جمهوری اسلامی ایران
وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی
معاونت روابط کار

مرکز تحقیقات و تعلیمات
حفاظت فنی و بهداشت کار

دستورالعمل ارزیابی فنی سیستم های اتصال زمین

تهیه شده در مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار

بسم الله
الرحمن
الرحيم

جمهوری اسلامی ایران
وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی
معاونت روابط کار

دستورالعمل ارزیابی فنی سامانه‌های اتصال زمین

تهیه شده در مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار با همکاری دانشگاه صنعتی امیر کبیر

مولفان و گردآورندگان: سید حسام‌الدین صادقی
و محمدرضا یوسف پناه

مرکز تحقیقات و تعلیمات
حفاظت فنی و بهداشت کار
چاپ اول
۱۴۰۰

سرشناسه : صادقی، سیدحسام‌الدین، ۱۳۳۱-
عنوان و نام پدیدآور : دستورالعمل ارزیابی فنی سامانه‌های اتصال زمین /
مولفان و گردآورندگان سیدحسام‌الدین صادقی،محمدرضا یوسف‌پناه ؛ تدوین
و گردآوری مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار با همکاری دانشگاه
صنعتی امیرکبیر.مشخصات نشر : تهران: مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت
کار، ۱۴۰۰.مشخصات ظاهری : ۱۸۱ص.
۸-۱۸-۶۲۰۳-۶۰۰-۹۷۸ : شابک
وضعیت فهرست نویسی : فیپا یادداشت : کتابنامه: ص. ۱۸۰ - ۱۸۱.
موضوع : برق -- جریان -- اتصال به زمین Electric currents -- Grounding:موضوع
موضوع : برق -- سیستم‌ها -- پیشبینی‌های ایمنی
موضوع : Electric power systems -- Safety measures
شناسه افزوده : یوسف‌پناه، محمدرضا، ۱۳۷۱-
شناسه افزوده : مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار
شناسه افزوده : دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)
Amir Kabir university of technology Tehran polytechnic
رده بندی کنگره : TK۳۲۲۷ رده بندی دیویی : ۶۲۱/۳۱۷
شماره کتابشناسی ملی : ۸۵۲۰۳۲۶
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

دستورالعمل ارزیابی فنی سامانه‌های اتصال زمین

پدیدآورندگان: مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار با همکاری دانشگاه صنعتی امیر کبیر
ناشر: مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار
نوبت چاپ: اول / پاییز ۱۴۰۰
قیمت: رایگان
شمارگان: ۱۰۰ نسخه

ISBN:978-600-6203-18-8
۸-۱۸-۶۲۰۳-۶۰۰-۹۷۸:شابک

مرکز پخش: تهران، بزرگراه آیت الله سعیدی، چهارراه یافت آباد
بلوار معلم، نرسیده به میدان معلم کد پستی: ۱۳۷۱۶۱۳۵۱

کلیه حقوق مادی و معنوی برای این مرکز محفوظ است
و هرگونه سوء استفاده و فروش به غیر پیگرد قانونی دارد.

مرکز تحقیقات و تعلیمات
حفاظت فنی و بهداشت کار

سخنی از معاون محترم روابط کار

در رویکردهای نوین جهانی حق داشتن محیط کار ایمن و سالم یک انتخاب نیست، بلکه یکی از مهم‌ترین حقوق پایه هر انسان محسوب می‌گردد؛ تحقق کار شایسته زمانی میسر است که بنگاه‌های اقتصادی اصول ایمنی و بهداشت کار را به‌عنوان یکی از اولویت‌های مهم خود در نظر گرفته و بر آن اهتمام جدی ورزند. در این بین نقش بی‌بدیل آموزش ایمنی کار به صورت نظام‌مند و فراگیر در پیشگیری از بروز حوادث شغلی با اجرای آموزش‌های هدفمند و موثر بیش از پیش آشکار می‌گردد. بر همین اساس معاونت روابط کار پس از سالیان متمادی، با اتخاذ سیاست‌های نوین و بروز آموزشی؛ از طریق مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار و به واسطه کارشناسان و اساتید مجرب آن مرکز و با بهره‌مندی از دانش تخصصی وکارشناسی مراکز دانشگاهی و علمی و پژوهشی کشور و با حمایت‌های جناب آقای دکتر عبد الملکی وزیر محترم تعاون، کار و رفاه اجتماعی، جناب آقای دکتر شریعتمداری، وزیر محترم وقت و جناب آقای دکتر پناه، معاون محترم توسعه مدیریت و منابع؛ اقدام به تهیه و تدوین محتواهای آموزشی یکپارچه و استاندارد منطبق با نیازسنجی‌های آموزشی و همچنین دستورالعمل‌های فنی با موضوعات مختلف در زمینه ایمنی و حفاظت فنی نموده‌است. امید است با تکیه بر آموزش‌های اثربخش و بهینه بتوانیم در جهت تحقق شعار «انسان سالم محور توسعه پایدار» و اعتلای فرهنگ ایمنی و تقلیل حوادث و کاهش بیماری‌های ناشی از کار در بنگاه‌های اقتصادی کشور گام‌های بزرگ و موثری در جهت صیانت از سلامت نیروی کار برداریم. ان شاء الله.

حاتم شاکرمی

معاون وزیر تعاون، کار و رفاه اجتماعی

مقدمه ناشر

بی‌شک یکی از نشانه‌های بارز توسعه پایدار در هر کشور، ایجاد و ارتقای فرهنگ ایمنی است که به صیانت از نیروی انسانی و حفظ منابع مادی و معنوی منجر خواهد شد. به طور یقین دستیابی به چنین هدفی نیازمند رشد همه جانبه علمی و فرهنگی در زمینه ایمنی و بهداشت کار است، که از این مجمل تهیه و انتشار کتب و استانداردهای ایمنی یکی از راهکارهای موثر در بسترسازی مناسب در این خصوص به شمار می‌رود که در نتیجه نیازسنجی‌های علمی تهیه و تدوین شده باشد.

مرکز تحقیقات وتعلیمات حفاظت فنی وبهداشت کاروزارت تعاون کارورفاه اجتماعی، در سال ۱۳۴۸ با هدف تامین ایمنی وسلامت نیروی انسانی شاغل در واحدهای صنعتی، تولیدی، خدماتی، کشاورزی و معدنی کشور تاسیس ومستند به قانون کار جمهوری اسلامی ایران، بعنوان مرکز تخصصی ایمنی وبهداشت کاراقدام به خدمت رسانی به جامعه کار وتلاش کشور می‌نماید. این مرکز از سال ۱۳۸۸ ودر راستای توسعه و رسالت خطیر و وظایف قانونی آموزشی و پژوهشی خودورفع خلاء ناشی از کمبود کتب فنی وتخصصی در زمینه ایمنی وبهداشت کار، اقدام به تاسیس واحد انتشارات با هدف، هدایت، راهبری وانتشار این کتب در سطح کشور نمود. در همین راستا این مرکز اقدام به استانداردسازی منابع آموزشی ایمنی وحفاظت فنی و تقویت میزان اثربخشی آموزش‌های مرتبط و به تبع آن ایجاد نظام یکپارچه در فرآیندهای آموزشی و همچنین تدوین دستورالعمل‌های حفاظت فنی و ایمنی، به عنوان یک حرکت پویا و نوین و با تکیه بر آخرین دستاوردهای حوزه ایمنی و حفاظت فنی از طریق بهره‌گیری از دانش اساتید و متخصصان مراکز دانشگاهی، علمی و تحقیقاتی کشور نموده است. امید است بهره‌مندی از محتواهای آموزشی و دستورالعمل‌ها و منابع علمی جدید بتواند در ترویج و ارتقای فرهنگ ایمنی کار، افزایش بهره وری، کاهش حوادث و بیماری‌های ناشی از کار نقش موثری ایفا نماید. در این میان برخود لازم می‌دانم ضمن تشکر از گردآورنگان محترم این دستورالعمل جناب آقای سید حسام‌الدین صادقی و جناب آقای محمدرضا یوسف پناه، از تلاش‌های عموم همکاران ارزشمند خود در مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار از جمله آقایان مهندس آرش گودرزی، مهندس علی قنادان، مهندس غلام‌حسین حسینی و دکتر مهدی حسین آبادی و نیز همه عزیزانی که در تولید و تدوین این دستورالعمل ما را یاری نموده‌اند تشکر و سپاسگزاری نمایم.

درپایان؛ مرکز تحقیقات وتعلیمات حفاظت فنی وبهداشت کاربا چاپ اثر مزبور به عنوان نسخه اولیه منتشر شده؛ آمادگی بهره‌مندی مستمر ازبازخوردها ونظرات وپیشنهادات اصلاحی وسازنده کلیه اساتید، متخصصان وفعالین این عرصه؛ به‌منظوربروزرسانی ورفع نواقص احتمالی، وهرچه پربارترشدن محتوای آن‌راخواهدداشت.

امیرعباس پرکنی

رئیس مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار

فهرست

عنوان — شماره صفحه

فصل ۱. هدف، کاربرد، مسئولیت، تعاریف..... ۷
تعاریف..... ۱۰
فصل ۲- نحوه بررسی نقشه های توزیع برق و تعیین نوع سامانه اتصال زمین..... ۲۳
۲-۱ مفاهیم بنیادین سامانه اتصال به زمین..... ۲۵
۲-۲شناسایی هادی‌ها در سامانه جریان متناوب..... ۲۷
۲-۳ سامانه‌های اتصال زمین..... ۲۹
۲-۴ آرایش سامانه اتصال زمین در پست فشار قوی..... ۳۲
۲-۵ بررسی نقشه های توزیع برق..... ۳۵
فصل ۳- اندازه گیری‌های سامانه اتصال زمین..... ۳۷
۳-۱ کلیات..... ۳۹
۳-۲ الزامات ایمنی هنگام انجام آزمون های زمین..... ۳۹
۳-۳ اندازه‌گیری مقاومت الکتریکي سامانه زمین..... ۴۱
فصل ۴- پتانسیل های زمین و ولتاژهای گام و تماسی..... ۴۳
۴-۱ اهداف..... ۴۵
۴-۲ انواع ولتاژهای گام و تماسی..... ۴۵
۴-۳ روش اندازه‌گیری اندازه گیری ولتاژ های گام، تماسی و انتقال..... ۴۷
۴-۴ حدود ولتاژ گام و تماسی..... ۴۷
فصل ۵ - نحوه بررسی پیوستگی سامانه اتصال زمین..... ۵۱
۵-۱ مقدمه..... ۵۳
۵-۲ نحوه و روش های بررسی پیوستگی سامانه اتصال زمین..... ۵۴
فصل ۶ - نحوه بررسی همبندی های اصلی و اضافی در سامانه اتصال زمین..... ۵۵
۶-۱ مقدمه..... ۵۷
۶-۲ همبندی اصلی برای هم ولتاژ کردن..... ۵۷
۶-۳ هادی‌های هم‌بندی اضافی..... ۵۸
۶-۴ آزمون مقاومت اتصالات با استفاده از میکرو اهم متر..... ۵۹
فصل ۷ نحوه بررسی اتصالات مطمئن تجهیزات و ماشین آلات الکتریکی به سامانه اتصال زمین..... ۶۱
۷-۱ مقدمه..... ۶۳
۷-۲ سامانه TN..... ۶۳
۷-۳ سامانه TT..... ۷۰

۷-۴ سامانه IT ۷۳
۷-۵ الزامات اضافی ۷۵
۷-۶ فرم بازرسی تجهیزات الکتریکی ماشین آلات ۷۶
فصل۸- بررسی تابلوهای برق از نظر الزامات سامانه اتصال زمین ۷۷
۸-۱ مقدمه ۷۹
۸-۲ هادی زمین و هم بندی ۸۰
۸-۳ زمین کردن و هم بندی کردن (تابلو برق های صنعتی) ۸۰
۸-۴ الزامات مربوط به پیوستگی زمین در برابر پی آمدهای خطاها در تابلو ۸۷
۸-۵ الزامات مربوط به هادی های حفاظتی تأمین کننده حفاظت در برابر پی آمدهای خطاها در مدارهای خارجی که از طریق تابلو تغذیه می شوند ۸۸
۸-۶ شناسایی هادی‌های حفاظتی (PEN ،PE) و خنثی (N) مربوط به مدارهای اصلی ۸۹
۸-۷ آزمون پیوستگی زمین بین قسمت‌های رسانا در دسترس تابلو و مدار حفاظتی ۸۹
۸-۸ قابلیت تحمل اتصال کوتاه - آزمون مدار حفاظتی ۸۹
۸-۹ نتایجی که باید به‌دست آید ۹۰
فصل۹- نحوه بررسی سامانه اتصال زمین مکان های پرخطر قابل اشتعال و قابل انفجار ۹۱
۹-۱ مقدمه ۹۳
۹-۲ الزامات کلی ۹۳
۹-۳ مستندات ۹۴
۹-۴ بازرسی اولیه ۹۵
۹-۵ خطرات ناشی از قسمت‌های هادی در دسترس و بیگانه ۹۶
۹-۶ برابر سازی پتانسیل ۹۷
۹-۷ هم‌بندی موقتی ۹۷
فصل۱۰- نحوه بررسی سامانه اتصال زمین مکان‌های مرطوب ۹۹
۱۰-۱ مقدمه ۱۰۱
۱۰-۲ استخرهای شنا و تأسیسات مشابه ۱۰۲
۱۰-۲-۱ زمین کردن ۱۰۲
۱۰-۲-۲ ترمینال‌های هم بندی و زمین ۱۰۲
۱۰-۲-۳ تجهیزات متصل با کابل و دوشاخه ۱۰۲
۱۰-۲-۴ پمپ های استخر با عایق مضاعف - استخرهای نصب دائم ۱۰۲
۱۰-۲-۵ هم‌بندی هم‌پتانسیل ۱۰۳

۶-۲-۱۰ هم‌بندی در تأسیسات داخلی (جکوزی یا اسپا و ...)..... ۱۰۵
۳-۱۰نگهداری و تعمیر..... ۱۰۶
فصل ۱۱-نحوه بررسی سامانه اتصال زمین مکان های درمانی..... ۱۰۷
۱-۱۱مقدمه..... ۱۰۹
۲-۱۱ انواع زمین کردن سامانه..... ۱۰۹
۳-۱۱منبع تغذیه..... ۱۱۰
۴-۱۱ قطع خودکار منبع تغذیه..... ۱۱۰
۱-۴-۱۱ سامانه های TN..... ۱۱۰
۲-۴-۱۱ سامانه TT..... ۱۱۰
۳-۴-۱۱ سامانه IT پزشکی..... ۱۱۰
۵-۱۱ هم‌بندی هم‌پتانسیل اضافی..... ۱۱۱
۶-۱۱ آزمون‌های زمین..... ۱۱۲
۱-۶-۱۱ پیوستگی هادی‌های حفاظتی شامل هم بندی هم پتانسیل اصلی و اضافی..... ۱۱۳
۲-۶-۱۱ بازرسی شرایط برای حفاظت بوسیله قطع خودکار منبع تغذیه..... ۱۱۳
فصل ۱۲- نحوه بررسی سامانه اتصال زمین کارگاه‌های کشاورزی و دامپروری..... ۱۱۴
۱-۱۲ مقدمه..... ۱۱۷
۲-۱۲ انواع سامانه‌های توزیع..... ۱۱۸
۳-۱۲ حفاظت در برابر شوک الکتریکی با قطع اتوماتیک منبع تغذیه..... ۱۱۸
۴-۱۲مشخصات..... ۱۲۰
فصل ۱۳- نحوه بررسی سامانه اتصال زمین تجهیزات حساس الکترونیکی و مخابراتی...۱۲۱
۱-۱۳مقدمه..... ۱۲۳
۲-۱۳ نویز الکتریکی در زمین سامانه برق..... ۱۲۴
۳-۱۳ سامانه یا تجهیزاتی که باید زمین شوند..... ۱۲۵
۱-۳-۱۳ سامانه برق..... ۱۲۵
۲-۳-۱۳سامانه تجهیزات الکترونیکی..... ۱۲۵
۴-۱۳ زمین کردن تجهیزات الکترونیکی..... ۱۲۶
۱-۴-۱۳ اتصال تک نقطه..... ۱۲۶
۲-۴-۱۳ هادی‌های زمین عایق بندی شده..... ۱۲۷
۳-۴-۱۳ زمین‌های جدا شده..... ۱۲۷
۴-۴-۱۳ سامانه اتصال زمین تک نقطه..... ۱۳۰

۵-۴-۱۳. شبکه‌های مرجع سیگنال..... ۱۳۱
۶-۴-۱۳. شبکه محلی..... ۱۳۲
۷-۴-۱۳ فیبرهای نوری..... ۱۳۲
۵-۱۳ زمین کردن حفاظ (شیلد)..... ۱۳۳
۱-۵-۱۳ کلیات..... ۱۳۳
۲-۵-۱۳ اضافه ولتاژ در نقاط باز..... ۱۳۵
۶-۱۳ تداخلات ناشی از فرکانس‌های رادیویی..... ۱۳۵
فصل ۱۴- نحوه بررسی سامانه اتصال زمین تأسیسات و کارگاه‌های موقت..... ۱۳۷
۱-۱۴ مقدمه..... ۱۳۹
۲-۱۴ حفاظت در برابر شوک الکتریکی..... ۱۳۹
۱-۲-۱۴ الزامات کلی..... ۱۳۹
۲-۲-۱۴ اقدامات حفاظتی: قطع اتوماتیک منبع تغذیه..... ۱۴۰
۳-۲-۱۴ حفاظت اضافی: RCDها..... ۱۴۰
۴-۲-۱۴ حفاظت اضافی: هم بندی هم پتانسیل اضافی..... ۱۴۰
۳-۱۴ سامانه‌های سیم کشی..... ۱۴۱
۱-۳-۱۴ کابل‌ها و سامانه‌های ترتیب بندی کابل ها..... ۱۴۱
۲-۳-۱۴ اتصالات الکتریکی..... ۱۴۱
۴-۱۴ ترانسفورماتورهای جداساز ایمنی و مبدل‌های الکترونیکی..... ۱۴۱
۵-۱۴ مجموعه‌های تولید ولتاژ پایین- ژنراتورها..... ۱۴۱
۶-۱۴ بازرسی و آزمون..... ۱۴۲
فصل ۱۵- نحوه بررسی سامانه اتصال زمین واحدهای متحرک شامل کاراوان ها، کانکس ها و نظایر آن..... ۱۴۳
۱-۱۵ مقدمه..... ۱۴۵
۲-۱۵ تغذیه..... ۱۴۵
۳-۱۵ حفاظت در برابر برق گرفتگی..... ۱۴۵
۱-۳-۱۵ الزامات کلی..... ۱۴۵
۲-۳-۱۵ اقدام حفاظتی: قطع خودکار منبع تغذیه..... ۱۴۶
۳-۳-۱۵ زمین حفاظتی و هم بندی هم پتانسیل حفاظتی..... ۱۴۶
۴-۳-۱۵ سامانه TN..... ۱۴۶
۵-۳-۱۵ حفاظت در برابر اضافه جریان..... ۱۴۶
۴-۱۵ انواع سامانه‌های سیم‌کشی..... ۱۴۶

۱۵-۵ هادی‌های حفاظتی..... ۱۴۷
۱۵-۶ دستورالعمل‌هایی برای منبع تغذیه برق..... ۱۴۷
۱۵-۷ بازرسی دوره‌ای..... ۱۴۸
فصل ۱۶ - نحوه بررسی اتصال زمین در پست های برق..... ۱۴۹
۱۶-۱مقدمه..... ۱۵۱
۱۶-۲ اندازه گیری‌های میدانی شبکه زمین ساخته شده..... ۱۵۳
فصل ۱۷ پیوست ها..... ۱۵۹
۱۷-۱ انواع سامانه‌های اتصال زمین فشار ضعیف..... ۱۶۱
۱۷-۱-۱ سامانه TN..... ۱۶۱
۱۷-۱-۲ سامانه TT..... ۱۶۳
۱۷-۱-۳ سامانه IT..... ۱۶۳
۱۷-۲ روش‌های اندازه گیری مقاومت زمین..... ۱۶۴
۱۷-۳. آزمون‌های اندازه‌گیری ولتاژهای گام، تماسی و انتقال..... ۱۷۶
۱۷-۴. بررسی پیوستگی سامانه زمین..... ۱۸۰
۱۷-۵ فرم بازرسی تجهیزات الکتریکی ماشین آلات..... ۱۸۴
۱۷-۶بازرسی اولیه مکان‌های پر خطر قابل اشتعال و قابل انفجار..... ۱۹۱
۱۷-۷ فرم‌های بررسی سامانه اتصال زمین..... ۱۹۹
۱۷-۷-۱ گزارشات بازرسی..... ۱۹۹
۱۷-۷-۲ بازرسی چشمی..... ۱۹۹
۱۷-۷-۳ بازرسی سامانه اتصال زمین..... ۲۰۳
۱۷-۸ فرمت تأییدیه سامانه اتصال زمین..... ۲۱۱
۱۷-۹ استانداردهای معتبر ملی و بین المللی مرتبط با سامانه اتصال زمین..... ۲۱۵
۱۷-۱۰ مقررات استانداردهای معتبر ملی و بین المللی مرتبط با سامانه اتصال زمین..... ۲۱۸
منابع..... ۲۲۲

۱

فصل اول

هدف، کاربرد، مسئولیت ها و تعاریف

هدف، کاربرد، مسئولیت ها و تعاریف

هدف از نگارش این شیوه‌نامه، معرفی و بررسی عملکرد انواع سامانه اتصال زمین در تأسیسات و تجهیزات الکتریکی می‌باشد. این هدف با تبیین آزمون‌های مختلف نظیر اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی سامانه اتصال زمین، بررسی یکپارچگی سامانه اتصال زمین، بررسی اتصالات و هم‌بندی‌ها، بررسی ولتاژهای نشتی، و بررسی دستگاه‌های حفاظتی نظیر دستگاه‌های جریان پسماند و دستگاه‌های حفاظت در برابر اضافه جریان انجام گرفته است.

در استاندارد سامانه اتصال زمین در تجهیزات، تأسیسات و مکان‌های زیر مورد بررسی قرار می‌گیرند:

۱. پست‌های برق
۲. ماشین آلات الکتریکی
۳. تابلوهای برق
۴. مکان‌های پرخطر قابل اشتعال و قابل انفجار
۵. مکان‌های مرطوب
۶. مکان‌های درمانی
۷. کارگاه‌های کشاورزی و دامپروری
۸. تأسیسات حساس الکترونیکی و مخابراتی
۹. تأسیسات و کارگاه‌های موقت

۱۰. واحدهای متحرک شامل کاروان‌ها کانکس‌ها و نظایر آن.

این استاندارد برای موارد زیر کاربرد ندارد:

۱. تجهیزات کشتی‌ها، هواپیماها یا تأسیسات نزدیک ساحل
۲. تأسیسات در معادن
۳. تجهیزات حرکت‌کننده برقی شامل تجهیزاتی که روی راه آهن کشیده می‌شوند و تجهیزات غلتک

مسئولیت رعایت مفاد این دستورالعمل با کلیه بازرسان و اپراتورهای تأسیسات و تجهیزات، سرپرستان مربوطه و کلیه افراد شاغل مرتبط با تأسیسات و تجهیزات مذکور و سامانه اتصال زمین آن‌ها می‌باشد.

تعاریف

زمین

رسانائی جرم زمین را در صورتی که پتانسیل الکتریکی در هر نقطه از زمین به صورت قراردادی برابر صفردر نظر گرفته شود، زمین (ارت) می‌نامند.

سامانه اتصال زمین

یک یا چند الکترود دفن شده در زمین به همراه هادی‌های رابط تا و خود پایانه اصلی اتصال به زمین را سامانه اتصال زمین می‌نامند.

الکترود زمین

رسانا یا گروهی از رساناهای متصل به هم است که اتصال الکتریکی به زمین را فراهم می‌کنند.

الکترود زمین کمکی

یک الکترود زمین با طراحی خاص یا محدودیت‌های عملیاتی می‌باشد. عملکرد اصلی آن ممکن است غیر از هدایت جریان خطای زمین به زمین باشد.

مقاومت الکتریکی کل الکترود زمین

مقاومت بین ترمینال اصلی زمین و کره زمین است.

زمین راه دور/مرجع

یک مفهوم تئوری که به یک الکترود زمین با امپدانس صفر اشاره می‌کند که در یک فاصله بسیار دور از زمین تحت آزمون قرار می‌گیرد. در عمل وقتی که امپدانس مشترک زمین تحت آزمون و الکترود آزمون ناچیز باشد، زمین راه دور حاصل می‌شود. زمین راه دور معمولاً در پتانسیل صفر در نظر گرفته می‌شود.

شبکه زمین

یک سامانه از الکترودهای زمین متصل به هم که بر اساس یک الگو در یک مکان خاص و مدفون زیر سطح خاک قرار گرفته‌اند.

شینه

یک رسانا با مقاومت ظاهری کم است که بتوان چند مدار الکتریکی را بطور جداگانه به آن متصل کرد.

افزایش پتانسیل زمین (GPR)

به ولتاژ بین سامانه اتصال زمین و زمین مرجع گفته می‌شود.

مدار برگشت زمین

مداری که در آن از زمین یا یک هادی معادل آن استفاده می‌شود تا مدار را کامل کند و گردش جریان را به (از) منبع جریان آن امکان‌پذیر کند.

امپدانس حلقه اتصال زمین

امپدانس حلقه جریان اتصالی زمین است که شروع و پایان آن نقطه اتصالی است.
حلقه اتصالی زمین در سامانه‌های مختلف به شرح ذیل است:

۱. سامانه‌های TN

نقطه شروع (محل اتصالی)، از بدنه دستگاه به ترتیب ارت، شینه ارت، شینه نول، نقطه ترانس، سیم پیچ ترانس، سیم فاز اتصالی و نقطه اتصال به بدنه.

۲. سامانه‌های TT و IT

نقطه شروع (محل اتصالی)، سیم اتصال زمین، الکترود زمین، زمین، الکترود سامانه، شینه نول، نقطه صفر ترانس، سیم فاز اتصالی و نقطه اتصالی.

جریان اتصال زمین(جریان اتصال کوتاه)

اضافه جریانی است که در نتیجه بروز اتصالی با امپدانسی قابل چشم‌پوشی بین هادی‌هایی با پتانسیل‌های مختلف در شرایط عادی کار برقرار شود.

جریان نشتی زمین

جریان جاری به زمین یا رساناهای دیگری را که مدار الکتریکی آنها به زمین راه دارد، جریان نشتی زمین می‌نامند. در صورت استفاده از خازن در مدارها، امکان دارد جریان مذکور دارای مقداری جزء خازنی هم باشد.

سیم اتصال زمین (سیم ارت)

سیم حفاظتی را گویند که ترمینال اصلی ارت تأسیسات را به الکترود ارت یا سایر قسمت‌های اتصال زمین وصل می‌کند.

زمین عملیاتی

زمین کردن یک نقطه در تجهیزات یا در یک سامانه که برای یک هدف غیر از حفاظت ضروری است

هم‌بندی الکتریکی

اتصال الکتریکی هرترکیبی از اجزای هادی، بدنه‌ها، قسمت‌های فلزی در دسترس، انواع لوله کشی‌ها، پرده‌های هادی و زره کابل‌ها، پوششهای هادی و غیره به هم دیگر به منظور از بین بردن اختلاف پتانسیل احتمالی بین آن‌ها در حالت عادی یا در صورت بروز اتصالی.

هادی حفاظتی (PE)

در بعضی از اقدامات حفاظتی برای تأمین ایمنی در برابر برق گرفتگی لازم است با استفاده از هادی حفاظتی قسمت‌های زیر به همدیگر وصل شوند:

- بدنه‌های هادی
- قسمت‌های هادی بیگانه
- ترمینال اصلی زمین
- الکترود زمین
- نقطه صفر ترانس

هادی مشترک نول - زمین (PEN)

هادی را که به طور مشترک، هم کار هادی اتصال زمین و هم کار هادی نول را انجام دهد، سیم PEN می نامند.

ترمینال اصلی اتصال زمین (ارتینگ)

ترمینال یا شینه‌ای را گویند که برای اتصال به سیم‌های محافظ تهیه شده و سیم‌های هم پتانسیل کننده و سیم‌های اتصال زمین، یا هر وسیله‌ای که به عنوان اتصال زمین به کار می‌رود، به آن وصل می‌شوند.

هادی زمین تجهیزات (EGC)

هادی استفاده شده برای اتصال قسمت‌های فلزی تجهیزات، مکان‌های عبور سیم برق در ساختمان و محفظه‌های دیگر را در منبع به هادی زمین سامانه، هادی الکترود زمین، یا هر دو وصل می‌کند.

قسمت‌های برق دار

سیم یا قسمت‌هایی از رسانا را که برای استفاده‌های معمولی برق‌دار شده‌اند، قسمت‌های برق‌دار می‌نامند. سیم نول نیز شامل این قسمت‌هاست، اما طبق قرارداد، سیم PEN به عنوان قسمت برق‌دار محسوب نمی‌شود.

دستگاه‌های سیار (قابل حمل)

دستگاه‌های الکتریکی را می‌نامند که در حال حرکت کار می‌کنند یا اینکه می‌توانند به آسانی از محلی به محلی دیگر حرکت داده شوند.

دستگاه پس ماند جریان(RCD)

دستگاه سوئیچینگ مکانیکی یا مجموعه‌ای از دستگاه‌ها که در شرایط مشخصی سبب بازنگه داشتن اتصالات در مواقعی می‌شوند که پس ماند جریان به مقدار معینی رسیده باشد.

قسمت‌های هادی در دسترس

قسمت‌های هادی تجهیزات الکتریکی که می‌توانند لمس شوند و تحت شرایط کار عادی برق‌دار نیست‌اند، اما تحت شرایط خطا می‌توانند برق‌دار شوند.

هادی بیگانه

قسمت‌های هادی که قسمتی از تأسیسات الکتریکی نیست‌اند و ممکن است یک پتانسیل الکتریکی، به

طور کلی پتانسیل الکتریکی یک زمین محلی را ایجاد کند.

تابلو (مجموعه‌ای از تجهیزات قطع و وصل و کنترل)

ترکیبی است از فیوزها، لوازم قطع و وصل و رله‌های کنترل که کلیه اتصالات الکتریکی و مکانیکی بین آن‌ها ونیز وسایل اندازه‌گیری مانند آمپرمتر یا ولت‌متر را نیز شامل می‌شود.

تابلو توزیع

یک مجموعه شامل دستگاه‌های سوئیچینگ یا حفاظتی (برای مثال، فیوزها، قطع کننده‌های مدار، دستگاه‌های پسماند جریان) مرتبط با یک یا چند مدار خروجی تغذیه شده از یک یا چند مدار ورودی، مجموعا با ترمینال‌هایی برای هادی‌های نول و هادی‌های حفاظتی مدارمی باشد. همچنین ممکن است شامل دستگاه‌های علامت دهی و دستگاه‌های کنترلی دیگرباشد. دستگاه‌های جداساز ممکن است در تابلو یا به صورت جداگانه فراهم شوند.

مدار توزیع

مدار تغذیه‌کننده یک تابلو توزیع را مدار توزیع می‌نامند. یک مدار توزیع همچنین ممکن است مبدأ یک سازه را به یک ساختمان قرار گرفته در بیرون یا یک سازه جدا متصل کند.

سینی کابل

تکیه‌گاه پایه داری برای کابل است که لبه‌های آن برگشته و بدون پوشش است و ممکن است دارای منافذ پرس شده باشد.

نقطه خدمات رسانی

نقطه‌خدمات‌رسانی‌نقطه‌اتصال‌بین‌تأسیسات‌خدمات‌رسانی‌اداره‌برق‌وسیم‌کشی‌محل‌موردنظرمی‌باشد.

هادی‌های خدمات رسانی

هادی‌هایی که از نقطه خدمات رسانی تا دستگاه‌های قطع‌کننده خدمات‌رسانی(تجهیزات خدمات رسانی نه کنتور) کشیده می‌شوند.

تجهیزات خدمات رسانی

تجهیزات لازم که معمولاً شامل قطع‌کننده‌های مدار یا سوئیچ‌ها و فیوزها و لوازم جانبی آن‌ها که معمولاً به بار انتهای هادی‌های خدمات رسانی متصل می‌شوند که در خدمت یک ساختار هستند و قطع و کنترل خط اصلی از تغذیه را انجام می‌دهند. تجهیزات خدمات رسانی شامل تجهیزات اندازه‌گیری مثل کنتور یا محفظه کنتور نمی‌شوند.

هادی خدمات رسانی (نول) زمین شده

هادی خدمات رسانی (نول) که به هادی الکترود زمین متصل می‌شود.

رابط (جامپر) هم بندی اصلی

هادی‌ای که شینه نول را به محفظه یا شینه زمین تابلوهای برق متصل می‌کند.

کنترل الات

دستگاه‌های سوئیچینگ و ترکیبات آن‌ها با تجهیزات تنظیم، حفاظت، اندازه‌گیری و کنترل مشابه و همچنین مجموعه چنین دستگاه‌ها و تجهیزاتی با اتصالات داخلی، لوازم جانبی و ساختارهای پشتیبانی کننده مشابه که در اصل برای کنترل تجهیزات مصرف‌کننده انرژی الکتریکی منظور شده‌اند.

جداسازی (ایزولاسیون)

عمل قطع کردن منبع تغذیه از تمامی قسمت‌ها به دلایل ایمنی.

کلید جداکننده (ایزولاتور)

یک وسیله مکانیکی قطع و وصل است که در حالت قطع، فاصله جدایی لازم را بین کنتاکت‌ها بوجود می‌آورد. کلید جداکننده قادر است فقط هنگامی یک مدار را قطع یا وصل کند که جریان‌های قابل اغماض برقرار شده یا قطع شوند و یا تغییر قابل ملاحظه‌ای بین ولتاژ دو سر هر یک از قطب‌های کلید جداکننده ایجاد نشود. هم‌چنین کلید جداکننده می‌تواند جریان‌هایی را در شرایط عادی از مدار عبور دهد و برای زمانی مشخص جریان‌هایی را در شرایط غیر عادی، مانند اتصال کوتاه تحمل کند.

اضافه جریان

هر شدت جریانی که از مقدار اسمی تجاوز کند. در مورد هادی‌ها مقدار اسمی برابر جریان مجاز حرارتی است.

تجهیزات الکتریکی

شامل هر نوع لوازم و وسایل و تجهیزاتی است که در تولید، تبدیل، انتقال، توزیع یا مصرف انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، مانند ترانسفورماتورها، وسایل اندازه‌گیری، وسایل حفاظتی، تجهیزات سامانه‌های سیم کشی و وسایل مصرف‌کننده انرژی الکتریکی مانند لوازم خانگی و غیره.

ماشین الکتریکی

مجموعه‌ای از قسمت‌ها یا قطعات مرتبط که حداقل یکی از آن‌ها حرکت می‌کند، با محرک‌های ماشین مناسب، مدارات کنترل و قدرت، متصل به هم که برای یک کاربرد خاص، به‌ویژه برای پردازش، درمان، حرکت یا بسته‌بندی مواد در نظر گرفته شده‌اند.

تجهیزات الکترونیکی

قسمتی از تجهیزات الکتریکی شامل مداراتی که برای عملکرد خود به دستگاه‌ها و قطعات الکترونیکی بستگی دارند.

کلید قطع بار (قطع کننده مدار)

وسیله مکانیکی قطع و وصل است 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 و همین طور برای مدتی مشخص جریان‌هایی را در شرایط غیرعادی مدار، مانند اتصال کوتاه تحمل کند.

فیوز

وسیله‌ای است که به نحو مخصوصی طراحی و تناسب یافته و در صورتی که در یک مدار الکتریکی شدت جریان برق در مدت زمان معینی از مقدار کافی بیشتر شود از طریق ذوب یک یا چند المان، آن مدار را حفظ می‌کند.

تأسیسات الکتریکی

مجموعه‌ای از تجهیزات الکتریکی مرتبط با هم است که هدف یا هدف‌های معینی را که دارای مشخصات فنی هماهنگ هستند تأمین می‌کنند.

سپر (شیلدینگ) کابل

لایه فلزی و زمین شده روی کابل است تا میدان الکتریکی کابل را به داخل آن محدود یا کابل را در برابر

تأثیر عوامل الکتریکی خارج، حفاظت کند. (غلاف‌های فلزی، زره‌ها و هادی‌های هم مرکز زمین شده ممکن است به عنوان سپر نیز به کار روند.)

ولتاژ تماس

ولتاژ بین قسمت‌های هادی وقتی که به طور هم زمان لمس می‌شوند

ولتاژ گام

ولتاژ بین دو نقطه بر روی سطح زمین که در فاصله ۱ متر، معادل قدم بلند یک شخص، از یکدیگر قرار دارند.

ولتاژ انتقال

افزایش پتانسیل یک سامانه اتصال زمین، ناشی از یک جریان به زمین منتقل شده به وسیله یک هادی متصل (به‌عنوان مثال یک غلاف فلزی کابل، هادی PEN، خط لوله، ریل) به نواحی با پتانسیل کم‌تر و یا صفر نسبت به زمین مرجع است که منجر به تولید یک اختلاف پتانسیل بین هادی و محیط پیرامون آن می‌شود.

شخص ماهر

در این مجموعه شخص ماهر شخصی با آموزش، تحصیلات و تجربه مرتبط که او را برای درک خطرات و جلوگیری از آسیب‌های ناشی از برق، قادر می‌سازد.

شخص آموزش دیده

فردی که به اندازه کافی توسط یک شخص ماهرالکتریکی مشاوره یا نظارت می‌شود تا او را قادر سازد تا خطرات را درک کند و تا از خطراتی که برق می‌تواند ایجاد کند، جلوگیری کند.

درجه آلودگی (در مورد شرایط محیطی)

عددی قرار دادی است که بر اساس مقدار گرد و غبار رسانا یا جاذب رطوبت، گاز یونیزه شده یا نمک و رطوبت نسبی و فراوانی وقوع آن تعیین می‌شود و در نتیجه آن جذب رطوبت یا تجمع قطرات پیش‌می‌آید و منجربه کاهش استقامت دی الکتریکی و یا مقاومت ویژه سطحی می‌گردد.

ناحیه‌ها

محیط‌های خطرناک بر اساس نرخ رخداد و دوره جو انفجاری به ناحیه‌هایی تقسیم‌بندی شده‌اند.

۴. ناحیه صفر

مکانی که یک جو انفجاری شامل یک ترکیب از هوای قابل اشتعال به شکل گازیا بخار که به‌طور پیوسته یا برای مدت طولانی یا غالباً وجود دارد.

۵. ناحیه ۱

مکانی که احتمال رخ دادن یک جو انفجاری شامل یک ترکیب از هوای قابل اشتعال به شکل گازیا بخار، گاهی اوقات در شرایط کار عادی وجود دارد

۶. ناحیه ۲

مکانی که احتمال رخ دادن یک جو انفجاری شامل یک ترکیب از هوای قابل اشتعال به شکل گازیا بخار، در شرایط کار عادی وجود ندارد. اما اگر رخ دهد برای یک مدت کوتاهی طول خواهد کشید.

۷. ناحیه ۲۰

ناحیه‌ای که یک جو انفجاری به شکل یک ابر از گرد و غبار در هوا به صورت پیوسته یا برای مدت طولانی یا غالباً وجود دارد.

۸. ناحیه ۲۱

ناحیه‌ای که یک جو انفجاری به شکل یک ابر از گرد و غبار در هوا، گاهی اوقات در شرایط کار عادی وجود دارد.

۹. ناحیه ۲۲

ناحیه‌ای که احتمال رخ دادن یک جو انفجاری به شکل یک ابر از گرد و غبار در هوا، در شرایط کار عادی وجود ندارد. اما اگر رخ دهد برای مدت کوتاهی طول خواهد کشید.

محفظه ضد آتش "d"

نوعی از حفاظت که در آن قسمت‌هایی که دارای قابلیت برافروختن یک جو گازی انفجاری هستند با یک محفظه که می‌توانند در برابر فشار در طول یک انفجار داخلی یک ترکیب انفجاری مقاومت کند و از انتقال انفجاربه جو گازی انفجاری اطراف محفظه جلوگیری کند.

ایمنی افزایش یافته "e"

نوعی از حفاظت که به تجهیزات الکتریکی اعمال می‌شود که در آن اقدامات اضافی برای افزایش ایمنی در برابراحتمال دماهای بیش از حد و رخداد قوس الکتریکی و جرقه درحالت کارعادی یا تحت شرایط

غیرعادی مشخص، اعمال می‌شود.

ایمنی ذاتی "i"

نوعی از حفاظت بر اساس محدود کردن انرژی الکتریکی داخل دستگاه و سیم‌کشی‌های متصل به هم که در معرض یک جو انفجاری قرار دارند، به سطحی پایین‌تر از آن که می‌تواند باعث آتش‌سوزی بوسیله جرقه یا اثرات گرمایی شود.

مقاوم‌سازی در برابر فشار "P" و "PD"

تکنیک محافظت در برابر ورود جو خارجی به یک محفظه با نگهداری یک گاز حفاظتی در آن در یک فشار بالای جو خارجی.

نوع حفاظت "n"

نوع حفاظت (n) به تجهیزات الکتریکی اعمال می‌شود طوری که در حالت کار عادی و در شرایط غیرعادی مشخص، قادر به برافروختن جو انفجاری محیط اطراف نیست.

غوطه وری در روغن "o"

نوعی از حفاظت که در آن تجهیزات الکتریکی یا قسمت‌هایی از تجهیزات الکتریکی در یک مایع حفاظتی غوطه ور می‌شوند به گونه‌ای که جو گازی انفجاری بالای مایع یا خارج محفظه نمی‌تواند برافروخته شود.

پرکردن با پودر "q"

نوعی از حفاظت که در آن قسمت‌هایی که قادر به برافروختن یک جوگازی انفجاری هستند، برای جلوگیری از برافروختن یک جو انفجاری خارجی در جای خود ثابت هستند و کاملاً به‌وسیله ماده پرکننده محاصره شده‌اند.

قرار دادن پوشش محافظ "m"

نوعی از حفاظت که به موجب آن قسمت‌هایی که قادر به برافروختن یک جو انفجاری به وسیله جرقه یا گرما هستند در یک محوطه محصور شده‌اند به گونه‌ای که جو انفجاری تحت شرایط عملکرد یا نصب نتواند برافروخته شود.

حفاظت به وسیله محفظه "t"

نوعی حفاظت که به موجب آن تمام تجهیزات الکتریکی برای جلوگیری از برافروخته شدن لایه یا ابر گرد و غبار به وسیله یک محفظه محافظت شده‌اند.

مکان‌های کشاورزی و دامپروری

ساختمان‌ها، مکان‌ها یا محیط‌هایی که:

- حیوانات نگهداری می‌شوند
- خوراک، کودها، سبزیجات و محصولات حیوانات تولید، ذخیره، آماده می‌شوند
- گیاهان رشد می‌کنند، مثل گل خانه‌ها

زمین کاروان

قطعه زمینی که برای یک وسیله محل اقامت موقت در نظر گرفته شده است.

مکان درمانی

مکانی که برای هدف تشخیص، درمان، نظارت و مراقبت از بیماران منظور شده است.

۱. مکان درمانی گروه صفر

مکان درمانی‌ای که در آن هیچ قسمت مورد استفاده عملی (قسمت‌هایی که در حالت استفاده نرمال تجهیزات برای انجام وظیفه خود به در تماس فیزیکی با بیمار قرار می‌گیرد) در آن برای استفاده منظور نشده است.

۲. مکان درمانی گروه ۱

مکان درمانی‌ای که قسمت‌های مورد استفاده عملی به‌صورت زیر به کار برده می‌شوند:

- تماس خارجی
- به صورت تهاجمی به تمام قسمت‌های بدن

۳. مکان درمانی گروه ۲

مکان درمانی‌ای که در آن قسمت‌های مورد استفاده عملی برای کاربردهایی مثل عمل قلب و درمان‌های حیاتی که قطع تغذیه باعث ایجاد اسیب به حیات می‌شود، منظور شده‌اند.

مجرا برق (لوله برق)

بخشی از سامانه سیم کشی پوشیده با سطح مقطع گرد یا غیرگرد می‌باشد که هادی‌ها یا کابل‌ها را در تأسیسات الکتریکی دربرمی گیرد و امکان سیم کشی و تعویض آن‌ها را فراهم می‌سازد. لوله‌ها باید به گونه‌ای

مسدود باشد که هادی‌ها یا کابل‌ها فقط به درون آن کشیده شده و جوانب داخل نشود

مقاومت ویژه ظاهری خاک

معادل، مقاومت ویژه کلی توده خاک با خواص متغیر .

حفاظت اولیه

حفاظت در برابر شوک الکتریکی تحت شرایط بدون خطا.

عایق بندی پایه

عایق بندی قسمت‌های برق‌دار خطر آفرین که حفاظت اولیه را تأمین می کند.

زره کابل

پوششی است متشکل از نوار یا نوارهای فلزی یا مفتول‌های فلزی که بطور کلی از آن برای حفاظت کابل در برابر اثرهای مکانیکی خارجی استفاده می‌شود.

نردبان کابل

یک نگهدارنده کابل شامل یک مجموعه نگهدارنده عرضی که به صورت محکم روی اعضای نگهدارنده طولی ثابت شده‌اند.

ولتاژ فشار ضعیف

ولتاژ متناوب کم‌تر از ۱۰۰۰ ولت AC یا ۱۵۰۰ ولت DC.

بیش‌ترین دمای سطحی قابل مجاز

برای جلوگیری از آتش‌سوزی بیش‌ترین دمایی که سطح تجهیزات الکتریکی در حین کار می‌تواند به آن برسد.

۲

فصل دوم

نحوه بررسی نقشه‌های توزیع برق و تعیین نوع سامانه اتصال زمین

نحوه بررسی نقشه های توزیع برق و تعیین نوع سامانه اتصال زمین

۲-۱ مفاهیم بنیادین سامانه اتصال زمین

تغذیه تأسیسات الکتریکی متشکل از کارگاه‌های صنعتی، مراکز تجاری، مصارف خانگی و غیره در ایران توسط ولتاژ متناوب تک‌فاز و یا سه فاز از طریق کاهش ولتاژ در پست‌های توزیع فشار متوسط شبکه توزیع انجام می‌پذیرد. در این تأسیسات، سامانه اتصال زمین تجهیزات از اهمیت به سزایی بر خوردار است. استفاده از این سامانه از دو نظر مهم می‌باشد:

▪ ۲-۱-۱ حفظ سلامت و ایمنی افراد

سامانه اتصال زمین علاوه بر فراهم کردن ایمنی کاربران تجهیزات الکتریکی به هنگام تماس هادی برق‌دار با بدنه تجهیز، متضمن سلامت افرادی می‌باشدکه بنا به وظیفه شغلی در پست‌های فشار قوی مشغول بکار هستند. شایان ذکر است بروز خطای اتصال کوتاه در شبکه فشار قوی به‌علت وجود اضافه ولتاژهای موقت و گذرا و هم‌چنین آسیب دیدن برخی تجهیزات پیشامدی عادی است. در اثر بروز چنین خطایی، جریان زیادی وارد زمین شده و باعث به‌وجود آمدن گرادیان پتانسیل سطحی بزرگی در محوطه پست می‌گردد و ممکن است کارکنان پست را در معرض برق گرفتگی قرار دهد. علاوه بر این موارد، سامانه اتصال زمین خطر آتش سوزی ناشی از ایجاد قوس الکتریکی احتمالی و یا اضافه جریان ناشی از اتصال کوتاه را از راه قطع سریع مدار معیوب محدود می‌کند.

■ ۲-۱-۲ حفظ سلامت تأسیسات الکتریکی

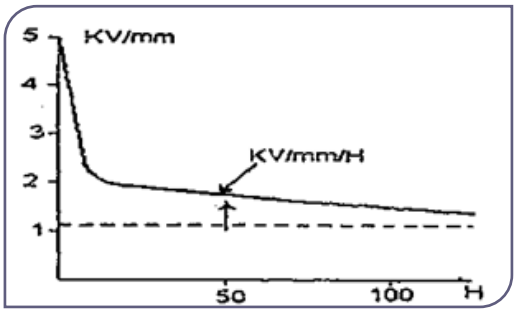
سامانه اتصال زمین حفظ سلامت تأسیسات الکتریکی را با دو هدف دنبال می‌کند:

۴. ایجاد شرایطی که در آن تأسیسات الکتریکی از نظر فنی درست عمل کند.

این هدف با برقراری جریان اتصال کوتاه از طریق زمین به منبع تغذیه و تشخیص خطا با استفاده از رله‌های حساس به منظور قطع جریان برق و جداسازی بخش‌های درگیر انجام می‌گیرد.

۵. ایجاد شرایطی که در آن عایق بندی سامانه سالم می‌ماند.

این هدف با کاهش اضافه ولتاژ موقت بهره‌برداری (تنش) ایجاد شده به علت خطاهای زمین در سامانه‌های فشار قوی و فشار ضعیف فراهم می‌شود. شایان ذکر است یک سامانه الکتریکی از مجموعه‌ای از هادی‌ها و عایق‌ها تشکیل می‌شود به‌طوری‌که عایق‌ها جلوی عبور جریان برق را از مسیرهای ناخواسته می‌گیرند، در حالی‌که هادی‌ها مسئولیت هدایت جریان الکتریکی را با اعمال ولتاژی مشخص از مسیرهای تعیین شده به عهده دارند. در این راستا، با اضافه شدن ولتاژ از حد مجاز آن، به‌خصوص در مدت طولانی، شکست عایقی اتفاق افتاده و در نتیجه منجر به عملکرد ناصحیح سامانه الکتریکی مربوطه می‌گردد. به‌عبارت دیگر، عمر عایق بندی یک تجهیز در یک سامانه الکتریکی بستگی به ولتاژ (شدت میدان الکتریکی) اعمال شده و مدت زمان برقراری آن دارد. اگر شدت میدان الکتریکی کمی از مقدار مجاز آن بیشتر باشد، ممکن است پس از چند سال سبب خرابی عایق بندی شود؛ اگر این مقدار چند برابر مقدار مجاز باشد، ممکن است در ظرف چند دقیقه یا ثانیه سبب از بین رفتن عایق‌بندی در ضعیف‌ترین نقطه سامانه شود. در شکل(۱-۳) منحنی تغییرات ایستادگی عایق‌بندی یک کابل با توجه به تنش میدان الکتریکی (kV/mm) و مدت زمان برقراری آن (H) نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، تغییرات شدت میدان نسبت به زمان به‌گونه‌ای است که شدت میدان با خط افقی مجانب است و این مقداری است که در مدتی طولانی، ایستادگی عایق بندی در آن شدت میدان را نشان خواهد داد. قابل ذکر است که در دماهای مختلف محل خط مجانب تغییر خواهد کرد.



شکل ۱-۲. تغییرات ایستادگی عایق بندی یک کابل با توجه به تنش میدان الکتریکی (kV/mm) و مدت زمان برقراری آن (H)

۲-۲ شناسایی هادی‌ها در سامانه جریان متناوب

در بررسی نقشه‌های توزیع برق، هادی‌های مختلف در مدارات با حروف جداگانه‌ای نام‌گذاری می‌شوند:

۱. برای مشخص کردن هادی برقدار (فاز) از حرف L (حرف اول کلمه Live) استفاده می‌شود.

۲. برای مشخص کردن هادی خنثی (نول) از حرف N (حرف اول کلمه Neutral) استفاده می‌شود.

۳. برای مشخص کردن هادی حفاظتی از حرف PE (حرف اول کلمه Protective Eearthing) استفاده می‌شود.

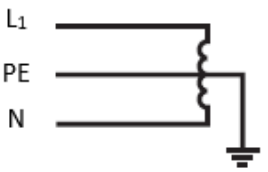
۴. برای مشخص کردن هادی مشترک حفاظتی و خنثی از حروف PEN (حروف اول کلمه‌های عبارت Protective Earthing + Neutral) استفاده می‌شود.

با توجه به نام‌گذاری فوق، سامانه‌های تکفاز به قرار زیر مشخص می‌شوند:

۱) سامانه‌های تکفاز دو سیمه (N+L۱ ؛PEN+L۱)

شکل۲-۲. سامانه تکفاز دو سیمه[۳]؛ الف) N+L۱ ب) PEN+L۱

۲) سامانه تکفاز سه سیمه (N+PE+L۱)

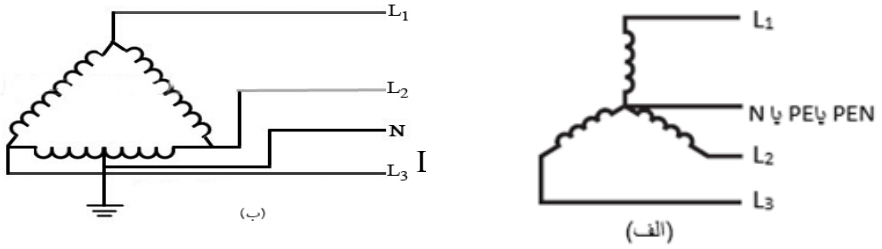


شکل۳-۲. سامانه تکفاز سه سیمه[۳]

سامانه‌های سه فاز به صورت زیر تبیین می‌شوند:

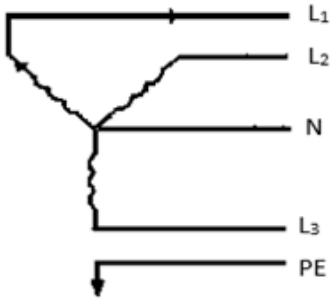
۱) سامانه‌های سه فاز سه سیمه (L۳+L۲+L۱)

شکل۴ -۲. سه فاز سه سیمه [۳]؛ الف: مثلث، ب:ستاره.



شکل ۵-۲. سه فاز چهار سیمه الف) ستاره ب) مثلث [۳]

۳) سامانه‌های سه فاز پنج سیمه (N+PE+L۳+L۲+L۱)



شکل۶ -۲. سامانه سه فاز پنج سیمه[۳]

۲-۳ سامانه‌های اتصال زمین

■ ۲-۳-۱ انواع مختلف سامانه اتصال زمین

در انواع مختلف سامانه‌های الکتریکی، اتصال قسمت‌هایی از سامانه و بدنه‌های هادی تجهیزات الکتریکی به جرم کلی زمین از دو دیدگاه مورد توجه می‌باشد:

۱. اتصال زمین عملیاتی یا سامانه‌ای

در این روش، اتصال نقطه خنثی (نول) سامانه الکتریکی به زمین باعث عبور جریان اتصال کوتاه به زمین و در نتیجه امکان تشخیص خطا توسط ادوات حفاظتی فراهم می‌شود. به این ترتیب، اضافه ولتاژهای به‌وجود آمده در فازهای سالم، محدود و عایق بندی سامانه حفظ می‌گردد، و از این طریق به عملکرد صحیح تجهیزات و مدارها کمک می‌شود.

۲. اتصال زمین حفاظتی

در این روش، بدنه هادی تجهیزات به هادی خنثی و زمین متصل می‌شود تا به هنگام اتصال هادی برق‌دار با بدنه، جریان اتصال کوتاه بجای عبور از بدن فرد در تماس با بدنه، از سیم زمین عبور کرده و در نتیجه امکان تشخیص خطا توسط ادوات حفاظتی فراهم می‌شود. ادوات حفاظتی مدار معیوب را به سرعت قطع نموده و ایمنی فرد مذکور تأمین می‌شود، ضمن اینکه خطر آتش سوزی ناشی از جرقه احتمالی و یا اضافه جریان ناشی از اتصال کوتاه نیز محدود می‌گردد.

■ ۲-۳-۲ طبقه‌بندی سامانه‌های اتصال زمین فشار ضعیف

انواع سامانه‌های اتصال زمین فشار ضعیف عبارتند از:

۱. TN شامل TN-C، TN-S، TN-C-S
۲. TT
۳. IT

نام‌گذاری سامانه‌های الکتریکی مذکور به‌صورت زیر است:

از دو حرف اصلی شناسایی، حرف اول سمت چپ رابطه سامانه با زمین را مشخص می کند به‌طوری که:

- حرف T (برگرفته از کلمه Terra به معنای زمین)، بدین معناست که نقطه خنثی ترانس در مبدأ (پست

تغذیه) به زمین وصل است.

- حرف I (برگرفته از کلمه Isolated به معنی جدا شده)، نشان می‌دهد که سامانه از زمین مجزاست یا با مقاومتی بزرگ به آن وصل است.

از دو حرف اصلی شناسایی، حرف دوم از سمت چپ رابطه بدنه‌های هادی تجهیزات با زمین را مشخص می‌کند به‌طوری که:

- حرف N: بیان‌گر آن است که بدنه‌های هادی به نقطه خنثی سامانه در مبدأ وصل (پست تغذیه) هستند.
- حرف T: مشخص می‌کند که بدنه‌های هادی، مستقل از نقطه خنثی سامانه به زمین محلی وصل هستند.

حروف کمکی (C و S) نشان‌دهنده زیر سامانه‌ها هستند به‌طوری که:

- حرف S: بدنه‌های هادی از طریق یک هادی حفاظتی (PE) جداگانه به نقطه خنثی در مبدأ (پست تغذیه) وصل می‌شوند (TN-S).
- حرف C: بدنه‌های هادی از طریق یک هادی حفاظتی مشترک با هادی خنثی (PEN) به نقطه خنثی در مبدأ (پست تغذیه) وصل می‌شوند (TN-C).

توجه: انواع سامانه اتصال زمین در پیوست (بخش ۱-۲۰) به تفصیل توضیح داده شده‌اند.

■ ۳-۳-۲ حفاظت در برابر خطرات در سامانه‌های مختلف اتصال زمین

۱. سامانه TN

در سامانه‌های TN دستگاه‌های حفاظتی زیر برای حفاظت در حالت بروز خطا استفاده می‌شود:

- دستگاه‌های حفاظت در برابر اضافه جریان
- دستگاه‌های حفاظت در برابر جریان پسماند (RCD[۱])

نکته ۱: در سامانه‌های TN-C نباید از RCD استفاده کرد.

نکته ۲: در سامانه TN-C-S دارای RCD، نباید از هادی PEN در سمت بار استفاده شود. اتصال هادی حفاظتی به هادی PEN باید در سمت منبع صورت گیرد.

۲. سامانه TT

در سامانه‌های TT دستگاه‌های حفاظتی زیر برای حفاظت در حالت بروز خطا استفاده می‌شود:

۱- Residual Current Protective Device

- دستگاه‌های حفاظت در برابر اضافه جریان
- دستگاه‌های حفاظت در برابر جریان پسماند (RCD)

در مواردی که از RCD برای حفاظت در برابر خطا استفاده شود، شرایط زیر باید محقق شوند:

- زمان قطع باید مطابق جدول ۱-۲ باشد.
- $50V \geq R_A \times I_{\Delta n}$
- که در آن RA مجموع مقاومت‌ها بر حسب اهم الکترود زمین و هادی حفاظتی برای بدنه‌های هادی در دسترس و $I_{\Delta n}$ جریان پسماند نامی RCD است.

جدول۱-۲. بیشترین زمان قطع برای سامانه TN و TT [۴]

سامانه	بیشترین زمان قطع برای سامانه مورد نظر بر اساس بازه‌های مختلف ولتاژ خط به زمین			
	50 VAC<U0≤120 VAC	120 VAC≤U0≤230 VAC	230 VAC≤U0≤400 VAC	U0>400 VAC
TN	۰/۸ ثانیه	۰/۴ ثانیه	۰/۲ ثانیه	۰/۱ ثانیه
TT	۰/۳ ثانیه	۰/۲ ثانیه	۰/۰۷ ثانیه	۰/۰۴ ثانیه

نکته۱: قطعی ممکن است برای دلایلی غیر از دلایل حفاظتی مورد نیاز باشد.
نکته ۲: U۰ در جدول ۱-۵ ولتاژ اسمی AC خط به زمین می باشد.
در استفاده از دستگاه حفاظتی در برابر اضافه جریان، شرط زیر باید محقق شود:

ZS×Ia≤U۰

که در آن **ZS امپدانس حلقه خطا (بر حسب اهم) شامل:**

۱. منبع
۲. هادی خط تا نقطه خطا
۳. هادی حفاظتی قسمت های هادی در دسترس
۴. هادی زمین
۵. الکترود زمین ساختار
۶. الکترود زمین منبع

Ia مقدار جریان (برحسب آمپر) که سبب می شود وسیله به صورت خودکار عمل کند.
U۰ ولتاژ اسمی AC یا خط به زمین

۳. سامانه IT

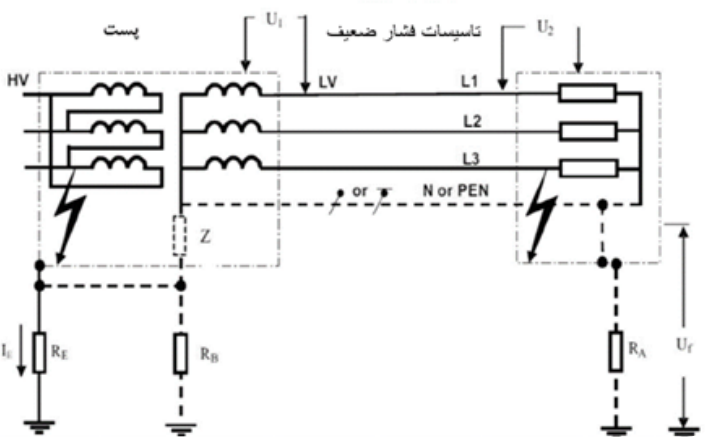
در یک سامانه IT دستگاه های نظارتی و حفاظتی زیر ممکن است استفاده شوند:

۱. ابزار پایش عایق‌بندی (IMD[۱])
۲. دستگاه‌های نظارت جریان پسماند (RCM[۲])
۳. دستگاه‌های مکان یابی خرابی در عایق ها
۴. دستگاه‌های حفاظت در برابر اضافه جریان
۵. دستگاه‌های حفاظت در برابر جریان پسماند

۲-۴ آرایش سامانه اتصال زمین در پست فشار قوی

آرایش سامانه های زمین فشار ضعیف و فشار قوی در یک پست فشار قوی (شکل (۷-۵)) که مسئولیت تغذیه تأسیسات فشار ضعیف را بعهده دارد، نقش مهمی در ایجاد اضافه ولتاژ موقت تماس و اضافه ولتاژ موقت بهره برداري (تنش) در تأسیسات فشار ضعیف ایفا می نماید. این اضافه ولتاژها در شرایط زیر ایجاد می شوند:

۱. خطای اتصال زمین در سمت فشار قوی پست
۲. از بین رفتن نول تغذیه در سامانه فشار ضعیف TN و TT
۳. زمین شدن تصادفی یک هادی خط در سامانه فشار ضعیف IT
۴. اتصال کوتاه بین هادی خط و نول در تأسیسات فشار ضعیف



شکل ۷-۲. آرایش مختلف سامانه های زمین در پست ترانسفورماتوری و تأسیسات فشار ضعیف [۲]

۱-Insulation Monitoring Device

۲-Residental Current Monitoring Device

■ ۱-۴-۲ ولتاژ تنش فرکانس قدرت به علت خطای اتصال زمین در سمت فشار قوی پست تغذیه

در هنگامي که خطای اتصال زمین در سمت فشار قوی پست تغذیه کننده رخ می‌دهد، ولتاژ سامانه زمین فشار قوی افزایش یافته و به سمت تأسیسات فشار ضعیف منتقل میشود. این ولتاژ انتقالی ضمن افزایش سطح ولتاژ تماس در تأسیسات فشار ضعیف، منجر به تحمیل اضافه ولتاژ بر روی ولتاژهای فاز به زمین یا فاز به نول (U۰) خواهد شد. درچنین مواردی، با توجه به آرایش سامانه زمین، اضافه ولتاژهای زیر ممکن است بر روی تأسیسات فشار ضعیف اثر بگذارد:

۱. ولتاژ تماسی فرکانس قدرت (Uf در شکل(۷-۲))
۲. ولتاژ تنش فرکانس قدرت (U۱ U۲ , در شکل(۷-۲))

درتأسیساتی که دو سامانه اتصال زمین فشار قوی (HV) و سامانه اتصال زمین فشار ضعیف (LV) در مجاورت یکدیگر قرار می‌گیرند دو روش متفاوت برای اتصال سامانه‌های زمین امکان پذیر است:

۱. اتصال تمامی سامانه های زمین فشار قوی (RE) و سامانه های زمین فشار ضعیف (RB)
۲. جدا سازی سامانه‌های زمین فشار قوی از سامانه فشار ضعیف

روش عمومی که بکار برده می شود، اتصال تمامی سامانه های زمین فشار قوی و سامانه های زمین فشار ضعیف می باشد. اگر سامانه‌هاي فشار ضعیف کاملا در منطقه تحت پوشش سامانه زمین فشار قوی محدود شده باشد، سامانه‌های زمین فشار قوی و سامانه‌هاي زمین فشار ضعیف باید اتصال متقابل داشته باشند.

نحوه محاسبه اضافه ولتاژهای U۱، Uf و U۲ در حالت های مختلف در جدول(۲-۲) نشان داده شده است.

شایان ذکر است در هر یک از آرایش های سامانه های زمین در پست فشار قوی (اتصال یا مجزا بودن سامانه‌های زمین فشار ضعیف و فشار قوی)، مقادیر اضافه ولتاژهای U۱، Uf و U۲ باید در محدوده مجاز قرار داشته باشند.

جدول۲-۲. محاسبه ولتاژهای U۱، UF و U۲ در شکل (۳-۵) برای حالت های مختلف توزیع شبکه های فشار ضعیف

نوع سیستم زمین	نوع اتصالات زمین	U_1	U_2	U_f
TT	R_B و R_E متصل	U_0	$R_E \times I_E + U_.$	۰
	R_B و R_E جدا	$R_E \times I_E + U_.$	U_0	۰
TN	R_B و R_E متصل	U_0	U_0	$R_E \times I_E$
	R_B و R_E جدا	$R_E \times I_E + U_.$	U_0	۰
IT	R_E و Z متصل R_A و R_E جدا	U_0	$R_E \times I_E + U_.$	۰
		$U_. \times \sqrt{3}$	$R_E \times I_E + U_. \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_h$
	R_E و Z متصل R_A و R_E متصل داخلی	U_0	U_0	$R_E \times I_E$
		$U_. \times \sqrt{3}$	$U_. \times \sqrt{3}$	$R_E \times I_E$
	R_E و Z جدا R_A و R_E جدا	$R_E \times I_E + U_.$	U_0	۰
		$R_E \times I_E + U_. \times \sqrt{3}$	$U_. \times \sqrt{3}$	$R_A \times I_d$

نکته ۱: کادر خاکستری رنگ تأثیر خطای اتصال زمین در سمت فشار ضعیف روی محاسبات اضافه ولتاژها، همزمان با رخداد خطا در سمت ولتاژ فشار قوی را نشان می دهد.

نکته ۲: در سامانه‌های TT و TN عبارت "متصل" و "مجزا" به اتصال الکتریکی بین RE و RB اشاره دارد. برای سامانه‌های IT عبارت "متصل" و "مجزا" به اتصال الکتریکی بین RE و Z، و به اتصال الکتریکی بین RE و RA اشاره دارد.

دامنه و دوره ولتاژ تماسی (Uf) مشخص شده در جدول (۲-۳) که در تأسیسات ولتاژ ضعیف بین هادی های در دسترس و زمین ظاهر می‌شود نباید از حدود مشخص شده ولتاژ تماسی (Uf) از منحنی (۲-۴) در فصل ۴ فراتر رود. دامنه و دوره ولتاژهای تنش فرکانس قدرت (U۱ و U۲) مشخص شده در جدول (۲-۲) در تأسیسات ولتاژ ضعیف بخاطر خطا در سامانه ولتاژ فشار قوی نباید از الزامات جدول (۲-۳) عبور کند.

جدول۳-۲. ولتاژ تنش فرکانس قدرت مجاز

دوره خطای زمین در تأسیسات فشار قوی (ثانیه)	ولتاژ تنش فرکانس توان مجاز تجهیزات در تأسیسات فشارضعیف
>۵s	U۰+۲۵۰ V
≤۵s	U۰+۱۲۰۰ V

نکته: در سامانه‌های بدون یک هادی نول U۰ باید ولتاژ خط به خط باشد.

▪ ۲-۴-۲ ولتاژ تنش فرکانس قدرت به علت از بین رفتن هادی نول در سامانه های TN و TT

اگر هادی نول در یک سامانه TN و TT قطع شود، عایق پایه، مضاعف و تقویت شده و هم‌چنین قطعاتی که با ولتاژ بین فاز و نول کار می کنند، می‌توانند به‌صورت موقت تحت تنش ولتاژ خط به خط قرار بگیرند. در این‌صورت، ولتاژ تنش می‌تواند تا $U=\sqrt{(۳)} \times U.$ برسد.

▪ ۲-۴-۳ ولتاژ تنش فرکانس قدرت به علت بروز یک خطای زمین در یک سامانه IT با نول توزیع

اگر یک اتصال کوتاه در تأسیسات فشار ضعیف با سامانه اتصال زمین IT رخ دهد، عایق یا قطعاتی که با ولتاژ بین فاز و نول کار می کنند، می توانند به صورت موقت تحت تنش ولتاژ خط به خط قرار بگیرند. در اینصورت، ولتاژ تنش می تواند تا $U=\sqrt{(۳)} \times U.$ برسد.

▪ ۲-۴-۴ ولتاژ تنش فرکانس قدرت به علت بروز اتصال کوتاه بین یک هادی خط و هادی نول

اگر یک اتصال کوتاه بین یک هادی خط و هادی نول در تأسیسات فشار ضعیف رخ دهد، ولتاژ بین هادی های دیگر خط و هادی نول می تواند به مقدار $۱,۴۵ \times U.$ برای مدت زمان تا ۵ ثانیه برسد

۲-۵ بررسی نقشه های توزیع برق

با توجه به موارد فوق، بازرس فنی می باید با استفاده از نقشه های موجود تأسیسات مورد بازرسی، اطلاعات زیر را استخراج نماید:

- تعیین نوع سامانه اتصال زمین تأسیسات فشار ضعیف (بخش ۲-۳-۲)
- تعیین تجهیزات نظارتی و حفاظتی در سامانه اتصال زمین تأسیسات فشار ضعیف (بخش۳-۳-۲)
- تعیین آرایش سامانه اتصال زمین در پست تغذیه و تعیین چگونگی اتصال زمین فشار قوی به زمین فشار ضعیف (۲-۴)

۳

فصل سوم

اندازه گیری‌های سامانه اتصال زمین

اندازه گیری‌های سامانه اتصال زمین

۳-۱ کلیات

اندازه‌گیری مقاومت الکترود یا شبکه‌ای از الکترودهای هادی مدفون در زمین که بخش مهمی از سامانه اتصال زمین را در تأسیسات الکتریکی تشکیل می‌دهد، از متداول‌ترین آزمون‌ها در صنعت برق می‌باشد. مقدار این مقاومت تخمینی از افزایش پتانسیل (GPR)[۱] الکترود زمین هنگام خطای اتصال کوتاه به زمین به‌دست می‌دهد که تعیین‌کننده ولتاژهای سطحی می‌باشد. هادی‌های زمین معمولاً به‌گونه‌ای ساخته می‌شوند که ولتاژهای تماس و گام را به مقادیر قابل تحمل برای افراد کند ضمن آنکه ولتاژ تنش تجهیزات الکتریکی از حد مجاز تجاوز ننماید. از طرف دیگر، مقدار امپدانس این هادی‌ها نقش مهمی در عملکرد صحیح سامانه‌های حفاظتی تأسیسات الکتریکی در مقابل صاعقه دارا می‌باشد.

۳-۲ الزامات ایمنی هنگام انجام آزمون‌های زمین

هنگام بازرسی سامانه اتصال زمین باید اقدامات احتیاطی و ایمنی انجام گیرد زیرا یک ولتاژ مهلک می‌تواند بین الکترود زمین تحت آزمون و زمین دور[۲] بوجود آید. قطع برق یک تأسیسات، لزوماً سامانه اتصال زمین آن را بی‌خطر نمی‌کند؛ پتانسیل زمین می‌تواند تا چندین هزار ولت ناشی از بروز خطا و عملیات کلیدزنی در تأسیسات مجاور، افزایش پیدا کند. ولتاژهای گام و تماس حول الکترود زمین تحت آزمون، تجهیزات آزمون و زمین دور نیز می‌تواند مهلک باشد. از اینرو، اقدامات احتیاطی که جهت ایمنی و کاهش خطرات حین بازرسی از سامانه اتصال زمین باید لحاظ گردد در پیوست الف ارائه شده و رعایت آن الزام‌آور است.

۱- Ground Potential Rise: ماکزیمم اختلاف پتانسیل سامانه زمین نسبت به زمین دور (پتانسیل صفر) به هنگام عبور جریان خطا از سامانه زمین

۲-, Remote Earth

اقدامات احتیاطی که جهت ایمنی و کاهش خطرات حین بازرسی از سامانه اتصال زمین باید لحاظ گردد شامل موارد زیر است:

۱. **صلاحیت:** تمامی کار بایستی تحت کنترل و هدایت شخص ذی‌صلاح انجام گیرد. تمامی پرسنل درگیر در روند آزمون بایستی اشخاص آموزش دیده باشند. از تماس مستقیم با سیم‌های ارتباطی دستگاه و میله‌ها در طول آزمون خودداری نمود (مگر موارد خاص که آموزش لازم در این ارتباط برای پرسنل ذیربط برگزار شده باشد) توجه ویژه شود که سیم‌های ارتباطی دستگاه از میان زمین‌های قابل دسترس عموم و یا احشام عبور داده نشود.

۲. **صاعقه:** اگر رخداد صاعقه (قابل رؤیت یا شنیدن) محتمل بوده و اعلان خطر صاعقه صادر شده باشد، کار نبایستی شروع و یا ادامه پیدا کند؛ چرا که احتمال تحت تأثیر قرار گرفتن شبکه‌ای که به سامانه اتصال زمین متصل است وجود دارد. اگر در شبکه‌های متصل به سامانه اتصال زمین، کلید زنی ناشی از اتصالی رخ دهد، کار نباید انجام شود.

۳. **تجهیزات حفاظتی شخصی:** ارتباط میله‌های دستگاه آزمونگر زمین (اجزای هادی بیگانه) با آرایش سامانه اتصال زمین می‌تواند باعث ولتاژ تماس بالایی شود. در نتیجه باید کفش عایقی مناسب در طول انجام آزمون پوشیده شود.

۴. **تجهیزات آزمون:** برای اطمینان از ایمنی کاربر و سازگاری عملکرد روی سامانه اتصال زمین، تمامی تجهیزات آزمون انتخاب شده بایستی در راستای ایمنی، مطابق با دسته IV استاندارد BS EN ۶۱۰۱۰ و در راستای عملکرد مطابق با استاندارد BS EN۶۱۵۵۷ باشد. اگر تجهیز دیگری استفاده گردد، نبایستی درجه‌ی ایمنی و عملکرد پایینی را فراهم نماید. رابط‌های آزمون عایق‌دار بایستی به‌طور مناسب ارزیابی شده و از طول و استحکام کافی برای کشیده شدن در طول مسیر برخوردار باشد. رابط‌های جریان و ولتاژ بایستی از رنگ‌های متفاوت باشد تا اینکه از سردرگمی موقع اتصال به دستگاه آزمون جلوگیری شود. پیوستگی رابط‌ها بایستی قبل از استفاده بررسی شود. بایستی یک کفپوش عایقی که به اندازهٔ کافی بزرگ باشد برای تجهیزات آزمون و اپراتور در دسترس بوده و موقع آزمون استفاده شود.

۵. **مسیر آزمون:** مسیر آزمون بایستی طوری انتخاب شود که تا حد امکان مستقیم بوده ضمن آن‌که هرگونه خطری را کاهش دهد. تا آنجایی که ممکن است مسیر نبایستی از جاده‌ها و یا پیاده‌روهای پر رفت و آمد عبور کند. مگر این‌که اقدام احتیاطی مناسب و علامتهای مقتضی در محل در نظر گرفته شود. جایی‌که رابط‌ها به‌صورت حلقه جمع شده باشد بایستی قبل از شروع آزمون به‌طور کامل باز شود تا اینکه اندوکتانس رابط و خطای اندازه‌گیری پتانسیل را کاهش دهد. رابط‌های آزمون نبایستی ترجیحاً موازی با خطوط برق هوایی برای یک طول قابل ملاحظه امتداد یابد. به‌منظور مقایسه‌های آتی میبایست مسیر آزمون و محل میله‌ها ثبت گردد.

۶. **ارتباط:** در زمان آزمون مقاومت زمین، شخص با صلاحیت که مسئولیت انجام کار با اوست می‌بایست در مسیرهای طولانی، ارتباط دائمی با نفراتی داشته باشد که در نقطه‌ای دور از محل آزمون، وظیفه جابه‌جایی

وایرها و میله‌های آزمون را دارند.

۷. آزمون وجود ولتاژها روی سامانه اتصال زمین: قبل از هرگونه آزمون زمین، لازم است از عدم وجود ولتاژهای سرگردان روی زمین تحت آزمون مطمئن شد. یک آشکار ساز ولتاژ تأیید شده بمنظور انجام این کار ترجیح داده می‌شود.

۳-۳ اندازه گیری مقاومت الکتریکی سامانه اتصال زمین

■ ۳-۳-۱ انواع روش‌های اندازه‌گیری مقدار مقاومت الکتریکی سامانه اتصال زمین منفرد (تک الکترود)

اندازه‌گیری مقدار مقاومت الکتریکی سامانه اتصال زمین منفرد با توجه به امکان یا عدم امکان جداسازی تجهیزات در نقطه آزمون مدار از سامانه اتصال زمین (مجزا/متصل) و همچنین بکارگیری یا عدم بکارگیری از الکترودهای زمین کمکی شامل حالت‌های زیر می‌باشد:

۱. امکان جداسازی تجهیزات در نقطه آزمون مدار از سامانه اتصال زمین (مجزا) و به‌کارگیری الکترودهای زمین کمکی: برای این منظور می‌توان از روش‌های سه نقطه، مولتی متر مبتنی بر کامپیوتر، و ۶۱/۸٪ افت پتانسیل استفاده کرد. جزئیات این روش‌ها و الزامات مربوطه در پیوست ۲-۱۷ ارائه شده است.

۲. امکان جداسازی تجهیزات در نقطه آزمون مدار از سامانه اتصال زمین (مجزا) و عدم بکارگیری الکترودهای زمین کمکی: برای این منظور می‌توان از روش اندازه‌گیری دو نقطه استفاده کرد.. جزئیات این روش و الزامات مربوطه در پیوست ۲-۱۷ ارائه شده است.

۳. عدم امکان جداسازی تجهیزات در نقطه آزمون مدار از سامانه اتصال زمین (متصل) و به‌کارگیری الکترودهای زمین کمکی: برای این منظور می‌توان از روش۶۱/۸٪ و با استفاده از کلمپ ترانس جریان (CT) استفاده شود. جزئیات این روش و الزامات مربوطه در پیوست ارائه شده است.

۴. عدم امکان جداسازی سامانه اتصال زمین منفرد از شبکه گسترده و عدم به‌کارگیری الکترودهای زمین کمکی: برای این منظور می‌توان از روش اندازه‌گیری زمین آزمونگر کلمپی استفاده کرد. جزئیات این روش و الزامات مربوطه در پیوست ارائه شده است.

■ ۳-۳-۲ اندازه‌گیری مقدار مقاومت الکتریکی سامانه اتصال زمین گسترده (شبکه زمین)

برای اندازه‌گیری مقدار مقاومت الکتریکی سامانه اتصال زمین گسترده (شبکه زمین) باید از روش شیب استفاده شود که جزئیات آن در پیوست (بخش ۲-۱۷) ارائه شده است.

■ ۳-۳-۳ بازهٔ زمانی اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی سامانه اتصال زمین

اندازه‌گیری مقدار مقاومت الکتریکی به عنوان بخشی از بازرسی دوره‌ای سامانه اتصال زمین باید در بدترین شرایط خاک (حداقل رطوبت خاک) انجام گیرد.

توجه مهم: مطابق با استاندارد IEC ۶۲۳۰۵-۳: ۲۰۱۰ و BS EN ۶۲۳۰۵-۳: ۲۰۱۱، ماکزیمم فاصله زمانی بین دوره‌های بازرسی از سامانه حفاظت در مقابل صاعقه ارائه شده است و طی آن ماکزیمم بازه زمانی اندازه گیریهای الکتریکی (شامل مقاومت سامانه اتصال زمین حفاظت در مقابل صاعقه، پیوستگی الکتریکی هادی میانی و ...) سالی یکبار ذکر شده است. بنابراین نکته، اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی سامانه اتصال زمین حفاظت در مقابل صاعقه باید سالی یکبار انجام شود.

■ ۳-۳-۴ معیار پذیرش مقدار مقاومت الکتریکی سامانه اتصال زمین

مقدار مقاومت سامانه اتصال زمین باید به صورت معکوس با مقدار جریان خطای وارد شده به زمین تغییر کند. بر اساس ولتاژ و جریان خطای سامانه، یک مقدار مقاومت پایین مناسب تحت تمامی شرایط محیطی ضروری است. مقدار مقاومت و همچنین افزایش ولتاژ احتمالی بین سامانه اتصال زمین اصلی و توده زمین باید به حدی پایین باشد که از نظر اقتصادی قابل انجام باشد. در جدول ۱-۳ مقدار مقاومت برای سامانه های زمین مختلف نشان داده شده است.

جدول ۱-۳. مقدار مجاز مقاومت الکتریکی انواع سامانه اتصال زمین[۲]

انواع سامانه اتصال زمین	حداکثر مقدار مقاومت بر حسب اهم
پست ولتاژ متوسط و ولتاژ فشار قوی (M.V &H.V Substation)	۱
نیروگاه ولتاژ متوسط (M.V Power generation)	۱
سامانه توزیع ولتاژ فشار ضعیف (L.V Distribution system)	۲
سامانه اتصال زمین نقطه نول فشار ضعیف (Plant Main earth grid)	۴
سامانه اتصال زمین اصلی (Main earth grid)	۱
سامانه حفاظت در مقابل صاعقه (Lightening protection system)	۵
تجهیزات ابزار دقیق، سامانه های اندازه‌گیری، کنترل و مخابرات (Clean earth for instrumentation, control computer, and comunication system)	۱

۴

فصل چهارم

پتانسیل های زمین و ولتاژهای گام و تماسی

پتانسیل های زمین و ولتاژهای گام و تماسی

۴-۱ اهداف

اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل‌های محلی جهت موارد زیر انجام می‌شود:

- رصد کردن ولتاژهای گام و تماسی در یک سایت موجود جهت مقایسه با مقادیر قابل تحمل بدن
- تأیید محاسبات طراحی ولتاژهای تماسی و گام در یک سایت جدید.

به‌منظور تخمین‌های مختلف، این ولتاژها می‌توانند از مقادیر اندازه‌گیری شده در سامانه مدل شده متفاوت باشند. در حالت کلی، شبکه زمین یک پست برق برای محدود کردن ولتاژهای گام و تماسی روی زمین در محدوده قابل تحمل طراحی می‌شود. بسته به فرضیات یک طراحی، ولتاژهای گام و تماسی واقعی در حالت بروز خطا ممکن است با مقادیر طراحی شده متفاوت باشد. برای اطمینان بیشتر از این‌که یک شبکه زمین اهداف طراحی خود را برآورده می‌کند، ولتاژهای گام و تماسی به‌صورت عملی با تزریق یک مقدار مشخص جریان به زمین از طریق یک الکترود زمین با فاصله دور و اندازه‌گیری شیب ولتاژ، اندازه‌گیری می‌شوند. سپس، مقدار واقعی ولتاژهای گام، تماسی و انتقال را می‌توان با افزایش جریان خطای پست به‌دست آورد.

۴-۲ انواع ولتاژهای گام و تماسی

لیست زیر انواع مختلف ولتاژهای گام و تماسی را تعریف می‌کند:

۱-ولتاژ گام- تعریف کلی

اختلاف پتانسیل سطحی که یک شخص می‌تواند با پل کردن یک فاصله یک متری با پا و بدون تماس با

اشیا زمین شده به هنگام عبور جریان خطا از سامانه اتصال زمین تجربه کند.

۲- ولتاژ تماسی- تعریف کلی

اختلاف پتانسیل بین شی فلزی زمین شده و پای شخص در تماس با آن هنگام عبور جریان خطا از سامانه زمین.

انواع مختلف ولتاژ تماسی به‌صورت زیر می‌باشد:

۱. ولتاژ تماسی سازه

ولتاژ تماسی سازه بین سازه زمین شده (شئ فلزی) و سطح خاک در فاصله ۱ متری از هم اندازه‌گیری می‌شود. بیشترین مقدار معمولاً در ساختارهای نزدیک لبه شبکه زمین رخ می‌دهد.

۲. ولتاژ تماسی مش

ولتاژ تماسی مش بین شبکه زمین و سطح خاک در فضای شبکه زمین اندازه‌گیری می‌شود. بیشترین مقدار معمولاً در نزدیکی مرکز مش و حاشیه شبکه رخ می‌دهد.

۳. ولتاژ تماسی دیوار

ولتاژ تماسی دیوار بین یک دیوار فلزی و سطح خاک در فاصله یک متری اندازه‌گیری می‌شود. برای یک دیوار زمین شده بیشترین مقدار معمولاً درسطح خارجی در دورترین گوشه از مرکز شبکه رخ می‌دهد.

۴. ولتاژ تماسی دروازه

ولتاژ تماسی دروازه بیشترین اختلاف پتانسیل بین یک دروازه فلزی و سطح خاک در فاصله ۱ متری برای همه حالات نوسان دروازه می‌باشد. بیش‌تر دروازه‌ها بین یک کمان با شعاع ۳ متر نوسان می‌کنند بنابراین نقاط تا فاصله ۴ متر از سطح در بسته باید در نظر گرفته شوند. در غیر این صورت ممکن است ماده کنترل‌کننده ولتاژ شیب، نتواند به اندازه کافی ولتاژ شیب را در حالتی که دروازه باز باشد، کاهش دهد.

۵. ولتاژ تماسی انتقالی سایت

ولتاژ تماسی سایت بیشترین اختلاف پتانسیل بین یک شئ متصل وخارج شده از شبکه زمین و خاک در فاصله یک متر از شئ می‌باشد. مثال شامل، ابزار برق متصل به زمین استفاده شده در شبکه، غلاف کابل برق هم‌بند شده با میله رایزر، شیر خاموش‌کننده خارجی برای لوله آب‌رسانی که به شبکه وصل می‌شود، ریل راه آهن متصل به شبکه.

۶. ولتاژ تماسی انتقال یافته از راه دور

ولتاژ تماسی انتقال یافته از راه دور بیشترین اختلاف پتانسیل بین یک هادی هم‌بند در فاصله دور و خاک در فاصله یک متر در مجاورت یک سایت می‌باشد. مثال‌های شامل یک شیر آب در منطقه مسکونی مجاور هم‌بند شده به نول توزیع زمین که در چندین نقطه زمین شده است یا غلاف کابل که در فاصله دور زمین شده است.

۴-۳ روش اندازه‌گیری ولتاژهای گام، تماسی و انتقال

مراحل مختلف اندازه‌گیری به‌صورت زیر می‌باشد:

- جریان بین یک نقطه دور و شبکه تحت آزمون برای شبیه‌سازی حالت خطا به گردش در می‌آید. معمولاً اختلاف‌های پتانسیل‌های محلی همراه با امپدانس زمین سایت آزمون می‌شود.
- پتانسیل‌ها را می‌توان به‌صورت مجزا با استفاده از یک جفت سیم پیچ متصل به دو پراب (ولتاژ گام) یا یکی متصل به یک پراب و دیگری مستحکم شده به ساختار فلزی مجاور (ولتاژ تماسی)، اندازه‌گیری کرد. هم‌چنین می‌توان با اندازه‌گیری دو مورد ولتاژ تماسی در مکان‌های با فاصله یک متر از هم و به‌دست آوردن اختلاف ولتاژهای تماسی ولتاژ گام را به‌دست آورد.
- مطمئن شوید پراب‌ها اتصالات خوبی با زمین دارند. به منظور تأیید کوچک بودن مقاومت آن‌ها در مقایسه با امپدانس داخلی دستگاه اصلی آزمون، می‌توان با استفاده از یک اهم متر ac مجزا (با تغذیه باتری) مقاومت بین پراب و زمین پست را اندازه‌گیری کرد.
- میله نسبتاً باریک (۶ میلی متر قطر) نسبت به میله‌های دائمی زمین (۱۸ میلی متر قطر) به راحتی فرو می‌روند و تقریباً همان مقدار مقاومت را فراهم می‌کنند. از میله‌های سخت، صاف و ضد زنگ استفاده کنید. نفوذ تا لایه خاک زیرین مرطوب کافی می‌باشد (معمولاً ۱۵۰ میلی متر). حفظ اتصالات ترمینال‌هایی که روی بعضی از میله‌ها فراهم شده‌اند می‌تواند دشوار باشد. یک گیره باتری متصل به هادی آزمون بهترین کارکرد را دارد.
- ارتباط بی‌سیم بین شخصی که پراب را نصب می‌کند و شخصی که اندازه‌گیری را انجام می‌دهد به تسریع آزمون کمک می‌کند.
- با استفاده از یک نوار مدرج (متر) و نصب چندین پراب، یا با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی، خطای پتانسیل را کاهش دهید.
- ولتاژ تماسی یا گام معمولاً به‌عنوان یک ولتاژ نسبت به یک پراب ولتاژ زمین قرار گرفته در راه دور یا نسبت به شبکه زمین اندازه‌گیری می‌شود و جریان آزمون ثبت می‌شود. سپس برای تعیین ولتاژ تماسی وگام، ولتاژ اندازه‌گیری شده به‌وسیله جریان خطا که ممکن است وارد سامانه اتصال زمین بشود، مقیاس بندی می‌شود.
- جهت ارزیابی ایمنی، ولتاژ تماسی و گام اندازه‌گیری شده با حدود قابل تحمل مقایسه می‌شود.
- سنگ‌های سطحی محیط معمولاً به‌دلیل تداخل توسط خاک‌رس، رشد علف‌ها و یا آلودگی به‌وسیله ذرات ریز، تخریب می‌شوند. یک آزمون مقاومت ویژه از مواد سطحی برای تعیین حد ولتاژ قابل تحمل کمک خواهد کرد.

توجه: روش‌های مختلف اندازه‌گیری ولتاژ تماسی در پیوست (بخش ۳-۱۷) ذکر گردیده است.

۴-۴ حدود ولتاژ گام و تماسی

ایمنی هر شخص به جلوگیری از جذب مقدار انرژی شوک، قبل از بین رفتن خطا و قطع سامانه بستگی دارد. بیشترین ولتاژ اعمالی به هر مدار تصادفی نباید از حدود تعریف شده زیر تجاوز کند:

حد مورد نظر برای ولتاژ گام به‌صورت زیر می‌باشد:

$$E_{step}=(R_B+R_f)I_B \qquad (۴-۱)$$

در رابطه فوق R_B مقاومت بدن، R_f مقاومت کف پا روی یک لایه نازک از مواد سطحی و I_B، Rms جریان عبوری از بدن برحسب آمپر است که به‌وسیله بیشتر مردم قابل تحمل است به گونه‌ای که یک شخص می‌تواند به‌صورت ایمن تحمل کند بدون اینکه فیبریلاسیون بطنی رخ دهد.

این جریان ایمن عبوری از بدن(I_B) طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$I_B=\frac{K}{\sqrt{t_s}} \qquad (۴-۲)$$

در رابطه فوق پارامتر K به‌صورت تجربی قابل محاسبه است. محققان با محاسبه این مقدار به‌صورت نوعی برای دو حالت شخص با وزن ۵۰ کیلوگرم و ۷۰ کیلوگرم میزان جریان قابل تحمل را به‌صورت زیر به‌دست آورده‌اند:

برای یک شخص ۵۰ کیلوگرمی:

$$I_B=\frac{0.116}{\sqrt{t_S}} \qquad (۴-۳)$$

برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی:

$$I_B=\frac{0.157}{\sqrt{t_S}} \qquad (۴-۴)$$

با بسط روابط فوق و با درنظر گرفتن مقادیر مربوط به مقاومت بدن و مقاومت کف پا روی یک لایه نازک از مواد سطحی برای یک شخص ۵۰ کیلوگرمی و ۷۰ کیلوگرمی ولتاژ گام به‌صورت زیر به‌دست می‌آید.

برای یک شخص ۵۰ کیلوگرمی:

$$E_{step50}=\left(۱۰۰۰+۶C_s\times\rho_s\right)\times\frac{۰.۱۱۶}{\sqrt{t_s}} \qquad (۴-۵)$$

برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی:

$$E_{step70}=\left(۱۰۰۰+۶C_s\times\rho_s\right)\times\frac{۰.۱۵۷}{\sqrt{t_s}} \qquad (۴-۶)$$

مشابه حد ولتاژ تماسی به‌صورت زیر می‌باشد.

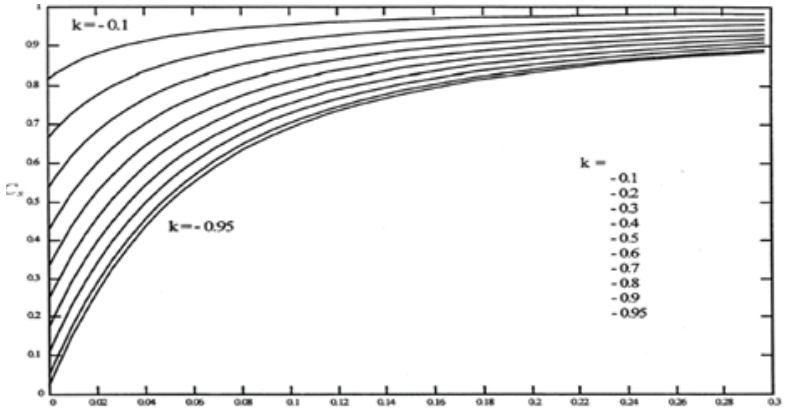
$$E_{touch}=\left(R_B+\frac{R_f}{۲}\right)I_B \qquad (۴-۷)$$

برای یک شخص ۵۰ کیلوگرمی:

$$E_{touch50}=\left(۱۰۰۰+۱,۵C_s\times\rho_s\right)\times\frac{۰,۱۱۶}{\sqrt{t_s}} \qquad (۴-۸)$$

برای یک شخص ۷۰ کیلوگرمی:

$$E_{touch}=\left(۱۰۰۰+۱,۵C_s\times\rho_s\right)\times\frac{۰,۱۵۷}{\sqrt{t_s}} \qquad (۴-۹)$$



شکل ۱-۴. CS بر اساس ضخامت ماده سطحی[۵]

در روابط فوق CS ضریب کاهنده لایه سطحی، ρ_S مقاومت ویژه ماده سطحی، t_s دوره جریان شوک برحسب ثانیه. CS را می‌توان از شکل(۱-۴) به‌دست آورد. در این شکل K ضریب انعکاس بین مقاومت ویژه مواد مختلف می‌باشد و از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$K=\frac{\rho-\rho_S}{\rho+\rho_S} \qquad (۴-۱۰)$$

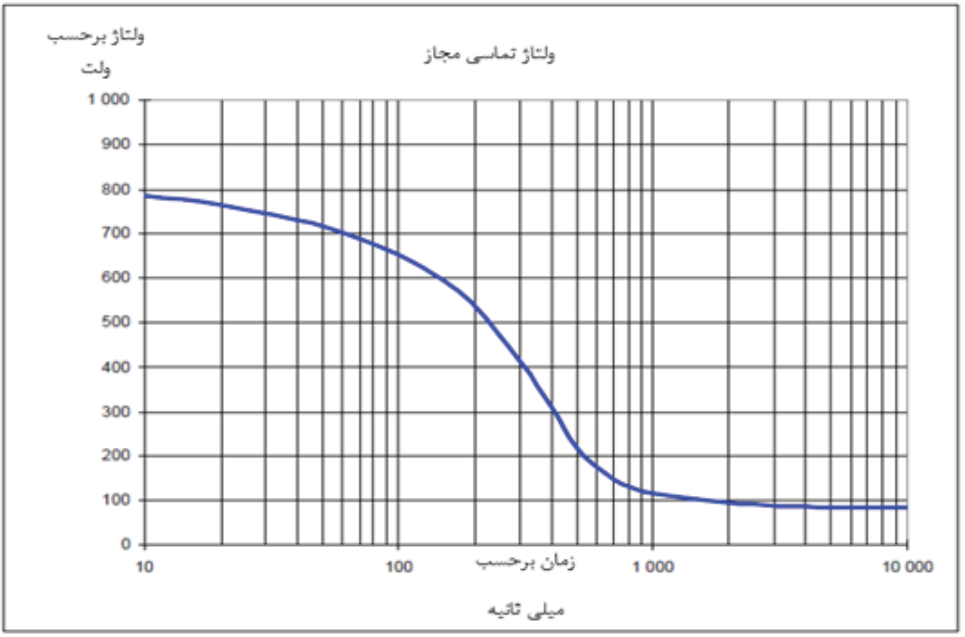
در این رابطه ρ_S مقاومت ویژه ماده سطحی و ρ مقاومت ویژه زمین زیر ماده سطحی است.

و در نهایت Rf از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$R_f = \left[\frac{\rho_s}{\xi b}\right] C_s \qquad (۴-۱۱)$$

که در آن b شعاع دیسک دایره‌ای معادل پا بر حسب متر می‌باشد.

نکته: بر اساس استاندارد BS EN ۵۰۵۲۲ مقدار مجاز ولتاژ تماسی بر حسب مدت زمان شارش جریان، برای حالت‌های تماس دست به دست برهنه یا دست به پا، به صورت شکل ۲-۴ تعیین شده است. با توجه به شکل، برای شارش جریان بیش‌تر از ۱۰ ثانیه یک مقدار ولتاژ ۸۰ ولت به‌عنوان ولتاژ تماس مجاز در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۲-۴. ولتاژ تماسی مجاز[۶]

۵

فصل پنجم

نحوه بررسی پیوستگی سامانه اتصال زمین

نحوه بررسی پیوستگی سامانه اتصال زمین

۵-۱ مقدمه

برای تأیید قابلیت یک سامانه اتصال زمین تازه تأسیس و نیز تأیید دوباره شرایط عملکردی آن، باید در فواصل زمانی معین پیوستگی کلیه اتصالات مورد بررسی قرار گیرد. هدف تأیید این موضوع است که سامانه اتصال زمین مربوطه به‌طور مناسب نصب شده و در تمام طول عمر خود می‌تواند به‌طور صحیح عمل کند. عملکرد صحیح باید با در نظر گرفتن خطرات ناشی از شوک الکتریکی و نیز شرایط غیرعادی که به‌خاطر جریان‌های خطا ایجاد می‌شود، انجام گیرد. لذا، کلیه هادی‌های زمین بایستی برای تأیید این‌که یک مسیر با مقاومت پایین برای عبور جریان را به زمین فراهم می‌کنند، بررسی شوند. از طرف دیگر، سلامت آن دسته از هادی‌هایی که در زیر زمین مدفون هستند نیز باید در فاصله‌های زمانی معین مورد تأیید قرار گیرند. در این راستا، استاندارد NFPA ۷۰E-۲۰۱۲ ملزم می‌کند که مسیر زمین از مدارات، تجهیزات و محفظه‌ها باید دائمی، پیوسته و مؤثر باشد.

شایان ذکر است آزمون یکپارچگی زمین که پیوستگی الکتریکی بین نقاط مختلف شبکه زمین را می‌سنجد، در برج‌های مایکروویو و نیز ایستگاه‌های هواشناسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این موضوع به‌خاطر برخورد صاعقه و شوک‌های ایجاد شده در حالت خطا و ایجاد خسارات به مدارات الکترونیکی حساس اتاق کنترل که که دارای اتصال ضعیفی با بقیه قسمت‌های سامانه اتصال زمین هستند، می‌باشد.

در بیشتر مواقع، به‌ویژه در پست‌های برق قدیمی، آزمون یکپارچگی زمین قبل از هر آزمون دیگری انجام می‌شود. در واحدهای با شبکه زمین بزرگ (مثل سامانه اتصال زمین یک نیروگاه برق)، پیوستگی سامانه اتصال زمین به عنوان ارزیابی کنترل کیفیت پس از ساخت واحد مربوطه بررسی می‌شود.

۵-۲ نحوه و روش‌های بررسی پیوستگی سامانه اتصال زمین

روش‌های مختلف نحوه اندازه‌گیری پیوستگی سامانه اتصال زمین در پیوست (بخش ۴-۱۷) به تفصیل بیان شده اند.

۶

فصل ششم

نحوه بررسی هم‌بندی‌های اصلی و اضافی در سامانه اتصال زمین

نحوه بررسی هم‌بندی های اصلی و اضافی در سامانه اتصال زمین

۶-۱ مقدمه

در تأسیسات الکتریکی، بدنه کلیه تجهیزات و تمام قسمت‌های هادی که حامل جریان نیستند و نیز سایر تجهیزات که احتمال برق‌دار شدن آن‌ها وجود دارد باید به یکدیگر هم‌بندی شده و به هادی زمین متصل شوند تا از خطر برق گرفتگی احتمالی جلوگیری شود. بنابراین وسیله هم‌بندی بایستی:

- کاملاً درون تجهیز نصب شود.
- به عنوان یک بخش جدا یا یک جز فرعی برای تأسیسات میدانی فراهم شود.

دستگاه‌ها و تمام هادی‌های در دسترس که احتمال برقدار شدن آن‌ها وجود دارد باید به‌گونه‌ای متصل شوند که یک مسیر عبور جریان خطای مؤثر را فراهم آورند.

هم‌بندی‌ها به دو شکل:

۱. هم‌بندی اصلی
۲. هم‌بندی اضافی

تعریف می‌شوند.

۶-۲ هم‌بندی اصلی برای هم ولتاژ کردن

هم‌بندی اصلی باید کلیه قسمت‌های زیر را از نظر الکتریکی به یکدیگر متصل کند:

۱. هادی حفاظتی اصلی (PE یا PEN)
۲. هادی خنثی (N)

۳. لوله‌های اصلی فلزی آب
۴. لوله‌های اصلی گاز
۵. لوله‌های فلزی اصلی و یا بالا رو (رایزرها) تأسیسات از هر نوع از قبیل سامانه‌های برودتی و حرارتی، فاضلاب و غیره.
۶. ریل‌های کابین و ریل‌های وزنه تعادل آسانسورهای کششی و جک آسانسورهای هیدرولیکی
۷. قسمت‌های اصلی فلزی ساختمان‌ها (اسکلت فلزی و آرماتورهای بتن مسلح فوندانسیون)
۸. الکترودهای اصلی و فرعی اتصال زمین

به‌جز در مواقعی که شرایط PME[1] (وجود هادی PEN) اعمال گردد، هادی هم‌بندی حفاظتی اصلی باید سطح مقطعی کم‌تر از نصف سطح مقطع الزامی هادی زمین تأسیسات و کم‌تر از ۶ میلی‌متر مربع نداشته باشد. اگر هادی هم‌بندی از جنس مس یا یک سطح مقطع هدایتی معادل آن را در فلزات دیگر فراهم می‌کند، نباید این سطح مقطع بیشتر از ۲۵ میلی متر مربع باشد.

بجز در منابع تغذیه بزرگ راه‌ها و تجهیزات قرار گرفته در خیابان‌ها برای استفاده عموم، در مواقعی که شروط PME اعمال شده باشند همبندی اصلی حفاظتی باید بر اساس بزرگ‌ترین هادی نول منبع تغذیه (مطابق جدول(۱-۶)) انتخاب شود.

جدول۱-۶. سطح مقطع هادی هم بندی اصلی [۷]

سطح مقطع هادی همبندی اصلی (mm۲)	سطح مقطع معادل مس هادی نول منبع تغذیه (mm۲)
۱۰	۳۵ یا کم تر
۱۶	بالاتر از ۳۵ تا ۵۰
۲۵	بالاتر از ۵۰ تا ۹۵
۳۵	بالاتر از ۹۵ تا ۱۵۰
۵۰	بالاتر از ۱۵۰

اتصال هادی هم پتانسیل اصلی به لوله‌های گاز، آب و دیگر سرویس ها باید تا حد امکان نزدیک ورودی آن سرویس به آن مکان باشد. در صورتی که یک بخش عایقی یا یک کنتور در آن مکان وجود داشته باشد، اتصال باید به بخش لوله فلزی سخت و قبل از هر گونه انشعابی صورت گیرد. در صورت امکان اتصال باید در محدوده ۶۰۰ میلی‌متر از خروجی کنتور، یا اگر کنتور بیرون باشد، در ورودی ساختمان برقرار شود.

۶-۳ هادی‌های هم‌بندی اضافی

در صورتی که کم‌ترین شکی نسبت به کارایی وسایل قطع خودکار مدار (فیوزها و انواع کلیدهای خودکار) وجود داشته باشد (از قبیل آشپزخانه، آبدار خانه، موتور خانه تأسیسات، کولرهای آبی، آسانسور و غیره) باید

۱-Protective Multiple Earthing

از هم‌بندی اضافی برای هم ولتاژ کردن استفاده شود. هم‌بندی اضافی ممکن است کلیه تأسیسات، قسمتی از آن و یا یک دستگاه، وسیله یا محل را دربرگیرد.

هم‌بندی اضافی در محیط های مخصوص (حمام، فضاهای دارای سونا و جکوزی، محیط های نمناک، مرطوب و نظایر آن) اجباری می‌باشد. هم‌بندی اضافی برای هم ولتاژ کردن باید کلیه قسمت‌های هادی یا فلزی را که به طورهم‌زمان درآن محل در دسترس‌اند، در برگیرد:

۱. کلیه بدنه‌های هادی دستگاه و لوازم نصب ثابت

۲. قسمت‌های هادی بیگانه از هر نوع

۳. قسمت‌های فلزی در دسترس در ساختمان‌ها مانند اسکلت فلزی و غیره.

نکته۱: در مکان هایی که اجرای هم‌بندی اضافی الزامی است باید ترمینال یا ترمینال‌های هم‌بندی اضافی به صورت یک شینه مسی (یا یک بلوک ترمینال) ترجیحاً داخل جعبه درب‌دار قابل بازدید و کنترل نصب نمود.

نکته ۲: در صورت نیاز به ایجاد هم بندی اضافی در هر قسمت، ترمینال یا شینه هم بندی اضافی به ترمینال یا شینه حفاظتی (PE) تابلو برق تغذیه‌کننده مدارهای آن قسمت متصل می گردد.

نکته ۳: جعبه ترمینال هم‌بندی اضافی در مکان‌های مرطوب مانند حمام، به منظور جلوگیری از زنگ زدگی و پوسیدگی اتصالات، باید در خارج از آن مکان و روی دیوار یکی از فضاهای مجاور نصب شود

سطح مقطع هادی هم بندی اضافی نباید از مقادیر زیر کوچک‌تر باشد:

۱) ۲/۵ میلی‌مترمربع برای هادی مسی یا ۱۶میلی‌مترمربع برای هادی آلومینیومی، اگر هادی هم بندی اضافی از حفاظت مکانیکی برخوردار باشد.

۲) ۴ میلی‌مترمربع برای هادی مسی یا ۱۶میلی‌مترمربع برای هادی آلومینیومی، اگر هادی هم‌بندی اضافی از حفاظت مکانیکی برخوردار نباشد.

نکته۴: هادی هم‌بندی برای هم ولتاژ کردن(اصلی و اضافی) می‌تواند به صورت بدون عایق (لخت) اجرا گردد.

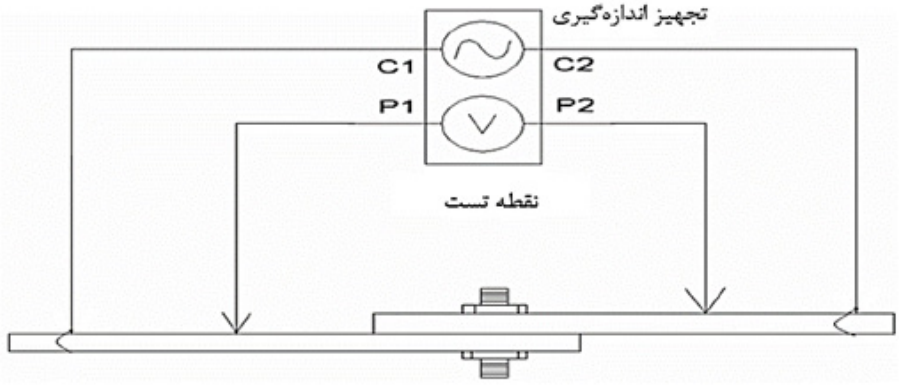
۶-۴ آزمون مقاومت اتصالات با استفاده از میکرو اهم متر

اندازه‌گیری مقاومت برای تمامی اتصالات در دسترس باید با استفاده از میکرو اهم‌متر مطابق شکل (۱-۵) انجام گیرد و مقادیر بایستی با جدول(۲-۵) مقایسه شود. هر اتصال که مقدار مقاومت بیش از اندازه تعیین شده داشته باشد، باید باز شده، تمیز شده و تعمیر یا تعویض گردد.

در موقع اندازه‌گیری، باید علاوه بر توجه به توصیه‌ی سازنده‌ی دستگاه میکرواهم‌متر، محل قرارگیری کابل‌های اندازه‌گیری نیز در نزدیک‌ترین موقعیت ممکن نسبت به اتصالات بوده و عاری از هرگونه آلودگی باشد. (در صورت نیاز، برای تمیز کردن از برس سیمی یا سمباده استفاده شود).

جدول۲-۶. مقادیر آزمون مقاوت اتصالات

تجهیزات	مقدار مقاومت نوعی مورد انتظار (Ωμ)	بیشینه مقدار مقاومت قابل پذیرش (Ωμ)
اتصالات قابل جدا شدن(اتصالات پیچ و مهره ای)	۵ تا ۵۰	۱۰۰
بین هر دو قلم از تأسیسات یا تجهیزات که در فاصله ۲ متری از یکدیگر قرار دارند	۲۰۰ -۲۵۰۰	۲۵۰۰
بیشینه مقاومت بین هر دو قلم تجهیز در کل پست	-	۱۰۰۰۰
مقاومت نمونه بطول ۱ متر در نوار مسی با ابعاد mm۳×mm۲۵ یا هادی مسی $۷۰mm^۲$	۲۰۰	-



شکل۱-۶. اندازه گیری مقاومت دو سر اتصالات با میکرو اهم متر چهار ترمیناله[۷]

نکته ۵: کنترل صحت همبندی تمامی بدنه فلزی در دسترس(ازقبیل تانک ترانسفورماتور) به سامانه اتصال زمین پست یا شبکه باید کنترل و با مقادیر جدول(۲-۶) مقایسه شود. اطلاعات جامع‌تر در مورد نحوه آزمون‌های پیوستگی در فصل ۵ به تفصیل بیان شده است.

۷

فصل هفتم

نحوه بررسی اتصالات مطمئن تجهیزات و ماشین آلات الکتریکی به سامانه اتصال زمین

نحوه بررسی اتصالات مطمئن تجهیزات و ماشین آلات الکتریکی به سامانه اتصال زمین

۷-۱ مقدمه

اتصالات تجهیزات و ماشین آلات الکتریکی به سامانه اتصال زمین بستگی به نوع سامانه اتصال زمین تغذیه (TN,TT,IT) این تجهیزات دارد. این موضوع به علت متفاوت بودن نحوه حفاظت تجهیز مورد نظر هنگام وقوع خطا می باشد. به‌طور کلی، دو روش متفاوت برای حفاظت تجهیزات در این موارد مورد استفاده قرار می گیرد:

۱. استفاده از دستگاه قطع خودکار منبع تغذیه

۲. استفاده از دستگاه حفاظت جریان پسماند

لذا بخش‌بندی این فصل با توجه به نوع سامانه اتصال زمین تغذیه تجهیز مورد نظر و روش حفاظت آن هنگام خطا تنظیم شده است.

۷-۲ سامانه TN

در این سامانه، حفاظت تجهیز به‌وسیله دستگاه حفاظت در برابر اضافه جریان انجام می‌پذیرد که به صورت خودکار منبع تغذیه را هنگام بروز خطا (اتصال بین یک هادی برق دار و یک قسمت هادی در دسترس، یک هادی حفاظتی در مدار یا تجهیزات)، در زمان کوتاهی از مدار یا تجهیزات قطع می کند. زمان قطعی که بیشتر از ۵ ثانیه نباشد برای ماشین آلات الکتریکی که دستی یا قابل حمل نیست اند، به اندازه کافی کوتاه در نظر گرفته می شود. در مواردی که نتوان از مدت زمان قطع اطمینان حاصل کرد، باید هم‌بندی حفاظتی اضافی (مطابق با بند ۲-۲-۷) فراهم گردد تا از ولتاژ تماس احتمالی بیشتر از ۵۰ ولت AC یا ۱۲۰ ولت DC بین قسمت‌های هادی که به صورت هم زمان در دسترس هستند، جلوگیری شود (رابطه(۱-۷)).

جدول(۱-۷) بیشترین زمان قطع که به صورت کافی کوتاه در نظر گرفته می‌شود را نشان می‌دهد.

$$R_A \times I_d < 50\ VAC\ \ OR\ 120\ VDC \qquad (۷-۱)$$

که در آن R_A مجموع مقاومت بر حسب اهم الکترود زمین و هادی حفاظتی برای قسمت های در دسترس I_d جریان خطا بر حسب آمپر از اولین خطای امپدانس ناچیز بین یک هادی خط و یک قسمت هادی در دسترس می باشد.

نکته: استفاده از هم بندی حفاظتی اضافی، از نیاز به قطع منبع تغذیه برای دلایل دیگر (نظیر حفاظت در برابر آتش، فشارهای حرارتی در تجهیزات و غیره)، جلوگیری نمی کند.

جدول۱-۷. بیش ترین زمان های قطع سامانه های TN [۹]

بیش‌ترین زمان قطع در سامانه TN بر اساس بازه‌های مختلف ولتاژ نامی خط به زمین			
V ۴۰۰<U۰	V ۴۰۰>V >U۰ ۲۳۰	V ۲۳۰>V>U۰ ۱۲۰	V ۱۲۰ >V >U۰ ۵۰
AC	AC	AC	AC
۰/۱ثانیه	۰/۲ثانیه	۰/۴ثانیه	۰/۸ثانیه
ولتاژ نامی خط به زمین U۰			

■ ۷-۲-۱ الزامات حفاظتی با دستگاه حفاظت در برابر اضافه جریان

مشخصات دستگاه‌های حفاظت در برابر اضافه جریان و امپدانس‌های مدار باید به گونه‌ای باشد که اگر یک خطا امپدانس ناچیز[۱] در قسمتی از تجهیزات الکتریکی بین یک هادی خط و یک هادی حفاظتی یا قسمت هادی در دسترس رخ دهد، قطع خودکار منبع در زمان مشخص(به‌عبارت دیگر کم‌تر از ۵ ثانیه یا مطابق با جدول(۱-۷))رخ دهد. شرایط کلی زیر این الزامات را برآورده می‌کنند:

$$Z_s \times I_a \leq U_. \qquad (۷-۲)$$

که در آن

Z_s امپدانس حلقه خطا شامل منبع، هادی برق دار تا نقطه خطا و هادی حفاظتی بین نقطه خطا و منبع تغذیه

I_a جریانی که سبب عمل خودکار دستگاه حفاظتی قطع کننده در زمان مشخص می شود.

$U_.$ ولتاژ AC نامی خط به زمین می باشد.

افزایش مقاومت هادی‌ها با افزایش دما بخاطر جریان خطا باید در معادله زیر به‌حساب آورده شود:

۱-Fault of negligible impedance

$$Z_s(n) \leq \frac{۲}{۳} \times \frac{U_0}{I_a} \qquad (۷-۳)$$

که در آن $Z_S(n)$ مقدار Z_S محاسبه شده یا اندازه گیری شده تحت شرایط عملکرد نرمال می‌باشد.

■ ۷-۲-۲. الزامات حفاظت با کاهش ولتاژ تماس زیر ۵۰ ولت

در مواردی که نتوان از الزامات ارائه شده در بخش ۷-۲-۱ اطمینان حاصل کرد، هم‌بندی حفاظتی اضافی

را می‌توان به عنوان ابزاری که اطمینان می‌دهد ولتاژ تماسی از ۵۰ ولت بالا تر نمی‌رود، انتخاب نمود. این حالت زمانی حاصل می گردد که امپدانس مدار همبندی حفاظتی (Z_{PE}) بیشتر از مقدار زیر نشود:

$$Z_{PE} \leq \frac{۵۰}{U_0} \times Z_S \qquad (۷-۴)$$

که در آن Z_{PE} امپدانس مدار هم‌بندی اضافی حفاظتی بین تجهیزات در هر جای تأسیسات و ترمینال PE ماشین یا بین قسمت های هادی در دسترس و قسمت های هادی بیگانه می باشد.

تأیید این شرط را می توان با استفاده از آزمون بخش ۸-۲-۳ با اندازه گیری مقاومت RPE بدست آورد.

شرط حفاظتی موقعی برآورده می شود که R_{PE} بیشتر از مقدار زیر نباشد:

$$R_{PE} \leq \frac{۵۰}{I_{a(5s)}} \qquad (۷-۵)$$

که در آن

$I_{a(۵s)}$ جریان کار دستگاه حفاظتی به مدت ۵ ثانیه

R_{PE} مقاومت مدار هم بندی اضافی بین ترمینال PE و تجهیزات در هر جای ماشین می باشد.

نکته۱: هم بندی حفاظتی اضافی به عنوان یک عامل اضافی حفاظت در برابر خطا در نظر گرفته می شود.

نکته۲: هم بندی حفاظتی اضافی ممکن است کل یک ساختمان، یک بخشی از ساختمان، یک دستگاه یا مکان را شامل شود.

شکل۱-۷. مثالی از هم بندی هم پتانسیل برای تجهیزات الکتریکی یک ماشین که شرح اتصالات الکتریکی آن در جدول ۲-۷ آورده شده است [۹]

شماره تجهیز	شرح تجهیز
مدار هم بندی حفاظتی	
۱	اتصال هادی‌های حفاظتی و ترمینال PE
۲	اتصال قسمت‌های هادی در دسترس
۳	هادی حفاظتی متصل به یک صفحه قرارگیری تجهیزات الکتریکی که به عنوان یک هادی حفاظتی استفاده شده است.
۴	اتصال قسمت‌های هادی ساختمان تجهیزات الکتریکی
۵	قسمت های هادی ساختمان ماشین
قسمت‌های متصل به مدار هم بندی حفاظتی که به‌عنوان هادی حفاظتی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.	
۶	مجرا های فلزی ساختارهای منعطف یا سخت
۷	زره یا غلاف کابل فلزی
۸	لوله‌های فلزی شامل مواد قابل اشتعال
۹	قسمت‌های هادی بیگانه، اگر به صورت مجزا از منبع تغذیه زمین شده باشند و احتمال تولید پتانسیل وجود داشته باشد، عموماً پتانسیل زمین، برای مثال: لوله های فلزی، دیوارها، نردبان‌ها، ونرده ها
۱۰	لوله‌های فلزی منعطف
۱۱	هم بندی حفاظتی سیم‌های پشتیبان، سینی کابل ها و نردبان‌های کابل
اتصالات به مدارهم بندی حفاظتی برای دلایل عملیاتی	
۱۲	هم بندی عملیاتی
T۱	ترانسفورماتور کمکی
U۱	صفحه قرارگیری تجهیزات الکتریکی

■ ۳-۲-۷ بازرسی پیوستگی مدار هم‌بندی حفاظتی

مقاومت بین ترمینال PE (شکل ۱-۷) و نقاط مربوطه که قسمتی از مدار هم بندی حفاظتی اصلی هستند، باید با اعمال جریان بین حداقل ۰/۲ آمپر و تقریباً ۱۰ آمپر با استفاده از یک منبع تغذیه (که از نظر الکتریکی جدا می‌باشد و دارای ولتاژ در حالت بی‌باری حدکثر۲۴ ولت AC یا DC می‌باشد)، اندازه‌گیری شود. مقاومت اندازه‌گیری شده باید در بازه مورد انتظار مطابق با طول و سطح مقطع و جنس ماده مربوطه در هادی‌های حفاظتی و هادی‌های هم‌بندی باشد.

نکته: جریان‌های بزرگ‌تر استفاده شده برای آزمون، پیوستگی دقت نتایج آزمون را افزایش می‌دهد به‌ویژه در حالتی که مقادیر مقاومت پایین (سطح مقطع‌های بزرگ و طول‌های کوچک) باشد.

■ ۷-۲-۴ بازرسی امپدانس حلقه خطا و مناسب بودن دستگاه حفاظت اضافه جریان مربوطه

اتصالات هر منبع تغذیه برق شامل اتصال هادی حفاظتی به ترمینال PE ماشین باید با بازرسی تأیید شود. شرایط حفاظت بر اساس قطع خودکار منبع تغذیه باید در هر دو حالت زیر بررسی شود:

۱) بازرسی امپدانس حلقه خطا بر اساس:

- محاسبه
- اندازه‌گیری

۲) تأیید این‌که موقعیت و مشخصات دستگاه حفاظت در برابر اضافه جریان، مطابق با ملزومات بخش ۸-۲ است و جایی که یک PDS[1] استفاده شده باشد، موقعیت و مشخصات دستگاه‌های حفاظتی مرتبط با PDS مطابق با دستورالعمل‌های مبدل و دستگاه حفاظتی تولیدکننده باشند.

اثربخشی اندازه‌گیری‌ها برای حفاظت در برابر خطا به‌وسیله قطع خودکار منبع تغذیه مطابق با بند ۸-۲-۱ به صورت زیر بررسی می‌شود:

۱. بازرسی مشخصات دستگاه‌های حفاظتی مربوطه با بازرسی چشمی جریان نامی قطع‌کننده‌های مدار و جریان نامی فیوزها.

۲. اندازه‌گیری امپدانس حلقه خطا (Z_S) مطابق با شکل (۲-۷)

نکته: در مواردی که محاسبات امپدانس حلقه خطا موجود بوده و آرایش تأسیسات امکان بازرسی طول و سطح مقطع هادی‌ها را فراهم می‌کند، بازرسی پیوستگی هادی‌های حفاظتی ممکن است جایگزین اندازه‌گیری شود.

اندازه‌گیری امپدانس حلقه خطا

شکل ۲-۷ یک آرایش نوعی برای اندازه‌گیری امپدانس حلقه در یک ماشین (موتور الکتریکی) در سامانه TN را نشان می‌دهد. قبل از اندازه‌گیری می‌باید اطلاعات موجود در اسناد تجهیزات درباره دقت نتایج اندازه‌گیری و رویه‌ای که باید دنبال شود، در نظر گرفته شوند. اندازه‌گیری باید زمانی انجام شود که ماشین به یک منبع تغذیه با فرکانسی برابر فرکانس نامی منبع تغذیه در تأسیسات مورد نظر متصل شود. اگر اتصال موتور هنگام آزمون عملی نیست، دو هادی خط استفاده نشده (برای مثال با برداشتن فیوزها) در آزمون باز شوند. ضمناً، مقدار اندازه‌گیری شده امپدانس حلقه خطا باید مطابق با بخش ۷-۲-۱ باشد.

۱-Power Drive System

■ ۷-۲-۵ اعمال روش‌های آزمون برای سامانه‌های TN

وقتی که آزمون بخش ۷-۲-۴ با روش اندازه‌گیری انجام می‌شود، همیشه باید آزمون بخش ۷-۲-۳ قبل آن انجام شود. شایان ذکر است یک انفصال در مدار هم‌بندی حفاظتی می‌تواند یک وضعیت خطرناک را برای آزمون‌کننده یا اشخاص دیگر ایجاد کند، و یا می‌تواند به تجهیزات الکتریکی در حالت آزمون امپدانس حلقه آسیب بزند.

شرح آزمون‌هایی که برای ماشین آلات الکتریکی در وضعیت‌های متفاوت لازم هستند، در جدول (۷-۳) آورده شده است.

جدول۷-۳. اعمال روش‌های آزمون برای سامانه‌های TN [۹]

روش	وضعیت ماشین	بازرسی در سایت
الف	تجهیزات الکتریکی ماشین آلات، ساخته شده و نصب شده درمحل، جایی که پیوستگی مدارهای هم بندی حفاظتی پس از نصب و اتصال در محل، تأیید نشده است	آزمون ۷-۲-۳ و آزمون بخش۷-۲-۴ استثنا: آزمون بخش ۷-۲-۴ الزامی نیست، در جایی که: ۱. آزمون بخش ۷-۲-۳ روی هادی‌های هم بندی حفاظتی ماشین متصل در محل انجام شده است. ۲. اتصالات هر منبع تغذیه ورودی و هادی حفاظتی مربوطه (PE) به ترمینال PE ماشین به وسیله بازرسی تأیید شده باشد و محاسبات قبلی امپدانس حلقه خطا (یا مقاومت) بوسیله تولیدکننده تجهیزات الکتریکی موجود باشند. ۳. آرایش تأسیسات، بازرسی طول و سطح مقطع هادی‌های مورد استفاده در محاسبات را اجازه دهد. ۴. از طریق محاسبه یا اندازه‌گیری یا با اطلاعات تهیه شده بوسیله مشتری، تأیید شود که امپدانس منبع تغذیه در محل، از مقدار مشخص شده بوسیله تولیدکننده تجهیزات الکتریکی بیش‌تر نشود.
ب	ماشین با تأییدیه صحت پیوستگی مدارهای هم بندی حفاظتی بوسیله آزمون بخش۷-۲-۳ یا با نتایج آزمون بخش ۷-۲-۴ با اندازه‌گیری، که دارای مدارهای هم بندی حفاظتی با طول کابل بیش‌تر از طول کابل نمونه‌های داده شده در جدول ۷-۴ می‌باشد. بند ب۱) برای عرضه به طور کامل مونتاژ شده و برای ترابری جدا نشده باشد. بند ب۲) جایی که از پیوستگی هادی‌های حفاظتی بعد از جداسازی، انتقال و مونتاژ دوباره اطمینان حاصل شده است(برای مثال با استفاده از اتصالات دو شاخه/ پریز)، برای ترابری جداسازی شده است.	آزمون بخش ۷-۲-۴ استثنا: در جایی که از طریق محاسبه یا اندازه‌گیری یا بوسیله اطلاعات تهیه شده بوسیله مشتری، تأیید شود که امپدانس منبع تغذیه در محل، از مقادیر مشخص شده بوسیله تولیدکننده تجهیزات الکتریکی، یا تغذیه آزمون در طول یک آزمون بخش ۷-۲-۴ بوسیله اندازه‌گیری بیش‌تر نشود، به غیر از بازرسی اتصالات آزمونی الزامی نیست: ۱. در بند ب۱ از هر منبع تغذیه ورودی و هادی حفاظتی مربوطه به ترمینال PE ماشین ۲. در بند ب۲ از هر منبع تغذیه ورودی و هادی حفاظتی مربوطه به ترمینال PE ماشین و همه اتصالات هادی‌های حفاظتی که برای حمل و ارسال جدا شده‌اند.

پ	ماشین الکتریکی دارای مدارهای هم بندی حفاظتی که طول کابل بیش‌تر از نمونه‌های داده شده در جدول ۴-۷ نمی‌باشند، که با تأییدیه صحت پیوستگی مدارهای هم بندی حفاظتی بوسیله آزمون ۱ عرضه شده‌اند. بند پ۱) برای عرضه به طور کامل مونتاژ شده و برای ترابری جدا نشده باشد. بند پ۲) جایی که از پیوستگی هادی‌های حفاظتی بعد از جداسازی، انتقال و مونتاژ دوباره اطمینان حاصل شده است(برای مثال با استفاده از اتصالات دوشاخه /پریز)، برای ترابری جداسازی شده است.	برای بندهای پ۱ و پ۲، هیچ آزمونی در محل الزامی نیست. برای یک ماشین که به وسیله ترکیب دوشاخه و پریز به منبع تغذیه متصل نیست‌اند، اتصال درست هادی حفاظتی بیرونی به ترمینال PE ماشین، باید به وسیله بازرسی چشمی تأیید شود. در مورد بند پ۲، اسناد تأسیسات باید ملزم کند که تمامی اتصالات هادی‌های حفاظتی که برای ترابری جدا شده بودند، بازرسی و تأیید شده‌اند، برای مثال با استفاده از بازرسی چشمی.

بیش‌ترین امپدانس منبع به دستگاه حفاظتی	بیش‌ترین سطح مقطع	بیش‌ترین مقدار نامی دستگاه حفاظتی (IN)	زمان قطع فیوز ۵ ثانیه	زمان قطع فیوز ۰/۴ ثانیه	قطع‌کننده مدارمینیاتوری نوع B IN×۵=Ia	قطع‌کننده مدارمینیاتوری نوع C IN×۱۰=Ia	قطع‌کننده مدارمینیاتوری نوع D IN×۲۰=Ia	قطع‌کننده مدار قابل‌تنظیم IN×۸=Ia
mΩ	mm^2	A	بیش‌ترین طول کابل بر حسب متر از هر دستگاه حفاظتی تا بار آن					
۵۰۰	۱/۵	۱۶	۹۷	۵۳	۷۶	۳۰	۷	۳۱
۵۰۰	۲/۵	۲۰	۱۱۵	۵۷	۹۴	۳۴	۳	۳۶
۵۰۰	۴	۲۵	۱۳۵	۶۶	۱۱۴	۳۵		۳۸
۴۰۰	۶	۳۲	۱۴۵	۵۹	۱۳۳	۴۰		۴۲
۳۰۰	۱۰	۵۰	۱۲۵	۴۱	۱۳۲	۳۳		۳۷
۲۰۰	۱۶	۶۳	۱۷۵	۷۳	۱۷۹	۵۵		۶۱
۲۰۰	۲۵(خط)/ ۱۶ (PE)	۸۰	۱۳۳					۳۸
۱۰۰	۳۵(خط)/ ۱۶ (PE)	۱۰۰	۱۳۶					۷۳
۱۰۰	۵۰(خط)/ ۲۵ (PE)	۱۲۵	۱۴۱					۶۶
۱۰۰	۷۰(خط)/ ۳۵ (PE)	۱۶۰	۱۳۸					۴۶
۵۰	۹۵(خط)/ ۵۰(PE)	۲۰۰	۱۵۲					۹۸
۵۰	۱۲۰خط/ ۷۰(PE)	۲۵۰	۱۵۷					۷۹

مقادیر بیش‌ترین طول کابل در این جدول بر اساس فرضیات زیر درست هستند:

۱. کابل PVC با هادی‌های مسی، دمای هادی تحت شرایط اتصال کوتاه ۱۶۰ درجه سانتی گراد باشد.

۲. کابل‌های با هادی‌های خط دارای سطح مقطع تا ۱۶ میلی‌مترمربع، یک هادی حفاظتی با سطح مقطعی برابر با سطح مقطع هادی‌های خط را دارا باشند.

۳. کابل‌های با سطح مقطع بالای ۱۶میلی‌مترمربع، همان‌طور که نشان داده شده است، یک هادی حفاظتی با سطح مقطع کم‌تر داشته باشند.

۴. سامانه سه فاز داری ولتاژ نامی منبع تغذیه ۳۸۰ ولت باشد.

۵. زمان قطع برای قطع‌کننده‌های مدار (ستون‌های ۶-۸ از چپ به راست) کم‌تر از ۰/۴ ثانیه باشد

نکته: Ia جریانی است که باعث عمل خودکار دستگاه قطع‌کننده مدار می‌شود.

۷-۳ سامانه TT

در سامانه‌های TT، عمدتاً از دستگاه‌های حفاظتی جریان پسماند (RCD) برای حفاظت در برابر خطا استفاده می‌شود. مع الوصف، چنانچه از مقدار کم Z_S به صورت مطمئن و دائمی اطمینان حاصل شود، می‌توان از دستگاه‌های حفاظت در برابر اضافه جریان برای حفاظت در برابر خطا استفاده نمود. نکته: در بعضی کشورها استفاده از دستگاه‌های حفاظت در برابر اضافه جریان به‌عنوان یک وسیله حفاظت در برابر خطا در سامانه‌های TT اجازه داده نشده است.

جایی که قطع خودکار منبع تغذیه به عنوان معیاری برای حفاظت در برابر خطا استفاده شود، طراح تجهیزات الکتریکی ممکن است موارد زیر را در نظر بگیرد:

۱. در محاسبات طراحی از یک مقدار مقاومت الکترود زمین یا امپدانس حلقه خطای زمین اندازه‌گیری شده یا مشخص شده بوسیله کاربر مورد نظر تجهیزات، استفاده کند.

۲. برای یک سری ماشین‌های تولید شده، یک مقدار مقاومت الکترود زمین یا امپدانس حلقه خطای زمین مناسب برای تأسیسات مورد نظر را تعیین کند.

و باید در دستورالعمل‌های تأسیسات، مقدار مقاومت الکترود زمین یا امپدانس حلقه خطای زمین استفاده شده برای طراحی تجهیزات الکتریکی را ذکر کند و بیان کند که این حداکثر مقداری است که ماشین الکتریکی می‌تواند به آن وصل شود.

■ ۷-۳-۱ الزامات حفاظتی با دستگاه حفاظت جریان پسماند

در مواردی که دستگاه حفاظتی جریان پسماند برای حفاظت در برابر خطا استفاده شود، شرایط زیر را باید محقق نمود:

۱. زمان قطع مطابق الزامات جدول ۵-۸ باشد.

۲. $R_A \times I_{\Delta n} \leq 50\ V$

که در آن:

R_A مجموع مقاومت‌های الکترود زمین و هادی حفاظتی برای هر قسمت هادی در دسترس

$I_{\Delta n}$ جریان پسماند نامی RCD می‌باشد.

■ ۲-۳-۷. الزامات حفاظتی با دستگاه حفاظت در برابر اضافه جریان

زمانی که از یک دستگاه حفاظت در برابر اضافه جریان استفاده شود، شرط زیر باید محقق شود:

$$Z_S \times I_a \leq U_0 \qquad (۷-۶)$$

که در آن

Z_S امپدانس حلقه خطا شامل: منبع، هادی خط تا نقطه خطا، هادی حفاظتی قسمت‌های هادی در دسترس، هادی زمین، الکترود زمین تأسیسات و الکترود زمین منبع

I_a جریانی که باعث عمل خودکار دستگاه قطع کننده در زمان مشخص شده در جدول (۱۰-۴) می‌باشد.

U_0 ولتاژ نامی AC یا DC خط به زمین می‌باشد.

بیشترین زمان قطع ارائه شده در جدول (۵-۷) باید برای مداراتی که بیشتر از ۳۲ آمپر نیستند، بکار برده شود. ضمناً، بیشترین زمان قطع برای مدارات بیشتر از ۳۲ آمپر نباید بیشتر از ۱ ثانیه باشد.

جدول۵-۷: بیشترین زمان قطع برای سامانه‌های TT [۹]

بیش‌ترین زمان قطع در سامانه TT بر اساس بازه‌های مختلف ولتاژ نامی خط به زمین			
$V_{۱۲۰} > V > U_{۵۰}$	$V_{۲۳۰} > V > U_{۱۲۰}$	$V_{۴۰۰} > V > U_{۲۳۰}$	$V_{۴۰۰} < U_0$
AC	AC	AC	AC
۰/۳ثانیه	۰/۲ثانیه	۰/۰۷ثانیه	۰/۰۴ثانیه
ولتاژ خط به زمین نامی U_0 نکته: جایی که در سامانه‌های TT، قطع به وسیله یک دستگاه حفاظت اضافه جریان حاصل گردد و تمام قسمت‌های هادی بیگانه به مدار هم بندی حفاظتی متصل شوند، بیش‌ترین زمان قطع مشخص شده در جدول ۱-۸ ممکن است مورد استفاده قرار گیرد			

▪ ۷-۳-۳ بازرسی الزامات حفاظتی با دستگاه حفاظتی پسماند جریان

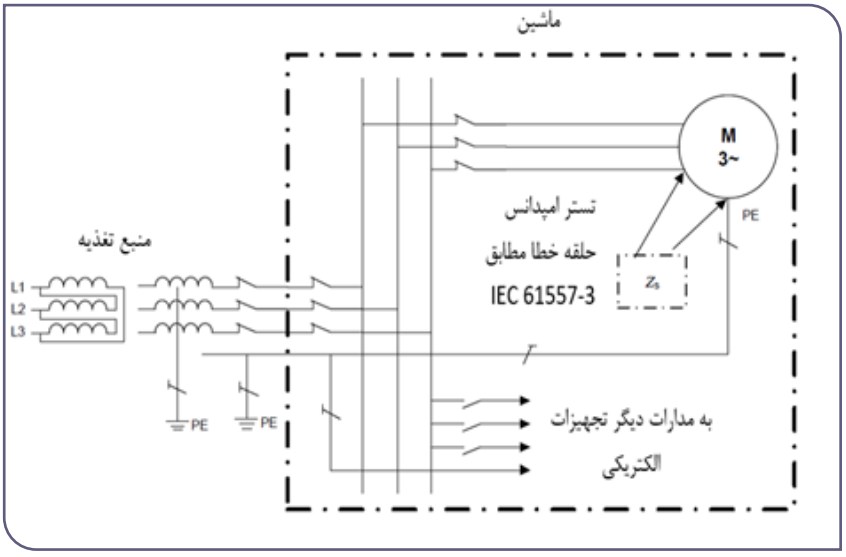
حفاظت در برابر خطا در یک سامانه TT با قطع خودکار منبع تغذیه و با استفاده از یک دستگاه حفاظتی "**پسماند جریان**"، باید به‌صورت زیر بازرسی شود:

۱. بررسی جریان پسماند نامی برای مقدار قطع خودکار و زمان قطع دستگاه حفاظت جریان پسماند
۲. بازرسی اتصالات به دستگاه حفاظت جریان پسماند و مدار هم بندی حفاظتی

▪ ۷-۳-۴ اتصال زمین

تمام قسمت‌های هادی در دسترس و تمام قسمت‌های هادی بیگانه باید به مدار هم‌بندی حفاظتی هم‌بندی شود. یک دستورالعمل برای زمین کردن اضافی عناصر ماشین و (یا) هادی PE تجهیزات الکتریکی ممکن است فراهم شود.

نکته: در یک سامانه TT، نقطه نول یا نقطه میانی سامانه منبع تغذیه، زمین می‌شود، یا در جایی که یک نقطه نول یا نقطه میانی موجود نیست یا در دسترس نیست، یک هادی خط زمین می‌شود.



شکل ۷-۳. آرایش نوعی برای اندازه‌گیری امپدانس حلقه خطا (Z_S در سامانه‌های TT [۹]

■ ۵-۳-۷. اندازه‌گیری امپدانس حلقه خطا (Z_S)

در شکل (۳-۷)، یک آرایش نوعی برای اندازه‌گیری امپدانس حلقه در یک ماشین (موتور الکتریکی) در سامانه TT نشان داده شده است. اگر اتصال موتور هنگام آزمون عملی نیست، دو هادی خط استفاده نشده (برای مثال با برداشتن فیوزها) در آزمون باز شوند و مقداراندازه‌گیری شده امپدانس حلقه خطا باید مطابق با بخش ۲-۳-۷ باشد.

هم‌چنین، باید اطلاعات موجود در اسناد تجهیزات درباره دقت نتایج اندازه‌گیری و رویه‌ای که باید دنبال شود، در نظر گرفته شوند. اندازه‌گیری باید ضمن اتصال تجهیزات الکتریکی به یک منبع تغذیه بین ۹۹ درصد و ۱۰۱ درصد فرکانس نامی منبع تغذیه در تأسیسات مورد نظر، انجام شود.

۴-۷ سامانه IT

درسامانه‌های IT، قسمت‌های برق‌دار باید از زمین عایق شوند یا از طریق یک امپدانس بزرگ به زمین متصل شوند. این اتصال ممکن است در نقطه نول و یا نقطه میانی سامانه برقرار شود. انتهای آن در صورتی که امپدانس به زمین حاصله در فرکانس سامانه به اندازه کافی بزرگ باشد، ممکن است مستقیم به زمین وصل شود؛ جایی که هیچ نقطه نول یا نقطه میانی وجود ندارد، یک هادی خط ممکن است از طریق یک امپدانس خیلی بزرگ به زمین وصل شود.

با استفاده از تمهیدات فوق، جریان خطا در صورت بروز خطا در یک قسمت هادی در دسترس یا در زمین کم می‌شود، و قطع خودکار الزامی نیست به شرطی که شرط رابطه ۱-۷ برآورده شود. هرچند برای اجتناب از خطر اثرات مضر پاتوبیولوژیکی روی یک شخص در تماس با قسمت‌های هادی در دسترس در هنگام بروز دو خطای هم زمان، تمهیداتی باید انجام شود.

نکته۱: هادی‌های در دسترس باید به صورت مجزا، در گروه‌ها، یا به صورت مجموع زمین شوند.

نکته۲: در مواردی که از یک سامانه TT استفاده می‌شود، باید بخاطر پیوستگی منبع تغذیه، از یک وسیله پایش عایق‌بندی برای نشان دادن اولین رخداد خطا از یک قسمت برق‌دار به قسمت‌های هادی در دسترس یا به زمین، استفاده گردد. این دستگاه باید یک سیگنال صوتی و (یا) تصویری را تولید نموده و تا زمان وجود خطا ادامه یابد.

نکته ۳: بجز در مواردی که یک دستگاه حفاظتی برای قطع منبع تغذیه در حالت رخداد اولین خطا، نصب شده است، می‌توان از یک سامانه مکان یاب خطای عایقی (یا دستگاه پایش جریان پسماند[۱]) برای نشان دادن بروز خطای اولیه ناشی از اتصال یک قسمت برق‌دار به قسمت‌های هادی در دسترس یا به زمین، فراهم شود. این دستگاه باید یک سیگنال صوتی و (یا) تصویری را تولید نموده و تا زمان وجود خطا، ادامه دهد.

۱- Residual Current Monitoring (RCM)

■ ۷-۴-۱ الزامات برای قطع خودکار منبع تغذیه

بعد از بروز اولین خطا الزامات برای قطع خودکار منبع تغذیه، در حالت بروز دومین خطا روی یک هادی برق‌دار دیگر، باید به‌صورت زیر باشد:

۱) جایی که قسمت‌های هادی در دسترس بوسیله یک هادی حفاظتی به یکدیگر متصل و مجموعاً به یک سامانه اتصال زمین متصل شده باشند، الزاماتی مشابه با الزامات یک سامانه TN اعمال می‌شود. در این صورت، الزامات زیر باید محقق شوند:

چنانچه هادی نول در سامانه‌های AC و هادی نقطه میانی در سامانه‌های DC توزیع نشده باشد،

$$۲I_a Z_S \leq U \qquad (۷-۷)$$

چنان‌چه هادی نول یا هادی نقطه میانی به ترتیب توزیع شده باشد،

$$۲I_a Z'_S \leq U_0 \qquad (۷-۸)$$

که در آن

"U_0" ولتاژ AC یا DC بر حسب ولت بین هادی خط و هادی نول یا هادی نقطه میانی

"U" ولتاژ AC یا DC بین هادی های خط

Z_S امپدانس بر حسب اهم حلقه خطا شامل هادی خط و هادی حفاظتی مدار

Z'_S امپدانس حلقه خطا برحسب اهم شامل هادی نول و هادی حفاظتی مدار

I_a جریانی (بر حسب آمپر) که باعث عمل کردن دستگاه حفاظتی در یک زمان مطابق با سامانه های TN در جدول(۷-۱) می باشد.

۲) جایی که قسمت‌های هادی در دسترس در گروه ها یا به صورت مجزا زمین شده باشند، شرایط زیر اعمال می‌شود:

$$R_A \times I_a < 50\ V \qquad (۷-۹)$$

که در آن

R_A مجموع مقاومت های الکترود زمین و هادی حفاظتی به قسمت‌های هادی در دسترس

I_a جریانی که سبب قطع خودکار دستگاه قطع کننده در یک زمان مطابق با سامانه های TT در جدول ۷-۵می باشد.

■ ۷-۴-۲ پیوستگی هادی‌ها

پیوستگی هادی‌ها و اتصال به قسمت‌های هادی در دسترس (در صورت وجود) باید بوسیله اندازه‌گیری مقاومت در موارد زیر بررسی شود:

۱. هادی‌های حفاظتی شامل هادی‌های هم‌بندی حفاظتی
۲. قسمت‌های هادی در دسترس
۳. در مدارهای حلقوی، هادی‌های برق دار

■ ۷-۴-۳ اندازه‌گیری امپدانس حلقه خطا

در صورت بروز یک خطای دوگانه زمین، امپدانس حلقه خطای زمین باید از طریق محاسبه یا اندازه‌گیری بررسی شود. در مواردی که شرایط همانند سامانه TT باشد (شرط ۲ بخش ۱-۳-۷)، بازرسی مشابه سامانه TT انجام می‌گیرد. چنانچه شرایط همانند سامانه TN باشد (رابطه ۱-۷)، بازرسی باید از طریق اندازه‌گیری و به صورت زیر انجام شود:

۱. برای تأسیسات IT که از یک ترانسفورماتور محلی تغذیه می‌کنند، اندازه‌گیری امپدانس حلقه خطای زمین در مبدأ تأسیسات و با ایجاد یک اتصال با امپدانس ناچیز بین یک هادی برق‌دار و زمین انجام می‌شود. سپس اندازه‌گیری این امپدانس بین یک هادی برق‌دار دیگر و زمین حفاظتی انجام شود، محل اندازه‌گیری در انتهای مدار خواهد بود. این بازرسی هنگامی موفقیت‌آمیز خواهد بود که مقدار اندازه‌گیری شده کم‌تر از ۵۰ درصد بیشترین امپدانس حلقه مجاز باشد.

۲. برای سامانه‌های IT متصل به یک شبکه عمومی، امپدانس حلقه خطای زمین، با استفاده از بازرسی پیوستگی هادی حفاظتی و اندازه‌گیری امپدانس حلقه بین دو هادی برق‌دار در انتهای مدار تعیین می‌شود. اگر مقدار اندازه‌گیری شده کم‌تر از ۵۰ درصد بیشترین امپدانس حلقه مجاز باشد، بازرسی با موفقیت انجام شده است. اگر بازرسی به نتیجه درستی نیانجامد، اندازه‌گیری‌های با جزئیات بیش‌تر نیاز می‌باشد.

۷-۵ الزامات اضافی

در مواردی که تجهیزات الکتریکی جریان نشتی بزرگ‌تر از ۱۰ میلی آمپر AC یا DC در هادی حفاظتی خود داشته باشند، برای یکپارچگی هر قسمت از مدار هم بندی حفاظتی مربوطه که جریان نشتی زمین را از خود عبور می‌دهد، باید یک یا چند شرط زیر برآورده شود:

۱. هادی حفاظتی کاملاً درون تجهیزات الکتریکی محصور شده باشد؛ در غیر این صورت، سراسر طول آن در برابر صدمات فیزیکی حفاظت شود.
۲. سطح مقطع هادی حفاظتی حداقل ۱۶ میلی متر مربع باشد.
۳. چناچه سطح مقطع هادی حفاظتی کم‌تر از ۱۶ میلی متر مربع باشد، باید یک هادی حفاظتی ثانویه با

حداقل همان سطح مقطع برای اتصال به نقطه‌ای که هادی حفاظتی سطح مقطعی کم‌تر از ۱۶ میلی مترمربع نداشته باشد، فراهم شود. این شرط می‌تواند ملزم کند که تجهیزات الکتریکی یک ترمینال جداگانه برای هادی حفاظتی ثانویه داشته باشند.

۴. منبع تغذیه به هنگام از بین رفتن پیوستگی هادی حفاظتی به صورت خودکار قطع شود.

۵. در مواردی که از ترکیب دوشاخه-پریز استفاده شده است، باید از یک کانکتور صنعتی مطابق با استانداردهای سری IEC ۶۰۳۰۹، با "رهایی از تنش" کافی و هادی زمین حفاظتی با حداقل سطح مقطع ۲/۵ میلی متر مربع به عنوان قسمتی از یک کابل برق چند سیمه استفاده شود.

نکته: در مواردی که یک قسمت از ماشین یا تجهیزات مرتبط با آن تغییر داده شوند یا اصلاح شوند، نیاز به بازرسی بوده و باید آزمون دوباره تجهیزات الکتریکی در نظر گرفته شود. به اثرات مخرب احتمالی که آزمون دوباره می‌تواند بر روی تجهیزات داشته باشد، توجه ویژه شود (برای مثال فشار زیاد به عایق، جداسازی و وصل دوباره تجهیزات).

۶-۷ فرم بازرسی تجهیزات الکتریکی ماشین آلات

با استفاده از فرم موجود در پیوست (بخش ۵-۱۷) می‌توان مبادله اطلاعات بین کاربر تجهیزات الکتریکی ماشین‌آلات و مسئول تدارکات در شرایط اساسی و نیازهای اضافی کاربر برای طراحی مناسب، کاربرد و استفاده از تجهیزات الکتریکی ماشین‌آلات به ویژه هنگامی که شرایط موجود در سایت از شرایط معمول انتظارات منحرف شود را تسهیل کرد.

۸

فصل هشتم

بررسی تابلوهای برق از نظر الزامات سامانه اتصال زمین

بررسی تابلوهای برق از نظر الزامات سامانه اتصال زمین

۸-۱ مقدمه

چیدمان دستگاه‌ها و مدارات تابلو برق باید طوری باشد که راه اندازی و سرویس و نگهداری آن‌ها تسهیل شود ضمن آن‌که درجه ایمنی لازم آنها تأمین گردد. تابلو برق باید دارای تمهیدات حفاظتی بوده و از این نظر برای نصب تجهیزاتی که طراحی شده است بر طبق استاندارد۴۱-۴-۶۰۳۶۴ IEC مناسب باشد. البته اقدامات حفاظتی مناسب برای تأسیسات خاص (نظیر راه آهن، کشتی)، بر اساس توافق بین استفاده‌کننده و سازنده خواهد بود.

هر تابلو برق باید دارای یک هادی حفاظتی باشد تا بتواند منبع تغذیه را در موارد زیر به آسانی و به طور خودکار قطع کند:

۱. حفاظت در برابر پیامدهای وقوع خطاها در داخل تابلو (برای مثال وقوع خرابی در عایق بندی پایه)

۲. حفاظت در برابر پیامدهای وقوع خطاها در مدارهای خروجی تغذیه شده از خروجی (برای مثال وقوع خرابی در عایق بندی پایه)

نکته: وقتی یک سامانه اتصال زمین TT در شبکه برق بکار رفته باشد، باید یکی از اقدامات زیر در تابلو انجام گرفته باشد:

۱. عایق بندی مضاعف یا تقویت شده در اتصالات ورودی یا

۲. وجود وسیله حفاظت جریان پسماند(RCD) در مدار ورودی

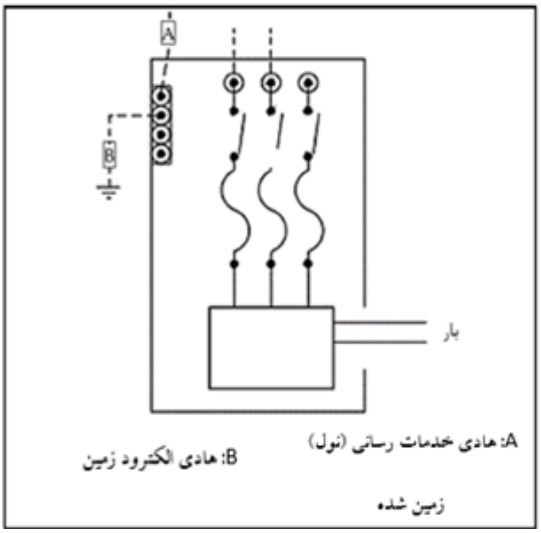
چنین تمهیداتی باید موضوع توافق بین استفاده‌کننده و سازنده تابلو باشد.

۸-۲ هادی زمین و هم بندی

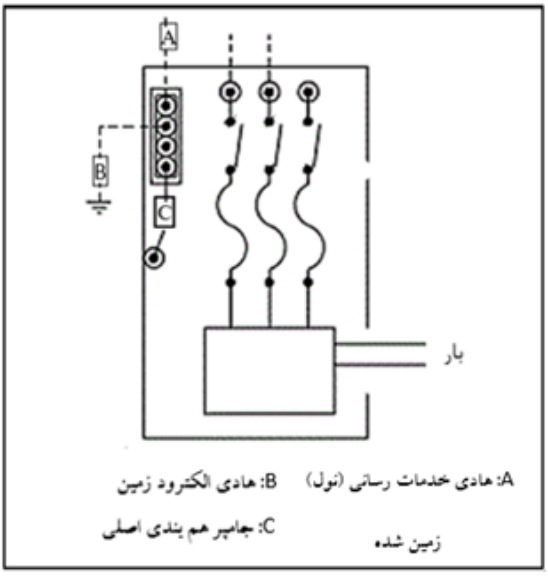
یک تابلو برق صنعتی برای تمام قسمت‌های فلزی در دسترس که حامل جریان نیستند، یا در حالت کار عادی یا تنظیم تجهیزات بوسیله اشخاص قابل دسترسی بوده و به علت شکست عایقی، شل شدن اتصالات سیم بندی یا اختلالات الکتریکی قابلیت برق‌دار شدن دارند، باید دارای تمهیداتی برای زمین کردن باشد.

۸-۳ زمین کردن و هم بندی (تابلو برق‌های صنعتی)

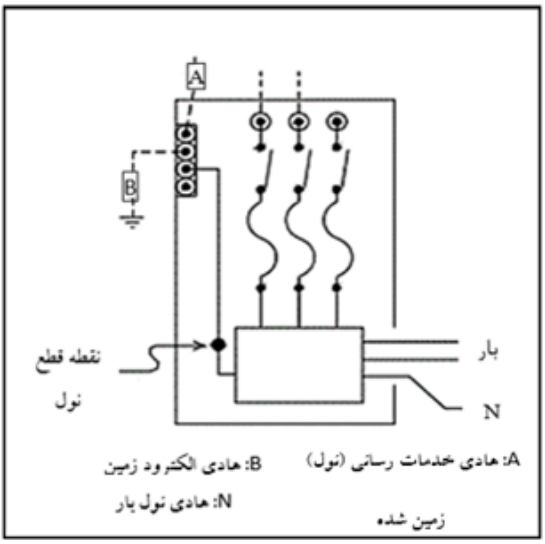
در تابلو برق‌های صنعتی، باید یک ترمینال «هادی خدمات رسانی زمین شده» و یک ترمینال هادی «الکترود زمین» برای استفاده «تجهیزات خدمات رسانی» فراهم شود. یک رابط هم‌بندی اصلی برای زمانی که ترمینال هادی خدمات رسانی (نول) زمین شده و ترمینال هادی الکترود زمین از محفظه تابلو عایق شده باشند، جهت اتصال به تابلو باید فراهم شود. شکل های(۱-۸) تا (۱۰-۸) اعمال الزامات برای هادی‌های زمین و هم بندی و ترمینال‌های آن‌ها را نشان می دهد.



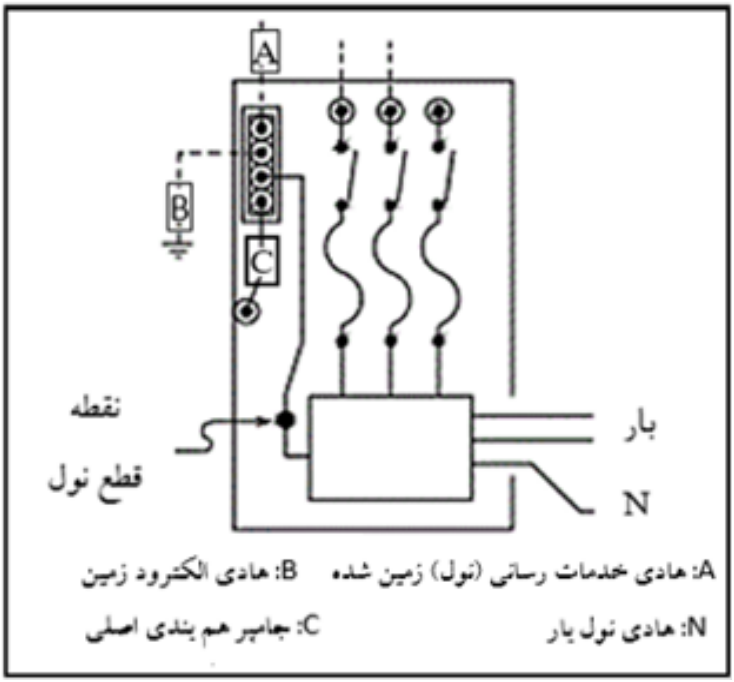
شکل ۱ –۸. تکفازسه سیمه (نول هم بندی شده درنیروگاه) [۱۰]



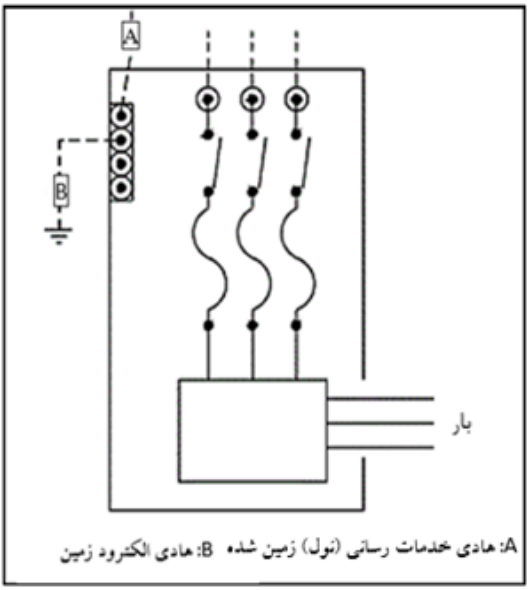
شکل ۲ –۸. تکفاز سه سیمه (نول جدا شده) [۱۰]



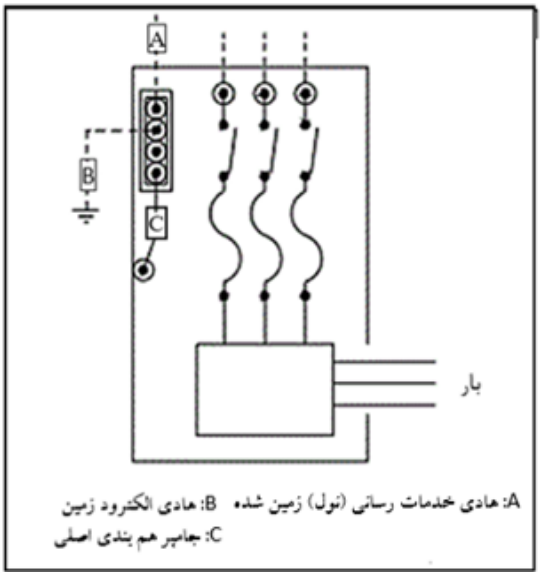
شکل ۳ -۸. تکفاز سه سیمه با اتصال نول بار(نول هم بندی شده درنیروگاه) [۱۰]



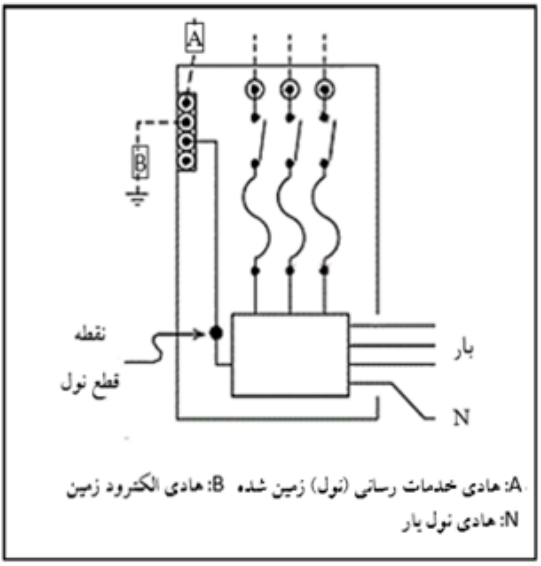
شکل۴- ۸. تکفاز سه سیمه با اتصال نول بار(نول جدا شده) [۱۰]



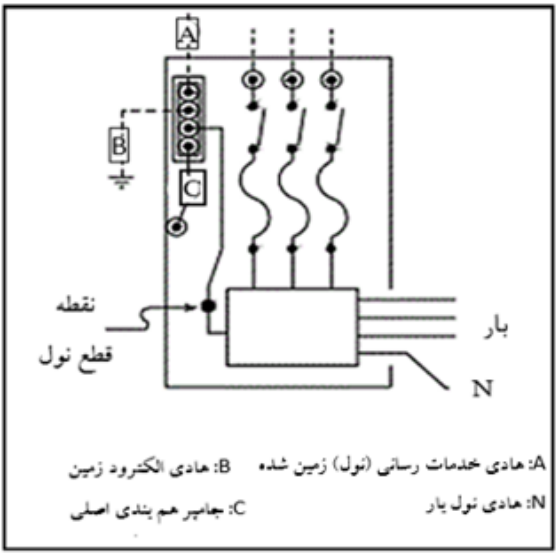
شکل۵- ۸. سه فاز چهارسیمه (نول هم بندی شده در نیروگاه) [۱۰]



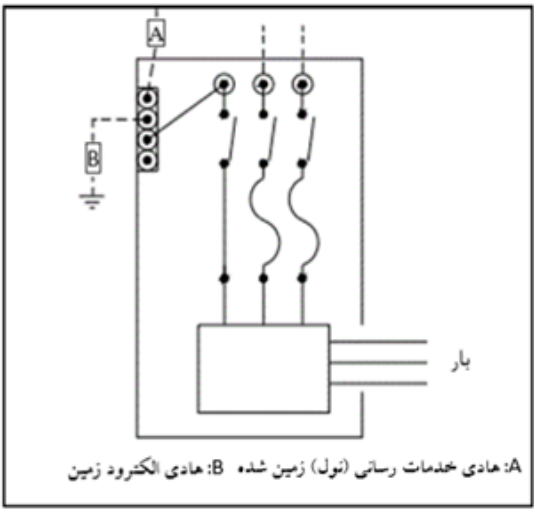
شکل ۶- ۸. سه فاز ۴ سیمه (نول جدا شده) [۱۰]



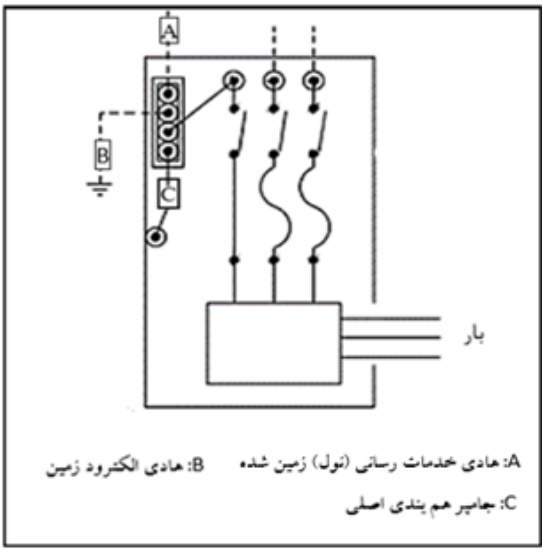
شکل ۷ –۸. سه فاز چهار سیمه با اتصال نول بار(نول هم بندی شده در نیروگاه) [۱۰]



شکل ۸ –۸. سه فاز چهار سیمه با اتصال نول بار(نول جدا شده) [۱۰]



شکل ۹ – ۸. سه فاز– اتصال مثلثی زمین شده در انتها (نول هم بندی شده در نیروگاه) [۱۰]



شکل ۱۰ – ۸. سه فاز– اتصال مثلثی زمین شده در انتها (نول جدا شده) [۱۰]

به غیر از سامانه‌های سه فاز سه سیمه مثلثی، ترمینال هادی سرویس زمین شده باید بتواند یک سیم به اندازه ای که کوچک تر از هادی الکترود زمین نباشد را جا دهد. در سامانه‌های سه فاز سه سیمه مثلثی، ترمینال هادی سرویس زمین شده باید یک سیم به اندازه ای که کوچک تر از بزرگ ترین هادی سرویس زمین نشده باشد را جا دهد. ترمینال هادی سرویس زمین شده باید یک سیم به اندازه ای که کوچک تر از رابط هم بندی اصلی نباشد را جا دهد.

ترمینال هادی الکترود زمین باید یک سیم به اندازه ای که کوچک تر از مقادیر مشخص شده در جدول (۱-۷) نباشد را جا دهد. رابط هم بندی اصلی، در صورت وجود، باید مطابق با جدول(۱-۷) سایزبندی شود. ترمینال‌های فراهم شده برای نگه داری رابط هم‌بندی اصلی باید اندازه های مربوطه را جا دهد.

شینه نول و زمین، در صورت وجود، باید دارای سطح مقطعی کوچک تر از مقادیر جدول (۱-۷) نباشند.

جدول ۱ -۸. اندازه هادی الکترود زمین و رابط هم بندی اصلی یا سامانه [۱۰]

مقدار نامی جریان سامانه یا سرویس بیش تر نشود از(A)	اندازه رابط هم بندی اصلی یا رابط هم بندی سامانه(حداقل)		سطح مقطع معادل رابط هم بندی اصلی یا رابط هم بندی سامانه(حداقل)		اندازه هادی الکترود زمین (حداقل)	
	مس	آلومینیوم	مس	آلومینیوم	مس	آلومینیوم
	mm^2	mm^2	mm^2	mm^2	mm^2	mm^2
۹۰	۸/۴	۱۳/۳	۸/۳۹	۱۳/۵۵	۸/۴	۱۳/۳
۱۲۵	۱۳/۳	۲۱/۲	۱۳/۵۵	۲۱/۲۹	۱۳/۳	۲۱/۲
۱۵۰	۱۳/۳	۲۱/۲	۱۳/۵۵	۲۱/۲۹	۱۳/۳	۲۱/۲
۲۰۰	۲۱/۲	۳۳/۶	۲۱/۲۹	۳۳/۵۵	۲۱/۲	۳۳/۶
۲۲۵	۳۳/۶	۵۳/۵	۳۳/۵۵	۵۳/۵۵	۳۳/۶	۵۳/۵
۴۰۰	۵۳/۵	۸۵	۵۳/۵۵	۸۵/۱۶	۵۳/۵	۸۵
۵۰۰	۵۳/۵	۸۵	۵۳/۵۵	۸۵/۱۶	۵۳/۵	۸۵
۸۰۰	۶۷/۴	۱۰۷/۲	۶۷/۷۴	۱۰۷/۱	۶۷/۴	۱۰۷/۲
۱۰۰۰	۸۵	۱۲۷	۸۵/۱۶	۱۲۶/۴۵	۸۵	۱۲۷
۱۲۰۰	۱۲۷	۱۲۷	۱۲۶/۴۵	۱۲۶/۴۵	۸۵	۱۲۷
۱۵۰۰	۱۵۲	۲۰۳	۱۵۲/۲۶	۲۰۲/۵۸	۸۵	۱۲۷
۲۰۰۰	۲۰۳	۲۵۳	۲۰۲/۵۸	۲۵۳/۵۵	۸۵	۱۲۷
۲۵۰۰	۲۵۳	۳۵۵	۲۵۳/۵۵	۳۵۴/۸۴	۸۵	۱۲۷
۳۰۰۰	۳۰۴	۳۸۰	۳۰۴	۳۸۰	۸۵	۱۲۷
۴۰۰۰	۳۸۰	۵۰۶	۳۸۰	۵۰۶/۴۵	۸۵	۱۲۷
۵۰۰۰	۴۵۶	۶۳۳	۱۵۶	۶۳۳	۸۵	۱۲۷
۶۰۰۰	۶۳۳	۷۶۰	۶۳۳	۷۶۰	۸۵	۱۲۷

۸-۴ الزامات مربوط به پیوستگی زمین در برابر پی آمدهای خطاها در تابلو

تمام قسمت‌های رسانای در دسترس تابلو باید طوری به هم اتصال داشته باشند که پیوستگی الکتریکی بین این قسمت‌ها با هادی حفاظتی تغذیه، یا با استفاده از هادی زمین، یا با استفاده از هادی زمین به سامانه اتصال زمین تضمین شود. این اتصالات داخلی ممکن است توسط اتصالات پیچی فلزی، جوش کاری یا سایر اتصالات رسانا به صورت مستقیم یا استفاده از هادی حفاظتی انجام شود.

نکته: در مواردی که از رنگ های ضد خراشیدگی مانند پوشش های پودری استفاده می شود، ممکن است لازم باشد احتیاط های تکمیلی برای قسمت‌های فلزی تابلو به خصوص برای صفحات اتصال گلندها (کانکتورها)، به عمل آید.

روش تصدیق پیوستگی زمین بین قسمت‌های رسانای در دسترس تابلو و مدار حفاظتی در بند و به طور مفصل در فصل ۵ توضیح داده شده است.

برای پیوستگی اتصالات موارد زیر باید اعمال شود:

۱. وقتی یک قسمت از تابلو از درون محفظه خود برداشته شود (مثلاً برای انجام سرویس عادی)، نباید مدارهای حفاظتی (پیوستگی اتصال زمین) بقیه تابلو قطع شود. وسایل به‌کار رفته برای سوار کردن قسمت های فلزی مختلف یک تابلو از نظر تضمین پیوستگی مدارهای حفاظتی، در صورتی کافی محسوب می شوند که پیش بینی‌های لازم برای تضمین هدایت الکتریکی خوب و دائمی انجام شده باشد. از مجراهای فلزی خرطومی یا قابل انعطاف نباید به عنوان هادی های حفاظتی استفاده کرد، مگر این‌که برای این منظور طراحی شده باشند.

۲. در سرپوش ها، درها، صفحات درپوش ونظایر آن‌ها، اتصالات معمولی با پیچ ها و لولاهای فلزی به شرطی تأمین کننده پیوستگی الکتریکی به حساب می آیند که هیچ نوع تجهیزات الکتریکی با بیش تر از حدود ولتاژ خیلی ضعیف (ELV) به آن‌ها وصل نشده باشد.

اگر تجهیزاتی که ولتاژ آن‌ها بیش‌تر از حدود ولتاژ خیلی ضعیف است بر روی سرپوش‌ها، درها، صفحات درپوش و نظایر آن متصل شده باشند، لازم است برای تضمین پیوستگی مدارهای حفاظتی اقداماتی به عمل آید. توصیه می‌شود که این اجزا با دقت به یک هادی حفاظتی (PE) وصل شوند که سطح مقطع آن بستگی به حداکثر سطح مقطع هادی های تغذیه کننده این دستگاه ها خواهد داشت. همچنین یک اتصال الکتریکی معادل را که به طور اختصاصی برای این منظور طراحی می شود (کنتاکت لغزنده، لولاهای حفاظت شده در برابر خوردگی) کافی محسوب می گردد.

قسمت‌های رسانای در دسترس یک وسیله که نمی‌توانند توسط وسایل نصب خود به مدار حفاظتی متصل شوند، باید به منظور یکپارچگی حفاظتی توسط یک هادی به مدار حفاظتی تابلو متصل شوند.

قسمت‌های رسانای روباز یک تابلو که خطرساز نیستند، عبارتند از:

۱. قسمت‌هایی که نمی توان سطوح بزرگی از آن‌ها را لمس کرد یا در دست گرفت.
۲. قسمت‌هایی که سایز آن ها کوچک است (تقریباً ۵۰ میلی‌متر در ۵۰ میلی‌متر) یا در جایی قرار گرفته‌اند که هیچ‌گونه تماسی با قسمت های برق دار ایجاد نمی‌شود.

این قسمت‌ها نیازی نیست که به هادی حفاظتی زمین وصل شوند. این الزامات در مورد پیچ‌ها، پرچ‌ها و پلاک‌های مشخصات معتبر است.

در مواردی که یک قسمت جداشدنی به یک سطح نگهدارنده فلزی مجهز شده باشند، این سطوح باید برای اطمینان از پیوستگی زمین مدارهای حفاظتی کافی درنظرگرفته شوند مشروط به این‌که فشار وارده به آن‌ها به اندازه کافی زیاد باشد.

۵-۸ الزامات مربوط به هادی‌های حفاظتی تأمین کننده حفاظت در برابر پی آمدهای خطاها در مدارهای خارجی که از طریق تابلو تغذیه می‌شوند

هادی حفاظتی داخل تابلو باید طوری طراحی شود که قادر به تحمل بیش‌ترین تنش‌های حرارتی و دینامیکی که از خطاهای در مدارهای خارجی در محل نصب که از طریق تابلو تغذیه می‌شوند حاصل می‌شوند را دارا باشند.

تنها وسایل مجاز در مسیر هادی های حفاظتی، باید رابط‌هایی باشند که توسط ابزار قابل برداشت بوده و فقط در دسترس اشخاص مجاز قرار داشته باشند. در مواردی که امکان قطع پیوستگی توسط اتصال‌دهنده‌ها یا وسایلی مانند چند شاخه و پریز وجود داشته باشد، مدار حفاظتی باید حتماً بعد از قطع شدن هادی‌های برق‌دار قطع شود و پیوستگی آن قبل از وصل مجدد هادی برق‌دار، برقرار شود.

در تابلویی که اجزای ساختمانی، قاب‌ها، پوشش‌ها و سایر قسمت‌های آن از مواد رسانا بوده و هادی حفاظتی نیز برای آن پیش‌بینی شده باشد، عایق بودن هادی حفاظتی نسبت به این قسمت‌ها و اجزا ضروری نیست.

هادی‌های بعضی تجهیزات حفاظتی خاص، مانند هادی‌هایی که این تجهیزات را به یک الکترود زمین مستقل وصل می کنند، باید در صورتی که سازنده مشخص کرده باشد، عایق بندی شده باشند. این موارد، به عنوان مثال، شامل تجهیزات نشان دهنده خطا بر مبنای ولتاژ عامل می‌باشد. این الزام می تواند در مورد اتصال زمین خنثی ترانسفورماتور نیز اعمال شود.

برای هادی های PEN الزامات تکمیلی زیر اعمال می‌شود:

۱) حداقل سطح مقطع باید برای مس ۱۰ میلی متر مربع و برای آلومینیوم ۱۶ میلی‌متر مربع باشد.
۲) سطح مقطع هادی PEN نباید از مقدار الزام شده برای یک خنثی کم تر باشد.
۳) ضروری نیست که هادی‌های PEN داخل تابلو عایق بندی شوند.
۴) قسمت‌های ساختمانی نباید به عنوان هادی PEN استفاده شوند. با این حال، ریل‌های نصب که از مس یا آلومینیوم ساخته شده باشند می توانند به عنوان هادی‌های PEN استفاده شوند.

۸-۶ شناسایی هادی‌های حفاظتی (PEN، PE) و خنثی (N) مربوط به مدارهای اصلی

هادی‌های حفاظتی باید به سهولت به وسیله شکل، محل نصب، نشانه‌گذاری یا رنگ آن قابل تشخیص باشد. در صورت استفاده از رنگ برای شناسایی، باید از دو رنگ زرد–سبز (دو رنگ) استفاده کرد. اگر هادی حفاظتی، کابل تک رشته‌ای عایق‌دار باشد، از روش شناسایی بالا (که بهتر است در تمام طول هادی باشد) باید استفاده شود.

تمام هادی‌های خنثی مدار اصلی باید به سهولت توسط محل قرارگیری و یا نشانه‌گذاری یا رنگ قابل تمیز باشد (هرگاه رنگ آبی الزامی باشد به استاندارد IEC ۶۰۴۴۵ مراجعه شود).

۸-۷ آزمون پیوستگی زمین بین قسمت‌های رسانا در دسترس تابلو و مدار حفاظتی

باید بررسی و تأیید شود که قسمت‌های رسانا در دسترس در تابلو به نحوی مؤثر به ترمینال مدار حفاظتی وصل می‌باشد و این‌که مقدار مقاومت از مقدار ۰/۱ اهم بیشتر نمی‌باشد. باید تصدیق شود که از ادوات اندازه‌گیری با مقاومت کم که قادر به تحریک یک جریان دست کم ۱۰ آمپر (AC یا DC) می‌باشند، استفاده شده است. جریان از بین هر قسمت رسانای در دسترس و ترمینال مدار حفاظتی خارجی گذرانده می‌شود. مقاومت نباید از ۰/۱ اهم بیشتر باشد. جهت اطلاعات بیش تر از آزمون پیوستگی به فصل ۵ مراجعه شود.

نکته: توصیه می‌شود مدت زمان آزمون محدود باشد چون در غیر این صورت تجهیزات جریان کم ممکن است در اثر آزمون اثر مخرب ببینند.

۸-۸ قابلیت تحمل اتصال کوتاه - آزمون مدار حفاظتی

یک منبع آزمون تک فاز باید بین ترمینال یکی از فازهای مدار ورودی و ترمینال ورودی هادی حفاظتی وصل شود. در مواردی که تابلو مجهز به یک هادی حفاظتی مجزا باشد، نزدیک‌ترین هادی فاز باید مورد استفاده قرار گیرد. برای هر نمونه واحد خروجی، باید یک آزمون مستقل به کمک اتصال با پیچ و مهره که بین ترمینال فاز خروجی مورد نظر و واحد ترمینال هادی حفاظتی خروجی آن برقرار می‌گردد، انجام شود.

هر یک از واحدهای خروجی مورد آزمون باید مجهز به وسیله‌ای از وسایل حفاظتی در نظر گرفته شده برای آن باشد که حداکثر جریان قله و I^2t را عبور دهد. برای انجام این آزمون، باید قاب تابلو نسبت به زمین عایق شده باشد. ولتاژ آزمون باید ۱/۰۵ برابر مقدار تک فاز ولتاژ بهره برداری اسمی باشد، به‌جز در مواردی که بین سازنده اولیه و استفاده کننده طور دیگری توافق شده باشد. مقدار جریان آزمون در مدار حفاظتی باید ۶۰درصد مقدار جریان فاز مربوط به آزمون ایستادگی اتصال کوتاه سه فاز تابلو باشد.

۹-۸ نتایجی که باید به‌دست آید

در پیوستگی مدار حفاظتی و ایستادگی در برابر اتصال کوتاه، صرف نظر از این‌که مدار متشکل از یک هادی مجزا و یا قاب یا بدنه تابلو باشد، نباید آسیب قابل توجهی به وجود آید. علاوه بر بازرسی ظاهری، این مسئله را می‌توان به‌وسیله انجام یک اندازه گیری با جریانی که در حدود جریان اسمی واحد خروجی مربوط می‌باشد، بررسی و تأیید کرد. تغییر شکل محفظه یا جداره های داخلی، حصارها و موانع به علت اتصال کوتاه تا حدی که به درجه حفاظت خللی وارد نشود و فواصل هوایی و خزشی تقلیل نیابد، قابل قبول خواهد بود.

نکته ۱: در مواردی که از قاب یا بدنه تابلو به عنوان هادی حفاظتی استفاده شود، وجود جرقه‌ها و افزایش دمای موضعی در محل اتصالات قابل قبول خواهد بود به شرطی که در پیوستگی الکتریکی خللی وارد نشده و اجزای قابل اشتعال مجاور، آتش نگرفته باشند.

نکته ۲: مقایسه مقادیر مقاومت اندازه گیری شده بین ترمینال هادی حفاظتی ورودی و ترمینال هادی حفاظتی خروجی مربوط در قبل و بعد از انجام آزمون، نشانه مطابقت با این شرط خواهد بود.

۹

فصل نهم

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین مکان های پرخطر قابل اشتعال و قابل انفجار

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین مکان های پرخطر قابل اشتعال و قابل انفجار

۹-۱ مقدمه

محیط‌های خطرناک برطبق استاندارد IEC ۶۰۰۷۹-۱۰-۱ به ناحیه‌های ۰، ۱ و ۲ برای گازها و بخارها و برای گرد وغبارها ناحیه‌های ۲۰، ۲۱ و ۲۲ مطابق با استاندارد IEC ۶۰۰۷۹-۱۰-۲ ، به منظور تسهیل درانتخاب تجهیزات الکتریکی مناسب و طراحی تأسیسات الکتریکی مناسب، طبقه بندی شده‌اند.

۹-۲ الزامات کلی

تجهیزات الکتریکی باید حتی‌المقدور در ناحیه‌هایی که خطرناک نیستند قرار بگیرند. در جایی که امکان انجام چنین کاری وجود ندارد، باید در مکانی که کم‌ترین احتمال رخداد جو انفجاری وجود دارد قرار بگیرد. تأسیسات الکتریکی در محیط‌های خطرناک باید با الزامات مناسب تأسیسات الکتریکی در محیط‌هایی که خطرناک نیست نیز مطابقت داشته باشند. هر چند الزامات برای محیط‌هایی که خطرناک نیستند برای تأسیسات در محیط‌های خطرناک ناکافی هستند.

در جایی که حفاظت اضافی در مواجهه با سایر شرایط محیطی مثل حفاظت در برابر نفوذ آب و مقاومت در برابر خوردگی، نیاز است، روش انتخاب شده نباید بر یکپارچگی تجهیزات تأثیر نامطلوب بگذارد. تجهیزات و مواد الکتریکی باید در محدوده توان، ولتاژ، جریان، فرکانس، وظیفه و چنین مشخصاتی که عدم انطباق در آن‌ها ممکن است ایمنی تأسیسات را به خطر بیاندازد، نصب و استفاده شوند. به ویژه، باید اطمینان حاصل شود که ولتاژ و فرکانس مناسب منبع تغذیه تجهیزات می‌باشند و طبقه بندی دما برای ولتاژ، فرکانس و دیگر پارامترها صحیح، برقرار شده است.

تأسیسات باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که تجهیزات و مواد با این هدف که دسترسی آسان برای بازرسی و نگهداری فراهم می‌آورند، نصب شوند.

تجهیزات و سامانه‌هایی که در شرایط استثنایی استفاده می‌شوند، مثل، واحد آزمایشگاهی[۱] تحقیق و توسعه که تجهیزات حفاظت در برابر انفجار در دسترس نیستند، لازم نیست که الزامات این فصل را برآورده کنند، به شرطی که تأسیسات تحت نظارت یک شخص دارای صلاحیت باشد و در صورت مناسب بودن، یک یا بیش‌تر شرایط زیر برآورده شوند:

۱. اقدامات لازم برای اطمینان از این‌که یک جو انفجاری رخ نمی‌دهد، باید صورت گیرد.

۲. اقدامات لازم برای اطمینان از این‌که این تجهیزات قبل از رخداد یک جو انفجاری قطع شوند، صورت گیرد. در این صورت آتش سوزی بعد از قطع، برای مثال به‌خاطر قسمت‌های داغ شده، باید جلوگیری شود.

۳. اقدامات لازم برای اطمینان از اینکه اشخاص و محیط در معرض خطر آتش سوزی و انفجار قرار نمی‌گیرند، باید صورت گیرد.

به علاوه، اقدامات یا شرایط یا کنترل باید به وسیله یک شخص ذی‌صلاح مکتوب شود. آن شخص باید:

۱. باید با الزامات این استاندارد و استانداردهای دیگر مربوطه و قانون کار مربوط به استفاده تجهیزات و سامانه‌های الکتریکی در محیط‌های خطرناک، آشنا باشد.

۲. باید به تمام اطلاعات لازم برای انجام ارزیابی‌ها دسترسی داشته باشد.

۹-۳ مستندات

لازم است که اطمینان حاصل شود که تمام تأسیسات مطابق با گواهی تجهیزات مربوطه، هم‌چنین با این استاندارد و هر الزامات دیگر مربوط به مکانی که تأسیسات قرار می‌گیرند، مطابقت داشته باشند. برای رسیدن به این نتایج، یک گزارش تأیید باید برای تمام تأسیسات فراهم شود و باید در همان مکان یا در مکان دیگر نگهداری شود. در حالت دوم، یک سند که نشان‌دهنده اینکه چه کسی یا کسانی مالک هستند و آن اطلاعات در کجا نگهداری می‌شود باید در محل باقی بماند، بنابراین در صورت نیاز کپی‌هایی ممکن است فراهم شوند.

به‌منظور نصب صحیح یا گسترش تأسیسات موجود، اطلاعات زیر، در صورت کاربرد، به علاوه الزامات مربوط به محیط‌های غیر خطرناک، به عنوان یک قسمت از گزارش تأیید، الزامی است:

مکان:

۱. اسناد طبقه‌بندی محیط با طرح‌هایی که نشان‌دهنده طبقه‌بندی و گستره ناحیه‌های خطرناک شامل ناحیه‌بندی (و بیش‌ترین مقدار مجاز ضخامت لایه گرد و غبار اگر خطر به علت گردو غبار باشد)

۲. ارزیابی انتخابی نتایج آتش سوزی

۳. در صورت امکان، طبقه بندی گاز، بخار یا گرد و غبار در ارتباط با گروه یا زیر گروه تجهیزات الکتریکی

۱- Pilot Plant

۴. کلاس دمایی یا دمای آتش سوزی گاز یا بخارهای مربوطه
۵. در صورت امکان، مشخصات مواد شامل مقاومت ویژه الکتریکی، حداقل دمای اشتعال توده گردو غبار، حداقل دمای اشتعال لایه گردو غبار و حداقل انرژی اشتعال توده گردو غبار
۶. عوامل خارجی و دمای محیط

تجهیزات:

۱. دستورالعمل‌های تولیدکننده برای انتخاب، نصب و بازرسی اولیه
۲. اسناد برای تجهیزات الکتریکی با شرایط استفاده
۳. سند شفاف سامانه برای سامانه‌های ذاتاً ایمن[۱]
۴. جزئیات هرگونه محاسبه مربوطه
۵. بیانیه تولیدکننده یا شخص تأیید صلاحیت شده

برای به‌دست آوردن اطلاعات برای نگهداری و تعمیر به ترتیب الزامات استانداردهای IEC ۶۰۰۷۹-۱۷ و IEC ۶۰۰۷۹-۱۹ باید در نظر گرفته شوند.

تأسیسات:

۱. اطلاعات لازم برای اطمینان از نصب صحیح تجهیزات فراهم شده در یک فرم که برای کارمند مسئول آن کار مناسب است.
۲. مستندات مربوط به مناسب بودن تجهیزات در محیطی که در آن قرار می‌گیرند. برای مثال، دماهای نامی، نوع حفاظت، حفاظت در برابر خوردگی
۳. طرح‌هایی که نشان‌دهنده انواع و جزئیات سامانه‌های سیم بندی هستند.
۴. گزارش‌هایی از شاخص انتخاب برای سامانه‌های ورودی کابل برای مطابقت با الزامات نوع خاص حفاظت.
۵. اشکال و جداولی مربوط به نشانه‌گذاری مدار
۶. گزارش‌هایی از بازرسی اولیه
۷. بیانیه نصاب یا شخص تأیید صلاحیت شده

۹-۴ بازرسی اولیه

تجهیزات باید مطابق با مستنداتشان نصب شوند. باید اطمینان حاصل شود که تجهیزات قابل تعویض در نوع درست و نامی خود هستند. پس از اتمام ساخت و قبل از استفاده اول، بازرسی جزئیات اولیه تجهیزات و تأسیسات باید انجام شود. شرح این بازرسی در پیوست (بخش ۶-۱۷) آمده است.

۱- Intrinsically safe system

۹-۵ خطرات ناشی از قسمت‌های هادی در دسترس و بیگانه

▪ ۹-۵-۱ کلیات

محدودیت جریان‌های خطای زمین (دامنه و مدت زمان) بدنه‌ها یا محفظه‌ها و جلوگیری از پتانسیل‌های بالا روی هادی‌های هم بندی هم پتانسیل، برای ایمنی ضروری می‌باشند. اگرچه پوشش کلیه سامانه‌ها غیر ممکن است، موارد زیر برای سامانه‌های الکتریکی غیر مدارهای ذاتاً ایمن یا مدارهای انرژی محدود با ولتاژهای تا ۱۰۰۰ ولت AC می باشد.

▪ ۹-۵-۲ زمین کردن سامانه به شیوه TN

اگر یک سامانه TN استفاده شده است، باید یک سامانه TN-S در ناحیه خطرناک باشد. به عبارت دیگر در ناحیه خطرناک نول و هادی حفاظتی نباید به یکدیگر متصل باشند یا در یک هادی ترکیب شوند. در هر نقطه گذار از TN-C به TN-S، هادی حفاظتی باید به سامانه هم بندی هم پتانسیل در ناحیه غیر خطرناک متصل شود.

▪ ۹-۵-۳ زمین کردن سامانه به شیوه TT

اگر از زمین کردن به شیوه TT استفاده شود، باید به وسیله یک دستگاه پسماند جریان محافظت شود.
نکته: در جایی که مقاومت ویژه زمین زیاد است، چنین سامانه‌ای ممکن است قابل قبول نباشد.

▪ ۹-۵-۴ زمین کردن سامانه به شیوه IT

اگر از زمین کردن به شیوه IT استفاده شود، یک وسیله پایش عایق‌بندی باید فراهم گردد تا اولین خطای زمین را نشان دهد.
نکته۱: اگر اولین خطایی زمین رفع نشود، خطای بعدی در همان فاز آشکار نخواهد شد، احتمالاً به یک وضعیت خطرناک می‌شود.
نکته۲: هم‌بندی محلی که به عنوان هم‌بندی هم‌پتانسیل اضافی شناخته می‌شود، می‌تواند ضرر روی باشد.

۹-۶ هم‌پتانسیل‌سازی

هم‌پتانسیل‌سازی برای تأسیسات در محیط‌های خطرناک الزامی است. برای سامانه‌های TT، TN و IT تمام قسمت‌های هادی در دسترس و بیگانه باید به سامانه هم بندی هم پتانسیل متصل شوند. سامانه هم بندی ممکن است شامل هادی‌های حفاظتی، لوله‌های فلزی، غلاف کابل‌های فلزی، زره سیم فولادی و ساختارها و قسمت‌های فلزی شوند، اما نباید هادی‌های نول را شامل شوند. اتصالات باید در برابر شل شدگی به صورت خود به خود ایمن شوند و باید خطر خوردگی که ممکن است مؤثر بودن اتصالات را بکاهد، کاهش یابد.

برای مثال، یک صفحه پیوسته زمین ممکن است مناسب باشد تا استفاده از گلند کابل فلزی بدون استفاده از قسمت‌های جداشونده مجزا را اجازه دهد. مواد و ابعاد صفحه پیوسته زمین باید مناسب جریان خطای پیش‌بینی شده باشند. اگر زره یا صفحات کابل‌ها فقط در خارج از ناحیه خطا زمین شده باشند(برای مثال در اتاق کنترل)، این نقطه از زمین باید در سامانه هم‌پتانسیل‌سازی از ناحیه خطرناک، شامل شود. اگر زره یا صفحه فقط در خارج از ناحیه خطرناک در سامانه TN زمین شده باشند، این احتمال وجود دارد که جرقه‌های خطرناک در انتهای زره یا صفحه در ناحیه خطرناک تولید شود.

قسمت‌های هادی در دسترس اگر در تماس هادی با قسمت‌های ساختمانی یا لوله‌ها که در تماس با سامانه هم‌بندی هم پتانسیل هستند، به صورت محکم بسته شده باشند، نیاز نیست به صورت جداگانه به سامانه هم بندی هم پتانسیل متصل شوند. قسمت‌های هادی بیگانه که قسمتی از ساختمان یا تأسیسات الکتریکی نیستند، برای مثال قاب درها یا پنجره‌ها، اگر خطر جابجایی ولتاژ وجود نداشته باشد، لازم نیست به سامانه هم بندی هم پتانسیل وصل شوند.

گلند کابل‌ها که دستگاه‌های نگه‌دارنده(کلمپ) بافت یا زره کابل را شامل می‌شود، می‌تواند برای فراهم کردن هم بندی هم پتانسیل، استفاده شود.

حداقل اندازه هادی‌های هم بندی برای اتصالات اصلی به ریل حفاظتی باید ۶ میلی متر مربع و اتصالات اضافی باید یک سطح مقطع حداقل ۴ میلی‌متر مربع را داشته باشند. هم‌چنین استفاده از هادی‌های بزرگ‌تر برای استحکام مکانیکی، باید مورد توجه قرار گیرد.

محفظه‌های فلزی دستگاه‌های ذاتاً ایمن یا دستگاه‌های انرژی محدود نیاز نیست به سامانه هم بندی هم پتانسیل متصل شود، مگر اینکه در اسناد تجهیزات الزامی باشد یا از انباشت بار استاتیک جلوگیری کند.

تأسیسات با حفاظت کاتدی نباید به سامانه هم بندی هم پتانسیل متصل شوند، مگر اینکه این سامانه مخصوصاً برای این هدف طراحی شده باشد.

هم‌پتانسیل‌سازی بین دستگاه‌ها و تأسیسات ثابت، ممکن است ترتیب بندی خاصی را لازم داشته باشند، برای مثال، در جایی که فلنج‌های عایق استفاده شده‌اند تا لوله‌ها را به هم متصل کند.

۷-۹ هم‌بندی موقتی

هم‌بندی موقتی شامل اتصالات زمین به اقلام قابل جابجایی مثل مخازن، وسایل و تجهیزات قابل حمل برای کنترل الکتریسته ساکن یا هم‌پتانسیل‌سازی می‌باشند. توصیه می‌شود که اتصال نهایی یک اتصال هم بندی موقتی بایستی ساخته شده باشد، خواه:

۱) در یک ناحیه غیر خطرناک، یا

۲) با استفاده از یک اتصال که الزامات EPL[۱] مکان را برآورده می‌کند. یا

۳) با استفاده از یک روش مستند که خطر بروز جرقه را به یک سطح قابل قبول، کاهش می‌دهد.

۱- Equipment Protection Level

برای هم‌بندی موقتی مقاومت بین قسمت‌های فلزی باید کم‌تر از ۱ مگا اهم باشد. اطمینان از این کار باید با اندازه‌گیری یا با نظارت کردن آن مقدار حاصل شود.

هادی‌ها و اتصالات باید با دوام، قابل انعطاف و دارای نیروی مکانیکی کافی برای تحمل حرکت در حین کار را داشته باشد. استقامت مکانیکی هادی باید معادل حداقل ۴ میلی متر مربع مس یا بخشی از یک سامانه کابل کشی انعطاف‌پذیر شامل یک سامانه کنترل و پایش، باشد.

برای نشان دادن اینکه سامانه اتصال همیشه زیر ۱ مگااهم است، باید به استفاده از یک سامانه پایش دائمی توجه شود.

۱۰

فصل دهم

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین مکان‌های مرطوب

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین مکان‌های مرطوب

۱-۱۰ مقدمه

محیط‌های مرطوب محیط‌هایی هستند که علاوه بر نمناک بودن، دیوارها و کف‌ها برای نظافت، معمولاً با آب تحت فشار، شسته می‌شوند، این‌گونه محیط‌ها برای نمونه عبارت‌اند از: رختشویخانه (بزرگ و صنعتی)، کارگاه مرطوب، کارواش، حمام، اتوکشی، کارگاه یا کارخانه لبنیات، قصابی‌های بزرگ، دباغ خانه‌ها، کارگاه و کارخانه شیمیایی، آب‌کاری فلزات، استخرها و نظایر آن‌ها. در این نوع محیط‌ها مجاری سیم کشی از نوع توکار، تنها با استفاده از لوله فولادی و لوله پلاستیکی سخت و برای مجاری سیم کشی از نوع روکار با استفاده از لوله فولادی گالوانیزه مجاز است. تجهیزات استفاده شده در این محیط‌ها باید مجهز به اتصالات مربوط به نوع سیم کشی مورد استفاده باشد تا از نفوذ رطوبت به داخل لوله‌ها و تجهیزات (چراغ‌ها، جعبه تقسیم‌ها، کلیدها، پریزها، وسایل مصرف‌کننده و غیره) جلوگیری شود.

نکته: در سایر محیط‌های مرطوب، و به غیر از حمام و استخر، لوازم و تجهیزات ضد آب تحت فشار، باید درجه حفاظت حداقل IPx۵ (حفاظت شده در برابر فوران آب) را دارا باشند. درجه حفاظت تجهیزات حمام و استخر در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

نکته: عدد اول درجه حفاظت بر اساس استانداردهای معتبر و توسط سازندگان معتبر لوازم برقی تعیین، و مناسب با شرایط محیط نصب، انتخاب می‌گردند.

۱۰-۲ استخرهای شنا و تأسیسات مشابه

■ ۱۰-۲-۱ زمین کردن

تجهیزات الکتریکی باید زمین شوند و با استفاده از روش‌های سیم‌بندی به یک دیگر متصل شوند. تجهیزات زیر باید زمین شوند:

۱. مجموعه نورپردازی‌های از طریق دیوار و آباژورهای زیر آب غیر از دستگاه‌های روشنایی ولتاژ پایین که برای کاربرد بدون هادی زمین ذکر شده‌اند.
۲. تمام تجهیزات الکتریکی که در فاصله ۱/۵ متری دیوار داخلی حجم مشخصی از آب قرار گرفته‌اند.
۳. تمام تجهیزات الکتریکی مرتبط با سامانه گردش حجم مشخصی از آب
۴. جعبه‌های تقسیم
۵. محفظه‌های ترانسفورماتور و منبع برق
۶. قطع‌کننده‌های جریان خطای زمین (RCD)
۷. تابلوهایی که قسمتی از تجهیزات خدمات نیستند و تجهیزات الکتریکی مرتبط با حجم مشخصی از آب را تغذیه می‌کنند.

■ ۱۰-۲-۲ ترمینال‌های هم‌بندی و زمین

ترمینال‌های هم‌بندی و زمین باید برای استفاده در محیط‌های خیس و خورنده مشخص شوند. اتصالات هم‌بندی و زمین در محیط‌های مرطوب، خیس یا خورنده بایستی شامل مس، آلیاژ مس یا فولاد ضد زنگ باشد.

■ ۱۰-۲-۳ تجهیزات متصل با کابل و دوشاخه

تجهیزات ثابت غیر از آباژورهای زیر آب، برای یک استخر نصب دائم، باید به استفاده از کابل و دو شاخه انعطاف‌پذیر برای سهولت در برداشتن یا قطع برای نگهداری یا تعمیر، مجاز باشند.

برای غیر از استخرهای ذخیره، کابل انعطاف‌پذیر نباید بیش‌تر از ۹۰۰ میلی متر طول داشته باشد. کابل انعطاف‌پذیر باید یک هادی زمین مسی که کوچکتر از ۴ میلی متر مربع نباشد را داشته باشد.

هادی‌های زمین تجهیزات باید به یک قسمت فلزی ثابت تجهیز متصل شوند. قسمت‌های قابل برداشتن باید روی قسمت ثابت یا هم بندی شده با آن قرار بگیرند.

■ ۱۰-۲-۴ پمپ‌های استخر با عایق مضاعف - استخرهای نصب دائم

یک پمپ استخر متصل با کابل دو شاخه، یک سامانه تأیید شده از عایق مضاعف را شامل می‌شود که

ابزاری برای زمین کردن قسمت‌های درونی و غیر قابل دسترس، قسمت‌های فلزی غیر حامل جریان پمپ را فراهم می‌کند و باید با استفاده از روش‌های سیم‌بندی مناسب با آن موقعیت متصل شود.

نکته: برای پریزهای موتورهای پمپ استخر که به سامانه تک‌فاز متصل می‌باشند باید جهت حفاظت پرسنل قطع‌کننده جریان خطا فراهم گردد.

■ ۵-۲-۱۰ هم‌بندی هم پتانسیل

هم‌بندی هم پتانسیل الزامی در این بخش، باید برای کاهش شیب‌های ولتاژ در ناحیه استخری نصب شوند. قسمت‌های ۱ تا ۷ باید با استفاده از هادی‌های مسی محکم، عایق بندی شده یا لخت که کوچک‌تر از ۱۰ میلی مترمربع نباشد و یا با استفاده از لوله‌های فلزی محکم برنزی یا سایر فلزات مقاوم در برابر خوردگی، به یکدیگر هم بندی شوند. یک هادی با سطح مقطع ۱۰ میلی‌متر مربع یا بزرگ‌تر که برای کاهش شیب‌های ولتاژ فراهم شده است، نیازی نیست، که به تابلوهای دوردست، تجهیزات سرویس یا الکترودها، متصل شود.

۱-۵-۲-۱۰ بدنه رسانا استخر

هم‌بندی به بدنه هادی استخر باید بر اساس بندهای ۱ یا ۲ زیر فراهم شود. بتن ریخته شده، اسپره شده و بلوک‌های بتنی با یا پوشش رنگ یا گچ به علت قابلیت نفوذ آب و متخلخل بودن باید هادی در نظر گرفته شوند. خطوط وینیلی و بدنه‌های کامپوزیت فایبرگلس باید مواد نارسانا در نظر گرفته شوند.

۱- فولاد تقویت‌شده سازه

فولادهای تقویت‌شده باید با استفاده از سیم‌های گره فولادی یا معادل آن هم بندی شوند. در جایی که فولاد تقویت‌کننده سازه در یک محوطه غیررسانا محصور شود، یک شبکه هادی مسی باید بر اساس بند ۲ نصب شود.

۲-شبکه هادی مسی

یک شبکه هادی مسی باید فراهم شود و باید با بندهای ۱ تا ۴ زیر مطابقت داشته باشد:

۱. از حداقل ۱۰ میلی‌متر مربع هادی‌های مسی لخت هم‌بندی شده به یکدیگر در تمام نقاط تقاطع، ساخته شود.
۲. با محوطه استخر مطابقت داشته باشد.
۳. در یک شبکه‌ای از هادی‌ها در ابعاد ۳۰۰ میلی‌متر در ۳۰۰ میلی‌متر در یک الگوی شبکه عمودی با فاصله‌ی یکنواخت با یک تلرانس ۱۰۰ میلی‌متر ترتیب بندی شوند.
۴. در قسمت داخلی یا زیر استخر که بیش‌تر از ۱۵۰ میلی متر از قسمت بیرونی بدنه استخر نباشد، ثابت شود.

۱۰-۲-۵-۲ سطوح بیرونی

سطوح بیرونی که باید هم بندی شود باید در نظر گرفته شود که دارای طول ۱ متر به صورت افقی آن طرف دیواره‌های داخلی استخر باشد و شامل سطوح سنگ فرش نشده یا انواع سنگ فرش شده می‌شود. سطوح بیرونی جدا شده از استخر با استفاده از یک دیوار یا ساختار دائمی با ۱/۵ متر ارتفاع یا بیشتر، باید هم بندی هم پتانسیل فقط سمت استخر دیوار یا ساختار الزامی باشد.

هم‌بندی سطوح خارجی باید بر اساس بندهای ۱ و ۲ زیر انجام شود و باید به فولاد تقویت شده استخر یا شبکه هادی مسی در حداقل چهار نقطه در فاصله یکنواخت اطراف محیط استخر متصل شوند. برای بدنه استخر غیرهادی، هم‌بندی در چهار نقطه الزامی نیست.

۱. فولاد تقویت‌شده سازه

فولاد تقویت‌شده سازه باید بر اساس بند ۱، ۱-۵-۲-۱۰، هم‌بندی شوند.

۲. روش‌های جایگزین

جایی که فولاد تقویت شده موجود نمی‌باشد یا در یک محوطه غیر هادی محاصره شده باشد یک هادی مسی در جایی که الزامات زیر برآورده می‌شود، باید استفاده شود:

۱. حداقل یک هادی مسی محکم لخت با حداقل سطح مقطع ۱۰ میلی‌مترمربع باید فراهم شود.
۲. هادی‌ها باید تابع محوطه سطح خارجی باشند.
۳. هادی‌های الزامی باید ۴۵۰ میلی‌متر تا ۶۰۰ میلی‌متر از دیواره‌های داخلی استخر باشند.
۴. هادی‌های الزامی باید ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی متر زیر زیرسازی، داخل یا زیر سطح خارجی، ثابت شوند.

۱۰-۲-۵-۳ قطعات فلزی

تمام قسمت‌های فلزی استخر، شامل فلز تقویت شده که در بخش ۱ از ۱-۵-۲-۱۲ به آن اشاره نشده است، باید هم بندی شوند. جایی که فولاد تقویت شده با یک محیط غیرهادی احاطه شده باشد، فولاد تقویت شده لازم نیست هم بندی شود.

۱۰-۲-۵-۴ روشنایی زیر آب

تمام بدنه‌های فلزی و مکان قرارگیری آباژورهای بدون فرورفتگی در دیوار باید هم بندی شوند.

۱۰-۲-۵-۵ اتصالات فلزی

تمام اتصالات فلزی داخل یا متصل شده به ساختار استخر باید هم بندی شوند. قسمت‌های جدا شده

که بیش‌تر از ۱۰۰ میلی متر در هر بعدی نیستند و بیش‌تر از ۲۵ میلی متر با ساختار استخر نفوذ نمی‌کند لازم نیست هم بندی شوند.

۱۰-۲-۵-۶ تجهیزات الکتریکی

قسمت‌های فلزی تجهیزات الکتریکی مرتبط با سامانه گردش آب استخر مثل موتورهای پمپ و قسمت‌های فلزی تجهیزات مرتبط با پوشش‌های استخر شامل موتورهای الکتریکی، باید هم بندی شوند.

۱. موتورهای پمپ آب با عایق مضاعف

۲. جایی که یک موتور پمپ آب با عایق مضاعف نصب شود، یک هادی مسی با ۱۰ میلی متر مربع سطح با طول کافی برای برقراری اتصال هم بندی به یک موتور قابل جابجایی، از شبکه هم بندی به یک نقطه قابل دسترس در مجاورت موتور پمپ استخر کشیده شود.

در جایی که هیچ اتصالی بین شبکه هم بندی استخر شنا و سامانه اتصال زمین تجهیزات برای آن محل، وجود ندارد، این هادی هم بندی باید به هادی زمین تجهیزات مدار موتور متصل شوند.

۳. هیترهای آب استخر

برای هیترهای آب استخر که دارای جریان نامی بیش‌تر از ۵۰ آمپر می‌باشند و دارای دستورالعمل‌های خاص برای زمین کردن و هم‌بندی می‌باشند، فقط قسمت‌هایی که تعیین شده‌اند، باید زمین شوند و فقط قسمت‌هایی که تعیین شده‌اند، باید هم‌بندی شوند.

۱۰-۲-۵-۷ قسمت‌های فلزی ثابت

تمام قسمت‌های فلزی ثابت شامل اما نه محدود به، کابل‌های با غلاف فلزی، محل عبور سیم برق، لوله‌های فلزی، دیوارهای فلزی، قاب‌های پنجره و در فلزی باید هم بندی شوند.

▪ ۱۰-۲-۶ هم‌بندی در تأسیسات داخلی(جکوزی یا اسپا و...)

قسمت‌های زیر باید با یکدیگر هم‌بندی شوند:

۱. تمام اتصالات فلزی داخل یا متصل به ساختار اسپا یا جکوزی

۲. قسمت‌های فلزی تجهیزات الکتریکی مرتبط با سامانه گردش آب اسپا یا جکوزی، شامل موتورهای پمپ

۳. مسیرهای فلزی و لوله‌های فلزی که در ۱/۵ متری دیواره‌های داخلی اسپا یا جکوزی که به وسیله یک مانع دائمی از اسپا یا جکوزی جدا نشده‌اند.

۴. تمام سطح‌های فلزی که در ۱/۵ متری دیواره‌های داخلی اسپا یا جکوزی هستند و به وسیله یک مانع دائمی از اسپا یا جکوزی جدا نشده‌اند.

نکته: سطح‌های فلزی کوچک که احتمال ندارند که برق‌دار شوند، مثل جت‌های آب و هوا و اتصالات

ناو که به لوله‌های فلزی، میله‌های حوله، قاب‌های پنجره و تجهیزات غیر الکتریکی مشابه وصل نمی‌شوند، لازم نیست هم بندی شوند

۵. دستگاه‌های برقی که مرتبط با اسپا یا جکوزی نیستند و در فاصله کم‌تر از ۱/۵ متر از این واحدها قرار گرفته‌اند. در غیر این صورت باید به سامانه اسپا یا جکوزی هم بندی شوند.

۳-۱۰ نگهداری و تعمیر

آزمون‌های ساده روی استخرها و محیط‌های مرطوب دیگر باید شامل بازرسی چشمی، آزمون هم بندی، آزمون زمین و آزمون قطع‌کننده‌های جریان خطای زمین، بشوند.

۱- بازرسی چشمی

یک بازرسی چشمی باید شامل اما نه محدود به یک بازرسی کلی استخر، موقعیت و نوع زمین سرویس، وجود زمین‌های مدار انشعاب، مکان تابلوی اصلی، تابلوهای فرعی سرویس‌دهنده به استخر، جعبه‌های تقسیم، لوله‌ها، فیلترها، هیترها، نردبان‌های فلز، دیوارها، چراغ‌های روشنایی، ... باشد.

۲- آزمون هم‌بندی

یک آزمون هم بندی با استفاده از یک مولتی متر به درستی کالیبره شده باید انجام شود. مواردی که باید آزمون شوند شامل اما نه محدود به جعبه تقسیم‌های فلزی، زمین‌های جعبه تقسیم، پایه لامپ استخر یا اسپا، زمین‌های سامانه الکتریکی، لوله‌های فلزی، فیلتر و محفظه‌های الکتریکی و نردبان‌های فلزی، لوله‌های آب مجاور استخر یا اسپا می‌باشند.

۳- آزمون زمین

یک آزمون زمین باید در حالت قطع برق روشنایی و تجهیزات استخر انجام شود. آزمون‌ها را روی مواردی که باید زمین شوند انجام دهید.

قطع‌کننده جریان خطای زمین را برای عملکرد درست آزمون کنید.

۱۱

فصل یازدهم

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین مکان‌های درمانی

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین مکان‌های درمانی

۱-۱۱ مقدمه

استفاده از تجهیزات الکتریکی پزشکی در بیمارانی که تحت مراقبت‌های ویژه قرار دارند، افزایش قابلیت اطمینان و ایمنی تجهیزات الکتریکی در بیمارستان‌ها را به منظور بهبود ایمنی و تداوم منابع تغذیه، الزامی کرده است.

در یک مکان مراقبت پزشکی، جلوگیری از ایجاد یک مسیر هادی یا خازنی از بدن بیمار به بعضی اشیای زمین شده دشوار است، زیرا آن مسیر ممکن است به صورت تصادفی یا از طریق دستگاه‌هایی که به طور مستقیم به بیمار متصل هستند، برقرار شود. سپس سطح‌های هادی دیگر که ممکن است یک تماسی دیگر با بیمار ایجاد کنند، یا دستگاه‌هایی که ممکن است به بیمار متصل شوند، یک منبع احتمالی جریان‌های الکتریکی شوند که می‌توانند از بدن بیمار عبور کنند. هر چه تعداد دستگاه‌های مرتبط با بیمار بیش‌تر شود، خطر افزایش پیدا می‌کند و بنابراین الزامات احتیاطی بیش‌تری نیاز است. کنترل خطر شوک الکتریکی نیاز به محدود کردن جریان الکتریکی دارد، که ممکن است در یک مدار الکتریکی مرتبط با بدن بیمار جاری شود. با اطمینان از ایمنی تأسیسات و عملکرد و نگهداری ایمن تجهیزات الکتریکی پزشکی متصل به آن، می‌توان ایمنی را حاصل کرد.

۲-۱۱ انواع زمین کردن سامانه

سامانه TN-C در مکان‌های درمانی و ساختمان‌های پزشکی در امتداد برد توزیع اصلی، مجاز نمی‌باشد.

۱۱-۳ منبع تغذیه

در مکان‌های درمانی سامانه توزیع برای سهولت تغییر خودکار از شبکه توزیع اصلی به منبع ایمن الکتریکی که بارهای ضروری را تغذیه می‌کند، باید طراحی و نصب شوند.

۱۱-۴ قطع خودکار منبع تغذیه

■ ۱۱-۴-۱ سامانه‌های TN

در مدارهای نهایی گروه ۱ جریان نامی تا ۳۲ آمپر، دستگاه‌های جریان پسماند با یک جریان عملکرد پسماند ماکزیمم ۳۰ میلی‌آمپر باید استفاده شود.

در مکان‌های درمانی گروه ۲ حفاظت به‌وسیله قطع خودکار منبع تغذیه به‌وسیله دستگاه حفاظتی جریان پسماند با جریان عملکرد پسماند نامی که بیش‌تر از ۳۰ میلی‌آمپر نباشد، فقط باید در مدارات زیر استفاده شود:

- مدارات برای تغذیه تخت جراحی
- مدارات برای واحدهای اشعه X
- مدارات برای تجهیزات بزرگ با توان نامی بزرگ‌تر از ۵ کیلوولت آمپر
- مدارات تجهیزات الکتریکی غیر حیاتی (بحرانی)[۱]

برای اطمینان از این‌که استفاده هم‌زمان تعداد زیادی از چنین تجهیزاتی متصل به یک مدار باعث ایجاد عملکرد ناخواسته دستگاه حفاظتی جریان پسماند (RCD) نمی‌شود، مراقبت‌های لازم انجام شود.

در مکان‌های درمانی گروه ۱ و گروه ۲ که استفاده از RCDها توسط این بند الزامی می‌باشد، بسته به بروز جریان خطای احتمالی فقط نوع A و B باید انتخاب شود.

■ ۱۱-۴-۲ سامانه TT

در مکان‌های درمانی گروه ۱ و ۲، الزامات سامانه‌های TN بکار می‌رود و در تمام موارد دستگاه‌های حفاظتی جریان پسماند باید استفاده شود.

■ ۱۱-۴-۳ سامانه IT پزشکی

در گروه ۲ مکان‌های پزشکی، سامانه IT پزشکی باید با یک وسیله پایش عایق‌بندی مجهز شود، با الزامات خاص زیر:

- امپدانس داخلی AC باید حداقل ۱۰۰ کیلواهم باشد.
- ولتاژ آزمون نباید بزرگ‌تر از ۲۵ ولت DC باشد.

۱-Non-critical electrical

- جریان تزریقی، حتی تحت شرایط خطا، نباید قِله بزرگ‌تر از ۱ میلی‌آمپر داشته باشد.
- نمایش میزان مقاومت باید صورت گیرد، حداقل وقتی که مقاومت عایقی به ۵۰ کیلواهم کاهش یابد.

برای هر سامانه IT پزشکی، یک سامانه هشداردهنده تصویری و صوتی شامل قطعات زیر باید در یک مکان مناسب قرار داده شود طوری که به طور دائمی به‌وسیله کارکنان مرکز درمانی قابل پایش باشد.

- یک لامپ سیگنال سبز رنگ برای نمایش عملکرد طبیعی
- یک لامپ سیگنال زرد رنگ برای هنگامی که مقدار حداقل مقاومت عایقی حاصل گردد، روشن شود. قطع یا جدا شدن این لامپ نباید ممکن باشد.
- یک هشداردهنده صوتی برای وقتی که حداقل مقدار مقاومت عایقی حاصل شود صدا دهد. این آژیر صوتی ممکن است خاموش شود.
- در حالت از بین رفتن خطا و وقتی که حالت عادی برگردد، سیگنال زرد باید از بین برود.

جایی که فقط یک تجهیز از یک ترانسفورماتور IT اختصاصی تغذیه می‌شود، دومی می‌تواند بدون یک وسیله پایش عایق‌بندی نصب شود.

نکته۱: در سامانه‌های IT پزشکی برای مکان‌های درمانی گروه ۲، جریان نشتی سیم پیچ خارجی به زمین و جریان نشتی محفظه وقتی که در شرایط بی‌باری و ترانسفورماتور در فرکانس و ولتاژ نامی قرار دارد، اندازه‌گیری می‌شود، نباید بیش‌تر از ۰/۵ میلی‌آمپر باشد

نکته ۲: در سامانه‌های IT پزشکی برای مکان‌های درمانی گروه ۲، برای تجهیزات ثابت و قابل حمل، برای تشکیل سامانه‌های IT پزشکی، ترانسفورماتورهای تکفاز باید استفاده شوند و خروجی نامی نباید کم‌تر از ۰/۵ کیلوولت آمپر و نباید بیش‌تر از ۱۰ کیلوولت آمپر باشد.

نکته۳: در سامانه‌های IT پزشکی برای مکان‌های درمانی گروه ۲، اگر تغذیه بارهای سه فاز از طریق یک سامانه IT الزامی باشد، یک ترانسفورماتور سه فاز جداگانه با ولتاژ خط به خط خروجی کم‌تر از ۲۵۰ ولت برای این هدف باید فراهم شود.

۵-۱۱ هم‌بندی هم‌پتانسیل اضافی

در هر مکان درمانی گروه ۱ و ۲هادی‌های هم‌بندی هم پتانسیل اضافی باید نصب و به شینه هم‌بندی هم پتانسیل به منظور هم‌پتانسیل‌سازی بین قسمت‌های زیر که در محیط بیمار قرار گرفته‌اند، متصل شوند:

- هادی‌های حفاظتی
- قسمت‌های هادی بیگانه
- در صورت نصب، برای محدود کردن میدان‌های تداخلی الکتریکی
- در صورت نصب، اتصال به شبکه‌های هادی کف
- در صورت وجود، صفحه فلزی ترانسفورماتور جدا کننده

در مکان‌های پزشکی گروه ۲، مقاومت هادی‌ها، شامل مقاومت اتصالات، بین ترمینال‌های هادی حفاظتی پریزها و تجهیزات ثابت یا همه قسمت‌های هادی بیگانه و شینه هم‌بندی هم پتانسیل نباید بیش‌تر از ۰/۲ اهم شود.

شینه هم‌بندی هم پتانسیل باید در یا نزدیک مکان درمانی قرار گیرد. در هر تابلو توزیع یا مجاورت آن، یک شینه هم‌بندی هم پتانسیل اضافی باید فراهم شود که هادی هم‌بندی هم پتانسیل اضافی و هادی زمین حفاظتی متصل شوند. اتصالات باید طوری چیده شوند که کاملاً واضح و به آسانی به‌صورت جداگانه قابل جداسازی باشند.

۱۱-۶ آزمون‌های زمین

■ ۱۱-۶-۱ پیوستگی هادی‌های حفاظتی شامل هم‌بندی هم پتانسیل اصلی و اضافی

یک آزمون پیوستگی باید انجام شود.

توصیه می‌شود که آزمون با یک تغذیه دارای ولتاژ بی‌باری ۴ ولت تا ۲۴ ولت dc یا ac، و با حداقل جریان ۰/۲ آمپر انجام شود.

مقدار مقاومت R اندازه‌گیری شده در این حالت باید شرط زیر را برآورده کند:

$$R \leq \frac{U_C}{I_t} \qquad (۱۱-۱)$$

که در آن

R : مقاومت هادی‌های حفاظتی

«U_C» : ولتاژ تماسی مورد انتظار بر طبق جدول ۱-۱۱ بر اساس زمان‌های قطع داده شده

«I_t» : جریانی که باعث عملکرد خودکار دستگاه حفاظتی در محدوده زمانی مشخص برای سامانه های اتصال زمین مختلف می باشد.

جدول ۱-۱۱. ولتاژهای تماسی احتمالی بر اساس زمان های قطع[۱۲]

ولتاژهای تماسی احتمالی (V)	زمان های قطع (S)
۳۵۰	۰/۱
۲۱۰	۰/۲
۱۰۵	۰/۴
۶۸	۰/۸
۵۰	۵

■ ۲-۶-۱۱ بازرسی شرایط برای حفاظت به‌وسیله قطع خودکار منبع تغذیه

۱-۲-۶-۱۱ سامانه TN

بازرسی به‌صورت زیر انجام می شود:

۱) اندازه گیری امپدانس حلقه خطا. به‌عنوان جایگزین، بازرسی ممکن است به‌وسیله اندازه گیری مقاومت هادی‌های حفاظتی صورت گیرد(رابطه ۱-۱۲).

۲) بازرسی مشخصات دستگاه حفاظتی مربوطه(به عبارت دیگر به‌وسیله بازرسی چشمی تنظیمات جریان نامی قطع کننده های مدار و جریان نامی فیوزها و همچنین با آزمایش RCDها)

۲-۲-۶-۱۱ سامانه TT

بازرسی به‌صورت زیر انجام می شود:

۱) اندازه گیری مقاومت الکترود زمین برای قسمت‌های هادی در دسترس تأسیسات

۲) بازرسی مشخصات دستگاه حفاظتی مربوطه

این بازرسی باید برای:

- دستگاه های پسماند جریان به‌وسیله بازرسی چشمی و با آزمون
- دستگاه های حفاظت اضافه جریان به‌وسیله بازرسی چشمی(به‌عبارت دیگر تنظیمات جریان برای قطع‌کننده های مدار، جریان نامی برای فیوزها)
- هادی‌های حفاظتی به‌وسیله بازرسی پیوستگی آن‌ها صورت گیرد.

۳-۲-۶-۱۱ سامانه IT

محاسبه یا اندازه گیری جریان خطای اول.

نکته۱: اگر تمام قسمت‌های هادی در دسترس به زمین سامانه تغذیه متصل باشند، در حالتی که سامانه از طریق یک امپدانس به زمین متصل باشد، این اندازه‌گیری ضروری نیست.

جایی‌که در حالت بروز خطای دوم ، شرایط مشابه سامانه TT رخ دهد، بازرسی به‌وسیله بند ۲-۲-۶-۱۱ انجام می شود. و در جایی که شرایط مشابه شرایط سامانه‌های TN رخ دهد بازرسی مطابق با بند ۱-۲-۶-۱۱ انجام می شود.

۱۲

فصل دوازدهم

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین کارگاه‌های کشاورزی و دامپروری

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین کارگاه های کشاورزی و دامپروری

۱-۱۲ مقدمه

این فصل در مورد تجهیزات ثابت الکتریکی که در داخل و یا در خارج مکان‌های کشاورزی و دامپروری قرار دارند، می‌باشد و برای خانه‌ها و مکان‌های مسکونی کاربرد ندارد. هم‌چنین برخی از الزامات این بخش برای مکان‌های مسکونی و دیگر مکان‌های مشترک با مکان‌های کشاورزی و دامپروری کاربرد دارند. مکان‌هایی که یک اتصال هادی به‌وسیله هادی‌های حفاظتی یا قسمت‌های هادی بیگانه با مکان‌های کشاورزی و دامپروری دارند. برخی از مکان‌های دیگر شامل دفاتر کار، سالن‌های ماشین‌آلات، اتاق‌های کار، گاراژها و غیره می‌باشند.

خطرات خاص مربوط به مکان‌های کشاورزی و دامپروری شامل موارد زیر هستند.

۱) دسترسی کلی قسمت‌های هادی بیگانه

۲) یک محیط که شدیداً در معرض آسیب مکانیکی، قرار گیری در معرض هوا، عوامل خوردگی (مثل آب، ادرار حیوانات، مواد شیمیایی مزارع و غیره)

۳) یک محیط خطرناک مکانیکی به خاطر تجهیزات الکترومکانیکی، ماشین‌آلات و میکسرها و دستگاه‌های مکانیکی از هرنوعی

۴) خطر جویده شدن کابل‌ها که منجر به آتش سوزی می‌شود.

۵) انبار مواد قابل اشتعال مثل کاه و مشابه آن.

۶) افزایش حساسیت به شوک الکتریکی برای دام‌ها

۱۲-۲ انواع سامانه‌های توزیع

تمام الزامات سامانه‌های توزیع برق (سامانه اتصال زمین) مشابه فصل ۵ می باشد. بندهای اضافی در سامانه‌های توزیع به صورت زیر می‌باشد:

۱) جایی‌که تأسیسات الکتریکی به یک سامانه TN متصل شود، باید هادی‌های نول و حفاظتی جدا از پایین محل نصب وجود داشته باشد. این الزامات همچنین برای مکان‌های مسکونی مربوط به محیط‌های کشاورزی و دامپروری کاربرد دارند.

۲) در محیط‌های کشاورزی و دامپروری سامانه های TN-C نباید استفاده شوند.

۳) به‌دلیل دشواری‌های عملی در هم‌بندی تمام قسمت‌های هادی بیگانه، شرکت‌های توزیع برق ممکن است یک سامانه اتصال زمین حفاظتی چندگانه[۱] برای تأسیسات کشاورزی یا دامپروری فراهم نکنند.

۴) محتمل نیست که یک سامانه TN-S به‌وسیله یک توزیع کننده به‌عنوان یک کار همیشگی فراهم شود، مگر آنکه تأسیسات خیلی بزرگ باشند و برنامه اولیه ای برای آن ساخته شده باشد. از سوی دیگر، باید به نصب یک الکترود زمین اضافی توجه شود زیرا به احتمال زیاد تأسیسات TT لازم است.

۵) باید توجه شود که در تأسیسات TT باید از ایزولاتورها برای قطع هادی های برق دار از جمله نول استفاده شود.

۱۲-۳ حفاظت در برابر شوک الکتریکی با قطع اتوماتیک منبع تغذیه

■ ۱۲-۳-۱ کلیات

در مدارات، مستقل از نوع سامانه اتصال زمین، دستگاه‌های قطع کننده زیر باید فراهم شوند(شکل ۱-۱۲):

۱) در مدارات نهایی تغذیه‌کننده پریزها که جریان نامی آن‌ها از ۳۲ آمپر بیش تر نباشد، باید از یک دستگاه RCD با یک جریان پسماند که بیش‌تر از ۳۰ میلی‌آمپر نباشد، استفاده شود.

۲) در مدارات نهایی تغذیه کننده پریزها با جریان نامی بیشتر از ۳۲ آمپر، باید از یک دستگاه RCD با یک جریان پسماند نامی که بیش‌تر از ۱۰۰ میلی‌آمپر نباشد، استفاده می‌شود.

۳) در بقیه مدارات، از RCDهایی که جریان پسماند آن بیش‌تر از ۳۰۰ میلی‌آمپر نباشد، استفاده می‌شود.

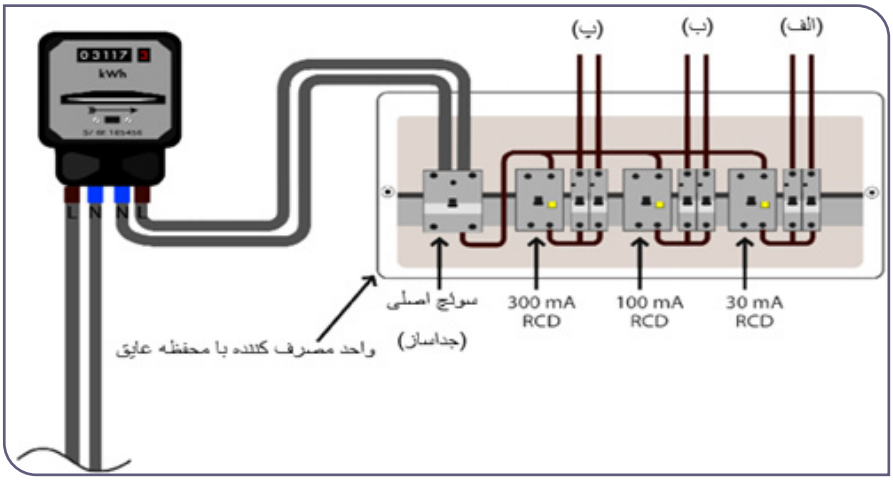
■ ۱۲-۳-۲ هم‌بندی هم‌پتانسیل اضافی

در مکان‌های در نظر گرفته شده برای حیوانات هم‌بندی اضافی باید تمام قسمت‌های هادی در دسترس و قسمت‌های هادی بیگانه که می‌توانند به وسیله حیوانات لمس شوند را به هم متصل کند. در جایی که یک شبکه فلزی در کف قرار گرفته باشد، باید در هم‌بندی اضافی مکان در نظر گرفته شود(شکل ۲-۱۲).

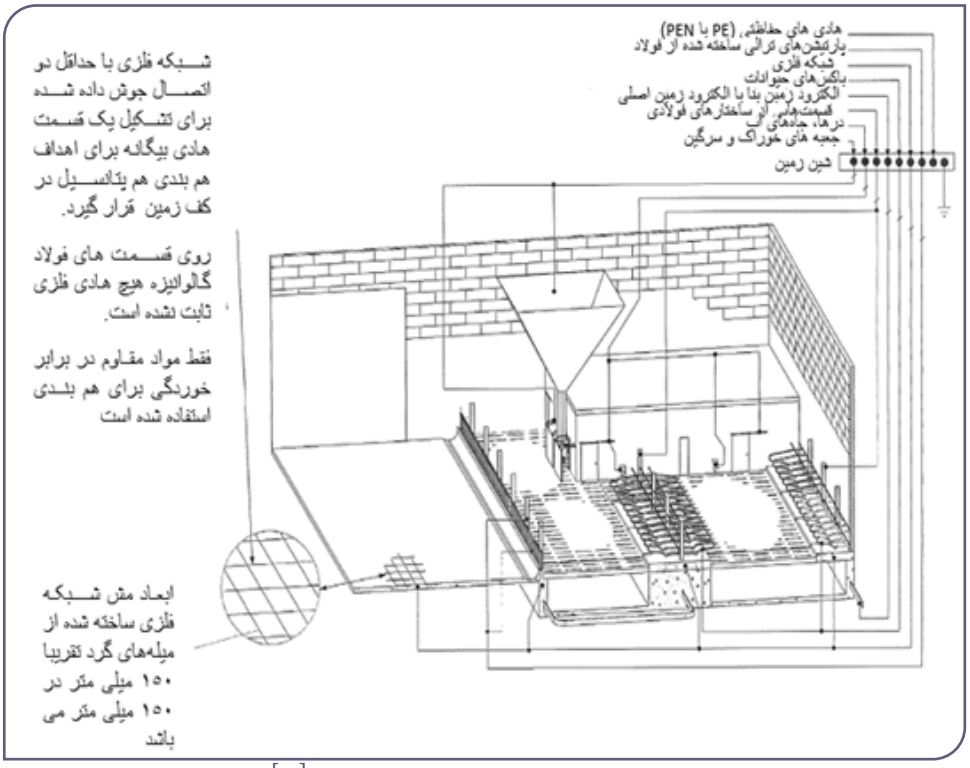
۱- Protective Multiple Earthing(PME)

قسمت‌های هادی بیگانه در کف برای مثال بتن آرمه یا آرماتور گودال کود مایع باید به هم‌بندی هم پتانسیل اضافی متصل شوند. در صورت وجود، هادی هم‌بندی اضافی و شبکه فلزی باید به گونه‌ای ساخته شوند که در برابر فشارهای مکانیکی و خوردگی مقاوم باشند.

نکته: جایی که یک شبکه فلزی در کف قرار نگرفته است یک سامانه TN-C-S توصیه نمی‌گردد.



شکل۱-۱۲. الزامات برای RCD ها؛ الف) مدارات پریز که بیش تر از ۳۲ آمپر نباشد، ب) مدارات پریز که بیش تر از ۳۲ آمپر است، و پ) مدارات غیر از پریزها[۱۳]



شکل ۲-۱۲. مثالی از هم‌بندی اضافی داخل یک اغل احشام[۱۴]

■ ۳-۳-۱۳ امپدانس حلقه خطا زمین

در مواردی که از RCD برای حفاظت خطای زمین استفاده شده است، شرایط زیر باید برای تأسیسات TT برآورده شوند:

۱. بیش‌ترین زمان قطع برای سامانه TT باید مطابق با جدول ۱-۱۳ باشد.

۲. $R_A \times I_{\Delta n} \leq 50\ V$

که در آن R_A مجموع مقاومت‌های الکترود زمین و هادی حفاظتی است که آن را به قسمت‌های هادی در دسترس متصل می‌کند. $I_{\Delta n}$ پسماند نامی RCD است.

شرایط بالا زمانی برقرار می‌گردند که امپدانس حلقه خطا زمین از مقادیر جدول ۱-۱۳ فراتر نرود.

جدول۱-۱۳. بیش‌ترین امپدانس حلقه خطای زمین[۱۴]

جریان عملکرد چسماند نامی (mA)	بیش ترین امپدانس حلقه خطای زمین بر حسب اهم
۳۰	۱۶۶۷
۱۰۰	۵۰۰
۳۰۰	۱۶۷

۱۲-۴ مشخصات

اسناد زیر باید برای استفاده کننده تأسیسات فراهم شوند.

۱) طرحی که نشان دهنده مکان تمام تجهیزات الکتریکی باشد.

۲) مسیرهای تمام کابل‌های مخفی شده

۳) یک نمودار توزیع تک خط

۴) یک نمودار هم‌بندی هم پتانسیل که نشان‌دهنده مکان‌های اتصالات هم‌بندی باشد.

۱۳

فصل سیزدهم

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین تجهیزات حساس الکترونیکی و مخابراتی

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین تجهیزات حساس الکترونیکی و مخابراتی

۱-۱۳ مقدمه

زمین کردن صحیح تجهیزات حساس الکترونیکی و مخابراتی لازمه‌ی عملکرد قابل اعتماد این تجهیزات می‌باشد. عبارت تجهیزات الکترونیکی برای سامانه‌هایی که دارای میکرو پروسسور هستند استفاده خواهد شد مانند:

۱. کامپیوترها
۲. کنترل کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی
۳. فرآیند صنعتی سامانه‌های کنترل توزیع شده[۱] نیروگاه
۴. سامانه‌های مخابراتی
۵. تصویربرداری تشخیص پزشکی
۶. سایر تجهیزات حساس الکترونیکی

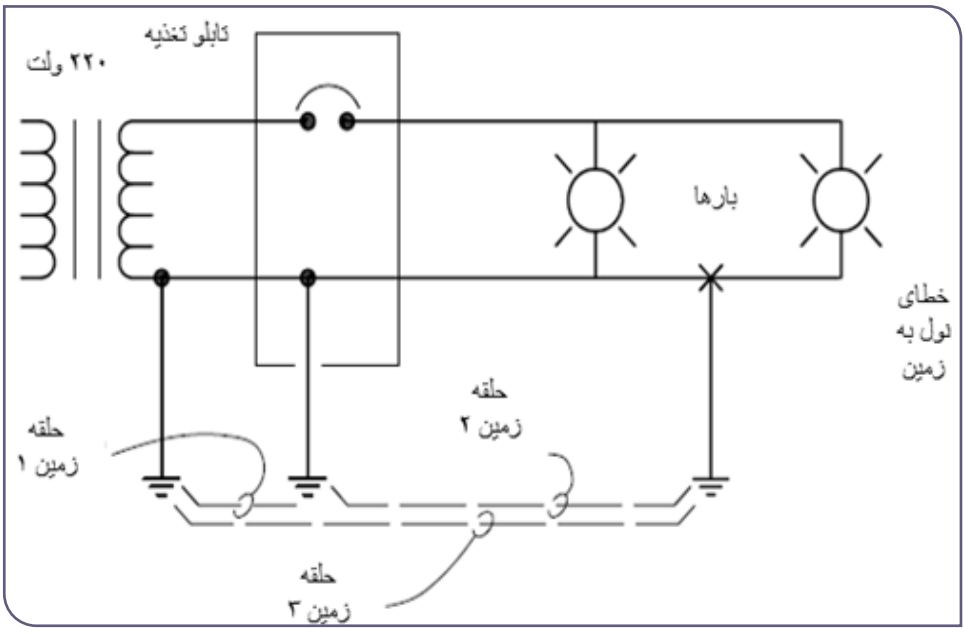
سطح پایین ولتاژ استفاده شده در این تجهیزات، آن‌ها را به ولتاژهای تصادفی (نویز) بسیار پایین‌تر از سطح قابل حس توسط انسان یا تأثیر گذار بر روی تجهیزات الکتریکی، حساس می‌کند. برای مثال، بیشتر تجهیزات الکترونیکی مدرن به بارهای ولتاژ استاتیک که توسط انسان در حرکت‌های ساده بدن تولید می‌شوند، بسیار حساس هستند. مطمئناً، ولتاژهای تزریق شده به زمین به علت برخورد صاعقه حتی در فاصله چندین کیلومتری می‌تواند کارکرد نادرست و خرابی برای تجهیز به بار بیاورد، مگر آنکه تمهیدات مناسب انجام پذیرد. خوشبختانه امروزه شناخت خوبی در زمینه جلوگیری از این منابع تداخلی و نیز چگونگی جلوگیری از ورود آن‌ها به تجهیزات الکترونیکی کسب شده است که می‌توان از آن جهت عملکرد صحیح این تجهیزات و

۱- Distributed Control System(DCS)

از آسیب رسیدن به آن‌ها استفاده نمود. علاوه بر بحث حفاظتی تجهیزات حساس الکترونیکی و مخابراتی، مسئله سازگاری الکترومغناطیسی هم مطرح می‌شود که در واقع مستلزم استفاده از یک زمین عملیاتی برای مسئله غیر از حفاظت است. از این رو در مباحث این فصل، در بخش‌هایی که از سیم زمین برای حذف یا کاهش نویز استفاده شده است که در واقع خارج از بحث حفاظتی است، منظور از زمین ، زمین عملیاتی است.

۱۳-۲ نویز الکتریکی در زمین سامانه برق

با افزایش پیچیدگی سامانه‌های الکترونیکی، نگه داشتن تجهیزات الکترونیکی حاشیه‌ای یا پایانه‌های راه دور در فاصله‌ای دور از تجهیزات الکترونیکی اصلی، ضروری است. این تجهیزات الکترونیکی نیازمند منبع تغذیه می‌باشند که می‌توان از همان سامانه برق تجهیزات الکترونیکی اصلی (در قسمت دیگری از ساختمان) تغذیه کرد. برای سامانه‌های زمین (هم بندی)، پیدایش اختلاف پتانسیل از یک نقطه به نقطه دیگر به‌علت شارش جریان زمین که دارای فرکانس ۵۰ هرتز یا فرکانس بالای گذرا است، غیرعادی نیست. بنابراین، رخداد اتصال زمین سامانه برق می‌تواند تجهیزات راه دور را به یک نقطه زمین که چند ولت با زمین تجهیزات الکترونیکی اصلی اختلاف دارد، مرجع کند. لذا، کابل‌های «داده» یا سیگنال متصل به هم، مسیری را برای یک جریان کنترل نشده بین این دو نقطه از زمین از طریق تجهیزات الکترونیکی تکمیل می‌کند و می‌تواند باعث سوء عملکرد و خرابی تجهیز مربوطه شود، شکل ۱-۱۳.



شکل ۱- ۱۳. جریان پراکنده ایجاد شده به وسیله دو زمین مرجع متفاوت [۱۵]

۱۳-۳ سامانه یا تجهیزاتی که باید زمین شوند

■ ۱۳-۳-۱ سامانه برق

در سامانه‌های برق (تجهیزات الکتریکی) در حالت کلی حداقل دو گروه زمین کردن به صورت زیر وجود دارند:

۱) **زمین کردن عملیاتی:** زمین کردن بخشی از سامانه منبع تغذیه الکتریکی، معمولاً نول سامانه.

۲) **زمین کردن تجهیزات:** زمین کردن تمام قسمت‌های تجهیزات فلزی و چهارچوب محفظه از طریق هم بندی قطعات و اتصال آن‌ها به زمین.

■ ۱۳-۳-۲ سامانه تجهیزات الکترونیکی

مشابه سامانه برق، سامانه تجهیزات الکترونیکی نیز بخش‌های متنوعی دارد که باید زمین شوند که عبارتند از:

۱-زمین مشترک سیگنال[۱]

مرجع صفر سامانه برای خطوط داده و بطور کلی بخش سیگنال، که نشان‌دهنده نول حساس تجهیزات الکترونیکی می‌باشد. این یکی از سامانه‌هایی است که به ولتاژهای گذرا حساس می‌باشد و با توجه به پتانسیل ولتاژ نیاز به یک نقطه مرجع پایدار دارد.

۲-زمین مرجع منبع تغذیه DC[۲]

تجهیزات الکترونیکی ممکن است چندین سامانه ولتاژ DC متفاوت داشته باشند مثل: ۱۲- / ۰ / ۱۲+ و ۵- / ۰ / ۵+

۳-زمین تجهیزات

شامل بدنه اجزای فلزی تجهیزات الکترونیکی از جمله محفظه خارجی می‌باشد.

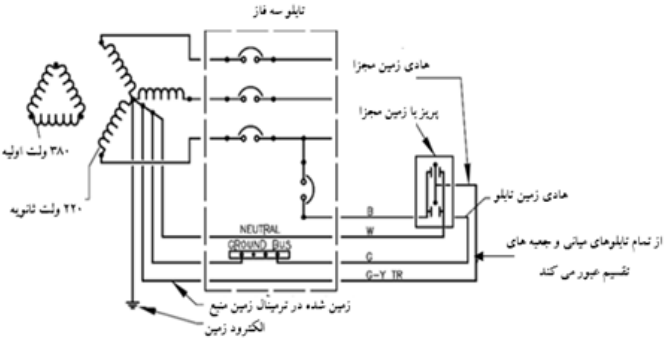
۱-Signal common grounding

۲-DC power supply reference ground

۱۳-۴ زمین کردن تجهیزات الکترونیکی

■ ۱۳-۴-۱ اتصال تک نقطه

برای جلوگیری از اثرات سوء ناشی از جریان‌های پراکنده پیوسته و یا جریان‌های گردشی بر عملکرد و سیگنال‌های تجهیزات الکترونیکی، لازم است که سامانه اتصال زمین این تجهیزات از ادوات زمین تجهیزات جدا باشد و فقط در یک نقطه به هم متصل باشد، شکل ۲-۱۳.



شکل ۲-۱۳. هادی زمین عایق بندی شده برای تجهیزات حساس [۱۵]

تولید کنندگان تجهیزات الکترونیکی ممکن است چندین سامانه اتصال زمین متفاوت برای این تجهیزات درنظر گرفته باشند که ممکن است آن‌ها را زمین برق، زمین سیگنال، زمین ایمنی و غیره بنامند. به استثنای زمین ایمنی که معمولاً مختص محفظه تجهیزات می‌باشد، تمام زمین‌های دیگر معمولاً به یک تک نقطه ختم می‌شوند. موقعیت این نقطه زمین علت اساسی نگرانی است.

نقطه‌ای که دو سامانه اتصال زمین (شامل سامانه اتصال زمین برق و سامانه اتصال زمین تجهیزات الکترونیکی) می‌توانند به هم متصل شوند در یکی از دو مکان: ۱. تجهیزات سرویس (تابلو اصلی برق) یا ۲. ثانویه یک سامانه ایجاد شده جداگانه (ترانسفورماتور ایزولاسیون) می‌باشد. شکل ۲-۱۳ نقطه مشترک زمین سامانه برق را نشان می‌دهد که درآن زمین سامانه الکترونیکی در نقطه هم‌بندی نول- زمین در منبع تغذیه، به زمین سامانه برق هم‌بندی شده است.

در مواردی که یک مجموعه اصلی سامانه الکترونیکی از چندین محفظه تشکیل شده باشد، اتصالات داخلی زمین، نه زمین محفظه، باید به یک نقطه درون مجموعه محفظه‌ها متصل شود و این نقطه به زمین متصل شود. مجموعه زمین‌های منفرد باید به شکل یک سامانه توزیع شعاعی (درختی)، بدون هیچ مسیر زمین موازی، باشد. اگر زمین داخلی سیگنال به جای عایق شدن از محفظه فلزی به آن وصل شود، باید محفظه‌های تمام قطعات از زمین یا از یک سطح هادی که ممکن است نگه دارنده آن‌ها باشد، عایق شوند.

این آرایش زمین‌های سیگنال یا محفظه یک شرایط ناامن ایجاد می‌کند و توصیه نمی‌شود.

اگر سامانه‌های جداگانه زمین سیگنال تجهیزات الکترونیکی از محفظه جدا شده باشند و در یک نقطه مشترک به هم متصل باشند، توصیه نمی‌گردد یا ضروری نیست تا محفظه‌های تجهیزات الکترونیکی را از سطح زمین یا از هر سطح دیگری جدا کرد.

■ ۱۳-۴-۲ هادی‌های زمین عایق‌بندی شده

تجهیزات قابل اتصال (مثل کامپیوترهای شخصی، پرینترها و غیره) می‌توانند تحت تأثیر مخرب جریان‌های شارشی در هادی‌های مشترک زمین تجهیزات (EGC)[۱] مانند لوله، هادی زمین (لخت یا زرد)، فولاد ساختمان و غیره قرار گیرند. برای کاهش چنین مشکلاتی، استفاده از یک هادی زمین عایق شده از ترمینال زمین عایق بندی شده پریز تا نقطه هم بندی نول-زمین در منبع تغذیه (تابلو اصلی یا ثانویه یک سامانه مجزا) اجازه داده شده است. این هادی (زرد رنگ با یک نوار سبز) باید در همان مسیر سیم کشی، لوله یا مجرای عبور هادی‌های تغذیه‌کننده بار پریز قرار گیرد. این هادی نباید به هیچ شینه یا نقاط مشترک زمین بین بار پریز و نقطه هم بندی نول-زمین در منبع تغذیه وصل شود. این سامانه اتصال زمین کردن می‌تواند بخش قابل توجه‌ای از نویز مود مشترک (نول-زمین) را در سامانه‌های برق ساختمان (که می‌تواند به عملکرد صحیح تجهیزات حساس الکترونیکی آسیب بزند)، حذف کند. برای اجتناب از هرگونه نویز الکتریکی القایی درمسیر برگشت زمین هادی عایق بندی شده، فقط هادی‌های تغذیه‌کننده پریز در مجرای فلزی قرار گیرند.

استفاده از یک EGC عایق بندی شده و یک پریز با زمین جداشده، الزامات مربوط به اتصال قسمت‌های فلزی محفظه پریز، مجراها، لوله‌ها و غیره به سامانه اتصال زمین تجهیزات ساختمان را برطرف نمی‌کند (شکل ۲-۱۶). مجراهای فلزی می‌توانند زمین تجهیزات را برای پریزها فراهم کنند، هرچند اگر از هر سامانه مجرای غیر فلزی برای محفظه پریز استفاده شود در این شرایط معمولاً هادی‌های زیر لازم هستند:

۱. هادی فاز (معمولاً سیاه رنگ)
۲. هادی نول (آبی رنگ)
۳. EGC سامانه (زرد)
۴. EGC جداشده (معمولاً زرد با نوار سبز)

■ ۱۳-۴-۳ زمین‌های جدا شده

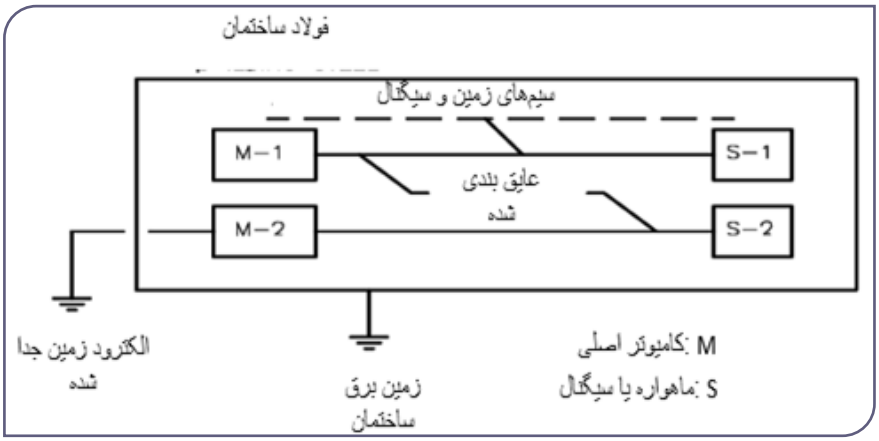
۱۳-۴-۳-۱ تاریخچه

از آنجایی‌که سامانه اتصال زمین تغذیه تجهیزات الکترونیکی عامل ایجاد عملکرد نادرست و شکست

۱-Equipment Grounding Conductor (EGC)

آن‌ها شناخته شده بود، یک راه حل منطقی این بود که از سامانه اتصال زمین سایر تجهیزات الکتریکی (برقی) ساختمان برای زمین کردن تجهیزات الکترونیکی استفاده نشود. در این راستا، عدم شناخت کافی تولید کنندگان تجهیزات الکترونیکی از کاربرد و عملکرد هادی نول و سامانه اتصال زمین تجهیزات به الزامات نصب اشتباه منجر شد. راه حل جایگزین، استفاده از یک الکترود زمین مجزا شامل یک یا چند میله جدا از سامانه الکترود زمین برق ساختمان برای زمین کردن تجهیزات الکترونیکی بود. این کار معمولاً چند متر دورتر از ساختمان شکل می‌گرفت که دارای مقاومت زمین از ۱۰ اهم تا ۳۰ اهم یا بیشتر داشتند. این مقاومت اضافی معمولاً با افزودن امپدانس اضافی به مدار، مشکل الکتریکی سامانه تجهیزات الکترونیکی را پنهان می‌کرد. به همین دلیل در برخی از نقاط جهان، زمین مجزا، زمین خاموش نامیده می‌شود.

استفاده از چندین میله زمین، مقاومت زمین را کاهش می‌دهد اما با نزدیک شدن فاصله‌ها، مؤثر بودن آن کاهش می‌یابد. استفاده از چندین میله یک مقاومت کل معادل با مقاومت یک میله تقسیم بر تعداد میله‌ها را فراهم نمی‌کند مگر آنکه فاصله میله‌ها از هم چندین برابر طول میله‌ها باشند ضمن اینکه باید هم بندی صورت گیرد. شکل ۳-۱۳ چنین سامانه‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۳. زمین جدا شده کامپیوترها[۱۵]

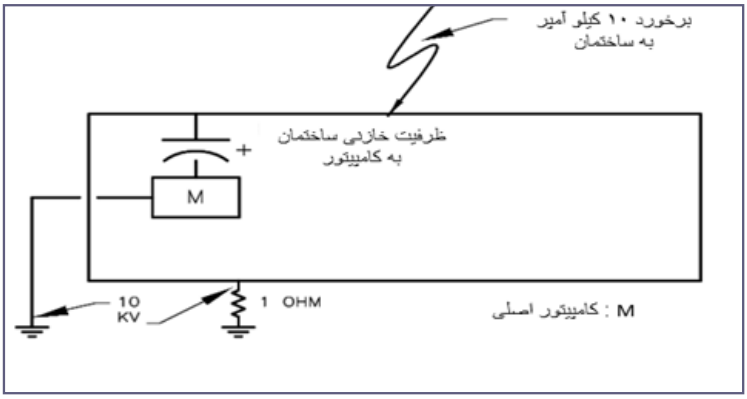
۲-۳-۴-۱۳ کاهش نویز

سامانه اتصال زمین مجزا، ورود نویزی را که از جانب سامانه اتصال زمین شبکه برق (از طریق اتصالات چندگانه زمین) بوجود می‌آید، کاهش می‌دهد. از آنجا که امپدانس اضافی به مدار وارد شده است مقداری نویز همچنان برداشت می‌شود، مگر آنکه تمام تجهیزات الکترونیکی متصل به هم به یک گروه از هادی‌های زمین شوند. بین هادی‌های زمین حتی به فاصله یک متر از هم می‌تواند اختلاف پتانسیل وجود داشته باشد که بصورت نویز در قسمت‌های مختلف یک سامانه تجهیزات الکترونیکی متصل به هادی‌های زمین مشاهده می‌شود.

۱۳-۴-۳-۳ چالش‌ها

اگرچه بکارگیری زمین "مجزا" منجر به ضعیف شدن (یا حذف) نویز پیوسته می‌شود، مع الوصف، مانع بروز حوادث فاجعه بار نشده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در شرایط صاعقه‌ای، جدایی زمین‌ها یکی از عوامل ایجاد ولتاژهای بسیار بزرگ در تجهیزات الکترونیکی بوده است. این ولتاژهای بزرگ بخاطر برخورد صاعقه به ساختمان (محل تجهیزات الکترونیکی) یا به سامانه برق تغذیه‌کننده آن بوجود می‌آیند. به علت مقاومت غیر صفر الکترود زمین ساختمان، ولتاژ ساختمان به یک سطح قابل توجهی بالاتر از تجهیزات الکترونیکی افزایش می‌یابد در حالیکه تجهیزات الکترونیکی در ولتاژ الکترود مجزا نگه داشته می‌شوند. این اختلاف ولتاژ از یکطرف و ظرفیت خازنی بین تجهیزات الکترونیکی و چهارچوب ساختمان، ولتاژی بالاتر از ولتاژ شکست قطعات به قطعات تجهیزات الکترونیکی وارد می‌کند. شایان ذکر است بسیاری از قطعات نیمه هادی تجهیزات الکترونیکی تنها در حدود ۲۰ ولت یا کم‌تر حتی برای یک زمان کم ۱ میکروثانیه را تحم می‌کنند. شرایط توصیف شده در شکل ۴-۱۳ نشان داده شده است.

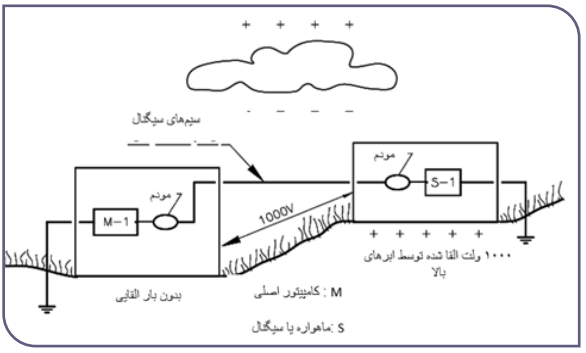
عوامل غیر مشهود دیگری نیز مؤید مشکل‌سازی روش "زمین مجزا" بوده‌اند. مثلاً هنگامی که بارهای الکترواستاتیکی بر روی ابرها متمرکز می‌شوند، باعث القای بار و به تبع آن القای ولتاژ به زمین زیر ساختمان خواهند شد. این ولتاژ القا شده می‌تواند (حتی بدون برخورد صاعقه) باعث آن شود که ولتاژ مطلق ساختمان حتی چند صد ولت متفاوت از ولتاژ سامانه اتصال زمین مجزای سامانه‌های الکترونیکی باشد که تقریباً یک متر از ساختمان فاصله دارد. این ولتاژ تصادفی و گذرا است و می‌تواند پالس‌های گذرا را به مدار تجهیزات الکترونیکی وارد کند که منجر به عملکرد نا مطلوب یا حتی باعث شکست قطعات الکترونیکی شود.



شکل ۴-۱۳. اثرات برخورد صاعقه به ساختمان با الکترود زمین جدا شده[۱۵]

۱۳-۴-۳-۴ تجهیزات راه دور

در مواردی که واحدها یا تجهیزات الکترونیکی راه دور به یک الکترود زمین مجزا (جدا از ساختمان اصلی) در محل خود زمین شده باشند، می توان انتظار اختلاف پتانسیل قابل توجهی را بین قطعات نیمه هادی راه دور و اصلی داشت بطوریکه باعث تخریب آن‌ها شود. شکل ۵-۱۵ نشان دهنده این موضوع است. همانطور که در این شکل مشاهده می شود، معمولاً یک تکرار کننده (ریپتر) مجزا در سامانه های تلفن به نام مودم (که یک سخت افزار برای اتصال اتصال ترمینال داده به یک خط مخابراتی است) برای جلوگیری از این اضافه ولتاژ استفاده می‌شود. مودم سیم های سیگنال به هم پیوسته را معادل مدار تلفن می‌کند.



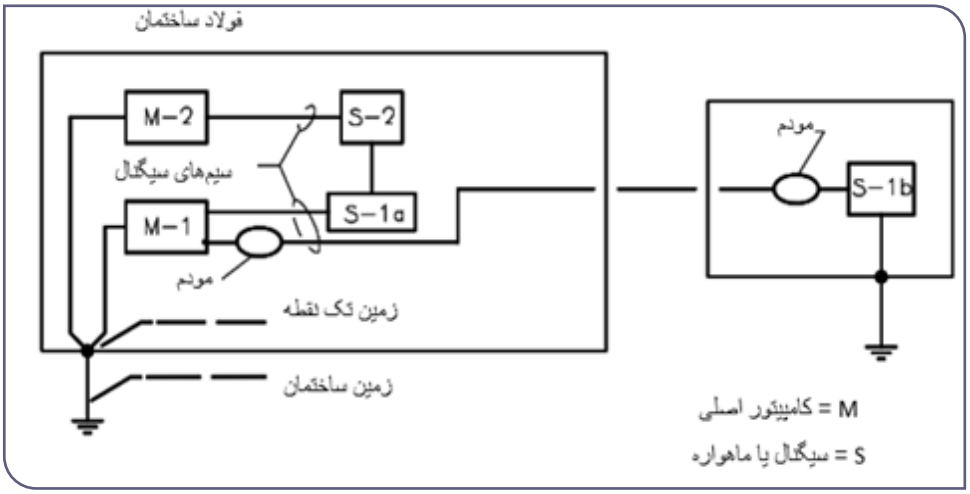
شکل ۵ -۱۳. تجهیزات راه دور زیر یک توده ابر باردار [۱۵]

■ ۱۳-۴-۴ سامانه اتصال زمین تک نقطه

برای حذف جنبه‌های نامطلوب روش‌های سابق زمین کردن تجهیزات الکترونیکی و سامانه‌های حساس الکترونیکی مشابه، سامانه اتصال زمین تک نقطه توسعه یافته است که روش توصیه شده برای زمین کردن تجهیزات حساس الکترونیکی می‌باشد. این روش به مشکلات ایجاد شده بوسیله الکترود زمین چندگانه تأسیسات با زمین کردن تمام قطعات سامانه‌های الکترونیکی در فقط یک نقطه از سامانه اتصال زمین برق، غلبه می‌کند.

تمام تجهیزات الکترونیکی متصل به هم باید به همان تک نقطه در سامانه اتصال زمین برق زمین شوند ضمن آنکه جداسازی کابل‌های سیگنال / داده متصل به هم باید با استفاده از کابل‌های فیبر نوری، ایزولاتورهای نوری، مودم‌ها یا وسایل دیگر انجام شود. حفاظت در برابر ولتاژ ضربه باید در دو طرف کابل‌های نصب شده بین ساختمان‌ها به‌کار برده شود. در این روش، ولتاژ القایی خازنی بین ساختمان و تجهیزات الکترونیکی که بخاطر زمین جداگانه به‌وجود می‌آیند به‌وسیله هم بندی تجهیزات الکترونیکی و سامانه برق ساختمان به یک سامانه الکترود زمین یکسان، از بین می‌رود. شکل ۶-۱۳ نشان‌دهنده این موضوع است.

وقتی که الکترود زمین تجهیزات الکترونیکی و الکترود زمین سامانه برق به یکدیگر متصل هستند، در صورت افزایش ولتاژ گذرا اعمال شده به فولاد ساختمان، کل سامانه تجهیزات الکترونیکی به همراه فولاد ساختمان افزایش و کاهش ولتاژ را تجربه می کند و لذا، هیچ اضافه ولتاژی به مدارات تجهیزات الکترونیکی القا نمی شود.



شکل ۶-۱۳. عدم وجود نویز در زمین تک نقطه‌ای دو سامانه کامپیوتری [۱۵]

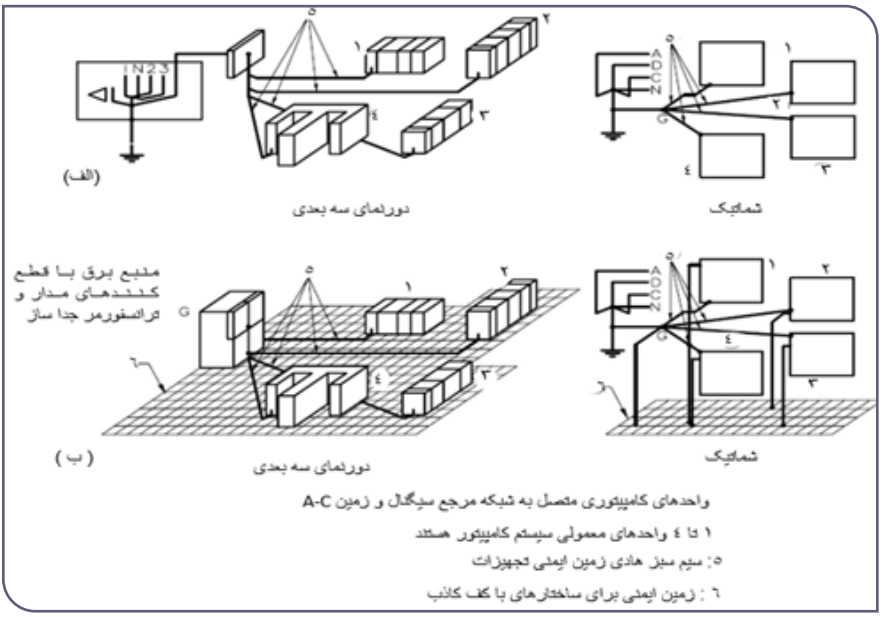
■ ۵-۴-۱۳ شبکه‌های مرجع سیگنال[۱]

■ زمانی که در یک ناحیه (مانند اتاق کامپیوتر) چندین قطعه از تجهیزات الکترونیکی متصل به هم وجود دارند، می‌توان آن‌ها را با استفاده از هادی‌های زمین تجهیزات (EGC) و از طریق یک شبکه مرجع سیگنال به یک مرجع زمین مشترک وصل کرد، شکل ۷-۱۳ الف. تمام تجهیزات به راحتی می‌توانند برق خود را از طریق یک منبع تغذیه دریافت کنند ترجیحاً از طریق یک ترانسفورماتور جداساز محلی که می‌تواند در داخل یا در گوشه اتاق زمین شوند. این نقطه همزمان به عنوان نقطه زمین برای تمام تجهیزات الکترونیکی در اتاق به‌کار می‌رود.

برای تامین یک مرجع امپدانس پایین در یک طیف گسترده از فرکانس‌ها، هادی‌های زمین تک نقطه‌ای را می‌توان با نصب یک شبکه مرجع سیگنال در کل اتاق تکمیل کرد. این شبکه بطور معمول شامل هادی‌هایی در یک پیکربندی شبکه‌ای تشکیل شده است. تمام محفظه‌های تجهیزات می‌توانند با استفاده از هادی‌های کوتاه، تخت مانند شکل ۷-۱۳ ب به شبکه هم‌بندی شوند. ترکیب هادی‌های زمین تک نقطه و اتصالات آن به شبکه مرجع سیگنال یک مرجع امپدانس پایین برای تجهیزات الکترونیکی در یک طیف فرکانسی از dc تا

۱- Signal reference grids

چندین مگاهرتز ایجاد می‌کند، (شکل ۷-۱۳ پ).



شکل۷ -۱۴. شبکه های مرجع سیگنال رزونانس ها را کاهش می دهند: الف) هادی های کامپیوتر تحت رزونانس فرکانس بالا سیگنال های RF ب) دستگاه های کامپیوتر متصل به زمین مرجع سیگنال و زمین منبع ولتاژ AC پ) رزونانس هادی های زمین تجهیزات در یک سایت نوعی[۱۵]

■ ۱۳-۴-۶ شبکه محلی[۱]

تولیدکنندگان تجهیزات حساس الکترونیکی مشکل اتصال زمین را به‌خوبی تشخیص داده و با به‌کارگیری تمهیداتی در طراحی داخلی تجهیزات الکترونیکی و توسعه شبکه محلی (LAN)، نیاز به ایجاد زمین مناسب را کاهش داده است. در بسیاری از سامانه‌های LAN، شیلد سیم سیگنال به زمین محفظه متصل نیست اما یک زمین مشترک دارد. هر تجهیز الکترونیکی به نزدیک‌ترین پریز برق متصل می‌شود. این تغییر طراحی به نظر می‌رسد که مشکل را کاسته باشد، هرچند، هنوز هم احتمال وجود ولتاژ بین محفظه و شیلد خط سیگنال در شرایط خطای شدید زمین وجود دارد.

■ ۱۳-۴-۷ فیبرهای نوری

به‌جای مودم‌ها در خطوط داده بین ساختمان‌ها، مطابق شکل ۶-۱۵، جداسازی را می‌توان با استفاده از خطوط فیبر نوری بجای هادی‌های الکتریکی به‌دست آورد. برای این منظور، حتی بعضی از تولیدکنندگان تجهیزات الکترونیکی، جداساز لینک نوری در پایانه‌های خطوط ورودی- خروجی فراهم می‌کنند. برای کل خطوط داده فیبر نوری ممکن است که تکرارکننده‌ها (ریپترها) یا تقویت‌کننده‌ها نیاز باشند.

شایان ذکر است که دو نوع سامانه نوری وجود دارد:

۱- Local area networks (LAN)

۱) **خطوط طویل:** مثل آن‌هایی که شرکت‌های تلفن برای مسافت‌های طولانی استفاده می‌کنند.
۲) **خطوط کوتاه:** برای ارتباطات داخل ساختمان و جداسازی سامانه‌های الکتریکی استفاده می‌شوند.

۱۳-۵ زمین کردن حفاظ (شیلد)

هنگامی که از مجرای فلزی سخت برای هادی‌های سیگنال استفاده می‌شد، مجرای فلزی مانند یک حفاظ همه جانبه عمل می‌کرد. این حفاظ همه جانبه در چندین نقطه، هر موقع که مجرای فلزی به فولاد ساختمان محکم می‌شد، زمین می‌شد. با اختراع سینی کابل و روش‌های دیگر برای عبور سیم، حفاظ

همه جانبه از بین رفت. بنابراین شخص باید هادی‌های سیگنال با حفاظ منفرد و یک حفاظ همه جانبه، در صورتی که از مجرای فلزی استفاده نشود را تعیین کند. این حفاظ همه جانبه هر موقع و هرجا برای کاربردهای فرکانس پایین زمین می‌شود. شیلدهای منفرد مطابق با فرکانس کاری زمین می‌شوند: فرکانس پایین در یک نقطه و فرکانس بالا در چندین نقطه.

در مواردی که تشخیص داده شود که محافظت از هادی‌های حامل سیگنال در برابر میدان‌های مغناطیسی قوی مرتبط با برخوردهای صاعقه‌ای لازم است، می‌بایست از مجرای عبور سیم از جنس فریک[۱] به اندازه کافی ضخیم برای جذب شار مغناطیسی استفاده نمود. مجراهای عبور سیم غیر فریک هادی‌های سیگنال را از میدان مغناطیسی تولید شده به‌وسیله تخلیه جریان بالای برخوردهای صاعقه، حفاظت نمی‌کنند.

■ ۱۳-۵-۱ کلیات

نصب حفاظ‌های الکترواستاتیک در اطراف سیم‌های حامل سیگنال (با ولتاژ پایین) تا حد زیادی از القای ولتاژ الکترواستاتیک بر روی آن‌ها جلوگیری می‌کند. این حفاظ‌ها ممکن است به صورت زیر باشند:

۱. سیم مسی بافته شده
۲. فویل متالیزه، با سیم تخلیه مسی
۳. مجرای فلزی (اگر مجرای فولادی باشد نیز به عنوان یک حفاظ مغناطیسی عمل می‌کند)
۴. سایر روش‌های حفاظ کردن

برای اثرگذاری، حفاظ‌ها باید تداخلات را از هادی‌ها یا مدارات محافظت شده دور نماید. از آنجایی که اکثریت قریب به اتفاق منابع تداخلی به زمین ارجاع داده می‌شوند، حفاظ‌ها باید زمین شوند تا باعث انحراف تداخلات الکترومغناطیسی ناخواسته به سوی سامانه اتصال زمین و بازگشت آن به سمت منبع شود. برای فرکانس‌های سیگنال در حدود ۱ مگاهرتز، کار خوب این است که حفاظ فقط در یک انتها زمین شود. ترجیحاً در منبع انتهای سیگنال باشد و انتهای بار از زمین عایق بماند. این امر برای جلوگیری از عملکرد

۱- Ferric

حفاظ به عنوان هادی برای اختلاف پتانسیل در دو انتهای آن است. این اختلاف پتانسیل ممکن است بین دو مکان متفاوت در روی اسکلت فلزی ساختمان وجود داشته باشد. هنگامی که جریان در حفاظ وجود دارد، ولتاژ حاصل از این جریان، به ولتاژ سیگنال افزوده می‌شود. این امر به ویژه زمانی کاربرد دارد که ولتاژ سیگنال بین هادی محصور شده و حفاظ قرار دارد. در مواردی که ولتاژ تداخلی دارای فرکانس پایین بوده (۵۰ هرتز) و سیگنال دارای مؤلفه‌های فرکانسی بالاتر باشد، می‌توان انتهای عایق بندی شده حفاظ را با استفاده از یک خازن با اندازه مناسب برای فرکانس سیگنال اتصال کوتاه کرد. نتیجه این کار، ایجاد امپدانس بالا برای فرکانس تداخلی و امپدانس پایین برای فرکانس سیگنال خواهد شد.

با افزایش فرکانس سیگنال بالای حدوداً ۱ مگاهرتز، لازم است که حفاظ در هر دو انتها، و در صورت امکان، در چندین نقطه بین دو انتها زمین شود. مهم است که سیم‌های زمین کوتاه باشند. بنابراین، به‌جای اتصال به یک نقطه زمین مدار در فاصله دور، به فولاد ساختمان وصل می‌شوند. یک هادی زمین، امپدانسی متناسب با فرکانس و طول آن ایجاد می‌کند. یک هادی زمین بزرگ‌تر از ۵ درصد طول موج فرکانس تداخلی به درستی به هدف خود نخواهد رسید. شایان ذکر است که طول موج برحسب متر برابر است با عدد ۳۰۰ تقسیم بر فرکانس بر حسب مگاهرتز، یا

$$l = \frac{۳۰۰ \times ۱۰^{۶}}{f} \qquad (۱۳-۱)$$

که در آن

l طول موج بر حسب متر

f فرکانس بر حسب هرتز

۳۰۰×۱۰^{۶} سرعت انتشار موج الکترومغناطیسی در فضای آزاد بر حسب متر بر ثانیه می‌باشد.

سرعت انتشار موج الکترومغناطیسی در محیط خلأ ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه است. این سرعت در یک هادی کم‌تر است. یک موج ولتاژ پالس ۱۰ مگا هرتزی در یک سیکل تقریبا ۳۰ متر در فضای آزاد حرکت می‌کند. در یک هادی زمین موج ممکن است فقط ۲۸ متر را در ۱/۱۰ میکروثانیه طی کند. اگر هادی ۲۸ متر باشد، موج منعکس می‌شود و در همان زمان که یک پالس جدید شروع می‌شود به نقطه شروع بر می‌گردد. رزونانس رخ خواهد داد و نوسانات خط بسیار بزرگ می‌شود. پیک موج در ۱/۴ طول موج رخ می‌دهد یا در مثال یک هادی با طول ۲۸ متر در مکان‌های ۷ متر. کار خوب مهندسی حکم می‌کند که یک هادی بزرگ‌تر از ۱/۲۰ یک طول موج نمی‌تواند ولتاژهای بین دو انتهایش را برابر کند. بنابراین برای یک فرکانس تداخل ۱۰ مگاهرتز و یک سرعت انتشار ۴ / ۸۹درصد سرعت در فضای آزاد، طول هادی ممکن است بیش‌تر از ۵ درصد در ۱/۱۰ میکروثانیه نباشد. مانند رابطه زیر:

---

۲. solid state Relays

$$l_{max} = \frac{۰,۰۵٪ \times ۲۶۸,۲ \times ۱۰^{۶}}{۱۰ \times ۱۰^{۶}\, MHZ} = ۱,۳۴۱\, m \qquad (۱۴-۲)$$

فرکانس های تداخلی بالاتر به نسبت طول سیم زمین کوتاه تری نیاز دارند در غیر این صورت حفاظ ها از کارایی کمتری برخوردار خواهند بود.

■ ۲-۵-۱۳. اضافه ولتاژ در نقاط باز

در انتهای زمین نشده حفاظ‌ها، ممکن است اختلاف پتانسیلی بین حفاظ و زمین بوجود آید. برای جلوگیری از تماس خطرناک پرسنل، حفاظ باید عایق بندی شود. همچنین برای جلوگیری از اتصال چندگانه زمین به نقاطی که ممکن است در ولتاژ متفاوتی نسبت به حفاظ بوده و بتواند باعث اعمال ولتاژ به به حفاظ شود، حفاظ‌ها باید در تمام طول خود عایق بندی شوند.

برای پایان دادن به حفاظ، لازم است که انتهای روکش برداشته شود تا به حفاظ رسیده و پیوستگی آن را باز کرد. سپس برای جلوگیری از احتمال شوک پرسنل، انتهای آن باید عایق بندی شود. اگر حفاظ باید بیشتر از آن نقطه ادامه یابد، حفاظ‌هایی مثل حفاظ فلزی بهم تابیده مسی قابل انعطاف یا لوله محافظ منبسط باید در انتهای عایق بندی شده حفاظ سیگنال هم پوشانی داشته باشند، به حفاظ طول ادامه داده شده متصل شود، و در انتهای بار و ترمینال زمین، زمین شود.

۱۳-۶ تداخلات ناشی از فرکانس‌های رادیویی

مشکل رزونانس در فرکانس‌های بالا به‌خاطر طول هادی زمین از تجهیزات الکترونیکی به نقطه زمین را می‌توان با نصب یک شبکه مرجع سیگنال در کف کاذب اتاق تجهیزات الکترونیکی تا حد زیادی حذف نمود. در این راستا، با استفاده از شبکه‌ای از سیم‌های مسی در کف کاذب برای هر گروه از تجهیزات الکترونیکی و با استفاده ازبست کمربندی با اتصال هر یک از تجهیزات الکترونیکی به شبکه مرجع سیگنال و از شبکه مرجع سیگنال به نقطه زمین اتاق، اثرات سوء رزونانس تا حد زیادی خنثی خواهد شد. شکل ۷-۱۳ چگونگی اجرای این روش را نشان می‌دهد که در شکل (الف) گروه بدون شبکه و در شکل (ب) همان گروه با شبکه نشان داده شده است. ضمناً، تأثیر استفاده از شبکه مرجع سیگنال در کاهش تداخلات ناشی از رزنانس در شکل (پ) مشاهده می شود.

۱۴

فصل چهاردهم

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین تأسیسات و کارگاه‌های موقت

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین تأسیسات و کارگاه های موقت

۱۴-۱. مقدمه

این بخش حداقل الزامات تأسیسات الکتریکی را برای طراحی، نصب و عملکرد آسان ساختارها و ماشین‌های الکتریکی قابل حمل یا متحرک موقتی را بیان می‌کند. این ماشین‌ها و ساختارها به این منظور در نظرگرفته شده‌اند که بدون از دست دادن ایمنی در زمین‌های نمایشگاه، پارک‌های تفریحی، سیرک‌ها یا مکان‌های مشابه نصب شوند و شامل تأسیسات نصب دائم نمی‌شوند.

ولتاژ نامی منبع تغذیه تأسیسات الکتریکی موقتی در کیوسک‌ها، ایستگاه‌ها و دستگاه‌های تفریحی نباید بیش‌تر از ۲۳۰ یا ۴۰۰ ولت AC یا ۴۴۰ ولت DC باشد.

۱۴-۲. حفاظت در برابر شوک الکتریکی

■ ۱۴-۲-۱. الزامات کلی

قطع اتوماتیک منبع تغذیه برای تأسیسات الکتریکی موقت باید در مبدأ تأسیسات با استفاده از یک یا چند RCD با یک جریان پسماند نامی که بیش‌تر از ۳۰۰ میلی‌آمپر نباشد، فراهم گردد. در صورت لزوم، برای ایجاد تفاوت با RCDهای مدارهای نهایی، این RCD ها باید شامل یک تأخیر زمانی یا باید از نوع S[1] باشند.

۱-S- type

■ ۱۴-۲-۲. اقدامات حفاظتی: قطع اتوماتیک منبع تغذیه

برای تغذیه موتورهای AC، در صورت استفاده از RCDها باید از نوع دارای تأخیر زمانی[۱] و یا از نوع S باشند.

۱۴-۲-۲-۱ سامانه TN

در جایی که نوع سامانه اتصال زمین TN باشد. یک هادی PEN نباید در مبدا تأسیسات الکتریکی موقتی استفاده شود.

۱۴-۲-۲-۲ سامانه IT

وقتی که یک سامانه متناوب موجود باشد، یک سامانه IT نباید استفاده شود. سامانه‌های IT ممکن است برای کاربردهای DC که پیوستگی سرویس مورد نیاز است، مورد استفاده قرار گیرد.

■ ۱۴-۲-۳ حفاظت اضافی: RCDها

تمام مدارات نهایی شامل:

۱) چراغ‌های روشنایی

۲) پریزهای با جریان نامی ۳۲ آمپر

۳) تجهیزات متحرک که به‌وسیله یک کابل انعطاف‌پذیر یا کابلی که دارای ظرفیت حمل جریان تا ۳۲ آمپر را داشته باشد، باید به وسیله RCDها محافظت شوند.

منبع تغذیه مدار روشنایی اضطراری که با باتری کار می‌کند باید به همان RCDهای حفاظت‌کننده مدار روشنایی وصل شود.

این الزامات به موارد زیر اعمال نمی‌شود:

۱) مدارات محافظت شده به‌وسیله SELV یا PELV

۲) مدارات حفاظت شده به‌وسیله جدایی الکتریکی

۳) مدارات روشنایی دور از دسترس، به شرطی که از پریزهای مورد استفاده برای اهداف خانگی یا اهداف مشابه تغذیه نشوند.

■ ۱۴-۲-۴ حفاظت اضافی: هم بندی هم پتانسیل اضافی

در مکان‌های در نظرگرفته شده برای حیوانات، هم بندی اضافی باید تمام قسمت‌های هادی در دسترس و قسمت‌های هادی بیگانه که می‌توانند توسط حیوانات لمس شوند، را به هم متصل کند. وقتی یک شبکه فلزی در کف قرار بگیرد باید در هم بندی اضافی محل گنجانده شود.

---

۱. Time delayed type

قسمت‌های هادی بیگانه قرار گرفته درمیان یا بر روی کف (نظیر بتن آرمه یا گودال کود مایع)، باید به هم بندی «هم پتانسیل اضافی» متصل شوند. توصیه می‌شود که سطح‌های تشکیل شده از عناصر بتنی از پیش‌ساخته شده بخشی از هم‌بندی هم‌پتانسیل باشند. هم‌بندی هم‌پتانسیل اضافی و شبکه فلزی (در صورت وجود) باید به‌گونه‌ای ساخته شوند که در برابر فشار و خوردگی مکانیکی به صورت با دوام حفاظت شوند.

۱۴-۳ سامانه‌های سیم کشی

■ ۱۴-۳-۱ کابل‌ها و سامانه‌های ترتیب بندی کابل‌ها

ولتاژ نامی کابل‌های استفاده شده باید حداقل ۴۵۰ یا ۷۵۰ ولت باشد، به استثنای وسایل تفریحی که ممکن است از حداقل ولتاژ نامی ۳۰۰ یا ۵۰۰ ولت استفاده شود. ضمنا، مسیرهای کابل‌های مدفون در زمین باید در فواصل مناسب علامت‌گذاری شده و کابل‌های مدفون باید در برابر خسارت مکانیکی حفاظت شوند.

نکته ۱: مجراهای عبور هادی کلاس N۴۵۰ بر اساس حفاظت در برابر فشار و کلاس نرمال بر اساس حفاظت در برابر ضربه ملزومات بالا را برآورده می‌کند.

در مواردی که خطر آسیب مکانیکی به خاطر عوامل خارجی وجود دارد، باید از کابل‌های زره‌دار یا کابل‌های حفاظت شده در برابر آسیب مکانیکی استفاده شود. ضمناً، در مکان‌های عمومی و در نواحی که سامانه‌های سیم کشی از خیابان‌ها یا راه روها عبور می‌کنند، نیز باید از حفاظت مکانیکی استفاده شود. از طرف دیگر، در صورت متحرک بودن تأسیسات، سامانه‌های سیم‌کشی باید ساختار انعطاف‌پذیر داشته باشند.

■ ۱۴-۳-۲ اتصالات الکتریکی

اتصالی نباید در کابل‌ها وجود داشته باشد، به‌جز در موارد ضروری که اتصال به یک مدار الکتریکی انجام می‌گیرد. در جایی که نیروی کشش می‌تواند به پایانه‌ها منتقل شود، تمامی اتصالات باید دارای لنگر کابل باشند.

۱۴-۴ ترانسفورماتورهای جدا ساز ایمنی و مبدل‌های الکترونیکی

یک دستگاه حفاظتی با تنظیم مجدد دستی باید مدار ثانویه هر ترانسفورماتور یا مبدل الکترونیکی را محافظت کند. ترانسفورماتورهای جداساز ایمنی باید دور از دسترس قرار گیرند. برای مثال، در یک تابلو یا اتاق مخصوص دارای تهویه کافی قرار گیرند که فقط بوسیله یک شخص ماهر یا آموزش دیده دسترسی باشد.

۱۴-۵ مجموعه‌های تولید ولتاژ پایین ژنراتورها

تمام ژنراتورها باید به‌گونه‌ای قرار گرفته و حفاظت شده باشند که از آسیب و خسارت به مردم از طریق تماس غیر عمدی با سطح‌های داغ و قسمت‌های خطرناک جلوگیری کند. تجهیزات الکتریکی مرتبط با ژنراتور باید به‌طور ایمن و در صورت لزوم روی سطوح ضد لرزش قرار گرفته باشند.

به‌جز برای سامانه IT، هادی نول نقطه ستاره ژنراتور باید به قسمت‌های هادی در دسترس ژنراتور وصل شود.

۱۴-۶ بازرسی و آزمون

تأسیسات الکتریکی بین مبدأ و هرگونه تجهیزات الکتریکی باید پس از هر مونتاژ، در محل مورد بازرسی و آزمایش قرار گیرد.

۱۵

فصل پانزدهم

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین واحدهای متحرک شامل کاراوان‌ها، کانکس‌ها و نظایر آن

نحوه بررسی سامانه اتصال زمین واحدهای متحرک

۱۵-۱ مقدمه

در این فصل، الزامات ویژه تأسیسات الکتریکی در کانکس‌ها، کاروان‌ها و کاروان‌های موتور دارو غیره مورد بحث قرار می‌گیرد. این الزامات در مورد آن دسته از تجهیزات و مدارات الکتریکی که برای استفاده در کاروان‌هایی با مقاصد اسکان در نظر گرفته شده‌اند، کاربرد دارد. این الزامات برای آن دسته از تجهیزات و مدارات الکتریکی که صرفاً برای استفاده با وسایل نقلیه در نظر گرفته شده‌اند، کاربرد ندارد. این الزامات در مورد تأسیسات الکتریکی خانه‌های متحرک، خانه‌های مسکونی ویلایی و واحدهای با قابلیت جابجایی کاربرد ندارد.

۱۵-۲ تغذیه

ولتاژ نامی AC تغذیه تأسیسات کاروان نباید برای مصارف تک فاز از ۲۳۰ ولت یا برای مصارف سه فاز از ۴۰۰ ولت بیشتر شود. ولتاژ نامی DC تغذیه تأسیسات کاروان نباید از ۴۸ ولت بیشتر شود.

۱۵-۳ حفاظت در برابر برق گرفتگی

▪ ۱۵-۳-۱ الزامات کلی

برای منابع تغذیه DC با ولتاژ بسیار پایین، عموماً از ولتاژهای نامی ۱۲ ولت، ۲۴ ولت و ۴۸ ولت استفاده می‌شود. در مواقع استثنائی که ولتاژهای بسیار پایین AC الزامی است، ولتاژهای نامی عموماً عبارتند از ۱۲ ولت، ۲۴ ولت، ۴۲ ولت و ۴۸ ولت.

نکته: به‌جز در مورد پریز مخصوص ریش تراش، از جداسازی الکتریکی نباید استفاده شود.

▪ ۱۵-۳-۲ اقدام حفاظتی: قطع خودکار منبع تغذیه

در مواردی که حفاظت به‌وسیله قطع خودکار منبع تغذیه انجام می‌گیرد، باید از یک RCD قطع‌کننده تمام هادی‌های برق‌دار استفاده نمود، و سامانه سیم کشی باید دارای یک هادی حفاظتی مدار باشد که به قسمت‌های زیر متصل می‌شود:

۱) زبانه اتصال حفاظتی دوشاخه
۲) قسمت‌های هادی در دسترس تجهیزات الکتریکی
۳) زبانه اتصال حفاظتی پریزها

▪ ۱۵-۳-۳ زمین حفاظتی و هم بندی هم پتانسیل حفاظتی

قسمت‌های فلزی ساختارها که از داخل کاروان قابل دسترسی هستند باید از طریق هادی‌های هم‌بندی حفاظتی اصلی به ترمینال اصلی زمین داخل کاروان متصل شوند.

▪ ۱۵-۳-۴ سامانه TN

استفاده از یک سامانه TN-C-S برای تغذیه یک کاروان ممنوع می‌باشد.

▪ ۱۵-۳-۵ حفاظت در برابر اضافه جریان

هر مدار نهایی باید به‌وسیله یک دستگاه حفاظتی که تمام هادی‌های برق‌دار مدار را قطع می‌کند؛ حفاظت شود.

۱۵-۴ انواع سامانه‌های سیم کشی

در سامانه سیم‌کشی، باید از یک یا چند مورد زیر استفاده نمود:
۱) کابل‌های تک رشته‌ای عایق بندی شده با هادی انعطاف‌پذیر کلاس ۵، در مجراهای غیر فلزی
۲) کابل‌های تک رشته‌ای عایق بندی شده با هادی‌های به هم تابیده شده کلاس ۲ (حداقل ۷ هادی به هم تابیده) در مجراهای غیر فلزی
۳) کابل‌های انعطاف‌پذیر روکش دار
نکته: سطح مقطع هادی‌ها باید حداقل ۱/۵ میلی متر مربع مس یا معادل مس باشد.

۱۵-۵ هادی‌های حفاظتی

▪ ۱۵-۵-۱ انواع هادی‌های حفاظتی

هادی‌های حفاظتی مدار باید جزئی از کابل چند رشته‌ای باشد یا در لوله محافظ با هادی‌های برق‌دار کشیده شود.

▪ ۱۵-۵-۲ هادی‌های هم بندی حفاظتی برای اتصال به ترمینال اتصال زمین اصلی

انتهای هادی‌های هم بندی حفاظتی متصل به ساختار رسانای واحد باید قابل دسترس باشد و در برابر خوردگی محافظت شوند.

۱۵-۶ دستورالعمل‌هایی برای منبع تغذیه برق

برای اتصال به منبع تغذیه موارد زیر باید در نظر گرفته شوند:

۱. قبل از اتصال تأسیسات کاروان به منبع تغذیه برق، موارد زیر باید چک شوند:

- منبع تغذیه موجود در نقطه تغذیه کاروان در محل کاروان، برای تأسیسات و دستگاه‌های کاروان مناسب باشند.
- مقادیر نامی ولتاژ، جریان و فرکانس مناسب باشند.
- سوئیچ اصلی کاروان در حالت خاموش قرار داشته باشد.

هم‌چنین قبل از استفاده، کابل‌های قابل انعطاف باید بررسی شوند تا مطمئن شویم هیچ خرابی یا آسیب فیزیکی‌ای وجود ندارد.

۲. در صورت وجود درپوش روی چندشاخه، باید در نقطه تغذیه کاروان آن را برداشته و کانتورکابل انعطاف‌پذیر منبع تغذیه را در آن قرار داد.

۳. درپوش پریز برق فراهم شده در نقطه تغذیه در محل قرارگیری کاروان را بلند کرده و دوشاخه کابل تغذیه را در آن قرار گیرد.

۴. سوئیچ جداساز اصلی کاروان روشن شود.

۵. عملکرد RCDها را با فشار دادن دکمه آزمون و راه اندازی مجدد بررسی کرد.

برای قطع منبع تغذیه، ابتدا باید سوئیچ جداساز اصلی کاروان را خاموش کرد. سپس، باید کابل را از نقطه تغذیه گام کاروان جدا و در نهایت از کانتکتور شاخابه کاروان جدا نمود.

نکته: ورودی برق باید به صورت زیر نصب شود:

۱. حداکثر ۱/۸ متر بالای سطح زمین

۲. در موقعیتی با دسترسی آسان

۳. دارای حداقل حفاظت IP۴۴ با اتصال‌دهنده مناسب یا فاقد آن.

۴. ورودی برق نباید به طور قابل ملاحظه‌ای از بدنه کاروان بیرون زده باشد.

۷-۱۵ بازرسی دوره‌ای

توصیه می‌شود تأسیسات الکتریکی کاروان و کابل منبع برق ترجیحاً حداقل یک بار در هر سه سال و در صورت استفاده مکرر از کاروان به طور سالیانه توسط یک برق کار ماهر بازرسی و آزمون شود. و شرایط آن‌ها گزارش گردد.

۱۶

فصل شانزدهم

نحوه بررسی اتصال زمین در پست های برق

نحوه بررسی اتصال زمین در پست های برق

۱-۱۶ مقدمه

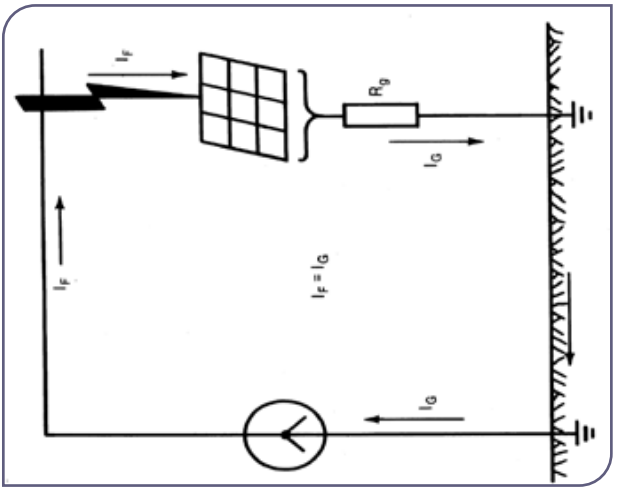
مقاومت پایین شبکه زمین در یک پست برق به تنهایی تضمینی برای ایمنی آن نمی‌باشد. به‌طور کلی هیچ رابطه ساده‌ای بین مقاومت سامانه اتصال زمین و بیش‌ترین جریان شوک که یک شخص ممکن است در معرض آن قرار بگیرد وجود ندارد. به‌عبارت دیگر، یک پست برق با مقاومت زمین نسبتاً کم ممکن است خطرناک باشد، در حالی که پست دیگری با مقاومت خیلی بالا ممکن است کم‌تر خطرناک باشد یا بتوان با طراحی دقیق آنرا کم خطر ساخت. برای مثال، اگر یک پست برق (شکل(۱-۱۶) الف) از طریق یک خط هوایی بدون سیم نول یا زمین تغذیه شود، تمامی جریان خطا وارد توده زمین شده و سبب افزایش شدید پتانسیل زمین محلی می‌شود. در چنین حالتی، مقاومت کم شبکه زمین بسیار مهم بوده و باعث کاهش پتانسیل زمین خواهد شد. حال اگر شبکه تغذیه پست دارای سیم نول یا زمین جداگانه باشد، و یا در پست مربوطه از شینه‌های عایق بندی شده با عایق[۱] یا فیدر کابل زیر زمینی استفاده شده باشد (که غلاف حفاظتی آنها معمولاً به زمین متصل است، شکل(۱-۱۶) ب)، مسیر هدایتی دومی (علاوه بر توده زمین) برای بازگشت جریان خطا ایجاد خواهد شد. در این صورت، بخشی از جریان خطا (IF) از طریق مسیر هدایتی دوم (Ie) مستقیماً به منبع بر گشته و بقیه جریان (IG) از طریق توده زمین به منبع باز می‌گردد. از آنجایی که مسیر هدایتی دوم یک مسیر موازی امپدانس پایین با مدار برگشتی از توده زمین فراهم می‌کند، جریان عبوری از توده جریان (IG) کمتر شده و لذا باعث کاهش پتانسیل زمین محلی خواهد شد. در هر صورت، اثر آن بخش

۱- Gas Insulated Busbar

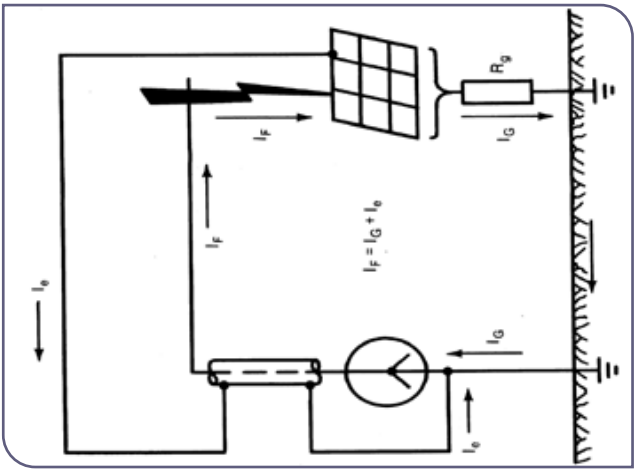
از جریان خطا که وارد توده زمین می‌شود باید مورد بررسی دقیق قرار گیرد. به‌عبارت دیگر، اگرچه شبکه زمین یک پست برق دارای ظرفیت کافی برای حمل جریان خطا در دامنه‌ها و دوره‌های مجاز رله‌های حفاظتی کافی می‌باشد، ممکن است به اندازه کافی مطمئن نباشد. این موضوع به‌علت تأثیرگذاری هندسه و موقعیت الکترودهای زمین، مشخصات خاک محلی و عوامل دیگر در افزایش شیب ولتاژ در سطح زمین می‌باشد.

با توجه به موضوعات مطروحه فوق، اندازه‌گیری‌های میدانی در ارتباط با سامانه اتصال زمین پست برق از اهمیت بسزایی برخوردار بوده تا از این رهگذر بتوان از کارایی شبکه زمین طراحی و اجرا شده اطمینان حاصل نمود.

(الف)



(ب)



شکل ۱-۱۶. پست آسیب دیده الف) با و ب) بدون چندین اتصال زمین [۵]

۲-۱۶ اندازه گیری‌های میدانی شبکه زمین ساخته شده

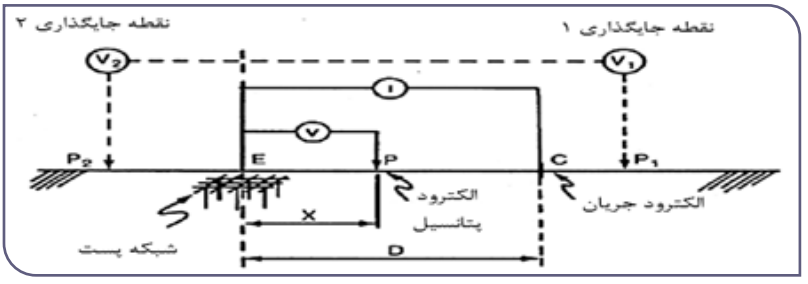
۱-۲-۱۶ اندازه‌گیری امپدانس شبکه زمین

اندازه‌گیری دقیق امپدانس شبکه زمین ساخته شده به ویژه وقتی که اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه خاک یا تفسیر مدل مناسب خاک مورد سؤال است، لازم می‌باشد. البته اگر شبکه زمین تحت تأثیر ساختارهای فلزی مدفون دیگر بوده و یا به آن‌ها متصل باشد، انجام این عمل همیشه کاربردی نیست. در این بخش، شرایط خاص اندازه‌گیری مقاومت شبکه زمین با روش افت پتانسیل در پست‌های برق مورد بحث قرار می‌گیرد؛ برای آگاهی بیشتر با روش‌های اندازه‌گیری مقاومت زمین به فصل ۴ مراجعه شود.

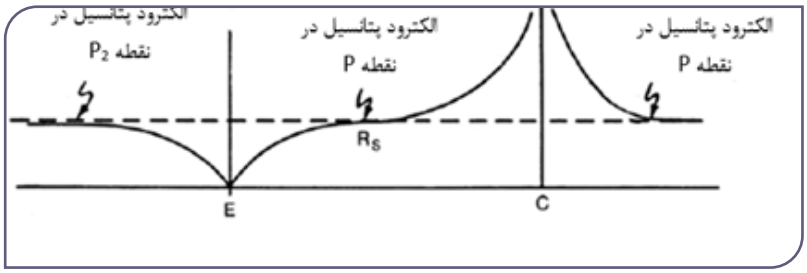
نکته۱: امپدانس یک شبکه زمین بزرگ می‌تواند پایین باشد (کم‌تر از ۰/۵ اهم)، اما می‌تواند یک بخش بسیار بزرگ را کتیو داشته باشد. اقدامات احتیاطی مطمئن در هنگام اندازه‌گیری امپدانس فرکانس برق (۵۰ هرتز) یک سامانه اتصال زمین بزرگ، ضروری است. برای چنین اندازه‌گیری‌هایی، دستگاه‌های آزمون در یک فرکانس آزمون که کمی بالا یا زیر فرکانس سامانه برق هستند عمل کنند تا اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر به‌دست آید.

۲-۲-۱۶ الزامات اندازه‌گیری در روش افت پتانسیل

روش افت پتانسیل از متداول‌ترین روش‌های اندازه‌گیری مقاومت زمین می‌باشد. شایان ذکر است در اندازه‌گیری مقاومت شبکه‌های زمین بزرگ (نظیر پست برق) این روش دچار مشکل شده و نتایج به‌دست آمده با خطا همراه خواهد بود. این مشکلات اصولاً به‌خاطر اندازه و ساختار شبکه زمین و ناهمگونی خاک رخ می‌دهد. شکل (۲-۱۶) شماتیک روش افت پتانسیل را در اندازه‌گیری مقاومت شبکه زمین در یک پست برق نشان می‌دهد. شایان ذکر است اندازه‌گیری مقاومت زمین شامل اندازه‌گیری مقاومت شبکه زمین نسبت به یک الکترود زمین راه دور می‌باشد. الکترود راه دور به صورت تئوری در فاصله بی‌نهایت از شبکه زمین در جایی که چگالی جریان زمین به صفر نزدیک می‌شود، قرار می‌گیرد.



(الف)



(ب)

شکل۲-۱۶. روش افت پتانسیل ب) پتانسیل‌های سطحی زمین برای فاصله‌های متفاوت X[۵]

برای اندازه‌گیری مقاومت شبکه زمین، منبع جریان بین توده زمین E پست و یک الکترود جریان در فاصله چند صد متری پست، متصل می‌شود. سپس مدار اندازه‌گیری پتانسیل بین توده زمین E پست و الکترود پتانسیل P متصل می‌شود ضمن این‌که اندازه‌گیری‌ها در موقعیت‌های مختلف الکترود، بیرون از پست انجام می‌شود. این الکترود پتانسیل ممکن است در افزایش فواصل مساوی به سمت الکترود جریان حرکت داده شود و ممکن است مقدار مقاومت خوانده شده در موقعیت‌های مختلف نسبت به فاصله از پست رسم شود. گراف حاصله باید شبیه منحنی EPC شکل(۲-۱۶)ب باشد. از E تا P ولتاژ بر آمپر جریان آزمون افزایش می‌یابد اما ولتاژ شیب کاهش می‌یابد و به مقدار حداقل در نقطه P می‌رسد. با ادامه به طرف C اثر هم‌گرایی جریان در پراب جریان آزمون آشکار می‌شود و یک افزایش شیب ولتاژ همان‌طور که به پراب جریان نزدیک می‌شود، مشاهده می‌شود. در صورت وجود قسمت با شیب کم و تقریباً افقی روی منحنی نشان‌دهنده ناحیه‌ای است که تعامل بین الکترودهای آزمون و برگشتی کوچک است. وقتی که الکترود برگشتی در یک فاصله محدود از سامانه اتصال زمین قرار گرفته و یک پراب پتانسیل در یک مکان مشخص قرار بگیرد، آنگاه اندازه‌گیری دقیق مقاومت به‌دست می‌آید. متأسفانه مکان دقیق الکترود پتانسیل فقط در بعضی موارد ایده‌آل (مثل الکترودهای نیم‌کره‌ای یا خیلی کوچک مدفون در خاک‌های یکنواخت یا دولایه) به خوبی تعیین می‌شود. شایان ذکر است در عمل، شبکه‌های زمین شامل یک ترکیب پیچیده از میله‌های زمین عمودی و هادی‌های افقی که معمولاً در خاک‌های غیر یکنواخت مدفون شده‌اند، می‌باشند.

برای شبکه‌های زمین بزرگ فاصله الزامی ممکن است کاربردی یا حتی ممکن نباشد به‌ویژه در مواردی که سیم‌های زمین خطوط انتقال که از هوا گذشته‌اند و نول‌های خط تغذیه متصل به زمین پست به نوعی ناحیه را افزایش دهند. در نتیجه، ناحیه هموار از پیش‌گفته شده منحنی به‌دست نخواهد آمد و روش‌های دیگر تجزیه وتحلیل باید استفاده شود. تجربه نشان داده شده است که وقتی که خاک یکنواخت نبوده و فواصل D و X در شکل(۲-۱۶) نسبت به ابعاد شبکه زمین بزرگ نباشد، قانون ۶۱/۸ درصد که متناظر با بخش هموار منحنی است ممکن است دیگر اعمال نشود. استفاده از مکان‌های متغیر بین ۱۰ درصد تا ۹۰ درصد (فاصله الکترود ولتاژ برحسب درصد فاصله الکترود جریان تا الکترود زمین) کاملاً ممکن می‌باشد. قابل ذکر است

که قرار دادن پراب پتانسیل P در جهت مخالف الکترود C (در نقطه P_2) همواره یک مقدار مقاومت ظاهری کوچک‌تر از مقدار واقعی را حاصل می‌کند. به علاوه، وقتی که پراب P در همان جهت الکترود C (در نقطه P_1) قرار داده شود، یک مکان خاص وجود دارد که مقدار مقاومت واقعی را به‌دست می‌دهد. مزیت اصلی روش افت پتانسیل این است که الکترودهای جریان و پتانسیل می‌توانند دارای مقاومت بسیار بالایی نسبت به زمین تحت آزمون داشته باشند و لذا تأثیر قابل ملاحظه‌ای در دقت اندازه‌گیری‌ها نخواهند داشت.

نکته: اطلاعات تکمیلی مربوط به اندازه‌گیری مقاومت شبکه زمین در فصل ۴ آورده شده است

■ ۳-۲-۱۶ بررسی میدانی ولتاژهای گام و تماسی

برای کمک به تأیید شرایط ایمن شبکه زمین در یک پست برق، می‌توان با آزمون‌های میدانی و از طریق تزریق جریان به توده زمین ولتاژهای تماس و گام را اندازه‌گیری نمود. مع‌الوصف، به‌علت هزینه بالا، شرکت‌های برق کمی هستند که مایل به انجام این آزمون‌ها به‌عنوان یک کار همیشگی باشند. البته چنان‌چه اختلاف زیادی بین مقادیر محاسبه شده واندازه‌گیری شده مقاومت زمین مشاهده و یا نواقص مشخص در مقاومت‌های ویژه زمین پدید آید (که سبب ایجاد شک در مقادیر محاسبه شده ولتاژهای گام و تماسی شود)، آزمون‌های میدانی مذکور ممکن است در نظر گرفته شوند. این موضوع به‌ویژه زمانی انجام می‌گیرد که مقادیر محاسبه شده به حدود قابل تحمل نزدیک باشند و بهبودکارایی بیشتر زمین برای فراهم کردن فاکتورهای ایمنی بزرگ‌تر دشوار و پرهزینه باشد. در این شرایط ممکن است که سامانه اتصال زمین با یک جریان آزمون بارگذاری شود (ترجیحاً از مرتبه ۱۰۰ آمپر) و به صورت واقعی شیب‌های ولتاژ در نقاط انتخابی در سراسر پست و اطراف محیط آن اندازه‌گیری شود. روش ساده برای اندازه‌گیری شیب ولتاژ بر روی سطح زمین شامل عبور یک جریان آزمون بین زمین پست از طریق یک الکترود جریان راه دور (همانند اندازه‌گیری‌های مقاومت زمین پست) و اندازه‌گیری ولتاژ گام و تماسی می‌باشد. برای بدست آوردن پتانسیل‌های موجود در حالت خطای واقعی، مقادیر آزمون در نسبت جریان خطای واقعی زمین به جریان آزمون ضرب می‌شوند.

از آنجایی که پتانسیل‌های مورد نظر در سطح زمین وجود دارند، پراب پتانسیل استفاده شده از نوعی است که یک تماس سطحی ایجاد می‌کند. با توجه به امپدانس تماسی نسبتاً بالا، به طورکلی استفاده از ابزارهای طراحی شده برای اندازه‌گیری مقاومت زمین ناممکن می‌باشد به این دلیل که آن‌ها در یک بازه محدودی از مقاومت پراب پتانسیل عمل می‌کنند. لذا برای استفاده از روش ولت‌متر-آمپرمتر لازم است از یک ولت متر با امپدانس بالا استفاده شود و با به‌کارگیری از جریان‌های آزمون به اندازه کافی بالا بر اثرات جریان‌های پسماند زمین غلبه نمود.

ممکن است از روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری و ثبت ولتاژها استفاده شود. با استفاده از یک ولت‌متر امپدانس بالا، می‌توان مشخصات و نمودارهای کانتوری ولتاژهای تماسی مدار باز را برای سراسر پست رسم نمود. با در نظر گرفتن مقادیر مناسب حفاظتی مقاومت بدن به زمین و پا به زمین، و جریان ایمن بدن، می‌توان

مقدار ماکزیمم ایمن ولتاژ تماسی مدار باز را تعیین و ولتاژهای تماسی و گام خطرناک را در نمودارهای پتانسیل قرار داد. از طرف دیگر، با در نظر گرفتن مقاومت‌های تماسی پا به زمین به عنوان یک قسمت از روش آزمون، اثر تغییرات رسانایی سطحی را می‌توان در نظر گرفت و از این طریق تأثیر عوامل ایمنی اضافی فراهم شده به‌وسیله سطح، پوشش‌های مواد سطحی، آسفالت و غیره را در نتایج آزمون مورد بررسی قرار داد.

نکته: اطلاعات اضافی درباره اندازه‌گیری‌های میدانی ولتاژهای گام و تماسی در فصل ۵ آورده شده است.

■ ۴-۲-۱۶ آزمون پیوستگی شبکه زمین

غالباً تجهیزات موجود در اتاق کنترل یک پست برق (نظیر رله‌های الکترونیکی حالت جامد[۱]، تجهیزات ارتباطی و منابع تغذیه) به علت صاعقه یا سامانه اتصال زمین ضعیف آسیب می‌بینند. آزمون پیوستگی شبکه زمین ممکن است به‌دنبال چنین حوادثی انجام شود. هم‌چنین بازرسی شبکه‌های زمین پست‌های قدیمی با استفاده از این آزمون در صنعت برق رایج می‌باشد. گاهی اوقات، آزمون پیوستگی شبکه زمین به‌منظور ارزیابی کنترل کیفیت قبل از این‌که یک پست تازه تأسیس برای به‌کارگیری تأیید شود، انجام می‌شود. به‌هرصورت، آزمون پیوستگی شبکه زمین به‌منظور آشکارسازی هر مدار باز یا ساختار یا تجهیزات جدا شده در سامانه اتصال زمین یک پست الزامی می‌باشد. یک مجموعه آزمون نوعی شامل یک منبع ولتاژ متغیر (۰ ولت تا ۳۵ ولت، ۰ آمپر تا ۳۰۰ آمپر)، دستگاه‌های اندازه‌گیری ولتاژ و جریان و دو عدد کابل آزمون می‌باشد. یکی از کابل‌های آزمون به یک رایزر زمین مرجع وصل می‌شود. سپس کابل آزمون دیگر به رایزر زمین تحت آزمون وصل می‌شود. این آزمون شامل جاری کردن جریان ۱۰ آمپر تا ۳۰۰ آمپر بین رایزرهای متصل شده و اندازه‌گیری افت ولتاژ بین مدار زمین از جمله کابل‌های آزمون می‌باشد. اندازه‌گیری قسمت جریان در رایزر تحت آزمون با استفاده از یک آمپر متر کلمپی داده اضافی برای ارزیابی مسیر زمین فراهم می‌کند. ضمن ثابت نگه داشتن اتصال رایزر زمین مرجع، کابل آزمون دوم اطراف رایزر آزمون به دیگر تجهیزات و ساختارها حرکت داده می‌شود تا زمانی که کل شبکه زمین پست آزمایش شود. امپدانس بین نقطه مرجع و نقطه تحت آزمون با تقسیم افت ولتاژ اندازه‌گیری شده به جریان محاسبه می‌گردد. اغلب، از یک ردیاب کابل برای تعیین مکان هادی زمین قطع شده یا نامعلوم استفاده می‌شود. ردیاب کابل میدان مغناطیسی تولید شده به‌وسیله جریان آزمون را آشکارسازی می‌کند و یک نویز الکتریکی تولید می‌کند که با استفاده از یک هدفون قابل شنیدن می‌باشد. نبود این نویز نشان‌دهنده یک قطعی سیم زمین، اتصال باز یا هادی گم شده می‌باشد. تعیین افت ولتاژ کابل‌های آزمون ضروری می‌باشد. این کار با اتصال کوتاه کردن کابل‌ها در مجموعه آزمون و اندازه‌گیری افت ولتاژ با گردش جریان در حلقه صورت می‌گیرد. این اندازه‌گیری مقاومت سری کابل‌های آزمون را حاصل می‌کند. برای بدست آوردن یک مقدار امپدانس درست امپدانس کابل‌های آزمون از مقدار امپدانس بین رایزرها کم می‌شود. به هر جهت آزمون یکپارچگی کاربردی‌ترین و آسان‌ترین آزمون برای انجام است، نتایج آن را می‌توان

۱- solid state Relays

به صورت ذهنی تجزیه و تحلیل کرد. یک روش تجزیه و تحلیل شبکه زمین مقایسه مقادیر امپدانس با یکدیگر و تعیین رایزرهای آزمونی که به صورت غیر عادی مقادیر امپدانس بالایی دارند، می‌باشد. به طور کلی نقاط آزمون دورتر از نقطه مرجع باید مقادیر امپدانس بیشتری نسبت به نقاط نزدیک به نقطه مرجع داشته باشند. یک شخص همچنین می‌تواند با مقایسه افت ولتاژ با یک مقدار مشخص مرجع یک شبکه زمین را ارزیابی کند(معمولاً ۱. ۵V/۵۰ft برای جریان آزمون ۳۰۰ آمپر بین رایزرها) و اتصالات ضعیف بین رایزرها را تعیین کند. برای اطلاعات بیشتر در مورد آزمون یکپارچگی (پیوستگی) به فصل ۶ مراجعه شود.

■ ۵-۲-۱۶ بررسی‌های دوره‌ای شبکه زمین دایرشده

بعضی از شرکت‌های برق مقاومت شبکه زمین را بعد از اجرای آن به صورت دوره‌ای چک می‌کنند. هم‌چنین بسیار توصیه شده است که شبکه زمین به‌صورت گاه به گاه به‌منظور تغییرات احتمالی در شبکه برق که ممکن است ماکزیمم جریان زمین را تحت تأثیر قرار دهد، هم‌چنین قسمت‌های اضافه شده به خود پست برق که ممکن است ماکزیمم جریان، مقاومت زمین پست یا اختلافات پتانسیل محلی را تحت تأثیر قرار دهد، مورد بررسی قرار گیرد.

۱۷

فصل هفدهم

پیوست‌ها

۱-۱۷ انواع سامانه‌های اتصال زمین فشار ضعیف

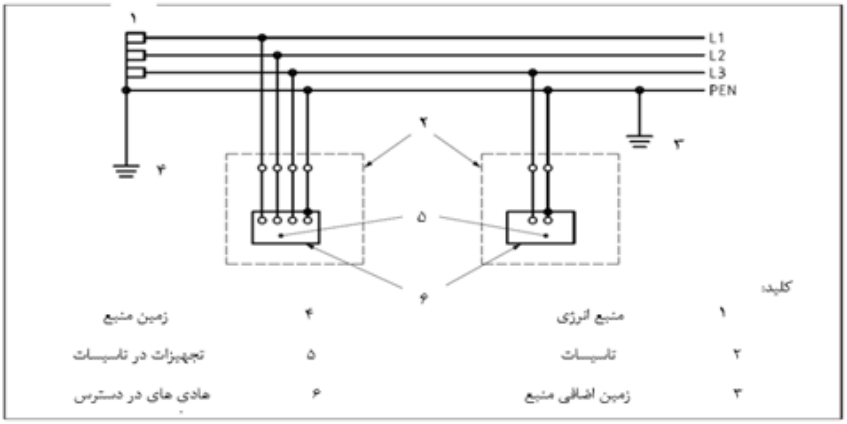
■ ۱-۱-۱۷ سامانه TN

در این سامانه، منبع انرژی (ترانس پست یا ژنراتور برق) در یک یا چند نقطه زمین شده و در قسمت‌های هادی در دسترس و قسمت‌های هادی بیگانه تأسیسات تنها از طریق سیم‌های زمین به نقطه یا نقاط زمین شده منبع متصل می‌شوند. به‌عبارت دیگر، مسیری رسانا برای عبور جریان‌های اتصال زمین تأسیسات به نقطه یا نقاط زمین شده منبع وجود دارد.

این سامانه به چند دسته تقسیم می‌شود:

۱-۱-۱-۱۷ سامانه TN-C

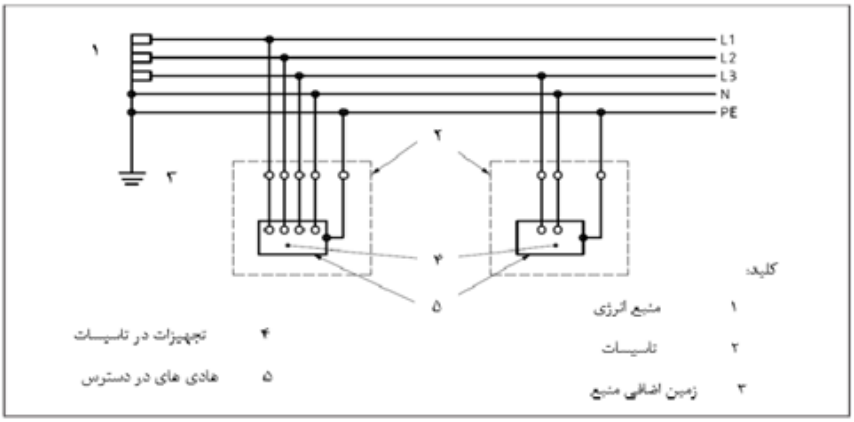
در این سامانه، سیم زمین و نول مشترک هستند. به‌عبارت‌دیگر سیم نول که از شینه نول تابلوی اصلی به مصرف‌کننده‌ها برده می‌شود، هم به عنوان نول مورد استفاده قرار می‌گیرد و هم به‌عنوان سیم زمین. یعنی یک انشعاب از سیم نول به بدنه هادی دستگاه‌های مصرف‌کننده به‌عنوان سیم زمین وصل می‌شود، کابل‌های هم مرکز زمین شده یا کابل‌های غلاف‌دار فلزی زمین شده که مسیر برگشتی برای عبور جریان اتصال زمین را فراهم می‌آورند، نمونه‌هایی از این سامانه هستند. در شکل (۱-۱۷) سامانه اتصال TN-C نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۷. سامانه اتصال زمین TN-C [۷]

۲-۱-۱-۱۷ سامانه TN-S

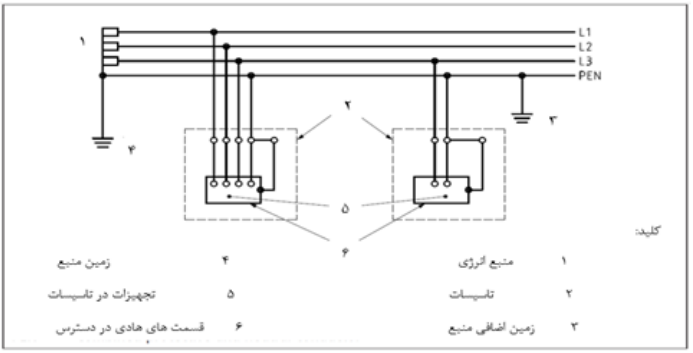
در این سامانه، سیم‌های نول و زمین از یکدیگر جدا هستند. یعنی در محل تابلوی اصلی برق علاوه بر شینه نول، شینه دیگری به نام شینه زمین وجود دارد که سیم زمین اصلی از الکترودهای زمین به آن وصل شده و از آنجا به موازات سیم‌های نول و فازها (به صورت پنج سیمه) تا دستگاه‌های مصرف‌کننده برده شده و به بدنه هادی آن‌ها متصل می‌شود. در شکل ۲ – ۱۷ سامانه اتصال زمین TN–S نشان داده شده است.



شکل ۲ – ۱۷. سامانه اتصال زمین TN–S [۷]

۳-۱-۱-۱۷ سامانه TN-C-S

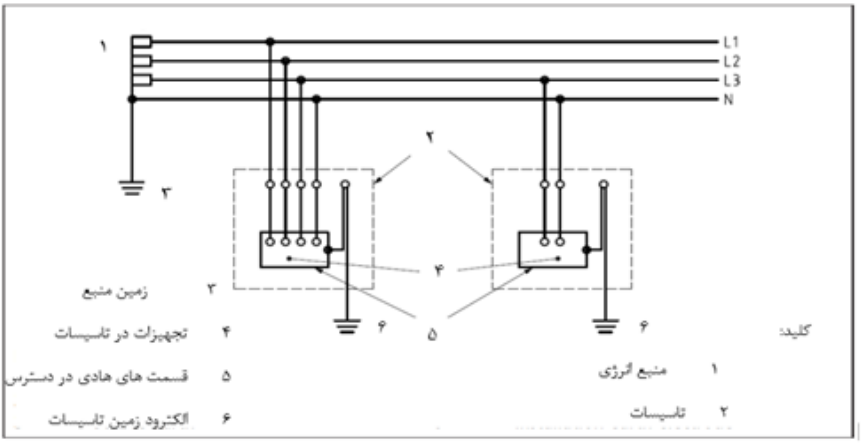
تنها در بخشي از این سامانه (معمولاً در ابتدا)، سیم نول و زمین با یکدیگر مشترك هستند و از آن نقطه به بعد، سیم پنجمی از نول منشعب شده و جداگانه به بدنه دستگاه های مصرف کننده اتصال داده می‌شود. در شکل(۳ – ۱۷) سامانه اتصال زمین TN–C–S نشان داده شده است.



شکل ۳ – ۱۷. سامانه اتصال زمین TN–C–S [۷]

■ ۱۷-۱-۲ سامانه TT

در این سامانه منبع انرژی (ترانس پست یا ژنراتور برق)در یك یا چند نقطه زمین شده و قسمت های هادی در دسترس و هادی بیگانه تاسیسات به الکترود زمین محلی یا الکترودهایی که از نقطه نظر الکتریکی مستقل از زمین‌های منبع سیستم هستند، متصل می‌شوند . یعنی اتصال به زمین حفاظتی هیچ‌گونه ارتباطی با اتصال به سیستم ندارد. سامانه TT مشابه شکل (۴-۱۷) می‌باشد.



شکل ۴-۱۷. سامانه اتصال زمین TT [۷]

■ ۱۷-۱-۳ سامانه IT

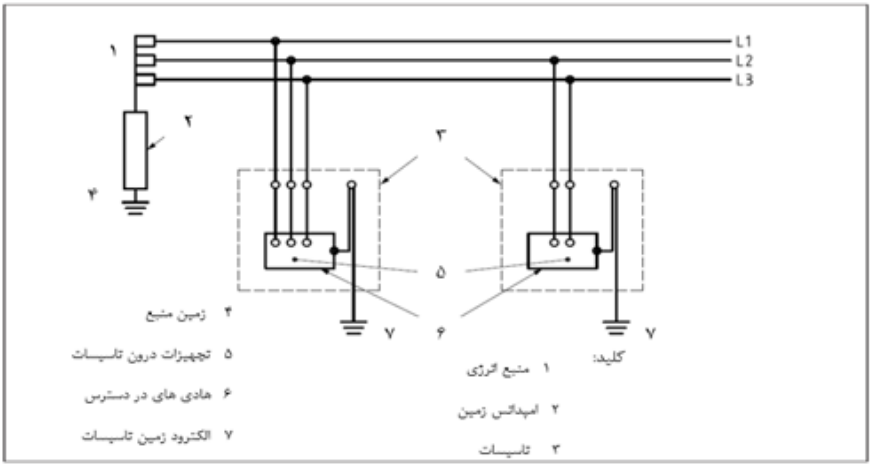
در این سامانه منبع انرژی(ترانس یا ژنراتور برق) یا به طور کلی زمین نشده، یا از طریق یک امپدانس بزرگ زمین می‌شود و قسمت‌های هادی در دسترس تأسیسات نیز به الکترود زمینی که از نظر الکتریکی مستقل است، وصل می‌شوند. در این سامانه نیز اتصال زمین حفاظتی و اتصال سامانه با یکدیگر ارتباط ندارند.

استفاده از این سامانه برای شبکه‌های عمومی توزیع برق ممنوع است.

نکته۱: از انواع سامانه‌های مذکور، تنها استفاده از سامانه اتصال زمین نوع TN در کارخانه‌ها و کارگاه‌ها الزامی است. مگر آن که نوع کارخانه یا کارگاه، استفاده از سامانه‌های TT یا IT را ایجاب کند که در این صورت لازم است با ذکر دلایل، اجازه مخصوص برای استفاده از این سامانه‌ها گرفته شود.

نکته۲: هادی خنثی(N) و هادی حفاظتی(PE) باید از همدیگر مجزا باشند و فقط در یک نقطه (نقطه مبدأ) به یکدیگر وصل شوند. نباید از محل جدا شدن هادی‌های خنثی و حفاظتی، آنها را در نقطه دیگری به یکدیگر وصل کرد. علت این امر آن است که در صورت اتصال مکرر سیم نول و زمین به یکدیگر، حلقه ایجاد می‌شود که جریان چرخشی ناشی از آن در سامانه‌های مخابراتی و الکترونیکی پارازیت یا نویز ایجاد می‌کند.

در سامانه قدرت خالی بودن ظرفیت جریان سیم زمین مهم است. در صورت پر بودن ظرفیت (ایجاد حلقه) سیم زمین وظیفه خود را به درستی انجام نخواهد داد. شکل ۵- ۱۷ سامانه اتصال زمین IT را نشان می‌دهد.



شکل ۵- ۱۷. سامانه اتصال زمین IT [۷]

۲-۱۷ روش‌های اندازه‌گیری مقاومت زمین

■ ۱-۲-۱۷ روش دو نقطه

در این روش، مقاومت الکترود زمین در حالت سری با الکترودهای دیگر اندازه‌گیری می‌شود. مقاومت زمین کمکی در مقایسه با زمین مربوطه ناچیز در نظر گرفته می‌شود و لذا مقدار اندازه‌گیری شده نشان‌دهنده مقاومت زمین مربوطه می‌باشد.

یکی از کاربردهای این روش اندازه‌گیری مقاومت میله زمین نسبت به خانه مسکونی مجاور است. معمولاً، یک منزل مسکونی به‌خاطر اتصال با هادی نول سامانه تغذیه برق دارای یک سامانه زمین امپدانس پایین می‌باشد. استفاده از این زمین به‌عنوان زمین کمکی می‌تواند مقاومت زمین با دقت قابل قبولی تولید کند. مشخصاً این روش هنگام آزمون در زمین‌های دارای مقاومت کم در معرض خطاهای بزرگی قرار دارد. اگر زمین کمکی و زمین مربوطه در فاصله خیلی کمی نسبت به هم قرار داشته باشند، امپدانس مشترک زمین‌ها می‌تواند یک منبع خطا باشد. این روش در موقعی که فقط آزمون برو یا نرو نیاز باشد یک ابزار مفید می‌باشد.

■ ۲-۲-۱۷. روش سه نقطه یا روش تغییر عمق

این روش شامل دو الکترود کمکی با مقاومت‌های $r_۲$ و $r_۳$ علاوه بر الکترود اصلی زمین می‌باشد. چنان‌چه مقاومت الکترود اصلی زمین مربوطه $r_۱$ در نظر گرفته شود، مقاومت سری بین الکترود کمکی $r_۲$ و الکترود اصلی زمین $r_۱$، $r_{۱۲}$، به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$r_{۱۲}=r_۱+r_۲ \qquad (۱۷-۱)$$

و مشابه این رابطه، دو رابطه دیگر ($r_{۲۳}$ و $r_{۱۳}$) برای دو جفت الکترودهای دیگر خواهیم داشت که با حل هم زمان این ۳ رابطه به رابطه زیر می‌رسیم:

$$r_۱=\frac{r_{۱۲}-r_{۲۳}+r_{۱۳}}{۲} \qquad (۱۷-۲)$$

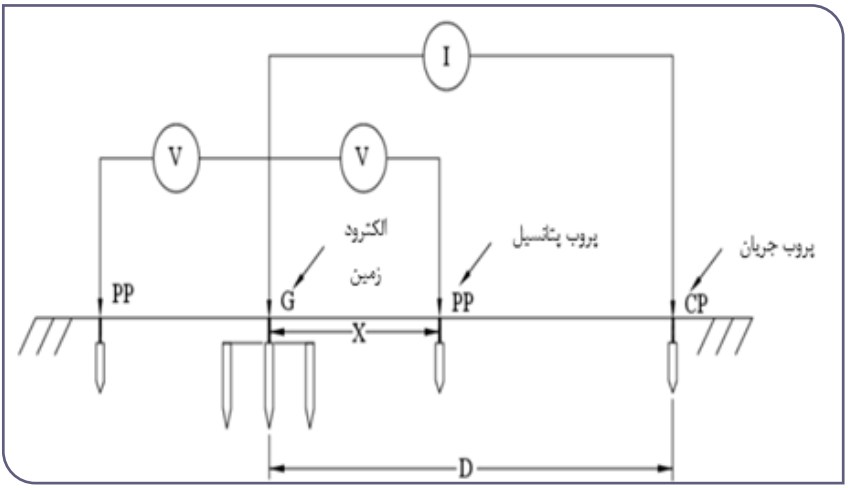
حال با اندازه‌گیری مقاومت سری هر جفت الکترودهای زمین و جاگذاری مقاومت‌ها در رابطه ۲ - ۱۷ مقدار مقاومت $r_۱$ را می‌توان به‌دست آورد. اگر الکترودهای کمکی دارای مقاومت بالا نسبت به الکترود مورد آزمون باشند، خطاهای هر اندازه‌گیری منفرد، در نتیجه نهایی، بسیار بزرگ خواهند شد. برای اندازه‌گیری دقیق‌تر، الکترودها باید به قدر کافی در فاصله دور از هم قرار بگیرند تا اثر مقاومت مشترک به حداقل برسد. در حالت فاصله ناکافی بین الکترودها، وجود اندازه‌گیری‌های غیرمنطقی مثل مقاومت صفر یا منفی بالا می‌رود. بر اساس این دستورالعمل، فاصله بین الکترودها باید حداقل سه برابر عمق میله الکترود اصلی باشد، ضمن آن‌که الکترودهای کمکی در عمق کم‌تر یا مساوی الکترود اصلی کوبیده شوند.

استفاده از این روش زمانی که سامانه الکترود زمین بزرگ و پیچیده می‌شود، دشوار می‌باشد و روش‌های دیگر ترجیح داده می‌شوند به‌ویژه اگر دقت بالا مدنظر باشد.

■ ۳-۲-۱۷ روش افت پتانسیل

روش افت پتانسیل شامل عبور یک جریان الکتریکی متناوب بین یک پراب جریان و الکترود زمین تحت آزمون و اندازه گیری ولتاژ بین آنها به‌وسیله یک پراب ولتاژ می‌باشد، (شکل(۶-۱۷)). برای به حداقل رساندن اثرات بین الکترودی ناشی از امپدانس متقابل، پراب جریان در یک فاصله (D) قابل توجه از الکترود زمین تحت آزمون قرار می گیرد. این فاصله معمولاً ۵ برابر بزرگ‌ترین بعد الکترود زمین می باشد. پراب ولتاژ در همان جهت پراب جریان و در فاصله X از الکترود زمین قرار می گیرد اگرچه در صورت محدودیت‌های مکانی می‌تواند در جهت مخالف نیز قرار بگیرد، (شکل(۶-۱۷)).

در اغلب موارد، فاصله X ۶۱/۸ درصد فاصله D (روش ۶۱/۸ درصد) در نظر گرفته می‌شود و پراب‌های ولتاژ و جریان در جهت یکسان نسبت به الکترود زمین قرار داده می شوند. این فاصله بر اساس مدل تئوریک مسئله و برای اندازه‌گیری دقیق امپدانس الکترود زمین برای خاک با مقاومت ویژه یکنواخت استوار است. شایان ذکر است در چنین مکانی، پتانسیل صفر بوده و قرائت پراب ولتاژ برابر با ولتاژ الکترود زمین تحت آزمون نسبت به زمین دور خواهد بود. لذا با تقسیم قرائت پراب ولتاژ به مقدار قرائت شده پراب جریان، مقدار صحیح مقاومت الکترود زمین محاسبه خواهد شد. در این مدل، فرض می شود فاصله کافی بین الکترود زمین و پراب های جریان و ولتاژ وجود دارد تا بتوان پراب‌ها را به صورت نیمکره در نظر گرفت، ضمن آن‌که الکترود زمین هیچ رابط خارجی ندارد.



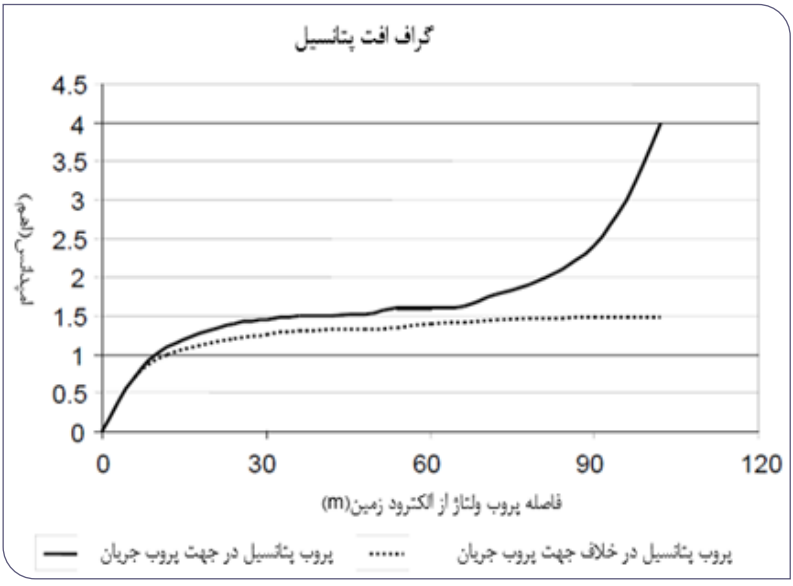
۶-۱۷. تصویر روش افت پتانسیل [۸]

همان‌طور که در بالا اشاره شد، پس از تعیین مکان پراب جریان بر اساس شاخص‌های تعیین شده، مکان پراب پتانسیل برای اندازه‌گیری صحیح مقاومت الکترود زمین حیاتی است. در این مکان، پراب پتانسیل می‌بایست عاری از اثرات ناشی از الکترود زمین تحت آزمون و پراب جریان و در ناحیه پتانسیل صفر باشد. یک روش عملی برای تعیین این مکان، به‌دست آوردن ناحیه امپدانس ثابت در منحنی ۷-۱۷ می‌باشد. این کار با اندازه‌گیری مقدار امپدانس با حرکت دادن پراب پتانسیل بین الکترود زمین و پراب جریان می‌باشد. پس از مشخص شدن مکان‌های پراب جریان و پراب ولتاژ، با قرائت یک مقدار ثابت مقاومت دو تا سه بار به صورت متوالی می‌توان فرض کرد که مقدار قرائت شده نشان‌دهنده مقدار واقعی مقاومت الکترود زمین است.

شکل(۷-۱۷) امپدانس نوعی الکترود زمین را بر اساس فاصله پراب پتانسیل از الکترود زمین نشان می‌دهد. در این شکل، گراف با خط کشیده پر رنگ نشان دهنده‌ی جهت‌گیری الکترودهای کمکی در جهتی

که به صفر در نزدیکی الکترود زمین، و بی‌نهایت در نزدیکی پراب جریان نزدیک می‌شود، می‌باشد. گراف با خط نقطه-نقطه مربوط به جهت‌گیری مخالف پراب پتانسیل و پراب جریان می‌باشد که رفتاری متفاوت با حالت قبل از خود نشان می‌دهد. با توجه به گراف‌های شکل(۷- ۱۷) می‌توان نتیجه گرفت که در یک نقطه خاص مقدار امپدانس اندازگیری شده با امپدانس الکترود تحت آزمون نزدیک می‌شود. شکل(۷- ۱۷) برای خاک‌های همگون با مقاومت ویژه یکنواخت مطابقت دارد. برای خاک‌های غیر همگون که مقاومت ویژه یکنواخت ندارند، ممکن است یک بخش با شیب صفر که معمولاً اثر ناحیه امپدانس ثابت (پتانسیل صفر) را نشان می‌دهد را نداشته باشد.

محدودیت‌های دیگر روش افت پتانسیل آن را برای اندازه‌گیری مقدار صحیح مقاومت سامانه زمین باز می‌دارد. در این روش، مقدار صحیح مقاومت زمانی به‌دست می‌آید که سامانه زمین مربوطه را بتوان با یک نیم‌کره معادل با یک مرکز الکتریکی برای اندازه‌گیری فاصله‌های مختلف پراب، نشان داد. یک مرکز الکتریکی مؤثر نقطه‌ای از سامانه زمین تعریف شده است که بیشتر جریان‌های آزمون از آن عبور می‌کنند. بیشتر شبکه‌های مجزای زمین با هندسه ساده را می‌توان به وسیله یک نیم کره معادل نشان داد. چنین معادل‌سازی برای سامانه‌های زمین پیچیده مثل شبکه زمین پست‌های بزرگ برق (یا حتی شبکه زمین پست‌های کوچک با یک اتصال بین سامانه‌های حفاظتی و نول) بسیار سخت است.



شکل۷ - ۱۷. تغییرات امپدانس نوعی الکترود زمین بر اساس فاصله پراب ولتاژ برای روش افت پتانسیل[۸].

۱-۳-۲-۱۷. افت پتانسیل-روش شیب (Slope)

برای بهبود روش افت پتانسیل، روش شیب ارائه شده است. در این روش، فرضیات هم‌گونی خاک با مقاومت ویژه یکنواخت و نمایش سامانه الکترود زمین با یک الکترود کروی معادل کماکان برقرار است. اما اندازه‌گیری فاصله‌های پراب را از یک نقطه مناسب مثل لبه سامانه الکترود زمین با معرفی خطای فاصله‌ها در معادله افت پتانسیل اجازه می‌دهد.

روش شیب به صورت زیر خلاصه می‌شود:

۱) یک نقطه شروع مناسب برای اندازه‌گیری‌های خطی و یک فاصله مناسب برای پراب جریان انتخاب کنید.

۲) مقاومت‌های R۱، R۲ و R۳ را با قرار دادن پراب ولتاژ در فاصله‌هایی به ترتیب برابر با ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ فاصله پراب جریان، اندازه‌گیری کنید

۳) ضریب تغییر شیب: $\mu=(R3-R1)/(R2-R1)$

۴) مقدار PPT/CP متناظر با مقدار μ را از جدول(۱-۱۷)جست و جو کنید.

نکته: منظور از CP فاصله پراب جریان از الکترود زمین می‌باشد که مقدار آن مشخص است..

۵) مقاومت را با قرار دادن پراب ولتاژ در فاصله PPT اندازه‌گیری کنید.

جدول ۱-۱۷. ضرایب روش شیب[۸]

PPT/CP	μ	PPT/CP	μ	PPT/CP	μ
۰/۴۹۴	۱/۲۰	۰/۵۸۰	۰/۸۰	۰/۶۴۳	۰/۴
۰/۴۹۱	۱/۲۱	۰/۵۷۹	۰/۸۱	۰/۶۴۲	۰/۴۱
۰/۴۸۸	۱/۲۲	۰/۵۷۷	۰/۸۲	۰/۶۴	۰/۴۲
۰/۴۸۶	۱/۲۳	۰/۵۷۵	۰/۸۳	۰/۶۳۹	۰/۴۳
۰/۴۸۳	۱/۲۴	۰/۵۷۳	۰/۸۴	۰/۶۳۷	۰/۴۴
۰/۴۸۰	۱/۲۵	۰/۵۷۱	۰/۸۵	۰/۶۳۶	۰/۴۵
۰/۴۷۷	۱/۲۶	۰/۵۶۹	۰/۸۶	۰/۶۳۵	۰/۴۶
۰/۴۷۴	۱/۲۷	۰/۵۶۷	۰/۸۷	۰/۶۳۳	۰/۴۷
۰/۴۷۱	۱/۲۸	۰/۵۶۶	۰/۸۸	۰/۶۳۲	۰/۴۸
۰/۴۶۸	۱/۲۹	۰/۵۶۴	۰/۸۹	۰/۶۳۰	۰/۴۹
۰/۴۶۵	۱/۳۰	۰/۵۶۲	۰/۹۰	۰/۶۲۹	۰/۵
۰/۴۶۲	۱/۳۱	۰/۵۶۰	۰/۹۱	۰/۶۲۷	۰/۵۱
۰/۴۵۸	۱/۳۲	۰/۵۸۸	۰/۹۲	۰/۶۲۶	۰/۵۲
۰/۴۵۵	۱/۳۳	۰/۵۵۶	۰/۹۳	۰/۶۲۴	۰/۵۳
۰/۴۵۲	۱/۳۴	۰/۵۵۴	۰/۹۴	۰/۶۲۳	۰/۵۴
۰/۴۴۸	۱/۳۵	۰/۵۵۲	۰/۹۵	/۶۲۱	۰/۵۵
۰/۴۴۵	۱/۳۶	۰/۵۵۰	۰/۹۶	۰/۶۲۰	۰/۵۶

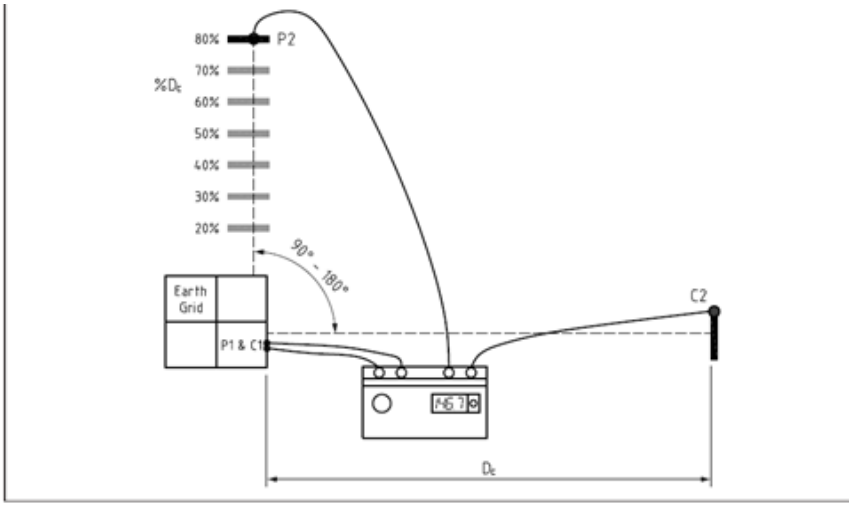
PPT/CP	μ	PPT/CP	μ	PPT/CP	μ
۰/۴۴۱	۱/۳۷	۰/۵۴۸	۰/۹۷	۰/۶۱۸	۰/۵۷
۰/۴۳۸	۱/۳۸	۰/۵۴۶	۰/۹۸	۰/۶۱۷	۰/۵۸
۰/۴۳۴	۱/۳۹	۰/۵۴۴	۰/۹۹	۰/۶۱۵	۰/۵۹
۰/۴۳۱	۱/۴۰	۰/۵۴۲	۱/۰۰	۰/۶۱۴	۰/۶۰
۰/۴۲۷	۱/۴۱	۰/۵۳۹	۱/۰۱	۰/۶۱۲	۰/۶۱
۰/۴۲۳	۱/۴۲	۰/۵۳۷	۱/۰۲	۰/۶۱۰	۰/۶۲
۰/۴۱۸	۱/۴۳	۰/۵۳۵	۱/۰۳	۰/۶۰۹	۰/۶۳
۰/۴۱۴	۱/۴۴	۰/۵۳۳	۱/۰۴	۰/۶۰۷	۰/۶۴
۰/۴۱۰	۱/۴۵	۰/۵۳۱	۱/۰۵	۰/۶۰۶	۰/۶۵
۰/۴۰۶	۱/۴۶	۰/۵۲۸	۱/۰۶	۰/۶۰۴	۰/۶۶
۰/۴۰۱	۱/۴۷	۰/۵۲۶	۱/۰۷	۰/۶۰۲	۰/۶۷
۰/۳۹۷	۱/۴۸	۰/۵۲۴	۱/۰۸	۰/۶۰۱	۰/۶۸
۰/۳۹۳	۱/۴۹	۰/۵۲۲	۱/۰۹	۰/۵۹۹	۰/۶۹
۰/۳۸۹	۱/۵۰	۰/۵۱۹	۱/۱۰	۰/۵۹۷	۰/۷۰
۰/۳۸۴	۱/۵۱	۰/۵۱۷	۱/۱۱	۰/۵۹۶	۰/۷۱
۰/۳۷۹	۱/۵۲	۰/۵۱۴	۱/۱۲	۰/۵۹۴	۰/۷۲
۰/۳۷۴	۱/۵۳	۰/۵۱۲	۱/۱۳	۰/۵۹۲	۰/۷۳
۰/۳۶۹	۱/۵۴	۰/۵۰۹	۱/۱۴	۰/۵۹۱	۰/۷۴
۰/۳۶۴	۱/۵۵	۰/۵۰۷	۱/۱۵	۰/۵۸۹	۰/۷۵
۰/۳۵۸	۱/۵۶	۰/۵۰۴	۱/۱۶	۰/۵۸۷	۰/۷۶
۰/۳۵۲	۱/۵۷	۰/۵۰۲	۱/۱۷	۰/۵۸۵	۰/۷۷
۰/۳۴۷	۱/۵۸	۰/۴۹۹	۱/۱۸	۰/۵۸۴	۰/۷۸
۰/۳۴۱	۱/۵۹	۰/۴۹۷	۱/۱۹	۰/۵۸۲	۰/۷۹

۲-۳-۲-۱۷- افت پتانسیل-- آزمون°۹۰/°۱۸۰

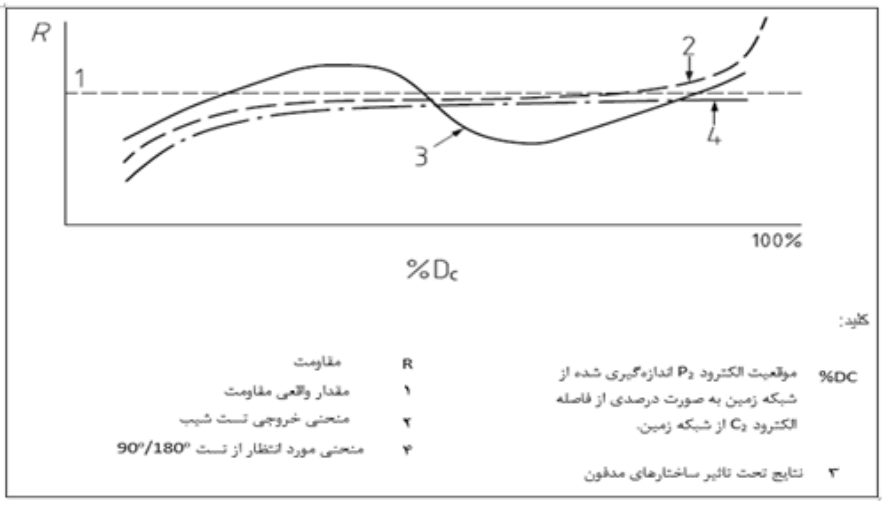
این آزمون همراه با آزمون روش شیب یا روش ۶۱/۸ درصد به منظور تأیید نتایج به‌دست آمده انجام می‌شود. تجهیزات آزمون باید به صورت شکل ۸- ۱۷ چیده شوند.

پراب جریان C_2 باید تا حد ممکن دور از سامانه زمین تحت آزمون قرار بگیرد و پراب ولتاژ P۲ باید تحت زاویه ۹۰یا ۱۸۰ درجه نسبت به مسیر پراب جریان قرار بگیرد. در این روش برای پیدا کردن مقدار صحیح مقاومت سامانه زمین، باید چندین بار الکترود ولتاژ را جابجا کرد. این جابجایی باید از میزان ۲۰٪ فاصله الکترود جریان(DC) تا ۸۰٪ این فاصله و هر بار با افزودن ۱۰٪ به این فاصله انجام شود و در آخر باید نتایج را به صورت یک گراف درآورد. بعد از رسم گراف، گراف باید به حالت بدون شیب برسد اما هرگز به مقدار مقاومت واقعی نمی‌رسد. با استفاده از برون یابی، می‌توان مقدار واقعی مقاومت را تخمین زد (شکل(۹-۱۷)

نکته: اشیا فلزی زیر زمین می‌توانند یک گراف بدشکل تولید کنند که ممکن است به نتایج غلط منجر شود.



شکل۸- ۱۷. آزمون ۱۸۰°/۹۰° [۸]



شکل۹- ۱۷. نتایج آزمون نوعی[۷]

■ ۴-۲-۱۷ اندازه‌گیری‌های مقاومت با استفاده از روش کلمپی

اندازه‌گیر کلمپی (Clamp-on meter) با بسته شدن روی سیم هادی رو به پایین، مقاومت هادی زمین را اندازه‌گیری می‌کند. مطابق با شکل ۱۰- ۱۷، به هنگام روشن شدن اندازه‌گیر کلمپی یک ولتاژ با فرکانس معلوم (معمولاً بین ۱ کیلوهرتز تا ۳/۴ کیلوهرتز) در سامانه زمین از جمله الکترود زمین تحت اندازه‌گیری القا می‌کند. ولتاژ القایی جریانی (Itest) ایجاد می‌کند که در سامانه‌ای که در چندین نقطه زمین شده عبور می‌کند و سر انجام، توسط اندازه گیر کلمپی اندازه‌گیری می‌شود. نسبت ولتاژ به جریان اندازه‌گیری شده (امپدانس) با استفاده از دستگاه اندازه گیر کلمپی به صورت دیجیتالی نشان داده می‌شود. این روش بر اساس این فرض استوار است که امپدانس کل هادی‌های نول /حفاظت که در چند نقطه زمین شده‌اند، بسیار کوچک‌تر از الکترود زمین تحت آزمون می‌باشد به‌گونه‌ای که می‌تواند صفر در نظر گرفته شود (Zeg=۰). با این فرض، در صورت درست انجام شدن آزمون، قرائت نشان داده شده مقاومت الکترود زمین راتخمین می‌زند.

دقت دستگاه کلمپی بر اساس جفت شدن درست و تراز فک‌های آن پیش‌بینی می‌شود. دستگاه اندازه گیر کلمپی باید به صورت پیوسته کالیبره شود تا از عملکرد صحیح اطمینان حاصل شود. هرچند این روش عملی و بسیار پرکاربرد در خطوط انتقال و توزیع است، اما تئوری آن محدودیت‌های را در کاربرد دارد که در لیست زیر ذکر شده‌اند.

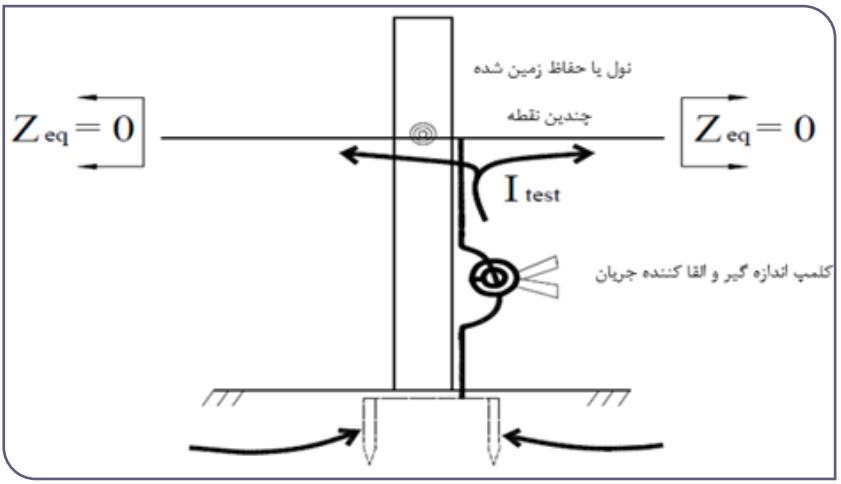
۱) کاربرد آن محدود به الکترودهایی است که به یک سامانه زمین با امپدانس پایین متصل شده‌اند.

۲) اگر راکتانس القایی سامانه خنثی یا حفاظ که در چند زمین شده در مقایسه با مقاومتی که اندازه‌گیری می‌شود دارای مقدار قابل توجهی باشد، خطای زیادی می‌تواند در سامانه اندازه‌گیری تولید شود. این امر به ویژه در دستگاه‌های کلمپی که برای حفظ شکل فشرده خود لازم است در فرکانس‌های بالای بازه ۱کیلوهرتز تا ۳/۴ کیلو هرتز کارکنند، صادق است. چنان‌چه هیچ تلاشی برای محاسبه راکتانس در مدار آزمون صورت نگیرد، فرکانس بالا تزریق شده در مدار امپدانس راکتیو مدار را افزایش می‌دهد و اگر مقدار اندوکتانس بالا باشد، می‌تواند به قرائت‌های آزمون خدشه زیادی وارد کند.

۳) تکه‌های خورده شده روی هادی‌های نول /حفاظت می‌تواند قرائت را تحت تأثیر قرار بدهد؛ معمولاً یک سیم نول / حفاظت باز بوسیله دستگاه اندازه گیر کلمپی مشخص می‌شود.

۴) این روش برای سامانه زمین چند الکترودی متصل به هم کاربردی نیست مثل یک شبکه زمین پست برق، تیر با اتصال چند گانه، یا زمین‌های ساختمان. بجز در پایه اندازه‌گیری تیرهای با اتصال چندگانه یا زمین‌های ساختمان را قطع کنید. مطمئن شوید هادی‌های زمین به یک شیوه امن قطع شوند.

۵) وجود نویز فرکانس بالا در سامانه می‌تواند بر قرائت دستگاه اثر سوء بگذارد. این موضوع هنگام اندازه‌گیری زمین‌های مقاومت بالا (با نسبت نویز به سیگنال بالا) امکان‌پذیر است.



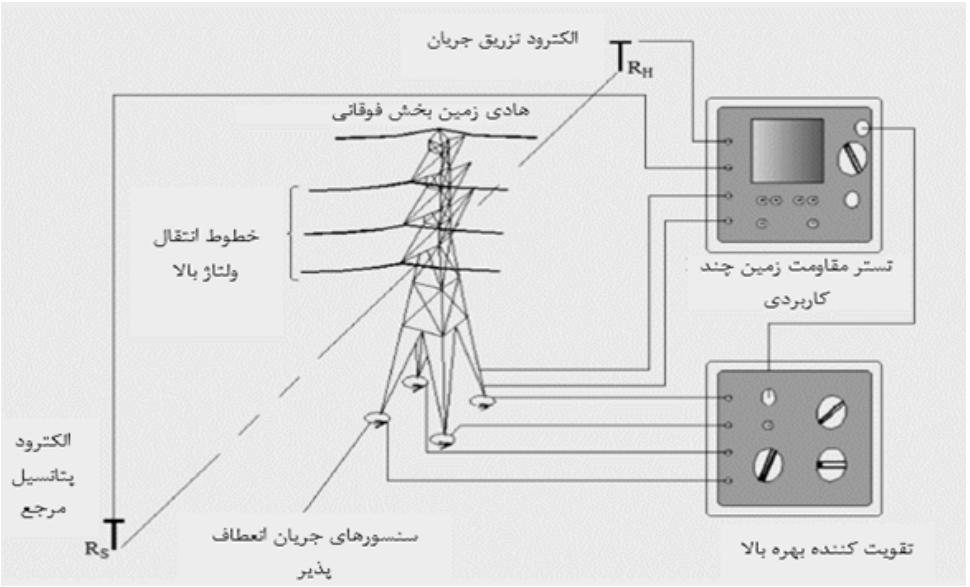
شکل ۱۰- ۱۷. اندازه گیری مقاومت زمین با استفاده از روش کلمپی[۸]

■ ۵-۲-۱۷ اندازه‌گیری مقاومت با روش ترکیبی افت پتانسیل و روش کلمپی

مقاومت یک الکترود زمین جدا از سامانه را می‌توان با استفاده از ترکیب روش افت پتانسیل و روش کلمپی نیز به‌دست آورد. مطابق شکل(۱۱- ۱۷)، پراب‌های ولتاژ و جریان بر اساس روش افت پتانسیل در مدار قرار می‌گیرند. علاوه بر عبور جریان درون سامانه زمین، یک اندازه گیر جریان کلمپی مقدار جریان آزمون که درون سامانه جاری می‌شود را اندازه‌گیری می‌کند. نسبت ولتاژ اندازه‌گیری شده به جریان اندازه‌گیری شده مقاومت یک الکترود زمین جدا از سامانه را تعیین می‌کند.

روش ترکیبی افت پتانسیل و روش کلمپی اغلب برای اندازه‌گیری ساختارهای خطوط انتقال چند شاخه که سامانه الکترود زمین اختصاصی ندارند، استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری جریان عبوری از زمین، از یک اندازه گیر جریان کلمپی استفاده می‌شود، (شکل ۱۱- ۱۷). در حالت یک برج چهارگوش، مقاومت هر شاخه به صورت جداگانه قبل از ترکیب آن‌ها برای بدست آوردن مقاومت کلی ساختار اندازه‌گیری می‌شوند.

مشابه روش کلمپی، نویز فرکانس بالا سامانه می‌تواند در میزان قرائت اثر سوء بگذارد. این موضوع به هنگام اندازه‌گیری زمین‌های مقاومت بالا (با نسبت نویز به سیگنال بالا) امکان‌پذیر است.



شکل۱۱-۱۷. آزمون برج برای سامانه مقاومت زمین با استفاده از اندازه گیری افت پتانسیل و جریان نشتی[۸]

■ ۶-۲-۱۷ اندازه گیری امپدانس زمین با استفاده از مالتی متر مبتنی بر کامپیوتر

این روش اندازه‌گیری شامل یک الکترود اندازه‌گیری جریان برگشتی و شش الکترود اندازه‌گیری ولتاژ می‌باشد که از طریق یک جفت کابل کواکسیال که هر کدام به سه الکترود متصل می‌شوند، (شکل(۱۲-۱۷))، است. الکترود جریان برگشتی در یک فاصله‌ای حداقل دو برابر بزرگ‌ترین بعد سایت مورد نظر قرار می گیرد. اولین الکترود ولتاژ در هرکابل در فاصله ۱۵متری دیوار سایت قرار داده می شود. فاصله پراب های ولتاژ باقی مانده بدون قید و شرط نسبت به پراب اول نصب می‌شوند. برای دقت بهتر، پراب های ولتاژ تا حد ممکن از سایر ساختار های زمین (مثل زمین تیرها، لوله ها وغیره) دور قرار داده می شوند.

در حالت کلی، این نوع مالتی مترها انتخاب های اندازه گیری زیر را برای کاربر فراهم می کنند:

۱) امپدانس زمین
۲) مقاومت ویژه خاک
۳) امپدانس زمین برج
۴) ولتاژ تماسی
۵) ولتاژ گام
۶) امپدانس توده زمین(امپدانس زمین سایت مستقل بدون قطع کابل های نول و حفاظت)
۷) ولتاژ انتقال
۸) امپدانس پایین یا پیوستگی

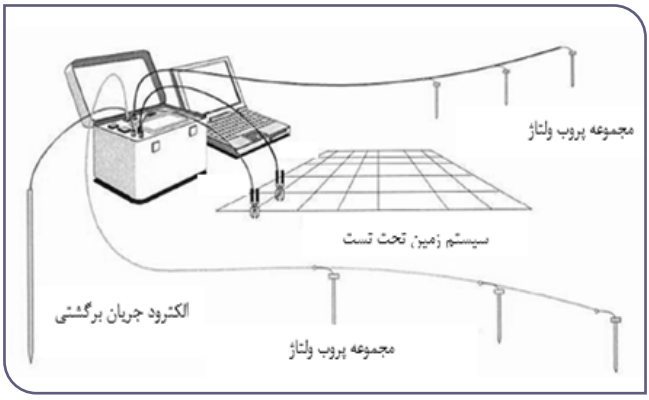
با انتخاب گزینه مورد نظر، کاربر با ورود داده های لازم شامل نوع واندازه سامانه زمین (میله زمین، شبکه زمین) و مختصات الکترودهای ولتاژ و جریان را تخمین می زند. در طول آزمون واحد تغذیه برق پالس های پیوسته (نویز سفید) بین الکترود زمین تحت آزمون و الکترود بازگشتی وارد می کند. پالس های جریان برای مدت کوتاهی (معمولاً به مدت ۰/۵ ثانیه) تزریق می شوند. در حالت اندازه‌گیری امپدانس زمین، اختلاف پتانسیل های زمین با شش الکترود ولتاژ اندازه گیری می شوند. سپس نرم افزار کامپیوتری جریان اندازه گیری شده و اختلاف پتانسیل های زمین را تجزیه وتحلیل می کند و یکی از موارد زیر را انجام می‌دهد:

۱) فیلتر کردن نویز

۲) اصلاح خطای مبدل ولتاژ و جریان

۳) تخمین امپدانس الکترود زمین و ضریب خاک با حل یک ماتریس معادلات ۲ در ۶ با استفاده از روش حداقل مربعات وزنی

۴) نمایش امپدانس زمین (دامنه و زاویه فاز) بر اساس فرکانس



شکل۱۲-۱۷. اندازه گیری امپدانس زمین بر اساس مالتی متر مبتنی بر کامپیوتر[۸]

روش کامپیوتری محدودیت‌های مشابه روش افت پتانسیل دارد که می تواند بر دقت اندازه گیری اثر سوء بگذارد. این محدودیت‌ها عبارتند از:

۱) فاصله‌های پراب ولتاژ و پراب جریان از یک مرکز الکتریکی فرضی سنجیده می‌شوند و به‌عنوان نتیجه امپدانس یک سامانه زمین با اتصالات داخلی به درستی تعیین نمی‌شود.

۲) امپدانس اندازه‌گیری شده می‌تواند با تغییرات موقعیت پراب‌های ولتاژ و جریان تغییر کند. هرچند این روش یک گستره خطا همراه با مقدار مقاومت فراهم می‌کند. این روش ادعا می کند که مقدار واقعی امپدانس توسط ± این گستره احاطه شده است.

در جدول ۲- ۱۷ تمامی روش‌های اندازه‌گیری مقاومت سامانه اتصال زمین با یکدیگر مقایسه و مزایا و معایب آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۲-۱۷. مقایسه مزایا و محدودیت های روش های مختلف اندازه گیری میزان مقاومت سامانه اتصال زمین

روش اندازه گیری	کاربرد	مزایا	محدودیت‌ها
روش دو نقطه	سامانه‌های اتصال زمین کوچک	در مواردی که امکان کوبیدن میله‌ی کمکی وجود نداشته باشد.	دارای خطاهای بزرگ در اتصال زمین‌های دارای مقاومت کم-احتمال وجود امپدانس مشترک به‌عنوان یک منبع خطا
روش سه نقطه	سامانه الکترود اتصال زمین کوچک و ساده	برپایی و اندازه‌گیری آسان، نیاز به محاسبات و تحلیل دشوار ندارد.	برای سامانه‌های اتصال زمین بزرگ و پیچیده مناسب نمی‌باشد. احتمال وجود امپدانس مشترک به‌عنوان یک منبع خطا
افت پتانسیل با روش ۶۱/۸٪	سامانه‌های اتصال زمین بزرگ همچون پست‌های اولیه	اجرا و کنترل پروسه آزمون برای کاربر ساده است و کم‌ترین میزان محاسبات را دارد.	عدم کارایی در سامانه‌های اتصال زمین گسترده، زمان‌بر، دقت پایین در صورت مشخص نبودن مرکز سامانه اتصال زمین، نیاز به شرایط عالی به‌منظور اندازه‌گیری از قبیل متقارن بودن الکترود اتصال زمین، همگون بودن جنس خاک و ....
افت پتانسیل با روش شیب	سامانه-های اتصال زمین کوچک تا متوسط و ساده از نظر توپولوژی	آگاهی از مرکز سامانه اتصال زمین ضروری نیست و همچنین فاصله طولانی برای الکترودها لازم نیست	احتیاج به مقداری محاسبات ریاضی دارد.
افت پتانسیل با روش ۱۸۰° / ۹۰°	سامانه‌های اتصال زمین کوچک تا متوسط و ساده از نظر توپولوژی	در روش‌های ۶۱/۸٪ و شیب در صورتیکه احتمال عبور تأسیسات فلزی از زیر اتصال زمین وجود داشته باشد به منظور کنترل کردن نتایج به کار می‌رود	همواره مقدار مقاومت اندازه‌گیری شده کمتر از مقدار واقعی خواهد بود.
روش کلمپی	سامانه‌های اتصال زمین ساده که مسیرهای برگشت اتصال زمین وجود داشته باشد.	در صورتیکه امکان جداسازی سامانه اتصال زمین از سازه‌های فلزی خارج از خاک وجود نداشته باشد. بدون نیاز به کوبیدن الکترودهای اتصال زمین کمکی.	فقط در سامانه‌های گسترده با اتصالات موازی متعدد به زمین کاربرد دارد و نسبت به نویز حساس است.
روش ترکیبی افت پتانسیل و کلمپی	سامانه‌های اتصال زمین کوچک تا متوسط	در صورتی که امکان جدا نمودن سامانه اتصال زمین از سازه‌ها و تجهیزات وجود نداشته باشد.	حساسیت به نویز و لزوم تکرار اندازه‌گیری‌ها برای هر الکترود در سامانه اتصال زمین
استفاده از مالتی متر مبتنی بر کامپیوتر	سامانه‌های اتصال زمین کوچک تا متوسط و ساده از نظر توپولوژی	تعیین امپدانس یک سامانه اتصال زمین مجتمع یا مجزا	تعیین مقدار امپدانس با دقت پایین به علت استفاده از مرکز سامانه اتصال زمین فرضی. تغییرات امپدانس اتصال زمین با تغییر موقعیت پراب‌های ولتاژ و جریان.

۳-۱۷ آزمون‌های اندازه‌گیری ولتاژهای گام، تماسی و انتقال

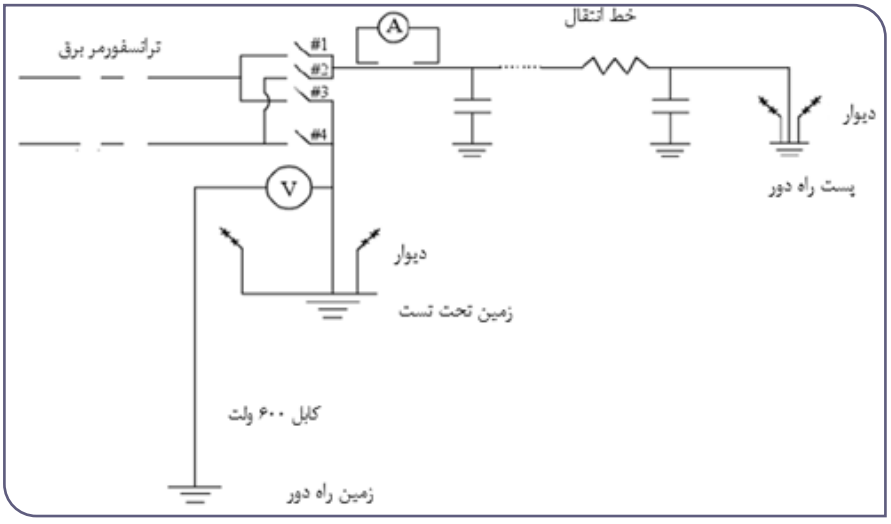
۱-۳-۱۷ آزمون خطای مرحله ای

اندازه‌گیری‌های زمین با استفاده از جریان خطای فاز به زمین در یک سایت، دقیق‌ترین داده ولتاژ گام، تماسی، و انتقالی را فراهم می‌کند. هرچند این نوع آزمون به ندرت انجام می‌شود مگر این‌که دلایل چالش برانگیزتری مثل تعیین پارامترهای مدار، عملکرد تجهیز و مشخصات حفاظتی برای آزمون وجود داشته باشد.

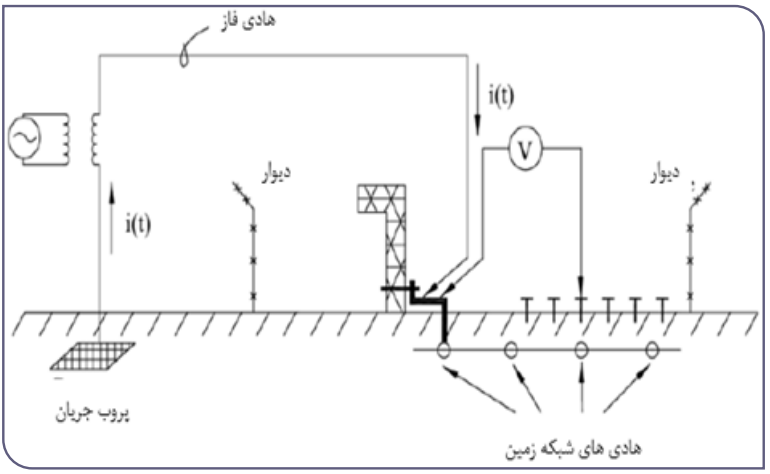
آزمون خطای مرحله‌ای مانند آنچه در بخش اندازه‌گیری مقاومت زمین گفته شد اندازه‌گیری می‌شود، اما مراقبت‌های ویژه و آماده‌سازی قبلی برای انجام آزمون به صورت ایمن لازم است.

۲-۳-۱۷ آزمون تزریق جریان یا آزمون خطای ولتاژ پایین

در روش تزریق جریان، یک جریان آزمون با فرکانس کاری برابر با فرکانس برق و در گستره بین ۱۰۰آمپر تا ۲۰۰ آمپر بین شبکه زمین مورد نظر و یک شبکه یا الکترود زمین راه دور مطابق آنچه در شکل های (۱۳-۱۷) و (۱۴-۱۷) نشان داده است، اعمال می‌گردد. با تزریق پیوسته جریان درون شبکه زمین، توزیع جریان، افزایش پتانسیل زمین(GPR) و شیب‌های مختلف ولتاژ اندازه‌گیری می‌شود. در بعضی از مواقع برای شبیه‌سازی بدن انسان جریان از طریق یک مقاومت ۵۰۰ یا ۱۰۰۰ اهم عبور داده می‌شود. در نهایت با ضرب نسبت جریان خطای سایت به جریان آزمون در ولتاژها و جریان‌های اندازه‌گیری شده، این مقادیر افزایش پیدا می‌کنند.



۱۳ - ۱۷. نمودار تک خطی برای آزمون تزریق جریان یا آزمون خطای ولتاژ پایین[۸]



۱۴-۱۷. اندازه‌گیری ولتاژ تماسی نوعی برای آزمون تزریق جریان یا خطای ولتاژ پایین[۸]

برای انجام این آزمون، ابتدا خط انتقال یا توزیع از منبع برق جدا می‌شود. سپس هادی فاز جریان آزمون را از منبعی که می‌تواند در فاصله دور از الکترود زمین یا سایت تحت آزمون قرار بگیرد، حمل می‌کند. معمولاً منبع شامل یک پست برق متحرک یا یک ترانسفورماتور قدرت که به صورت موقتی نصب شده است، می‌باشد. منابع دیگر می‌تواند شامل ژنراتور جوشکاری یا متحرک گازوئیلی با یک کنترل کننده با قابلیت تنظیم برای تولید جریان‌های در گستره چند صد آمپر در یک فرکانسی اندکی بیشتر از فرکانس برق باشد. از این تکنیک می‌توان برای اجتناب از تداخل ناشی از جریان‌های پراکنده در فرکانس برق استفاده کرد.

با فرض این‌که ولتاژهای ثابت از سامانه روی شبکه زمین تولید شده باشند، این آزمون را می‌توان با اصلاح اندازه‌گیری‌های آزمون، بدون قطع برق کل سایت انجام داد. جریان‌ها و هارمونیک‌های تداخلی در فرکانس برق را می‌توان با معکوس کردن شارش جریان با استفاده از سوئیچ‌های ۱ تا ۴ در خروجی منبع (شکل (۱۳-۱۷)) از بین برد. این سوئیچ‌ها آزمونگر را قادر می‌سازد تا سه اندازه‌گیری مختلف برای هر پارامتر زمین به صورت زیر بدست آورد:

۱) بدون جریان آزمون (علامت ۰)

۲) با جریان آزمون در یک جهت نسبت به جریان تداخلی (علامت a)

۳) با جریان آزمون در جهت مخالف نسبت به جریان تداخلی (علامت b)

مقدار دقیق پارامترهای اندازه‌گیری شده (جریان آزمون، Itst، و ولتاژ تماسی، Vtst،) از روابط زیر به‌دست می‌آیند:

$$I_{tst}=\sqrt{\left(\frac{I_{tst(a)}^{۲}+I_{tst(b)}^{۲}}{۲}-I_{tst(0)}^{۲}\right)} \qquad (۱۷-۳)$$

$$V_t=\sqrt{\left(\frac{V_{t(a)}^{۲}+V_{t(b)}^{۲}}{۲}-V_{t(0)}^{۲}\right)} \qquad (۱۷-۴)$$

انجام سه اندازه گیری برای هر متغییر ممکن است عملی نباشد. در این مورد، انتخاب یک جریان آزمون با دامنه به حد کافی زیاد نسبت به نویز تداخلی، می تواند مدت آزمون را کاهش دهد.

■ ۳-۳-۱۷ اندازه گیری با استفاده از آزمونگر های زمین متعارف

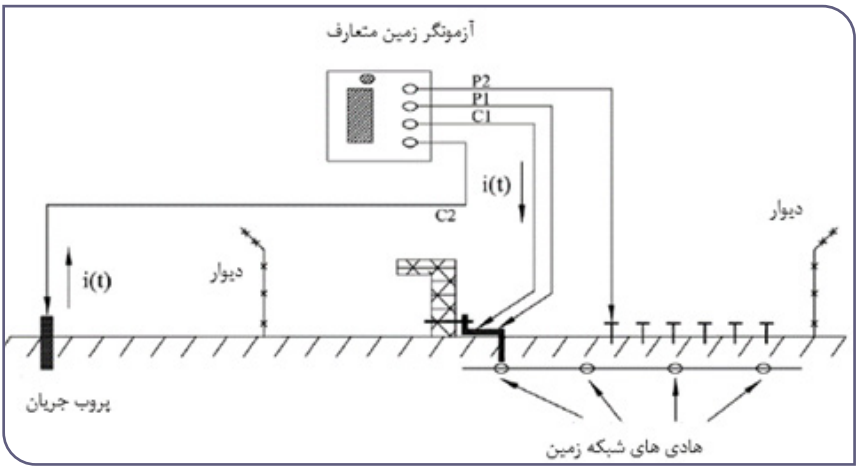
آزمون‌گرهای زمین متنوعی در بازار برای انجام آزمون‌های افت پتانسیل موجود هستند. بیشتر آن ها با استفاده از باتری کار می کنند و جریان ac با فرکانس متغیر تولید می کنند. یک وسیله نوعی جریان آزمون را از طریق پراب مرجع جریان عبور می دهد و شیب ولتاژ حاصله را از طریق پراب مرجع ولتاژ اندازه گیری می کند. خروجی چنین دستگاهی نسبت ولتاژ به جریان (مقاومت) بر حسب اهم می باشد.

دستگاه های موجود دارای گستره نمایش زیر می باشند:

- ۱) ولت تا ۵۰ ولت
- ۲) میلی‌آمپر تا ۲۵۰ میلی‌آمپر
- ۳) ۴۰ هرتز تا ۵۰۰ هرتز
- ۴) ۲۰میلی‌اهم تا ۳۰۰کیلواهم

استفاده از یک آزمون‌گر زمین برای اندازه‌گیری امپدانس یک سامانه الکترود زمین یک عمل پذیرفته شده در صنعت برق می باشد. به عبارت دیگر، کاربرد آن برای اندازه گیری ولتاژ گام، تماسی یا انتقالی نادر می باشد. هرچند، در صورت نیاز، شخص می تواند شیب های ولتاژ را روی یا اطراف محوطه یک پست برق که آزمونگر زمین قادر است جریان کافی با فرکانس هایی غیر ۵۰ یا ۶۰ هرتز به به آن تزریق کند، اندازه گیری کند. شکل ۱۵-۱۷کاربرد یک آزمونگر متعارف زمین را برای اندازه گیری ولتاژ تماسی روی یک محوطه پست برق نشان می دهد. آزمونگر زمین، بعد از اتصال، امپدانس بین شبکه زمین ونقطه مورد بررسی را اندازه گیری می کند. با ضرب امپدانس اندازه گیری شده در جریان خطای تقریبی سایت، ولتاژ تماسی در نقطه مورد بررسی تعیین می شود. ولتاژ گام معمولاً با محاسبه تفاوت بین دو ولتاژ تماسی محاسبه شده در دو نقطه به فاصله ۱ متر از هم می باشد. زمانی که از یک ازمونگر متعارف زمین استفاده شود، فاصله بین پراب جریان و شبکه

زمین به شدت بر داده ولتاژ تماسی تأثیر می گذارد. راهنمایی ها برای نصب پراب جریان مانند آنچه در بخش اندازه گیری مقاومت زمین توضیح داده شد، دقت آزمون را بهبود خواهد بخشید. اگر فاصله بین پراب جریان و شبکه زمین کافی نباشد، ولتاژ تماسی اندازه گیری شده کمتر از مقدار واقعی آن خواهد بود.



۱۵-۱۷. اندازه گیری ولتاژ تماسی با استفاده از ازمونگر متعارف زمین [۸].

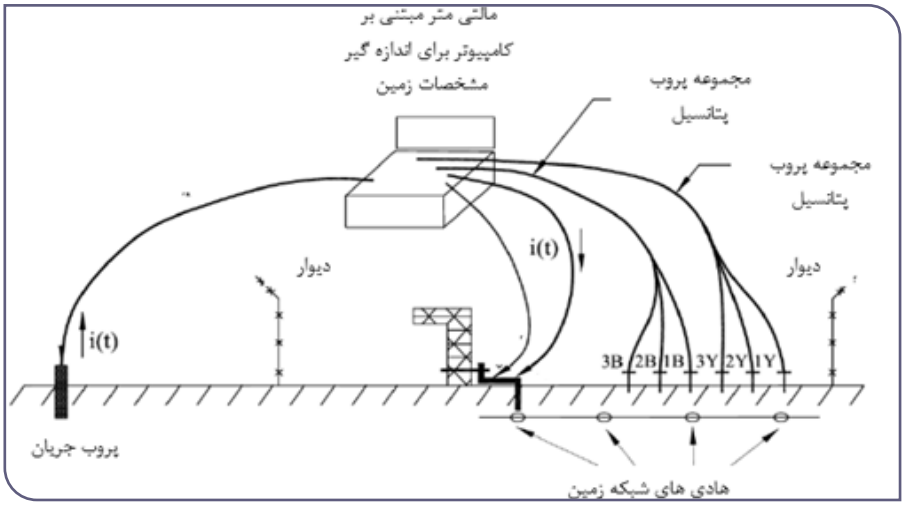
■ ۴-۳-۱۷ اندازه گیری ولتاژ گام وتماسی با استفاده از یک مالتی متر مبتنی بر کامپیوتر

کاربرد اولیه دستگاه مبتنی برکامپیوتر در بخش اندازه‌گیری مقاومت زمین شرح داده شده است. نمودار تک خطی شکل ۱۶- ۱۷ نحوه‌ی استفاده از دستگاه برای اندازه‌گیری ولتاژهای پایه و تماسی را نشان می‌دهد. با استفاده از چیدمان مشابه ولتاژهای انتقال را می‌توان تعیین کرد. در حالت اندازه‌گیری ولتاژ تماسی، تزریق جریان و اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل‌های زمین در شش نقطه به همان شکل باقی می‌ماند به‌جز این‌که پراب‌های اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل‌های زمین در نقاط مد نظر برای اندازه‌گیری ولتاژ تماسی قرار می‌گیرند. تمامی اندازه گیری‌های ولتاژ و جریان با استفاده از نرم‌افزار تجزیه و تحلیل می‌شوند که نویزهای خارجی را با استفاده از روش همبستگی حذف می‌کند. در ادامه، از روش‌های تخمین برای اندازه‌گیری ولتاژ تماسی استفاده می‌کند. هر خروجی شامل شش ولتاژ تماسی نرمالیزه شده با جریان خطای پست می‌باشدکه کاربر قبل از انجام اندازه‌گیری‌ها وارد می‌کند.

برای افزایش دقت، الگوریتم‌های تخمین ولتاژ تماسی دو متغیر حیاتی را به صورت زیرجبران می‌کند:

۱) مجاورت الکترود جریان برگشتی

۲) تعداد زمین‌های برج متصل به توده زمین یا به طور مشخص امپدانس کلی سایر زمین‌های متصل به توده زمین.



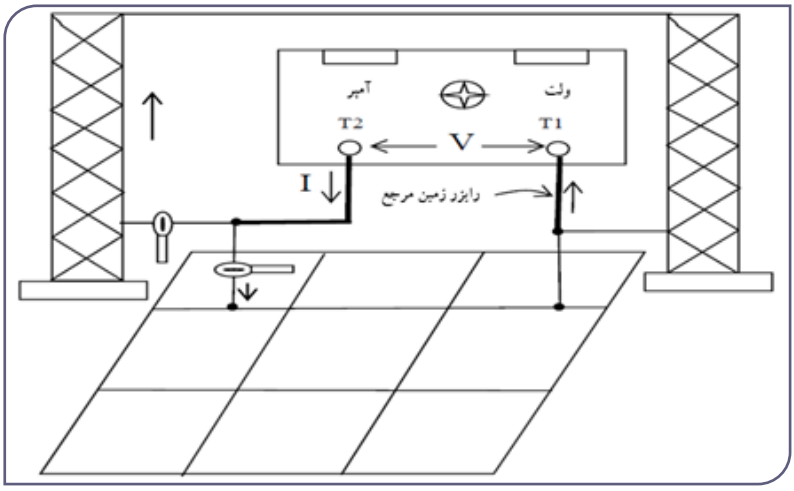
۱۶-۱۷. اندازه گیری ولتاژ تماسی با استفاده از یک مالتی متر مبتنی بر کامپیوتر[۸]

۱۷-۴ بررسی پیوستگی سامانه زمین

روش‌های مختلف بررسی پیوستگی سامانه زمین به صورت زیر می‌باشند:

■ ۱۷-۴-۱ روش آزمون جریان بالا

همانطور که از اسم پیداست، هدف از این آزمون بررسی پیوستگی هادی‌های زمین و اتصالات مدفون با تزریق جریان آزمون بالا می‌باشد. شکل(۱۷-۲۰) این آزمون را نشان می‌دهد.



شکل۱۷ - ۱۷. آزمون یکپارچگی زمین از استفاده از یک آزمون جریان بالا[۸]

یک آزمون نوعی شامل یک منبع ولتاژ متغیر (۰ ولت تا ۳۵ولت، ۰آمپر تا ۳۰۰آمپر)، دستگاه اندازه گیری ولتاژ وجریان ودو عدد هادی آزمون می‌باشد. در شکل ۱۷- ۱۷، هادی آزمون T۱ به رایزر زمین مرجع که معمولاً زمین محفظه ترانسفورماتور می باشد، متصل شده است، و T۲ به رایزر زمینی که باید اندازه گیری شود متصل می شود. این آزمون شامل یک جریان عبوری(معمولاً بین ۱۰ آمپر تا ۳۰۰آمپر) بین رایزرهای متصل شده و اندازه گیری افت ولتاژ بین مدار زمین از جمله هادی های آزمون می باشد. اندازه گیری اختلاف جریان در رایزر مورد آزمون با استفاده از آمپرمتر کلمپی اطلاعات اضافی برای ارزیابی مسیر زمین فراهم می کند. با حفظ رایزر مرجع در حالت متصل، هادی آزمون دوم اطراف رایزرهای آزمون در تجهیزات و سازه های دیگر حرکت داده می شود تا زمانی که تمام شبکه زمین پست آزمایش شود.

در بعضی مواقع یک ردیاب کابل برای موقعیت یابی هادی های زمین شکسته و یا نامعلوم به‌کار گرفته می‌شود. ردیاب کابل، دامنه میدان مغناطیسی تولید شده به وسیله جریان آزمون را آشکار سازی و یک صدای متعادل که از طریق هدفون قابل شنیدن است تولید می کند. نبود این صدا نشانگر سیم زمین شکسته شده یا اتصال باز می باشد.

اندازه‌گیری افت ولتاژ هادی های آزمون ضروری می باشد. این اندازه‌گیری با استفاده از اتصال کوتاه کردن هادی ها بین دستگاه آزمون و اندازه گیری افت ولتاژ با تزریق همان جریان آزمون درحلقه انجام می شود. این اندازه گیری امپدانس سری هادی های آزمون را حاصل می کند. مهم است که این اندازه گیری هادی آزمون در پایان آزمون انجام گیرد که دمای کابل و بنابراین مقاومت کابل مشابه با مقاومت آن در طول اندازه گیری های نقطه ای آزمون است. برای به‌دست آوردن یک مقدار امپدانس درست امپدانس هادی آزمون از امپدانس اندازه گیری شده بین رایزر ها کم می شود. همچنین اجتناب از استفاده حلقه ها یا سیم پیچ ها در هادی های آزمون مهم می باشد زیرا که می‌توانند اندوکتانس قابل توجهی تولید کنند و افت ولتاژ را تغییر دهند. همچنین آزمون یکپارچگی بسیار راحت و عملی است و نتایج آن را می توان به صورت ذهنی تجزیه و تحلیل کرد. یک راه ارزیابی شبکه زمین مقایسه افت ولتاژ ها با یکدیگر و تشخیص رایزرهای آزمون که به صورت غیرعادی امپدانس بالایی دارند، می باشد. شخص می تواند یک شبکه زمین را با مقایسه افت ولتاژ با یک مقدارمرجع معلوم و تعیین اتصالات ضعیف بین رایزرها یک شبکه زمین را ارزیابی کند.

اختلاف جریان های اندازه گیری شده می توانند نشان دهند که آیا یک مسیر امپدانس بالا یا یک مسیر باز در هر جهت وجود دارد یا خیر. هرچند این روش تنها برای شبکه های زمین نسبتاً متراکم بر خلاف شبکه های با تراکم بالا و یا زمین های منفرد برای تجهیزات دور دست، معتبر است.

■ ۲-۴-۱۷ روش اندازه‌گیری مقاومت بین دو رایزر

روش انجام آزمون مشابه مرحله قبل می‌باشد جز این‌که مقاومت مسیر زمین بین رایزرها تعیین می شود. شماتیک شکل۱۸-۱۷ کاربرد این روش را نشان می دهد. سامانه آزمون جریان ۲۵ تا ۳۰ آمپر در فرکانس ۶۰

هرتز بین دو رایزر زمین تزریق می‌کند. بعد از اندازه گیری جریان، افت ولتاژ بین مسیر هادی زمین و زاویه فاز آن‌ها، مقاومت شبکه یا مسیر زمین با استفاده از معادلات زیر محاسبه می شود:

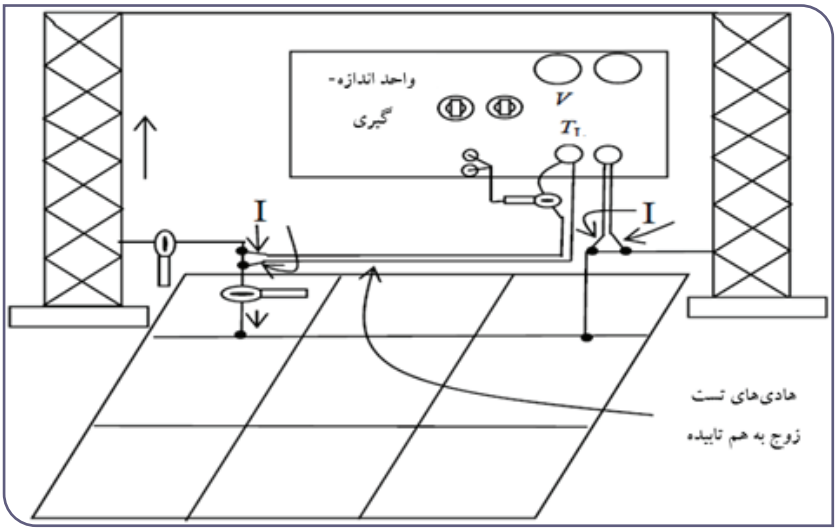
$$R_{path}=\frac{V\cos\theta}{I} \qquad (۱۷-۵)$$

Rpath : مقاومت مسیر بین دو رایزر

V: ولتاژ بین دو رایزر

I: جریان در رایزر ها

Θ: زاویه فاز بین ولتاژ و جریان

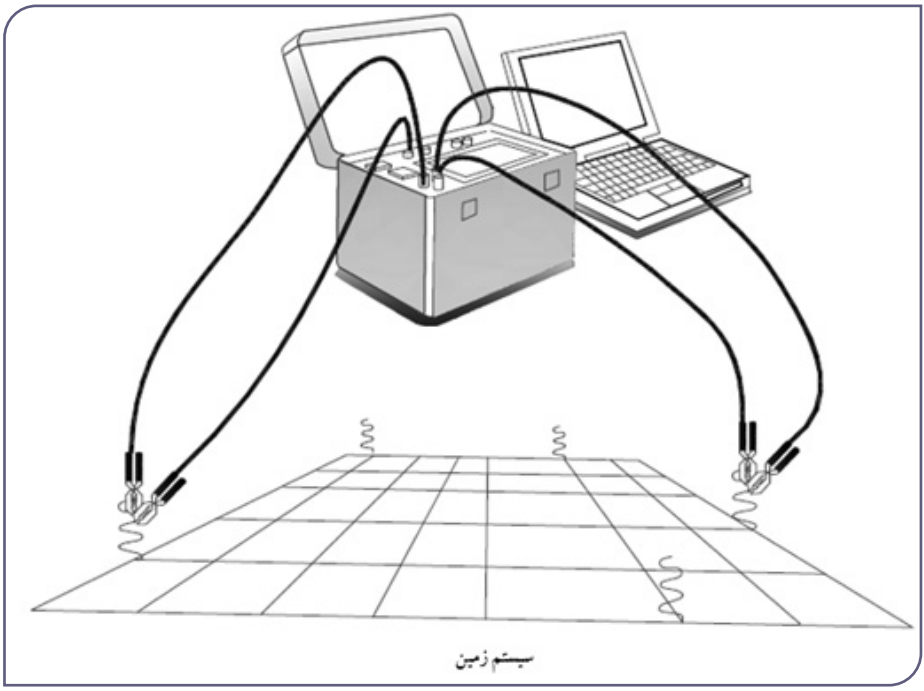


شکل ۱۸ – ۱۷. آزمون یکپارچگی شبکه زمین با اندازه گیری مقاومت بین دو رایزر[۸]

■ ۳-۴-۱۷ اندازه گیری پیوستگی امپدانس پایین با مالی متر مبتنی بر کامپیوتر

یک کاربرد مالتی متر تعیین پیوستگی مسیرهای زمین بین رایزرهای مختلف در پست‌ها می‌باشد. مجموعه پراب ولتاژ و جریان مطابق شکل(۱۹– ۱۷) نصب می‌شوند. در این شکل، هادی‌های سیاه و قرمز جریان به ترتیب بین رایزر مرجع و رایزر تحت آزمون متصل می‌شوند. هادی قرمز از طریق واحد آزمون و کالیبراسیون که توسط دستگاه فراهم شده است، متصل می‌شود. در این ساختار، واحد کالیبراسیون مانند یک مقاومت محدودکننده جریان تقریباً ۵۰ اهمی عمل می‌کند. برای اتصال این مقاومت، دستگیره جلوی واحد آزمون و کالیبراسیون به حالت امپدانس زمین تبدیل می‌شود. اگر واحد آزمون و کالیبراسیون موجود نباشد،

از یک مقاومت خارجی با مقدار مناسب استفاده می‌شود. ولتاژ بین رایزر مرجع و رایزر تحت آزمون از طریق هادی‌های زرد و سبز اندازه‌گیری می‌شود (مانند شکل ۱۹- ۱۷). ساختار نشان داده شده در شکل (۱۹- ۱۷) مشخصات کاملی از امپدانس (R+jx) بین رایزر مرجع و رایزر تحت آزمون را نتیجه می‌دهد.



۱۹- ۱۷. آزمون یکپارچگی شبکه زمین با استفاده از مالتی متر مبتنی بر کامپیوتر[۸]

۵-۱۷ فرم بازرسی تجهیزات الکتریکی ماشین‌آلات

جدول ۳-۱۷. فرم جامع بازرسی تجهیزات الکتریکی ماشین‌آلات[۹]

نام تولید کننده / مسئول تدارکات				
نام کاربر نهایی				
شماره سفارش			**تاریخ**	
شرایط خاص				
الف) آیا ماشین در فضای آزاد قرار می گیرد؟	بله/خیر		اگر بله، مشخصات	
ب) آیا ماشین مواد قابل اشتعال یا قابل انفجار استفاده، تهیه یا تولید می کند؟	بله/خیر		اگر بله، مشخصات	
پ) آیا ماشین در محیط‌های با قابلیت اشتعال و انفجار مورد استفاده قرار می‌گیرد؟	بله/خیر		اگر بله، مشخصات	
ت) آیا ماشین می تواند خطرات خاصی ایجاد کند وقتی که مواد خاصی را تولید یا مصرف می کند؟	بله/خیر		اگر بله، مشخصات	
ث) آیا ماشین برای استفاده در معادن است؟	بله/خیر		اگر بله، مشخصات	
منابع تغذیه الکتریکی و شرایط مرتبط				
الف) نوسانات ولتاژ پیش بینی شده (آیا بیشتر از ۱۰± است)				
ب) نوسانات فرکانس پیش بینی شده (آیا بیش تر از ۲± است)	پیوسته		کوتاه مدت	
پ) تغییرات احتمالی آینده را در تجهیزات الکتریکی که الزامات منبع تغذیه الکتریکی را افزایش می دهد را بیان کنید.				
ت) قعطی های ولتاژ در منبع تغذیه را مشخص کنید.				

نام تولید کننده / مسئول تدارکات				
نام کاربر نهایی				
شماره سفارش		**تاریخ**		
محیط فیزیکی و شرایط عملکرد				
الف)محیط الکترومغناطیسی	مسکونی، تجاری یا محیط صنعتی سبک		محیط صنعتی	
الزامات یا شرایط EMC خاص				
ب) محدوده دمای محیط				
پ) محدوده رطوبت				
ت) ارتفاع				
ث) شرایط محیطی خاص (برای مثال محیط‌های خورنده، گردو غبار، محیط‌های خیس)				
ج)تشعشع				
ح) ارتعاش / شوک				
نام تولید کننده / مسئول تدارکات				
نام کاربر نهایی				
شماره سفارش			**تاریخ**	
خ) الزامات عملکرد و نصب خاص (برای مثال کابل ها و هادی های مقاوم در برابر شعله				
د) حمل و نقل و نگهداری				
ذ) محدودیت‌های مربوط به اندازه، وزن یا بار نقطه‌ای				

نام تولید کننده / مسئول تدارکات				
نام کاربر نهایی				
شماره سفارش			**تاریخ**	
تغذیه های ورودی				
برای هر منبع تغذیه مشخص کنید				
الف) ولتاژ نامی (V)	AC		DC	
	اگر AC است، تعداد فازها را مشخص کنید(V)		فرکانس(Hz)	
مقدار امپدانس منبع تغذیه (Ω) در نقطه اتصال به تجهیزات الکتریکی				
جریان اتصال کوتاه احتمالی (KA r.m.s) در نقطه اتصال به تجیزات الکتریکی				
ب) نوع سامانه توزیع	TN		TT	
	IT			
در صورت استفاده از سامانه‌های IT، آیا مکان خطا یا نظارت عایقی باید به‌وسیله مسئول تدارکات تجهیزات الکتریکی فراهم شود؟				
پ) آیا تجهیزات الکتریکی قرار است به یک نول منبع تغذیه متصل شوند (احتمال وجود چندین منبع)؟	بله		خیر	
پ) آیا تجهیزات الکتریکی قرار است به یک نول منبع تغذیه متصل شوند (احتمال وجود چندین منبع)؟				
بیش ترین جریان (A) مجاز				
ت) دستگاه قطع کننده منبع تغذیه				
ایا قطع هادی نول الزامی است؟	بله		خیر	

نام تولید کننده / مسئول تدارکات				
نام کاربر نهایی				
شماره سفارش			**تاریخ**	
نوع دستگاه قطع کننده منبع تغذیه				
ث) سطح مقطع و ماده هادی حفاظتی (PE)				
ج) آیا یک RCD در تاسیسات فراهم شده است؟	بله/خیر		اگر بله نوع و مقدار نامی جریان پسماند	
حفاظت در برابر شوک الکتریکی				
الف) دسترسی به داخل محفظه ها در حالت کار عادی توسط کدام یک از اشخاص زیر نیاز است؟	اشخاص از نظر الکتریکی ماهر		اشخاص از نظر الکتریکی آموزش دیده	
ب) آیا قفل های با کلیدهای جداشدنی برای ایمنی درها باید فراهم شود؟	بله		خیر	
نوع دستگاه قفل کننده				
حفاظت از تجهیزات				
الف) آیا کاربر یا مسئول تدارکات تجهیزات الکتریکی هادی‌های تغذیه و حفاظت در برابر اضافه جریان برای هادی‌های تغذیه را فراهم می کند؟				
نوع و مقادیر نامی دستگاه‌های حفاظت در برابر اضافه جریان				
ب) بزرگ‌ترین (کیلووات) موتور AC سه فاز که ممکن است به صورت مستقیم راه اندازی شود				
پ) آیا حفاظت در برابر اضافه ولتاژ باید فراهم شود؟	بله/خیر		اگر بله، مشخصات	

نام تولید کننده / مسئول تدارکات				
نام کاربر نهایی				
شماره سفارش			**تاریخ**	
عملکرد				
برای سامانه‌های کنترلی بدون سیم، تأخیر زمانی قبل از خاموش شدن خودکار ماشین در غیاب یک سیگنال درست را مشخص کنید.				
رابط کاربر و دستگاه های کنترلی قرارگرفته روی ماشین				
انتخاب های رنگ خاص (برای مثال برای هماهنگی با ماشین آلات موجود)	استارت		استاپ	
تجهیزات کنترل و قطع و وصل				
درجه حفاظت محفظه ها یا شرایط خاص				
روش‌های سیم کشی				
آیا روش خاصی برای شناسایی وجود دارد که برای هادی‌ها مورد استفاده قرار گیرد؟	بله		خیر	
نوع روش				
لوازم جانبی و روشنایی				
الف) آیا نوع خاصی از پریزها مورد نیاز است	بله		خیر	
نام تولید کننده / مسئول تدارکات				
نام کاربر نهایی				
شماره سفارش		تاریخ		
اگر بله کدام نوع؟				

نام تولید کننده / مسئول تدارکات				
نام کاربر نهایی				
شماره سفارش			تاریخ	
ب) جایی که ماشین با روشنایی محلی تجهیز شده است:	بیش ترین ولتاژ مجاز(V)		اگر ولتاژ مدار روشنایی مستقیماً منبع تغذیه به‌دست نیاید، ولتاژ موجود را بیان کنید	
نشانه گذاری، هشدارها و نام‌های مرجع				
الف) نشانه گذاری های کاربردی				
مشخصات:				
ب) نشانه گذاری های خاص	روی تجهیزات الکتریکی؟		به چه زبانی	
پ) مقررات محلی خاصی که باید مطابق آن باشد	بله		خیر	
اگر بله، کدام یک				
اسناد فنی				
الف) اسناد فنی	در چه رسانه ای؟		به کدام زبان؟	
	فرمت فایل؟			
ب) دستورالعمل هایی برای استفاده	در چه رسانه ای ؟		به کدام زبان؟	
	فرمت فایل؟			

نام تولید کننده / مسئول تدارکات				
نام کاربر نهایی				
شماره سفارش			تاریخ	
پ) اندازه، مکان و هدف داکت‌ها، سینی‌های باز کابل، یا نگه‌دارنده‌های کابل که توسط کاربر ارائه می‌شود				
ت) مشخص کنید آیا محدودیت‌های روی اندازه یا وزن حمل و نقل یک ماشین خاص یا مجموعه‌ی تجهیزات کنترل در محل تأسیسات را تحت تأثیر قرار می‌دهد	بیش‌ترین ابعاد		بیش‌ترین وزن	
ث) در حالت وجود ماشین‌های با طراحی خاص، آیا یک گواهی از آزمون‌های عملیاتی در حالت ماشین متصل به بار برای اتصال به تغذیه وجود دارد؟	بله		خیر	
ج) در مورد ماشین‌های دیگر آیا یک گواهی آزمون های نوعی عملکرد روی یک نمونه اولیه ماشین متصل به بار برای اتصال به تغذیه وجود دارد؟	بله		خیر	

۱۷-۶ بازرسی اولیه مکان‌های پر خطر قابل اشتعال و قابل انفجار

جدول۴-۱۷. جدول بازرسی برای محیط های قابل انفجار ("N"، "E"، "D" "EX" و " T ")

	بررسی کنید:	Ex "d"	Ex "e"	Ex"n" Ex"t"
		درجه بازرسی: بەتفصیل		
الف	کلیات (تمامی تجهیزات)			
۱	تجهیزات متناسب با الزامات ناحیه¬ای محل مورد نظر هستند	×	×	×
۲	گروه تجهیزات درست است	×	×	×
۳	کلاس دمایی تجهیزات درست است (فقط برای گاز)	×	×	n
۴	بیش‌ترین دمای سطحی تجهیزات درست است			t
۵	درجه حفاظت (درجه IP) تجهیزات برای سطح حفاظت یا گروه یا رسانایی مناسب است	×	×	×
۶	نشانه‌گذاری مدار تجهیزات درست است	×	×	×
۷	نشانه‌گذاری مدار تجهیزات موجود است	×	×	×
۸	قسمت‌های محفظه، شیشه و واشرهای محکم کننده شیشه به فلز رضایت بخش هستند	×	×	×
۹	هیچ آسیب یا تغییرات غیر مجاز وجود ندارد	×	×	×
۱۰	هیچ شواهدی از تغییرات غیرمجاز وجود ندارد			
۱۱	پیچ و مهره‌ها، دستگاه‌های ورود کابل (مستقیم و غیر مستقیم) و عناصر خالی کننده از نوع صحیح و کامل و محکم هستند			
	-بررسی فیزیکی	×	×	×
۱۲	روکش‌های رشته‌ای روی محفظه‌ها از نوع صحیح و محکم هستند			
	-بررسی فیزیکی	×		

بررسی کنید:		Ex "d"	Ex "e"	Ex"n" Ex"t"
		درجه بازرسی: بتفصیل		
۱۳	سطوح اتصال تمیز و آسیب ندیده هستند و در صورت وجود واشر، رضایت بخش و به صورت درس قرار گرفته اند			
۱۴	اتصال واشرهای محفظه رضایت بخش است	×	×	×
۱۵	هیچ شواهدی از نفوذ آب یا گردو غبار درون محفظه مطابق با درجه حفاظتی (IP) وجود ندارد	×	×	×
۱۶	ابعاد شکاف‌های مفصلی لبه دار ۱. در محدوده اسناد تولید کننده هستند یا ۲. در محدوده بیش ترین مقدار مجاز استاندارد ساختار مربوطه در زمان نصب یا ۳. در محدوده بیش ترین مقدار مجاز بوسیله اسناد محل هستند	×	×	
۱۷	اتصالات الکتریکی محکم هستند		×	×
۱۸	ترمینال های بلا استفاده محکم شده اند	×		n
۱۹	دستگاه های تنفس بسته و هرمیتی مهروموم شده آسیب ندیده باشند	×		n
۲۰	قطعات داخل محفظه آسیب ندیده هستند			n
۲۱	قطعات عایق آتش آسیب ندیده هستند	×		n
۲۲	محفظه تنفس محدود رضایت بخش می باشد (فقط نوع nR)	×		n
۲۳	درگاه تست، در صورت نصب، کاربردی است (فقط نوع nR)			n
۲۴	عملیات تنفس رضایت بخش است (فقط نوع nR)			n
۲۵	دستگاه های تنفسی و زه¬کشی رضایت بخش هستند	×	×	n

	بررسی کنید:	Ex “d”	Ex “e”	Ex”n” Ex”t”
		درجه بازرسی: بەتفصیل		
	مشخصات تجهیزات (روشنایی)			
۲۶	لامپ¬های فلورسنت اثرات EOL را نشان نمی دهند	×	×	
۲۷	لامپ های HID اثرات EOL را نشان نمی¬دهند	×	×	×
۲۸	نوع لامپ، مقدار نامی، وضعیت و پیکربندی پین دست هستند	×	×	×
	مشخصات تجهیزات (موتورها)			
۲۹	فن‌های موتوردارای فاصله هوایی کافی نسبت به پوشش‌های محفظه می‌باشند، سامانه‌های خنک کننده آسیب ندیده هستند، پایه های موتورهیچ اثری ازشکاف ندارند	×	×	×
۳۰	تهویه گردش هوا مسدود نشده است	×	×	×
۳۱	مقاومت عایقی موتور رضایت بخش است	×	×	×
ب	عایق-عمومی			
۱	نوع کابل مناسب است	×	×	×
۲	هیچ خسارت مشخصی به کابل وارد نشده باشد	×	×	×
۳	پوشش ترانک ها، مجراها(داکت ها)، لوله ها رضایت بخش است	×	×	×
۴	جعبه های کابل به طور کامل به درستی پرشده اند	×	×	×
۵	یکپارچگی سامانه لوله کشی ورابط کاربری با سامانه مخلوط برقرار شده است	×	×	×
۶	اتصالات زمین شامل هر هم بندی اضافی رضایت بخش است (برای مثال اتصالات محکم هستند و هادی¬ها دارای سطح مقطع کافی هستند)			
	- بررسی فیزیکی	×	×	×

بررسی کنید:		Ex "d"	Ex "e"	Ex"n" Ex"t"
		درجه بازرسی: بتفصیل		
۷	امپدانس حلقه خطا(سامانه‌های TN) یا مقاومت زمین(سامانه‌های IT) رضایت بخش است	×	×	×
۸	دستگاه‌های حفاظت الکتریکی خودکار به‌درستی تنظیم شده‌اند	×	×	×
۹	دستگاه‌های حفاظت الکتریکی خودکار در محدوده مجاز عمل می کنند	×	×	×
۱۰	شرایط خاص استفاده (درصورت کاربرد) مطابقت داشته باشد	×	×	×
۱۱	کابل‌های بلا استفاده به درستی منقطع شده‌اند	×	×	×
۱۲	موانع مجاور اتصالات لبه دار عایق در برابر آتش مطابق با IEC ۶۰۰۷۹-۱۴ هستند	×		
۱۳	ولتاژ یه فرکانس‌های متغیر تأسیسات مطابق با اسناد هستند	×	×	×
	عایق-سامانه‌های گرمایشی			
۱۴	سامانه های گرمایشی مطابق با اسناد تولیدکننده کار می کنند	×	×	t
۱۵	دستگاه‌های قطع ایمنی مطابق با اسناد تولید کننده کار می کنند	×	×	t
۱۶	تنظیمات قطع کننده ایمنی اعمال شده است	×	×	
۱۷	تنظیم مجدد قطع کننده ایمنی سامانه گرمایشی فقط با ابزار ممکن است	×	×	
۱۸	تنظیم مجدد خودکار ممکن نیست	×	×	
۱۹	از تنظیم مجدد یک قطع‌کننده ایمنی تحت شرایط خطا جلوگیری شده است	×	×	
۲۰	قطع کننده ایمنی مستقل از سامانه کنترل	×	×	
۲۱	درصورت لزوم سوئیچ سطح نصب و به درستی تنظیم شده باشد	×	×	
۲۲	درصورت لزوم، سوئیچ جریان نصب و به درستی تنظیم شده باشد	×	×	

	بررسی کنید:	Ex “d”	Ex “e”	Ex”n” Ex”t”
		درجه بازرسی: بتفصیل		
	عایق- موتورها	×	×	
۲۳	دستگاه‌های حفاظت موتور در محدوده مجاز زمانی عمل می‌کنند		×	
پ	محیط			
۱	تجهیزات به اندازه کافی در برابر خوردگی، ارتعاش و سایر عوامل مضر محافظت شده‌اند	×	×	×
۲	هیچ انباشت بی مورد گرد و غبار و خاک موجود نباشد	×	×	×
۳	عایق الکتریکی پاک و خشک است		×	×

جدول۵-۱۷. جدول بازرسی اولیه برای محیط قابل انفجار"I " (EX)

الف	بررسی کنید: تجهیزات	درجه بازرسی: بتفصیل
۱	مدار یا اسناد تجهیزات متناسب با ناحیه (zone) می باشد	×
۲	تجهیزات نصب شده همان هستند که در اسناد ذکر شده اند	×
۳	مدار و طبقه و گروه تجهیزات درست هستند	×
۴	درجه حفاظت (IP) تجهیزات با مواد موجود در گروه IIIمتناسب است	×
۵	کلاس حرارتی تجهیزات درست است	×
۶	دامنه دمای محیط دستگاه برای نصب صحیح است	×
۷	دامنه دمای کار دستگاه برای نصب درست است	×
۸	تأسیسات به وضوح برچسب گذاری شده اند	×

	بررسی کنید:	درجه بازرسی: بتفصیل
۹	قسمت های محفظه، شیشه و واشرهای محکم کننده شیشه به فلز و ترکیبات رضایت بخش هستند	×
۱۰	گلندهای کابل و قطعات لوح زنی از نوع درست هستند. کامل و محکم – بررسی فیزیکی	×
۱۱	هیچ تغییرات غیر مجاز وجود ندارد	×
۱۲	هیچ شواهدی از تغییرات غیر مجاز وجود ندارد	×
۱۳	موانع ایمنی دیود، ایزولاتورهای گالوانیزه، رله ودیگر دستگاه های محدود کننده انرژی از نوع تأیید شده هستند. مطابق با الزامات گواهی نامه نصب شده اند و در جایی که الزامی است به طور ایمن زمین شده¬اند	×
۱۴	شرایط واشرهای محفظه رضایت بخش است	×
۱۵	اتصالات الکتریکی محکم هستند	×
۱۶	مدارهای چاپی تمیز و آسیب ندیده هستند	×
۱۷	ازبیش ترین ولتاژ دستگاه های مربوطه فراتر نمی رود	×
ب	تأسیسات	
۱	کابل ها مطابق با اسناد نصب شده اند	×
۲	صفحات کابل مطابق با استاندارد زمین شده اند	×
۳	هیچ آسیب مشخصی روی کابل وجود ندارد	×
۴	پوشش ترانک ها، مجراها(داکت ها)، لوله ها رضایت بخش است	×
۵	اتصالات نقطه به نقطه درست هستند	×
۶	پیوستگی زمین برای مدارت ایزوله غیرگالوانیزه رضایت بخش است(برای مثال اتصالات محکم هستند، هادی¬ها دارای سطح مقطع کافی هستند)	×
۷	اتصالات زمین یکپارچگی نوع حفاظت را حفظ می کنند	×
۸	زمین مدارات ذاتاً ایمن رضایت بخش است	×
۹	مقاومت عایقی رضایت بخش است	×

	بررسی کنید:	درجه بازرسی: به‌تفصیل
۱۰	جدایی بین مدارت ذاتاً ایمن و مدارات غیر ذاتی ایمن در جعبه های توزیع و اتاقک های رله برقرار شده‌اند	×
۱۱	حفاظت در برابر اتصال کوتاه منبع تغذیه مطابق با اسناد می‌باشد	×
۱۲	شرایط خاص استفاده (در صورت کاربرد) مطابقت داشته باشد	×
پ	**محیط**	×
۱	تجهیزات به اندازه کافی در برابرخوردگی، ارتعاش و سایر عوامل مضر محافظت شده اند	×
۲	هیچ انباشت بی مورد گرد و غبار و خاک موجود نباشد	×

جدول۶-۱۷. جدول بازرسی برای محیط های قابل انفجارPD " " و "P" (EX)

	بررسی کنید:	درجه بازرسی: به‌تفصیل
الف	تجهیزات	
۱	تجهیزات متناسب با الزامات ناحیه (zone) محل مورد نظر هستند	×
۲	گروه تجهیزات درست هستند	×
۳	کلاس حرارتی تجهیزات یا دمای سطحی درست است	×
۴	نشانه گذاری مدار تجهیزات درست است	×
۵	نشانه گذاری مدار تجهیزات موجود است	×
۶	قسمت‌های محفظه، شیشه و واشرهای محکم کننده شیشه به فلز و ترکیبات رضایت بخش هستند	×
۷	هیچ تغییرات غیر مجاز وجود ندارد	×
۸	هیچ شواهدی از تغییرات غیر مجاز وجود ندارد	×
۹	نوع لامپ، مقدار نامی و موقعیت قرارگیری دست است	×
ب	**عایق**	×
۱	نوع کابل مناسب است	×
۲	هیچ آسیب مشخصی به کابل وجود ندارد	×

	بررسی کنید:	درجه بازرسی: بتفصیل
۳	اتصالات زمین شامل هر هم‌بندی اضافی رضایت بخش است (برای مثال اتصالات محکم هستند و هادی‌ها دارای سطح مقطع کافی هستند) – بررسی فیزیکی	
۴	امپدانس حلقه خطا (سامانه‌های TN) یا مقاومت زمین (سامانه‌های IT) رضایت‌بخش است	×
۵	دستگاه های حفاظت الکتریکی خودکار در محدوده مجاز عمل می کنند	×
۶	دستگاه های حفاظت الکتریکی خودکار به درستی تنظیم شده اند	×
۷	دمای بخش ورودی گاز حفاظتی زیر حداکثر مشخص شده است	×
۸	مجراها (داکت)، لوله ها و محفظه ها در شرایط خوبی هستند	×
۹	گاز حفاظتی کاملاً عاری از آلاینده ها هستند	×
۱۰	فشار شارش گاز حفاظتی کافی است	×
۱۱	نمایشگرهای فشار یا شارش، آلارم ها و هم¬بندها به درستی کار می کنند	×
۱۲	شرایط موانع جرقه و قطعات مجراها (داکت) برای خروج گازدر ناحیه خطرناک رضایت‌بخش هستند	×
۱۳	شرایط خاص استفاده (در صورت کاربرد) مطابقت داشته باشد	×
پ	**محیط**	×
۱	تجهیزات به اندازه کافی در برابرخوردگی، ارتعاش و سایر عوامل مضر محافظت شده اند	×
۲	هیچ انباشت بی مورد گرد و غبارو خاک موجود نباشد	×

۱۷-۷ فرم‌های بررسی سامانه اتصال زمین

■ ۱۷-۷-۱ گزارشات بازرسی

هدف از گزارشات بازرسی عوامل زیر می باشد:

۵. اطمینان از اینکه تجهیزات الکتریکی برای استفاده ایمن هستند
۶. اثبات این‌که بازرسی و تست مطابق با مقررات انجام شده است
۷. اثبات اینکه بازرسی وتست به وسیله یک شخص ماهر و شایسته انجام شده است
۸. دریافت یک مدرک ثبت شده با تمام اطلاعات لازم در مورد ایمنی
۹. فراهم کردن یک اثبات فیزیکی در هنگام حادثه

■ ۱۷-۷-۲ بازرسی چشمی

بعد از اتمام کار روی تأسیسات الکتریکی یک بازرسی چشمی به‌منظور تأیید اینکه آن کار با الزامات استاندارد مطابقت دارد باید انجام شود.

بازرسی چشمی باید قبل از انجام تست یا همراه با تست انجام شود و در صورت امکان قبل از قرار دادن قسمت مربوط به تأسیسات الکتریکی در سرویس باید انجام شود.

جدول۷-۱۷. فرم بازرسی چشمی سامانه زمین[۲]

	فرم بازرسی چشمی سامانه زمین	

نام شرکت اصلی:			نام شرکت فرعی / منطقه							
مواردی که باید کنترل شود			آسیب دیده (Damaged)		زنگ زده (Corroded)		ناپیدا (Missing)		نتیجه بازرسی	
عنوان	ردیف	محل بازرسی	بلی	خیر	بلی	خیر	بلی	خیر	تأیید	عدم تأیید
شینه زمین اصلی H.V	۱									
	۲									
	⋮									
	n									
اتصالات هم بندی بین اجزای طرح	۱									
	۲									
	⋮									
	n									
شینه ارت نول L.V	۱									
	۲									
	⋮									
	n									
اتصالات مش زمین	۱									
	۲									
	⋮									
	n									

نام شرکت اصلی:									
مواردی که باید کنترل شود								نام شرکت فرعی / منطقه	
		آسیب دیده (Damaged)		زنگ زده (Corroded)		ناپیدا (Missing)		نتیجه بازرسی	
عنوان	ردیف	محل بازرسی	بلی	خیر	بلی	خیر	بلی	خیر	تأیید	عدم تأیید
اتصالات هم بندی بدنه فلزی	۱									
	۲									
	...									
	n									
اتصالات هم بندی فنس فلزی	۱									
	۲									
	...									
	n									
هادی های زمین و هادی‌های هم بندی برای مثال اندازه، مشخصات	۱									
	۲									
	...									
	n									
اتصالات هم بندی پست مشتری شریک شده	۱									
	۲									
	...									
	n									

نام شرکت اصلی:			نام شرکت فرعی / منطقه							
موارد کنترل شود			آسیب دیده (Damaged)		زنگ زده (Corroded)		ناپیدا (Missing)		نتیجه بازرسی	
عنوان	ردیف	محل بازرسی	بلی	خیر	بلی	خیر	بلی	خیر	تأیید	عدم تأیید
حفاظت در برابر عوامل خارجی	۱									
	۲									
	:									
	n									
هم بندی اضافی قسمت‌های هادی بیگانه در استخرها، اسپا و غیره.	۱									
	۲									
	:									
	n									

ردیف	بازرسی چشمی سامانه زمین	نتیجه بازرسی		نتیجه نهایی بازرسی		بازرس فنی
		تأیید	عدم تأیید	تأیید	عدم تأیید	
۱	شینه زمین اصلی H.V					نام:
۲	اتصالات هم بندی بین اجزا طرح					
۳	شینه ارت نول L.V					تاریخ:
۴	اتصالات مش زمین					
۵	اتصالات هم بندی بدنه فلزی					امضاء:
۶	اتصالات هم بندی به فنس فلزی					

ردیف	بازرسی چشمی سامانه زمین	نتیجه بازرسی		نتیجه نهایی بازرسی				بازرس فنی
		تأیید	عدم تأیید	تأیید		عدم تأیید		
۷	اتصالات هم‌بندی پست مشتری شریک‌شده							نام:
۸	هادی‌های زمین و هادی‌های هم‌بندی برای مثال اندازه، مشخصات							
۹	حفاظت در برابر عوامل خارجی							تاریخ:
۱۰	هم‌بندی اضافی قسمت‌های هادی بیگانه در استخرها، اسپا و غیره.							امضاء:

■ ۳-۷-۱۷ بازرسی سامانه زمین

جدول۸-۱۷. بازرسی سامانه زمین [۱۶]

نام پروژه / سازه:						شماره گزارش:
آدرس / موقعیت:						
جزئیات مشتری:						
جزئیات تماس:						
تاسیسات جدید یا اصلاح شده:	جدید	•	تغییریافته	•	موجود	•
دلیل بازرسی (بازرسی اولیه، بازرسی معمول، موارد دیگر):						

نام پروژه / سازه:		شماره گزارش:
آدرس / موقعیت:		
جزئیات مشتری:		
جزئیات تماس:		
شماره گواهی تاسیسات:		

مکان ها و تاسیسات خاص:

- مکان‌های قابل انفجار و اشتعال
- مکان‌های درمانی
- مکان‌های کشاورزی و دامپروری
- تاسیسات و کارگاهای موقت
- واحدهای متحرک
- پست برق

- ماشین آلات الکتریکی
- تابلوهای برق
- تاسیسات حساس الکترونیکی و مخابراتی
- مکان‌ها و تأسیسات دیگر (شرح مختصر) .....

شرح مکان های خاص (مطابق با فصل‌های اختصاصی):

.....

.....

.....

.....

مشخصات تغذیه و آرایش زمین:

نام پروژه / سازه:				شماره گزارش:
آدرس / موقعیت:				
جزئیات مشتری:				
جزئیات تماس:				
سامانه زمین (TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT):		مقاومت الکترود (های) زمین:		
تعداد هادی های برق دار (AC):	تکفاز دو سیمه (L-N):		تکفاز سه سیمه (L-N-PE)	
	سه فاز سه سیمه (L۳-L۲-L۱)		سه فاز چهار سیمه (L۱-L۲-L۳-N(PEor PEN)	
	سه فاز پنج سیمه (N+PE+L۳+L۲+L۱)			
نوع و اندازه کابل‌های ورودی		موقعیت الکترودهای زمین		
نوع و نامی قطع کننده مدار (CB) اصلی:		حداکثر جریان خطای احتمالی		
امپدانس حلقه خطای زمین		یکپارچگی (پیوستگی) زمین		
ولتاژهای نشتی (تماسی، گام و انتقال)				
بار کل متصل شده		کل بار متغیر		
نوع و شماره مرجع کنتور				

نام پروژه / سازه:					**شماره گزارش:**
آدرس / موقعیت:					
جزئیات مشتری:					
جزئیات تماس:					
هادی های زمین و هم بندی اصلی:					
نوع ماده هادی زمین:		اندازه هادی اصلی زمین(mm۲)			
نوع ماده هادی هم بندی اصلی:		اندازه هادی هم بندی اصلی زمین(mm۲)			
بازرسی اتصال به:	لوله های آب و گاز وارد شونده		به المان های دیگر)		

هادی های هم بندی هم پتانسیل اضافی:				
استخرهای شنا:	نوع ماده استفاده شده	اندازه هادی هم بندی اضافی(mm۲)		
حمام ها / دوش ها:	نوع ماده استفاده شده	اندازه هادی هم بندی اضافی(mm۲)		
بازرسی اتصال به:	نوع ماده استفاده شده		اندازه هادی هم بندی اضافی(mm۲)	

توضیحات و آزمون‌های اضافی در مورد سامانه زمین تجهیزات و مکان های خاص مطابق با فصل موجود در این استاندارد (در صورت کاربرد):

.....

.....

.....

.....

نام پروژه / سازه:				**شماره گزارش:**	
آدرس / موقعیت:					
جزئیات مشتری:					
جزئیات تماس:					
سامانه TN:					
حفاظت در برابر اضافه جریان		ولتاژهای نشتی		پیوستگی زمین	
هم بندی اصلی و اضافی		RCD ها		نوع زمین کردن تجهیزات حساس الکترونیکی	
امپدانس حلقه خطا		قطع خودکار منبع تغذیه			
سامانه TT:					
حفاظت در برابر اضافه جریان		ولتاژهای نشتی		پیوستگی زمین	
هم بندی اصلی و اضافی		RCD ها		نوع زمین کردن تجهیزات حساس الکترونیکی	
امپدانس حلقه خطا		قطع خودکار منبع تغذیه			
سامانه IT:					
حفاظت در برابر اضافه جریان		ولتاژهای نشتی		پیوستگی زمین	
هم بندی اصلی و اضافی		RCD ها		نوع زمین کردن تجهیزات حساس الکترونیکی	
امپدانس حلقه خطا		قطع خودکار منبع تغذیه			

نام پروژه / سازه:						**شماره گزارش:**	
آدرس / موقعیت:							
جزئیات مشتری:							
جزئیات تماس:							
جزئیات کلی بازرسی و تست:							
تاریخ آخرین بازرسی و تست							
هر گونه تغییری مشاهده شده:							
عمر تقریبی تاسیسات و عمر تقریبی تغییرات:							
تاریخ بازرسی برنامه ریزی شده بعدی							
هرگونه شرایط خطرناک موجود یا کار فوری مورد نیاز است(جزئیات را شرح دهید):	خیر	•	بله	•			
هر گونه کار یا تغییری توصیه می‌شود (جزئیات را شرح دهید)	خیر	•	بله	•			

نام پروژه / سازه:		شماره گزارش:	
آدرس / موقعیت:			
جزئیات مشتری:			
جزئیات تماس:			
تجهیزات بازرسی شده: رضایت بخش : رضایت بخش نیست (جزئیات ذکر شود / نظرات): کاربرد ندارد : ● اقدام فوری نیاز است:			
شرایط اتاق برق اصلی:		□	○
تجهیزات اندازه گیری :		□	○
تابلو توضیع اصلی:		□	○
دستگاه جداساز اصلی(CB):		□	○
تابلو برق ولتاژ پایین اصلی (در صورت وجود)		□	○
کابل های تغذیه ورودی:		□	○
هادی اصلی زمین و چاه‌های ارت		□	○
تابلو های توزیع فرعی:		□	○
کابل های توزیع		□	○

نام پروژه / سازه:		شماره گزارش:	
آدرس / موقعیت:			
جزئیات مشتری:			
جزئیات تماس:			
دستگاه¬های حفاظتی اصلی جریان نشتی زمین		□	○
کابل های مدارات(در صورت نمایان بودن)		□	○
تجهیزات اصلاح ضریب توان		□	○
تجهیزات تولید برق آماده به کار		□	○
پریزها		□	○
بازرسی داخلی نقاط نمونه (۱۰ درصد نمونه)			
لیست مدارات یا اتصالات بازرسی شده:		□	○
		□	○
		□	○

۸-۱۷ تهیه و تنظیم فرمت گزارش سامانه اتصال زمین شامل اعلام نواقص و راهکارهای پیشنهادی

بخش ۱. جزئیات مشتری / شخص درخواست کننده گزارش

نام: .....
آدرس: .....
.....

بخش ۲. علت ایجاد این گزارش

تاریخ هایی که بازرسی و تست انجام شده است .....
.....

بخش ۳. جزئیات تاسیساتی که موضوع این این گزارش هستند

مالک: .....
.....
آدرس: .....
.....

بخش ٤. شرح محل (در جای درست تیک بزنید):

مکان‌های قابل انفجار و اشتعال • مکان های مرطوب • مکان های درمانی •
مکان های کشاورزی و دامپروری •

تأسیسات و کارگاه‌های موقت • واحدهای متحرک • مکان‌های دیگر (شرح مختصر) • .....

طول عمر تخمینی سامانه سیم کشی .....سال

شواهدی از اضافه کردن / تغییرات بله • خیر • مشخص نیست • در صورت بله، طول عمر را تخمین بزنید .....سال

سوابق تأسیسات موجود است بله • خیر • تاریخ آخرین بازرسی .....

بخش ۵. گستره و محدودیت های بازرسی و تست:

گستره تأسیسات الکتریکی پوشش داده شده بوسیله این گزارش مطابق با تأسیسات ذکر شده در این استاندارد و همچنین قابل بسط دادن برای تأسیسات دیگر نیز می باشد.
بازرسی و تست های بیان شده در این گزارش مطابق با بخش های مختلف ای استاندارد انجام شده است.
.....

بخش ٦. خلاصه ای از شرایط تأسیسات

شرایط کلی تأسیسات (از نظر ایمنی الکتریکی).....
ارزیابی کلی تأسیسات از نظر مناسب بودن برای استفاده مداوم
رضایت بخش / نارضایت بخش*
* یک ارزیابی نارضایت بخش نشان دهنده شرایط خطرناک و (یا) شرایط با احتمال رخداد می باشد.

بخش ۷. توصیه و پیشنهاد ها

در جایی که ارزیابی کلی از مناسب بودن تجهیزات برای استفاده مداوم نارضایت بخش باشد، توصیه می کنیم که مشاهدات طبقه بندی شده به عنوان « خطرناک» یا « احتمال رخداد خطر» به عنوان یک حالت فوریتی عمل شود.
بازرسی‌های بدون تأخیر برای مشاهدات « نیاز به بررسی بیش تر دارد» توصیه می شود.

بخش ۸. بیانیه

من / ما مسئول بازرسی و تست تأسیسات الکتریکی، که مشخصات آن در بالا شرح داده شده است، دارای مهارت و مراقبت منطقی هنگام انجام بازرسی و تست می باشیم. بدینوسیله اعلام می کنیم که اطلاعات این گزارش شامل مشاهدات و برنامه های پیوست شده، یک ارزیابی دقیق از شرایط تأسیسات الکتریکی را فراهم می کند.

مجری بازرسی و تست	گزارش تأیید شده برای این موضوع به‌وسیله:
نام:	نام:
امضاء:	امضاء:
برای /از طرف:	برای /از طرف:
جایگاه:	جایگاه:
آدرس:	آدرس:
تاریخ:	تاریخ:

بخش ۹. برنامه ها

..... جدول بازرسی و .....جدول های نتایج تست پیوست شده است.
این جدول های پیوست شده قسمتی از این سند هستند و این گزارش زمانی درست است که آن ها پیوست شده باشند.

بخش ۱۰. مشخصات تغذیه و آرایش زمین

آرایش زمین	تعداد هادی های برق دار(AC)	پارامترهای ماهیت تغذیه	دستگاه حفاظتی تغذیه
TN-C TN-S TN-C-S TT IT	تک فاز دو سیمه تک فاز سه سیمه سه فاز سه سیمه سه فاز چهار سیمه سه فاز پنج سیمه	ولتاژ نامی .....V فرکانس نامی .....F جریان خطای احتمالی..KA امپدانس حلقه خارجی....Ω	نوع ..... جریان نامی .....A

بخش ۱۱. مشخصات تأسیسات ذکر شده در این گزارش

وسیله زمین کردن:	جزئیات الکترود زمین تأسیسات (جایی که کاربرد دارد).
تأسیسات تغذیه کننده •	نوع.....
	موقعیت.....
الکترود زمین تأسیسات •	مقاومت در برابر زمین

بخش ۱۲. هادی های حفاظتی اصلی

هادی زمین	(نوع ماده)	(اندازه).....mm۲	اتصال / پیوستگی تأیید شد •
هادی‌های هم بندی حفاظتی اصلی	(نوع ماده)	(اندازه).....mm۲	اتصال / پیوستگی تأیید شد •
به سرویس آب ورودی	به سرویس گاز ورودی	به سرویس روغن ورودی	به ساختارهای فولادی

بخش ۱۳. سوئیچ / سوئیچ - فیوز / قطع کننده مدار / RCD اصلی

موقعیت ..	جریان نامی... A	اگر سوئیچ اصلی RCD باشد:
نوع	ولتاژ نامی V	جریان پسماند نامی .....mA
		تاخیر زمانی نامی .....mS
		زمان عملکرد اندازه گیری شده..... mS

بخش ۱۴. مشاهدات

با توجه به جداول بازرسی و نتایج تست پیوست شده و با توجه به محدودیت های مشخص شده در بخش ۵ بازرسی و تست.

- هیچ اقدامی برای بهبود لازم نیست
- مشاهدات زیر حاصل شده است

مشاهدات	کد طبقه بندی	بررسی های بیش تر لازم است (بله / خیر)
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

یکی از کد های زیر، به صورت مناسب، به هر یک از مشاهدات اختصاص داده شده است، تا در¬جه اضطراری برای اقدامات جهت بهبودی را برای شخص مسئول روشن کند.

C۱ : خطر موجود است. خطرآسیب دیدن. اقدامات فوری جهت بهبودی لازم است.

C۲ : احتمال خطر وجود دارد. اقدامات اضطراری برای بهبودی لازم است

۹-۱۷ فرمت تأییدیه سامانه اتصال زمین

جدول ۱۰-۱۸. فرم تأییدیه سامانه اتصال زمین [۱۴]

بخش ۱. شرح کارها

۱. شرح کارها

.....

.....

۲. موقعیت / آدرس

.....

.....

۳. تاریخ انجام کار ها

.....

.....

بخش ۲. شرح مکان

مکان‌های قابل انفجار و اشتعال • مکان های مرطوب • مکان های درمانی •
مکان‌های کشاورزی و دامپروری •

تأسیسات و کارگاه‌های موقت • واحدهای متحرک • مکان‌های دیگر (شرح مختصر)
• .....

توضیحات در مورد مکان مورد نظر(مطابق با فصل اختصاص یافته در این استاندارد):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

بخش ۳. جزئیات تاسیسات

۱. آرایش سامانه زمین

IT • TT • TN-C-S • TN-S • TN-C • TN •

بخش ۲. جزئیات تاسیسات

۱. آرایش سامانه زمین

IT • TT • TN-C-S • TN-S • TN-C • TN •

۲. روش حفاظت در برابر خطا

.....

.....

۳. دستگاه حفاظتی

نوع ..... جریان نامی .....A

نظرات در مورد تاسیسات شامل کافی بودن (مقدار مقاومت، پیوستگی ، ابعاد و ...) آرایش زمین و هم بندی

.....

.....

٤. نظرات در مورد حفاظت در برابر اضافه جریان

.....

.....

٥. نظرات در مورد ولتاژهای نشتی

.....

.....

٦. نظرات در مورد امپدانس حلقه خطا

.....

.....

۷. (در صورت کاربرد) نظرات در مورد تجهیزات حساس الکترونیکی و مخابراتی نظیر نوع زمین کردن، اثر نویز و .....

.....

۸. توضیحات اضافی

.....

بخش ٤. تست های ضروری (در صورت تشخیص، تست های دیگر اضافه شود)

رضایت بخشی سامانه زمین •

ولتاژهای تماسی، گام، انتقال .....

امپدانس حلقه خطا .....Ω

پیوستگی سامانه زمین (مقدار مقاومت) .....Ω

مقاومت زمین .....Ω

رضایت بخشی پلاریته •

عملکرد RCD (در صورت کاربرد). جریان عملکرد پسماند نامی .....mA و زمان عمکرد .....mS

بخش۵. بیانیه

پیرو ارزیابی سامانه اتصال به زمین .....واقع در .....
در تاریخ .....گزارش می‌نماید که سامانه اتصال زمین .....بر اساس مستندات پیوست در شرایط موجود مورد تأیید می باشد.
شایان ذکر است که این گواهی نامه صرفاً به منزله تأیید سامانه اتصال زمین .....صادر گردیده است و سایر موارد مرتبط با ایمنی برق را شامل نمی شود.
اعتبار این تأییدیه ..... سال از تاریخ صدور آن است.

نام :	امضا: .....
برای و از طرف:	موقعیت: .....
آدرس :	تاریخ: .....

۱۰-۱۷ مقررات استانداردهای معتبر ملی و بین المللی مرتبط با سامانه اتصال زمین

۱. مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان- سال ۱۳۹۵

طراحی و اجرای تاسیسات برق ساختمان

۲. استاندارد ملی ایران2014 – 1-INSO 12103 -

تابلوهای قطع و وصل وفرمان فشار ضعیف– قسمت ۱: مقررات عمومی

۳. مشخصات فنی، عمومی و اجرایی تاسیسات برق ساختمان- سال ۱۳۸۹

جلد اول: تاسیسات برق فشار ضعیف و فشار متوسط

۴. مشخصات فنی، عمومی و اجرایی تاسیسات برق ساختمان- سال ۱۳۹۰

جلد دوم: تاسیسات برقی جریان ضعیف

۵. استاندارد BS7430: 2011

این استاندارد راه نمایی‌هایی در زمینه برآورده کردن الزامات زمین تاسیسات الکتریکی را فراهم می کند، شامل:

۱. زمین حفاظتی تاسیسات ولتاژ پایین
۲. رابط بین پست‌های LV و HV
۳. زمین حفاظتی و ترتیب بندی سوئیچ‌ها برای ژنراتورهای

۶. استاندارد IEEE Std 142™ – 2007

این استاندارد در مورد اتصال به زمین سامانه‌های الکتریکی است نظیر زمین کردن تجهیزات الکترونیکی، حفاظت در برابر صاعقه و حفاظت در برابر بار استاتیک می‌باشد.

۷. استانداردIEEE Std 81™ – 2012

در این استاندارد روش‌ها و تکنیک‌های آزمون عملی برای اندازه‌گیری مشخصات الکتریکی سامانه‌های

زمین ارائه شده است. که شامل ملاحظات ایمنی، اندازه‌گیری مقاومت ویژه زمین، اندازه‌گیری مقاومت فرکانسی سامانه برق یا امپدانس سامانه زمین به زمین راه دور، اندازه‌گیری ولتاژهای تماسی وگام، بازرسی یکپارچگی سامانه زمین، روش‌های متداول آزمون‌های زمین و غیره می‌باشد.

۸. استاندارد IEEE Std 80™ – 2013

این استاندارد در مورد پست های AC بیرونی معلومی و عایق بندی شده با گاز می باشد و شامل پست های توزیع، انتقال و تولید نیروگاه می‌باشد. در این استاندارد به شبکه زمین پست‌ها، طراحی پست برق و زمین کردن پست پرداخته می‌شود.

۹. استاندارد IEC 60364-6 – 2016

این استاندارد به بازرسی اولیه و دوره‌ای (شامل بازرسی زمین) تاسیسات الکتریکی می‌پردازد.

۱۰. استاندارد NFPA 70 – 2017

این استاندارد در مورد تجهیزات الکتریکی و هادی الکتریکی آن‌ها در مکان‌های زیر می‌باشد:

۱. مکان‌های عمومی و خصوصی شامل ساختمان‌ها، سازه‌ها، منازل متحرک، وسایل تفریحی و ساختمان‌های‌شناور.

۲. حیاط، زمین، پارکینگ، کارناوال و پست‌های صنعتی

۳. تاسیسات هادی‌ها و تجهیزات متصل به منبع برق

۴. تاسیسات استفاده شده بوسیله شرکت‌های برق مثل ساختمان‌های اداری، انبارها، گاراژها و ساختمان‌های تفریحی که عضو جدایی ناپذیر یک نیروگاه، پست یا مرکز کنترل نیستند.

۱۱. استاندارد IEC 61936-1- 2010

این استاندارد قوانین مشترک برای طراحی و ساخت تاسیسات الکتریکی در سامانه‌های با ولتاژهای نامی بالای ۱ کیلوولت AC و فرکانس نامی تا ۶۰ هرتز را فراهم می‌کند. تا ایمنی و کارکرد درست برای استفاده منظور شود.

این استاندارد برای تجهیزات الکتریکی زیر کاربرد دارد:

۱. پست برق، شامل پست برق برای تغذیه خطوط ریلی

۲. تاسیسات الکتریکی روی تیرو برج

کلیدالات و ترانسفورمرهای قرار گرفته خارج یک محیط الکتریکی بسته

۳. یک یا چند نیروگاه برق قرار گرفته در یک سایت

تاسیسات شامل ژنراتورها و ترانسفورماتورها با تمام کلیدهای مربوطه و سامانه‌های الکتریکی جانبی.
اتصال بین نیروگاه‌ها قرار گرفته بین سایت‌های مختلف مستثنی هستند.
۴. سامانه‌های الکتریکی یک کارخانه، نیروگاه صنعتی یا مکان‌های عمومی یا تجاری کشاورزی و صنعتی دیگر

۱۲. استاندارد IEC 60364-4-41-2005

این استاندارد الزامات ضروری در مورد حفاظت در برابر شوک الکتریکی، شامل حفاظت اولیه (حفاظت در برابر تماس مستقیم) و حفاظت در برابر خطا (حفاظت در برابر تماس غیر مستقیم) اشخاص و حیوانات را مشخص می کند.

۱۳. استاندارد IEC 60364-5-54-2011

این استاندارد در مورد شیوه‌های زمین کردن تأسیسات ولتاژ پایین و هادی های حفاظتی شامل هادی‌های هم‌بندی حفاظتی به منظور برآورده کردن الزامات ایمنی می‌باشد.

۱۴. استاندارد IEC 61557-4- 2007

این استاندارد الزامات عملی برای اندازه‌گیری مقاومت هادی‌های زمین، هادی‌های زمین حفاظتی و هادی‌های برای هم بندی هم پتانسیل، شامل اتصالات و ترمینال‌های آن‌ها ضمن اشاره‌ای به مقدار اندازه‌گیری شده یا محدودیت‌ها می‌پردازد.

۱۵. استاندارد IEC 61557-5 – 2007

این استاندارد الزامات اندازه‌گیری مقاومت زمین را مشخص می کند.

۱۶. استاندارد ISO/IEC 30129 – 2015

این استاندارد الزامات طراحی و نصب اتصالات (هم‌بندی‌ها) بین عناصر هادی الکتریکی در ساختمان‌ها و سازه‌های مختلف که در آن تجهیزات فناوری اطلاعات و به‌طور کلی تجهیزات مخابراتی نصب می‌شوند، در هنگام ساخت و نوسازی آن‌ها می‌پردازد، به این منظور که:
۱. به حداقل رساندن خطر عملکرد ناصحیح آن تجهیزات و اتصال کابل به خطرات الکتریکی ،
۲. فراهم کردن یک مرجع سیگنال قابل اعتماد برای تأسیسات مخابراتی که ایمنی در برابر تداخلات الکترومغناطیسی را بهبود می بخشد.

۱۷. استاندارد UL 508 A – 2018

این استاندارد الزامات تابلوهای برق صنعتی که به‌منظور استفاده صنعتی عمومی کاربرد دارند و در یک ولتاژ ۱۰۰۰ ولت یا کم‌تر کار می‌کنند را پوشش می‌دهد.

۱۸. استاندارد BS 7671-2008

این استاندارد برای طراحی، ساخت و بازرسی تأسیسات الکتریکی مثل:

۱. مکان‌های مسکونی
۲. مکان‌های تجاری
۳. مکان‌های عمومی
۴. مکان‌های صنعتی
۵. مکان‌های کشاورزی و دامپروری
۶. ساختمان‌های از پیش ساخته شده
۷. کاروان‌ها و مکان‌های مشابه
۸. معادن
۹. واحدهای سیار یا قابل حمل
۱۰. سامانه‌های فتوولتاییک
۱۱. دستگاه‌های تولید کننده ولتاژ پایین
۱۲. تجهیزات بزرگراه‌ها و بسترهای خیابان کاربرد دارد.

۱۹. استاندارد IEC 60367-7-708 – 2017

این استاندارد الزامات برای تأسیسات یا مکان‌های ولتاژ پایین مثل پارک‌های کاروان، پارک‌های کمپ و مکان‌های مشابه را بیان می‌کند.

۲۰. استاندارد IEC 60079 -14 – 2013

این استاندارد برای طراحی، انتخاب، ساخت و بازرسی اولیه تأسیسات الکتریکی در محیط‌های با قابلیت رخداد انفجار کاربرد دارند.

۲۱. استاندارد IEC 60364-6-61 – 1986

این استاندارد برای بازرسی (اولیه) تأسیسات الکتریکی ساختمان کاربرد دارد.

۲۲. استاندارد IEC 60204-1 – 2016

این استاندارد الزامات کلی برای تجهیزات و سامانه‌های الکتریکی، الکترونیکی و الکترونیکی قابل برنامه ریزی برای ماشین هایی که در حین کار قابل حمل نیستند مثل گروهی از ماشین ها که با یکدیگر کار می کنند و هم‌چنین دارای تغذیه AC که بیش تر از ۱۰۰۰ ولت و تغذیه DC که بیش تر از ۱۵۰۰ ولت ندارد، کاربرد دارد.

منابع

[۱] وزارت کار و امور اجتماعی، شورای عالی حفاظت فنی: ۱۳۸۵ «آیین نامه ایمنی سامانه اتصال به زمین».
[۲] شرکت ملی گاز ایران: ۱۳۹۶ «دستورالعمل بازرسی سامانه زمین».
[3] IEC 60364-1: 2005” Low-Voltage Electrical Installation— Part 1: Fundamental Principles, Assessment of General Characterisitics, Definitions”.
[4] IEC 60364-4-41: 2005 “Low-Voltage Electrical Installation—Part 4-41: Protection for Safety –Protection against Electric Shock”.
[5] IEEE Std 80™: 2013 “IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding”.
[6] BS EN 50522: 2010 “Earthing of Power Installations Exceeding 1 kV a.c”.
[7] BS 7430: 2011 “Code of Practice for Protective Earthing of Electrical Installations”.
[8] IEEE Std 81™: 2012 “IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System”.
[9] IEC 60204-1: 2016 “ Safety of machinery – Electrical equipment of machines-Part 1: General requirements”
[10] UL 508A : 2018 “ Standard for safety industrial control panels “ .
[11] IEC 60079-14 : 2013 “ Explosive atmospheres- part 14: Electrical installations design, selection and erection “.
[12] IEC 60364-7-710 : 2002 “ Electrical installation of building– part 7-710: requirement for special installations or location - medical location “.
[13] BS 7671 : 2008 “ GN7 Amendment 3-5 Agricultural and horticultural premises “.
[14] BS 7671 : 2008 “ Requirements for Electrical Installations “.
[15] IEEE 142TM : 2007 “ IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Comercial Power Systems “.
[16] IEC 60364-6 : 2016 “ Low voltage electrical installations- part 6: Verification “.

Instruction on technical evaluation of earthing systems

ISBN:978-600-6203-18-8

مرکز تحقیقات و تعلیمات
حفاظت فنی و بهداشت کار