پودمان ۳

همبندی و صاعقه‌گیر

واحد یادگیری ۴

همبندی و صاعقه‌گیر

آیا می‌دانید

- همبندی چیست؟
- چه روش‌هایی برای جلوگیری از خطرات ناشی از برق‌گرفتگی وجود دارد؟
- بتن یک عامل بسیار مهم در ایجاد اتصال زمین است؟
- چگونه می‌توان صاعقه را مهار کرد؟

استاندارد عملکرد

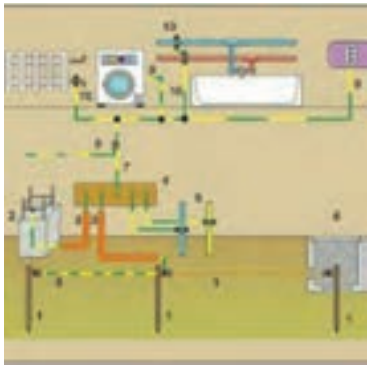
پس از اتمام این واحد یادگیری هنرجویان قادر خواهند بود انواع روش‌های همبندی در ساختمان را فرا گرفته و کارهای عملی مرتبط انجام دهند.
همچنین با انواع برق‌گیرها آشنا شده و به‌کارگیری آنها را فرا خواهند گرفت.

مقدمه

ضرورت رعایت موارد ایمنی و جلوگیری از خطرات ناشی از برق‌گرفتگی مانند شوک‌الکتریکی، سوختگی و نظایر آن از مهم‌ترین خطرات احتمالی برق‌گرفتگی الکتریکی است. روش‌ها و ایده‌های بسیاری برای جلوگیری از این خطرات مطرح شده است. با اجرای همبندی در ساختمان‌ها می‌توان تا حد بسیار زیادی از این خطرات جلوگیری کرد. همچنین در ساختمان‌های بلندمرتبه تجاری و مسکونی برای جلوگیری از خطر برخورد صاعقه و ایجاد خسارت می‌توان از صاعقه‌گیر استفاده کرد. صاعقه‌گیر وظیفه کنترل مسیر هدایت صاعقه را بر عهده دارد، کنترل و مهار صاعقه از مهم‌ترین دغدغه‌ها در ساختمان‌های بلند می‌باشد.

۱ـ۳ـ همبندی

اگر اسکلت هادی ساختمان (اسکلت فلزی یا میلگردهای بتنی) و بدنه هادی بیگانه (انواع لوله‌کشی‌های فلزی و نظایر آن) و بدنه هادی تجهیزات الکتریکی ساختمان‌ها را با یک هادی که دارای سطح مقطع بزرگ و مقاومت الکتریکی کم باشد به یکدیگر متصل شود، تمام نقاط هم‌پتانسیل می‌شود. این نوع اتصال «همبندی» نام دارد. همبندی مهم‌ترین روش برای پیشگیری از برق‌گرفتگی در یک ساختمان است. در شکل ۱ یک سیستم همبندی نشان داده شده است.



شکل ۱ـ نمونه یک سیستم همبندی

سؤال

اگر به هر دلیلی جریان ناخواسته‌ای وارد این سیستم شود چه پیامدی خواهد داشت؟

فیلم

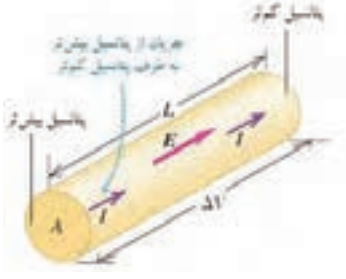
همبندی در ساختمان‌های مسکونی

یکی از دلایل مهم توجه به همبندی از طرف مهندسان برق، همه‌گیر شدن استفاده از ساختمان‌های مسکونی با سازه‌های بتنی است روشی که قبلاً برای ایجاد اتصال زمین و برای سیستم صاعقه استفاده شده است. سیستم الکترود زمین مستقل (بدون توجه به اجزای ساختمان) برای سیستم الکتریکی بود. این سیستم زمین شامل صفحه فلزی دفن‌شده، میله کوبیده‌شده، تسمه فلزی دفن‌شده و زره کابل است. در این روش سنتی از تشکیل همبندی صرف‌نظر شده و برای حفاظت در برابر صاعقه نیز یک سیستم مستقل نزولی با استفاده از هادی‌های مخصوص ایجاد شده است و در نهایت به سیستم الکترود زمین مستقل مخصوص صاعقه‌گیر متصل می‌شد. برای حفاظت بیشتر یک همبندی بین دو سیستم الکترود زمین نیز ایجاد می‌شود.

استفاده از بتن به‌عنوان الکترود ایجاد همبندی بسیار مهم و مقرون به صرفه است اگر چه در برخی موارد ممکن است به علت بی‌توجهی به بتن از نظر عبور جریان‌های مربوط به اتصال کوتاه یا صاعقه صدمه‌ای شدید به آن وارد شود. سیستم همبندی از نظر استقامت مکانیکی دارای عمر طولانی بوده و نیاز به نگهداری بالایی ندارد.

۱ـ۱ـ۳ـ همبندی به‌منظور هم‌پتانسیل شدن

عامل جاری‌شدن جریان در مصرف‌کننده‌های الکتریکی اختلاف پتانسیل در دو سر مصرف‌کننده است (شکل ۲).



$$I = \frac{V_A - V_B}{R}$$

شکل ۲ـ اختلاف پتانسیل

اگر پتانسیل دو سر مصرف‌کننده (R) یکسان باشد، (V_A با V_B برابر باشد) بنابراین جریانی در مصرف‌کننده جاری نمی‌شود. روش همبندی نیز برای حفاظت از جان اشخاص در برابر عبور جریان به همین صورت عمل می‌کند. در این روش اگر شخصی قسمت فلزی دستگاه برق‌دار که سیم فاز به آن متصل شده را لمس کند، چون نقطه تماس دست با بدنه فلزی و ولتاژ پای شخص بر روی زمین هم‌پتانسیل می‌شود، بنابراین ولتاژ تماس صفر شده و جریانی از بدن شخص عبور نمی‌کند. در یک سازه بتنی که تمامی اجزای داخلی به‌صورت یکپارچه به هم متصل شده‌اند نیز ولتاژ نقاط مختلف در صورت اجرای همبندی، هم‌پتانسیل خواهند بود.

۲ـ۱ـ۳ـ الکترود مدفون در بتن (روش یوفر)[1]

دفن هادی در بتن به‌طوری‌که سطح تماس آن با خاک زیاد باشد روش یوفر نامیده می‌شود. بتن همواره مقداری رطوبت را در خود نگه می‌دارد بنابراین هدایت الکتریکی بتن، از سایر انواع خاک بهتر است. اساس طرح یوفر بر پایه تعبیه هادی زمین در بتن می‌باشد. امروزه مهندسین، از منافع کشف آقای یوفر آگاه هستند. اسکلت کل ساختمان بتنی با وجود میله‌های فولادی در ساختمان یا پی آن با پوشش بتنی، یک سیستم زمین الکتریکی با مقاومت بسیار کم ایجاد می‌کند (شکل ۳). از مزایای دیگر این روش استفاده از خواص بتن برای کاهش مقاومت زمین است. البته این روش الزاماتی دارد از جمله اینکه هادی مسی اتصال زمین مدفون شده سیستم اتصال زمین دارای مقطع ۲۵ میلی‌متر مربع باشد یا میلگرد استفاده شده در بدنه بتن شماره ۱۴ باشد. همچنین فاصله هادی داخل بتن تا سطح خارجی بتن کمتر از ۵ سانتی‌متر نباشد.

شکل ۳- روش یوفر

۳ـ۱ـ۳ـ هدف همبندی

همبندی را نباید با اتصال زمین یوفر کردن اشتباه گرفت. همبندی در عمل به معنای کم کردن اندازه ولتاژ تماس در داخل ساختمان و در نقاطی از آن است که عیب زمین در تأسیسات الکتریکی ایجاد می‌شود.

همان‌طور که گفته شد ولتاژ تماس وقتی ایجاد می‌شود که یک عیب زمین (عبور جریان از زمین) در تأسیسات الکتریکی ایجاد شود. هنگامی‌که این جریان به زمین وارد می‌شود، به دلیل وجود مقاومت (بدن شخص یا بدنهٔ هادی)، ولتاژ تماس ایجاد می‌شود.

1- Concrate Encased Electrode

با توجه به اینکه هدف از ایجاد اتصال زمین، ایجاد امکان عبور جریان از الکترود زمین به‌جای بدن شخص است، هدف از همبندی، کم‌کردن اندازه ولتاژ لمس می‌باشد. با توجه به شکل ۲ کم‌شدن ولتاژ تماس در اثر همبندی می‌توان نتیجه گرفت استفاده هم‌زمان از دو روش زمین‌کردن و همبندی باعث جلوگیری از خطر برق‌گرفتگی می‌باشد. برای این منظور با توجه به اینکه ممکن است به علت عایق‌کاری، سطح تماس بتن کف با زمین کم باشد، حداقل یک الکترود زمین معمولی را به همبندی سازه متصل و یا توسط حلقه‌ای از مس که دورتادور ساختمان مدفون می‌شود را به همبندی متصل می‌کنند.

شکل ۴ ـ حلقه کلاف مسی به دور سازه فلزی برای همبندی

تحقیق کنید

تفاوت همبندی و روش یوفر چیست؟

۴ـ۱ـ۳ـ مزایای اجرای همبندی

- مطمئن‌ترین روش جلوگیری از برق‌گرفتگی ناشی از تماس غیرمستقیم
- حفاظت از آسیب‌دیدن تجهیزات الکترونیکی، مخابراتی و اتوماسیون
- کاهش اثرات الکتریسیته ساکن
- ایجاد مسیرهای موازی برای هدایت جریان صاعقه به سمت زمین و جلوگیری از آسیب‌های ناشی از آن بر روی اشخاص و تجهیزات الکتریکی
- وسایل حفاظتی به کمک همبندی اضافی
- بالا بردن ضریب اطمینان عملکرد وسایل حفاظتی به کمک همبندی اضافی

سؤال

اجرای همبندی چگونه در کاهش اثر الکتریسیته ساکن تأثیر می‌گذارد؟

۵ـ۱ـ۳ـ مراحل اجرای همبندی قبل از بتن‌ریزی

اجرای همبندی ساختمان باید قبل از بتن‌ریزی و هم‌زمان با اجرای شالوده ساختمان (فونداسیون) و در همه طبقات ساختمان اجرا شود (شکل ۵).

شکل ۵ ـ قبل از بتن‌ریزی (شالوده)

مراحل انجام همبندی به شرح زیر است :

۱ـ۵ـ۱ـ۳ـ اجرا در شالوده: در شالوده (فونداسیون) ساختمان بایستی تمامی شناژهای ارتباطی همبند شوند. منظور از شناژ، محوری است که همه ستون‌های ساختمان را به هم متصل می‌کند (شکل ۶).

شکل ۶ ـ شناژهای ساختمان

شکل‌های زیر نقشه همبندی شالوده و همچنین یک قسمت اجرا شده با هادی مسی را در شالوده ساختمان، نمایش می‌دهد.

خطوط آبی‌رنگ نشانگر هادی‌های همبندی می‌باشد (شکل ۷).

شکل ۷ـ نقشه اجرای همبندی شالوده ساختمان

۲ـ۵ـ۱ـ۳ـ اجرا در ستون‌ها: در تمامی طبقات، ستون‌های واقع در گوشه‌های ساختمان، یکی از ستون‌های راه‌پله، تمام ستون‌های خرپشته و موتورخانه و در هر ۲۰ متر از طول و عرض ساختمان، شبکه همبند باید به همدیگر متصل شود (شکل ۸).

شکل ۸ ـ نقشه اجرای همبندی ستون‌های ساختمان

سؤال

اگر شبکه لوله‌کشی آب ساختمان فلزی باشد، چگونه می‌توان آن را با بدنه فلزی ساختمان همبند کرد؟

فیلم

اجرای همبندی در شالوده و ستون‌ها

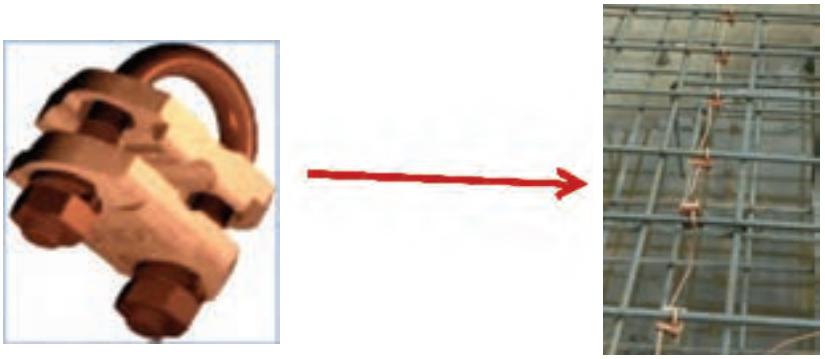
۶ـ۱ـ۳ـ هادی همبندی

هادی همبندی یک رشته سیم مسی، یک تسمه، یک عدد میلگرد و یک تیر یا ستون فلزی است که بر اساس طرح همبندی در سقف‌ها و ستون‌ها قرار می‌گیرد (شکل ۹).

شکل ۹ ـ تسمه همبندی

۱ـ۶ـ۱ـ۳ـ هادی همبندی مسی: چنانچه از سیم مسی برای همبندی استفاده شود، سطح مقطع هادی همبندی مسی نباید از $۶mm^۲$ کوچک‌تر باشد. استفاده از سطح مقطع $۲۵mm^۲$ ضروری نیست و همچنین سطح مقطع هادی همبندی اصلی نباید از نصف سطح مقطع بزرگ‌ترین هادی حفاظتی در تأسیسات الکتریکی کوچک‌تر باشد.سیم‌ها یا تسمه‌های مسی باید به میلگردهای موجود سازه متصل شوند. برای این کار باید در هر

۶ متر با استفاده از جوش احتراقی (احتراقی یا اگزوترمیک) و یا بست‌های پیچی مناسب، اتصالاتی ایجاد شده و همچنین در فاصله بین بست‌های پیچی و یا جوش‌ها باید به کمک سیم آرماتوربندی معمولی، به میلگردهای سازه متصل شود (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).



شکل ۱۰ ـ اتصال‌هادی همبندی مسی به میلگردهای موجود در سازه با استفاده از بست

شکل ۱۱ـ اتصال هادی همبندی مسی به میلگردهای موجود در سازه با استفاده از جوش احتراقی

همچنین در تمامی انشعابات اعم از سه و چهارراهی باید سیم‌های مسی با استفاده از جوش احتراقی به هم متصل شوند تا مقاومت الکتریکی آنها به حداقل ممکن رسیده و دارای استحکام مکانیکی کافی باشد (شکل ۱۲).

شکل ۱۲ـ جوش احتراقی سیم مسی

توجه کنید

هنگامی‌که دو فلز غیر همجنس در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، به دلیل خواص شیمیایی متفاوت، تشکیل پیل الکتریکی می‌دهند و در مدت زمان طولانی باعث خورده‌شدن فلز در محل اتصال می‌شود. فلز مس و آهن نیز از همین قاعده برخوردار هستند ولی به خاطر خواص شیمیایی نزدیک به هم، پیل به وجود آمده بسیار ضعیف است.

کار عملی

انشعاب سه‌راهی و چهار راهی سیم‌ها با استفاده از جوش احتراقی

قبل از شروع کار کارگاهی فیلم این اتصال را مشاهده کنید.

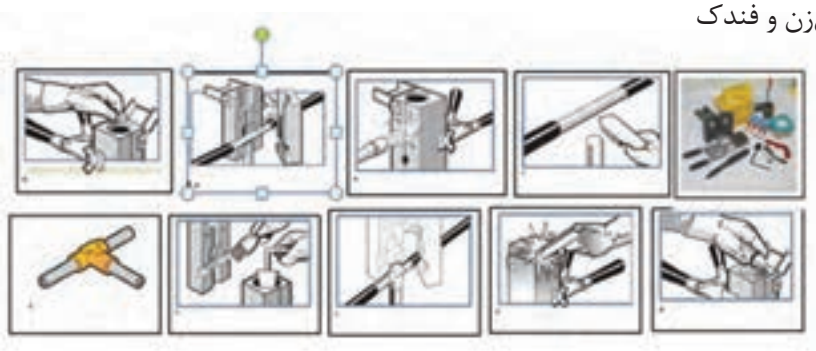
فیلم

اجرای جوش احتراقی سه‌راهی و چهارراهی

تجهیزات لازم:

۱ـ قالب جوش (دوراهی، سه‌راهی و چهارراهی)
۲ـ پودر جوش (۹۰ گرمی یا ۱۱۵ گرمی)
۳ـ پولک انتهایی
۴ـ فتیله آتش‌زن و فندک
۵ـ سیم ارت با مقطع $16mm^2$
۶ـ دستکش، عینک و کفش مخصوص

شکل ۱۳ مراحل انجام اتصال دوراهی، سه‌راهی و چهارراهی

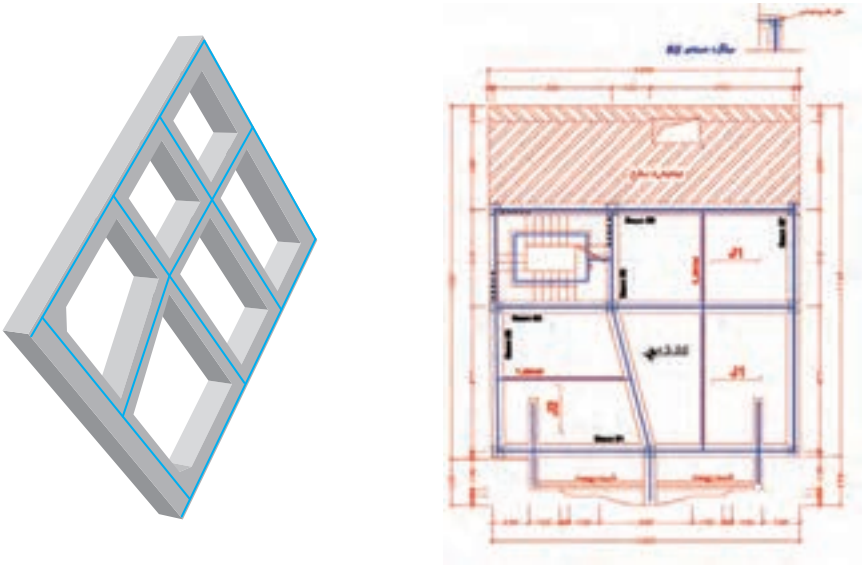


شکل ۱۳ـ وسایل و مراحل جوش احتراقی سیم مسی

۲ـ۶ـ۱ـ۳ـ اجرا در سقف‌ها: در سقف ساختمان‌ها، شناژها و تیرهای فلزی دورتادور سقف، دورتادور آسانسور، یکی از شناژها و یا تیرهای فلزی در حمام، دستشویی، آشپزخانه، آبدارخانه و سایر فضاهایی که به‌طور معمول در کف آنها آبریزی می‌شود، همچنین شناژها و یا تیرهای فلزی در طول و عرض ساختمان، حداقل در هر ۲۰ متر، بایستی همبندی صورت گیرد شکل (۱۴).

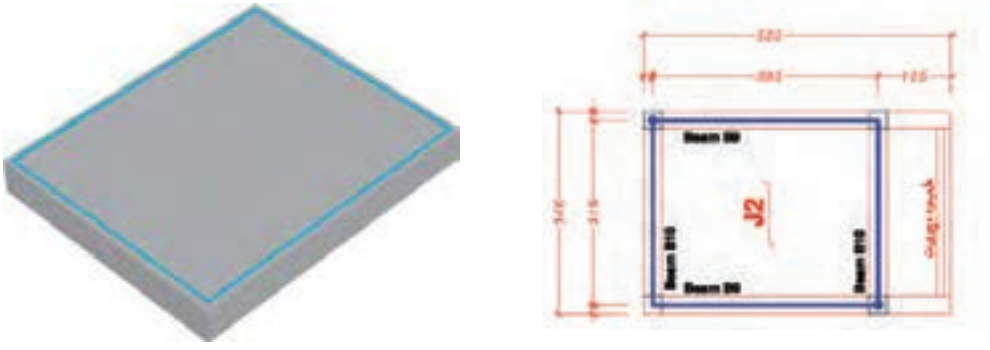
شکل ۱۴ ـ نقشه اجرای همبندی سقف‌های ساختمان

۳ـ۶ـ۱ـ۳ـ اجرا در بام ساختمان: در پشت‌بام ساختمان (آخرین سقف) تمامی شناژها و تیرهای فلزی، مانند فونداسیون باید با هادی همبند، همبندی شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵ـ نقشه اجرای همبندی بام ساختمان

۴ـ۶ـ۱ـ۳ـ اجرا در سقف خرپشته و سقف موتورخانه‌های آسانسور: تمامی شناژها و تیرهای فلزی دورتادور سقف خرپشته و سقف موتورخانه آسانسور باید به شبکه همبندی متصل شود شکل (۱۶).



شکل ۱۶ ـ نقشه اجرای همبندی خرپشته و سقف موتورخانه‌های آسانسور

کار عملی

اتصال هادی همبندی مسی به میلگردهای موجود در سازه

برای اتصال‌هادی مسی به میلگردهای موجود در سازه دو روش وجود دارد:

روش اول استفاده از بست U- Type

یکی از انواع کلمپ‌هایی که به‌منظور اتصال سیم به میله ارت به کار برده می‌شود بست U-Type است که در طراحی بست‌ها توجه به استحکام مکانیکی بست و مقاومت در برابر خوردگی از اهمیت بالایی برخوردار است. طراحی این بست‌ها به لحاظ ابعاد و ضخامت به‌گونه‌ای انجام شده که از استحکام مکانیکی بالایی برخوردار باشد. یکی دیگر از کاربردهای این بست اتصال سیم به میلگرد است. نوعی از این بست‌ها وجود دارد که «بست بی‌متال» نامیده می‌شود. در قسمتی که میلگرد قرار گرفته می‌شود جنس بست از آهن و قسمتی که هادی مسی قرار گرفته می‌شود، از جنس مس می‌باشد. دلیل این کار جلوگیری از خوردگی است (شکل ۱۷).

شکل ۱۷ـ بست U- Type

روش دوم: استفاده از جوش احتراقی

وسایل مورد نیاز استفاده از جوش احتراقی دقیقاً مانند کار عملی اتصال سه‌راهه و چهارراهه سیم مسی می‌باشد و تفاوت آن در نوع قالب است.

با مشاهده فیلم زیر هر دو روش را در کارگاه اجرا نمایید.

فیلم

اجرای جوش احتراقی سیم به میلگرد

۷ـ۱ـ۳ـ هادی همبندی میلگرد

به‌جای سیم مسی می‌توان از میلگرد جهت همبندی استفاده کرد. میلگرد همبندی می‌تواند یکی از میلگردهای اصلی در شناژها یا ستون‌های سازه و یا میلگرد اضافی باشد که به میلگردهای اصلی سازه اضافه شده است. اجرای این همبندی نباید به ساختار فنی سازه آسیب وارد کند.

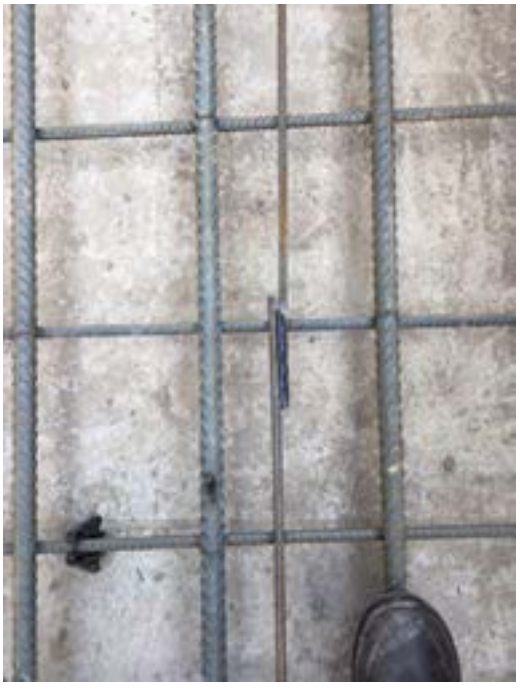
قطر میلگرد همبندی نباید از ۸ میلی‌متر کمتر باشد و اگر سطح مقطع هادی اصلی فاز ساختمان $۹۵mm^۲$ یا بیشتر باشد، قطر میلگرد به ۱۰ میلی‌متر افزایش می‌یابد.

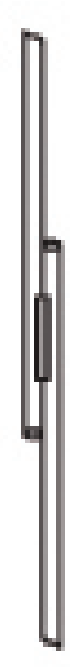
تمامی قطعات شبکه همبند از طریق اتصال الکتریکی مطمئن باید طوری به هم متصل شود که در محل اتصال مقاومت الکتریکی به حداقل ممکن برسد.

اتصال مطمئن بین قطعات میلگرد همبندی به‌وسیله جوش‌کاری به وجود می‌آید که در ادامه به شکل و نحوه جوش‌کاری آن پرداخته می‌شود.

- **جوش‌کاری میلگردهای طولی**[۱]

مطابق شکل ۱۸ با قرار دادن امتداد میلگرد (حدود ۱۰cm) و جوشکاری آن میلگردها همبندی می‌شوند.



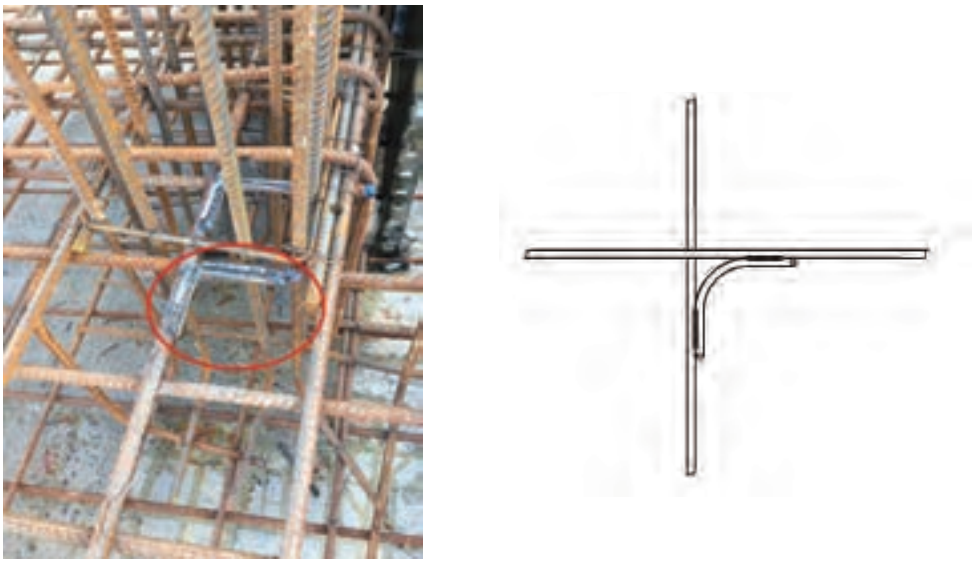


شکل ۱۸ـ جوش طولی

۱- Overlap

● جوشکاری میلگردها در یک تقاطع چهارراهه

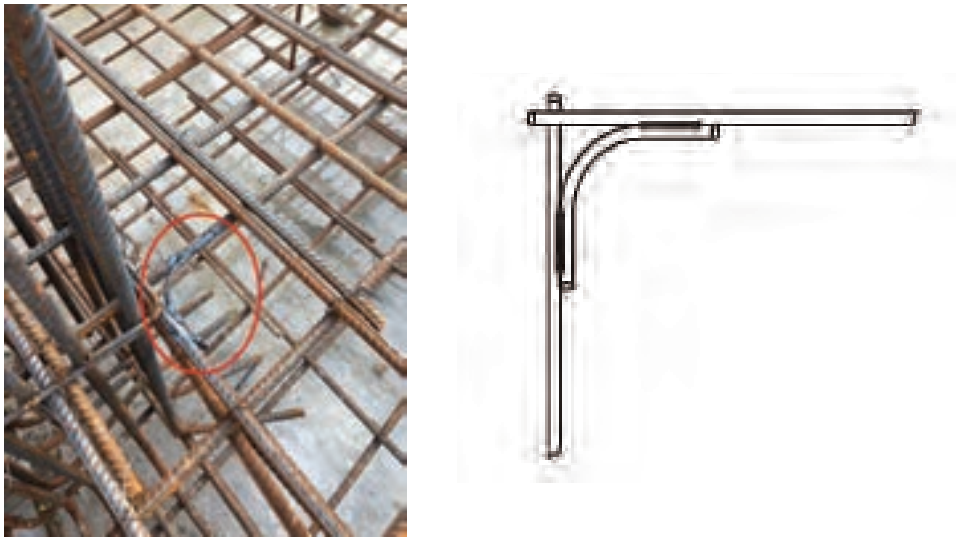
مطابق شکل ۱۹ با استفاده از یک خم قائم می‌توان جوشکاری همبندی در محل تقاطع دو میلگرد انجام داد.



شکل ۱۹- جوشکاری میلگردها در یک تقاطع چهارراهه

● جوشکاری میلگرد در یک گوشه

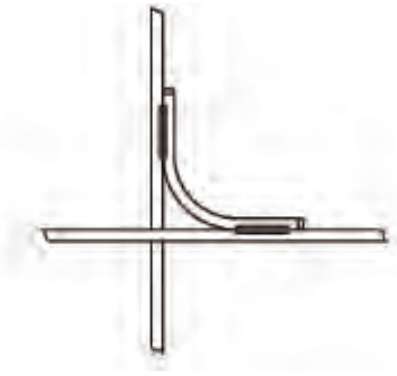
جوشکاری میلگرد در یک گوشه، شبیه جوشکاری تقاطع چهارراه است.



شکل ۲۰ ـ جوشکاری میلگردها در گوشه

● جوشکاری در تقاطع سه‌راهه

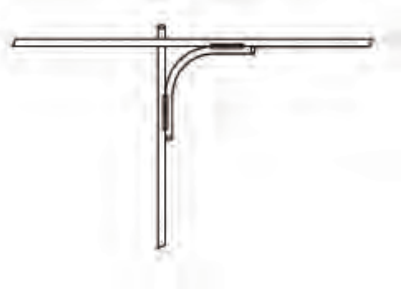
در شکل ۲۱ جوشکاری همبندی برای یک مسیر سه راهه نشان داده شده است.



شکل ۲۱ـ جوش‌کاری میلگردها در تقاطع سه‌راهه

● جوشکاری میلگردهای شناژ با شالوده به ستون

در این نوع جوشکاری نیز مانند جوش‌کاری سه‌راهه اتصال همبندی بین میلگرد شناژ با شالوده به ستون انجام می‌شود (شکل ۲۲).



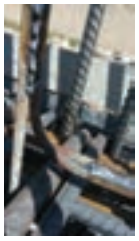
شکل ۲۲ـ جوشکاری میلگردهای شناژ با شالوده

فیلم

اجرای جوشکاری میلگرد همبندی

کار کارگاهی

جوشکاری میلگردهای همبندی



وسایل مورد نیاز:

۱ـ میلگرد شماره ۱۰

۲ـ الکترود جوش ۲/۵

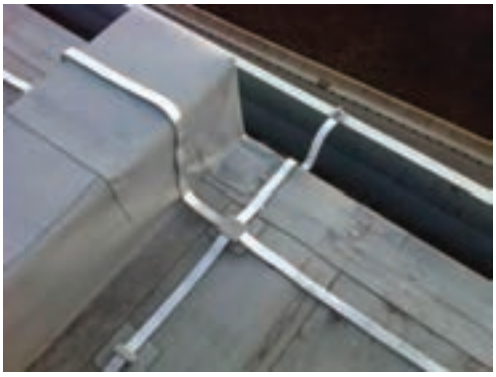
۳ـ دستگاه جوش با جریان خروجی ۱۲۰ آمپر

۴ـ ماسک و کفش مخصوص

پس از مشاهده فیلم جوش‌کاری هر یک از جوش‌کاری‌های طولی، سه‌راهه، چهارراهه و گوشه را به‌طور جداگانه انجام دهید. اندازه قطعات اتصال در جدول کتاب همراه ذکر شده است.

۸ـ۱ـ۳ـ مراحل اجرای همبندی بعد از بتن‌ریزی

۱ـ۸ـ۱ـ۳ـ اجرا در فونداسیون، سقف‌ها: درصورتی‌که همبندی قبل از بتن‌ریزی در فونداسیون و سقف‌ها انجام نشده باشد، باید با سیم مسی بدون روکش غیرافشان با سطح مقطع $16mm^2$ شبکه همبند را بر روی سطح بتن اجرا نموده، و آن را به نزدیک‌ترین شبکه همبند در دسترس متصل نمود (شکل ۲۳).



شکل ۲۳ ـ همبندی در سقف

۲ـ۸ـ۱ـ۳ـ اجرا در ستون‌ها: درصورتی‌که همبندی در یکی از ستون‌های طبقات ساختمان، خرپشته و یا موتورخانه آسانسور قبل از بتن‌ریزی انجام نشده باشد، ارتباط شبکه همبند بین طبقات بالا و پایین قطع می‌شود، لذا باید یک رشته سیم مسی با سطح مقطع $16mm^2$ غیرافشان (با روکش و یا بدون روکش) در کنار ستون‌های موردنظر قرار داده و آنها را به شبکه همبندی طبقه بالاتر و همچنین طبقه یا طبقات پایین‌تر متصل نمود.

۹ـ۱ـ۳ـ همبندی اسکلت‌های فلزی

در سازه‌های اسکلت فلزی که تیرها و ستون‌ها با استفاده از پیچ و مهره به یکدیگر متصل شده‌اند، برای ایجاد اتصال الکتریکی مطمئن بین قطعات فلزی شبکه همبند از یک قطعه سیم مسی رابط استفاده می‌شود. البته اتصالات جوشی قطعات فلزی از نظر اتصال الکتریکی مطمئن بوده و نیاز به اتصال اضافی ندارد.

سیم رابط که به قطعات فلزی متصل می‌شود، جوش ترمیک داده شده یا دو سر آن را کابلشو زده و با دو عدد پیچ جوش‌کاری شده به قطعات متصل شود (شکل ۲۴).

شکل ۲۴ـ اتصال اسکلت فلزی پیچی

فیلم

نحوه اتصال سیم مسی به اسکلت فلزی

کار کارگاهی

اتصال سیم مسی به اسکلت فلزی

روش اول استفاده از کابلشو

وسایل مورد نیاز:

۱ـ کابلشو نمره ۱۶

۲ـ کابل مسی نمره ۱۶

۳ـ پرس کابلشو

۴ـ وسایل ایمنی

چنانچه کابل مورد استفاده روکش‌دار باشد، عایق کابل به اندازه عمق کابلشو روکش‌برداری شده و پس از قرار گرفتن در داخل کابلشو، پرس شود.

روش دوم جوش احتراقی

وسایل مورد نیاز با انواع جوش‌های احتراقی گفته شده یکسان است و تنها تفاوت در نوع قالب به‌کار رفته است.

۱۰ـ۱ـ۳ـ اتصال شبکه همبند شده به سیستم اتصال زمین در جعبه همبندی

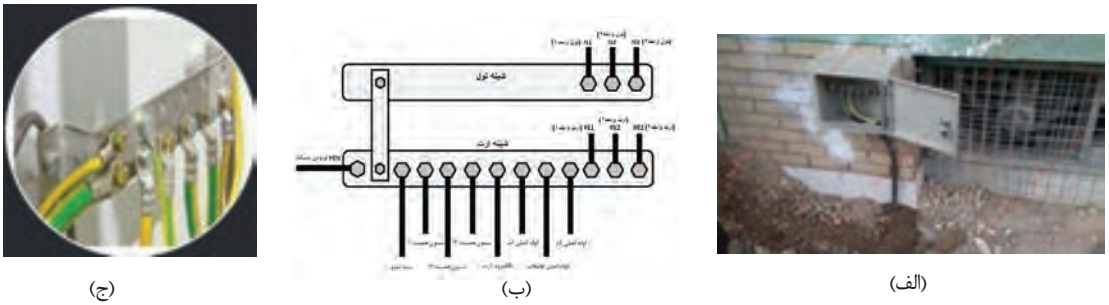
سیستم اتصال زمین و همبندی مکمل یکدیگر بوده و باید این دو سیستم به همدیگر متصل شوند. به چند دلیل باید این دو سیستم به همدیگر متصل شوند یکی از این علت‌ها را می‌توان وجود جریان‌های سرگردان در شبکه همبند نام برد. چنانچه این جریان‌ها راه خروجی از شبکه همبند نداشته باشند به مرور زمان موجب خوردگی در شبکه همبند شده و از بین رفتن سازه را به دنبال دارد (شکل ۲۵).

شکل ۲۵ ـ خوردگی در اتصالات

سؤال

علت‌های اتصال دیگر سیستم‌های زمین به شبکه همبند چیست؟

شبکه همبند باید حداقل از سه نقطه به شینه اتصال زمین (شینه ارت) متصل شود (شکل ۲۶).



(الف) (ب) (ج)

شکل ۲۶ ـ اتصال شبکه همبند و اتصال زمین در جعبه همبندی

نقاط اتصال شبکه همبند به اتصال زمین ساختمان، روی ستون‌های همبند شده، قرار می‌گیرد. یکی از این نقاط باید روی ستون همبند شده شفت راه‌پله و یک نقطه دیگر روی ستونی جانمایی شود که از محل نصب شینه اصلی اتصال زمین (تابلوی اصلی) فاصله کمتری داشته باشد. نقطه یا نقاط باقیمانده روی ستون‌هایی در نظر گرفته شود که دور از یکدیگر و نقاط قبلی باشد.

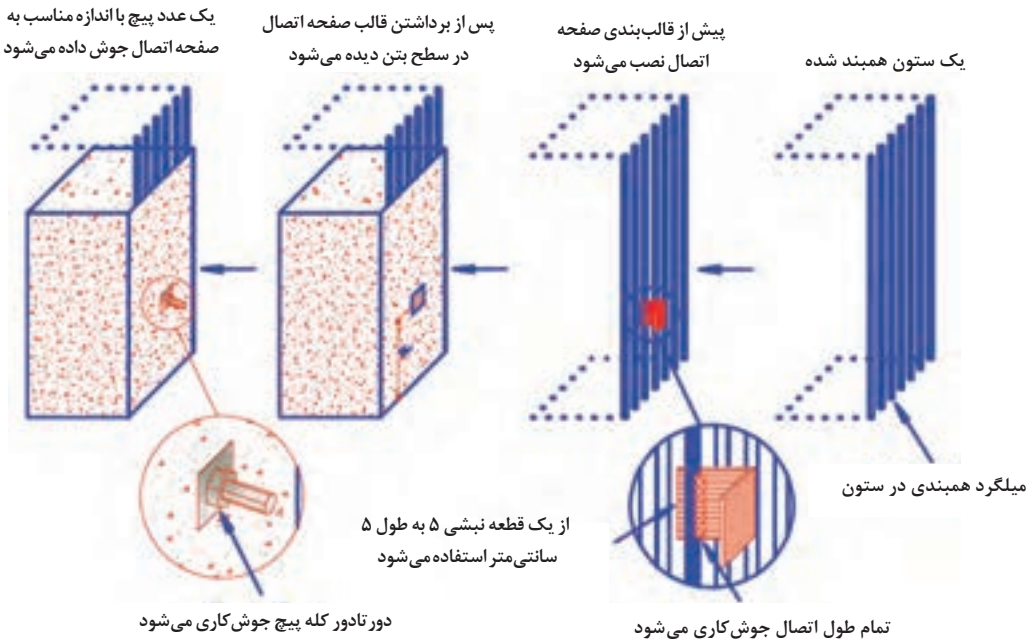
برای اتصال شبکه همبند به اتصال زمین ساختمان از یک قطعه فولادی به نام قطعه اتصال استفاده می‌شود. این قطعه یک نبشی فولادی معمولی به ابعاد ۵ mm × ۵۰ × ۵۰ و یا بزرگ‌تر است. یکی از صفحات نبشی به هادی همبندی موجود در ستون، جوشکاری شده و صفحه دیگر برای اتصال شبکه همبند به اتصال زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد و در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از کف زمین و در جایی قرار می‌گیرد به زیبایی آن محل لطمه‌ای وارد نشود (شکل ۲۷).

شکل ۲۷ـ قطعه اتصال‌دهنده

برای اتصال هادی‌های ارتباطی به قطعه اتصال باید از جوش ترمیک استفاده شود و یا یک پیچ ضدزنگ (خوردگی) روی این قطعه جوشکاری شده و هادی همبند به کمک کابلشوی مناسب روی این پیچ بسته شود. همچنین تمامی اتصالات و پیچ‌ها در درون جعبه‌ای با در بازشو برای بازدید و تست‌های اولیه و دوره‌ای قرار می‌گیرد (شکل۲۸).

شکل ۲۸ ـ اتصال پیچ ضدزنگ (خوردگی) به قطعه اتصال

در شکل ۲۹ مراحل کامل قطعه اتصال همبندی آورده شده است.



شکل ۲۹ـ مراحل کامل قطعه اتصال همبندی به زمین

فیلم

نحوه اتصال همبندی به اتصال زمین

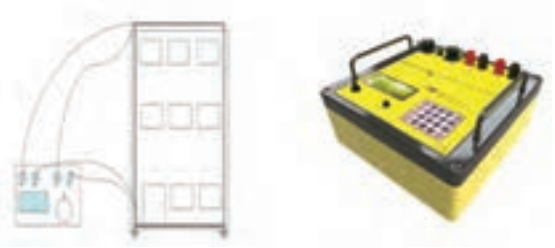
۱۱ـ۱ـ۳ـ تست مقاومت الکتریکی همبندی

پس از اجرای شبکه همبندی این شبکه باید از نظر پیوستگی و مقدار مقاومت مورد آزمایش قرار گیرد. جهت انجام تست پیوستگی از اهم‌متر استفاده می‌شود که دستورالعمل و طرز کار با آن در سال دهم آموزش داده شده است.

ضمناً برای اندازه‌گیری مقاومت شبکه همبندی از دستگاه اندازه‌گیری مقاومت ویژه خاک[۱] استفاده می‌شود. این دستگاه چهار سیم دارد؛ دو سیم رابط برای منبع جریان و دو سیم رابط برای منبع ولتاژ و زمانی که مطابق شکل

۱ـ Earth Resistivity

زیر در مدار قرار گیرد، مقاومت سیم مسیر در اندازه‌گیری تأثیر نخواهد گذاشت. لازم به ذکر است که مطابق با استاندارد IEC ۶۲۳۰۵۳ مقاومت شبکه همبند باید از مقدار ۰/۲ اهم کمتر باشد (شکل ۳۰).



شکل ۳۰ ـ دستگاه چهار سیمه و طریقه اندازه‌گیری

۱۲ـ۱ـ۳ـ اثر الکتروشیمیایی زمین بر الکترودهای همبندی‌شده

علاوه بر نیروهای مکانیکی که ممکن است موجب پارگی‌هادی اتصال زمین شود، خوردگی شیمیایی (اثر مواد شیمیایی خاک روی فلزهادی اتصال زمین) و خوردگی الکتروشیمیایی (تشکیل پیل به‌وسیله فلزات غیر همجنس در زمین)، خطراتی است که هادی اتصال زمین با آنها روبه‌رو است. در مورد خوردگی الکتروشیمیایی، دو فلزی که بیش از همه به هم اتصال داده می‌شود، مس و فولاد است. مس ساده (بدون هرگونه روپوش دیگر مانند قلع و غیره) نسبت به فولاد ساده (بدون هرگونه پوشش مانند گالوانیزاسیون) تشکیل قطب مثبت می‌دهد که سبب خوردگی سریع خواهد شد. در جدول ۱تمامی ویژگی‌های الکترودهای مختلف با هم مقایسه شده است.

جدول ۱ـ مقایسه مشخصات انواع الکترودها

	میله کوبیدنی	میله کوبیدنی پیشرفته	الکترود صفحه‌ای	روش یوفر	همبندی	لوله‌های آب فلزی	الکترودهای دفنی‌شیمیایی
مقاومت حاصله	بد	متوسط	بد	متوسط	بالاتر از متوسط	بد تا عالی	عالی
خوردگی	کم	خوب	کم	خوب	خوب	متغیر	بالا
کاهش مقاومت با سردی هوا	تأثیر بالا	تأثیر کم	تأثیر بالا	تاثیر کم	تأثیر کم	حداقل تأثیر	حداقل تأثیر
کاهش مقاومت با مرور زمان	افزایش	تحت تأثیر	کاهش	تحت تأثیر	تحت تأثیر	تحت تأثیر	بهبود
جریان‌کشی الکترود	کم	متوسط	متوسط	متوسط	بالاتر از متوسط	بد تا عالی	عالی
هزینه نصب	متوسط	عالی	زیر متوسط	زیر متوسط	متوسط	متوسط	بد
پیش‌بینی طول عمر	زیر ۱۵ سال	۲۰ـ۱۵سال	۱۰ـ۵ سال	۲۰ـ۱۵سال	۳۰ـ۲۰سال	۱۵ـ۱۰سال	۵۰ ـ ۳۰ سال

پروژه

ماکت یک سازه شامل فونداسیون، ستون‌ها، سقف و خرپشته در کارگاه آماده شده است. مراحل زیر را به ترتیب انجام داده و ارزشیابی آن توسط هنرآموز انجام شود:

۱ـ نقشه شبکه همبندی توسط نرم‌افزار اتوکد طراحی کنید.

۲ـ همبندی توسط سیم مسی اجرا کنید.

۳ـ تست همبندی توسط میگر و دستگاه چهار سیمه انجام داده و مقدار مقاومت اندازه‌گیری کنید.

۴ـ شبکه همبند به سیستم زمین متصل شده و مقاومت هر دو با هم اندازه‌گیری کنید.

۲ـ۳ـ صاعقه

شکل ۳۱ـ صاعقه

صاعقه جزء پدیده‌های متداول طبیعت و یکی از زیباترین و در عین‌حال خطرناک‌ترین رخدادهای طبیعی می‌باشد. در هر ۱۰۰ ثانیه یک تخلیه الکتریکی در آسمان اتفاق می‌افتد که ۹۰ درصد آن رعد و برق و ۱۰ درصد آن صاعقه است (شکل ۳۱).

سؤال

تفاوت بین صاعقه و رعد و برق چیست؟

اولین تأثیر صاعقه آتش‌سوزی است که باعث خسارت سنگین به لوازم برقی، خطوط تلفن و شبکه‌های رایانه‌ای می‌شود و ضرر مالی برای افراد، شرکت‌ها و سازمان‌ها را به دنبال دارد.

۱ـ۲ـ۱ـ تعریف صاعقه

صاعقه پدیده‌ای جوی است که امکان وقوع آن در اثر اختلاف پتانسیل الکتریکی بین یک توده ابر و زمین، موجب تخلیه الکتریکی ناگهانی و ایجاد جرقه‌ای عظیم می‌شود (شکل ۳۲).

شکل ۳۲ـ علت وقوع صاعقه

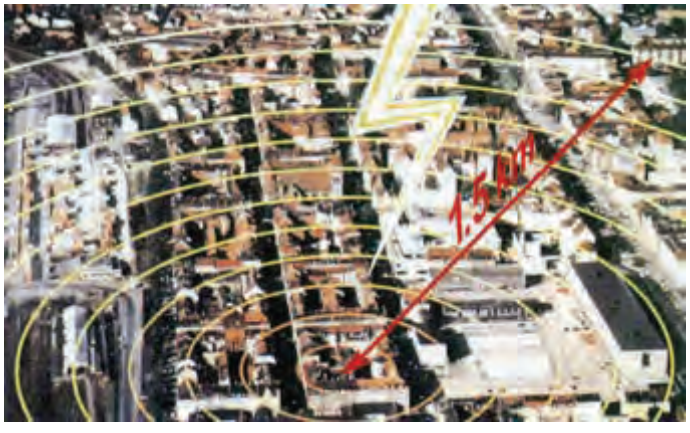
بحث کنید

آیا امکان تخلیه الکتریکی از سمت زمین به توده ابر نیز وجود دارد؟

۱ـ۲ـ۳ـ انواع صاعقه

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین توده‌های ابر در اثر مالش باعث ایجاد آذرخش یا صاعقه می‌شود. صاعقه انواع مختلفی دارد که ۹۰ درصد آنها تخلیه الکتریکی بین ابری است. شدت جریان صاعقه بین ۱۰ تا ۳۰ کیلوآمپر بر میکروثانیه است. بزرگ‌ترین جریان ثبت‌شده تاکنون ۲۰۰ کیلوآمپر بوده است. در اثر تخلیه الکتریکی صاعقه، اضافه ولتاژ در محل تخلیه ایجاد می‌شود.

اضافه ولتاژ عاملی است که می‌تواند شدیداً تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی را به خطر انداخته یا غیرقابل استفاده کند. یکی از عوامل ایجاد اضافه ولتاژ ضربه‌های مستقیم صاعقه و میدان الکترومغناطیسی آن می‌باشد (شکل ۳۳).



شکل ۳۳ ـ میدان الکترومغناطیسی ناشی از صاعقه

تحقیق کنید

اثر الکترومغناطیسی صاعقه در گذشته چه خساراتی به شرکت‌های رایانه‌ای و الکترونیکی وارد کرده است؟

۲ـ۲ـ۳ـ خطرات برخورد صاعقه

برخورد صاعقه می‌تواند خطرات جانی برای افراد و موجودات زنده و یا سازه‌ها و وسایل داخل سازه را داشته باشد (شکل ۳۴).

شکل ۳۴ ـ سوختگی در اثر صاعقه

خطرات جانی صاعقه در اثر عوامل زیر اتفاق می‌افتد:

۱ـ برخورد مستقیم صاعقه

۲ـ ولتاژ گام

۳ـ ولتاژ تماس

۴ـ اثرات جانبی صاعقه

متون شکل ۳۵ را ترجمه و همراه با شکل آن تفسیر کنید.

شکل ۳۵ـ ترجمه متون

۳ـ۲ـ۳ـ خطرات صاعقه برای سازه‌ها و وسایل داخل سازه‌ها

برخورد صاعقه با سازه‌ها می‌تواند منجر به اتفاقات زیر شود، به همین دلیل باید صاعقه را مهار کرد.

۱ـ انفجار یا آتش گرفتن وسایل در اثر گرمای تولیدی صاعقه

۲ـ آتش‌سوزی و یا انفجار ناشی از گرما در اثر عبور جریان بالا از هادی‌ها و یا قسمت‌های فلزی

۳ـ ریزش سقف در اثر گرمای ناشی از محل برخورد صاعقه

۴ـ خرابی قسمت‌های داخلی سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی

با توجه به مطالب فوق ضرورت دارد که ساختمان‌ها و سازه‌ها برای جلوگیری از خطرات برخورد صاعقه به سیستم‌های حفاظت در برابر صاعقه مجهز شوند.

برای ایجاد یک حفاظت مناسب، نیاز به مجهز شدن سازه به دو نوع حفاظت است.

۱ـ حفاظت خارجی

۲ـ حفاظت داخلی

۴ـ۲ـ۳ـ حفاظت خارجی

منظور از حفاظت خارجی ایجاد شرایط و مسیری برای جلوگیری از برخورد صاعقه به ساختمان یا سازه است.

این سیستم حفاظت صاعقه خارجی شامل سه بخش است:

الف) جلوگیری از برخورد مستقیم صاعقه به ساختمان و تأسیسات بیرونی (توسط پایانه هوایی) مطابق شکل ۳۶.

شکل ۳۶ ـ جلوگیری از برخورد صاعقه

ب) هدایت ایمن جریان صاعقه به زمین (توسط سیستم هادی نزولی) مطابق شکل ۳۷.

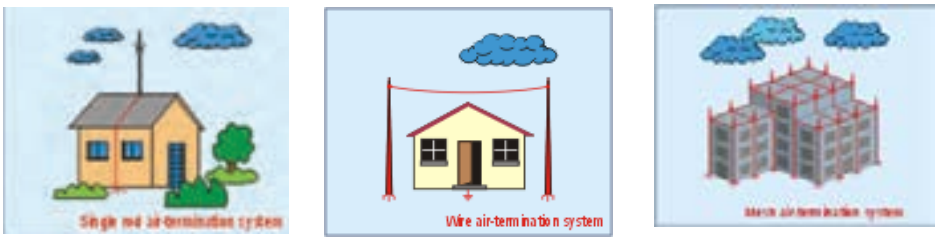
شکل ۳۷ ـ هدایت صاعقه

ج) پراکنده کردن جریان صاعقه در زمین (توسط سیستم پایانه‌های زمین) مطابق شکل ۳۸.

شکل ۳۸ ـ پراکنده کردن صاعقه در زمین

برای جلوگیری از اصابت مستقیم صاعقه سه سیستم مطابق شکل ۳۹ کاربرد دارد:

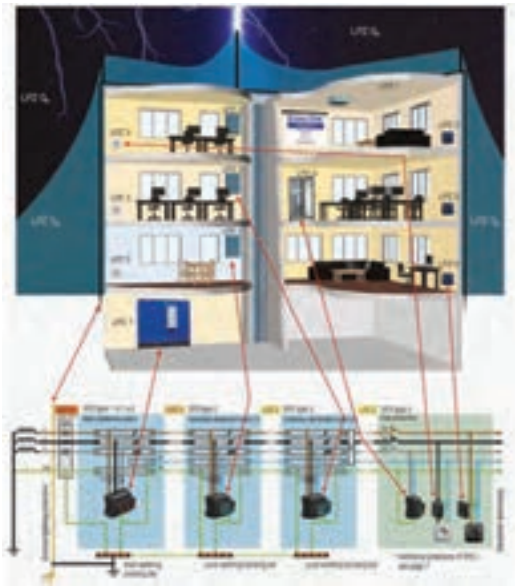
- صاعقه‌گیر
- سیستم سیم هوایی
- سیستم مش



شکل۳۹ـ روش‌های جلوگیری از برخورد مستقیم صاعقه

۵ـ۲ـ۳ـ حفاظت داخلی

به عبارت دیگر، حفاظت داخلی به مجموعه فعالیت‌هایی گفته می‌شود که خطرات ناشی از اضافه ولتاژ صاعقه را در داخل ساختمان مهار می‌کند. آنچه از سیستم حفاظت داخلی انتظار می‌رود جلوگیری از خطرات جرقه و اضافه ولتاژ خطرناک در داخل ساختمان با استفاده از همبندی به‌منظور هم‌پتانسیل‌سازی یا جداسازی تجهیزات حساس الکتریکی و الکترونیکی از اجزای سیستم حفاظت صاعقه می‌باشد (شکل ۴۰).



شکل ۴۰ ـ حفاظت داخلی

۶ـ۲ـ۳ـ تجهیزات سیستم صاعقه‌گیر:

هر سیستم صاعقه‌گیر از ۳ قسمت اصلی زیر تشکیل‌شده است.

۱ـ میله‌های صاعقه‌گیر (برق‌گیر)

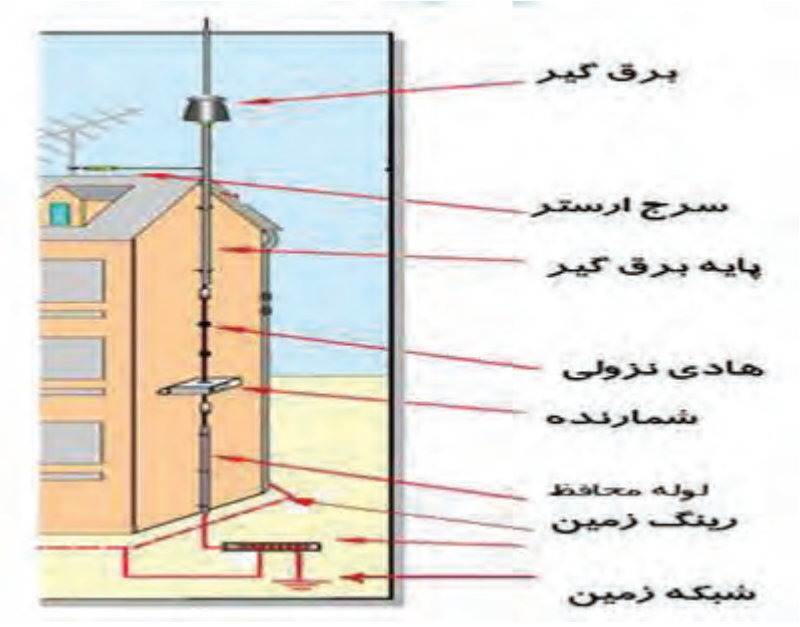
محل اصلی برخورد صاعقه به این میله در بالاترین ارتفاع ساختمان است.

۲ـ هادی‌های نزولی

مسیر هدایت صاعقه از طریق میله صاعقه‌گیر و هادی نزولی به زمین است.

۳ـ شبکه ارتینگ رینگ اطراف ساختمان و چاه زمین

صاعقه پس از عبور ازهادی‌های نزولی به شبکه اتصال زمین می‌رسد و در این اتصال به زمین تخلیه می‌شود (شکل ۴۱).



شکل ۴۱ـ تجهیزات صاعقه‌گیر

شکل ۴۲ـ میله صاعقه‌گیر

۱ـ۶ـ۲ـ۳ـ میله‌های صاعقه‌گیر

صاعقه‌گیر باید سایر نقاط موجود ساختمان را مورد حفاظت قرار دهد و وظیفه آن، جلوگیری از برخورد صاعقه به ساختمان و تخلیه جریان صاعقه به زمین است (شکل ۴۲).

۲ـ۶ـ۲ـ۳ـ انواع میله‌های صاعقه‌گیر:

صاعقه‌گیرها به‌طور کلی به دو دسته صاعقه‌گیرهای غیرفعال[۱] و صاعقه‌گیرهای فعال[۲] تقسیم‌بندی می‌شوند.

۳ـ۶ـ۲ـ۳ـ صاعقه‌گیرهای غیرفعال:

به صاعقه‌گیرهایی گفته می‌شود که هیچ عامل تشدیدکننده‌ای غیر از شکل خاص آنها برای عبور جریان وجود ندارد. صاعقه‌گیر فرانکلین از مهم‌ترین انواع این نوع صاعقه‌گیر است. از این نمونه می‌توان به صاعقه‌گیر ژوپیتر و جوجه‌تیغی نیز اشاره کرد (شکل ۴۳).

۱ـ Passive

۲ـ Active

شکل ۴۳ـ صاعقه‌گیر فعال

شکل ۴۴ـ صاعقه‌گیر فرانکلین

صاعقه‌گیر فرانکلین ساده‌ترین و ابتدایی‌ترین برق‌گیر است این صاعقه‌گیر شامل یک میله ساده نوک‌تیز بوده و شکل مخروطی از میله‌های نوک تیز که به فاصله ۴۵ درجه از میله سازه است. در محاسبات عملی برای بالا رفتن اطمینان این زاویه را ۳۵ درجه در نظر می‌گیرند (شکل ۴۴).

فیلم

نحوه نصب و تعیین محدوده حفاظتی با استفاده از صاعقه‌گیر فرانکلین

کار عملی

نصب صاعقه‌گیر فرانکلین

هدف: نصب صاعقه‌گیر

برای انجام این کار به وسایل زیر نیاز داریم :

۱ـ میله نوک‌تیز صاعقه‌گیر

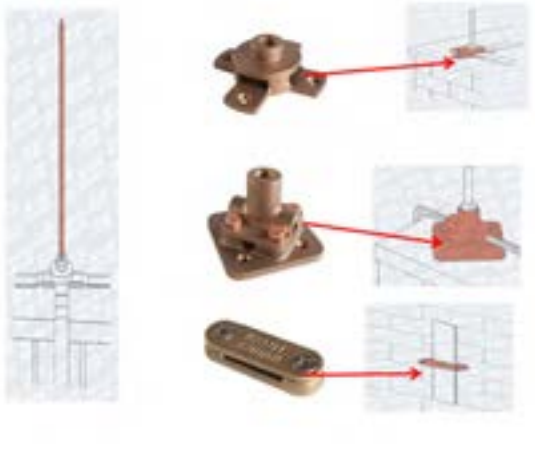
۲ـ فلنچ نگهدارنده پیچی

۳ـ تسمه مسی

۴ـ بست‌های نگهدارنده

ابتدا صاعقه‌گیر را روی سقف کارگاه برق نصب نموده و تسمه مسی را به انتهای میله با استفاده کوپلینگ اتصال میله ببندید. سپس با بست‌های نگهدارنده این سیم هوایی را به چاه زمین متصل نمایید (شکل ۴۵).

مراحل کار عملی را مطابق شکل زیر دنبال کنید:



شکل ۴۵- مراحل کار کارگاهی

شکل ۴۶ـ صاعقه‌گیر فعال

۴ـ۶ـ۲ـ۳ـ صاعقه‌گیرهای فعال: به صاعقه‌گیرهایی گفته می‌شود که به‌واسطه انرژی دریافتی از منبع خارجی یا تولید شده به‌صورت خودکفا هوای اطراف خویش را یونیزه نموده و ایمنی بیشتری را ایجاد می‌نماید (شکل ۴۶).

صاعقه‌گیرهای فعال از نظر نیاز به انرژی به دو گروه زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

صاعقه‌گیرهای وابسته که برای فعال شدن به یک منبع خارجی مانند باتری یا برق شهر نیاز دارند.

صاعقه‌گیرهای خودکفا برای فعال شدن انرژی را توسط یک مکانیزم داخلی از محیط اطراف دریافت می‌نمایند این صاعقه‌گیرها شامل صاعقه‌گیرهای:

۱ـ اتمی ۲ـ بادی یا پیزوالکتریک ۳ـ خورشیدی ۴ـ الکترونیک خازنی ـ اتمسفریک می‌باشند.

از بین ۴ صاعقه‌گیر فعال فوق صاعقه‌گیرهای الکترونیکی بیشترین کاربرد را در ساختمان‌ها دارد.

۵ـ۶ـ۲ـ۳ـ صاعقه‌گیر الکترونیک خازنی ـ اتمسفریک

شکل ۴۷ـ صاعقه‌گیر الکترونیکی

شیوه عملکرد این صاعقه‌گیر براساس وجود پتانسیل الکتریکی اتمسفر طراحی شده و درصورتی‌که شرایط جوی فاقد پتانسیل الکتریکی باشد، این صاعقه‌گیر همانند یک صاعقه‌گیر ساده است و فعالیتی ندارد. واحد حس‌کننده وقتی انرژی الکتریکی اتمسفر فراتر از حد معینی (۵KV/m) می‌رسد، بخش شارژ را برای جمع‌آوری انرژی به‌کار می‌اندازد. عملکرد این نوع صاعقه‌گیر به علت وابستگی به شرایط جوی صاعقه‌خیز بهترین کارایی را دارد (شکل ۴۷).

۶ـ۶ـ۲ـ۳ـ نکات مهم در نصب صاعقه‌گیرها

- میله‌ها تا آنجا که امکان دارد به لبه پشت‌بام نزدیک باشد.
- فلز مناسب برای کاهش خطر خوردگی انتخاب شود (در داخل زمین و خاک از جنس مس و در بیرون آنها از جنس آلومینیوم و رابط آنها اتصال دوفلزی Bimetal باشد).
- میله‌های صاعقه‌گیر باید دارای سیستم نصب مطمئن باشد.
- میله‌ها باید در مکان‌هایی نصب شوند که امکان جاری شدن آب روی آن وجود نداشته باشد.
- اتصالات نگهدارنده میله به نحوی نصب شود تا میله صاعقه‌گیر به داخل پشت‌بام (در اثر گرما) نفوذ نکند.

توجه کنید

صاعقه‌گیرهای فعال از نظر قیمت بسیار گران هستند ولی این صاعقه‌گیرها همیشه بهترین گزینه نیستند. زیرا در شرایط مساوی محیط اطراف، صاعقه را به سمت خود می‌خوانند. اگر سیستم حفاظتی مناسب نباشد و طراحی و بازرسی آن درست نباشد، به مفهوم آن است که به استقبال خطر رفته‌ایم.

۷ـ۲ـ۳ـ تجهیزات جانبی صاعقه‌گیر الکترونیکی

هر صاعقه‌گیر الکترونیک شامل تجهیزات جانبی زیر می‌باشد:

شکل ۴۸ ـ کنتور صاعقه‌گیر

۱ـ کنتور صاعقه‌گیر (شمارشگر): وظیفه کنتور صاعقه‌گیر نمایش و ضبط تعداد صاعقه‌های جذب‌شده و تخلیه شده می‌باشد (شکل ۴۸).

شکل ۴۹ ـ ریموت صاعقه‌گیر

۲ـ ریموت تستر: وظیفه ریموت تستر آزمایش صحت عملکرد مدارات الکترونیکی داخلی صاعقه‌گیر از فاصله ۱۰۰ متری قابل‌کنترل سیستم است (شکل ۴۹).

شکل ۵۰ـ بست U شکل

۳ـ بست U-Double: کاربرد این بست اتصال هادی نزولی (تسمه/سیم) به دستگاه صاعقه‌گیر است. جنس این بست فولاد گالوانیزه و دارای محل مخصوص قرارگیری هادی نزولی می‌باشد (شکل ۵۰).

۴ـ بست ابرویی: کاربرد این بست نصب پایه تلسکوپی صاعقه‌گیر به زیرساخت محل نصب صاعقه‌گیر می‌باشد (شکل ۵۱).

شکل۵۱ ـ بست ابرویی D

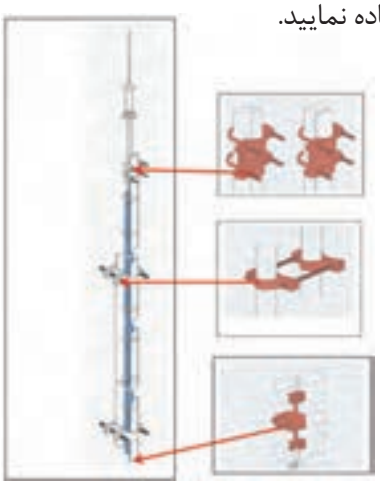
۵ـ پایه صاعقه‌گیر: این پایه برای نصب صاعقه‌گیر بر روی آن (برای افزایش ارتفاع) می‌باشد و جنس این پایه فولاد با روکش گالوانیزه است. همچنین دارای محل مخصوص قرارگیری پایه دستگاه صاعقه‌گیر بوده و قابلیت نصب به یکدیگر و افزایش طول پایه‌ها تا ارتفاع ۴ متر را دارد (شکل ۵۲).

شکل ۵۲ـ پایه صاعقه‌گیر E

کار عملی

نصب صاعقه الکترونیکی

مطابق شکل ۵۳ یک صاعقه‌گیر الکترونیکی را همراه با کنتور و بست‌های مربوطه و هادی نزولی نصب نمایید. در مسیر هادی نزولی از کنتور استفاده نمایید.



شکل ۵۳ ـ تجهیزات کار عملی

۸ـ۲ـ۳ـ هادی‌های نزولی

هادی‌های نزولی مسیرهای انتقال جریان صاعقه از محل برخورد آن با میله‌های صاعقه‌گیر به نقطه پایانی (اتصال زمین) هستند. لازم به یادآوری است که استفاده از قسمت‌های فلزی سازه به‌عنوان هادی نزولی با رعایت شرایط مجاز می‌باشد.

۱ـ۸ـ۲ـ۳ـ شرایط نصب هادی نزولی

برای نصب هادی‌های نزولی شرایط زیر باید فراهم شود:

- چند مسیر برای تخلیه جریان صاعقه ایجاد نماید.
- تا حد امکان مسیرها کوتاه و مستقیم باشد.
- نصب هادی در امتداد صاعقه‌گیرها اجرا شود.
- از حلقه‌های هم‌پتانسیل‌سازی استفاده شود.
- به دهانه ناودان یا به ناودان متصل نباشد حتی اگر با لوله PVC پوشانده شده باشد.
- هادی نزولی باید در هر متر با سه بست به سازه متصل شود.
- هادی نزولی توسط بست آزمایشی به شبکه الکترودهای مدفون‌شده در خاک متصل شود.

۹ـ۲ـ۳ـ سیستم زمین

یکی از مهم‌ترین قسمت‌های سیستم حفاظت صاعقه سیستم زمین است.

با اصابت صاعقه (آذرخش) یا برق به برق‌گیر انرژی الکتریکی آن به برق‌گیر منتقل می‌شود و سیستم هادی میانی وظیفه دارد از یک مسیر مناسب که در طراحی مدنظر بوده آن را به سیستم زمین منتقل کند. کار سیستم ارت به تزریق انرژی صاعقه به زمین منتهی می‌شود بدون اینکه تخلیه مسیرهای نادرست صورت گیرد.

با توجه به توضیح بالا معلوم می‌شود قسمت زمین سیستم ارت باید به نحوی تخلیه انرژی به زمین را در کمترین زمان انجام می‌دهد زمین مبنای پتانسیل الکتریکی بوده و مقاومت صفر است ولی به علت وجود لایه‌های پوسته زمین، در سطح زمین مقاومت آن دقیقاً صفر نیست و باید با ایجاد سیستم زمین مناسب مقاومت زمین را به صفر نزدیک کرد تا قابلیت جذب انرژی صاعقه را داشته باشد. پس مهم‌ترین مؤلفه یک سیستم زمین مقدار مقاومت اهمی است. هر چه این مقدار پایین‌تر باشد اتصال زمین بهتر است. برای سیستم‌های قدرت، مقاومت اتصال زمین زیر ۱۰ اهم قابل‌قبول است ولی برای سیستم‌های حساس مانند سیستم‌های مخابراتی معمولاً مقاومت زیر ۳ اهم مدنظر است. موارد خاص با توجه به پیشنهاد سازنده دستگاه این مقدار تغییر می‌یابد.

۱۰ـ۲ـ۳ـ روش‌های طراحی سیستم حفاظت در برابر صاعقه

برای تعیین محل نصب پایه‌های صاعقه‌گیر سه روش زیر وجود دارد.

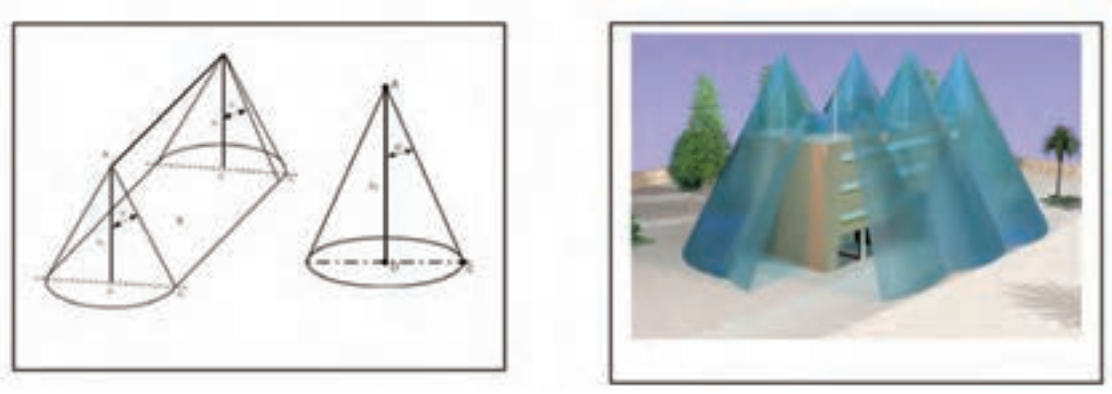
۱ـ روش زاویه حفاظتی

۲ـ روش مش

۳ـ روش گوی غلتان

۱۱ـ۲ـ۳ـ روش زاویه حفاظتی: این روش برای سطوح شیب‌دار قابل استفاده است. در این سطوح میله‌های صاعقه‌گیر نسبت به افق عمودی نصب می‌شوند به‌طوری‌که محدوده حفاظتی مد نظر زاویه حفاظتی برآورده شود (شکل ۳۵). معمولاً این روش برای تکمیل روش مش در ساختمان‌هایی که در سطح هموار برآمدگی دارند استفاده می‌شود. این روش ساده‌ترین روش جایابی صاعقه‌گیر است و برای میله‌های صاعقه‌گیر فرانکلین به‌کار

می‌رود اما به اندازه روش گوی غلتان مؤثر و قابل‌اطمینان نیست. همچنین این روش برای ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۲۰ متر مناسب نیست (شکل ۵۴).



شکل ۵۴- روش زاویه حفاظتی

۱ـ۱۱ـ۲ـ۳ـ روش مش (قفس فاراده): در این روش تسمه‌های مسی را به‌صورت متقاطع به نحوی بر روی سطح خارجی ساختمان نصب می‌کنند که فاصله این تسمه‌های مسی، متناظر با اعداد مرتبط با کلاس حفاظتی است. برای ساختمان‌های بلندتر از ۶۰ متر، برای ۲۰ درصد دیوارهای بخش بالایی ساختمان نیز این روش اجرا می‌شود (شکل ۵۵).

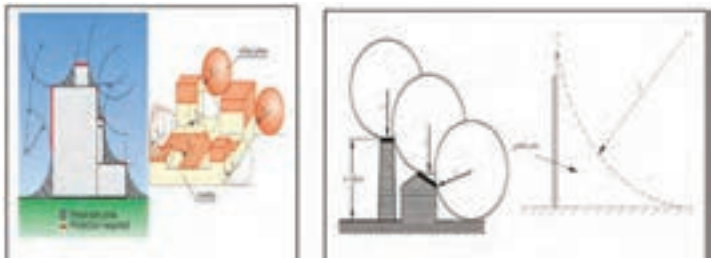
شکل ۵۵ ـ روش مش (قفس فاراده)

تحقیق کنید

در مورد قفس فاراده تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس گزارش داده و در مورد کاربردهای آن در صنایع مختلف بحث نمایید. (شکل ۵۶).

شکل ۵۶ـ قفس فاراده

۲ـ۱۱ـ۲ـ۳ـ روش گوی غلتان: در این روش کره‌ای فرضی روی سازه غلتانده می‌شود و قسمت‌هایی از سازه که گوی با آن محدودتر تماس پیدا می‌کند، مستعد برخورد صاعقه و نیازمند محافظت تشخیص داده می‌شود و پایانه‌های صاعقه‌گیر در آن مناطق نصب می‌شود. این روش جامع و درعین‌حال روشی ساده برای تعیین محل پایانه‌های صاعقه‌گیر است (شکل ۵۷).



شکل ۵۷ـ روش گوی غلتان

تحقیق کنید

به نظر شما هواپیماها برای جلوگیری از خطرات برخورد صاعقه از کدام روش فوق استفاده می‌کنند؟

فعالیت

با توجه به سطح‌های حفاظتی و جداول مربوطه در کتاب همراه تعداد صاعقه‌گیرها و اندازه سطح حفاظتی هرکدام را توسط سه روش فوق برای سقف کارگاه برق به دست آورده و نتایج را با هم مقایسه کنید.

۱۲ـ۲ـ۳ـ حفاظت ثانویه

علاوه بر خطرات اشاره‌شده در بالا برخورد مستقیم صاعقه موجب القای شوک‌های الکتریکی در خطوط برق و تغذیه (سیم‌کشی برق، دربازکن، تلفن، تلویزیون، کامپیوتر و نظایر آن) می‌شود. با توجه به رشد روزافزون استفاده از تجهیزات الکترونیکی در لوازم خانگی، حفاظت وسایل الکتریکی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. بنابراین برای حفاظت از این سیستم‌ها و کنترل شوک‌ها[1]، باید از حفاظت‌کننده‌های اضافه ولتاژ یعنی برق‌گیر مطابق با استاندارد IEC۶۱۰۲۴-IEC۶۱۶۴۳ استفاده کرد.

به وسیله‌ای که دستگاه‌های الکترونیکی و مخابراتی را در مقابل شوک‌های ناشی از صاعقه محافظت می‌کند،

۱ـ Surge Voltage

سرج‌ارستر یا SPD [1] گفته می‌شود. در این هنگام ایجاد شوک‌های الکتریکی، جریان اضافه را به زمین منتقل کرده و از آسیب به دستگاه‌های الکتریکی محافظت می‌کند.
سرج‌ارسترها از نظر کلاس حفاظتی به چند دسته تقسیم می‌شوند:

- **ارستر کلاس B**: این ارسترها به‌عنوان حفاظت اولیه در برابر صاعقه با تحمل جریان ۱۰۰KA مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این نوع از سرج‌ارستر به‌منظور محافظت از دستگاه‌های الکترونیکی در برابر جریان گذرای ناشی از رعد و برق استفاده می‌شود و دارای بهره‌وری و اثربخشی بالایی می‌باشد. این سرج برای حفاظت از تأسیسات برقی و تجهیزات الکترونیکی در هنگام اضافه ولتاژ و یا جریان رعد و برق مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرد و دارای ظرفیت تخلیه بالایی می‌باشد (شکل۵۸).

شکل۵۸ ـ کلاس B

- **ارستر کلاس C**: این ارسترها برای محافظت در مقابل سوئیچینگ می‌باشند که به‌عنوان حفاظت ثانویه در مقابل اضافه ولتاژ عمل می‌کنند و ولتاژ نشتی از ارسترهای کلاس B را حذف می‌نمایند و همچنین ولتاژهای ناشی از سوئیچینگ، بر روی شبکه برق قدرت را به زمین منتقل می‌نماید (شکل ۵۹).

شکل ۵۹ ـ کلاس C

سرج ارستر کلاس C طوری طراحی شده است که رابط میان هادی سیستم الکتریکی و زمین باشد و میزان

۱ـ Surge Protective Devices

اضافه ولتاژ در دستگاه الکتریکی را کاهش دهد. سرج ارستر کلاس C برای محافظت از تجهیزات الکتریکی در هنگام تغییر ولتاژ ناشی از رعد و برق به کار می‌رود. این سرج‌ارستر به دلیل آنکه دارای وریستور اکسید فلزی می‌باشد از ظرفیت تخلیه بالایی برخوردار است.

● **ارستر کلاس B+C:** این نوع ارسترها بالاترین حفاظت را در حالت اضافه ولتاژ ناگهانی دارا می‌باشند و در تابلوسازی، مخابرات، مراکز صنعتی و نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه بیشتر از این ارسترها استفاده می‌شود.

سرج ارستر کلاس B+C برای حفاظت از سیستم‌های الکتریکی در زمان توزیع ولتاژ پایین ناشی از صاعقه و یا سوئیچ داخلی دستگاه‌های الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ویژگی این نوع از سرج ارستر آن است که به هنگام تخلیه جریان اضافی گازهای داغ یونیزه صادر نمی‌کند بنابراین نیاز نیست که از وسایل قابل اشتعال دورنگه داشته شود (شکل ۶۰).

شکل ۶۰ ـ کلاس B+C

● **ارستر کلاس D:** جهت تکمیل و مقابله با اضافه ولتاژ از این نوع ارسترها استفاده می‌گردد.

سرج ارستر کلاس D در خطوطی که دارای ولتاژ پایین می‌باشند مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع ازسرج ارستر نباید در معرض مستقیم صاعقه قرار گیرد (شکل ۶۱).

شکل ۶۱ ـ کلاس D

● **ارستر مخابراتی:** این نوع ارسترها برای حفاظت از خطوط کابل‌های CAF۵ و CAT۶ و همچنین برای

حفاظت از دوربین‌های مداربسته مورد استفاده قرار می‌گیرد.

● **ارستر دوربین:** این ارستر برای محافظت از انواع دوربین‌های مداربسته، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ارستر می‌تواند در صورت وقوع صاعقه در مسیر سیگنال و ارتباط الکتریکی دوربین‌ها، باعث جلوگیری از آسیب به دوربین شود (شکل ۶۲).

شکل ۶۲ ـ سرج‌ارستر دیتا و دوربین

روش نصب سرج‌ارستر

سرج‌ارسترها، به‌صورت سری یا موازی در مدار قرار می‌گیرند. اتصال سری یا موازی بستگی به نوع کاربرد آنها دارد. همیشه سرج‌ارستر بعد از کلید اصلی و قبل از کلید محافظ جان (RCD) ، از روی ریل تابلوهای توزیع برق واحد قرار می‌گیرد. اکثر سرج‌ارسترهای تولیدشده توسط شرکت‌های معتبر، به‌صورت ماژولار هستند و از دو قطعه پایه و ماژول حفاظتی تشکیل می‌شود. ماژول حفاظتی به شکل خشاب مانند از پایه خارج‌شده یا به آن وارد می‌شود. هرچند در برخی ظرفیت‌های ضربه، پایه و ماژول حفاظتی یکپارچه بوده و قابل جداسازی نیستند. طول عمر سرج‌ارستر بستگی مستقیم به تعداد و قدرت صاعقه‌ها یا ضربات اضافه ولتاژهای حاصل از کلید زنی (سوئیچینگ) در شبکه دارد (شکل ۶۳).

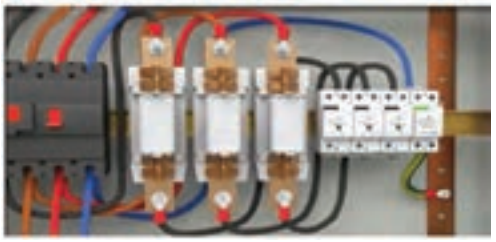
خشاب سرج‌ارستر **خشاب به‌همراه پایه** **سرج‌ارستر یکپارچه**

شکل ۶۳ ـ انواع سرج‌ارستر از نظر نصب

فیلم

نصب سرج ارستر در تابلو

سرج‌ارسترها در انواع تک فاز، فاز و نول، نول، دو فاز، دو فاز و نول، سه فاز و سه فاز و نول تولید می‌شود که هر یک به اقتضای محل و شرایط، مورد استفاده قرار می‌گیرد. نکته مهم در این رابطه عدم ارتباط داخلی سرج‌ارسترها با یکدیگر است. مدار و عملکرد سرج ارسترها کاملاً از یکدیگر مستقل است و برخلاف فیوزهای مینیاتوری، کلیدهای اتوماتیک یا موارد مشابه، اختلال در یکی از فازها موجب قطع هر سه فاز نمی‌شود. در پایه‌های دوپل و بالاتر، صرفاً یک شینه (باس بار) مسیرهای خروجی به ارت را به یکدیگر متصل می نماید. این کار فقط به‌منظور کاهش، و صرفه‌جویی در مقدار سیم‌کشی است (شکل ۶۴).



شکل ۶۴- نصب سرج ارستر

کار عملی

نصب سرج استر در تابلوی برق

یک سرج‌ارستر سه فازه و تک‌فازه را در تابلوی برق کارگاه نصب نموده و اتصال شینه ارت به سرج‌ارستر را با استفاده از کابلشو انجام دهید.

۳ـ۳ـارزیابی خطر صاعقه بر سازه

یکی از سؤالاتی که همیشه مطرح می گردد اینست که چه ساختمانهایی نیاز به نصب سیستم صاعقه گیر دارند و چگونه این ساختمانها مشخص می گردند . جهت ارزیابی خطر صاعقه بر سازه موارد زیر مورد نظر می باشد :

موقعیت سازه

نوع کاربری

نوع سازه(اسکلت فلزی،بتونی، چوبی، مصالح بنایی و ...)

ارتفاع سازه

تعداد ضربات احتمالی بر سازه

معیار ارزیابی نیاز سازه به سیستم حفاظتی، محاسبه ضریب خطر کلی (Po) است . اگر این مقدار ضریب خطر با توجه به محاسبات و فرمولهای ذیل از یک هزارم درصد(۰,۰۰۰۰۱)، بیشتر یا مساوی باشد سیستم حفاظتی، ضروری به نظر می رسد و اگر نتیجه کمتر از مقدار فوق باشد باید بررسی دقیق از سازه، موقعیت، و مصالح متشکله انجام و سپس تصمیم گیری لازم در خصوص نیاز و یا عدم نیاز به حفاظت اتخاذ گردد.

محاسبات ضریب خطر کلی (Po) طبق روابط زیر است :

$$Ac = LW + 2.L.H + 2W.H + 3.14(H)^2$$

$$P = Ac \times Ng \times 10^{-6}$$

$$Ko = A \times B \times C \times D \times E$$

$$Po = P \times Ko$$

در فرمولهای فوق :

Ac:منطقه تجمعی بر حسب متر مربع

Ng: چگالی تخلیه صاعقه به زمین(عدد ایزوکرونیک) بر حسب سال بر کیلومتر مربع می باشد که اگر در دسترس نباشد از رابطه زیر قابل محاسبه است

$$Ng = 0.04(Td)^{1.25}$$

در رابطه فوق (Td) تعداد روزهای توام با صاعقه در سال است که از نقشه های هواشناسی بدست می آید. یک نمونه از این نمودارهای در نمودار شماره ۱ کتاب همراه هنرجو آمده است .

H: ارتفاع سازه بر حسب متر L:طول سازه بر حسب متر W:عرض سازه بر حسب متر می باشد.

ضرایب A،B،C،D و E به ترتیب مربوط به کاربری و اهمیت سازه‌ها، نوع سازه، اثرات منتجه و اجزای داخلی سازه، ضریب عایقی و موقعیت سازه می باشد که از جداول ۱-۱ تا ۱-۵ (کتاب همراه هنرجو) بدست می‌آید

مثال:
کارخانه ای دارای مواد قابل اشتعال به طول ۳۷ ، عرض ۲۳ و ارتفاع ۸ متر بر روی تپه ای که اطراف آن انبوهی از درختان بلند می باشد، قرار گرفته است . اسکلت این کارخانه از نوع فولادی و سقف غیر فلزی در منطقه ای قرار گرفته است که تعداد روزهای توام با صاعقه ۱۷ روز می باشد . محاسبه نمایید آیا این کارخانه نیاز به سیستم صاعقه گیر دارد یا خیر

حل:

با توجه به داده های مسئله و جداول داریم :

$$Ng = 0.04(Td)^{1.25} = 0.04(17)^{1.25} = 2.76$$

از جداول همراه هنرجو داریم :

۱,۱=A ۰,۲=B ۰,۴۵=C ۰,۱۵=D ۰,۴=E

پس:

$$Ac = 23\times37 + 2\times23\times8 + 2\times37\times8 + 3.14(8)^2 = 2011.96$$

$$P = 2011.96\times2.76\times10^{-6} = 0.00555$$

$$Ko = 0.4\times0.15\times0.45\times0.2\times1.1 = 0.00594$$

$$Po = 0.00555\times0.00594 = 0.0000329$$

با توجه به اینکه ۰,۰۰۰۰۱ < ۰,۰۰۰۰۳۲۹ می باشد بنابراین این کارخانه نیاز به سیستم حفاظتی در مقابل صاعقه را دارد.

یک مجتمع تجاری اداری در تهران با اسکلت و سقف بتونی بروی سطح زمین به طول ۴۰ و عرض ۲۵ و ارتفاع ۲۱ متر در مکانی با سازهای مرتفع بنا شده است . محاسبه نمایید آیا این سازه به صاعقه گیر نیاز دارد یا خیر؟

ارزشیابی شایستگی همبندی و صاعقه‌گیر

شرح کار:
- همبندی به میلگرد سازه
- جوش کدولد در همبندی
- جوش‌کاری میلگرد همبندی
- نصب صاعقه‌گیر

استاندارد عملکرد:اجرای اتصالات همبندی با جوش احتراقی و جوشکاری - نصب صاعقه‌گیر- اتصال زمین

شاخص‌ها:
- همبندی و اتصالات آن
- صاعقه‌گیر و نصب آن

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: فضای مناسب ـ ابزار مناسب ـ مدت زمان متناسب با حجم کار
ابزار و تجهیزات: ابزار عمومی سیم‌کشی برق ـ باتری لید اسید ـ اینورتر ـ لباس کار

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	روش‌های همبندی	۲	
۲	نصب صاعقه‌گیر و متعلقات آن	۲	
۳	جوشکاری اتصالات متعارف همبندی	۱	
۴	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کار تیمی مستند سازی ویژگی شخصیتی	۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.