بسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

شرکت سهامی تولید و انتقال نیروی برق ایران

(توانیر)

معاونت تحقیقات و تکنولوژی

دفتر استانداردها

استاندارد سیستم اتصال زمین
شبکه‌های توزیع

تدوین کننده : گروه مطالعات توزیع ـ بخش برق ـ مرکز تحقیقات نیرو (متن)

دی ماه ۷۴

آدرس : تهران ـ میدان ونک ـ خیابان شهید عباسپور ـ ساختمان مرکزی

صندوق پستی ۶۴۶۷-۱۴۱۵۵ تلفن ۲۱۴۲۴۹۶ فاکس ۸۰۱۷۷۴۰

فهرست عناوین

عنوان | صفحه

... ـ توضیح درباره نحوه شماره‌گذاری ۱

فصل اول

۱ـ هدف ـ دامنه کاربرد ـ کلیات ـ مبانی استاندارد ۳

۱۱۰ـ هدف ۳

۱۲۰ـ دامنه کاربرد ۳

۱۳۰ـ کلیات ۴

۱۳۱ـ موارد کاربرد ۵

۱۳۲ـ نیت بعضی کلمات کلیدی از نظر این استاندارد ۶

۱۳۳ـ مقام ناظر بر اجرای استاندارد ۶

۱۳۴ـ تاریخ شروع یا ختم اعتبار استاندارد ۶

۱۳۵ـ واحدهای اندازه‌گیری ۷

۱۴۰ـ مبانی استاندارد ۷

فصل دوم

۱ـ تعریفها ۸

فصل سوم

۳ـ روشهای اجرای اتصال به زمین ۱۴

۳۰۰ـ پیشگفتار ۱۴

عنـوان

صفحه

۳۰۱-تقسیم‌بندی سیستمهای فشارضعیف ازنظر روش زمین کردن ۱۵

۳۰۲-سیستم منتخب ۱۸

۳۱۰-نقطه‌ای از سیستم که باید زمین شود ۱۸

۳۱۱-سیستمهای جریان مستقیم و اجزای آن که باید زمین شوند ۱۸

۳۱۲-سیستمهای جریان متناوب و اجزای آن که باید زمین شوند ۱۸

۳۱۳-زمین کردن مهارهای آویز و مهارهای پایه‌ها ۲۱

۳۱۴-شدت جریان در هادیهای اتصال زمین ۲۴

۳۱۵-حصارکشی محوطه‌ها ۲۴

۳۲۰-هادی اتصال زمین و نحوه انجام اتصالات ۲۷

۳۲۱-ساختار هادی زمین ۲۷

۳۲۱-اتصالات هادی زمین ۲۸

۳۲۳-شدت جریان مجاز و استقامت مکانیکی هادی اتصال زمین ۲۹

۳۲۴-نگهداری و حفاظت از هادی زمین ۳۳

۳۲۵-هادیهای دفن شده ۳۴

۳۲۶-هادی مشترک اتصال زمین مدارها، معبرهای فلزی و تجهیزات ۳۵

۳۳۰-الکترودهای اتصال زمین ۳۶

۳۳۱-الکترودهای موجود ۳۶

عنوان | صفحه

۳۳۲ـ الکترودهای مصنوعی ۳۷

۳۴۰ـ روشهای انجام اتصال به الکترودها ۴۵

۳۴۱ـ اتصال به زمین ۴۵

۳۴۲ـ نقطه اتصال به سیستم لوله‌کشی ۴۶

۳۴۳ـ سطح تماس اتصالات ۴۷

۳۵۰ـ مقدار مقاومت زمین ۴۷

۳۵۱ـ ایستگاهها و پستهای اصلی ۴۸

۳۵۲ـ سیستمهای با یک نقطه زمین شده ۴۸

۳۵۳ـ سیستمهای با یک نقطه زمین مکرر ۴۸

۳۵۴ـ مقررات اختصاص مربوط به سیستمها TN ۵۰

۳۶۰ـ جدائی الکترودهای اتصال زمین و هادیهای آن ۵۲

۳۶۱ـ الکترودهای مجزا ۵۲

۳۶۲ـ الکترود عمومی ۵۳

۳۶۳ـ الکترود مشترک ۵۳

۳۶۴ـ زمین کردن تابلوهای فشار ضعیف ۵۴

۳۶۵ـ حوزه ولتاژ الکترودها ۵۵

۳۶۶ـ بررسی حالتهای مختلف برای احداث یک یا دو اتصال زمین ۵۵

۳۶۷ـ جلوگیری از خطرات ولتاژ قدم در اطراف الکترودها و ولتاژ تماس با آنها ۶۰

عنـــوان | صفحه

۳۷۰ـ روشهای انجام اتصال زمین برای تجهیزات مخابرات ۶۳

۳۷۱ـ الکترود ۶۳

۳۷۲ـ هادی اتصال به زمین ۶۴

۳۷۳ـ همبندی الکترودها ۶۴

پیوست ۱

اصول اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین و مقاومت ویژه خاک ۶۶

پیوست ۲

راهنمای تعیین مقاومت انواع الکترودها در زمینهای مختلف و ۷۵

عمل‌آوردن خاک برای کم کردن مقاومت الکترودها

پیوست ۳

شناسنامه الکترود زمین مشخصات اصلی، مقدار اولیه مقاومت و اندازه‌گیری دوره‌ای ۸۶

پیوست ۴

تطبیق شرایط موجود شبکه‌های توزیع کشور با مقررات بخش ۳۶۶ ..... ۹۳

... ـ توضیح درباره نحوه شماره‌گذاری

تقسیم‌بندی و شماره‌گذاری استاندارد از اصلی به فرعی قرار زیر خواهد بود :

ـ < فصـل >

ـ < قسمت >

ـ < بخش >

ـ < بنـد >

ـ < بند فرعـی >

ـ < بند فرعی‌تر >

نظر به اینکه در این استاندارد تعداد فصلها و قسمتهای هر فصل و بخشهای هر قسمت از ۱۰ تجاوز نمی‌کند برای سادگی و صرفه‌جویی در جا و سهولت در اشاره و حتی برای به‌خاطر سپردن، سه شماره مربوط به فصل ـ قسمت ـ بخش به ترتیب از چپ به راست و دنبال هم نوشته می‌شوند مانند: ۴۵۱ یعنی

- < فصـل ۴ >

- < قسمت ۵ >

- < بخـش ۱ >

هر بند با خطی فاصله در سمت چپ سه رقم بالا نوشته می‌شود و بند فرعی با خطی فاصله از بـند، در سمت چپ آن ذکر می‌شود و بند فرعی‌تر با شماره در داخل پرانتز مشخص می‌شود.

در متن، از بندهای فرعی و فرعی‌تر، با نام کلی "بند" یاد شده است.

فصل اول

۱ـ هدف ـ دامنه کاربرد ـ کلیات ـ مبانی استاندارد

۱۱۰ـ هدف

هدف از تدوین این استاندارد، ایجاد ایمنی و حفاظت در برابر آثار اختلاف سطح الکتریکی تا جائیکه مربوط به اتصال زمین است برای افراد در هنگام نصب و بهره‌برداری از تاسیسات، توزیع نیروی برق است که شامل عملیات سرویس و تعمیرات نیز می‌باشد.

این مقررات شامل پیش‌بینی‌های اساسی‌ای است که در شرایطی معین، رعایت آنها برای ایمنی کارکنان صنعت برق و مردم عادی، لازم دانسته می‌شود.

۱۲۰ـ دامنه کاربرد

این استاندارد شامل مقررات مربوط به روشهای متد اول برای ایجاد اتصال زمین در تاسیسات نیرو و مخابرات است که برای تامین ایمنی در بهره‌برداری، نگهداری و انجام عملیات بر روی خطوط ، تجهیزات و تاسیسات نیرو و مخابرات لازم است.

برای بسیاری از موارد نقطه یا محل یا محدوده‌ای که باید زمین شود ذکر شده است اما برای بعضی موارد دیگر، محل و نحوه وصل شدن به زمین، باید طبق استانداردها و یا مقررات اختصاصی مربوط به آن موارد انجام می‌شود.

مقررات مربوط به استفاده از زمین به‌عنوان هادی برگشتی که در راه آهن برقی متداول است و همینطور اتصال به زمین سیستمهای حفاظت در برابر اصابت صاعقه در ساختمانها که جدا از هادیهای مربوط به مدارهای نیرو و مخابرات است مشمول این استاندارد نمی‌باشد.

علاوه بر متن مقررات، این استاندارد حاوی نقشه‌های اجرائی برای بعضی از انواع اتصال به زمین است.

این استاندارد باید از طرف کلیه شرکتها، موسسات و یا هر نوع تشکیلات دیگری که تابعه وزارت نیرو بوده و از این به بعد برای سادگی بّه همه آنها شرکت گفته خواهد شد، رعایت شود.

یادآوری ۱- گرچه در این استاندارد مخابرات با توجه به سیستمهای نیرو مطرح شده است برای سایر شرکتها و موسسات نیز قابل استفاده می‌باشد.

این استاندارد شامل موارد زیر نمی‌باشد:

- تاسیسات معادن
- تاسیسات ناوها و تجهیزات هواپیماها و خودروها
- تجهیزات جریه راه‌آهن
- تاسیسات داخلی ساختمانها و سازه‌های مشابه

یادآوری ۲- برای مقررات مربوط به تاسیسات الکتریکی ساختمانها که در اصل ادامه طبیعی سیستمهای موردنظر این استاندارد بوده و لازم است هماهنگی کامل بین آنها وجود داشته باشد، به مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران مراجعه کنید.

۱۳۰-کلیات

۱۳۰-۱ کلیه اتصال زمینهای مربوط به خطوط و تجهیزات نیرو و مخابرات باید به نحوی طرح و ساخته شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته و سرویس و نگهداری شوند که با این استاندارد مطابقت نمایند.

۱۳۰-۲ شرکتهای تولید، انتقال و توزیع برق، پیمانکاران مجاز یا هر شرکت دیگری که بسته به مورد، در تهیه

طرح و ساخت و نصب و بهره‌برداری یا سرویس خطوط یا تجهیزات در صنعت برق یا مخابرات دخالت دارند، مسئول تطبیق مقررات با هر موردی که به آنها مربوط می‌شود، خواهند بود.

۱۳۰-۳ در مورد جزئیاتی که در این استاندارد مشخص نشده‌اند، ساخت و نصب و سرویس و بهره‌برداری، باید طبق بهترین روال معمول انجام شود.

۱۳۱- موارد کاربرد

۱۳۱-۱ تاسیسات نوساز و توسعه‌ها

۱۳۱-۱-۱ این استاندارد باید در کلیه تاسیسات نوساز و توسعه‌ها اجرا شود مگر آنکه مجری مقررات تغییراتی موقتی یا دائمی در آن وارد کند که در هر حال نباید کوچکترین خدشه به ایمنی تاسیسات وارد شود.

۱۳۱-۱-۲ انواع دیگر روشهای ساخت و نصب، غیر از آنهایی که در این استاندارد گفته شده‌اند می‌توانند به‌صورت تجربی و به منظور کسب داده‌ها مورد استفاده قرار گیرند به شرطی که اینگونه عملیات تحت نظارت افراد واجد شرایط انجام شوند.

۱۳۱-۲- تاسیسات موجود

۱۳۱-۲-۱ در مورد تاسیساتی که قبل از تدوین این استاندارد ساخته شده ولی به‌طور کلی با آن مطابق باشند و یا به منظور تطبیق با این مقررات تغییراتی در آن داده باشند، مطابق با مقررات تلقی می‌شوند.

۱۳۱-۲-۲ در مورد تاسیساتی که با استاندارد معتبر دیگری مطابقت دارند، انجام تغییرات برای تطبیق با این استاندارد لازم نخواهد بود مگر آنکه مجری مقررات به دلایل ارتقاء ایمنی دستور تطبیق با استاندارد جدید را صادر کند.

۱۳۲- نیت بعضی کلمات کلیدی از نظر این استاندارد

۱۳۲-۱ "باید" اجباری بودن رعایت امری را به‌همان نحو که بیان شده است می‌رساند عبارت "لازم است" نیز به‌همین معنا خواهد بود.

۱۳۲-۲ عبارات "بایستی" و "بهتر است" بدین معنا خواهند بود که رعایت امری در شرایط گفته شده عملی است اما در برخی موارد شرایط اضافی دیگری وجود دارند که ممکن است اثر آنها در استاندارد پیش‌بینی نشده باشد که در این حالت باید به تفاوت بین شرایط موجود و متن استاندارد توجه شده و طبق مفاد بخش ۱۳۰ عمل شود.

۱۳۲-۳ "توصیه" مطلوب بودن انجام امری را تلقی می‌کند ولی اجباری برای رعایت آن وجود ندارد.

۱۳۲-۴ "یادآوری" یا "مثال" مشخص کننده این است که مطلب گفته شده تنها با نیت روشن‌سازی امری بیان شده است.

۱۳۳- مقام ناظر بر اجرای استاندارد

عالیترین مقام ناظر بر صحت اجرای این استاندارد وزیر نیرو است.

وزیر نیرو می‌تواند با صوابدید خود، مقام یا مقامات یا فرد یا افرادی را برای نظارت بر اجرای صحیح استاندارد انتخاب و این وظیفه را به آنها ابلاغ کند.

مقامات و یا افراد یاد شده مسئول مستقیم اجرای صحیح استاندارد خواهند بود.

۱۳۴- تاریخ شروع یا ختم اعتبار استاندارد

تاریخ شروع اعتبار این استانداردْ روزی است که مقام وزارت اعلام کند و تاریخ ختم قسمت یا قسمتهائی از آن یا کل آن از روزی است که مقام وزارت مقرر دارد.

هر قسمت یا بخش یا بند یا جمله یا کلمه که به تشخیص مقام وزارت لازم است حذف یا تصحیح یا تکمیل شود، به‌صورت مکمل منتشر و از تاریخ ابلاغ معتبر خواهد بود.

۱۳۵- واحدهای اندازه‌گیری

واحدهای اندازه‌گیری به‌کار رفته در این استاندارد، واحدهای سیستم متریک یا سیستم اندازه‌گیری بین‌المللی SI است.

اندازه‌های فیزیکی مانند ابعاد سیمها یا شمشها مقادیر "اسمی" می‌باشند. همه مقادیر تابع رواداریهای مجاز ذکر شده در استانداردهای مربوط به آنها است.

۱۴۰- مبانی استاندارد

این استاندارد براساس استانداردهای گفته شده در زیر و با درنظرگرفتن شرایط ملی و محلی تهیه شده است. تا جائی که ممکن بوده مطالب کلی ذکر شده تا مانع نوآوریها نشود با این توضیح که هرگونه نوآوری، قبل از عمومیت یافتن آن، باید به تصویب مقام مجری استاندارد برسد.

استانداردهای مبنا به قرار زیر می‌باشند:

- استاندردهای مختلف کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک -IEC- به‌خصوص استانداردهای ردیف ۳۶۴
- مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران - طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمانها
- مقررات ایمنی الکتریکی NESC- از نظر نحوه ارائه مطلب و محتوا
- استانداردهای VDE.

فصل دوم

۲ـ تعریفها

از نظر این استاندارد تعریفهای زیر معتبر خواهد بود :

۲۰۱ـ الکترود زمین EARTH ELECTRODE

ردیف ۲۲۳ دیده می‌شود

۲۰۲ـ ایستگاه برق ـ پست اصلی برق ELECTRICITY SUPPLY STATION

هرگونه ساختمان، اتاق یا فضای محدودی که تجهیزات برق در داخل آنها قرار دارند و دخول به آنها تنها برای افراد واجد شرایط مجاز است. این اصطلاح نیروگاهها و ایستگاهها را دربر می‌گیرد و فضاهای مربوط به مولدها، باتریهای انباشت، ترانسفورماتورها و تابلو خانه‌ها و پوششهای آنها را شامل می‌شود ولی تجهیزات زمینی یا داخل اتاقکها و چاهکهای زیر زمینی را شامل نمی‌شود.

۲۰۳ـ بدنه هادی EXPOSED CONDUCTIVE PART

بدنه یا اسکلت هادی مربوط به تجهیزات الکتریکی است که در دسترس بوده و می‌توان آنرا لمس کرد و در وضعیت عادی برقدار نیست ولی ممکن است در اثر بروز نقصی در دستگاه یا ایجاد اتصالی داخلی، برقدار شود.

۲۰۴- برقدار LIVE : ENERGIZED

از نظر الکتریکی اتصال به منبعی است با اختلاف سطح الکتریکی (ولتاژ) یا اینکه دارای بار الکتریسیته ساکن، که پتانسیل آن به مقدار محسوسی نسبت به زمین تفاوت دارد.

یادآوری - هادیهای خنثی و قطعات وصل به آن، برقدار تلقی می‌شوند.

۲۰۵- پایه SUPPORTING STRUCTURE

واحد اصلی تکیه گاه هادیها است (معمولاً یک تیر یا یک برج)

۲۰۶- پرده عایقبندی INSULATION SHIELDING

پوشش یا لفافی است که هادی و عایقبندی کابل را دربر گرفته و در تماس با عایقبندی است و سطح همپتانسیلی را بر روی عایقبندی به‌وجود می‌آورد.

۲۰۷- پوشیده شده - محصور ENCLOSED

دارای نوعی پوشش، در درون قفس یا در داخل حصار، که با هدف حفاظت در برابر تجهیزات نصب شده در داخل آن و برای کم کردن احتمال نزدیک شدن به آنها در شرایط عادی، هدف این است که در اثر تماس اتفاقی به‌وسیله افراد و اجسام، ایجاد خطر نشود.

۲۰۸- تابلو SWITCHBOARD

نوعی مجموعه برای وسایل قطع و وصل و کنترل است که از یک یا چند صفحه برای نصب لوازم و وسایل الکتریکی و اسکلت‌بندی آن تشکیل می‌شود.

۲۰۹ـ تجهیزات EQUIPMENT

اصطلاحی است کلی شامل وسایل واسبابها و دستگاهها و لوازم مصرف‌کننده انرژی و ملحقات، آلات، اجزا، قطعات و ماشینها (و کلیه اصطلاحات مشابه دیگر) که جزئی از سیستمهای برق یا مخابرات بوده و یا در ارتباط با آنها باشند.

۲۱۰ـ جدائی SEPARATION

فاصله بین دو شیئی که از سطحی به سطح دیگر اندازه‌گیری می‌شود. این فاصله ممکن است با هوا یا نوعی گاز، مایع یا جامد پر شده باشد.

۲۱۱ـ جرم کلی زمین GENERAL MASS OF EARTH

مفهومی است که خواص آن به قرار زیر است :

- جرم کلی زمین را می‌توان مشابه شینه‌ای با سطح مقطع بزرگ گرفت که مقاومت بین هر دو نقطه آن عملاً نزدیک به صفر است.
- وصل شدن جرم کلی زمین تنها از راه الکترود زمین امکان‌پذیر است.
- اتصال الکترود زمین به جرم کلی زمین همیشه همراه با مقاومت است که همان مقاومت اتصال الکترود زمین است.

۲۱۲ـ چاهک آدمرو MANHOLE

اتاقکی است زیر زمینی و نفوذناپذیر برای آب که کارکنان می‌توانند به‌منظور نصب، بهره‌برداری و انجام تعمیرات بر روی تجهیزات زیر زمینی و کابلها وارد آن شوند.

۲۱۳ـ دسترس ARM'S REACH

منطقه‌ای است که حدود آن از محل فعالیت عادی افراد قابل لمس است.

۲۱۴ـ زمین شده GROUNDED - EARTHED

وصل شده به زمین (الکترود) یا در تماس با آن یا وصل به یک هادی گسترده که به جای زمین عمل می‌کند.

۲۱۵ـ خط سرویس هوائی مشترک ـ سرویس هوائی SERVICE DROP

هادیهای هوائی بین خط نیرو یا مخابرات و بنا یا سازه‌ای است که آنرا تغذیه می‌کند.

۲۱۶ـ شرکت / موسسه / تشکیلات خدماتی UTILITY

تشکیلاتی که مسئولیت نصب و بهره‌برداری و انجام تعمیرات بر روی سیستمهای تامین نیروی برق یا سیستمهای مخابراتی را به‌عهده دارد.

۲۱۷ـ فرد واجد شرایط QUALIFIED PERSON

فردی دارای اطلاعات کافی درباره نصب، ساخت یا بهره‌برداری از دستگاهها و لوازم است و آگاه نسبت به خطراتی که می‌توانند به وجود آیند.

۲۱۸ـ مجری استاندارد ADMINISTRATIVE AUTHORITY

هر فردی که بنابه وظیفه اداری خود نظارت بر اجرای صحیح استاندارد را برعهده دارد. بالاترین مقام نظارت بر اجرای استاندارد، وزیر نیرو است.

۲۱۹ـ معبر مدار RACEWAY

هر کانالی که به‌طور اختصاصی برای عبور هادیها پیش‌بینی شده و انحصاراً برای این منظور مورد استفاده قرار گیرد.

۲۲۰ـ مقاومت زمین GROUND RESISTANCE-EARTH RESISTANCE

مقاومت الکتریکی موجود بین ترمینال الکترود زمین و جرم کلی زمین است. بند ۲۱۱ دیده شود.

۲۲۱ـ ولتاژ VOLTAGE

مقدار موثر اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو هادی یا بین یک هادی و زمین.

مقدار عملیاتی ولتاژ یک سیستم ممکن است کمتر یا بیشتر از مقدار اسمی آن باشد.

از نظر این استاندارد ولتاژ تا ۱۰۰۰ ولت فشار ضعیف و بیش از این مقدار تا ۳۳کیلو ولت فشار متوسط نامیده خواهد شد.

۲۲۲ـ هادی بیگانه EXTRANEOUS CONDUCTIVE PART

قسمتی است هادی که جزئی از تاسیسات الکتریکی نباشد (مانند اسکلت فلزی ساختمان، تجهیزات و بدنه‌های هادی سیستمهای غیربرقی و غیره) و می‌تواند ولتاژی راکه معمولاً" ولتاژ زمین است، داشته باشد.

۲۲۳ـ هادی زمین شده ـ الکترود زمین GROUNDED CONDUCTOR - EARTH ELECTRODE

هادی‌ای است که به‌طور عمد به زمین وصل شده است و ممکن است به‌صورت مستقیم یا از طریق وسیله‌ای که محدودکننده جریان بوده ولی قابل قطع نیست، اجرا شده باشد.

۲۲۴ـ هادی زمین ـ هادی اتصال زمین GROUNDING CONDUCTOR

هادی‌ای است که برای وصل تجهیزات یا سیم‌کشیها به هادی زمین شده یا الکترود زمین از آن استفاده می‌شود.

ELECTRICAL BONDING

۲۲۵ـ همبندی الکتریکی

وصل الکتریکی هر ترکیبی از اجزای هادی، بدنه‌ها، قسمتهای فلزی در دسترس، اجزای فلزی ساختمانها، انواع لوله‌کشیها، پرده‌های هادی و زره کابلها، پوششهای هادی و غیره به همدیگر به‌منظور از بین بردن اختلاف پتانسیل احتمالی بین آنها در حالت عادی یا در صورت بروز اتصالی.

فصل سوم

۲ـ روشهای اجرای اتصال به زمین

۳۰۰ـ پیشگفتار

در انواع مختلف سیستمهای الکتریکی، وصل قسمتهائی از سیستم و بدنه‌های هادی لوازم الکتریکی به جرم کلی زمین از دو دیدگاه مورد توجه می‌باشد :

- حفظ عایقبندی و تامین صحت کار لوازم و دستگاههای الکتریکی و محدود کردن اضافه ولتاژها و کمک به کار صحیح لوازم و مدارها با قطع مدارهای معیوب. به این اتصال زمین، اتصال زمین عملیاتی یا اتصال زمین سیستم[1] گویند.

[به‌طور خلاصه وصل نقطه خنثی سیستم به زمین = اتصال زمین سیستم]

- ایجاد ایمنی برای افرادی که بنابه وظیفه شغلی در تماس با تجهیزات سیستمهای الکتریکی می‌باشند از یک طرف و افراد جامعه که مصرف کننده نهائی انرژی برق می‌باشند و محدود کردن خطر آتش‌سوزی از راه قطع سریع مدار معیوب از طرف دیگر به کمک وصل بدنه‌های هادی به هادی خنثی یا زمین. به این اتصال زمین، اتصال زمین ایمنی یا حفاظتی[2] گویند.

[به‌طور خلاصه وصل بدنه‌های هادی به خنثی و زمین = اتصال زمین حفاظتی]

در اغلب موارد تفکیک دو نوع اتصال به زمین برای دو هدف بالا ممکن نیست و برای همین ایجاد یک اتصال زمین برای هر دو منظور کافی است اما در بعضی شرایط دیگر تفکیک دو اتصال زمین لازم و ضروری است و گاهی مسائل مربوط به نوع دیگری اتصال زمین یعنی زمینی که برای تخلیه بار

1- SYSTEM GROUNDDING or FUNCTIONAL EARTHING

2- EQUIPMENT GROUNDING or PROTECTIVE EARTHING

الکتریکی صاعقه لازم است، موضوع را پیچیده‌تر می‌کند.

در این مقررات به انواع اتصال زمین از نظر ایمنی توجه شده و مسائل مربوط به مشخصات زمین سیستم که باید با توجه به ملاحظات فنی انتخاب شود، به محاسبات و تصمیمات مهندسی موکول می‌شود با این توضیح که در همه احوال و شرایط ، اتصال زمین ایمنی در اولویت و ارجحیت خواهد بود. همچنین نظر به اینکه سیستمهای توزیع فشارضعیف گسترده‌تر از سیستمهای دیگر بوده و بیش از همه مردم عادی را در معرض خطر قرار می‌دهند، توجه مخصوص به آنها لازم بوده است.

یادآوری - اتصال به زمین در سیستمهای فشارضعیف و متوسط هم از نظر کارکنان صنعت برق و هم از دید عموم مردم که استفاده کنندگان نهائی انرژی الکتریکی می‌باشند مهم است در حالی که در ولتاژهای فشارقوی، مسایل طرح شده بیشتر متوجه کارکنان صنعت برق است.

۳.۱- تقسیم‌بندی سیستمهای فشارضعیف از نظر روش زمین کردن

یادآوری ۱- برای کسب داده‌های بیشتر درباره تقسیم‌بندی سیستمهای فشارضعیف، مراجع زیر را ببینید:

- استاندارد شماره ۱۹۳۷ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران سال ۱۳۵۵.
- مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران سال ۱۳۷۳.
- "طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمانها"
- استانداردهای بین‌المللی IEC گروه 364

یادآوری ۲- سیستمهای غیر متداول در ایران مورد توجه قرار داده نشده‌اند.

یادآوری ۳- آشنائی با سیستمهای نیروی مختلف، برای جلوگیری از بکارگیری سیستمهای غیرمجاز در

شبکه‌های عمومی، لازم می‌باشد.

در فشار ضعیف سه نوع سیستم نیرو معمول می‌باشد :

- سیستم TN که ممکن است در سه گونه مختلف باشد :

TN - C - S

TN - S

TN - C

- سیستم TT

- سیستم IT

حرف اول از سمت چپ مشخص کننده رابطه سیستم با زمین است :

T -یک نقطه از سیستم مستقیماً" به زمین وصل است (معمولاً" نقطه خنثی)

I - قسمتهای برقدار سیستم نسبت به زمین عایق‌اند یا یک نقطه از سیستم از طریق یک امپدانس به زمین وصل است.

حرف دوم از سمت چپ مشخص کننده رابطه بدنه‌های هادی تاسیسات با زمین است:

N - بدنه‌های هادی از نظر الکتریکی مستقیماً" به نقطه زمین شده نیرو وصل می‌شوند.

T -بدنه‌های هادی از نظر الکتریکی مستقیماً" و مستقل از اتصال زمین سیستم نیرو به زمین وصل می‌شوند.

علاوه بر این در مورد سیستم TN، از حروف اضافی دیگر برای مشخص کردن نحوه به‌کارگیری هادیهای حفاظتی (PE) و خنثی (N)، استفاده می‌شود:

S - TN - در سراسر سیستم بدنه‌های هادی از طریق یک هادی مجزا (PE) به نقطه خنثی (N) در مبداء

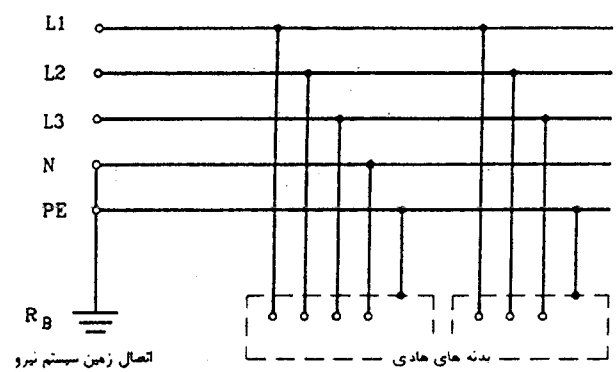
سیستم وصل می‌شود.

C - TN - در سراسر سیستم بدنه هادی به هادی مشترک حفاظتی و خنثی (PEN) وصل‌اند.

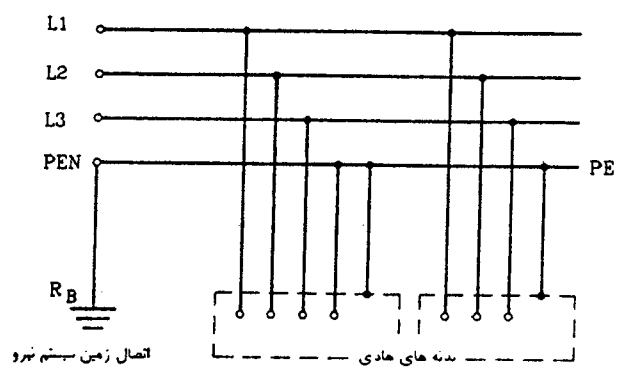
TN-C-S - بخشی از سیستم از مبداء تا نقطه تفکیک، دارای هادی توام حفاظتی و خنثی (PEN) بوده و از آن نقطه به بعد، دو هادی حفاظتی (PE) و خنثی (N) از هم جدا می‌شوند.

برای آشنائی بیشتر، طرحواره‌های سیستمهای گفته شده ارائه می‌شوند :

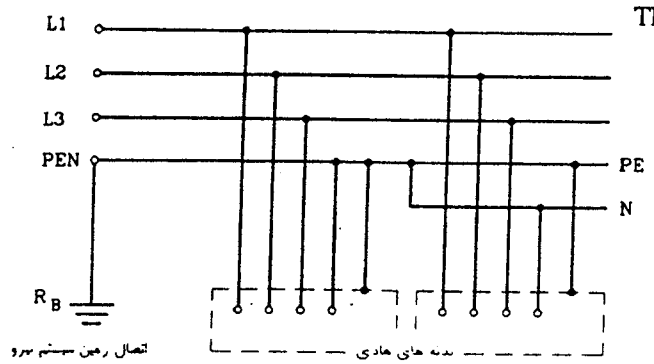
۱-۳۰۱ سیستم TN-S



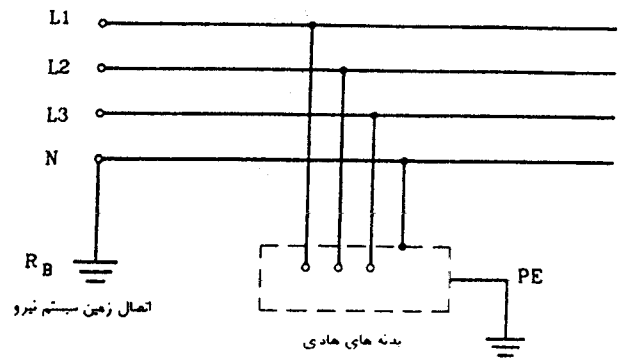
۲-۳۰۱ سیستم TN-C



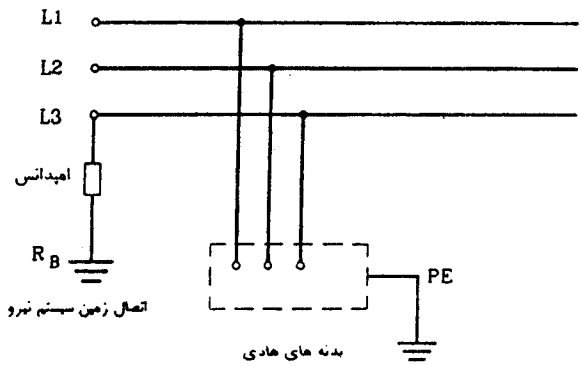
۳-۳۰۱ سیستم TN-C-S



۳۰۱-۴ سیستم TT



۳۰۱-۵ سیستم IT



۳۰۲- سیستم منتخب

همه سیستمهای فشار ضعیف و شبکه‌های عمومی فشار ضعیف در ایران باید با اتصال مستقیم به زمین و اتصال بدنه‌های هادی تجهیزات الکتریکی به (TN) نقطه خنثی اجرا شوند. تا نقطه تحویل نیرو به مشترک (سرویس مشترک) در این سیستم، از (PEN) نقطه خنثی و زمین، استفاده می‌شود و هادی مشترک حفاظتی /خنثی از نقطه تحویل نیرو یا سرویس مشترک به بعد، سیستم نیرو تابع مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران خواهد بود.

۳۱۰- نقطه‌ای از سیستم و اجزای آن که باید زمین شود

۳۱۱- سیستمهای جریان مستقیم و اجزای آن که باید زمین شوند

۳۱۱-۱ فشار ضعیف

اتصال به زمین باید تنها در ایستگاه تغذیه کننده انجام شود. در مورد سیستمهای جریان مستقیم سه سیمه، الکترود زمین باید به نقطه خنثی سیستم وصل شود.

۳۱۱-۲ فشارمتوسط

اتصال زمین باید هم در ایستگاه تغذیه کننده و هم در ایستگاه مصرف‌کننده انجام شود. الکترود زمین باید به نقطه خنثی سیستم اتصال داده شود.

الکترود زمین ممکن است در خارج از ایستگاهها و یا در نقطه‌ای دور نسبت به هر یک از آنها نصب شود.

در یکی از دو ایستگاه، اتصال به زمین می‌تواند از طریق برقگیرها انجام شود به شرطی که اتصال به زمین خنثی در ایستگاه دیگر به نحوی که در بالا گفته شده است اجرا شده باشد.

استثنا - در مواردی که دو ایستگاه از نظر جغرافیائی جدا از یکدیگر نباشند مانند ایستگاههای یکسوکننده پشت به پشت، خنثی سیستم می‌تواند در یک نقطه زمین شود.

۳۱۲- سیستمهای جریان متناوب و اجزای آن که باید زمین شوند

۳۱۲-۱ فشار ضعیف

در سیستمهای سه فاز نقطه‌ای از منبع تغذیه که باید زمین شود، نقطه خنثی یا مرکز ستاره یا مرکز زیگزاگ می‌باشد.

در سیستمهای یک فاز سه سیمه، نقطه‌ای که باید زمین شود نقطه میانی یا نقطه خنثی می‌باشد.

محلهای انجام اتصال زمین باید به قرار زیر باشند:

۳۱۲-۱-۱ اتصال به زمین اصلی منبع تغذیه در مبداء هر سیستم (ترانسفورماتور یا ژنراتور).

۳۱۲-۱-۲ اتصال زمینهای اضافی در طول خطوط توزیع مقررات مربوط (بخش ۳۵۳ دیده شود).

۳۱۲-۱-۳ اتصال زمینهای فرعی در محل تحویل نیرو به مشترکین.

ایجاد این اتصال زمین به عهده مشترک است.

یادآوری - برای نحوه انجام اتصال زمین مشترکین، مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایرانی دیده شود.

۳۱۲-۲ فشارمتوسط

۳۱۲-۲-۱ کابلهای بدون پرده هادی یا زره (هادیهای لخت، کابلهای عایقبندی شده ولی بدون پرده هادی یا زره و کابلهای با پوشش عایق)

کلیه بدنه‌های هادی تجهیزات و ترانسفورماتورها و غیره باید طبق مقررات مربوط زمین شوند.

در سیستمهای با نقطه خنثی، اتصال به زمین باید در نقطه خنثی طرف منبع تغذیه انجام شود. اگر هادی خنثی یکی از هادیهای سیستم باشد، یعنی هادی خنثی همراه هادیهای فاز توزیع شود، می‌توان در طول این هادی اتصالات اضافی نیز برقرار کرد.

۳۱۲-۲-۲ کابلهای با پرده هادی یا زره

(۱) همبندی زره‌ها یا پرده‌های کابلها و برقگیرها

در مواردی که در نقطه وصل خطوط کابلی به هوائی برقگیر پیش‌بینی شده باشد، لازم است بین اتصال زمین زره یا پرده کابل و اتصال زمین برقگیرها همبندی به‌عمل آید.

(۲) کابلهای بدون غلاف عایق

اتصال باید به هادی خنثی ترانسفورماتور منبع تغذیه و همین‌طور در نقاط انتهائی (ترمینالها) انجام شود.

(۳) کابلهای با غلاف عایق

توصیه می‌شود اتصالات اضافی بین پرده‌های عایقبندی یا غلاف هادی و زمین سیستم ایجاد شود. در سیستمهای با اتصال زمین مکرر و کابلهای دارای پرده هادی، پرده (شامل غلاف هادی در صورت وجود) باید در محل همه مفصلها از هر قبیل، که در دسترس بوده یا در معرض تماس کارکنان می‌باشند، زمین شود.

در مواردی که به‌علت وجود الکترولیز یا عبور جریان از زره نتوان از اتصال زمین مکرر برای پرده هادی استفاده نمود، غلاف پرده هادی و محفظه‌های مفصلها از هر قبیل باید نسبت به ولتاژی که ممکن است در هنگام بهره‌برداری بر روی سطح آنها ظاهر شود، عایقبندی شوند.

۳۱۲-۳- هادی مجزا برای اتصال زمین (مانند حالت اتصال زمین تیرهای فلزی روشنائی)

اگر برای اتصال زمین از یک هادی مجزا به موازات و در کنار مسیر زیرزمینی کابل استفاده شود، این هادی باید یا به‌صورت مستقیم و یا از راه هادی خنثی سیستم به خنثی ترانسفورماتور منبع و ملحقات ترانسفوماتور مبنع و ملحقات کابلها (در مواردی که باید زمین شوند)، وصل شود. هادی اتصال زمین باید در همان مسیری که کابل اصلی دفن شده است یا در همان کانال یا لوله یا مجرایی که کابل اصلی از آن عبور می‌کند (اگر از جنس مغناطیسی ساخته شده باشد)، قرار گیرد.

۳۱۳- زمین کردن مهارهای آویز و مهارهای پایه‌ها

۳۱۳-۱ زمین کردن مهارهای آویز (مهار دهانه)

آن گروه از مهارهای آویز که طبق مقررات مربوط به آنها زمین کردنشان الزامی است، باید در محل پایه‌ها (تیرها، برجها یا محل تکیه‌گاههای دیگر) به نحوی زمین شوند که حداکثر فاصله اتصال زمین‌های متوالی از هم به‌قرار زیر باشد:

۳۱۳-۱-۱ در مواردی که مهار آویز برای استفاده به‌عنوان هادی زمین کافی باشد (بندهای ۳۲۳-۱ و ۳۲۳-۲ و ۳۲۳-۵):

یک اتصال زمین در هر ۴۰۰ متر یا کسری از آن.

۳۱۳-۱-۲ در مواردی که مهار آویز برای استفاده به عنوان هادی زمین کافی نباشد :

یک اتصال زمین در هر ۲۰۰ متر یا کسری از آن.

۳۱۳-۲ زمین کردن مهار پایه

آن گروه از مهارهای پایه که طبق مقررات زمین کردنشان الزامی است، باید به یک یا چند نقطه که در زیر گفته شده است وصل شوند :

۳۱۳-۲-۱ پایه فلزی زمین شده (تیر، برج و نظایر آن)

۳۱۳-۲-۲ یک الکترود زمین موثر در مورد پایه‌های غیرفلزی (تیرچوبی و مانند آن)

۳۱۳-۲-۳ هادی خنثی مربوط به خط که دارای حداقل یک اتصال زمین در هر ۴۰۰ متر (یا کسری از آن) از طول خط علاوه بر اتصال زمینهای مربوط به مشترکین باشد.

۳۱۳-۳ اتصال زمین مشترک مهار آویز و مهار پایه مربوط به یک پایه

۳۱۳-۳-۱ در مواردی که طبق مقررات زمین کردن مهار آویز و مهار پایه‌ی مربوط به یک پایه لازم باشد، مهار آویز و مهار پایه باید همبندی شده و با وصل به یکی از نقاط گفته شده در زیر، زمین شوند :

(۱) یک هادی زمین که بر روی همان پایه زمین شده باشد.

(۲) هادیهای اتصال زمین مجزا یا مهارهای آویز زمین شده که با یکدیگر همبندی شده و در همان پایه زمین شده باشند.

(۳) یک یا چند هادی زمین شده مربوط به خط یا مهارهای آویز زمین شده که با هر دو شرط زیر مطابقت کنند :

- بر روی همان پایه یا در محلی دیگر همبندی شده باشند.
- در محلهای دیگر به صورت مکرر و طبق مفادبندهای ۳۱۳-۱ و ۳۱۳-۲ زمین شده باشند.

۳۱۳-۳-۲ بر روی پایه‌های مربوط به عبور خط از روی جاده یا راه‌آهن، آن گروه از مهارهای آویز و پایه که زمین کردن آنها الزامی است، باید در همان پایه با همدیگر همبندی شده و طبق مقررات بند ۳۱۳-۳-۱ زمین شوند.

استثنا - این دستور در مورد مهار پایه‌ای که به یک هادی استاتیک (هادی گارد) مربوط به خط هوایی وصل بوده و آن هادی خود به نحوی موثر زمین شده باشد، نافذ نیست.

۳۱۴ـ شدت جریان در هادیهای اتصال زمین

نقاط اتصال به زمین باید به نحوی ترتیب داده شده و انتخاب شوند که در شرایط عادی شدت جریانهای نامعقول از هادی اتصال زمین عبور نکنند.

اگر شدت جریان عبوری از هادی زمین، به سبب استفاده از اتصال زمینهای مکرر، مقداری زیاد و غیرقابل قبول باشد، باید یک یا چند عمل گفته شده در زیر را انجام داد :

۳۱۴ـ۱ یک یا چند اتصال به زمین در نقاط مختلف را حذف کرد

۳۱۴ـ۲ محل اتصال به زمینها را تغییر داد

۳۱۴ـ۳ هادی وصل‌کننده الکتروهادی زمین مختلف برای ایجاد مداومت الکتریکی را قطع کرد.

۳۱۴ـ۴ با تجویز بهره‌بردار و موافقت مقام مجری استاندارد، از روشهای دیگری برای محدود کردن جریان استفاده کرد.

در هر حال اتصال به زمین سیستم ترانسفورماتور منبع یا اتصال زمین اصلی، نباید حذف شود.

شدت جریانهائی که در شرایط غیرعادی و به طور موقت به وجود می‌آیند (در هنگامی که هادیهای اتصال به زمین برای تامین ایمنی به وظیفه خود عمل می‌کنند)، شدت جریانهای نامعقول به حساب نمی‌آیند. هادی اتصال زمین باید دارای ظرفیت کافی برای عبور جریانهای اتصالی که انتظار می‌رود از آن عبور کنند باشد بدون آنکه دمای آن از حد مجاز بیشتر شده یا ولتاژ آن بیش از حد، بالا رود. بخش ۳۲۳ دیده شود.

۳۱۵ـ حصارکشی محوطه‌ها (فنس‌ها)

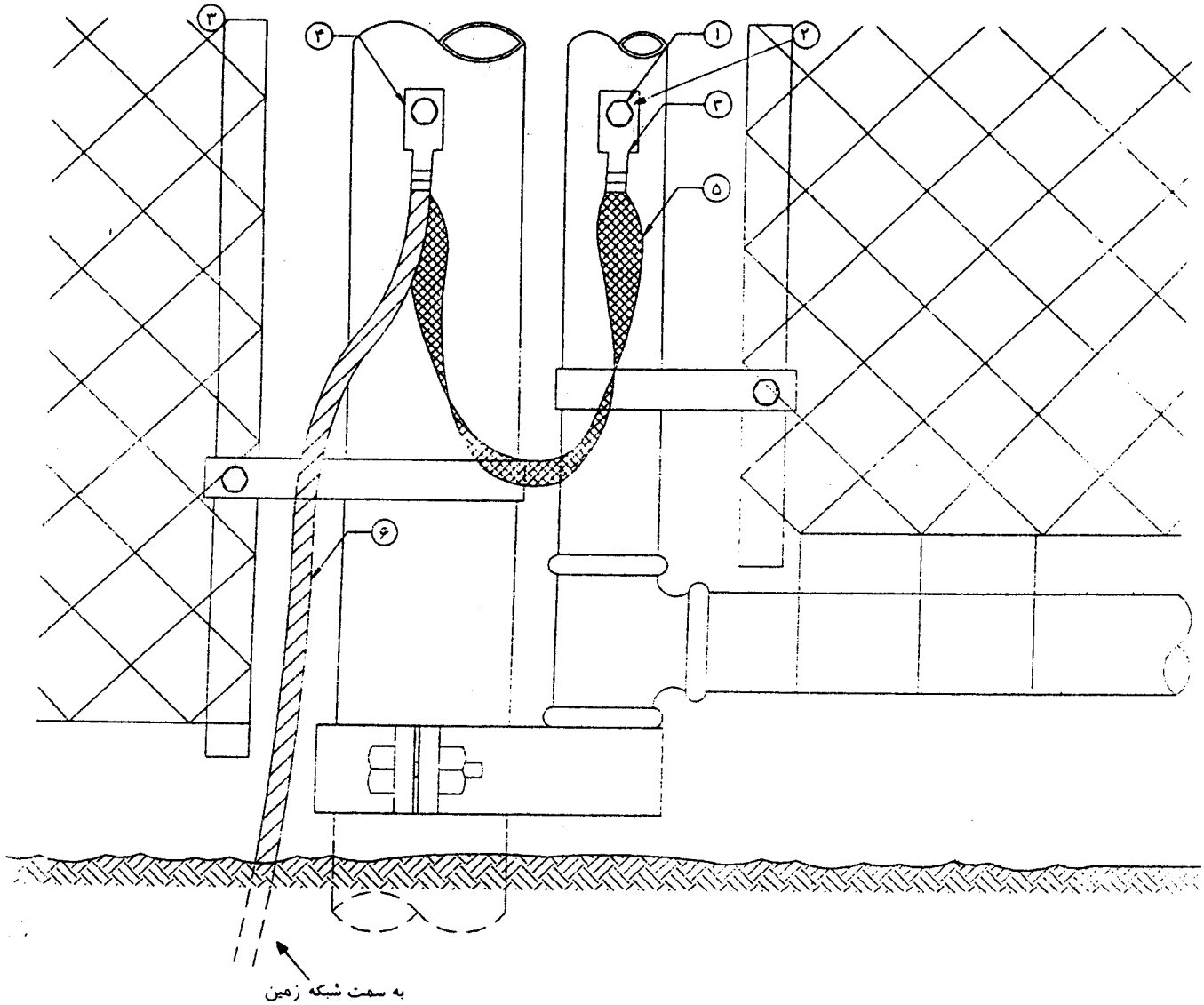
در مواردی که طبق استانداردهای مربوط به حصارکشی‌ها لازم است برای حصارها اتصال زمین

احداث شود، باید در محل خط یا خطوط نیروکه حصار را قطع و از بالای آن عبور می‌کند، و همینطور در فاصله‌ای که از ۴۵ متر بیشتر نباشد، در هر دو قسمت امتداد حصار، اتصال زمین برقرار شود. علاوه بر این، حصارها باید در هر دو سمت درها یا دهانه‌های باز دیگری که در آن وجود دارند، زمین شوند. در صورت وجود دروازه، دو طرف آن باید با یک هادی دفن شده، همبندی شوند. یک دروازه باید از طریق اتصالات فلزی به هادی زمین، هادی همبندی یا خود حصار، اتصال داده شود.

پایه‌های مجزای نگهدار سیم خاردار در بالای حصارکه روی تیرهای غیرهادی نصب‌اند باید به حصار فلزی یا هادی زمین در نقاط اتصال به زمین، همبندی شوند.

در مواردی که زمین کردن حصار الزامی باشد، حصارها باید با سیستم زمین تجهیزات که در داخل نوعی پوشش قرار دارند همبندی شده و یا به یک هادی مجزای دفن شده در زیر خط حصار یا در نزدیکی آن همبندی شوند.

شکلهای ۳۰۱-۶ و ۳۰۱-۷ نمونه‌هایی از این اتصال زمینها را نشان می‌دهند.



۱ـ پیچ ماشینی ۱۰×۲/۵ میلیمتر

۲ـ واشر ۱۰ میلیمتر

۳ـ کفشک کابل برای هادی افشان

۴ـ کفشک کابل برای هادی چند مفتولی

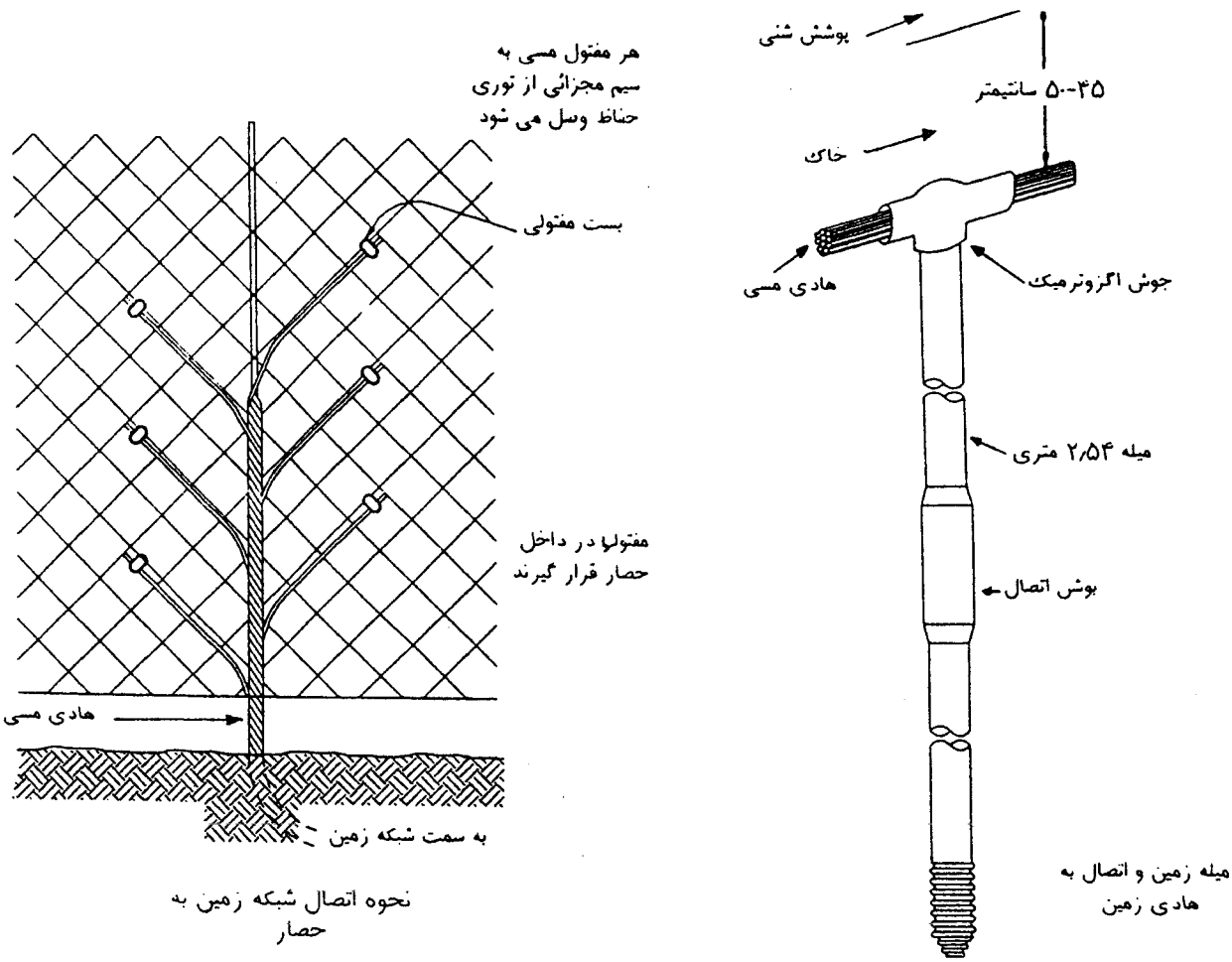
۵ـ هادی افشان قلع اندود بافته شده نواری

با سطح مقطع معادل ۵۰ میلیمترمربع

۶ـ هادی چند مفتولی

توجه : ستون در و چهارچوب آن با قطر لازم سوراخکاری شده و برای پیچ نمره ۱۰ حدیده شود.

شکل (۳۰۱ـ۶)



شکل (۳۰۱-۷)

۳۲۰- هادی اتصال زمین و نحوه انجام اتصالات

۳۲۱- ساختار هادی زمین

در همه موارد هادیهای زمین باید از جنس مس یا فلزات دیگر یا ترکیبی از فلزات به نوعی ساخته شده باشند که در شرایط موجود و در طول عمر مفید پیش‌بینی شده آنها زیاده از حد خورده نشوند و در صورت عملی بودن، در طول این هادیها نباید هیچ نوع اتصال و دو راهی یا چند راهی وجود داشته باشد (بهترین انتخاب برای هادی زمین فولاد با گالوانیزه گرم است که حداقل ضخامت فلز روی در آن ۷۰ میکرومتر می‌باشد همچنین مس با روکش سربی به ضخامت حداقل یک میلیمتر نیز انتخاب مناسبی است). در مواردی که وجود اتصال اجتناب ناپذیر باشد، این اتصالات باید به نحوی اجرا و

نگهداری شوند که به میزان محسوسی به مقاومت الکتریکی هادی زمین افزوده نشود و مشخصه‌های مربوط به استقامت مکانیکی و الکتریکی و ایستادگی در برابر خوردگی آنها نیز مناسب باشد. در مورد آشکارسازهای هادی زمین و زمین برقگیرها، هادی زمین باید تا جائی که امکان دارد مستقیم، کوتاه و بدون خمهای تیز باشد. اسکلتهای فلزی یک سازه یا بناتامحل اتصال به الکترود زمین مناسبی می‌تواند به عنوان هادی زمین مورد استفاده قرار داده شود.

هیچگاه نباید از وسیله‌ای که مدار را باز کند (کلید، فیوز و غیره) در مسیر هادی زمین استفاده شود به استثنای مواردی که در صورت باز شدن هادی زمین، همه منابع انرژی که تجهیزات مدار مربوط به هادی زمین را تغذیه می‌کند، به طور خودکار قطع شوند.

استثنای ۱ـ در مورد سیستمهای جریان مستقیم فشارمتوسط، نصب وسایل بازکننده مدار اتصال زمین که با هدف انتخاب الکترود زمین دور دست یا الکترود زمین محلی مربوط به برقگیرها انجام می‌شود، مجاز است.

استثنای ۲ـ قطع موقتی هادی زمین با نظارت افراد واجد شرایط، مجاز است.

۳۲۲ـ اتصالات هادی زمین

اتصالات هادی زمین باید به نحوی انجام شوند که با مشخصه‌های هادی زمین شده (الکترود زمین) و هادی زمین مطابقت داشته و برای استقرار در محیط زیست مناسب باشند. از این گونه‌اند اتصالات انجام شده به وسیله لحیم سخت، جوشکاری (جوش اگزوترمیک)[1]، اتصالات مکانیکی، اتصالات پرسی، بستهای الکترود و بستهای تسمه‌ای، استفاده از لحیم‌کاری فقط در مورد غلافهای سربی مجاز است.

1- EXOTHERMIC WELD

۳۲۳ـ شدت جریان مجاز و استقامت مکانیکی در هادی اتصال زمین

شدت جریان مجاز کوتاه مدت یک هادی لخت، شدت جریانی است که هادی می‌تواند بدون آنکه ذوب شده یا در اثر نیروهای وارده گسسته (پاره) شود از خود عبور دهد. اگر هادی زمین دارای عایقبندی باشد، شدت جریان مجاز کوتاه مدت آن، جریانی است که به عایقبندی آسیب وارد نیاورد. در قسمتی از مسیر که هادی از چند شاخه موازی تشکیل شده باشد، شدت جریان کل جمع شدت جریانهای شاخه‌ها خواهد بود.

۳۲۳ـ۱ هادی اتصال زمین سیستم در سیستمهای با یک اتصال به زمین

(در جریان متناوب و به عنوان مثال : سیستم TT در فشار ضعیف و همبندی ستاره در فشار متوسط)

هادی یا هادیهای اتصال زمین سیستم در سیستمهای با یک اتصال زمین یا چند اتصال زمین موازی (الکترودهای موازی) در یک نقطه، باید با توجه به زمان عمل وسیله حفاظتی سیستم دارای جریان مجاز کوتاه مدتی باشد که برای شدت جریان اتصالی‌ای که ممکن است از آن عبور کند کافی باشد. اگر این شدت جریان را نتوان به سادگی تعیین نمود، شدت جریان مجاز دایمی هادی یا هادیهای زمین، نباید از جریان بار کامل ترانسفورماتور یا هر منبع دیگری که سیستم را تغذیه می‌کند، کمتر باشد.

۳۲۳ـ۲ هادی اتصال زمین در سیستمهای جریان متناوب با اتصال زمین مکرر

(برای مثال سیستم TN در جریان متناوب فشارضعیف)

در سیستمهای جریان متناوب فشارضعیف با اتصال زمین در بیش از یک نقطه، بدون احتساب اتصال زمینهای اختصاصی مشترکین، جریان مجاز کل دایمی هادی در هر نقطه نباید از یک پنجم جریان هادیهائی که به آن وصلند، کمتر باشد. بند ۳۲۳ـ۸ دیده شود. .

۳۲۳-۳ هادیهای اتصال زمین ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری

هادی اتصال زمین بدنه هادی و مدار ثانویه ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری نباید از ۴ میلیمترمربع (مس) یا جریان کوتاه مدت آن نباید از مقدار مربوط به این سیم، کمتر باشد.

۳۲۳-۴ هادیهای اتصال زمین برقگیرهای اصلی

جریان مجاز کوتاه مدت هادی یا هادیهای اتصال زمین باید برای عبور جریانهای زیاد ضربه صاعقه یا جریان دنبال آن، کافی باشد. سطح مقطع هادیهای اتصال زمین مخصوص برقگیرهانباید از ۱۶ میلیمترمربع (مس) کمتر باشد.

استثنا - هادیهای اتصال زمین برقگیرها ممکن است سیم فولادی با روکش مس و با جریان مجازی معادل هادی فوق باشد به شرطی که هدایت الکتریکی آن از سی‌درصد (۳۰٪) هادی تمام مس با همان قطر، کمتر نباشد.

در مواردی که قابلیت انعطاف هادی اتصال زمین برای کار درست آن واجب باشد، مانند محل اتصال به ته برقگیر، لازم است از هادی قابل انعطاف مناسب این کار استفاده شود.

۳۲۳-۵ هادی اتصال زمین برای تجهیزات، مهارهای آویز و مهارهای پایه

شدت جریان مجاز کوتاه مدت هادیهای اتصال زمین تجهیزات، معبر مدارها، کابلها، مهارهای آویز، مهارهای پایه، غلافها و دیگر پوششهای فلزی هادیها، باید برای جریانهای اتصالی با توجه به زمانهای قطع وسایل حفاظتی موجود در سیستم، کافی باشد. اگر حفاظت در برابر اضافه جریان یا اتصالی پیش‌بینی نشده باشد، شدت جریان مجاز باید براساس طرح و شرایط بهره‌برداری مدار تعیین شود ولی هیچگاه از مقداری که برای یک هادی مسی با سطح مقطعی معادل ۱۰ میلیمترمربع تعیین شده است، کمتر نباشد.

در مواردی که نسبت به کفایت پوششهای هادیها و مداومت آنها همراه با اتصالات مربوط به پوششها و

بدنه‌های لوازم و تجهیزات اطمینان حاصل شود، این مسیر می‌تواند هادی اتصال زمین لوازم و تجهیزات را تشکیل دهد.

یادآوری - استفاده از مسیر گفته شده در بالا به عنوان هادی اتصال زمین فقط برای تاسیسات تولید، انتقال و توزیع نیروی برق مجاز است. تاسیسات مشترکین تابع مقررات مختص خود می‌باشند. مبحث ۳۱ از مقررات ملی ساختمانی ایران و استاندارد شماره ۱۹۳۷ ایران را ببینید.

۳۲۳-۵-۲ اتصالات

اتصالات هادی زمین باید با استفاده از کابلشو، ترمینال یا وسیله‌ای که در هنگام بازرسی عادی یا بهره‌برداری یا تعمیرات جابه‌جا یا شل نشده و یا بهم نخورد، انجام شود. همچنین جنس این اتصالات باید مانند جنس هادی زمین باشد.

۳۲۳-۶ حصارها

هادی اتصال زمین حصارهایی که طبق مقررات مربوط به آنها لازم است زمین شوند، باید با یکی از انواع گفته شده در بند ۳۲۳-۵ مطابقت نماید و یا متشکل از یک هادی فولادی با مقطع ۶ میلیمترمربع باشد. در مواردی که ستونها از جنس هادی باشند، این سیم باید بکمک وسایل مناسبی از نظر جنس آنها، به ستونها وصل شوند. اگر جنس ستونها هادی نباشد، در هر یک از نقاط اتصال به زمین لازم است همبندی مناسبی بین سیمهای توری حصار و سیمهای خاردار انجام شود.

۳۲۳-۷ همبندی اسکلت‌ها و پوششهای تجهیزات

در مواردی که طبق مقررات مربوط به هر مورد لازم باشد و در صورتی که منبع تغذیه محلی باشد، باید یک مسیر فلزی با امپدانس کم برای عبور جریانهای اتصالی که ممکن است بین هادیها یا تجهیزات یا هردوی آنها پیش آید، به سمت ترمینال اتصال زمین منبع تغذیه ایجاد شود.

در مواردی که منبع تغذیه در دسترس نباشد، مسیر فلزی باید همه اسکلتها و بدنه‌های هادی تجهیزات و بدنه‌های هادی بیگانه در دسترس را همبندی کرده و علاوه بر آن طبق مقررات بند ۳۲۳ـ۵ به زمین اتصال دهد. جریان مجاز کوتاه مدت هادی همبندی باید برای شرایط موجود کافی باشد.

۳۲۳ـ۸ حدمجاز جریان

اجتیاجی نخواهد بود که شدت جریان مجاز هادی اتصال زمین از مقدار تعیین شده در یکی از دو بند زیر بیشتر باشد:

۳۲۳ـ۸ـ۱ هادی فازی که جریان اتصالی را عبور می‌دهد یا

۳۲۳ـ۸ـ۲ حداکثر جریانی که ممکن است از هادی اتصال زمین به الکترود یا الکترودهای زمین وصل شده به آن، عبور کند. در مورد یک اتصال زمین تکی و الکترود یا الکترودهای زمین وصل شده به آن، این شدت جریان به طور تقریب برابر است با : ولتاژ منبع بخش بر مقاومت الکترود زمین.

۳۲۳ـ۹ـ استقامت مکانیکی

۳۲۳ـ۹ـ۱ استقامت مکانیکی کلیه هادیهای اتصال زمین باید برای شرایطی که در آن مورد استفاده خواهند بود کافی باشد.

علاوه بر این جز در مواردی که در بندهای ۳۲۳ـ۲ و ۳۲۳ـ۳ و ۳۲۳ـ۹ـ۲ ذکر شده است، استقامت مکانیکی هادیهائی که دارای حفاظت مکانیکی نیستند نباید از نظیر هادی مسی نرم با سطح مقطع ۱۰ میلیمتر مربع کمتر باشد.

۳۲۳ـ۹ـ۲ در صورت استفاده از کابلهای هم مرکز (کنسانتریک)، و تا جایی که مربوط به استقامت مکانیکی

باشد، استفاده از مقاطع کوچکتر از ۱۰ میلیمترمربع مجاز است (برای مثال کابل تغذیه مشترک از خط هوایی).

۳۲۴ـ نگهداری و حفاظت از هادیهای زمین

۳۲۴ـ۱ در سیستمهای با اتصال زمین منفرد و در وضعیتی که هادیهای زمین در معرض صدمات مکانیکی باشند، این هادیها باید به کمک نوعی سپر محافظت شوند جز در مواردی که در دسترس عموم نیستند که در این حالت احتیاجی به حفاظ نخواهد بود.

مدارها و تجهیزات با اتصال زمین مکرر احتیاجی به حفاظ بر روی هادی اتصال زمین ندارند.

۳۲۴ـ۲ در مواردی که داشتن حفاظ برای هادیهای اتصال زمین الزامی باشد، این کار باید با استفاده از روشهائی که با شرایط محیط مناسب‌اند انجام شود. حفاظها باید حداقل تا ارتفاع ۲/۵ متر از زمین یا سکوئی که می‌توان از آن به هادیها دسترسی پیدا کرد، ادامه یابد.

۳۲۴ـ۳ در مواردی که نصب حفاظ الزامی نباشد، در محلهای با احتمال وارد آمدن آسیب مکانیکی، ایمن‌سازی هادیهای اتصال زمین باید با نصب هرچه نزدیکتر آنها به سطح تیر یا پایه، تامین شود و در مواردی که عملی باشد، این کار باید در بخشی از پایه که کمتر از همه در معرض آسیب قرار می‌گیرد، انجام شود.

۳۲۴ـ۴ حفاظهائی که برای هادیهای اتصال زمین تجهیزات برقگیرها بکار می‌روند، باید از مواد غیرفلزی باشد و در غیراین‌صورت، حفاظ باید در هر دو انتهای آن با هادی اتصال زمین همبندی شود.

۳۲۵ـ هادیهای دفن شده

۳۲۵ـ۱ برای جلوگیری از پاره شدن هادی اتصال زمین در اثر حرکت یا نشست طبیعی زمین، آن بخش از هادی اتصال زمین که مستقیماً در زمین دفن می‌شود باید بدون اعمال کشش (شل) خوابانده شود یا اینکه استقامت آن نسبت به نیروی کشش به قدر کافی زیاد باشد.

۳۲۵ـ۲ ترجیح دارد اتصالات هادی زمین که عایقبندی نداشته و مستقیماً در زمین دفن می‌شوند، از نوع لحیم سخت یا پرسی باشند تا شل شدن و یا خورده شدن آنها به حداقل ممکن برسد. تعداد اتصالات باید تاجائی که ممکن است، کم باشد.

۳۲۵ـ۳ در داخل اتاقکهای آدمرو و چاهکهای دستی، سیستم اتصال زمین مربوط به پرده عایقبندی کابلها باید با بدنه هادی زمین شده کلیه تجهیزات در دسترس، همبندی شوند.

استثنا ـ در مواردی که حفاظت کاتودیک و همبندی متقابل پرده‌ها مطرح باشد، ممکن است از اجرای همبندی صرفنظر شود.

۳۲۵ـ۴ هادیهای اتصال زمین نباید مجزا از هادیهای فاز مدار مربوط به خود از درون حلقه‌های بسته‌ای که از مواد مغناطیسی تشکیل می‌شوند، عبور کنند مانند حلقه‌های بسته تشکیل شده از اجزای ساختمان، لوله‌ها، حلقه‌های متشکل از آرماتورهای بتن مسلح و نظایر آن.

۳۲۵ـ۵ فلزاتی که برای انجام اتصال زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند یا در تماس مستقیم با زمین یا آجرکاری یا بتن هستند باید از قبل آزمایش شده باشند تا قابلیت آنها برای استفاده به اثبات رسیده باشد.

یادآوری ۱- آلومینیوم برای این کار مناسب نمی‌باشد.

یادآوری ۲- فلزات با پتانسیل گالوانیک مختلف که همبندی می‌شوند، ممکن است احتیاج به حفاظت در برابر خوردگی گالوانیک پیدا کنند.

۳۲۵-۶ همبندی صلیبی زره (همبندی ضربدری، اتصال ترانسپوز)

۳۲۵-۶-۱ در مواردی که به منظور کم کردن جریانهای دورانی، پرده عایقبندی و یا زره کابلها را که در حالت عادی به زمین وصلند، نسبت به زمین عایق کرده باشند، این گونه زره‌ها باید در نقاط در دسترس، در برابر تماس کارکنان، عایقبندی شوند. اتصالات صلیبی و جامپرهای همبندی باید نسبت به حد ولتاژ عادی زره از این مقدار تجاوز کند که در این مورد عایقبندی باید برای ولتاژ عادی کار مدار نسبت به زمین کافی باشد.

۳۲۵-۶-۲ اندازه جامپرها و وسایل برقرار اتصالات مربوط به همبندی و نوع آنها باید به نحوی انتخاب شوند که توانائی هدایت جریان اتصالی را بدون صدمه زدن به عایقبندی جامپرها یا اتصالات زره، داشته باشند.

۳۲۶- هادی مشترک اتصال زمین مدارهاو معبرهای فلزی و تجهیزات

در مواردی که جریان مجاز هادی اتصال زمین منبع تغذیه خواسته‌های مربوط به اتصال زمین تجهیزات را نیز برآورده می‌کند، از این هادی می‌توان برای دو منظور استفاده کرد. تجهیزات موردنظر عبارتند از : اسکلتها و پوششهای اجزای مربوط به لوازم حفاظت و کنترل و کمکی سیستم تغذیه، معبرهای هادیها، زره کابلها و دیگر در پوششها وبدنه‌های هادی. (گونه‌های TN-C-S و TN-C از سیستم TN بخش ۳۰۱ دیده شود. برای توضیح بیشتر مبحث ۱۳ از مقررات ملی ساختمانی ایران و یا استاندارد شماره

۱۹۳۷ ایران دیده شود).

۳۳۰ـ الکترودهای اتصال زمین

الکترود زمین باید ماندگار بوده و برای سیستم الکتریکی موردنظر کافی باشد، از یک الکترود یا سیستم به هم پیوسته الکترودهای زمین باید برای اتصال به زمین سیستم الکتریکی (پست) و پوششهای هادیها و تجهیزاتی که به وسیله سیستم تغذیه می‌شوند، استفاده شود. این هدف ممکن است با بهم پیوستن اجزای ذکر شده در نقطه وصل هادی اتصال زمین انجام شود. (قسمتهای ۳۱۰ و ۳۶۰ دیده شوند).

الکترودهای زمین باید یکی از انواع زیر باشند :

۳۳۱ـ الکترودهای موجود

منظور از الکترودهای موجود، اجسام هادی‌ای هستند که با هدفی دیگر، غیر از ایجاد اتصال زمین برای سیستمهای الکتریکی نصب شده‌اند. مانند :

۳۳۱ـ۱ سیستمهای آبرسانی با لوله‌های فلزی

از لوله‌کشیهای زیرزمینی موجود که مربوط به سیستمهای آب سرد می‌باشند، می‌توان به عنوان الکترود زمین استفاده کرد.

یادآوری ـ معمولاً" این گونه سیستمها دارای مقاومتی بسیار کم نسبت به زمین می‌باشند و اگر در دسترس باشند برای استفاده به عنوان الکترود زمین، ارجحیت دارند. کسب اجازه از شرکت یا موسسه بهره‌بردار از سیستم آبرسانی برای استفاده از لوله‌کشیهای آن به عنوان الکترود زمین، الزامی است.

استثنا ـ سیستمهای لوله‌کشی غیرفلزی آب که هادی برق نیستند یا در مواردی که اتصالات لوله‌های فلزی از

نوع غیرفلزی باشند، برای استفاده به عنوان الکترود زمین مناسب نیستند.

۳۳۱-۲ سیستمهای محدود

از لوله‌کشیهای فلزی آب سرد دفن شده که به چاههای آب وصل می‌باشند و کم بودن مقاومت آنها نسبت به جرم کلی زمین پس از اندازه‌گیریها ثابت شده باشد، می‌توان به عنوان الکترود زمین استفاده کرد. اندازه‌گیری مقاومت باید بدون لوله قایم چاه که ممکن است در فواصل زمانی غیرمشخص پیاده شود، انجام گیرد. قطعاتی که ممکن است از همدیگر جدا شوند باید دارای همبندی اضافی باشند.

۳۳۱-۳ میلگردهای فولادی بتن مسلح در پی‌ها و شالوده‌ها

میلگردهای فولادی بتن در پی‌ها و شالوده‌هائی که نسبت به زمین عایقبندی نشده و حداقل عمق آنها از سطح زمین یک متر باشد، یک الکترود زمین موثر به حساب می‌آید. در مواردی که از سازه‌های فولادی سوار بر این پی‌ها (برجها، اسکلتهای فولادی و نظایر آنها) به عنوان هادی اتصال زمین استفاده شود، باید بکمک وصل میلگردهای فولادی پی به بولتهای نگهدارسازه، یا وصل میلگردها به کمک کابل به سازه بالای آن، همبندی به عمل آید.

سیمهای فولادی که به طور معمول به عنوان بست میلگردها بکار می‌روند، به منظور همبندی الکتریکی میلگردهای قفسه‌ها نیز کافی به حساب می‌آیند.

یادآوری - در مواردی که میلگردهای بتن به نحوی مطلوب به سازه مستقر بر آن وصل نشده باشد، اگر سازه مورد اصابت صاعقه قرار گیرد (با وجود الکترود مستقلی که برای آن پیش‌بینی شده است) به دلیل میل جریان به عبور از بتن نیم‌هادی احتمال وارد شدن آسیب به بتن وجود خواهد داشت.

۳۳۲- الکترودهای مصنوعی

۳۳۲-۱ کلیات

در هنگام استفاده از الکترودهای مصنوعی، این الکترودها باید تا جائی که مقدور است از سفره‌ی نم‌دایمی خاک عبور کنند واز عمق یخزدگی نیز پائینتر روند. الکترودهای مصنوعی باید از فلز یا ترکیبی از چنان فلزاتی ساخته شده باشند که در شرایط موجود و در طول عمر مفید پیش‌بینی شده برای آنها، دچار خوردگی بیش از حد نشوند.

کلیه سطوح خارجی الکترودها باید هادی جریان برق باشند و به عبارت دیگر، این سطوح نباید پوشیده از رنگ، وارنیش، لعاب یا هرگونه پوشش عایق دیگر باشد.

۳۳۲-۲ میله‌های کوبیده شده

۳۳۲-۲-۱ میله‌های کوبیده شده ممکن است متشکل از تعدادی قطعه باشند ولی طول کل آنها نباید از ۲/۴۵ متر کمتر باشد. قطر میله‌های آهنی یا فولادی نباید از ۱۶ میلیمتر کمتر باشد و قطر میله‌های با روکش مس یا روکش فولاد زنگنزن یا میله‌های ساخته شده از فولاد زنگنزن نباید از ۱۲ میلیمتر کمتر باشد.

۳۳۲-۲-۲ از میله‌های طولانی‌تر یا تعدادی میله موازی، می‌توان برای کم کردن مقاومت اتصال زمین استفاده کرد. فاصله بین میله‌های موازی نباید کمتر از طول کل هر میله باشد.

۳۳۲-۲-۳ عمق کوبیدن میله نباید از ۲/۴۵ متر کمتر باشد. انتهای بالائی میله باید همسطح زمین یا پائینتراز آن باشد مگر آنکه دارای حفاظی مناسب باشد.

استثنای ۱- اگر در هنگام کوبیدن میله با لایه سنگی برخورد شود، عمق میله می‌تواند کمتر از ۲/۴۵ متر باشد و یا ممکن است از نوع الکترود دیگری استفاده شود.

استثنای ۲ـ اگر الکترود در محدوده تجهیزات نصب شده بر روی سکو یا محدوده اتاقک یا چاهک آدمرو یا محوطه‌ای نظیر اینها قرار گرفته باشد، عمق آن می‌تواند به ۲/۳ متر تقلیل داده شود.

۳۳۲ـ۳ سیم یا تسمه یا ورق دفن شده

در مناطقی که مقاومت ویژه خاک بالا است یا لایه‌های کم عمق سنگ در آنها وجود دارند و یا به دست آوردن مقاومتی پائینتر نسبت به الکترودهای میله‌ای لازم باشد، استفاده از یک یا چند نوع الکترود که در زیر گفته شده است، مناسب خواهد بود.

۳۳۲ـ۳ـ۱ الکترود زمین سیمی

یک سیم لخت که قطر آن ۴ میلیمتر یا بیشتر بوده و با مفاد بند ۳۲۵ـ۵ مطابقت داشته و در عمق حداقل ۰/۴۵ متر از سطح زمین در راستائی اساساً مستقیم به طول ۳۰ متر دفن شده باشد، اتصال زمین قابل قبولی را تشکیل خواهد داد. این سیم ممکن است از یک قطعه یا از چند قطعه تشکیل شده باشد که سر به سر یا در فواصلی از سرها به هم اتصال داده می‌شوند. این سیم ممکن است به شکل شاخه درآمده یا اینکه به شکل یک شبکه دوبعدی متشکل از چند سیم موازی درآید که به آن شبکه زمین[1] گفته می‌شود.

یادآوری ـ استفاده از هادی مسی چند مفتولی استاندارد ۱۶ میلیمتر مربع مجاز است (۷×۱/۷ میلیمتر) ولی ترجیح دارد به جای، آن هادی مسی با سطح مقطع ۲۵ میلیمترمربع (۷×۲/۱ میلیمتر) به خاطر عمر طولانی‌تر آن مورد مصرف قرار گیرد.

استثنای ۱ـ در مواردی که به لایه سنگی برخوردار شود، عمق دفن ممکن است کمتر از ۰/۴۵ متر انتخاب

1- GRID

شود.

استثنای ۲- از شکلهای دیگری برای شاخه‌ها می‌توان استفاده کرد به شرط اینکه مطالعات معتبر مهندسی، مناسب بودن آنها را تایید کرده باشند.

۲-۳-۳۳۲ الکترود زمین تسمه‌ای

نوارهای فلزی با طول کل حداقل ۳ متر وبا سطح کل (دوطرف) حداقل ۰/۵ مترمربع که دست کم در عمق ۰/۴۵ متری سطح زمین دفن شده باشند، تشکیل یک اتصال زمین قابل قبول می‌دهند. ضخامت نوارهای آهنی یا فولادی نباید از ۶ میلیمتر و اگر از نوع گالوانیزه داغ باشند از ۳ میلیمتر کمتر باشند. ضخامت نوار یا تسمه مسی نباید از ۲ میلیمتر کمتر باشد.

یادآوری ۱- معمولترین جنس برای این نوع الکترود، تسمه فولادی گالوانیزه داغ است با مقطع ۳۰ x ۳/۵ میلیمتر که به طول ۱۰ متر در تماس با زمین باشد.

یادآوری ۲- از الکترودهای تسمه‌ای به خصوص در مناطق صخره‌ای که امکان حفر کانال فقط به شکل غیرمنظم وجود دارد، استفاده می‌شود.

۳-۳-۳۳۲ الکترود زمین از ورق یا صفحه فلزی

یک ورق یا صفحه‌فلزی که مساحت آن از ۰/۵ مترمربع کمتر نبوده و هر دو ظرف آن با زمین در تماس باشد، تشکیل یک اتصال زمین قابل قبول خواهد داد. صفحه باید در جهت قائم قرار گرفته و عمق لبه بالائی آن از سطح زمین نباید کمتر از ۱/۵ متر باشد. ضخامت صفحه اگر آهنی یا فولادی باشد، نباید از ۶ میلیمتر و اگر گالوانیزه داغ باشد از ۳ میلیمتر واگر از مس باشد از ۲ میلیمتر کمتر باشد.

یادآوری ـ این گونه اتصال زمین در ایران بسیار متداول بوده و مخصوصاً" اگر در عمق کافی و پایینتر از نم‌دایمی زمین دفن شود، معمولاً" نتیجه‌ای خوب خواهد داد.

با قرار دادن صفحه در داخل لایه‌هائی از خاک ذغال و نمک، به کارآئی الکترود اضافه خواهد شد.

۳۳۲ـ۴ الکترود زمین ته تیر ـ صفحه‌ای یا چنبره‌ای

۳۳۲ـ۴ـ۱ کلیات

در مناطقی که مقاومت ویژه زمین خیلی کم است، با استفاده از یکی از روشهای گفته شده در بندهای ۳۳۲ـ۴ـ۲ و ۳ در زیر، می‌توان به اتصال زمین موثری دست یافت گرچه در بیشتر مناطق دیگر استفاده از این روشها کافی نخواهد بود. در مواردی که ثابت شود مقاومت الکتریکی این گونه اتصال زمینها، با توجه به مقررات قسمت ۳۵، به قدر کافی پایین می‌باشند می‌توان از آنها برای موارد گفته شده در بندهای ۳۱۳ـ۱ـ۱ و ۳۱۳ـ۲ـ۲ و بخشهای ۳۵۳ و ۳۶۳ استفاده کرد ولی از این نوع الکترود هیچگاه نباید به عنوان تنها الکترود در محل پست ترانسفورماتور استفاده کرد وبه عبارتی دیگر در محل پست باید از الکترودهای نوع دیگر استفاده شود.

۳۳۲ـ۴ـ۲ صفحه ته تیر

با توجه به محدودیتهای وضع شده در بند ۳۳۲ـ۴ـ۱ در بالا، برای تیرهای چوبی، صفحه ته تیر (که بهتر است در اطراف تیر به سمت بالا تا داده شود) در مواردی که محدودیتهای ذکر شده در قسمت ۳۵ وجود داشته باشند، می‌توان به عنوان الکترود زمین قابل قبولی به حساب آید.

ضخامت صفحه ته تیر اگر از جنس آهن باشد نباید از ۶ میلیمتر و اگر گالوانیزه داغ باشد از ۳ میلیمتر و اگر از فلز غیرآهنی باشد از ۲ میلیمتر کمتر باشد. مساحت صفحه‌ای که در تماس با زمین است (فقط سطح خارجی آن) نباید از ۰/۰۵ مترمربع کمتر باشد.

۳۳۲-۴-۳ سیم چمبره ته تیر

با توجه به محدودیتهای وضع شده در بند ۳۳۲-۴-۱ در بالا، نوعی الکترود مصنوعی می‌تواند از سیمی که قبل از کاشتن تیر به ته آن وصل می‌شود، تشکیل شده باشد. سیم باید از جنس مس یا فلز دیگری باشد که دچار خوردگی بیش از حد نشود. طول کل سیم پایینتر از سطح زمین نباید از ۳/۷ متر کمتر باشد. سیم باید تا ته تیر امتداد یافته و در ته آن چمبره شود. سطح مقطع سیم نباید از ۱۶ میلیمترمربع کمتر باشد (شکل ۳۳-۱).

۳۳۲-۵ کابلهای دفن شده، با خنثی هم مرکز

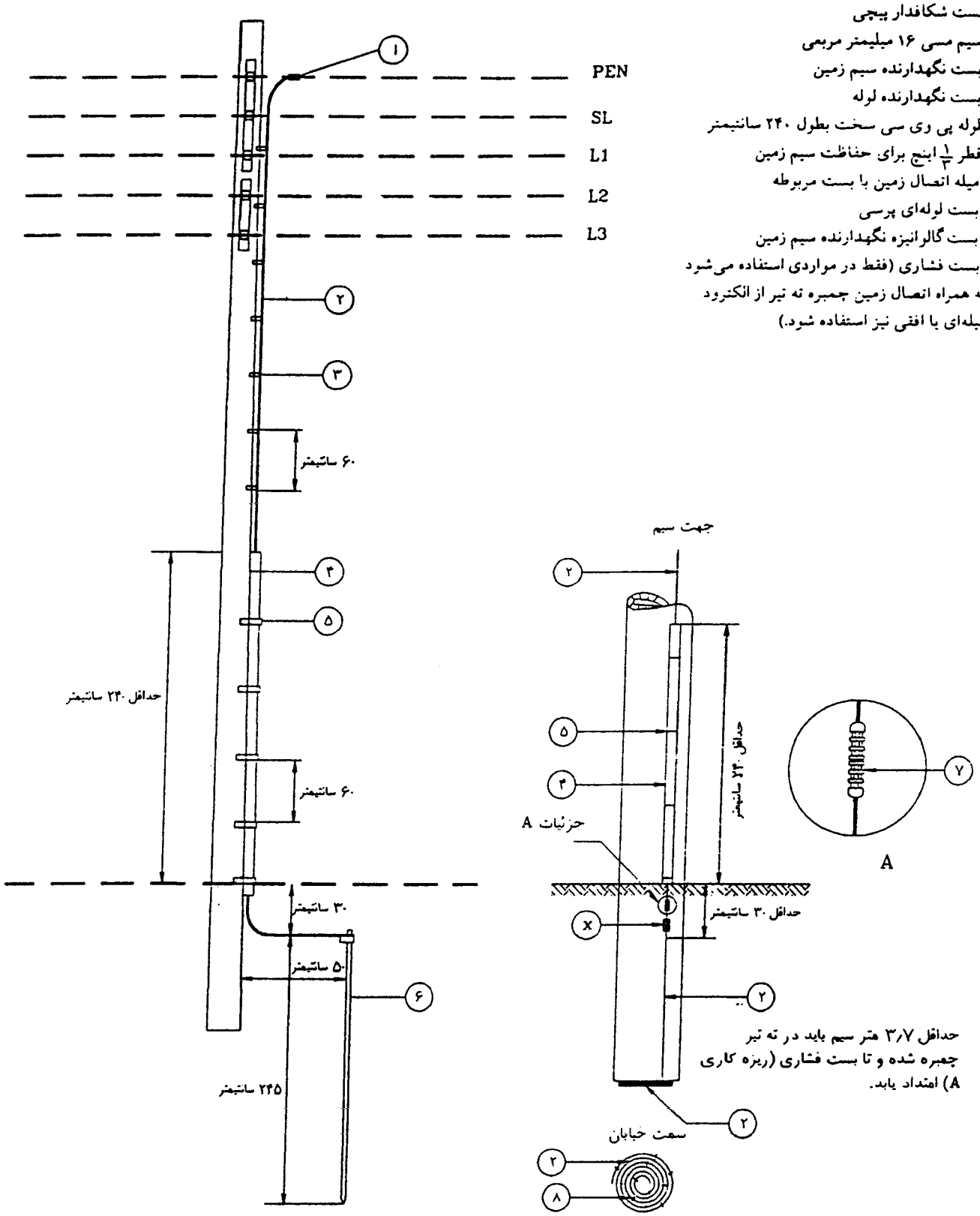
در سیستمهائی که دارای کابلهای دفن شده با خنثی لخت هم مرکز بوده و طول آنها حداقل ۳۰ متر است، می‌توان از هادی هم مرکز به عنوان الکترود زمین استفاده کرد. هادی خنثی هم مرکز می‌تواند دارای غلافی از جنس نیم هادی باشد به شرطی که مقاومت ویژه شعاعی آن از ۱۰۰ اهم متر بیشتر نباشد و در طول بهره‌برداری، جنس آن اساساً پایدار باقی بماند.

مقاومت ویژه شعاعی جنس غلاف، مقداری است که از اندازه‌گیری بر روی واحد طول کابل برای مقاومت موجود بین هادی هم مرکز و ملائی که غلاف را احاطه می‌کند به دست می‌آید یعنی مقاومت ویژه شعاعی عبارت خواهد بود از :

$$\frac{\text{مقاومت واحد طول} \times \text{مساحت جانبی واحد طول غلاف}}{\text{ضخامت میانگین غلاف روئی هادی هم مرکز}} = \text{مقاومت ویژه شعاعی}$$

کلیه ابعاد در این رابطه برحسب متر می‌باشند.

۱- بست شکافدار پیچی
۲- سیم مسی ۱۶ میلیمتر مربعی
۳- بست نگهدارنده سیم زمین
۴- بست نگهدارنده لوله
۵- لوله پی وی سی سخت بطول ۲۴۰ سانتیمتر
وقطر $\frac{1}{2}$ اینچ برای حفاظت سیم زمین
۶- میله اتصال زمین با بست مربوطه
۷- بست لوله‌ای پرسی
۸- بست گالوانیزه نگهدارنده سیم زمین
x- بست فشاری (فقط در مواردی استفاده می‌شود
که همراه اتصال زمین چمبره ته تیر از الکترود
میله‌ای یا افقی نیز استفاده شود.)



حداقل ۳/۷ متر سیم باید در ته تیر چمبره شده و تا بست فشاری (ریزه کاری A) امتداد یابد.

شکل (۳۳-۱) دو روش اتصال زمین پای تیر

۳۳۲ـ۶ـ الکترودهای داخل بتن

یک سیم فلزی، میله یا سازه فلزی دیگر که با مقررات بند ۳۲۵ـ۵ مطابقت داشته و در داخل بتن قرار گرفته و بتن نسبت به زمین عایقبندی نشده باشد، می‌تواند به عنوان یک الکترود مصنوعی مورد استفاده قرار گیرد. عمق بتن نسبت به سطح زمین نباید از ۰/۳ متر کمتر باشد و بهتر است این عمق ۰/۷۵ متر و یا بیشتر باشد. سطح مقطع سیم مسی نباید از ۲۵ میلیمترمربع کمتر بوده و اگر از جنس فولاد باشد قطر آن نباید از ۱۰ میلیمتر کوچکتر باشد. طول سیم در داخل حجم بتن، باید حداقل ۶ متر بوده و جز برای انجام اتصال، بقیه آن بطور کامل در داخل بتن قرار گرفته و تا جائی که ممکن است در خط مستقیم استقرار یافته باشد. در داخل بتن، اجزای فلزی ممکن است از قطعات کوتاهتری تشکیل شده و به شکل شبکه باشند (مانند میلگردهای بتن پی).

استثنا ـ شکلها و طولهای دیگر نیز می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند به شرط اینکه مطالعات فنی معتبر، مناسب بودن آنها را تایید کرده باشد.

یادآوری ۱ـ کمترین مقدار مقاومت هنگامی به دست می‌آید که سیم در خط مستقیم کشیده شود.

یادآوری ۲ـ شکل بتن الزاماً نباید منظم باشد بلکه می‌تواند شکل نامنظم خاکبرداری یا لایه سنگی را به خود بگیرد.

یادآوری ۳ـ در بیشتر موارد، الکترودهای مستقر در بتن از الکترودهای کوبیده شده یا تسمه‌ای یا صفحه‌ای دفن شده کار آمدترند.

یادآوری ۴ـ در مورد استفاده از میلگردهای داخل بتن به عنوان هادی اتصال زمین (یکی از الکترودهای طبیعی)، بند ۳۳۱ـ۳ دیده شود.

مخابرات باید به یک الکترود زمین طبق مفاد بخش ۳۳۲ وصل شود.

۳۴۰ـ روشهای انجام اتصال به الکترودها

۳۴۱ـ اتصال به زمین

نقطه اتصال به الکترود زمین باید تا جائی که ممکن است در دسترس باشد و به نحوی اجرا شود که اتصالی با دوام، با مشخصه‌های خوب مکانیکی و ایستادگی در برابر خوردگی و با قابلیت عبور دادن جریان به مقدار لازم، به دست آید از این میان‌اند :

۳۴۱ـ۱ بست فشاری[1]، فیتینگ[2]، لحیم سخت[3]، جوشکاری[4]

۳۴۱ـ۲ اتصال استفاده از پیچ برنزی ته فشار که محکم به الکترود پیچ شده باشد

۳۴۱ـ۳ در مورد سازه‌های فولادی که از میلگردهای بتن پی آنها به عنوان الکترود زمین استفاده می‌شود، باید از یک میله فولادی مشابه میلگردهای بتن، که به کمک جوشکاری، یکی از میلگردهای قائم را به آنکربولت اسکلت وصل می‌کند، استفاده شود. این بولت باید اساساً صفحه پای ستونی را که روی بتن مستقر می‌شود، محکم کند و سپس سیستم الکتریکی، برای وصل به زمین می‌توان به کمک جوشکاری یا با استفاده از پیچ برنزی که مهره آن در یکی از عضوهای بدنه اسکلت قلاویز شده است، به اسکلت سازه وصل شود.

۳۴۱ـ۴ در مورد سازه‌های غیر فولادی که در آنها از یک الکترود سیمی یا میله‌ای مستقر در داخل حجم بتن استفاده می‌شود، یک هادی مسی عایقدار که از نظر ابعاد با مقررات بخش ۳۲۳ مطابقت کرده ولی از

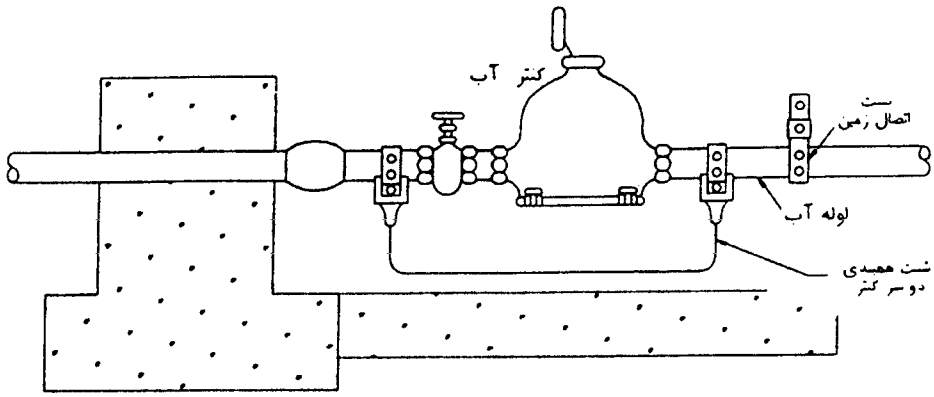
1- CLAMP 2- FITTING 3- BRAZING 4- WELDING

۲۵ میلیمترمربع کمتر نباشد، باید با استفاده از نوعی بست که مناسب فولاد و سیم مسی است به کابل یا میله فولادی اتصال داده شود. بست و آن قسمت از هادی مس که برای انجام اتصال لخت شده است، شامل سرهای مفتولهای هادی که در حجم بتن باقی خواهد ماند، باید با مالاستیک یا ماده مناسب دیگری، قبل از بتن ریزی، پوشانده شود تا از امکان بروز خوردگی در اثر جریانهای گالوانیک تا حد ممکن کاسته شود. سر دیگر هادی عایقدار مسی باید برای وصل به سیستم الکتریکی به سطح بتن یا تا نقطه اتصال، به خارج از حجم بتن هدایت شود. اگر هادی مسی به ورای بتن هدایت شود، سطح مقطع آن نباید از ۳۵ میلیمتر مربع کمتر باشد.

به جای انجام کارهای گفته شده در بالا، هادی مسی را می‌توان از ته حفره خاکبرداری بتن خارج کرده و جدا از بتن به بالا هدایت و وصل کرد.

۳۴۲ـ نقطه اتصال به سیستم لوله‌کشی

۱ـ۳۴۲ نقطه اتصال هادی زمین به لوله‌کشی فلزی سیستم آبرسانی باید در نزدیکترین نقطه به محل ورود انشعاب به ساختمان یا در نزدیکترین نقطه به محل ورود انشعاب به ساختمان یا در نزدیکترین نقطه به تجهیزاتی که باید زمین شوند انجام و محل این اتصال باید قابل دسترسی باشد. اگر کنتر آب و ملحقات آن بین نقطه اتصال هادی زمین و لوله زیرزمینی آب قرار گرفته باشد، لازم است بین نقطه اتصال و لوله زیرزمینی به نحوی مطمئن همبندی ایجاد شود تا در صورت پیاده‌کردن کنتر و ملحقات آن خللی به مداومت الکتریکی اتصال زمین وارد نشود. باید از عدم وجود لوله‌های پی وی سی در لوله‌کشی اطمینان حاصل کرد.



شکل (۳۴-۱)- نمونه‌ای برای نحوه همبندی دو سر کنتر آب

۳۴۲-۲ سازه‌های زمین شده یا الکترودهای زمین مصنوعی باید حداقل ۳ متر از لوله‌کشیهای سیالات و گازهای قابل اشتعال با فشار زیاد (۱۰۰۰ کیلو پاسکال یا بیشتر) فاصله داشته باشند مگر آنکه از نظر الکتریکی با آنها همبندی شده و حفاظت کاتودیک برای کل این سیستم به هم پیوسته، وجود داشته باشد. اگر الکترودهای زمین در فاصله‌ای کمتر از ۳ متر از لوله‌های گفته شده در بالا قرارگیرند باید به نحوی مناسب هم آهنگی به عمل آید تا شرایط خطرناکی که در اثر عبور جریان متناوب به وجود می‌آید، بروز نکند و سیستم حفاظت کاتودیک خط لوله خنثی نشود.

۳۴۳- سطح تماس اتصالات

اگر موادی غیر هادی از هر نوع مانند لعاب یا لایه زنگزدگی یا هر گونه جرم دیگری بر روی سطح تماس الکترود در نقطه اتصال وجود داشته باشد، این مواد باید به کلی پاک و زدوده شوند. از لوازم اتصالی مخصوص که زدودن و پاک کردن این مواد را غیرضروری می‌کند نیز می‌توان استفاده کرد.

۳۵- مقدار مقاومت زمین

و شرایط اضافی دیگر برای ایجاد ایمنی در سیستم TN

۳۵۰- سیستمهای اتصال زمین باید به نحوی طرح و اجرا شوند که خطر برق برای کارکنان و عموم مردم به حداقل برسد و مقاومت اتصال زمین نسبت به جرم کلی زمین به قدر کافی کم باشد تا ولتاژ تماس در حد مجاز باقی مانده و کلیدهای خودکار به فوریت عمل کنند. سیستمهای زمین ممکن است از هادیهای طبیعی دفن شده و الکترودهای زمین مصنوعی تشکیل شده باشند.

۳۵۱- ایستگاهها و پستهای اصلی

ایستگاهها و پستهای اصلی ممکن است احتیاج به سیستمهای اتصال زمین گسترده داشته باشند که از هادیهای دفن شده متعدد، الکترودهای زمین متعدد یا مجموعه‌های همبندی شده از هر دوی آنها، تشکیل شده باشد.

سیستمهای اتصال زمین باید طبق روشها و تجربیات صنعت برق به نحوی طرح واجرا شوند که پتانسیل قدم، تماس و شبکه زمین را محدود کنند.

۳۵۲- سیستمهای با یک نقطه زمین شده

(سیستمهای ستاره زمین شده در مبداء، سیستمهای مثلث با زمین مصنوعی مانند توزیع در ولتاژ ۱۱، ۲۰، ۳۳ کیلوولت و TT در فشار ضعیف)

مقاومت هر یک از الکترودهای مصنوعی نسبت به جرم کلی زمین نباید از ۲۵ اهم بیشتر باشد. اگر مقاومت یک الکترود انفرادی از ۲۵ اهم بیشتر باشد باید از دو یا چند الکترود موازی استفاده شود.

۳۵۳- سیستمهای با اتصال زمین مکرر PME (PROTECTIVE MULTIPLE EARTHING) (مانند سیستم TN در فشار ضعیف)

۳۵۳-۱ علاوه بر اتصال زمین اصلی در هر پست، هادی خنثی باید در نقاط متعددی در طول هر یک از خطوط خروجی به الکترودهای زمین وصل شود به نحوی که یک اتصال زمین در هر ۴۰۰ متر از طول خط یا

کسری از آن، بدون احتساب اتصال زمین اصلی پست و الکترودهای اختصاصی مشترکین، وجود داشته باشد. در هر صورت، تعداد الکترودهای هر خط بدون توجه به طول آن، نباید از ۲ کمتر باشد (سروته خط در مورد خطوط کوتاهتر از ۴۰۰ متر).

۲-۳۵۳ در سیستمهای TN، حداکثر مقاومت اتصال زمین معادل کلیه الکترودهای موازی (با احتساب الکترودهای زمین اختصاصی مشترکین)، نباید از ۲ اهم تجاوز کند. با وجود این، در مناطق خشک، صخره‌ای و سنگلاخی که در آن اتصال به زمین اتفاقی (تماس اتفاقی هادی فاز با زمین یا هرگونه سازه‌ای که وصل به زمین است مانند افتادن فاز روی یک حصار فلزی) برحسب تجربه و طبق داده‌های آماری از ۷ اهم بیشتر باشد، حداکثر مجاز مقاومت اتصال زمین را می‌توان به جای ۲ اهم، از رابطه زیر به دست آورد :

$$\frac{R_S}{R_E} \leq \frac{U_L}{U_O - U_L}$$

که در آن :

R_S = حداکثر مجاز اتصال زمین (به جای ۲ اهم)

R_E = حداقل مقاومت اتصال به زمین اتفاقی (به جای اهم)

U_L = حداکثر ولتاژ مجاز تماس برای افراد (۵۰ ولت مقدار موثر)

U_O = ولتاژ اسمی بین فاز و خنثی (۲۲۰ / ۲۳۰ ولت)

تعیین مقدار حداکثر مجاز مقاومت اتصال زمین برای هر منطقه با مقام مجری مقررات است اگر مقام مجری مقررات مقداری را برای حداکثر مجاز مقاومت اتصال زمین یک منطقه تعیین نکرده باشد، این مقدار باید برابر ۲ اهم انتخاب شود.

۳۵۳-۳ در سیستمهای TN جمع کل مقاومتهای زمین اصلی و مقاومتهای زمین اضافی در شعاع یکصدمتری هر پست یا نیروگاه، بدون احتساب الکترودهای مشترکین، نباید از ۵ اهم بیشتر باشد. این مقدار با توجه به مقاومت کل اتصال به زمین ۲ اهم تعیین می‌شود ولی اگر طبق بند ۳۵۳-۲ مقدار بیشتری برای کل مقاومت زمین مجاز شود، ۵ اهم را می‌توان به همان نسبت ازدیاد داد.

۳۵۳-۴ نظر به اینکه حصول مقاومت کم برای اتصال زمین در سیستمهای TN از راه تعدد الکترودهای زمین و از جمله اتصال زمین مشترکین به دست می‌آید، حداقلی برای مقاومت زمین هر یک از الکترودها تعیین نمی‌شود.

۳۵۴- مقررات اختصاصی مربوط به سیستمهای TN

۳۵۴-۱ سطح مقطع خنثی (هادی مشترک حفاظتی /خنثی PEN) باید به قدر کافی بزرگ بوده و به یک الکترود زمین طبیعی یا مصنوعی در هر پست وصل شود. حداقل سطح مقطع هادی خنثی خطوط توزیع نباید از مقادیر زیر کمتر باشد :

۳۵۴-۱-۱ خطوط هوائی فشارضعیف با هادی مسی و :

(۱) سطح مقطع فاز ۵۰ میلیمترمربع و کمتر :برابر با سطح مقطع فاز

(۲) سطح مقطع فاز ۷۰ میلیمترمربع و بیشتر: یک مقطع کوچکتر از فاز

۳۵۴-۱-۲ خطوط کابلی فشارضعیف با هادی مسی و :

(۱) سطح مقطع فاز ۱۶ میلیمترمربع و کمتر : برابر سطح مقطع فاز.

(۲) سطح مقطع فاز ۲۵ میلیمترمربع و بیشتر: برابر با نصف مقطع فاز. (طبق استانداردهای مربوط).

۳۵۴-۲ در سیستمهای TN، درصورت بروز اتصال کوتاه کامل (بدون امپدانس) بین هادی یک فاز و هادی

خنثی در هر یک از شاخه‌های توزیع، مولفه متقارن شدت جریان اتصال کوتاه در بدترین شرایط، باید در رابطه زیر صدق نماید :

$$I_a \leq kI_n$$

که در این رابطه :

I_a = شدت جریان اتصال کوتاه بین فاز و خنثی در بدترین شرایط در خط موردنظر برحسب آمپر.

I_n = شدت جریان اسمی در مورد فیوزهای محافظ خط یا شدت جریان اسمی رله اتصال کوتاه (مغناطیسی در مورد کلیدهای خودکار برحسب آمپر)

k = ضریب انتخابی که با توجه به کلیه شرایط برای شبکه‌های عمومی توزیع به ترتیب زیر انتخاب می‌شود.

برای همه انواع فیوزها k=۲/۵

برای کلیدهای خودکار k=۱/۲۵

یادآوری ـ بدترین شرایط گفته شده در بالا عبارتند از :

ـ اتصال کوتاه باید برای دورترین نقطه از منبع تغذیه محاسبه شود و اگر خط موردنظر دارای شاخه‌های متعدد با هادیهای مختلف باشد، محاسبه جریان اتصال کوتاه باید برای هر یک از شاخه‌ها تکرار شده و صحت رابطه بالا کنترل شود.

ـ اتصال کوتاه باید دربار کامل ترانسفورماتور یا ژنراتور و همچنین خطوط توزیع انجام شود. هادیها دربار کامل دارای مقاومت بیشتری بوده و در نتیجه جریان اتصال کوتاه محاسبه شده کوچکتر از حالت سرد خواهد بود.

ـ در این محاسبه اتصال کوتاه، فقط مولفه متقارن جریان به حساب آورده می‌شود یعنی فرض بر این است که در لحظه وقوع اتصال کوتاه شرایط چنان است که مولفه جریان مستقیم تشکیل نمی‌شود.

توضیح ـ طبق رابطه بالا شدت جریان اتصال کوتاه (I_a) در بدترین شرایط باید از ۲/۵ برابر جریان اسمی فیوز (I_n) یا ۱/۲۵ برابر جریان اسمی رله مغناطیسی کلید خودکار (I_n) بیشتر بوده یا حداقل با آن برابر باشد تا اینکه فیوز به فوریت ذوب و یا کلید خودکار در دم قطع کرده و خطر بروز برق‌گرفتگی در

شبکه رفع شود. لازم است توجه شود که در این مورد پایین بودن جریان اتصال کوتاه خطرناک است نه بالا بودن آن.

۳۵۴-۳ در سیستمهای TN وصل مستقیم بدنه‌های هادی به الکترود زمین (بدون وصل الکترود به هادی خنثی یا هادی مشترک حفاظتی /خنثی) ممنوع است.

۳۵۴-۴ اگر از رنگ برای تشخیص نوع هادی استفاده شود، رنگ هادی خنثی (N) باید آبی کمرنگ و هادی حفاظتی (PE) باید دو رنگ، سبز و زرد (راه راه) باشد. ترجیح دارد هادی مشترک حفاظتی / خنثی (PEN) سبز و زرد (راه راه) باشد ولی می‌توان از رنگ آبی کمرنگ نیز برای این منظور استفاده کرد. در هر حال در محل همه ترمینالها وظیفه دوگانه این هادی باید به نحوی ماندگار مشخص شود.

در مورد کابلها، برای تشخیص فازها از دو رنگ سیاه و قهوه‌ای استفاده می‌شود : برای سه فاز، دو سیاه و یک قهوه‌ای یا یک سیاه و دو قهوه‌ای. برای توضیحات بیشتر در این زمینه، استانداردهای ملی مربوطه دیده شوند.

۳۶۰- جدائی الکترودهای اتصال زمین و هادیهای آنها

۳۶۱- الکترودهای مجزا

جز در مواردی که طبق مفاد بخش ۳۶۳ به نحوی دیگر مجاز شناخته شده باشد، هر یک از سیستمهای زیر باید دارای اتصال زمین (الکترود زمین) و هادی زمین مختص خود باشند. هادیهای هر سیستم باید مجزا از یکدیگر کشیده شده و به الکترود زمین مربوط به خود وصل شوند ونیز الکترودهای زمین هر سیستم باید در خارج از حوزه الکترودهای زمین سیستمهای دیگر قرار گیرند :

۱-۳۶۱ اتصال زمین برقگیرهای سیستمهای فشار متوسط و بدنه‌های هادی تجهیزات فشار متوسط

۲-۳۶۱ اتصال زمین هادی مشترک حفاظتی / خنثی (PEN) در فشارضعیف

۳-۳۶۱ اتصال زمین سیستم صاعقه‌گیر ساختمانها و سازه‌ها جز در مواردی که از خود ساختمان یا سازه فلزی یا بتنی زمین شده به عنوان هادی اتصال زمین یا هادی زمین استفاده شده باشد.

۳۶۲-الکترود عمومی

در صورت وجود یک اتصال زمین خوب که در بیش از یک نقطه زمین شده باشد و کل مقاومت اتصال زمین آن کم باشد، می‌توان به جای رعایت مقررات گفته شده در بخش ۳۶۱ اتصال زمین هر سیستم را به طور جداگانه به شبکه این اتصال زمین (الکترود زمین)، وصل کرد.

یادآوری - بند فوق ناظر بر موقعیتهائی است که در آنها از یک شبکه گسترده[1] برای ایجاد اتصال زمین مقاومت کم استفاده می‌شود مانند پستهای اصلی انتقال و فوق توزیع و ساختمانهای بزرگ و یا اگر درمحل، اتصال زمین گسترده‌ای وجود دارد. بند ۶-۳۶۶ دیده شود.

۳۶۳-الکترود مشترک

از یک هادی اتصال زمین مشترک به جای سیستمهای زمین مجزای گفته شده در بندهای ۱-۳۶۱ (برقگیرهای فشار متوسط و بدنه‌های هادی تجهیزات فشارمتوسط) و ۲-۳۶۱ (هادی خنثی سیستم فشارضعیف) در حالتی می‌توان استفاده کرد که شرایط زیر برقرار باشند :

1- GROUNDING PAD/GRID

۳۶۳ـ۱ کلیه خطوط سیستم فشارمتوسط در منطقه از کابلهای زیرزمینی که دارای نوعی زره فلزی می‌باشند، تشکیل شده باشد که در تماس با زمین بوده و یا دارای غلاف نیم هادی (بند ۳۳۲ـ۵) در تماس با زمین باشند.

۳۶۳ـ۲ خطوط هوائی فشار متوسطُ منتهی به پست، حداقل در فاصله یک کیلومتری از پست تبدیل به خط کابلی زیرزمینی با مشخصات ذکر شده در بند ۳۶۳ـ۱ شده و در محل این تبدیل از برقگیر استفاده شده باشد.

۳۶۳ـ۳ اتصال زمین مشترک اولیه (یعنی بدنه‌های هادی تجهیزات فشارُمتوسط) و ثانویه (یعنی هادی خنثی N و یا هادی مشترک حفاظتی خنثی PEN) طبق بخش ۳۵۳ (اتصال زمین مکرر)، انجام شده باشد.

۳۶۴ـ زمین کردن تابلوهای فشارضعیف

اگر لازم باشد اتصال زمین بدنه‌های فشار متوسط و برقگیرها (بند ۳۶۱ـ۱) و اتصال زمین هادی حفاظتی / خنثی فشار ضعیف (PEN بند ۳۶۱ـ۲) هر یک به طور جداگانه اجرا شوند، بدنه‌های تجهیزات فشار ضعیف (تابلوهای فشار ضعیف) باید به یکی از دو طریق زیر انجام شود :

۳۶۴ـ۱ اگر شرایط محلی امکان به وجود آوردن جدائی الکتریکی بین بدنه‌های هادی تجهیزات فشارمتوسط بدنه‌های هادی تجهیزات فشارضعیف را مهیا سازند و نزدیکترین فاصله بین تابلوهای فشارمتوسط و ضعیف از ۲/۵ متر کمتر نباشد، بدنه‌های تجهیزات فشارضعیف باید به هادی حفاظتی /خنثی سیستم (PEN)، وصل شوند.

۳۶۴ـ۲ اگر شرایط محلی امکان به وجود آوردن جدائی الکتریکی بین بدنه‌های هادی تجهیزات فشار متوسط و بدنه‌های هادی تجهیزات فشار ضعیف را مهیا نکنند، بدنه‌های تجهیزات فشار ضعیف باید از راه

هادی حفاظتی بدنه‌های تجهیزات فشار متوسط زمین شوند.

۳۶۵ـ حوزه ولتاژ الکترودها

۳۶۵ـ۱ اگر با توجه به شرایط محلی اُحداث دو الکترود زمین به نحوی که خارج از حوزه ولتاژ یکدیگر باشند ممکن نباشد (مانند حالتی که در آن به علت وجود شبکه‌های گسترده زیرزمینی فلزی مانند لوله‌کشیها و نظیر آن این کار عملی نباشد)، با وجود لزوم استقرار دو الکترود زمین مجزا طبق قسمت ۳۶۰، می‌توان از یک الکترود زمین مشترک، که همان سازه یا لوله‌کشی گسترده زیرزمینی باشد، استفاده کرد.

یادآوری ـ در این حالت، به علت گسترده بودن شبکه لوله‌کشی یا هر سازه فلزی دیگر در تماس با زمین مقاومت الکتریکی آن نسبت به جرم کلی زمین بسیار کم بوده و در واقع شرایط بخش ۳۶۲ برقرار است.

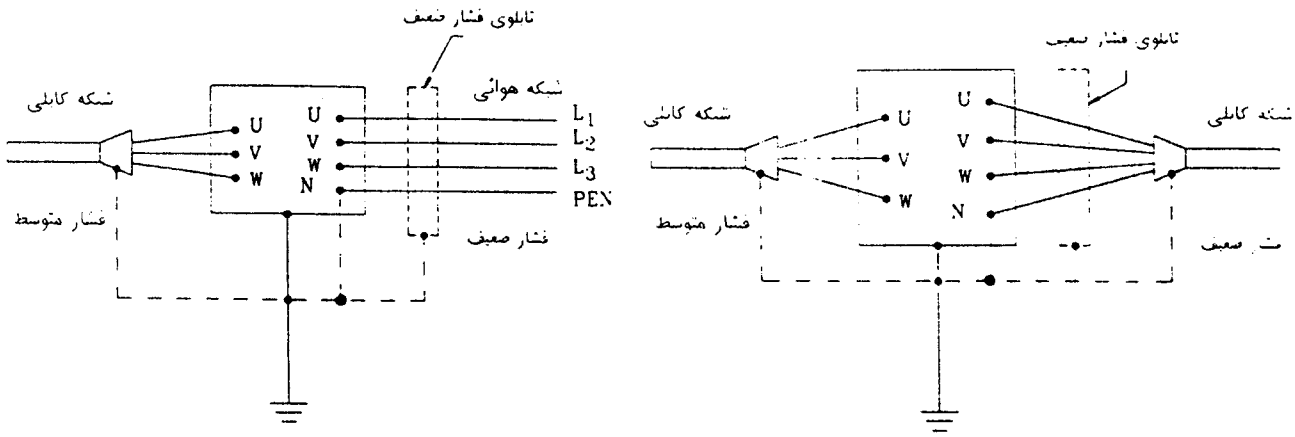
۳۶۵ـ۲ لازم است دقت شود که در هنگام برقراری دو اتصال زمین مجزا، عواملی نظیر غلاف کابلها سازه‌های زیرزمینی دیگر که ناشناس مانده باشند، به طور ناخواسته و اتفاقی، حوزه‌های دو الکترود را به هم وصل نکنند.

یادآوری ـ برای برخی از موارد مختلفی که ممکن است در عمل پیش آید، بندهای مربوط در بخش ۳۶۶ دیده شوند.

۳۶۶ـ بررسی حالتهای مختلف برای احداث یک یا دو اتصال به زمین

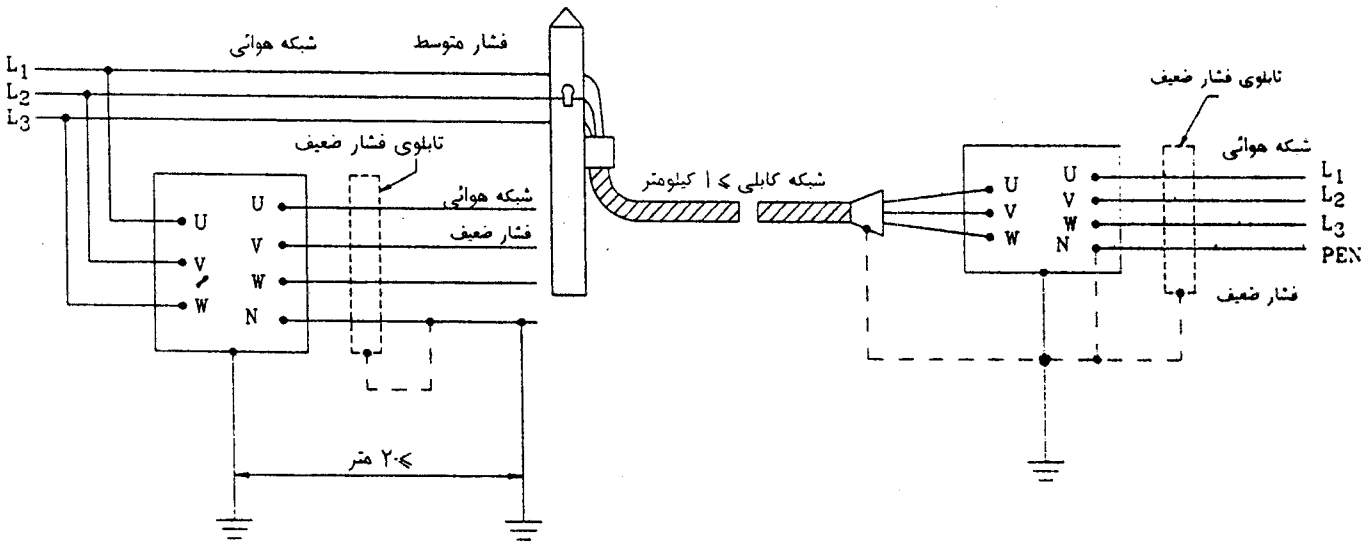
در عمل با توجه با مفاد بخشهای ۳۶۱ و ۳۶۲ و ۳۶۳ و ۳۶۴ و۳۶۵، حالتهای مختلفی پیش می‌آیند که در زیر به صورت طرح واره ارائه می‌شوند :

۳۶۶ـ۱ اتصال زمین مشترک در حالتی که شبکه فشارمتوسط به طورکلی زیرزمینی (کابل) است.



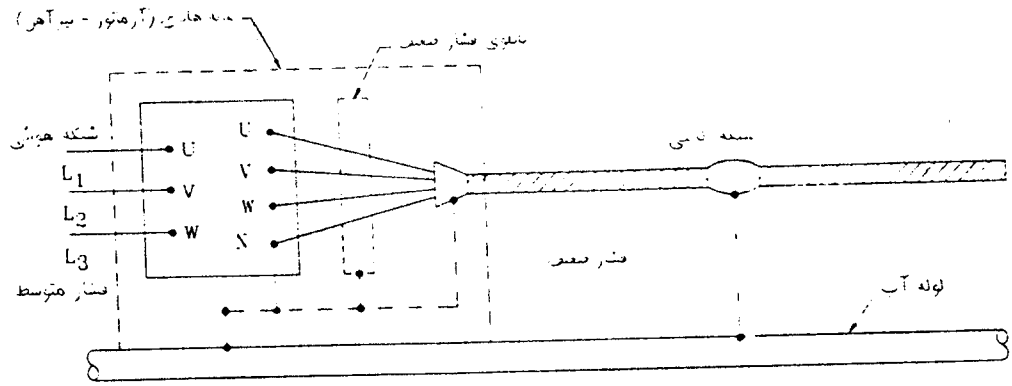
شکل (۳۶ـ۱)ـ اتصال زمین مشترک

۳۶۶ـ۲ اتصال زمینهای مجزا و مشترک با توجه به شرایط مختلف هر یک (بخش ۲۶۱ و بند ۳۶۳ـ۲).



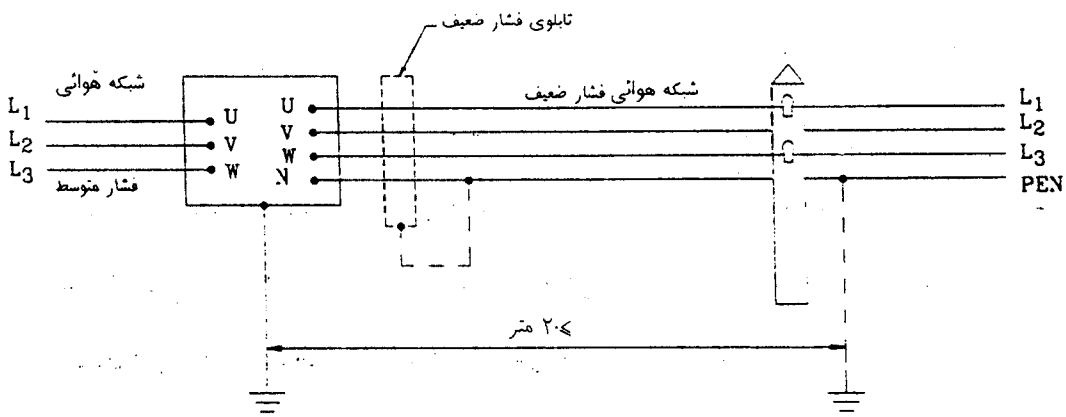
شکل (۳۶ـ۲)ـ اتصال زمین مشترک و اتصالهای زمین مجزا

۳۶۶ـ۳ حالتی که احداث اتصال زمینهای مجزا به علت گستردگی سازه زیرزمینی ممکن نیست (بخش ۳۶۵).



شکل (۳۶-۳)- اتصال زمین مشترک به علت عدم امکان احداث اتصال زمینهای مجزا

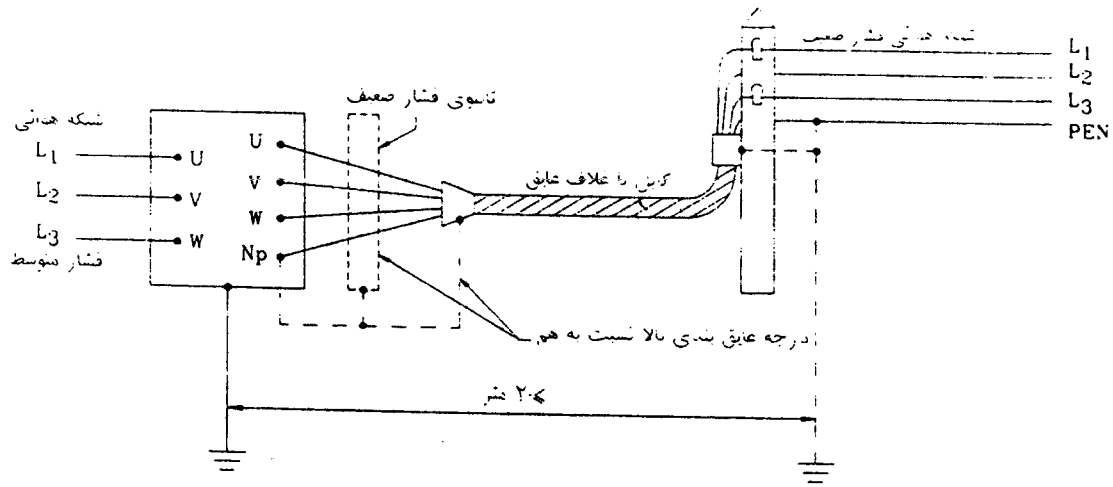
۴-۳۶۶ حالتی که احداث دو اتصال زمین را لازم می‌کند و به سبب وجود جدائی الکتریکی بین بدنه‌های هادی تجهیزات فشار متوسط و ضعیف، امکان زمین کردن بدنه‌های تجهیزات فشار ضعیف از راه هادی مشترک حفاظتی / خنثی، وجود دارد (بند ۳۶۴-۱).



شکل (۳۶-۴) اتصالهای زمین مجزا

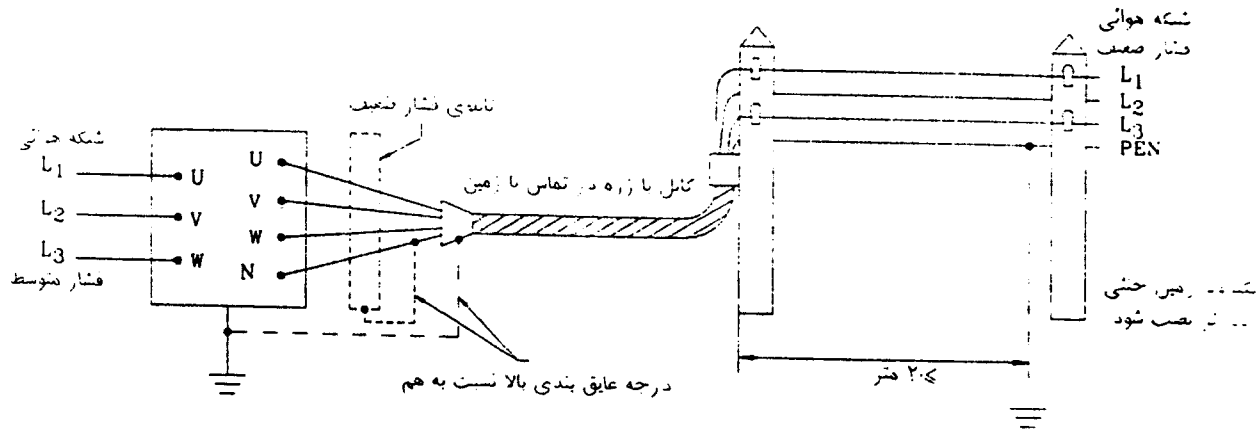
۵-۳۶۶ حالتی مشابه حالت گفته شده در بند ۳۶۶-۴ بالا با این تفاوت که به علت استفاده از غلاف عایق بر روی زره کابلهای فشار ضعیف، زره و بدنه‌های تجهیزات فشار ضعیف را می‌توان از راه هادی

مشترک حفاظتی /خنثی زمین کرد. در این حالت عایق کابل مانع بروز اتصال کوتاه از طریق زره کابل بین حوزه‌های الکترودهای بدنه‌های فشارمتوسط و بدنه‌های فشارضعیف می‌شود.



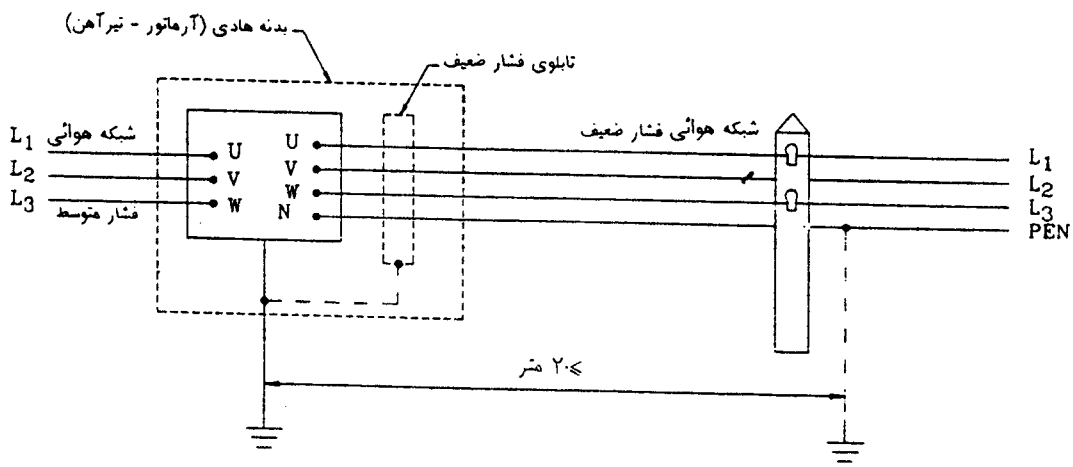
شکل (۳۶-۵)- اتصالهای زمین مجزا

۶-۳۶۶ حالتی مشابه حالت گفته شده در بند ۵-۳۶۶ بالا با این تفاوت که به علت استفاده از کابلهای فشارضعیف زره‌دار ولی بدون غلاف عایق،اثر حوزه‌اتصال زمین بدنه‌های فشارمتوسط، حتی‌اگر زره کابل به بدنه فشارمتوسط وصل نمی‌بود، ازطریق خاک اطراف‌الکترود، همراه‌کابل فشارضعیف منتشر می‌شود لذا ایجاد جدائی امکان‌پذیر نبوده و در نتیجه چاره‌ای جز زمین کردن غلاف کابلها از راه اتصال زمین بدنه‌های فشارمتوسط وجودندارد ولی بدنه فشار ضعیف که برای آن تامین جدائی امکان‌پذیراست، ازراه هادی مشترک حفاظتی /خنثی، زمین می‌شود. همچنین به علت‌انتقال حوزه اتصال زمین فشارمتوسط از راه زره کابل به شروع خط فشار ضعیف،اتصال زمین هادی مشترک حفاظتی /خنثی باید درخارج از حوزه اثراتصال زمین احداث شود. همینطور لازم است رابط‌اتصال تابلوی فشارضعیف به هادی خنثی‌ازیک طرف و رابط سرکابل و زره، با زمین فشارمتوسط، دارای عایقبندی تقویت شده باشد تااز سرایت ولتاژ دراثراتصالی در فشارمتوسط به فشارضعیف، جلوگیری شود.



شکل (۳۶-۶)- اتصالهای زمین مجزا با لزوم حفظ فاصله جدائی برای دو حوزه اتصال زمین

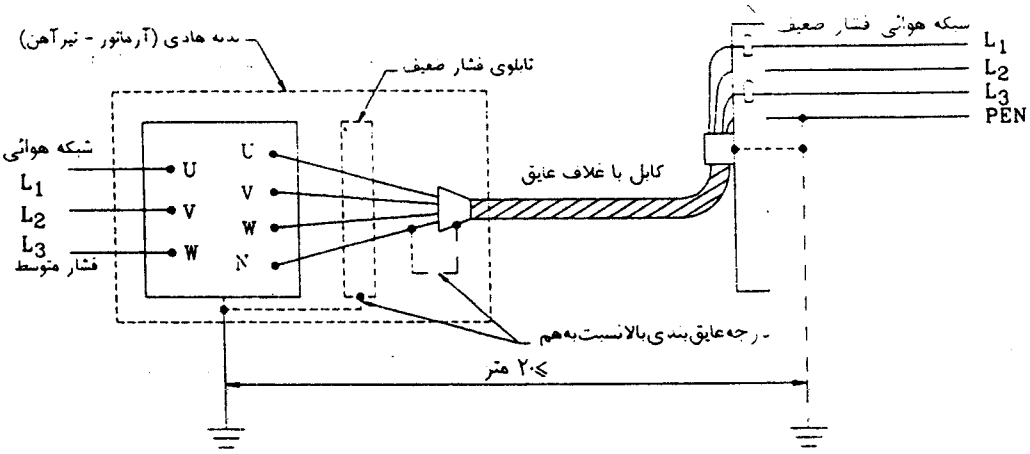
۳۶۶-۷ حالتی با لزوم احداث دو الکترود زمین و عدم‌امکان ایجاد جدائی الکتریکی بین بدنه‌های هادی تجهیزات فشار متوسط و تجهیزات فشار ضعیف. در این حالت، بدنه‌های هادی تجهیزات فشارضعیف باید از طریق الکترود زمین فشار متوسط زمین شوند (بند ۳۶۴-۲).



شکل (۳۶-۷)- اتصالهای زمین مجزا

۳۶۶-۸ حالتی مشابه حالت گفته شده در بند ۳۶۶-۷ با این تفاوت که در اینجا به علت وجود غلاف عایق روی زره کابل فشار ضعیف و منتقل نشدن اثر حوزه الکترود بدنه‌های فشار متوسط از طریق زره کابل،

امکان احداث الکترود زمین حفاظتی /خنثی در محل تبدیل خط فشارضعیف کابلی به هوائی یعنی اولین تیر، وجود دارد برخلاف حالت گفته شده در بند ۳۶۶ـ۶ که در آن احداث اتصال زمین فشار ضعیف باید در محل تیر بعدی از جای تبدیل خط از کابلی به هوائی انجام شود. در اینجا هم مشابه حالت بند ۳۶۶ـ۶، برای جلوگیری از سرایت ولتاژ به طرف فشارضعیف، رابطهای بین سر کابل و هادی خنثی از یک طرف و تابلوی فشارضعیف و زمین فشارمتوسط از طرف دیگر، باید دارای عایقبندی تقویت شده باشند.



شکل (۳۶ـ۸)ـ اتصالهای زمین مجزا

برای تطبیق شرایط موجود شبکه‌های توزیع کشور با مقررات فوق به پیوست ۴ مراجعه کنید.

۳۶۷ـ جلوگیری از خطرات ولتاژ قدم در اطراف الکترودها و ولتاژ تماس با آنها

الکترودهای زمین باید به نحوی ترتیب داده شده و اجرا شوند که خطرات ناشی از عبور جریانهای زیاد آنها در هنگام اتصال کوتاه یا اصابت صاعقه، به حداقل ممکن تقلیل یابد. این خطرات عبارتند از:

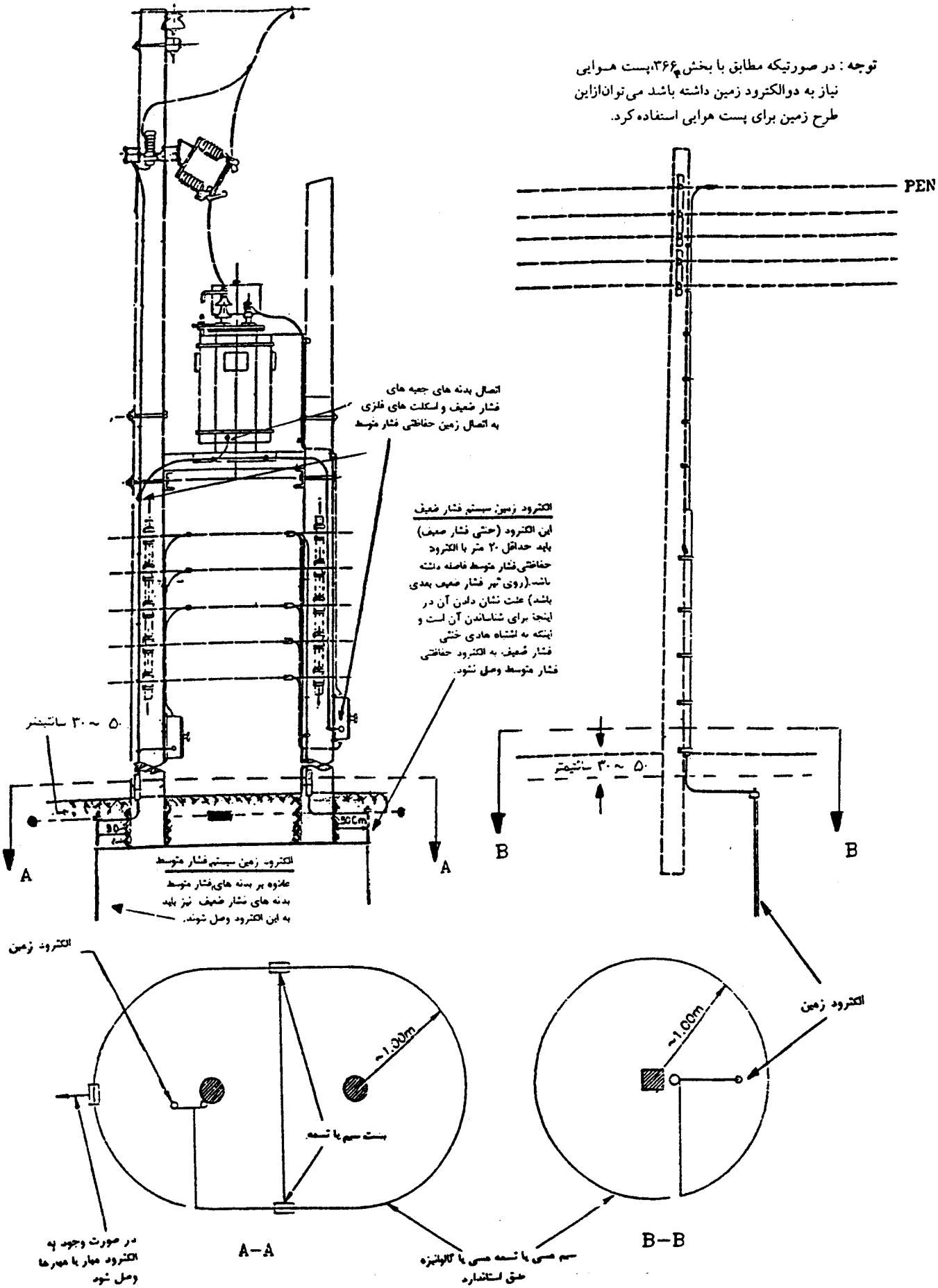
ـ آتش سوزی در اثر حرارت ناشی از عبور جریان یا بروز جرقه در حضور مواد سوختنی

ـ برق گرفتگی دراثر تماس با الکترود یا بروز ولتاژ قدم در اطراف و نزدیکی الکترود

انتخاب روشهای جلوگیری از خطرات فوق در مورد ایستگاهها و پستهای اصلی به عهده مهندس طرح

است و جزئیاتی برای آن مشخص نمی‌شود ولی در مورد پستهای هوائی و تیرهای فلزی و بتنی و همچنین الکترودهای تکی شامل جعبه‌های توزیع که در ملاء عام می‌باشند وبه تشخیص مهندس طراح احتمال تماس با هادی زمین یا تیر یا جعبه وجود داشته و عبور و مرور افراد در اطراف آنها زیاد باشد، لازم خواهد بود یک شبکه زمین ساده برای تنظیم ولتاژ قدم و ولتاژ تماس برای آنها پیش‌بینی شود. شکل ۳۶-۹ دیده شود. طریقه اتصال زمین مشخص شده در پست هوایی نشان داده شده در این شکل برای حالتی است که با توجه به مقررات بخش ۳۶۶، پست هوایی نیاز به دو الکترود زمین داشته باشد.

توجه : در صورتیکه مطابق با بخش ۳۶۶، پست هوایی نیاز به دوالکترود زمین داشته باشد می‌توان ازاین طرح زمین برای پست هوایی استفاده کرد.



شکل (۳۶-۹)- تنظیم ولتاژ قدم و تماس

۳۷۰ـ روشهای انجام اتصال زمین برای تجهیزات مخابرات

اتصال زمین، وسایل حفاظتی و در مواردی که مقرر شده است، **بدنه‌های هادی در مراکز مخابرات و** تلفن یا تاسیسات مستقر در هوای آزاد باید طبق مقررات زیر انجام شود :

۳۷۱ـ الکترود

هادی اتصال زمین باید به شرح زیر به یک الکترود زمین مناسب وصل شود :

۳۷۱ـ۱ درمواردی که سیستم نیروی برق‌ازطریق یک‌الکترود زمین مناسب طبق مقررات قسمت۳۳ زمین شده باشد، هادی‌اتصال زمین تجهیزات مخابرات باید به هادی زمین یاپوشش فلزی تجهیزات مشترک وصل‌شود.

۳۷۱ـ۲ در مواردی که اتصال زمین مناسب طبق شرایط بند ۳۷۱ـ۱ موجود نباشد، هادی اتصال زمین تجهیزات مخابرات باید به یک الکترود زمین طبق مفاد بخش ۳۳۱ وصل شود.

۳۷۱ـ۳ در مواردی که شرایط بند ۳۷۱ـ۱ و ۳۷۱ـ۲ برقرار نباشد، اتصال زمین تجهیزات مخابرات باید به یک الکترود زمین طبق مفاد بخش ۳۳۲ وصل شود.

استثنا ـ به جای ابعاد داده شده در بخش ۳۲، می‌توان از ابعاد زیر استفاده کرد :

حداقل قطر می‌تواند ۱۲ میلیمتر باشد.

طول میله می‌تواند ۱/۵ متر باشد.

عمق نصب میله می‌تواند ۱/۵ متر باشد.

استثنای ۱ در ذیل بند ۳۵۲ـ۲ـ۳، در این مورد نیز برقرار است.

۳۷۲ـ هادی اتصال به زمین

هادی اتصال زمین باید از مس یا جنس دیگری باشد که در شرایط بهره‌برداری موجود، دچار خوردگی بیش از حد نشود. سطح مقطع هادی اتصال به زمین نباید از ۲/۵ میلیمترمربع مس کمتر باشد و با روش مناسبی مانند استفاده از بست پیچی به الکترود وصل شود.

۳۷۳ـ همبندی الکترودها

در مواردی که در یک ساختمان یا سازه از الکترودهای زمین مجزا برای اتصال زمین سیستم نیرو و اتصال زمین سیستم مخابرات استفاده شده باشد، این دو باید با یک هادی مسی با سطح مقطع حداقل ۱۶ میلیمترمربع همبندی شوند.

پیوست ۱

اصول اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین و مقاومت ویژه خاک

(مرجع این پیوستها جزوات آموزشی اتصال زمین تالیف آقای مهندس آلدیک موسیسیان می‌باشد.)

اصول اندازه گیری

مقاومت الکترود زمین

و

مقاومت ویژه خاک

۱ـ اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین

ـ مقدمه

روش اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین که در این پیوست ارائه شده است، اساس روش اندازه‌گیری بکار رفته در همه دستگاههای مدرنی است که امروزه مورد استفاده می‌باشند گواینکه سازندگان مختلف برای بالا بردن دقت اندازه‌گیری و از بین بردن اثر جریانهای سرگردان در نتایج به دست آمده، اقدام به نوآوریهائی می‌کنند که ممکن است بسیار موثر باشند.

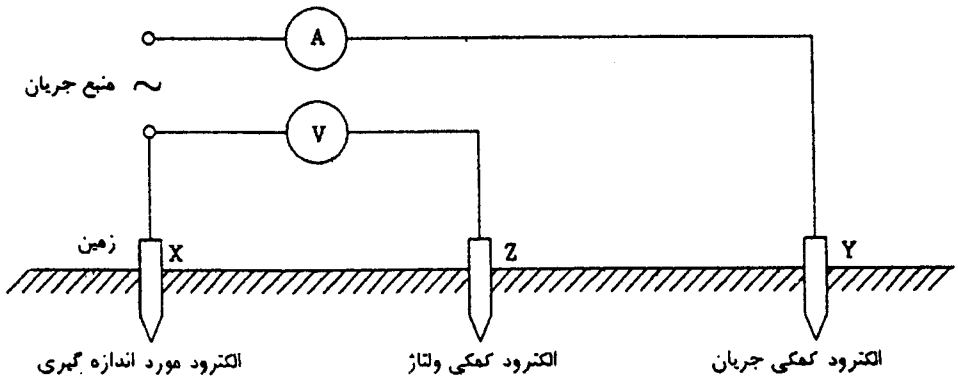
به نحوی که ملاحظه خواهد شد و با درنظر گرفتن جنبه‌های نظری، اندازه‌گیری مقاومت زمین ممکن است به ظاهر کاری ساده به نظر آید ولی در بسیاری از موقعیتهای عملی، انجام درست کار، احتیاج به دقت و صرف وقت و انرژی فراوان از طرف افرادی کار آزموده در این رشته خواهد داشت.

۱ـ شرح اصول اندازه‌گیری

در شکل ۱، الکترود X الکترودی است که اندازه‌گیری مقاومت آن موردنظر می‌باشد. Y الکترود کمکی

جریان و Z الکترود کمکی ولتاژ نامیده می‌شوند. در صورت مساعد بودن کلیه شرایط با مشخصات آزمون، مقاومت الکترود X نسبت به جرم کلی زمین، از بخش ولتاژ بر شدت جریان اندازه‌گیری شده به وسیله ولتمتر و آمپرمتر که در شکل نشان داده شده‌اند، به دست خواهد آمد. منبع ولتاژ آزمون، ممکن است جریان متناوب با فرکانس ۵۰ هرتز باشد که از شبکه فشارضعیف گرفته می‌شود. برای به دست آوردن دقتی معقول در این اندازه‌گیری، لازم است مقاومت ولتمتر نسبت به مقاومت الکترود ولتاژ، Z، زیاد باشد. در بسیاری از موارد مقاومت این الکترود ممکن است ۱۰۰۰ اهم (و حتی بیشتر) باشد که در این صورت برای کسب دقت اندازه‌گیری با تقریب ۵ درصد، لازم خواهد بود مقاومت ولتمتر دست‌کم ۲۰۰۰۰ اهم باشد.

در صورت استفاده از ولتاژ شبکه به عنوان منبع تغذیه، لازم است از یک ترانسفورماتور مجزاکننده (با سیم‌پیچی‌های مجزای اولیه و ثانویه) استفاده شود. الکترود نیز بنوبه خود باید از سیستم نیرو مجزا شده باشد تا انجام اندازه‌گیری ممکن شود.



شکل (پ ـ۱ـ۱)ـ روش اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین

۲ـ وجود جریانهای سرگردان

هنگام اندازه‌گیری مقاومت اتصال زمین با منبع ولتاژی که دارای فرکانس شبکه است به علت وجود جریانهای سرگردان در زمین که در همه سیستمهای الکتریکی وجود دارد، وارد شدن خطا در نتایج و

ارقام به دست آمده از آزمون حتمی خواهد بود. بدین سبب در یک دستگاه اندازه‌گیری تجارتی، یا از منبع ولتاژ گردان دستی استفاده می‌شود و یا اینکه ولتاژ متناوب به کمک تبدیل کننده‌های الکترونیک از باتری به دست می‌آید. ولتاژ متناوب نباید حتماً سینوسوئیدال باشد.

۳ـ در صورت استفاده از منبع جریان مستقیم

جز در مواردی که ناچار باشند، نباید از جریان مستقیم برای اندازه‌گیری مقاومت زمین استفاده شود. جریان مستقیم سبب اجتماع حباب گاز در اطراف الکترود و زیاد شدن مقاومت آن می‌شود.

هر آینه در صورت استفاده از جریان مستقیم، پس از فراهم شدن کلیه مقدمات آزمون، جریان به مدتی هر چه ممکن است کوتاه برقرار شده و اندازه‌گیری انجام می‌شود. سپس با عوض کردن قطبهای باتری (والبته لوازم اندازه‌گیری) با سرعت یک اندازه‌گیری دیگر به عمل می‌آید. اگر با توجه به سایر شرایط گفته شده تفاوتی اساسی بین دو اندازه‌گیری وجود نداشت، میانگین دو مقدار به عنوان مقدار مقاومت انتخاب می‌شود.

۴ـ الکترودهای کمکی

الکترودهای کمکی Y و Z ممکن است از قطعات لوله نیم‌اینچی یا میله‌های فولادی تشکیل شده باشند که تا عمق یک متری در زمین کوبیده می‌شوند. فواصل الکترودهای کمکی از یکدیگر و از الکترود اصلی X بسیار مهم است. در واقع چیزی که به نام مقاومت الکترود خوانده می‌شود، مقاومت حجم " خاک " ای است که الکترود را احاطه می‌کند و به آن به اصطلاح، حوزه مقاومت الکترود زمین می‌گویند. با توجه به اینکه حوزه مورد بحث از نظر تئوریک تا بی‌نهایت ادامه دارد، همه الکترودها در حوزه مقاومت یکدیگر قرار دارند ولذا داشتن الکترودهای مستقل ممکن نیست. در عمل بسته به نوع زمین (خاک) و لایه‌های آن در اطراف الکترود و عوامل دیگری مانند رطوبت و مقدار املاح و غیره، این

حوزه ممکن است از ۱۰ تا ۲۰ متر ادامه یابد که در هر حال اگر دو الکترود در فاصله ۲۰ متری قرار داشته باشند، عملاً می‌توان آنها را در خارج از حوزه مقاومت یکدیگر دانست به شرطی که هیچ نوع وضعیت منحرف‌کننده‌ای مانند زمینی با مقاومت ویژه بسیار بالا، وجود نداشته باشد. در این حالت حوزه ولتاژ الکترود ممکن است خیلی بیشتر از ۲۰ متر باشد.

۵ـ راهنمای عملی برای انجام اندازه‌گیری

اگر الکترود مورد اندازه‌گیری X، از انواع ساده یعنی یک میله کوبیده شده یا صفحه‌ای دفن شده در زمین باشد، الکترود جریان Y را می‌توان بر فرض در فاصله ۳۰ متری از الکترود اصلی X قرار داده والکترود ولتاژ را در وسط این دو نصب کرد. در این حالت مقاومت را اندازگیری و یادداشت کرده و الکترود ولتاژ را جابه جا می‌کنند : یک بار به طول حدود ۶ متر نزدیکتر به الکترود اصلی X و بار دیگر به همین مقدار نزدیکتر به الکترود کمکی جریان Y. چنانچه نتایج هر سه آزمون در حد دقت موردنظر باشند، میانگین سه مقدار اندازه‌گیری شده، مقاومت موردنظر خواهد بود.

اگر نتیجه اندازه‌گیریها قابل قبول نبود، الکترود جریان Y را به فاصله‌ای دلخواه مانند ۴۵ تا ۵۰ متری از الکترود اصلی X منتقل کرده و کل اندازه‌گیریها را مشابه بالا تکرار می‌کنند و در صورت لزوم آنقدر (برای فواصل دورتری از الکترود Y نسبت به X) به این عمل ادامه می‌دهند تا نتیجه مطلوب حاصل شود.

نتایج به دست آمده از این روش ساده برای اندازه‌گیری در موارد زیر رضایتبخش نخواهد بود :

- اگر مقاومت الکترود مورد اندازه‌گیری X، حدود یک اهم یا کمتر باشد.
- اگر مقاومت الکترود کمکی جریان Y، بسیار زیاد باشد.

(در این موارد حوزه اثر مقاومت الکترود جریان Y، بسیار وسیعتر بوده و در نتیجه لازم خواهد بود فاصله الکترود جریان Y از الکترود اصلی X خیلی بیشتر باشد.)

شرایط مورد بحث هنگامی پیش می‌آیند که الکترود مورد اندازه‌گیری مانند الکترود یک نیروگاه یا

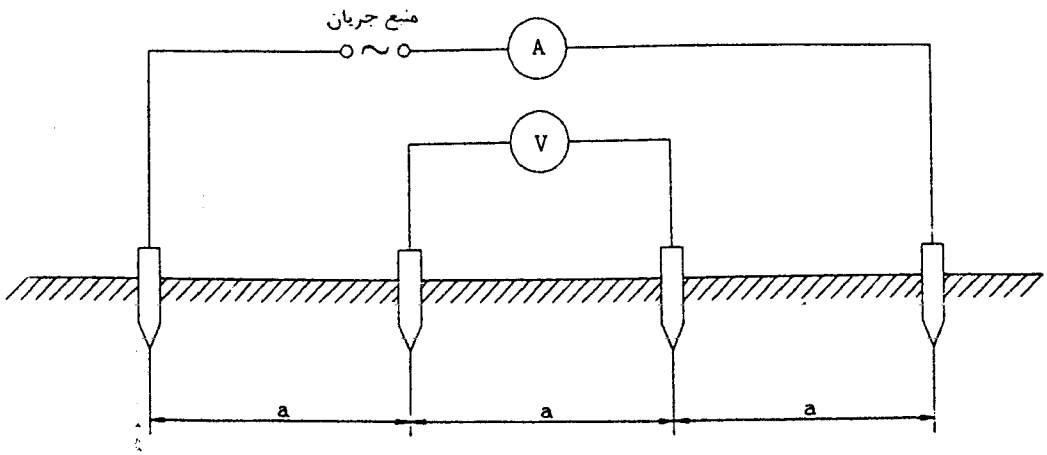
پست اصلی، بسیار گسترده باشد. برای این حالت تجویز روش معینی ممکن نخواهد بود جز اینکه تهیه یک یا چند منحنی تغییرات مقاومت نسبت به فاصله لازم خواهد بود. ترتیب کار چنین است که الکترود جریان Y را در فاصله‌ای دلخواه در دور دست قرار داده و الکترود ولتاژ Z را در فواصل معین، از نزدیکیهای الکترود اصلی X، به سمت الکترود جریان حرکت داده و هر بار اندازه‌گیریها را یادداشت می‌کنند سپس نتایج را بر روی محور مختصات منتقل کرده و منحنی تغییرات مقاومت نسبت به فاصله را می‌کشند. اگر منحنی دارای قسمتی باشد که اساساً" افقی است این مقدار افقی، مقاومت الکترود موردنظر یعنی X خواهد بود.

اگر منحنی به دست آمده دارای قسمتی افقی نباشد، لازم خواهد بود الکترود کمکی جریان یعنی Y را باز هم دورتر بوده و عملیات را تکرار کرد تا قسمت افقی هویدا شود. بایستی توجه شود که نباید انتظار داشت که قسمت افقی در حوالی وسط فاصله دو الکترود X و Y هویدا شود لذا باید اندازه‌گیریها برای موقعیتهای الکترود Z از نزدیکی الکترود X شروع شده و به سمت الکترود Y حرکت شود.

یادآوری ـ اگر وسیله اندازه‌گیری مخصوص برای مقاومت زمین در دسترس نباشد، می‌توان با استفاده از یک ترانسفورماتور مجزاکننده و یک آمپر متر معمولی و یک ولت متر با مقاومت زیاد، مقاومت زمین یک الکترود را با دقت کافی اندازه‌گیری کرد به شرط اینکه جریانهای سرگردان نادیده گرفته نشوند و احتمالاً" با انتخاب ساعت مناسبی برای این کار اثر این جریانها خنثی شود.

۶ـ اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک

اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک با همان دستگاهی انجام می‌شود که اندازه‌گیری مقاومت الکترود زمین به‌عمل می‌آید با این تفاوت که در مورد اخیر از چهار الکترود به جای سه الکترود که در اندازه‌گیری مقاومت خودنمائی می‌کنند استفاده می‌شود. بدیهی است که در مورد اخیر هر چهار الکترود موقتی می‌باشند.



شکل (پ ـ۱ـ۲)ـ روش اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک

برای انجام آزمون، چهار الکترود کمکی عمقی حدود ۱ متر در زمین کوبیده می‌شوند. عمق فرورفتگی الکترودها در زمین نباید از یک بیستم فاصله الکترودها یعنی a بیشتر باشد. اگر فرض شود که زمین مورد آزمون کاملاً یکدست و همگن است مقاومت اندازه‌گیری شده، R در رابطه زیر صدق خواهد کرد:

$$R = \frac{p}{۲\pi a}$$

که در آن:

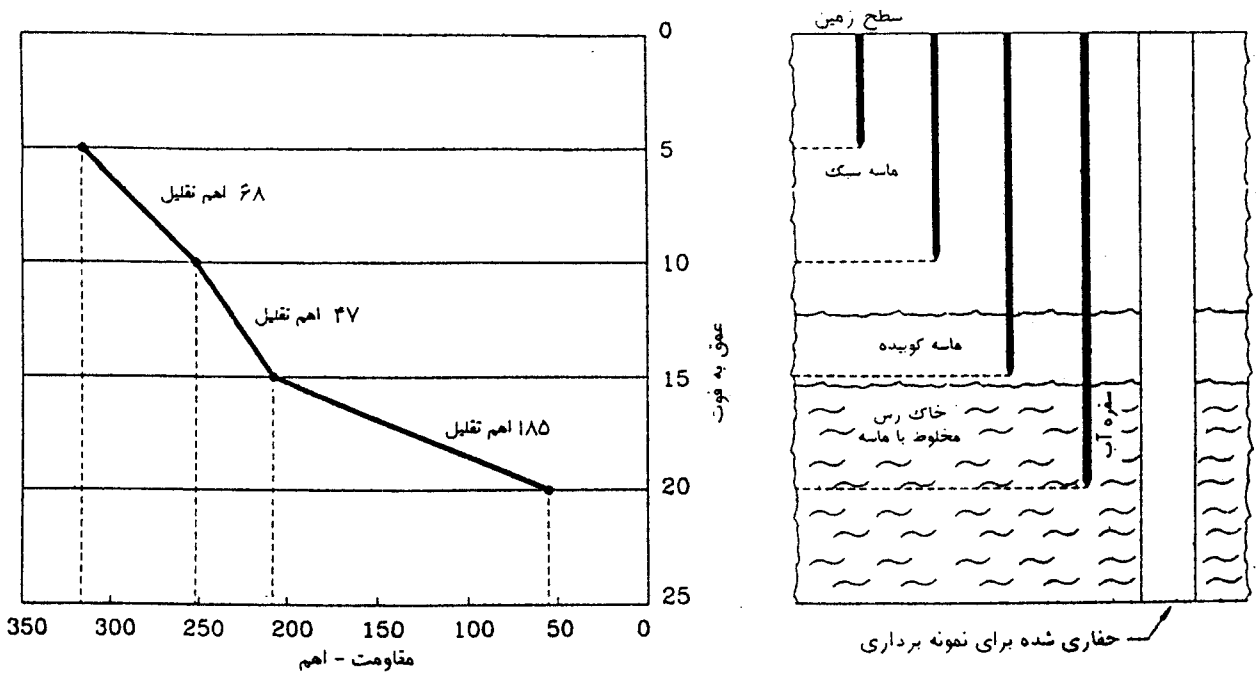
p = مقاومت ویژه میانگین برای خاک برحسب اهم متر در عمق a متر است.

a = فاصله الکترودها از یکدیگر برحسب متر و عمقی است که در آن مقاومت ویژه برابر r است.

π = عددپی

با تکرار اندازه‌گیری‌ها برای مقادیر مختلف فاصله a مقاومت ویژه میانگین برای عمقهای مختلف a به دست می‌آید و با مطالعه همه نتایج می‌توان نسبت به انتخاب عمق کوبیدن یا دفن کردن الکترود،

تصمیم‌گیری نمود و به عبارت دیگر قضاوت کرد که ازدیاد عمق تا چه حد به کم کردن مقاومت کمک خواهد کرد. شکل ۳ نمونه‌ای است برای نشان دادن تاثیر عمق الکترود و نوع خاک لایه‌ها در مقدار مقاومت الکترود.



شکل (پ ـ۱ـ۳)ـ تاثیر عمق الکترود و نوع خاک لایه‌ها در مقدار مقاومت الکترود

یادآوری ـ بعضی از مراجع معتبر توصیه می‌کنند که در مورد اندازه‌گیری مقاومت خاک، عمق الکترودها از ۰/۳ متر تجاوز نکند و نیز مقاومت ویژه اندازه‌گیری شده در عمق a متر نبوده بلکه در عمق کمتری از سطح زمین، یعنی ۳/۴، a است. نظر به اینکه از نتایج این اندازه‌گیریها تنها در تصمیم‌گیریهای کلی استفاده خواهد شد، نباید به این موضوع بیش از حد توجه نمود.

در جدول (پ ـ۱) مقاومتهای ویژه زمینهای مختلف عنوان شده است.

جدول (پ ـ۱)

مقاومت ویژه (Ω.m)	نوع زمین
۵ـ۴۰	مرداب و باتلاق
۲۰ـ۲۰۰	خاک رس و زمین مزروعی
۲۰۰[۱]ـ۲۵۰[۲]	ماسه
۵۰۰[۱]ـ۱۰۰۰[۲]	شن
۲۰۰۰ـ۳۰۰۰	سنگلاخ وگرانیت

۱ـ مرطوب

۲ـ خشک

پیوست ۲

راهنمای برآورد مقاومت انواع الکترودهادر زمینهای مختلف

وعمل‌آوردن خاک برای کم‌کردن مقاومت الکترودها

راهنمای

برآورد مقاومت انواع الکترودها

در زمینهای مختلف

و

عمل آوردن خاک برای کم کردن مقاومت الکترودها

ـ مقدمه

پیش بینی دقیق مقدار مقاومت زمین کاری است ناممکن و شاید فقط افراد کارآزموده بتوانند با تقریبی قابل قبول، مقاومت یک الکترود را در منطقه‌ای که مدتها در آن کار کرده و تجربه آموخته‌اند، بعد از آزمون مقاومت مخصوص زمین و بررسی نتایج آن حدس بزنند. لذا مطالبی که در این پیوست ارائه شده‌اند باید فقط به عنوان راهنما برای بررسی امکانات، مورد توجه قرار گیرند.

۱ـ مقاومت الکترودهای مختلف

در شکل ۱، سه نوع اتصال زمین به قرار زیر بررسی شده‌اند :

ـ میله کوبیده شده یا دفن شده

ـ صفحه دفن شده

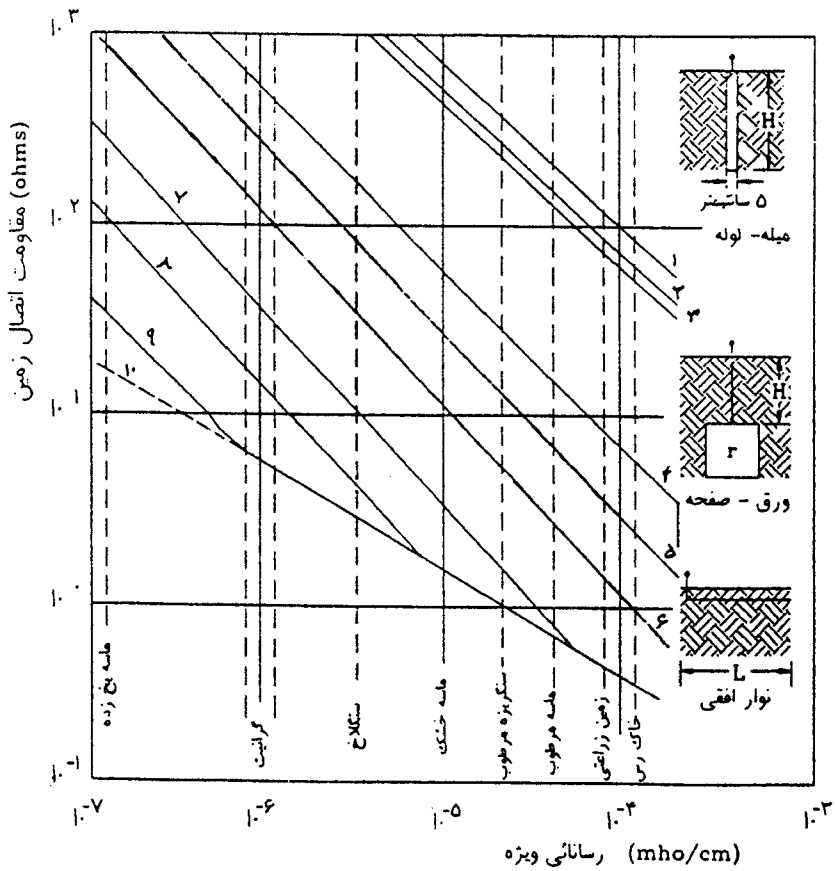
ـ نوار دفن شده

ملاحظه می‌شود که در مورد الکترود صفحه‌ای، عمق دفن کم بوده و با عرف محلی، که دفن الکترود

را در عمق نسبتاً زیاد تجویز می‌نماید، مغایرت دارد.

در مورد الکترود کوبیده شده از لوله به جای میله استفاده شده است که ممکن است مقاومت آنها مشابه نباشند.

و در مورد الکترودهای تسمه‌ای، فولاد گالوانیزه به علت مناسبتر بودن بهای آن متداولتر از نوع مسی است. تسمه گالوانیزه‌ای که مخصوص اتصال زمین ساخته می‌شود، ۳۰×۳/۵ میلیمتر است.



شکل (پ ـ۲ـ۱)ـ مقاومت انواع الکترودهای زمین به صورت تابعی از رسانایی ویژه خاک و ابعاد الکترودها

منحنی شماره ۱ میله‌ای به قطر ۵ سانتیمتر و عمق ۳ متر

منحنی شماره ۲ صفحه فلزی ۱×۰/۵ متر دفن شده به صورت قائم در عمق ۱ تا ۲ متر

منحنی شماره ۳ صفحه فلزی ۱×۱ متر دفن شده به صورت قائم در عمق ۱ تا ۲ متر

منحنیهای شماره ۴ تا ۱۰ نوار مسی با مقطع ۳۰×۳ میلیمتر دفن شده در عمق کم و به طول :

شماره منحنی	طول الکترود ـ متر
۴	۵۰
۵	۱۰۰
۶	۳۰۰
۷	۱۰۰۰
۸	۳۰۰۰
۹	۱۰۰۰۰
۱۰	بینهایت

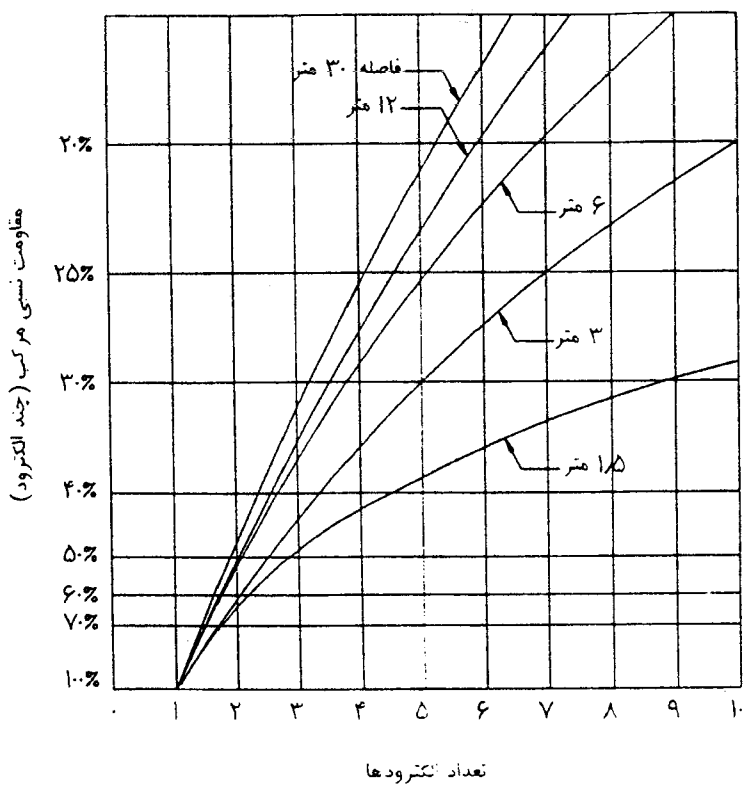
همچنین دقت شود که منحنیهای شکل، به جای مقاومت ویژه برحسب رسانائی ویژه تنظیم شده‌اند.

۲ـ تاثیر فاصله نسبی الکترودهای موازی در مقاومت کل آنها

در مواردی که برای کم کردن مقاومت زمین از چند الکترود به صورت موازی استفاده شود باید سعی نمود که الکترودها در خارج از حوزه مقاومت یکدیگر قرار گیرند. فقط در این حالت است که هر الکترود به صورت مستقل عمل کرده و مقاومت معادل آنها در حداقل ممکن خواهد بود. در غیراینصورت یعنی با نزدیکتر شدن الکترودها به هم، مقاومت معادل آنها نیز بیشتر خواهد شد. در عمل، قرار دادن الکترودها در خارج از حوزه اثر یکدیگر به طور کامل، به صرفه نخواهد بود زیرا اضافه شدن هزینه هادی اتصال از یک طرف و اضافه شدن مقاومت این هادی از طرف دیگر در

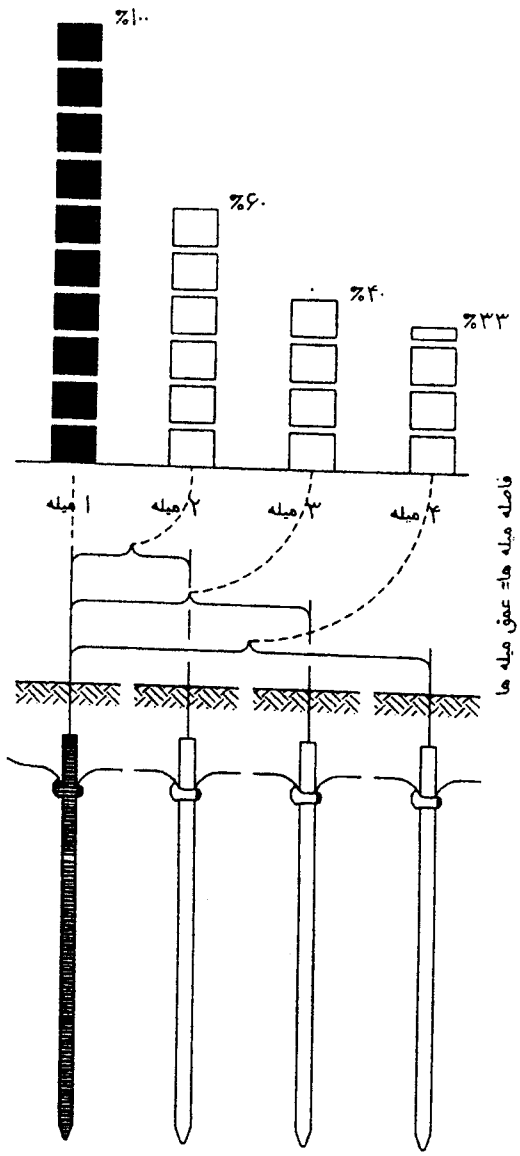
نتیجه مطلوب خلل وارد خواهند کرد لذا لازم است برای هر مورد، فاصله مناسبی با درنظرگرفتن همه جوانب، انتخاب شود.

در شکل ۲ مقاومت نسبی چند الکترود میله‌ای موازی هر یک به طول ۲/۴۵ متر نسبت به یک الکترود از همان نوع، در فواصل مختلف از یکدیگر، ارائه شده‌اند.



شکل (پ ـ۲ـ۲)ـ مقاومت نسبی الکترودهای میله‌ای (مقاومت یک الکترود = ۱۰۰٪)

در شکل ۳ مقاومت معادل چند میله که در فاصله‌ای برابر طول هر میله از یکدیگر قرار دارند، نشان داده شده است.



شکل (پ ـ۲ـ۳)ـ مقاومت کل میانگین برای چند میله

۳ـ استفاده از مواد شیمیائی برای کم کردن مقاومت الکترود زمین

در مواردی که نوع خاک منطقه به نحوی است که الکترود احداث شده در آن دارای مقاومتی بیش از حد معمول شود با استفاده از مواد شیمیائی مجاز می‌توان از مقدار مقاومت زمین کاست. عمل آوردن خاک به این ترتیب، در مورد الکترودهای دفن شده به صورت افقی، قابل اجرا نمی‌باشد.

مواد شیمیائی مورد استفاده نباید دارای خاصیت خورندگی الکترود یا آلایندگی بیش از حد محیط زیست باشند. از انواع موادی که در عمل بیش از همه مورد مصرف می‌باشند، عبارتند از :

- نمک طعام (سنگ)
- سولفات منیزیوم
- سولفات مس
- خاکه ذغال چوب یا کک در اختلاط با نمک

از مواد ذکر شده در بالا، خاصیت خورندگی سولفات منیزیوم کمتر از همه، و نمک طعام، ارزانتر از همه است. مواد دیگری هم وجود دارند که به علت بالا بودن نسبی بهای آنها نسبت به موادی مانند نمک، مورد توجه قرار داده نشده‌اند.

به نظر می‌رسد مناسبترین روش کم کردن مقاومت، همان روش معمولی یعنی استفاده از مخلوط یا لایه‌بندی خاکه ذغال و نمک طعام سنگ باشد.

عمل آوردن خاک برای کم کردن مقاومت زمین در مورد الکترودهای دفن شده در جهت قائم ممکن است به دو روش انجام شود :

۳-۱ مخلوط نمک /ذغال / خاک

نمک سنگ کوبیده شده و سرند شده با خاکه ذغال چوب و خام سرند شده که بهتر است خاک رس یا مشابه آن باشد با نسبت وزنی زیر با هم مخلوط و حداقل تا ارتفاع ۱/۵ متری از ته چاه پر شده و کوبیده می‌شود :

نمک / ذغال‌چوب / خاک با نسبت ۱ / ۰/۵ / ۱۰

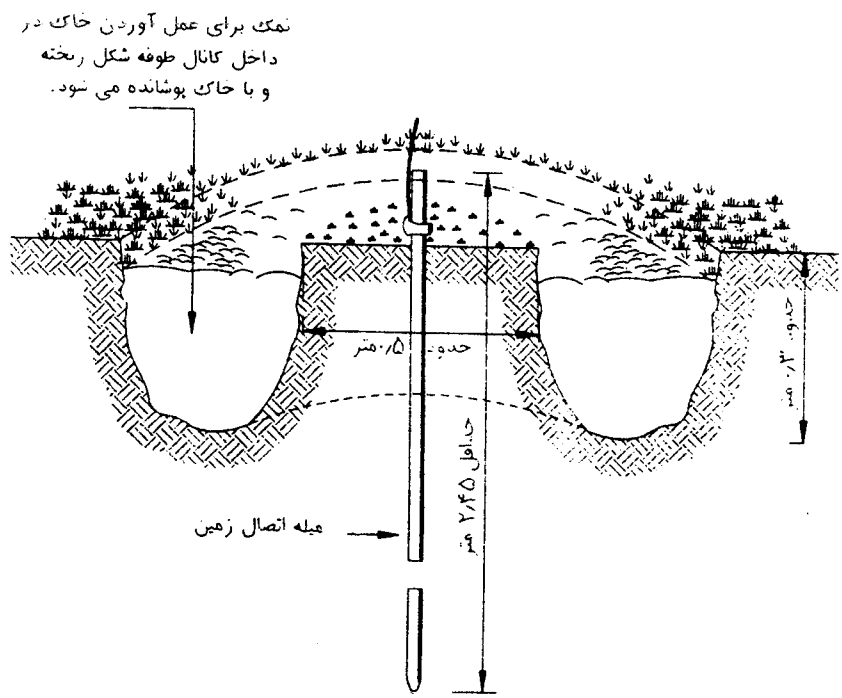
بقیه چاه با خاک سرند شده پر و لایه به لایه کوبیده می‌شود.

۳ـ۲ لایه‌بندی نمک / ذغال

خاکه ذغال چوب یا کک در اطراف صفحه الکترود ریخته شده و کوبیده می‌شود به نحوی که حداقل ۰/۲ متر ذغال بالاتر از الکترود قرار گیرد. سپس به تناوب یک لایه نمک و یک لایه ذغال چوب یا کک در لایه‌هائی به ضخامت ۰/۱۵ متر در اطراف الکترود تا ارتفاع ۱/۵ متری از ته چاه پر شده و کمپاکت می‌شود. بقیه چاه با خام سرند شده پر شده و کوبیده می‌شود.

عمل آوردن خام برای کم کردن مقاومت زمین در مورد الکترودهای کوبیده شده یا دفن شده به صورت قائم، به ترتیب زیر انجام می‌شود :

۳ـ۳ در اطراف الکترود زمین طوقه‌ای به قطر داخلی ۰/۵ متر و عمق ۰/۳ متر و عرض کافی برای خاکبرداری ایجاد می‌شود که تا عمق ۰/۲ متری به وسیله نمک و بقیه با خاک پر می‌شود



شکل (پ ـ۲ـ۴)ـ عمل آوردن خاک با روش کانال طوقه‌ای

روشهای عمل آوردن خاک که در بالا گفته شد، جز در مورد ۴ـ۳، معمولاً یک بار انجام شده و در

طول عمر الکترود قابل تجدید نیست در حالی که مثلاً در مورد شبکه‌های زمین پستهای اصلی، شاید لازم باشد در طول عمر آنها، عمل آوردن زمین پیوسته تجدید شده یا به طور دایم ادامه داشته باشد در این حالت می‌توان از روش زیر استفاده کرد :

۴-۳ در سطح پست معمولاً در نزدیکی برخی میله‌های زمین که در الکترودهای شبکه‌ای استفاده فراوان دارند، یک لوله بتنی که در یک انتهای آن درپوشی وجود دارد وانتهای دیگر آزاد می‌باشد، در خاک دفن می‌شود. قطر لوله حدود ۰/۲ متر و طول آن حدود ۱ متر برای عمق الکترود ۲/۴۵ متری است. داخل لوله با سنگ نمک خرد شده پر می‌شود و امکان آبیاری الکترود نیز از طریق درپوش وجود دارد. جزئیات این روش در شکل (پ ـ۲ـ۵) نشان داده شده است.

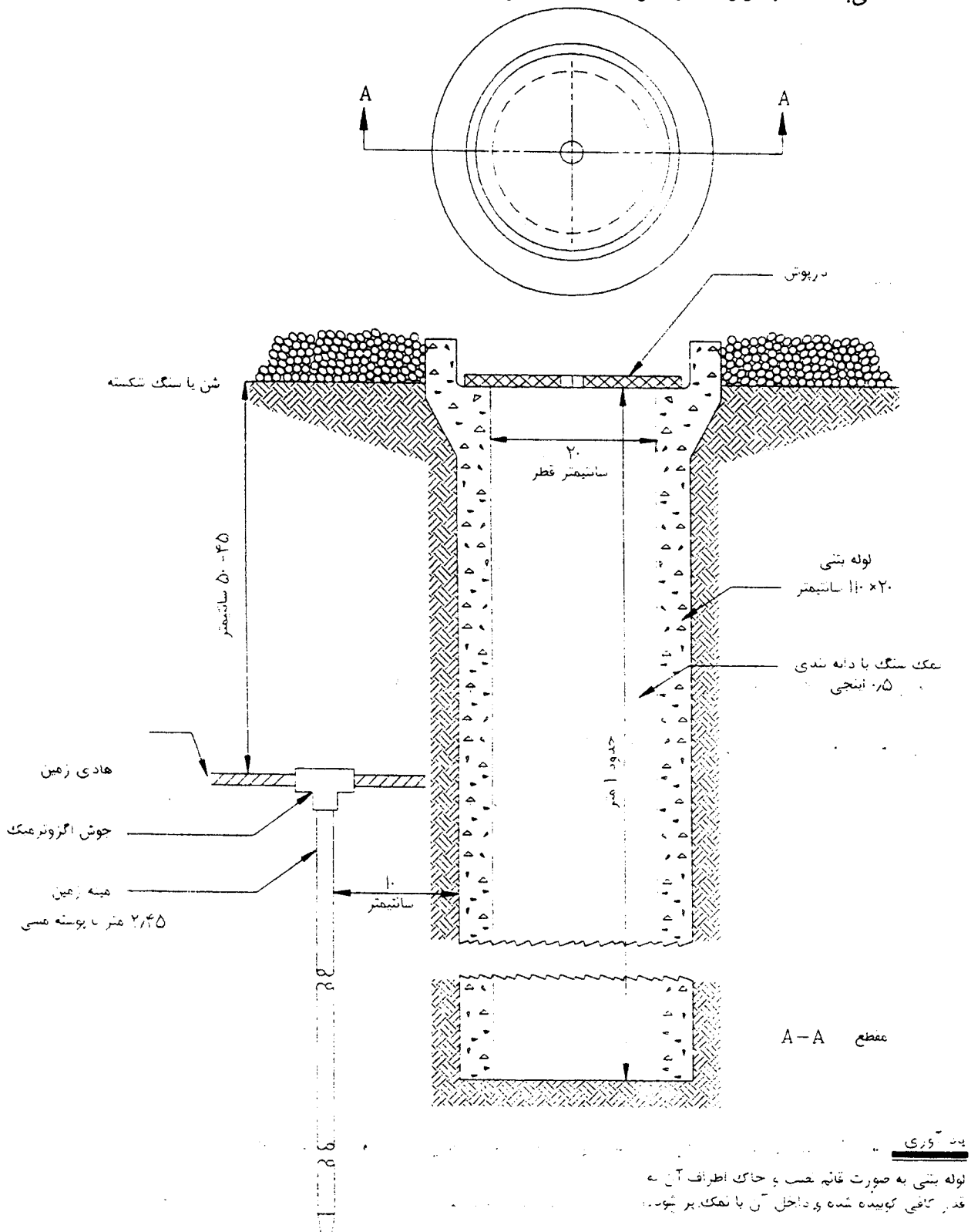
۴ـ عمر الکترودها و مدت زمان اثر عمل آوردن خاک

لازم است دقیقاً توجه شود که هر الکترود زمین دارای طول عمر مفیدی است که بنابه شرایط محلی ممکن است چند ماه تا چندین سال باشد. مهمترین عوامل موثر در طول عمر الکترود عبارتند از :

- جنس الکترود و هادیها
- بستها و نوع اتصالات الکترودها
- ترکیب خاک
- مواد عمل آوردن خاک

با توجه به موارد ذکر شده و تاثیر عوامل فصلی مانند تغییر عمق سفره نم در طول سال، لازم است به طور مداوم و تا حد امکان از اجزای در دسترس الکترود بازدید و نسبت به سلامت و کارآئی آن اطمینان حاصل نمود. کارآئی مهمترین قسمتهای یک الکترود که همان قسمتهای زیرزمینی آن

می‌باشند، تنها از راه اندازه‌گیری مقاومت الکترود امکان‌پذیر است که باید به صورت دوره‌ای



شکل (پ ـ۲ـ۵)ـ عمل آوردن خاک در پستهای اصلی

انجام شده و نتایج به دست آمده توسط افراد کاردان بررسی و در صورت مشاهده تغییرات عمده در مقدار مقاومت، نسبت به ترمیم یا تجدید آن اقدام شود. نتایج اندازه‌گیریهای مقاومت زمین باید در محلی مطمئن بایگانی شده و برای بازدید افراد مسؤل آماده باشد.

۵ـ آبیاری الکترود

یکی از روشهای کم کردن مقاومت الکترود زمین در مناطقی که به دلایل طبیعی رطوبت خاک کم است، آبیاری الکترود است در صورتی که وسایل لازم برای انجام این کار وجود داشته باشد. مقرراتی مشخص برای این کار وجود ندارد و فقط بایستی با توجه به امکانات بهترین روش برای آبیاری قطره‌ای یا به تناوب انتخاب و اجرا شود.

پیوست ۳

شناسنامه الکترود زمین

شناسنامه الکترود زمین

مشخصات اصلی، مقدار اولیه مقاومت و اندازه‌گیریهای دوره‌ای

برای هر الکترود زمین مستقل، صرفنظر از اینکه متشکل از یک الکترود زمین ساده یا یک سیستم زمین گسترده مانند شبکه زمین چند الکترود منفرد پیوسته به هم درست شده باشد، لازم است یک شناسنامه با مشخصات پیوست و به ترتیب زیر تهیه شود :

۱ـ محل الکترود :

هر الکترود باید با استفاده از نام، شماره یا کد پست، خط، تیر، برج، تابلو یا هر نوع مشخصه دیگری که محل استقرار آنرا به سادگی و بدون ایجاد ابهام، برای همه کارکنان مربوط در منطقه تعیین می‌کند، مشخص شود.

۲ـ تاریخ احداث :

روز، ماه و سال خاتمه عملیات احداث الکترود اتصال زمین باید مشخص شود.

۳ـ مقدار اندازه‌گیری شده مقاومت :

مقدار مقاومت اندازه‌گیری شده در خاتمه احداث الکترود و همچنین مقدار مقاومت در اندازه‌گیریهای دوره‌ای، باید با ذکر نوع و فواصل و محل و جهت و عمق الکترودهای کمکی در هر اندازه‌گیری تعیین شده و درصد دقت اندازه‌گیری نیز مشخص شود.

یادآوری ـ لازم است برای محل استقرار الکترودها و فواصل آنها طرح‌واره‌ای ارائه شود.

۴ـ تاریخ، زمان و شرایط دیگر اندازه‌گیری :

برای هر نوبت اندازه‌گیری، لازم است موارد زیر یاد داشت و در شناسنامه قید شود :

ـ تاریخ

ـ ساعت

ـ دمای هوای محیط

ـ رطوبت نسبی هوا یا شرایط ظاهری جوی

ـ مقدار تقریبی بارندگی در ۴۸ ساعت گذشته

یادآوری ـ بنابه تجربه افراد می‌توان فاصله بین فصول پر باران و کم باران را به چند دوره تقسیم کرد ولی در هر صورت فاصله زمانی بین دو اندازه‌گیری متوالی نباید از ۶ ماه بیشتر باشد.

۵ـ وسیله یا دستگاه اندازه‌گیری :

شرح و مختصری از وسیله یا دستگاه مورد استفاده در اندازه‌گیری، باید ارائه شود.

۶ـ نوع الکترود یا الکترودها و مشخصات فیزیکی آنها

مشخصات الکترودها به تفصیل و طبق لیست زیر ارائه شود :

۶ـ۱ الکترود میله‌ای

نوع میله : لوله ـ میله فولادی ـ میله فولادی با آستین مسی (کاپرولد)

در مورد لوله : قطر، طول، نحوه نصب : کوبیده شده یا دفن شده (روش عمل آوردن خاک درصورت وجود ذکر شود)

در مورد میله : قطر، طول (تعداد قطعات × طول هر قطعه)، روش کوبیدن

۶ـ۲ الکترود چمبره‌ای ته تیر

سطح مقطع سیم، نوع سیم، طول سیم تا محل بست، نوع بست

۶ـ۳ الکترود صفحه‌ای ته تیر

نوع صفحه : فولادی گالوانیزه،، مسی، ضخامت، سطح (طول × عرض)

مشخصات هادی اتصال

به شبکه هوائی : نوع، سطح مقطع

نوع اتصال هادی به صفحه : جوش ـ پیچ ـ پرس / پرچ

۶ـ۴ الکترود افقی سیمی یا تسمه‌ای

در مورد الکترود سیمی : جنس سیم، سطح مقطع و ساختار هادی

در مورد الکترود تسمه‌ای : جنس تسمه، سطح مقطع (عرض × ضخامت)

برای همه الکترودهای افقی : طول، عمق دفن، جهت دفن (در صورت امکان طرح‌واره داده شود)

۶ـ۵ الکترود چاه و صفحه یا سیم چمبره

در موردالکترود صفحه‌ای : جنس، ابعاد (طول × عرض × ضخامت) سطح مقطع هادی اتصال نوع اتصال هادی به صفحه (جوشی ـ پیچی ـ پرسی)

در مورد الکترود چمبره‌ای : جنس، ساختار(تعداد × قطر مفتولها) سطح مقطع، طول کل بخش دفن شده (بخش زیر زمینی با احتساب بخش قائم هادی)

در مورد همه الکترودها : عمق چاه، قطر چاه، نوع عمیقترین لایه خاک و تاریخ خاتمه حفر چاه

نحوه عمل آوردن خاک و مواد بکار رفته در آن

۷ـ فرم شناسنامه الکترود زمین

اصل فرم که طبق نمونه پیوست خواهد بود باید توسط فردی کار آزموده و مسؤل تکمیل و امضاء شده و در پرونده‌ای مخصوص در مرکز هر بخش نگهداری شود. نسخ اضافی فرم که تعداد آنها طبق روال هر شرکت خواهد بود باید همزمان با فرم اصلی تهیه و در پرونده‌های مخصوص در نقاطی که مقرر می‌باشد، مانند پست مربوط به محلی که الکترود در آن مستقر است، بایگانی شود تا در هر لحظه آماده برای بازدید باشد.

کلیه نسخ شناسنامه باید مشابه بوده و در حکم نسخه اصلی خواهند بود.

شناسنامه الکترود زمین

نام/ شماره/ کد ..... طرحواره محل استقرار الکترود اصلی و الکترودهای فرعی

تاریخ احـــداث .....

تاریخ اندازه‌گیری .....

ساعت اندازه‌گیری .....

دمـــای هـــوا .....

درجه رطوبت نسبی .....

بارندگی در ۴۸ ساعت گذشته .....

نوع الکترود:

میله‌ای		*ته تیر*		*افقی*		*چاه سنتی*		
میله	لوله	چمبره	صفحه	سیم	تسمه	صفحه	چمبره	چاه
قطر		مقطع	اندازه	مقطع	اندازه	اندازه	مقطع	قطر
طول		نوع	جنس	جنس		جنس	جنس	جنس خاك
کوبیده	دفن	طول	هادی اتصال	طول		هادی اتصال	طول هادی	
نحوه کوبیدن		نوع بست	نوع اتصال	نوع بست یا اتصال		نوع بست	نوع بست	

نحوه عمل‌آوردن خاك در صورت وجود:

توضیحات:

نام تهیه کننده: مقام: امضاء:

شناسنامه الکترود زمین

اندازه‌گیری دوره‌ای مقاومت:

تاریخ	ساعت	دمای هوا درجه سلسیوس	رطوبت نسبی ٪	مقدار بارندگی ۴۸ ساعت قبل میلیمتر	مقاومت اهم	نام و امضاء تهیه کننده

پیوست ۴

تطبیق شرایط موجود شبکه‌های توزیع کشور

با مقـررات بـخش ۳۶۶

تطبیق شرایط موجود شبکه‌های توزیع

کشور با مقررات بخش ۳۶۶

ـ مقدمه

هشت حالت عنوان شده در بخش ۳۶۶، کلیه حالتهایی که امکان وقوع آنها برای شبکه‌های توزیع وجود دارد را عنوان می‌کنند، در صورتیکه ساختار شبکه‌های توزیع کشورمان به گونه‌ایست که بعضی حالات عنوان شده در بخش ۳۶۶ در آنها اتفاق نمی‌افتد.

در این پیوست به تطبیق شرایط موجود شبکه‌های توزیع کشور با حالتهای عنوان شده می‌پردازیم.

۱ـ خطوط فشارقوی

هم خطوط کابلی و هم خطوط هوایی برای تغذیه پستها متداول می‌باشند.

۲ـ نوع ساختمان

ساختمانهای متداول برای پست، از نوع آجر و آهن است گرچه از ساختمانهای بتنی و کیوسک تمام

فلزی نیز استفاده می‌شود، در هر حال به وجود جدایی (عایقبندی) بین تابلوهای فشار ضعیف و تابلوهای فشارقوی و ترانسفورماتور در آنها نمی‌توان اطمینان داشت. لذا بهتر است از اول تابلوهای فشارضعیف را به زمین حفاظتی پست وصل کرده و از وصل آنها به هادی خنثی خودداری کرد. البته در این صورت درجه عایقبندی تابلو باید بالاتر باشد.

۳ـ کابلهای فشارضعیف

جز در بعضی صنایع مخصوص، در توزیع فشار ضعیف از کابلهای با غلاف فلزی در تماس با زمین استفاده نمی‌شود لذا مسئله وصل شدن حوزه‌های ولتاژ الکترودهای مجزا از راه زره یا غلاف کابلها کمتر مورد پیدا خواهد کرد.

۴ـ نتیجه گیری

با توجه به مراتب بالا و بطور خلاصه، بیشترین مواردی که از آنها استفاده خواهد شد در شکلهای ۳۶ـ۱، ۳۶ـ۲، ۳۶ـ۳، ۳۶ـ۷ و ۳۶ـ۸، نشان داده شده‌اند.

بررسی نظرات عنوان شده در جلسه مورخ ۷۴/۶/۲۹

در رابطه با پیش نویس استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع

مطابق با صورتجلسه مذکور از ۱۴ مورد عنوان شده به ۸ مورد ترتیب اثر داده و به دلایل ذیل نیازی به اعمال ۶ مورد دیگر نمی‌باشد.

(شماره ردیفهای زیر مطابق با بندهای صورتجلسه می‌باشند).

۱ـ مقاومت مخصوص زمینهای مختلف در جدول پ ـ۱ در استاندارد جدید ذکر شد.

۲ـ شکل پ ـ۱ـ۳ (در صفحه ۶۶ از پیش نویس استاندارد) تصحیح شد.

۳ـ در بند ۳۱۳ـ۳ـ۲ واژه سپر به گارد تبدیل گردید.

۴ـ بر هم جنس بودن کابلشو و هادی متصل به آن در بند ۳۲۳ـ۵ـ۲ از استاندارد جدید تاکید شد.

۵ـ ابعاد عنوان شده در شکل پ ـ۲ـ۴ (صفحه ۷۳ از پیش نویس استاندارد) صحیح می‌باشد و نیازی به تصحیح ندارد.

۶ـ اشکال ترانس و تیر در شکل ۳۶ـ۹ (صفحه ۵۸ از پیش‌نویس استاندارد) صحیح می‌باشند و نیازی به تصحیح ندارند.

۷ـ کلیه حالتهایی که ممکن است در یک شبکه توزیع اتفاق بیافتد در هشت حالت در بند ۳۶۶ ذکر شده، همچنین در رابطه با ایجاد اتصال زمین چند طرح مختلف ذکر شده است و این موارد عملاً همان طرحهای نمونه می‌باشند.

۸ـ استفاده از عایق برای جلوگیری از خوردگی عملاً نقص غرض است زیرا از اتصال هادی با خاک خودداری می‌شود.

۹ـ فرمول بند ۳۵۳ـ۲ صحیح می‌باشد و نیازی به تصحیح ندارد.

۱۰ـ در فرمول بند ۶ از پیوست یک r به p تبدیل شد.

۱۱ـ هدف از این استاندارد تعیین ترتیب فازها و یا تاکید بر آن نمی‌باشد همچنین بسیاری از اشکال

جنبه دیاگرام تک‌خطی دارند و ترتیب فازها از اهمیتی برخوردار نیستند.

۱۲ـکل استاندارد به اتصال نقطه نول و اتصال بدنه تجهیزات پرداخته است.

۱۳ـاین مطلب در بند ۴ از پیوست ذکر شده بود که در استاندارد جدید تکمیل شده است.

۱۴ـدر بند ۳۲۱ در استاندارد جدید به بیان دقیق‌تر این موضوع پرداخته شده.

بسمه تعالی

تاریخ ۱۳۷۴/۶/۲۲

شماره ۱۹۱۵۰/۲۰۱/۱۹

پیوست

مرکز تحقیقات نیرو (متن)

جناب آقای مهندس نمازی

مدیریت محترم دفتر استانداردهای معاونت تحقیقات و تکنولوژی امور برق وزارت نیرو

موضوع : ارسال نظرات عنوان‌شده در جلسه مورخ ۷۴/۶/۲۹ دررابطه با پیش‌نویس استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع

باسلام،

احتراما"، بدینوسیله جمع‌بندی نظرات شرکتهای توزیع دررابطه با پیش‌نویس استاندارد اتصال زمین در شبکه‌های توزیع موضوع دستور کارهای ۵۶ و ۵۷ را به‌استحضار می‌رساند:

۱- بیان مقاومت مخصوص زمینهای مختلف.

۲- تصحیح منحنیهای صفحه ۶۶.

۳- تغییر واژه سپر به گارد.

۴- تاکید بر هم جنس بودن کابلشو و هادی متصل به‌آن.

۵- تصحیح اعداد بیان‌شده در شکل صفحه ۷۳.

۶- شکل ترانس و تیر در صفحه ۵۸ باید تصحیح گردد.

۷- ارائه اشکال نمونه در گزارش.

۸- تاکید براین نکته که در زمینهای با خورندگی بیش از حد از هادی غایق‌دار استفاده شود.

۹- فرمول صفحه ۴۶ تصحیح گردد.

۱۰- در صفحه ۶۵ بجای حرف γ از ρ استفاده شود.

۱۱- در کلیه شکلها ترتیب نول و فاز یکسان گردد.

۱۲- نحوه زمین کردن نقطه نول ترانسفورماتورها آورده شود.

۱۳- درخصوص زمانبندی و نحوه تست سیستم زمین مطالبی عنوان شود.

۱۴- بیان دقیق‌تر جنس هادی زمین.

بخش برق

مرکز تحقیقات نیرو

رونوشت :

بخش برق - گروه توزیع

شهرک قدس ـ انتهای بلوار پونک باختری ـ صندوق پستی ۱۵۷۴۵/۴۲۸ ـ تلفن: ۸۹۳۱۳۰-۸۰۹۳۹۵۰ تلکس ۸۰۹۲۷۷۲