



سازمان نظام مهندسی ساختمان
(شورای مرکزی)

دستورالعمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه

گروه تخصصی برق

پاییز ۹۵

به نام خدا



سازمان نظام مهندسی ساختمان
(شورای مرکزی)

گروه تخصصی برق (دوره ششم)

جلد هفتم:

دستورالعمل

حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه

تدوین کنندگان:

رئیس کارگروه: دکتر سلیمان شیرزادی

دبیر کارگروه: مهندس محمود رنجبر

اعضاء کارگروه:

مهندس شعله شاهرودی
دکتر ایمان سریری آجیلی
مهندس آرش الهی پناه

مهندس فرزین خالقی
مهندس نریمان قاسملو
مهندس سید بدرالدین رضازاده

مهندس عزت‌ا... پرتوی شال
مهندس پوریا ساسانفر
مهندس جلیل خدایاری

پاییز ۱۳۹۵

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان سرفصل‌ها
۲	فهرست مندرجات
۶	بخش ۱: هدف و دامنه کاربرد
۷	بخش ۲: مراجع الزامی
۹	بخش ۳: تعاریف و کلمات اختصاری
۹	۱-۳- اصطلاحات و تعاریف
۱۵	بخش ۴: ضوابط اصولی برای حفاظت ساختمان‌ها
۱۵	۱-۴- تمهیدات حفاظتی
۱۵	۱-۱-۴- کلیات
۱۵	۲-۱-۴- تمهیدات حفاظتی برای کاهش آسیب به موجودات زنده ناشی از شوک الکتریکی
۱۵	۳-۱-۴- تمهیدات حفاظتی جهت کاهش آسیب‌های فیزیکی
۱۶	۴-۱-۴- تمهیدات حفاظتی جهت کاهش آسیب‌ها به سیستم‌های الکترونیکی و الکتریکی
۱۶	۵-۱-۴- انتخاب تمهیدات حفاظتی
۱۶	۲-۴- معیارهای اساسی جهت حفاظت ساختمان‌ها و تاسیسات در برابر صاعقه
۱۶	۱-۲-۴- کلیات
۱۷	۲-۲-۴- تراز حفاظت صاعقه
۱۷	۳-۲-۴- زون‌های حفاظت صاعقه
۱۹	۴-۲-۴- حفاظت ساختمان‌ها
۱۹	۱-۴-۲-۴- حفاظت جهت کاهش خسارت‌های فیزیکی و خطرات جانی
۱۹	۲-۴-۲-۴- حفاظت جهت کاهش خرابی سیستم‌های داخلی
۲۰	۳-۴- طراحی سیستم حفاظت صاعقه
۲۰	۴-۴- پیوستگی الکتریکی بخش‌های فلزی و آرماتورها در ساختمان‌های بتنی
۲۳	بخش ۵: مدیریت ریسک
۲۴	بخش ۶: سیستم حفاظت صاعقه خارجی
۲۴	۱-۶- کلیات
۲۴	۱-۱-۶- کاربرد سیستم حفاظت صاعقه
۲۴	۲-۱-۶- انتخاب سیستم حفاظت صاعقه خارجی
۲۴	۳-۱-۶- استفاده از اجزای طبیعی
۲۵	۲-۶- سیستم پایانه هوایی
۲۵	۱-۲-۶- کلیات



دستور العمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه

۲۵	۲-۲-۶- جانمایی
۲۶	۱-۲-۲-۶- روش زاویه حفاظتی
۲۷	۲-۲-۲-۶- روش گوی غلتان
۲۷	۳-۲-۲-۶- روش مش‌بندی
۲۸	۳-۲-۶- پایانه هوایی جهت حفاظت در مقابل اصابت صاعقه به دیواره‌های جانبی ساختمان‌های بلند
۲۸	۱-۳-۲-۶- ساختمان‌های با ارتفاع کمتر از ۶۰ m
۲۸	۲-۳-۲-۶- ساختمان‌های با ارتفاع ۶۰ m یا بیشتر
۲۸	۴-۲-۶- نحوه اجرا
۲۸	۵-۲-۶- اجزای طبیعی
۲۸	۳-۶- سیستم هادی نزولی
۲۸	۱-۳-۶- کلیات
۲۹	۲-۳-۶- جانمایی برای یک سیستم حفاظت صاعقه ایزوله
۲۹	۳-۳-۶- جانمایی برای یک سیستم حفاظت صاعقه غیر ایزوله
۳۰	۴-۳-۶- نحوه اجرا
۳۱	۵-۳-۶- اجزای طبیعی
۳۱	۶-۳-۶- گیره تست
۳۱	۴-۶- سیستم پایانه زمین
۳۱	۱-۴-۶- کلیات
۳۲	۲-۴-۶- آرایش سیستم زمین در شرایط کلی
۳۲	۱-۲-۴-۶- آرایش نوع A
۳۳	۲-۲-۴-۶- آرایش نوع B
۳۳	۳-۴-۶- نصب الکترودهای زمین
۳۴	۴-۴-۶- الکترودهای زمین طبیعی
۳۴	۵-۶- اجزا
۳۴	۱-۵-۶- کلیات
۳۵	۲-۵-۶- نگهدارنده
۳۶	۳-۵-۶- اتصالات
۳۶	۶-۶- جنس و ابعاد
۳۶	۱-۶-۶- جنس اجزا
۳۶	۲-۶-۶- ابعاد
۳۹	بخش ۷: سیستم حفاظت صاعقه داخلی
۳۹	۱-۷- کلیات
۳۹	۲-۷- همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه
۳۹	۱-۲-۷- کلیات
۴۰	۲-۲-۷- همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه با تاسیسات فلزی
۴۱	۳-۲-۷- همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه برای بخش‌های

- هادی خارجی
- ۴۲ ۴-۲-۷- همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه برای سیستم‌های داخلی
- ۴۲ ۵-۲-۷- همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه برای خطوط متصل به ساختمان تحت حفاظت
- ۴۳ ۳-۷- عایق‌سازی الکتریکی سیستم حفاظت صاعقه خارجی
- ۴۳ ۱-۳-۷- کلیات
- ۴۴ ۲-۳-۷- روش ساده شده
- ۴۵ ۳-۳-۷- روش جزئی‌تر
- ۴۶ بخش ۸: سیستم‌های الکترونیکی و الکتریکی داخل ساختمان
- ۴۶ ۱-۸- کلیات
- ۴۶ ۲-۸- همبندی و زمین کردن
- ۴۸ ۱-۲-۸- سیستم پایانه زمین
- ۴۹ ۲-۲-۸- شبکه همبندی
- ۵۴ ۳-۲-۸- شینه همبندی
- ۵۴ ۴-۲-۸- همبندی در مرز زون‌های حفاظت صاعقه
- ۵۵ ۵-۲-۸- جنس و ابعاد عناصر همبندی
- ۵۶ ۳-۸- شیلد کردن مغناطیسی و مسیریابی خطوط
- ۵۶ ۱-۳-۸- کلیات
- ۵۶ ۲-۳-۸- شیلد کردن فضایی
- ۵۶ ۳-۳-۸- شیلد کردن خطوط داخلی
- ۵۶ ۴-۳-۸- مسیریابی خطوط داخل ساختمان
- ۵۶ ۵-۳-۸- شیلد کردن خطوط خارج از ساختمان
- ۵۶ ۶-۳-۸- جنس و ابعاد شیلدهای مغناطیسی
- ۵۷ ۴-۸- سیستم SPD هماهنگ شده
- ۶۱ بخش ۹: نگهداری و بازرسی از یک سیستم حفاظت صاعقه
- ۶۱ ۱-۹- کلیات
- ۶۱ ۲-۹- کاربرد بازرسی
- ۶۱ ۳-۹- محدوده بازرسی
- ۶۳ ۴-۹- ترتیب مراحل بازرسی
- ۶۳ ۱-۴-۹- روند بازرسی
- ۶۳ ۲-۴-۹- بررسی مستندات فنی
- ۶۳ ۳-۴-۹- بازرسی چشمی
- ۶۴ ۴-۴-۹- انجام تست سیستم حفاظت صاعقه
- ۶۵ ۵-۴-۹- مستندسازی گزارشات بازرسی
- ۶۶ ۵-۹- تعمیر و نگهداری
- ۶۶ ۱-۵-۹- ملاحظات عمومی

- ۶۶ ۹-۵-۲- فرآیند تعمیر و نگهداری
- ۶۷ ۹-۵-۳- مستندات نگهداری سیستم حفاظت صاعقه
- ۶۸ بخش ۱۰: حفاظت موجودات زنده در برابر آسیب‌های ناشی از صاعقه
- ۶۸ ۱۰-۱- حفاظت در برابر خطرات ناشی از ولتاژ تماس
- ۶۹ ۱۰-۲- حفاظت در برابر خطرات ناشی از ولتاژ گام
- ۷۰ بخش ۱۱: مراجع
- ۷۱ پیوست ۱: طراحی سیستم حفاظت صاعقه
- ۷۲ پیوست ۲: الزامات اجزای سیستم حفاظت صاعقه
- ۸۰ پیوست ۳: چک لیست نمونه برای بازرسی و تست یک سیستم حفاظت صاعقه مطابق با استاندارد
EN 62305-3

بخش ۱: هدف و دامنه کاربرد

۱-۱- این دستورالعمل در اجرای بند ۱۳-۲-۱-۲-۷ و بند پ-۱-۹-۷-۲ مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان و بند ۲۱-۳-۳ مبحث بیست و یکم مقررات ملی ساختمان و بند ۲۲-۷-۷ و بند ۲۲-۷-۱۲ مبحث بیست و دوم مقررات ملی ساختمان، به منظور حفاظت از کلیه ساختمان‌های تحت پوشش مقررات ملی ساختمان در برابر برخورد مستقیم صاعقه و اثرات ثانویه آن تهیه شده است.

۱-۲- این دستورالعمل بر اساس استاندارد سری IEC 62305:2010 تهیه و نگارش شده است. هر کجا که بین مندرجات این دستورالعمل و متن استاندارد مذکور اختلافی وجود داشته باشد، در هر صورت متن استاندارد IEC 62305:2010 نافذ خواهد بود.

۱-۳- این دستورالعمل صرفاً جهت به کارگیری صاعقه‌گیرهای پسیو در ساختمان تدوین شده است. لذا تا تهیه دستورالعمل صاعقه‌گیرهای فعال، در صورتی که مهندس طراح ذیصلاح سیستم حفاظت صاعقه، قصد استفاده از صاعقه‌گیرهای فعال را داشته باشد، می‌بایست به استانداردهای مرتبط و معتبر متناسب با نوع صاعقه‌گیر مراجعه نماید.

بخش ۲: مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این دستورالعمل به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این دستورالعمل محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این دستورالعمل نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این دستورالعمل الزامی است:

- [۱] مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمان‌ها)
- [۲] مبحث بیست و یکم مقررات ملی ساختمان (پدافند غیرعامل)
- [۳] مبحث بیست و دوم مقررات ملی ساختمان (مراقبت و نگهداری از ساختمان‌ها)
- [4] IEC 62305-1:2010, Protection against lightning – Part 1: General principles
- [5] IEC 62305-2:2010, Protection against lightning – Part 2: Risk management
- [6] IEC 62305-3:2010, Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard
- [7] IEC 62305-4:2010, Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures
- [8] IEC 62561-1:2012, Lightning protection system components (LPSC) – Part 1: Requirements for connection components
- [9] IEC 62561-2:2012, Lightning protection system components (LPSC) - Part 2: Requirements for conductors and earth electrodes

- [10] IEC 62561-3:2012, Lightning protection system components (LPSC) - Part 3: Requirements for isolating spark gaps (ISG)
- [11] IEC 62561-4:2010, Lightning protection system components (LPSC) - Part 4: Requirements for conductor fasteners
- [12] IEC 62561-5:2011, Lightning protection system components (LPSC) - Part 5: Requirements for earth electrode inspection housings and earth electrode seals
- [13] IEC 62561-6:2011, Lightning protection system components (LPSC) - Part 6: Requirements for lightning strike counters (LSC)
- [14] IEC 62561-7:2011, Lightning protection system components (LPSC) - Part 7: Requirements for earthing enhancing compounds
- [15] IEC 62561-8:2017, Lightning protection system components (LPSC) - Part 8: Requirements for components for isolated LPS
- [16] IEC 61643-11:2011, Low-voltage surge protective devices - Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Requirements and test methods
- [17] IEC 61643-12:2008, Low-voltage surge protective devices - Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Selection and application principles
- [18] IEC 61643-21:2012, Low-voltage surge protective devices - Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - Performance requirements and testing
- [19] IEC 61643-22:2012, Low-voltage surge protective devices - Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Selection and application principles
- [20] IEC 62793: 2016, Protection against lightning – Thunderstorm warning systems
- [21] IEC 60364-5-53:2015, Electrical installations of buildings - Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Isolation, switching and control

بخش ۳: تعاریف و کلمات اختصاری

۳-۱- اصطلاحات و کلمات تعاریف

۳-۱-۱- سیستم حفاظت کلمات صاعقه

lightning protection system (LPS)

سیستم کاملی که با هدف کاهش خسارات فیزیکی ناشی از اصابت صاعقه به ساختمان استفاده می‌شود.

یادآوری: این سیستم خود از دو بخش سیستم حفاظت صاعقه داخلی و خارجی تشکیل می‌شود.

۳-۱-۲- سیستم حفاظت صاعقه خارجی

external lightning protection system

بخشی از سیستم حفاظت صاعقه که شامل یک سیستم پایانه هوایی، یک سیستم هادی نزولی و یک سیستم پایانه زمین می‌شود.

۳-۱-۳- سیستم حفاظت صاعقه داخلی

internal lightning protection system

بخشی از سیستم حفاظت صاعقه که شامل همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه و/یا عایق‌سازی الکتریکی^۱ سیستم حفاظت صاعقه خارجی می‌شود.

۳-۱-۴- سیستم الکتریکی

electrical system

سیستمی شامل اجزای تغذیه برق فشار ضعیف

۳-۱-۵- سیستم الکترونیکی

electronic system

^۱ Electrical insulation

^۲ Surges

سیستمی شامل اجزای الکترونیکی حساس از قبیل تجهیزات مخابراتی، کامپیوتر، سیستم‌های ابزار دقیق و کنترلی، سیستم‌های رادیویی، تاسیسات الکترونیک قدرت

۳-۱-۶- واسط‌های ایزوله

isolating interfaces

ادواتی که قادر به کاهش سرچ‌های^۲ هدایت شده بر روی خطوط ورودی به زون حفاظت صاعقه هستند. یادآوری ۱: این ادوات شامل ترانسفورماتورهای ایزوله که به یک صفحه محافظ زمین شده مابین سیم‌پیچ‌ها مجهز هستند، کابل‌های فیبر نوری عاری از فلز و اپتوکوپلرها (توزیع دهنده‌های نوری) یادآوری ۲: مشخصه تحمل عابقی این تجهیزات یا به صورت ذاتی و یا از طریق برقگیر حفاظتی برای کاربرد مورد نظر مناسب هستند.

۳-۱-۷- برقگیر حفاظتی

surge protective device (SPD)

تجهیزی به منظور محدودسازی اضافه ولتاژها و منحرف کردن جریان‌های سرچ، که حداقل از یک جز غیرخطی تشکیل شده است.

۳-۱-۸- ضربه الکترومغناطیسی صاعقه

lightning electromagnetic impulse (LEMP)

تمامی اثرات الکترومغناطیسی ناشی از جریان صاعقه از طریق توزیع مقاومتی، القایی و خازنی، که باعث ایجاد سرچ‌ها و میدان‌های الکترومغناطیسی می‌شوند.

۳-۱-۹- سرچ

surge

گذراهای ایجاد شده بوسیله ضربه الکترومغناطیسی صاعقه که به صورت یک اضافه ولتاژ و/یا اضافه جریان ظاهر می‌شود.

۳-۱-۱۰- تمهیدات حفاظت LEMP

LEMP protection measures (SPM)

تمهیدات در نظر گرفته شده به منظور حفاظت سیستم‌های داخلی در برابر اثرات ضربه الکترومغناطیسی صاعقه یادآوری: این تجهیز جزئی از یک سیستم کلی حفاظت صاعقه است.

۳-۱-۱۱- الکتروود زمین فونداسیون

foundation earth electrode

بخشی فلزی، مدفون در خاک زیر فونداسیون ساختمان یا، ترجیحا، جاسازی شده در بتن فونداسیون ساختمان، عموماً به شکل حلقه بسته

۳-۱-۱۲- اجزای طبیعی LPS

natural component of LPS

² Surges

اجزای فلزی که مخصوص حفاظت صاعقه نصب نشده‌اند و می‌توانند بصورت مازاد بر سیستم حفاظت صاعقه استفاده شده یا در برخی موارد می‌توانند بعنوان یک یا چند جز از سیستم حفاظت صاعقه عمل کنند.

یادآوری: مثال‌هایی از استفاده از این اصطلاح عبارت است از:

- پایانه هوایی طبیعی - هادی نزولی طبیعی - الکتروود زمین طبیعی

۳-۱-۱۳- اجزای اتصال دهنده

connecting component

بخشی از یک سیستم حفاظت صاعقه که برای اتصال هادی‌ها به همدیگر یا تاسیسات فلزی استفاده می‌شوند.

یادآوری: این اجزا همچنین شامل اجزای جمپر^۳ و قطعات انبساط پذیر^۴ می‌شوند.

۳-۱-۱۴- اجزای نگهدارنده

fixing component

بخشی از یک سیستم حفاظت صاعقه که برای ثابت و محکم نگه داشتن عناصر سیستم حفاظت صاعقه به ساختمان تحت حفاظت استفاده می‌شود.

۳-۱-۱۵- تاسیسات فلزی

metal installations

اقلام فلزی گسترده در ساختمان تحت حفاظت که ممکن است مسیری برای عبور جریان صاعقه تشکیل دهد، از قبیل لوله‌ها، راه‌پله‌ها، ریل راهنمای آسانسور، داکت‌های تهویه، گرمایش و تهویه مطبوع، آرماتورهای بهم پیوسته، اجزای فلزی ساختمان

۳-۱-۱۶- بخش‌های هادی خارجی

external conductive parts

اقلام فلزی گسترده که به ساختمان تحت حفاظت وارد و یا از آن خارج می‌شوند، از قبیل لوله‌ها، عناصر فلزی کابل، داکت‌های فلزی، غیره که ممکن است بخشی از جریان صاعقه را حمل کنند.

۳-۱-۱۷- همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه

lightning equipotential bonding (EB)

همبندی بخش‌های فلزی مجزا از هم در یک سیستم حفاظت صاعقه بوسیله اتصال مستقیم یا از طریق برگیرهای حفاظتی (موسوم به SPD) به منظور کاهش اختلاف پتانسیل ناشی از جریان صاعقه

۳-۱-۱۸- آرماتورهای بهم پیوسته

interconnected reinforcing steel

قطعات فولادی داخل یک سازه بتنی که از لحاظ الکتریکی پیوسته در نظر گرفته شده است.

۳-۱-۱۹- فاصله جداسازی

separation distance

فاصله بین دو بخش فلزی که در آن جرقه خطرناک نمی‌تواند رخ دهد.

³ Bridging component

⁴ Expansion piece

۳-۱-۲۰- کلاس سیستم حفاظت صاعقه

class of LPS

اعدادی که نشان دهنده طبقه‌بندی یک سیستم حفاظت صاعقه مطابق با تراز از حفاظت صاعقه است که طراحی LPS بر اساس پارامترهای آن تراز انجام شده است.

۳-۱-۲۱- طراح حفاظت صاعقه

lightning protection designer

فردی ذیصلاح، دارای صلاحیت حرفه‌ای و کارآموده در زمینه طراحی سیستم حفاظت صاعقه

۳-۱-۲۲- مجری حفاظت صاعقه

lightning protection installer

فردی ذیصلاح، دارای صلاحیت حرفه‌ای و کارآموده در زمینه نصب و اجرای سیستم حفاظت صاعقه

۳-۱-۲۳- اسپارک گپ

isolating spark gap (ISG)

تجهیزی مجهز به یک فاصله با امکان تخلیه الکتریکی، با هدف ایزوله کردن الکتریکی بخش‌های هادی تاسیسات یادآوری: در هنگام اصابت یک صاعقه، بخش‌های مختلف تاسیسات در نتیجه وقوع پدیده تخلیه الکتریکی در فاصله هوایی اسپارک گپ به صورت موقت به لحاظ الکتریکی بهم متصل می‌شوند.

۳-۱-۲۴- تراز حفاظت صاعقه

lightning protection level (LPL)

عددی است مرتبط با مجموعه‌ای از پارامترهای جریان صاعقه که متناسب با این احتمال هستند که در شرایط وقوع یک صاعقه طبیعی این پارامترها از مقادیر طراحی شده کمینه و بیشینه تعیین شده آن تراز تجاوز نکنند. یادآوری: تراز حفاظتی صاعقه برای طراحی تمهیدات حفاظتی مطابق با برخی از پارامترهای جریان صاعقه، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۱-۲۵- زون حفاظت صاعقه

lightning protection zone (LPZ)

زون یا ناحیه‌ای که محیط الکترومغناطیسی صاعقه برای آن تعریف شده است. یادآوری: مرز زون‌های مختلف یک سیستم حفاظت صاعقه لزوماً مرزهای فیزیکی (مانند دیوارها، کف و سقف) نیستند.

۳-۱-۲۶- سیستم SPD هماهنگ‌شده

coordinated SPD system

ادوات SPD که بدرستی انتخاب، هماهنگ و نصب شده‌اند تا سیستمی را جهت کاهش خرابی سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی تشکیل دهند.

risk (R)

۳-۱-۲۷- ریسک

میزان اتلاف^۵ متوسط سالانه احتمالی (انسان‌ها یا دارایی‌ها) ناشی از صاعقه، متناسب با مقدار کل (انسان‌ها یا دارایی‌ها) موجود در ساختمان تحت حفاظت

⁵ Loss

۲۸-۱-۳- ریسک قابل تحمل

tolerable risk (R_T)

مقدار حداکثر ریسکی که برای ساختمان تحت حفاظت می‌تواند قابل تحمل باشد.

۲۹-۱-۳- شیلد مغناطیسی

magnetic shield

سپری بسته، فلزی، شبکه مانند^۶ یا پیوسته که ساختمان تحت حفاظت یا بخشی از آن را می‌پوشاند و برای کاهش خرابی سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی استفاده می‌شود.

۳۰-۱-۳- سیستم‌های داخلی

internal systems

سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی در داخل ساختمان

۳۱-۱-۳- خط

line

خط برق یا خط مخابراتی متصل به ساختمان تحت حفاظت

۳۲-۱-۳- میله منتهی به زمین

earth lead-in rod

میله نصب شده مابین هادی نزولی/گیره تست و الکتروود زمین
یادآوری: میله منتهی به زمین برای بهبود پایداری مکانیکی استفاده می‌شود.

۳۳-۱-۳- هادی نزولی

down conductor

بخشی از یک سیستم حفاظت صاعقه خارجی که به منظور هدایت جریان صاعقه از سیستم پایانه هوایی به سیستم پایانه زمین استفاده می‌شود.

۳۴-۱-۳- سیستم پایانه هوایی

air termination system

بخشی از سیستم حفاظت صاعقه خارجی که از عناصر فلزی از قبیل میله‌ها، هادی‌های مش یا سیم‌های گارد به منظور جذب و دریافت صاعقه‌ها استفاده می‌شود.

۳۵-۱-۳- سیستم پایانه زمین

earth termination system

بخشی از یک سیستم حفاظت صاعقه خارجی که به منظور هدایت و پراکنده کردن جریان صاعقه به زمین استفاده می‌شود.

۳۶-۱-۳- قطعه انبساط پذیر

expansion piece

قطعه اتصال دهنده به منظور جبران سازی تغییرات طول هادی‌ها و/یا تاسیسات فلزی ناشی از تغییرات دما

⁶ Grid-like

۳-۱-۳۷- شینه همبندی

bonding bar

شینه فلزی که از طریق آن تاسیسات فلزی، بخش‌های هادی خارجی، خطوط برق و مخابرات و سایر کابل‌ها می‌توانند به یک سیستم حفاظت خارجی متصل شوند.

۳-۱-۳۸- شبکه همبندی

bonding network

شبکه بهم پیوسته از همه بخش‌های هادی ساختمان و از سیستم‌های داخلی (غیر از هادی‌های برقدار) به سیستم پایانه زمین

۳-۱-۳۹- هادی همبندی

bonding conductor

هادی اتصال دهنده بخش‌های هادی جداسازی شده به سیستم حفاظت خارجی

۳-۱-۴۰- ساختمان تحت حفاظت

structure to be protected

ساختمانی که برای آن حفاظت در برابر اثرات صاعقه مطابق با این دستورالعمل الزامی است. یادآوری: یک ساختمان تحت حفاظت ممکن است خود بخشی از یک ساختمان بزرگتر باشد.

۳-۱-۴۱- سیستم حفاظت صاعقه خارجی ایزوله شده از ساختمان تحت حفاظت

external LPS isolated from the structure to be protected

سیستم حفاظت خارجی به همراه یک سیستم پایانه هوایی و سیستم هادی نزولی که به گونه‌ای جانمایی شده است تا مسیر جریان صاعقه هیچگونه تماسی به ساختمان تحت حفاظت نداشته باشد. یادآوری: در یک سیستم حفاظت صاعقه ایزوله شده، از وقوع جرقه‌های خطرناک مابین سیستم حفاظت صاعقه و ساختمان جلوگیری می‌شود.

۳-۱-۴۲- سیستم حفاظت صاعقه خارجی ایزوله نشده از ساختمان تحت حفاظت

external LPS not isolated from the structure to be protected

سیستم حفاظت خارجی به همراه یک سیستم پایانه هوایی و سیستم هادی نزولی، به گونه‌ای جانمایی شده است که مسیر جریان صاعقه می‌تواند با ساختمان تحت حفاظت در تماس باشد.

۳-۱-۴۳- قطعه نگهدارنده

fixing component

بخشی از سیستم حفاظت صاعقه که برای محکم نگهداشتن اجزای سیستم حفاظت صاعقه به ساختمان تحت حفاظت استفاده می‌شود.

۳-۱-۴۴- الکتروود زمین رینگ (حلقه)

ring earth electrode

الکتروود زمین به شکل یک حلقه بسته دور تا دور ساختمان، زیر یا روی سطح زمین

۳-۱-۴۵- هادی رینگ (حلقه)

ring conductor

هادی به شکل یک حلقه بسته دور تا دور ساختمان و متصل به هادی‌های نزولی برای توزیع جریان صاعقه بین آن‌ها

بخش ۴: ضوابط اصولی برای حفاظت ساختمان‌ها

۴-۱- تمهیدات حفاظتی

۴-۱-۱- کلیات

بر اساس نتایج بدست آمده از مطالعات مدیریت ریسک (به بخش ۵ رجوع شود)، تمهیدات حفاظتی لازم به منظور کاهش خطرات ناشی از صاعقه، متناسب با نوع خسارت ۷ می‌بایست پیش‌بینی گردد.

۴-۱-۲- تمهیدات حفاظتی برای کاهش آسیب به موجودات زنده ناشی از شوک الکتریکی

تمهیدات حفاظتی ممکن، شامل موارد ذیل می‌باشد:

- عایق‌سازی مناسب برای بخش‌های فلزی در معرض تماس
- همپتانسیل‌سازی بوسیله یک سیستم زمین مش‌بندی شده
- قراردادن محدودیت‌ها و موانع فیزیکی و نصب علائم هشدار دهنده
- همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه (EB)

یادآوری: همپتانسیل‌سازی و افزایش مقاومت لایه سطحی زمین؛ در داخل و یا بیرون ساختمان می‌تواند به کاهش خطرات جانی کمک نماید.

۴-۱-۳- تمهیدات حفاظتی جهت کاهش آسیب‌های فیزیکی

این تمهیدات حفاظتی با بهره‌گیری از یک سیستم حفاظت صاعقه شامل موارد زیر می‌شود:

- (۱) سیستم پایانه هوایی
- (۲) سیستم هادی نزولی
- (۳) سیستم پایانه زمین

⁷ Damage

۴) همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه

۵) عایق‌سازی الکتریکی و رعایت فاصله جداسازی از سیستم حفاظت صاعقه خارجی

۴-۱-۴- تمهیدات حفاظتی جهت کاهش آسیب‌ها به سیستم‌های الکترونیکی و الکتریکی

تمهیدات حفاظتی (SPM) ممکن در این خصوص عبارتند از:

- تمهیدات همبندی و زمین کردن
- استفاده از شیلد مغناطیسی
- تعیین مسیر مناسب برای خطوط الکتریکی و الکترونیکی
- واسط‌های ایزوله
- سیستم برقگیر حفاظتی^۸ هماهنگ شده

این تمهیدات ممکن است به تنهایی یا بصورت ترکیبی به کار رود.

یادآوری: استفاده از تجهیزات پیش‌بینی کننده طوفان^۹ منطبق بر استاندارد IEC 62793:2016 می‌تواند منجر به کاهش خرابی سیستم‌های الکترونیکی و الکتریکی شود.

۴-۱-۵- انتخاب تمهیدات حفاظتی

انتخاب تمهید حفاظتی بهینه توسط مهندس طراح، بسته به موقعیت مکانی و نوع خطر و آسیب احتمالی و لحاظ کردن ملاحظات اقتصادی و همچنین در نظر داشتن نتیجه مطالعه مدیریت ریسک انجام‌پذیر است.

معیارها برای مدیریت ریسک و انتخاب مناسب‌ترین تمهید حفاظتی در استاندارد IEC 62305-2 تشریح شده است.

۴-۲- معیارهای اساسی جهت حفاظت ساختمان‌ها و تاسیسات در برابر صاعقه

۴-۲-۱- کلیات

یک سیستم حفاظت صاعقه قابل قبول و ایده‌آل برای ساختمان‌ها و تاسیسات بایستی توسط یک شیلد هادی پیوسته با ضخامت مناسب احاطه و به طور مطلوب زمین شده باشد و همچنین تمامی تاسیسات و تجهیزات فلزی ورودی به ساختمان تحت حفاظت، مانند لوله‌های فلزی آب و گاز، شیلد کابل‌ها و غیره در بدو ورود به شکلی مطلوب همبند شده باشند.

تمهیدات بالا باعث جلوگیری از نفوذ جریان صاعقه و میدان مغناطیسی مرتبط با این جریان به تجهیزات داخل ساختمان شده و از بروز آسیب‌ها و خطرات حرارتی جریان و نیز جرقه زدن^{۱۰} و بروز اضافه ولتاژ روی تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی خواهد شد.

در عمل رسیدن به حفاظت فوق یک ایده‌آل گرایی بوده و دارای صرفه اقتصادی نمی‌باشد، زیرا در حالت واقعی ساختمان‌ها و تاسیسات را نمی‌توان به طور مطلوب و کامل داخل چنین شیلد پیوسته‌ای با ضخامت مناسب قرار داد. به عبارت دیگر، کوچکترین نقصی در پیوستگی یا ضخامت شیلد باعث نفوذ جریان صاعقه به داخل ساختمان شده و منجر به آسیب‌های فیزیکی یا خطرات جانی؛ اختلال در عملکرد تجهیزات داخل ساختمان می‌شود.

⁸ Surge protective devices (SPD)

⁹ Storm detectors

¹⁰ Spark



دستور العمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه

تمهیدات حفاظتی به منظور کاهش این قبیل آسیب‌ها و نتایج حاصل از آن، می‌بایست متناسب با طبقه‌بندی مشخصات و پارامترهای جریان صاعقه (تراز حفاظت صاعقه^{۱۱}) به کار گرفته شوند.

۴-۲-۲- تراز حفاظت صاعقه

در استاندارد IEC 62305-1 چهار تراز حفاظتی I تا IV تعریف شده است. به ازای هر تراز حفاظتی میزان کمینه و بیشینه جریان صاعقه تعیین شده است.

یادآوری: در این دستورالعمل مجموعه تمهیدات حفاظتی در برابر صاعقه که پارامترهای کمینه و بیشینه آن از تراز حفاظتی I تجاوز می‌کند بیان نخواهد شد.

مقادیر بیشینه پارامترهای جریان صاعقه برای ترازهای حفاظتی چهار گانه مطابق جدول ۱ داده شده است که این پارامترها برای طراحی اجزای سیستم حفاظت صاعقه از جمله سطح مقطع و ضخامت هادی پایانه هوایی و هادی نزولی؛ قابلیت عبور جریان از برقیتر حفاظتی؛ انتخاب فاصله جداسازی مناسب برای جلوگیری از جرقه و مطالعات شبیه‌سازی جریان صاعقه استفاده می‌شود.

جدول ۱: مقادیر بیشینه جریان صاعقه متناظر با تراز حفاظت صاعقه

IV	III	II	I	تراز حفاظت صاعقه LPL
۱۰۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	بیشینه جریان صاعقه (kA)

مقادیر کمینه جریان صاعقه برای ترازهای چهارگانه حفاظتی به منظور مشخص کردن شعاع گوی غلتان (مراجعه شود به بخش ۶) و نیز به منظور تعریف زون‌های حفاظتی صاعقه^{۱۲} استفاده می‌شود (مطابق جدول ۲). این مقادیر برای استفاده در جانمایی^{۱۳} پایانه هوایی و تعریف LPZ 0_B قابل استفاده هستند.

جدول ۲: مقادیر کمینه جریان صاعقه و شعاع گوی غلتان مربوطه، متناظر با تراز حفاظت صاعقه

IV	III	II	I	تراز حفاظت صاعقه LPL
۱۶	۱۰	۵	۳	کمینه جریان صاعقه (kA)
۶۰	۴۵	۳۰	۲۰	شعاع گوی غلتان (m)

۴-۲-۳- زون‌های حفاظت صاعقه^{۱۴}

تمهیدات حفاظتی از جمله سیستم حفاظت صاعقه، شیلد کابل‌ها؛ شیلد مغناطیسی و برقی‌های حفاظتی تعیین کننده زون‌های حفاظتی صاعقه^{۱۵} هستند.

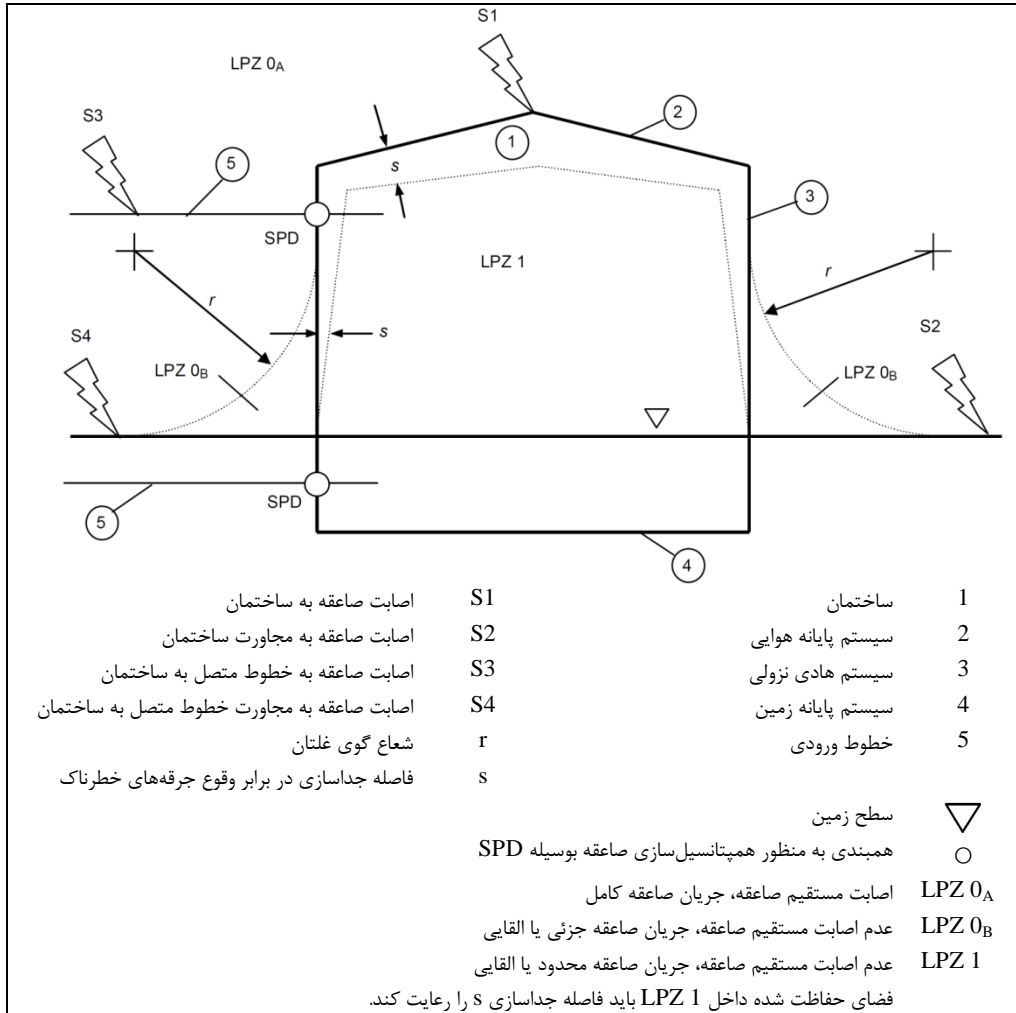
¹¹ Lightning protection levels

¹² Lightning protection zone

¹³ Positioning

¹⁴ Lightning protection zones

¹⁵ LPZ



شکل ۱: تعریف زون‌های حفاظت صاعقه (LPZ) بوسیله یک سیستم حفاظت صاعقه (LPS)

متناسب با خطرات ناشی از صاعقه زون‌های حفاظتی زیر قابل تعریف می‌باشند:

- LPZ 0A زونی که در معرض برخورد مستقیم صاعقه با حداکثر جریان و میدان مغناطیسی می‌باشد.
- LPZ 0B زونی که در مقابل برخورد مستقیم صاعقه حفاظت شده است ولی بخشی از جریان صاعقه و تمامی میدان مغناطیسی صاعقه ممکن است به این زون وارد شود.
- LPZ 1 زونی که در آن اضافه جریان صاعقه به کمک تقسیم جریان و استفاده از واسط‌های ایزوله و/یا استفاده از برقگیرهای حفاظتی در مرز این زون، محدود شده است. ممکن است با استفاده از شیلد فضایی^{۱۶} میدان مغناطیسی را در داخل زون تضعیف شود.

¹⁶ Spatial shielding

- LPZ 2, ..., n زونی که در آن اضافه جریان صاعقه به کمک تقسیم جریان و استفاده از واسط‌های ایزوله کننده و/یا استفاده از برقگیرهای حفاظتی در مرز این زون، بیشتر از قبل محدود شده باشد. ممکن است با استفاده از شیلد فضایی متعدد میدان مغناطیسی در داخل زون‌های حفاظتی بیشتر از قبل تضعیف شوند.

۴-۲-۴- حفاظت ساختمان‌ها

۴-۲-۴-۱- حفاظت جهت کاهش خسارت‌های فیزیکی و خطرات جانی

ساختمان تحت حفاظت بایستی داخل زون حفاظتی LPZ 0_B یا بالاتر قرار گیرد. این مهم با طراحی و نصب سیستم حفاظت صاعقه^{۱۷} انجام خواهد شد.

یک سیستم حفاظت صاعقه شامل سیستم حفاظت صاعقه خارجی و سیستم حفاظت صاعقه داخلی می‌باشد.

سیستم حفاظت صاعقه خارجی شامل سه بخش یا ضرورت ذیل است:

- جلوگیری از برخورد مستقیم صاعقه به ساختمان و تأسیسات بیرونی (توسط سیستم پایانه هوایی)
- هدایت ایمن جریان صاعقه به زمین (توسط سیستم هادی نزولی)
- پراکنده کردن جریان صاعقه در زمین (توسط سیستم پایانه زمین)

آنچه از سیستم حفاظت صاعقه داخلی^{۱۸} انتظار می‌رود جلوگیری از خطرات جرقه و اضافه ولتاژ خطرناک در داخل ساختمان با استفاده از همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی^{۱۹} یا جداسازی^{۲۰} تجهیزات حساس الکتریکی و الکترونیکی از اجزای سیستم حفاظت صاعقه می‌باشد.

۴-۲-۴-۲- حفاظت جهت کاهش خرابی سیستم‌های داخلی

به منظور حفاظت در برابر ضربه‌های الکترومغناطیسی صاعقه (LEMP) و کاهش خطر بروز خرابی در سیستم‌های داخلی باید موارد زیر محدود گردد:

- سرچ‌های ناشی از تزویج‌های القایی و مقاومتی به علت برخورد صاعقه به ساختمان
- سرچ‌های ناشی از تزویج القایی به علت برخورد به نزدیکی ساختمان
- سرچ‌های منتقل شده توسط خطوط متصل به سازه به علت برخورد به خطوط یا به نزدیکی خطوط
- تزویج مستقیم میدان مغناطیسی با تجهیز

سیستم تحت حفاظت باید در داخل LPZ 1 یا زون‌های بالاتر قرار داشته باشد. دستیابی به این امر از طریق تمهیدات حفاظتی (SPM) برای سیستم الکتریکی و الکترونیکی، مشتمل بر شیلد کردن مغناطیسی که میدان‌های القایی را تضعیف می‌کنند و یا مسیریابی مناسب سیم‌کشی به منظور کاهش حلقه‌های القایی محقق می‌گردد. همبندی برای بخش‌های فلزی و سیستم‌هایی که از مرز زون‌های حفاظت صاعقه مختلف عبور می‌کنند باید در مرز هر زون صورت پذیرد. این همبندی باید از طریق هادی‌های همبندی یا در صورت لزوم توسط برقگیرهای حفاظتی (SPDs) صورت پذیرد.

تمهیدات حفاظتی برای تمامی LPZ ها باید با استاندارد IEC 62305-4 مطابقت داشته باشد.

¹⁷ LPS

¹⁸ Internal LPS

¹⁹ Equipotential bonding

²⁰ Separation

حفاظت موثر در برابر اضافه ولتاژها، که منجر به بروز خرابی در سیستم‌های داخلی ساختمان می‌گردد، می‌تواند از طریق واسط‌های ایزوله کننده و/یا یک سیستم برقگیر حفاظتی هماهنگ شده که اضافه‌ولتاژها را به کمتر از ولتاژ ضربه نامی سیستم مورد حفاظت محدود می‌کند تأمین گردد.

واسط‌های ایزوله و برقگیرهای حفاظتی باید مطابق با الزامات استاندارد IEC 62305-4 انتخاب و نصب گردند.

۴-۳- طراحی سیستم حفاظت صاعقه

یک طراحی فنی و بهینه شده از منظر اقتصادی برای یک سیستم حفاظت صاعقه امکانپذیر است بویژه اگر گام‌های طراحی و اجرای سیستم حفاظت صاعقه با گام‌های طراحی و ساخت ساختمان تحت حفاظت هماهنگ شده باشد. به طور خاص، در طراحی خود ساختمان بایستی از بخش‌های فلزی ساختمان بعنوان بخشی از سیستم حفاظت خارجی استفاده کند.

در طراحی کلاس و مکان سیستم حفاظت صاعقه برای ساختمان‌های موجود باید محدودیت‌ها و موقعیت فعلی ساختمان را در نظر گرفت.

اسناد طراحی یک سیستم حفاظت صاعقه باید تمامی اطلاعاتی که برای اطمینان یافتن و تکمیل تاسیسات نیاز است، در بر گیرد. برای اطلاعات جزئی‌تر به پیوست ۱ این دستورالعمل مراجعه کنید.

سیستم حفاظت صاعقه بایستی بوسیله طراحان و مجریان ذیصلاح و کارآزموده طراحی و نصب شوند (بخش E.4.2 از استاندارد IEC 62305-3:2010 را ببینید).

۴-۴- پیوستگی الکتریکی بخش‌های فلزی و آرماتورها در ساختمان‌های بتنی

فولاد به کار رفته در ساختمان‌های بتن مسلح از نظر الکتریکی در صورتی پیوسته محسوب می‌شوند که بیشتر اتصالات و تقاطع‌های میله‌های عمودی و افقی در آن به هم جوش داده شده و یا به شکلی ایمن به هم متصل شوند.

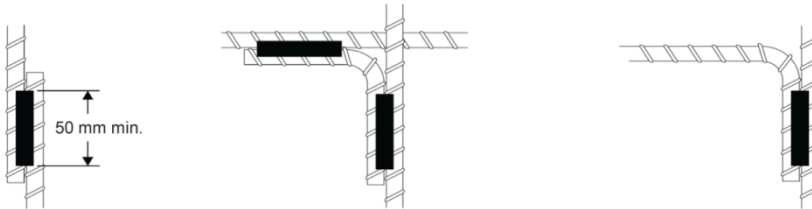
یادآوری: اتصالات میله‌های عمودی یا باید جوش داده شوند، یا با استفاده از کلمپ باشد و یا به اندازه ۲۰ برابر قطرشان با هم همپوشانی داشته و همبند شده یا به شیوه‌ای دیگر به صورت ایمن به هم اتصال یابند (شکل ۲ را ببینید). برای ساختمان‌های جدید، نحوه اتصال مابین عناصر داخل بتن باید توسط طراح یا مجری و با همکاری سازنده یا مهندس عمران تعیین شود.

برای ساختمان‌هایی که از بتن مسلح استفاده می‌کنند (شامل قطعات بتن مسلح پیش‌ساخته^{۲۱})، پیوستگی الکتریکی آرماتورهای بتن باید بوسیله انجام آزمون الکتریکی مابین بالاترین بخش و پایین‌ترین بخش (سطح زمین) تعیین شود. مقاومت الکتریکی کل نبایستی بزرگتر از 0.2Ω باشد (اندازه‌گیری باید توسط تجهیزاتی انجام شود که برای این کار مناسب باشد). اگر این مقدار به دست نیامد، یا انجام چنین آزمونی عملیاتی نباشد، آرماتورهای موجود در بتن مسلح نباید بعنوان هادی نزولی استفاده شود. در این صورت، پیشنهاد می‌شود یک سیستم هادی نزولی خارجی نصب شود. در صورت استفاده از ساختمان بتن مسلح پیش‌ساخته، پیوستگی آرماتورها باید مابین هر یک از بلوک‌های بتنی پیش‌ساخته منفرد مجاور هم انجام شود.

یادآوری: الزام برقراری یک مقاومت الکتریکی حداکثر 0.2Ω را می‌توان با استفاده از اندازه‌گیری مقاومت بین بالاترین نقطه هادی نزولی یعنی در محل اتصال به پایانه هوایی و پایین‌ترین نقطه آن یعنی محل اتصال به پایانه زمین با استفاده از

²¹ Pre-cast, pre-stressed reinforced units

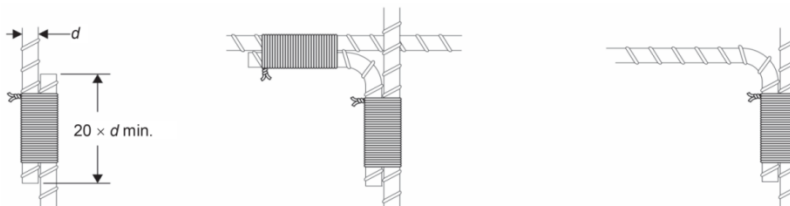
یک دستگاه اندازه‌گیری با چهار ترمینال (دو ترمینال برای تزریق جریان و دو ترمینال برای اندازه‌گیری ولتاژ) مطابق شکل ۳ انجام داد. توصیه می‌شود جریان تزریقی دستگاه آزمون در حدود ۱۰ آمپر تنظیم شود.



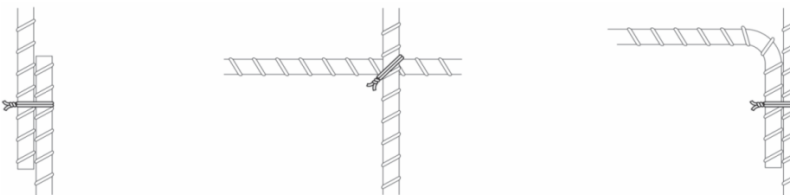
الف- اتصال جوش داده شده^{۲۲} (مناسب برای جریان صاعقه و اهداف EMC^{۲۳})



ب- اتصال کلمپی^{۲۴} (مناسب برای جریان صاعقه و اهداف EMC)



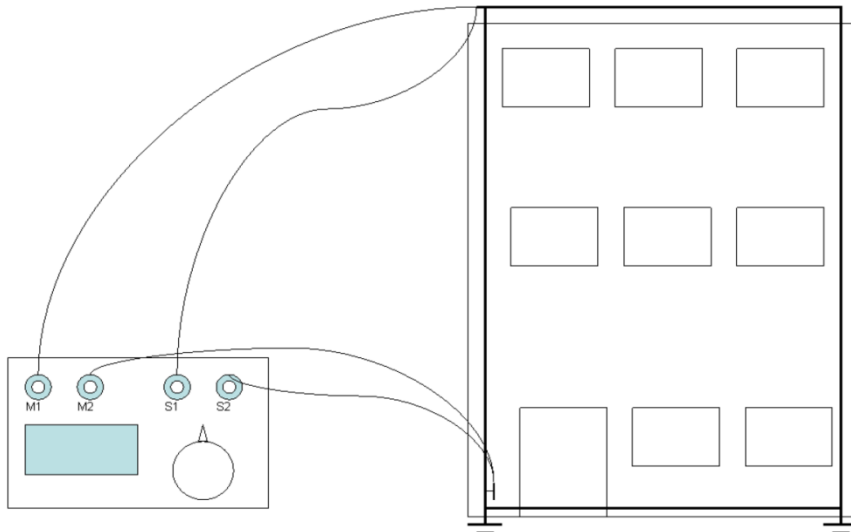
ج- اتصال با چند دور سیم بسته شده^{۲۵} (مناسب برای جریان صاعقه و اهداف EMC)



د- اتصال با سیم معمولی^{۲۶} (مناسب فقط برای اهداف EMC)

شکل ۲: روش‌های متداول برای اتصال صحیح میله‌گردهای داخل بتن

- 22 Welded joints
- 23 Electromagnetic compatibility
- 24 Clamped joints
- 25 Bound joints
- 26 Lashed joints



شکل ۳: اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی کلی یک هادی نزولی طبیعی در ساختمان‌های بتن مسلح

یادآوری ۱: برای کسب اطلاعات بیشتر در خصوص پیوستگی فولاد داخل ساختمانی بتن مسلح به پیوست E در استاندارد IEC 62305-3:2010 مراجعه کنید.

یادآوری ۲: استفاده از بتن مسلح بعنوان بخشی از سیستم حفاظت صاعقه زمانی مجاز است که اثرات حرارتی ناشی از عبور جریان صاعقه بر روی بتن در محاسبات مهندس طراح لحاظ گردیده باشد (حرارت زیاد ممکن است باعث ترک خوردگی بتن شود).

یادآوری ۳: کلمپ‌هایی که برای ایجاد پیوستگی فولاد داخل ساختمان‌های بتن مسلح به کار می‌روند بایستی مطابق استاندارد IEC 62561-1 باشند.

بخش ۵: مدیریت ریسک

تمامی ساختمان‌های تحت پوشش مقررات ملی ساختمان با هر کاربردی الزاما باید در مرحله طراحی در خصوص نیاز یا عدم نیاز به سیستم حفاظت صاعقه و تعیین کلاس حفاظتی آن (مدیریت ریسک) بر طبق استاندارد IEC 62305-2 توسط طراح ذیصلاح مورد بررسی قرار گرفته و طراحی شود. اجرای سیستم حفاظت صاعقه بر اساس نتیجه این بررسی و مطابق این دستورالعمل باید توسط مجری ذیصلاح اجرا گردد.

یادآوری: برای ساختمان‌هایی با ارتفاع کمتر از ۶۰ m، در صورتیکه گوی غلستانی به شعاع ۲۰ متر (توضیحات بیشتر در خصوص این روش در بخش ۶-۲-۲ آورده شده است) به هیچ یک از اجزای بام یا تجهیزات و تاسیسات نصب شده بر روی آن برخورد نکند، انجام مطالعات مدیریت ریسک برای آن ساختمان دیگر موضوعیت نخواهد داشت.

بخش ۶: سیستم حفاظت صاعقه خارجی

۶-۱- کلیات

۶-۱-۱- کاربرد سیستم حفاظت صاعقه

سیستم حفاظت صاعقه خارجی برای جلوگیری از اصابت مستقیم صاعقه به ساختمان، شامل اصابت به دیوارهای جانبی ساختمان و هدایت جریان صاعقه از محل اصابت به زمین در نظر گرفته می‌شود. همچنین سیستم حفاظت صاعقه خارجی وظیفه دارد تا این جریان را بدون اینکه باعث خسارات مکانیکی و حرارتی و یا تولید جرقه‌های خطرناک منجر به آتش‌سوزی و انفجار کند، در زمین پراکنده نماید.

۶-۱-۲- انتخاب سیستم حفاظت صاعقه خارجی

در بیشتر موارد، سیستم حفاظت صاعقه خارجی ممکن است متصل به ساختمان تحت حفاظت باشد.

توصیه می‌شود سیستم حفاظت صاعقه ایزوله در مواردیکه اثرات حرارتی و انفجاری در نقطه اصابت صاعقه یا بر روی هادی حامل جریان صاعقه ممکن است موجب ایجاد خسارات به ساختمان و یا محتویات آن کند، در نظر گرفته شود. از این قبیل سازه‌ها می‌توان به ساختمان‌هایی با پوشش قابل اشتعال، ساختمان‌هایی با دیوارهای قابل اشتعال و مناطق با خطر انفجار و آتش اشاره نمود.

یادآوری: استفاده از یک سیستم حفاظت صاعقه ایزوله ممکن است برای جایی مناسب باشد که پیش‌بینی می‌شود تغییر در ساختمان، محتویات آن یا نحوه کاربری آن باعث شود تا سیستم حفاظت صاعقه آن نیاز به اصلاح پیدا کند. همچنین زمانی که سیستم‌های داخل ساختمان، نسبت به میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از پالس جریان صاعقه جاری شده در هادی نزولی آسیب‌پذیر باشند، می‌توان از یک سیستم حفاظت صاعقه خارجی ایزوله استفاده نمود.

۶-۱-۳- استفاده از اجزای طبیعی

اجزای طبیعی ساخته شده از مواد هادی، که بطور دائمی در داخل یا بر روی ساختمان باقی می‌مانند و تغییر نخواهند کرد (به طور مثال آرماتورهای بهیم پیوسته، اسکلت فلزی یک ساختمان و غیره) ممکن است بعنوان بخشی از سیستم حفاظت صاعقه استفاده شوند.

سایر اجزای طبیعی می‌توانند تنها بعنوان بخش اضافی و کمکی در یک سیستم حفاظت صاعقه در نظر گرفته شوند.

۲-۶- سیستم پایانه هوایی

۲-۶-۱- کلیات

اجزای پایانه‌های هوایی که به منظور جذب صاعقه بر روی ساختمان مورد حفاظت نصب می‌گردند، می‌توانند یک یا ترکیبی از انواع زیر باشند:

الف- میله‌های ساده^{۲۷}

ب- سیم‌های گارد^{۲۸}

ج- هادی‌های مش شده^{۲۹}

برای پیروی کردن از این دستورالعمل، تمامی انواع سیستم‌های پایانه هوایی می‌بایست مطابق با بخش ۲-۶-۲ و ۲-۶-۳ جانمایی شوند. همه انواع پایانه‌های هوایی می‌بایست به طور کامل مطابق با این دستورالعمل باشند.

برای همه انواع پایانه‌های هوایی تنها ابعاد فیزیکی واقعی سیستم‌های پایانه هوایی فلزی می‌بایست جهت تعیین حجم حفاظت شده، استفاده شود.

توصیه می‌شود تا به منظور اطمینان از تقسیم جریان صاعقه، میله‌های پایانه هوایی منفرد در سطح پشت بام به یکدیگر متصل شوند.

استفاده از پایانه هوایی رادیواکتیو^{۳۰} مجاز نمی‌باشد.

۲-۶-۲- جانمایی^{۳۱}

اجزای پایانه هوایی که بر روی یک ساختمان نصب شده است می‌بایست در گوشه‌ها، نقاط در معرض برخورد^{۳۲} و لبه‌ها (بویژه در سطح بالایی هرگونه نمای خارجی^{۳۳}) مطابق با یک یا تعدادی از روش‌های زیر قرار بگیرد.

روش‌های قابل قبول که برای تعیین جانمایی سیستم پایانه هوایی قابل استفاده‌اند، شامل موارد زیر می‌باشد:

- روش زاویه حفاظتی^{۳۴}

- روش گوی غلطان^{۳۵}

- روش مش^{۳۶}

مقادیر برای شعاع گوی غلطان، اندازه مش و زاویه حفاظتی برای هر یک از کلاس‌های سیستم حفاظت صاعقه در جدول ۳ و شکل ۴ داده شده است.

²⁷ Rods

²⁸ Catenary wires

²⁹ Meshed Conductors

³⁰ Radioactive air terminals

³¹ Positioning

³² Exposed points

³³ Facades

³⁴ Protection angle method

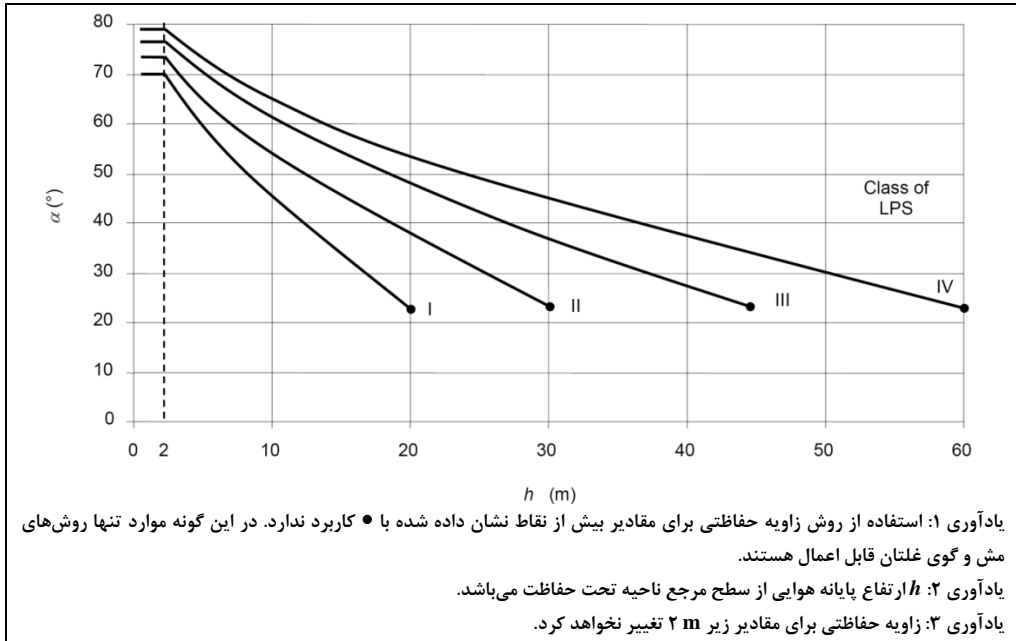
³⁵ Rolling sphere method

³⁶ Mesh method

دستور العمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه

جدول ۳: مقادیر بیشینه شعاع گوی غلتان، اندازه مش و زاویه حفاظتی متناظر با کلاس سیستم حفاظت صاعقه

روش حفاظتی			کلاس سیستم حفاظت صاعقه
زاویه حفاظتی α°	اندازه مش W_m M	شعاع گوی غلتان r m	
شکل ۴ ملاحظه شود	۵ × ۵	۲۰	I
	۱۰ × ۱۰	۳۰	II
	۱۵ × ۱۵	۴۵	III
	۲۰ × ۲۰	۶۰	IV



یادآوری ۱: استفاده از روش زاویه حفاظتی برای مقادیر بیش از نقاط نشان داده شده با ● کاربرد ندارد. در این گونه موارد تنها روش‌های مش و گوی غلتان قابل اعمال هستند.

یادآوری ۲: ارتفاع پایانه هوایی از سطح مرجع ناحیه تحت حفاظت می‌باشد.

یادآوری ۳: زاویه حفاظتی برای مقادیر زیر ۲ m تغییر نخواهد کرد.

شکل ۴: زاویه حفاظتی متناظر با کلاس سیستم حفاظت صاعقه

۶-۲-۱- روش زاویه حفاظتی

روش زاویه حفاظتی برای ساختمان‌هایی با شکل هندسی ساده یا برای بخش‌های کوچکی از یک ساختمان بزرگتر مناسب است. این روش برای ساختمان‌هایی که ارتفاعی بیش از شعاع گوی غلتان مرتبط با تراز حفاظت صاعقه انتخاب شده دارند مناسب نمی‌باشد.

حفاظت در این روش مبتنی بر ارتفاع هادی (میله ساده) از یک سطح مرجع^{۳۷} می‌باشد. در این حالت با ایجاد یک سطح حفاظتی مخروطی شکل و قرار گرفتن تجهیز تحت حفاظت در ناحیه ایمن زیر آن، حفاظت تجهیز صورت می‌گیرد. فضای مورد حفاظت می‌بایست کاملاً در مخروط حفاظتی ایجاد شده توسط میله محصور گردد.

- برای تعیین ابعاد مخروط حفاظتی می‌بایست تنها ابعاد فیزیکی بخش فلزی میله مورد توجه قرار گیرد.
- فضای حفاظت شده توسط یک میله عمودی بصورت یک مخروط قائم می‌باشد که راس آن بر نوک میله منطبق شده است و زاویه آن (α) متناسب با منحنی شکل ۴ با توجه به ترازهای مختلف حفاظتی، متفاوت خواهد بود.

۶-۲-۲- روش گوی غلطان

روش گوی غلطان در تمامی شرایط بویژه برای ساختمان‌هایی با اشکال پیچیده مناسب است.

در این روش با غلطاندن یک "گوی کروی" بر روی سطح خارجی ساختمان از تمامی جهات و یافتن نقاط تماس گوی با ساختمان، محل نصب هادی‌های پایانه هوایی مشخص می‌شوند. در این روش، نقاطی از ساختمان که در تماس با گوی قرار نمی‌گیرند، حفاظت شده محسوب می‌شود و لذا نیاز به تعبیه هادی پایانه هوایی جهت حفاظت از نقاط مذکور نخواهد بود.

شعاع گوی غلطان متناسب با تراز حفاظتی مطابق جدول ۳ در نظر گرفته می‌شود.

۶-۲-۳- روش مش بندی

روش مش برای ساختمان‌هایی با سطوح مسطح مناسب است. برای حفاظت ساختمان‌هایی با بام صاف، هادی‌های مش که تمامی سطح بام را بپوشانند، بهترین روش برای حفاظت سطح مورد نظر می‌باشند. ابعاد این مش‌ها با توجه به تراز حفاظتی مطابق جدول ۳ در نظر گرفته می‌شود.

به منظور حفاظت سطوح صاف، یک مش زمانی کل سطح را حفاظت می‌کند که شرایط زیر به دست آید:

(۱) هادی‌های پایانه هوایی در نقاط زیر جانمایی شوند:

- کناره‌ها و لبه‌های بام^{۳۸}
- برآمدگی‌های بام^{۳۹}
- خط‌الراس بام^{۴۰}، در صورتیکه شیب بام بیش از ۱/۱۰ باشد
- نماهای جانبی ساختمان‌های بلندتر از ۶۰ m در سطوح بالاتر از ۸۰٪ ارتفاع ساختمان

(۲) ابعاد مش برای ترازهای مختلف حفاظتی از مقادیر داد شده در جدول ۳ بیشتر نباشند.

(۳) شبکه هادی‌های سیستم پایانه هوایی بگونه‌ای انجام شوند که همواره حداقل دو مسیر فلزی مجزا به زمین داشته باشند و هیچگونه تاسیسات فلزی خارج از فضای محافظت شده توسط سیستم‌های پایانه هوایی قرار نداشته باشد.

یادآوری: استفاده از تعداد بیشتری از هادی‌های نزولی منجر به کاهش فاصله جداسازی و کاهش میدان‌های الکترومغناطیسی داخل ساختمان می‌شود.

(۴) هادی‌های پایانه هوایی تا حد امکان در مسیرهای کوتاه و مستقیم نصب شوند.

³⁷ Reference plane

³⁸ roof edge lines

³⁹ roof overhangs

⁴⁰ roof ridge lines

۳-۲-۶- پایانه هوایی جهت حفاظت در برابر اصابت صاعقه به دیواره‌های جانبی ساختمان‌های بلند

۱-۳-۲-۶- ساختمان‌های با ارتفاع کمتر از ۶۰ m

تحقیقات نشان می‌دهد که احتمال اصابت صاعقه‌های با مقادیر کم به دیواره‌های جانبی عمودی یک ساختمان با ارتفاع کمتر از ۶۰ m به اندازه کافی پایین است به گونه‌ای که نیازی به در نظر گرفتن آن نیست. بام‌ها و پیش‌آمدگی‌های افقی می‌بایست مطابق با کلاس سیستم حفاظت صاعقه که توسط محاسبات مدیریت ریسک مبتنی بر IEC 62305-2 تعیین شده‌اند، حفاظت شوند.

۲-۳-۲-۶- ساختمان‌های با ارتفاع ۶۰ m یا بیشتر

در ساختمان‌های بلندتر از ۶۰ m، اصابت صاعقه به دیواره‌های جانبی، بویژه نقاط نوک تیز، گوشه‌ها و لبه‌های ساختمان، ممکن است رخ دهد.

یک سیستم پایانه هوایی می‌بایست جهت حفاظت بخش‌های بالایی ساختمان‌های بلند (بعنوان مثال بصورت نوعی ۲۰٪ بالای ساختمان مشروط بر اینکه در ارتفاع بیش از ۶۰ m قرار گرفته باشد) و تجهیزات قرار گرفته بر روی آن، نصب شوند.

برای کسب اطلاعات بیشتر به بخش 5.2.3.2 و E.5.2.3 از استاندارد IEC 62305-3:2010 مراجعه شود.

۴-۲-۶- نحوه اجرا

برای کسب اطلاعاتی در خصوص نحوه نصب پایانه‌های هوایی یک سیستم حفاظت صاعقه که از ساختمان تحت حفاظت ایزوله نیست به بخش 5.2.4 استاندارد IEC 62305-3:2010 مراجعه فرمائید.

۵-۲-۶- اجزای طبیعی

برای کسب اطلاعاتی در خصوص نحوه استفاده از اجزای طبیعی یک ساختمان بعنوان پایانه‌های هوایی آن، به بخش 5.2.5 استاندارد IEC 62305-3:2010 مراجعه فرمائید.

۳-۶- سیستم هادی نزولی

۱-۳-۶- کلیات

به منظور کاهش احتمال وقوع خسارات ناشی از جریان صاعقه جاری شده در سیستم حفاظت صاعقه، هادی‌های نزولی می‌بایست به گونه‌ای آرایش یابند که از نقطه اصابت صاعقه تا زمین:

- ۱) چندین مسیر جریان موازی وجود داشته باشد
- ۲) طول مسیر جریان در یک مقدار کمینه نگهداشته شود
- ۳) همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی بخش‌های هادی ساختمان مطابق با الزامات بخش ۷-۲ انجام شود.

یادآوری ۱: اتصال هادی‌های نزولی از طرفین به یکدیگر بعنوان یک اقدام خوب تلقی می‌شود.

هندسه و آرایش هادی‌های نزولی و هادی‌های رینگ بر روی فاصله جداسازی اثر می‌گذارد (۷-۳ را ببینید)

یادآوری ۲: نصب هر چه بیشتر هادی‌های نزولی، حتی‌المقدور در فواصل یکسان دور تا دور محیط خارجی که توسط هادی‌های رینگ بهم متصل شده‌اند، احتمال وقوع جرقه‌های خطرناک را کاهش داده و حفاظت تاسیسات داخلی را تسهیل می‌کند (بخش ۹ این دستورالعمل را ملاحظه فرمائید). این شرایط در ساختمان‌های با اسکلت فلزی و در ساختمان‌های بتن مسلح که در آن‌ها آرماتورهای متصل بهم، پیوستگی الکتریکی را دارد قابل دستیابی است.

مقادیر نوعی که برای فاصله مابین هادی‌های نزولی ترجیح داده می‌شود در جدول ۴ داده شده است.

۶-۳-۲- جانمایی برای یک سیستم حفاظت صاعقه ایزوله

جانمایی می‌بایست به شرح زیر انجام شود:

الف) اگر پایانه هوایی شامل میله‌هایی بر روی پایه‌های (یا یک پایه) مجزا، از جنسی غیر از فلز یا آرماتورهای بهم پیوسته در بتن مسلح باشد، حداقل یک هادی نزولی برای هر پایه نیاز خواهد بود. برای پایه‌های فلزی یا آرماتورهای بهم پیوسته در بتن مسلح نیازی به هادی‌های نزولی اضافی نیست.

یادآوری: استفاده از بتن مسلح بعنوان بخشی از سیستم حفاظت صاعقه زمانی مجاز است که اثرات حرارتی ناشی از عبور جریان صاعقه بر روی بتن در محاسبات مهندس طراح لحاظ گردیده باشد (حرارت زیاد ممکن است باعث ترک خوردگی بتن شود).

ب) اگر پایانه هوایی شامل سیم‌های (یا یک سیم) گارد باشد، حداقل یک هادی نزولی در هر یک از سازه‌ها یا پایه‌های محل اتصال سیم‌ها نیاز است.

ج) اگر پایانه هوایی تشکیل شبکه‌ای از هادی‌ها را داده باشد، نیاز به یک هادی نزولی حداقل در هر یک از محل‌های اتصال طرفین هادی است.

۶-۳-۳- جانمایی برای یک سیستم حفاظت صاعقه غیر ایزوله

برای هر سیستم حفاظت صاعقه غیر ایزوله تعداد هادی‌های نزولی نباید کمتر از ۲ باشد و بایستی با در نظر گرفتن محدودیت‌های معماری و عملی در محیط خارجی ساختمان تحت حفاظت توزیع شود.

توصیه می‌گردد تا از یک فاصله گذاری برابر بین هادی‌های نزولی در محیط خارجی ساختمان استفاده شود. مقادیر ترجیحی نوعی برای فاصله بین هادی‌های نزولی در جدول ۴ داده شده است.

یادآوری: اندازه فاصله بین هادی‌های نزولی با فاصله جداسازی^{۴۱} داده شده در بخش ۷-۳ مرتبط است.

جدول ۴: مقادیر نوعی ترجیحی برای فاصله مابین هادی‌های نزولی مطابق با کلاس سیستم حفاظت صاعقه

فواصل نوعی m	کلاس سیستم حفاظت صاعقه
۱۰	I
۱۰	II
۱۵	III
۲۰	IV

تا جایی که ممکن است، یک هادی نزولی بایستی در هر یک از گوشه‌های در معرض برخورد^{۴۲} ساختمان نصب شود.

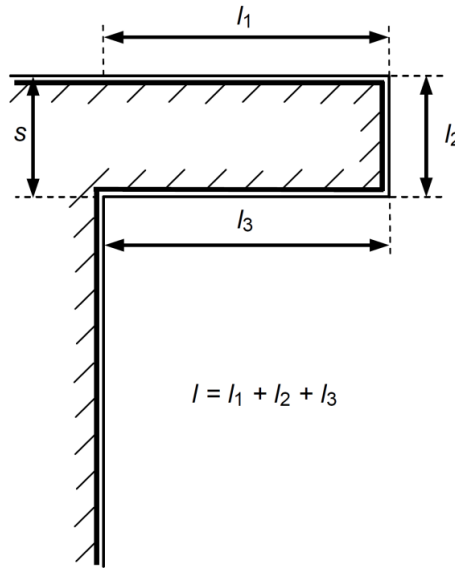
⁴¹ Separation distance

⁴² Exposed corner

۶-۳-۴- نحوه اجرا

هادی‌های نزولی، تا آنجایی که عملیاتی است، باید چنان نصب گردند که مسیر مستقیم و ممتد^{۴۳} از هادی‌های پایانه هوایی را فراهم نمایند.

هادی‌های نزولی باید به شکل کاملاً مستقیم و عمودی نصب شوند به گونه‌ای که کوتاهترین و مستقیم‌ترین مسیر را به زمین فراهم نمایند و از تشکیل هرگونه حلقه در مسیر جریان خودداری شود. اما در جایی که ممکن نباشد، فاصله s که بین دو نقطه از هادی در طرفین فاصله هوایی اندازه‌گیری شده است و طول l هادی بین دو نقطه فوق‌الذکر (شکل ۵ را ببینید) باید از الزامات بخش ۷-۳ پیروی کند.



شکل ۵: ایجاد حلقه در مسیر یک هادی نزولی

هادی‌های نزولی، حتی اگر توسط مواد عایقی پوشانیده شود، نباید در آب‌روها^{۴۴} یا ناودانی‌ها^{۴۵} نصب شوند.

یادآوری: رطوبت موجود در آب‌روها منجر به خوردگی شدید هادی نزولی می‌شود.

پیشنهاد می‌شود که هادی‌های نزولی چنان جانمایی شوند که یک فاصله، مطابق با بخش ۷-۳ این دستورالعمل، مابین آن‌ها و تمامی درب‌ها و پنجره‌ها فراهم گردد.

هادی‌های نزولی یک سیستم حفاظت صاعقه که از ساختمان تحت حفاظت ایزوله نیست، ممکن است به صورت زیر نصب شود:

- اگر دیوار از مواد غیر قابل اشتعال ساخته شده باشد، هادی‌های نزولی را می‌توان بر روی سطح یا داخل دیوار اجرا کردند.

⁴³ Continuation

⁴⁴ Gutters

⁴⁵ Water spouts

- اگر دیوار از مواد قابل اشتعال^{۴۶} ساخته شده باشد، هادی‌های نزولی بر روی سطح دیوار می‌توانند نصب شوند مشروط بر اینکه افزایش دمای ناشی از عبور جریان صاعقه خطری برای موادی که در ساخت دیوار استفاده شده‌اند، نداشته باشد.
- اگر دیوار از مواد قابل اشتعال ساخته شده باشد و افزایش دمای هادی‌های نزولی خطرناک باشد، هادی‌های نزولی باید چنان قرار گیرند که فاصله بین آن‌ها و دیوار همواره بزرگتر از $m \ 0.1$ باشد. در این شرایط بست‌های نگهدارنده^{۴۷} می‌توانند در تماس با دیوار باشند.
- زمانیکه نتوان از فاصله کافی مابین هادی نزولی تا یک ماده قابل اشتعال مطمئن شد، سطح مقطع هادی نزولی فولادی (یا یک هادی با ظرفیت حرارتی معادل^{۴۸}) نباید کمتر از 100 mm^2 باشد.

۶-۳-۵- اجزای طبیعی

برای کسب اطلاعاتی در خصوص نحوه استفاده از اجزای طبیعی یک ساختمان بعنوان هادی‌های نزولی به بخش 5.3.5 استاندارد IEC 62305-3:2010 مراجعه فرمائید.

۶-۳-۶- گیره تست^{۴۹}

در محل اتصال هر یک از هادی‌های نزولی به پایانه زمین، یک گیره تست بایستی روی هر هادی نزولی قرار داده شود، بجز در مواردی که از هادی‌های نزولی طبیعی بصورت ترکیب شده با الکترودهای زمین فونداسیون استفاده شده باشد. با هدف اندازه‌گیری، امکان باز کردن این گیره به کمک ابزارآلات مربوطه باید وجود داشته باشد. در شرایط عادی این گیره باید بسته باقی بماند.

۶-۴- سیستم پایانه زمین

۶-۴-۱- کلیات

به منظور پراکنده کردن جریان صاعقه (با مشخصات فرکانس بالا) در داخل زمین و در عین حال کاهش میزان اضافه ولتاژ خطرناک، شکل و ابعاد سیستم پایانه زمین جزو معیارهای پر اهمیت است. در حالت کلی، یک سیستم پایانه زمین با مقاومت پایین (در صورت امکان کمتر از $10 \ \Omega$ زمانیکه در فرکانس پایین اندازه‌گیری انجام شود) پیشنهاد می‌شود. از نقطه نظر حفاظت صاعقه، استفاده از یک سیستم پایانه زمین منفرد با ساختار یکپارچه^{۵۰} ترجیح داده شده و برای تمامی اهداف (نظیر حفاظت صاعقه، سیستم‌های قدرت و سیستم‌های مخابراتی) مناسب خواهد بود. سیستم‌های پایانه زمین می‌بایست مطابق الزامات بخش ۷-۲ همبند شوند.

یادآوری ۱: شرایط جداسازی و همبندی سایر سیستم‌های پایانه زمین اغلب بوسیله مراجع ذیصلاح مربوطه تعیین می‌شوند. یادآوری ۲: زمانیکه سیستم‌های زمین با جنس متفاوت به یکدیگر متصل شوند، مشکلات جدی خوردگی می‌تواند ایجاد شود.

⁴⁶ Readily combustible material

⁴⁷ Mounting brackets

⁴⁸ Thermal equivalent conductor

⁴⁹ Test joints

⁵⁰ Single integrated structure earth-termination system

۶-۴-۲- آرایش سیستم زمین در شرایط کلی

برای سیستم‌های پایانه زمین، دو نوع اساسی از آرایش الکتروود زمین به کار می‌رود.

۶-۴-۲-۱- آرایش نوع A

این نوع آرایش، از الکتروودهای زمین افقی و عمودی تشکیل می‌شود که بیرون ساختمان تحت حفاظت نصب شده و بدون اینکه تشکیل یک حلقه بسته بدهند به هر یک از هادی‌های نزولی یا الکتروودهای زمین فونداسیون متصل می‌شوند.

در آرایش نوع A، مجموع تعداد الکتروودهای زمین نبایستی کمتر از دو باشد.

حداقل طول هر یک از الکتروودهای زمین متصل به هر یک از هادی‌های نزولی برابر است با:

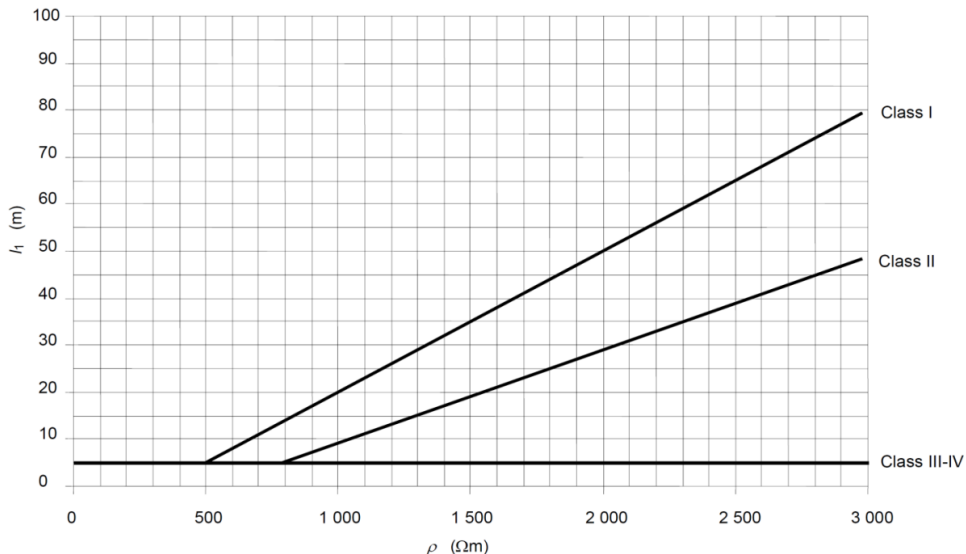
$$- I_1 \quad \text{برای الکتروودهای افقی، یا}$$

$$- 0.5 I_1 \quad \text{برای الکتروودهای عمودی (یا شیب‌دار^{۵۱})}$$

که در آن I_1 حداقل طول الکتروودهای افقی است که در شکل ۶ برای کلاس‌های مختلف سیستم حفاظت صاعقه نشان داده شده است.

برای الکتروودهای مرکب (افقی یا عمودی)، مجموع طول‌ها باید در نظر گرفته شود.

در صورتیکه برای سیستم پایانه زمین، مقاومت زمین کمتر از 10Ω بدست آید (اندازه‌گیری در فرکانسی متفاوت از فرکانس قدرت و یا مضارب آن انجام شود تا از تداخل پیشگیری شود)، ممکن است از حداقل طول الکتروودهای زمین که در شکل ۶ ارائه شده است، صرف نظر شود.



یادآوری: کلاس III و IV مستقل از مقاومت ویژه خاک هستند.

شکل ۶: حداقل طول l_1 برای هر یک از الکتروودهای زمین مطابق با کلاس سیستم حفاظت صاعقه

⁵¹ Inclined

یادآوری ۱: در صورتی که الزامات فوق قابل دستیابی نباشد، باید از آرایش نوع B استفاده شود.

یادآوری ۲: افزایش طول الکترودها با هدف کاهش مقاومت زمین، در عمل تا طول ۶۰ m منطقی به نظر می‌رسد. لذا در خاک با مقاومت ویژه بزرگتر از $3000 \Omega m$ ، استفاده از الکتروود زمین نوع B یا استفاده از مواد کاهنده مقاومت ویژه خاک^{۵۲} پیشنهاد می‌شود.

یادآوری ۳: برای کسب اطلاعات بیشتر، به پیوست E از استاندارد IEC 62305-3:2010 مراجعه کنید.

۶-۴-۲- آرایش نوع B

در این نوع از آرایش پایانه زمین، یا از یک حلقه هادی بیرون از ساختمان تحت حفاظت، که حداقل در ۸۰٪ مجموع طول خود با خاک در تماس باشد استفاده شده و یا از الکتروود زمین فونداسیون که تشکیل یک حلقه بسته می‌دهد استفاده می‌شود. این قبیل از الکتروودها ممکن است به صورت مش هم اجرا شوند.

یادآوری: اگرچه ۲۰٪ از هادی حلقه ممکن است در تماس با خاک نباشد، با این حال این هادی همواره در سرتاسر طول خود باید متصل و پیوسته باشد.

برای الکتروود زمین حلقه (یا الکتروود زمین فونداسیون)، مقدار شعاع متوسط r_e سطح محصور بوسیله الکتروود زمین حلقه (یا الکتروود زمین فونداسیون) می‌بایست از مقدار l_1 کمتر نباشد:

$$r_e \geq l_1 \quad (1)$$

که l_1 در شکل ۶ مطابق با کلاس سیستم حفاظت صاعقه I، II، III و IV نشان داده شده است.

زمانیکه مقدار مورد نیاز l_1 بزرگتر از مقدار مناسب r_e است، الکتروودهای افقی و عمودی (یا شیبدار) بصورت اضافی باید به طول منفرد l_r (افقی) و l_v (عمودی) داده شده توسط روابط زیر افزوده شوند:

$$l_r = l_1 - r_e \quad (2)$$

$$l_v = (l_1 - r_e) / 2 \quad (3)$$

پیشنهاد می‌شود که تعداد الکتروودها نباید کمتر از تعداد هادی‌های نزولی بوده و حداقل برابر دو باشند.

توصیه می‌شود الکتروودهای اضافی به الکتروود زمین حلقه درست در نقطه‌ای که هادی‌های نزولی به آن متصل شده‌اند و تا آنجا که ممکن است در فواصل یکسان، متصل شوند.

۶-۴-۳- نصب الکتروودهای زمین

توصیه می‌شود ترجیحاً الکتروود زمین حلقه (آرایش نوع B) در عمق حداقل ۰٫۵ m و در یک فاصله حدوداً به اندازه ۱ m دور از دیوارهای خارجی ساختمان دفن شوند.

لبه بالایی الکتروودهای زمین (آرایش نوع A) می‌بایست در عمق حداقل ۰٫۵ m نصب شده و با هدف کمینه کردن اثرات توزیع‌های الکتریکی^{۵۳} در زمین تا حد ممکن یکنواخت توزیع شوند.

یادآوری ۱: اگر الکتروود نوع A در داخل یک دریچه بازدید^{۵۴} قرار گرفته باشد که آن نیز به نوبه خود در محلی با سنگ فرش یا کف بتنی با مقاومت بالا نصب شده باشد، آنگاه می‌توان از الزام ۰٫۵ m صرف نظر کرد.

⁵² Earthing enhancing compounds

⁵³ Electrical coupling effects

الکترودهای زمین بایستی به گونه‌ای نصب شوند که امکان بازرسی در خلال ساخت و ساز فراهم باشد. عمق پوشش بتن و نوع الکترودهای زمین می‌بایست به گونه‌ای باشد تا اثراتی از قبیل خوردگی، خشک شدن و یخ زدگی خاک کمینه شود تا در نتیجه آن مقدار مقاومت زمین پایدار^{۵۵} گردد. پیشنهاد می‌شود تا بخش بالایی الکترودهای زمین عمودی که بالاتر از عمق یخ زدگی خاک قرار دارند به دلیل موثر نبودن در شرایط یخبندان، در نظر گرفته نشود. یادآوری: بنابراین، به ازای هر الکتروده عمودی، توصیه می‌شود $m \ 0.5$ به مقدار طول l_1 که در بخش‌های ۶-۴-۶ و ۶-۴-۲ محاسبه شد، افزوده شود. برای مناطق صخره‌ای^{۵۶}، آرایش نوع B پیشنهاد می‌شود. برای ساختمان‌هایی با سیستم‌های وسیع الکترونیکی یا با خطر بالای آتش‌سوزی، آرایش زمین نوع B ارجح است.

۶-۴-۶-۴ الکترودهای زمین طبیعی

توصیه می‌شود ترجیحا از آرماتورهای بهم پیوسته در فونداسیون بتن مسلح مطابق با بخش ۶-۶، یا سایر سازه‌های فلزی زیر زمینی مناسب، بعنوان یک الکتروده زمین استفاده شود. زمانیکه از آرماتورهای بهم پیوسته در بتن مسلح بعنوان الکتروده زمین استفاده می‌شود، به منظور جلوگیری از ترک خوردگی مکانیکی^{۵۷} بتن احتیاط ویژه‌ای می‌بایست در اتصالات داخلی به کار برده شود. یادآوری ۱: در صورت استفاده از بتن پیش‌ساخته، توصیه می‌شود تا آثار ناشی از عبور جریان تخلیه صاعقه که ممکن است تنش‌های مکانیکی غیر قابل قبولی را ایجاد کند، در نظر گرفته شود. یادآوری ۲: اگر از الکتروده زمین فونداسیون استفاده شود، افزایش بلند مدت در مقاومت زمین امکان پذیر خواهد بود. یادآوری ۳: اطلاعات قابل توجهی در خصوص این موضوعات در پیوست E از استاندارد IEC 62305-3:2010 ارائه شده است.

۶-۵-۵ اجزا

۶-۵-۱ کلیات

اجزای سیستم حفاظت صاعقه، بدون اینکه خسارت ببینند، باید اثرات الکترومغناطیسی جریان صاعقه و تنش‌های اتفاقی قابل پیش‌بینی را تحمل کنند. این مهم بوسیله انتخاب اجزایی که مطابق با استاندارد سری IEC 62561 (پیوست ۲ را ببینید) با موفقیت تست شده‌اند، قابل دستیابی است. اجزای یک سیستم حفاظت صاعقه باید با استفاده از مواد لیست شده در جدول ۵ یا با استفاده از مواد دیگر با مشخصات اجرایی مکانیکی، الکتریکی و شیمیایی (خوردگی) مشابه تولید شوند. یادآوری: اجزای ساخته شده غیر فلزی ممکن است بعنوان نگهدارنده مورد استفاده قرار گیرند.

⁵⁴ Inspection housing

⁵⁵ منظور از پایداری مقاومت زمین در اینجا، نداشتن تغییرات و نوسانات شدید در مقدار مقاومت زمین است.

⁵⁶ Bare solid rock

⁵⁷ Mechanical splitting



دستور العمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه

^aجدول ۵: جنس اجزای سیستم حفاظت صاعقه و شرایط استفاده

خوردگی		استفاده				جنس
امکان تخریب بوسیله اتصال گالوانیکی با	افزایش با	مقاومت	در بتن	در زمین	در هوای آزاد	
-	ترکیبات سولفور مواد آلی ^{۵۸}	مناسب در اکثر محیط‌ها	مفتولی نیمه افشان بصورت روکش	مفتولی نیمه افشان بصورت روکش	مفتولی نیمه افشان	مس
مس	محتویات با گوگرد بالا	قابل قبول در هوا، بتن و خاک خوب ^{۵۹}	مفتولی نیمه افشان ^b	مفتولی	مفتولی نیمه افشان ^b	فولاد گالوانیزه گرم
-	محتویات با گوگرد بالا	مناسب در اکثر محیط‌ها	مفتولی	مفتولی	مفتولی	فولاد با آبکاری الکتریکی مس
-	محتویات با گوگرد بالا	مناسب در اکثر محیط‌ها	مفتولی نیمه افشان	مفتولی نیمه افشان	مفتولی نیمه افشان	فولاد ضد زنگ
مس	حلال‌های قلیایی	مناسب اتمسفرهای با غلظت کم گوگرد و کلرید	نا مناسب	نا مناسب	مفتولی نیمه افشان	آلومینیوم
مس فولاد ضد زنگ	خاک‌های اسیدی	مناسب اتمسفرهای با غلظت بالای سولفات	نا مناسب	مفتولی بصورت روکش	مفتولی بصورت روکش	سرب ^{۶۰}

^a این جدول تنها راهنمایی‌های کلی را ارائه می‌دهد. در شرایط ویژه، ملاحظات محتاطانه‌تری در مقابل خوردگی نیاز است.

^b هادی‌های نیمه افشان نسبت به هادی‌های مفتولی آسیب‌پذیری بیشتری در مقابل خوردگی دارند. همچنین هادی‌های نیمه افشان در جاییکه از موقعیت زمین/بتن خارج یا وارد می‌شوند، آسیب‌پذیر خواهند بود. به همین دلیل فولاد گالوانیزه نیمه افشان در زمین پیشنهاد نمی‌شود.

^c فولاد گالوانیزه ممکن است در خاک رسی^{۶۱} یا خاک مرطوب^{۶۱} خورده شود.

^d قرار گرفتن هادی فولادی در دو بستر خاک و بتن توصیه نمی‌شود. بدلیل اینکه بخشی از فولاد درست در نقطه‌ای که از بتن خارج می‌شود ممکن است خوردگی پیدا کند.

^e فولاد گالوانیزه در تماس با آرماتورهای بتن مسلح نیابستی در مناطق ساحلی بدلیل احتمال وجود نمک در آب‌های زیر زمینی، استفاده شود.

^f استفاده از سرب در زمین اغلب به خاطر ملاحظات زیست محیطی ممنوع می‌باشد.

۶-۵-۶- نگهدارنده ۶۲

پایانه‌های هوایی و هادی‌های نزولی می‌بایست چنان محکم ثابت نگه داشته شوند تا نیروهای الکتروستاتیکی یا مکانیکی اتفاقی (برای مثال ارتعاشات، لیز خوردن برف گوله شده، انبساط حرارتی و غیره) منجر به قطع شدن یا شل شدن هادی‌ها نشود (پیوست D در استاندارد IEC 62305-1:2010 ملاحظه شود).

یادآوری: فواصل پیشنهادی مابین نگهدارنده‌ها در جدول ۶ گزارش شده است.

⁵⁸ Organic materials

⁵⁹ Benign soil

⁶⁰ Clay soil

⁶¹ Moist soil

⁶² Fixing

جدول ۶: فاصله پیشنهادی بین نگهدارنده‌ها

فاصله برای هادی‌های مفتولی مدور ^{۶۴} mm	فاصله برای هادی‌های نواری، رشته ای و مدور نرم ^{۶۳} mm	آرایش
۱۰۰۰	۱۰۰۰	هادی‌های افقی روی سطوح افقی
۱۰۰۰	۵۰۰	هادی‌های افقی روی سطوح عمودی
۱۰۰۰	۱۰۰۰	هادی‌های عمودی از زمین تا ۲۰ m
۱۰۰۰	۵۰۰	هادی‌های عمودی از ۲۰ m به بالا

یادآوری ۱: این جدول برای نگهدارنده‌های توکار که ممکن است نیاز به منظور کردن ملاحظات ویژه داشته باشند، قابل اعمال نمی‌باشد.
یادآوری ۲: توصیه می‌شود نتایج حاصل از بررسی شرایط محیطی (مثل بارگذاری ناشی از وزش باد) در نظر گرفته شود و ممکن است عدول از فواصل پیشنهادی برای مراکز نگهدارنده‌ها ضروری باشد.

۶-۵-۳- اتصال^{۶۵}

همواره باید کمترین اتصالات ممکن در طول هادی‌ها به کار گرفته شود. اتصالات باید به وسیله روش‌هایی نظیر لحیم کاری^{۶۶}، جوشکاری^{۶۷}، کلمپی^{۶۸}، پرس کاری^{۶۹}، با درز گیری^{۷۰}، پیچ کردن^{۷۱} یا با پیچ و مهره بستن^{۷۲} کاملاً محکم شوند.
در این راستا، اتصالات فلزات داخل سازه‌های بتن مسلح باید مطابق بخش ۴-۴ این دستورالعمل بوده و الزامات و آزمون‌های استاندارد IEC 62561-1 را برآورده نماید.

۶-۶- جنس و ابعاد

۶-۶-۱- جنس اجزا

در انتخاب جنس مواد و ابعاد آن همواره باید احتمال خوردگی را هم در ساختمان تحت حفاظت و هم در سیستم حفاظت خارجی در نظر داشت.

۶-۶-۲- ابعاد

پیکربندی و حداقل سطح مقطع هادی‌های پایانه هوایی، میله‌های پایانه هوایی و هادی‌های نزولی در جدول ۷ داده شده و همواره باید الزامات و آزمون‌های استاندارد سری IEC 62561 را برآورده سازند (پیوست ۳ ملاحظه شود).

پیکربندی و حداقل ابعاد الکتروادهای زمین در جدول ۸ داده شده و همواره باید الزامات و آزمون‌های استاندارد سری IEC 62561 را برآورده سازند (پیوست ۲ ملاحظه شود).

⁶³ Soft drawn round conductor

⁶⁴ Round solid conductors

⁶⁵ Connections

⁶⁶ Brazing

⁶⁷ Welding

⁶⁸ Clamping

⁶⁹ Crimping

⁷⁰ Seaming

⁷¹ Screwing

⁷² Bolting



دستور العمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه

جدول ۷: جنس، و حداقل سطح مقطع هادی‌های پایانه هوایی، میله‌های پایانه هوایی، میله‌های منتهی به زمین^{۷۳} و

هادی‌های نزولی^a

جنس مواد	پیکربندی	سطح مقطع [mm ²]
مس، مس قلع اندود	مفتولی تسمه‌ای ^{۷۴}	۵۰
	مفتولی مدور ^{b ۷۵}	۵۰
	نیمه افشان ^{b ۷۶}	۵۰
	مفتولی مدور ^c	۱۷۵
آلومینیوم	مفتولی تسمه‌ای	۷۵
	مفتولی مدور	۵۰
	نیمه افشان	۵۰
آلیاژ آلومینیوم	مفتولی تسمه‌ای	۵۰
	مفتولی مدور	۵۰
	نیمه افشان	۵۰
	مفتولی مدور ^c	۱۷۵
آلیاژ آلومینیوم با روکش مس	مفتولی مدور	۵۰
فولاد گالوانیزه گرم	مفتولی تسمه‌ای	۵۰
	مفتولی مدور	۵۰
	نیمه افشان	۵۰
	مفتولی مدور ^c	۱۷۵
فولاد با روکش مس	مفتولی مدور	۵۰
	مفتولی تسمه‌ای	۵۰
فولاد ضد زنگ	مفتولی تسمه‌ای ^d	۵۰
	مفتولی مدور ^d	۵۰
	نیمه افشان	۷۰
	مفتولی مدور ^c	۱۷۶

^a مشخصات الکتریکی و مکانیکی و همچنین مقاومت در برابر خوردگی می‌بایست الزامات استاندارد سری IEC 62561 را رعایت کند.

^b در کاربردهای خاصی که استقامت مکانیکی الزامی نباشد، ممکن است سطح مقطع ۵۰ mm² (قطر ۸ mm) به ۲۵ mm² کاهش یابد.

^c قابل استفاده برای میله‌های پایانه هوایی و میله‌های منتهی به زمین. برای میله‌های پایانه هوایی در جایی که تنش‌های مکانیکی از قبیل بارگذاری باد مسئله مهمی نباشد، ممکن است یک میله به قطر ۹٫۵ mm و طول ۱ m استفاده شود.

^d چنانچه ملاحظات حرارتی و مکانیکی دارای اهمیت باشند، این مقادیر باید به ۷۵ mm² افزایش یابند.

⁷³ Earth lead-in rods

⁷⁴ Solid tape

⁷⁵ Solid round

⁷⁶ Stranded

دستور العمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه

جدول ۸: جنس مواد، پیکربندی و کمینه ابعاد الکترودهای زمین^{a, c}

ابعاد		پیکربندی	جنس مواد
صفحه زمین [mm]	هادی زمین [mm ²]		
	۵۰	نیمه افشان	مس مس قلع اندود
	۵۰	مفتولی مدور	
	۵۰	مفتولی تسمه‌ای	
		لوله	
۵۰۰ × ۵۰۰		صفحه	
۶۰۰ × ۶۰۰		صفحه مشبک ^{c ۷۷}	
	۷۸	مفتولی مدور	فولاد گالوانیزه گرم
		لوله	
	۹۰	مفتولی تسمه‌ای	
۵۰۰ × ۵۰۰		صفحه	
۶۰۰ × ۶۰۰		صفحه مشبک ^c	
		پروفیل ^{۷۸}	
	۷۰	نیمه افشان	فولاد لخت ^b
	۷۸	مفتولی مدور	
	۷۵	مفتولی تسمه‌ای	
	۵۰	مفتولی مدور	فولاد روکش مس
	۹۰	مفتولی تسمه‌ای	
	۷۸	مفتولی مدور	فولاد ضد زنگ
	۱۰۰	مفتولی تسمه‌ای	

^a مشخصات الکتریکی، مکانیکی و مقاومت در برابر خوردگی باید الزامات استاندارد سری IEC 62561 را پاس کند.

^b باید پوشش بتنی حداقل عمق ۵۰ mm را داشته باشد.

^c صفحه مشبک ساخته شده بوسیله هادی به طول کل حداقل ۴٫۸ m

^d انواع متفاوت پروفیل‌ها با سطح مقطع ۲۹۰ mm² و ضخامت حداقل ۳ mm مجاز است، نظیر پروفیل کراس (مقاطع)^{۷۹}

^e در صورت استفاده از سیستم پایانه زمین فونداسیون (آرایش نوع B)، الکتروود زمین باید به شکل صحیح حداقل هر ۵ m به آرماتورهای بتن مسلح متصل شود.

⁷⁷ Lattice plate

⁷⁸ Profile

⁷⁹ Cross profile

بخش ۷: سیستم حفاظت صاعقه داخلی

۷-۱- کلیات

سیستم حفاظت صاعقه داخلی باید از بروز جرقه‌های خطرناک در داخل ساختمان تحت حفاظت، ناشی از جاری شدن جریان صاعقه در سیستم حفاظت صاعقه خارجی یا سایر بخش‌های هادی ساختمان جلوگیری نماید.

احتمال بروز جرقه‌های خطرناک بین سیستم حفاظت صاعقه خارجی و اجزاء زیر وجود دارد:

- تاسیسات فلزی
 - سیستم‌های داخلی
 - بخش‌های هادی خارجی و خطوط (برق، مخابرات و ...) متصل به ساختمان
- یادآوری ۱: جرقه‌های رخ داده در داخل ساختمان‌های با خطر انفجار همیشه خطرناک هستند. در این شرایط تمهیدات حفاظتی خاصی باید به کار برود که در پیوست D استاندارد IEC 62305-3:2010 به آن‌ها اشاره شده است.
- یادآوری ۲: برای حفاظت سیستم‌های داخلی در برابر اضافه ولتاژ، به استاندارد IEC 62305-4 مراجعه کنید.
- به منظور جلوگیری از بروز جرقه‌های خطرناک بین اجزاء مختلف می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود:
- همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی مطابق با بخش ۷-۲، یا
 - عایق‌سازی الکتریکی بین اجزا مختلف مطابق با بخش ۷-۳

۷-۲- همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه

۷-۲-۱- کلیات

همپتانسیل‌سازی در یک ساختمان بوسیله اتصال اجزاء سیستم حفاظت صاعقه با قسمت‌های زیر حاصل می‌شود:

- تاسیسات فلزی
- سیستم‌های داخلی

- بخش‌های هادی خارجی و خطوط (برق، مخابرات و ...) متصل به ساختمان هنگامی که همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه با سیستم‌های داخلی ایجاد می‌شود، احتمال جاری شدن بخشی از جریان صاعقه به این قبیل تجهیزات وجود دارد که این امر باید مد نظر قرار گیرد. برای ایجاد این اتصالات می‌توان از روش‌های زیر استفاده نمود:
 - استفاده از هادی‌های همبندی، در جاهایی که پیوستگی الکتریکی بصورت طبیعی وجود نداشته باشد.
 - استفاده از برقیگیر حفاظتی (SPD) در جاهایی که اتصال مستقیم با استفاده از هادی‌های همبندی ممکن نباشد^{۸۰}
 - استفاده از اسپارک گپ (ISG) در جاهایی که اتصال مستقیم با استفاده از هادی‌های همبندی مجاز نباشد^{۸۱}.
- چگونگی انجام همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی سیستم حفاظت صاعقه بسیار حائز اهمیت بوده، به گونه‌ای که باید موضوع همبندی با بهره‌بردار سیستم شبکه مخابرات، شبکه برق، خطوط لوله و سایر بهره‌برداران و مراجع ذیصلاح به جهت هماهنگی‌های فنی لازم و عدم تداخل کاری احتمالی مورد بحث و تبادل نظر قرار گیرد.
- برقیگیرهای حفاظتی (SPD) بایستی در مکان‌هایی نصب شوند که امکان بازرسی دوره‌ای وجود داشته باشد.
- یادآوری ۱: در صورت نصب سیستم حفاظت صاعقه، امکان تاثیرپذیری قسمت‌های فلزی خارج ساختمان وجود دارد. این امر بایستی در طراحی مد نظر قرار گیرد. در برخی موارد اجرای همبندی برای همپتانسیل‌سازی با قسمت‌های فلزی خارج از ساختمان الزامی می‌باشد.
- یادآوری ۲: همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی سیستم حفاظت صاعقه بایستی با سایر همبندی‌های همپتانسیل‌ساز درون ساختمان هماهنگ و یکپارچه باشد.

۲-۲-۲- همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه با تاسیسات فلزی

- در صورت استفاده از سیستم حفاظت صاعقه ایزوله، همبندی برای همپتانسیل‌سازی سیستم حفاظت صاعقه باید فقط در سطح زمین صورت پذیرد.
- در صورت استفاده از سیستم حفاظت صاعقه غیرایزوله، همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی باید در مکان‌های زیر صورت پذیرد:
- ۱) در زیرزمین یا در نزدیکی سطح زمین. هادی‌های همبندی باید به شینه همبندی موجود به گونه‌ای متصل گردد که امکان دسترسی آسان و بازرسی دوره‌ای آن وجود داشته باشد. شینه‌های همبندی باید به سیستم پایانه زمین متصل گردند. در ساختمان‌های بزرگ (به طور معمول با طول بیشتر از ۲۰ متر در یکی از اضلاع ساختمان)، شینه همبندی می‌تواند به صورت یک رینگ پیرامون ساختمان یا چندین شینه همبندی در نقاط مختلف ساختمان که به یکدیگر متصل شده‌اند؛ مورد استفاده قرار گیرد.
 - ۲) در جایی که الزامات عایقی رعایت نشده باشد (بخش ۷-۳)
- اتصالات همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی حفاظت باید تا حد امکان به صورت مستقیم (بدون پیچ و تاب) اجرا گردد.

^{۸۰} مانند همبندی به هادی‌های برقدار و یا حاوی سیگنال مخابراتی خطوط ورودی به سازه تحت حفاظت

^{۸۱} مانند همبندی به سیستم زمین یا بدنه هادی تاسیسات که بدلیل برخی محدودیت‌های مهندسی در شرایط کار عادی از پایانه زمین صاعقه ایزوله هستند.

یادآوری: زمانی که همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه با اجزا داخلی ایجاد می‌شود، بخشی از جریان صاعقه ممکن است وارد این اجزا گردد. بنابراین آثار و نتایج آن را نیز باید در نظر گرفت.

حداقل سطح مقطع هادی همبندی برای اتصال شینه‌های همبندی مختلف به یکدیگر و یا اتصال به سیستم پایانه زمین باید مطابق جدول ۹ باشد.

حداقل سطح مقطع هادی همبندی متصل‌کننده تاسیسات فلزی داخلی به شینه‌های همبندی در جدول ۱۰ آمده است:

جدول ۹: حداقل سطح مقطع هادی همبندی برای اتصال شینه‌های همبندی مختلف به یکدیگر و یا اتصال به سیستم پایانه

سطح مقطع mm^2	جنس	کلاس حفاظت سیستم حفاظت صاعقه
۱۶	مس	IV تا I
۲۵	آلومینیوم	
۵۰	فولاد	

جدول ۱۰: حداقل سطح مقطع هادی همبندی که تاسیسات فلزی داخلی را به شینه‌های همبندی متصل می‌کند

سطح مقطع mm^2	جنس	کلاس حفاظت سیستم حفاظت صاعقه
۶	مس	IV تا I
۱۰	آلومینیوم	
۱۶	فولاد	

اگر یک قطعه عایق (همانند فلنج) بین لوله‌های فلزی گاز و آب قرار گرفته باشد، به منظور حفاظت در داخل ساختمان، با کسب مجوز از اداره گاز و اداره آب^{۸۲}، بایستی دو طرف آن قطعه عایق، توسط اسپارک گپ که بدین منظور طراحی شده متصل گردند.

اسپارک گپ‌ها (ISG) باید براساس استاندارد IEC62561-3 تست گردند و دارای مشخصات فنی زیر باشند:

- $I_{imp} \geq KI$ که در آن KI جریان صاعقه‌ای است که در آن بخش از سیستم حفاظت صاعقه خارجی جاری می‌شود (پیوست C استاندارد IEC 62305-3:2010 را ملاحظه نمایید).

- ولتاژ نامی بروز جرقه ناشی از جریان صاعقه^{۸۳} U_{RIMP} از قدرت تحمل عایقی قطعه عایق قرار گرفته بین لوله‌های فلزی، کوچکتر باشد.

۷-۲-۳- همبندی به منظور هم پتانسیل سازی صاعقه برای بخش‌های هادی خارجی

به منظور ایجاد همبندی همپتانسیل‌سازی برای بخش‌های هادی خارجی، این امر باید تا حد امکان نزدیک به نقطه ورود تاسیسات به ساختمان مورد حفاظت صورت پذیرد. هادی‌های همبندی باید توانایی تحمل عبور جریان I_F از کل جریان صاعقه، که مطابق با پیوست E از استاندارد IEC 62305-1 مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، را داشته باشند.

اگر همبندی مستقیم قابل قبول نباشد، باید از ISG ها با مشخصات فنی زیر استفاده گردد:

⁸² Gas & water supplier

⁸³ Rated impulse sparkover voltage

اسپارک گپ‌ها (ISG) براساس IEC 62561-3 تست می‌شوند و بایستی دارای مشخصات فنی زیر باشند:

- $I_{imp} \geq I_F$ که در آن بخشی از جریان صاعقه است که در قسمت مورد نظر از بخش خارجی سیستم حفاظت صاعقه جاری می‌شود (پیوست E استاندارد IEC62305-1 را ملاحظه نمایید).
- ولتاژ نامی بروز جرقه ناشی از جریان صاعقه U_{RIMP}^{AF} از قدرت تحمل عایقی قطعه عایق قرار گرفته بین لوله‌های فلزی کوچکتر باشد.

یادآوری: زمانی که همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی ضروری بوده اما نصب سیستم حفاظت صاعقه الزامی نمی‌باشد، می‌توان از پایانه زمین تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف بدین منظور استفاده نمود. به منظور بررسی نیاز به نصب سیستم حفاظت صاعقه (بر اساس مطالعات مدیریت ریسک) به استاندارد IEC62305-2 مراجعه نمایید.

۴-۲-۷- همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه برای سیستم‌های داخلی

اجرای همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه باید براساس بندهای ۱ و ۲ بخش ۷-۲-۲ صورت پذیرد. اگر کابل‌های سیستم‌های داخلی شیلددار باشند و یا از داخل لوله‌های فلزی عبور کرده باشند کفایت تا شیلد این کابل‌ها و یا لوله‌های فلزی همبند شوند (پیوست B در استاندارد IEC 62305-3:2010 را ببینید).

یادآوری: این امکان وجود دارد که همبندی شیلد کابل‌ها و لوله‌ها، مانع از بروز ایراد در تجهیزات متصل به این کابل‌ها، در اثر اضافه ولتاژها نگردد. برای حفاظت این قبیل تجهیزات به استاندارد IEC 62305-4 مراجعه نمایید.

اگر کابل‌های سیستم‌های داخلی فاقد شیلد بوده و از داخل لوله فلزی نیز عبور نکرده باشند، باید همبندی آن‌ها از طریق SPD ها صورت پذیرد. در سیستم TN هادی‌های حفاظتی (PE) و حفاظتی/خنثی (PEN) باید به صورت مستقیم یا از طریق برقریب حفاظتی (SPD) به سیستم حفاظت صاعقه متصل گردند.

هادی‌های همبندی باید دارای تحمل جریانی یکسان با ISG ها مطابق بخش ۷-۲-۲ باشند.

برقریب‌های حفاظتی (SPDs) می‌بایست مطابق با استانداردهای IEC 61643-11 و IEC 61643-21 و دارای مشخصات فنی زیر باشند:

- $I_{imp} \geq K_c I$ که در آن $K_c I$ جریان صاعقه جاری شده در سیستم حفاظت صاعقه خارجی می‌باشد (پیوست C استاندارد IEC 62305-3:2010 را ملاحظه نمایید).
- سطح حفاظتی (U_p) آن‌ها پایینتر از سطح تحمل جریان ضربه اجزاء عایق بین دو بخش باشد.

در صورت نیاز به حفاظت سیستم‌های داخلی در برابر سرج، هماهنگی حفاظتی بین برقریب‌ها مطابق الزامات بخش 7 از استاندارد IEC 62305-4: 2010 ضروری می‌باشد.

۵-۲-۷- همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه برای خطوط متصل به ساختمان تحت حفاظت

همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه برای خطوط الکتریکی و مخابراتی باید مطابق با بخش ۷-۲-۳ صورت پذیرد. تمام هادی‌ها در هر یک از خطوط باید از طریق برقریب حفاظتی به شینه همبندی متصل شوند.

هادی‌های برقدار باید الزاماً با استفاده برقریب حفاظتی به شینه همبندی متصل گردند. در سیستم TN هادی‌های حفاظتی (PE) و حفاظتی/خنثی (PEN) باید به صورت مستقیم یا از طریق برقریب حفاظتی به شینه همبندی متصل شوند.

⁸⁴ Rated impulse sparkover voltage

اگر خطوط شیلددار باشند و یا مسیر عبور آن‌ها از لوله‌های فلزی باشد، شیلد یا لوله‌ها باید همبند شوند. همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه برای هادی‌ها در صورتی که سطح مقطع S_C این شیلدها یا لوله‌های فلزی، از حداقل سطح مقطع S_{CMIN} تعیین شده در پیوست B استاندارد IEC 62305-3:2010 کمتر نباشد ضروری نیست.

همبندی شیلد کابل‌ها یا لوله‌های فلزی، به منظور ایجاد همپتانسیل‌سازی صاعقه، باید در نزدیکترین نقطه ورود آن‌ها به ساختمان اجرا گردد.

هادی‌های همبندی باید دارای تحمل جریانی یکسان با ISG ها مطابق مطالب بیان شده در بخش ۷-۲-۳ باشند.

برقگیرهای حفاظتی باید مطابق استانداردهای IEC61643-11 و IEC61643-21 بوده و دارای مشخصات فنی زیر باشند:

- $I_{imp} \geq I_F$ تست شده باشند که در آن I_F بخشی از جریان صاعقه است که خطوط جاری می‌شود (پیوست E از استاندارد IEC62305-1 را ملاحظه نمایید).

- سطح حفاظتی (U_p) آن‌ها پایینتر از سطح تحمل جریان ضربه اجزاء عایق بین دو بخش باشد.

اگر سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی متصل به خطوط ورودی به ساختمان، نیاز به حفاظت در برابر سرج داشته باشند، هماهنگی حفاظتی مابین برقگیرها مطابق الزامات بخش 7 از IEC62305-4:2010 ضروری می‌باشد.

یادآوری: زمانی که همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی ضروری بوده اما نصب سیستم حفاظت صاعقه الزامی نمی‌باشد، می‌توان از پایانه زمین تاسیسات الکتریکی فشار ضعیف بدین منظور استفاده نمود. به منظور بررسی نیاز به نصب سیستم حفاظت صاعقه (بر اساس مطالعات مدیریت ریسک) به استاندارد IEC62305-2 مراجعه نمایید.

۷-۳- عایق‌سازی الکتریکی سیستم حفاظت صاعقه خارجی

۷-۳-۱- کلیات

عایق‌سازی الکتریکی بین پایانه هوایی یا هادی نزولی و بخش‌های فلزی ساختمان، تاسیسات فلزی و سیستم‌های داخلی، از طریق رعایت فاصله جداسازی، s ، بین این قسمت‌ها فراهم می‌گردد. رابطه کلی برای محاسبه s به صورت زیر می‌باشد:

$$S = \frac{K_i}{K_m} \times K_c \times l \quad (m) \quad (4)$$

که در آن:

K_i بستگی به کلاس سیستم حفاظت صاعقه منتخب دارد. (جدول ۱۱ را ببینید)

K_m بستگی به جنس ماده موجود در فاصله جداسازی دارد (جدول ۱۲ را ببینید)

K_c بستگی به مقدار جریان عبوری از پایانه هوایی و هادی نزولی دارد)

جدول از پیوست C را در استاندارد IEC 62305-3:2010 ببینید).

l طول بر حسب متر، در امتداد پایانه هوایی و هادی نزولی از نقطه‌ای که فاصله جداسازی باید مورد محاسبه قرار گیرد تا نزدیکترین نقطه همبندی یا پایانه زمین می‌باشد (پیوست E بخش E.6.3 را در استاندارد IEC 62305-3:2010 را ببینید).

جدول ۱۱: عایق‌سازی بخش خارجی سیستم حفاظت صاعقه - مقادیر مختلف ضرایب K_i

K_i	کلاس سیستم حفاظت صاعقه
۰٫۰۸	I
۰٫۰۶	II
۰٫۰۴	III و IV

جدول ۱۲: عایق‌سازی بخش خارجی سیستم حفاظت صاعقه - مقادیر مختلف ضرایب K_m

K_m	جنس ماده
۱	هوا
۰٫۵	آجر، بتن

یادآوری ۱: در صورتی که چندین ماده عایقی به صورت سری قرار داشته باشند، بهترین کار استفاده از کمترین مقدار k_m می‌باشد.
یادآوری ۲: در صورتی که از مواد خاصی جهت عایق‌سازی استفاده شده باشد، مقدار ضریب k_m بایستی توسط سازنده ارائه گردد.

در شرایطی که خطوط و هادی‌های خارجی به ساختمان وارد می‌شوند، همواره باید از همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صاعقه در نقطه ورود به ساختمان مطمئن بود (خواه اتصال مستقیم، خواه اتصال از طریق برگیر حفاظتی (SPD)).

در ساختمان‌های دارای اسکلت فلزی یا بتن مسلح که پیوستگی الکتریکی بین این بخش‌ها وجود دارد، رعایت فاصله جداسازی الزامی نیست.

ضریب K_c مربوط به جریان صاعقه گذرنده از پایانه هوایی و هادی‌های نزولی به کلاس سیستم حفاظت صاعقه، به تعداد کل هادی‌های نزولی n ، به موقعیت هادی‌های نزولی، هادی‌های ارتباطاتی رینگ‌ها و نوع سیستم پایانه زمین وابسته است. فاصله جداسازی مورد نیاز، به افت ولتاژ در کوتاهترین مسیر از نقطه‌ای که فاصله جداسازی باید در آن مد نظر قرار گیرد تا الکتروود زمین یا نزدیکترین نقطه همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی بستگی دارد.

۷-۳-۲- روش ساده شده

در ساختمان‌های معمول برای بکاربردن رابطه ۴، شرایط زیر بایستی مدنظر قرار گیرد:

K_c بستگی به مقدار جریان عبوری از هادی‌های نزولی دارد (جدول 12 از پیوست C را در استاندارد IEC 62305-3:2010 ملاحظه نمایید).

l طول عمودی بر حسب متر در امتداد هادی نزولی از نقطه‌ای که باید فاصله جدایی محاسبه گردد تا نزدیکترین نقطه همبندی یا پایانه زمین.

جدول ۱۳: ایزوله‌سازی سیستم حفاظت صاعقه خارجی - مقادیر تقریبی برای ضریب k_c

k_c	تعداد هادی‌های نزولی n
۱	۱ (فقط در مورد سیستم حفاظت صاعقه ایزوله)
۰٫۶۶	۲
۰٫۴۴	۳ و بیشتر

یادآوری: مقادیر این جدول برای هر دو نوع آرایش زمین (نوع A و B) کاربرد دارد؛ به شرطی که مقاومت زمین الکترودهای زمین مجاور با ضریب بیشتر از ۲ تغییر نکند. اگر مقاومت زمین یک الکترودهای زمین منفرد با ضریب بیشتر از ۲ تغییر کند، در این حالت باید ضریب k_c برابر ۱ در نظر گرفته شود.

اطلاعات بیشتر در خصوص تقسیم جریان بین هادی‌های نزولی در پیوست C استاندارد IEC 62305-3:2010 ارائه شده است.

یادآوری: روش ساده شده معمولاً منجر به نتایجی در محدوده ایمن می‌شود.

۷-۳-۳- روش جزئی‌تر

در یک سیستم حفاظت صاعقه با سیستم پایانه هوایی مش یا هادی‌های رینگ متصل بهم، به علت تقسیم جریان، پایانه‌های هوایی و یا هادی‌های نزولی دارای مقادیر متفاوت جریانی، در امتداد طول خود خواهند بود. در این موارد ارزیابی دقیق فاصله جداسازی s باید با استفاده از روابط زیر صورت پذیرد:

$$s = \frac{k}{k_m} \times (k_{c1} \times l_1 + k_{c2} \times l_2 + \dots + k_{cn} \times l_n) \quad (5)$$

هنگامی که پایانه هوایی و هادی‌های نزولی، به علت اتصال هادی‌های رینگ، دارای مقادیر مختلف جریانی در امتداد طول خود باشند.

یادآوری ۱: این روش برای ارزیابی فاصله جداسازی در ساختمان‌های خیلی بزرگ یا ساختمان‌ها با اشکال پیچیده مناسب می‌باشد.

یادآوری ۲: برای محاسبه ضرایب k_c برای هر کدام از هادی‌ها، می‌توان از نرم‌افزارهای کامپیوتری استفاده نمود.

بخش ۸: سیستم‌های الکترونیکی و الکتریکی داخل ساختمان

۸-۱- کلیات

با توجه به احتمال بروز خسارات ناشی از ضربات الکترومغناطیسی صاعقه^{۸۵} (LEMP) بر روی سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی، برای جلوگیری از آسیب‌های وارده به سیستم‌های داخلی نیاز به در نظر گرفتن تمهیدات حفاظت در برابر LEMP (موسوم به SPM^{۸۶}) می‌باشد.

طراحی SPM بایستی توسط متخصصین حفاظت صاعقه و سرچ که اطلاعات وسیعی در خصوص سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) و روش‌های اجرا و نصب دارند، صورت گیرد.

حفاظت در برابر LEMP بر اساس مفهوم زون‌های حفاظت صاعقه (LPZ) صورت می‌گیرد که در آن ناحیه‌ای که شامل سیستم‌هایی است که مد نظر است تا حفاظت شوند باید به زون‌های مختلف تقسیم بندی شود (شکل ۷ ملاحظه شود).

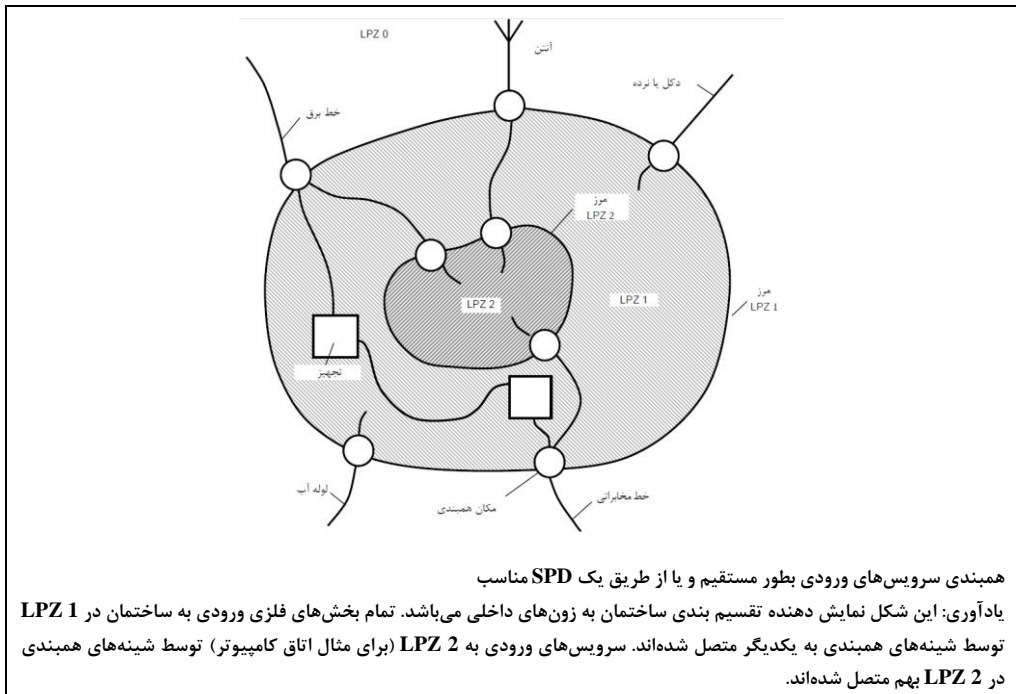
۸-۲- همبندی و زمین کردن

یک سیستم زمین و همبندی مناسب و کامل، ترکیبی از موارد زیر است: (مطابق با شکل ۸)

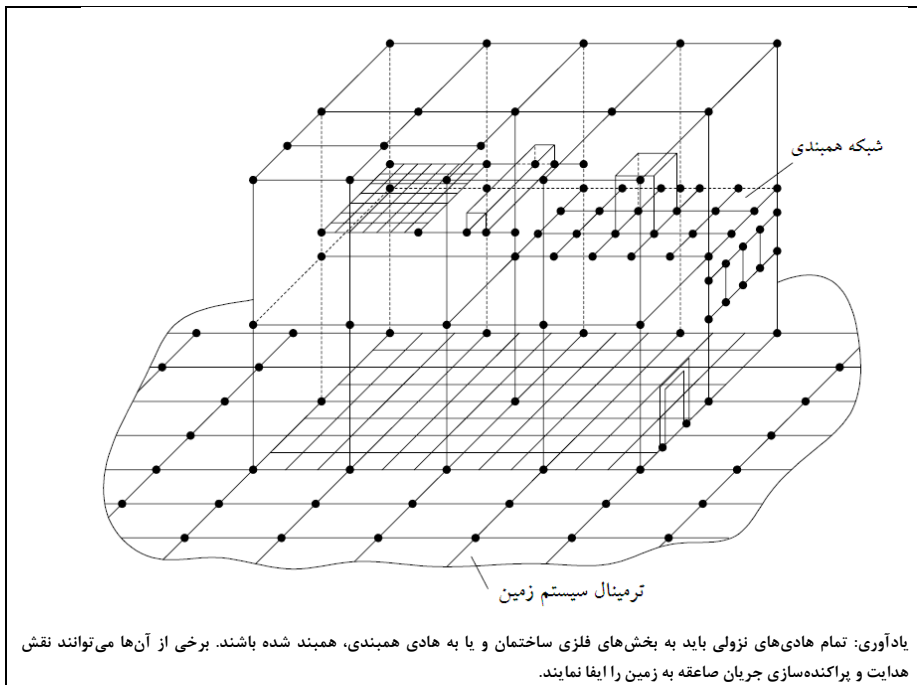
- سیستم پایانه زمین (که جریان صاعقه را در خاک پراکنده می‌کند)؛
- شبکه همبندی (که اختلاف پتانسیل بین نقاط مختلف ساختمان را به حداقل رسانده و میدان مغناطیسی را کاهش می‌دهد).

⁸⁵ Lightning Electromagnetic Impulse

⁸⁶ LEMP Protection Measures



شکل ۷: اصول کلی تقسیم بندی زون‌های مختلف



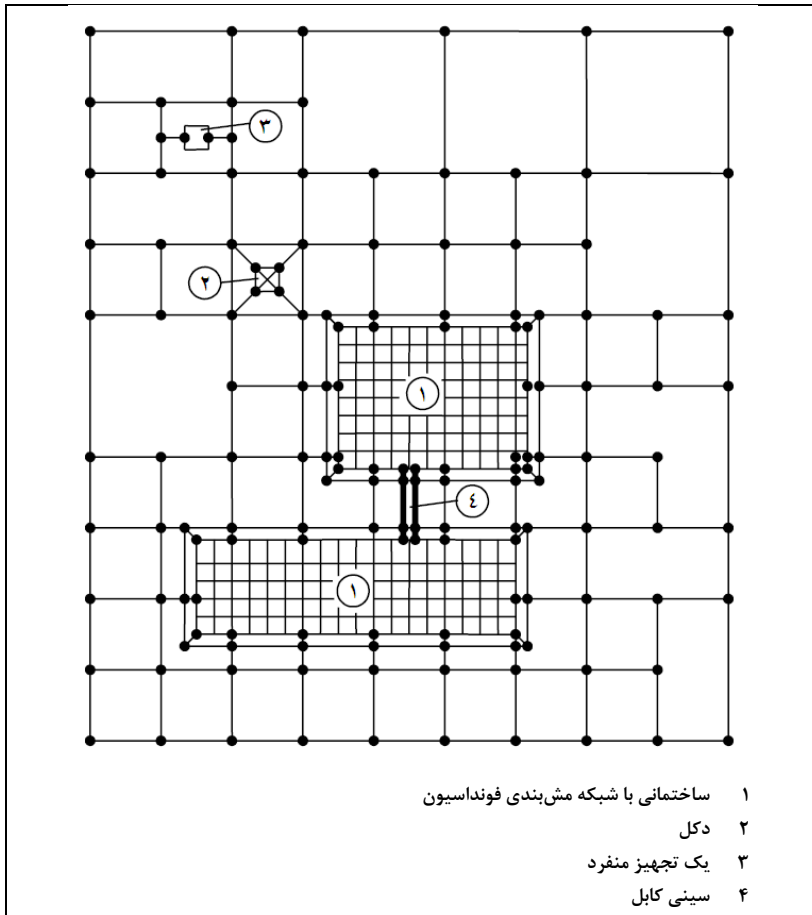
شکل ۸: نمونه‌ای از یک سیستم زمین سه بعدی که شامل شبکه همبندی متصل به سیستم پایانه زمین می‌باشد.

۸-۲-۱- سیستم پایانه زمین

سیستم پایانه زمین ساختمان‌ها باید براساس الزامات بخش ۶-۴ همین دستورالعمل و همچنین استاندارد IEC 62305-3 باشد. در ساختمان‌هایی که تنها شامل سیستم‌های الکتریکی هستند، آرایش زمین نوع A ممکن است مورد استفاده قرارگیرد، ولی ارجحیت با استفاده از آرایش زمین نوع B است. ولی در ساختمان‌هایی که شامل سیستم‌های الکترونیکی می‌باشند، آرایش زمین از نوع B توصیه می‌گردد.

الکتروود زمین از نوع رینگ (حلقه) در دور تا دور ساختمان، یا الکتروود زمین از نوع رینگ در داخل بتن پیرامون فونداسیون باید با شبکه مش که به صورت معمول دارای فاصله عرضی ۵ متر می‌باشد در زیر و اطراف ساختمان همبند شود. این کار باعث بهبود عملکرد سیستم پایانه زمین می‌شود. چنانچه بتن مسلح فونداسیون نیز، یک شبکه مش بهم پیوسته را تشکیل داده و هر ۵ متر به سیستم پایانه زمین متصل گردد، می‌تواند روش مناسبی را فراهم آورد.

در شکل ۹ مثالی از سیستم زمین مش‌بندی شده در یک کارخانه نشان داده شده است.



شکل ۹: سیستم پایانه زمین مش‌بندی شده در یک کارخانه

برای کاهش اختلاف پتانسیل دو نقطه از سیستم‌های داخلی، که ممکن است دارای سیستم‌های زمین مجزا باشند، روش زیر را می‌توان بکار برد:

- قرار دادن چندین هادی همبندی بصورت موازی در مسیرهای مشترک با کابل‌های الکتریکی و یا عبور دادن کابل‌ها از داخل داکت‌های بتنی مسلح (یا لوله‌های فلزی با پیوستگی الکتریکی) و متصل نمودن آن‌ها به هر دو سیستم پایانه زمین؛
- استفاده از کابل‌های شیلد شده با سطح مقطع مناسب و اتصال شیلدها از دو سر کابل به سیستم‌های زمین.

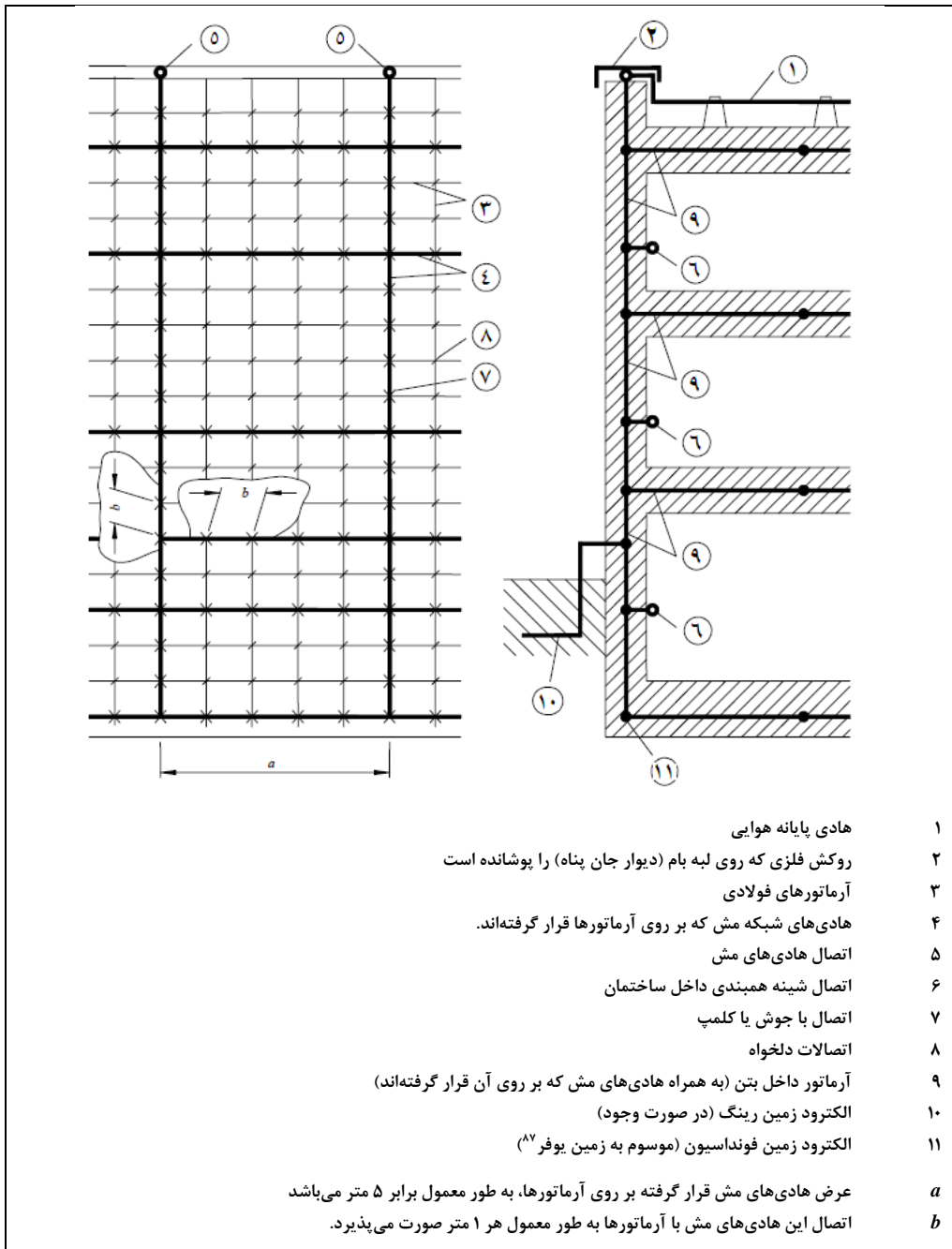
۸-۲-۲- شبکه همبندی

به جرات می‌توان گفت که اجرای یک سیستم همبندی صحیح، می‌تواند نقش بسزایی در کاهش خطرات ناشی از صاعقه در یک ساختمان داشته باشد و به هیچ عنوان قابل حذف و چشم پوشی نیست. به این منظور برای جلوگیری از ایجاد اختلاف پتانسیل‌های خطرناک مابین تجهیزات موجود در زون‌های حفاظتی داخل ساختمان، به یک شبکه همبندی با امپدانس پائین نیاز است. علاوه بر این، شبکه همبندی ایجاد شده از شدت میدان‌های مغناطیسی خواهد کاست.

این مهم می‌تواند از طریق ایجاد یک شبکه همبندی مش که قسمت‌های فلزی ساختمان یا اجزای سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی داخل ساختمان را یکپارچه کند و از طریق همبندی بخش‌های فلزی یا تاسیسات فلزی (مانند لوله‌های برق، مخابرات، گاز، آب و ...) در مرز هر یک از زون‌های حفاظتی بصورت مستقیم و یا با استفاده از SPD محقق گردد.

شبکه همبندی را می‌توان به صورت یک ساختمان مش‌بندی شده سه بعدی، که مش‌ها به طور معمول دارای عرض ۵ متر می‌باشند، در نظر گرفت (به شکل ۱۰ مراجعه شود). این امر مستلزم ایجاد چندین اتصال بین اجزا فلزی موجود در ساختمان (همانند آرماتورهای مدفون در بتن، ریل‌های آسانسورها، جرثقیل‌ها، بام‌ها و نماهای فلزی، چهارچوب‌ها، درب‌ها و پنجره‌ها) می‌باشد. شینه‌های همبندی (همانند شینه‌های همبندی رینگ، چندین شینه همبندی در طبقات مختلف ساختمان) و شیلدهای مغناطیسی زون‌های حفاظتی (LPZ) نیز باید به همین روش، به یکدیگر متصل شوند.

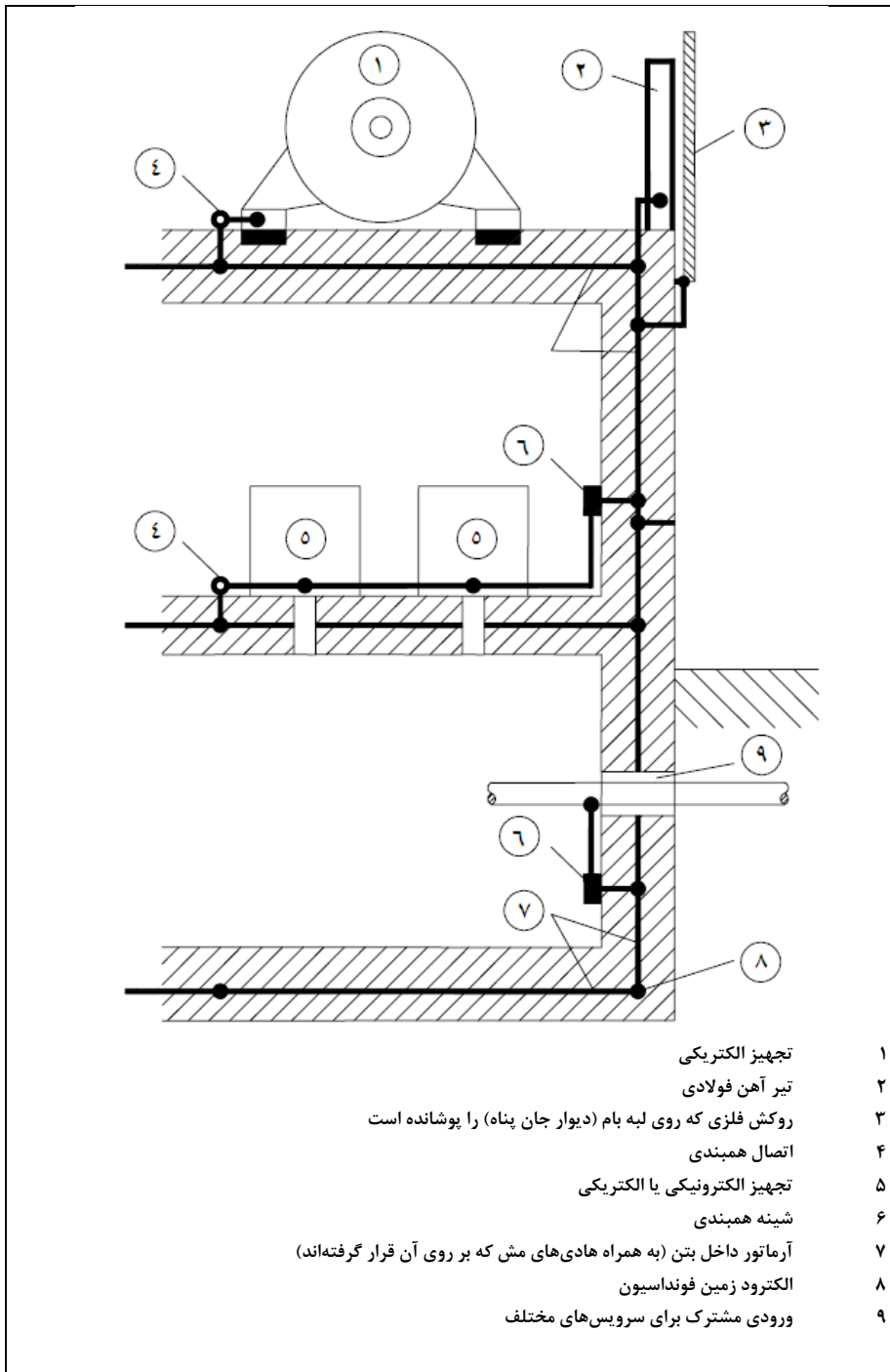
مثال‌هایی از شبکه همبندی در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نشان داده است.



شکل ۱۰: بکارگیری آرماتورهای ساختمان به برای همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی

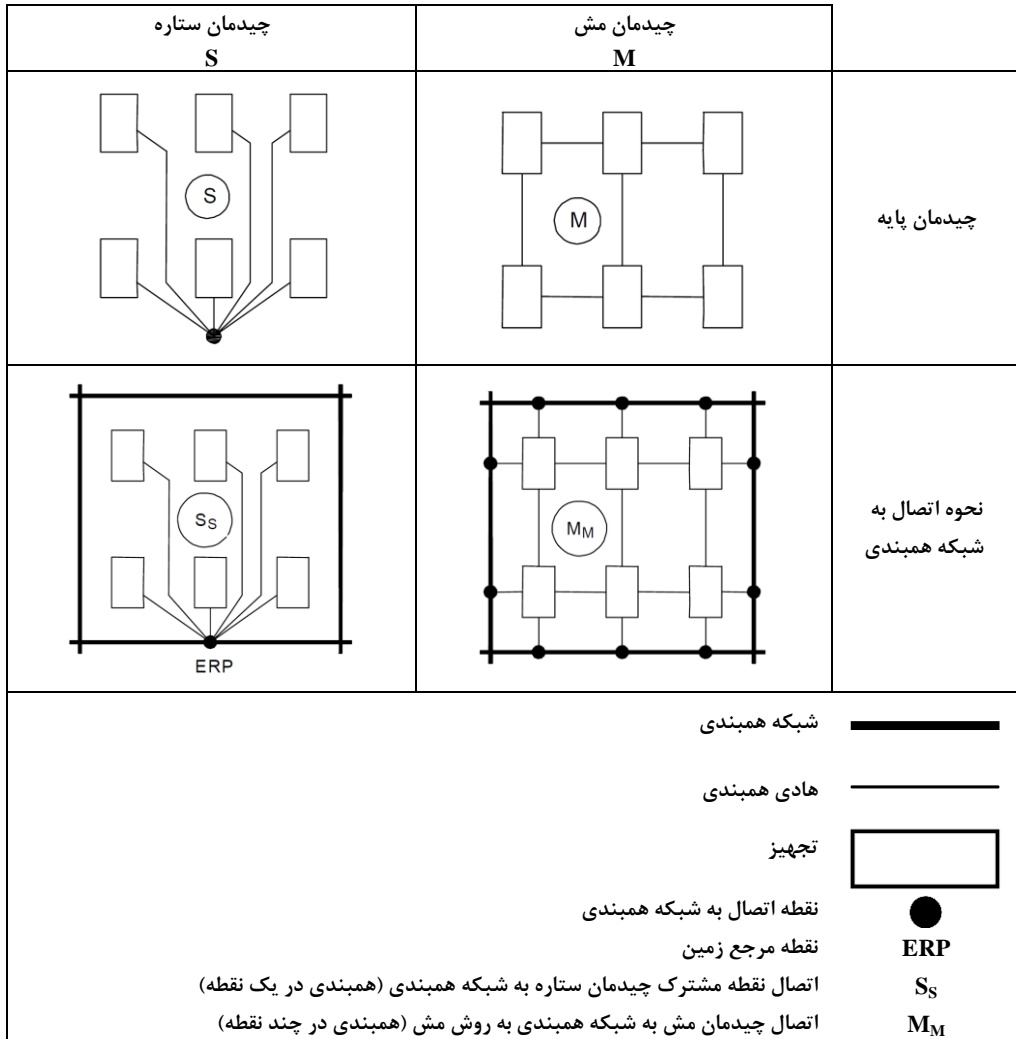


دستور العمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه



شکل ۱۱: همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی در ساختمان‌های بتن مسلح

قسمت‌های هادی (مانند کابینت‌ها، محفظه‌ها و رک‌ها) و هادی‌های حفاظتی زمین (PE) سیستم‌های داخلی باید مطابق چیدمان زیر به شبکه همبندی متصل گردند. (شکل ۱۲)



شکل ۱۲: نحوه اتصال بخش‌های هادی سیستم‌های داخلی به شبکه همبندی

در صورت استفاده از چیدمان S، تمام بخش‌های فلزی (همانند کابینت‌ها، محفظه‌ها و رک‌ها) سیستم‌های داخلی باید از سیستم زمین، ایزوله باشند. اتصال چیدمان S به سیستم زمین باید تنها از طریق یک شینه همبندی صورت پذیرد؛ که به عنوان نقطه مرجع زمین (ERP⁸⁸) عمل می‌نماید و نتیجه این امر، چیدمان S_s خواهد بود. در هنگام استفاده از چیدمان S،

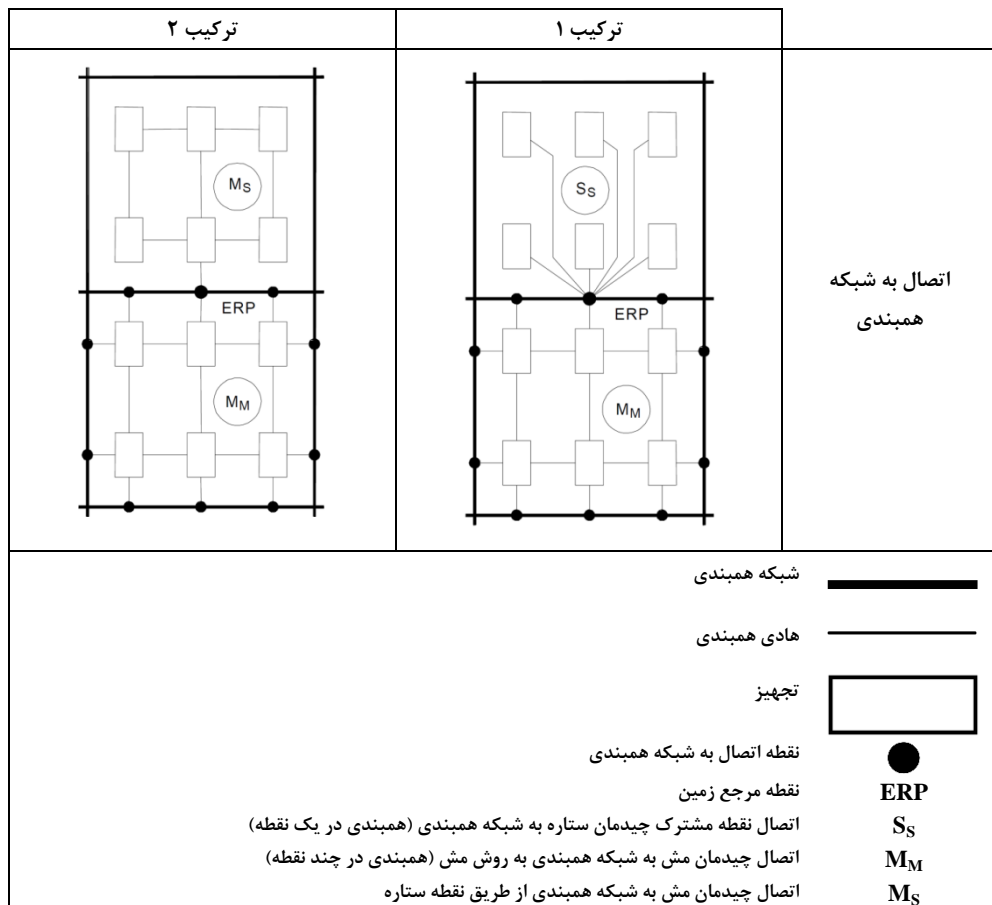
⁸⁸ Earth reference point

تمام خطوط بین تجهیزات باید به موازات و در نزدیکی هادی‌های همبندی چیدمان ستاره قرار گیرند تا از ایجاد حلقه‌های القایی خودداری شود. می‌توان از چیدمان S در جایی که سیستم‌های داخلی در زون‌های نسبتاً کوچک قرار گرفته باشند و تمامی خطوط تنها از یک نقطه وارد زون می‌شوند، استفاده نمود.

در صورت استفاده از چیدمان M ، بخش‌های فلزی (همانند کابینت‌ها، محفظه‌ها، رک‌ها) سیستم‌های داخلی، لازم نیست از سیستم زمین ایزوله گردند، بلکه باید در نقاط مختلف با آن همبند شده باشد که نتیجه آن، چیدمان M_M می‌باشد. چیدمان نوع M در موارد زیر ترجیح داده می‌شود:

- سیستم‌های داخلی در زون‌هایی با گستردگی زیاد یا در کل ساختمان پراکنده هستند.
- در جایی که خطوط متعددی (برق، مخابرات و ...) مابین تجهیزات وجود داشته باشد
- خطوط (برق، مخابرات، ...) از نقاط مختلف وارد ساختمان می‌شوند.

در سیستم‌های با ساختار پیچیده، می‌توان از ترکیب این دو نوع چیدمان (چیدمان M و S) که به عنوان ترکیب ۱ (S_S) در ترکیب با M_M) و یا ترکیب ۲ (M_S در ترکیب با M_M) مطابق شکل ۱۳ استفاده نمود.



شکل ۱۳: ترکیبی از روش‌های اتصال بخش‌های هادی سیستم‌های داخلی به شبکه همبندی

۸-۲-۳- شینه همبندی

شینه‌های همبندی برای همبند کردن موارد زیر باید مورد استفاده قرار گیرند:

- تمام سرویس‌های هادی (همانند لوله‌های فلزی آب، گاز و ...) که به زون‌های حفاظت صاعقه وارد می‌شوند (به صورت مستقیم یا با استفاده از برقیگرهای حفاظتی مناسب)
 - هادی حفاظتی زمین (PE)
 - قسمت‌های فلزی سیستم‌های داخلی (همانند کابینت‌ها، محفظه‌ها و رک‌ها)
 - شیلد مغناطیسی نواحی حفاظت صاعقه در پیرامون و یا داخل ساختمان.
- برای انجام همبندی موثر، اجرای دستورالعمل‌های زیر در هنگام نصب دارای اهمیت می‌باشند:
- اساس تمامی تمهیدات همبندی، ایجاد یک شبکه همبندی با امپدانس ناچیز است؛
 - شینه‌های همبندی باید از طریق کوتاه‌ترین مسیر ممکن به سیستم زمین متصل گردند؛
 - جنس و ابعاد شینه‌های همبندی و هادی‌های همبندی باید مطابق با بند ۸-۲-۵ باشد؛
 - برقیگرهای حفاظتی باید از طریق کوتاه‌ترین مسیر ممکن به شینه‌های همبندی و همچنین هادی‌های برقرار متصل گردند تا ولتاژ القایی در آن‌ها به حداقل ممکن برسد.
 - در سمت حفاظت شده مدار، (پایین دست برقیگرهای حفاظتی)، اثرات القای متقابل باید بواسطه حداقل کردن سطح حلقه و یا به کارگیری کابل‌های شیلددار و یا داکت کابل کاهش یابد.

۸-۲-۴- همبندی در مرز زون‌های حفاظت صاعقه

در جائیکه زون حفاظت صاعقه تعریف می‌شود، همبندی باید برای همه بخش‌های فلزی و سرویس‌ها (مانند لوله‌های فلزی، خطوط برق یا خطوط سیگنال) در مرز ورودی به زون حفاظت صاعقه در نظر گرفته شود.

یادآوری: همبندی سرویس‌هایی که به LPZ 1 وارد می‌شوند (مانند خطوط برق یا خطوط مخابراتی) باید توسط کارشناسان شرکت ارائه دهنده سرویس مربوطه، مورد بحث و تبادل نظر قرار گیرند، زیرا ممکن است با قوانین این شرکت‌ها در تضاد باشد.

همبندی باید از طریق شینه‌های همبندی، که در نزدیکترین محل ممکن به نقطه ورودی در مرز زون مورد نظر نصب شده است، انجام شود.

در صورت امکان سرویس‌های ورودی به LPZ باید از یک نقطه وارد شوند و به یک شینه همبندی مشترک متصل گردند. اگر سرویس‌های مختلف از نقاط متفاوت وارد LPZ شوند، هر سرویس باید به یک شینه همبندی مجزا وصل شده و تمام این شینه‌ها نیز بهم متصل گردند. برای برآورده شدن این هدف، توصیه می‌گردد که این شینه‌ها به شینه همبندی رینگ (هادی رینگ) متصل گردند.

همبندی برای همپتانسیل‌سازی برقیگرهای حفاظتی همواره در نقطه ورودی به زون حفاظت صاعقه الزامی می‌باشد تا خطوط ورودی متصل به سیستم‌های واقع در درون زون حفاظت صاعقه داخل ساختمان را همبند نمایند. به منظور کاهش تعداد برقیگرهای حفاظتی مورد نیاز می‌توان از نواحی حفاظت صاعقه بزرگ یا متصل به هم استفاده نمود.

کابل‌های شیلددار یا داکت‌های فلزی متصل به هم که در مرز LPZ به یکدیگر همبند شده‌اند، می‌توانند چندین LPZ با مرتبه مشابه را بهم متصل کنند تا یک ناحیه حفاظت صاعقه مشترک مبدل کنند یا یک LPZ را تا مرز LPZ بعدی گسترش دهند.

۸-۲-۵- جنس و ابعاد عناصر همبندی

جنس، اندازه و شرایط استفاده باید مطابق استاندارد IEC 62305-3 باشد. حداقل سطح مقطع برای اجزاء همبندی باید مطابق با جدول ۱۴ باشد.

ابعاد کلمپ‌ها باید متناسب با مقدار جریان تراز حفاظت صاعقه (LPL) (به منظور کسب اطلاعات بیشتر استاندارد IEC 62305-1 را ملاحظه نمایید) و نتایج آنالیز تقسیم جریان (به منظور کسب اطلاعات بیشتر استاندارد IEC 62305-3 را ملاحظه نمایید) باشند.

پارامترهای SPD ها باید مطابق با بند ۸-۴ باشد.

جدول ۱۴: حداقل سطح مقطع اجزاء همبندی

اجزای همبندی	جنس مواد ^a	سطح مقطع ^b mm ²
شینه‌های همبندی (مس، فولاد با روکش مس یا فولاد گالوانیزه)	مس، آهن	۵۰
هادی‌های ارتباطی از شینه‌های همبندی به سیستم زمین یا به شینه‌های همبندی دیگر (حامل تمام یا بخش بزرگی از جریان صاعقه)	مس آلومینیوم آهن	۱۶ ۲۵ ۵۰
هادی‌های ارتباطی از تاسیسات فلزی داخلی به شینه‌های همبندی (حامل بخشی از جریان صاعقه)	مس آلومینیوم آهن	۶ ۱۰ ۱۶
هادی‌های زمین متصل به برقگیر حفاظتی (SPD) (حامل تمام یا بخش بزرگی از جریان صاعقه) ^c	مس	۱۶ ۶ ۱ ۱
^a سایر مواد بایستی سطح مقطعی با مقاومت معادل داشته باشند.		
^b در برخی کشورها، اندازه‌های کوچکتر برای هادی‌ها ممکن است استفاده شود، مشروط بر اینکه الزامات حرارتی و مکانیکی را رعایت کرده باشند - پیوست D از استاندارد IEC 62305-1:2010 مشاهده شود.		
^c برای SPD های استفاده شده در کاربردهای قدرت، اطلاعات اضافی در رابطه با هادی‌های ارتباطی در استانداردهای IEC 60364-5-53 و IEC 61643-12 داده شده است.		
^d سایر SPD ها شامل SPD های استفاده شده در سیستم‌های مخابراتی و سیگنالینگ می‌باشند.		

۳-۸- شیلد کردن مغناطیسی و مسیریابی خطوط

۳-۸-۱- کلیات

شیلد کردن مغناطیسی می‌تواند از شدت میدان الکترومغناطیسی و همین‌طور دامنه سرج‌های القاء شده در داخل ساختمان بکاهد. همچنین انتخاب مسیر مناسب برای کابل‌های داخل ساختمان، می‌تواند نقش بسزایی در کاهش میزان سرج‌های القایی داشته باشد. هر دو تمهید در کاهش خرابی‌های دائمی سیستم‌های داخلی موثر می‌باشند.

۳-۸-۲- شیلد کردن فضایی

شیلد کردن فضایی زون‌های حفاظتی مختلف را تعیین می‌کند، که می‌تواند کل ساختمان، بخشی از آن، یک اتاق و یا تنها محفظه تجهیز را پوشش دهد. چنین شیلهای ممکن است شبکه مانند و یا به شکل شیلهای فلزی پیوسته و یا متشکل از اجزاء طبیعی خود ساختمان باشد. (برای کسب اطلاعات بیشتر به استاندارد IEC 62305-3 رجوع نمایید).

استفاده از شیلهای فضایی در جایی که حفاظت از یک زون مشخص از ساختمان عملی و سودمند باشد؛ در قیاس با حفاظت از تجهیزات بصورت تک تک و مجزا توصیه می‌گردد. به منظور استفاده از شیلهای فضایی، بایستی در مراحل نخست طراحی ساختمان جدید یا سیستم داخلی جدید ملاحظات لازم را در این مورد مد نظر قرار داد. افزودن شیلهای فضایی به تاسیسات موجود و در حال بهره‌برداری می‌تواند هزینه و مشکلات فنی زیادی به همراه داشته باشد.

۳-۸-۳- شیلد کردن خطوط داخلی

شیلد کردن ممکن است محدود به کابل‌کشی و تجهیزات سیستم مورد حفاظت، شیلد فلزی کابل‌ها، داکت‌های فلزی بسته برای عبور کابل‌ها و محفظه‌های فلزی تجهیزات باشد.

۳-۸-۴- مسیریابی خطوط داخل ساختمان

انتخاب مسیر مناسب خطوط داخل ساختمان، حلقه‌های القایی را به حداقل ممکن می‌رساند و از ایجاد ولتاژهای سرج در داخل ساختمان جلوگیری می‌کند. می‌توان با مسیریابی کابل‌ها در مجاورت اجزاء خنثی ساختمان که به زمین متصل شده و/یا با مسیریابی خطوط برق و سیگنال در کنار هم، مساحت حلقه‌ها را به حداقل رسانید.

یادآوری: در هر حال برای جلوگیری از بروز اختلال، فاصله بین خطوط برق و خطوط سیگنال شیلد نشده باید رعایت گردد.

۳-۸-۵- شیلد کردن خطوط خارج از ساختمان

شیلد کردن خطوط بیرونی که به ساختمان وارد می‌گردند مشتمل بر شیلد کابل‌ها، داکت‌های فلزی درپوش‌دار کابل‌ها و نیز داکت‌های بتنی مسلح با آرماتورهای بهم پیوسته می‌باشد. شیلد کردن خطوط بیرون از ساختمان مفید است، ولی اغلب در حیطة کاری طراح SPM^{۸۹} قرار نمی‌گیرد (چون معمولاً مالک خطوط خارج از ساختمان، ارائه دهنده خدمات شبکه می‌باشد).

۳-۸-۶- جنس و ابعاد شیلهای مغناطیسی

برای تعیین جنس و ابعاد شیلد مغناطیسی در مرز LPZ 0_A و LPZ 1 (مانند شیلد فضایی شبکه‌ای، شیلد کابل‌ها و محفظه تجهیزات) و برای هادی‌های پایانه هوایی و/یا هادی‌های نزولی، باید منطبق بر استاندارد IEC 62305-3 عمل گردد.

به طور خاص:

- کمترین ضخامت ورقه‌های فلزی، داکت‌های فلزی، لوله‌ها و شیلد کابل‌ها باید مطابق جدول 3 از استاندارد IEC 62305-3 تعیین گردند.

⁸⁹ LEMP protection measures

- چیدمان شیلدهای فضایی شبکه‌ای و همچنین حداقل سطح مقطع هادی بکار رفته در آن‌ها، باید منطبق بر جدول ۷ باشد.
- ابعاد شیلدهای مغناطیسی که از آن‌ها جریان صاعقه عبور نمی‌کند، لزومی به تطبیق ابعاد آن با جدول 3 از استاندارد IEC 62305-3 و جدول ۷ وجود ندارد:
- در مرز نواحی LPZ 1/2 یا بالاتر، به شرط آن که فاصله (S) بین شیلدهای مغناطیسی و LPS ها رعایت شده باشد (مراجعه شود به بخش ۷-۳)
- در مرز هر یک LPZ ها، هرگاه تعداد رویدادهای خطرناک N_D ناشی از اصابت صاعقه به ساختمان قابل صرف نظر باشد یا به عبارتی $N_D < 0.01$ در سال باشد (برای کسب اطلاعات بیشتر به استاندارد IEC 62305-2 مراجعه نمایید).

۸-۴- سیستم SPD هماهنگ شده

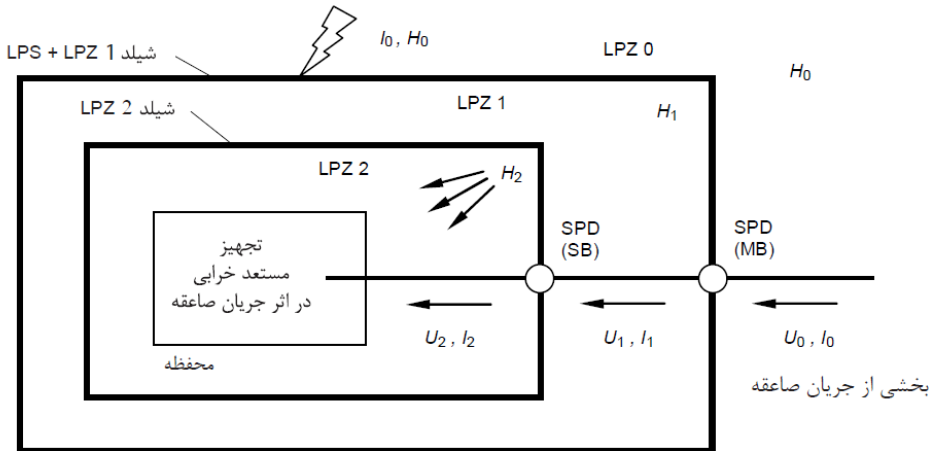
حفاظت از سیستم‌های داخلی در برابر سرج نیازمند شیوه‌ای سیستماتیک متشکل از SPD های هماهنگ شده برای حفاظت از خطوط برق و مخابرات می‌باشد. نحوه انتخاب و نصب SPD های هماهنگ شده در هر دو مورد یکسان است (به پیوست C از استاندارد IEC 62305-4:2010 مراجعه کنید).

در یک SPM که از تکنیک زون‌های حفاظت صاعقه استفاده می‌کند و از بیش از یک زون داخلی (LPZ1، LPZ 2 یا بالاتر) تشکیل شده است، SPD ها باید در محل ورود خطوط به داخل هر یک از زون‌های حفاظت صاعقه قرار گیرد (شکل ۱۴).

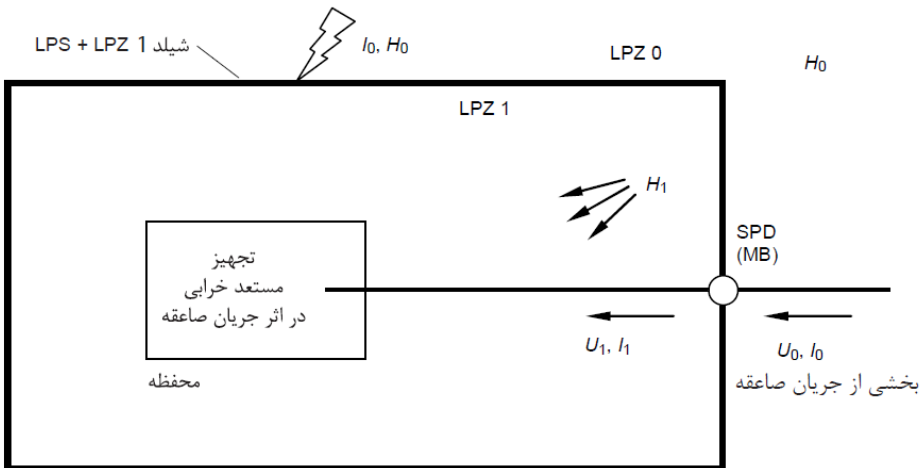
در SPM هایی که تنها شامل LPZ 1 هستند باید حداقل یک SPD در ورودی LPZ 1 نصب گردد.

در هر دو مورد، اگر فاصله بین مکان نصب SPD و تجهیزاتی که باید حفاظت شوند زیاد باشد، این امکان وجود دارد که تعداد SPD های مورد نیاز اضافه گردد (به پیوست C از استاندارد IEC 62305-4:2010 مراجعه کنید).

دستور العمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه



شکل ۱۴-الف: SPM با استفاده از شیلد فضایی و یک سیستم SPD هماهنگ شده - تجهیز به خوبی در برابر سرجهای هدایتی ($H_2 \ll H_0$) حفاظت شده است. و در برابر میدان‌های مغناطیسی تشعشی ($I_2 \ll I_0$ و $U_2 \ll U_0$)



شکل ۱۴-ب: SPM با استفاده از شیلد فضایی LPZ 1 و SPD در ورودی LPZ 1 - تجهیز در برابر سرجهای هدایتی ($H_1 < H_0$) حفاظت شده است. و در برابر میدان‌های مغناطیسی تشعشی ($I_1 < I_0$ و $U_1 < U_0$)

تست SPD ها باید مطابق استانداردهای زیر صورت گیرد:

- برای سیستم‌های قدرت: IEC 61643-11

- برای سیستم‌های مخابراتی و سیگنالینگ: IEC 61643-21

اطلاعات لازم برای انتخاب و نصب سیستم SPD هماهنگ شده در پیوست C استاندارد IEC 62305-4:2010 ارائه شده است. همچنین انتخاب و نصب سیستم SPD هماهنگ شده باید منطبق بر استانداردهای زیر باشد:

- برای حفاظت سیستم‌های قدرت: استاندارد های IEC 61643-12 و IEC 60364-5-53

- برای حفاظت سیستم‌های مخابراتی و سیگنالینگ: استاندارد IEC 61643-22

در پیوست C استاندارد IEC 62305-4:2010 به اطلاعات اولیه‌ای در مورد نصب و انتخاب حفاظت SPD هماهنگ شده اشاره شده است.

اطلاعاتی در خصوص دامنه سرج ناشی از صاعقه، به منظور تعیین و محاسبه پارامترهای SPD ها در نقاط مختلف تاسیسات درون ساختمان در پیوست D استاندارد IEC 62305-4:2010 و پیوست E از استاندارد IEC 62305-1:2010 ارائه شده است.

بخش ۹: نگهداری و بازرسی از یک سیستم حفاظت صاعقه

۹-۱- کلیات

کارایی سیستم حفاظت صاعقه به نحوه نصب، نگهداری و روش‌های تست آن بستگی دارد. انجام بازرسی، تست و نگهداری نباید در هنگام وجود خطر طوفان صورت پذیرد.

۹-۲- کاربرد بازرسی

بازرسی‌ها به منظور ایجاد اطمینان از موارد زیر صورت می‌پذیرد:

- ۱) سیستم حفاظت صاعقه مطابق با طراحی و بر اساس استاندارد می‌باشد.
- ۲) تمامی اجزاء سیستم حفاظت صاعقه در شرایط مطلوبی قرار داشته و قادر به ایفای عملکردهای طراحی شده بوده و همچنین دارای مشکل خوردگی نمی‌باشند.
- ۳) تمامی سرویس‌ها و توسعه‌های جدید ساختمان مورد نظر، در محدوده حفاظتی سیستم حفاظت صاعقه قرار دارند.

۹-۳- محدوده بازرسی

گزارش طراحی سیستم حفاظت صاعقه مشتمل بر اطلاعات لازم در مورد سیستم حفاظت صاعقه همانند معیارهای طراحی، شرح و توضیحات لازم در مورد طراحی و نقشه‌های سیستم حفاظت صاعقه می‌بایست در اختیار بازرسی سیستم حفاظت صاعقه قرار گیرد.

تمامی سیستم‌های حفاظت صاعقه را باید در مواقع زیر مورد بررسی قرار داد:

دستور العمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه

- در هنگام نصب سیستم حفاظت صاعقه، به خصوص در زمان نصب تجهیزاتی که در ساختمان پنهان می‌گردند و در آینده دسترسی به آن‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد.
- پس از نصب کامل سیستم حفاظت صاعقه
- در فواصل زمانی معین مطابق جدول ۱۵.

جدول ۱۵: حداکثر فواصل زمانی بازرسی سیستم حفاظت صاعقه

مکان‌های خاص ^{a b} بازرسی کامل (سال)	بازرسی کامل (سال)	بازرسی چشمی (سال)	سطح حفاظتی
۱	۲	۱	I و II
۱	۴	۲	III و IV

^a سیستم‌های حفاظت صاعقه ساختمان‌های حاوی مواد قابل انفجار می‌بایست هر ۶ ماه یکبار، به صورت چشمی مورد بازرسی قرار گیرند. تست تاسیسات به صورت الکتریکی (به طور مثال تست پیوستگی مسیر، مقاومت زمین و ...) باید به صورت سالیانه صورت پذیرد.

به جای تست سیستم به صورت سالیانه، می‌توان در بازه‌های ۱۴ یا ۱۵ ماهه، به منظور بررسی اثرات تغییرات در زمان‌های مختلف سال (تابستان، زمستان و ...) تست‌ها را انجام داد.

^b منظور از مکان‌های خاص، ساختمان‌های حاوی سیستم‌های حساس (به طور مثال تجهیزات الکترونیکی) داخلی، ساختمان‌های اداری، ساختمان‌های تجاری یا مکان‌هایی که در آن افراد زیادی حضور دارند می‌باشد.

جدول ۱۵ در زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که الزامات خاصی از سوی مراجع ذیصلاح برای بازرسی دوره‌ای سیستم ارائه نشده باشد.

سیستم حفاظت صاعقه باید حداقل به صورت سالیانه مورد بازرسی چشمی قرار گیرد. در برخی از مناطق که شرایط خاص آب هوایی وجود دارد، پیشنهاد می‌گردد تا فواصل زمانی بازرسی کمتر از مقادیر ارائه شده در جدول ۱۵ باشد. در جایی که سیستم حفاظت صاعقه بخشی از برنامه نگهداری پیش‌بینی شده می‌باشد و یا یکی از الزامات شرکت‌های بیمه می‌باشد، سیستم حفاظت صاعقه بایستی هر سال مورد بازرسی کامل (تست الکتریکی) قرار گیرد.

فواصل بین بازرسی‌های سیستم حفاظت صاعقه تحت تاثیر عوامل زیر می‌باشد:

- ساختمان مورد حفاظت در کدام دسته‌بندی قرار می‌گیرد، به خصوص با توجه به پیامدهای خسارت^{۹۰} ناشی از برخورد صاعقه.
- کلاس سیستم حفاظت صاعقه
- شرایط محیطی، به طور مثال در جایی که محیط خورنده باشد، فواصل زمانی بین بازرسی‌ها می‌بایست کوتاهتر در نظر گرفته شود.
- جنس اجزاء سیستم حفاظت صاعقه
- نوع سطحی که اجزاء سیستم حفاظت صاعقه بر روی آن نصب می‌گردند

⁹⁰ Damage

- جنس خاک و میزان خوردگی

علاوه بر موارد اشاره شده، سیستم حفاظت صاعقه باید در هر زمان که تغییرات و تعمیرات اساسی در ساختمان صورت می‌پذیرد و همچنین در مواردی که اطمینان از برخورد صاعقه به سیستم حفاظت صاعقه وجود دارد مورد بازرسی قرار گیرد.

در بسیاری از مکان‌های جغرافیایی، به خصوص در اماکنی که تغییرات فصلی به طور مثال تغییرات دمایی و یا بارندگی قابل توجه می‌باشد، تغییرات مقاومت سیستم زمین با سنجش مقاومت ویژه خاک لایه‌های عمقی در شرایط مختلف آب و هوایی در نظر گرفته شوند.

در زمانی که مقادیر اندازه‌گیری مقاومت، بیشتر از مقاومت در نظر گرفته شده برای طراحی می‌باشد به خصوص در زمانی که میزان مقاومت به صورت پیوسته در فواصل سنجش تغییر می‌کند، احیاء سیستم زمین بایستی مورد توجه قرار گیرد.

۹-۴- ترتیب مراحل بازرسی

بازرسی‌ها باید مطابق با بخش ۹-۲ بصورت زیر انجام شود:

- در زمان ساخت ساختمان، به منظور بررسی وضعیت الکترودهای مدفون در بتن و یا اسکلت فلزی.
 - پس از نصب سیستم حفاظت صاعقه
 - به صورت دوره‌ای در بازه زمانی مشخص که با توجه به ماهیت ساختمان مورد حفاظت یعنی مشکلات خوردگی و کلاس سیستم حفاظت صاعقه مشخص می‌گردد.
 - پس از ایجاد تغییر و تعمیرات یا در زمانی که از برخورد صاعقه با ساختمان برخوردار آگاهی وجود داشته باشد.
- در بازرسی‌های دوره‌ای، بررسی موارد زیر دارای اهمیت می‌باشد:
- خرابی و خوردگی اجزاء پایانه هوایی، هادی‌ها و اتصالات
 - خوردگی الکترودهای زمین
 - مقدار مقاومت زمین سیستم پایانه زمین
 - شرایط اتصالات، همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی و نگهدارنده‌ها

۹-۴-۱- روند بازرسی

هدف از بازرسی، ایجاد اطمینان خاطر از مطابقت سیستم حفاظت صاعقه با این استاندارد، از هر نظر می‌باشد. بازرسی شامل بررسی مستندات فنی، بازرسی‌های چشمی، تست و ثبت رویدادها در یک گزارش بازرسی می‌باشد.

۹-۴-۲- بررسی مستندات فنی

مستندات فنی باید از لحاظ کامل بودن، مطابقت با این استاندارد و مطابقت با نحوه اجرا مورد بررسی قرار گیرند.

۹-۴-۳- بازرسی چشمی

بازرسی‌های چشمی باید به منظور اطمینان از موارد زیر صورت پذیرد:

طراحی مطابق با این استاندارد می‌باشد

- سیستم حفاظت صاعقه در شرایط مناسبی قرار دارد

دستور العمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه

- اتصالات شل نیستند و هادی‌های سیستم حفاظت صاعقه و اتصالات به صورت سهوی قطع نشده‌اند
- هیچ بخشی از سیستم حفاظت صاعقه، به خصوص بخش‌هایی که در نزدیکی سطح زمین قرار دارند، در اثر خوردگی ضعیف نشده‌اند.
- تمامی بخش‌های قابل رویت اتصالات زمین، سالم هستند (از لحاظ قابلیت بهره‌برداری)
- تمامی هادی‌های قابل رویت و اجزاء سیستم حفاظت صاعقه به سطوحی که بر روی آن قرار گرفته‌اند محکم شده‌اند و اجزائی که حفاظت مکانیکی رو بر عهده دارند سالم بوده (از لحاظ قابلیت بهره‌برداری) و در مکان مناسب قرار گرفته‌اند.
- بخش جدیدی به ساختمان اضافه نشده است یا تغییراتی در ساختمان‌های تحت حفاظت بوجود نیامده است، که نیاز به حفاظت داشته باشد.
- نشانه‌ای از وارد شدن آسیب به سیستم حفاظت صاعقه، برقگیرهای حفاظتی یا هر نوع مشکلی در فیوزهای حفاظتی برقگیرهای حفاظتی وجود ندارد.
- همبندی به منظور همپتانسیل‌سازی صحیح برای هر نوع سرویس یا بخش جدیدی که پس از آخرین بازرسی، به ساختمان اضافه شده، در داخل ساختمان صورت پذیرفته است و تست پیوستگی برای این قبیل بخش‌های اضافه شده انجام شده است.
- هادی‌های همبندی و اتصالات در داخل ساختمان وجود داشته و سالم هستند (از لحاظ قابلیت بهره‌برداری).
- فواصل جداسازی رعایت شده‌اند.
- هادی‌های همبندی، اتصالات، تجهیزات شیلد کردن، مسیر کابل‌ها و برقگیرهای حفاظتی مورد بررسی و تست قرار گرفته‌اند.

۹-۴-۴- انجام تست سیستم حفاظت صاعقه

- بازرسی و تست سیستم حفاظت صاعقه مشتمل بر بازرسی چشمی بوده و می‌بایست مطابق اقدامات زیر تکمیل گردد:
- انجام تست‌های پیوستگی مسیر، به ویژه پیوستگی بخش‌هایی از سیستم حفاظت صاعقه که در هنگام نصب اولیه قابل رویت نبودند و در آینده نیز برای بازرسی چشمی در دسترس نمی‌باشند.
 - سنجش مقاومت سیستم پایانه زمین. اندازه‌گیرهای ایزوله و ترکیبی و بررسی‌های زیر باید صورت پذیرند و نتایج آن در گزارش بازرسی سیستم حفاظت صاعقه ثبت گردند.
- یادآوری ۱: سنجش مقاومت زمین به صورت فرکانس بالا و یا ضربه‌ای به منظور تعیین مقاومت فرکانس بالا و ضربه‌ای سیستم زمین مفید می‌باشد. این اندازه‌گیری‌ها را می‌توان در مراحل نصب و همچنین به صورت دوره‌ای جهت نگهداری سیستم زمین، جهت بررسی کارایی، بین سیستم زمین طراحی شده و مورد نیاز صورت پذیرد.
- (۱) سنجش مقاومت هر الکتروود محلی زمین و در جایی که این کار عملی است مقاومت زمین کل سیستم پایانه زمین مورد سنجش قرار گیرد.

سنجش مقاومت الکتروود محلی زمین، در زمان قطع اتصال از طریق جداسازی گیره تست⁹¹، بین هادی نزولی و الکتروود زمین (اندازه‌گیری ایزوله شده) بایستی انجام شود.

اگر مقاومت سیستم پایانه زمین (مقاومت کل الکتروودهای زمین) از 10Ω بیشتر گردد، در این صورت می‌بایست بررسی کرد که آیا طول الکتروود زمین مورد نیاز مطابق شکل ۶ رعایت گردیده است یا خیر؟ در صورتی که طول الکتروود مورد نیاز مطابق شکل ۶ باشد نیازی به نصب الکتروود اضافی نمی‌باشد.

اگر اندازه‌گیری مقاومت زمین، افزایش یا کاهش قابل توجهی داشته باشد، بررسی‌های بیشتری در مورد علت این تغییرات باید صورت پذیرد.

برای اجرای الکتروودهای زمین در زمین‌های صخره‌ای باید الزامات بخش E.5.4.3.5 از استاندارد IEC 62305-3:2010 را رعایت نمود. الزام رسیدن به مقاومت کمتر از 10Ω در این مورد کاربرد ندارد.

۲) نتایج بررسی چشمی تمامی هادی‌ها، همبندی‌ها، اتصالات یا سنجش پیوستگی مسیر و ... در گزارش اندازه‌گیری ثبت گردد.

اگر بنا دلالی سیستم پایانه زمین منطبق بر الزامات فوق نباشد و یا امکان بررسی این الزامات، به دلیل کمبود اطلاعات میسر نمی‌باشد، سیستم پایانه زمین می‌بایست با استفاده از نصب الکتروودهای بیشتر یا از طریق نصب یک سیستم پایانه زمین جدید بهبود یابد.

۹-۴-۵- مستندسازی گزارشات بازرسی

راهنمای بازرسی سیستم حفاظت صاعقه می‌بایست جهت ایجاد سهولت در انجام بازرسی تهیه گردد. این مستندات باید به منظور راهنمایی بازرسی سیستم در انجام فرآیند بازرسی، شامل اطلاعات کافی باشد؛ به گونه‌ای که تمامی موارد مهم همانند روش نصب سیستم حفاظت صاعقه، روش‌های تست و نتایج تست صورت پذیرفته در آن ثبت گردد.

گزارش بازرسی سیستم حفاظت صاعقه باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- شرایط عمومی هادی‌های پایانه هوایی و سایر اجزاء پایانه هوایی
- میزان کلی خوردگی و شرایط حفاظت کاتدیک
- محکم بودن نگهدارنده‌های هادی‌ها و اجزاء سیستم حفاظت صاعقه
- اندازه‌گیری مقاومت زمین سیستم پایانه زمین
- هر گونه تخلف در رعایت الزامات استاندارد
- مستندسازی تمامی تغییرات و توسعه سیستم حفاظت صاعقه و همچنین ایجاد هرگونه تغییرات در ساختمان مورد حفاظت. علاوه بر آن، نقشه‌های اجرایی سیستم حفاظت صاعقه و جزئیات طراحی سیستم حفاظت صاعقه می‌بایست مورد بازبینی قرار گیرد.
- نتایج تست‌های انجام شده

⁹¹ Test Joint

۹-۵- تعمیر و نگهداری

به منظور ایجاد اطمینان از سالم بودن و برآورده کردن الزاماتی که سیستم حفاظت صاعقه برای آن طراحی شده، این سیستم باید به صورت دوره‌ای نگهداری گردد. در زمان طراحی سیستم حفاظت صاعقه می‌بایست بازه زمانی مورد نیاز جهت بازرسی و انجام تعمیرات معین گردد.

برنامه نگهداری سیستم حفاظت صاعقه باید اطمینان لازم را از بروزسانی سیستم حفاظت صاعقه با آخرین ویرایش این دستورالعمل ایجاد نماید.

۹-۵-۱- ملاحظات عمومی

اجزاء سیستم حفاظت صاعقه به مرور زمان کارایی خود را به علت خوردگی، آسیب ناشی از شرایط آب و هوایی، آسیب‌های مکانیکی و آسیب ناشی از برخورد صاعقه از دست خواهند داد. طراحی سیستم حفاظت صاعقه باید بازه زمانی بازرسی و نگهداری مورد نیاز را مطابق جدول ۱۵ معین نماید.

برنامه زمان‌بندی نگهداری و بازرسی باید توسط مرجع ذیصلاح، طراح و مجری سیستم حفاظت صاعقه در ارتباط تنگاتنگ با مالک ساختمان یا نماینده تعیین شده از سوی وی مشخص گردد.

به منظور انجام نگهداری و بازرسی سیستم حفاظت صاعقه، برنامه‌های مربوط به این دو باید به صورت هماهنگ شده با یکدیگر باشند.

اگر چه لازم است که طراح سیستم حفاظت صاعقه، پیش‌بینی‌های لازم در ارتباط با حفاظت در برابر خوردگی و تعیین ابعاد اجزاء سیستم حفاظت صاعقه را با در نظر گرفتن آسیب ناشی از صاعقه یا شرایط خاص آب و هوایی علاوه بر الزامات این دستورالعمل را انجام دهد اما همچنان نگهداری سیستم حفاظت صاعقه امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

به منظور مطابقت الزامات طراحی با این دستورالعمل، ویژگی‌های الکتریکی و مکانیکی سیستم حفاظت صاعقه باید کاملاً در تمام طول عمر سیستم حفاظت صاعقه حفظ گردد.

اگر تغییراتی در ساختمان یا تجهیزات آن انجام گردد و یا اگر کاربری ساختمان تغییر یابد، ممکن است نیاز باشد تا اصلاحاتی در سیستم حفاظت صاعقه صورت پذیرد.

اگر فرآیند بازرسی، لزوم انجام تعمیرات را مشخص نماید، این تعمیرات باید بدون تاخیر صورت پذیرد و به نگهداری دوره‌ای سیستم موقوف نگردد.

۹-۵-۲- فرآیند تعمیر و نگهداری

تعمیرات دوره‌ای باید جهت تمامی سیستم‌های حفاظت صاعقه صورت پذیرد.

تعداد دفعات تعمیرات و نگهداری وابسته به موارد زیر می‌باشد:

- خرابی‌های سیستم حفاظت صاعقه در اثر شرایط محیطی و شرایط آب و هوایی
- آسیب‌های ناشی از برخورد صاعقه به سیستم
- سطح حفاظتی ساختمان مورد نظر

فرآیند نگهداری سیستم حفاظت صاعقه باید برای هر سیستم حفاظت صاعقه تهیه شود و به عنوان بخشی از برنامه تعمیر و نگهداری کل ساختمان در نظر گرفته شود.

یک برنامه نگهداری باید شامل یک فهرست از اقلام متعارف باشد که به عنوان یک چک لیست مورد استفاده قرار گیرد؛ به گونه‌ای که فرآیند نگهداری را به صورت منظم در آن مشخص شود و امکان مقایسه نتایج اخیر با نتایج قبلی وجود داشته باشد (پیوست ۳ ملاحظه شود).

برنامه تعمیرات و نگهداری باید شامل اقدامات زیر باشد:

- بررسی تمامی هادی‌ها و اجزاء سیستم حفاظت صاعقه
- بررسی پیوستگی الکتریکی تاسیسات سیستم حفاظت صاعقه
- سنجش مقاومت زمین سیستم پایانه زمین حفاظت صاعقه
- بررسی وضعیت برقی‌های حفاظتی
- محکم کردن مجدد اجزاء و هادی‌های سیستم حفاظت صاعقه
- انجام بررسی به منظور ایجاد اطمینان از حفظ کارایی سیستم حفاظت صاعقه بعد از گسترش و یا ایجاد تغییرات در ساختمان و تاسیسات آن.

۹-۵-۳- مستندات نگهداری سیستم حفاظت صاعقه

سوابق کامل تمامی فرآیندهای نگهداری سیستم حفاظت صاعقه به همراه تمامی اقدامات اصلاحی صورت پذیرفته و مورد نیاز باید نگاه داشته شوند.

سوابق فرآیند نگهداری، باید ابزاری جهت ارزیابی اجزاء و نصب سیستم حفاظت صاعقه فراهم نماید.

اطلاعات ثبت شده در فرآیند نگهداری، باید مبنای بازنگری فرآیند نگهداری همانند بروزرسانی برنامه نگهداری قرار گیرد. سوابق نگهداری سیستم حفاظت صاعقه به همراه طراحی سیستم حفاظت صاعقه و گزارش‌های بازرسی سیستم حفاظت صاعقه بایستی نگهداری شود.

بخش ۱۰: حفاظت موجودات زنده در برابر آسیب‌های ناشی از صاعقه

۱۰-۱- حفاظت در برابر خطرات ناشی از ولتاژ تماس

نزدیک بودن موجودات زنده به هادی‌های نزولی در یک سیستم حفاظت صاعقه؛ امکان بروز خطرات جانی را در پی دارد؛ حتی اگر طراحی سیستم حفاظت صاعقه به درستی و با دقت انجام شده باشد.

با اتخاذ روش‌های زیر می‌توان میزان خطر ولتاژ تماس را به میزان قابل قبولی کاهش داد:

- (۱) رعایت فاصله ۳ متری از هادی‌های نزولی
 - (۲) داشتن حداقل ۱۰ هادی نزولی طبیعی (همانند اسکلت فلزی؛ آرماتورهای بتن، مصالح فلزی نصب شده در نما و ...) (مطابق با بخش ۶-۳-۵ این دستورالعمل)
 - (۳) ایجاد یک لایه سطحی با حداقل مقاومت ۱۰۰ کیلو اهم در محدوده ۳ متری از هادی‌های نزولی
- یادآوری: استفاده از یک لایه آسفالت به ضخامت ۵ سانتیمتر و یا یک لایه سنگ ریزه به ضخامت ۱۵ سانتیمتر در محدوده ۳ متری از هادی‌های نزولی خطرات ناشی از ولتاژ تماس را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.
- در صورت عدم تحقق موارد فوق، به منظور کاهش خطرات ناشی از ولتاژ تماس، باید اقدامات حفاظتی زیر صورت پذیرد:
- (۱) عایق نمودن بخش‌های در دسترس هادی‌های نزولی به گونه‌ای که قابلیت تحمل ولتاژ ضربه با شکل موج $1,2/50$ و دامنه 100 kV را داشته باشد به طور نمونه می‌توان از پلی اتیلن کراس لینک^{۹۲} با ضخامت حداقل ۳ میلیمتر استفاده نمود.
 - (۲) استفاده از موانع فیزیکی و/یا علائم هشدار دهنده به منظور کاهش تماس احتمالی افراد با هادی‌های نزولی

⁹² Cross-linked polyethylene

۱۰-۲- حفاظت در برابر خطرات ناشی از ولتاژ گام

نزدیک بودن موجودات زنده به هادی‌های نزولی در یک سیستم حفاظت صاعقه؛ امکان بروز خطرات جانی را در پی دارد؛ حتی اگر طراحی سیستم حفاظت صاعقه به درستی و با دقت انجام شده باشد.

با اتخاذ روش‌های زیر می‌توان میزان خطر ولتاژ گام را به میزان قابل قبولی کاهش داد:

- ۱) رعایت فاصله ۳ متری از هادی‌های نزولی
 - ۲) داشتن حداقل ۱۰ هادی نزولی طبیعی (همانند ساختمان فلزی؛ آرماتورها، بتن، مصالح فلزی نصب شده در نما و ...) (مطابق با بخش ۶-۳-۵)
 - ۳) ایجاد یک لایه سطحی با حداقل مقاومت ۱۰۰ کیلو اهم در محدوده ۳ متری از هادی‌های نزولی
- یادآوری: استفاده از یک لایه آسفالت به ضخامت ۵ سانتیمتر و یا یک لایه سنگ ریزه به ضخامت ۱۵ سانتیمتر در محدوده ۳ متری از هادی‌های نزولی خطرات ناشی از ولتاژ تماس را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.
- در صورت عدم تحقق موارد فوق، به منظور کاهش خطرات ناشی از ولتاژ گام، باید اقدامات حفاظتی زیر صورت پذیرد:
- ۱) انجام همپتانسیل‌سازی بوسیله احداث یک شبکه زمین مش.
 - ۲) استفاده از موانع فیزیکی و علایم هشدار دهنده به منظور کاهش احتمال دسترسی به منطقه خطر در محدوده ۳ متری هادی‌های نزولی.

بخش ۱۱: مراجع

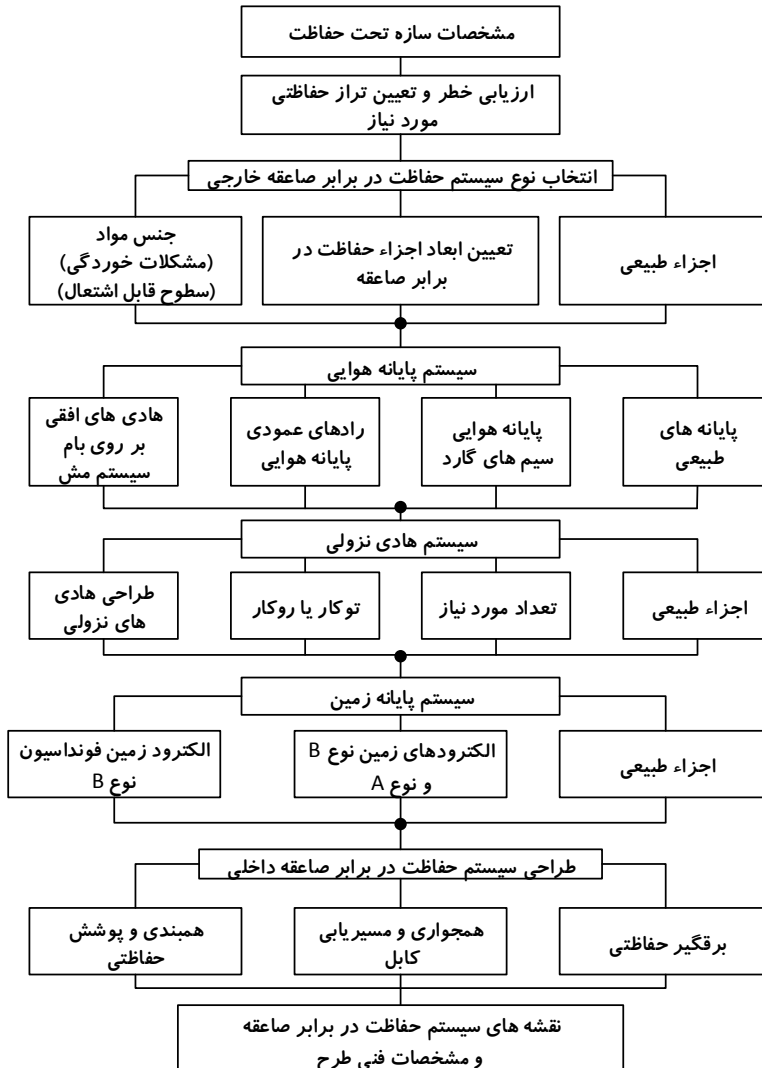
- [۱] راهنمای طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمان‌ها، دفتر نشر مقررات ملی ساختمان، آلدیک موسسیان، ویرایش ۸۲
- [2] NFPA 780:2017, Standard for the installation of lightning protection systems
- [3] IEEE 998:2012, IEEE guide for direct lightning stroke shielding of substations
- [4] API RP 2003:2015, Protection against ignitions arising out of static, lightning, and stray currents



پیوست ۱

(اطلاعی ۹۳)

طراحی سیستم حفاظت صاعقه



یادآوری: نقاط ارتباطی نشان داد شده با علامت ● نیازمند همکاری و تعامل معمار، مهندس و طراح حفاظت صاعقه می‌باشد.

شکل پ ۱-۱: دیاگرام نشان دهنده روند طراحی یک سیستم حفاظت صاعقه

پیوست ۲

(اطلاعی)

الزامات اجزای سیستم حفاظت صاعقه

جدول پ ۲-۱: چکیده‌ای از الزامات مورد نیاز جهت ساخت اجزای مختلف سیستم حفاظت صاعقه

کداستاندارد	الزامات	تست‌های مورد نیاز	نام قطعه
IEC 62561-1	<ul style="list-style-type: none"> - توانایی انتقال جریان صاعقه - توانایی کافی برای تنش مکانیکی استاتیک - پیچ و مهره اتصالات کلمپی ایمنی لازم را فراهم نماید - قابلیت جدا سازی گیره تست از مدار - قطر ترمینال‌های ورودی شینه همبندی برابر یا بیشتر از ۶ میلی متر باشد - هر قطعه باید دارای علامت تجاری فروشنده باشد 	<ul style="list-style-type: none"> - وابستگی طول عمر به شرایط محیطی - تست الکتریکی - تست مکانیکی استاتیک - تست علامت گذاری - سازگاری EMC 	<ul style="list-style-type: none"> - کانکتور، اجزای همبندی، جامپر، بسط دهنده‌ها، گیره تست
IEC 62561-2	<ul style="list-style-type: none"> - انتخاب مواد براساس الزامات کاربری می‌باشد (به جدول پ ۲-۲ مراجعه گردد) - ویژگی‌های مکانیکی و الکتریکی اجزا براساس جدول پ ۲-۳ می‌باشد - سطح مقطع و جنس الکتروود زمین براساس جدول پ ۲-۴ می‌باشد. - ویژگی‌های مکانیکی و الکتریکی هادی الکتروود زمین براساس جدول پ ۲-۵ می‌باشد. - هر قطعه باید دارای علامت تجاری فروشنده باشد 	<ul style="list-style-type: none"> - تست ضخامت پوشش - تست خمش و چسبندگی پوشش - تست وابستگی طول عمر به شرایط محیطی - تست استحکام کششی - تست مقاومت ویژه - تست تسلیم به کشش برای رادهای زمین - تست فشارهای مکانیکی برای سرضربه خور و ادوات مکانیکی - مربوط به راد زمین - تست علامت گذاری - سازگاری EMC 	<ul style="list-style-type: none"> - هادی‌های پایه‌ها - هوایی (راد، هادی مش، سیم هوایی)، هادی نزولی - الکتروود های زمین



دستور العمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه

<p>IEC 62561-3</p>	<ul style="list-style-type: none"> - در برابر شرایط محیطی مانند آب و هوا، تابش خورشید، فرسایش و خوردگی مقاوم باشند - توانایی تحمل جریان صاعقه - مقاومت عایقی قبل از آزمایش جریان صاعقه می‌بایست بیشتر از ۱۰۰ مگا اهم و بعد از آزمایش جریان صاعقه نباید کمتر از ۵۰۰ کیلو اهم باشد. - هر قطعه باید دارای علامت تجاری فروشنده باشد 	<ul style="list-style-type: none"> - تست الکتریکی شامل: مقاومت عایقی، ولتاژ قابل تحمل فرکانس قدرت، ولتاژ قابل تحمل DC، ولتاژ ضربه نامی جرقه‌زنی، جریان صاعقه - تست علامت گذاری - سازگاری EMC 	<p>اسپارک گپ</p>
<p>IEC 62561-4</p>	<ul style="list-style-type: none"> - مقاومت بست های فلزی و کامپوزیت در برابر خوردگی - مقاومت بست‌های غیرفلزی و کامپوزیت در برابر تابش UV - مقاومت مکانیکی مناسب - سطح بست‌ها باید عاری از هرگونه زائده (پلیسه) ناشی از فرایند برش، قالب ریزی باشد. - هر قطعه باید دارای علامت تجاری فروشنده باشد 	<ul style="list-style-type: none"> - تست تاثیرات محیطی - تست اثرات مکانیکی - تست علامت گذاری - سازگاری EMC 	<p>بست های نگهدارنده فلزی و غیر فلزی</p>
<p>IEC 62561-5</p>	<ul style="list-style-type: none"> - باید به گونه‌ای باشد که کارایی آن در شرایط طبیعی، قابل اطمینان بوده و خطری افراد و محیط اطراف را تهدید نکند. - انتخاب دریچه به الزامات کاربری آن بستگی داشته و براساس آن انتخاب می‌شود. - هر قطعه باید دارای علامت تجاری فروشنده باشد 	<ul style="list-style-type: none"> - تست بار شامل: • نیروی ۳۰ کیلو نیوتن برای کاربری‌های سنگین (عبور خودروهای سنگین) • نیروی ۱۵ کیلو نیوتن برای کاربری‌های متوسط (عبور اتومبیل) • نیروی ۴ کیلو نیوتن برای کاربری‌های سبک (پیاده رو) - تست آب‌بندی - سازگاری EMC 	<p>دریچه بازدید و آب بندی آن</p>

دستور العمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه

<p>IEC 62561-6</p>	<ul style="list-style-type: none"> - هر قطعه باید دارای علامت تجاری فروشنده باشد - باید بدون توجه به پلاریته جریان، ضربه صاعقه را شناسایی و ضبط کند. - باید توان مقاومت در برابر عوامل محیطی همچون دما، گرد و غبار و رطوبت را داشته باشد. حداقل درجه حفاظت IP43 که می‌تواند مربوط به خود شمارنده بوده و یا بصورت مشترک با محفظه خود را طبق استاندارد IEC 60529 رعایت نماید. - $I_{mcw,10/350} - I_{mcw,8/20} - I_{tc}$ باید توسط سازنده اعلام شود و شمارنده نباید در مقادیر $I_{tc} / 2$ عمل نماید. مقادیر مطابق با جدول پ ۲-۶ می‌باشد. - تولید کننده باید شرایط محیطی مطلوب را با توجه به میزان دما و یا رطوبت تعیین نماید. - در صورت وجود نمایشگر اندازه آن باید بگونه‌ای باشد که شرایط خوانش معمول را فراهم آورد. 	<ul style="list-style-type: none"> - تست مقاومت در برابر اشعه UV - تست مقاومت در برابر خوردگی - تست مکانیکی - تست IP - تست‌های الکتریکی - تست علامت گذاری - سازگاری EMC 	<p>شمارنده صاعقه</p>
<p>IEC 62561-7</p>	<ul style="list-style-type: none"> - کاربری این مواد باید قابل اطمینان بوده و به افراد و محیط اطراف آسیبی نرساند. - مصالح استفاده شده باید از نظر شیمیایی نسبت به خاک محل اجرا بی اثر باشد. این مواد باید مقاومت کمی از خود نشان داده، خوردگی برای الکتروود زمین و آلودگی برای محیط اطراف نداشته باشند و همچنین محیط زیست پایداری را (از نظر فیزیکی و شیمیایی) برای ما فراهم نمایند. - بر روی بسته باید علامت تجاری فروشنده و مقدار مقاومت ویژه قید گردد 	<ul style="list-style-type: none"> - تست لیچینگ - تعیین یون‌های قابل شستشو - تعیین مقدار سولفور (در صورتی که تمام مقادیر اندازه‌گیری شده زیر ۲٪ باشد آزمایش مورد تایید است) - تعیین مقاومت ویژه (در صورتی که مقدار اندازه‌گیری شده کمتر از مقدار اعلام شده توسط سازنده باشد آزمایش مورد تایید است) - تست خوردگی - تست علامت گذاری 	<p>مواد کاهنده مقاومت سیستم زمین</p>
<p>IEC 62561-8</p>	<p>این بخش در دست بررسی بوده و بعد از تصویب استاندارد مربوطه قابل استناد می‌باشد.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - تست مقاومت در برابر خوردگی - تست مکانیکی - تست‌های الکتریکی - تست علامت گذاری - سازگاری EMC 	<p>اجزای سیستم صاعقه گیر ایزوله شده شامل: مقره‌های ایزوله، هادی‌های عایق به همراه بست‌های مربوطه</p>

جدول پ ۲-۲: جنس، شکل و سطح مقطع هادی پایانه هوایی، میله پایانه هوایی، میله منتهی به زمین و هادی نزولی^{۹۴}

Material	Configuration	Cross sectional area ^a mm ²	Recommended dimensions
Copper, Tin plated copper ^b	Solid tape	≥ 50	2 mm thickness
	Solid round ^d	≥ 50	8 mm diameter
	Stranded ^{d, g}	≥ 50	1,7 mm diameter of each strand ^f
	Solid round	≥ 176	15 mm diameter
Aluminium	Solid tape	≥ 70	3 mm thickness
	Solid round	≥ 50	8 mm diameter
	Stranded ^g	≥ 50	1,63 mm diameter of each strand
Copper coated aluminium alloy ^e	Solid round	≥ 50	8 mm diameter
Aluminium alloy	Solid tape	≥ 50	2,5 mm thickness
	Solid round	≥ 50	8 mm diameter
	Stranded ^g	≥ 50	1,7 mm diameter of each strand
	Solid round	≥ 176	15 mm diameter
Hot dipped galvanized steel	Solid tape	≥ 50	2,5 mm thickness
	Solid round	≥ 50	8 mm diameter
	Stranded ^g	≥ 50	1,7 mm diameter of each strand
	Solid round	≥ 176	15 mm diameter
Copper coated steel ^e	Solid round	≥ 50	8 mm diameter
	Solid tape	≥ 50	2,5 mm thickness
Stainless steel ^c	Solid tape	≥ 50	2 mm thickness
	Solid round	≥ 50	8 mm diameter
	Stranded ^g	≥ 70	1,7 mm diameter of each strand
	Solid round	≥ 176	15 mm diameter

NOTE For the application of the conductors, see IEC 62305-3.

^a Manufacturing tolerance: -3 %.

^b Hot dipped or electroplated; minimum thickness coating of 1 μm. Tin plating is for aesthetic reasons only.

^c Chromium ≥ 16 %; nickel ≥ 8 %; carbon ≤ 0,08 %.

^d 50 mm² (8 mm diameter) may be reduced to 25 mm² (6 mm diameter) in certain applications where mechanical strength is not an essential requirement.

^e Minimum 70 μm radial copper coating of 99,9 % copper content.

^f In some countries 1,14 mm diameter of each strand may be used.

^g The cross sectional area of stranded conductors is determined by the resistance of the conductor according to IEC 60228.

جدول پ ۲-۳: ویژگی‌های مکانیکی و الکتریکی هادی پایانه هوایی، میله پایانه هوایی، میله منتهی به زمین و هادی نزولی^{۹۵}

Material	Maximum electrical resistivity $\mu\Omega\text{m}$	Tensile strength N/mm^2
Copper	0,019	200 to 450
Aluminium	0,03	≤ 150
Aluminium alloy	0,036	120 to 280
Steel	0,15	290 to 510
Stainless steel	0,80	400 to 770

⁹⁵ IEC 62561-2:2012, Table 2

جدول پ ۲-۴: مواد و سطح مقطع الکتروود زمین^{۹۶}

Material	Configuration	Cross sectional area ^a			Recommended dimensions
		Earth rod mm ²	Earth conductor mm ²	Earth plate cm ²	
Copper, tin plated copper ^f	Stranded		≥ 50 ¹		1,7 mm diameter of each strand
	Solid round		≥ 50		8 mm diameter
	Solid tape		≥ 50		2 mm thick
	Solid round	≥ 176			15 mm diameter
	Pipe	≥ 110			20 mm diameter with 2 mm wall thickness
	Solid plate			≥ 2 500	500 mm × 500 mm with 1,5 mm thickness ^g
	Lattice plate ^g			≥ 3 600	600 mm × 600 mm consisted of 25 mm × 2 mm section for tape or 8 mm diameter for round conductor
Hot dipped galvanized steel	Solid round		≥ 78		10 mm diameter
	Solid round	≥ 150 ^b			14 mm diameter
	Pipe	≥ 140 ^b			25 mm diameter with 2 mm wall thickness
	Solid tape		≥ 90		3 mm thick
	Solid plate			≥ 2 500	500 mm × 500 mm with 3 mm thickness
	Lattice plate ^d			≥ 3 600	600 mm × 600 mm consisted of 30 mm × 3 mm section for tape or 10 mm diameter for round conductor
	Profile	^e			3 mm thick
Bare steel	Stranded		≥ 70		1,7 mm diameter of each strand
	Solid round		≥ 78		10 mm diameter
	Solid tape		≥ 75		3 mm thick
Copper coated steel ^c	Solid round	≥ 150 ^h			14 mm diameter, if 250 μm minimum radial copper coating, with 99,9 % copper content
	Solid round		≥ 50		8 mm diameter, if 250 μm minimum radial copper coating, with 99,9 % copper content
	Solid round		≥ 78		10 mm diameter, if 70 μm minimum radial copper coating, with 99,9 % copper content
	Solid tape		≥ 90		3 mm thickness, if 70 μm minimum radial copper coating, with 99,9 % copper content
Stainless steel	Solid round		≥ 78		10 mm diameter
	Solid round	≥ 176 ^h			15 mm diameter
	Solid tape		≥ 100		2 mm thick

NOTE For the application of the conductors, see IEC 62305-3.

- ^a Manufacturing tolerance: -3% .
- ^b Threads, where utilized, shall be machined prior to galvanizing.
- ^c The copper shall be intrinsically bonded to the steel. The coating can be measured using an electronic coating measuring thickness instrument.
- ^d Lattice plate constructed with a minimum total conductor length of 4,8 m.
- ^e Different profiles are permitted with a cross sectional area of 290 mm^2 and a minimum thickness of 3 mm, e.g. cross profile.
- ^f Hot dipped or electroplated; minimum thickness coating of $1\text{ }\mu\text{m}$. Tin plating is for aesthetic reasons only.
- ^g In some countries, the cross sectional area may be reduced to $\geq 1\ 800\text{ cm}^2$ and the thickness to $\geq 0,8\text{ mm}$.
- ^h In some countries, the cross sectional area may be reduced to 125 mm^2 .
- ⁱ The cross sectional area of stranded conductors is determined by the resistance of the conductor according to IEC 60228.

جدول پ ۲-۵: ویژگی مکانیکی و الکتریکی الکترود زمین^{۹۷}

Material	Configuration	Tensile strength N/mm ²			Maximum electrical resistivity μΩm
		Earth rod	Earth conductor	Earth plate	
Copper	Stranded	N/A	200 to 450	N/A	0,019
	Solid round	200 to 450	200 to 450	N/A	
	Solid tape	N/A	200 to 450	N/A	
	Pipe	200 to 450	N/A	N/A	
	Solid plate	N/A	N/A	200 to 450	
	Lattice plate	N/A	N/A	200 to 450	
Steel	Galvanized solid round	350 to 770	290 to 510	N/A	0,25
	Galvanized pipe	350 to 770	N/A	N/A	
	Galvanized solid tape	N/A	290 to 510	N/A	
	Galvanized solid plate	N/A	N/A	290 to 510	
	Galvanized lattice plate	N/A	N/A	290 to 510	
	Bare solid round	N/A	290 to 510	N/A	
	Bare or galvanized solid tape	N/A	290 to 510	N/A	
	Galvanized stranded	N/A	290 to 510	N/A	
	Galvanized cross profile	300 to 770	N/A	N/A	
	Copper coated solid round	600 to 770 ^{a, c}	290 to 510 ^c	N/A	
Stainless steel	Solid round ^b	500 to 770	400 to 730	N/A	0,80
	Solid tape ^b	N/A	400 to 730	N/A	

^a Yield/tensile ratio 0,80 to 0,95.
^b Chromium ≥ 16 %, nickel ≥ 5 %, molybdenum ≥ 2 %, carbon ≤ 0,08 %.
^c Calculated on full diameter (copper coating included). See Annex E.
 N/A = not applicable

جدول پ ۲-۶: مقادیر نوعی برای I_{tc} و I_{mcw} ^{۹۸}

Application	Values for I_{tc}		Values for I_{mcw}				
Connection on LPS conductors	-	1 kA 8/20 ^b	-	-	-	-	100 kA 10/350 ^a
Connection on SPD conductors	500 A 8/20 ^b	-	20 kA 8/20 ^b	40 kA 8/20 ^b	60 kA 8/20 ^b	80 kA 8/20 ^b	100 kA 8/20 ^b
Connection on LPS and SPD conductors	-	1 kA 8/20 ^b	-	-	-	-	100 kA 10/350 ^a

^a The 10/350 impulse is defined by three parameters, a peak current value I_{peak} , a charge Q and a specific energy W/R (see IEC 62305-1).
^b The 8/20 impulse is defined according to IEC 60060-1.

⁹⁷ IEC 62561-2:2012, Table 4

⁹⁸ IEC 62561-6:2011, Table 1

پیوست ۳

(اطلاعی)

چک لیست نمونه برای بازرسی و تست یک سیستم حفاظت صاعقه مطابق با استاندارد EN 62305-3

برای بازرسی، تست و نگهداری از سیستم‌های حفاظت صاعقه می‌توان از چک لیست‌هایی که حاوی تمامی الزامات مربوطه و مورد نیاز مطابق با استاندارد باشد استفاده کرد (بخش ۹ این دستورالعمل ملاحظه شود). چک لیستی که در ادامه می‌آید توسط یک شرکت تجاری معتبر و فعال در زمینه طراحی و تولید قطعات و تجهیزات سیستم‌های حفاظت صاعقه تدوین و منتشر شده است.

مجموعه دستور العمل‌های گروه تخصصی برق شورای مرکزی (دوره ششم):

جلد اول: دستور العمل طرح و اجرای همبندی اصلی در ساختمان‌ها

جلد دوم: دستور العمل طرح و اجرای همبندی اضافی در ساختمان‌ها

جلد سوم: دستور العمل اجرای سیستم زمین در ساختمان‌ها

جلد چهارم: دستور العمل اندازه‌گیری مقاومت الکتروود زمین و مقاومت ویژه خاک

جلد پنجم: دستور العمل سیستم‌های اتوماسیون و کنترل ساختمان

جلد ششم: دستور العمل ضوابط طراحی و اجرای سیستم‌های اعلام حریق

جلد هفتم: دستور العمل حفاظت ساختمان‌ها در برابر صاعقه

