحه

عنوان

۹- مثال های موردی ۳۱

۹-۱- زمین کویری ۳۱

۹-۲- زمین اسیدی ۳۲

۹-۳- زمین مرطوب و نمکی (آلوده به کلر) ۳۲

۱۰- پیشنهادات ۳۳

۱۱- منابع ۳۴

شماره سند: ۳۳۹/۳۳۶
ویرایش:
تاریخ صدور:
تاریخ تجدید نظر:
شماره تجدید نظر:

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۵.....	جدول ۴-۱- سازگاری مواد مورد استفاده در سیستم زمین برای اتصال مستقیم به یکدیگر
۱۶.....	جدول ۵-۱- آزمونهای مربوط به هادی، الکتروود و اتصالات زمین
۱۸.....	جدول ۶-۱- مشخصات فنی لازم برای هادی زمین برای پست با ظرفیت حداکثر ۲۰KV
۱۹.....	جدول ۶-۲- مشخصات فنی لازم برای الکتروود زمین برای پست با ظرفیت حداکثر ۲۰KV



فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۱۱	شکل ۴-۱- انواع الکتروود زمین
۱۴	شکل ۴-۲- کلمپ موقت اتصال زمین مخصوص هادی های روکش دار
۱۴	شکل ۴-۳- چند نمونه کلمپ موقت زمین برای خطوط لخت
۱۴	شکل ۴-۴- اتصالات جوشی در سیستم زمین
۱۵	شکل ۴-۵- چند نوع کلمپ زمین پیچ و مهره ای
۱۶	شکل ۴-۶- هادی زمین با مقطع تسمه
۱۶	شکل ۴-۷- کولپینگ مناسب برای ایجاد اتصال بین دو تسمه
۱۶	شکل ۴-۸- روبنده مناسب برای نصب تسمه روی تیرها
۲۹	شکل ۸-۱- فلوچارت مربوط به مراحل نصب سیستم زمین
۲۹	شکل ۸-۲- شماتیک مربوط به مراحل نصب سیستم زمین توسط صفحه و سیم
۳۱	شکل ۸-۳- فلوچارت مربوط به مراحل نصب سیستم زمین توسط صفحه و تسمه
۳۱	شکل ۸-۴- شماتیک مربوط به مراحل نصب سیستم زمین توسط صفحه و تسمه
۳۲	شکل ۸-۵- فلوچارت مربوط به مراحل نصب سیستم زمین توسط الکتروود و سیم زمین
۳۲	شکل ۸-۶- شماتیک مربوط به مراحل نصب سیستم زمین توسط الکتروود و سیم زمین
۳۴	شکل ۸-۷- فلوچارت مربوط به مراحل نصب سیستم زمین توسط الکتروود و تسمه
۳۴	شکل ۸-۸- شماتیک مربوط به مراحل نصب سیستم زمین توسط الکتروود و تسمه

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



پیشگفتار:

با توجه به تغییرات ساختاری در شرکتهای توزیع نیروی برق و اتخاذ سیاستهای برنامه ریزی، کنترل و بهره بردای از شبکه های تحت پوشش، این دستورالعمل از تاریخ ابلاغ جایگزین کلیه دستورالعمل های قبلی می گردد.

از تاریخ صدور و ابلاغ این دستورالعمل، کلیه واحدهای ذیربط در امور بهره برداری موظف به اجرای دقیق مفاد این دستورالعمل می باشند. در این ارتباط رعایت نکات ذیل حائز اهمیت می باشد:

۱- کلیه دستورالعمل هایی که تا قبل از تاریخ ابلاغ این دستورالعمل صادر شده اند از درجه اعتبار ساقط و رعایت این دستورالعمل لازم الاجرا می باشد. در این ارتباط مدیران عامل شرکتهای توزیع نیروی برق باید در اسرع وقت نسبت به جمع آوری دستورالعمل های قبلی و جایگزینی دستورالعمل جدید در کلیه مراکز و واحدهای بهره برداری تحت پوشش اقدام نمایند.

۲- یک نسخه از این دستورالعمل باید بعنوان نسخه مرجع در مکانی مناسب و قابل دسترسی کلیه کارکنان در واحدهای ذیربط امور/ منطقه/ شهرستان/ ناحیه/ قسمت/ اداره و ... بهره برداری شرکتهای توزیع نیروی برق نگهداری شود.

۳- مدیران ذیربط در واحدهای بهره برداری باید این دستورالعمل را در اختیار کلیه پرسنل مرتبط قرارداد و هرگونه اصلاحات و یا تغییرات بعدی را به کلیه کارکنان ابلاغ نمایند.

۴- با توجه به اهمیت و لزوم آشنائی، ضروریست تمام کارکنان مربوط در زمینه شناخت کامل این دستورالعمل دوره آموزشی لازم را طی نمایند.

۵- کلیه دستورالعمل های داخلی شرکتهای توزیع نیروی برق که توسط واحدهای ذیربط تهیه و ابلاغ می گردد نباید در هیچ شرایطی ناقض مفاد این دستورالعمل یا مانع از اجرای سریع و بدون قید و شرط این دستورالعمل گردد.

۶- مرجع رفع هر گونه ابهام در تعریف و تفسیر مفاد این دستورالعمل دفتر نظارت بر توزیع توانیر است و در صورت عدم رفع ابهام، کمیته ای خواهد بود که بنا به دستور شرکت توانیر تشکیل خواهد شد.

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



۷- انجام هر گونه اصلاح و قلم خوردگی در این دستورالعمل مردود است و در صورت تشخیص هرگونه مغایرت در هر یک از بندهای این دستورالعمل با اصول اجرایی یا عملیاتی و یا در صورت برخورد با هر گونه ابهام در تفسیر آنها، موارد باید کتباً به دفتر نظارت بر توزیع توانیر منعکس گردد.

۸- دفتر نظارت بر توزیع توانیر موظف است ضمن جمع آوری و بررسی کلیه پیشنهادات اصلاحی، برحسب مورد و در صورت لزوم نسبت به تجدید نظر در دستورالعمل و تهیه پیش نویس جدید اقدام و پس از مصوب نمودن اصلاحات، دستورالعمل اصلاح شده را ابلاغ نمایند.

۹- در کلیه مواردی که در این دستورالعمل پیش بینی لازم بعمل نیامده است، برحسب ضرورت، شرکتهای توزیع نیروی برق می توانند نسبت به تهیه دستورالعمل پیشنهادی اقدام و آنرا جهت بررسی و کسب تاییدیه لازم، به دفتر نظارت بر توزیع توانیر ارسال نمایند.

موکداً یادآور می شود تا کسب تاییدیه لازم توسط دفتر نظارت بر توزیع توانیر، دستورالعمل پیشنهادی جنبه اجرایی نخواهد داشت.

مقدمه

صنعت برق، یکی از صناعی است که امروزه با حیات بشری عجین شده و در تمامی بخش های آن نفوذ کرده است. تأثیرات این نوع منبع انرژی تا حدی است که تداعی زندگی بدون آن غیرممکن به نظر می رسد. یکی از مسائل مهمی که در کاربرد برق مورد توجه است، حفظ ایمنی و پایداری شبکه است. انتقال برق از محل نیروگاه تا مصرف کننده با مسائل فراوانی همراه است که یکی از موارد با اهمیت، سیستم اتصال زمین است. در خصوص شبکه های اتصال زمین در سطح دنیا، تحقیقات زیادی انجام شده است و مسائلی از قبیل محاسبه سیستم مناسب برای شبکه، انتخاب جنس، فرایند اجرا و ... بررسی شده است. یکی از اجزای حیاتی شبکه های توزیع، پست های برق محلی و یا ترانس ها است. وظیفه این ترانس ها، تغییر ولتاژ شبکه فوق توزیع به ولتاژ قابل مصرف برای مشتری است. سیستم زمین، شرط لازم برای عملکرد ایمن و پایدار پست های برق است، فلذا اهمیت فراوانی دارد. در صورت عدم وجود چاه ارت مناسب برای ترانس، که هزینه قابل توجهی ندارد، علاوه بر از بین رفتن ترانس، تجهیزات

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



برقی مشتریان نیز تخریب شده و خساراتی سنگین به بار می آورد و همچنین خسارات جانی نیز محتمل می باشد.

با توجه به این موارد، اهمیت وجود سیستم زمین مناسب مشخص است. در این دستورالعمل ابتدا به لزوم کاربرد سیستم اتصال زمین و اهداف آن پرداخته شده است و سپس مروری بر انواع سیستم اتصال زمین می گردد. سپس اصول طراحی یک سیستم اتصال زمین برای پست ها بیان شده است و در انتها نیز روش هایی برای تعمیر و اصلاح سیستم زمین ترانس های موجود ذکر می شود. همچنین چندین مثال کاربردی برای اجرای یک سیستم اتصال زمین اشاره می گردد.

۱- تعاریف و واژگان

۱-۱- زمین (ارت): رسانندگی جرم زمین را در صورتی که پتانسیل الکتریکی در هر نقطه از زمین به صورت قراردادی برابر صفر در نظر گرفته شود، زمین (ارت) می نامند.

۱-۲- پتانسیل زمین (ارت): پتانسیل الکتریکی ایجاد شده نسبت به جرم موجود زمین یا نسبت به سطح زمین اطراف الکتروود ارت را هنگامی که جریان الکتریکی از الکتروود به زمین جاری شود، پتانسیل زمین می - نامند.

۱-۳- سیستم اتصال به زمین (ارتینگ): یک یا چند الکتروود همراه با سیمهای ارت را که قابلیت اتصال به ترمینال اصلی داشته باشند سیستم اتصال به زمین (ارتینگ) می نامند.

۱-۴- الکتروود ارت (زمین): رسانا یا گروهی از رساناهای متصل به هم است که اتصال الکتریکی به زمین را فراهم می کنند.

۱-۵- مقاومت زمین: مقاومت الکتریکی موجود بین ترمینال الکتروود زمین و جرم کلی زمین است.

۱-۶- مقاومت الکتروود ارت: مقاومت بین ترمینال اصلی زمین و کره زمین است.

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



۷-۱- امپدانس حلقه اتصال به زمین: امپدانس حلقه جریان اتصالی زمین است که شروع و پایان آن نقطه اتصالی است و با ZS نشان داده می شود.

حلقه اتصالی زمین در سیستمهای مختلف به شرح ذیل است:

۱-۷-۱- سیستمهای TN: نقطه شروع (محل اتصالی) از بدنه دستگاه به ترتیب به سیم ارت، شینه نول، نقطه ترانس، سیم پیچ ترانس، سیم فاز اتصالی و نقطه اتصال به بدنه.

۲-۷-۱- سیستمهای TT, IT: نقطه شروع (محل اتصالی)، سیم اتصال به زمین، الکتروود زمین، زمین، الکتروود سیستم، شینه نول، نقطه صفر ترانس، سیم فاز اتصالی و نقطه اتصالی.

۸-۱- اتصالی: حالتی از مدار است که جریان در مسیری غیر عادی بدون اینکه پیش بینی شده باشد یا در نظر گرفته شود جاری می شود. این جریان امکان دارد از نقص در عایق بندی یا از بستهای به کار رفته بر روی عایق رساناها ناشی شود.

۹-۱- جریان اتصال به زمین (جریان اتصال کوتاه): اضافه جریانی است که در نتیجه بروز اتصالی با امپدانس قابل چشم پوشی بین هادیهای با پتانسیلهای مختلف در شرایط عادی کار برقرار شود.

۱۰-۱- جریان نشستی زمین: جریان جاری به زمین با رساناهای دیگری را که مدار الکتریکی آنها به زمین راه دارد جریان نشستی زمین می نامند. در صورت استفاده از خازن در مدارها امکان دارد جریان مذکور دارای مقدار جزء خازنی هم باشد.

۱۱-۱- سیم اتصال به زمین (سیم ارت): سیم حفاظتی را گویند که ترمینالی اصلی ارت تاسیسات را به الکتروود ارت یا سایر قسمت های اتصال به زمین وصل می کند.

۱۲-۱- سیم خشتی (نول): سیمی متصل به نقطه خشتی در سیستم (صفر زمین) که قادر است انرژی الکتریکی را انتقال دهد.

۱۳-۱- هادی حفاظتی (PE): در بعضی از اقدامات حفاظتی برای تامین ایمنی در برابر برق گرفتگی لازم است با استفاده از هادی حفاظتی قسمت های زیر به همدیگر وصل شوند:

- بدنه های هادی

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



- قسمت‌های هادی بیگانه
- ترمینال اصلی زمین
- الکتروود زمین
- نقطه صفر ترانس

۱-۱۴- سیم مشترک ارت - نول (PEN): سیمی را که به طور مشترک هم کار سیم اتصال به زمین و هم کار سیم نول را انجام دهد، سیم PEN می نامند.

۱-۱۵- ترمینال اصلی اتصال به زمین (ارتینگ): ترمینال یا شینه‌ای را گویند که برای اتصال به سیم‌های محافظ تهیه شده و سیم‌های اتصال به زمین (ارت) یا هر وسیله‌ای که به عنوان اتصال به زمین (ارتینگ) به کار می رود به آن وصل می شوند.

۱-۱۶- قسمت‌های برقدار: سیم یا قسمتهایی از رسانا را که برای استفاده‌های معمولی برقدار شده‌اند قسمت‌های برقدار می نامند. سیم نول نیز شامل این قسمت‌ها است اما طبق قرارداد سیم PEN (سیم مشترک ارت - نول) به عنوان قسمت برقدار محسوب نمی شوند.

۲- لزوم ایجاد سیستم اتصال زمین

کاربرد سیستم‌های زمین دارای قدمتی برابر با کاربرد شبکه‌های برق است و همراه با آن توسعه یافته است. در متون علمی برای اتصال زمین از عبارات earth و ground استفاده می شود که همگی به یک معنا است. اتصال زمین نباید لزوماً در نزدیکی زمین بکار رود؛ فردی که روی سقف یک خانه در حال کار است، اتصال به زمین آن بسیار بالاتر از سطح زمین است.

به طور خلاصه، عمده دلایل نیاز شبکه به سیستم اتصال زمین عبارتند از:

- با اتصال شبکه به زمین، یک منبع الکتریکی با یک مرجع الکتریکی که زمین است، فراهم می شود. با اتصال یک نقطه مشخص از یک مجموعه به منبع برق دارای اتصال زمین،

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



اطمینان حاصل می شود که سایر نقاط مجموعه نیز اختلاف پتانسیل مشخصی با زمین مرجع دارند.

- سطوح فلزی تجهیزات الکتریکی دارای اتصال زمین، همواره در پتانسیل زمین باقی می ماند و در نتیجه در صورت اتصال با افراد، ایمن هستند.
- سیستم اتصال زمین مسیری با مقاومت الکتریکی پایین برای تخلیه بارهای استاتیکی و جرقه ها و صاعقه های ناشی از پدیده های طبیعی فراهم می کند و بنابراین تجهیزات حساس و پرسنل در مقابل آن ها دچار آسیب نخواهند شد [۱].

بجز موارد استثناء، تمامی شبکه ها و سیستم های برقی نیازمند اتصال زمین هستند و به نوعی اتصال زمین می شوند.

از آنجایی که لایه عایق هادی های حامل جریان در اثر پیرشدگی، متغیرهای خارجی یا بواسطه تنش های حرارتی یا الکتریکی دچار تخریب می شوند، باید محل تخریب شناسایی شده و در صورت امکان تعمیر شود. در صورتی که سیستم زمین مرجع نداشته باشد، شناسایی صحیح و دقیق این نقطه مشکل خواهد شد. برای شناسایی اولین نقطه شکست، به محض وقوع، باید یکی از قطب های منبع S اتصال زمین شود. معمولاً قطبی که به زمین متصل می شود، ختشی یا خط^۱ نامیده می شود. در این شرایط هنگامی که در عایق ها تخریب اتفاق افتد، جریانی که از این طریق ایجاد می شود توسط مسیر اتصال زمین به منبع باز می گردد و با استفاده از تجهیزات حفاظتی شناسایی می شود.

بنابراین یکی از اهداف مهم اتصال زمین این است که سبب ساده شدن شناسایی شکست در سیستم الکتریکی می شود. اتصال زمین با ایجاد مسیری برای شارش جریان از نقطه شکست به زمین و بازگرداندن آن به منبع، شناسایی شکست را ممکن می سازد.

در شبکه های بزرگ مانند شبکه های برق منطقه، باید زمین مرجع در محل مصرف کننده نیز وجود داشته باشد. در این شبکه ها، در صورت تخریب شدن عایق ها، اتصال زمین به صورت اتوماتیک ایجاد

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



نمی‌شود و در این شرایط باید محل شکست از طریق مسیری با مقاومت پایین به زمین متصل شود. در این موارد از یک ترمینال مرجع زمین در محل مشتری استفاده شده و بدنه فلزی تجهیزات الکتریکی مشتری به آن متصل می‌گردد.

۳- انواع سیستم اتصال زمین

طبق استاندارد BS 7671، پنج نوع سیستم اتصال به زمین وجود دارد که عبارتند از: TT، TN-S، TN-C-S، TN-C و IT. هر یک از حروف مخفف کلمه‌ای است و معنی مشخصی دارد. در خصوص این حروف داریم [۲]:

T: زمین (از کلمه فرانسوی Terre)

N: نول

S: مجزا

C: ترکیبی

I: ایزوله

در هنگام طراحی یک سازه برقی، یکی از اولین مسائلی که مطرح است، سیستم اتصال به زمین می‌باشد. مسئول شبکه توزیع برق باید این مسئله را روشن کند که از چه سیستمی برای اتصال به زمین استفاده شود. اینکه کدامیک از سیستم‌های TN-S، TN-C-S یا TT برای یک شبکه ولتاژ پایین بکار می‌رود، اهمیت ندارد؛ ولی همه آنها باید با قوانین و مقررات رایج و نکات ایمنی مطابقت داشته باشد. در سیستم TN-C برای کاربرد در ولتاژ پایین باید تمهیداتی اضافی در نظر گرفته شود، همچنین سیستم IT نیز برای شبکه‌های ولتاژ پایین برخی غیرمجاز است.. در ادامه به بررسی اجمالی هر یک از این سیستم‌ها می‌پردازیم.

در سیستم اتصال به زمین TN-S، نول منبع انرژی در یک نقطه در نزدیکی منبع به زمین متصل می‌شود و ترمینال اتصال زمین مشتری به غلاف فلزی یا آرموراد کابل سرویس توزیع وصل می‌شود.



در سیستم TN-C-S نیز هادی نول اصلی منبع اول در محل منبع و سپس در طول مسیرش اتصال به زمین دارد. این سیستم معمولاً سیستم اتصال به زمین چندگانه (PME) نامیده می‌شود. در این آرایش، همچنین از هادی نول توزیع‌کننده برای بازگرداندن جریان‌های نقصانی زمین به اتصالات ایمنی مشتری استفاده می‌شود. به این منظور، توزیع‌کننده یک ترمینال اتصال به زمین برای مشتری در نظر می‌گیرد که هادی نول ورودی به آن متصل می‌شود.

در سیستم TT برخلاف نمونه قبلی، وسیله‌ای توسط توزیع‌کننده برای اتصال به زمین مشتری فراهم نشده است و اتصال به زمین باید توسط مشتری با نصب یک الکتروود زمین در محدوده تجهیزات ایجاد گردد.

هریک از انواع شبکه‌های زمین دارای مزایا و معایبی هستند که با توجه به شرایط و خواسته‌ها انتخاب و در آئین نامه و دستورالعمل‌های هر کشور ثبت شده است. در آمریکای شمالی، برای تغذیه ترانس‌های توزیع از ترکیب هادی زمین و نول استفاده می‌شود، اما در سازه، نول و زمین از هم مجزا می‌شود (مطابق سیستم TN-C-S). در آرژانتین و فرانسه از سیستم TT و در استرالیا از سیستم TN-C-S استفاده می‌شود و قانوناً تمامی مشتریان باید در خانه خود اتصال زمین داشته باشند. در ژاپن در اغلب تجهیزات خود از سیستم TT استفاده می‌کنند. در بیشتر شبکه‌های مدرن اروپایی از سیستم TN-C-S استفاده می‌شود و به این صورت است که تا نزدیک‌ترین ایستگاه ترانس توزیع، نول و زمین با هم ترکیب شده و بعد از آن در تمامی سیم‌کشی‌های داخلی، نول و زمین از هم مجزا می‌شوند [۳].

۴- طراحی سیستم اتصال زمین

به طور کلی مهمترین بخش اجرای سیستم اتصال به زمین برای یک ترانس شبکه عبارتند از:

- محاسبه دقیق میزان جریان شکست محتمل در سیستم و ابعاد لازم برای سیستم اتصال به زمین
- تعیین مشخصات خاک منطقه از قبیل میزان و نوع خورندگی و هدایت الکتریکی
- انتخاب جنس الکتروود زمین با توجه به مشخصات خاک منطقه



• تعیین جنس سیم زمین و سایر اتصالات با توجه به جنس الکتروود زمین در خصوص سیستم‌های اتصال زمین، دو دسته استاندارد موجود است. دسته اول، استانداردهایی که به طراحی ملزومات یک سیستم اتصال زمین می پردازد و دسته دوم استانداردهایی است که به کنترل کیفیت سیستم‌های زمین و انجام آزمایش‌های تضمین کیفیت می پردازد. یکی از مهمترین استانداردهایی که در خصوص سیستم های اتصال زمین وجود دارد، استاندارد BS7430 است که به بررسی کیفیت و همچنین تعیین مشخصات فنی لازم برای سیستم‌های اتصال زمین می پردازد. در این استاندارد جنس پیشنهادی برای هریک از اجزای شبکه و همچنین سطح مقطع پیشنهادی آنها ذکر شده است. علاوه براین نکاتی در خصوص نوع خاک، جنس مجاز برای الکتروود زمین و همچنین سایر متغیرهای مربوط به جنس ذکر شده است. در خصوص کنترل کیفی سیستم های زمین نیز استانداردهای فراوانی وجود دارد که از جمله آنها، استاندارد IEEE 837 و BS62561 است که جهت ارزیابی اتصالات الکتریکی در اتصال زمین به کار می رود. در این استانداردها، تعدادی آزمون جهت ارزیابی کیفیت ذکر شده که خواص فیزیکی، مکانیکی و محیطی را آزمایش می کند. در ادامه، ابتدا اجزای سیستم اتصال زمین و عملکرد آن ذکر شده و سپس به بررسی نحوه محاسبات و تعیین مشخصات مورد نیاز پرداخته می شود و در آخر آزمون های استاندارد ذکر می گردد.

۴-۱- اجزای سیستم اتصال زمین

به طور کلی، مهمترین اجزای سیستم زمین عبارتند از:

- هادی زمین،
- کلمپ اتصال بین هادی زمین و الکتروود زمین
- الکتروود زمین

نوع الکتروود زمین با توجه به طراحی و خواسته‌های شبکه تعیین می شود. الکتروودها انواع مختلفی دارند که عبارتست از: میله‌ای، صفحه‌ای و شبکه‌ای (شکل ۱). در نوع میله‌ای از یک مقطع معمولاً گرد

شرکت توانیر

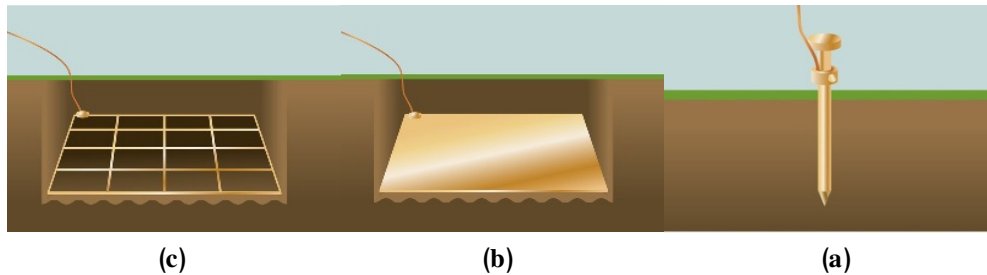
معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



استفاده می شود، ولی سایر مقاطع نیز قابل کاربرد است که از آن جمله می توان به چهارگوش، لوله ای، شش گوش و ... اشاره کرد.

در نوع صفحه ای، از یک صفحه با ضخامت مشخص استفاده می شود و هادی زمین توسط کلمپ مناسب به آن متصل می گردد. در این روش سطح زیادی با خاک در تماس است، که در نتیجه عملکرد مناسبی وجود دارد. در نوع شبکه ای نیز معمولاً هادی هایی با مشخصات معین به صورت شبکه ای به هم متصل شده و در زیر خاک دفن می شوند. انتخاب نوع با توجه به طراحی و شرایط عملکردی است.



شکل ۴-۱- انواع الکترود زمین: (a) میله ای، (b) صفحه ای، (c) شبکه ای

جنس الکترودها می تواند از فولاد زنگ نزن آستینیتی، مس، فولاد با غلاف مسی و یا فولاد گالوانیزه باشد. انتخاب جنس با توجه به ترکیب خاک و شرایط طراحی انجام می شود.

در سیستم اتصال زمین باید اتصال مناسبی با توده زمین ایجاد شود؛ مقاومت این اتصال باید آنقدر پایین باشد که دیگر نیازی به حفاظت شبکه در مقابل جریان شکست زمین نباشد و می بایست قابلیت تحمل حداکثر جریان شکست مورد انتظار در شبکه را داشته باشد. میزان مقاومت مورد نیاز همواره عدد مشخص و ثابتی نیست.

با توجه به این موارد باید تمامی متغیرهایی که بر مقاومت زمین، ظرفیت جریان شکست عبوری از هادی دفن شده، طراحی الکترود زمین و ... موثر هستند، در نظر گرفته شوند. عمده ترین متغیرهای این سیستم شامل اندازه و هندسه هادی زمین، مقاومت خاکی که الکترود در آن دفن شده و اتصالات

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



شبکه به سیستم زمین است. علاوه بر این‌ها، باید چگالی جریان در سطح الکتروود زمین و همچنین پتانسیل زمین در مجاورت الکتروود در نظر گرفته شود [۴].

در سیستم زمین، مقاومت کل شامل موارد زیر است:

- مقاومت هادی زمین
- مقاومت بین الکتروود زمین و اتصالات
- مقاومت الکتروود زمین
- مقاومت بین الکتروود و زمین
- مقاومت زمین

مقاومت هادی، الکتروود و اتصال بین هادی و الکتروود بسیار ناچیز است، زیرا معمولاً از جنس مواد با رسانایی بالا مانند مس و فولاد استفاده می‌شود. مقاومت فصل مشترک الکتروود با زمین نیز طبق تحقیقات، قابل چشم پوشی است؛ ولی در صورتی که عواملی مانند گریس، رنگ، خوردگی و ... وجود داشته باشد، در میزان این مقاومت تأثیرگذار است. در صورت وقوع خوردگی، مقاومت بین الکتروود و زمین افزایش یافته و عملکرد آن دچار مشکل می‌شود، در نتیجه باید همواره سازگاری الکتروود با خاک محل نصب مورد توجه قرار گیرد.

در تعیین مقاومت کلی، مقدار چهار مورد اول در مقایسه با مورد آخر، بسیار ناچیز و قابل چشم پوشی است، در نتیجه در طراحی معمولاً تنها مقاومت خاک مد نظر قرار می‌گیرد. اگرچه زمین بسیار بزرگ بوده و می‌تواند مثل یک سینک جریان در نظر گرفته شود، اما مقاومت لایه خاک مجاور با الکتروود در عملکرد آن تأثیر چشمگیری دارد.

مقاومت خاک به متغیرهای زیادی بستگی دارد که مهمترین آنها عبارتند از [۱]:

- غلظت نمک های موجود در خاک
- میزان رطوبت
- دما



- میزان فشردگی

مقالات زیادی در این خصوص نوشته شده است که با استفاده از آنها می توان به محاسبه مقاومت خاک پرداخت. برای محاسبه مقاومت، در IEEE 142 اطلاعات مناسبی ارائه شده است که ابزار مناسبی برای طراحی سیستم زمین می باشد. علاوه بر این، تجهیزات فراوانی برای اندازه گیری مستقیم مقاومت خاک وجود دارد که در مراکز تجاری موجود است.

کلمپ زمین، یراقی است که از آن برای اتصال هادی زمین به الکتروود، اتصال هادی های زمین به یکدیگر و یا اتصال هادی به بدنه ترانس بکار می رود؛ ولی عمده ترین کاربرد آن، اتصال هادی به الکتروود زمین است. به طور کلی، کلمپ های زمین به دو دسته موقت و دائمی تقسیم می شود.

کلمپ نوع موقت در شرایطی به کار می رود که عملیات روی شبکه انجام شود. در این حالت برای حفاظت پرسنل در مقابل بروز خطرات احتمالی، کلمپ های اتصال زمین موقت بکار می رود. نمونه هایی از این مورد در شکل ۲ و ۳ قابل مشاهده است.



شکل ۴-۲- کلیپ موقت اتصال زمین مخصوص هادی های روکش دار [۵]



شکل ۴-۳- چند نمونه کلمپ موقت زمین برای خطوط لخت [۶]

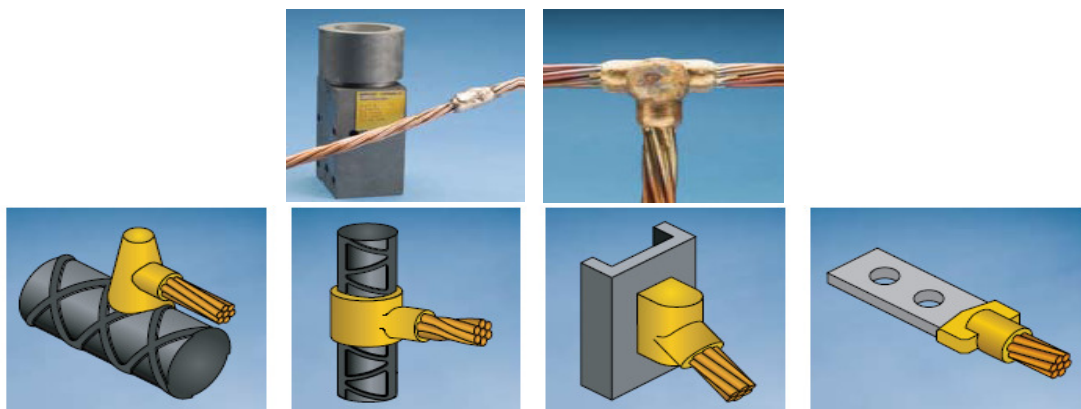
شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



کلمپ های اتصال زمین دائمی نیز به دو دسته جوشی و پیچ و مهره ای تقسیم می شوند که نوع جوشی دارای کیفیت و شرایط عملکرد مناسب تری است (شکل ۴ و ۵). در نوع جوشی، از یک قالب و مقداری پودر جوش ترمیت استفاده می شود و تنها با مشتعل کردن پودر جوش، عملیات آغاز می شود.



شکل ۴-۴- اتصالات جوشی در سیستم زمین [۷]



شکل ۴-۵- چند نوع کلمپ زمین پیچ و مهره ای [۷]

کلمپ های زمین پیچ و مهره ای، به دلیل کم هزینه بودن دارای کاربرد بیشتری است. این کلمپ دارای اشکال مختلفی است که با توجه به شرایط عملکردی انتخاب می شود و رایج ترین نوع آن در پایین شکل ۵ نمایش داده شده است.

شرکت توانیر

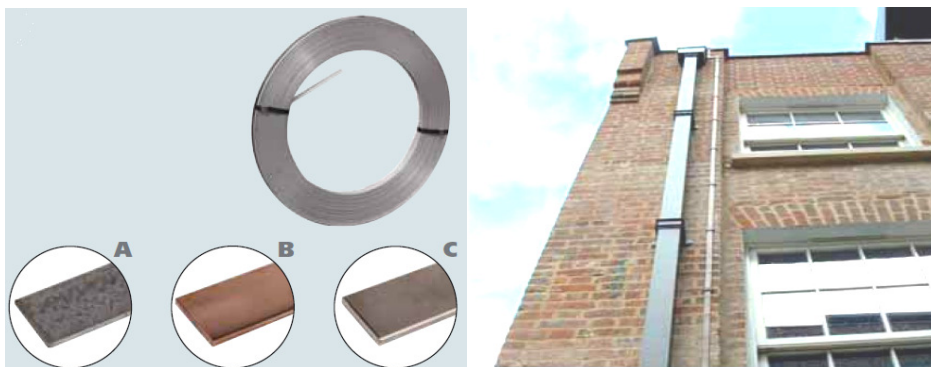
معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



کلمپ زمین به دلیل کوچکی ابعاد باید استحکام بالایی داشته باشد تا امکان اعمال نیروی مناسب برای نصب آن وجود داشته و تخریب نشود. از طرفی، هدایت الکتریکی کلمپ نیز باید بالا باشد تا در مقابل عبور جریان شکست، تحمل داشته و مانع از عبور مناسب جریان نشود. از آنجایی که در اغلب موارد، کلمپ زمین با خاک در تماس است، باید مقاومت به خوردگی مناسبی نیز داشته باشد. با توجه به این موارد، جنس کلمپ زمین، برنزی و یا فولاد زنگ نزن انتخاب می شود.

هادی زمین، یکی دیگر از سیستم زمین است که وظیفه آن انتقال جریان شکست تا الکتروود است. هادی های زمین دارای انواع متنوعی بوده و از جنس های مختلف ساخته می شوند. هادی های زمین معمولاً به صورت کابل، تسمه، لوله، میلگرد و ... هستند ولی رایج ترین نوع آن به دلیل سادگی عملکرد و شرایط نصب، نوع تسمه ای (شکل ۴-۶) و کابلی است. جنس هادی نیز با توجه به شرایط محیطی و جنس الکتروود انتخاب می شود و می تواند از آلومینیوم، مس، فولاد، فولاد زنگ نزن و یا گالوانیزه انتخاب شود. جنس و ابعاد هادی باید به گونه ای باشد که تحمل انتقال جریان شکست به الکتروود را داشته باشد و از طرفی مقاومت به خوردگی مناسبی در مقابل عوامل محیطی منطقه داشته باشد.



شکل ۴-۶- هادی زمین با مقطع تسمه و با جنس (A) گالوانیزه، (B) مس و (C) فولاد زنگ نزن [۸]

جنس کوپلینگ و روبنده برای تسمه ها با توجه به جنس تسمه انتخاب می شود. برای تسمه های مسی، معمولاً از روبنده و کوپلینگ برنزی استفاده می شود. یکی از اشتباهاتی که در سیستم زمین های جدید که به تازگی در ایران به کار می رود، نصب تسمه های گالوانیزه روی تیر با میخ های فولادی

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



است. در این شرایط میخ‌های فولادی به شدت خورده شده و تسمه از تیر جدا می‌شود و در نهایت اتصال زمین قطع می‌شود. جهت نصب تسمه های گالوانیزه روی تیر و یا کویلینگ دو تسمه باید مطابق شکل‌های ۴-۷ و ۴-۸ اقدام گردد. لازم بذکر است که جنس رو بنده و کویلینگ باید با جنس تسمه متناسب باشد.



شکل ۴-۷ - کویلینگ مناسب برای ایجاد اتصال بین دو تسمه شکل ۴-۸ - رو بنده مناسب برای نصب تسمه روی تیرها
 برای هادی زمین بکار بردن مس، مس با پوشش قلع، آلومینیوم و آلیاژهای آن، فولاد گالوانیزه و فولاد زنگ نزن مجاز است. برای این قطعه، ابعاد باید به گونه‌ای انتخاب شود که تحمل تنش های مکانیکی را داشته باشد و از طرفی خواسته های الکتریکی مورد نیاز سیستم زمین را فراهم نماید. از طرفی مواد مورد استفاده در سیستم زمین برای اتصال مستقیم به یکدیگر باید مطابق جدول ۴-۱ دارای سازگاری باشند.

جدول ۴-۱ - سازگاری مواد مورد استفاده در سیستم زمین برای اتصال مستقیم به یکدیگر

الکتروود یا سایر اجزای سیستم با مساحت کوچکتر				جنس
مس با روکش قلع	مس	فولاد گالوانیزه	فولاد	
√	√	√	√	فولاد گالوانیزه
√	√	×	×	فولاد در بتن
√	√	√	√	فولاد گالوانیزه در بتن
√	√	√	√	سرب



شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع

شماره سند: ۳۳۹/۳۳۶
 ویرایش:
 تاریخ تصدیق نظر:
 شماره تصدیق نظر:

۵- استانداردها و آزمونهای هادیها (تسمه ها)، صفحه و اتصالات سیستم زمین

از جمله استانداردهای موجود در زمینه یراق آلات زمین می توان به استانداردهای NEMA GR1, BS 7430, BS 62561, ANSI C135.30 و IEEE 837 اشاره کرد. در جدول ۵-۱ به طور خلاصه اطلاعاتی در رابطه با استانداردهای مرتبط با اجزای سیستم زمین (هادی، الکتروود و اتصالات)، آزمونها و خواسته های استاندارد از هر یک از این اجزا آورده شده است.

جدول ۵-۱ - آزمونهای مربوط به هادی، الکتروود و اتصالات زمین

خواسته ها	آزمون ها	استاندارد	اجزای سیستم زمین	
مشخصات ابعادی، ظاهری، جنس، نشانه گذاری و ... باید با بندهای ۳-۴ و ۵-۵ استاندارد مطابقت داشته باشد.	۱- بررسی ظاهری	BS62651-2	کابل	۱
پوشش گالوانیزه باید یکنواخت، پیوسته و فاقد هرگونه عیب باشد و در مقاطع گرد باید حداقل ضخامت 350 g/m^2 و برای تسمه ها 500 g/m^2 باشد و باید با بند ۱-۲-۵ استاندارد مطابقت داشته باشد.	۲- ضخامت پوشش			
نمونه تا زاویه ۹۰ و با شعاع معین خم می شود. پوشش نباید دچار شکست، ترک، بریدگی و ... شود، و باید با بند ۲-۲-۵ استاندارد مطابقت داشته باشد.	۳- خمش و چسبندگی پوشش			
نمونه باید مطابق استاندارد تحت آزمون شرایط محیطی و آزمون اتمسفر مرطوب گوگردی قرار گرفته و دچار هیچ تخریبی نشود و باید با بند ۳-۲-۵ استاندارد مطابقت داشته باشد.	۴- شرایط محیطی			
نمونه باید مطابق شرایط استاندارد تحت آزمون کشش قرار گیرد و خواسته های ذکر شده در استاندارد مطابق بند ۲-۲-۵ را برآورده کند.	۵- کشش			
مقاومت الکتریکی ویژه نمونه باید مطابق با جداول بند ۲-۵-۵ استاندارد باشد.	۶- مقاومت الکتریکی		تسمه	
مشخصات ابعادی، ظاهری، جنس، نشانه گذاری و ... باید با خواسته های ذکر شده در استاندارد مطابق بخش ۴-۴، جدول ۳ باشد.	۱- بررسی ظاهری	BS62651-2 & NEMAGR1	کابل	۲
پوشش گالوانیزه باید یکنواخت، پیوسته و فاقد هرگونه عیب و حداقل 350 g/m^2 باشد و خواسته های ذکر شده در استاندارد مطابق بند ۲-۲-۵ را برآورده کند.	۲- ضخامت پوشش			
نمونه تا زاویه مشخص و با شعاع معین خم می شود. پوشش نباید	۳- چسبندگی و خمش			



شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع

شماره سند: ۳۳۹/۳۳۶
 ویرایش:
 تاریخ تصویب نظر:
 شماره تجدید نظر:
 تاریخ صدور:

خواسته ها	آزمون ها	استاندارد	اجزای سیستم زمین	
دچار شکست، ترک، بریدگی و ... شود و خواسته های ذکر شده در استاندارد مطابق بند ۵-۲-۳ را برآورده کند.	پوشش		تسمه	۳
نمونه باید مطابق استاندارد تحت آزمون شرایط محیطی و آزمون اتمسفر مرطوب گوگردی قرار گرفته و دچار هیچ تخریبی نشود و خواسته های ذکر شده در استاندارد مطابق بند ۵-۲-۴ را برآورده کند.	۴- شرایط محیطی			
نمونه باید مطابق شرایط استاندارد تحت آزمون کشش قرار گیرد و خواسته های ذکر شده در استاندارد مطابق با جدول ۴ بخش ۴-۴ را برآورده کند.	۵- استحکام کششی		میله	
نسبت تسلیم/کشش نمونه باید مطابق شرایط استاندارد انجام شده و خواسته های ذکر شده در استاندارد مطابق بند ۵-۲-۵ را برآورده کند.	۶-نسبت تسلیم/کشش		صفحه	
مقاومت الکتریکی ویژه نمونه باید مطابق با استاندارد باشد و خواسته های ذکر شده در استاندارد مطابق با جدول ۴ بخش ۴-۴ را برآورده کند.	۷- مقاومت ویژه			
میزان تابیدگی میله های زمین باید محاسبه شده و حداکثر 0.01 in/ft باشد و خواسته های ذکر شده در استاندارد NEMA GR1 بند ۲-۱۰ را برآورده کند.	۸- راستی			
مشخصات ابعادی، ظاهری، جنس، نشانه گذاری و ... باید با استاندارد مطابقت داشته باشد و خواسته های ذکر شده در استاندارد مطابق بند ۵-۶ و ۶-۲ را برآورده کند.	۱- بررسی ظاهری			
نمونه باید تحت نیروی 900 N به مدت یک دقیقه قرار گرفته و حداکثر 1 mm لغزش کند و به هادی و اتصال آسیب وارد نشود و خواسته های ذکر شده در استاندارد مطابق بند ۶-۴ را برآورده کند.	۲- مکانیک استاتیک	BS62651-1 & NEMAGR1	اتصالات	
مداری مطابق با استاندارد تهیه می شود و سه دفعه تحت جریانی معین قرار می گیرد و در نهایت مقاومت الکتریکی آن اندازه گیری می شود. مقاومت محاسبه شده با توجه به جنس باید مطابق بند ۳-۶ استاندارد BS 62651-1 باشد.	۳- الکتریکی			

۶- تهیه مشخصات فنی هادیها (تسمه ها)، صفحه و اتصالات سیستم زمین از نظر

متالورژیکی به منظور کاهش سرقت در پست ها و خطوط توزیع

مشخصات فنی مورد نیاز برای هریک از اجزای سیستم زمین، در استانداردهای ذکر شده در بخش قبل، آمده است. با این حال در این بخش به مهم ترین خواسته های هریک از این استانداردها اشاره



می گردد. اجزای انتخاب شده و مشخصات ذکر شده، برای ترانسی با ظرفیت حداکثر ۲۰KV محاسبه شده است. در این سیستم، جریان شکست عبوری در حدود ۱۰KA محاسبه شده است.

۱-۶- هادی زمین**

طبق استاندارد، هادی زمین می تواند از جنس فولاد، مس، آلومینیوم و یا آلیاژهای آنها باشد. مشخصات ابعادی و جنس مجاز، خواص الکتریکی و مکانیکی برای این قطعه در جدول ۱-۶ ذکر شده است. این قطعات باید کلیه خواسته های استاندارد BS 62651-2 را برآورده کند. در مواردی که از تسمه های گالوانیزه استفاده می شود، ضخامت پوشش روی باید حداقل 500 g/cm^2 باشد و در صورت کاربرد کابل فولادی، 350 g/cm^2 باشد. سایر پوشش ها نیز در صورتی که خواسته های مورد نیاز برای آزمون خوردگی را برآورده کند، مجاز است. با توجه به این موارد، برای پست های با ظرفیت حداکثر ۲۰KV، هادی زمین با مشخصات جدول ۱-۶- پیشنهاد می شود:

جدول ۱-۶- مشخصات فنی لازم برای هادی زمین برای پست با سطح ولتاژ حداکثر ۲۰KV

توضیحات	ضخامت پوشش (μm)	استحکام کششی (N/mm^2)	مقاومت الکتریکی ($\mu\Omega \cdot \text{m}$)	مساحت (mm^2)	هندسه	جنس
قطر هر رشته حداقل ۱/۷ mm	-	۲۰۰ تا ۴۵۰	≤ 0.19	≥ 50	کابل	مس خالص
ضخامت حداقل ۲ mm	-				تسمه	
قطر حداقل ۸ mm	-				میله	
ضخامت حداقل ۲/۵ mm	≤ 70	۲۹۰ تا ۵۱۰	≤ 0.15	≥ 150	تسمه	فولاد با روکش مس
قطر حداقل ۸ mm	≤ 70				میله	
قطر هر رشته حداقل ۱/۷mm	≤ 45	۲۹۰ تا ۵۱۰	≤ 0.15	≥ 150	کابل	فولاد گالوانیزه
ضخامت حداقل ۲/۵ mm	≤ 65				تسمه	
قطر حداقل ۱۵ mm	≤ 45				میله	
قطر هر رشته حداقل ۱/۶۳mm	-	۱۲۰ تا ۲۸۰	≤ 0.36	≥ 70	کابل	آلومینیوم
ضخامت حداقل ۳mm	-				تسمه	
قطر حداقل ۱۵mm	-				میله	
قطر هر رشته حداقل ۱/۷mm	-	۴۰۰ تا ۷۷۰	≤ 0.8	≥ 150	کابل	فولاد زنگ نزن
ضخامت حداقل ۲mm	-				تسمه	
قطر حداقل ۱۵mm	-				میله	



شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع

شماره سند: ۳۳۹/۳۳۶/۳
 ویرایش:
 تاریخ صدور:
 تاریخ تجدید نظر:
 شماره تجدید نظر:

علاوه بر موارد ذکر شده در جدول بالا، استفاده از حالت های دیگر در صورتی که خواسته های آزمون های استاندارد را برآورده سازد، مجاز خواهد بود.

۲-۶- الکتروود زمین

الکتروود زمین دارای انواع مختلفی است که با توجه به شرایط خاک و امکانات موجود انتخاب می شود. انواع مقاطع و جنس های مجاز برای الکتروود زمین، خواص الکتریکی و مکانیکی در جدول ۲-۶ آمده است. این قطعات باید کلیه خواسته های استاندارد BS 62651-2 را برآورده کند. در مواردی که از صفحه استفاده می شود، تنها آزمون های ابعادی و محیطی روی آن انجام می شود. در الکتروودهای گالوانیزه، ضخامت پوشش باید حداقل 350 g/cm^2 باشد و در مواردی که از پوشش مس استفاده می شود، ضخامت پوشش باید با جدول ۲-۶ مطابقت داشته باشد.

جدول ۲-۶- مشخصات فنی لازم برای الکتروود زمین برای پست با سطح ولتاژ حداکثر ۲۰KV

توضیحات	ضخامت پوشش (μm)	استحکام کششی (N/mm ²)	مقاومت الکتریکی (μΩ.m)	مساحت (mm ²)	هندسه	جنس
قطر هر رشته حداقل ۱/۷ mm	-	۲۰۰ تا ۴۵۰	≤ ۰/۱۹	≥ ۵۰	کابل	مس خالص
ضخامت حداقل ۲ mm	-			≥ ۵۰	تسمه	
قطر ۸ یا ۱۵mm بسته به خاک	-			≥ ۲۵۰۰	میله	
ابعاد ۵۰۰mm×۵۰۰mm و ضخامت ۱/۵mm	-			صفحه		
ضخامت حداقل ۲/۵mm	≤ ۲۵۰	۲۹۰ تا ۵۱۰	≤ ۰/۲۵	≥ ۷۸	تسمه	فولاد با روکش مس
قطر حداقل ۸mm	≤ ۲۵۰			میله		
قطر هر رشته حداقل ۱/۷mm	≤ ۴۵	۲۹۰ تا ۵۱۰	≤ ۰/۲۵	≥ ۱۵۰	کابل	فولاد گالوانیزه
ضخامت حداقل ۲/۵mm	≤ ۴۵			تسمه		
قطر حداقل ۱۵mm	≤ ۴۵			میله		
ابعاد ۵۰۰mm×۵۰۰mm و ضخامت ۳mm	≤ ۴۵			صفحه		
ضخامت حداقل ۲mm	-	۴۰۰ تا ۷۷۰	≤ ۰/۸	≥ ۷۸	تسمه	فولاد زنگ نزن
قطر ۱۰ یا ۱۵mm بسته به خاک	-			میله		

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



طراحی های مختلفی برای الکترودهای زمین وجود دارد که از آن جمله در استاندارد ASTM 153-82 آمده است. در این طراحی دیگر نیازی به کلمپ زمین نبوده و هادی به صورت مستقیم به سیم زمین متصل می گردد.

یکی دیگر از روش های مناسب برای اجرای سیستم زمین، کاربرد کابل فولادی لخت، بعنوان الکتروود زمین است. در این شرایط باید چاه زمین حفر شده و کابل حلقه شده در آن دفن شود.

۶-۳- اتصالات زمین

اتصالات سیستم زمین، به دلیل کوچکی نسبت به سایر اجزا، محل های تمرکز جریان و دما هستند و در صورتی که طراحی مناسبی نداشته باشند و تمهیدات لازم برای آنها در نظر گرفته نشده باشد، به سرعت تخریب شده و منجر به از بین رفتن سیستم زمین می شوند. در خصوص این اتصالات، استانداردهای سختگیرانه ای وجود دارد که در بخش قبلی به تعدادی از آنها اشاره شد. اتصالات سیستم زمین باید کلیه خواسته های استاندارد BS 62651-1 را برآورده کند.

به طور کلی، معمولاً برای ساخت کلمپ های زمین از فولادهای زنگ نزن و یا برنرها استفاده می شود زیرا علاوه بر مقاومت به خوردگی بالا، دارای استحکام مکانیکی مناسبی می باشند. بعنوان مثال، در کلمپ های زمین، کلمپ باید تا گشتاور ۲۰۰ N.m محکم شده و دچار هیچ تخریبی نشود.

اتصالاتی که در دستورالعمل های نصب پیشنهادی این پژوهش پیشنهاد شده، کابلشو و کانکتور زمین (شکافدار و پیچی) است. این قطعات باید تحمل جریانی تا حدود ۱۰ kA را داشته باشند. همچنین در صورت دفن شدن در زیر خاک، مقاومت به خوردگی مناسب داشته باشند. در مواردی که

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



این قطعات با فولاد گالوانیزه در زیر خاک اتصال داشته باشند، باید پوشش قلع داده شوند. به طور کلی مهمترین مشخصات فنی کلمپ زمین عبارتند از:

۱- در صورت استفاده از آلیاژهای مس، کلمپ باید حداقل محتوی ۸۰٪ مس باشد. پیچ و مهره‌ها نیز باید از جنس فولاد زنگ نزن یا برنز باشد. کاربرد فولاد زنگ نزن آستنیتی نیز برای ساخت کلمپ مجاز است.

۲- کلمپ باید قابلیت محکم شدن تا گشتاور 40 N.m را داشته باشد و در این گشتاور دچار هیچ گونه تخریبی نشود.

۳- مقاومت الکتریکی کلمپ در اتصال به میله زمین نباید از $0.3 \text{ m}\Omega$ بیشتر باشد و یا حداقل ۹۵٪ هدایت میله زمین باشد.

۴- استحکام مکانیکی کلمپ باید حداقل 380 N/mm^2 باشد.

برای ساخت کابلشو، در صورتی که در زیر خاک دفن شود، باید از مس با پوشش قلع استفاده شود، ولی در صورتی که در خاک دفن نشود، کاربرد آلومینیوم و آلیاژهای نیز مجاز است. در صورتی که از آلومینیوم استفاده شود، کاربرد پوشش قلع الزامی است. کابلشوهای بکار رفته در سیستم زمین باید با استاندارد IEC 61238-1 و IEC 61238-2 یا ANSI C 119.4 مطابقت داشته باشد. به طور کلی مهمترین مشخصات فنی کابلشوهای بکار رفته عبارتند از:

۱- بدنه کابلشو باید حداقل محتوی ۸۵٪ مس باشد و حداکثر مقدار مجاز برای روی ۱۰٪ است.

۲- در صورت کاربرد نمونه آلومینیومی که تنها در بالای خاک مجاز است، باید از آلیاژهای سری ۱۰۰۰ استفاده شود و حداکثر مقدار مس در ترکیب شیمیایی آن ۲٪ است.

۳- کابلشوها باید در آزمون سیکل حرارتی و اتصال کوتاه قبول شوند.

۴- در صورت دفن شدن کابلشو در زیر خاک، پیچ و مهره‌ها باید از جنس فولاد آستنیتی با حداقل ۱۸٪ کروم یا از جنس برنز باشد. کاربرد واشرهای فنی در نصب لازم است.



۷- روشهای نصب و بهره برداری از هادیها (تسمه ها) ، صفحه و اتصالات زمین از

نظر متالورژیکی

پست های الکتریکی یکی از نقاط بحرانی در شبکه های توزیع هستند. عملکرد ایمن یک پست الکتریکی وابسته به طراحی مناسب و نصب صحیح سیستم زمین است. سیستم زمین مناسب، مسیری با مقاومت کافی برای تخلیه جریان شکست تأمین می کند. در صورت باقی ماندن جریان شکست در سیستم به مدت طولانی، مشکلات زیادی از جمله ناپایداری سیستم ایجاد می شود. بنابراین تخلیه سریع منجر به افزایش قابلیت اطمینان شبکه می شود و ایمنی افزایش می یابد. عدم تخلیه جریان شکست در شبکه منجر به بالاتر رفتن پتانسیل اجزای فلزی در مقایسه با پتانسیل زمین می شود و در نتیجه احتمال بروز خطر برای انسان و سایر جانوران وجود دارد [۱].

در قدم اول، ابعاد هادی های سیستم زمین باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا در صورت عبور جریان شکست، ذوب و یا گداخته نشود. ابعاد هادی ها از دوجنبه باید محاسبه شود: اول میزان جریانی که از سیستم زمین عبور می کند و دوم مدت زمان استمرار جریان در مدتی که شکست اتفاق می افتد. میزان جریان شکست وابسته به مقاومت شبکه زمین است و زمان استمرار آن نیز با توجه به طراحی رله ها و مدار قطع کن شبکه حفاظتی تعیین می شود. طبق پیشنهاد IEEE 80، معمولاً زمان ۳ ثانیه برای طراحی پست های کوچک انتخاب می شود.

قدم دوم، ایجاد اتصال مناسب بین هادی ها و هادی زمین و همچنین بین هادی زمین و میله زمین است. اتصالات باید مقاومتی پایین در مقایسه با هادی ها باشند تا در هنگام عبور جریان شکست، بیش از حد گرم نشوند. مهمترین مواردی که در طراحی اتصالات باید مدنظر قرار گیرد، عبارتند از:

- نوع اتصال مورد استفاده برای متصل کردن هادی ها به شبکه و میله زمین
- حداکثر دمای قابل تحمل برای اتصال

رایج ترین اتصالات برای سیستم های زمین، اتصالات مکانیکی (شامل پیچی، پرس و گوه ای) و جوشی است. دمای مجاز برای هر یک از این اتصالات در IEEE 80 و IEEE 837 آمده است. در

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



صورتی که دمای اتصال از دمای مجاز تعیین شده بالاتر رود، تخریب شده و مقاومت آن افزایش می یابد که منجر به گرم شدن بیش از حد می گردد و در نهایت به طور کامل تخریب شده و از بین می رود.

قدم سوم، طراحی صحیح الکتروود زمین است. در ایستگاه های MV و HV، جایی که منبع انرژی و مصرف کننده از طریق یک مسیر طولانی به یکدیگر متصل هستند، در صورت وقوع جریان شکست نباید جریان به داخل اجزای فلزی هدایت شود و تنها باید به سوی زمین جریان یابد. این جمله به آن معناست که میله زمین منبع و مصرف کننده باید ظرفیت انتقال تمامی جریان را به زمین داشته باشد و هیچ اختلاف پتانسیل بین این دو ایجاد نگردد.

طول، تعداد و مکان میله های زمین بر مقاومت مسیر اتصال به زمین تأثیرگذار است. دو برابر کردن طول میله زمین سبب کاهش ۴۵٪ مقاومت، در خاک های یکنواخت می شود. معمولاً، شرایط خاک یکنواخت نیست و اندازه گیری دقیق مقاومت خاک با ابزارهای مناسب ضروری است.

الکتروودهایی مناسب هستند که به میزان حداقل ۲m از یکدیگر فاصله داشته باشند. هر الکتروود زمین در اطراف خود یک میدان الکترومغناطیسی ایجاد می کند و در صورت نزدیک بودن بیش از حد دو الکتروود به یکدیگر، این میدانها با یکدیگر تداخل می کند. علاوه بر این باید توجه شود که با افزایش تعداد میله ها، کاهش مقاومت به همان نسبت نخواهد بود؛ بعنوان مثال، مقاومت ۲۰ میله زمین، یک بیستم یک میله زمین نیست و فقط یک دهم آن است. بنابر دلایل اقتصادی، معمولاً فاصله بین میله ها حداکثر ۶m در نظر گرفته می شود. زیرا با افزایش فاصله و تعداد میله ها، میزان هادی بیشتری برای اتصال آنها مورد نیاز است.

در آخر، باید مقاومت ویژه خاک در اتصال زمین پست ها در نظر گرفته شود. هر چه مقاومت ویژه خاک پایین تر باشد، اتصال زمین مناسب تری فراهم می شود. مناطق با خاک مقاومت بالا و زمین های شبنم زده، نیازمند تمهیدات خاصی است. در طراحی سیستم زمین باید بالاترین مقاومت ویژه خاک در طول فصول مختلف آب و هوایی در نظر گرفته شود، زیرا در فصول خشک، خاک منطقه نیز رطوبت

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



خود را از دست داده و مقاومت ویژه آن افزایش می‌یابد. یکی از روش‌های کاهش تأثیرات آب و هوایی، عمیق کردن چاه میله زمین است. در این صورت اثرات محیطی کاهش می‌یابد. روش دیگر که بسیار مورد توجه قرار گرفته، اضافه کردن مواد شیمیایی جاذب الرطوبه به خاک است [۱]. در ادامه این بخش، ابتدا مشخصات فنی مناسب برای یراق‌آلات موجود در این زمینه ذکر شده و سپس چند نمونه دستورالعمل رایج در سایر کشورها بیان می‌شود. در پایان، دستورالعمل پیشنهادی برای سیستم برق ایران ذکر خواهد شد.

۸- دستورالعمل نصب

روش‌های زیادی برای اجرای سیستم زمین وجود دارد که با توجه به شرایط و امکانات موجود اجرا می‌شود. از آنجایی که در شرایط کنونی کاربرد تسمه و کابل بعنوان هادی و کاربرد میله و صفحه به عنوان الکتروود در پستهای زمین رایج شده است، در این بخش حالات ممکن برای اجرای سیستم ارائه می‌شود. کلیه اجزای مورد استفاده مطابق با این دستورالعمل، باید با مشخصات فنی ارائه شده در بخش قبلی مطابقت داشته باشد.

اجزای مناسب با توجه به شرایط موجود تعیین می‌شود. به طور کلی مراحل نصب یک سیستم زمین عبارتند از:

- اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی ویژه خاک منطقه: در این مرحله با توجه به استاندارد BS 7430، مقاومت الکتریکی ویژه خاک تعیین شده و ثبت می‌گردد.
- حفر چاه زمین: در صورتی که مقاومت ویژه خاک از $30\Omega m$ بیشتر باشد، باید چاهی به عمق حداقل $3/5m$ حفر شده تا به خاک مرطوب برسیم.
- انتخاب الکتروود زمین: ابعاد و تعداد میله‌های زمین محاسبه شود. تفاوتی بین میله و صفحه وجود ندارد.
- انتخاب هادی زمین: با توجه به جریان عبوری، ابعاد هادی زمین محاسبه شود.

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



• انتخاب اتصالات: با توجه به سطح مقطع هادی زمین و الکتروود، اتصالات مناسب انتخاب می شود.

در تمام حالات و روش‌ها، باید در ابتدا مقاومت الکتریکی ویژه خاک منطقه و تعداد الکتروودهای لازم تعیین شود تا مقاومت الکتریکی مجموع الکتروودها 2Ω شود. در موارد مشخص و با موافقت مهندس ناظر، مقاومت مجموع الکتروودها تا 7Ω نیز مجاز است.

۸-۱- دستورالعمل ۱: کاربرد صفحه زمین و سیم زمین

۱- به تعداد الکتروودهای لازم چاه‌هایی حفر شده تا به خاک مرطوب دسترسی حاصل شود. در اغلب موارد، تنها با حفر یک چاه، شرایط مدنظر فراهم می‌شود.

۲- طول مناسب از سیم زمین بریده شده و محل‌های مورد نیاز آن لخت شود. در مواردی که سیم مورد استفاده کوتاه باشد، می‌توان با استفاده از یک مفصل و یا هر کانکتور استاندارد دیگر، مقدار لازم را به آن اضافه نمود.

۳- سیم زمین در زیر برق‌گیرها و سایر محل‌های مورد نیاز نصب شده و تا پایین تیر و محل نصب الکتروودها کشیده شود. سیم زمین باید با استفاده از تجهیزات مناسبی، مانند بست‌های کمربندی به تیر متصل شود. نباید بین سیم زمین و تجهیزات نصب روی تیر اتصال الکتریکی برقرار شود.

۴- صفحه زمین با استفاده از یک کابلشو به سیم زمین متصل شده و به صورت عمودی در چاه قرار گیرد.

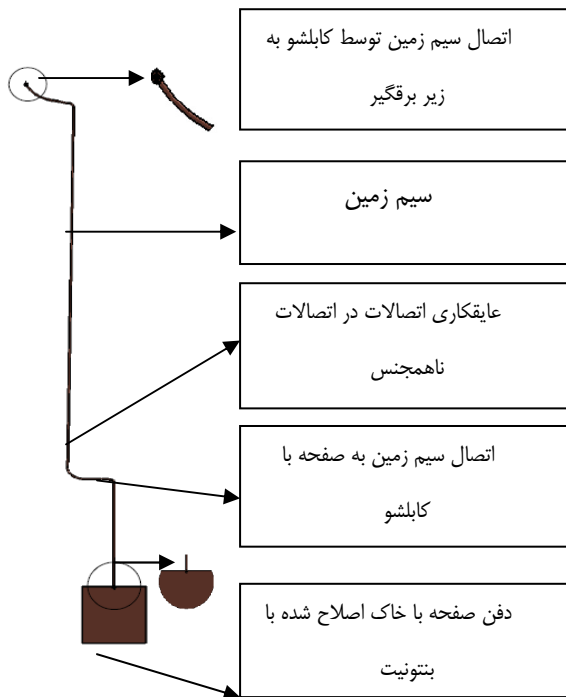
۵- در صورت استفاده از بتونیت، خاک چاه آماده سازی شود. به این منظور برای مخلوط کردن خاک در یک متر اول چاه از ۵ کیسه بتونیت و برای هر متر بعد از ۲ کیسه بتونیت استفاده می‌شود (هرکیسه بتونیت 30kg است).

۶- در صورتی که جنس الکتروود از مس یا روکش مس بوده و سیم زمین از جنس فولاد باشد، باید بخشهایی از سیم زمین که در زیر خاک قرار می‌گیرد، توسط عایق مناسبی مانند قیر،



عایقکاری شود تا از خوردگی گالوانیک جلوگیری بعمل آید. در مواردی که محل اتصال در بتن دفن می شود و یا در صورتی که اجزای مسی دارای پوشش قلع باشند، نیازی به عایقکاری نیست. در شکل ۸-۱ فلوجارت مربوط به مراحل نصب سیستم زمین توسط صفحه و سیم و

در شکل ۸-۲ شماتیک آن آورده شده است.



شکل ۸-۱- فلوجارت مربوط به مراحل نصب سیستم زمین
 شکل ۸-۲- شماتیک مربوط به مراحل نصب سیستم زمین
 توسط صفحه و سیم
 توسط صفحه و سیم

۲-۸- دستورالعمل ۲: کاربرد صفحه زمین و تسمه

- ۱- به تعداد الکترودهای لازم چاه هایی حفر شده تا به خاک مرطوب دسترسی حاصل شود. در اغلب موارد، تنها با حفر یک چاه، شرایط مدنظر فراهم می شود.
- ۲- طول مناسب از تسمه بریده شده و محل های مورد نیاز آن در صورت روکش داشتن، لخت شود. در صورت کوتاه بودن تسمه می توان با استفاده از پیچ و مهره مقدار لازم را به آن اضافه نمود. در این موارد کاربرد جوشکاری به هیچ وجهی مجاز نیست.

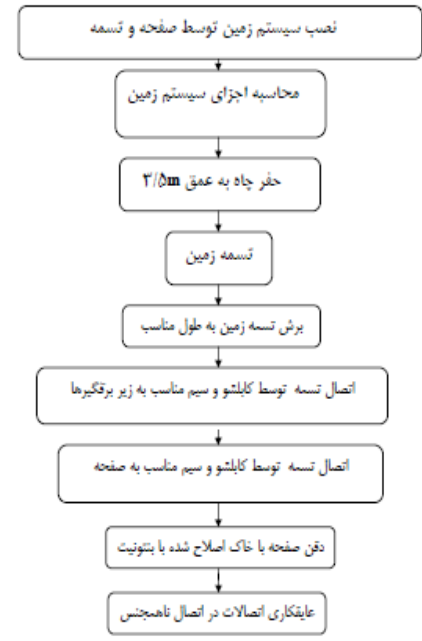
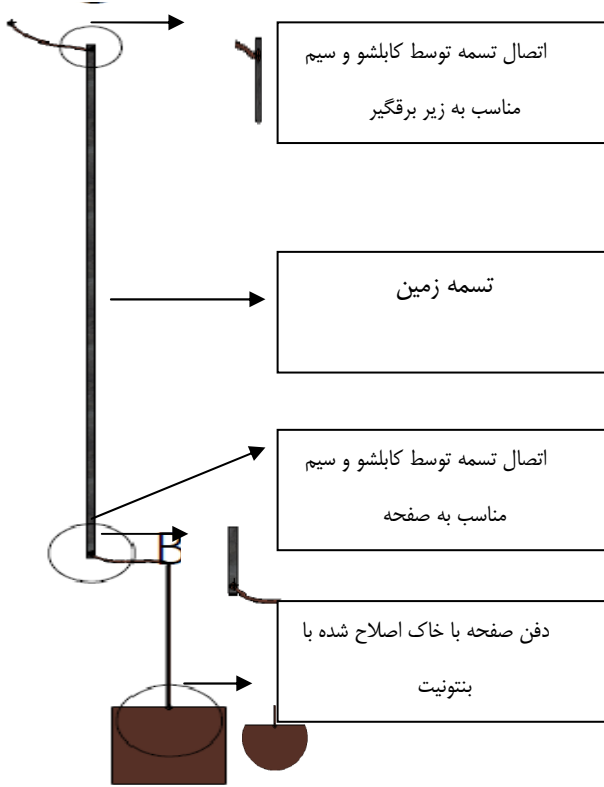
شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



- ۳- تسمه با استفاده از تجهیزات مناسب، مانند بست های کمربندی به تیر متصل شود. نباید بین تسمه و تجهیزات نصب روی تیر اتصال الکتریکی برقرار شود.
- ۴- با استفاده از یک سیم با سطح مقطع مناسب و کابلشوی استاندارد، برق گیرها و سایر محل های مورد نیاز به ابتدای تسمه متصل گردد.
- ۵- با استفاده از یک سیم با سطح مقطع و طول مناسب و دو عدد کابلشوی استاندارد، انتهای تسمه به صفحه زمین متصل گردد. صفحه زمین با استفاده از یک کابلشو به سیم زمین متصل شده و به صورت عمودی در چاه قرار گیرد.
- ۶- با استفاده از بتونیت، خاک چاه آماده سازی شود. به این منظور برای مخلوط کردن خاک در یک متر اول چاه از ۵ کیسه بتونیت و برای هر متر بعد از ۲ کیسه بتونیت استفاده می شود (هرکیسه بتونیت ۳۰kg است).
- ۷- در صورتی که تسمه از جنس فولاد گالوانیزه بوده و اجزای دفن شده در زیر خاک از جنس مس یا روکش مس باشد، باید بخش هایی از تسمه که در زیر زمین قرار می گیرد توسط عایق مناسبی مانند قیر، عایقکاری شود تا از خوردگی گالوانیک جلوگیری بعمل آید. در مواردی که محل اتصال در بتن دفن می شود و یا در صورتی که اجزای مسی دارای پوشش قلع باشند، نیازی به عایقکاری نیست. در شکل ۸-۳ و ۸-۴ به ترتیب فلوچارت و شکل مربوط به مراحل نصب سیستم زمین توسط صفحه و تسمه به همراه شماتیک آن آورده شده است.



شکل ۸-۳- فلوجارت مربوط به مراحل نصب سیستم زمین شکل ۸-۴- شماتیک مربوط به مراحل نصب سیستم زمین
 توسط صفحه و تسمه توسط صفحه و تسمه

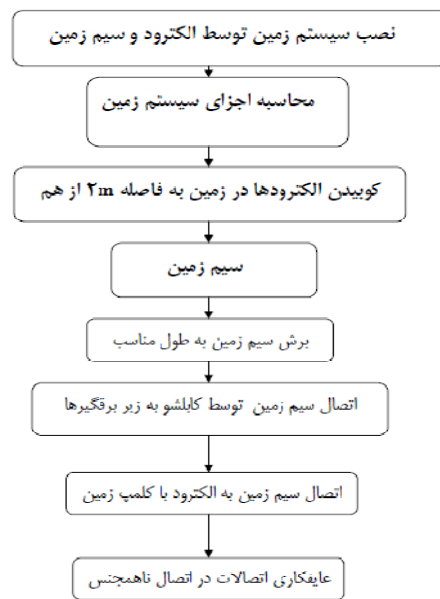
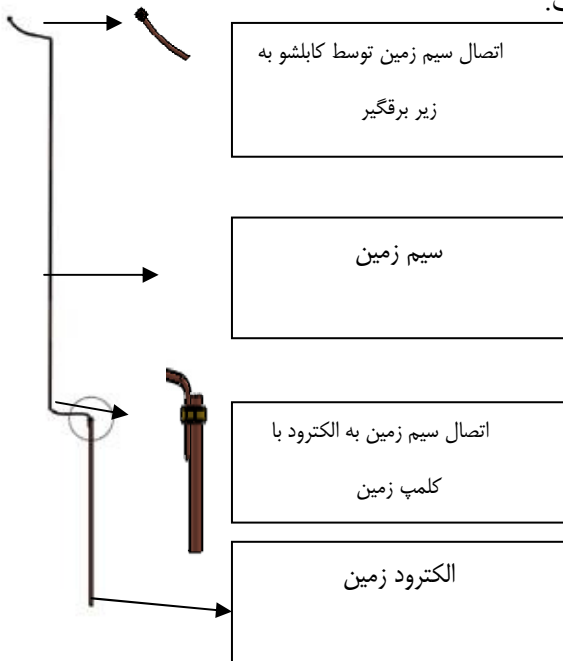
۸-۳- دستورالعمل ۳: کاربرد الکتروود (میله زمین) و سیم زمین

- ۱- با توجه به نتیجه محاسبات، تعداد الکتروودهای با قطر مناسب تهیه شود.
- ۲- الکتروودها به فاصله حداقل ۲m از یکدیگر در زمین کوبیده شود.
- ۳- طول مناسب از سیم زمین بریده شده و محل های مورد نیاز آن لخت شود.
- ۴- سیم زمین در زیر برق گیرها و سایر محل های مورد نیاز نصب شده و تا پایین تیر و محل نصب الکتروودها کشیده شود. سیم زمین باید با استفاده از تجهیزات مناسبی، مانند بست های کمربندی به تیر متصل شود. نباید بین سیم زمین و تجهیزات نصب روی تیر اتصال الکتریکی برقرار شود.



۵- سیم زمین توسط کانکتور اتصال زمین (ترجیحا برنزی) به میله متصل گردد و تا گشتاور تعیین شده توسط سازنده محکم شود.

۷- در صورتی که جنس الکتروود از مس یا روکش مس بوده و سیم زمین از جنس فولاد باشد، باید بخشهایی از سیم زمین که در زیر خاک قرار می گیرد، توسط عایق مناسبی مانند قیر، عایقکاری شود تا از خوردگی گالوانیک جلوگیری بعمل آید. در مواردی که محل اتصال در بتن دفن می شود و یا در صورتی که اجزای مسی دارای پوشش قلع باشند، نیازی به عایقکاری نیست. در شکل ۸-۵ فلوجارت مربوط به مراحل نصب سیستم زمین توسط الکتروود و سیم زمین و در شکل ۸-۶ شماتیک آن آورده شده است.



شکل ۸-۵- فلوجارت مربوط به مراحل نصب سیستم زمین شکل ۸-۶- شماتیک مربوط به مراحل نصب سیستم زمین
 توسط الکتروود و سیم زمین توسط الکتروود و سیم زمین

۸-۴- دستورالعمل ۴: کاربرد میله زمین (الکتروود) و تسمه

۱- با توجه به نتیجه محاسبات، تعداد الکتروودهای با قطر مناسب تهیه شود.

۲- الکتروودها به فاصله حداقل ۲m از یکدیگر در زمین کوبیده شود.



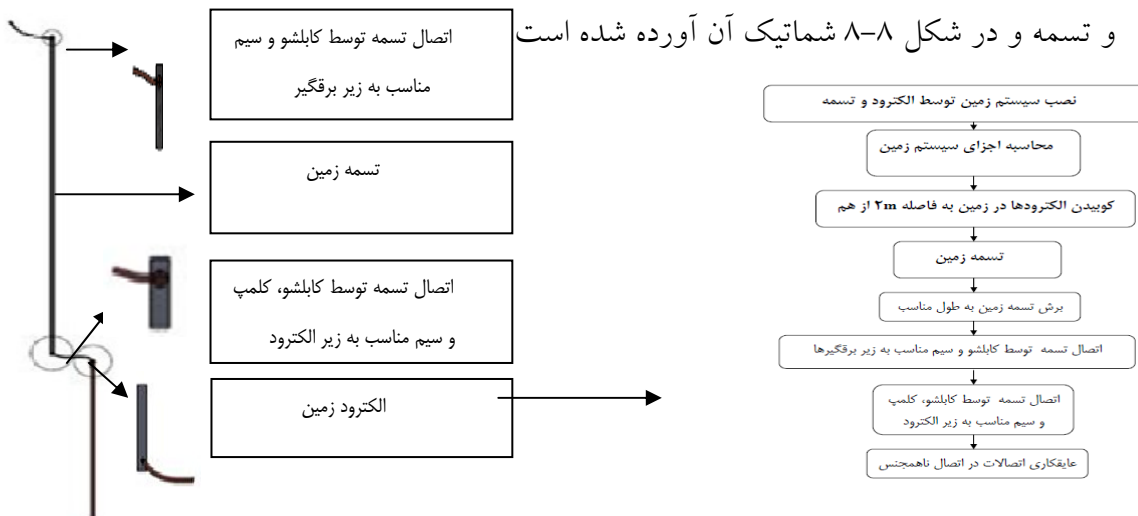
۳- طول مناسب از تسمه بریده شده و محل های مورد نیاز آن در صورت روکش داشتن، لخت شود. در صورت کوتاه بودن تسمه می توان با استفاده از پیچ و مهره مقدار لازم را به آن اضافه نمود. در این موارد کاربرد جوشکاری به هیچ وجهی مجاز نیست.

۴- تسمه با استفاده از تجهیزات مناسب، مانند بست های کمربندی به تیر متصل شود. نباید بین تسمه و تجهیزات نصب روی تیر اتصال الکتریکی برقرار شود.

۵- با استفاده از یک سیم با سطح مقطع مناسب و کابلشوی استاندارد، برق گیرها و سایر محل های مورد نیاز به ابتدای تسمه متصل گردد.

۶- با استفاده از یک سیم با سطح مقطع و طول مناسب، یک عدد کابلشو و یک عدد کلمپ زمین استاندارد، انتهای تسمه به میله زمین متصل گردد.

۷- در صورتی که تسمه از جنس فولاد گالوانیزه بوده و اجزای دفن شده در زیر خاک از جنس مس یا روکش مس باشد، باید بخش هایی از تسمه که در زیر زمین قرار می گیرد توسط عایق مناسبی مانند قیر، عایقکاری شود تا از خوردگی گالوانیک جلوگیری بعمل آید. در مواردی که محل اتصال در بتن دفن می شود و یا در صورتی که اجزای مسی دارای پوشش قلع باشند، نیازی به عایقکاری نیست. در شکل ۸-۷ فلوچارت مربوط به مراحل نصب سیستم زمین توسط الکتروود



شکل ۸-۷- فلوچارت مربوط به مراحل نصب سیستم زمین شکل ۸-۸- فلوچارت مربوط به مراحل نصب سیستم زمین

توسط الکتروود و تسمه

توسط الکتروود و تسمه

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



۹- مثال های موردی

کشور پهناور ایران، دارای مناطق آب و هوایی مختلفی است که هر یک دارای ویژگی ها و شرایطی منحصر به فرد است. با توجه به این شرایط، تهیه دستورالعمل جامع برای همه مناطق آن امکان پذیر نیست، بعنوان مثال، در خاک مناطق کویری، کاربرد میله زمین فولاد گالوانیزه، بدون استفاده نیاز به کاربرد پشت بند امکان پذیر است، در حالی که در مناطق گرم و مرطوب مانند خوزستان که خاکی اسیدی دارد، میله زمین گالوانیزه به شدت خورده شده و تخریب می شود و پس از مدت کوتاهی اتصال زمین قطع می گردد. فلذا، در اجرای سیستم زمین باید انتخاب جنس و روش اجرا متناسب با خاک و شرایط آب و هوایی منطقه باشد. مهمترین متغیرهایی از خاک که در طراحی سیستم زمین و انتخاب جنس الکتروود دخیل هستند، عبارتند از: مقاومت ویژه، رطوبت، PH و میزان کلر و نمک حل شده. با این حال از آنجایی که بخش وسیعی از ایران در بخش های مرکزی را کویر و زمین های خشک تشکیل می دهد، استفاده از الکتروود میله ای یا صفحه ای گالوانیزه به همراه تسمه یا کابل گالوانیزه بعنوان هادی، نتایج رضایت بخشی در بردارد. در این بخش به چند مثال موردی و یک روش اجرای مناسب اشاره می شود.

۹-۱- زمین کویری

برای سیستم زمین یک ترانس ۲۰kV در یک زمین کویری با مقاومت ویژه $50 \Omega.m$ ، روش های مختلفی وجود دارد. در این شرایط هم کاربرد صفحه و هم میله امکان پذیر است. به دلیل مقاومت ویژه بالای این زمین، نیاز به نصب بیش از یک میله زمین است، ولی در صورت اصلاح خاک با پشت بندهای مناسب، یک میله زمین نیز کفایت می کند. بنابراین، در این نوع خاک، استفاده از پشت بند دارای صرف اقتصادی است، زیرا تعداد الکتروود زمین کمتری نیاز می شود. در این شرایط، یکی از حالت های ممکن کاربرد صفحه و کابل است. از آنجایی که خوردگی خاک کویر به دلیل پایین بودن نمک و رطوبت، پایین است، کاربرد صفحه گالوانیزه به جای صفحه مسی، قابل قبول است. همچنین،

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



در شرایط آب و هوایی این منطقه، کابل نیز مناسب است که فولاد گالوانیزه انتخاب شود. برای اصلاح خاک نیز بتونیت بکار رود.

۹-۲- زمین اسیدی

برای اجرای سیستم یک ترانس 20 kV در خاکی اسیدی با مقاومت ویژه در حدود $15\ \Omega\cdot\text{m}$ ، کاربرد همه روش ها، در صورت انتخاب جنس صحیح، مناسب است. از آنجایی که در این مورد، مقاومت ویژه پایین است، تنها با استفاده از یک الکتروود میله‌ای یا صفحه‌ای، مقاومت الکتریکی سیستم کمتر از $5\ \Omega$ می‌شود، اما این خاک به شدت خورنده است و کاربرد الکتروود گالوانیزه، بدون استفاده از پشت بندهای مخصوص، مجاز نیست. در این خاک، الکتروود فولادی بدون روکش و یا با روکش مسی و یا الکتروود مسی دچار خوردگی متوسط می‌شود، اما الکتروود فولاد زنگ نزن، مقاومت به خوردگی خوبی دارد. با توجه به این شرایط مناسب است که از میله فولاد زنگ نزن آستنیتی و تسمه گالوانیزه، استفاده شود. برای اتصال تسمه به میله باید از سیم مسی یا فولاد زنگ نزن استفاده شود، زیرا سیم گالوانیزه در خاک‌های اسیدی به شدت خورده می‌شود. در صورت استفاده از سیم گالوانیزه، باید تمامی بخشهایی که در زیر خاک دفن می‌شود، عایقکاری شود. در صورتی که زمین، آلوده به اسیدهای آلی (مواد نفتی) باشد، کاربرد مس و روکش مس مجاز نیست، زیرا مس در مقایسه با فولاد گالوانیزه و یا فولاد بدون روکش، مقاومت به خوردگی کمتری در این خاک ها دارد. در این شرایط باید برای اتصال تسمه به میله زمین از سیم فولاد زنگ نزن استفاده شود. از آنجایی که فولاد زنگ نزن دارای قیمت بالایی است، برای کاهش هزینه، کاربرد روش Ufer که در آن الکتروود فولاد گالوانیزه در بتن دفن می‌شود، توصیه می‌گردد. در این روش، یک میله گالوانیزه با قطر 14 mm در بتن با قطر 50 mm دفن می‌گردد.

۹-۳- زمین مرطوب و نمکی (آلوده به کلر)

برای اجرای سیستم زمین 20 kV در خاک یک منطقه مرطوب و نمکی با مقاومت ویژه در حدود $25\ \Omega\cdot\text{m}$ ، استفاده از مس، فولاد بدون روکش یا با روکش مس و فولاد گالوانیزه دارای نتایج مشابهی است، زیرا همگی این موارد، در این نوع خاک دچار خوردگی تا حد متوسط می‌شود. در این شرایط

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



نیز، مشابه قبل، استفاده از میله فولاد زنگ نزن و یا میله گالوانیزه دفن شده در بتن توصیه می شود. فونداسیون های فولادی در زیر زمین، ابزار مناسبی برای ایجاد سیستم زمین با مقاومت پایین است. زیرا، بتن در دمای محیط دارای مقاومت ویژه ای در حدود $30 \Omega \cdot m$ است که در مقایسه با بسیاری از خاک ها مقاومت پایین تری است. از میله های تقویت کننده بتن می توان به عنوان الکتروود استفاده کرد. الکتروودهای بتنی به اصطلاح Ufer نامیده می شوند که برگرفته از نام آقای Ufer است که تحقیقات زیادی در خصوص الکتروودهای زمین بتنی انجام داده است. میله های بکار رفته در این سیستم می تواند به صورت لخت و یا گالوانیزه باشد. این میله ها معمولاً دارای حداقل طول ۶m و قطر ۱۳mm هستند و در بتنی با حداقل قطر ۵۰mm قرار داده می شود.

۱۰- پیشنهادات

با بررسی منابع و شرایط موجود در جهان، جدیدترین سیستم های موجود و رایج مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به این نتایج پیشنهادات زیر ارائه می شود.

۱- یکی از سیستم های رایج در جهان که به خصوص در کشور چین رایج است، کاربرد الکتروود گالوانیزه در بتن است. پیشنهاد می شود که جهت سیستم زمین ترانس های توزیع از میله های زمین دفن شده در زمین، مطابق با روش Ufer استفاده شود.

۲- امروزه کاربرد تیرهایی که هادی زمین در داخل آن کار گذاشته شده، توسعه یافته است. در صورت استفاده از این تیرها، بسیاری از مشکلات موجود با هزینه بسیار پایین تری مرتفع خواهد شد، فلذا استفاده از این روش توصیه می شود.

۳- از آنجایی که تعیین مقاومت خاک در مناطق مختلف نیازمند صرف هزینه و پرسنل مجرب است، پیشنهاد می گردد که خاک مناطق مختلف کشور، دسته بندی کلی شده و دستورالعمل های منطقه ای با توجه به آنها تهیه شود.



۱۱- منابع

- 1- G.Vijayaraghavan,"Practical Grounding, Bonding, Shielding and Surge Protection", Consulting Engineer, Alliance Automation, Perth, Western Australia, 2004.
- 2- G. Cronshaw,"Earthing", IEEE Wiring, 2005.
- 3- Steve Molli," Grounding Basics", New York, 2008.
- 4- BS 7430, "Code of practice for protective earthing of electrical installations", 2011.
- 5- "Accessories for Medium voltage distribution networks", Ensto Overhead, 2011.
- 6- "Grounding Equipment", Chance catalog, 2008.
- 7- "Earthing", ERICO catalog, 2009.
- 8- "Lighting Protection", DENH catalog, 2010.

۹- "مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست ها، خطوط فوق توزیع و انتقال روش های جلوگیری از خوردگی در پست های فشار قوی"، گزارش توانیر، اردیبهشت ۸۸

- 10-F. D'Alessandro,"Experimental Evaluation of the Corrosion Performance of Copper-Bonded and Galvanized Grounding Electrodes", September 1, 2008.
- 11-J.H. Weimin Sun,"Novel Method of Corrosion Diagnosis for Grounding Grid", Australia, IEEE 2000.
- 12-Y. Liu, L. Xiao and J. Tian,"Optimized Corrosion Diagnosis of Large-Scale", Grounding Grid, IEEE 2010.
- 13-M. Ostendorp,"ground line corrosion damage activity and damage assessment for direct embedded steel and guy anchors", EPRI solutions, Inc., USA, IEEE 2003.
- 14-J. HE,"The Theory and Implementation of Corrosion Diagnosis for Grounding System", Jun HU, IEEE 2002.
- 15-Z. Mi, et all,"Causes, Forms and Remedies of Substation Grounding Grid Corrosion", School of Electrical Engineering, IEEE 2008.
- 16- P. X. Sen,"Design of steel grounding system in a heavy industrial plant", Copyright Material IEEE, 1991.
- 17- X. Fan, J. Wang, Mi Zhou,"Laboratory Soil Corrosion Test of Steel Grounding", IEEE 2011.
- 18-www.wikipedia.com

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



۱۹- محسن ابوترابی زارچی سید هادی هاشمی حیدر حیدری، "جایگزینی سیم اتصال زمین در شبکه های توزیع نیروی برق و ارائه راهکارهای اجرایی جهت جلوگیری از معضلات فنی ناشی از سرقت سیمهای اتصال زمین"، شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد.

20-"Earthing", Schneider Electric - Electrical installation guide 2010.

21-Roy B. Carpenter Jr., Mark M. Drabkin & Joseph A. Lanzoni, "Better grounding", Lightning Eliminators & Consultants, Inc., USA May 1997

22-www.multishrink.com

۲۳- استاندارد صنعت برق ایران، شماره ۱۰۱، تیر ۸۲.

24-Yexu Li, Jinxi Ma, and Farid Paul Dawalibi, "Power Grounding Safety: Copper Grounding Systems vs. Steel Grounding Systems", 2006.

25-F. Mahtar, A.Ramli, W.R.Wan Abdullah, "Comparison Study of Usage as Grounding Electrode between Galvanized Iron and Copper with and without Earth Additive Filler", M.N. Isa, IEEE 2007.

26-Park Ostendorp, "Line corrosion damage", USA, IEEE 2003.

27-Robert Marciniak, Marek Lobodl, Radoslaw Nowak, "Influence of Climatic Conditions in China on Reliability of Power Earthing System" IEEE 2010.

28-J.Fagan, "The Use of Concrete-Enclosed Reinforcing Rods as CvGrounding Electrodes", IEEE 1970.

29-B.Thapar, V.Gerez, A.Balakriehnan, "Foundations in power system act as grounding elemnts", 1998.

30-S. Ibrahim, "Corrosion control in electric power systems", Faculty of Engineering, Helwan University, Egypt, accepted 8 September 1998.

31-W.Zastrow, "Underground Corrosion and Electrical Grounding", IEEE 1967.

32-C. J. Blattner, "Perdiction of soil resistivity and ground rod resistance for deep ground electrodes", Senior Member IEEE Niagara Mohawk Power Corporation Syracuse, New York, 1998.

33-H. Liu, "Thermal sizing and electric shock calculation for equipment grounding conducors", IEEE 2012.

34-"Sizing equipment Grounding conductors based on Thermal damage curves", IEEE 2000.

۳۵- "استاندارد سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع"، مرکز تحقیقات نیرو، دیماه ۷۴.

36-"NEMA GR 1: grounding rod electrods and grounding rod electrode coupling", 2001.

37-"ANSI 135.30: Zince coated ferrous ground rods", 1988.

38-"BS 62561-2: Lighting protection system: Conductors and earth electrodes", 2011.

39-"BS 951: Clamps for earthing and bounding purposes", 1986.

40-"BS 62561-1: Lighting protection system: connection compund", 2011.

41-"IEEE 837: qualifying permanent connection used in substation grounding", 1989.

شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع - دفتر نظارت بر توزیع

دستورالعمل اجرایی سیستم اتصال زمین شبکه های توزیع



۱۲- اعضا کارگروه تدوین کننده دستورالعمل اجرایی سیستم زمین سیستم اتصال
 زمین شبکه های توزیع

ردیف	نام و نام خانوادگی	سازمان متبوع
۱	اعظم باجقلی	پژوهشگاه نیرو
۲	علی اکبر فلاح	پژوهشگاه نیرو
۳	سید اعتضاد مقیمی	توانیر
۴	مسعود صادقی خمایی	توانیر
۵	جمشید ارقامی	توانیر
۶	مجید برنگی	توانیر
۷	مهیار قلی زاده	توانیر
۸	الناز شهبابی	توانیر
۹	اسدالله اسدیان	شرکت توزیع استان خوزستان
۱۰	سیاوش قربانی زاده	شرکت توزیع استان خوزستان
۱۱	محمدرضا نیکنام	شرکت توزیع استان خوزستان
۱۲	حسام ثابتی	شرکت توزیع استان خوزستان
۱۳	امین مشرفی	شرکت توزیع استان خوزستان
۱۴	پیام جوادی	شرکت توزیع استان زنجان
۱۵	محمد اله داد	شرکت توزیع شمال استان کرمان
۱۶	بروجنی	بهین تجربه
۱۷	برزین	آذین فرج
۱۸	بیدی	شرکت توزیع استان گیلان
۱۹	دوستی	شرکت توزیع استان گیلان
۲۰	بهنام بیات	شرکت توزیع استان تهران
	فرهاد کاتبی	شرکت توزیع تهران بزرگ