



کازم زارعیان

کارشناس ارشد مهندسی برق قدرت

صاعقه در ساختمان‌های بلند

چکیده

موضوع مقاله نقشی اساسی در ایمنی افراد استفاده‌کننده از انرژی الکتریکی دارد، ولی اغلب به اندازه‌ی اهمیت‌شان در فرهنگ عمومی و اجتماعی مردم شناخته شده نیستند و ناگزیر، به هنگام استفاده از خدمات مهندسان و متخصصان برق، در زمره‌ی مطالبات بسیاری از مردم قرار نمی‌گیرند.

از دیدگاه مهندسان برق کشور، متأسفانه کمبودها و حلقه‌های مفقود شده‌ی بسیاری در این شاخه وجود دارد. ماهیت تجربی و نیاز به وقوف به مطالبی از رشته‌های دیگر، مانند زمین‌شناسی، مهندسی متالوژی، فیزیک و شیمی باعث می‌شود تعداد افراد مسلط بر مبانی سیستم‌های زمین و صاعقه‌گیر چندان زیاد نباشد؛ به‌ویژه که این مبحث در سرفصل‌های دروس مهندسی برق هم هنوز جایی در دانشگاه‌ها ندارد. نتیجه‌ی این کاستی‌ها آن شده که به‌طور مداوم، اشکالات مختلفی در طراحی، اجرا، نظارت، تست و تحویل تجهیزات و تولیدات مورد استفاده در پروژه‌ها دیده شود و گاهی نیز، نتایج آن در قالب حوادث و خسارت‌های مالی و جانی دیده شوند.

در سیستم‌های زمین لایت‌نینگ (صاعقه‌گیر)، به علت نزدیکی هادی نزولی یا همان هادی الکتروود زمین با تجهیزات فلزی مجاور، احتمال بروز قوس الکتریکی وجود دارد و امکان هم‌بندی آن (به دلیل خوردگی و...) به صورت مستقیم وجود ندارد؛ بنابراین معمولاً در اغلب استانداردها توصیه می‌شود تا از تجهیز (ISG Isolating Spark Gap) استفاده شود. عملکرد فاصله‌ی هوایی ایزوله‌کننده (ISG) در شرایط عادی و ایزوله نگه‌داشتن دو سمت اتصال از یکدیگر بوده تا در صورت رسیدن دامنه‌ی ولتاژ و یا جریان به میزان معین، مسیر عبوری را در دو سو ایجاد کند و از بروز یک قوس الکتریکی یا ایجاد ولتاژ تماس مابین دو قسمت جلوگیری شود.

در استاندارد ایران شده چنانچه ساختار هم‌بندی در ساختمان‌های بلند، تجاری، اداری و... مطابق استانداردهای 50310 IES - 2-5-61000, IEC60364, IEC62305, NFC NF17102 و BS صورت گرفته و یکپارچه باشد؛ بنا به دلایلی که در تشریح این مهم عنوان شده، نیازی به اسپارک گپ مابین سیستم‌های زمین نیست، مگر در موارد استثنا؛ در صورتی که نصب SPD (Surge Protective Device) و ایجاد هماهنگی (Coordination) صحیح مابین آن‌ها در ساختمان‌های بلند مرتبه و یا صنایع، حفاظت کامل‌تری را فراهم خواهد کرد.

سؤال مهمی که مطرح می‌شود این است که «آیا نصب فاصله‌ی هوایی (SG) مابین پایانه‌ی زمین سیستم حفاظت در برابر صاعقه و پایانه‌ی زمین ساختمان‌ها، به‌طور کلی لازم است؟»

اثرات مخرب جریان بالا یا ولتاژ بالای صاعقه و تأثیر آن بر سیستم‌های حفاظتی نیز حایز اهمیت است.



مقدمه

هدف از نصب صاعقه‌گیر روی بام ساختمانی بلندمرتبه، ایجاد یک حوزه حفاظتی برای ساختمان است و حداکثر فاصله از محل نصب صاعقه‌گیر که تحت حفاظت قرار می‌گیرد (در ارتفاع محل نصب پایه‌ی صاعقه‌گیر)، شعاع حفاظتی نام دارد. شعاع حفاظتی صاعقه‌گیر الکترونیکی با استفاده از جدیدترین استاندارد NFC17-102 (جولای ۱۹۹۵) و فرمول‌های این استاندارد، به شرح زیر محاسبه شده‌اند.

محاسبات گفته شده براساس چند پارامتر زیر به‌دست آمده است:

۱- تفاوت زمان تخلیه‌ی صاعقه، به‌وسیله‌ی صاعقه‌گیرهای الکترونیکی و صاعقه‌گیرهای ساده (t) و نوع صاعقه‌گیر موردنظر به‌دست می‌آید؛ سپس با استفاده از فرمول، فاصله‌ای که نقطه‌ی دریافت صاعقه از نوک صاعقه‌گیر دور می‌شود، محاسبه خواهد شد؛
 ۲- بر اساس مشخصه‌های ساختمان یا پروژه، مطابق استاندارد NFC17-102 و به‌وسیله‌ی نرم‌افزارهای مرتبط مثل INDELEC (که طبق استاندارد بالا تدوین شده)، کلاس حفاظتی موردنظر را به‌دست می‌آوریم؛ سپس با توجه به کلاس حفاظت، قطر کره‌ی فرضی (D) (گوی غلطان) را از شکل ۳ استخراج می‌کنیم؛
 ۳- وقتی h بزرگ‌تر از ۵ متر باشد، ارتفاع واقعی نصب صاعقه‌گیر از روی سطح موردنظر را برای تعیین شعاع حفاظتی به‌دست می‌آوریم که بستگی به شعاع حفاظت صاعقه‌گیر دارد؛
 ۴- وقتی h کوچک‌تر از ۵ متر باشد، مطابق استانداردهای نصب و جدول‌های مرتبط عمل می‌شود.

h = ارتفاع واقعی نصب صاعقه‌گیر نسبت به سطح موردنظر، برای محاسبه‌ی شعاع حفاظت فاصله‌ای که صاعقه‌گیر نقطه‌ی دریافت صاعقه را مانند تئوری گوی غلطان از ساختمان دور می‌کند.

برقگیر بر دو نوع است

۱- برقگیر غیرفعال (پسیو)

۲- برقگیر فعال (اکتیو)

برقگیر غیرفعال شامل یک میله‌ی ساده‌ی نوک تیز است که دقیقاً مخروط ایمنی از نوک آن به فاصله‌ی ۴۵ درجه است و در محاسبات عملی برای بالا رفتن اطمینان، این زاویه را ۳۵ درجه و یا حتی پایین‌تر در نظر می‌گیرند. برقگیر فعال با فن‌آوری‌های مختلف مثل خازنی و اتمی، ایمنی بیشتری را ایجاد می‌کند. این نوع برقگیرها با توجه به توان ایمنی‌ای که ایجاد می‌کنند به کلاس‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ تقسیم می‌شوند.

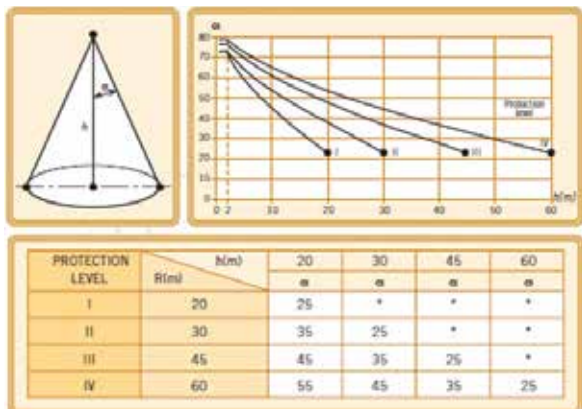
در برقگیرهای فعال معمولاً سه مؤلفه‌ی کلاس حفاظتی، شعاع حفاظت و ارتفاع برقگیر نسبت به سطح، بایستی مورد توجه قرار گیرد. از نظر قیمت نیز برقگیرهای فعال گران‌تر هستند و می‌بایست در انتخاب برقگیر دقت شود تا مجهز به سیستم هادی میانی مناسب باشد تا برقگیر درست عمل کرده و موجب خسارت نشود.

براساس استاندارد IEC62305، برای تعیین شعاع حفاظتی روش‌های مختلفی وجود دارد که مشخصات کلاس حفاظتی، ارتفاع سازه، نوع برقگیر (اکتیو یا پسیو) در تعیین آن در نظر گرفته می‌شوند.

روش‌های حفاظتی طراحی سیستم صاعقه‌گیرها

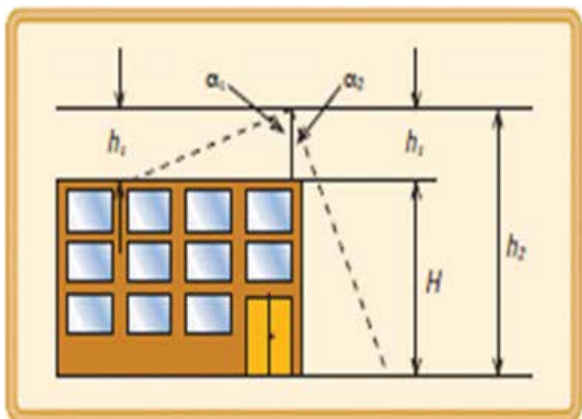
۱- مخروط فرانکلین یا روش زاویه (Angle Method)

در این روش محدوده‌ای مخروطی بر اساس جدول و شکل زیر که زاویه‌ی رأس آن بستگی به ارتفاع سازه دارد، ایجاد می‌شود که محدوده‌ی حفاظتی به‌حساب می‌آید. این روش برای سازه‌های مرتفع‌تر از ۲۰ متر برای کلاس یک، پاسخ‌گو نیست. ارتفاع ساختمان و زاویه‌ی شعاع حفاظت صاعقه‌گیر



شکل ۱- مخروط فرانکلین

میله‌های برقگیر باید در بلندترین نقاط ساختمان به نحوی قرار گیرند که گوشه‌های ساختمان به‌کلی محافظت شوند. در این حالت بر اساس ارتفاع نوک برقگیر، شعاع حفاظتی در پای ساختمان محاسبه می‌شود.



شکل ۲- زاویه‌ی نصب برقگیر

۲- روش گوی غلطان (Rolling Sphere Method)

در این روش، گوی‌هایی با شعاع‌هایی متناسب با کلاس‌های حفاظتی در نظر گرفته می‌شود که به صورت دورانی و فرضی اطراف ساختمان حرکت داده می‌شود؛ که این شعاع حفاظتی، محدوده‌ی زیر منحنی نقاط تلاقی گوی با نوک برقگیر و زمین است (احتمال اصابت صاعقه تنها به نقاطی وجود دارد که با گوی تلاقی دارند). وقتی که برقگیر پسیو نصب شد، شعاع حفاظتی بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌شود: (مطابق شکل ۳)

$$R_p = \sqrt{2 \cdot D \cdot h \cdot h'}^2$$

۳- روش قفس فارادی (Mesh Method)

در این روش تسمه‌های مسی را به‌صورت متقاطع به نحوی بر روی

۱. استفاده از صاعقه‌گیرهای اتمی از سال ۱۳۷۵ در ایران ممنوع شده است.

سطح خارجی ساختمان نصب می‌کنند که فاصله‌ی این تسمه‌ها، متناظر با اعداد مرتبط با کلاس حفاظتی باشد. برای ساختمان‌های مرتفع‌تر از ۶۰ متر، برای ۲۰ درصد دیوارهای بخش بالایی ساختمان نیز، این روش اجرا می‌شود.

پاسخ فرکانسی موج‌های صاعقه در محدوده‌ی صفر تا ۱۰ مگاهرتز و ماکزیمم دامنه در محدوده‌ی ۲۰۰ کیلوآمپر در ۱۰۰ کیلو هرتز و ۵۰ کیلوآمپر در ۴ مگاهرتز است.

نتیجه‌گیری

اصول کار صاعقه‌گیرها براساس جذب یون‌های ارسال شده از سمت ابرها و دفع آن به زمین (مرجع) است. مهم‌ترین عامل، نصب صحیح تجهیزات حفاظتی و کنترل ولتاژ و جریان صاعقه است. در این مقاله بیان می‌کنیم که چه ساختمان‌هایی و با چه ارتفاعی نیاز به نصب صاعقه‌گیر دارند.

بر اساس نتایج به‌دست آمده از سایر مقالات مرتبط و آزمایش‌های انجام شده در مورد حفاظت از اضافه ولتاژ در خطوط تغذیه، ولتاژ تماس و ولتاژ گام، متوجه می‌شویم که ارتفاع ساختمان‌ها ملاک عمل نخواهد بود؛ بلکه محاسبات مدیریت ریسک (RISK) تعیین‌کننده خواهد بود. البته صنعت نفت و سایر موارد که الزامات خاص خود را دارند، از این قاعده مستثنی هستند.

در حقیقت، این مدیریت ریسک است که با استفاده از فاکتورهای ابعاد خارجی ساختمان، جنس مصالح، تراکم نفرات، اهمیت ساختمان، فاصله تا ساختمان‌های کناری و اهمیت آن‌ها، ارتفاع ساختمان‌های مجاور و... تعیین‌کننده خواهد بود.

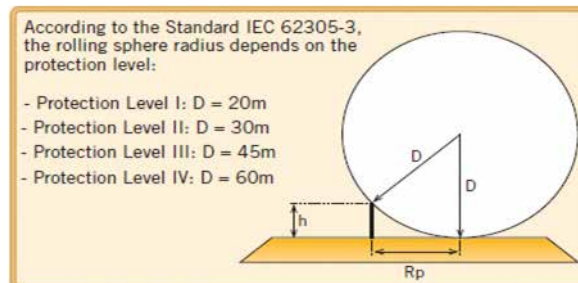
به عبارتی، یک نسخه‌ی واحد برای نصب سیستم صاعقه‌گیر براساس آن‌چه که بعضی از استانداردهای داخلی کشور مخصوصاً سازمان آتش‌نشانی اعلام کرده، نمی‌توان عنوان کرد. حتی بنا به دستور بعضی سازمان‌ها، اجرای هادی نزولی سیستم صاعقه‌گیر روی دکل‌ها اجباری است؛ اما بر اساس استاندارد IEC62305، در صورتی که سطح مقطع پایه‌ی مرتبط با زمین، ۱۲۸ میلی‌متر مربع باشد و همه‌ی اتصالات از بالا تا پایین به هم پیوسته باشند، نیازی به هادی نزولی نداریم.

روش انجام پژوهش

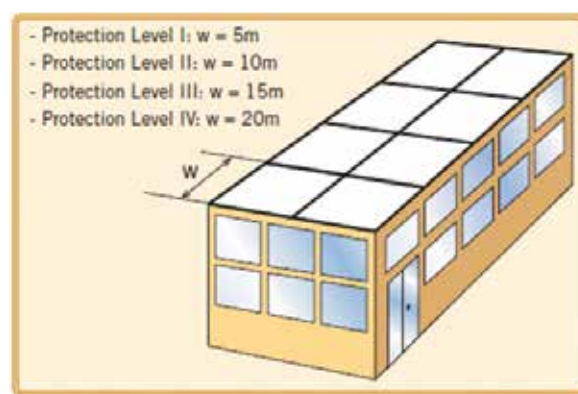
برای اثبات این موضوع نیاز به آزمایشگاه‌های بسیار مجهزی داریم که در ایران میسر نیست؛ بنابراین، به روش معادل‌سازی با نرم‌افزار و بررسی موضوعات مختلف، این نتیجه حاصل شده که بدون محاسبات ریسک، نمی‌توان به نتایج مطلوبی رسید.

منابع

- [1] M. Se. Thesis In Electrical Power Scienceh Lightning in high-rise buildings and land systems By Kazem Zareiyan .
- [2] Standard NFC 17102
- [3] Standard IEC 62305
- [4] Standard IES 61000-5-2
- [5] Standard BS EN 50310
- [6] Design Guide for electric utilities buildings . Producer Aldyk Moassesyan .
- [7] Electromagnetic fields generated by lightning channels with tortuosity and its effect on the time-of-arrival technique .
- [8] Software Risk Factor
- [9] Software Dehn Support . spanish
- [10] Software GEM CALCULATOR . Germani ■



شکل ۳- شعاع استاندارد گوی غلطان



شکل ۴- استاندارد مش بند

هم‌چنین، فاصله‌ی بین هادی‌های میانی از جدول زیر به‌دست می‌آید.

Protection Level	Distance between down-conductors
I	10m
II	10m
III	15m
IV	20m

جدول ۱- استاندارد سطح حفاظت

هادی‌های میانی باید هر نیم متر به‌وسیله‌ی بست به جداره‌ی ساختمان محکم شوند. برای جلوگیری از خسارت‌های ناشی از اثرات حرارتی عبور جریان صاعقه از هادی میانی طولانی، لازم است هر ۲۰ متر، بخشی به منظور جبران این اختلاف طول در نظر گرفته شود (اضافه طول). برای جلوگیری از آسیب‌های مکانیکی به هادی میانی، باید حداقل ۲۰ متر از سطح پایینی هادی میانی با پوشش فلزی مکعبی پوشانده شود و بخش جدا شونده‌ای برای هر هادی میانی در نظر گرفته شود تا بتوان مقاومت هر یک از سیستم‌های ارت را جداگانه اندازه‌گیری کرد. مقاومت کمتر از ۱۰ اهم برای سیستم ارت صاعقه‌گیر، توصیه می‌شود.

به منظور جلوگیری از خوردگی، باید بخش متصل‌کننده‌ی بخش‌های غیرهم‌جنس سیستم ارت، به‌وسیله‌ی اتصالات بیمتال و یا استیل ضد زنگ متصل شوند.

