فصل ۱۴
سیستم حفاظت در برابر آذرخش (برقگیر حفاظتی)

۱-۱۴ کلیات

۱-۱-۱۴ به‌منظور حفاظت ساختمانهای بلند، بناهای تجمعی، بناهای درمانی / مراقبتی، بناهای صنعتی و سازه‌هایی از قبیل برجها، دودکشها، مناره‌ها، خطوط انتقال نیرو، پالایشگاهها و مانند آن در برابر آذرخش، باید با توجه به‌ارزیابی خطر صاعقه در طرح و اجرای کلیه بناهای مرتفع و تأسیسات مزبور سیستمهای حفاظت در برابر آذرخش (برقگیر حفاظتی) متناسب با موردکاربرد پیش‌بینی و اجرا شود.

۲-۱-۱۴ ارزیابی میزان خطر آذرخش برای هر بنا یا سازه، بستگی به‌عواملی همچون نوع بنا یا سازه (برج، مسکونی، تجمعی، درمانی، صنعتی و مانند آن)، ساختار و مصالح به‌کار رفته در بنا (چوب، آجر، بتن، فولاد و مانند آن)، ارتفاع ساختمان و موقعیت نسبی آن نسبت به‌بلندی سایر بناها، موقعیت توپوگرافی محل (زمین مسطح، تپه ماهور، کوهستانی)، محتوای تصرف از نظر آتشگیری و نیز دفعات رعد و برق در منطقه موردنظر خواهد داشت.

۳-۱-۱۴ اصول محافظت ساختمانها و دیگر تأسیسات موردنظر، در برابر آذرخش براساس جذب، هدایت و دفع بار الکتریکی به‌زمین از طریق مسیر عبور جریان برق جداگانه با حداقل مقاومت و بدون این که خطری ایجاد کند استوار می‌باشد، که ممکن است شامل سیستمهای حفاظت بیرونی و درونی باشد. مسیر مذکور شامل پایانه‌های هوایی[1]، شبکه هادیها از تسمه و یا سیم مسی رابط و پایانه‌های زمینی[2] یا چاههای اتصال زمین می‌باشد. ساده‌ترین نوع برقگیر که در سال ۱۷۵۳ به‌وسیلهٔ بنجامین فرانکلین طرح و ساخته شد میله فرانکلین است.

۴-۱-۱۴ به‌طور کلی برقگیرهایی که معمولاً برای محافظت خارجی ساختمانها و دیگر تأسیسات یادشده ممکن است به‌کار برده شود به‌قرار زیر است:

الف: برقگیر قفس فاراده یا شکلی از آن

ب: برقگیر مولد برق اولیه (ESE)[3] موسوم به‌الکترونیک

۵-۱-۱۴ برقگیر قفس فاراده شامل تعدادی پایانه‌های هوایی (میله‌های برقگیر فرانکلین) می‌باشد که بر روی سطوح مرتفع پشت‌بام ساختمانهای مختلف و یا در بلندترین قسمت برج و دیگر تأسیسات مشابه نصب و به‌وسیلهٔ شبکه تسمه مسی به‌یکدیگر مرتبط و از یک و یا چند نقطه مختلف با استفاده از تسمه یا سیم مسی لخت به‌سیستم پایانه‌های زمینی (شبکه اتصال زمین) مربوط متصل می‌شود. شکل دیگر

1- Air terminals 2- Ground terminals 3- Early Streamer Emission

برقگیر قفس فاراده شامل سیستم پایانه‌های هوایی متشکل از هر ترکیبی از میله‌ها، سیمهای کشیده شده و شبکهٔ هادیها می‌باشد.

۱۴ ـ ۱ـ۶ برقگیر الکترونیک شامل یک یا تعدادی پایانه هوایی الکترونیک با ملحقات و اتصالات مربوط می‌باشد، که برحسب مورد ممکن است در مرکز بلندترین قسمت پشت‌بام، برج، دودکش و دیگر تأسیسات مشابه، و یا بر روی سطوح مرتفع ساختمان مورد حفاظت برروی پایه مربوط نصب و به‌وسیله تسمه یا سیم مسی لخت به‌یکدیگر مرتبط و سپس از یک یا چند نقطه مختلف به‌سیستم پایانه‌های زمینی (شبکه اتصال زمین) متصل شود.

شعاع فضای محافظت‌شده از مرکز هر برقگیر الکترونیک بستگی به‌مدل، ساختمان، ارتفاع نصب، و موارد کاربرد آن دارد.

۱۴ ـ ۲ تعاریف

۱۴ ـ ۲ـ۱ به‌طور کلی، سیستم حفاظت در برابر آذرخش مشتمل بر تأسیسات حفاظت بیرونی (ساختمان) و در صورت لزوم تأسیسات حفاظت درونی آن می‌باشد.

۱۴ ـ ۲ـ۲ سیستم تأسیسات حفاظت بیرونی ساختمان در برابر آذرخش شامل یک یا چند سیستم پایانه هوایی، یک یا چند هادی نزولی و یک یا چند سیستم پایانه زمینی می‌باشد.

۱۴ ـ ۲ـ۳ سیستم تأسیسات حفاظت درونی ساختمان در برابر آذرخش شامل تمامی تجهیزات و اقداماتی است که اثرات الکترو مغناطیسی جریان برق ناشی از آذرخش را درون حجم موردنظر کاهش می‌دهد.

۱۴ ـ ۲ـ۴ پایانه هوایی

فوقانی‌ترین بخش یک سیستم حفاظت در برابر آذرخش که در نوع قفس فاراده شامل میله یا لوله نوک تیز (میله و سر میله یک یا چند شاخه) با اندازه و جنس مشخص، پایه نصب و محل اتصال هادیهای ارتباطی بوده و در اشکال دیگر قفس فاراده متشکل از هر ترکیبی از میله‌ها، سیمهای کشیده‌شده و شبکه هادیها خواهد بود و در برقگیرهای الکترونیکی، که در انواع مختلف ساخته می‌شود، به‌طورکلی شامل میله برقگیر، مجموعه یونیزه‌کننده الکترونیکی، پایه نصب و محل اتصال هادیهای ارتباطی است.

۱۴ ـ ۲ـ۵ پایانهٔ زمینی

بخشی از یک سیستم تأسیسات حفاظت بیرونی در برابر آذرخش که ممکن است شامل یک یا چند الکترود میله‌ای، لوله‌ای، تسمه‌ای یا ورق مسی مدفون در زمین باشد که به‌صورت شبکه بسته یا شعاعی، عمودی یا مایل، یا جاسازی شده در پیها برای هدایت و توزیع برق ناشی از آذرخش به‌زمین به‌کار می‌رود.

۱۴ـ۲ـ۶ کلاس حفاظت[1]

طبقه‌بندی یک سیستم حفاظت در برابر آذرخش که مبین سطح کارایی آن است.

۱۴ـ۲ـ۷ هادی نزولی[2]

بخشی از سیستم تأسیسات حفاظت بیرونی ساختمان در برابر آذرخش که جریان برق آذرخش را از سیستم پایانهٔ هوایی به‌سیستم پایانه زمینی انتقال می‌دهد.

۱۴ـ۳ استانداردها و مشخصات فنی سیستمهای حفاظت در برابر آذرخش

۱۴ـ۳ـ۱ لوازم و تجهیزات مورد استفاده در سیستم حفاظت در برابر آذرخش باید برابر یکی از استانداردهای شناخته شده و معتبر جهانی همچون IEC 1024، NFPA 78، BS 6651 و NFC 17-102 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد. روش نصب سیستمهای مذکور نیز باید با ضوابط و معیارهای مندرج در یکی از استانداردهای نامبرده مطابقت نماید.

۱۴ـ۳ـ۲ مشخصات سیستم برقگیر نوع قفس فاراده یا شکلی از آن

۱۴ـ۳ـ۲ـ۱ لوازم مورد مصرف در سیستم حفاظتی باید از نوع مقاوم در برابر زنگ‌زدگی و خوردگی بوده و یا این که به‌نحو قابل قبولی در برابر عوامل مذکور مقاوم شده باشد. استفاده از دو نوع جنس مختلفی که ایجاد شرایط الکترولیتی نموده و در مجاورت رطوبت موجب تسریع در خوردگی می‌شود به‌هیچ وجه مجاز نخواهد بود.

۱۴ـ۳ـ۲ـ۲ در مواردی که بخشی از سیستم حفاظتی از جنس مس بوده و در معرض مستقیم گازهای متصاعد از دودکش یا دیگر گازهای خورنده قرار می‌گیرد، قسمت یاد شده باید به‌وسیله یک اندود حفاظتی از جنس سرب یا ماده محافظ مشابه دیگر با روش غوطه‌وری گرم[3] پوشیده شود. در این‌گونه موارد اندود نامبرده باید حداقل تا ۶۰ سانتیمتر پایین‌تر از دهانه دودکش ادامه یابد.

۱۴ـ۳ـ۲ـ۳ مشخصات پایانه‌های هوایی قفس فاراده به‌شرح زیر خواهد بود:

الف ـ میلهٔ برقگیر یک‌پارچه و سر میلهٔ تک‌شاخه و یا چند شاخه باید از جنس مس خالص (با ضریب رسانایی حدود ۹۵ درصد) ساخته شده و نوک شاخه‌ها به‌شکل مخروطی تیز بوده و صیقلی شده باشد. برای نصب سرمیله (تک شاخه و یا چند شاخه) بر روی میله برقگیر باید قسمت داخلی انتهای آن دارای دنده متناسب با دنده میله برقگیر باشد. انواع میله برقگیر در شکل ۱۴ـ۱ نشان داده شده است.

ب ـ میلهٔ برقگیر دو پارچه باید از میله مسی و یا لوله مسی صیقل داده شده ساخته شده و دو سر آن (یک‌سر برای سوار کردن سر میله و سر دیگر جهت نصب روی پایه) به‌طول مناسب دنده‌شده باشد.

1– Protection level 2– Down-conductor 3– Hot dip

قطر میله برقگیر دو پارچه باید حداقل $\frac{5}{8}$ اینچ و حداکثر یک اینچ بوده و طول آن نیز حداقل یک متر و حداکثر دو متر باشد. (شکل ۱۴ ـ ۱). در مواردی که ارتفاع میله برقگیر از یک‌متر متجاوز باشد باید از نقطه‌ای که از نصف ارتفاع آن کمتر نباشد حفاظت لازم از نظر ایستایی میله درنظر گرفته شود.

پ ـ میلهٔ برقگیر مخصوص تیرهای فلزی نصب پرچم مشابه سر میله تک شاخه بوده ولی باید دارای پایه مناسب برای نصب روی تیر و همچنین حفاظ باشد.

۱۴ ـ ۳ـ۲ـ۴ شبکهٔ ارتباطی بین میله‌های برقگیر در پشت‌بام باید از تسمه مسی با حداقل ابعاد ۳×۲۰ میلیمتر تشکیل شده باشد.

۱۴ ـ ۳ـ۲ـ۵ در مواردی که از شبکه پایانه هوایی (برابر استاندارد BS 6651) استفاده می‌شود حداقل سطح مقطع هادیهای موازی رشته‌ای باید ۵۰ میلیمتر مربع درنظر گرفته شود.

۱۴ ـ ۳ـ۲ـ۶ هادیهای ارتباطی (هادیهای نزولی) بین شبکه پایانه‌های هوایی در پشت‌بام و پایانه‌های زمینی باید از نوع تسمه‌مسی با حداقل ابعاد ۳×۲۰ میلیمتر و یا سیم مسی لخت با حداقل سطح‌مقطع ۷۰ میلیمتر مربع باشد.

۱۴ ـ ۳ـ۲ـ۷ سیستم پایانه‌های زمینی باید یکی از انواع میله اتصال زمین، لوله اتصال زمین و یا ورق مسی یکپارچه یا مشبک دفن شده در زمین یا چاه اتصال زمین باشد؛ لیکن در هر صورت مقاومت سیستم پایانه‌های زمینی نباید از پنج اهم تجاوز کند.

برای مشخصات و اصول و روشهای نصب انواع پایانه‌های زمینی (سیستم اتصال زمین) به‌فصل ۱۵ مراجعه شود.

۱۴ ـ ۳ـ۲ـ۸ در مواردی که سیستم برقگیر برابر استاندارد IEC 1024-1 طراحی و اجرا می‌شود، حداقل طول الکترودهای پایانه‌های زمینی باید با توجه به‌کلاس حفاظت مربوط و مقاومت زمین برحسب منحنی شکل ۱۴ ـ ۲ تعیین شود.

۱۴ ـ ۳ـ۳ مشخصات فنی برقگیر الکترونیک (ESE) براساس استاندارد NFC 17-102

۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۱ پایانه‌های هوایی الکترونیک باید شامل یک میله نوک تیز به‌شرح بند ۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۲ ، یک دستگاه محرک[1]، و یک میله پایه مجهز به‌سیستم اتصال هادی نزولی باشد. این نوع برقگیر انرژی موجود در هوای متلاطم پیش از طوفان را جذب و به‌وسیله دستگاه محرک الکترونیکی هوای اطراف میله برقگیر را یونیزه می‌نماید.

سطح حفاظت شده به‌وسیله یک برقگیر الکترونیکی (ESE) با استفاده از یک مدل الکترو ژئومتری[2] و پیشروی زمان تخلیه[3] آن تعیین می‌شود.

۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۲ مشخصات هر دستگاه برقگیر الکترونیک باید با اندازه‌گیری پیشروی زمان تخلیه صاعقه آن در مقایسه با یک میله برقگیر ساده، که در آزمونهای ارزیابی برقگیر تعیین می‌شود، مشخص گردد.

۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۳ لوازم و تجهیزاتی که جریان برق صاعقه از آن عبور می‌نماید باید از جنس مس، آلیاژ مس یا فولاد ضدزنگ باشد. میله و سرمیله پایانه‌های هوایی باید دارای حداقل ۱۲۰ میلیمتر مربع سطح مقطع رسانا باشد.

1– Triggering device

2– Electro-geometrical model

3– Triggering advance (ΔT)

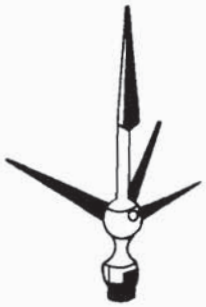
انواع میله برقگیر و سر میله برقگیر

(الف) میله برقگیر یکپارچه
جنس: مس
قطر: $\frac{5}{8}$ الی ۱ اینچ
طول: ۳۰ الی ۲۰۰ سانتیمتر

(ب) میله برقگیر یکپارچه
جنس: مس
قطر: $\frac{1}{2}$ الی $\frac{5}{8}$ اینچ
طول: ۳۰ الی ۵۰ سانتیمتر

(پ) میله برقگیر تیر پرچم
جنس: مس

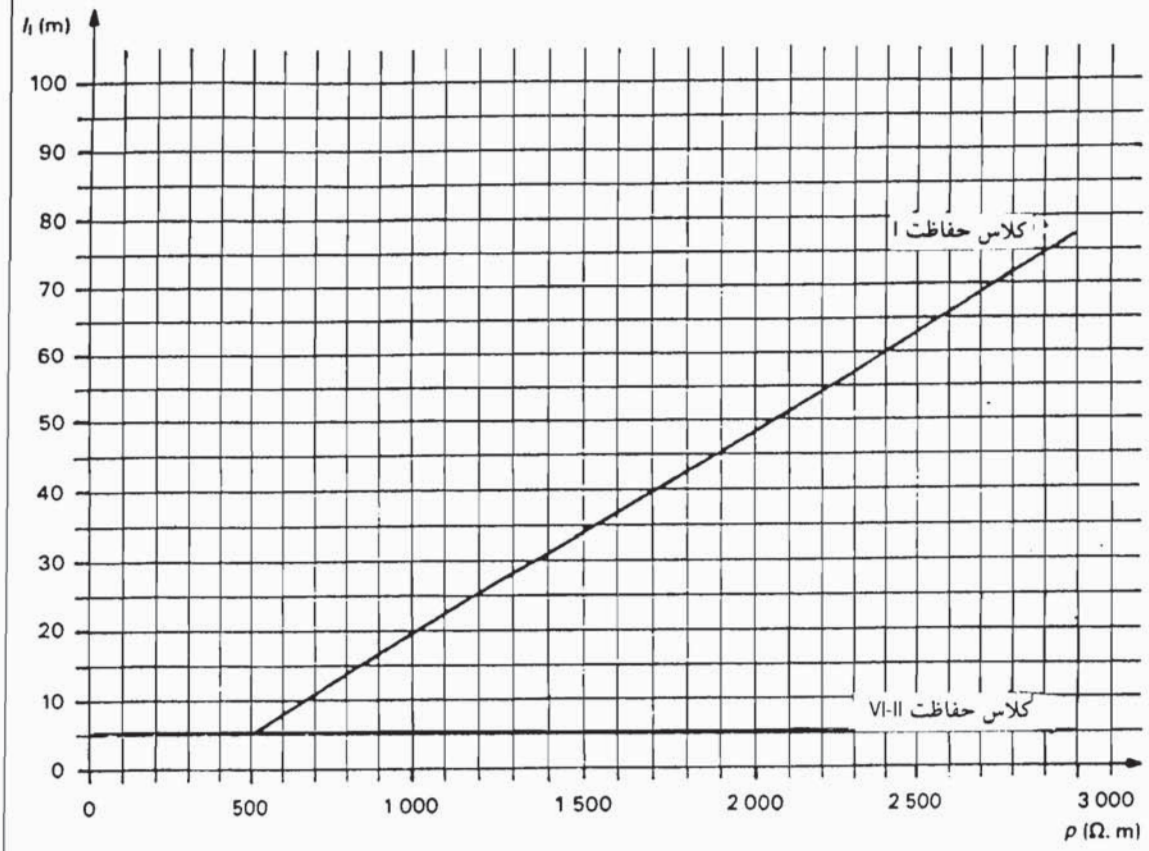
(ت) سرمیله تک‌شاخه
جنس: مس



(ث) سرمیله چندشاخه
جنس: مس

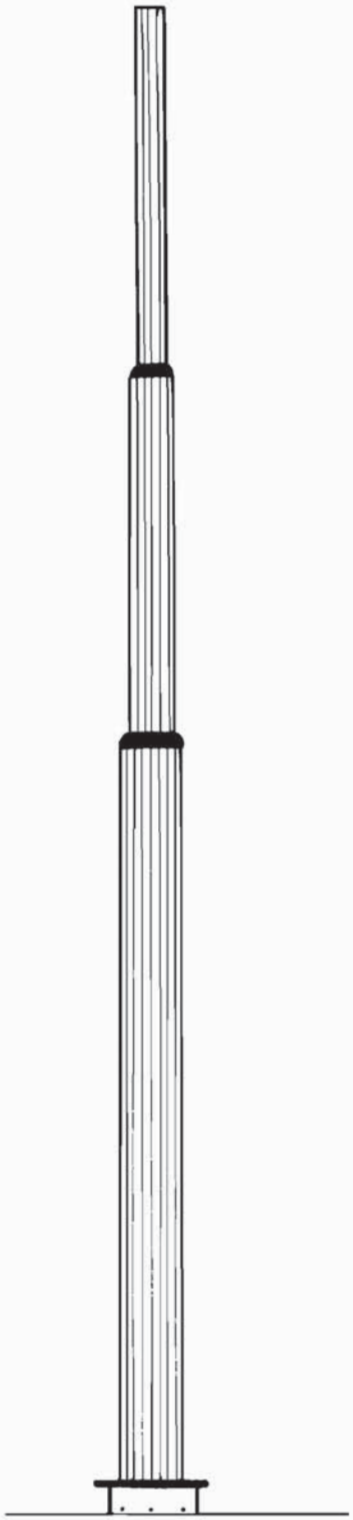
(ج) میله برقگیر برای سرمیله‌های تکی و یا چندشاخه
جنس: مس
قطر: $\frac{5}{8}$ الی ۱ اینچ
طول: ۱۰۰ الی ۲۰۰ سانتیمتر

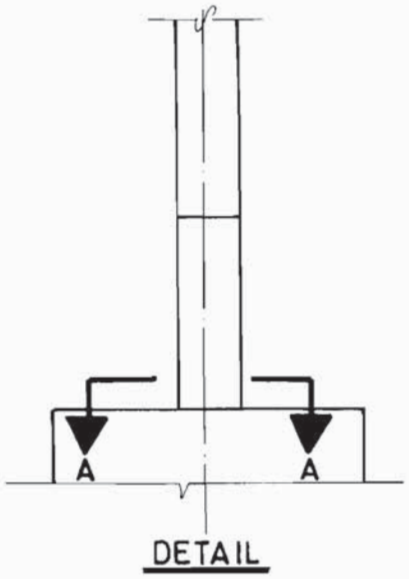
شکل ۱۴ ـ ۱

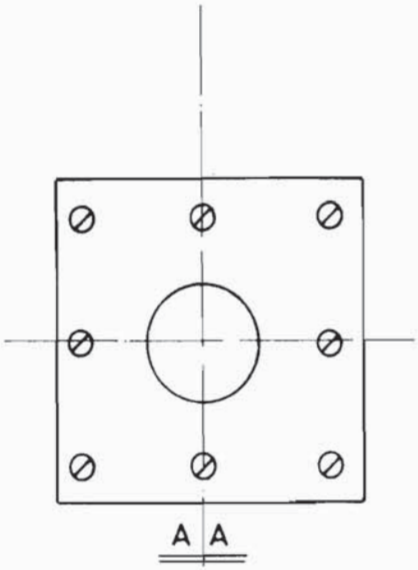


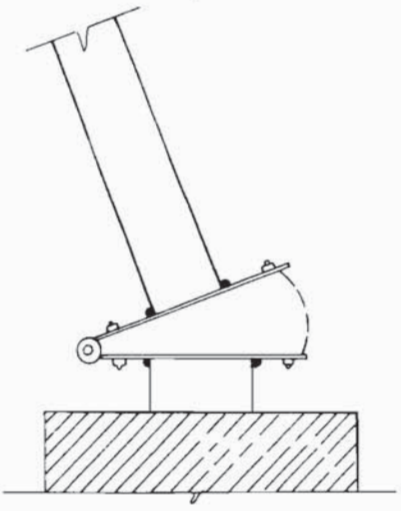
شکل ۱۴ ـ ۲ حداقل طول الکترودهای پایانهٔ زمینی برحسب کلاس حفاظت و میزان مقاومت زمین برابر استاندارد IEC 1024-1.

دکل حامل برقگیر الکترونیک نوع تیر فلزی تلسکوپی



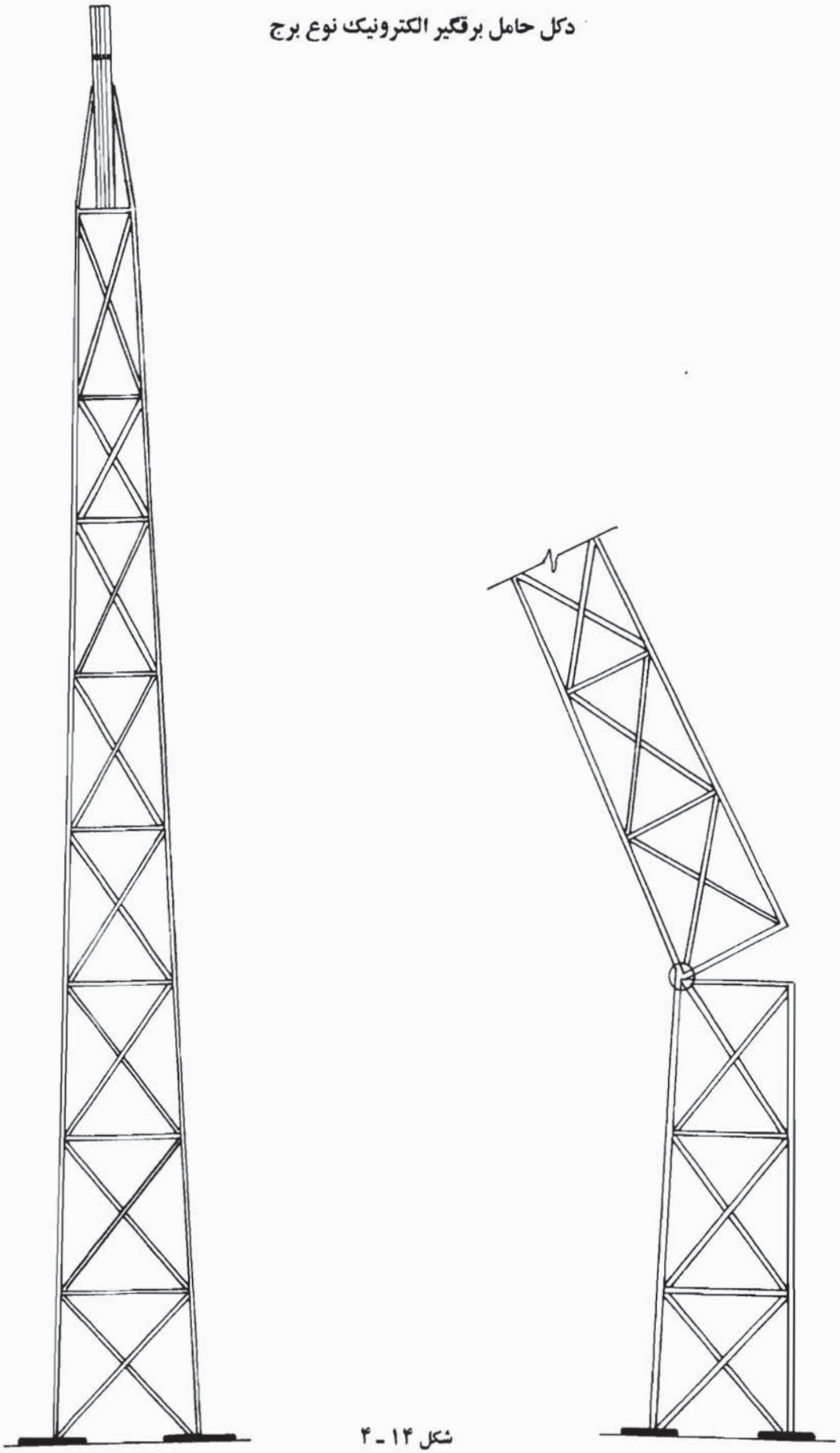






شکل ۱۴ ـ ۳

دکل حامل برقگیر الکترونیک نوع برج



شکل ۱۴ ـ ۴

۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۴ در مواردی که از برقگیرهای الکترونیک برای حفاظت دودکش کارخانه‌ها استفاده می‌شود جنس قسمت فوقانی برقگیرهای نامبرده باید برای گازهای خورنده اطراف دودکش و حرارت خروجی آن مناسب باشد.

۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۵ در مواردی که تأسیسات بیرونی حفاظت در برابر آذرخش مورد استفاده برای یک ساختمان شامل چند برقگیر الکترونیکی باشد، شبکه ارتباطی برقگیرها باید با استفاده از تسمه مسی لخت با حداقل ابعاد ۲×۳۰ میلیمتر (یا مطابق بند ۴ـ۳ـ۲ از استاندارد NFC 17-102) به‌یکدیگر متصل شود، مگر این که مسیر شبکه دارای موانعی با اختلاف سطح بیش از ۱/۵ متر باشد.

۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۶ به‌منظور هدایت جریان برق حاصل از آذرخش از سیستم پایانه‌های هوایی به‌سیستم پایانه‌های زمینی باید از هادیهای نزولی از نوع سیم یا تسمه مسی لخت با حداقل سطح مقطع ۵۰ میلیمتر مربع به‌شرح جدول ۴ـ۳ـ۲ از استاندارد NFC 17-102 استفاده شود.

۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۷ ارتفاع نصب برقگیر الکترونیک ممکن است با استفاده از یک دکل، افزایش یابد. دکل حامل این‌گونه برقگیرها ممکن است از نوع برج و یا تیر فلزی نوع تلسکوپی بوده و حتی‌الامکان خوداتکا[1] باشد، لیکن در مواردی که برقگیرهای مذکور به‌وسیله مهارهای هادی استحکام می‌یابد، انتهای آن باید به‌وسیلهٔ هادیهایی همانند هادیهای مندرج در بند ۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۶ به‌هادیهای نزولی متصل شود. دو نوع دکل حامل سیستم برقگیر الکترونیک در شکلهای ۱۴ ـ ۳ و ۱۴ ـ ۴ ارائه شده است.

۱۴ ـ ۳ـ۳ـ۸ هر هادی نزولی باید به‌یک سیستم پایانه زمینی که دارای همان جنس و سطح مقطع باشد متصل شود. سیستم پایانه‌های زمینی باید یکی از انواع میله اتصال زمین، لوله اتصال زمین و یا ورق مسی یکپارچه یا مشبک دفن شده در زمین یا چاه اتصال زمین باشد؛ لیکن در هر صورت مقاومت سیستم پایانه‌های زمینی باید از پنج اهم تجاوز نکند.

۱۴ ـ ۴ موارد استفاده و ضوابط محاسباتی برقگیرها:

۱۴ ـ ۴ـ۱ برقگیرهای قفس فاراده یا شکلی از آن

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۱ این‌گونه برقگیرها، که ممکن است متشکل از تعدادی میله برقگیر فرانکلین[2] یا ترکیبی از میله‌ها، سیمهای کشیده شده و شبکه هادیها باشد، برای محافظت ساختمانها و دیگر تأسیسات نامبرده زیر در برابر آذرخش مناسب و قابل استفاده می‌باشد:

الف ـ مناره‌ها و برجها

ب ـ بناهای گنبدی شکل

پ ـ دودکشهای بلند کارخانه‌ها. (فلزی و یا ساخته‌شده با مصالح ساختمانی)

ت ـ مجموعه ساختمانهای کارخانه‌های سیمان، گچ و آهک و پالایشگاهها.

ث ـ دکل‌های خطوط انتقال نیروی برق.

ج ـ دکل‌های فلزی ویژه نصب پرچم

چ ـ مجموعه ساختمانها و ابنیه مختلف.

1– Self supporting 2– Franklin rod

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۲ طول میله برقگیر فرانکلین برای ابنیه مختلف به‌شرح زیر خواهد بود:

الف ـ مناره‌ها و برجها، و دودکشهای کارخانه‌ها و دکل‌های خطوط انتقال نیرو، حدود ۳۰ سانتیمتر بالاتر از سطح مورد حفاظت.

ب ـ بناهای گنبدی شکل بستگی به‌شعاع مقطع قسمت پایین گنبد داشته و طول میله برقگیر باید طوری محاسبه و انتخاب شود که بعد از نصب بر روی گنبد، ارتفاع از سر برقگیر تا مقطع قسمت پایین گنبد بزرگتر از شعاع قسمت پایین گنبد باشد ولی در هر صورت نباید ارتفاع برقگیر از بالاترین بخش گنبد کمتر از ۳۰ سانتیمتر باشد.

پ ـ برج سیلوهای مختلف، ساختمان کارخانه‌ها و ابنیه گوناگون، حداقل یک‌متر و حداکثر دومتر بالاتر از سطح مورد حفاظت. در این‌گونه موارد باید تمهیدات لازم در برابر واژگونی میله‌ها پیش‌بینی شود (به‌بند ۱۴ ـ ۳ـ۲ـ۳ ـ ب رجوع شود.)

ت ـ دکل‌های فلزی مخصوص نصب پرچم، میله برقگیر مخصوص مطابق شکل ۱۴ ـ ۱ خواهد بود.

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۳ تعداد پایانه‌های هوایی موردنیاز برای محافظت ساختمانها با سیستم حفاظتی قفس فاراده بستگی به‌سطح پشت‌بام ساختمان مربوط، ارتفاع و فواصل نصب پایانه‌ها دارد که برحسب استاندارد مورد مراجعه مختلف است. فواصل نصب پایانه‌های مزبور براساس استاندارد NFPA 78 به‌قرار زیر است:

الف ـ فواصل پیرامونی سقفهای مسطح یا با شیب ملایم و سقفهای شیبدار:

درمواردی که ارتفاع نوک پایانه هوایی از سطح مورد حفاظت از ۱۰ اینچ (۲۵۴ میلیمتر) کمتر نباشد، فواصل نصب بر روی نقاط پیرامونی سقفهای مسطح یا با شیب ملایم و نیز فواصل نصب بر روی خط الرأس سقفهای شیبدار، باید حداکثر ۲۰ فوت (۶ متر) درنظر گرفته شود و در صورتی که ارتفاع مزبور حداقل ۲۴ اینچ (۶۰ سانتیمتر) یا بیشتر باشد فواصل نصب باید حداکثر ۲۵ فوت (۷/۶ متر) انتخاب شود. در این‌گونه موارد فواصل نصب پایانه‌های هوایی از کناره‌ها و گوشه‌های سطوح نامبرده باید حداکثر ۶۰ سانتیمتر باشد. (شکل ۱۴ ـ ۵ الف و ب)

ب ـ فواصل میانی نصب پایانه‌های هوایی در سقفهای مسطح یا با شیب ملایم:

در مواردی که سقفهای مسطح یا با شیب ملایم، دارای ابعادی متجاوز از ۱۵ متر باشد، فواصل میانی نصب پایانه‌های هوایی باید حداکثر ۱۵ متر درنظر گرفته شود (شکل ۱۴ ـ ۵ پ و ت).

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۴ حداقل ابعاد تسمه مسی شبکه مشبک اتصال پایانه‌های هوایی در پشت‌بام برای سطح تا ۱۸۰۰ متر مربع باید ۳×۲۰ میلیمتر و بیشتر از ۱۸۰۰ متر مربع ۳×۲۵ میلیمتر یا بیشتر باشد.

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۵ حداقل ابعاد تسمه‌های مسی هادیهای ارتباطی (هادیهای نزولی) بین شبکه مشبک پشت‌بام و پایانه‌های زمینی برای سطح تا ۹۰ متر مربع و ارتفاع حداکثر ۱۸ متر باید ۳×۲۰ میلیمتر و بیشتر از ۹۰ متر ۳×۲۵ میلیمتر یا بیشتر باشد.

۱۴ ـ ۴ـ۱ـ۶ برای تعیین تعداد هادیهای ارتباطی (هادیهای نزولی) بین شبکه مشبک پشت‌بام و پایانه‌های زمینی باید یکی از دو روش زیر ملاک محاسبه قرار گیرد:

الف ـ احتساب پیرامون: به‌طور کلی برای هر ۳۰ متر محیط (پیرامون) تحت محافظت برقگیر باید یک نزولی درنظر گرفته شود لیکن حداقل تعداد نزولیها برای هر نوع ساختمان دو عدد خواهد بود. (شکل ۱۴ ـ ۶)

ب ـ **احتساب مساحت**: برای سطوح تحت محافظت برقگیر تا ۳۶۰ مترمربع مساحت دو نزولی و برای هر ۲۷۰ متر مربع مازاد یک نزولی اضافی باید درنظر گرفته شود.

به‌طور مثال: تا ۳۶۰ متر مربع دو نزولی، ۶۳۰ متر مربع ۳ نزولی، ۹۰۰ متر مربع ۴ نزولی، ۱۱۷۰ الی ۱۲۰۰ متر مربع ۵ نزولی، و به‌همین ترتیب ادامه می‌یابد.

۱۴ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۷ در مواردی که طراحی پایانه‌های هوایی براساس شکلی از قفس فاراده برابر استاندارد IEC 1024 - 1 انجام می‌شود، ترتیب استقرار سیستم پایانه‌های هوایی باید به‌گونه‌ای باشد که شرایط مندرج در جدول ۱۴ ـ ۱ تأمین شود. در این‌گونه موارد ممکن است یکی از روشهای زیر به‌طور مستقل یا با ترکیبی از روشهای دیگر مورد استفاده قرار گیرد:

الف ـ زاویهٔ حفاظتی

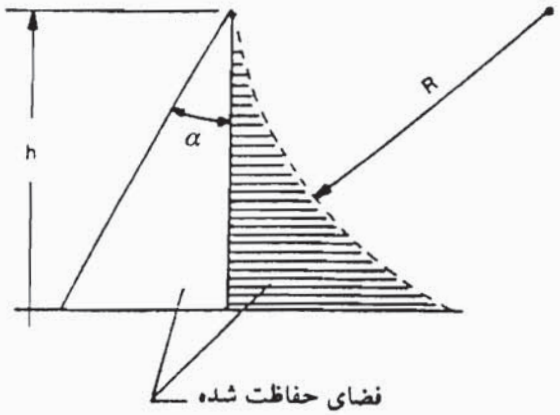
ب ـ گوی غلطان

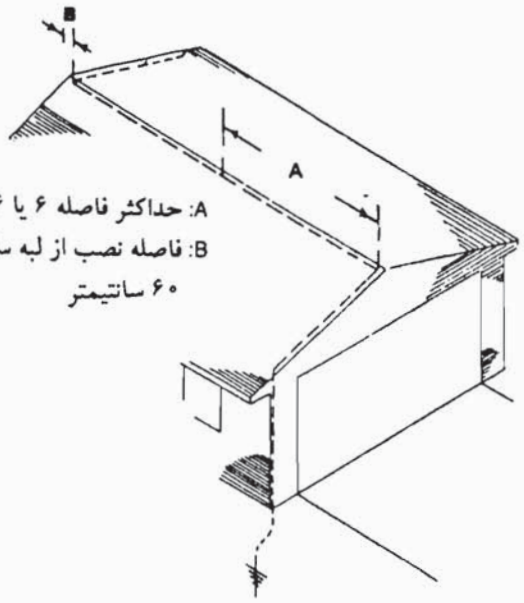
پ ـ شبکه‌بندی

جدول ۱۴ ـ ۱ استقرار پایانه‌های هوایی برابر کلاس حفاظت

کلاس حفاظت	h (متر) / R (متر)	۲۰	۳۰	۴۵	۶۰	پهنای شبکه (متر)
		$\alpha^{(\circ)}$	$\alpha^{(\circ)}$	$\alpha^{(\circ)}$	$\alpha^{(\circ)}$	
I	۲۰	۲۵	*	*	*	۵
II	۳۰	۳۵	۲۵	*	*	۱۰
III	۴۵	۴۵	۳۵	۲۵	*	۱۰
IV	۶۰	۵۵	۴۵	۳۵	۲۵	۲۰

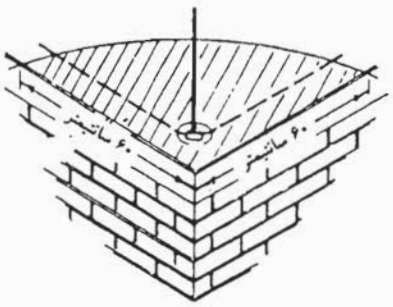
* روشهای گوی غلطان و شبکه فقط در این موارد به‌کار می‌رود



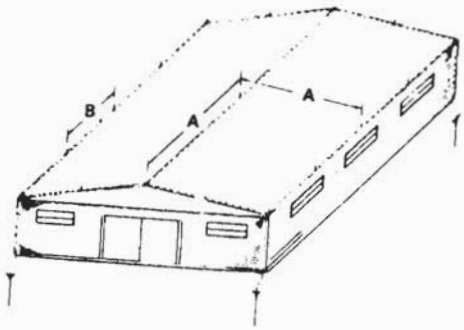


A: حداکثر فاصله ۶ یا ۷/۶ متر
B: فاصله نصب از لبه سقف حداکثر ۶۰ سانتیمتر

(الف) فواصل نصب بر روی خط الرأس سقفهای شیبدار

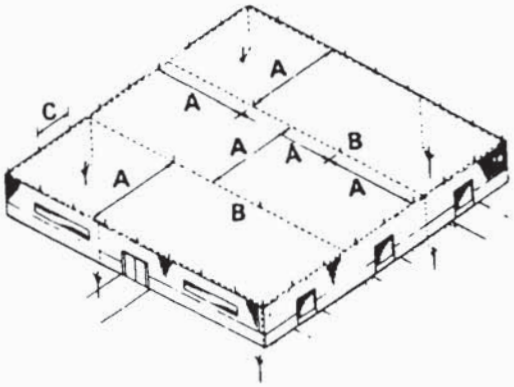


(ب) محل نصب در گوشه‌ها



A: حداکثر فاصله ۱۵ متر
B: حداکثر فاصله ۶ متر یا ۷/۶ متر

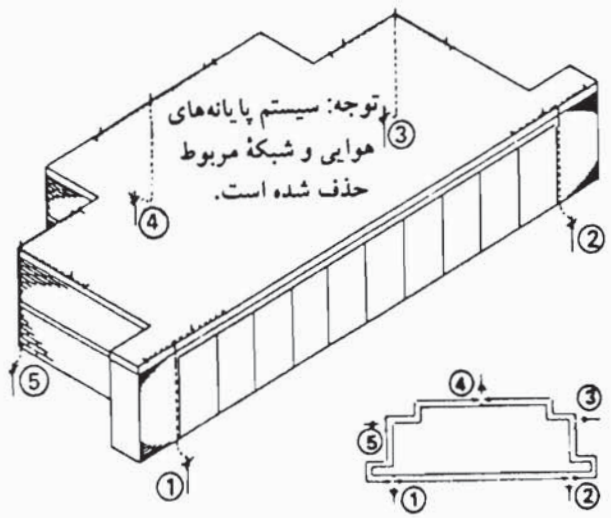
(پ) فواصل نصب پیرامونی و میانی برای سقفهای با شیب ملایم



A: حداکثر فاصله ۱۵ متر
B: در صورتی‌که مسیر این‌گونه هادیها از ۴۵ متر متجاوز باشد باید در ۴۵ متری به هادی اصلی پیرامونی یا هادی نزولی متصل شود
C: حداکثر فاصله ۶ متر یا ۷/۶ متر

(ت) فواصل نصب پیرامونی و میانی برای سقفهای مسطح

شکل ۱۴ ـ ۵ فواصل نصب پایانه‌های هوایی قفس فاراده.



فواصل نصب هادیهای نزولی

۱ تا ۲	۴۰ متر
۲ تا ۳	۲۶ متر
۳ تا ۴	۲۶ متر
۴ تا ۵	۲۶ متر
۵ تا ۱	۲۶ متر
کل پیرامون	۱۴۴ متر
تعداد هادیهای نزولی لازم	۵

شکل ۱۴ ـ ٦ نمونه توزیع و تعداد هادیهای نزولی با روش احتساب پیرامونی برای ساختمان مورد حفاظت.

۱۴ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۸ متوسط فاصلهٔ بین هادیهای نزولی با توجه به‌کلاس حفاظت برابر استاندارد IEC 1024-1 به‌قرار جدول ۱۴ ـ ۲ خواهد بود و در تمامی موارد حداقل باید دو هادی نزولی درنظر گرفته شود.

جدول ۱۴ ـ ۲ متوسط فاصله بین هادیهای نزولی براساس کلاس حفاظت

کلاس حفاظت	متوسط فاصله (متر)
I	۱۰
II	۱۵
III	۲۰
IV	۲۵

۱۴ ـ ۴ ـ ۲ سیستم برقگیر مولد برق اولیه (ESE) موسوم به‌الکترونیک

۱۴ ـ ۴ ـ ۲ ـ ۱ سیستم برقگیر الکترونیکی (ESE) براساس استاندارد NFC 17-102 برای محافظت ساختمانهای عادی با ارتفاع کمتر از ۶۰ متر و فضاهای باز در موارد زیر ممکن است مورد استفاده قرار گیرد:

الف ـ مجموعه‌های مسکونی

ب ـ ساختمانهای مختلف مجموعه فرهنگی و آموزشی و مانند آن

پ ـ مجموعه ساختمانهای تجاری، اداری، ورزشی و مانند آن

ت ـ ساختمانهای درمانی و مراقبتی همچون بیمارستانها و درمانگاهها

ث ـ کارخانه‌های مختلف و پالایشگاهها

ج ـ ساختمانهای تکی بلند

چ ـ موزه‌ها و آثار باستانی

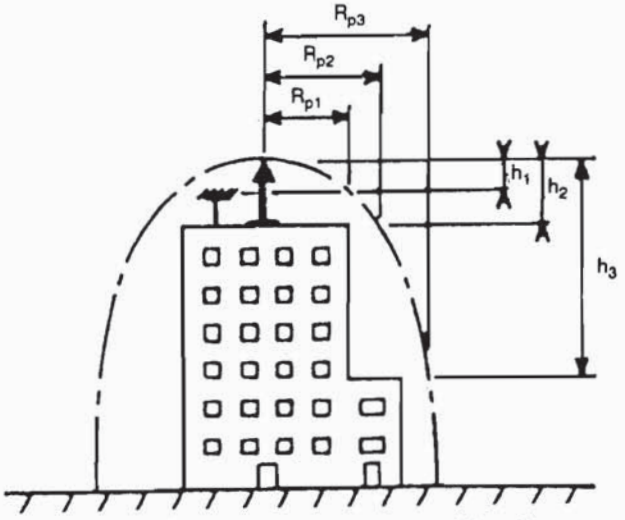
ح ـ برجها و دودکشهای کارخانه ها

خ ـ فضاهای باز شامل انبارها و محوطه‌های تفریحی و رفاهی

۱۴ ـ ۴ ـ ۲ ـ ۲ محدوده حفاظتی هر برقگیر الکترونیک، از گردش شعاعهای حفاظتی (R_{pn}) حاصل از ارتفاعهای مختلف (h_n) حول محور آن به‌وجود می‌آید. (شکل ۱۴ ـ ۷)

h_n : ارتفاع نوک برقگیر نسبت به‌صفحه افقی که از بالای عنصر موردنظر عبور می‌نماید.

R_{pn} : شعاع حفاظتی برقگیر در ارتفاع موردنظر.



شکل ۱۴ ـ ۷ محدوده و شعاعهای حفاظت برقگیر الکترونیک.

۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۳ شعاع حفاظت هر برقگیر الکترونیک (R_p) بستگی به‌ارتفاع نوک آن نسبت به‌سطح مورد حفاظت (h)، پیشروی زمان تخلیه (ΔT)، و انتخاب کلاس حفاظت[1] موردنیاز دارد که به‌شرح زیر محاسبه و تعیین می‌شود:

الف ـ در مواردی که $h \geq 5$ m باشد، شعاع حفاظت با توجه به‌کلاس حفاظت موردنظر ممکن است از فرمول [۱] یا منحنیها و جداول مندرج در شکلهای ۱۴ ـ ۸ الف، ب و پ به‌دست آید.

ب ـ در مواردی که $h < 5$ m باشد، شعاع حفاظت باید با استفاده از منحنیهای مندرج در شکلهای ۱۴ ـ ۸ الف، ب و پ تعیین شود.

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \qquad [1]$$

R_p: شعاع حفاظت برقگیر

h: ارتفاع نوک میله برقگیر از سطح مورد حفاظت

D: قطر کره فرضی با توجه به‌کلاس حفاظت یا فاصله برخورد صاعقه

ΔL: فاصله‌ای که برقگیر نقطه دریافت آذرخش را برابر نظریه گوی فرضی[2] از نوک پایانه هوایی دور می‌کند.

۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۴ کلاس حفاظت، که طبقه‌بندی سیستم حفاظتی برقگیر الکترونیک در برابر آذرخش است و سطح کارایی آن را بیان می‌کند، در این استاندارد به‌سه طبقه به‌شرح زیر تقسیم شده است:

کلاس I، D=20 m، حداکثر حفاظت

کلاس II، D=45 m، حفاظت متوسط

کلاس III، D=60 m، حفاظت استاندارد

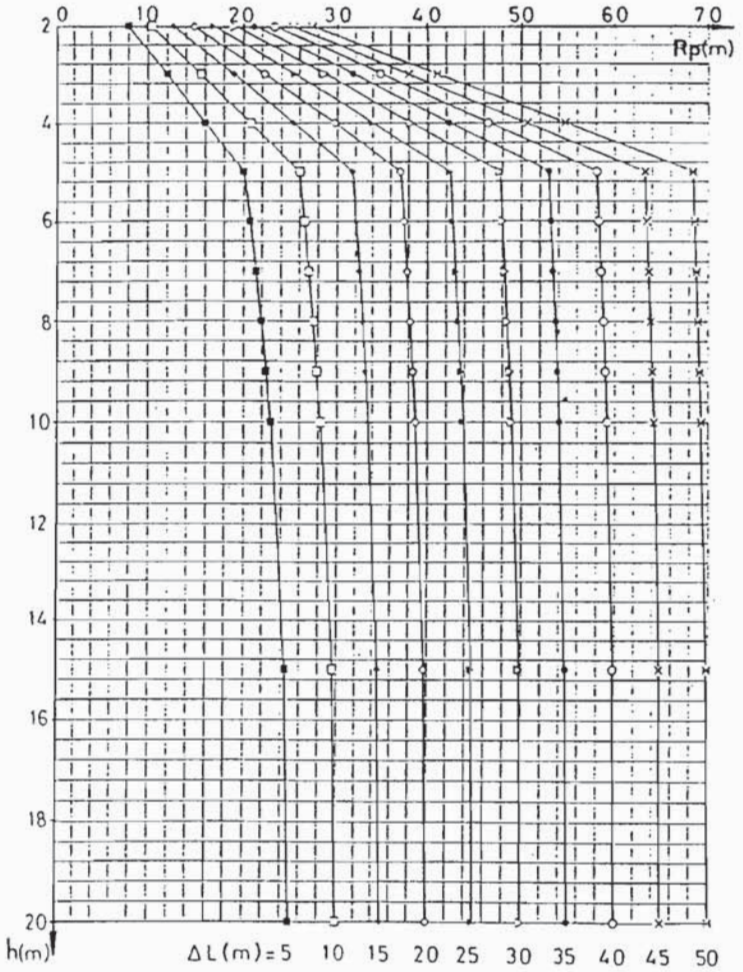
۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۵ محاسبهٔ نوع و تعداد برقگیر نوع الکترونیک لازم برای محافظت کامل هر ساختمان و یا مجموعه ساختمانها در یک فضا بستگی به‌سطح ساختمان و یا فضای تحت محافظت در برابر آذرخش دارد.

۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۶ برای محاسبه نوع و تعداد برقگیر نوع الکترونیک لازم و حداقل ارتفاع آن از بالاترین نقطه سطح پشت‌بام ساختمان باید یک بررسی مقدماتی به‌منظور تعیین کلاس حفاظت لازم با توجه به‌ضریب تناوب آذرخش، شرایط محیطی، نوع و محتوای ساختمان، نوع تصرف و مخاطرات ناشی از آذرخش مطابق ضوابط مندرج در بند ۲ ـ ۱ـ۲ و ضمیمه B از استاندارد NFC 17-102 به‌عمل آید و سپس شعاع حفاظت مورد لزوم برابر ضوابط محاسباتی بندهای ۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۳ و ۱۴ ـ ۴ـ۲ـ۴ این فصل تعیین شود. (برای تسهیل در ارزیابی مخاطرات آذرخش و انتخاب کلاس حفاظت مورد لزوم برابر ضوابط مندرج در پیوست B از استاندارد NFC 17-102 نرم‌افزارهای مناسبی از طرف سازندگان این نوع تجهیزات ارائه شده است که ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.)

---

۱ ـ برای ارزیابی میزان ریسک و انتخاب کلاس حفاظت مورد لزوم به‌پیوست B از استاندارد NFC 17-102 مراجعه شود.

۲ ـ برای شرح نظریه گوی فرضی Fictitious sphere به‌پیوست A از استاندارد NFC 17-102 رجوع شود.



D (m)										
20										
ΔL (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
h (m)	Rp (m)									
20	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
25	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
30	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
35	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
40	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
45	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
50	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
55	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
60	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00

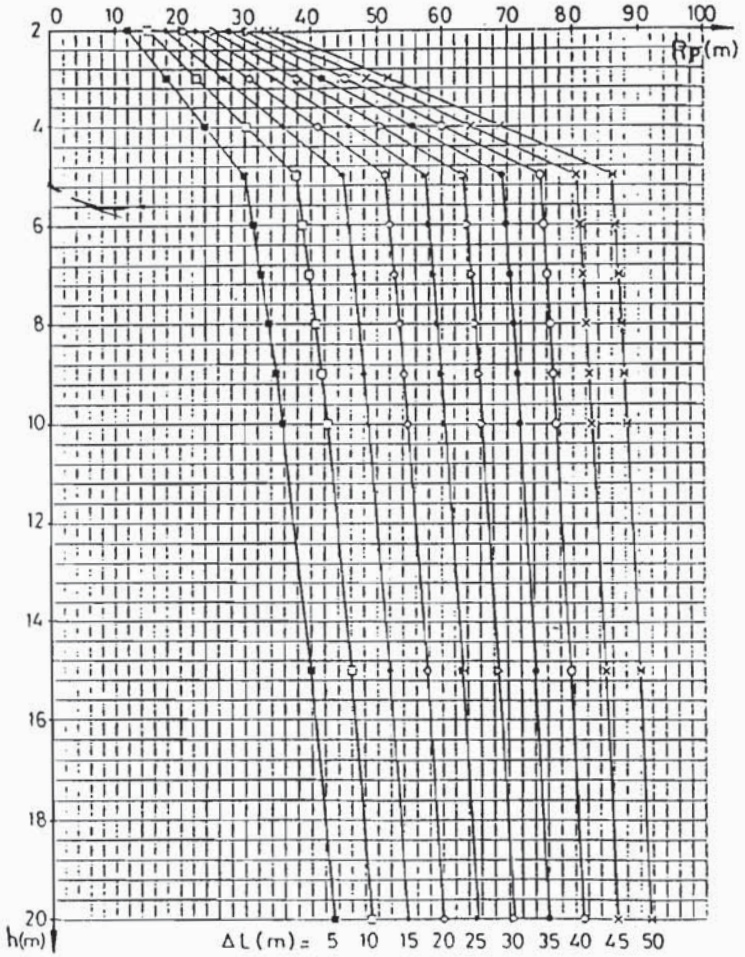
D(m) : فاصلهٔ برخورد یا شعاع گوی غلطان برحسب متر

ΔL(m) : فاصله‌ای که نقطه دریافت آذرخش از نوک میله برقگیر دور می‌شود برحسب متر

h(m) : اختلاف ارتفاع بین نوک پایانهٔ هوایی و سطح افقی مورد نظر برحسب متر

R_p(m) : شعاع حفاظت در سطح افقی موردنظر برحسب متر

شکل ۱۴ ـ ۸ الف شعاع حفاظت برقگیر الکترونیک باکلاس I (D= ۲۰m)



D (m)										
45										
ΔL (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
h (m)	Rp (m)									
20	43.30	48.99	54.54	60.00	65.38	70.71	75.99	81.24	86.46	91.65
25	45.83	51.23	56.57	61.85	67.08	72.28	77.46	82.61	87.75	92.87
30	47.70	52.92	58.09	63.25	68.37	73.48	78.58	83.67	88.74	93.81
35	48.99	54.08	59.16	64.23	69.28	74.33	79.37	84.41	89.44	94.47
40	49.75	54.77	59.79	64.81	69.82	74.83	79.84	84.85	89.88	94.87
45	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00
50	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00
55	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00
60	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00

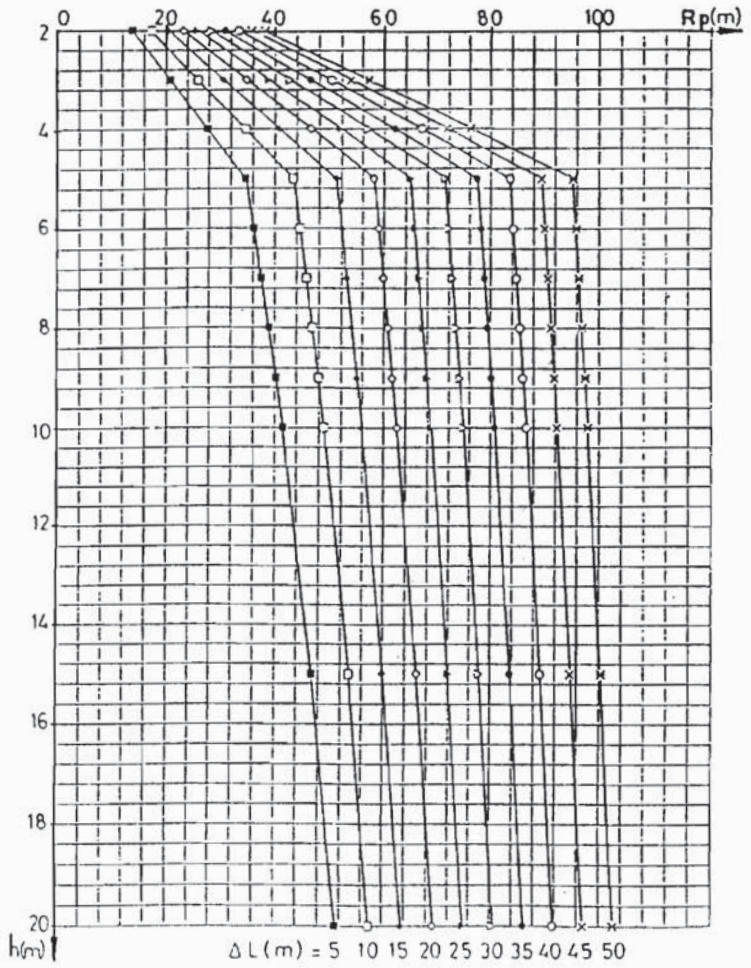
D(m) : فاصلهٔ برخورد یا شعاع گوی غلطان برحسب متر

ΔL(m) : فاصله‌ای که نقطه دریافت آذرخش از نوک میله برقگیر دور می‌شود برحسب متر

h(m) : اختلاف ارتفاع بین نوک پایانهٔ هوایی و سطح افقی مورد نظر برحسب متر

R_p(m) : شعاع حفاظت در سطح افقی موردنظر برحسب متر

شکل ۱۴ ـ ۸ ب شعاع حفاظت برقگیر الکترونیک با کلاس حفاظت II (D= ۴۵ m)



D (m)										
60										
ΔL (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
h (m)	Rp (m)									
20	51.23	57.45	63.44	69.28	75.00	80.62	86.17	91.65	97.08	102.47
25	54.77	60.62	66.33	71.94	77.48	82.92	88.32	93.67	98.99	104.28
30	57.66	63.25	68.74	74.15	79.53	84.85	90.14	95.39	100.62	105.83
35	60.00	65.38	70.71	75.99	81.24	86.48	91.65	96.82	101.98	107.12
40	61.85	67.08	72.28	77.46	82.61	87.75	92.87	97.98	103.08	108.17
45	63.25	68.37	73.48	78.58	83.67	88.74	93.81	98.87	103.92	108.97
50	64.23	69.28	74.33	79.37	84.41	89.44	94.47	99.50	104.52	109.54
55	64.81	69.82	74.83	79.84	84.85	89.86	94.87	99.87	104.88	109.89
60	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.00	105.00	110.00

D(m) : فاصلهٔ برخورد یا شعاع گوی غلطان برحسب متر

ΔL(m) : فاصله‌ای که نقطه دریافت آذرخش از نوک میله برقگیر دور می‌شود برحسب متر

h(m) : اختلاف ارتفاع بین نوک پایانهٔ هوایی و سطح افقی مورد نظر برحسب متر

R_p(m) : شعاع حفاظت در سطح افقی موردنظر برحسب متر

شکل ۱۴ ـ ۸ پ شعاع حفاظت برقگیر الکترونیک با کلاس حفاظت III (D= ٦٠ m)

۱۴-۵ اصول و روشهای نصب سیستمهای حفاظت در برابر آذرخش

۱۴-۵-۱ برقگیر نوع قفس فاراده یا شکلی از آن

۱۴-۵-۱-۱ در انواع مختلف ساختمانها و بناها ممکن است از سر میله برقگیر تک‌شاخه یا چند شاخه استفاده شود. (شکل ۱۴-۱)

۱۴-۵-۱-۲ ارتفاع میله برقگیر از سر میله تا سطح محل نصب باید حداقل ۵۰ سانتیمتر یا بیشتر باشد.

۱۴-۵-۱-۳ فواصل نصب میله‌های برقگیر و شبکه هادیها برحسب استاندارد مورد مراجعه، طول میله‌ها و نوع سقف متفاوت است؛ در مواردی که از استاندارد NFPA 78 استفاده می‌شود برابر ضوابط مندرج در بند ۱۴-۴-۱-۳ و در مواردی که استاندارد IEC 1024-1 به‌کار می‌رود برابر معیارهای تعیین شده در بند ۱۴-۴-۱-۷ خواهد بود.

۱۴-۵-۱-۴ کلیه گوشه‌های خارجی ساختمان باید دارای میله برقگیر باشد حتی اگر فواصل آن خیلی کم باشد (شکل ۱۴-۱۴).

۱۴-۵-۱-۵ کلیه میله‌های برقگیر نصب شده در یک ساختمان باید به‌وسیله تسمه مسی به‌یکدیگر متصل شده و یک شبکه مشبک بسته را تشکیل دهد. (شکل ۱۴-۱۴)

۱۴-۵-۱-۶ اسکلت فلزی ساختمانهای اسکلت فلزی و یا آرماتورهای ساختمانهای بتن آرمه در چندین نقطه در پشت‌بام و بالای پی ساختمان باید به‌شبکه برقگیر همبندی همپتانسیل شود. برای این منظور باید در هنگام ساختن اسکلت فلزی و یا بستن آرماتورها پیش‌بینی لازم به‌عمل آید تا در زمان نصب سیستم برقگیر هیچ‌گونه اشکالی به‌وجود نیاید.

۱۴-۵-۱-۷ کلیهٔ قسمتهای فلزی موجود در پشت‌بام از قبیل سقف شیروانی یا سایبان فلزی و مانند آن باید به‌شبکه برقگیر همبندی همپتانسیل شود.

۱۴-۵-۱-۸ در نقاط اتصال اسکلت فلزی، آرماتور یا دیگر قسمتهای فلزی ساختمان به‌شبکه برقگیر باید از به‌کار بردن وسایل، قطعات و بستهای قابل زنگ زدن جداً خودداری شود.

۱۴-۵-۱-۹ میله‌های برقگیر دور ساختمان باید روی دست‌اندازهای پشت‌بام نصب شود.

۱۴-۵-۱-۱۰ حلقه[1] اتصال میله‌های برقگیر دور ساختمان نیز باید روی دست‌انداز پشت‌بام نصب شود.

۱۴-۵-۱-۱۱ کلیه تسمه‌های ارتباطی (نزولی) بین شبکه مشبک پشت‌بام و پایانه‌های اتصال زمین باید حتی‌الامکان با فواصل یکسان و از روی بدنه خارجی ساختمان و در خط مستقیم کشیده شود.

۱۴-۵-۱-۱۲ تسمه‌های ارتباطی به‌هیچ وجه نباید از داخل لوله‌های فلزی عبور داده شود.

۱۴-۵-۱-۱۳ تسمه‌های مورد مصرف برای نصب شبکه مشبک و همچنین به‌عنوان هادیهای نزولی سیستم برقگیر باید از نوع حلقه‌ای بوده و از مصرف تسمه‌های شاخه‌ای، که اتصالات اضافی به‌وجود می‌آورد، خودداری شود.

۱۴-۵-۱-۱۴ میله‌های برقگیر باید با پایه متناسب با محل استقرار، نصب و به تسمه مشبک متصل شود. انواع پایه‌های مختلف برای نصب میله برقگیر در شکلهای (۱۴-۹ و ۱۴-۱۰) نشان داده شده است.

۱۴-۵-۱-۱۵ کلیهٔ تسمه‌های تشکیل‌دهنده شبکهٔ مشبک در نقاط تقاطع باید با اتصالات متناسب

1- Loop

به‌یکدیگر متصل شود. انواع مختلف اتصالات در شکل (۱۴ ـ ۱۱) نشان داده شده است.

۱۴ ـ ۵ ـ ۱ ـ ۱۶ تمامی تسمه‌ها باید با بستهای مناسب به‌کف یا دیوار دست‌انداز بام و مانند آن کاملاً مستحکم شود. انواع بستها در شکل (۱۴ ـ ۱۲) رسم شده است.

۱۴ ـ ۵ ـ ۱ ـ ۱۷ اتصال پایانه‌های زمینی سیستمهای حفاظت در برابر آذرخش به‌سیستم اتصال زمین سایر تأسیسات برقی ساختمان در آیین‌نامه‌ها و استانداردها مشروط بر رعایت موارد زیر توصیه شده است:

الف ـ طراحی و اجرای سیستم حفاظت در برابر آذرخش باید با ضوابط و مقررات مندرج در یکی از استانداردهای نامبرده در بند ۱۴ ـ ۳ ـ ۱ دقیقاً مطابقت نماید.

ب ـ سیستم همچنین باید با ضوابط و استانداردهای سایر تأسیسات مربوط نیز مطابقت نماید.

پ ـ سیستم اتصال زمین عمومی باید متشکل از یک شبکهٔ گسترده‌ای[1] باشد که حداکثر مقاومت الکتریکی کل آن برابر با کمترین مقدار تعیین شده برای هر یک از سیستمهای موردنظر باشد.

ت ـ لوازم فلزی به‌کار رفته در سیستمهای مختلف باید از یک جنس باشد.

ث ـ در مواردی که اتصال بین سیستمها در داخل ساختمان صورت می‌گیرد، مسیر هادی اتصال‌دهنده باید به‌گونه‌ای تعیین شود که موجب القاء جریان برق در کابلها و تأسیسات مجاور آن نشود.

ج ـ اتصال سیستمهای پایانه زمینی حفاظت در برابر آذرخش به‌مدار زمین پی ساختمان باید درست در برابر هر هادی نزولی با استفاده از یک وسیله قابل قطع و یک محفظهٔ بازرسی که با علامت مخصوص اتصال زمین ⏚ نشانه‌گذاری شده باشد، انجام شود.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ اصول و روشهای نصب سیستم برقگیر الکترونیک (ESE)

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱ دستگاه برقگیر نوع الکترونیک باید حدوداً در مرکز سطح مورد حفاظت و در بالاترین قسمت ساختمان روی دکل مناسب نصب شود.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۲ در تعیین ارتفاع دکل برقگیر الکترونیکی، علاوه بر رعایت ضوابط مندرج در بندهای ۱۴ ـ ۴ ـ ۲ ـ ۳ تا ۱۴ ـ ۴ ـ ۲ ـ ۶ این فصل، باید دقت کافی به‌عمل آید که نوک میله مرکزی پایانه هوایی حداقل دو متر بالاتر از وسایل نصب شده یا موجود در سطح مورد حفاظت اطراف برقگیر مانند دودکش موتورخانه، برج خنک‌کننده، کلاهک هواکش، آنتن‌های گیرنده یا فرستنده رادیو یا تلویزیون، چراغهای هشداردهنده هوایی و غیره قرار گرفته باشد.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۳ در ساختمانهای مرتفع برای اعلام خطر باید در بالاترین نقطه دکل (زیر دستگاه برقگیر الکترونیک) و در روی بازوی جداگانه چراغ هشدار دهنده هوایی نصب شود.

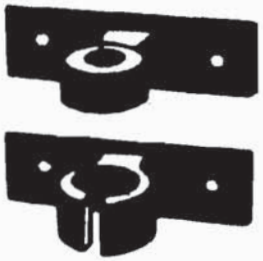
۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۴ برقگیرهای الکترونیکی مورد استفاده برای حفاظت فضاهای باز همچون زمین بازی، استخر شنا، اردوگاه و مانند آن باید بر روی تکیه‌گاههای مناسب مانند دکل ویژه نصب برقگیر یا سازه مناسب دیگری که پوشش حفاظتی موردنیاز فضای موردنظر را تامین کند نصب شود.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۵ هادیهای نزولی که برای انتقال جریان برق ناشی از آذرخش از سیستمهای پایانه هوایی به‌سیستم پایانه زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد باید در سطوح خارجی سازه موردنظر نصب شود. در مواردی که

1– Grounding pad/grid

۱ ـ پایه مخصوص نصب در دیوار

۲ ـ پایه مخصوص نصب روی نرده با مقطع گرد



۳ ـ پایه‌مخصوص‌نصب‌روی‌دیوار و یا نرده با مقطع چهارگوش

۴ ـ پایه مخصوص‌نصب دربالای پشت‌بامهای شیبدار

۵ ـ پایه مخصوص‌نصب دربالای پشت‌بامهای شیبدار

۶ ـ پایه مخصوص‌نصب دربالای پشت‌بامهای شیبدار

۷ ـ پایه مخصوص نصب روی پشت‌بامهای شیبدار

۸ ـ پایه مخصوص نصب روی ساختمانهای سوله

۹ ـ پایه مخصوص نصب روی دست‌انداز و یا کف پشت‌بام

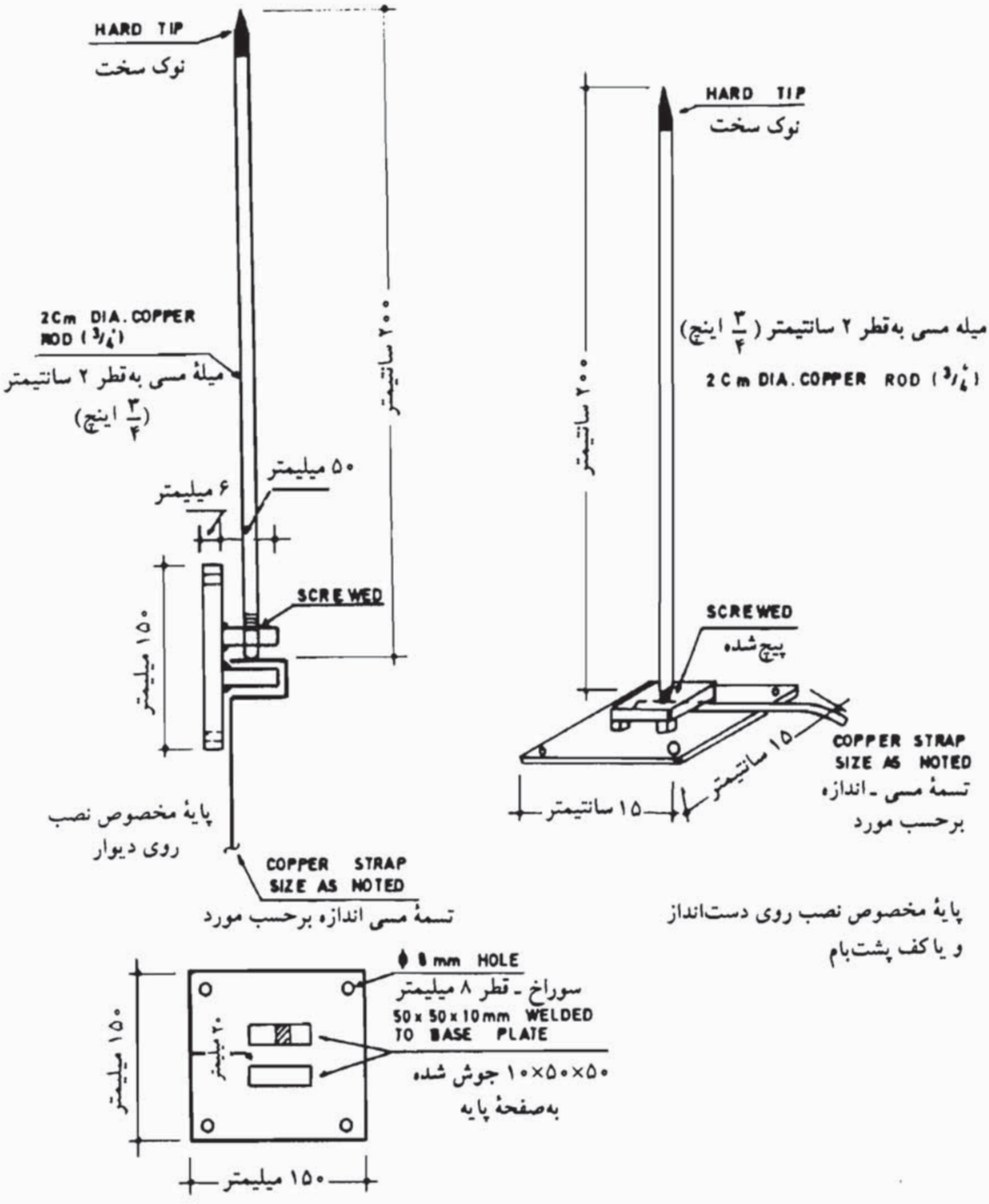
۱۰ ـ پایه مخصوص نصب روی دودکش

۱۱ ـ پایه مخصوص اتصال میله برقگیر به‌تسمه

۱۲ ـ پایه مخصوص نصب در داخل‌ستون و یا دست‌انداز

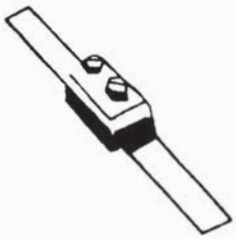
پایانه‌های مختلف برای نصب میله برقگیر

شکل ۱۴ ـ ۹

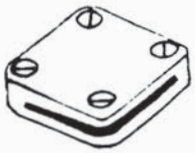

HARD TIP
نوک سخت
2Cm DIA. COPPER ROD (3/4")
میلهٔ مسی به‌قطر ۲ سانتیمتر
(۳/۴ اینچ)
۲۰۰ سانتیمتر
۵۰ میلیمتر
۶ میلیمتر
SCREWED
۱۵۰ میلیمتر
پایهٔ مخصوص نصب
روی دیوار
COPPER STRAP
SIZE AS NOTED
تسمهٔ مسی اندازه برحسب مورد
HARD TIP
نوک سخت
میله مسی به‌قطر ۲ سانتیمتر (۳/۴ اینچ)
2Cm DIA. COPPER ROD (3/4")
۲۰۰ سانتیمتر
SCREWED
پیچ شده
۱۵ سانتیمتر
۱۵ سانتیمتر
COPPER STRAP
SIZE AS NOTED
تسمهٔ مسی ـ اندازه
برحسب مورد
پایهٔ مخصوص نصب روی دست‌انداز
و یا کف پشت‌بام
8 mm HOLE
سوراخ ـ قطر ۸ میلیمتر
50 x 50 x 10mm WELDED
TO BASE PLATE
۱۰×۵۰×۵۰ جوش شده
به‌صفحهٔ پایه
۱۵۰ میلیمتر
۲۰ میلیمتر
۱۵۰ میلیمتر

شکل ۱۴ ـ ۱۰

۱ ـ بست اتصال چهارراه

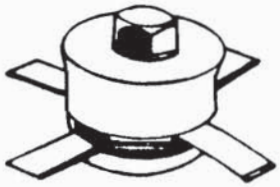


۲ ـ بست اتصال مستقیم

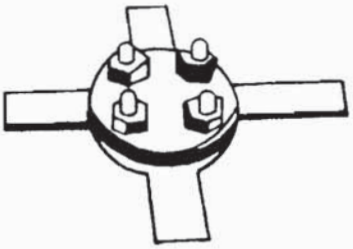


۳ ـ بست اتصال دوراه و چهارراه

۴ ـ بست آزمایشی دوراه

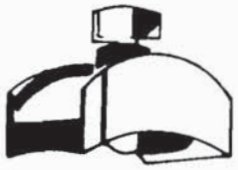


۵ ـ بست آزمایشی چهارراه



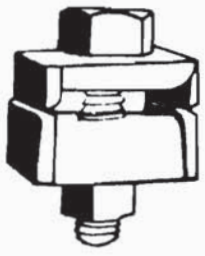
۶ ـ بست آزمایشی دوراه و چهارراه

۷ ـ بست اتصال سیم

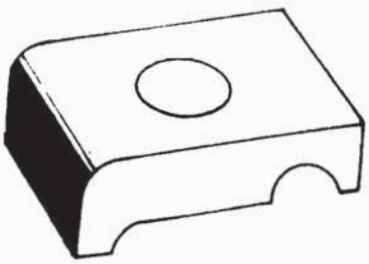


۸ ـ بست تسمه به‌لوله

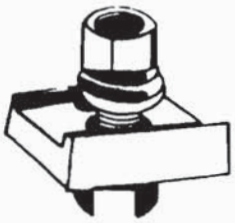
۹ ـ پایه و پیچ ومهره نصب در بتن



۱۰ ـ بست متفرقه



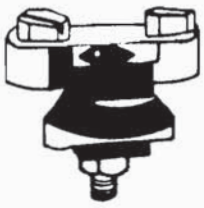
۱۱ ـ بست انشعاب از تسمه به‌سیم



۱۲ ـ بست تسمه به‌فلز
(ورق و یا پروفیل)

اتصالات و وسایل مختلف تسمه‌کشی

شکل ۱۴ ـ ۱۱



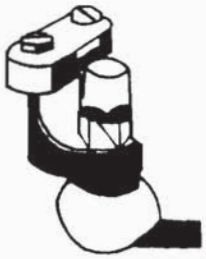
۱ ـ بست تسمه‌مخصوص نصب روی ورق موجدار

۲ ـ بست تسمه مخصوص‌نصب روی نرده

۳ ـ تسمه مسی ۳×۲۰ میلیمتر و یا ۳×۲۵ میلیمتر

۴ ـ بست‌تسمه‌مخصوص‌نصب‌روی دیوار و یا دست‌انداز پشت‌بام

۵ ـ بست تسمه مخصوص نصب روی خرپا



۶ ـ بست تسمه مخصوص نصب روی دیوار

۷ ـ بست تسمه مخصوص نصب در داخل دیوار

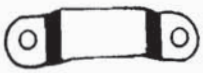
۸ ـ بست تسمه مخصوص نصب در داخل دیوار

۹ ـ بست تسمه مخصوص نصب در داخل دیوار

۱۰ ـ میخ سرکج مسی

۱۱ ـ میخ مسی

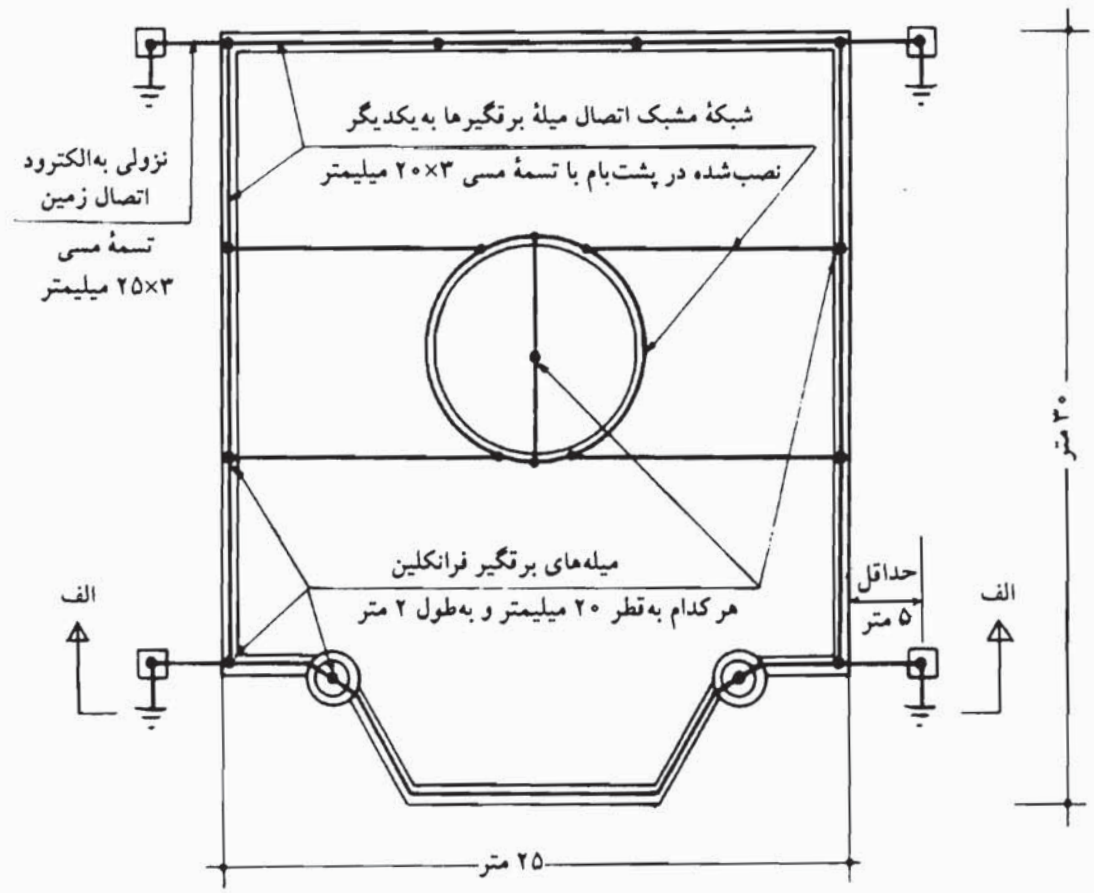
۱۲ ـ بست یکپارچه ساده

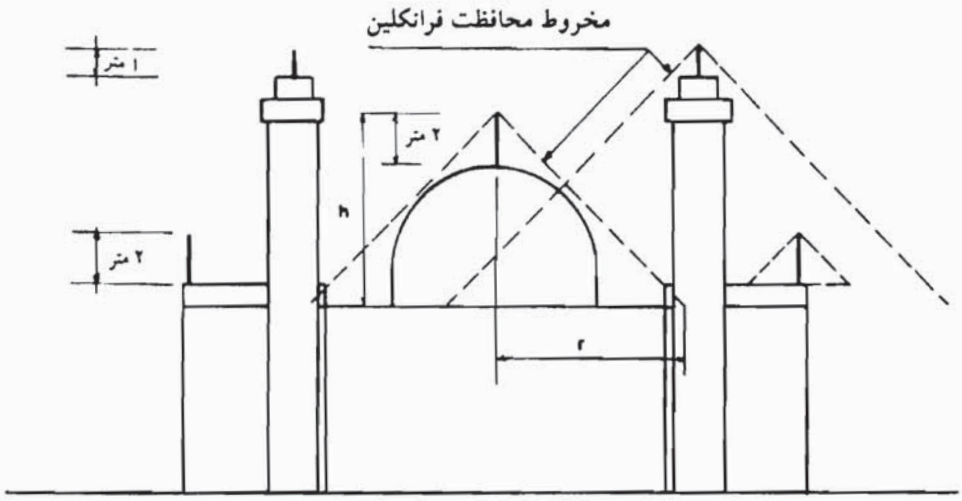


۱۳ ـ بست یکپارچه ساده

بستها و نگهدارنده‌های مختلف تسمه

شکل ۱۴ ـ ۱۲

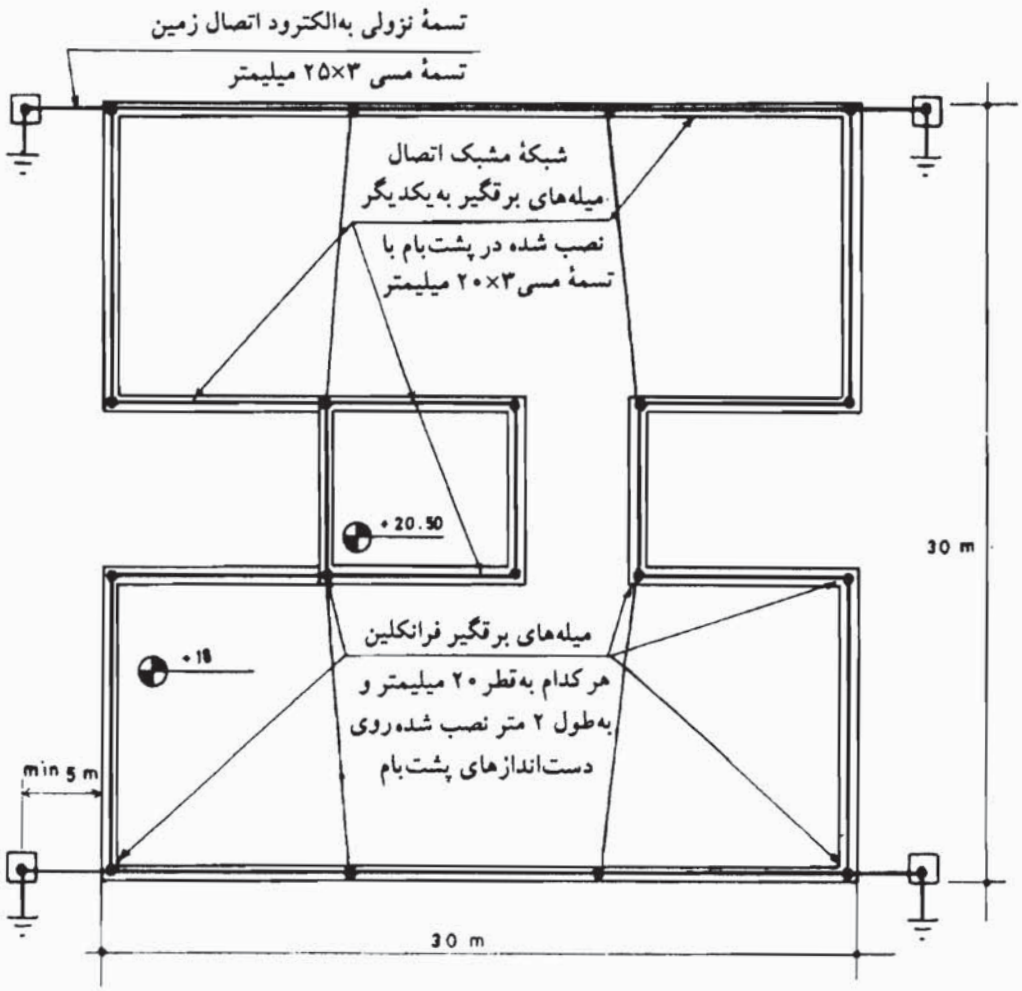


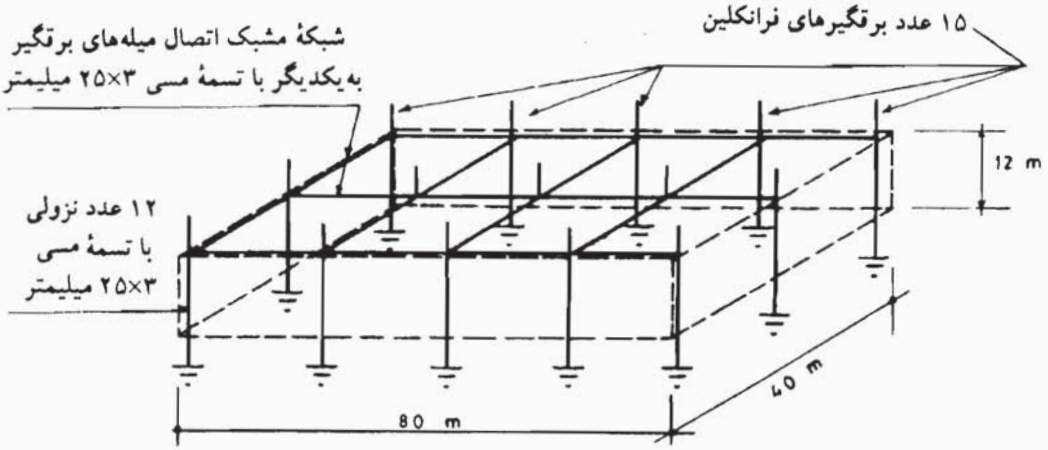


برش الف ـ الف

نمونه و روش نصب سیستم برقگیر قفس فاراده برای ساختمان مسجد

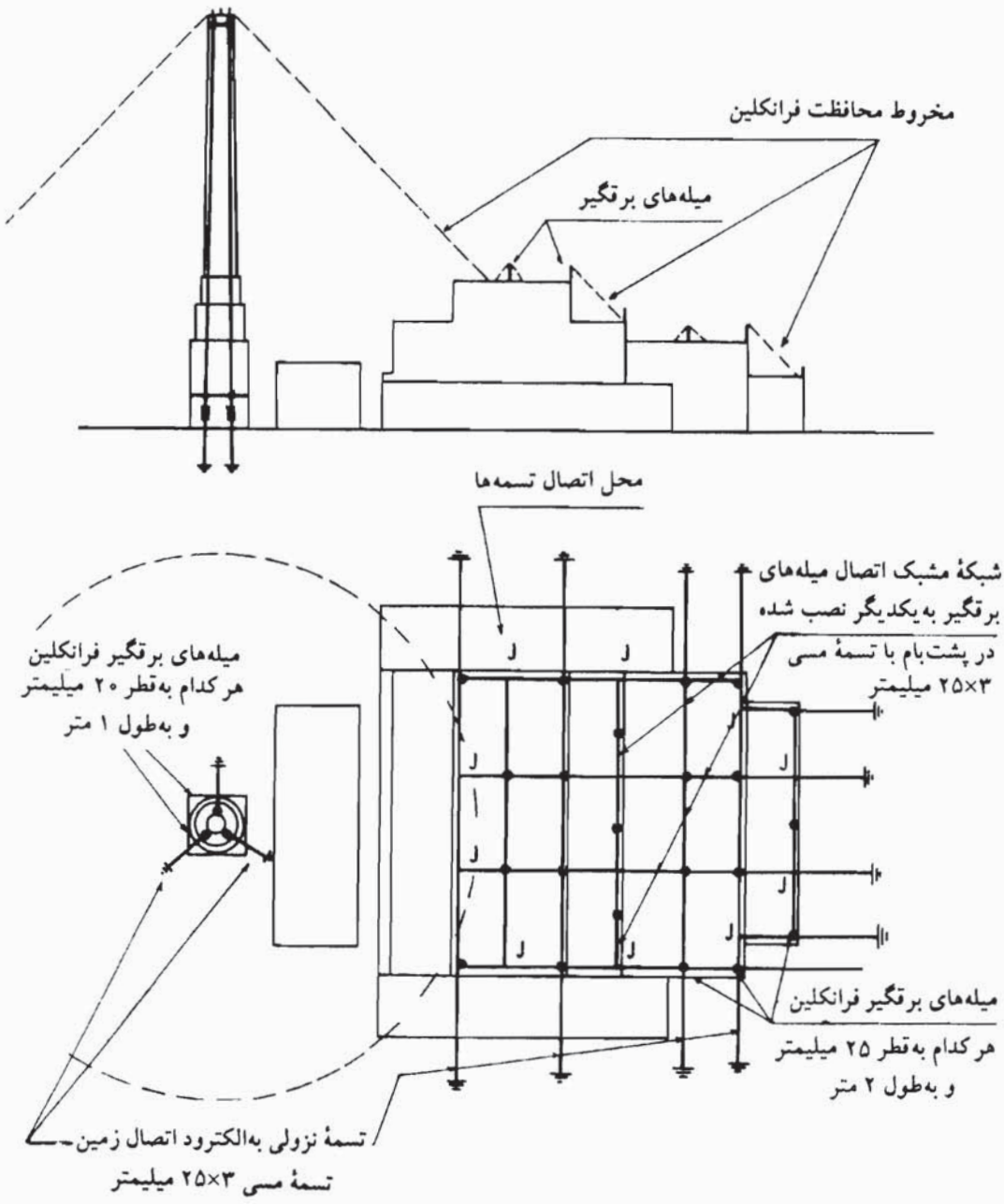
شکل ۱۴ ـ ۱۳





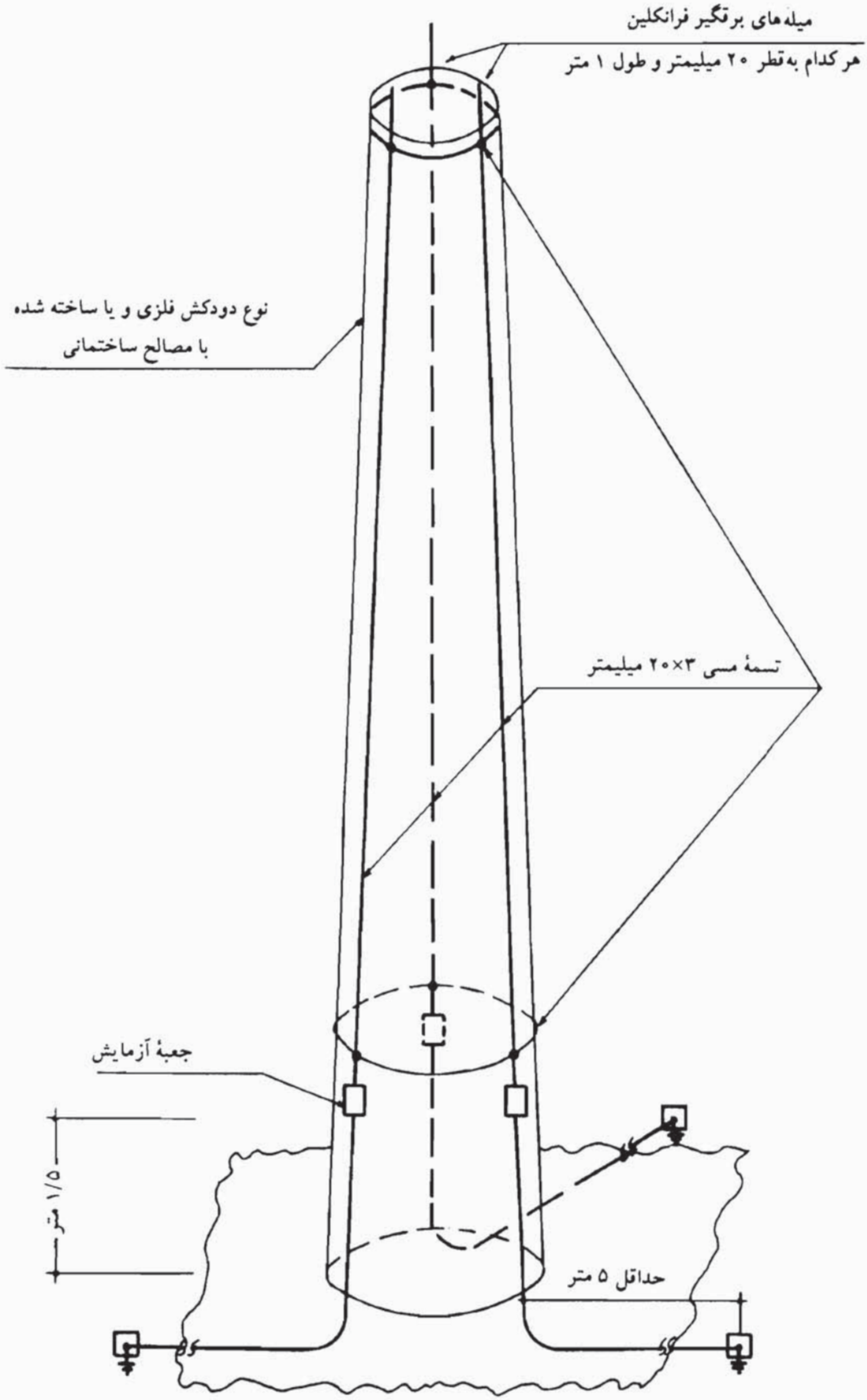
نمونه و روش کلی نصب سیستم برقگیر قفس فاراده

شکل ۱۴ ـ ۱۴



نمونه و روش نصب سیستم برقگیر قفس فاراده در یک کارخانه

شکل ۱۴ ـ ۱۵



نمونه و روش نصب سیستم برقگیر قفس فاراده روی دودکش کارخانه

شکل ۱۴ـ۱۶

استفاده از مسیر خارجی ساختمان عملی نباشد، هادیهای نزولی ممکن است از درون مجاری داخلی ویژه‌ای که دارای طولی برابر با ارتفاع ساختمان یا بخشی از آن باشد عبور نماید. این‌گونه مجاری باید عایق، غیرقابل اشتعال و دارای سطح مقطعی حداقل برابر با ۲۰۰۰ میلیمتر مربع یا بیشتر بوده و در اجرای آن شرایط مربوط به‌هادیهای نزولی رعایت شود. مجری سیستم تأسیسات برقی، هنگام استفاده از مجاری داخلی باید نسبت به‌کاهش کارایی سیستم حفاظتی مربوط و مشگلات بازرسی و نگهداری آن و همچنین مخاطرات ناشی از ورود موج ولتاژ بالا به‌درون سازه آگاه باشد.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۶ در مواردی که سطح خارجی ساختمان یا سازه به‌وسیله دیوار پرده‌ای[1] فلزی، سنگی، یا شیشه‌ای پوشیده شده باشد، هادی نزولی ممکن است در پشت پوشش نامبرده به‌دیوار بتنی یا سازه باربر نصب شود. در این‌گونه موارد اجزاء پوششی هادی و سازه نگهدار باید از بالا و پایین به‌هادی نزولی پیوند[2] یابد.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۷ هر برقگیر الکترونیکی باید به‌وسیله حداقل یک هادی نزولی به‌سیستم پایانه زمینی متصل شود. در موارد زیر دو هادی نزولی یا بیشتر موردنیاز خواهد بود:

الف ـ تصویر هادی نزولی افقی بزرگتر از تصویر هادی نزولی عمودی باشد (شکل ۱۴ ـ ۱۷).

ب ـ در صورتی‌که سیستم تأسیسات حفاظت خارجی ساختمان در برابر آذرخش بر روی سازه‌های بلندتر از ۲۸ متر نصب شود.

در مواردی که بیش از یک هادی نزولی مورد استفاده قرار گیرد هادیها باید با فواصل مساوی از یکدیگر استقرار یابد.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۸ حداقل سطح مقطع هادیهای نزولی، درصورتی‌که از سیم مسی با مقطع گرد باشد ۵۰ میلیمترمربع، درصورتی‌که از تسمه مسی باشد (۲×۳۰) میلیمتر و چنانچه از سیم‌مسی بافته انتخاب شود (۲/۵×۳۰) میلیمتر خواهد بود.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۹ تسمه‌های مورد مصرف برای هادیهای نزولی باید از نوع حلقه‌ای بوده و از مصرف تسمه‌های شاخه‌ای، که اتصالات اضافی به‌وجود می‌آورد، خودداری شود.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱۰ کلیه تسمه‌ها یا سیمها باید با بستهای مناسب و به‌صورت سه عدد در هر متر به‌کف بام یا دیوار ساختمان و مانند آن با درنظر گرفتن میزان انبساط حرارتی کاملاً محکم شود. انواع بستها در شکل ۱۴ ـ ۱۱ نشان داده شده است.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱۱ هادیهای نزولی باید با توجه به‌محل پایانه زمینی در کوتاهترین و مستقیم‌ترین مسیر ممکن و بدون خمهای تند یا برگشت به‌بالا نصب شود. شعاع خمها نباید از ۲۰ سانتیمتر کمتر باشد (شکل ۱۴ ـ ۱۸)

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱۲ هادیهای نزولی نباید به‌موازات لوله‌های برق یا به‌صورت متقاطع با آن نصب شود، لیکن در مواردی که عبور لوله‌های برق از روی هادیهای نزولی غیرقابل اجتناب باشد، لوله برق باید در داخل یک حفاظ فلزی به‌طول یک متر از نقطه تقاطع به‌هر طرف قرار داده شده و حفاظ مزبور به‌هادی نزولی متصل شود.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱۳ هادیهای نزولی باید در برابر ضربه و آسیب به‌وسیله حفاظ مناسب به‌ارتفاع دو متر از سطح زمین محافظت شود.

۱۴ ـ ۵ ـ ۲ ـ ۱۴ به‌منظور قطع سیستم پایانه زمینی و اندازه‌گیری میزان مقاومت اتصال زمین، هر هادی نزولی باید

1– Curtain - wall 2– Bond

به‌یک جعبه اتصال آزمون همراه با تیغه و سایر تجهیزات مربوط مجهز شود (به‌بندهای ۱۵ ـ ۲ـ۵ و ۱۵ ـ ۴ـ۲ فصل ۱۵ و شکل ۱۵ ـ ۷ رجوع شود). این‌گونه جعبه‌ها باید در ارتفاع حداقل ۱/۵ متر از سطح زمین نصب و عبارت «هادی برقگیر» همراه با نشانه ⏚ بر روی آن به‌صورت دایمی نوشته شود.

۱۴ ـ ۵ـ۲ـ۱۵ در مواردی که از آذرخش شمار استفاده می‌شود، دستگاه نامبرده باید بر روی مستقیم‌ترین هادی نزولی و در ارتفاع حدود دو متری از سطح زمین و در بالای جعبه اتصال آزمون نصب شود.

۱۴ ـ ۵ـ۲ـ۱۶ به‌منظور جلوگیری از ایجاد جرقه‌های خطرناک بین هادیهای حامل جریان آذرخش و قسمتهای فلزی نزدیک آن (در مواردی که فاصله ایمن موجود نباشد) کلیه بخشهای مزبور باید به‌سیستم هادیهای نزولی همبندی همپتانسیل شود. بنابراین تمامی قسمتهای فلزی موجود در پشت‌بام از قبیل سقف شیروانی یا سایبان فلزی، درب و پنجره فلزی و مانند آن که فواصل آن از هادیهای نزولی (d) کمتر از فاصلهٔ ایمنی (s) باشد، باید به‌سیستم هادیهای نزولی همبندی شود. (برای چگونگی محاسبه فاصلهٔ ایمن به‌بند ۲ـ۱ـ۳ از استاندارد NFC 17-102 رجوع شود).

۱۴ ـ ۵ـ۲ـ۱۷ اسکلت فلزی ساختمانهای اسکلت فلزی و یا آرماتورهای ساختمانهای بتن‌آرمه در چندین نقطه در پشت‌بام و بالای پی ساختمان باید به‌هادیهای نزولی اتصال داده شود. برای این منظور باید در هنگام ساختن اسکلت فلزی و یا بستن آرماتورها پیش‌بینی لازم به‌عمل آید تا در زمان نصب سیستم برقگیر هیچ‌گونه اشکالی به‌وجود نیاید.

۱۴ ـ ۵ـ۲ـ۱۸ در مواردی که سیستم تأسیسات حفاظت داخلی ساختمان در برابر آذرخش مورد نیاز است، باید بخشهای فلزی‌داخلی ساختمان به‌وسیلهٔ هادیهای مسی همپتانسیل با حداقل سطح مقطع ۱۶ میلیمترمربع به‌یک شمش یا میله مسی همپتانسیل با حداقل سطح مقطع ۷۵ میلیمتر مربع همبندی و سپس شمش مزبور به‌نزدیکترین نقطه مدار اتصال زمین متصل شود. برای ساختمانهای بزرگ ممکن است از چندین شمش همبندی همپتانسیل متصل به‌هم استفاده گردد.

در مواردی که سیستمهای تأسیسات برقی یا مخابراتی با استفاده از هادیهای حفاظ‌دار، یا در لوله‌های فلزی اجرا می‌شود، اتصال حفاظ هادیها یا لوله‌های فلزی به‌سیستم اتصال زمین معمولاً حفاظت لازم را تأمین می‌کند، در این‌گونه موارد در صورت عدم تأمین حفاظت لازم، هادیهای فعال باید از طریق برقگیرهای حفاظتی[1] به‌سیستم حفاظت در برابر آذرخش همبندی شود.

۱۴ ـ ۵ـ۲ـ۱۹ اتصال پایانه‌های زمینی سیستمهای حفاظت در برابر آذرخش به‌شبکه اتصال زمین سایر تأسیسات برقی ساختمان در آیین‌نامه‌ها و استانداردها مشروط بر رعایت موارد زیر توصیه شده است:

الف ـ سیستم اتصال زمین عمومی باید متشکل از یک شبکه گسترده‌ای[2] باشد که حداکثر مقاومت الکتریکی کل آن برابر با کمترین مقدار تعیین شده برای هر یک از سیستمهای موردنظر باشد.

ب ـ طراحی و اجرای سیستم حفاظت در برابر آذرخش باید با ضوابط و مقررات مندرج در یکی از استانداردهای نامبرده در بند ۱۴ ـ ۳ ـ ۱ دقیقاً مطابقت کند.

پ ـ سیستم اتصال زمین عمومی همچنین باید با ضوابط و استانداردهای سایر تأسیسات مربوط نیز مطابقت نماید.

ت ـ لوازم فلزی به‌کار رفته در سیستمهای مختلف باید از یک جنس باشد.

ث ـ در مواردی که اتصال بین سیستمها در داخل ساختمان صورت می‌گیرد، مسیر هادی

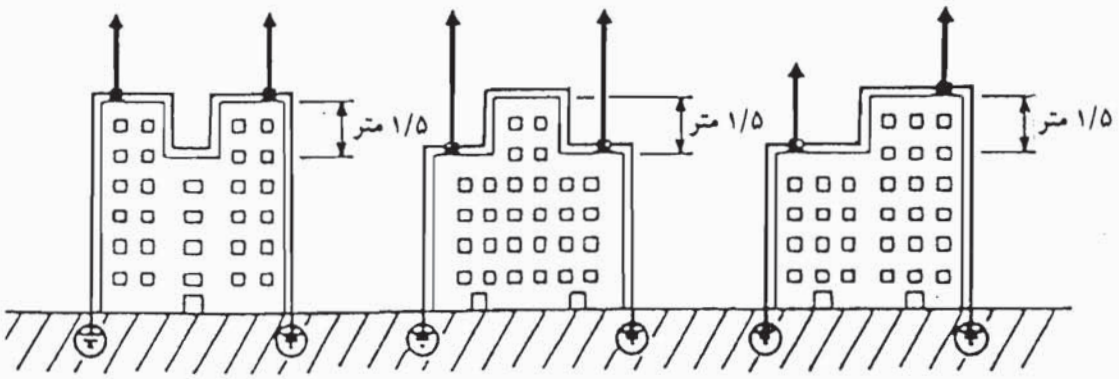
1– Surge protective devices

2– Grounding pad / grid

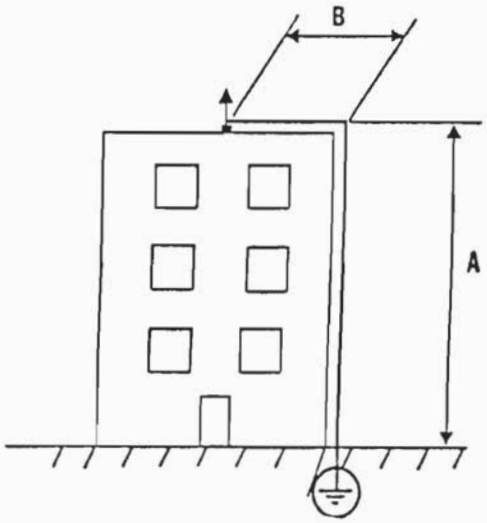
اتصال‌دهنده باید به‌گونه‌ای تعیین شود که موجب القاء جریان برق در کابلها و تأسیسات مجاور آن نشود.

ج - اتصال سیستمهای پایانه زمینی حفاظت در برابر آذرخش به‌مدار زمین پی ساختمان باید درست در برابر هر هادی نزولی با استفاده از یک وسیله قابل قطع و یک محفظه بازرسی که با علامت مخصوص اتصال زمین ⏚ نشانه‌گذاری شده باشد، انجام شود.

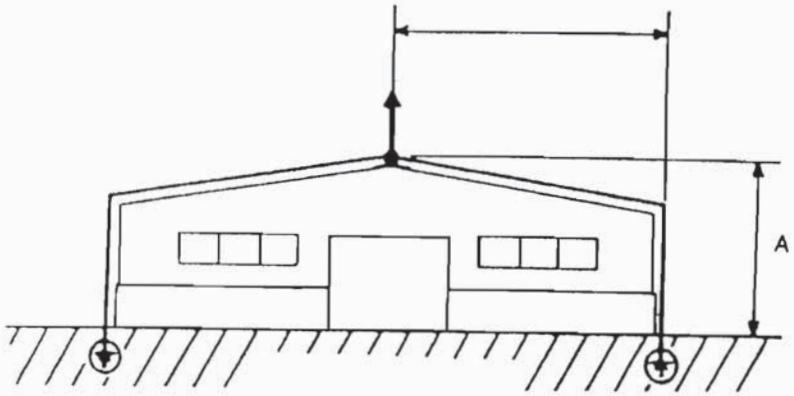
ج - در مواردی که حجم مورد حفاظت شامل چند سازه جداگانه باشد، سیستم پایانه زمینی برقگیر (ESE) باید به‌سیستم زمین همپتانسیل مجموعه سازه‌ها، که به‌صورت شبکه به‌هم پیوسته مدفون خواهد بود، متصل شود.



(الف) اتصال پایانه‌های هوایی الکترونیک به‌یکدیگر با اختلاف سطح حداکثر ۱/۵ متر



(ب) A > ۲۸ متر و B < A : یک هادی نزولی

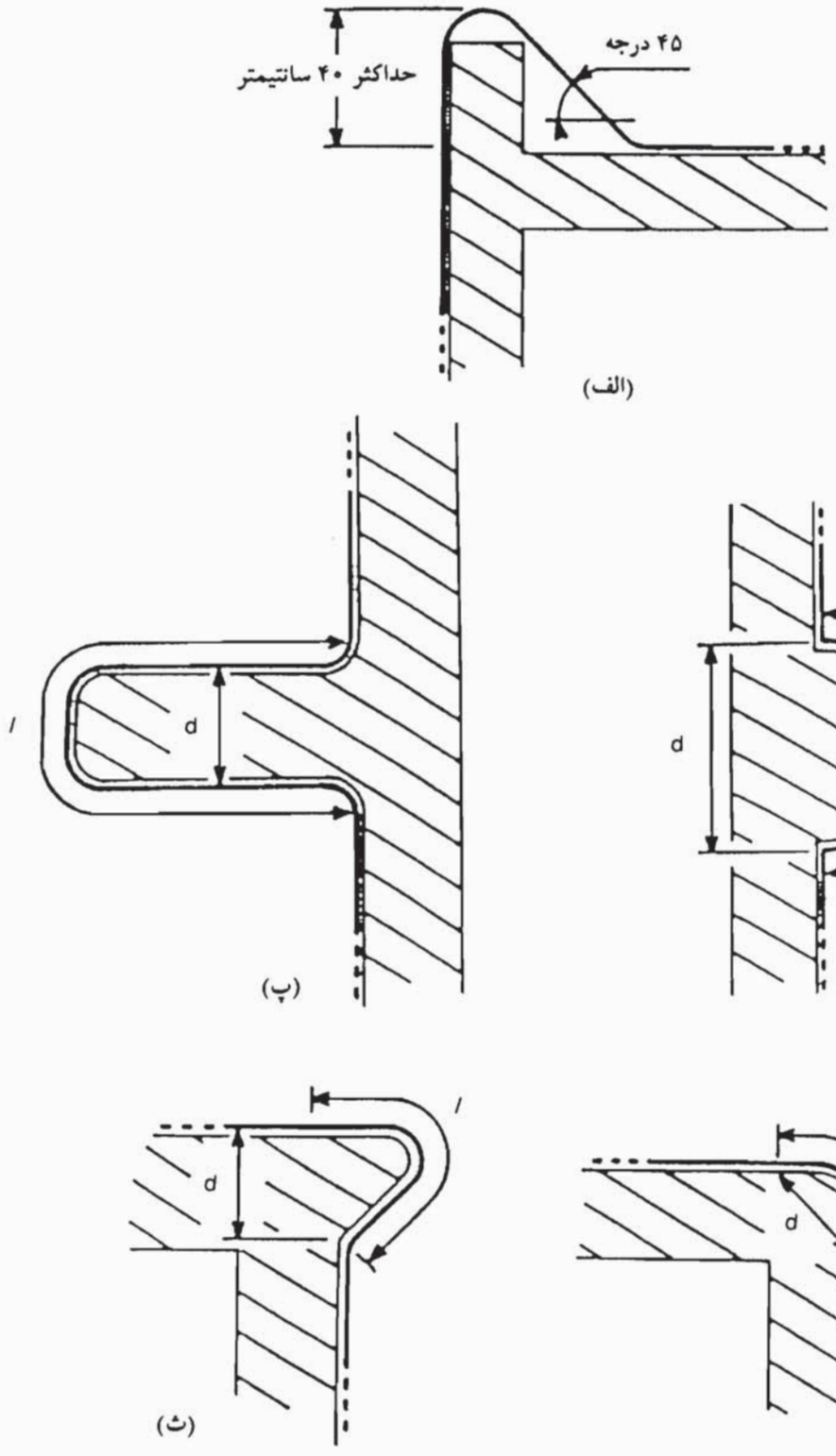


(پ) A < ۲۸ متر یا B > A : دو هادی نزولی

A : تصویر هادی نزولی عمودی

B : تصویر هادی نزولی افقی

شکل ۱۴ ـ ۱۷ اتصال پایانه‌های هوایی الکترونیک به‌یکدیگر و تعداد هادیهای نزولی.



l: درازای خمیدگی (متر)

d: پهنای خمیدگی (متر)

در صورتی که شرط d>l/20 رعایت شود خطر شکست دی‌الکتریک منتفی است

شکل ۱۴ ـ ۱۸ اشکال مختلف خمیدگیها در هادیهای نزولی.