



شرکت ملی گاز ایران

امورتدوین استناداردها

IGS

دستورالعمل ارتینگ و حفاظت ساختمانهای مخابراتی در مقابل صاعقه

Earthing and Lightning Protection for Communication Buildings



تاریخ: ۱۳۹۲/۴/۳۱
شماره: گ.دب/۰ - ۲۴۲ - ۱۶۶۹۱

ابلاغ مصوبه هیأت مدیره

مدیر محترم پژوهش و فناوری

باسلام،

به استحضار می‌رساند در جلسه ۱۵۴۶ مورخ ۱۳۹۲/۳/۱۹ هیأت مدیره، نامه شماره گ.۹/۰۰۰/۲۶۸۵۹ مورخ ۹۲/۳/۱ مدیر پژوهش و فناوری و رئیس شورای استاندارد درمورد تصویب نهایی استاندارد تحت عنوان "دستورالعمل ارتینگ و حفاظت ساختمان‌های مخابراتی درمقابل صاعقه" به شماره تقاضای IGS-E-IT-006(0) مطرح و مورد تصویب قرار گرفت.

ناصر آبگون
دبیر هیأت مدیره

رونوشت: مدیرعامل محترم شرکت ملی گاز ایران و نائب رئیس هیأت مدیره

: اعضای محترم هیأت مدیره

: مدیر محترم هماهنگی و نظارت بر تولید

: مدیرعامل محترم شرکت انتقال گاز ایران

: رئیس کل محترم امور حسابرسی داخلی

: رئیس محترم امور حقوقی

: رئیس محترم امور مجامع

فهرست :

<u>ردیف</u>	<u>موضوع</u>	<u>صفحه</u>
۱-	مقدمه	۱
۲-	منابع	۱
۳-	تعاریف	۱
۴-	طراحی و اجرای سیستم حفاظت در مقابل صاعقه	۵
۵-	انواع سیستم های توزیع نیرو	۲۸
۶-	طراحی و نصب سیستم حفاظت در مقابل LEMP (امواج الکترومغناطیسی صاعقه)	۲۹
۷-	ارسترهای حفاظتی خطوط تغذیه تجهیزات و طبقه بندی آنها	۳۲
۸-	پیوست ۱	۳۳
۹-	پیوست ۲	۳۵

۱- مقدمه :

سیستم حفاظت در برابر صاعقه جهت سایت های مخابراتی مهم و حیاتی است از آنجائیکه صاعقه می تواند با آسیب رساندن به تجهیزات مخابراتی باعث قطع ارسال اطلاعات گردیده و ضررهای مالی و احتمالاً جانی (برای پرسنل حاضر در ایستگاه) به همراه داشته باشد. در این استاندارد روشهای مختلف طراحی و اجرای سیستم های حفاظت در مقابل صاعقه و نحوه انجام ارتینگ سازه ها و تجهیزات مربوطه با روشهای مختلف و همچنین نحوه نگهداری سیستم مورد بحث قرار گرفته است .

۲- منابع :

- IEC 62305-1: (2006), "Protection against lightning—part1:General principles"
 IEC 62305-2: (2006), "Protection against lightning — Part 2: Risk management"
 IEC 62305-3: (2006), "Protection against lightning —Part 3: Physical damage to structures and life hazard"
 IEC 62305-4: (2006), "Protection against lightning –Part 4: Electrical and Electronic systems within structures "

۳- تعاریف:

۳-۱- پیشانی موج جریان صاعقه T_1 (Front Time Of Short Stroke):

یک مقدار مجازی که به صورت $1/25$ برابر فاصله زمانی میان رسیدن از 10% به 90% موج جریان تعریف شده است .

۳-۲- زمان کاهش موج به نیمه قله جریان ضربه T_2 (Time Of half Value of short stroke):

فاصله زمانی میان شروع پیشانی موج (۱۰٪ قله موج) تا زمان کاهش از قله به نیمه موج را جریان گویند .

۳-۳- بار تخلیه شده ضربه (Flash charge – Q Flash):

انتگرال زمانی جریان صاعقه در بازه زمانی وقوع موج ضربه

۳-۴- بار تخلیه شده ضربه کوتاه (Short Stroke Charge – Q Short):

انتگرال زمانی جریان صاعقه در محدوده زمانی بروز ضربه کوتاه

۳-۵- بار تخلیه شده ضربه بلند (Long Stroke Charge –Q long):

انتگرال زمانی جریان صاعقه در طول زمان یک موج ضربه بلند

۳-۶- خطوط خدماتی مورد حفاظت (Services To Be Protected):

عبارت است از خطوط ورودی به یک ساختمان که می بایست به منظور حفاظت آنها در مقابل صاعقه سیستم حفاظتی مناسب تدارک دید .

۳-۷- منطقه بندی سیستم حفاظتی در برابر صاعقه (Lightning Protection Zone –LPZ):

منطقه ای که شدت جریان میدان الکترو مغناطیسی ناشی از تخلیه جریان صاعقه برای آن تعریف شده است .

۳-۸- تراز سیستم حفاظت در مقابل صاعقه (Lightning Protection Level –LPL):

مجموعه ای از مقادیر و متغیرهای جریان صاعقه که خرابیهای یک صاعقه را تعریف می کنند . تعیین سطح حفاظتی مورد نیاز در مقابل صاعقه برای یک ایستگاه براساس این مقادیر و متغیرها و به منظور طراحی سیستم حفاظتی بکار می رود .

۳-۹- سیستم حفاظت در برابر صاعقه (Lightning Protection System – LPS) :

یک سیستم کامل حفاظتی که صدمات فیزیکی ناشی از برخورد صاعقه به یک ساختمان و محتویات آن را کاهش دهد این سیستم شامل حفاظت داخلی (Internal) و بیرونی (External) می باشد .

۳-۱۰- سیستم حفاظتی بیرونی در مقابل صاعقه (External Lightning Protection System):

بخشی از سیستم حفاظتی (LPS) است که شامل پایانه هوایی ، هادیهای پایین برنده جریان صاعقه و پایانه زمین می باشد این اجزاء در خارج از ساختمان نصب می شوند .

۳-۱۱- سیستم حفاظت داخلی در مقابل صاعقه (Internal Lightning Protection System):

بخشی از سیستم حفاظت (LPS) است که شامل اجرای سیستم هم پتانسیل درون فضای مورد حفاظت است .

۳-۱۲- هم پتانسیل سازی در برابر صاعقه (Lightning Equipotential Bonding):

هم بندی تأسیسات فلزی به سیستم حفاظتی LPS را گویند که به منظور کاهش و یا حذف اختلاف پتانسیل ناشی از عبور جریان صاعقه انجام می شود هم بندی توسط اتصالات مستقیم و یا از طریق ارتسترها صورت خواهد گرفت .

۳-۱۳- سیستم حفاظت بیرونی جداسازی شده (External LPS isolated From The Structure):

عبارت است از سیستم حفاظت (LPS) که قسمتهای مختلف آن بر روی سازه مورد حفاظت به گونه ای نصب شده اند که مسیر عبور جریان صاعقه هیچگونه تماسی با اجزا ساختمان نداشته باشد

۳-۱۴- سیستم حفاظت بیرونی جداسازی نشده : (External LPS not Isolated from the Structure) :

عبارت است از سیستم حفاظتی (LPS) که قسمت های مختلف آن روی سازه مورد حفاظت به گونه ای نصب شده اند که مسیر عبور جریان صاعقه می تواند با اجزاء ساختمان در تماس باشد .

۳-۱۵- سیستم پایانه هوایی (Air Termination System) :

جزئی از سیستم حفاظتی (LPS) است که شامل میله و هادیهای فلزی است که وظیفه آن دریافت ضربه صاعقه می باشد این عناصر از برخورد صاعقه به طور مستقیم به ساختمان جلوگیری می کنند .

۳-۱۶- سیستم هادی پایین برنده (Down Conductor System) :

جزئی از سیستم حفاظتی LPS بیرونی است که جریان صاعقه دریافت شده توسط پایانه هوایی را به طرف پایانه زمین هدایت می کند .

۳-۱۷- هادی حلقه شده (Ring Conductor) :

عبارت است از هادی که به صورت حلقه پیرامون سازه مورد حفاظت نصب می شود تا جریان را میان هادیهای پایین برنده تقسیم کند.

۳-۱۸- سیستم پایانه زمین (Earth Termination System) :

جزئی از سیستم حفاظتی LPS بیرونی است که جریان صاعقه هدایت شده توسط هادیهای پایین برنده را به زمین منتقل می کند .

۳-۱۹- الکتروود زمین:

اجزایی از پایانه زمین را گویند که دارای تماس مستقیم با خاک بود ، و وظیفه انتقال جریان صاعقه به جرم کلی زمین را به عهده دارند .

۳-۲۰- الکتروود زمین حلقه ای (Ring Earthing Electrode):

عبارت است از الکتروود زمین که به صورت حلقه پیرامون سازه مورد حفاظت و در زیر خاک نصب می شود .

۳-۲۱- الکتروود زمین فونداسیون :

عبارت است از آرماتورهای فولادی درون فونداسیون یا هر نوع هادی که داخل بتن پی جایگذاری شده و نقش الکتروود زمین ساختمان را به عهده می گیرد .

۳-۲۲- اجزای طبیعی یک سیستم حفاظتی LPS (Natural Component of LPS):

اجزای فلزی و هادی که به منظور سیستم حفاظتی نصب نشده اند اما می توانند بعنوان جزئی از آن مورد استفاده قرار گیرند این عناصر می توانند بعنوان عناصر جذب (پایانه هوایی)، هادی های پایین برنده و الکترودهای زمین (پایانه زمین) بکار گرفته شوند .

۳-۲۳- اتصالات سیستم هم پتانسیل سازی (Lightning Equipotential Bonding –EB):

هم بندی هادی های مختلف به یکدیگر توسط اتصال مستقیم و یا غیر مستقیم از طریق وسائل محافظ در برابر فرا تاخت ولتاژ (SPD)، بطوریکه اختلاف پتانسیل بوجود آمده ناشی از عبور جریان صاعقه ، کاهش یابد .

۳-۲۴- شینه هم بندی (Banding - Bar):

عبارت است از یک شینه هادی که بر روی آن هادی های فلزی ورودی به ساختمان شامل لوله های آب ، گاز ، خطوط تغذیه ، مخابرات و ... به سیستم حفاظتی صاعقه (LPS) متصل می شوند این کار توسط سیم ها و هادی های هم بندی صورت می گیرد .

۳-۲۵- فاصله جداسازی (Separation Distance):

عبارت است از فاصله میان دو هادی الکتریکی که هیچگونه جرقه خطرناکی میان آنها اتفاق نمی افتد .

۳-۲۶- وسیله محافظ در مقابل فرا تاخت ولتاژ SPD (Surge Protective Device):

وسیله ای است که به منظور محدود نمودن اضافی ولتاژهای گذرا و لحظه ای (فرا تاخت) و نیز هدایت جریانهای لحظه ای به زمین بکار می رود این وسیله دارای حداقل یک المان غیر خطی است .

۳-۲۷- ارسترهای نوع سوئیچ کننده ولتاژ (Voltage Switching type SPD):

ارستری است که در شرایط عادی دارای امپدانس زیاد بوده ولی در هنگام وجود شوک ولتاژ (Surge) بطور ناگهانی امپدانس آن کاهش می یابد. فاصله های هوایی جرقه زن (spark gap) ، کپسولهای جرقه زن محتوی گاز (Gas Discharge Tube) ، تایستورها و تریاکها در ساختمان این نوع ارسترها بکار می روند.

۳-۲۸- ارسترهای نوع محدود کننده ولتاژ (Voltage limiting type SPD):

ارستری است که در شرایط عادی دارای امپدانس زیاد بوده ولی در هنگام وجود شوک ولتاژ (Surge) بطور پیوسته امپدانس آن کاهش می یابد. عناصر غیر خطی مانند ویروسترها و دیود ها قطعاتی هستند که در ساختمان ساختمان این نوع ارسترها بکار برده می شوند. این ارسترها گاهی برش دهنده نیز نامیده می شوند (clamping type) .

۳-۲۹- ولتاژ نامی (Nominal voltage , U_N):

مربوط می شود به ولتاژ نامی سیستم تحت حفاظت. این پارامتر برای سطح ولتاژ کاری انواع ارسترهای حفاظتی در سیستمهای IT بکار می رود. در تغذیه AC با مقادیر rms مشخص می شود.

۳-۳۰- ماکزیمم ولتاژ دائم (Max. continuous voltage , U_C):

برابر است با مقدار rms بالاترین ولتاژی که در حین کار به ترمینالهای ارستر اعمال می گردد. مقدار U_C باید با توجه به ولتاژ کار نامی سیستم تحت حفاظت و بنا به مقتضیات نصب انتخاب گردد.

۳-۳۱- جریان بار نامی (Normal load Current I_L):

عبارتست از بالاترین جریان مجاز مدار که ممکن است بطور دائم به ترمینالهای مربوطه وارد گردد.

۳-۳۲- جریان تخلیه نامی (Normal Discharge Current I_n):

مقدار پیک یک جریان ضربه (با شکل موج $8/20\mu s$) می باشد که ارستر برای تخلیه متعدد آن طراحی شده است.

۳-۳۳- ماکزیمم جریان تخلیه نامی (Max. Discharge Current, I_{max}):

ماکزیمم مقدار پیک جریان ضربه (با شکل موج $8/20\mu s$) است که میتواند توسط ارستر تحمل شده و بدون آسیب دیدگی ارستر تخلیه گردد.

۳-۳۴- جریان ضربه (Lightning Impulse Current, I_{imp}):

یک موج ضربه استاندارد (با شکل موج $8/20\mu s$) می باشد که پارامترهای آن (مقدار پیک ، بار و انرژی ویژه) می توانند مشخصه های جریانی صاعقه طبیعی را شبیه سازی کنند . ارسترهای جریان باید قادر به تخلیه چند باره این جریانه های ضربه باشند بدون آنکه آسیبی به تجهیزات وارد آید.

۳-۳۵- سطح ولتاژ حفاظتی (U_p , Voltage Protection level):

سطح ولتاژ حفاظت شده یک ارستر عبارتست از ماکزیمم مقدار لحظه ای ولتاژ روی ترمینالهای یک ارستر که به تجهیزات تحت حفاظت متصل است . این سطح حفاظت معرف قابلیت یک ارستر برای محدود نمودن فراتاخت ولتاژ بوده و می بایست کمتر از سطح عایقی تجهیزات باشد.

در شبکه های تغذیه ، U_p معرف محل نصب ارستر از نقطه نظر هماهنگی با سطح ولتاژ عایقی تابلوها و تجهیزات می باشد.

در شبکه های IT ، U_p باید مطابق سطح ایمنی تجهیزات تحت حفاظت انتخاب گردد.

۳-۳۶- ظرفیت قطع و رفع جریان دنباله ای (I_{fi} , Follow Current Extinguishing Capability):

برابر است با مقدار rms جریان دنباله ای ناشی از اتصال ولتاژ تغذیه ورودی به زمین پس از تخلیه جریان صاعقه ، که می تواند بطور خودکار توسط ارستر خاموش گردد.

۳-۳۷- فیوز پشتیبان (back-up fuse):

عبارت است از فیوزی که قبل از ارستر بر روی سمت تغذیه نصب می شود تا جریانه های دنباله ای با فرکانس برق شهر را در هنگامی که مقدرا آن از ظرفیت قطع ارستر فراتر می رود ؛ قطع نماید.

۳-۳۸- موج ضربه ترکیبی (U_{oc}):

موجی است که با یک ژنراتور ترکیبی برای جریان ولتاژ ضربه ($1.2/50\mu s, 8/20\mu s$) و با یک مقدار مقاومت مجازی 2Ω تولید می شود. ولتاژ مدار باز این ژنراتور بعنوان U_{oc} تعریف می شود که ترجیحاً برای ارسترهای type3(classIII) بکار می رود.

۳-۳۹- ضربه الکترومغناطیسی صاعقه (Lighting Electromagnetic Impulse-LEMP):

اثرات میدان الکترومغناطیسی ناشی از تخلیه صاعقه که منجر به پدید آمدن فراتاخت ها و انتشار امواج ضربه ای الکترومغناطیسی میشود.

۳-۴۰- فراتاخت (Surge):

عبارتست از موج گذرائی که در اثر وجود LEMP بصورت اضافه ولتاژ و اضافه جریان های لحظه ای پدید می آید.

این فراتاخت ها می توانند به صورت قسمتی از جریان اصلی صاعقه و یا القای الکترومغناطیسی و یا جریان باقیمانده پس از عبور از یک محافظ در مقابل فراتاخت ظاهر گردند.

۳-۴۱- سطح تحمل ولتاژ ضربه نامی (U_w , Rated Impulse Withstand Voltage level):

سطح تحمل ولتاژ ضربه یک دستگاه که توسط سازنده آن مشخص می شود و نشانگر قابلیت تحمل عایقی دستگاه نسبت به اضافه ولتاژهای لحظه ای است.

۳-۴۲- سیستم ارتینگ (Earthing System):

ترکیب مجموعه کاملی از شبکه هم پتانسیل و پایانه های زمین را گویند.

۴- طراحی و اجرای سیستم حفاظت در مقابل صاعقه:

مراحل اصلی طراحی یک سیستم صاعقه گیر به شرح ذیل می باشد

۱. بررسی اولیه میزان ضرورت نصب صاعقه گیر و انتخاب نوع سیستم حفاظت در برابر صاعقه (LPS)
۲. سیستم حفاظت خارجی
۳. سیستم حفاظت داخلی

۴-۱- بررسی اولیه میزان ضرورت نصب صاعقه گیر و انتخاب نوع سیستم حفاظتی در برابر صاعقه (LPS)

در استاندارد IEC 62305-1 چهار تراز حفاظتی (LPL) تعریف شده است. متناظر با این ترازهای حفاظتی، چهار نوع سیستم حفاظتی وجود دارد.

از آنجایی که عموماً ایستگاه های مخابراتی شرکت ملی گاز در نقاط مرتفع کوهستانی و یا در کنار خطوط لوله در فضاهای باز هستند و با توجه به سایر عوامل زیر :

- لزوم تداوم عملیات
 - وجود تجهیزات با ارزش و گران قیمت که جایگزین نمودن آنها با سختی صورت می گیرد .
 - وجود دکل های مخابراتی مرتفع
 - نبود سازه های دیگر در اطراف آنها
 - در دسترس نبودن سطوح ایزوکرونیک تمامی مناطق در کشور
- نصب و اجرای سیستم صاعقه گیر ضروری بوده و لازم است برای آنها سیستم حفاظتی نوع I طراحی و اجرا گردد .
- می توان برای سایر ایستگاه های مخابراتی که شرایط متفاوتی دارند با توجه به نظر کارفرما انواع مختلف سیستم حفاظتی را پس از محاسبه تراز حفاظتی مورد نیاز (LPL) انتخاب ، طراحی و اجرا نمود.

اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی سیستم که به LPL انتخاب شده ، بستگی دارند عبارتند از :

- مقادیر و مشخصات جریان صاعقه بار و انرژی
 - شعاع گوی غلطان و اندازه شبکه و زاویه حفاظتی
 - فواصل میان هادیهای پایین برنده جریان صاعقه
 - حداقل طول الکترود زمین
 - محاسبه فواصل ایمنی
- اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی سیستم که به LPL انتخاب شده بستگی ندارند عبارتند از :

- چگونگی اجرای سیستم هم پتانسیل
 - حداقل ضخامت صفحات فلزی ، لوله ها و سایر اجزاء پایانه های هوایی
 - جنس و نوع هادیهای بکار رفته در LPS
 - نوع و جنس لوازم و حداقل مقاطع بکار رفته در پایانه های هوایی، هادیهای پایین برنده و پایانه های زمین
- در هنگام طراحی LPS در صورتیکه ساختمان در حال احداث باشد می بایست امکان استفاده از قطعات فلزی سازه ساختمان بعنوان اجزائی از سیستم LPS مورد توجه قرار گیرد. در آن صورت ایجاد پیوستگی میان آرماتورهای ستون و پی و یا اسکلت فلزی ساختمان بطوریکه مقاومت الکتریکی کل سازه بیش از 0.2Ω نباشد ، می بایست در هنگام بنای سازه در دستور کار اجرای ساختمان قرار گیرد .

۲-۴- بررسی سیستم حفاظت خارجی ساختمان در برابر برخورد مستقیم صاعقه (External Lightning Protection System)

در این بخش نیازهای لازم به منظور طراحی و اجرای سیستم حفاظت فیزیکی ساختمان و تاسیسات بیرونی در برابر برخورد مستقیم صاعقه مطرح شده همچنین روشهایی جهت ایمنی انسانها و محدود نمودن ولتاژهای گام و تماس ارائه می گردد

۱-۲-۴- انتخاب سیستم حفاظت بیرونی

سیستم حفاظت خارجی به دو دسته جداسازی شده و جدا سازی نشده تقسیم میگردد

LPS جداسازی نشده: در اکثر موارد اجزای سیستم حفاظت بیرونی می تواند بر روی سازه مورد حفاظت و در تماس مستقیم با بدنه ساختمان نصب گردد که به آن LPS جداسازی نشده (Non Isolated LPS) می گویند.

LPS جداسازی شده: اما در سازه هایی که اثرات ناشی از عبور جریان صاعقه از اجزاء سیستم حفاظت موجب آتش سوزی و انفجار پوشش دیوارها و بام می شود، سیستم حفاظت بیرونی بصورت مجزا (Isolated LPS) روی بدنه ساختمان نصب می شود. در این روش فاصله اجزاء سیستم پایانه هوایی از سازه مورد حفاظت می بایست بیش از 40cm باشد

. در هنگام طراحی LPS در صورتیکه ساختمان در حال احداث باشد می بایست امکان استفاده از قطعات فلزی سازه ساختمان بعنوان اجزائی از سیستم LPS مورد توجه قرار گیرد. در آن صورت ایجاد پیوستگی میان آرماتورهای ستون و پی و یا اسکلت فلزی ساختمان بطوریکه مقاومت الکتریکی کل سازه بیش از 0.2Ω نباشد ، می بایست در هنگام بنای سازه در دستور کار اجرای ساختمان قرار گیرد .

- سیستم حفاظت خارجی شامل بخشهای اصلی ذیل می باشد
- الف: هادیهای جذب صاعقه یا سیستم پایانه هوایی (Air Termination System)
- ب: هادیهای پایین برنده جریان صاعقه یا هادی های میانی (Down Conductor System)
- ج: سیستم پایانه زمین (Earth Termination System)

۱-۱-۲-۴- هادیهای جذب صاعقه در سیستم پایانه هوایی

سیستم پایانه هوایی تمام ترکیبات فلزی روی ساختمان اطراف و کنار آن را شامل می شود که برای جلوگیری از برخورد صاعقه به ساختمان بکار برده می شود و هدف از نصب آن در بالاترین نقطه ی ساختمان، جلوگیری از برخورد صاعقه و هدایت جریان صاعقه با استفاده از هادی های پایین رونده به سمت سیستم زمین می باشد. هادیهای پایانه هوایی که به منظور دریافت ضربه مستقیم صاعقه بر روی سازه مورد حفاظت نصب می گردند می توانند یک یا ترکیبی از انواع زیر باشند .

- الف – میله ها (Rods)
- ب – سیم های آویز متصل به هم (Stretched Wire)
- ج _ هادیهای شبکه بندی شده (Mesh Conductor)

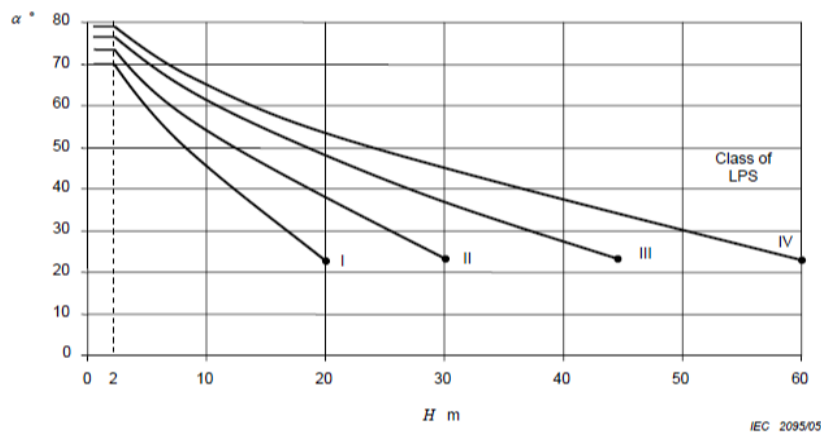
۱-۱-۲-۴- چگونگی نصب پایانه هوایی:

- زاویه حفاظتی (با استفاده از میله ساده و یا میله و سیمهای افقی) Protective Angle: برای حفاظت سازه هائی با شکل ساده و سایر تأسیسات کوچک با ارتفاع محدود مورد استفاده قرار می گیرند .
- قفس فارادی (با استفاده از مش بندی) Mesh: برای حفاظت سطوح وسیع مانند سطح روی بامها بکار می رود .
- گوی غلطان (با استفاده از میله ساده، مش بندی و ...) Rolling Sphere: استفاده از این روش برای کلیه سازه ها مناسب است .

جدول شماره ۱: ماکزیمم مقادیر شعاع گوی غلطان ، ابعاد شبکه و زاویه حفاظتی مربوطه به انواع کلاس LPS

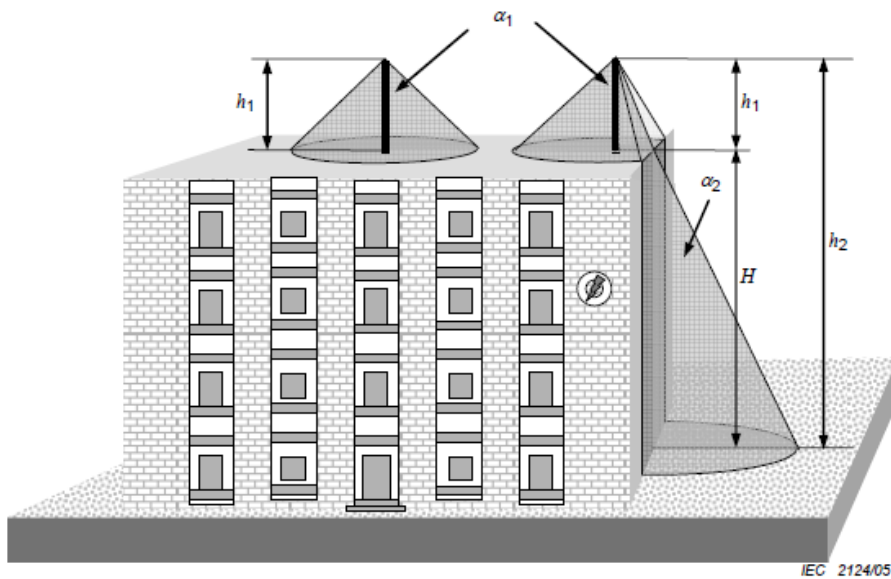
Class Of LPS	Protection Method		
	Rolling Sphere Radius(m)	Mesh Size W(m)	Protection angle(α°)
I	20	5×5	See Figure Blow
II	30	10×10	
III	45	15×15	
IV	60	20×20	

شکل شماره ۱: ماکزیمم مقادیر شعاع گوی غلطان ، ابعاد شبکه و زاویه حفاظتی مربوطه به انواع کلاس LPS



۲-۱-۲-۴- بکارگیری روش زاویه حفاظتی برای نصب پایانه هوایی (Protective angle method)

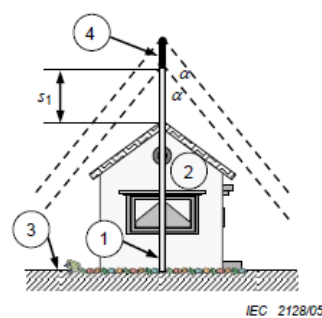
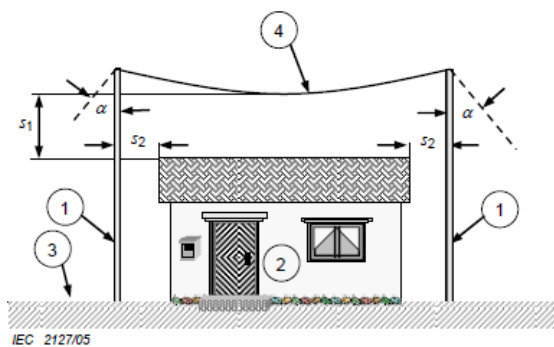
- فضای مورد حفاظت می بایست کاملاً در مخروط حفاظتی ایجاد شده توسط میله محصور گردد.
- برای تعیین ابعاد مخروط حفاظتی تنها ابعاد فیزیکی بخش فلزی میله مورد توجه قرار می گیرد.
- فضای حفاظت شده توسط یک میله عمودی به صورت یک مخروط قائم می باشد که رأس آن بر نوک میله منطبق شده است و زاویه آن متناسب با منحنی تصویر شماره ۱ با توجه به ترازهای مختلف حفاظتی متفاوت خواهد بود.



- h_1 - طول فیزیکی میله پایانه هوایی
- α_1 - زاویه حفاظتی متناظر با ارتفاع h_1 (سطح روی بام)
- H_2 - طول فیزیکی (h_1) + ارتفاع ساختمان (H)
- α_2 - زاویه حفاظتی متناظر با ارتفاع h_2 (سطح روی زمین)
- H - ارتفاع ساختمان تا سطح زمین

شکل شماره ۲: نصب میله های ساده بر روی بام ساختمانها و پوشش حفاظتی ایجاد شده

تذکر: در صورتیکه میله بر روی یک سطح شیب دار و به طور مایل بر روی آن قرار گیرد ارتفاع مخروط حفاظتی ایجاد شده توسط آن منطبق بر نوک میله و قائم بر سطح مورد حفاظت در نظر گرفته می شود.

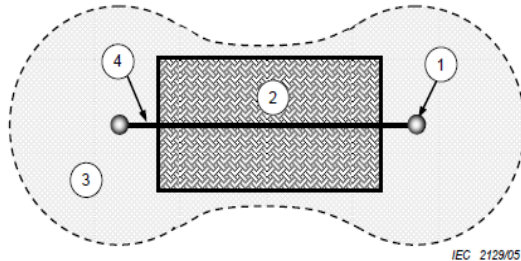


- ۱- دکل پایانه هوایی
- ۲- سازه مورد حفاظت
- ۳- سطح حفاظت شده بر روی صفحه مرجع زمین
- ۴- پایانه هوایی سیم افقی

S_1 و S_2 : فواصل ایمنی و α زاویه حفاظتی مطابق مقادیر اعلام شده بر اساس ارتفاع)

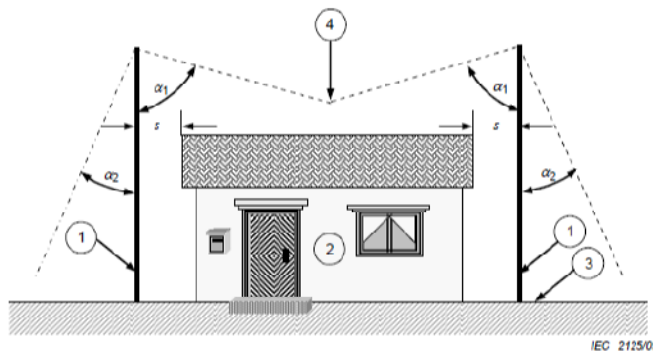
شکل شماره ۳- الف: حجم حفاظت شده توسط پایانه هوایی که به صورت سیم و میله نصب شده است

این حجم ترکیبی است از سطح حفاظت شده توسط میله های عمودی که راس آنها به سیم متصل است و فضای ایجاد شده توسط سیم، مانند شکل زیر می باشد.



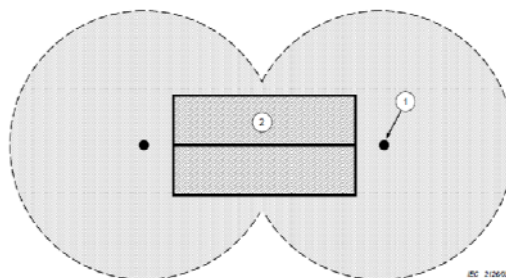
- ۱- پایانه هوایی
- ۲- سازه مورد حفاظت
- ۳- سطح حفاظت شده بر روی زمین مرجع
- ۴- پایانه هوایی سیم افقی

شکل شماره ۳-ب



- ۱- دکل پایانه هوایی
 - ۲- سازه مورد حفاظت
 - ۳- صفحه مرجع زمین
 - ۴- فصل مشترک زاویه های حفاظتی
- (S): فاصله ایمن و α_1 و α_2 : زوایای حفاظتی
مطابق با مقادیر اعلام شده بر اساس ارتفاع (h)

شکل شماره ۴ - الف: حجم حفاظت شده توسط پایانه هوایی به صورت میله های جدا از سازه مورد حفاظت
تذکر: این روش در سیستم حفاظتی جداسازی شده (Isolated LPS) مورد استفاده قرار می گیرد .



شکل شماره ۴-ب: سیستم حفاظتی جداسازی شده

۴-۱-۲-۳-۴- بکارگیری روش شبکه بندی برای نصب پایانه هوایی

برای حفاظت سطوح صاف ، هادی های شبکه بندی شده که تمامی سطح بام را بپوشانند بهترین روش برای حفاظت سطح مورد نظر می باشد .

الف) هادیهای پایانه هوایی می بایست در نقاط زیر نصب شوند :

گوشه ها و لبه های تیز بام

بر روی برآمدگیهای های بام

بر روی رأس شیب های بالاتر از ۱/۱۵

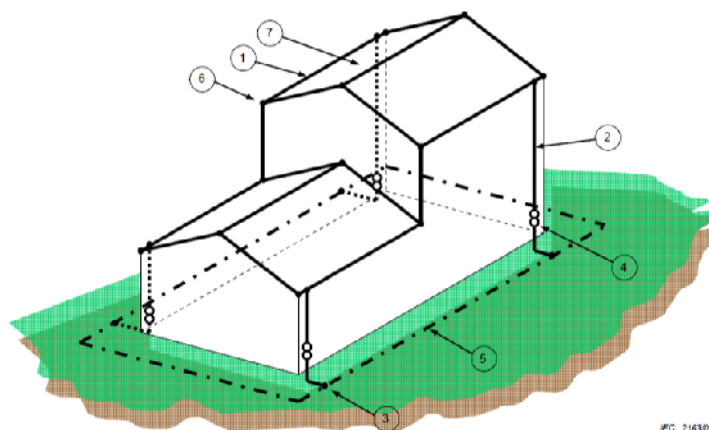
توجه : روش شبکه بندی برای بام های افقی و شیب دار مناسب است .

از این روش می توان برای حفاظت سطوح جانبی سازه هایی که در معرض جرقه های جانبی نیز (Side Flashing) قرار دارند ، استفاده کرد .

ب) ابعاد شبکه هادی ها برای ترازهای مختلف حفاظتی نباید از مقادیر اعلام شده در جدول شماره 1 بیشتر باشد .

ج) شبکه هادیها می بایست به گونه ای اجرا شود که حداقل دو مسیر برای انتقال جریان صاعقه (هادی پایین برنده) به طرف پایانه زمین داشته باشد .

د) تأسیسات فلزی مستقر بر روی سطح مورد حفاظت نباید از شبکه هادیهای پایانه هوایی بیرون زده شده باشد .

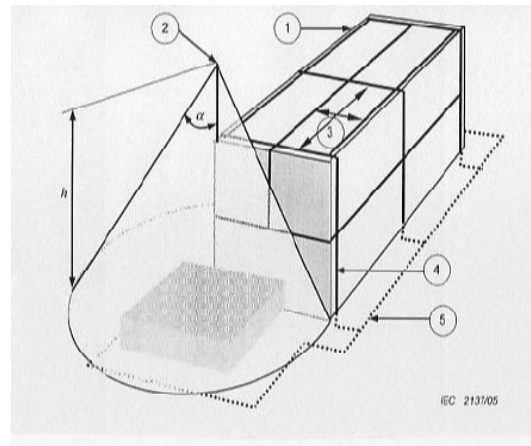


- ۱- هادی پایانه هوایی افقی
- ۲- هادی پایین برنده جریان صاعقه
- ۳- اتصال سه راهه (T) ضد خوردگی
- ۴- کلمپ تست
- ۵- هادی زمین حلقه شده پایانه زمین نوع B
- ۶- اتصال سه راهه در گوشه های بام
- ۷- ابعاد شبکه

شکل شماره ۵

شکل زیر حجم حفاظت شده توسط پایانه هوایی که به صورت یک هادی ساده و هادی های افقی شبکه بندی شده است. این حجم ترکیبی از حجم حفاظت شده توسط یک هادی ساده و یک هادی شبکه بندی شده می باشد.

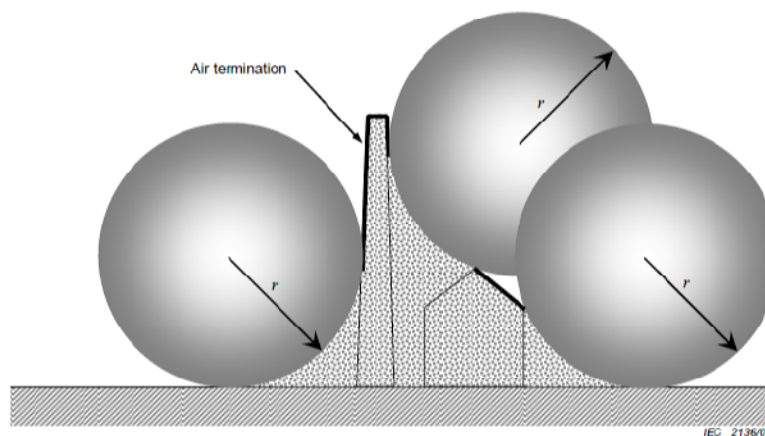
- ۱ - هادی افقی پایانه هوایی
 ۳ - ابعاد شبکه
 ۴ - هادی پایین برنه جریان صاعقه
 ۵ - سیستم زمین با هادی حلقه شده به دور ساختمان
 α : زاویه حفاظتی مربوط به h
 h : ارتفاع میله پایانه هوایی تا سطح زمین



شکل شماره ۶ : استفاده از روش شبکه بندی و زاویه حفاظتی

۴-۱-۲-۴ - بکارگیری روش گوی غلطان برای نصب پایانه هوایی (Rolling Sphere Method)

یکی از روشهای طراحی سیستم حفاظت در مقابل صاعقه که مبتنی بر روش الکترو هندسی است روش گوی غلطان است . این تکنیک شامل غلطانیدن یک گوی فرضی با شعاع مشخص در بالای سطح مورد حفاظت می باشد . این گوی بر روی میله های حفاظتی ، سیم های گارد، فنس ها و سایر تجهیزات فلزی زمین شده برای حفاظت در مقابل صاعقه غلطانده می شود . چنانچه تمام سطح تجهیزات در زیر منحنی سطوح گوی قرار گیرند آن تجهیزات در مقابل برخورد مستقیم صاعقه محافظت شده اند . این روش برای تعیین محدوده حفاظت یک ساختمان در مقابل صاعقه روشی است که مطمئن ترین شعاع حفاظتی را برای هر نوع برق گیر ارائه می نماید .



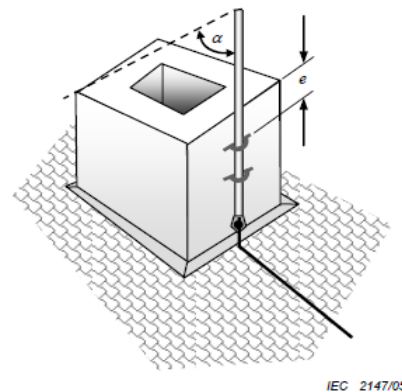
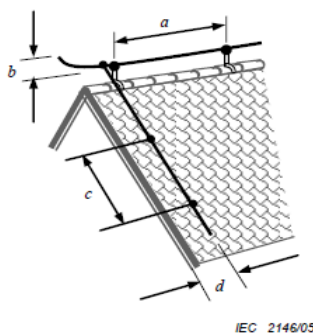
شکل شماره ۷

۴-۲-۱-۵- نحوه اتصال هادیها روی بام:

- اتصال هادیها روی بام در یکدیگر و به میله های میله های پایانه هوایی می بایست بر روی بام توسط نگهدارنده های مناسب عایق و یا غیرعایق صورت گیرد. در صورتیکه جنس پوشش دیواره ها و بام ها غیر قابل آتشگیر باشند ، می توان هادیها را مستقیماً روی آن نصب کرد.
- طبق جدول زیر حداقل فواصل میان نگهدارنده در سطوح قائم و افقی و با توجه به نوع هادیها می بایست رعایت گردد.

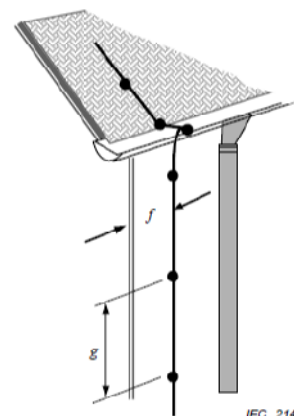
جدول شماره ۲: Suggested fixing centers

Arrangement	Fixing centers for tape and stranded conductors(mm)	Fixing centers for round solid conductor(mm)
Horizontal conductors on horizontal surfaces	500	1000
Horizontal conductors on vertical surfaces	500	1000
Vertical conductors from the ground to 20m	1000	1000
Vertical conductors from 20m and thereafter	500	1000

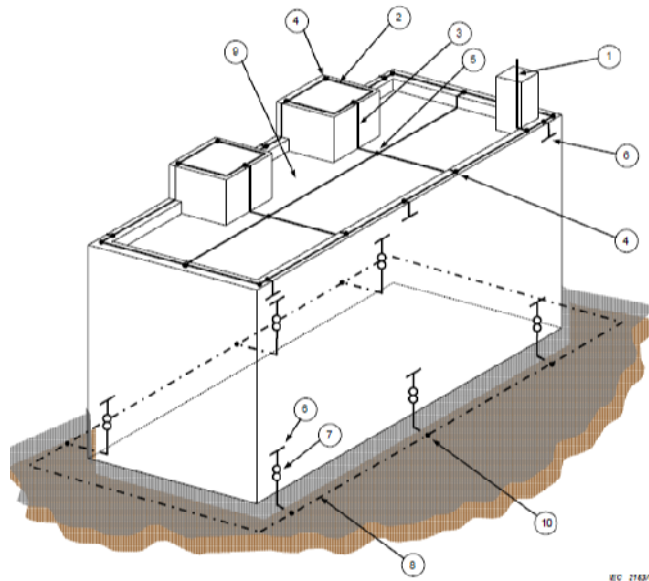


شکل شماره ۸: مقادیر فواصل محکم کننده های هادیهایی که روی سطوح افقی و عمودی نصب می شوند (تسمه ها ، هادیهای رشته ای و مفتولی)

a: 100 cm	b: 15 cm
c : 100cm	d: تا حد ممکن نزدیک به گوشه
e : 20 cm	f : 30 cm
g : 100cm	h : 5 cm
i: 30 cm	j: 150 cm
k: 50 cm	زاویه حفاظتی مورد نظر: α



شکل شماره ۹ : حداقل فواصل هادیهای سیستم های حفاظتی (LPS) برای ساختمانهایی با سقف شیب دار



IEC 2763-08

۱. میله پایانه هوایی
۲. هادی افقی پایانه هوایی
۳. هادی پائین برنده جریان صاعقه
۴. اتصال T
۵. اتصال +
۶. اتصال به آرماتورهای فلزی سازه
۷. اتصال تست
۸. پایانه زمین نوع B - الکتروود زمین حلقه ای
۹. بام مسطح با نگهدارنده های مسطح
۱۰. اتصالات T (ضد خوردگی)

شکل شماره ۱۰- نصب سیستم حفاظت بیرونی (LPS) بر روی ساختمان مرتفع با پوشش آجری و بام سطح

۴-۲-۱-۶- کاربرد اجزای طبیعی یک سازه در سیستم حفاظت بیرونی (LPS)

قطعات زیر از ساختمان می تواند بعنوان اجزای طبیعی پایانه هوایی در یک سیستم حفاظتی مورد استفاده قرار گیرند:

- الف - صفحات فلزی که پوشش سطوح سازه مورد حفاظت، می باشند در صورتیکه :
 - پیوستگی الکتریکی مناسب میان قطعات مختلف توسط جوشکاری، لحیم کاری، پرسکاری، پرچ و پیچ و مهره فراهم شده باشد.
 - ضخامت صفحات کمتر از مقادیر ارائه شده در جدول شماره ۳ نباشد.
 - بوسیله مواد عایق پوشیده نشده باشند.
- ب - قطعات فلزی سازه بام (خرپاهای فلزی، آرماتورهای بهم پیوسته و...) که در زیر پوشش غیرفلزی بام قرار دارند بشرطی که این پوشش از سازه مورد حفاظت مجزا شده باشد.

ج - قطعات فلزی شامل تزئینات ، ریلها ، لوله ها ، قرنیزهای پوششی و ... که ابعاد آنها از حداقل مقادیر اعلام شده برای هادیهای پایانه هوایی، کمتر نباشد.

د - لوله ها و تانک های فلزی مستقر روی بام بطوریکه ضخامت و اندازه های آن منطبق بر مقادیر اعلام شده برای هادیهای پایانه هوایی باشد. در غیر اینصورت تانکها و لوله و سایر تأسیسات فلزی روی بام، جزئی از فضای مورد حفاظت محسوب می شوند. توجه : یک پوشش نازک از رنگ حفاظتی ، آسفالت به ضخامت 1mm و PVC به ضخامت 0.5mm به عنوان عایق محسوب نمی شوند.

تذکر ۱ : میله های ساده که به صورت انفرادی روی بام قرار داده می شوند می بایست جهت توزیع جریان صاعقه به یکدیگر متصل شوند .

تذکر ۲: هادیهای پایانه هوایی می بایست در نقاطی که در معرض برخورد صاعقه هستند مانند گوشه ها ، لبه ها ، روی بام و در بالاترین نقطه نمای ساختمان نصب گردند .

جدول شماره ۳: جنس و شرایط کاربری مواد مختلف (مس ، فولاد گالوانیزه ، فولاد ضدزنگ ، آلومینیوم و سرب) در سیستم LPS در هوا ، خاک ، بتن

<i>material</i>	<i>use</i>			<i>corrosion</i>		
	In open air	In earth	In concrete	Resistance	Increased by	May be destroyed by galvanic coupling with
Copper	Solid stranded	Solid stranded as coating	Solid stranded as coating	Good in many environments	Sulphur compounds organic materials	-
Hot galvanized steel	Solid stranded	Solid	Solid stranded	Acceptable in air , in concrete and in benign soil	High chlorides content	copper
Stainless steel	Solid stranded	Solid stranded	Solid stranded	Good in many environments	High chlorides content	copper
aluminum	Solid stranded	unsuitable	unsuitable	Good in atmospheres containing low concentrations of sulphur and chloride	Alkaline solutions	copper
load	Solid as coating	Solid as coating	unsuitable	Good in atmospheres high concentration of sulphates	Acid soils	Copper Stainless still

توجه ۱ : این جدول تنها ملاحظات عمومی را ارائه می دهد . در شرایط ویژه لازم است که احتیاط های بیشتری در خصوص ایمنی در مقابل خوردگی مورد توجه قرار گیرد.

توجه ۲: هادیهای رشته ای نسبت به هادیهای مفتولی در مقابل خوردگی آسیب پذیرترند برای عبور این هادیها به ویژه در مرز میان خاک/ بتن/ هوا می بایست ملاحظات را در نظر گرفت، به همین دلیل هادیهای فولادی گالوانیزه رشته ای برای دفن در خاک توصیه نمی شوند.

توجه ۳: فولاد گالوانیزه ممکن است در خاکهای مرطوب رسی دچار خوردگی شود.

توجه ۴: هادی فولادی گالوانیزه بکار رفته در بتن نمی بایست به بیرون از بتن امتداد یابد زیرا در محیط بیرون دچار خوردگی خواهد شد

توجه ۵: هادی فولادی گالوانیزه در بتن و در تماس با آرماتورهای آن در شرایط خاص دچار خوردگی می شود.

توجه ۶: اصولاً استفاده از سرب در زمین بعلت ملاحظات زیست محیطی ممنوع بوده و یا محدود شده است.

جدول شماره ۴: جنس، نوع و حداقل مقاطع هادی ها و میله های پایانه هوایی و هادیهای پائین برنده جریان صاعقه

Material	configuration	Minimum cross sectional area mm ²	Comments ^(۱۰)
Copper	Solid tape	50 ^(A)	2mm min. thickness 8mm diameter 1.7 mm min .diameter each strand 16 mm diameter
	Solid round ^(۷)	50 ^(A)	
	Stranded	50 ^(A)	
	Solid round ^(۷و۴)	200 ^(A)	
Tin plated Copper ^(۱۱)	Solid tape	50 ^(A)	2mm min. thickness 8mm diameter 1.7 mm min .diameter each strand
	Solid round ^(۷)	50 ^(A)	
	Stranded	50 ^(A)	
aluminum	Solid tape	70	3mm min .thickness 8mm diameter 1.7 mm min .diameter each strand
	Solid round	50 ^(A)	
	Stranded	50 ^(A)	
Aluminum alloy	Solid tape	50 ^(A)	2.5mm min. thickness 8mm diameter 1.7 mm min .diameter each strand 16 mm diameter
	Solid round	50	
	Stranded	50 ^(A)	
	Solid round ^(۷)	200 ^(A)	
Hot galvanized steel ^(۷)	Solid tape	50 ^(A)	2.5mm min. thickness 8mm diameter 1.7 mm min .diameter each strand 16 mm diameter
	Solid round ^(۸)	50	
	Stranded	50 ^(A)	
	Solid round ^(۷و۴و۹)	200 ^(A)	
Stainless steel ^(۵)	Solid tape ^(۶)	50 ^(A)	2mm min. thickness 8mm diameter 1.7 mm min .diameter each strand 16 mm diameter
	Solid round ^(۶)	50	
	Stranded	70 ^(A)	
	Solid round ^(۷و۴)	200 ^(A)	

توجه ۱: گالوانیزه عمقی و آبکاری الکترولیتی می بایست حداقل به ضخامت 1 m باشد.

توجه ۲: پوشش می بایست نرم، پیوسته و بدون جرم و خش و با حداقل ضخامت 50 m باشد.

توجه ۳: تنها برای میله های با پایانه هوایی کاربرد دارد در حالیکه فشارهای مکانیکی مانند باد، بحرانی نباشد، قطر 10mm برای میله ای به طول ماکزیمم 100cm با بستهای مناسب می تواند کافی باشد.

توجه ۴: تنها برای میله هایی که به زمین منتهی می شوند کاربرد دارند.

توجه ۵: کروم بیش از ۱۶٪ نیکل بیش از ۸٪ و کربن کمتر از ۰.۰۷٪.

توجه ۶: برای فولاد ضد زنگ جاسازی شده در بتن و یا در تماس مستقیم با مواد اشتعال زا، حداقل اندازه ها به ۷۸mm برای هادی های مفتولی گرد و به ۷۵mm² (حداقل ضخامت) برای هادی های نواری (تسمه ای) افزایش می یابد.

توجه ۷: ۵۰mm² (قطر ۸mm) ممکن است به ۲۸mm² (قطر ۶mm) کاهش پیدا کند اگر در شرایط خاص استحکام مکانیکی مدنظر نباشد در این حالت فاصله نگهدارنده می بایست کاهش یابد.

توجه ۸: اگر ملاحظات حرارتی و مکانیکی مهم باشد، این اندازه می تواند به ۶۰mm² برای هادیهای تسمه ای و نیز ۷۸mm² برای هادیهای مفتولی گرد افزایش یابد.

توجه ۹: حداقل سطح مقطع برای جلوگیری از ذوب شدگی ۱۶mm² (مس)، ۲۵mm² (آلومینیم)، ۵۰mm² (فولاد)، ۵۰mm² (فولاد ضدزنگ) برای انرژی مخصوص ۱۰.۰۰۰kj/Ω می باشد.

توجه ۱۰: ضخامت، عرض و قطرها دیها با تولرانس ۱۰٪ قابل قبول است.

جدول شماره ۵: حداقل ضخامت ورقه های فلزی یا لوله های فلزی در پایانه های هوایی

Class of LPS	Material	Thickness mm ^t	Thickness mm ^{t1}
I to IV	Lead	—	2.0
	Steel (stainless, galvanized)	4	0.5
	Titanium	4	0.5
	c oppe	5	0.5
	Aluminum	7	0.65
	Zinc	—	0.7

t: این مقدار ضخامت از سوراخ شدن، ذوب شدگی و اشتعال جلوگیری می کند.

t¹: این مقدار ضخامت برای ورقه های فلزی که ذوب شدگی و سوراخ شدن آن مهم نباشد بکار می رود.

۴-۲-۱-۲-۴- هادیهای پایین برنده جریان صاعقه (Down Conductor System)

جریان صاعقه که توسط هادیهای پایانه هوایی دریافت می شوند، در صورتیکه که از طریق چندین هادی پایین برنده به پایانه زمین (الکترودهای ارت) منتقل شوند، احتمال جرقه ها و تخلیه های جانبی کاهش یافته و میدان الکترو مغناطیسی ناشی از عبور جریان در فضاها داخلی محدود می شود.

- تا حد ممکن، می بایست این هادیها بطور یکنواخت در پیرامون سازه ها نصب شوند.
- به منظور تقسیم یکنواخت جریان صاعقه به چندین هادی پایین برنده، لازم است یک هادی حلقه ای بر روی بام، تمامی هادیهای پایین برنده را به یکدیگر متصل کنند.
- محل نصب هادیهای پایین برنده تا حد امکان از هادیهای فلزی بیرون و داخل ساختمان، با فاصله قرار داشته باشد.
- هادیهای پایین برنده تا حد امکان کوتاه باشد تا مقاومت سلفی آنها پایین باشد.
- فواصل این هادیها با توجه به تراز حفاظتی موردنظر و مطابق مقادیر اعلام شده در جدول زیر باشد.

جدول شماره 6: مقدار فواصل میان هادی های پایین برنده جریان صاعقه و هادی های حلقه شده پیرامون سازه با توجه به تراز

حفاظتی و نوع LPS

Class of LPS	TYPICAL DISTANCE(m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

- اگر بنا به دلایل اجرایی و فیزیکی ساختمان ، در یک وجه نتوان هادی پایین برنده جریان صاعقه ، نصب نمود، لازم است در جبهه ای که امکان نصب مهیا است ، یک هادی پایین برنده اضافی و در فاصله بیش از 1/3 فواصل اعلام شده با هادی دیگر نصب نمود.

- $\pm 20\%$ اختلاف فاصله با مقادیر اعلام شده در جدول قابل قبول است.

- استفاده از اجزای طبیعی یک ساختمان بزرگ مانند آرماتورهای ستونهای بتونی و ستونهای فلزی و یا پوشش فلزی نمای بیرونی ساختمان ، بعنوان هادی پایین برنده جریان صاعقه ، در صورتی که از پیوستگی الکتریکی آنها مطمئن باشیم (ضخامت فلزی بیش از 0.5mm) مجاز بوده و اختلاف پتانسیل میان پایانه هوایی و پایانه زمین را کاهش می دهد. در این حالت وجود میدانهای الکترومغناطیسی در داخل ساختمان و در اطراف این ستونها و سازه های فلزی می بایست در هنگام طراحی سیستم حفاظت داخلی مورد توجه قرار گیرد.

- هادی پایین برنده جریان صاعقه نمی تواند زیر نمای ساختمان (زیر آجر ، گچ و...) باشد و دمای حاصل از عبور جریان ، ممکن است باعث انفجار و ویرانی نمای ساختمان شود.

- لازم است هادیهای پایین برنده جریان صاعقه توسط یک اتصال بازشونده به پایانه زمین (الکتروود زمین) متصل شوند تا امکان تست شبکه زمین فراهم گردد. ضمن اینکه بتوان پیوستگی الکتریکی میان این هادیها و پایانه هوایی را آزمایش نمود.

- در مسیر یکی از هادیهای پایین برنده یک شماره انداز جریان صاعقه نصب شود.

- دکل های فلزی نیاز به هادی پایین برنده جریان صاعقه دارند و در این حالت جداسازی میله فرانکلینی از دکل فلزی ضروری است.

توجه: در پاره ای موارد می توان از هادیهای پایین برنده که دارای پوشش عایقی مناسب و تعریف شده ای هستند برای انتقال جریان صاعقه از میله های مستقر بر روی دکل نگهدارنده تجهیزات فعال ، تا پایانه زمین استفاده نمود. در این حالت جداسازی میله از دکل فلزی ضروری است.

۴-۲-۱-۳ سیستم پایانه زمین (Earth termination system)

به منظور متفرق کردن جریان صاعقه در زمین (موج فرکانس بالا) بطوریکه اختلاف پتانسیل خطرناکی ایجاد نشود. شکل و گسترگی شبکه زمین (الکتروودهای زمین) مهمترین عامل به شمار می آید، هرچند که دستیابی به یک مقاومت کم (تا حد ممکن برای فرکانس dc ، زیر 3Ω) توصیه می شود.

از نقطه نظر حفاظت در مقابل صاعقه ، یک مجموعه واحد از الکتروودهای بهم پیوسته برای تمامی اهداف (حفاظت در مقابل صاعقه ، حفاظت و عملکرد سیستم تغذیه و سیستم های مخابراتی) مناسب است.

- شبکه الکتروودهای زمین می بایست در نقاط مناسب سایت و گونه ای نصب شوند که اختلاف پتانسیل گام به حداقل برسد.

- عمق دفن الکتروودها و نوع آنها به گونه ای باشد که از شرایط یخ زدگی ، خشکی و خوردگی مصون باشند و در طول زمان عمر خود ، مقدار مقاومت نسبتاً پایدار و یکنواخت باشند.

- الکترودهای عمقی نیز در صورتی که با افزایش عمق ، هدایت الکتریکی خاک بالا رود ، مناسب می باشند.
- در صورتیکه از آماتورهای داخل فوندانسیون بعنوان الکترودهای زمین استفاده می شود ، می بایست اتصالات از نظر الکتریکی و مکانیکی کاملاً مناسب باشند .
- هدف از سیستم پایانه زمین برآورده نمودن نیازهای زیر است:
- انتقال جریان صاعقه به جرم کلی زمین
- هم بندی و هم پتانسیل سازی هادیهای پایین برنده جریان صاعقه
- کنترل پتانسیل در مجاورت دیواره های ساختمان
- توجه: آرایش نوع B و الکترودهای فوندانسیون ، خواسته های فوق را تامین نموده و کمترین امپدانس را در برابر تخلیه صاعقه خواهند داشت.

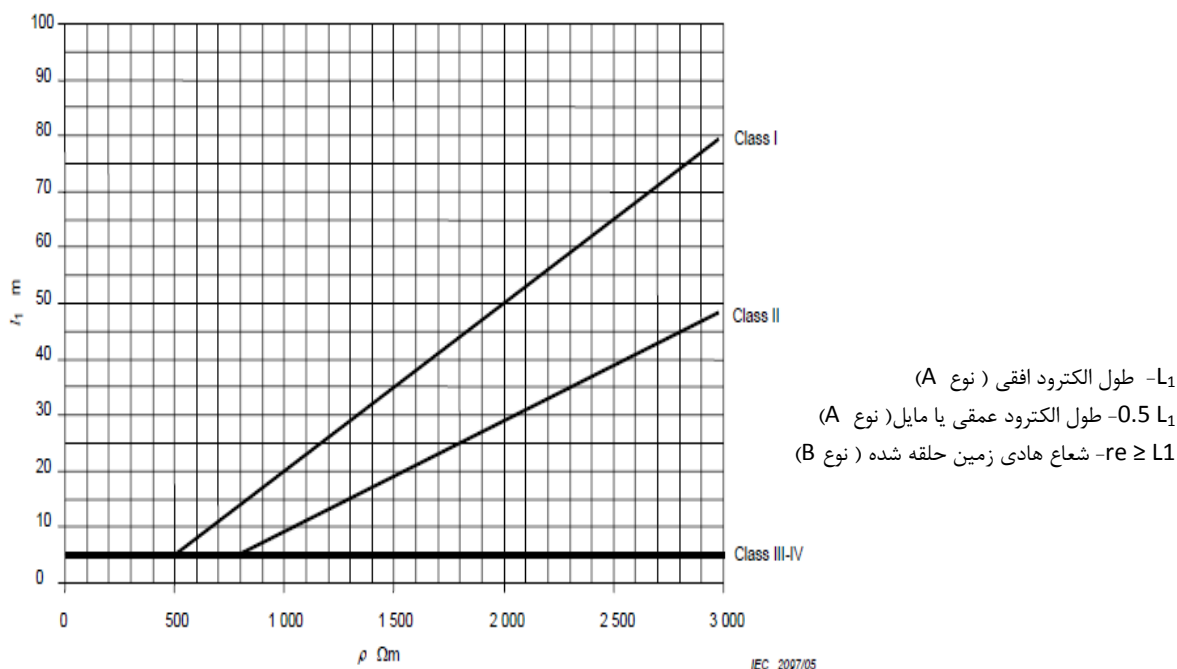
۴-۲-۱-۳-۱- انواع الکترودهای زمین

الف - آرایش نوع A

- سیستم پایانه زمین نوع A برای ساختمانهای کوچک و کم اهمیت (خانه های مسکونی) و یا سازه های موجود که امکان اجرای نوع دیگری را ندارند یا برای سیستم حفاظتی (LPS) با استفاده از میله و یا سیم های کشیده شده ؛ کاربرد دارند ، بطوریکه:
- در این نوع حداقل تعداد الکترودها باید دو عدد باشد.
 - در این روش می توان از ترکیب الکترودهای افقی و عمقی استفاده نمود.
 - عمق دفن الکترودهای افقی بیش از 50cm باشد تا از افزایش پتانسیل در سطح زمین جلوگیری شود. عمق یخ زدگی خاک در زمستان و نیز امکانات حفاری از عواملی هستند که در نهایت عمق دفن الکترودها را تعیین می کنند.
 - گاهی لزوماً الکترودهای زمین در داخل ساختمان و در زیر زمین نصب می شود ، در آنصورت عمق دفن هادی با توجه به کنترل پتانسیل گام و سایر ملاحظات هم پتانسیل سازی ، می بایست مورد توجه قرار گیرد.

ب - آرایش نوع B

- سیستم پایانه زمین نوع B برای ساختمانهایی که در سیستم حفاظتی آنها هادیهای شبکه بندی شده و تعداد زیادی هادی پایین برنده جریان صاعقه استفاده شده است ، بسیار مناسب است.
- در این روش هادی حلقه شده ای در فاصله یک متر از دیواره بیرونی ساختمان و در عمق حداقل 50cm پیرامون سازه مورد حفاظت درون خاک ، نصب می گردد که می بایست حداقل 80% طول پیرامونی سازه را در بر گیرد.
 - استفاده از آماتورهای داخل بتن بی نیز از این نوع الکترودها محسوب می شود.
 - برای سایت هایی که بر روی صخره های سنگی مستقر هستند ، تنها این روش (نوع B) می بایست اجرا گردد.
 - نوع ، جنس و حداقل ابعاد الکترودهای زمین می بایست طبق جدول شماره ۷ و منحنی زیر باشد.
 - برای سایت هایی که در آنها بطور وسیعی از تجهیزات الکترونیکی ، مخابراتی و دیتا نصب شده اند ، روش نوع B توصیه می گردد.



شکل شماره ۱۳: حداقل طول الکترودهای زمین (افقی ، عمقی و حلقه ای) در انواع مختلف LPS

- تذکر: در صورتی که حداقل طول مورد نیاز توسط هادی حلقه شده (نوع B) تامین نشود ، لازم است که مابه تفاوت آن $(L_1 - r_e)$ بصورت هادیهای افقی و یا $(L_1 - r_e)/2$ بصورت هادیهای عمقی به شبکه الکترودها ، اضافه گردد.
- به منظور کاهش بیشتر مقاومت شبکه زمین ، می توان الکترود زمین نوع B را با الکترودهای عمقی (میله) و یا الکترودهای افقی (هادیهای شعاعی سطحی) تکمیل نمود.
 - عمق دفن هادیها با توجه به عمق یخ زدگی خاک، امکان حفاری و نیز روشهای محدود نمودن پتانسیل گام ، تعیین می شود.
 - در جائیکه به علت هم جوارری ساختمانهای دیگر امکان اجرای الکترود نوع B وجود ندارد ، لازم است سایر روشهای دیگر (استفاده از آماتورهای پی و هم بندی میان هادی های پایین برنده) نیز در ترکیب با نوع نقایص B بکارگرفته شود.
 - پوشاندن هادیها توسط پرکننده هایی که به منظور کاهش مقاومت خاک پیرامون الکترودها و جذب رطوبت محیط بکار می روند ، می بایست با آگاهی از (PH) ماده در ترکیب با خاک محیط صورت گیرد ، استفاده از خاک زغال ، نمک و سایر املاحی که سرعت خوردگی هادی را افزایش می دهند ، مجاز نیست.
 - تمامی اتصالات زیر خاک میان فلزات همنام و غیر همنام می بایست بصورت جوش اگزوترمیک باشد ، سایر اتصالات که توسط بست ها و کلمپ های مناسب اجرا شده است می بایست توسط نوارهای آب بندی و سایر عایقهای رطوبتی از امکان خوردگی محافظت گردند.
 - هادیهای لخت (به ویژه فولادی) هنگام عبور در حد فاصل بتن و خاک یا خاک و هوا توسط عایق مناسب پوشیده شوند.

۴-۲-۳-۱-۲-۴ اجرای الکترود زمین در محیطهای صخره ای

در هنگام ساخت ایستگاه های مخابراتی در کوههای صخره ای و سنگی ، استفاده از فوندانسیون ساختمان و پیش بینی های لازم ؛ بهترین روش برای اجرای الکترود زمین می باشد.

مقاومت این شبکه اگر هم بالا باشد، اما همچنان یک شبکه هم پتانسیل شده و مرجع مناسب پتانسیل برای ساختمان فراهم آمده است.

- در این سایتها، همچنان استفاده از روش نوع B و اتصال حلقه شده و هم پتانسیل کننده به هادیهای پایین برنده جریان صاعقه لازم است.

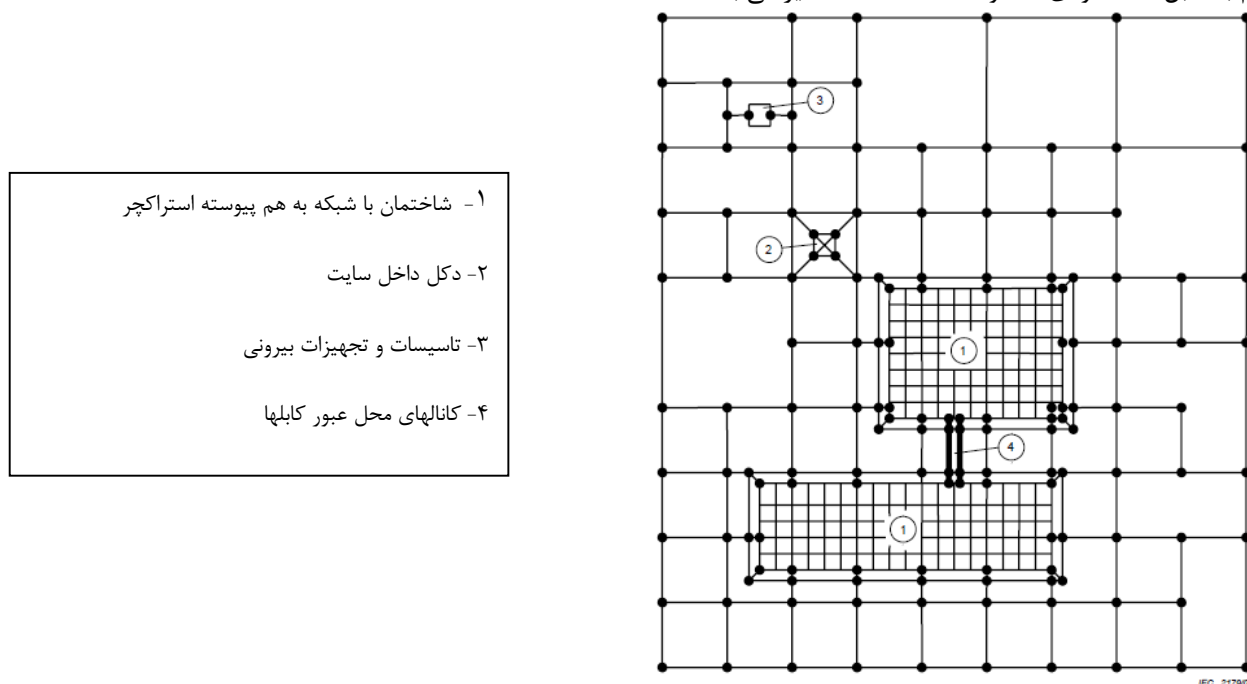
در جائیکه از روش نوع B استفاده می شود امکان حفاری و دفن هادی درون زمین وجود نداشته باشد با تاکید کارفرما سیم ها روی صخره و یا شیار آنها نصب شده و بطریقی از صدمات مکانیکی (پوشیده شدن با بتن و یا قلوه سنگ ها) محافظت گردند.

توجه: در سایت هایی که ساختمانهای متعدد وجود دارد و کابل های برق، دیتا، سیگنال و... میان آنها کشیده شده است، لازم است مجموعه شبکه های زمین ساختمان (الکترو فوندانسیون، نوع A و یا B) از دو یا چند مسیر به یکدیگر متصل شوند.

- این روش امپدانس انتقالی میان ساختمانها را کاهش داده و از نقطه نظر EMS (سازگاری الکترومغناطیسی) به ویژه در سایت هایی که تجهیزات حساس مخابراتی / دیتاموجود است بسیار مهم خواهد بود.

ابعاد این شبکه در اطراف ساختمانهای مجاور 20×20 m و در فواصل دورتر از 30m می تواند بصورت شبکه 40×40 m اجرا شود.

کانالهای کابل نیز در این شبکه به هم پیوسته قرار می گیرند، عبور هادیهای زمین بر روی کابل های محوطه ضمن مهار ضربه های مستقیم به کابل، تا حدودی محدود کننده (LEMP) نیز می باشند.



شکل شماره ۱۴

۴-۲-۱-۳-۳- اجزای طبیعی پایانه زمین

آرماتورهای فولادی بهم پیوسته درون پی ساختمان و یا ردون قطعات فلزی که در زیر زمین مدفون شده اند، به عنوان بخشی از الکترودهای زمین محسوب شوند. به شرطی که تمام شرایط استاندارد IEC 62305-3 در آن رعایت شود. جنس، نوع و مقاطع عادی بکار رفته در پی ساختمان می بایست مطابق با جدول زیر باشد:

جدول شماره ۷: جنس ، نوع و حداقل مقاطع الکترودهای زمین (مس ؛ فولاد ، فولاد ضد زنگ)

Material	configuration	Minimum dimensions			Comments ¹⁰
		Earth rod 0mm	Earth conductor	Earth plate mm ²	
Copper	Stranded ³⁾ Solid round ³⁾ , Solid tape ³⁾ Solid round Pipe Solid plat Lattice plate	15 ⁸⁾ 20	50 mm ² 50mm ² 50mm ²	500*500 600*600	1 .7 mm min .diameter of each strand 6mm diameter 2mm min thickness 2mm min .wall thickness 2mm min. thickness 25mm*2mm sec on minimum length of lattice configura on : 4.8 m
steel	Galvanized Solid round ¹⁾²⁾ Galvanized pipe ¹⁾²⁾ Galvanized Solid tape ¹⁾ Galvanized Solid plat ¹⁾ Galvanized lattice plate ¹⁾ Copper coated solid round ⁵⁾ Bare or galvanized solid tape ⁶⁾⁵⁾ galvanized standard ⁶⁾⁵⁾ galvanized cross profile ¹	16 ⁹⁾ 25 14 50*50* 50	50mm diameter 90 mm ² 10mm diameter 75 mm ² 70 mm ²	500*500 600*600	2mm min. wall thickness 3mm min. thickness 3mm min. thickness 30mm*3mm selec on 250mm minimum radial copper content 3mm min. thickness 1.7mm min. diameter each strand
Stainless steel	Solid round Solid tape	15	1.7mm min. diameter		2mm min.thick

توجه ۱) پوشش می بایست نرم ، پیوسته و بدون جرم و خش و با حداقل ضخامت 50μm باشد. برای هادیهای گرد

مفتولی و 70μm برای هادیهای تسمه ای باشد.

توجه ۲) رزوه کاری باید قبل از گالوانیزه کردن انجام شود

توجه ۳) میتواند با روکش قلع باشد.

توجه ۴) پیوند مس و فولاد می بایست بطور مطمئن صورت گیرد.

توجه ۵) تنها استفاده آن زمانی که بطور کامل در بتن جاگذاری شود ، مجاز می باشد.

- توجه ۶) تنها زمانی مجاز است که هر 5m بطور مناسب برای آماتورهای فولادی داخل بتن که در تماس با خاک زیرین هستند ، متصل شود.
- توجه ۷) کروم بیش از 16% نیکل بیش از 8% و کربن کمتر از 0.07% در بعضی کشورها 12mm نیز مجاز است.
- توجه ۸) در پاره ای موارد ، این میله به زمین منتهی شده و برای اتصال هادیهای پایین برنده جریان صاعقه به نقطه ورودی به زمین ، بکار می روند.
- توجه ۹)

۴-۱-۲-۴- کنترل پتانسیل گام و تماس

مناسب است که در هنگام تخلیه جریان صاعقه پیش بینی های لازم در خصوص محدود نمودن ولتاژهای تماس و گام در بیرون ساختمان در مجاورت اجزای تشکیل دهنده سیستم حفاظت بیرونی لحاظ گردد :

- لازم است در هنگام توفان و اختلالات جوی که فاصله شنیدن رعد و برق ناشی از تخلیه های صاعقه کمتر از 5sec است از حضور افراد در محوطه بیرونی ممانعت بعمل آید .
- صورتیکه تعداد هادیهای پایین برنده جریان صاعقه زیاد باشند و یا از استراکچر فلزی ساختمان به این منظور استفاده شده و سیستم هم پتانسیل با استراکچر به خوبی اجرا شود احتمال خطرات ناشی از ولتاژ تماس خطرناک بسیار کاهش می یابد
- اگر مقاومت سطح خاک تا فاصله 3m از هادی پایین برنده جریان صاعقه بیش از 5kΩ باشد خطر ولتاژ تماس حذف می گردد پوشش آسفالت به ضخامت 5cm و سنگریزه به ضخامت 15cm مقاومت مورد نظر را فراهم می کنند. در صورتی که شرایط فوق ایجاد نشده باشد هشدارهای لازم جهت عدم تماس با هادیهای پایین برنده و عدم تردد در فاصله ۳ متری این هادیها به افراد حاضر در سایت داده شود.

۴-۱-۲-۵- نوع جنس و ابعاد اجزای سیستم حفاظت بیرونی :

حداقل مقاطع و جنس هادیهای بکار گرفته شده در سیستم حفاظتی می بایست با ملاحظات ذکر شده در جداول مربوطه و توسط طراح سیستم حفاظتی انتخاب و کیفیت آنها تایید گردد .

- انتخاب بست ها نگهدارنده ها و محکم کننده ها با در نظر گرفتن نیروی الکتروپنایمیک ناشی از تخلیه صاعقه صورت گیرد. این اجزا می بایست تطابق با انبساط و انقباض ناشی از تغییرات درجه حرارت محیط را داشته باشند .
- می بایست تمامی موارد خوردگی بررسی شده و ملاحظات لازم در این خصوص بکار گرفته شود. این کار می تواند با افزایش مقاطع هادیها استفاده از هادیها با مقاومت خوردگی بالا و یا جلوگیری از خوردگی در نقاط اتصال با انجام جوش های انفجاری (اگزوترمیک) صورت گیرد.

۴-۲-۱-۶- حفاظت در مقابل خوردگی :

انتخاب جنس هادیها برای استفاده جهت میله های برقگیر و یا سیم های پایانه های هوایی و هم چنین الکترودهای داخل خاک در پایانه های زمین می بایست انجام شود از نظر پتانسیل الکتروشیمیایی با سایر هادیهای که به آنها متصل می شوند مطابقت داشته باشند در غیر اینصورت خوردگی در نقطه اتصال بوجود خواهد آمد . اتصال هادیهای مسی با هادیهای فولادی گالوانیزه و یا آلومینیومی می بایست با پیش بینی تمهیدات ضد خوردگی صورت گیرد.

- استفاده از آلومینیوم در خاک مجاز نبوده و در فضای باز نیز بطور مستقیم بر روی ساختمانهای پوشیده شده از مواد آهکی و پلاستر بکار نرود .
- خوردگی فلزات در خاک به جنس هادی و نوع خاک بستگی دارد شرایط محیطی مانند رطوبت و نمک های حل شده در خاک (که تشکیل یک الکترولیت مناسب می دهند) مقدار هوای موجود در خاک و درجه حرارت آن از عوامل تعیین کننده میزان خوردگی می باشند . آلودگی های صنعتی در خاک محیط نیز در خوردگی فلزات درون خاک اثرگذار است .
- اتصال فلزات غیر همنام به یکدیگر به کمک سایر عوامل محیطی و الکترولیتی خاک منجر به افزایش خوردگی فلز اندی نسبت به فلز دیگر با خاصیت کاتدی بیشتر خواهد شد .
- برای کاهش میزان خوردگی در اجزای یک سیستم حفاظتی (LPS) ضمن مشورت با یک متخصص خوردگی می بایست:
 - از فلزات نامناسب در خاکهای خورنده استفاده نشود .
 - از اتصال فلزات غیر همنام با پتانسیل الکتروشیمیایی مختلف اجتناب شود .
 - از هادیهای با مقاطع و ضخامت مناسب و نیز کلمپ ها و بست هایی با مقاومت خوب در مقابل خوردگی استفاده شود .
- در نقاط عبور هادیها از خاک به هوا و یا از بتن به خاک غلاف ها و پوشش های ایزوله کننده بطول 30cm در اطراف فلزات به ویژه فولاد بکار رود .
- حداقل قطر هر رشته یک هادی چند رشته و یا ضخامت هادی تسمه بیش از 1.5 mm برای فلزات مس آلومینیوم فولاد و فولاد با پوشش مس کروم و ... باشد .
- ضخامت گالوانیزه فولاد بیش از 50 μm باشد .
- استفاده از فلز آلومینیوم در خاک و بتن مجاز نیست .
- استفاده از مس برای بیشتر شرایط محیطی غیر از خاک های اسیدی آمونیاکی و سولفور دار مناسب است.
- اتصال میان فلز مس و فولاد در هوا نیز می بایست با عایق رطوبتی مناسب صورت گیرد.
- سیم های مسی درون بتن می توانند بطور مستقیم به آرماتورهای فولادی متصل شوند .
- استفاده از الکتروذمین از جنس فولاد گالوانیزه در جایی مجاز است که در اتصال مستقیم با آرماتورهای فولادی درون بتن قرار نگیرد. در صورت لزوم این اتصال می تواند از طریق یک فاصله هوایی (spark Gap) با تحمل جریان صاعقه 50KA موج (۱۰/۳۵۰ μs) و Up<2/5 Kv صورت گیرد .

۴-۲-۱-۷- نگهداری و بازبینی از سیستم حفاظت در مقابل صاعقه (LPS) :

- بازبینی و کنترل سیستم حفاظتی (LPS) می بایست در شرایط و زمانهای مختلف صورت گیرد .

- در هنگام اجرای سیستم به ویژه طی عملیات نصب قطعاتی که پوشیده می شوند و در مراحل بعدی بازرسی آنها امکان پذیر نمی باشند .
- بعد از اجرای کامل سیستم حفاظتی
- در دوره های مختلف طبق جدول زیر
- بعد از خرابیها تغییرات و یا برخورد صاعقه به سازه .

۴-۲-۱-۸- نوع جنس و ابعاد اجزای سیستم حفاظت بیرونی :

حداقل مقاطع و جنس هادیهای بکار گرفته شده در سیستم حفاظتی می بایست با ملاحظات ذکر شده در جداول مربوطه و توسط طراح سیستم حفاری انتخاب و کیفیت آنها تایید گردد.

- انتخاب بست ها نگهدارنده ها و محکم کننده ها با در نظر گرفتن نیروی الکتروپینامیکی ناشی از تخلیه صاعقه صورت گیرد . این اجزا می بایست تطابق با انبساط و انقباض ناشی از تغییرات درجه حرارت محیط را داشته باشند .
- می بایست تمامی موارد خوردگی بررسی شده و ملاحظات لازم در این خصوص بکار گرفته شود . این کار می تواند با افزایش مقاطع هادیها استفاده از هادیها با مقاومت خوردگی بالا و یا جلوگیری از خوردگی در نقاط اتصال با انجام جوش های انفجاری (اگزوترمیک) صورت گیرد .

۴-۲-۱-۹- نگهداری و بازبینی از سیستم حفاظت در مقابل صاعقه (LPS) :

- در هنگام اجرای سیستم به ویژه طی عملیات نصب قطعاتی که پوشیده می شوند و در مراحل بعدی بازرسی آنها امکان پذیر نمی باشد .
- بعد از اجرای کامل سیستم حفاظتی
- در دوره های مختلف طبق جدول زیر
- بعد از خرابیها تغییرات و یا برخورد صاعقه به سازه

Protection level	Visual inspection (year)	Complete inspection (year)	Critical systems complete inspection (year)
I and II	1	2	1
III and IV	2	4	1

جدول شماره ۸: ماکزیمم فاصله زمانی میان دوره های بازدید از سیستم حفاظتی LPS

- در طی دوره های بازبینی طبق جدول فوق موارد زیر می بایست مورد توجه قرار گیرند :
- خرابی و یا خوردگی اجزای تشکیل دهنده هادیهای پایانه هوایی و اتصالات آنها
- خودرگی الکترودهای زمین و مقدار مقاومت آنها نسبت به زمان احداث (در صورتیکه مقاومت مجموعه الکترودهای بیش از 10 باشد میباید طول الکترودهای مورد توجه قرار گیرد .
- وضعیت اتصالات محکم کننده های و هادیهای سیستم هم پتانسیل با انجام تست پیوستگی و یا بازدید چشمی

- بازرسی سیستم حفاظتی می بایست به منظور تطابق اجرای سیستم با طرح تهیه شده بر مبنای استاندارد مربوطه صورت گیرد .
 - در بازرسی سیستم حفاظتی می بایست نوع و جنس قطعات از نظر امکان خوردگی و نحوه اتصالات و محکم بودن آنها مورد توجه قرار گیرد .
 - طی بازرسی سیستم حفاظتی لازم است برای تجهیزاتی که به تازگی نصب شده اند در تطابق با سیستم حفاظتی تمهیدات لازم اندیشیده شود .
 - تذکر : بازرسی سیستم حفاظتی شامل بررسی مدارک فنی طرح بازبینی چشمی و تست پیوستگی در صورت لزوم می باشد .
- ملاحظات کلی : اجزای سیستم حفاظتی ممکن است پس از مدتی بعلت خوردگی خرابیهای ناشی از شرایط جوی و آسیب های مکانیکی و سایر صدمات ناشی از تخلیه صاعقه کارایی خود را ازدست بدهند در اینصورت اصلاح سیستم طبق توصیه های طراح و نصاب سیستم حفاظتی لازم است. بازرسی نگهداری می بایست طبق برنامه ای هماهنگ صورت گیرد پیش بینی های ضد خوردگی مورد توجه قرار گیرد و مشخصات مکانیکی و الکتریکی اجزای سیستم حفاظتی می بایست طی دوره عمر سیستم ثابت بوده و حفظ گردد در صورت تغییر کاربری ساختمان سیستم حفاظتی می باید مجددا اصلاح گردد.

۳-۴- طراحی و اجرای سیستم حفاظت داخلی (Internal Lightning Protection):

- محافظت اجزا و تاسیسات داخل ساختمان شامل بخشهای زیر می باشد:
- اجرای سیستم ارتینگ داخلی و هم پتانسیل سازی، با ایجاد شبکه همبندی مشترک (CBN) جهت تاسیسات و قطعات فلزی شامل بدنه تجهیزات سیستمهای تغذیه AC و DC و مخابراتی، سینی کابلها لوله های فلزی، شیلد کابلها و
 - شیلد کردن فضاها داخلی که شدت میدان های الکترومغناطیس را در مناطق مختلف حفاظتی (LPZ) کاهش داده و فراتاخت های القایی از وجود امواج را محدود می کند.
 - نصب ارستر های حفاظتی بر روی خطوط تغذیه AC و DC در کلاسهای مختلف I, II, III و ترکیبی و نیز خطوط RF ، دیتا ، تلفن و سیگنال به منظور حفاظت تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی در مقابل فراتاخت ولتاژ ناشی از برخورد مستقیم صاعقه و پالسهای الکترومغناطیسی شدید.

۳-۴-۱- هم پتانسیل سازی در هنگام تخلیه صاعقه (Lightning Equipotential Bonding)

- هم پتانسیل سازی با اتصال اجزای سیستم حفاظت درمقابل صاعقه (LPS) با هادیهای زیر بدست می آید:
- اجزای فلزی سازه ساختمان.
 - تاسیسات فلزی داخل و خارج ساختمان (لوله های فلزی ، سینی کابلها ، تانکها ، دکلها و ...).
 - سیستم های داخلی (بدنه فلزی تجهیزات و سایر تاسیسات داخلی).
 - خطوط هادی متصل شده به ساختمان (خط تغذیه ، تلفن، دیتا و مخابراتی و ...).
 - اتصالات فوق توسط سیم های هادی بطور مستقیم و یا توسط وسایل محافظ در برابر فراتاخت (SPD) بطور غیر مستقیم صورت می گیرد.

- برای سیستم های حفاظت بیرونی (LPS) جداسازی شده ، هم پتانسیل سازی فقط در سطح زمین اجرا می گردد.
- برای سیستم های حفاظت بیرونی (LPS) جداسازی نشده ، هم پتانسیل سازی در فضاهای مختلف زیر صورت می گیرد.
- در زیرزمین و یا نزدیک به سطح زمین ، با نصب یک شینه هم بندی (Equipotential Bar) قابل بازدید که به الکترو د زمین متصل شده باشد. امکان اتصال هادی های هم بندی فراهم گردد؛ برای ساختمانهای بزرگ که طول آنها بیش از 20m باشد ، می توان بیش از یک شینه هم بندی به شرطی که به یکدیگر متصل شوند ، استفاده نمود.
- در سایر فضاهای فنی و مناطق حفاظتی مختلف که لزوم استفاده از شین های هم بندی در آنجا تاکید شده باشد.
- اتصال سیستم های هم پتانسیل می بایست مستقیم و کوتاه باشد.
- حداقل مقاطع هادیهای هم پتانسیل سازی در جدول زیر آمده است.

جدول شماره ۹: حداقل مقاطع هادیهای اتصال دهنده شینه های هم بندی و یا شینه همبندی به سیستم پایا نه زمین

Class of LPS	Material	Cross- section mm ²
I to IV	Copper	14
	Aluminum	22
	Steel	50

جدول شماره ۱۰: حداقل ابعاد هادیهای اتصال دهنده قطعات فلزی داخلی به شینه ای هم بندی

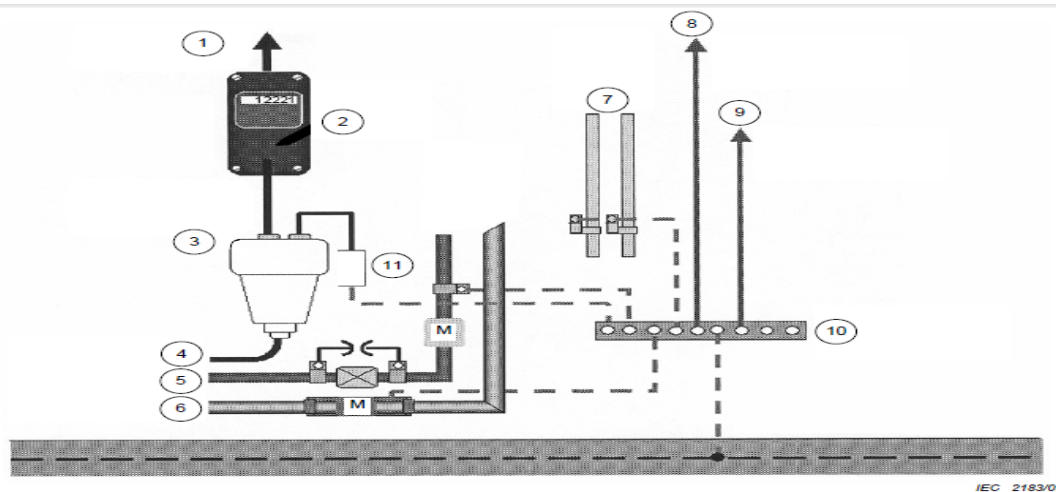
Class of LPS	Material	Cross- section mm ²
I to IV	Copper	5
	Aluminum	8
	Steel	16

توجه : لوله های آب و گاز که حفاظت کاتدیک شده و توسط فلنج هایی با واشر پلاستیکی عایق از سیستم زمین ساختمان جدا شده اند ، می بایست توسط SPD مناسب با ساختار فاصله هوایی (Spark gap) به شینه های هم بندی ساختمان متصل گردند.

۴-۳-۲- اجرای هم پتانسیل سازی برای سیستمهای داخلی

- تمامی قطعات هادی داخل فضای مورد حفاظت و نیز بدنه فلزی تجهیزات منصوب در آن می بایست به سیستم هم پتانسیل متصل گردند.
- اتصال سیستم های حفاظتی سیستم تغذیه تجهیزات (PEN و PE) و نیز سیستم های مخابراتی نیز به شینه های هم بندی در فضاهای مختلف ، ضروری است. برای ساختمانهای بلندتر از 30m ، در هر 20m این هم بندی تکرار می شود. بطوریکه حداقل در این ترازها هادیهای پایین برنده جریان صاعقه در خارج ساختمان به استراکچر فلزی ساختمان و یا هادیهای پایین برنده طبیعی داخلی متصل می شوند.
- هم بندی های لازم جهت تجهیزات سیستم های حساس تغذیه و مخابراتی می بایست از مسیرهای کوتاه و مستقیم صورت گیرد و در صورت لزوم تجهیزات محافظ در برابر فراتاخت ولتاژ (SPD) استفاده شود.

شکل شماره ۱۵: مثالی از چیدمان سیستم هم پتانسیل داخلی



۴-۳-۳- شینه های هم پتانسیل سازی (Equipotential Bonding Bar)

- بر روی دیوار خارجی ساختمان از طرف داخل نصب شده و از کوتاه ترین فاصله به الکترودهای زمین متصل می شوند.
- این شینه در نزدیک نقطه ورودی خطوط تغذیه و سایر خطوط خدماتی به ساختمان قرار می گیرند.
- در ساختمانهای بزرگ ، چندین شینه هم بندی در نقاط مناسب نصب شده و ضمن اتصال به شبکه ارتینگ بیرونی که بصورت رینگ ترکیبی از سایر الکترودهای افقی و عمودی اجرا شده ، به یکدیگر متصل می شوند . برای کاهش جریانهای القایی در مسیرهای حلقه ای مناسب است که برای فضاهای بزرگ از شبکه بهم پیوسته (Mesh) جهت کاهش اثرات القایی استفاده کرد.
- در ساختمانهایی با سازه های بتنی مسلح می توان از اماتورهای دیوارها و کف به منظور ایجاد شبکه بهم پیوسته که محدود کننده اثرات القایی باشد ، به شرط پیش بینی اتصالات مناسب ، استفاده نمود.
- در زمانی که امکان اتصال هم شینه ها به سیستم زمین میسر باشد از شینه یکپارچه استفاده شود.
- شیلد خطوط خدماتی ورودی به ساختمان از قبیل خطوط تغذیه و تلفن ، می بایست از طریق شینه های هم پتانسیل سازی به سیستم زمین متصل شوند. در این حالت مقدار شوک ولتاژ منتقل شده به خطوط فعال ، متناسب با مقطع شیلد ، جریان صاعقه هدایت شده بوسیله آن و طول کابل می باشد. این شوک می بایست توسط وسیله های محافظ در برابر فراتاخت ولتاژ (SPD) مهار شود.
- در صورنیکه خطوط هادی ورودی به ساختمان مورد حفاظت از چند نقطه وارد ساختمان شوند ؛ شینه های هم بندی متعدد در نقاط ورودی نصب شده و ضمن اتصال به الکترودهای بیرونی از نوع A و B ، از داخل به یکدیگر هم متصل می شوند.
- اتصال شبکه رینگ داخلی به سازه های فلزی ساختمان در هر جا که قابل دسترس باشد مناسب است.
- در ساختمانهایی که به طور خاص برای مراکز کامپیوتر و یا سیستمهای مخابرات طراحی و ساخته می شوند اتصال آرماتورهای داخل استراکچر ، هر 5M متر به رینگ شبکه هم پتانسیل داخلی توصیه می شود.

در ساختمانهایی که به طور وسیع از سیستم های حساس مخابراتی استفاده شده است و سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) برای تجهیزات منصوب مورد توجه می باشد، توصیه می شود از یک صفحه مرجع زمین (Reference Ground Plant) با اتصالات کافی به تجهیزات و نیز اماتورهای فولادی سازه ، استفاده نمود.

۴-۳-۴- دلایل ایجاد شبکه همبندی:

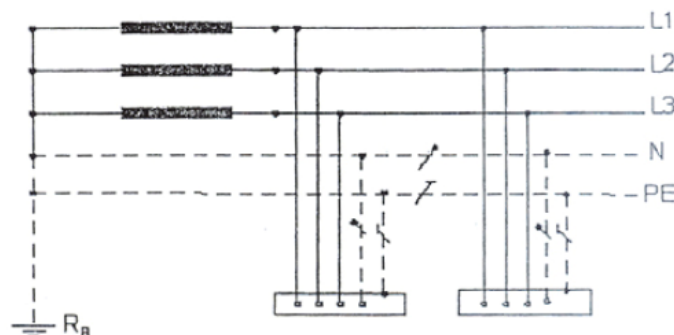
- ایجاد مسیر در تخلیه صاعقه به زمین جهت حفاظت از تجهیزات و ساختمان .
- کاهش نویز
- کاهش تابشهای الکترومغناطیس سیستم
- کاهش تاثیر پذیری سیستم از تابشهای الکترومغناطیس بیرونی و اثرات صاعقه .
- حفظ ایمنی انسان در برابر شوک الکتریکی بر اثر تماس یا ولتاژ گام (شامل حفاظت در برابر اضافه ولتاژهای ناشی از تخلیه الکتریکی صاعقه و اتصال کوتاه)

۵-انواع سیستمهای توزیع نیرو :

یکی از مهمترین عوامل پایداری یک سیستم مخابراتی تغذیه الکتریکی آن می باشد و برق شهری یا برق AC با دو استاندارد اروپایی (220V/50Hz) و آمریکایی (110V/60Hz) با شکل موج سینوسی جهت تغذیه دستگاههای الکتریکی و الکترونیکی مورد استفاده قرار می گیرد. برق AC به طور ناخواسته دارای اختلال و اغتشاش شبکه ای (مانند قطع برق، افت ولتاژ لحظه ای، کاهش طولانی ولتاژ، نویز الکتریکی، تغییرات فرکانس، هارمونیکها، افزایش ولتاژ لحظه ای، افزایش طولانی ولتاژ و نوسانات شدید لحظه ای) بوده و علاوه بر این می تواند به عنوان ورودی اغتشاشات ناشی از برخورد مستقیم صاعقه و یا اثرات ثانویه صاعقه قرار گیرد. لذا شناخت کامل نوع سیستم تغذیه و انتخاب روش ها و تجهیزات حفاظتی صحیح و متناسب با آن از ملزومات داشتن یک سیستم مخابراتی با کارکرد مستمر و نیز حفاظت از لوازم و تجهیزات بکار رفته می باشد.

• سیستم توزیع TN-S

در این سیستم که به سیستم توزیع نیروی پنج سیمه معروف است سه خط هادی فاز و یک خط هادی نول و یک خط هادی حفاظتی (PE) وجود دارد. در این آرایش کابل نول و PE تنها یک بار به هم متصل می شوند ولی کابل PE در این می تواند چندین بار به زمین متصل شود . تغذیه در این سیستم پس از بروز اولین خرابی قطع می گردد و همچنین سازگاری الکترومغناطیسی این سیستم بیشترین مقدار ممکن است . این ساختار برای تمام کاربردها خصوصاً کاربردهای مخابراتی مناسب است .

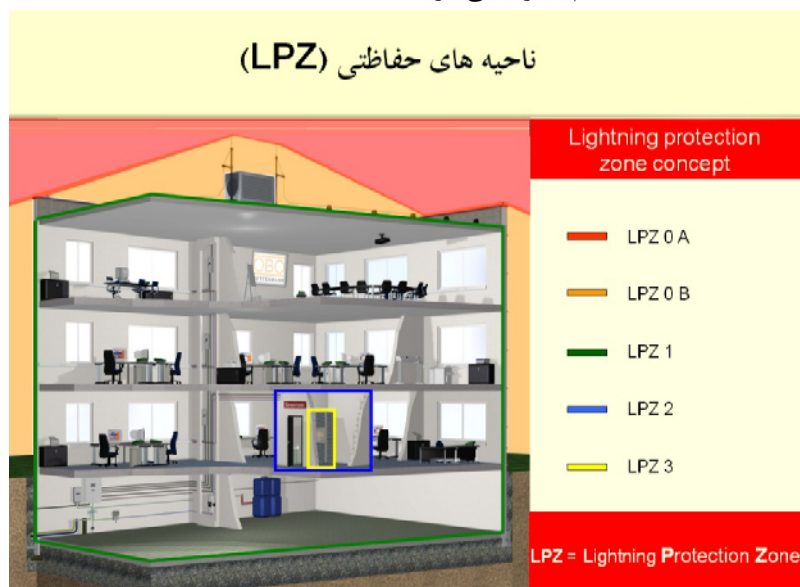


۵-۱- دلیل لزوم شناخت سیستم توزیع نیرو در یک ایستگاه مخابراتی:

بر اساس استاندارد BS7671 و نیز مقررات ایمنی، کیفیت و پیوستگی الکتریکی (ESQCR) سطح مقطع هادی های ارتینگ، همبندی، هادی های حفاظتی و بر اساس جنس و متناسب با نوع سیستم توزیع نیرو مشخص می گردند.

۶- طراحی و نصب سیستم حفاظت در مقابل LEMP (امواج الکترومغناطیسی صاعقه)

مطابق با استاندارد IEC 62305-3 در خصوص حفاظت تاسیسات داخل ساختمان از صاعقه و اثرات مخرب ناشی از میدانهای الکترومغناطیسی از تئوری منطقه بندی (Lightning Protection Zone - LPZ) استفاده می گردد. بر اساس این تئوری، بیرون ساختمان که در معرض ضربه های مستقیم صاعقه قرار دارد Zone 0A و منطقه ای که احتمال اصابت مستقیم صاعقه در آن وجود نداشته اما بیشترین شدت میدان الکترومغناطیسی (LEMP) را داراست Zone 0B نامگذاری می شود. بخشهای داخلی نیز به ترتیب کاهش شدت میدان با نامهای Zone 1,2,3,... نام گذاری می گردند.



LPZ0A: منطقه ای است که در معرض برخورد مستقیم صاعقه قرار دارد در این منطقه شدت میدان الکترومغناطیسی ماکزیمم است و تأسیسات داخلی توسط جریان اصلی صاعقه انتقال یافته از این منطقه تهدید می شود.

LPZ0B: منطقه ای است در خارج ساختمان که خطر برخورد مستقیم صاعقه حذف شده، اما شدت میدان الکترومغناطیسی ناشی از آن همچنان بیشترین است. در این حالت تأسیسات داخلی توسط بخشی از جریان صاعقه تهدید می شوند.

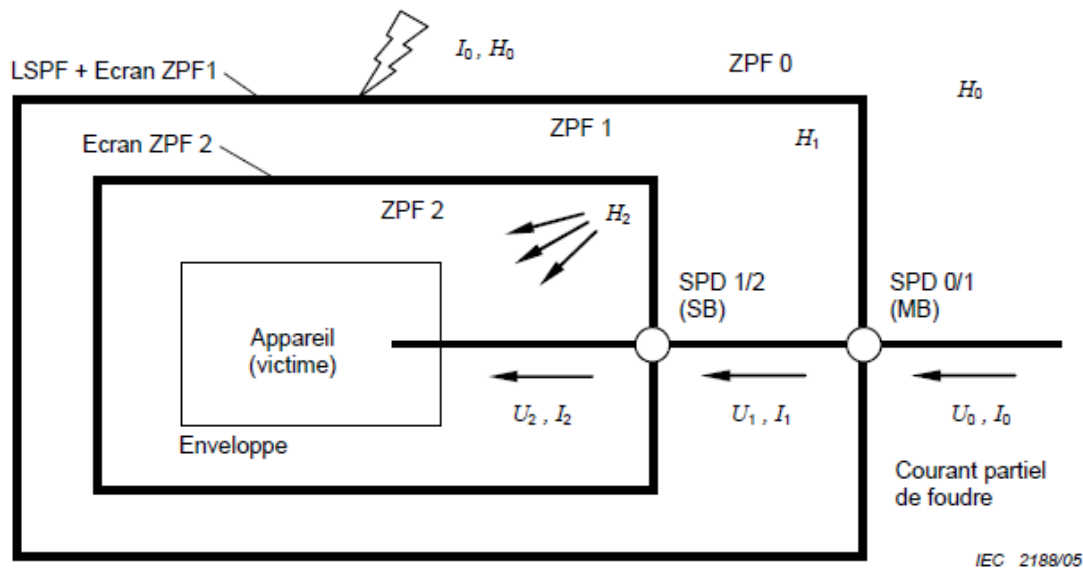
LPZ1: منطقه ای است در داخل ساختمان که شوک جریان صاعقه توسط هادیها و تجهیزات محافظ (SPD) توزیع شده و شدت میدان نیز توسط هادیهای بکار رفته در سازه ساختمان و یا شیلدینگ فضاهای داخلی کاهش یافته است.

LPZ2...n: مناطق داخلی ساختمان هستند که باز هم جریانهای ضربه ای و القائی صاعقه توسط تجهیزات محافظ (SPD) بیشتر محدود شده و شدت میدان هم توسط شیلدهای تکمیلی بسیار کاهش می یابد.

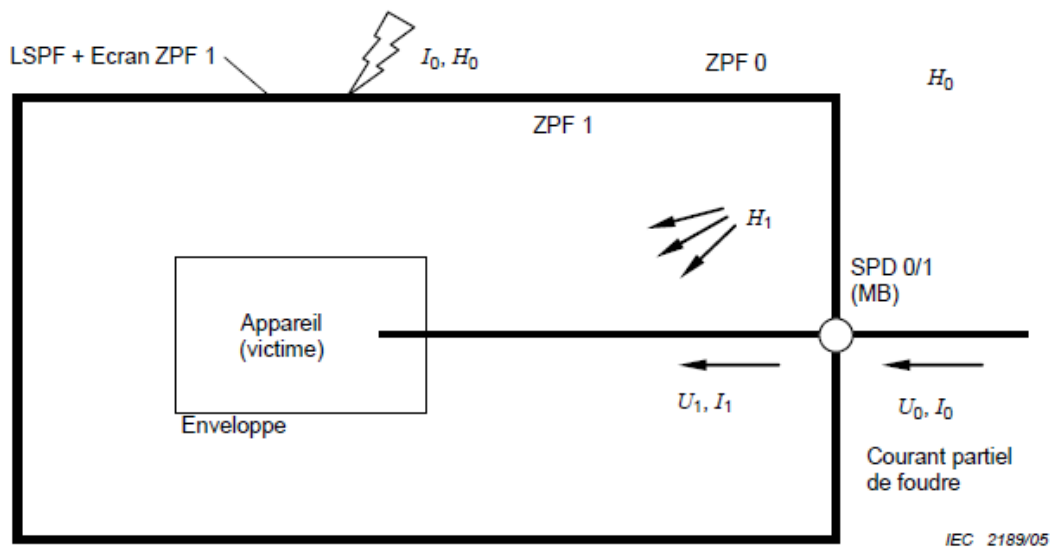
همانطور که بیان شد، برای حفاظت کامل یک سایت در مقابل صاعقه و پیامدهای ناشی از اثرات میدانهای الکترومغناطیسی بر اساس استانداردهای معتبر جهانی (VDE0185 – IEC2305 – BS6651 – NFPA780) رعایت دو بخش سیستم حفاظت خارجی و داخلی نیز به طور همزمان لازم و ضروری است.

۶-۱- اصول کلی تقسیم بندی فضاها به مناطق مختلف حفاظتی (LPZ)

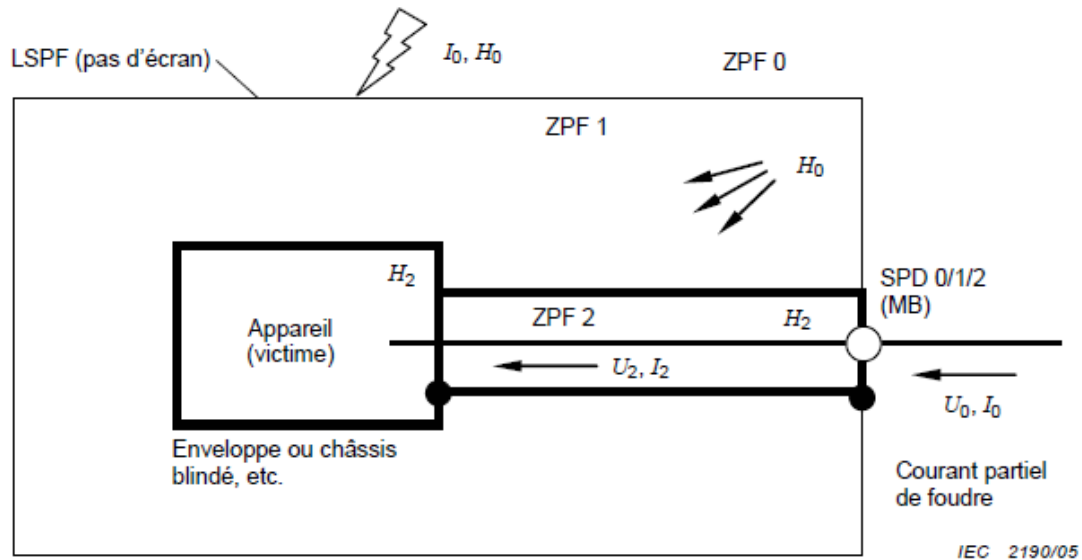
این تصویر ، منطقه بندی یک سازه را به مناطق مختلف داخلی نشان می دهد. تمامی خطوط هادی ورودی به ساختمان در حد فاصل منطقه بیرونی و LPZ1 به شینه های هم بندی متصل شده اند ، همانطور که این خطوط هنگام ورود به LPZ2 (اتاق کامپیوتر) نیز به شینه هم بندی در مزر Z2 متصل شده اند.



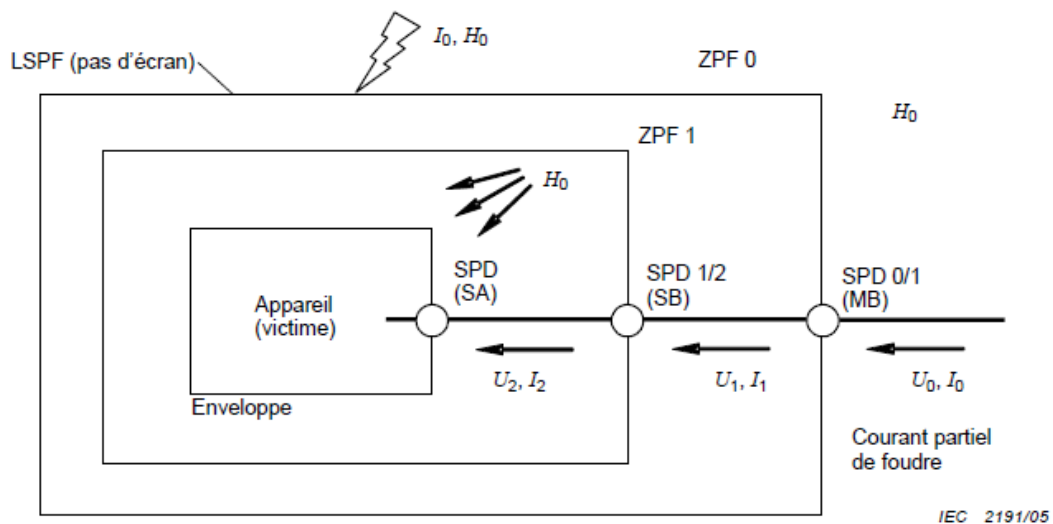
این تصویر نشان گر سیستم حفاظتی LEMP بصورت استفاده از شیلدکردن مزرهای مناطق مختلف حفاظتی و بکارگیری وسایل محافظ در مقابل فراتاخت (SPD) بصورت هماهنگ شده در مزر ورود به هر منطقه است.



این تصویر سیستم حفاظتی LEMP را با استفاده از وسایل محافظ در برابر فراتاخت (SPD) در مرز ورودی به LPZ1 و خطوط داخلی شیلد شده در نقطه ورود به LPZ2 را نشان می دهد.



این تصویر سیستم حفاظتی LEMP را تنها با بکارگیری وسایل محافظ در برابر فراتاخت (SPD) بصورت هماهنگ شده در حد فاصل مناطق مختلف حفاظتی نشان می دهد.



اصولا صدمات به سیستم های الکترونیکی / الکتریکی در اثر LEMP می تواند بعزل زیر واقع شود.

- فراتاخت ولتاژ جریان بصورت القا شده و یا هدایت شده از طریق هادی هایی که به تجهیزات متصل هستند.
 - تابش امواج الکترومغناطیسی ناشی از صاعقه به طور مستقیم به بدنه تجهیزات الکترونیکی که در صورت تطابق تجهیزات با مقررات EMC، این تاثیرات ناچیز بوده و قابل صرف نظر کردن است.
- یک سیستم حفاظت در مقابل LEMP به صورت زیر می بایست طراحی گردد.

- شیلد کردن فضاهائی (دیوار و کف و سقف) که تجهیزات حساس درون آنها قرار دارند به منظور کاهش امواج الکترومغناطیسی.
 - استفاده از وسایل محافظ در برابر فراتاخت (SPD) بصورت هماهنگ شده ، جهت محدود کردن ولتاژها و جریان های فراتاخت انتقال یافته از طریق هادیها.
 - شیلد کردن خطوط ورودی به تجهیزات و تامین شیلد مناسب برای بدنه تجهیزات.
 - در جائیکه ساختمانها با فاصله از یکدیگر قرار گرفته باشند و دارای الکترودهای زمین مجزا باشند ، بخش خطرناکی از جریان اصلی صاعقه از طریق کابلهای ارتباطی به ساختمانها هدایت می شود.
 - در این تصاویر کابلهای برق و سیگنال منطقه LPZ1 دو ساختمان جدا از یکدیگر را که از یک زمین واحد استفاده می کنند ، به هم متصل می کنند.
- در حالی که از کابل شیلد دارد استفاده شده باشد . بکارگیری SPD در نقطه ورودی به هر دو ساختمان منتفی است.

۷-ارستر های حفاظتی خطوط تغذیه تجهیزات و طبقه بندی آنها (Red Line):

ارسترهای کلاس I, II, III بر اساس استانداردهای IEC61643-1 و VDE0675-6 / A و نیز بر مبنای سطح ولتاژ عایقی قابل تحمل تجهیزات تعیین شده در استاندارد IEC60664 و نیز منطقه بندی حفاظتی که قبلاً به آنها اشاره شد، طبقه بندی می گردد .

• ارستر های حفاظتی کلاس I :

به عنوان اولین قدم حفاظت در منطقه 0A-1 ، یک محدود کننده جریان از نوع اسپارک گپ (Spark Gap) در نقطه ورودی کابل تغذیه نیرو به ساختمان استفاده می شود تا همانند یک سد، جریان لحظه ای با شکل موج (s) (10/350) را تحمل کرده و جریان شوک را به موج کم انرژی تر (s) (8/20) جهت ارسترهای بعدی تبدیل کند.

• ارستر حفاظتی کلاس II :

مرحله دوم حفاظت در منطقه 0B-1,2 باید قادر باشد شوکهای باقیمانده از مرحله قبل را با شکل موج (s) (8/20) توسط ارستر کلاس II به زمین هدایت کند. این کار توسط وریستورهای (مقاومت غیر خطی) با ساختار MOV انجام می گردد.

تذکر: بسته به نوع سیستم توزیع نیرو ، محدودیتهای فضای بین تجهیزات و نیز صرفه اقتصادی می توان از ارسترهای ترکیبی کلاس I که سطح ولتاژ حفاظتی آن مطابق با ارستر کلاس II می باشد استفاده نمود که بتوان با یک قطعه هم جریان مستقیم صاعقه با شکل موج (s) (10/350) و هم جریان القایی با شکل موج (s) (8/20) را به سیستم زمین هدایت نمود.

• ارستر حفاظتی کلاس III :

برای حفاظت در منطقه 1-2 و در ترمینال تجهیزات ارسترهایی با قابلیت حذف موج ترکیبی (s) (8/20) جریان و (s) (1.2/50) ولتاژ استفاده می گردد و بر اساس استاندارد IEC61024 باید مستقیماً قبل از تجهیز نصب گردد. تذکر: نصب ارستر ها در سیستمهای مختلف توزیع نیرو ، از نظر نوع سیستم ارتینگ (TT, TN, IT) متفاوت است.

پیوست ۱

مقادیر الکتریکی جریان صاعقه و اثرات آنها:

با مطالعات، بررسیها و مقادیر ثبت شده طی سالها که توسط مؤسسات معتبر جهانی (CIGRE) صورت گرفته، می توان گفت که کمتر از ۱۰ درصد صاعقه ها مثبت و بیش از ۹۰ درصد صاعقه ها دارای پولاریته منفی می باشند. در صورتی که مقادیر اندازه گیری شده محلی در دسترس نباشد، می بایست مقادیر الکتریکی صاعقه طبق آنچه اعلام شده لحاظ گردد. این اعداد برای هر دو نوع صاعقه بالا رونده

(Up ward) و پائین رونده (Down ward) اعتبار دارند، بطوریکه:

- تأثیرات مکانیکی صاعقه با ماکزیمم جریان قله موج (I) و نیز با انرژی مخصوص (W/R) متناسب است.
 - تأثیرات حرارتی صاعقه با انرژی مخصوص (W/R) هنگامی که در یک هادی مقاومتی جریان می یابد و همچنین با بار (Q) وقتی که جرقه الکتریکی در تأسیسات ایجاد می شود، متناسب است.
 - ضربه های ولتاژ و جرقه های خطرناک نیز با شدت تغییرات میدان الکترومغناطیسی صاعقه (di/dt) متناسب است.
- مقادیر I, Q, W/R که اثرات و حرارت صاعقه را معین می کنند از صاعقه های مثبت (که مقادیری بیش از صاعقه های منفی دارند) استخراج شده است بطوریکه:

$$I = 200 \text{ KA}$$

$$Q_{\text{flash}} = 300 \text{ C}$$

$$Q_{\text{short}} = 100 \text{ C}$$

$$di/dt = 20 \text{ KA} / \mu \text{ sec}$$

توجه: از این مقدار نیز در تست وسایل محافظ در برابر فراتاخت ولتاژ (SPD) به منظور سنجش تحمل الکتروادهای فاصله های هوایی (Spark gap) و جذب انرژی عناصر ورستوری (MOV) استفاده می شود.

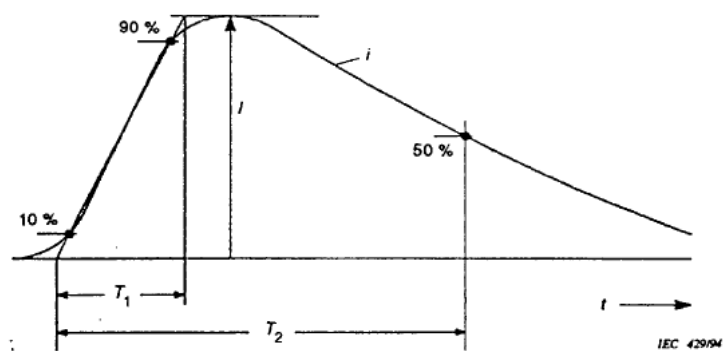
* ضربه اصلی و اولیه صاعقه دارای زمان پیشانی موج $T_1 = 10 \mu \text{S}$ (زمان ۱۰ درصد تا رسیدن به ۹۰ درصد مقدار قله موج و زمان کاهش موج) $T_2 = 350 \mu \text{sec}$ (زمان نزول تا رسیدن به ۵۰ درصد مقدار قله موج) می باشد.

- مقدار ماکزیمم (di/dt) شدت تغییرات زمانی صاعقه که منجر به اضافه ولتاژهای القایی بر روی هادیها می شود، از آمار مقادیر مربوط به ضربه های متعاقب صاعقه های منفی استخراج شده است بطوریکه:

$$I = 50 \text{ KA}$$

$$di/dt = 200 \text{ KA} / \mu \text{sec}$$

ضربه کوتاه بعدی صاعقه دارای زمان پیشانی موج $T_1 = 0.25 \mu \text{Sec}$ و زمان کاهش موج $T_2 = 100 \mu \text{Sec}$ می باشد.



ضربه اصلی و کوتاه مدت جریان صاعقه $(10/35\mu s)$

پیوست ۲

سیستمهای توزیع نیرو :

یکی از مهمترین عوامل پایداری یک سیستم مخابراتی تغذیه الکتریکی آن می باشد و برق شهری یا برق AC با دو استاندارد اروپایی (220V/50Hz) و آمریکایی (110V/60Hz) با شکل موج سینوسی جهت تغذیه دستگاههای الکتریکی و الکترونیکی مورد استفاده قرار می گیرد. برق AC به طور ناخواسته دارای اختلال و اغتشاش شبکه ای (مانند قطع برق، افت ولتاژ لحظه ای، کاهش طولانی ولتاژ، نویز الکتریکی، تغییرات فرکانس، هارمونیکها، افزایش ولتاژ لحظه ای، افزایش طولانی ولتاژ و نوسانات شدید لحظه ای) بوده و علاوه بر این می تواند به عنوان ورودی اغتشاشات ناشی از برخورد مستقیم صاعقه و یا اثرات ثانویه صاعقه قرار گیرد. لذا شناخت کامل نوع سیستم تغذیه و انتخاب روش ها و تجهیزات حفاظتی صحیح و متناسب با آن از ملزومات داشتن یک سیستم مخابراتی با کارکرد مستمر و نیز حفاظت از لوازم و تجهیزات بکار رفته می باشد.

بطور کلی سه نوع سیستم نیرو به شرح زیر معمول است :

- سیستم TT
- سیستم TN
- سیستم TN-C
- سیستم TN-S
- سیستم TNC-S
- سیستم IT

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

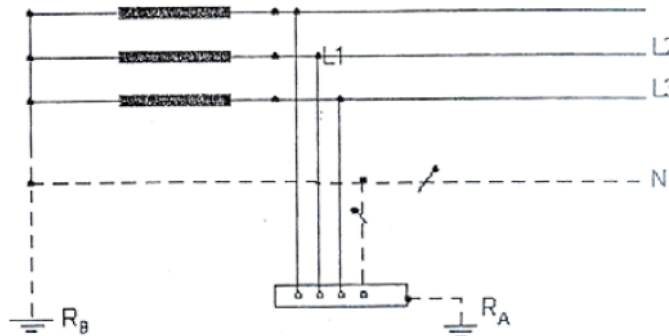
- T : یک نقطه از سیستم مستقیماً به زمین وصل است (معمولاً نقطه خنثی) Earth-Terre
- I : قسمت های برقدار سیستم نسبت به زمین عایق اند یا یک نقطه از سیستم از طریق یک امپدانس به زمین وصل است. (Isolated)

حرف دوم از سمت چپ مشخص کننده رابطه بدنه های هادی تأسیسات با زمین است :

- T : بدنه های هادی از نظر الکتریکی مستقیماً و مستقل از اتصال زمین سیستم نیرو به زمین وصل می شوند.
 - N : بدنه های هادی از نظر الکتریکی مستقیماً به نقطه زمین شده نیرو وصل می شوند. Neutral
- علاوه بر این دو حرف، در سیستم TN از حروف اضافی دیگر برای مشخص کردن نحوه بکارگیری هادی های حفاظتی PE و خنثی N استفاده می شود :
- S : در سرتاسر سیستم ، بدنه های هادی از طریق یک هادی مجزا (PE) به نقطه خنثی (N) در مبدأ سیستم وصل اند.
 - C : در سرتاسر سیستم ، بدنه های هادی به هادی مشترک حفاظتی خنثی (PEN) وصل اند.
 - در مواردی که قسمتی از سیستم از مبدأ تا نقطه تفکیک هادی توأم حفاظتی - خنثی (PEN) دارند و از آن به بعد دو هادی حفاظتی (PE) و خنثی (N) از هم جدا می شوند ، از دو حرف C و S استفاده خواهد شد ، به نحوی که چنین سیستمی به صورت TN-C-S مشخص می شود.

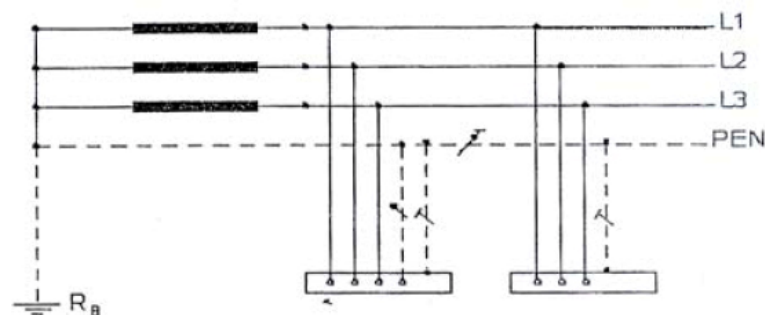
• سیستم توزیع TT

این سیستم یک سیستم توزیع نیروی پنج سیمه بوده که شامل سه هادی فاز یک هادی نول و یک هادی حفاظتی (PE) می باشد. در ورودی منبع هادی نول یکبار به زمین منبع متصل شده است و هادی های حفاظتی به زمین تاسیسات متصل می باشند. پس از بروز اولین خطا (نقص عایق بندی و یا اتصال کوتاه) تغذیه تمام و یا بخشی از مدار قطع می شود.



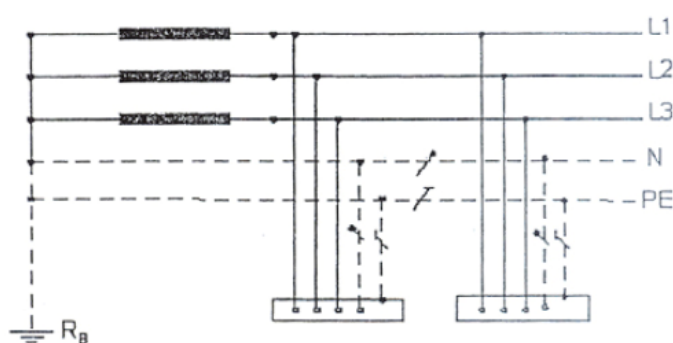
• سیستم توزیع TN-C

در این سیستم که به سیستم توزیع نیروی چهار سیمه معروف است سه خط هادی فاز و یک خط هادی ترکیبی نول و حفاظتی (PE) وجود دارد. این ساختار برای کاربردهای مخابراتی مناسب نیست و جزئیات بیشتر آن در مقررات 546-02-01 از استاندارد BS7671 در دسترس می باشد.



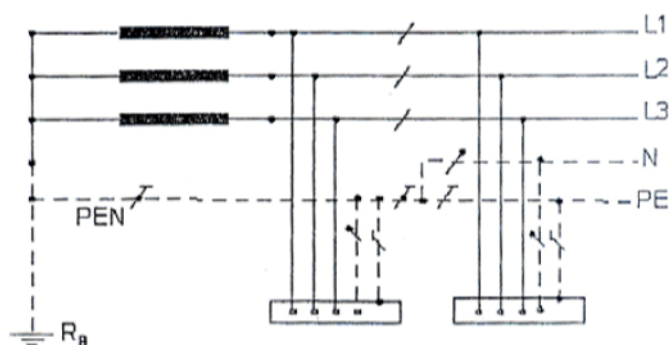
• سیستم توزیع TN-S

در این سیستم که به سیستم توزیع نیروی پنج سیمه معروف است سه خط هادی فاز و یک خط هادی حفاظتی (PE) وجود دارد. در این آرایش کابل نول و PE تنها یک بار به هم متصل می شوند ولی کابل PE در این می تواند چندین بار به زمین متصل شود. تغذیه در این سیستم پس از بروز اولین خرابی قطع می گردد و همچنین سازگاری الکترومغناطیسی این سیستم بیشترین مقدار ممکن است. این ساختار برای تمام کاربردها خصوصاً کاربردهای مخابراتی مناسب است.



• سیستم توزیع TN-C-S

انتقال نیرو در این سیستم با آرایش TNC بوده و جریان به صورت TNS توزیع می شود. اتصال نول به گراند در این سیستم تنها در ورودی ساختمان تجهیزات مجاز می باشد. زیرا تکرار اتصال نول به گراند باعث عبور جریان برگشتی نول از بدنه تجهیزات و ساختمان شده و اختلالات رادیویی ایجاد می کند.



- سیستم توزیع IT
- پیاده سازی این سیستم جز در موارد خاص و مطابق با استاندارد BS 7671 توصیه نمی شود.
-

