



روزنامه رسمی جمهوری اسلامی ایران

قوه قضائیه

شامل: قوانین - مذاکرات مجلس شورای اسلامی - رویه های قضائی - عهدنامه ها - آئیننامه ها

WWW.RRK.IR

WWW.DASTOUR.IR

تصویب نامه ها - تصمیم نامه ها - اساسنامه ها و آگهیها

تک شماره ۴۵۰۰ تومان

عنوان مندرجات (قوانین و مقررات و مصوبات آراء وحدت رویه)

تاریخ تصویب

دستگاه اجراء کننده

صفحه

آیین نامه ایمنی سامانه اتصال زمین

۱۴۰۱/۹/۳۰

وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی

۱

برابر مخاطرات ناشی از برق، از طریق سامانه اتصال زمین و به منظور (برق گرفتگی و آتش سوزی و انفجار حاصل از شرایط نایمن توزیع برق) و در نهایت صیانت از نیروی انسانی و منابع مادی کشور در این بخش تدوین شده است و برای طراحی و اجرا و نگهداری و اندازه گیری سامانه اتصال زمین، برای تمامی کارفرمایان کارگاه های مشمول قانون کار که دارای شرایط مندرج ذکر شده از فصل نهم تا فصل بیست و سوم این آیین نامه می باشند؛ لازم الاجرا است.

ماده ۲- تعاریف و اصطلاحات در این آیین نامه در معانی مشروح زیر به کار می روند:

۱- ابزار پایش عایق بندی (IMD)^۱ / آشکارساز زمین: ابزاری که مقاومت عایقی بین هادی فاز و الکتروود زمین را اندازه گیری می کند و در صورت پایین آمدن مقاومت از حد معین، به وسیله هشدارهای دیداری و شنیداری اعلام می کند.

۲- ابزارهای پایانه هوایی^۲: بخشی از سامانه حفاظت در برابر آذرخش (صاعقه) است که وظیفه دریافت آذرخش و تخلیه آن به زمین را به عهده دارد.

۳- اتصال زمین عملیاتی^۳: اتصال نقطه خنثای سامانه (نول) به زمین است که باعث قطع مدارهای معیوب احتمالی می شود و در نتیجه عایق بندی سامانه حفظ و اضافه ولتاژها محدود شده و از این طریق، عملکرد درست لوازم، دستگاه های الکتریکی و مدارها تأمین می شود.

۴- اتصال زمین حفاظتی^۴: اتصال بدنه هادی به خنثی (نول) و زمین است تا در مواقع اتصالی، مدار معیوب را به سرعت قطع کند و بدین ترتیب ایمنی فرد در تماس با تجهیزات الکتریکی و هادی های بیگانه را تأمین نموده و خطر آتش سوزی را نیز محدود نماید.^۵

۵- اتصالی: حالتی از مدار که جریان در مسیری غیر عادی یا پیش بینی نشده، جاری می شود. این جریان امکان دارد از نقص در عایق بندی یا از بست های به کار رفته بر روی عایق رساناها ناشی شود.

قوانین و مقررات عمومی

شماره 236822

1401/10/19

مدیرعامل محترم روزنامه رسمی کشور

به پیوست متن بازنگری شده "آیین نامه ایمنی سامانه اتصال زمین" که در شورای عالی حفاظت فنی به استناد مواد 85 و 86 قانون کار جمهوری اسلامی ایران، تأیید و در مورخ 1401/9/30 به توشیح و تصویب وزیر محترم تعاون، کار و رفاه اجتماعی رسیده است (منضم به لوح فشرده مربوطه) برای درج در روزنامه رسمی کشور ارسال می شود.

معاون روابط کار - علی حسین رعیتی فرد

«متن بازنگری آیین نامه ایمنی سامانه اتصال به زمین در جلسه مورخ 1401/7/18

شورای عالی حفاظت فنی»

به استناد مواد (85) و (86) قانون کار جمهوری اسلامی ایران، با هدف ارتقاء فرهنگ ایمنی، ایمن سازی و پیشگیری از حوادث ناشی از کار مشمولین قانون کار، "متن بازنگری آیین نامه ایمنی سامانه اتصال به زمین"، موضوع در جلسه مورخ 1401/8/23 "شورای عالی حفاظت فنی" مورد بررسی و موارد به شرح زیر تصویب گردید:

آیین نامه ایمنی سامانه اتصال زمین

فصل اول - کلیات

ماده ۱- هدف و دامنه کاربرد

این آیین نامه به استناد ماده 85 و تبصره یک ماده 86 قانون کار جمهوری اسلامی ایران با هدف ایمن سازی محیط کار و جلوگیری از بروز حوادث ناشی از کار در

1- Insulation Monitoring Device

2- Air Termination

3- Functional

4 - Protectional

5- برای اطلاعات بیشتر در مورد جزئیات انواع سامانه های زمین حفاظتی به پیوست الف مراجعه شود.

۱۷- تماس مستقیم^{۱۰}: تماس فرد با قسمت‌هایی که در حالت عادی باید برق‌دار باشند، مانند تماس با شینه برق‌دار یا سیم فاز یا تماس با سیم نول.

۱۸- تماس غیر مستقیم^{۱۱}: تماس فرد با قسمت‌های رسانای الکتریکی برق‌دار شده در دسترس که در حالت عادی نباید برق‌دار باشند.

۱۹- جرقه‌گیر (ISG)^{۱۲}: در صورت وقوع اضافه ولتاژهای ناگهانی، مقاومت الکتریکی این وسیله کم شده و ولتاژ را تخلیه می‌کند. در نتیجه همبندی هم‌پتانسیل حفاظت در برابر آذرخش تأمین می‌شود.

۲۰- جریان اتصال کوتاه^{۱۳}: اضافه جریانی که در نتیجه بروز اتصالی با امپدانس قابل چشم‌پوشی بین هادی‌هایی با پتانسیل‌های مختلف در شرایط عادی کار برقرار شود.

۲۱- جریان اضافه بار (یک مدار)^{۱۴}: اضافه جریان در مداری که خرابی الکتریکی ندارد.

۲۲- جریان نشتی زمین^{۱۵}: جریان جاری به زمین یا رساناهای دیگری که مدار الکتریکی آنها به زمین راه دارد. در صورت استفاده از خازن در مدارها، امکان دارد جریان مذکور شامل بخش خازنی هم باشد.

۲۳- حداقل انرژی جرقه‌زنی محیط (EMIE)^{۱۶}: حداقل انرژی که می‌تواند باعث جرقه‌زنی مخلوطی از مواد قابل اشتعال مشخص با هوا یا اکسیژن شود. این انرژی با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری می‌شود.

۲۴- حفاظ(مانع حفاظتی)^{۱۷}: حفاظی که از تماس مستقیم با ولتاژهای خطرناک جلوگیری می‌کند، مانند حصار ترانس پست برق فشار قوی.

۲۵- خوردگی الکترو شیمیایی: تشکیل پیل الکتریکی به وسیله فلزات ناهمگون در محیط الکترولیت (مانند مس و فولاد که مس نسبت به فولاد قطب مثبت تشکیل داده، سبب خوردگی سریع خواهد شد).

۲۶- خوردگی شیمیایی: اثر مواد شیمیایی خاک بر روی فلز هادی اتصال زمین.

۲۷- خیز ولتاژ زمین (GPR)^{۱۸}: زمانی که جریان الکتریکی بزرگی وارد زمین می‌شود، این پدیده به وقوع می‌پیوندد. معمولاً این اتفاق در اثر جریان خطا در پست‌های توزیع برق یا در اثر برخورد آذرخش رخ می‌دهد. در این حالت، جریان‌هایی با دامنه بزرگ از طریق سامانه اتصال زمین وارد زمین می‌شوند که نه تنها ولتاژ زمین را افزایش می‌دهد، بلکه ولتاژ خاک اطراف نیز افزایش می‌یابد. این پدیده باعث می‌شود جریان‌های زیادی در مسیر جریان خطا وارد خاک شده و منجر به جاری شدن جریان الکتریکی در بدنه‌های هادی زمین شده از جمله لوله‌ها و سیم‌های مسی و حتی بدن افراد شود.

۲۸- دیمر^{۱۹}: وسیله‌ای در مدار الکتریکی است که برای تغییر شدت روشنایی لامپ‌ها در تأسیسات روشنایی به کار می‌رود.

۲۹- روشنایی با جایگاه (تورفتگی) خشک^{۲۰}: روشنایی که برای نصب در کف یا دیواره یک استخر، وان یا آب‌نما در تورفتگی که در برابر ورود آب درزبندی شده، در نظر گرفته می‌شود.

۳۰- روشنایی با جایگاه (تورفتگی) مرطوب^{۲۱}: روشنایی است که برای نصب در یک پوسته مستقر در سازه یک استخر یا آب‌نما در نظر گرفته می‌شود که کاملاً با آب احاطه خواهد شد.

۳۱- روشنایی بدون جایگاه (تورفتگی)^{۲۲}: روشنایی که برای نصب در بالا یا زیر آب بدون جایگاه در نظر گرفته می‌شود.

۶- الکتروود ارت (زمین)^۱: رسانا یا گروهی از رساناهای متصل به هم که اتصال الکتریکی به زمین را فراهم می‌کنند.

۷- الکتروودهای متفرقه: اجزای هادی تأسیسات و تجهیزاتی از جنس مس و آهن و فولاد و غیره هستند که در ساختمان‌ها و تأسیسات مربوط به آن برای مصارف ویژه به کار می‌روند و در همبندی برای پایین‌آوردن مقاومت کل، مورد استفاده قرار می‌گیرند. غلاف‌های فلزی و زره کابل‌ها را که معمولاً به منظور ایجاد مسیری برای هدایت جریان اتصالی به نقطه خنثای منبع در محل ترانسفورماتور استفاده می‌شوند، می‌توان به عنوان الکتروود متفرقه محسوب کرد، به شرطی که حداقل به طول ۳۰۰ متر در زیر خاک مدفون باشد.

۸- انکوباتور^۲: انکوباتور نوزاد دستگاهی است برای مراقبت ویژه نوزادان در بدو تولد و نوزادانی که زودتر از موعد مقرر متولد می‌شوند. دستگاه انکوباتور امکاناتی جهت حفظ سلامتی نوزادان در اختیار آنان قرار می‌دهد از جمله: دما و رطوبت و اکسیژن قابل تنظیم بوده و پزشک بر اساس نیاز نوزاد می‌تواند آن پارامترها را تنظیم نماید.

۹- پتانسیل زمین (ارت)^۳: پتانسیل الکتریکی ایجاد شده نسبت به جرم موجود زمین یا نسبت به سطح زمین اطراف الکتروود ارت، هنگامی که جریان الکتریکی از الکتروود به زمین جاری شود.

۱۰- پیت^۴ (خاک گیاهی): خاکی که مواد آلی تجزیه‌نشده به ضخامت مختلف با کمی مواد معدنی (رس و سیلت و شن) مخلوط گردیده و به رنگ سیاه در زیر لایه‌های خاک تکامل‌یافته مشاهده می‌شود. مواد آلی تجزیه‌نشده در خاک پیت عموماً از شاخ و برگ درختان در ارتفاعات پست و زمین‌های کم‌شیب مناطق جنگلی و یا ریشه و ساقه و برگ گیاهان علفی در مناطق مرتعی تشکیل یافته است.

۱۱- تابلوی برق^۵: مجموعه‌ای از ورودی و خروجی‌های برق و وسایل اضافه جریان خودکار که در داخل جعبه یا کابینت قرار داشته و برخی از انواع آن‌ها کلیدهایی برای کنترل روشنایی، گرما یا مدارهای توان دارند.

۱۲- تأسیسات الکتریکی^۶: مجموعه‌ای از تجهیزات الکتریکی مرتبط با هم که هدف یا هدف‌های معینی را با مشخصات فنی هماهنگ تأمین می‌کنند.

۱۳- تأسیسات الکتریکی موقت: تأسیساتی است که در طول دوره ساخت و ساز و تعمیر و نگهداری و تغییر مدل یا تخریب ساختمان‌ها و سازه‌ها و تجهیزات و فعالیت‌های مشابه دیگر به منظور تأمین برق استفاده می‌شود و تا زمان پایان عملیات مجاز است. این زمان در مورد روشنایی موقت برای جشن‌ها و موارد مشابه، ۹۰ روز است.

۱۴- تجهیزات الکتریکی^۷: تمامی مدارها و وسایل و دستگاه‌ها و مصرف‌کننده‌ها و هر وسیله مشابه دیگر که به عنوان بخشی از تأسیسات الکتریکی به کار رفته یا در ارتباط با این تأسیسات هستند.

۱۵- تجهیزات مصرف‌کننده جریان^۸: تجهیزاتی که برای تبدیل انرژی الکتریکی به نوعی انرژی دیگر در نظر گرفته می‌شود.

۱۶- ترمینال اصلی زمین (شینه ارت)^۹: ترمینال یا شینه‌ای که برای وصل هادی‌های حفاظتی که شامل هادی‌های همبندی برای هم‌ولتاژ کردن و هادی‌های مربوط به اتصال زمین عملیاتی (در صورت وجود) به سامانه زمین است، پیش‌بینی می‌شود.

- 10- Direct Contact
- 11- Undirect Contact
- 12- Isolating Spark Gaps
- 13- (Solid) Short-Circuit Current
- 14- Over Load Current
- 15- Earth Leakage Current
- 16 - Minimum Ignition Energy
- 17- Barrier
- 18- Ground Potential Rise
- 19- Dimmer
- 20- Dry-niche luminaire
- 21- wet- niche luminaire
- 22- no-niche luminaire

- 1- Earth Electrode
- 2- Incubator
- 3- Earth Potential
- 4 - Peat
- 5- Switch Board
- 6- Electrical Installation
- 7- Electrical Equipment
- 8- Current Equipment
- 9- Main Earthing Terminal

۴۵- شخص دارای صلاحیت: مشاوران و خدمات‌دهندگان حفاظت فنی و ایمنی که به استناد آیین‌نامه مشاوران و خدمات‌دهندگان حفاظت فنی و ایمنی دارای پروانه صلاحیت با گرایش ایمنی برق از مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار می‌باشند.

۴۶- شرایط عادی عملکرد: وضعیتی است که در آن تجهیزات کارخانه در محدوده پارامترهای طراحی خود کار می‌کنند. آزادسازی خیلی کم مواد قابل اشتعال ممکن است بخشی از عملکرد عادی به شمار آید که شامل آزاد شدن از بسته‌بندی مکانیکی روی پمپ‌ها است.

۴۷- شیوه‌های درون قلبی: شیوه‌هایی که در آن هادی‌های الکتریکی، درون قلب بیمار یا در تماس با آن قرار گرفته و در خارج از بدن در دسترس باشد. اینگونه هادی‌ها ممکن است شامل سیم‌های عایق‌دار مانند الکترودهای تنظیم ضربان قلب یا الکترودهای درون قلبی برای الکتروکاردیوگرافی و یا لوله‌های عایق حاوی مایع هادی باشد.

۴۸- طبقه بندی مکان‌های پرخطر:

۴۸-۱- مکان‌های کلاس یک: مکان‌هایی هستند که در آنها گازهای قابل اشتعال، بخارهای تولیدشده از مایعات قابل اشتعال یا بخارهای تولیدشده از مایعات قابل انفجار در هوا به اندازه‌ای وجود دارند یا ممکن است وجود داشته باشند که مخلوط‌های قابل انفجار یا اشتعال تولید کنند.

۴۸-۲- مکان‌های کلاس دو: به مکان‌هایی گفته می‌شود که به دلیل وجود غبار قابل انفجار یا ایف قابل جرقه‌زدن یا ذرات معلق قابل انفجار در آنها خطرناک هستند.

۴۹- طبقه بندی مکان‌های پرخطر بر حسب منطقه خطر

۴۹-۱- ناحیه صفر (همیشه پرخطر): مکانی است که غلظت‌های قابل اشتعال گازها یا بخارهای قابل اشتعال به طور پیوسته یا مدت طولانی در محیط وجود داشته باشند

۴۹-۲- ناحیه یک (گاهی پرخطر): مکانی است که احتمال دارد غلظت‌های قابل اشتعال گازها یا بخارهای قابل اشتعال به یکی از دلایل عملکرد عادی و عملیات تعمیر یا نگهداری یا نشتی و خرابی تجهیزات یا خطا در عملیات و، خرابی تجهیزات الکتریکی در آن به وجود آید؛ و یا مکانی که به طور طبیعی در مجاورت ناحیه صفر (همیشه پرخطر) باشد، مگر اینکه به وسیله تهویه فشار مثبت از یک منبع هوای پاک از این ارتباط جلوگیری شود و حفاظ‌های ایمنی مؤثر در برابر خطای تهویه تأمین شده باشد.

۴۹-۳- ناحیه دو (به ندرت پرخطر): مکانی است که امکان وجود غلظت‌های قابل اشتعال از گازها یا بخارهای قابل اشتعال در شرایط عادی عملکرد وجود ندارد و یا تنها برای یک دوره زمانی کوتاه خواهد بود یا در اثر سوراخ شدن یا خرابی مخزن‌ها یا سامانه یا در اثر عملکرد غیر عادی تجهیزات جابجایی، تجهیزات فرایند یا خرابی تهویه امکان نشت وجود دارد؛ و یا مکانی که به طور طبیعی در مجاورت ناحیه یک گاهی پرخطر) باشد، مگر اینکه به وسیله تهویه فشار مثبت از یک منبع هوای پاک از این ارتباط جلوگیری شود و حفاظ‌های ایمنی مؤثر در برابر خطای تهویه تأمین شده باشد.

۵۰- عایق‌بندی^{۱۰}: پوشاندن یا جداسازی قسمت‌های برق‌دار با ماده‌ای که از عبور جریان الکتریکی جلوگیری می‌کند یا مقدار آن را کاهش می‌دهد تا ایمنی لازم را در برابر برق‌گرفتگی فراهم کند.

۵۱- عایق‌بندی کابل^{۱۱}: مواد عایقی که در ساختار کابل به کار می‌رود و کار اصلی آن‌ها مقاومت در برابر ولتاژ است.

۵۲- فضای مراقبت از بیمار: همه فضاهای مرکز درمانی که در آن بیماران مورد معاینه یا درمان قرار می‌گیرند.

۵۳- قسمت هادی بیگانه (EXCP)^{۱۲}: قسمتی از رساناها که احتمال ایجاد پتانسیل، به ویژه پتانسیل ارت در آنها وجود دارد و بخشی از تجهیزات الکتریکی محسوب نمی‌شوند. هادی‌های بیگانه عبارت‌اند از:

۳۲- زمین (ارت)^۱: رسانندگی جرم زمین در صورتی که پتانسیل الکتریکی در هر نقطه از زمین به صورت قراردادی برابر صفر در نظر گرفته شود. هرگونه اتصال هادی عمدی یا تصادفی یک مدار الکتریکی یا تجهیزات به زمین یا به برخی بدنه‌های هادی که به جای زمین (ارت) عمل می‌کنند، حکم زمین را دارد.

۳۳- زمین حفاظتی: در این روش بدنه‌های هادی به خنثی و زمین وصل می‌شود تا در مواقع اتصالی مدار معیوب را به سرعت قطع کند و بدین ترتیب ایمنی افرادی که بنا به وظیفه شغلی در تماس با تجهیزات سیستم‌های الکتریکی هستند و همچنین سایر افراد جامعه که مصرف‌کننده نهایی انرژی هستند، تأمین، و خطر آتش‌سوزی نیز محدود شود.

۳۴- زمین دور^۲: فاصله‌ای در سطح زمین از محل الکتروود زمین (ارت) که ولتاژ آن قسمت نسبت به افزایش ولتاژ الکتروود ارت ناشی از جریان عبوری از آن، چندان تأثیر نمی‌پذیرد.

۳۵- زمین عملیاتی (ایزوله): در این روش وصل نقطه خنثی سامانه به زمین باعث قطع مدارهای معیوب احتمالی می‌شود و در نتیجه عایق‌بندی سامانه حفظ شده، صحت کار لوازم و دستگاه‌های الکتریکی تأمین و اضافه ولتاژها محدود و از این طریق به کار درست لوازم و مدارها کمک می‌شود.

۳۶- زمین مؤثر: اتصال به زمین عمدی از طریق یک اتصال زمین یا اتصالاتی با امیدانسی به حد کافی پایین که ظرفیت مناسب برای حمل جریان را دارد تا از ایجاد ولتاژهایی که ممکن است منجر به ایجاد خطر برای تجهیزات متصل به آن یا فرد شود، جلوگیری کند.

۳۷- سامانه اتصال زمین (ارتینگ)^۳: مجموعه‌ای از یک یا چند الکتروود همراه با سیم‌های ارت و هادی‌های همبندی که قابلیت اتصال به ترمینال اصلی داشته باشند و برای تأمین زمین مؤثر پیاده‌سازی شوند.

۳۸- سامانه حفاظت در برابر آذرخش (LPS)^۴: سامانه کامل مورد استفاده برای حفاظت یک سازه و اجزای درونی آن در برابر اثرات آذرخش.

۳۹- سامانه سلول سوخت^۵: یک سامانه الکتروشیمیایی است که از سوخت برای تولید جریان الکتریکی استفاده می‌کند. در چنین سلول‌هایی، واکنش شیمیایی اصلی مورد استفاده برای تولید برق، احتراق نیست.

۴۰- سامانه سیم‌کشی^۶: مجموعه‌ای است متشکل از کابل و سیم و شینه و همچنین قسمت‌های نگهدارنده آن‌ها شامل لوله توکار و روکار و داکت و سینی و کانال.

۴۱- سامانه فتو ولتائیک (PV)^۷: سامانه تغذیه‌ای است که نور خورشید را به طور مستقیم به الکتریسیته تبدیل می‌کند. یک سامانه فتوولتائیک از یک یا چند پنل خورشیدی به همراه مبدل‌ها و سایر سخت‌افزار الکتریکی و مکانیکی تشکیل می‌شود.

۴۲- سپر (شیلدینگ کابل)^۸: لایه فلزی زمین شده روی کابل که از تأثیر میدان الکتریکی کابل به خارج از آن جلوگیری و یا کابل را در برابر تأثیر عوامل الکتریکی خارجی محافظت می‌کند.

۴۳- سطح حفاظتی (کلاس حفاظتی) تجهیزات حفاظت در برابر آذرخش (صاعقه‌گیرها): کلاس حفاظتی عبارت است از تعیین محدوده‌ای که در آن احتمال برخورد آذرخش مستقیم، مطابق با درصد معینی می‌باشد و بر اساس پارامترهای جریان آذرخش تعیین می‌شود. طبق استاندارد IEC 62305 چهار کلاس حفاظتی I و II و III و IV تعریف شده است که کلاس I بالاترین سطح حفاظتی (۰.۹۹٪) را دارد و کلاس‌های دیگر به ترتیب ۰.۷۵٪، برای کلاس II و ۰.۵۰٪ برای کلاس‌های III و IV دارند.

۴۴- سینی کابل^۹: تکیه‌گاه پایه‌داری برای کابل که لبه‌های آن برگشته و بدون پوشش است و ممکن است دارای منافذ پرس شده باشد.

- 1- Earth
- 2- remote earth
- 3- Earthing
- 4 - Lightning Protection System
- 5- Feul Cell
- 6- Wiring System
- 7- Photo Voltaics
- 8- Shielding
- 9- Cable Tray

- 10- Insulation
- 11- Insulation (of a Cable)
- 12 -Extraneous Conductive Part

۶۶ - مدار توزیع (در یک تأسیسات)^{۱۱}: مداری است که یک تابلوی برق را تغذیه می‌کند.

۶۷ - مدار ذاتاً ایمن^{۱۲} از نظر مکان‌های پرخطر: مداری است که برای کاربرد در محیط‌های خطرناک قابل اشتعال و قابل انفجار طراحی و ساخته می‌شود؛ به گونه‌ای که در آن عامل انرژی (حرارتی و یا الکتریکی)، در میزان پایین‌تر از سطح لازم برای جرقه زدن و اشتعال یا انفجار محدود شود و بنابراین هیچ‌گونه جرقه یا اثر حرارتی قادر به جرقه‌زنی مخلوطی از مواد قابل اشتعال یا قابل انفجار در هوا تحت شرایط آزمون وجود ندارد.

۶۸ - مفصل^{۱۳}: وسیله‌ای است برای اتصال بین دو کابل که یک مدار پیوسته را تشکیل می‌دهد.

۶۹ - مقاومت کل الکتروود ارت^{۱۴}: مقاومت بین ترمینال اصلی زمین و کره زمین. مقاومت الکتروود، مقاومت حجم خاکی است که الکتروود را احاطه می‌کند و به اصطلاح حوزه مقاومت الکتروود زمین گفته می‌شود.

۷۰ - مقاومت متقابل الکتروودهای زمین: تغییرات ولتاژ در یک الکتروود که به دلیل تغییرات جریان در الکتروود دیگر به وجود می‌آید و با واحد اهم بیان می‌شود.

۷۱ - مقاومت نول: کل مقاومت سیم نول که ممکن است شامل چندین الکتروود اتصال زمین در نزدیکی پست ترانسفورماتور یا ژنراتور و اتصالات زمین کابل‌هایی با غلاف فلزی، اتصالات زمین خطوط هوایی در ابتدا و انتهای هر خط اصلی و غیره باشد.

۷۲ - مکان‌های درمانی گروه صفر: مکان‌هایی که در آن از تجهیزات الکتریکی پزشکی که از شبکه تغذیه کند و در تماس با بدن باشد، استفاده نمی‌شود.

۷۳ - مکان‌های درمانی گروه ۱: مکان‌هایی که در آن از تجهیزات الکتریکی پزشکی به جز شیوه‌های درون قلبی استفاده شود.

۷۴ - مکان‌های درمانی گروه ۲: مکان‌هایی که در آن از تجهیزات الکتریکی پزشکی برای شیوه‌های درون قلبی استفاده شود.

۷۵ - منطقه‌بندی استخرهای شنا و آب‌نماها و نظایر آن: مناطق استخرها و وان‌ها و آب‌نماها و نظایر آن طبق بند ۷۰۲ - ۳۰ - ۱۰۲ و ۷۰۲ - ۳۰ - ۱۰۳ و ۷۰۲ - ۳۰ - ۱۰۴ استاندارد ملی ایران به شماره ۷۰۲ - ۷ - ۱۹۳۷ توصیف می‌شوند.

۷۶ - واحد متحرک: واحد به وسیله نقلیه و یا یک ساختار متحرک یا قابل جابه‌جایی که همه یا قسمتی از تأسیسات الکتریکی را شامل می‌شود، اشاره دارد. واحدهای تلویزیونی و رادیویی و واحدهای خدمات پزشکی و واحدهای تبلیغاتی و واحدهای اطفاء حریق و واحدهای استفاده‌کننده از فناوری اطلاعات خاص و واحدهای اسکان موقت در هنگام وقوع حوادث و واحدهای تحویل غذا و موارد مشابه جزء واحدهای متحرک هستند.

۷۷ - وسایل قطع و وصل و کنترل^{۱۵} (قبل یا بعد از تابلو): همه اجزا و وسایل الکتریکی که برای قطع و وصل یک مدار الکتریکی و حفاظت مصرف‌کنندگان تجهیزات الکتریکی با یکی از اهداف حفاظت، کنترل، جداکردن یا انجام عملیات قطع و وصل پیش‌بینی می‌شود و همه سوئیچ‌ها و کنتاکتورها و وسایل جریان تفاضلی (RCD) و کلیدهای حفاظتی موتورها را دربرمی‌گیرد.

۷۸ - وسیله پایش عایق‌بندی: این وسیله سامانه زمین‌نشده بین یک هادی فاز فعال و زمین را پایش می‌کند. این وسیله باید در صورت کاهش مقاومت بین دو هادی از مقدار تعیین شده (معمولاً $50\text{K}\Omega$) هشدار دهد یا منبع تغذیه را قطع کند.

۷۹ - وسیله جریان تفاضلی (RCD)^{۱۶}: وسیله قطع و وصل مکانیکی یا مجموعه‌ای از وسایل که اگر جریان تفاضلی (تفاضل جریان مدار با جریان مرجع وسیله) در شرایط معین به مقدار مشخصی برسد، کنتاکت‌ها (اتصالات) را باز می‌کند.

لوله‌های فلزی گاز و نفت و آب و هوای فشرده و فاضلاب و لوله‌ها و مجراها و سایر سرویس‌ها و سامانه‌های حرارتی و برودتی و کانال و لوله‌های تهویه هوا و قسمت‌های فلزی در دسترس ساختمان و صاعقه‌گیر و قفسه فلزی انبار.

۵۴ - قسمت هادی در دسترس (ECP)^۱: قسمت روباز تجهیزات که قابل دسترسی بوده و حامل برق نیست، اما امکان برق‌دار شدن در شرایط اتصالی را دارد. هادی نول نیز شامل این قسمت‌ها است، اما طبق قرارداد، هادی PEN (هادی مشترک ارت - نول) به عنوان قسمت برق‌دار محسوب نمی‌شود.

۵۵ - قسمت برق‌دار^۲: هر قسمت هادی جریان مانند سیم، ترمینال و سایر اجزای تجهیزات الکتریکی که فاقد عایق‌بندی مناسب باشند.

۵۶ - قسمت‌هایی که به طور همزمان با هم قابل دسترسی هستند^۳: سیم‌ها یا قسمت‌های رسانا که به طور همزمان در موقعیت‌های مخصوصی قابل لمس هستند. این قسمت‌ها شامل بدنه‌های برق‌دار و قسمت‌های در دسترس و هادی‌های بیگانه و سیم ارت و الکتروودهای ارت هستند.

۵۷ - قطع‌کننده مدار^۴: وسیله خودکار قطع و وصل مدار که قادر است در شرایط عادی مدار، جریان‌ها را قطع یا وصل کند و در شرایط غیر عادی مانند اتصال کوتاه، جریانی را به مدت کوتاه از خود عبور دهد یا قطع کند.

۵۸ - کاروان: کاروان یا خانه سیار وسیله نقلیه غیر موتوری است که برای سکونت و یا کار استفاده شده و عرض آن از ۲/۶ متر و طول آن از ۱۲ متر بیشتر نباشد.

۵۹ - کانال کابل^۵: محفظه یا پوششی که روی زمین یا درون آن قرار دارد و در بعضی موارد دارای تهویه است و ابعاد آن اجازه ورود افراد را به داخل آن نمی‌دهد، ولی دسترسی به هادی‌ها یا کابل‌ها در تمامی طول آن امکان‌پذیر است.

۶۰ - کلید قطع بار^۶: وسیله مکانیکی قطع و وصل که قادر به وصل، عبور دادن و قطع جریان برق مدار در شرایط عادی است. شرایط عادی ممکن است شامل وضعیتی با اضافه بارهای مشخص باشد. همچنین، این وسیله می‌تواند برای مدتی معین جریان‌هایی را در شرایط غیر عادی مدار، مانند اتصال کوتاه تحمل کند.

۶۱ - گرادبان پتانسیل (در یک نقطه از زمین)^۷: اختلاف پتانسیل اندازه‌گیری شده بر واحد طول یک نقطه، در جهتی که پتانسیل بیشترین مقدار را داشته باشد.

۶۲ - لوازم الکترونیکی حساس: لوازم و تجهیزاتی هستند که ولتاژ کاری آنها نسبت به وسایل برقی دیگر بسیار پایین است و بنابراین نسبت به تغییرات آنی ولتاژ ناشی از آذرخش و الکتروسیته ساکن و خطاهای اتصال کوتاه و مانند آن حساسیت بیشتری دارند و آسیب‌پذیرتر هستند. کامپیوترهای حساس و کنترلرهای قابل برنامه‌ریزی (PLC)^۸ و سامانه‌های کنترل توزیع‌شده (DCS)^۹ مثال‌هایی از این ابزار حساس هستند.

۶۳ - محیط بیمار: هر فضایی که در آن تماس عمدی یا غیرعمدی بین بیمار و سامانه تجهیزات الکتریکی پزشکی یا بین بیمار و افراد دیگری که بخش‌هایی از تجهیزات پزشکی را لمس می‌کنند، بتواند رخ دهد.

۶۴ - مدار ایزوله: مداری است که به منظور جلوگیری از شوک الکتریکی از خط AC جدا (ایزوله) می‌شود.

۶۵ - مدار برقی (در یک تأسیسات)^{۱۰}: مجموعه‌ای از تجهیزات الکتریکی که از منبعی واحد تغذیه کنند و در برابر اضافه جریان‌ها به کمک وسیله واحدی حفاظت شوند.

- 1- Exposed Conductive Part
- 2- Live Part
- 3- Simultaneously Accessible Parts
- 4- Circuit-Breaker
- 5- Cable Channel
- 6- Switch
- 7- Potential Gradient
- 8- Programmable Logic Controller
- 9- Distributed Control System
- 10- Circuit

- 11- Distribution Circuit of an Installation
- 12- Intrinsically safe circuits
- 13- Joint
- 14 - Total Earthing Resistance
- 15- Switchgear and Control Gear
- 16- Residual Current Device

۹۰- هادی خنثی (نول): سیمی متصل به نقطه خنثی در سامانه (صفر زمین) که قادر است انرژی الکتریکی را انتقال دهد.

۹۱- هادی زمین (سیم اتصال زمین): قسمتی از سامانه اتصال زمین است که الکتروود زمین را به ترمینال اصلی زمین وصل می‌کند.

۹۲- هادی غلاف‌دار فلزی به منظور زمین کردن: یک نوع سامانه سیم‌کشی که در آن سرتاسر طول یک یا چند سیم عایق‌دار توسط نوار یا غلاف فلزی پوشانده شده و مانند هادی PEN عمل می‌کند.

۹۳- هادی مشترک ارت - نول (PEN): هادی که به طور مشترک، هم کار هادی اتصال زمین و هم کار هادی نول را انجام دهد.

۹۴- هادی همبندکننده: یک رشته سیم مسی، یک تسمه مسی، یک عدد میلگرد و یا یک تیر یا ستون فلزی که در سقف‌ها و ستون‌های ساختمان بر اساس نقشه همبندی قرار می‌گیرد.

۹۵- همبندی اضافی: مکمل همبندی اصلی است و به منظور هم‌ولتاژ کردن نقاطی که هم‌زمان در دسترس هستند، اجرا می‌شود. این نوع همبندی، همبندی کمکی یا محلی نیز نامیده می‌شود.

۹۶- همبندی سامانه: اتصال اجزای مختلف سامانه اتصال زمین به یکدیگر به منظور هم‌پتانسیل کردن قسمت‌های مختلف تأسیسات که به مجموعه این اتصالات، شبکه همبند نیز گفته می‌شود.

فصل دوم - مقررات اختصاصی انواع سامانه‌های اتصال زمین

بخش اول - سامانه‌های TN^۱

ماده ۳- اجرای سامانه اتصال زمین TN-C فقط در شرایط زیر مجاز است:

۱- پیوستگی PEN همواره حفظ شده و تحت هیچ شرایطی قطع نشود،

۲- محیط عاری از گرد و غبار باشد، و

۳- محیط عاری از مواد و گازهای قابل اشتعال و قابل انفجار باشد.

ماده ۴- در سامانه اتصال زمین TN-C، سیم نول هرگز نباید قطع شود.

ماده ۵- برای جلوگیری از تداخل امواج الکترومغناطیسی، در ساختمان‌هایی که دارای لوازم الکترونیکی حساس (ابزار دقیق) می‌باشند، استفاده از سامانه اتصال زمین TN-C ممنوع است.

ماده ۶- تمام الکترودهای در دسترس زمین باید از طریق شینه ارت به یکدیگر متصل شوند.

ماده ۷- در سامانه اتصال زمین TN، تنها در صورتی استفاده از یک هادی مشترک برای هر دو منظور حفاظتی (PE) و خنثی (نول) مجاز است که سطح مقطع هادی مشترک از ۱۰ میلی‌متر مربع کمتر نباشد.

تبصره - اگر کابل از نوع هم‌مرکز باشد، حداقل سطح مقطع هادی مشترک ۴ میلی‌متر مربع مجاز است، به شرطی که در همه اتصالات کابل هم‌مرکز، پیوستگی هادی غلاف برقرار باشد.

ماده ۸- استفاده از الکترودهای زمین مجزا در کلیه سامانه‌های اتصال زمین TN، ممنوع است.

ماده ۹- در صورت اجرای هر یک از سامانه‌های اتصال زمین TN-S یا TN-C-S، اتصال مجدد هادی‌های حفاظتی و خنثی پس از نقطه تفکیک، ممنوع است.

ماده ۱۰- استفاده از وسیله جریان تقاضی (RCD) به عنوان حفاظت در سامانه‌های اتصال زمین TN-C ممنوع است.

ماده ۱۱- در صورت استفاده از RCD در یک سامانه TN-C-S، RCD باید پس از جدایی هادی حفاظتی و نول نصب شود.

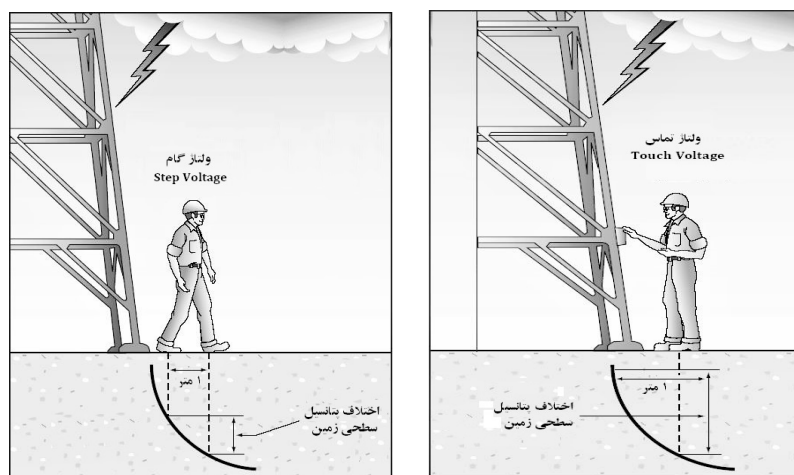
ماده ۱۲- در سامانه اتصال زمین TN-C-S، اتصال نول و ارت در تابلوی اصلی برق الزامی است.

۸۰- ولتاژ انتقالی (Transfer Voltage): در پست‌های فشارقوی و نیروگاه‌ها به دلیل سطح اتصال کوتاه بسیار زیاد، در زمان اتصالی، جریان شدیدی در مقیاس چند ده کیلو آمپر می‌تواند به شبکه زمین تزریق شود و ولتاژ قابل ملاحظه‌ای به صورت GPR در شبکه زمین نسبت به زمین دور دست ایجاد کند و بر این اساس، هادی‌های بیگانه‌ای که از محدوده پست یا نیروگاه به بیرون امتداد پیدا می‌کنند مانند ریل قطار و لوله‌های فلزی آب و گاز و سینی‌های کابل و شیلد کابل‌ها و غیره می‌توانند ولتاژهای با دامنه بالای GPR را به بیرون منتقل کنند. به این انتقال ولتاژ، ولتاژ انتقالی گفته می‌شود که می‌تواند برای افرادی که بیرون از ناحیه شبکه زمین پست و نیروگاه هستند خطرناک باشد.

۸۱- ولتاژ بسیار پایین ایمن (SELV)^۱: ولتاژ AC با مقدار مؤثر کمتر از ۵۰ ولت یا ولتاژ DC بدون ریپل کمتر از ۱۲۰ ولت بین هادی‌ها یا بین یک هادی و زمین مرجع در یک مدار الکتریکی که به وسیله یک ترانسفورماتور جداسازی شده^۲ از سامانه توان تغذیه الکتریکی به صورت گالوانیک جدا شده است.

۸۲- ولتاژ تماس^۳: ولتاژی که به هنگام بروز خرابی در عایق‌بندی بین قسمت‌هایی از هادی‌ها و بدنه‌های هادی و قسمت‌های هادی بیگانه و غیره که به طور هم‌زمان در دسترس هستند، ظاهر می‌شود. (شکل ۱- الف)

۸۳- ولتاژ گام: ولتاژی بر روی سطح زمین که شخص می‌تواند بین فاصله یک متری میان پاهای خود حس کند، بدون آنکه با هیچ شیء زمین شده در ارتباط باشد. (شکل ۱)



ب) ولتاژ گام

الف) ولتاژ تماس

شکل ۱: ولتاژ تماس و ولتاژ گام

۸۴- ولتاژ تماس احتمالی^۴: حداکثر ولتاژ تماس که احتمال دارد در صورت بروز اتصال کوتاهی با امپدانس ناچیز، در تأسیسات الکتریکی ظاهر شود.

۸۵- ولتاژ فشار قوی متناوب: ولتاژ ۱۰۰۰ ولت و بالاتر؛ مستقیم: ولتاژ ۱۵۰۰ ولت و بالاتر

۸۶- ولتاژ فشار ضعیف متناوب: ولتاژ کمتر از ۱۰۰۰ ولت؛ مستقیم: ولتاژ کمتر از ۱۵۰۰ ولت

۸۷- هادی اتصال زمین (سیم ارت)^۵: سیم حفاظتی که ترمینال اصلی ارت تأسیسات را به الکتروود ارت یا سایر قسمت‌های اتصال زمین وصل می‌کند.

۸۸- هادی بای پس^۶: کابل هادی که ارتباط الکتریکی مستقیم بین جدار مخزن و سقف شناور مخزن برقرار می‌کند.

۸۹- هادی حفاظتی (PE)^۷: هادی که قسمت‌های مختلف سامانه را به منظور همبندی هم‌پتانسیل‌سازی اصلی به یکدیگر و در نهایت به زمین متصل می‌کند.

1 - Safety Extra-Low Voltage

2- seprate-winding

3- Touch Voltage

4 - Prospective Touch Voltage

5- Earthing Conductor

6- Bypass Conductor

7- Protective Conductor

8- Neutral Conductor

9- PEN Conductor

۱۰- برای کسب اطلاعات بیشتر در خصوص سامانه‌های TN به پیوست الف ۱- مراجعه شود.

بخش دوم - سامانه TT^۱

ماده ۱۳- استفاده از وسیله جریان تفاضلی (RCD) در سامانه TT الزامی است.

ماده ۱۴- هرگاه چند قسمت هادی در دسترس به طور همزمان به یک RCD مشترک وصل باشند، نباید به الکترودهای زمین مستقل و مجزا وصل شوند.

ماده ۱۵- در سامانه TT، سیم نول باید برق دار در نظر گرفته شود و همزمان با قطع سیم‌های فاز، سیم نول نیز باید قطع شود.

ماده ۱۶- در سامانه TT، اتصال هادی زمین و سیم نول ممنوع است.

ماده ۱۷- در مواردی که سامانه‌های مربوط به ایمنی از جمله اعلام و اطفای حریق، قبل از ابزار حفاظتی اصلی در مدار قرار گرفته باشند، برای حفاظت فرد در برابر تماس مستقیم و غیر مستقیم با سیم نول، قطع سیم نول همراه با سیم فاز الزامی است.

بخش سوم - سامانه IT^۲

ماده ۱۸- استفاده از سامانه IT برای شبکه‌های عمومی توزیع برق ممنوع است.

ماده ۱۹- در کارگاه‌های تولیدی اعم از کوره‌ها و ذوب فلزات و نیروگاه‌ها و صنایع مهمات‌سازی و مدارهای کنترل و معادن زیرزمینی و بعضی از بخش‌های بیمارستانی - که قطع برق خسارات زیادی به بار می‌آورد - اجرای سامانه اتصال زمین IT الزامی است.

ماده ۲۰- در سامانه اتصال زمین IT، به منظور جلوگیری از برق دار شدن قسمت‌های هادی در دسترس به اندازه ولتاژ فاز - به - این سامانه‌ها باید به ابزار پایش عایق‌بندی (IMD) مجهز باشند.

ماده ۲۱- در سامانه اتصال زمین IT، کلیه قسمت‌های هادی در دسترس (ECP) باید به صورت مستقل از منبع تغذیه، به زمین وصل شوند (زمین شوند).

ماده ۲۲- برای جلوگیری از بروز عیوب نوسانی تصادفی زمین در سامانه اتصال زمین IT، نقطه خنثای منبع باید از طریق یک مقاومت الکتریکی که مقدار آن در رابطه زیر صدق می‌کند، به زمین متصل شود.

$$R_s \leq 1/3\omega C_0$$

R_s : مقاومت الکتریکی بین نقطه خنثای منبع و زمین

ω : فرکانس زاویه‌ای جریان خط

C_0 : ظرفیت خازنی خط فاز معیوب

فصل سوم - مقررات الکترودهای مورد استفاده در سامانه اتصال زمین^۳

ماده ۲۳- جنس الکترود و هادی اتصال زمین آن، باید به گونه‌ای باشد که نوع خاک، سبب خوردگی آنها نشود.

ماده ۲۴- رعایت مواد فصل چهارم در خصوص محل دفن الکترود و اتصال الکترودها الزامی است.

بخش اول - الکترودهای صفحه ای

ماده ۲۵- برای اجرای الکترودهای صفحه‌ای، صفحاتی از جنس مس با ابعاد حداقل 0.5×0.5 متر و ضخامت حداقل ۲ میلی‌متر و یا صفحاتی از جنس فولاد گالوانیزه با ابعاد حداقل 0.5×1 متر و ضخامت حداقل ۳ میلی‌متر باید مورد استفاده قرار گیرد.

ماده ۲۶- الکترودهای اتصال زمین باید قبل از گالوانیزه شدن، برش داده شوند و پس از هرگونه برش و سوراخ کاری در آنها، محل برش دوباره گالوانیزه شود.

ماده ۲۷- استفاده از صفحه مشبک که با تسمه یا سیم ساخته شده (شبکه مش) است، به جای صفحه یکپارچه به عنوان الکترود صفحه‌ای اتصال زمین مجاز می‌باشد.

ماده ۲۸- ابعاد مش الکترود زمین با توجه به جنس خاک و عمق دفن و شدت جریان تزییقی به الکترود زمین، گرادیان ولتاژ مجاز و عوامل دیگر مؤثر بر مقاومت اتصال زمین باید توسط طراح و با توجه به روابط فیزیکی و نیز تجربه تعیین شود.

ماده ۲۹- چاه الکترود زمین برای قرار دادن الکترودهای صفحه‌ای باید در مکانی که پایین‌ترین تراز سطح را داشته و احتمال دسترسی به رطوبت در کمترین عمق ممکن وجود داشته باشد، حفر شود.

ماده ۳۰- الکترودهای صفحه‌ای اتصال زمین باید به صورت عمودی در خاک نصب شوند.

ماده ۳۱- سیم اصلی اتصال زمین باید حداقل در دو نقطه مجزا به الکترود وصل شود.

ماده ۳۲- اگر سیم اصلی اتصال زمین و صفحه الکترود از دو جنس مختلف باشند، برای حذف الکترولیت و جلوگیری از خوردگی گالوانیک، محل اتصال دو جنس متفاوت باید با ماده‌ای آب‌بندکننده و نفوذناپذیر مانند قیر اندود شود.

ماده ۳۳- سیم اصلی اتصال زمین باید به یکی از روش‌های ذیل به ترتیب اولویت به الکترود صفحه‌ای مسی وصل شود:

۱- جوش برنج یا نقره؛

۲- جوش اگزوترمیک (کدولد)؛

۳- اتصال مکانیکی همجنس صفحه با حداقل دو بست.

ماده ۳۴- فاصله لبه بالایی الکترود صفحه‌ای از سطح زمین نباید از ۶۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.

بخش دوم - الکترودهای قائم

ماده ۳۵- حداقل عمق دفن الکترود قائم در بستر خاک طبیعی منطقه نباید از ۲ متر کمتر باشد.

ماده ۳۶- الکترودهای میله‌ای اتصال زمین فولادی با روکش مس باید با استفاده از تکنولوژی آبرکاری ساخته شوند و استفاده از فناوری دوزه‌کشی^۴ ممنوع است.

ماده ۳۷- الکترود اتصال زمین قائم (لوله یا میله)، در زمان نصب باید سالم و بدون هرگونه خراشیدگی و زنگ‌زدگی و خمیدگی و فرورفتگی باشد.

ماده ۳۸- الکترودهای میله‌ای اتصال زمین، در صورت عدم وجود مانع باید به صورت قائم نصب شوند.

ماده ۳۹- فاصله بین الکترودهای میله‌ای اتصال زمین حداقل باید برابر مجموع طول دو الکترود باشد.

ماده ۴۰- قطر الکترودهای میله‌ای از جنس مس و فولاد با پوشش مس به ترتیب ۱۲ و ۱۶ میلی‌متر و برای میله‌هایی از جنس فولاد گالوانیزه ۱۶ میلی‌متر باید باشد.

بخش سوم - الکترودهای افقی

ماده ۴۱- حداقل سطح مقطع تسمه مسی، به عنوان الکترود افقی اتصال زمین، نباید از ۵۰ میلی‌متر مربع و ضخامت آن نباید از ۲ میلی‌متر کمتر باشد.

ماده ۴۲- حداقل سطح مقطع تسمه فولادی گالوانیزه گرم، به عنوان الکترود افقی اتصال زمین، نباید از ۱۰۰ میلی‌متر مربع و ضخامت آن نباید از ۳ میلی‌متر کمتر باشد.

ماده ۴۳- حداقل سطح مقطع برای سیم مسی چند مفتولی، به عنوان الکترود افقی اتصال زمین، نباید از ۲۵ میلی‌متر مربع کمتر باشد.

ماده ۴۴- قطر هیچ یک از مفتول‌های تشکیل‌دهنده سیم مسی به عنوان الکترود افقی اتصال زمین، نباید از ۱/۷ میلی‌متر کوچک‌تر باشد و استفاده از هادی‌های افشان به‌عنوان الکترود افقی ممنوع است.

ماده ۴۵- الکترودهای افقی باید در عمقی که پایین‌تر از عمق یخ‌زدگی منطقه باشد، نصب شوند.

بخش چهارم - الکترودهای چنبره‌ای

ماده ۴۶- برای الکترود چنبره‌ای باید از سیم لختی با نمره ۵۰ به صورت حلقه‌ای با شعاع بیرونی ۴۰ سانتی‌متر تعداد ۵ حلقه (که در ته چاه اتصال زمین قرار می‌گیرد) استفاده شود.

بخش پنجم - الکترودهای حلقوی

ماده ۴۷- اگر برای تأسیسات موجود، از الکترود افقی پیرامونی^۵ به عنوان الکترود زمین استفاده می‌شود، عمق دفن الکترود حداقل باید یک متر باشد.

۱- برای کسب اطلاعات بیشتر در خصوص سامانه‌های TT به پیوست الف - ۲ مراجعه شود.

۲- برای کسب اطلاعات بیشتر در خصوص سامانه‌های IT به پیوست الف - ۳ مراجعه شود.

۳- برای کسب اطلاعات بیشتر در خصوص سامانه‌های TT به پیوست الف - ۲ مراجعه شود.

تبصره ۱- در صورت وجود خاک دستی در مکان نصب الکتروود اتصال زمین باید برای دسترسی به خاک بکر و دست نخورده تا عمق بیشتری حفر نمود.

تبصره ۲- ریختن نخاله‌های ساختمانی و سنگ و شن در اطراف الکتروود ممنوع است.
ماده ۶۰- مکان نصب الکتروود اتصال زمین باید به گونه‌ای انتخاب شود که چاه فاضلاب یا آب در حوزه ولتاژی آن قرار نگیرد.

ماده ۶۱- اگر چاه آب بلااستفاده در محل موجود باشد، استفاده از آن برای نصب الکتروود اتصال زمین مجاز است؛ به شرط آن که از این پس تنها برای این منظور مورد استفاده قرار گیرد.

ماده ۶۲- در ارتفاعات سنگلاخی و صخره‌ای که امکان حفاری عمیق در آنها وجود ندارد، برای اجرای سامانه اتصال زمین، باید شیپراهایی ایجاد شده و تسمه مسی در داخل آن قرار گرفته و روی تسمه با مواد مناسب آماده‌سازی خاک (الکتروولیت مناسب) پوشانده و کلیه اتصالات در زیر خاک به هم جوش داده شوند.

ماده ۶۳- در مناطقی که مقاومت ویژه خاک بالا است، استفاده از الکتروولیت با شرایط ذیل مجاز است:

۱- ترکیب‌های افزودنی (الکتروولیت) مورد استفاده در الکتروود باید طوری طراحی و ساخته شوند که عملکرد آنها برای اشخاص و محیط اطراف قطعات استفاده شده، مطمئن و بی‌خطر باشد.

۲- تمامی ترکیبات افزودنی برای زمین کردن باید طبق استاندارد ملی ایران به شماره INSO: 18499-7 مورد آزمون قرار گرفته و از استاندارد لازم برخوردار باشد.
تبصره - در صورت بازنگری استاندارد یادشده، آخرین نسخه استاندارد معتبر خواهد بود.

۳- مواد به کار رفته برای الکتروولیت از ویژگی‌های زیر برخوردار باشد:

۱-۳- مقاومت مخصوص پایین؛

۲-۳- خورندگی خیلی پایین؛

۳-۳- طول عمر بالا؛

۴-۳- سازگاری با محیط زیست؛

۵-۳- جذب رطوبت بالا؛

۶-۳- PH در محدوده خنثی تا اندکی قلیایی (بین ۸ و ۸/۵)؛

۷-۳- مقاومت در برابر شسته‌شدن توسط آب‌های سطحی و زیرزمینی؛

۸-۳- چسبندگی مناسب به الکتروود زمین.

ماده ۶۴- در صورت استفاده از بیش از یک الکتروود، برای دستیابی به کمترین مقاومت الکتریکی معادل، حداقل فاصله دو الکتروود باید به گونه‌ای باشد که در حوزه ولتاژ یکدیگر قرار نگیرند.

ماده ۶۵- ترمینال اصلی سامانه اتصال زمین باید قابل دسترسی باشد تا در هنگام اندازه‌گیری‌های مربوط به اتصال زمین امکان جداسازی تأسیسات از سامانه مذکور وجود داشته باشد.

ماده ۶۶- الکتروود اتصال زمین باید در عمقی نصب شود که سرمای انجماد نتواند به آن نفوذ کند.

ماده ۶۷- تمام سامانه اتصال زمین باید دارای شناسنامه صادره از سوی مشاوران و خدمات دهندگان حفاظت فنی و ایمنی حاوی مشخصات کامل آن شامل نوع و جنس الکتروود یا الکتروودها و ابعاد آنها و تاریخ احداث و محل استقرار و جنس خاک و مقدار مقاومت اندازه‌گیری شده اولیه و دوره‌های بعدی و تغییرات سالیانه و مستندات بررسی سامانه اتصال زمین باشد.

فصل پنجم - همبندی سامانه

بخش اول - همبندی اصلی

ماده ۶۸- برای اجرای همبندی اصلی، باید هادی حفاظتی و هادی خنثی و لوله‌های فلزی آب و لوله‌های فلزی گاز پس از کنتور و لوله‌ها و کانال‌های فلزی اصلی سایر تأسیسات نظیر سامانه‌های حرارت مرکزی و تهویه هوا و داکت و دودکش‌ها و الکتروود اصلی و فرعی اتصال زمین و تمامی قسمت‌های اصلی فلزی ساختمان اعم از اسکلت فلزی و آرماتورهای بتن مسلح و ستون‌ها و چارچوب‌ها و در و پنجره‌های فلزی و ریل‌های کابین و ریل‌های وزنه

ماده ۴۸- اندازه حداقل انواع الکتروودهای اتصال زمین از جنس فولاد باید طبق جدول پ - پ - ۱ پیوست پ باشد.

ماده ۴۹- اندازه حداقل انواع الکتروودهای اتصال زمین از جنس مس باید طبق جدول پ - پ - ۲ پیوست پ باشد.

بخش ششم - الکتروود های متفرقه

ماده ۵۰- استفاده از قسمت‌های فلزی بتن مسلح فونداسیون، به عنوان یک الکتروود اتصال زمین مؤثر با رعایت شرایط ذیل مجاز است:

۱- در سامانه زمین صاعقه‌گیر از آن به عنوان هادی نزولی صاعقه‌گیر استفاده نشود؛
۲- بین تمام فونداسیون ساختمان و بستر زمین اطراف آن، عایق‌بندی رطوبتی انجام نشده و بتن فونداسیون به طور مستقیم و کامل با خاک در تماس باشد؛
۳- از این نوع الکتروود به تنهایی به عنوان سامانه زمین استفاده نشود.

تبصره - اگر در هنگام احداث ساختمان از میلگرد به عنوان هادی مدفون در بتن استفاده می‌شود، قطر آن حداقل ۱۰ میلی‌متر و اگر از سیم مسی لخت استفاده می‌شود، مقطع آن باید حداقل ۲۵ میلی‌متر مربع باشد.

ماده ۵۱- استفاده از بتن مسلح پی به عنوان الکتروود اتصال زمین، در پی‌هایی با عمق کمتر از ۰/۸ متر ممنوع است.

ماده ۵۲- بین کلیه اجزای فلزی که جزء الکتروود اتصال زمین محسوب می‌شوند، باید اتصال الکتریکی مطمئن برقرار شود.

ماده ۵۳- استفاده از تأسیسات زیر سطح زمین نفت و فرآورده‌های نفتی و گاز و هوای فشرده و فاضلاب و لوله‌کشی آب شهری به عنوان الکتروود زمین یا هادی حفاظتی ممنوع است.

ماده ۵۴- حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی باید مطابق جدول پ - پ - ۳ پیوست پ باشد.

تبصره - چنانچه هادی حفاظتی به صورت مشترک برای دو یا چند مدار مورد استفاده قرار گیرد، اندازه آن باید با توجه به اندازه سیم فاز بزرگ‌تر انتخاب شود.

ماده ۵۵- اگر روکش هادی حفاظتی (PE) و هادی فاز متفاوت باشد و هادی حفاظتی در برابر صدمات مکانیکی حفاظت شده باشد، حداقل سطح مقطع آن برای نوع مسی ۲/۵ میلی‌متر مربع و در صورتی که هادی حفاظتی در برابر صدمات مکانیکی حفاظت نشده باشد، حداقل سطح مقطع آن برای نوع مسی باید ۴ میلی‌متر مربع باشد. این مقدار در هر دو حالت برای نوع آلومینیومی نباید کمتر از ۱۶ میلی‌متر مربع باشد.

ماده ۵۶- استفاده از سینی کابل‌ها و لدر^۱ و نظایر آن در صورتی که پیوستگی در تمام طول آن حفظ شود، به عنوان هادی حفاظتی مجاز است؛ به شرطی که هر دو انتهای آن‌ها در سمت بار و منبع به زمین وصل شوند.

فصل چهارم - مقاومت ویژه خاک و محل نصب الکتروودها

ماده ۵۷- محل نصب الکتروود اتصال زمین بر حسب انواع خاک به ترتیب اولویت ذیل باید انتخاب شود:^۲

۱- زمین باتلاقی؛

۲- زمین رسی یا چمنزار؛

۳- زمین رسی مخلوط با کمی ماسه؛

۴- زمین رسی مخلوط با سنگریزه و شن و ماسه؛

۵- شن تر یا نمناک یا پیت.

ماده ۵۸- محل نصب الکتروودها باید به گونه‌ای انتخاب شود که زهکشی آن کم باشد.

ماده ۵۹- نصب الکتروودهای اتصال زمین در زمین‌های مملو از آب و بستر رودخانه‌ها و مسیل‌ها و مسیر عبور آب‌های جاری و زیرزمینی و مسیر احتمالی آبرفت‌های آلوده به کودهای زمین کشاورزی و در چاه فاضلاب و حوزه نفوذ پساب آن و نیز خاک دستی ممنوع است.

1- Ladder

۲- برای کسب اطلاعات بیشتر در خصوص اولویت محل نصب الکتروود زمین بر حسب انواع خاک به پیوست ب مراجعه شود.

ماده ۸۷- در تمامی انشعابات که از یک قطعه از شبکه همبند اتصال زمین گرفته می‌شود (مانند سهرای‌ها) باید اتصال الکتریکی مطمئن برقرار شود.

ماده ۸۸- در هر نقطه‌ای که قطعات طولی و عرضی شبکه همبند اتصال زمین از روی هم عبور می‌کنند، (چهارراهی‌ها) باید اتصال الکتریکی مطمئن برقرار شود.

ماده ۸۹- در سازه‌های اسکلت فلزی که تیرها و ستون‌ها با استفاده از پیچ و مهره به یکدیگر متصل شده‌اند، برای ایجاد اتصال الکتریکی مطمئن بین قطعات فلزی شبکه همبند سامانه اتصال زمین، باید از یک قطعه سیم مسی رابط^۱ استفاده شود.

ماده ۹۰- اتصال سیم رابط بین قطعات فلزی شبکه همبند سامانه اتصال زمین به قطعات فولادی باید به روش جوش ترمیت و یا با استفاده از کابلشو انجام شود و این اتصال همواره در دسترس و قابل بازرسی و تعمیر باشد.

ماده ۹۱- سیم رابط بین قطعات فلزی شبکه همبند سامانه اتصال زمین باید از انحنای لازم برای انبساط و انقباض قطعات متصل‌شونده برخوردار باشد و پس از بسته‌شدن، نباید در حالت کشیده قرار گیرد.

ماده ۹۲- یکی از نقاط اتصال شبکه همبند به سامانه اتصال زمین ساختمان، باید روی نزدیک‌ترین ستون به تابلوی اصلی برق (محل نصب شینه اصلی اتصال زمین) قرار گیرد.

ماده ۹۳- مقاومت کلی همبندی سامانه اتصال زمین بین دورترین نقاط نباید از ۰/۲ اهم تجاوز کند.

ماده ۹۴- هر هادی همبندی سامانه اتصال زمین باید دارای برجسب یا پلاکی باشد که مشخص‌کننده کاربرد آن هادی بوده و معلوم کند که چه نقاطی را به یکدیگر وصل می‌کند.

ماده ۹۵- در کلیه نقاطی که ممکن است در شرایط بهره‌برداری به دلیل تعمیر، اتصال سامانه زمین جدا شود (مانند لوله‌های آب و گاز) برجسب هشداردهنده مبنی بر عدم جداسازی هادی همبندی سامانه زمین نصب شود.

بخش دوم - همبندی اضافی

ماده ۹۶- در کلیه محیط‌های خیس، نمناک و مرطوب و مکان‌هایی که امکان پاشش آب و تشکیل بخار آب وجود دارد، اعم از حمام و آشپزخانه و آبدارخانه و رستوران و محل شستشو و چربی‌زدایی و آبکاری فلزات و نظایر آن باید همبندی اضافی به سامانه اتصال زمین اجرا شود.

ماده ۹۷- همبندی اضافی برای هم‌پتانسیل کردن باید موارد ذیل را دربرگیرد:

۱- بدنه فلزی کلیه تجهیزات الکتریکی نصب ثابت؛

۲- قسمت هادی بیگانه از هر نوع؛

۳- قسمت‌های فلزی در دسترس در ساختمان‌ها از جمله اسکلت فلزی.

ماده ۹۸- در حمام‌ها و استخرها و سرویس‌های بهداشتی هر دو لوله فلزی آب گرم و سرد باید به مسیر همبندی اضافی وصل شوند.

ماده ۹۹- ترمینال همبندی اضافی در مکان‌های مرطوب باید در خارج از آن مکان و روی دیوار یکی از فضاهای مجاور نصب شود.

ماده ۱۰۰- در مکان‌هایی که اجرای همبندی اضافی به سامانه اتصال زمین الزامی است، باید ترمینال همبندی اضافی به صورت شینه مسی روکار یا بلوک ترمینال در داخل یک جعبه قابل بازدید تحت عنوان جعبه همبندی اضافی نصب شود.

ماده ۱۰۱- اجرای همبندی اضافی برای تمامی تجهیزات الکتریکی و هادی‌های بیگانه واقع بر بام کارگاه از جمله برج‌های خنک‌کننده و میله آنتن و نرده فلزی و شیروانی فلزی الزامی است.

ماده ۱۰۲- اجرای همبندی اضافی برای تابلوهای برق مجاور یکدیگر الزامی است.

ماده ۱۰۳- حداقل سطح مقطع هادی همبندی اضافی به سامانه اتصال زمین باید طبق جدول پ - پ - ۴ پیوست شماره پ انتخاب شود.

ماده ۱۰۴- سطح مقطع هادی همبندی اضافی که بدنه فلزی دو دستگاه الکتریکی را به هم وصل می‌کند، نباید از کوچکترین هادی حفاظتی مدارهای تغذیه‌کننده و متصل به بدنه‌های هادی دو دستگاه مذکور کوچکتر باشد.

تعادل آسانسورهای کششی و جک آسانسورهای هیدرولیکی و سامانه حفاظت در برابر صاعقه و سرپیچ همه نگهدارنده‌های لامپ و پریزها و اتصالات و ابزارهای مشابه را به وسیله هادی‌های جداگانه بر روی شینه اصلی اتصال زمین ساختمان به یکدیگر متصل نمود.

تبصره ۱- برای انجام همبندی با سامانه حفاظت در برابر آذرخش باید از تجهیزات حفاظتی مناسب در مسیر شینه اصلی اتصال زمین استفاده شود.

تبصره ۲- در صورت وجود حفاظت کاتدیک برای تجهیزات فلزی (لوله‌ها و مخازن) مدفون، باید برای همبندی از تجهیزات حفاظتی محدودساز ولتاژ با شکاف هوایی (Surge Gap) استفاده شود.

ماده ۶۹- تمامی هادی‌های حفاظتی مدارهای پریز و روشنایی باید با سامانه اتصال زمین همبندی شوند.

ماده ۷۰- قسمت‌های هادی بیگانه که از بیرون ساختمان شروع شده و تا درون آن نیز ادامه دارند، باید در نزدیک‌ترین نقطه ممکن به نقطه ورودی ساختمان به سامانه اتصال زمین همبندی شوند.

ماده ۷۱- اگر لوله ورودی آب به ساختمان، غیر فلزی باشد ولی درون ساختمان از لوله فلزی استفاده شود، همبندی بخش فلزی به ارت اصلی الزامی است.

ماده ۷۲- اگر بخش‌های مختلف لوله‌های فلزی موجود در کارگاه با مفصل‌های دی الکتریک جدا شده باشند، همبندی تمام بخش‌های فلزی به سامانه اصلی الزامی است.

ماده ۷۳- در تابلوی برقی که در آن دارای هادی‌های برق‌دار است، هم تابلو و هم در آن، هادی در دسترس (ECP) محسوب شده و باید به سامانه اتصال زمین همبندی شوند. در این شرایط، باید تابلو و در آن نیز با هم همبندی شوند.

ماده ۷۴- در مواردی که تابلوی برق دارای قسمت‌های برق‌دار در دسترس است و در آن به عنوان محصورکننده محسوب می‌شود، همبندی در تابلو با هسته آن الزامی است.

ماده ۷۵- کلیه تأسیسات مکانیکی و اجزای فلزی مدفون شده در خاک، در مجاورت الکتروود اتصال زمین باید با سامانه اتصال زمین همبندی شود.

ماده ۷۶- در هنگام همبندی اسکلت فلزی ساختمان و میلگردها و ستون‌ها و تیرهای فلزی ساختمان باید از اتصال الکتریکی تمام بخش‌های اسکلت به یکدیگر اطمینان حاصل شود.

ماده ۷۷- اتصال شناژها و تیرهای فلزی پیرامونی چارچوب راه‌پله و آسانسور با شبکه همبندی سامانه اتصال زمین الزامی است.

ماده ۷۸- در بخش‌هایی از کارگاه که به طور معمول در کف آن‌ها آبریزی می‌شود، یکی از شناژها یا ستون‌های فلزی باید با سامانه اتصال زمین همبندی شود.

ماده ۷۹- تجهیزات فلزی که در حین کار احتمال برق‌دار شدن داشته باشد، باید قبل از استفاده از آنها به سامانه اتصال زمین وصل شوند.

ماده ۸۰- تمام تجهیزات الکتریکی و قسمت‌های فلزی تجهیزات متحرک موجود در کارگاه اعم از بالابرها و جرثقیل‌ها و نظایر آن باید به سامانه اتصال زمین متصل شود.

تبصره - ریل‌های جرثقیل‌ها و چارچوب آسانسور باید با سامانه اتصال زمین همبندی شوند.

ماده ۸۱- تمامی ستون‌های واقع در گوشه‌های خارجی سازه کارگاه باید با سامانه اتصال زمین همبندی شوند.

ماده ۸۲- تمام بخش‌های نرده‌ها و پله‌های فلزی باید با سامانه اتصال زمین همبندی شوند.

ماده ۸۳- تمام بخش‌های فلزی داخلی و خارجی کانکس‌ها و اتاقک‌های فلزی باید به سامانه اتصال زمین وصل شوند.

ماده ۸۴- تمامی قطعات شبکه همبند سامانه اتصال زمین باید از طریق اتصالات الکتریکی مطمئن، به یکدیگر وصل شوند.

ماده ۸۵- در تمامی نقاطی که ناپیوستگی در شبکه همبند سامانه اتصال زمین وجود دارد، باید بین دو بخش اتصال الکتریکی مطمئن برقرار شود.

ماده ۸۶- در تمامی گوشه‌های سازه که قطعات شبکه همبند از دو طرف به هم می‌رسند، باید اتصال الکتریکی مطمئن بین دو طرف برقرار شود.

ماده ۱۱۹- اگر بنا بر ضرورت کارکرد دستگاه، به کار بستن سامانه اتصال زمین TT اجتناب‌ناپذیر باشد، باید در محل تفکیک ارت از آرایش TN به آرایش TT، تجهیزات حفاظتی جریان تفاضلی (RCD) نصب گردد.

بخش سوم - کارگاه‌های دارای دو یا چند منبع برق موازی^۳

ماده ۱۲۰- در سامانه‌های برق با چند منبع، اتصال مستقیم نول ترانسفورماتور یا ژنراتور برق به اتصال زمین ممنوع است.

ماده ۱۲۱- در آرایش TN سامانه‌های با چند منبع موازی، اتصال رابط از نول تا محل اتصال ارت باید به طور کامل عایق (ایزوله) باشد و هیچ‌گونه تجهیز مصرف‌کننده برق به آن متصل نشود.

ماده ۱۲۲- در سامانه‌های برق با چند منبع، هادی رابط بین نول‌های منابع و هادی حفاظتی PE باید تنها در تابلوی برق اصلی به هم متصل شوند.

تبصره - اتصال مجدد هادی حفاظتی PE پس از تابلوی برق اصلی مجاز است.

ماده ۱۲۳- در سامانه اتصال زمین، استفاده از زمین مشترک برای سمت فشار قوی پست و فشار ضعیف ترانسفورماتور ممنوع است.

ماده ۱۲۴- برای جلوگیری از ولتاژ انتقالی ناشی از انتقال خیز ولتاژ زمین (GPR) از پست‌های فشار قوی و شبکه زمین نیروگاه‌ها به مناطق دوردست توسط هادی‌های بیگانه (مانند ریل قطار و لوله‌های فلزی آب و گاز و شیلد کابل‌ها و سینی و یا نردبان فلزی کابل‌ها و غیره) باید در محل خروج این تجهیزات از حوزه شبکه زمین، به کمک ایجاد شکاف و یا اتصالات و رابط‌های عایق الکتریکی، ارتباط پیوسته الکتریکی هادی پراکنده در داخل و خارج حوزه اثر شبکه زمین قطع شود. بر حسب نیاز، باید در ادامه مسیر در چند نقطه هادی مورد نظر زمین شود به گونه‌ای که اطمینان حاصل شود ولتاژ انتقالی خطرناکی از شبکه زمین فشار قوی به منطقه دوردست منتقل نمی‌شود.

تبصره - در صورتی که از قبل اشیای فلزی با قابلیت انتقال ولتاژ به ساختمان‌ها و زمین‌های اطراف در کنار الکتروود فشار قوی و سازه فلزی پست موجود باشد، باید به یکی از روش‌های ارت کردن متعدد در طول مسیر و یا ایزوله کردن در طول مسیر از انتقال ولتاژهای خطرناک به دوردست جلوگیری شود.

ماده ۱۲۵- در کارگاه‌هایی که دو پست یا بیشتر، سالن واحدی را که دارای اسکلت فلزی است، تغذیه می‌کنند، وجود همبندی بین دو پست علاوه بر همبندی اسکلت فلزی الزامی است.

ماده ۱۲۶- در پست‌های برق که هر دو ولتاژ فشار قوی و فشار ضعیف در کنار هم وجود دارند، در صورت امکان احداث دو الکتروود زمین مستقل از هم، باید فاصله بین دو الکتروود زمین فشار قوی و فشار ضعیف از ۲۰ متر کمتر نباشد و هیچ‌گونه ارتباط هادی در فاصله بین دو الکتروود زمین وجود نداشته باشد.

ماده ۱۲۷- اگر در پست برق، تفکیک عایقی تابلوهای برق فشار ضعیف از تابلوهای برق فشار قوی، ترانسفورماتور و سازه فلزی پست برق تأمین شده باشد، باید بدنه تابلوی برق فشار ضعیف و نقطه خنثای برق فشار ضعیف (نول) به الکتروود زمین فشار ضعیف که حداقل ۲۰ متر از سازه پست دورتر باشد، متصل شود و کلیه بدنه‌های تابلوی برق فشار قوی، ترانسفورماتور و کلیه قطعات فلزی سازه پست به الکتروود زمین فشار قوی (داخل یا مجاور پست) متصل گردد.

ماده ۱۲۸- در صورت امکان احداث دو الکتروود زمین مستقل از هم در پست برق، اگر امکان جداسازی عایقی تابلوهای برق فشار ضعیف از تجهیزات برق فشار قوی و سازه فلزی پست برق وجود نداشته باشد، باید بدنه تابلوی برق فشار ضعیف، بدنه تابلوهای برق فشار قوی و ترانسفورماتورها و نیز کلیه اجزای فلزی سازه پست برق به الکتروود زمین فشار قوی متصل گردد و نقطه خنثای برق فشار ضعیف با استفاده از کابل و غلاف کابل غیر فلزی به الکتروود اتصال زمین فشار ضعیف در فاصله حداقل ۲۰ متری از پست برق، اتصال داده شود.

ماده ۱۰۵- سطح مقطع هادی همبندی اضافی بین بدنه تجهیز الکتریکی و هادی بیگانه، نباید از نصف سطح مقطع هادی حفاظتی مدار تغذیه‌کننده تجهیز الکتریکی کوچکتر باشد.

ماده ۱۰۶- برای حذف هرگونه اختلاف پتانسیل، در مکان‌هایی که استفاده از سامانه‌های ذاتاً ایمن ضرورت دارد، باید یک شینه محلی تعبیه شود و یک شبکه همبند محلی متشکل از شیلد کابل‌ها و تجهیزات ابزار دقیق و بخش‌های فلزی تجهیزات و محفظه‌ها و سینی و نردبان کابل‌ها و کلیه هادی‌های بیگانه برقرار شود.

ماده ۱۰۷- اگر اتصال زمین شیلد کابل در بیش از یک نقطه، از الزامات ایمنی بوده و این الزام با مسایل تداخلات الکترومغناطیسی (EMC)^۱ در تناقض باشد، باید از کابل‌های دو غلافه (دارای دو شیلد) استفاده نمود. در این حالت، غلاف خارجی برای برآوردن الزامات ایمنی از چند نقطه و غلاف داخلی برای الزامات EMC از یک سر ارت شود.

ماده ۱۰۸- پس از اتمام هر گونه عملیات افزودن و تغییر دائمی یا موقتی در تأسیسات موجود، باید آرایش‌های همبندی هم‌پتانسیل مدار مصرف‌کننده و سامانه اتصال زمین مجدداً مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گیرد.

ماده ۱۰۹- از شینه اصلی اتصال زمین باید انشعاباتی برای تجهیزات کمکی شامل تابلوهای کنترل و رله و اجزای فلزی سازه‌ها و تأسیسات اطفای حریق در نظر گرفته شوند.

ماده ۱۱۰- اتصالات انشعابی باید از شینه اصلی اتصال زمین برای هر یک از دستگاه‌های تأسیسات، انتقال داده شوند و در صورتی که چند دستگاه الکتریکی در کنار یکدیگر قرار داشته باشند، اتصال سری آنها ممنوع است.

ماده ۱۱۱- در تجهیزات الکتریکی مرکب نظیر تسمه نقاله و سامانه بسته‌بندی و کوره‌های تونلی باید از پیوستگی الکتریکی قسمت‌های فلزی آن اطمینان حاصل شود و حداقل در دو نقطه به سامانه زمین همبند شوند. همچنین، باید از اتصال همبندی با هادی‌های بیگانه پیرامون این تجهیزات نیز اطمینان حاصل شود.

ماده ۱۱۲- همبندی سامانه اتصال زمین با مولدهای فرعی برق مطابق دستورالعمل کارخانه سازنده الزامی است.

ماده ۱۱۳- در سامانه اتصال زمین باید از پیوستگی اتصالات ارت در کل سامانه از بدنه دستگاه تا چاه ارت و بین الکتروودها اطمینان حاصل شود و عواملی مانند زنگ‌زدگی یا اتصال روی سطوح رنگ‌دار، پیوستگی را مختل نکند.

فصل ششم - اتصال زمین و همبندی پست‌های برق

بخش اول - کارگاه‌های فاقد پست برق و منشعب از شبکه فشار ضعیف عمومی

ماده ۱۱۴- کارگاه‌هایی که فاقد پست برق هستند و برق را به صورت انشعاب تک فاز (فاز+ نول) و یا سه فاز (۳ فاز+نول) از شبکه برق تحویل می‌گیرند و دسترسی به شینه نول و ارت منبع ندارند، باید سامانه اتصال زمین آنها در تابلوی برق اصلی TN-C-S باشد.

ماده ۱۱۵- در سامانه اتصال به زمین TN-C-S، تابلوی توزیع برق اصلی باید دارای ۲ شینه مجزای نول و ارت باشد که با یک هادی رابط (جامپر) به یکدیگر اتصال داشته و سیم نول ورودی به شینه نول و هادی زمین به شینه ارت متصل شوند.

ماده ۱۱۶- در سامانه اتصال به زمین TN-C-S، مقاومت الکتریکی الکتروود اتصال زمین در محل تفکیک نول و اتصال زمین (ارت) باید کمتر از ۲ اهم باشد.

تبصره - در شرایطی مانند سامانه توزیع هوایی که احتمال پاره شدن اتصال نول وجود دارد، انتخاب مقادیر پایین تر برای الکتروود اتصال زمین ارجح خواهد بود.

بخش دوم - کارگاه‌های دارای یک پست برق و منشعب از شبکه فشار متوسط^۲

ماده ۱۱۷- در کارگاه‌های دارای پست برق اختصاصی زمینی و یا هوایی با یک ترانسفورماتور، سامانه اتصال زمین باید TN-S یا TN-C-S باشد.

ماده ۱۱۸- در کارگاه‌های با پست برق اختصاصی تک منبع، در صورتی استفاده از سامانه TN-C مجاز است که اتصالات مسیر هادی حفاظتی - خنثی (PEN) دائمی بوده و به هیچ عنوان احتمال قطع شدن و یا پارگی سیم یا کابل حفاظتی - خنثی PEN وجود نداشته باشد.

1 - ElectroMagnetic Compatibility

2- Single-source systems

ماده ۱۲۹- اگر در پست برق امکان احداث دو الکتروود زمین مستقل وجود نداشته باشد، باید از یک الکتروود زمین مشترک برای هر دو منظور فشار قوی و فشار ضعیف استفاده شود. در این صورت، مقاومت کل الکتروود زمین نسبت به جرم کلی زمین نباید از یک اهم تجاوز کند.

ماده ۱۳۰- اگر هر یک از خطوط برق فشار قوی ورودی یا خروجی پست برق یا حتی بخشی از این خطوط در فاصله‌ای کمتر از ۳ کیلومتر از پست برق، از نوع خط هوایی باشد، باید علاوه بر مجهز بودن خط به برقیگیر، از دو الکتروود زمین مجزا که خارج از حوزه ولتاژ یکدیگر باشند، به منظور فشار ضعیف و فشار قوی استفاده شود.

ماده ۱۳۱- در حالتی که پست برق دارای دو الکتروود زمین مجزای فشار قوی و فشار ضعیف باشد و بدنه تابلوهای برق فشار ضعیف همراه با بدنه تابلوها و تجهیزات برق فشار قوی به الکتروود زمین فشار قوی متصل بوده و نقطه خنثای برق فشار ضعیف به الکتروود زمین فشار ضعیف وصل باشد، تابلوهای برق فشار ضعیف باید با درجه عایق‌بندی بالاتری نسبت به ولتاژ اسمی بین فاز و خنثی (نول) انتخاب شود.

فصل هفتم - انتخاب و نصب هادی زمین

ماده ۱۳۲- سیم اصلی اتصال زمین بین الکتروود ارت و شینه اصلی ارت باید مسی و حداقل دارای سطح مقطع ۳۵ میلی‌متر مربع باشد.

ماده ۱۳۳- برای هر الکتروود اتصال زمین باید یک جعبه آزمون و بازدید جداگانه به ابعاد مناسب تعبیه شود که علامت زمین به صورت دائمی روی آن حک باشد.

ماده ۱۳۴- هرگونه انشعاب از هادی‌های اتصال بین الکتروود اتصال زمین و جعبه آزمون ممنوع است و تمامی انشعابات و تشکیل حلقه شبکه سامانه اتصال زمین باید پس از جعبه آزمون انجام شود.

ماده ۱۳۵- مسیر سیم‌های ارتباط الکتروود ارت با شینه اصلی اتصال زمین باید کوتاه‌ترین مسیر بوده و این سیم‌ها تا حد ممکن مستقیم و بدون پیچ و خم باشد.

ماده ۱۳۶- از آلومینیوم لخت یا آلومینیوم دارای پوشش مسی نباید در تماس با زمین چه به عنوان الکتروود و چه به عنوان هادی زمین استفاده شود. در محیط‌های مرطوب نیز نباید از این مواد به عنوان هادی زمین استفاده نمود.

ماده ۱۳۷- سیم‌های لخت و سیم‌های عایق‌بندی شده با روکش بیرونی سبز و زرد یا ترکیب سبز و زرد، فقط باید برای هادی‌های زمین تجهیزات و همبندی مورد استفاده قرار گیرند.

ماده ۱۳۸- سیم هادی زمین باید از استحکام مکانیکی لازم و مقاومت در برابر خوردگی شیمیایی و الکتروشیمیایی برخوردار باشد.

ماده ۱۳۹- سیم لخت اتصال زمین نباید از داخل لوله‌های فلزی عبور کند.

ماده ۱۴۰- در کابل‌هایی که سطح مقطع سیم نول نصف سطح مقطع هر سیم فاز است، سطح مقطع سیم اتصال زمین (هادی حفاظتی PE) و نول باید یکسان باشد.

ماده ۱۴۱- وجود شینه اتصال زمین (ارت) در تابلوی اصلی برق الزامی است، به طوری که سیم اتصال زمین از الکتروود به این شینه آمده و سپس از ترمینال اصلی به قسمت‌های مختلف منتقل شود.

ماده ۱۴۲- وجود شینه نول در تابلوی اصلی برق الزامی است و باید روی مقره عایق سوار شود.

ماده ۱۴۳- در سامانه TN-C-S، پس از محل تفکیک نول و ارت، اتصال مجدد نول و ارت ممنوع است.

ماده ۱۴۴- جنس اتصالات سیم اصلی اتصال زمین به الکتروود، باید به گونه‌ای باشد که با مواد به‌کار رفته در الکتروود و سیم اتصال زمین سازگار بوده و میزان خوردگی گالوانیک به حداقل برسد.

ماده ۱۴۵- اتصالات و بست‌های مربوط به سامانه اتصال زمین باید از نظر مکانیکی مقاوم بوده و اتصال محکمی را برقرار کنند.

ماده ۱۴۶- در صورت استفاده از تسمه به عنوان سیم اتصال زمین و اتصال آن به تجهیزات نباید تسمه را برای پیچی که قطر آن از یک سوم پهنای تسمه بیشتر است، سوراخ کرد.

ماده ۱۴۷- هادی‌های همبندی برای هم‌پتانسیل‌سازی باید از استحکام مکانیکی مناسب برخوردار بوده و مقاومت الکتریکی آنها (قابل صرف‌نظر) باشد.

ماده ۱۴۸- حداقل اندازه سطح مقطع هادی همبندی اصلی باید به شرح ذیل باشد:

۱- هادی مسی: ۶ میلی‌متر مربع

۲- هادی آلومینیومی: ۱۶ میلی‌متر مربع

۳- هادی فولادی: ۵۰ میلی‌متر مربع

ماده ۱۴۹- حداقل سطح مقطع هادی‌های حفاظتی و همبندی اضافی باید به شرح جدول پ - پ - ۵ پیوست پ باشد.

فصل هشتم - اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی الکتروود زمین

ماده ۱۵۰- پیش از اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی الکتروود اتصال زمین باید تأسیسات اتصال زمین از منبع تغذیه برق یا شبکه کاملاً قطع شده باشد و تا انتهای آزمون از برق تغذیه جدا باشد.

ماده ۱۵۱- پیش از اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی الکتروود اتصال زمین باید هادی زمین از الکتروود زمین جدا شده باشد.

ماده ۱۵۲- هنگام اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی الکتروود زمین، استفاده از دستکش و کفش عایق الکتریکی ایمن الزامی است.

ماده ۱۵۳- انجام اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی سامانه اتصال زمین، در روزهای طوفانی و بارانی و برفی و زمان‌هایی که احتمال وقوع آذرخش باشد، ممنوع است.

ماده ۱۵۴- با توجه به اثر تغییرات اقلیمی در مناطق سنگی و فاقد پوشش گیاهی یا دارای دوره یخبندان طولانی روی مقاومت سامانه زمین، اندازه‌گیری مقاومت باید در بدترین شرایط موجود انجام شود؛ مگر اینکه با اقدامات اصلاحی مانند آبیاری مستمر در طول سال از ثابت بودن مقاومت سامانه زمین اطمینان حاصل شود.

ماده ۱۵۵- اگر در زمان اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی سامانه اتصال زمین، پراب‌های جریان و ولتاژ دور از دید فرد آزمون‌کننده باشد، یا اگر سیم‌های آزمون در فضایی قرار گیرند که در دسترس عموم باشند، این نقاط باید به طور مداوم و تا زمانی که سیگنال آزمون اعمال می‌شود یا پتانسیل‌های دور از محل اندازه‌گیری بالای ۵۰ ولت هستند، تحت نظر و پایش فرد مراقب که ارتباط بی‌سیم با اپراتور دستگاه اندازه‌گیری (فرد آزمون‌کننده) دارد، باشند.

ماده ۱۵۶- در هنگام اندازه‌گیری مقاومت الکتروود زمین، برای به حداقل رسیدن خودالقایی، هادی‌ها (سیم‌ها) باید به طور کامل از روی قرقره‌ها باز شوند.

ماده ۱۵۷- هنگام اندازه‌گیری مقاومت الکتروود زمین، باید الکتروودهای اندازه‌گیری تا حد امکان از اجسام فلزی گسترده در زیر زمین مانند لوله‌کشی فلزی آب یا زره کابل‌ها دور باشند.

تبصره - در شرایطی که احتمال وجود اشیای مدفون فلزی مانند لوله‌های فلزی آب در راستای مسیر اندازه‌گیری وجود داشته باشد، باید اندازه‌گیری دیگری که ترجیحاً عمود بر مسیر قبلی باشد، انجام شده و در صورت اختلاف دو مقدار، عدد بیشتر که معرف کمترین اثر عوامل خطای ناشی از فلزات مدفون است، ملاک اندازه‌گیری قرار گیرد.

ماده ۱۵۸- پیش از اقدام به اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی الکتروودهای زمین باید ولتاژهای احتمالی روی سامانه زمین اندازه‌گیری شوند و از قابل قبول بودن آن با توجه به دفترچه راهنمای دستگاه، اطمینان حاصل شود.

ماده ۱۵۹- برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی الکتروودهای زمین، پیش از جدا کردن یک الکتروود از سامانه زمین باید از نبود جریان‌های بزرگ در آن اطمینان حاصل شود.

ماده ۱۶۰- برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی الکتروودهای زمین، نباید تمامی الکتروودهای زمین یک سامانه، یک جا قطع شوند؛ مگر آنکه تأسیسات مربوطه از قبل به طور کامل بی‌برق شده باشد.

ماده ۱۶۱- دستگاه اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی اتصال زمین باید دارای گواهی کالیبراسیون معتبر باشد.

ماده ۱۶۲- استفاده از روش آزمون دو نقطه‌ای مانند روش کلمپی^۱ برای زمین‌های با مقاومت پایین، ممنوع است.

ماده ۱۶۳- استفاده از روش کلمپی اندازه‌گیری مقاومت اتصال زمین تنها زمانی مجاز است که یک مسیر حلقه بسته برای عبور جریان آزمون وجود داشته باشد و مقاومت این حلقه در مقایسه با مقاومت سامانه قابل صرف‌نظر باشد.

۱- برای اطلاعات بیشتر در خصوص روش کلمپی به پیوست ت بخش ت - ۵ مراجعه شود.

ماده ۱۶۴- گزارش اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی و بررسی سامانه اتصال زمین باید شامل موارد ذیل باشد:

- ۱- مشخصات شخص دارای صلاحیت؛
- ۲- مشخصات کارگاه؛
- ۳- تاریخ اندازه‌گیری؛
- ۴- شرایط محیطی (خاک و هوا)؛
- ۵- مشخصات دستگاه اندازه‌گیری و مدارک کالیبراسیون آن؛
- ۶- مشخصات سامانه تغذیه کارگاه شامل ولتاژ و جریان و مانند اینها؛
- ۷- نوع سامانه اتصال زمین؛
- ۸- مشخصات مکانی و نوع و آرایش الکترودها؛
- ۹- نتیجه اندازه‌گیری جریان و ولتاژ پیش از اندازه‌گیری مقاومت اتصال زمین؛
- ۱۰- راستای اندازه‌گیری؛
- ۱۱- نمودار نتایج اندازه‌گیری (بسته به روش اندازه‌گیری)؛
- ۱۲- نتیجه نهایی اندازه‌گیری.

ماده ۱۶۵- پس از اتمام اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی الکترود زمین، باید از اتصال مجدد کامل هادی زمین اطمینان حاصل شود.

ماده ۱۶۶- در کارگاه‌های ساختمانی و سایر کارگاه‌هایی که در آن از تأسیسات الکتریکی موقت استفاده می‌شود، باید برنامه بازرسی دوره‌ای از سامانه اتصال به زمین تجهیزات تأسیسات الکتریکی موقت تدوین شود که نصب و نگهداری آنها برای همه مجموعه کابل‌ها، پریزهایی که بخشی از سیم‌کشی دائمی ساختمان یا سازه نیستند و همه تجهیزاتی که به وسیله دوشاخه به برق وصل می‌شوند، توسط شخص دارای صلاحیت بررسی شود.

ماده ۱۶۷- در بررسی اتصال زمین تأسیسات موقت الکتریکی باید موارد زیر مورد آزمون قرار گیرند:

- ۱- پیوستگی الکتریکی همه هادی‌های زمین تجهیزات؛
- ۲- اتصال صحیح تمام پریزها.

ماده ۱۶۸- آزمون‌های سامانه اتصال زمین تأسیسات الکتریکی موقت، پیش از اولین استفاده از آنها، پس از هرگونه آسیب به این تأسیسات، پس از بازگشت هر یک از تجهیزات از تعمیر و پیش از بهره‌برداری مجدد آن و به صورت دوره‌ای در فواصل زمانی کمتر از ۳ ماه باید انجام شود.

فصل نهم - اتصال به زمین در مکان‌های قابل اشتعال و قابل انفجار

ماده ۱۶۹- مقدار مقاومت الکتریکی مجاز برای سامانه اتصال به زمین در مکان‌های قابل اشتعال، باید در رابطه زیر صدق کند:

$$R < \frac{1}{I} \sqrt{\frac{2E_{MIE}}{C}}$$

C: مقدار ظرفیت خازن تا زمین

E_{MIE} : حداقل انرژی جرقه‌زنی محیط

I: شدت جریان الکتریکی

ماده ۱۷۰- در مواردی که سامانه اتصال زمین فقط به منظور جلوگیری از تجمع الکتریسیته ساکن مورد استفاده قرار می‌گیرد، به منظور تأمین استحکام مکانیکی، حداقل سطح مقطع هادی‌های اتصال به زمین و هادی‌های همبندی برای نوع آلومینیومی 4 mm^2 و برای نوع مسی $2/5 \text{ mm}^2$ باید باشد و مقاومت الکتریکی سامانه اتصال به زمین، نباید از $1 \text{ M}\Omega$ تجاوز کند.

تبصره - در استانداردها، استفاده از هادی فولادی نیز مجاز شناخته شده است. با توجه به مقدار بسیار بالای مجاز برای مقاومت ارت، استفاده از هادی آهنی با سطح مقطع مناسب که از استحکام مکانیکی مناسب برخوردار باشد مجاز است.

ماده ۱۷۱- برای کاهش یا حذف خطر برق‌گرفتگی افراد در اثر تماس با دستگاه‌های الکتریکی (حتی در حالت خاموش) به علت تجمع بارهای الکتریکی ساکن، باید بدنه فلزی این تجهیزات همواره از اتصال زمین مناسب برخوردار باشند.

ماده ۱۷۲- برای سازه‌هایی که حاوی بخارات قابل اشتعال، گازهای قابل اشتعال یا مایعاتی که از آنها بخارات قابل اشتعال آزاد می‌شود، هستند باید الکترود زمین رینگ یا هادی حلقه زمین، تعبیه شود.

ماده ۱۷۳- مخازن فلزی نفت و گاز باید به یکی از روش‌های ذیل زمین شوند:

- ۱- مخزن باید بدون اتصالات عایقی به سامانه لوله‌کشی فلزی زمین شده، متصل شود؛
- ۲- مخزن استوانه‌ای عمودی باید روی خاک یا بتن مستقر شده و قطر آن حداقل ۶ متر باشد و یا بر روی سنگ فرشی از جنس آسفالت قیری (بتمنس) مستقر شود و دارای قطر حداقل ۱۵ متر باشد؛

- ۳- مخزن حداقل توسط دو الکترود زمین، به زمین متصل باشد؛ به گونه‌ای که فاصله بین دو الکترود متمادی در محیط خارجی مخزن کمتر از ۳۰ متر باشد.

تبصره - اتصال زمین مخزنی که بر روی کفپوشی از جنس غشای عایقی مستقر شده است، باید به روش بند «۳» این ماده برقرار شود.

ماده ۱۷۴- درسازه‌های زیرزمینی حاوی مواد منفجره برای حفاظت در برابر آذرخش، باید LPS اضافی تعبیه شود.

ماده ۱۷۵- تنها آن دسته از مخازن ذخیره نفت و گاز که سازه فلزی آنها از تمام شرایط ذیل برخوردار باشد، نیاز به سامانه خارجی حفاظت در برابر آذرخش ندارند:

- ۱- از نظر الکتریکی پیوسته باشد؛

- ۲- محکم مهر و موم شده باشند تا اجازه فرار مایعات، بخارات و گازها را ندهد؛
- ۳- ضخامت آن حداقل $4/8$ میلی‌متر باشد؛ به گونه‌ای که بتواند اصابت مستقیم آذرخش را تحمل کند.

ماده ۱۷۶- در مکان‌هایی که تعداد زیادی مخازن نفت و گاز در نزدیکی هم قرار گرفته‌اند و در بین آنها هیچ سازه و تأسیسات دیگری وجود ندارد، زمین کردن هر یک از مخازن تنها در یک نقطه کافی است. در چنین شرایطی، تمامی مخازن باید به همدیگر متصل (همبند) شوند.

ماده ۱۷۷- اگر بزرگ‌ترین بعد مخازن مواد سوختنی (قطر یا طول) مساوی یا کمتر از ۲۰ متر باشد، باید در یک نقطه به زمین وصل شوند و در غیر این صورت، باید در دو نقطه به زمین متصل شوند.

ماده ۱۷۸- در مخازن ذخیره نفت و گاز با سقف شناور، بخش سقف شناور باید به طور مؤثر به بدنه اصلی مخزن همبند شود. این همبندی باید به صورت اتصالات موازی در فواصل $1/5$ متری در محیط مخزن انجام شود.

ماده ۱۷۹- در مخازن نفت و گاز، تمامی لوازم جانبی درپوش‌های متحرک (دریچه‌ها و منفذهای آدمرو و تجهیزات ایمنی فشار و سایر مدخل‌ها) بر روی سقف شناور خارجی باید با سقف شناور خارجی همبندی شوند.

ماده ۱۸۰- کفشک فلزی درزگیر دور سقف شناور مخزن نفت و گاز باید در هر دو قسمت کفشک، به یکی از دو روش ذیل به سقف شناور همبند شود:

- ۱- به صورت ذاتی توسط طراحی و ساخت مناسب؛
 - ۲- با استفاده از حداقل یک هادی حفاظت در برابر آذرخش کلاس I یا معادل آن.
- ماده ۱۸۱-** اگر در سقف مخازن نفت و گاز از درزگیر غیر فلزی استفاده شده است، باید شانت‌هایی با شرایط ذیل نصب شوند:

- ۱- جنس شانت: فولاد ضدزنگ قابل انعطاف با سطح مقطع حداقل 20 mm^2 یا سایر مواد هادی با سطح مقطع معادل و مقاوم در برابر خوردگی؛
- ۲- حداقل پهنای شانت: ۵۰ میلی‌متر؛
- ۳- حداکثر فاصله شانت‌ها بر روی محیط خارجی سقف شناور از یکدیگر: ۳ متر؛
- ۴- شانت کوتاهترین و مستقیم‌ترین مسیر ممکن بین بخش فلزی سقف تا بدنه مخزن را طی کند؛

- ۵- طول شانت مورد استفاده از کمترین مقدار ممکن برخوردار باشد؛ به گونه‌ای که فقط اجازه مونتاژ قطعات سقف شناور را بدهد، ضمن اینکه در تمام حرکات و تکان‌های افقی و عمودی سقف شناور، تماس آن با بدنه برقرار بماند؛

- ۶- نقطه تماس شانت با بدنه باید غوطه‌ور و حداقل 3 m پایین‌تر از سطح مایع داخل مخزن باشد.

ماده ۱۸۲- در مخزنی که در سقف آنها از درزگیر غیر فلزی استفاده شده، شانت‌های نصب شده بر روی عرشه سقف شناور باید در هنگام بازسازی مخازن موجود با شانت‌های غوطه‌ور جایگزین شوند.

ماده ۱۹۷- در مکان‌های پرخطر پالایشگاه‌ها و انبارهای مواد سوختی که تعدادی مخزن مواد منفجره دارند، همه مخازن باید به منظور هم‌پتانسیل‌سازی به یکدیگر متصل (همبندی) شوند.

ماده ۱۹۸- در سازه‌های دارای نواحی صفر(همیشه پرخطر) و (گاهی پرخطر)، جرقه‌گیرها (ISG) و بخش‌های عایقی باید به بیرون از نواحی خطرناک منتقل شوند.

ماده ۱۹۹- مخازن فلزی بسته که نواحی درون آن‌ها به صورت ناحیه صفر(همیشه پرخطر) تعریف می‌شوند، باید از ضخامت دیواره مناسب طبق جدول پ - ۶ پیوست پ برخوردار باشند تا اطمینان حاصل شود افزایش دمای سطح داخلی در نقطه برخورد آذرخش منجر به خطر نمی‌شود؛ در غیر این صورت، نصب ابزارهای پایانه هوایی الزامی است.

ماده ۲۰۰- در مکان‌های کلاس یک برای همبندی نباید به اتصالات فلزی بین لوله‌ها بسنده شود و لازم است دو طرف اتصالات فلزی با سیم اتصال (جمپر) به یکدیگر همبند شوند.

ماده ۲۰۱- تجهیزات فلزی واقع در مکان‌های کلاس یک علاوه بر اتصال جداگانه به سامانه زمین باید به سایر سامانه‌های زمین که با اهداف الکتریکی یا حفاظتی وجود دارند، همبندی شوند.

ماده ۲۰۲- در مکان‌های کلاس یک ناحیه دو (به ندرت پرخطر)، قسمت‌های مختلف محفظه‌های موتورها و ژنراتورهای بزرگ باید با یکدیگر همبند شوند و محفظه (بدنه) به زمین وصل شود.

ماده ۲۰۳- در مکان‌های پرخطر کلیه سیم‌های رابط سیار باید دارای پریزهای ارت‌دار باشند.

ماده ۲۰۴- در تجهیزات متحرک مستقر در مکان کلاس دو (صرفاً در صورت وجود ایاف قابل جرقه‌زدن یا ذرات معلق قابل انفجار) نظیر جرقه‌گیرهای متحرک و بالابرها برای جابجایی مواد، تمیزکننده‌های متحرک برای ماشین‌آلات نساجی و تجهیزات مشابه، موارد ذیل باید رعایت شود:

۱- منبع تغذیه باید از نظر الکتریکی از همه سامانه‌های دیگر جدا باشد و زمین آن نیز از سامانه‌های دیگر مجزا شود.

۲- همچنین این منبع تغذیه باید به یک آشکارساز زمین قابل قبول مجهز باشد که در صورت بروز خطا در سامانه زمین، علامت هشدار صادر و هادی‌های اتصال را به طور خودکار بی‌برق کند یا تا زمانی که برق به هادی‌ها وصل و خطای اتصال زمین باقی است، یک هشدار دیداری و شنیداری صادر نماید.

ماده ۲۰۵- کلیه هادی‌های بیگانه مربوط به مدارهای ذاتاً ایمن اعم از تجهیزات و بدنه‌ها و مسیرهای فلزی عبور سیم برق و غلاف‌های کابل و تجهیزات مجتمع با آن در مکان‌های پرخطر باید به هادی زمین تجهیزات وصل شوند.

ماده ۲۰۶- دستگاه‌های ذاتاً ایمن فلزی در مکان‌های پرخطر باید با یکدیگر همبندی اضافی شوند.

ماده ۲۰۷- اگر برای سیم‌کشی سامانه ذاتاً ایمن از مسیرهای فلزی عبور سیم برق استفاده می‌شود، همبندی در تمام نقاط انتهایی مسیر عبور سیم، بدون در نظر گرفتن محل الزامی است.

ماده ۲۰۸- در مدار کلاس یک ناحیه دو (به ندرت پرخطر)، اگر از کابل‌های چندسیمه برای نصب سامانه‌های حفاظتی نوع ذاتاً ایمن مجزا استفاده می‌شود، هادی‌های هر مدار باید درون یک شیلد فلزی متصل به زمین (زمین شده) قرار گیرند.

ماده ۲۰۹- همبندی باید به همه مسیرهای فلزی عبور سیم برق حایل^۲ و جعبه تقسیم‌ها و تابلوهای برق و نظایر آن، بین مکان‌های کلاس یک و نقطه زمین برای تجهیزات سرویس یا نقطه زمین یک سامانه منشعب جدا اعمال شود.

ماده ۲۱۰- در کلیه تعمیرگاه‌های وسایل نقلیه که در گروه مکان‌های پرخطر طبقه‌بندی می‌شوند، همه پریزهای برق که در مکان استفاده تجهیزات تشخیصی الکتریکی، ابزارهای دستی الکتریکی یا تجهیزات روشنایی دستی قابل حمل نصب می‌شوند، باید به وسیله جریان تفاضلی (RCD) مجهز شوند.

ماده ۱۸۳- اتصال ثابت همبندی سقف شناور مخزن نفت و گاز به بدنه، باید به وسیله اتصال الکتریکی مستقیم با استفاده از حداقل دو هادی بای‌پس با سطح مقطع حداقل معادل با اندازه هادی اصلی انجام شود.

ماده ۱۸۴- مقاومت الکتریکی سرب‌سرها هادی بای‌پس مورد استفاده برای همبندی سقف شناور مخزن نفت و گاز به بدنه آن، به انضمام کلیه اتصالات آن، حداکثر باید ۰/۳ اهم باشد.

ماده ۱۸۵- هادی بای‌پس همبندکننده سقف شناور مخزن نفت و گاز به بدنه آن، باید کمترین طول ممکن را تا اندازه‌ای که اجازه جابجایی سقف شناور را بدهد، داشته باشد.

ماده ۱۸۶- برای اتصال همبند سقف شناور مخزن نفت و گاز به بدنه آن، هادی‌های بای‌پس باید در فواصل مساوی حول محیط دایروی مخزن توزیع شوند و هر ۳۰ متر یک هادی در محیط خارجی مخزن نصب شود.

ماده ۱۸۷- اگر مخازن نفت و گاز با سقف شناور دارای نردبان متحرک چرخدار (پلکان غلطان) روی سقف مخزن باشند، دو طرف نردبان باید توسط یک هادی انعطاف‌پذیر با حداقل سطح مقطع ۳۵ میلی‌متر مربع و ضخامت حداقل ۳ میلی‌متر به بدنه و سطح مخزن در دو نقطه یکی بین نردبان و قسمت بالایی بدنه مخزن و یکی بین نردبان و سقف شناور مخزن همبند شوند.

تبصره - اگر نردبان چرخدار (پلکان غلطان) به سقف شناور متصل نشده باشد، از حداقل دو هادی همبندی انعطاف‌پذیر با ابعاد یاد شده در این ماده، بین بدنه مخزن و سقف شناور باید استفاده شود.

ماده ۱۸۸- اگر یک پلکان غلطان روی سقف شناور مخزن نفت و گاز قرار دارد، یکی از هادی‌های بای‌پس اتصال همبند سقف به بدنه باید در طول پلکان نصب شده و به آن همبند شود.

ماده ۱۸۹- هرگونه قطعه هادی در بخش درزگیر سقف مخزن نفت و گاز که به طور کامل در مایع داخل مخزن غوطه‌ور نیست، و هرگونه گیج یا ستون راهنما یا قطعه‌ای که از روی سقف شناور به داخل مخزن نفوذ می‌کند، باید از نظر الکتریکی از بدنه مخزن عایق باشد. میزان قدرت عایقی باید حداقل ۱KV باشد.

ماده ۱۹۰- الکترودهای ساخته شده از موادی که نسبت به سازه تحت حفاظت کاتدیک هستند، باید توسط ادوات جداساز DC به یکدیگر متصل شوند؛ مگر آنکه مقرر شود هر دوی آن‌ها - هم سازه تحت حفاظت و هم الکترودها - به صورت یک مجموعه واحد مورد حفاظت کاتدیک قرار گیرند.

ماده ۱۹۱- اتصال مستقیم الکترودهای ساخته شده از موادی که نسبت به سازه تحت حفاظت آندیک هستند، به سازه مجاز است.

ماده ۱۹۲- اگر امکان استفاده از یک شبکه الکتروود زمین واحد برای بخش کنترل مرکزی و منطقه مستعد انفجار وجود نداشته باشد و سامانه زمین این دو بخش از هم ایزوله باشند، مدار الکترونیکی مابین این دو بخش نیز باید به صورت گالوانیکی از یکدیگر ایزوله شوند.

ماده ۱۹۳- اگر در مناطق مستعد انفجار از سامانه اتصال زمین TN استفاده می‌شود، باید از نوع TN - S باشد و در هیچ نقطه‌ای در داخل منطقه، سیم نول و هادی حفاظتی به هم متصل نشوند.

تبصره - در شرایط موضوع این ماده، در هر نقطه‌ای که سامانه TN - C به سامانه TN - S تبدیل می‌شود، آن نقطه باید همزمان به سامانه همبندی مناطق مستعد انفجار نیز متصل شود.

ماده ۱۹۴- اگر در منطقه مستعد انفجار، از کابل‌های دارای شیلد استفاده می‌شود، شیلد هر یک از کابل‌ها باید فقط در یک نقطه خارج از منطقه مستعد انفجار به زمین وصل شود.

ماده ۱۹۵- در مکان‌های پرخطر، لوله‌های فلزی روی زمین که در بیرون واحدهای فرایند قرار دارند، حداقل هر ۳۰ متر یک بار باید به وسیله الکتروود میله‌ای یا سطحی یک اتصال به زمین داشته باشند.

ماده ۱۹۶- در مکان‌های پرخطر نظیر جایگاه‌های سوخت، بدنه مخازن و بخش‌های فلزی ساختمان و سیلندرهای استوانه‌ای و تأسیسات و تجهیزات فلزی بیرونی و لوله‌های فلزی باید به هادی زمین متصل شوند.

1- hoist

2- intervening

وصل شوند. داربست نگهدارنده قطعه کار باید با قطعه کار همبندی شود و از اتصال زمین مناسب برخوردار باشد.

فصل دهم - سامانه اتصال زمین بیمارستان‌ها و سایر مکان‌های درمانی

ماده ۲۲۲- در بیمارستان‌ها برای جلوگیری از اختلال وسایل الکترونیکی حساس نسبت به امواج الکترومغناطیسی، باید از سامانه اتصال زمین S - TN استفاده شود.

ماده ۲۲۳- استفاده از سامانه‌های اتصال زمین C - TN و S - C - N - T در تأسیسات برق بیمارستان، در مکان‌های درمانی و ساختمان‌های پزشکی از تابلوی اصلی برق به بعد ممنوع است.

ماده ۲۲۴- در مکان‌های درمانی گروه ۲ برای مدارهای تغذیه تجهیزات در موارد ذیل باید از سامانه اتصال زمین IT استفاده شود:

۱- تجهیزات الکتریکی پزشکی؛

۲- سامانه‌های مورد استفاده برای حفظ حیات؛

۳- کاربردهای جراحی؛

۴- تمام تجهیزات مورد استفاده در «محیط بیمار».

تبصره - در این مکان‌های درمانی برای هر گروه از اتاق‌هایی که دارای یک نوع عملکرد می‌باشد، باید حداقل یک سامانه اتصال زمین IT جداگانه پیاده‌سازی شود.

ماده ۲۲۵- در ترانسفورماتورهای ایزوله مورد استفاده در سامانه اتصال زمین IT مراکز درمانی، حداکثر جریان نشتی سیم‌پیچ خروجی به زمین و نیز جریان نشتی به محفظه پوششی، در شرایط بدون بار و با ولتاژ و فرکانس نامی باید ۰/۵ میلی آمپر باشد.

ماده ۲۲۶- در سامانه اتصال زمین IT مراکز درمانی، برای بارهای سه فاز باید یک ترانسفورماتور سه فاز جداگانه با ولتاژ خروجی خط به خط که متجاوز از ۲۵۰ ولت نباشد، مورد استفاده قرار گیرد.

ماده ۲۲۷- ترانسفورماتور باید در مجاورت (داخل یا خارج) مکان درمانی نصب شود و برای حفاظت در برابر تماس تصادفی با قسمت‌های برق‌دار باید در داخل قفسه و محفظه یا پوشش قرار داشته باشد.

ماده ۲۲۸- برای هر سامانه اتصال زمین IT در مراکز درمانی باید یک سامانه پایش میزان عایق‌بندی (IMD) با سامانه هشداردهنده دیداری - شنیداری دائمی پیش‌بینی و در محل مناسبی که به وسیله کارکنان پزشکی پیوسته قابل کنترل باشد، نصب شود.

ماده ۲۲۹- وسیله پایش میزان عایق‌بندی مورد استفاده در سامانه اتصال زمین IT مراکز درمانی باید از ویژگی‌های ذیل برخوردار باشد:

۱- میزان مقاومت داخلی جریان متناوب دستگاه باید حداقل ۱۰۰ کیلو اهم باشد؛

۲- ولتاژ آزمون نباید بیش از ۲۵ ولت باشد؛

۳- شدت جریان آزمون حتی در شرایط اتصالی نباید بیش از یک میلی آمپر باشد؛

۴- نمایش وجود اتصالی باید از زمانی شروع شود که مقاومت عایق‌بندی حداقل به ۵۰ کیلو اهم تنزل کرده باشد؛

۵- قابلیت نشان دادن شرایط اضافه بار و اضافه حرارت ترانسفورماتور را داشته باشد.

ماده ۲۳۰- در مکان‌های درمانی، در هر یک از جعبه تابلوهای توزیع برق یا در مجاورت آن باید یک شینه هم‌پتانسیل‌کننده به منظور اتصال هادی‌های هم‌پتانسیل‌کننده و حفاظتی پیش‌بینی و نصب شود.

ماده ۲۳۱- در مکان‌های درمانی، اتصالات هادی‌ها به شینه هم‌پتانسیل‌کننده درون تابلوهای توزیع برق باید به روشنی در معرض دید بوده و قابل جداکردن از سامانه باشد.

ماده ۲۳۲- تخت‌های فلزی عمل جراحی که به طور ثابت نصب شده‌اند و با برق کار نمی‌کنند، باید به هادی هم‌پتانسیل‌کننده سامانه اتصال زمین متصل شود.

ماده ۲۳۳- در هر یک از مکان‌های درمانی گروه‌های ۱ و ۲، بین قسمت‌های فلزی مختلف ذیل که در ارتفاع کمتر از ۲/۵ متر از کف قرار دارند، باید همبندی اضافی برای هم‌پتانسیل کردن انجام شود:

۱- شینه هادی اضافی؛

۲- قسمت‌های هادی بیگانه؛

۳- پرده فلزی ترانسفورماتور جداکننده؛

۴- پرده حفاظتی جلوگیری از تداخل میدان‌های مغناطیسی؛

ماده ۲۱۱- در کلیه تعمیرگاه‌های وسایل نقلیه و در جایگاه‌های سوخت و نیز در مکان‌های ذخیره سوخت که در گروه مکان‌های پرخطر طبقه‌بندی می‌شوند، همه محل‌های عبور سیم و زره فلزی یا پوشش فلزی روی کابل‌ها و همه قسمت‌های فلزی تجهیزات الکتریکی ثابت یا قابل حمل که در حالت عادی حامل جریان الکتریکی نیستند، باید به سامانه اتصال زمین متصل و سپس همبندی شوند.

ماده ۲۱۲- تمام دیسپنسرها باید به یک یا چند وسیله قطع مدار اضطراری که در فواصل حداقل ۶ متر و حداکثر ۳۰ متر از تجهیزات توزیع سوخت مربوطه نصب شده‌اند، مجهز باشند. وسیله قطع مدار اضطراری باید برق همه وسایل توزیع سوخت و تمامی پمپ‌های بالادستی دیسپنسر مدارهای تغذیه و کنترل و سیگنال مرتبط و تجهیزات الکتریکی دیگر که در مکان‌های پرخطر طبقه‌بندی شده پیرامون تجهیزات توزیع سوخت قرار دارند را قطع کند.

ماده ۲۱۳- در ایستگاه‌های کاری افشانه (اسپری) و فرایندهای رنگ‌کاری و لایه‌نشانی که از مواد قابل اشتعال یا قابل احتراق استفاده می‌شود، تمامی افراد و اشیای هادی الکتریسیته از جمله بخش‌های فلزی تجهیزات یا دستگاه فرایند و مخزن‌های مواد و مجراهای خروج گاز و سامانه‌های لوله‌کشی که مایعات قابل اشتعال یا قابل احتراق حمل می‌کنند، باید به زمین متصل شوند.

ماده ۲۱۴- در ایستگاه‌های کار با افشانه (اسپری) و فرایندهای لایه‌نشانی و سایر فرایندهای به‌کارگیرنده روش باردارساز الکتریکی (الکترواستاتیک) که از تجهیزات اتمایزر و باردارساز الکتریکی و مانند آن استفاده می‌کنند و روی یک نگهدارنده مکانیکی نصب هستند، الکترودها و سرهای اتمایزر الکترواستاتیکی باید به طور مؤثر نسبت به زمین عایق‌بندی شوند.

ماده ۲۱۵- در ایستگاه‌های کار با افشانه (اسپری) و فرایندهای لایه‌نشانی، سیم‌های ولتاژ بالا باید به طور مناسبی عایق‌بندی شوند و همه اجزای در معرض ولتاژ بالا باید به طور دائمی روی عایق‌های مناسب قرار گیرند که به طور مؤثر از طریق اتصال به زمین در برابر تماس تصادفی محافظت شوند.

ماده ۲۱۶- اشیایی که به روش کار با افشانه (اسپری) رنگ می‌شوند یا در حال لایه‌نشانی پودر هستند، باید با تسمه نقاله، آویزها یا هر نگهدارنده دیگر که به زمین وصل است، اتصال الکتریکی داشته باشند و قلاب‌ها مرتباً تمیز شوند تا اطمینان حاصل شود که آنها از نظر الکتریکی با مقاومت حداکثر یک مگا اهم به زمین وصل می‌باشند.

ماده ۲۱۷- تمام اشیای هادی الکتریسیته در محیط کار با افشانه (اسپری) و لایه‌نشانی پودر، به جز اشیایی که برای انجام فرایند باید در ولتاژ بالا باشند، باید از اتصال به زمین مناسب برخوردار شوند. این الزام، شامل مخزن‌های رنگ و سطل‌های شست و شو و حفاظ‌ها و اتصالات شیلنگ و هر شیء یا وسیله هادی الکتریسیته در محیط می‌باشد.

ماده ۲۱۸- دستگیره تفنگ کار با افشانه (اسپری) باید از نظر الکتریکی به وسیله هادی مناسب به زمین وصل شود که مقاومت زمین از یک مگا اهم تجاوز نکند.

ماده ۲۱۹- تمام افرادی که به منطقه کار با افشانه (اسپری) و لایه‌نشانی و رنگ‌کاری وارد می‌شوند، باید از طریق وسایلی مانند مچ‌بند و پابند و کفش‌های آنتی استاتیک به زمین اتصال مناسب داشته باشند و هشدارهای الزام اتصال به زمین افراد باید در محل نصب شود.

ماده ۲۲۰- تمام مجرای فلزی سیم‌ها و زره‌های فلزی و روکش فلزی کابل‌ها و همه قسمت‌های فلزی تجهیزات الکتریکی ثابت یا سیار در ایستگاه‌های لایه‌نشانی پودر باید به زمین وصل شوند و همبندی بین آنها برقرار شود.

ماده ۲۲۱- در انجام عملیات کار با افشانه (اسپری) در محفظه‌های غشایی^۱ قطعه کار باید اتصال به زمین مناسب داشته باشد. همچنین، تجهیزات رنگ اسپری باید به زمین

1- Spray

2- membrane enclosure

محفظه موقتی که برای اسپری روی قطعات کار که امکان قراردادن آنها درون اتاق رنگ وجود ندارد و بنا به دلایل فنی نمی‌توان آنها را به صورت رو باز اسپری کرد، به کار می‌رود.

۵ - پرده حفاظتی جلوگیری از تداخل کف‌های هادی؛

۶ - بدنه‌های هادی تجهیزات مورد استفاده در سامانه ولتاژ بسیار پایین ایمن (SELV) از جمله چراغ‌های مربوط به میز عمل

۷- تخت‌های فلزی نصب ثابت عمل جراحی که با برق کار نمی‌کنند.

ماده ۲۳۴- در سامانه اتصال زمین مکان‌های درمانی، میزان مقاومت هادی‌ها و نقاط اتصال بین ترمینال‌های هادی حفاظتی پریزها یا ترمینال‌های تجهیزات نصب ثابت یا هر نوع بدنه هادی بیگانه و شینه هم‌پتانسیل‌کننده نباید بیش از ۰/۲ اهم باشد.

ماده ۲۳۵- برای اتصال زمین بدنه تخت مخصوص عمل جراحی یا زایمان و اتاق مراقبت‌های ویژه و دستگاه‌های بیهوشی و میز وسایل عمل جراحی و دستگاه سیار عکسبرداری اشعه ایکس باید پریزهای مخصوص اتصال زمین به تعداد کافی تعبیه شود.

ماده ۲۳۶- بدنه فلزی چراغ‌های مخصوص عمل جراحی و یونیت‌های سقفی و دیواری مخصوص شیرهای سامانه هوای فشرده و خلاء و اکسیژن و گازهای طبیعی و چارچوب‌های فلزی درها و پنجره‌ها و کلیه اشیای فلزی باید به طور ثابت با سیم دارای حداقل سطح مقطع ۱۶ میلی متر مربع، به شبکه اتصال زمین اتاق متصل شود.

ماده ۲۳۷- در اتاق‌های عمل و زایمان و مراقبت‌های ویژه و شکسته‌بندی، باید برای هر جعبه اتصال زمین و چراغ و یونیت و چارچوب فلزی و هر یک از اشیای فلزی در دسترس، یک رشته سیم جداگانه از شینه اصلی اتصال زمین تابلوی برق ایزوله تا دستگاه مربوطه در نظر گرفته شود.

ماده ۲۳۸- در اتاق‌های عمل و زایمان و مراقبت‌های ویژه و شکسته‌بندی، سطح مقطع سیم اتصال زمین پریزهای برق که با سیم‌های فاز و نول در یک لوله قرار می‌گیرد، باید مساوی سطح مقطع سیم‌های فاز و نول مربوطه باشد.

ماده ۲۳۹- در مکان‌های درمانی گروه‌های ۱ و ۲ در بخش اعمال جراحی قلب باز و بخش‌های تشخیصی آنژیوگرافی قلب و کاتتریزاسیون قلب و مراقبت ویژه جراحی قلب، مدارهای تغذیه تجهیزات مستقر در ارتفاع کمتر از ۲/۵ متر باید علاوه بر سامانه اتصال زمین، به وسیله حفاظتی جریان تفاضلی (RCD) مناسب نیز مجهز باشند.

ماده ۲۴۰- در اتاق‌های عمل جراحی قلب باز و کاتتریزاسیون قلب باید همبندی هم‌پتانسیل بین اجزای ذیل بر حسب مورد برقرار باشد:

۱- تخت‌ها و سایر اشیای فلزی؛

۲- لوله‌ها و اجزای فلزی ساختمان و تأسیسات مکانیکی؛

۳- بدنه تابلوهای برق و تمام دستگاه‌ها و تجهیزات الکتریکی؛

۴- کفپوش آنتی استاتیک و یا استاتیک کانداکتیو و شیلد الکترواستاتیک

۵- هادی حفاظتی مدارهای پریز برق.

ماده ۲۴۱- برای هر تخت بیمار در فضای بستری بیمار در بخش‌های مراقبت ویژه باید پلاگ مخصوص اتصال زمین، برای اتصال هادی حفاظتی (PE) به تخت بیمار، تعبیه شود.

ماده ۲۴۲- در بخش مراقبت‌های ویژه نوزادان (NICU) و مکان‌های درمانی مراقبت ویژه جراحی قلب باید از سامانه اتصال زمین TN - S استفاده شود.

ماده ۲۴۳- برای هر واحد بستری نوزاد در فضای بستری در بخش مراقبت‌های ویژه نوزادان (NICU) باید پلاگ مخصوص اتصال زمین، برای اتصال هادی حفاظتی (PE) به انکوباتور نوزاد، پیش‌بینی و نصب شود.

ماده ۲۴۴- بدنه تمام وسایل الکتریکی و اشیای و تجهیزات فلزی در معرض تماس و هادی‌های حفاظتی مدارهای پریز و روشنایی در آبدارخانه و کابین دوش و آزمایشگاه تحقیقاتی بخش مراقبت‌های ویژه نوزادان و فضاهای مشترک آزمایشگاه‌ها و بانک خون و اتاق کار کثیف و اتاق ایزوله و آزمایشگاه تحقیقاتی بخش مراقبت ویژه جراحی قلب و فضاهای مشابه باید برای هم‌پتانسیل‌سازی همبندی اضافی شوند.

ماده ۲۴۵- سامانه تغذیه تأسیسات برقی در اتاق‌های ایزوله و فضاهای بستری بیمار در بخش مراقبت ویژه جراحی قلب باید از نوع IT پزشکی باشد.

ماده ۲۴۶- اتاق‌های ایزوله بیمار و فضاهای بستری بیمار در بخش مراقبت ویژه جراحی قلب باید دارای تابلوی مخصوص برق ایزوله با ترانسفورماتور ایزوله، مانیتور مخصوص و نشانگرهای میزان نشت جریان، شرایط عادی و اعلام خطر باشد که این تابلوها باید از برق حیاتی تغذیه کنند.

ماده ۲۴۷- برای تشخیص اتصالاتی‌های احتمالی در مدارهای تغذیه‌کننده فضاهای مراقبت از بیمار در مراکز درمانی، باید اتصال به زمین مؤثر، از طریق یک مسیر فلزی یا کابل دارای زره یا پوشش فلزی تأمین شود.

ماده ۲۴۸- در مراکز درمانی، ترمینال‌های زمین همه پریزها، به جز پریزهای ایزوله شده از زمین، جعبه‌های فلزی پریز و جعبه‌های فلزی وسایل یا محفظه‌های فلزی و همه سطوح هادی تجهیزات الکتریکی ثابت که در حالت عادی حامل جریان نیستند و احتمال دارد با ولتاژ بالاتر از ۱۰۰ ولت برق‌دار شده و با فرد تماس داشته باشند، باید به طور مستقیم به یک هادی مسی ارت با پوشش عایق متصل شوند.

ماده ۲۴۹- ترمینال زمین تجهیزات تابلو برق عادی و حیاتی مدار انشعابی که در فضای مراقبت از بیمار قرار دارند، باید علاوه بر اتصال زمین با یک هادی مسی پیوسته روکش‌دار بزرگ‌تر یا مساوی ۲/۵ میلی‌متر مربع (نمره ۲/۵) با یکدیگر همبند شوند.

ماده ۲۵۰- در فضای مراقبت از بیمار، اتصال زمین پریزهای برق نباید منحصر به اتصال زمین عملیاتی (زمین ایزوله) باشند و اتصال زمین حفاظتی نیز الزامی است.

ماده ۲۵۱- در محل تخت بیمار در فضای مراقبت عمومی از بیمار، ترمینال زمین همه پریزها باید به یک هادی زمین تجهیزات مسی روکش‌دار، متصل شود.

ماده ۲۵۲- در فضاهای حساس مراقبت از بیمار، ترمینال زمین همه پریزهای محل تخت بیمار و پریزهای اتاق عمل باید به وسیله یک هادی زمین مسی روکش‌دار تجهیزات به شینه اصلی ارت وصل شوند.

ماده ۲۵۳- در تمام پریزهایی که امکان استفاده از تجهیزات قابل حمل تشخیص پزشکی نظیر تجهیزات پرتو ایکس متحرک وجود دارد، باید هادی زمین متصل به شینه اصلی ارت وجود داشته باشد.

ماده ۲۵۴- در مکان‌های درمانی که از ماده بیهوشی قابل اشتعال و انفجار استفاده می‌شود، همه مجراهای فلزی کابل‌ها و کابل‌های با زره مسی و همه قسمت‌های هادی تجهیزات الکتریکی ثابت که در حالت عادی حامل جریان الکتریکی نیستند، باید به یک هادی زمین تجهیزات متصل شوند که برای مکان‌های کلاس یک تعبیه شده است.

تبصره - تجهیزاتی که با ولتاژ کمتر از ۱۰ ولت کار می‌کنند، الزامی برای اتصال به زمین تجهیزات ندارند.

ماده ۲۵۵- در مکان‌های درمانی که از ماده بیهوشی قابل اشتعال و انفجار استفاده می‌شود، سیم‌کشی مدارهای ایزوله باید در مجراها یا کابل‌های جدا از سیم‌ها و کابل‌های اتصال به زمین تعبیه شوند.

ماده ۲۵۶- در مکان‌های درمانی که از ماده بیهوشی قابل اشتعال و انفجار استفاده می‌شود، همه سطوح هادی تجهیزات و روشنایی‌ها، هسته و قاب ترانسفورماتورهای نوع ایزوله‌کننده برای تغذیه مدارهای ولتاژ پایین باید به یک هادی زمین تجهیزات متصل شوند.

ماده ۲۵۷- در مکان‌های مربوط به استفاده از تجهیزات پرتو X همه موارد ذیل باید به هادی زمین حفاظتی وصل شوند:

۱- محفظه فلزی خازن‌های موجود؛

۲- تمام قسمت‌های ولتاژ بالای مورد استفاده برای تولید پرتو X؛

۳- تمام قسمت‌های فلزی تجهیزات پرتو X و تجهیزات جانبی آن که در حالت عادی حامل جریان الکتریکی نیستند.

فصل یازدهم - اتصال زمین سالن‌های نمایش و استودیوهای تلویزیونی و نمایشگاه‌ها و رویدادهای مشابه

ماده ۲۵۸- در محل نمایش و استودیوهای تلویزیونی و نظایر آن، ساسی دیمرهای الکترونیکی (حالت جامد) باید به هادی زمین حفاظتی متصل شود.

ماده ۲۵۹- در تجمعات در فضای باز نظیر جشن‌ها و اعیاد و مراسم عزاداری و نمایشگاه‌ها و رویدادهای مشابه، کلیه تجهیزات ذیل که از یک منبع تغذیه استفاده می‌کنند، باید با یکدیگر همبندی شوند:

۱- مسیرهای فلزی کابل و کابل‌های با زره فلزی؛

۲- محفظه‌های فلزی تجهیزات الکتریکی

۳- قاب‌های فلزی و قسمت‌های فلزی سازه‌های قابل حمل و تریلرها یا سایر تجهیزاتی که تجهیزات الکتریکی درون آنها قرار دارند یا نگهدارنده تجهیزات الکتریکی هستند.

ماده ۲۷۱- اگر سامانه اتصال به زمین TN در داخل یک واحد متحرک استفاده می‌شود و به یکی از دو روش اتصال به ژنراتور مستقل فشار ضعیف یا اتصال از طریق تجهیزات ایزوله‌کننده نظیر ترانسفورماتور تغذیه می‌شود، بدنه رسانا و سایر قسمت‌های رسانای در دسترس باید به نقطه خنثی (نول)، یا اگر نول در دسترس نباشد، به هادی فاز متصل شود.^۱

تبصره ۱- اتصال بدنه به هادی فاز در صورتی که نول در خارج یا داخل واحد متحرک به زمین متصل شده باشد، ممنوع است.

تبصره ۲- در صورت اتصال مستقیم سامانه تغذیه به برق شبکه، همه بخش‌های فلزی الکتریکی و غیر الکتریکی باید از طریق اتصال به یک شینه زمین در تابلو برق واحد، زمین شوند و از طریق هادی عایق‌بندی شده در کابل یا سیم‌کشی تغذیه به سامانه زمین مستقر در نزدیکی محل واحد متحرک، وصل یا این اتصال ارت در خارج واحد متحرک ایجاد شود.

ماده ۲۷۲- در واحدهای متحرک و پیش‌ساخته، وسیله اصلی قطع مدار الکتریکی باید به منظور زمین کردن، یک شینه یا هادی زمین از نوع بدون لحیم داشته باشد که از تعداد ترمینال‌های کافی برای همه هادی‌های زمین برخوردار باشد.

ماده ۲۷۳- اگر هیچ تجهیز سرویس‌دهی واحد متحرک یا وسیله قطع‌کننده‌ای موجود نباشد، یا تغذیه برق واحد متحرک به وسیله پریز و دوشاخه انجام می‌شود، هادی زمین ترمینال شبکه یا الکتروود زمین باید به وسیله یک هادی همبندی مسی با شاسی فلزی یا ترمینال زمین در دسترس واحد متحرک همبندی شوند.

ماده ۲۷۴- در شینه زمین وسیله اصلی قطع مدار الکتریکی واحدهای متحرک و پیش‌ساخته، انتهای نول باید عایق‌بندی شود.

ماده ۲۷۵- تمام پریزهای مورد استفاده در واحدهای متحرک و پیش‌ساخته باید از نوع ارت‌دار باشد.

ماده ۲۷۶- در قسمت‌های مرطوب واحدهای متحرک و پیش‌ساخته نظیر سرویس‌های بهداشتی و حمام و آشپزخانه و سینک‌ها و ماشین‌های ظرفشویی، باید همبندی اضافی بر اساس مواد مندرج در بخش دوم فصل پنجم این آیین‌نامه اجرا شود.

ماده ۲۷۷- همه سقف‌های فلزی و پوشش‌های خارجی فلزی واحدهای متحرک باید با شرایط ذیل همبندی شوند:

۱- صفحه‌های فلزی یکدیگر را همپوشانی کنند و به وسیله بست‌های فلزی به قسمت‌های چارچوب فلزی یا چوبی به طور مطمئن متصل شده باشند؛

۲- پایین‌ترین صفحه پوشش فلزی خارجی به وسیله بست‌های فلزی در محل اتصال بدنه به کف محکم شود. در هر واحد باید از دو تسمه فلزی در دو انتهای آن برای این منظور استفاده شود.

ماده ۲۷۸- اگر شبکه داخلی واحد متحرک از نوع TT یا TN باشد، یا در سامانه IT یک پریز برای تغذیه مصرف‌کننده خاصی در واحد سیار پیش‌بینی شده باشد که نیاز به قطع برق در صورت اولین اتصالی داشته باشد، باید تغذیه شبکه برق واحد متحرک از طریق وسیله جریان تفاضلی (RCD) انجام شود.

تبصره - پریز وصل یک دوشاخه کابل به مدار اصلی مستقر در بدنه بیرونی واحد متحرک باید به وسیله جریان تفاضلی (RCD) با جریان قطع کمتر از ۳۰ میلی‌آمپر مجهز باشد.

بخش دوم - کاروان‌ها

ماده ۲۷۹- در توقفگاه کاروان‌ها، سامانه اتصال به زمین تابلوی تأمین برق کاروان باید از نوع S - C - TN باشد و در محل تفکیک هادی خنثی به الکتروود زمین کمکی متصل شود.

ماده ۲۸۰- در خروجی مدار تغذیه بعد از وسیله جریان تفاضلی، هیچ اتصالی بین هادی زمین و هادی نول نباید برقرار شود.

ماده ۲۶۰- در تجمعات در فضای باز نظیر جشن‌ها و اعیاد و مراسم عزاداری و نمایشگاه‌ها و رویدادهای مشابه، باید سامانه اتصال زمین S - TNC اجرا شود.

ماده ۲۶۱- در استودیوهای تلویزیون و مکان‌های مشابه، کلیه کابل‌های دارای هادی زمین حفاظتی روکش‌دار و مسیرهای فلزی کابل‌ها و همه قسمت‌های فلزی وسایل و تجهیزات باید به یک هادی زمین حفاظتی متصل شوند.

تبصره - این ماده مشمول لامپ‌های سیار، نور صحنه قابل حمل و تجهیزات صوتی صحنه یا سایر تجهیزات ویژه صحنه و قابل حمل که با ولتاژ کمتر از ۱۵۰ ولت DC نسبت به زمین کار می‌کنند، نیست.

فصل دوازدهم - اتصال زمین تأسیسات کشاورزی و دامپروری و باغبانی

ماده ۲۶۲- در مکان‌هایی از تأسیسات و زمین‌های کشاورزی و دامپروری که شرایط خورندگی فراهم باشد (مانند محل جمع‌آوری کودهای جانوری و مکان‌های مرطوب آلوده به ذرات خورنده فاضلاب و مواد شوینده شیمیایی و موارد مشابه) هادی زمین مدفون باید عایق‌بندی شود.

ماده ۲۶۳- در همه سازه‌ها و ساختمان‌های کشاورزی، هادی زمین تجهیزات باید در تابلوی توزیع برق هم به بدنه و هم به هادی زمین شده (نول) متصل شود. (سامانه S - TNC)

ماده ۲۶۴- در فضاهای دامپروری با کف سیمانی که شرایط مرطوب وجود دارد، باید تمامی بخش‌های فلزی در معرض تماس که می‌توانند برق‌دار شوند، با صفحه هم‌پتانسیل‌کننده کف (آرما‌تورهای یکپارچه فراهم‌کننده شرایط صفحه هم‌پتانسیل) همبند و به سامانه اتصال زمین وصل شوند.

ماده ۲۶۵- در ماشین‌های آبیاری الکتریکی همه تجهیزات ذیل باید از اتصال زمین مناسب برخوردار باشند:

۱- همه تجهیزات الکتریکی روی ماشین آبیاری؛

۲- همه تجهیزات الکتریکی ملحق شده به ماشین آبیاری؛

۳- تابلوهای برق و تابلوهای فرعی؛

۴- تابلوهای کنترل یا تجهیزات کنترلی که تجهیزات الکتریکی را تا ماشین آبیاری تغذیه و کنترل می‌کنند؛

۵- روکش فلزی کابل و مسیر فلزی کابل؛

۶- سازه فلزی ماشین.

ماده ۲۶۶- بخش‌های فلزی در معرض تماس ماشین آبیاری سایر ماشین‌های کشاورزی الکتریکی متحرک که در حالت عادی حامل جریان الکتریسیته نیستند، باید با هادی زمینی که بخشی از سیم، کابل یا مسیر برق‌رسانی همان ماشین هستند، به زمین متصل شود. اندازه این هادی زمین نباید کمتر از بزرگ‌ترین هادی تغذیه در هر سیم باشد.

ماده ۲۶۷- اگر ماشین آبیاری یک نقطه ساکن داشته باشد، یک سامانه الکتروود زمین باید در نقطه ساکن برای حفاظت در برابر آذرخش، به ماشین وصل شود.

فصل سیزدهم - اتصال به زمین واحدهای متحرک و کاروان‌ها

بخش اول - واحدهای متحرک

ماده ۲۶۸- در داخل کلیه واحدهای متحرک و قابل جابجایی فقط سامانه‌های اتصال زمین TN و IT مجاز است و به‌کارگیری سامانه اتصال به زمین خاص TN - C و TT ممنوع است.

تبصره - مقررات حاکم بر سامانه اتصال به زمین تأسیسات ثابت تأمین‌کننده برق واحدهای متحرک منطبق بر مقررات بخش عمومی این آیین‌نامه و موارد مربوط به سامانه اتصال به زمین TN - C - S است.

ماده ۲۶۹- قسمت‌های رسانای قابل دسترس واحد متحرک باید از طریق هادی همبندی حفاظتی به پایانه اصلی زمین داخل واحد متحرک یا قابل جابجایی متصل شوند. **تبصره -** هادی‌های همبندی حفاظتی باید از نوع افشان با انعطاف‌پذیری بالا باشند.

ماده ۲۷۰- در سامانه اتصال به زمین IT درون واحد متحرک با بدنه و سازه رسانا، اتصال همبندکننده بخش‌های رسانای در دسترس تجهیزات با بدنه و سازه رسانا الزامی است.

تبصره - برای واحدی که فاقد بدنه رسانا باشد، بخش‌های رسانای در دسترس داخل واحد باید به یکدیگر و به هادی حفاظتی متصل شوند.

۱- برای توضیحات بیشتر به بند ۷۱۷،۴۱۱،۴ استاندارد IEC 60364-7-717 و استاندارد ملی ایران INSO 1937-7-717 مراجعه شود.

فصل پانزدهم - اتصال زمین تأسیسات الکتریکی موقت

ماده ۳۰۲- تمام پریزهای مورد استفاده در تأسیسات الکتریکی موقت باید از نوع ارت دار باشند و اتصال ارت پریز، ارتباط الکتریکی قابل اطمینانی با هادی زمین تجهیزات برقرار سازد.

ماده ۳۰۳- در تأسیسات الکتریکی موقت، همه مدارهای انشعابی باید دارای یک هادی زمین تجهیزات مجزا باشند.

ماده ۳۰۴- در تأسیسات الکتریکی موقت، قاب فلزی لامپها و سوکت‌های با قاب فلزی، تنها در صورتی قابل استفاده هستند که از اتصال زمین مناسب برخوردار باشند.

فصل شانزدهم - اتصال زمین جرثقیل‌ها و بالابرها و ماشین پمپ بتن

ماده ۳۰۵- تمام بخش‌های فلزی در دسترس جرثقیل‌ها و مونوریل‌ها و آسانسورهای کارگاهی و لوازم جانبی آنها باید به یکدیگر همبندی شوند، به گونه‌ای که کل سازه جرثقیل توانایی عبور حداکثر جریان خطای احتمالی زمین را نیز داشته باشد.

ماده ۳۰۶- چارچوب تrolley و چارچوب پل جرثقیل‌های سقفی دروازه‌ای باید توسط هادی همبندی جداگانه، همبندی شوند.

ماده ۳۰۷- در بالابرها الکتریکی و وسایل نقلیه مجهز به بالابر(نظیر جرثقیل‌های سیار)، در صورت استفاده از منبع برق خارجی، مجراهای فلزی عبور کابل‌های متصل به بالابر باید با قسمت‌های فلزی وسیله مذکور همبندی شده و قسمت‌های فلزی نیز به هادی زمین تجهیزات همبند شوند. همچنین ابزارها و روشنایی‌ها باید به وسیله یک هادی زمین تجهیزات، به زمین وصل شوند.

ماده ۳۰۸- در بالابرها غیر الکتریکی که هادی‌های الکتریکی متصل به خودرو دارند، قاب فلزی خودرو که در حالت عادی در دسترس افراد است، باید با سامانه اتصال زمین همبندی شود.

ماده ۳۰۹- دستگاه‌های بالابر و دستگاه‌های دارای اجزای متحرک در ارتفاع نظیر ماشین پمپ بتن، به دلیل وجود خطر القای خازنی، قوس الکتریکی و برخورد ناخواسته با خطوط هوایی انتقال نیرو باید در زمان کار کردن در نزدیکی این خطوط از اتصال زمین مطمئن برخوردار باشند.

فصل هفدهم - اتصال زمین سامانه‌های فناوری اطلاعات و تجهیزات حساس

الکتریکی و الکترونیکی و مخابراتی و تأسیسات فیبر نوری و سامانه رادیو و تلویزیون

ماده ۳۱۰- در طراحی تأسیسات الکتریکی مراکز صنعتی دارای تجهیزات بسیار حساس به منظور اجتناب از تداخل امواج الکترومغناطیسی باید الزامات استاندارد IEC61000 رعایت شود.

ماده ۳۱۱- در کارگاه‌هایی که به طور گسترده از شبکه‌های کامپیوتری و سامانه‌های فناوری اطلاعات استفاده می‌شود، باید سامانه زمین از نوع TN - S باشد و استفاده از سامانه TN - C مجاز نیست.

ماده ۳۱۲- در سامانه فناوری اطلاعات همه قسمت‌های فلزی در دسترس که در حالت عادی حامل جریان الکتریکی نیستند، باید به هادی زمین تجهیزات همبندی شوند.

ماده ۳۱۳- در اتاق‌های تجهیزات فناوری اطلاعات، شبکه مرجع سیگنال^۱ باید با هادی زمین تجهیزات فناوری اطلاعات همبندی شوند.

ماده ۳۱۴- به منظور جلوگیری از به وجود آمدن اختلاف پتانسیل و القای ولتاژ بین سامانه اتصال زمین حفاظتی و زمین ابزار دقیق (ارت تمیز)^۲، این دو سامانه باید به یکدیگر متصل باشند.

تبصره - همبندی زمین حفاظتی با سامانه حفاظت کاتدیک، باعث اختلال سامانه حفاظت کاتدیک می‌شود و بنابراین نباید این دو مستقیم به هم وصل شوند؛ بلکه میان این دو سامانه باید حذف‌کننده اضافه ولتاژ^۳ با فاصله هوایی^۳ نصب شود.

ماده ۲۸۱- پریز وصل دوشاخه کابل به مدار اصلی مستقر در بیرون کاروان، باید به وسیله جریان تفاضلی (RCD) به عنوان قطع‌کننده مدار مجهز باشد.

ماده ۲۸۲- پریز تأمین‌کننده برق کاروان‌ها، باید به اتصال زمین مجهز باشد.

ماده ۲۸۳- برای زمین‌کردن لوله‌های فلزی گاز و آب و پسماند در کاروان، همبندی آنها با شاسی مجاز است.

ماده ۲۸۴- الزامات همبندی باید از مواد فصل پنجم این آیین‌نامه تبعیت کند.

ماده ۲۸۵- سیم‌های اتصال به زمین مدار باید از استحکام و یکپارچگی الکتریکی لازم برخوردار باشند.

ماده ۲۸۶- برای همبندی سقف‌های فلزی باید از فصل پنجم این آیین‌نامه تبعیت شود.

ماده ۲۸۷- تابلوی برق کاروان باید دارای یک شینه ارت با تعداد ترمینال کافی برای همه هادی‌های زمین باشد و از طریق کابل تغذیه کاروان باید به شینه زمین تابلوی برق تغذیه‌کننده مستقر در توقفگاه متصل شود.

ماده ۲۸۸- هادی خنثی (نول) کاروان باید از هادی‌های زمین تجهیزات و بدنه‌های تجهیزات و سایر قسمت‌های زمین‌شده عایق‌بندی شود.

فصل چهاردهم - اتصال زمین سازه‌های شناور در آب و اسکله‌ها و بندرگاه‌ها

بخش اول - اسکله‌ها و بندرگاه‌ها

ماده ۲۸۹- هیچ یک از سیم‌های اتصال به زمین در بندرگاه نباید از جنس آلومینیوم یا کابل غیر قابل انعطاف با عایق معدنی و روکش مس باشد.

ماده ۲۹۰- طراحی سامانه تغذیه اسکله‌ها باید طوری باشد که هر یک از نقاط سوختگیری روی کشتی‌ها بتواند به سیم اتصال به زمین سامانه توزیع الکتریکی وصل شود.

ماده ۲۹۱- اتصال به زمین نقاط سوختگیری کشتی‌ها باید قبل از سوختگیری انجام شود و تا پایان مرحله سوختگیری و جدا شدن لوله‌های تخلیه از کشتی برقرار باشد.

ماده ۲۹۲- قسمت‌های فلزی محل سوختگیری باید به مخزن سوخت کشتی و سیم حفاظتی مدار کلیه سیم‌کشی‌های حفاظتی در کشتی اتصال دائمی داشته باشد.

ماده ۲۹۳- تمامی قسمت‌های فلزی روی سطوح شناور در داخل بندرگاه که شامل تجهیزات الکتریکی بوده و یا ممکن است با تجهیزات الکتریکی در تماس باشند، و تمام قسمت‌های فلزی در دسترس باید با اتصال به زمین همبندی شوند.

ماده ۲۹۴- زمانی که شناور در بندرگاه پهلو گرفته است، در صورت تأمین برق آن از اسکله، برای اتصال زمین اصلی عرشه باید یک هادی زمین به بدنه وصل شود.

ماده ۲۹۵- در مجاورت آب، همه قسمت‌های فلزی در تماس با آب و همه لوله‌کشی‌ها و مخزن‌های فلزی و همه قسمت‌های فلزی که در حالت عادی حامل جریان نیستند و احتمال برق‌دار شدن آنها وجود دارد، باید به ترمینال زمین در تجهیزات توزیع همبندی شوند.

ماده ۲۹۶- در مجاورت آب، در نزدیکی همه تجهیزات سرویس‌دهی بیرونی یا وسایل قطع که تجهیزات درون یا روی آب را کنترل می‌کنند و دارای بدنه فلزی و کنترل‌های در دسترس افراد هستند و احتمال برق‌دار شدن آنها وجود دارد، باید به منظور دستیابی به اهداف همبندی اضافی، صفحات هم‌پتانسیل نصب شوند. این صفحات هم‌پتانسیل باید منطقه اطراف تجهیزات را احاطه کنند و مستقیماً از ناحیه زیر تجهیزات به سمت بیرون گسترده شوند، به طوری که در همه جهاتی که فرد می‌تواند بایستد و با آن تجهیزات در تماس باشد، حداقل ۹۰۰ میلی‌متر امتداد داشته باشد.

ماده ۲۹۷- همبندی اضافی صفحات هم‌پتانسیل در مجاورت آب باید از طریق یک شینه محلی که با سامانه اتصال زمین اصلی همبند شده، انجام شود.

بخش دوم - سازه‌های شناور در آب

ماده ۲۹۸- اتصال زمین تجهیزات الکتریکی و اجزای فلزی غیر الکتریکی سازه‌های شناور روی آب باید از طریق اتصال به یک شینه زمین در تابلوی برق همان سازه برقرار شود.

ماده ۲۹۹- اتصال زمین ترمینال زمین در تجهیزات توزیع برق سازه‌های شناور باید از طریق اتصال یک هادی الکتروود زمین عایق‌بندی شده به یک الکتروود زمین روی خشکی برقرار شود.

ماده ۳۰۰- در سازه‌های شناور، اجرای سامانه اتصال زمین TN - C - S الزامی است.

ماده ۳۰۱- تمام پریزهای محوطه باز درون یا روی ساختمان‌ها یا سازه‌های شناور در محوطه اسکله، صفحه داده الکتریکی در مجاورت آب باید به وسیله جریان تفاضلی (RCD) مجهز باشند که حداقل ۱ متر بالاتر از بالاترین سطح آب در حالت مد قرار گیرد.

1- Signal reference structure

2- Clean earth

3- Surge Gap

ماده ۳۳۰- در استخرهای شنا و تأسیسات مشابه، ترمینال‌های هادی زمین تجهیزات یک جعبه تقسیم و بدنه ترانسفورماتور یا سایر بدنه‌ها در مدار تغذیه به یک روشنایی بدون جایگاه یا با جایگاه مرطوب و محفظه سیم‌کشی یک روشنایی با جایگاه خشک باید به ترمینال زمین تجهیزات تابلوی برق متصل شوند. این ترمینال باید مستقیماً به بدنه تابلوی برق وصل شود.

ماده ۳۳۱- به منظور همبندی هم‌پتانسیل‌سازی، موارد ذیل در استخرهای شنا و آب‌نماها و تأسیسات مشابه باید به یکدیگر وصل شوند:

۱- پوسته‌های هادی استخر؛ (سیمان ریخته شده و سیمان اسپری شده یا به کار برده شده به صورت پنوماتیک و بلوک سیمانی با روکش‌های رنگ‌شده یا پاتیل شده مواد هادی در نظر گرفته می‌شوند و پوسته‌های ترکیب فایبرگلاس و آستری وینیل مواد غیر هادی هستند).

۲- سطوح پیرامونی به طور افقی به فاصله یک متر از دیواره‌های درونی استخر؛

۳- اجزای فلزی سازه استخر؛

۴- همه پوسته‌های فلزی و پایه‌های نگهدارنده روشنایی‌های بدون جایگاه در زیر آب؛

۵- اجزای فلزی تجهیزات الکتریکی متصل به سامانه چرخش آب استخر شامل موتورهای پمپ و قسمت‌های فلزی تجهیزات متصل به پوشش‌های استخر؛

۶- همه قسمت‌های فلزی ثابت از جمله کابل‌های با روکش فلزی و لوله‌کشی فلزی و حصارهای فلزی و قاب‌های فلزی در و پنجره؛

۷- نردبان‌های فلزی و تکیه‌گاه‌های سکوی شیرجه؛

۸- کف شورها و مسیرهای تخلیه؛

۹- لوله‌های ورود و خروج آب.

ماده ۳۳۲- پمپ فیلتر استخر باید به وسیله‌ای برای زمین کردن تنها قسمت‌های فلزی داخلی و غیر قابل دسترسی که در حالت عادی حامل جریان نیستند، مجهز باشد. این وسیله زمین کردن باید یک هادی زمین تجهیزات باشد که به همراه هادی‌های منبع تغذیه در سیم (کابل) قابل انعطاف قرار دارد و به پریز ارت‌داری که یک عضو اتصال زمین ثابت دارد، وصل شود.

ماده ۳۳۳- در استخرهای شنا و تأسیسات مشابه کلیه موارد ذیل باید به وسیله قطع‌کننده‌های مدار خطای زمین حفاظت شوند:

۱- تمام تجهیزات الکتریکی اعم از سیم‌های منبع تغذیه، مورد استفاده در استخرهای با قابلیت ذخیره؛

۲- پریزهای تأمین‌کننده برق برای آب‌گرم (چشمه آب معدنی) یا وان داغ؛

۳- روشنایی‌ها (چراغ‌ها) و پمپ‌های شناور و سایر تجهیزات شناور آب‌نماها و فواره‌ها؛ مگر اینکه به ولتاژهای پایین محدود باشند؛

۴- تجهیزات الکتریکی آب‌نما که به وسیله سیم و دوشاخه به برق وصل می‌شوند؛

۵- پریزهای تأمین برق وان‌های آب‌درمانی و مخازن آنها که به راحتی جابجا نمی‌شوند؛

۶- تمام پریزهای واقع در محدوده ۱/۸ متری وان؛

۷- وان‌های هیدروماساژ و اجزای الکتریکی متصل به آنها؛

۸- تمام پریزهای تک‌فاز زیر ۳۰ آمپر مستقر در محدوده افقی ۱/۸ متری از دیواره‌های جانبی وان هیدروماساژ.

ماده ۳۳۴- در آب گرم (چشمه آب معدنی) و وان داغ و وان‌ها و مخزن‌های آب‌درمانی و وان هیدروماساژ باید موارد ذیل به یکدیگر همبندی شوند:

۱- قسمت‌های فلزی ثابت درون سازه وان یا متصل به آن؛

۲- قسمت‌های فلزی تجهیزات الکتریکی متصل به سامانه گردش آب وان از جمله موتورهای پمپ و دمنده؛

۳- کابل‌ها و مجراهای سیم با روکش فلزی و لوله‌کشی فلزی که در فاصله ۱/۵ متری دیواره‌های درونی وان قرار دارند و هیچ مانع دائمی آنها را از وان جدا نکرده است؛

۴- تمام سطوح فلزی در فاصله ۱/۵ متری از دیواره‌های درونی وان که هیچ مانع دائمی آنها را از وان جدا نکرده است؛

۵- وسایل و کنترل‌های الکتریکی که روی وان نصب نشده‌اند، اما در فاصله کمتر از ۱/۵ متر از این واحدها قرار دارند.

ماده ۳۱۵- در مکان‌های دارای تأسیسات مخابراتی و اتوماسیون صنعتی، در صورت نیاز به صاعقه‌گیر، وجود یک الکتروتود زمین مجزا برای آن الزامی است که باید در شینه ارتباطی به الکتروتود زمین حفاظتی و الکتروتود زمین عملیاتی متصل شود.

ماده ۳۱۶- ابتدا و انتهای مجرای فلزی، سینی‌ها و نردبان‌های فلزی دربرگیرنده سیم یا کابل ورودی مخابرات باید با یک هادی همبندی یا هادی الکتروتود زمین به یک الکتروتود اتصال زمین وصل شود.

ماده ۳۱۷- در صورت استفاده از کابل مخابراتی با روکش فلزی، اجزای فلزی روکش کابل باید به زمین وصل شوند.

ماده ۳۱۸- پایه‌ها و سازه‌های فلزی نگهدارنده آنتن و واحد تخلیه بار (دشارژ) آنتن باید از اتصال زمین مناسب برخوردار باشند.

فصل هجدهم - اتصال زمین دستگاه‌های پرتو X صنعتی (بدون کاربرد پزشکی و دندانپزشکی) و تجهیزات حرارت القایی و دی‌الکترونیک

ماده ۳۱۹- بدنه فلزی حفاظ خازن‌های دستگاه‌های پرتو X صنعتی، بدنه‌های فلزی محافظ همه قسمت‌های ولتاژ بالای این دستگاه‌ها و همچنین همه قسمت‌های فلزی دستگاه پرتو X و تجهیزات جانبی آن (اعم از کنترل‌ها و میزها و نگهدارنده تیوب پرتو X و مخزن ترانسفورماتور و کابل‌های شیلدشده و سرتیوب‌های پرتو X و نظایر آن) که در حالت عادی حامل جریان الکتریکی نیستند، باید از اتصال زمین مناسب برخوردار باشند.

ماده ۳۲۰- تجهیزات متحرک و قابل حمل پرتو X باید دارای دوشاخه ارت‌دار مناسب باشند.

ماده ۳۲۱- در تجهیزات حرارت القایی و دی‌الکترونیک، برای عملکرد مدار و محدود کردن مقدار ولتاژهای فرکانس رادیویی در سطح ایمن، بین همه قسمت‌های در دسترس تجهیزات که در حالت عادی حامل جریان الکتریکی نیستند، همه قسمت‌های تجهیزات و اشیای پیرامون آنها و بین این اشیاء و زمین باید همبندی با هادی زمین تجهیزات انجام شود.

فصل نوزدهم - اتصال زمین استخرهای شنا و آب‌نماها و تأسیسات مشابه

ماده ۳۲۲- برای همبندی هم‌پتانسیل‌کننده حفاظتی تکمیلی استخرها و آب‌نماها و نظایر آن، رعایت کلیه زیربندهای بند ۷۰۲ - ۴۱۵ با عنوان حفاظت تکمیلی استاندارد ملی ایران به شماره ۷۰۲ - ۷ - ۱۹۳۷ الزامی است.

ماده ۳۲۳- همبندی هم‌پتانسیل‌سازی تکمیلی (اضافی) باید در تمامی نواحی اطراف استخرها انجام شود. بدین منظور، همه هادی‌های روبرز برق‌دار و هادی‌های بیگانه از جمله نردبان فلزی و نگهدارنده‌های فلزی تخته شیرجه و نرده‌های کنار استخر که در مناطق صفر و ۱ و ۲ قرار دارند، باید به یکدیگر وصل شوند.

ماده ۳۲۴- اتصال همبندی تکمیلی (اضافی) به منظور هم‌پتانسیل‌سازی در محیط استخر باید با استفاده از یک هادی عایق‌بندی شده با سطح مقطع مناسب انجام شود.

ماده ۳۲۵- ترمینال‌های زمین و همبندی مورد استفاده در استخرهای شنا و آب‌نماها و تأسیسات مشابه باید از نوع ویژه کاربرد در محیط‌های مرطوب و خورنده باشند.

ماده ۳۲۶- اتصالات همبندی و زمین نصب شده در حوزه محیط مرطوب و خیس یا خورنده باید از جنس مس و آلیاژ مس یا فولاد زنگ‌نزن باشد.

ماده ۳۲۷- در روشنایی‌هایی با جایگاه در محیط مرطوب که با سیم یا کابل انعطاف‌پذیر تغذیه می‌شوند، همه قسمت‌های فلزی روبرز که در حالت عادی حامل جریان الکتریکی نیستند، باید به وسیله یک هادی زمین تجهیزات عایق‌بندی شده که از جنس مس می‌باشد، و درون سیم یا کابل قرار دارد، به زمین وصل شود. این هادی زمین باید در جعبه تقسیم تغذیه و محفظه ترانسفورماتور یا محفظه‌های دیگر به ترمینال زمین وصل شود.

ماده ۳۲۸- در استخرهای شنا و محیط‌های مشابه، همه انواع روشنایی دیواری و روشنایی‌های با جایگاه مرطوب و روشنایی‌های با جایگاه خشک و بدون جایگاه باید به یک هادی زمین تجهیزات مسی عایق‌بندی شده که همراه با هادی‌های مدار (سیم‌ها) نصب می‌شود، وصل شوند.

ماده ۳۲۹- در استخرهای شنا و تأسیسات مشابه، جعبه تقسیم‌ها و بدنه‌های ترانسفورماتور و منبع تغذیه و بدنه‌های وسیله قطع مدار خطای زمین که به یک مجرای کابل وصل می‌شوند و این مجرا مستقیماً به یک پایه نگهدارنده یا بدنه روشنایی بدون جایگاه انتقال می‌یابد، باید به تعداد کافی ترمینال زمین مجهز باشد.

ماده ۳۳۵- تمام سامانه‌های لوله‌کشی فلزی متصل به آب‌نما یا فواره باید با هادی زمین تجهیزات مدار تغذیه‌کننده آن، همبندی شوند.

ماده ۳۳۶- در تجهیزات الکتریکی آب‌نما یا فواره که به وسیله یک کابل انعطاف‌پذیر تغذیه می‌شوند، همه قسمت‌های فلزی روباز که در حالت عادی حامل جریان الکتریکی نیستند، باید به وسیله یک هادی زمین تجهیزات از جنس مس عایق‌بندی شده که بخشی از این کابل انعطاف‌پذیر است، به زمین وصل شوند. هادی زمین تجهیزات باید به یک ترمینال زمین تجهیزات در جعبه تقسیم، محفظه (بدنه) ترانسفورماتور، محفظه منبع تغذیه یا دیگر محفظه‌ها متصل شود.

ماده ۳۳۷- بالابرهاي استخر که برای افراد ناتوان یا کم‌توان به کار می‌روند و با ولتاژ بالاتر از ولتاژ محدوده تماس ولتاژ پایین کار می‌کنند، باید به حفاظت GFCI مجهز باشند.

فصل بیستم - اتصال به زمین سیلو

ماده ۳۳۸- به منظور تأمین شبکه اصلی اتصال زمین سیلو می‌توان از میلگردهای بتن مسلح در پی‌ها و فونداسیون‌هایی که نسبت به زمین عایق‌بندی نشده و حداقل عمق آن از سطح زمین یک متر باشد، استفاده شود.

ماده ۳۳۹- سازه‌های فولادی که بر پی‌های سیلوی بتنی تشکیل‌دهنده شبکه اصلی اتصال زمین سوار هستند، باید به وسیله اتصال بولت‌های نگهدارنده سازه یا با استفاده از کابل به میلگردهای بتن همبندی شوند.

ماده ۳۴۰- در سیلوهای بتنی باید بدنه فلزی کلیه تابلوهای فشار متوسط و فشار ضعیف و ترانسفورماتورها به وسیله تسمه‌های مسی یا سیم‌های تالییده مسی با سطح مقطع مناسب، به یکدیگر وصل و سپس به شبکه اصلی اتصال زمین متصل شوند.

ماده ۳۴۱- تمام سیلوه‌ها باید به یک سامانه حفاظت در برابر آذرخش مطمئن مجهز شوند.

ماده ۳۴۲- در پشت بام سیلو، میله‌های برق‌گیر باید توسط تسمه مسی با حداقل ابعاد ۳×۲۰ میلی‌متر به یکدیگر متصل شوند.

ماده ۳۴۳- تمام قسمت‌های فلزی موجود در پشت بام سیلو از قبیل سقف شیروانی یا سایبان فلزی باید به شبکه برق‌گیر همبندی هم‌پتانسیل شود.

فصل بیست و یکم - اتصال زمین تجهیزات و تأسیسات انرژی‌های نو و تجدیدپذیر

ماده ۳۴۴- آرایه‌های فتو ولتائیک DC تأسیسات انرژی خورشیدی باید به حفاظت در برابر خطای زمین DC مناسب مجهز شوند.

ماده ۳۴۵- برای سامانه‌های فتو ولتائیک (PV) زمین شده صلب، هادی زمین مدار DC در هر نقطه تکی روی مدار خروجی PV باید نصب شود و این هادی زمین شده باید به وسیله یک هادی الکترود اتصال زمین به سامانه الکترود زمین متصل شود.

ماده ۳۴۶- قسمت‌های فلزی روباز قاب‌های مازول PV تجهیزات الکتریکی و بدنه‌های هادی سامانه‌های PV که حامل جریان نیستند، باید از اتصال زمین مناسب برخوردار باشند.

ماده ۳۴۷- سازه‌های نگهدارنده فلزی PV باید جامپ‌های همبندی مشخصی داشته باشند که قسمت‌های فلزی مجزا را به هم وصل کنند و به هادی زمین تجهیزات متصل باشند.

ماده ۳۴۸- هادی‌های زمین تجهیزات برای آرایه PV و سازه نگهدارنده آن باید درون یک مجرا یا کابل قرار گیرند.

ماده ۳۴۹- ساختمان یا سازه نگهدارنده آرایه PV باید به یک سامانه الکترود اتصال زمین مجهز باشد.

ماده ۳۵۰- هادی‌های اتصال زمین تجهیزات آرایه PV باید به سامانه الکترود زمین ساختمان یا سازه نگهدارنده آرایه PV متصل شوند.

ماده ۳۵۱- در سامانه برق سلول سوختی، سامانه اتصال زمین DC باید با سامانه اتصال زمین AC همبندی شود.

ماده ۳۵۲- در سامانه برق سلول سوختی، باید هادی زمین تجهیزات جداگانه نصب شود.

ماده ۳۵۳- در توربین‌های باد، قسمت‌های فلزی روباز برج‌ها و بسترهای توربین و تجهیزات دیگر و بسترهای هادی که در حالت عادی حامل جریان نیستند، باید زمین شوند و با سامانه اتصال زمین و همبندی کارگاه همبند شوند.

ماده ۳۵۴- برج توربین باد باید به سامانه الکترود اتصال زمین وصل شود.

ماده ۳۵۵- در مجاورت نزدیک فونداسیون گالوانیزه یا اجزای لنگر برج توربین باد، الکترودهای اتصال زمین گالوانیزه باید مورد استفاده قرار گیرند.

ماده ۳۵۶- وجود هادی‌های زمین تجهیزات یا جامپ‌های همبندی طرف تغذیه، بین توربین‌های باد و برج‌ها و سامانه اتصال زمین کارگاه الزامی است.

فصل بیست و دوم - اتصال به زمین در تأسیسات روشنایی و تجهیزات خیابانی

ماده ۳۵۷- در سامانه اتصال به زمین TT، پایه‌های روشنایی که مدار آنها با یک RCD مشترک حفاظت می‌شود، نباید با الکترودهای زمین مستقل، به زمین وصل شوند.

ماده ۳۵۸- در صورت استفاده از سامانه TN-S در تجهیزات مستقر در خیابان باید از کابل تغذیه با سیم‌های فاز و نول و اتصال به زمین مجزا از یکدیگر استفاده شود.

ماده ۳۵۹- برای تغذیه و حفاظت تجهیزات خیابان با استفاده از سامانه TN-C-S باید از کابلی با سیم مشترک نول - اتصال زمین (PE) استفاده شود.

ماده ۳۶۰- قسمت‌های هادی در دسترس تجهیزات خیابان باید به ترمینال اتصال به زمین تجهیزات و همچنین به ترمینال اتصال به زمین مدار تغذیه متصل شوند.

ماده ۳۶۱- در روش TN-C-S برای تأسیسات جدید، بدنه‌های هادی در دسترس باید از طریق یک سیم مسی به ترمینال نول وصل شود و سطح مقطع این سیم حداقل باید ۱۰ میلی‌متر مربع (سیم شماره ۱۰) یا برابر با سطح مقطع سیم نول مدار تغذیه باشد.

تبصره - اجزای فلزی کوچک مجزا که احتمال تماس آنها با قسمت‌های هادی در دسترس یا قسمت‌های هادی بیگانه یا با سیم اتصال به زمین کم است (مانند درهای فلزی کوچک و چارچوب‌های در) نباید به ترتیب یادشده به سامانه اتصال زمین وصل شوند.

ماده ۳۶۲- در صورتی که مداری بیش از یک وسیله خیابان را تغذیه کند (مثلاً به صورت حلقه)، یک الکترود اتصال زمین باید در واحد آخر یا ما قبل آن نصب شود و مقاومت اتصال زمین در هر نقطه قبل از وصل هر سیم همبندی یا سیم اتصال زمین به ترمینال نول باید کمتر از ۲۰ اهم باشد و چنانچه این مقاومت الکترود بیش از ۲۰ اهم باشد، باید الکترودهای اتصال زمین دیگری در طول مدار با فاصله‌های مساوی از یکدیگر نصب شوند.

ماده ۳۶۳- در صورتی که سامانه تغذیه TN-C باشد، ولی شرکت ناظر بر روشنایی عمومی، مایل به استفاده از کابل‌هایی با سیم‌های مجزای اتصال به زمین و نول باشد و همچنین در مواردی که شرکت برق، ترمینال اتصال زمین را تهیه کرده ولی چاه اتصال زمین را برای استفاده در اختیار شرکت روشنایی نگذارد، شرکت ناظر بر روشنایی باید الکترود ارت حفاظتی خود را نصب کند و در این حالت سامانه اتصال به زمین باید از نوع TT باشد.

ماده ۳۶۴- الکترود ارت نول ترانسفورماتور تغذیه (TN-C) یک جزء مهم از حلقه اتصالی است، ولی مقاومت آن نسبت به الکترود اتصال به زمین تحت کنترل شرکت روشنایی خیابان نیست و در چنین شرایطی برای اطمینان از قطع تجهیزاتی که دچار اتصال شده‌اند، باید از وسایل حفاظتی جریان پسماند استفاده شود.

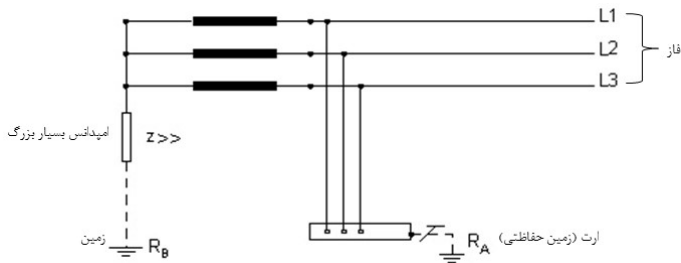
ماده ۳۶۵- استفاده از تیرهای چراغ برق فلزی یا اسکلت فلزی واحدهای کنترل و غیره به عنوان الکترودهای اتصال به زمین حفاظتی ممنوع است.

فصل بیست و سوم - اتصال به زمین داربست‌های موقت و سایر سازه‌های فلزی مشابه

ماده ۳۶۶- در سازه‌هایی که با اتصال‌های پیچ و مهره‌ای و یا با بست‌های پیچی بر پا می‌شوند، مسیرهای چندگانه موازی ایجاد شده بر روی بدنه سازه، مسیر کم مقاومتی برای عبور جریان الکتریکی فراهم می‌سازند اما کمی مقاومت مسیر در کل سازه به معنای پیوستگی الکتریکی در همه بخش‌های سازه فلزی نیست و نباید در طراحی‌ها این فرض در نظر گرفته شود. کابل‌های برق‌رسانی تجهیزات روی سازه باید هادی زمین مجزا داشته باشند.

ماده ۳۶۷- نمی‌توان از چگونگی اتصالات سازه، چگونگی تماس پایه‌های سازه با زمین (خاک) و یا اتصال سازه فلزی موقت به یک سازه دائمی کفایت اتصال به زمین موثر سازه را نتیجه‌گیری کرد و تکیه بر این عوامل برای مناسب فرض کردن اتصال به زمین ممنوع است.

در سامانه اتصال زمین IT، طرف دوم ترانسفورماتور تغذیه، به عنوان منبع تغذیه، باید از سامانه اتصال زمین جداسازی شود و بدنه ترانسفورماتور (حصار ترانسفورماتور) باید به زمین وصل شود.



شکل پ - الف - ۵: سامانه اتصال زمین IT

پیوست ب - مقاومت ویژه خاک

مقاومت یک الکتروود اتصال زمین به مقاومت ویژه الکتریکی خاکی که الکتروود در آن نصب شده است، بستگی دارد. به همین جهت، این عامل می‌تواند به منظور تصمیم‌گیری در انتخاب سامانه‌های حفاظتی مهم باشد.

مقاومت ویژه خاک به میزان رطوبت خاک و ترکیبات شیمیایی و نمک‌های محلول موجود در خاک و اندازه و توزیع دانه‌ها و نزدیکی آنها به یکدیگر بستگی دارد. مقاومت ویژه بعضی از انواع خاک برحسب اهم - متر در جدول پ - ب - ۱ ارایه شده است.

جدول پ - ب - ۱: مقاومت ویژه بعضی از انواع خاک بر حسب اهم - متر

شرایط جوی				نوع خاک
ریش باران معمولی و زیاد (بیش از ۵۰mm در سال)	شرایط صحرائی و ریش باران کم (کمتر از ۲۵mm در سال)	آب‌های زیرزمینی (چشمه آب شور)	گستره مقادیر واقعی	
مقادیر احتمالی	مقادیر واقعی	گستره مقادیر واقعی	اهم - متر	
اهم - متر	اهم - متر	اهم - متر	اهم - متر	
۵	*	۱ الی ۵		خاک رس آبرفتی
۱۰	۱۰ الی ۱۰۰	۱ الی ۵		خاک رس
۲۰	۵۰ الی ۳۰۰	---		خاک‌های آهک‌دار
۵۰	---	---		سنگ آهک خلل و فرج‌دار (مانند گچ)
۱۰۰	---	---		سنگ سیاه خلل و فرج‌دار (سنگ‌های رستی و سنگ سیاه Keuper)
۳۰۰	---	---		کوارتز، سنگ آهک متراکم و بلوری (مانند مرمر)
۱۰۰۰	بیش از ۱۰۰۰	۳۰ الی ۳۰۰		تخته‌سنگ‌های رس و سنگ‌های رستی
۱۰۰۰	---	---		گرانیت
۲۰۰۰	---	---		شیش و سنگ آذرین

*به سطح آب محل بستگی دارد

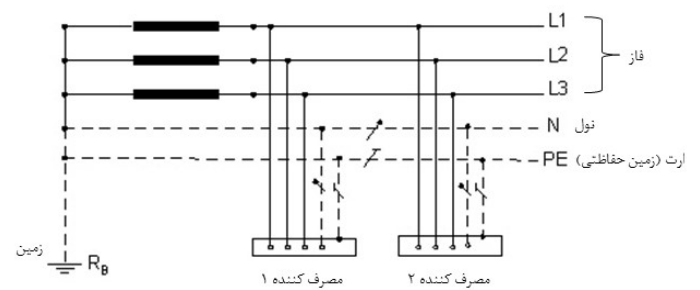
پیوست پ - جدول‌ها

جدول پ - ب - ۱- اندازه حداقل انواع الکتروودهای اتصال زمین از جنس فولاد

سطح	نوع الکتروود	قطر (mm)	مساحت سطح مقطع (mm ²)	ضخامت (mm)
Hot-dip گالوانیزه گرم یا ضد زنگ	تسمه	---	۹۰	۳
	میله‌های گرد برای الکتروودهای اتصال زمین عمیق	۱۶	---	---
	سیم گرد برای الکتروود اتصال زمین سطحی	۱۰	---	---
	لوله	۲۵	---	۲

الف ۱-۲- سامانه TN-S: (شکل پ - الف - ۲)

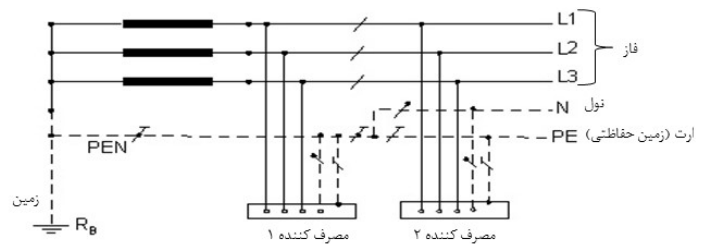
در این سامانه، سیم‌های نول و ارت از یکدیگر جدا هستند؛ یعنی در محل تابلوی اصلی برق علاوه بر شینه نول، شینه دیگری به نام شینه ارت وجود دارد که هادی ارت اصلی از الکتروودهای زمین به آن وصل شده و از آنجا به موازات سیم‌های نول و فازها (به صورت پنج سیمه برای حالت سه فاز و سه سیمه برای حالت تک فاز) تا دستگاه‌های مصرف‌کننده انتقال داده شده و به بدنه هادی آنها متصل می‌شود.



شکل پ - الف - ۲: سامانه اتصال زمین TN-S

الف ۱-۳- سامانه TN-C-S: (شکل پ - الف - ۳)

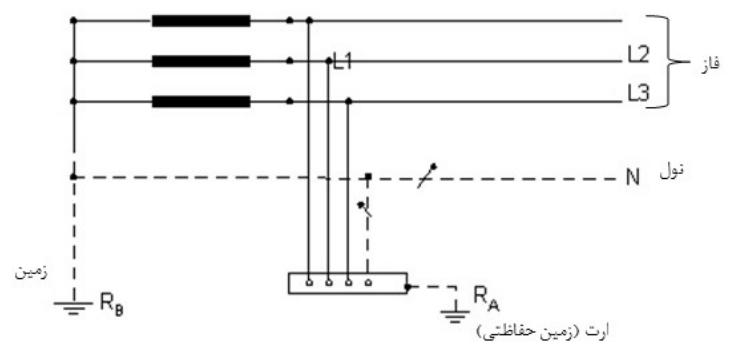
تنها در بخشی از این سامانه (معمولاً در ابتدای آن)، سیم نول و ارت با یکدیگر مشترک هستند و از آن نقطه به بعد، سیم جداگانه‌ای از نول منشعب شده و جداگانه به بدنه دستگاه مصرف‌کننده اتصال داده می‌شود.



شکل پ - الف - ۳: سامانه اتصال زمین TN-C-S

الف ۲- سامانه TT: (شکل پ - الف - ۴)

در این سامانه منبع انرژی (ترانسفورماتور پست یا ژنراتور برق) در یک یا چند نقطه ارت شده و قسمت هادی در دسترس و هادی بیگانه به الکتروود ارت محلی یا الکتروودهایی که از نظر الکتریکی مستقل از اتصال زمین عملیاتی سامانه هستند، متصل می‌شوند. یعنی اتصال زمین حفاظتی هیچ‌گونه ارتباطی با اتصال زمین عملیاتی ندارد.



شکل پ - الف - ۴: سامانه اتصال زمین TT

الف ۳- سامانه IT: (شکل پ - الف - ۵)

در این سامانه منبع انرژی (ترانسفورماتور پست یا ژنراتور برق) یا به طور کلی ارت نشده، یا از طریق یک امپدانس بزرگ ارت می‌شود و قسمت هادی در دسترس تأسیسات نیز به الکتروود ارتی که از نظر الکتریکی مستقل است، وصل می‌شوند. در این سامانه نیز اتصال زمین حفاظتی و اتصال زمین عملیاتی با یکدیگر ارتباط ندارند.

جدول پ - پ - ۲- اندازه حداقل انواع الکترودهای اتصال زمین از جنس مس

نوع الکتروود	قطر (mm)	مساحت سطح مقطع (mm ²)	ضخامت (mm)
تسمه لخت	---	۵۰	۲
طناب لخت	۱/۸ برای هر رشته	۲۵	----
سیم گرد لخت برای الکتروود اتصال زمین سطحی	---	۲۵	----
لوله لخت	۲۰	----	۲
طناب با روکش قلع	۱/۸ برای هر رشته	۲۵	---
تسمه با روکش روی	----	۵۰	۲

جدول پ - پ - ۳- حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی

حداقل سطح مقطع سیم فاز ، S	حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی متناظر (PE)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	۱۶
$S > 35$	S/۲

جدول پ - پ - ۴- حداقل سطح مقطع هادی همبندی اضافی به سامانه اتصال زمین

نوع هادی همبندی اضافی	حداقل سطح مقطع هادی همبندی اضافی
هادی با حفاظت مکانیکی	۲/۵ میلی متر مربع
هادی بدون حفاظت مکانیکی	۴ میلی متر مربع
هادی مورد استفاده در حمامها و مکانهای نمناک و مرطوب	۴ میلی متر مربع

جدول پ - پ - ۵- حداقل سطح مقطع هادی همبندی اضافی

جنس	حداقل سطح مقطع (mm ²)	
	حفاظت شده در برابر صدمات مکانیکی	حفاظت نشده در برابر صدمات مکانیکی
مس	۲/۵	۴
آلومینیوم	۱۶	۱۶

جدول پ - پ - ۶- حداقل ضخامت غلافهای فلزی یا لولههای فلزی در سامانههای پایانه هوایی

کلاس LPS	ماده	ضخامت (t) بر حسب (mm)	ضخامت (t') بر حسب (mm)
I تا IV	سرب	-	۲/۰
	فولاد (زنگ نزن و گالوانیزه)	۴	۰/۵
	تیتانیوم	۴	۰/۵
	مس	۵	۰/۵
	آلومینیوم	۷	۰/۶۵
	روی	-	۰/۷

t: از سوراخ شدن جلوگیری می کند

t': فقط برای غلافهای فلزی که در آنها محافظت در برابر سوراخ شدن، نقاط داغ یا مشکلات جرقه زنی مهم نباشد.

جدول پ - پ - ۷- الکترودهای زمین و حداقل اندازه آنها از نظر خوردگی و زنگ زدگی و مقاومت مکانیکی

جنس الکتروود	شکل	قطر (mm)	سطح مقطع (mm ²)	ضخامت (mm)	ضخامت پوشش میکرون
فولاد دفن شده در داخل بتن (از نوع لخت و گالوانیزه عمقی داغ و یا فولاد ضدزنگ)	سیم لخت مفتولی یا میله گرد	۱۰	---	---	---
	تسمه	---	۷۵	۳	---
فولاد گالوانیزه عمقی داغ	تسمه (با لبه های گرد)	---	۹۰	۳	۶۳
	میله با مقطع گرد نصب شده به صورت عمودی	۱۶	---	---	۴۵
	سیم لخت مفتولی نصب شده به صورت افقی	۱۰	---	---	۴۵
	لوله (هر دو جداره گالوانیزه)	۲۵	---	۲	۴۵
فولاد با روکش مس	سیم لخت چندمفتولی دفن شده در بتن	---	۷۰	---	---
	میله با مقطع گرد نصب شده به صورت عمودی	۱۵	---	---	۲۰۰۰
فولاد با روکش مس عجین شده	میله با مقطع گرد نصب شده به صورت عمودی	۱۴	---	---	۲۵۰
	تسمه نصب شده به صورت افقی	---	۹۰	۳	۷۰
فولاد ضدزنگ	تسمه	---	۹۰	۳	---
	میله با مقطع گرد نصب شده به صورت عمودی	۱۶	---	---	---
	سیم لخت مفتولی نصب شده به صورت افقی	۱۰	---	---	---
	لوله	۲۵	---	۲	---

جدول پ - پ - ۷- الکترودهای زمین و حداقل اندازه آنها از نظر خوردگی و زنگ زدگی و مقاومت مکانیکی (ادامه)

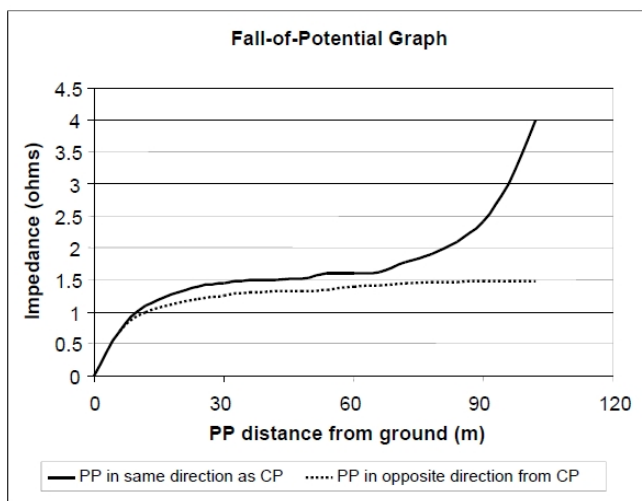
جنس الکتروود	شکل	قطر (mm)	سطح مقطع (mm ²)	ضخامت (mm)	ضخامت پوشش میکرون	
مس	تسمه	--	۵۰	۲	---	
	سیم لخت مفتولی نصب شده به صورت افقی	---	۲۵	---	---	
	میله با مقطع گرد نصب شده به صورت عمودی	۱۲	---	---	---	
	سیم لخت چندمفتولی (حداقل قطر هر مفتول ۱/۷ میلی متر)	---	۲۵	---	---	
	صفحه مسی	---	---	---	۲	---
	لوله	---	۲۰	---	۲	---

پیوست ت - روش های اندازه گیری سامانه اتصال زمین

ت - روش دو نقطه ای اندازه گیری امپدانس زمین

در این روش، مقاومت یک الکتروود زمین در حالت سری با یک الکتروود زمین کمکی اندازه گیری می شود. فرض می شود مقاومت زمین کمکی در مقایسه با مقاومت زمین مورد نظر، قابل صرف نظر باشد. سپس، مقدار اندازه گیری شده، مقاومت زمین مورد نظر را نشان خواهد داد. یکی از کاربردهای این روش، اندازه گیری مقاومت یک میله زمین نسبت به یک خانه مسکونی نزدیک است. معمولاً، یک خانه مسکونی سامانه زمین با امپدانس پایین دارد؛ زیرا با هادی خنثای سامانه منبع تغذیه به هم وصل شده اند. استفاده از یک چنین سامانه زمین به عنوان زمین کمکی می تواند یک نتیجه آزمون با دقت قابل قبول تولید کند. واضح است، این روش در زمان اندازه گیری های زمین های با مقاومت پایین، خطاهای بزرگی را پدید می آورد. اگر زمین مورد نظر و زمین کمکی خیلی به یکدیگر نزدیک باشند، مقاومت متقابل بین زمین ها نیز می تواند منبع خطا باشد.

می دهد. خط توپر نشان دهنده جهت الکترودهای کمکی در همان جهت (صفر) نزدیک الکتروود زمین و در انتها نزدیک پراب جریان است. گراف متناظر با PP و CP در جهات مخالف یکدیگر، به گونه ای متفاوت رفتار می کند، همان گونه که با خط چین نمایش داده شده است. در یک موقعیت ایده آل، یک نقطه انحنای (خمیدگی) واضح را می توان شناسایی کرد که امیدانس الکتروود مورد آزمون را نتیجه می دهد. گراف های نشان داده شده در شکل پ - ت - ۲ متناظر با خاک هایی با مقاومت یکنواخت هستند. برای خاک های غیر یکنواخت، این گراف ها قسمت های با شیب صفر که معمولاً نواحی عاری از تأثیر را نشان می دهند، نخواهند داشت.



شکل پ - ت - ۲- امیدانس به نسبت فاصله پراب ولتاژ برای روش افت پتانسیل

تئوری افت پتانسیل بیان می کند که برای یک خاک با مقاومت یکنواخت، خط چین نشان- داده شده در شکل پ - ت - ۲ همیشه از پایین به سمت خط توپر خواهد رفت، اما فاصله جدایی مورد نیاز بیشتر از زمانی است که از پرابها در جهات مختلف استفاده می شود. همچنین، انحرافات به دلیل غیریکنواختی خاک، زمانی که PP و CP در جهت مخالف قرار می گیرند، بزرگ تر هستند. محدودیت های بیشتر روش FOP مانع دستیابی آن به یک مقدار امیدانس درست می شود. یک اندازه گیری دقیق امیدانس، تنها زمانی قابل دستیابی است که سامانه زمین مورد نظر را بتوان به عنوان یک نیمکره معادل با یک مرکز الکتریکی برای اندازه گیری فواصل مختلف پراب در نظر گرفت. طبق تعریف، یک مرکز الکتریکی مؤثر، یک نقطه روی یک سامانه زمین است که بیشترین جریان آزمون از طریق آن جاری می شود. بیشتر شبکه های زمین ایزوله با شکل های هندسی ساده را می توان با نیمکره معادل نمایش داد. برای سامانه های زمین پیچیده مانند یک شبکه زمین بزرگ ایستگاه فرعی (یا حتی یک شبکه زمین کوچک ایستگاه فرعی با اتصال داخلی سامانه های شیلد و نول)، دسترسی به چنین شبیه سازی دشوار است.

روش دیگری به نام «روش شیب» وجود دارد. در این روش، مفروضات مقاومت خاک یکنواخت و نمایش سامانه الکتروود زمین به عنوان یک الکتروود معادل نیمکره ای به قوت خود باقی می ماند. به هر حال، این روش اجازه می دهد، فواصل پراب از یک نقطه راحت مانند لبه یک سامانه الکتروود زمین اندازه گیری شود و فواصل خطا در معادله افت پتانسیل در نظر گرفته می شود. این روش را می توان به صورت ذیل خلاصه کرد:

الف - یک نقطه شروع راحت برای اندازه گیری های خطی در نظر بگیرید و یک فاصله مناسب برای CP انتخاب کنید.

ب - مقاومت های R_1 و R_2 و R_3 را با اعمال PPها در فواصل $0.2CP$ و $0.4CP$ و $0.6CP$ به ترتیب اندازه گیری کنید.
پ - ضریب انحراف شیب را محاسبه کنید.

$$\mu = \frac{R_3 - R_2}{R_2 - R_1}$$

ت - مقدار $\frac{PPT}{CP}$ متناظر با مقدار μ را از جدول پ - ت - ۱ استخراج کنید.
ث - با استقرار پراب ولتاژ در فاصله PPT، مقاومت را اندازه گیری کنید.

تفسیر نتایج

در روش افت پتانسیل برای یک مکان پراب جریان معین، یک فاصله پراب ولتاژ وجود دارد که امیدانس درست زمین مورد آزمون را نشان می دهد. به هر حال، تعیین فاصله صحیح، به ویژه اگر شبکه زمین شکل پیچیده ای داشته باشد، می تواند بسیار دشوار باشد. همچنین، فاصله درست تابعی از شکل خاک است، همانطور که در شکل پ - ت - ۳

ت - ۲ روش ۳ نقطه ای اندازه گیری اتصال زمین

در این روش از دو الکتروود کمکی با مقاومت های مشخص I_2 و I_3 استفاده می شود. مقاومت الکتروود مورد آزمون با I_1 نشان داده می شود. مقاومت بین هر زوج الکتروود اندازه گیری می شود و با I_{12} و I_{13} و I_{23} مشخص می شوند که:

$$I_{12} = I_1 + I_2$$

$$I_{13} = I_1 + I_3$$

$$I_{23} = I_2 + I_3$$

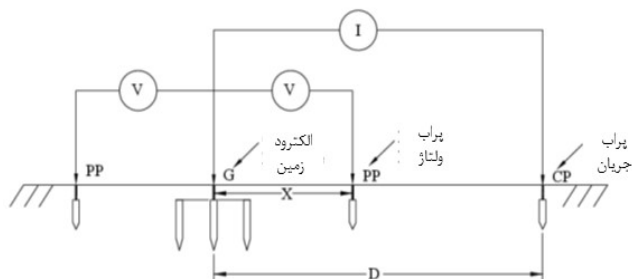
با حل همزمان سه معادله، رابطه زیر به دست می آید:

$$I_1 = \frac{I_{12} - I_{23} + I_{13}}{2}$$

با اندازه گیری مقاومت الکتریکی سری هر زوج از الکترودهای زمین و جاگذاری مقادیر مقاومت در معادله، مقدار I_1 را می توان بدست آورد. اگر جنس دو الکتروود کمکی از موادی با مقاومت بالاتر نسبت به الکتروود تحت آزمون باشد، خطای اندازه گیری های مستقل در نتایج نهایی به شدت بزرگ می شوند. برای اندازه گیری دقیق، لازم است الکتروودها به اندازه کافی از یکدیگر دور باشند (طبق دستورالعمل سازنده دستگاه)؛ به طوری که مقاومت متقابل بین آنها به حداقل برسد. در صورتی که فاصله بین الکتروودها کافی نباشد، احتمال مشاهده نتایج بی معنی مانند مقاومت های صفر یا منفی وجود دارد. در اندازه گیری مقاومت یک میله زمین، سه الکتروود باید حداقل سه برابر عمق میله مورد نظر از یکدیگر فاصله داشته باشند. همچنین فرض بر این است که الکترودهای کمکی در همان عمق یا عمق کمتر از عمق میله زمین مورد نظر، در خاک قرار گیرند. وقتی سامانه الکتروود زمین بزرگ و پیچیده می شود، اجرای این روش دشوارتر شده و روش های دیگر، به ویژه اگر دقت بالاتر مورد نیاز باشد، ترجیح داده می شوند.

ت - ۳ روش افت پتانسیل

در روش افت پتانسیل (FOP) جریانی بین یک الکتروود زمین (G) و یک پراب جریان (CP) عبور می کند و سپس ولتاژ بین G و یک پراب ولتاژ (PP) اندازه گیری می شود. (شکل پ - ت - ۱)



شکل پ - ت - ۱- روش افت پتانسیل

به منظور به حداقل رساندن اثرات الکتروود داخلی به دلیل مقاومت های متقابل، پراب جریان معمولاً در فاصله قابل توجهی از الکتروود زمین مورد آزمون قرار داده می شود. معمولاً این فاصله حداقل ۵ برابر بزرگ ترین بعد الکتروود زمین مورد آزمون است. پراب ولتاژ نیز هم جهت با پراب جریان قرار داده می شود. اما می توان آن را همانطور که در شکل پ - ت - ۱ نشان داده شده، در جهت مخالف نیز قرار داد. در عمل، فاصله X برای پراب ولتاژ اغلب ۶۲٪ فاصله پراب جریان در نظر گرفته می شود (وقتی که پراب های ولتاژ و جریان در یک جهت باشند). این فاصله بر اساس موقعیت صحیح برای اندازه گیری دقیق امیدانس الکتروود برای یک خاک با مقاومت یکنواخت، به صورت تئوری انتخاب می شود با این فرض که فاصله کافی بین الکتروود زمین تحت آزمون و پراب های آزمون موجود باشد تا بتوان پراب های آزمون را به صورت یک نیمکره در نظر گرفت و نیز فرض می شود که الکتروود زمین هیچ اتصالات داخلی از خارج ندارد.

وقتی شرایط و محدودیت های پراب جریان رضایت بخش باشند، محل پراب ولتاژ برای اندازه گیری دقیق مقاومت الکتروود زمین حیاتی است. این محل باید عاری از هر گونه تأثیر پذیری از الکتروود زمین مورد آزمون و پراب جریان باشد. یک روش عملی برای تعیین اینکه آیا الکتروودهای دیگر روی پراب ولتاژ تأثیر می گذارند یا خیر، این است که با جابجایی پراب ولتاژ بین شبکه زمین و پراب جریان چندین مقاومت بدست آید. دو یا ۳ مقاومت ثابت متوالی را می توان به عنوان مقدار مقاومت (روش شیب هموار) در نظر گرفت. شکل پ - ت - ۲ گراف های معمول امیدانس را نسبت به فاصله PP از زمین نشان

همچنین، منطقه مرجع برای اندازه‌گیری فواصل الکترودهای کمکی (پراب‌های جریان و ولتاژ) مورد نیاز است. برای زمین‌های نیمکره‌ای، نقطه مرجع، مرکز زمین است. برای سامانه‌های زمین بزرگ، برخی از متخصصان مفهوم مرکز الکتریکی را مطرح می‌کنند و روش تعیین امپدانس زمین سامانه‌های گسترده را که در یک خاک یکنواخت مدفون هستند، شرح می‌دهند. کاربر باید توجه داشته باشد که برای یک سامانه شبکه زمین بزرگ و پیچیده، مرکز الکتریکی احتمالاً همان مرکز هندسی شبکه زمین نخواهد بود. برخلاف مرکز هندسی، محل زمین الکتریکی به شدت به پروفایل چگالی جریان درون و پیرامون هادی‌های شبکه زمین بستگی دارد. آزمون افت پتانسیل، مقاومت بین یک نقطه در شبکه زمین و زمین دور را اندازه‌گیری می‌کند. اگر مقدار آزمون بسیار بزرگ‌تر از مقدار مورد انتظار باشد، پس احتمال دارد سیم‌های آزمون به یک هادی که به صورت نامناسبی به شبکه زمین وصل است، چسبیده باشد. اگر مظنون به یک اتصال ضعیف هستیم، می‌توان اندازه‌گیری‌ها را در نقاط دیگری در شبکه زمین تکرار کرد. اگر مقادیر اصلی و تکرار شده، اختلاف فاحشی با یکدیگر داشته باشند، احتمالاً شبکه زمین آسیب دیده و یک آزمون پیوستگی زمین برای شبکه زمین باید انجام شود. به روش دیگر، آزمون‌های پیوستگی را می‌توان پیش از انجام آزمون افت پتانسیل انجام داد.

در حالت کلی، بهترین راه بدست آوردن یک اندازه‌گیری رضایت‌بخش، دستیابی به فاصله بین شبکه زمین و پراب جریان (شکل پ - ت - ۱) است؛ به طوری که همه مقاومت‌های متقابل به اندازه کافی کوچک باشند و منحنی افت پتانسیل در بیرون قرار بگیرد (شکل پ - ت - ۲). فایده اصلی روش افت پتانسیل این است که الکترودهای ولتاژ و جریان می‌توانند مقاومت بسیار بالاتری نسبت به الکترودهای زمین مورد آزمون داشته باشند بدون اینکه تأثیر قابل ملاحظه‌ای روی دقت اندازه‌گیری داشته باشد.

یادآوری - در زمان اندازه‌گیری سامانه اتصال زمین به روش افت پتانسیل، الکترودهای کمکی باید از دسترس افراد انجام‌دهنده آزمون، دور باشد.

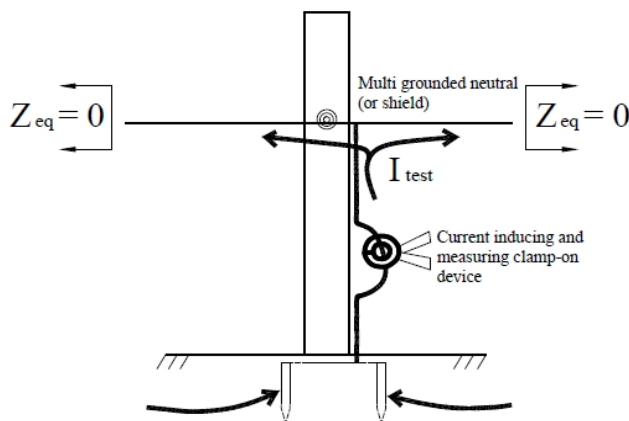
ت - ۴ روش کلمپی (stakeless)

کلمپ، مقدار مقاومت یک الکترودهای زمین را با کلمپ کردن روی سیم هادی پایین‌دستی طبق شکل پ - ت - ۴ اندازه‌گیری می‌کند. وقتی دستگاه روشن می‌شود، ولتاژی با فرکانس معین، معمولاً بین ۱ کیلوهرتز و ۳/۴ KHZ به سامانه زمین یکپارچه شامل الکترودهای زمین مورد اندازه‌گیری القا می‌شود. ولتاژ القایی باعث می‌شود که یک جریان (I_{test}) درون سامانه ای با چند زمین جاری شود که این مقدار جریان توسط دستگاه اندازه‌گیری می‌شود. سپس، نسبت ولتاژ به جریان (امپدانس) مشخص و در صفحه نمایش دستگاه به صورت دیجیتالی نشان داده می‌شود. این روش بر این فرض استوار است که امپدانس سامانه خنثای (نول) با چند زمین (یا شیلد)، به جز الکترودهای زمین مورد آزمون، در مقایسه با امپدانس الکترودهای زمین آنقدر کوچک است که می‌توان آن را صفر در نظر گرفت ($Z_{eq}=0$). با این فرض، عدد نشان داده شده، مقاومت الکترودهای زمین را وقتی به روش مناسبی استفاده شود، تخمین می‌زند. دقت دستگاه کلمپ بر تنظیم مناسب چنگک‌ها مبتنی است. برای اطمینان از عملکرد مناسب، این دستگاه باید به صورت دوره‌ای کالیبره شود.

گرچه این روش، یک روش عملی است و به طور گسترده برای خطوط انتقال و توزیع استفاده می‌شود، تئوری خود را وامدار برخی از محدودیت‌های کاربردی طبق فهرست زیر است:

- ۱- کاربرد آن به الکترودهای زمینی که به یک سامانه زمین با امپدانس نسبتاً پایین وصل است، محدود می‌شود.

- ۲- اگر راکتانس القایی شیلد چند زمینی یا سامانه نول تحت آزمون در مقایسه با مقاومت مورد اندازه‌گیری قابل ملاحظه باشد، خطای بزرگی در نتایج اندازه‌گیری پدید می‌آید. تا حدودی درست است که دستگاه کلمپ نیاز به فرکانس‌های آزمون بالا (۱ KHZ تا ۳/۴ KHZ) برای حفظ شکل‌های متراکم خود دارد، با این فرض که هیچ تلاشی برای محاسبه راکتانس در مدار آزمون نیاز نیست. فرکانس بالای تزریق شده به مدار آزمون، امپدانس راکتیو مدار را افزایش می‌دهد و در صورتی که اندوکتانس قابل ملاحظه باشد، می‌تواند اختلال بزرگی در نتایج آزمون پدید آورد.



شکل پ - ت - ۴- اندازه‌گیری مقاومت به روش کلمپی

نشان داده شده است که قابل اعمال به سامانه‌های زمین کوچک است. همان‌گونه که در شکل پ - ت - ۳ مشخص شده، فاصله مورد نیاز پراب ولتاژ X (وقتی پراب بین C و E قرار دارد و خاک یکنواخت است)، به گونه‌ای است که نسبت زیر برقرار است:

$$\frac{x}{d} = 0.618$$

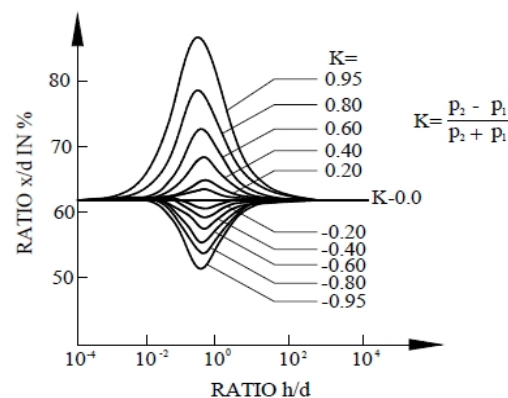
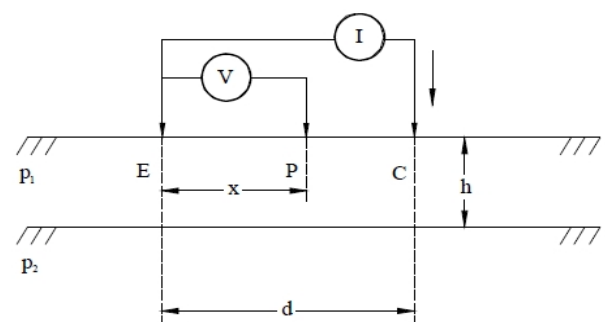
(برای الکترودهای نیمکره‌ای کوچک)

مطالب پیشین نشان می‌دهند که برای اعمال قانون ۶۲٪ شرایط ذیل باید برقرار باشند:

- ۱- یک خاک نسبتاً یکنواخت
- ۲- فواصل بزرگ بین شبکه زمین مورد آزمون و الکترودهای مرجع به گونه‌ای که همه الکترودها را بتوان نیمکره در نظر گرفت.
- ۳- الکترودهای مورد آزمون هیچ اتصالات زمینی خارجی نداشته باشد.

جدول پ - ت - ۱- ضرایب روش شیب

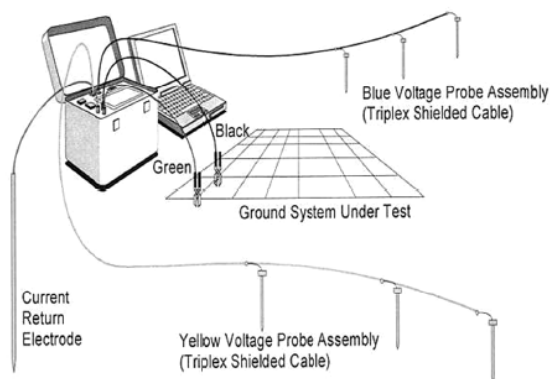
μ	PP _T /CP	μ	PP _T /CP	μ	PP _T /CP
0.40	0.643	0.80	0.580	1.20	0.494
0.41	0.642	0.81	0.579	1.21	0.491
0.42	0.640	0.82	0.577	1.22	0.488
0.43	0.639	0.83	0.575	1.23	0.486
0.44	0.637	0.84	0.573	1.24	0.483
0.45	0.636	0.85	0.571	1.25	0.480
0.46	0.635	0.86	0.569	1.26	0.477
0.47	0.633	0.87	0.567	1.27	0.474
0.48	0.632	0.88	0.566	1.28	0.471
0.49	0.630	0.89	0.564	1.29	0.468
0.50	0.629	0.90	0.562	1.30	0.465
0.51	0.627	0.91	0.560	1.31	0.462
0.52	0.626	0.92	0.558	1.32	0.458
0.53	0.624	0.93	0.556	1.33	0.455
0.54	0.623	0.94	0.554	1.34	0.452
0.55	0.621	0.95	0.552	1.35	0.448
0.56	0.620	0.96	0.550	1.36	0.445
0.57	0.618	0.97	0.548	1.37	0.441
0.58	0.617	0.98	0.546	1.38	0.438
0.59	0.615	0.99	0.544	1.39	0.434
0.60	0.614	1.00	0.542	1.40	0.431
0.61	0.612	1.01	0.539	1.41	0.427
0.62	0.610	1.02	0.537	1.42	0.423
0.63	0.609	1.03	0.535	1.43	0.418
0.64	0.607	1.04	0.533	1.44	0.414
0.65	0.606	1.05	0.531	1.45	0.410
0.66	0.604	1.06	0.528	1.46	0.406
0.67	0.602	1.07	0.526	1.47	0.401
0.68	0.601	1.08	0.524	1.48	0.397
0.69	0.599	1.09	0.522	1.49	0.393
0.70	0.597	1.10	0.519	1.50	0.389
0.71	0.596	1.11	0.517	1.51	0.384
0.72	0.594	1.12	0.514	1.52	0.379
0.73	0.592	1.13	0.512	1.53	0.374
0.74	0.591	1.14	0.509	1.54	0.369
0.75	0.589	1.15	0.507	1.55	0.364
0.76	0.587	1.16	0.504	1.56	0.358
0.77	0.585	1.17	0.502	1.57	0.352
0.78	0.584	1.18	0.499	1.58	0.347
0.79	0.582	1.19	0.497	1.59	0.341



شکل پ - ت - ۳- موقعیت مورد نیاز الکترودهای ولتاژ در یک زمین دو لایه

عموماً این نوع مالتی‌مترها امکانات اندازه‌گیری ذیل را در اختیار کاربر قرار می‌دهند:

- ۱- امپدانس زمین (سامانه زمین ایزوله یا اتصال داخلی یک دکل، قطب یا ایستگاه فرعی)؛
- ۲- مقاومت خاک؛
- ۳- امپدانس زمین دکل (امپدانس زمین مستقل دکل / قطب بدون قطع سیم‌های شیلد یا نول)؛
- ۴- ولتاژ تماسی؛
- ۵- ولتاژ گام؛
- ۶- امپدانس زمین مستقل ایستگاه فرعی بدون قطع سیم‌های شیلد یا نول؛
- ۷- ولتاژ انتقال؛
- ۸- امپدانس پایین / پیوستگی (آزمون یکپارچگی هادی شبکه زمین ایستگاه فرعی).



شکل پ - ت - ۶- اندازه‌گیری امپدانس زمین با استفاده از مالتی‌متر زمین کامپیوتری

بر اساس اندازه‌گیری انتخاب‌شده، کاربر چندین پارامتر را از جمله نوع و اندازه سامانه زمین (میله‌های زمین، سیم‌های متقابل یا شبکه زمین) و مختصات تقریبی برای الکترودهای جریان و ولتاژ را وارد می‌کند. در زمان آزمون، واحد منبع تغذیه، پالس‌های پیوسته (نویز سفید) را بین الکترودهای زمین تحت آزمون و الکترودهای برگشت جریان تزریق می‌کند. پالس‌های جریان برای یک مدت کوتاه، معمولاً 0.5 ثانیه، تزریق می‌شوند. در حالت امپدانس زمین، اختلاف پتانسیل‌های زمین (GPD) به وسیله ۶ الکترودها و ولتاژ اندازه‌گیری می‌شود. سپس، نرم‌افزار کامپیوتر، جریان و اختلاف پتانسیل‌های (GPD) اندازه‌گیری شده را پردازش می‌کند و عملیات زیر را انجام می‌دهد:

- ۱- فیلتر کردن نویز؛
- ۲- تصحیح خطاهای مبدل ولتاژ و جریان؛
- ۳- تخمین امپدانس الکترودهای زمین و ضریب خاک با حل یک معادله ماتریسی 2×6 با استفاده از روش حداقل مربعات وزنی^۳؛
- ۴- نمایش یک منحنی امپدانس زمین (دامنه و زاویه فاز) نسبت به فرکانس روی صفحه نمایش.

در حوزه‌های دیگر مانند موارد ذیل، روش کامپیوتری محدودیت‌هایی مشابه روش افت پتانسیل دارد که می‌تواند دقت داده‌ها را تحت تأثیر قرار دهد:

- ۱- فاصله‌های پراب جریان و ولتاژ از یک مرکز الکتریکی مفروض اندازه‌گیری شده و در نتیجه، امپدانس یک سامانه زمین با اتصالات داخلی به دقت تعیین نمی‌شود؛
 - ۲- مقدار امپدانس اندازه‌گیری شده با تغییر مکان‌های پراب ولتاژ و یا جریان تغییر می‌کند. به هر حال این روش، محدوددهای از خطاها را به همراه مقدار امپدانس فراهم می‌کند.
- یادآوری -** در اندازه‌گیری سامانه اتصال زمین در کارگاه‌هایی که سامانه اتصال زمین آن‌ها به صورت شبکه است، در صورتی که اشیای فلزی مدفون در زمین با گستردگی خوب موجود باشند و مقاومت الکتریکی آن‌ها بسیار ناچیز و قابل صرف نظر باشد، از این اشیای فلزی می‌توان هم به عنوان الکترودهای کمکی جریان و هم به عنوان الکترودهای کمکی ولتاژ استفاده نمود. در این شرایط، از نول ولتاژ پایین پست همسایه می‌توان هم به عنوان الکترودهای کمکی جریان و هم به عنوان الکترودهای کمکی ولتاژ استفاده کرد. در این صورت، باید نول مورد آزمایش واقع شود و از تخلیه انرژی الکتریکی آن اطمینان حاصل شود.

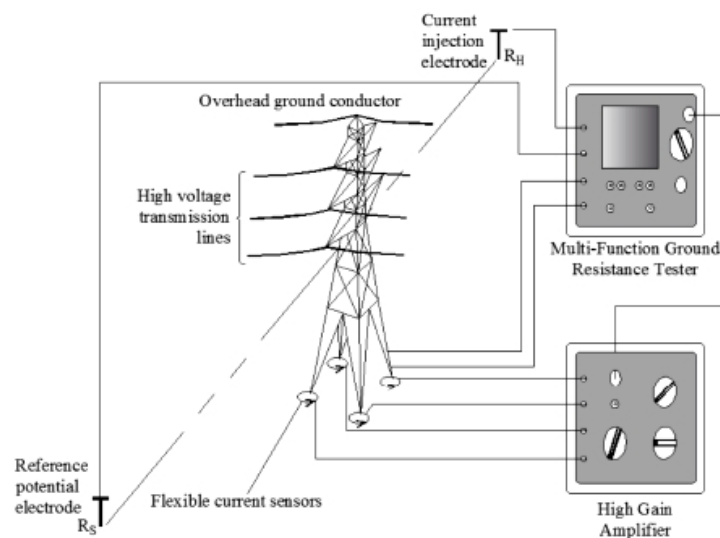
۳- اثرات خوردگی روی محل‌های اتصالات روی سامانه نول (یا سیم شیلد) می‌تواند در نتایج آزمون تأثیرگذار باشد. به هر حال، معمولاً یک شیلد یا سیم نول باز توسط دستگاه نشان داده می‌شود.

۴- این روش، قابل اعمال به یک سامانه الکترودهای زمین با چندین اتصال مانند یک شبکه زمین ایستگاه فرعی یا زمین‌های سازه نیست. زمین‌های سازه را باید به جز در محل مورد اندازه‌گیری قطع کرد. مطمئن شوید که هر سیم زمین، باید به روشی ایمن قطع شود.

۵- نویز فرکانس بالا در سامانه می‌تواند روی نتایج اندازه‌گیری تأثیر بگذارد. در زمان اندازه‌گیری یک زمین با مقاومت بالا، یک نسبت نویز به سیگنال بالا ممکن است اتفاق بیفتد.

ت - ۵ روش ترکیبی افت پتانسیل و کلمپی

یک مقاومت مستقل الکترودهای زمین را می‌توان با ترکیب روش افت پتانسیل و کلمپی نیز اندازه‌گیری کرد (شکل پ - ت - ۵). پراب‌های ولتاژ و جریان مانند الزام موجود در روش افت پتانسیل (FOP) در یک جهت قرار داده می‌شوند. علاوه بر عبور جریان از درون سامانه زمین، یک ترانسفورماتور جریان (CT) کلمپی، کسری از جریان آزمون را که درون سامانه زمین جاری می‌شود، اندازه‌گیری می‌کند. سپس نسبت ولتاژ اندازه‌گیری شده به جریان زمین اندازه‌گیری شده، مقاومت مستقل سامانه زمین را نشان می‌دهد.



شکل پ - ت - ۵- سامانه اندازه‌گیری مقاومت زمین دکل با استفاده از روش افت پتانسیل و اندازه‌گیری‌های جریان ناشی

روش ترکیبی افت پتانسیل/کلمپی، اغلب برای اندازه‌گیری مقاومت‌های چند پایه یا سازه‌های خط انتقال سیمی که سامانه‌های الکترودهای زمین اختصاصی ندارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای اندازه‌گیری جریان زمین، از یک ترانسفورماتور جریان با هسته دو قسمتی^۱ بزرگ استفاده می‌شود (شکل پ - ت - ۵). در حالت دکل چهارپایه، مقاومت هر پایه قبل از ترکیب آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود تا مقاومت کل سازه تعیین شود. همچنین، دستگاهی ساخته شده است که امکان اندازه‌گیری همه چهار مقاومت را به طور همزمان فراهم می‌کند.

مشابه روش کلمپی، نویز فرکانس بالا در سامانه می‌تواند روی مقدار قرائت شده تأثیر بگذارد. در زمان اندازه‌گیری یک زمین با مقاومت بالا نیز یک نسبت نویز به سیگنال بزرگ ممکن است به وجود آید.

ت - ۶ روش استفاده از مالتی‌متر زمین کامپیوتری

یک دستگاه مالتی‌متر زمین کامپیوتری با قابلیت تعیین مشخصات امپدانس یک سامانه زمین ایزوله یا مجتمع (یکپارچه) ساخته شده است. آزمون، شامل نصب یک الکترودهای برگشت جریان و ۶ الکترودهای سنجش ولتاژ است (از طریق یک جفت سیم کواکسیال سه تایی^۲ که هر یک به ۳ الکترودهای متصل هستند). (شکل پ - ت - ۶). الکترودهای برگشت جریان در فاصله حداقل ۲ برابر بلندترین بعد ایستگاه فرعی قرار داده می‌شود. اولین پراب ولتاژ در هر رشته معمولاً در فاصله ۱۵ متری از حصار ایستگاه فرعی استقرار می‌یابد. فواصل بقیه پراب‌های ولتاژ به طور خودکار نسبت به پراب اول ثابت می‌شود. برای دقت بهتر، پراب‌های ولتاژ تا حد امکان دور از سایر سازه‌های زمین (مانند لوله‌ها و زمین‌های قطب) قرار داده می‌شوند.

1- Split-core CT
2- Tricoaxial