واحد یادگیری سوم
خانه هوشمند

هدف: آشنایی با سخت‌افزار و نرم‌افزار هوشمندسازی خانه‌های مسکونی و کنترل روشنایی

پاسخ به فعالیت‌ها و پرسش‌ها

پرسش

در نرم‌افزار ETS و در قسمت باس (BUS) در بخش آدرس‌های اختصاصی (Individual Addresses) سه روش کار وجود دارد. هر کدام از این روش‌ها چه کاربردی دارد؟

پاسخ:

روش اوّل: این روش که به نام programming mode شناخته می‌شود، برای یافتن آدرس دستگاه‌هایی است که در حالت برنامه‌ریزی قرار دارند. کاربرد این روش، یافتن آدرس دستگاه‌هایی است که آدرس آنها را نمی‌دانیم. این امکان به‌خصوص زمانی که بخواهیم پروژه‌ای را عیب‌یابی کنیم که آدرس قطعات در آن مشخص نیست، کاربرد دارد.

روش دوم: این روش که به نام individual address check می‌باشد، عملکردی مخالف با روش اوّل دارد. یعنی با دانستن آدرس اختصاصی قطعه و وارد کردن آن، می‌توان وجود آن را بررسی نموده و چراغ برنامه‌ریزی آن را روشن کرد. یکی از مهم‌ترین کاربردهای این روش، یافتن قطعهٔ مورد نظر در تابلو یا اتاق‌های پروژه، زمانی‌که از محل نصب قطعه اطلاع نداریم می‌باشد.

روش سوم: این روش که Line Scan نام دارد، این امکان را فراهم می‌کند که بر روی خط دلخواه، تمامی دستگاه‌ها را اسکن کرده و لیست آنها به همراه آدرس و mask version مربوط به هر قطعه را استخراج کرد. پس از عملیات جست‌وجوی خط نیز امکانات دیگری در اختیار کاربر قرار می‌گیرد. یکی از کاربردهای این روش، امکان تفکیک قطعات نصب شده بر روی هر خط در پروژه‌های بزرگ است.

پرسش

در مورد نرم‌افزار ETS Inside تحقیق کنید. این نرم‌افزار ویژه دسترسی سریع به برنامه‌ریزی پروژه توسط موبایل و تبلت طراحی شده است. این نرم‌افزار چه مزایایی نسبت به نسخه کامپیوتری دارد و چه نقاط ضعفی برای پروژه‌های بزرگ دارد؟

پاسخ: نرم‌افزار ETS Inside، راه‌حلی برای برنامه‌ریزی آسان پروژه‌های کوچک و همچنین راحتی در انجام تغییرات در تنظیمات برنامه پروژه‌های در حال کار است. یکی از مزایای این نرم‌افزار، دسترسی از راه دور و یا در محل پروژه به تابلو و قطعات نصب شده است و حتی می‌تواند به کاربر اجازه دهد که تغییرات مورد نظر را به صورت محدود در برنامه انجام دهد. با توجه به محدود بودن رابط کاربری به تلفن همراه یا تبلت، مهم‌ترین نقطه ضعف این نرم‌افزار در پروژه‌های بزرگ، سخت بودن انجام تغییرات یا برنامه‌ریزی در آنها می‌باشد. البته کاملاً واضح است که این نرم‌افزار برای راه‌اندازی سریع پروژه‌های کوچک طراحی شده است. برای دریافت اطلاعات بیشتر، پیشنهاد می‌شود نام این نرم‌افزار را در اینترنت جست‌وجو نمایید.

پرسش

استفاده از هر کدام از روش‌های جفتی یا تکی برای پل‌های کلید هوشمند، چه معایب و مزایایی دارد؟

پاسخ: از مزایای روش استفاده از کلید تکی برای هر عملکرد در سیستم هوشمند، امکان پیاده‌سازی فرامین بیشتر در فضای کمتر است. یعنی کاربر می‌تواند از یک نقطه، فرامین متعددی را ارسال کند. اما روش جفتی برای ساکنین، کاربری آسان‌تری دارد. یعنی روش جفتی باعث می‌شود که کاربری‌ها راحت تر قابل درک باشند اما عیب آن این است که کلیدهای بیشتری اشغال می‌شود.

پرسش

عملکرد سنسور حرکتی، لحظه‌ای است یا ماندگار؟ این عملکرد چگونه باید در سیستم هوشمند و خروجی‌ها بازتاب داشته باشد؟ به تأخیر در عملکرد سنسور یا تأخیر در قطع رله نیاز دارید؟

پاسخ: معمولاً در سیستم هوشمند، عملکرد سنسور به صورت لحظه‌ای است. یعنی سنسور عملکرد خود را به سیستم مخابره نموده و سیستم هوشمند فرامین مربوطه را اجرا می‌کند. اگر از سنسور در کاربردهای امنیتی استفاده می‌شود، معمولاً تأخیر در عملکرد استفاده می‌شود. اما اگر از سنسور در کنترل روشنایی فضای ورودی یا روشنایی راهرو استفاده می‌شود، از تأخیر در قطع استفاده می‌شود. در برنامه‌ریزی رله جهت تأخیر در وصل یا تأخیر در قطع، معمولاً عباراتی نظیر On Delay و Off Delay به چشم می‌خورند.

پرسش

آیا می‌توان روشی پیشنهاد داد که چراغ در صورت لزوم با کلید هوشمند کنترل شود و در مواقع دیگر از سنسور فرمان بگیرد؟

پاسخ: پیاده‌سازی چنین راهکاری ممکن است باعث سختی در بهره‌برداری سیستم هوشمند برای کاربر شود، اما چنین کارکردی را می‌توان با استفاده از قابلیت‌های منطقی در سیستم پیاده کرد. به این صورت که اگر سنسور توسط کاربر فعال شود، کلید از کار می‌افتد و اگر سنسور توسط کاربر غیرفعال شود، کنترل روشنایی توسط کلید صورت می‌گیرد.

پرسش

آیا راهی برای کنترل مستقیم دیمر و افزایش شدت روشنایی به میزان دلخواه وجود دارد؟

پاسخ: برای کنترل مستقیم دیمر، می‌توان از object مربوط به Absolute Dimming که به‌صورت درصدی دیمر را کنترل می‌کند استفاده نمود. معمولاً این روش در نرم‌افزارهای موبایل مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این روش، کاربر می‌تواند میزان روشنایی مورد نظر را انتخاب نماید، و در نتیجه دیمر به آن مقدار تغییر وضعیت دهد.

پرسش

بهترین راه برای کنترل مستقیم دیمر LED از طریق نرم‌افزارهای تلفن همراه چیست؟

پاسخ: برای کنترل مستقیم دیمر LED از طریق تلفن همراه، معمولاً بهترین راه بهره‌گیری از پنل طراحی شده توسط هر شرکت در نرم‌افزار تلفن همراه می‌باشد. به این صورت، ساکنین می‌توانند به سادگی و با استفاده از یک رابط کاربری ساده، کنترل رنگ و میزان روشنایی LED را انجام دهند.

پرسش

اگر از سنسور آنالوگ استفاده شود، چه تغییری در برنامه‌ریزی رخ خواهد داد؟

پاسخ: اگر از سنسور آنالوگ استفاده شود، مهم‌ترین تغییر این است که باید از ورودی آنالوگ به KNX استفاده کرد و در نتیجه از مقدار آنالوگ در برنامه استفاده شود.

کارهای عملی پیشنهادی (جهت هنرجویان علاقه‌مند)

در صورتی که امکانات هنرستان فراهم بود و همچنین زمان کافی وجود داشت کارهای عملی پیشنهادی می‌تواند برای هنرجویان علاقه‌مند اجرا شود.

کار عملی ۱:

کنترل کولرگازی با ارسال‌کننده فرامین IR

شرح کار عملی: یکی از مزایای خانه‌های هوشمند، امکان ارسال فرامین IR از طریق دستگاه‌های فرستنده است تا به کاربر اجازه بدهد از طریق کلیدهای هوشمند و یا نرم‌افزار موبایل (اپلیکیشن)، این‌گونه وسایل را کنترل کرد. در این کار عملی کولر گازی توسط فرامین IR کنترل می‌شود (شکل ۱).

شکل ۱ـ کولرگازی

مراحل کار:

۱ برای انجام این کار عملی به تجهیزات زیر نیاز است:

منبع تغذیه ـ ارسال‌کننده فرامین IR ـ دستگاه یادگیری فرامین IR ـ کلید هوشمند یا نرم‌افزار گرافیکی ـ کابل USB و قطعه برنامه‌ریز

۲ اقلام مورد نیاز را بر روی تابلوی آموزشی چیدمان و نصب کنید.

۳ به دلیل ارسال فرامین IR، چشمی دستگاه فرستنده در برابر دستگاه کولرگازی قرار گیرد.

۴ نرم‌افزار ETS۵ را اجرا و پروژه‌ای با نام «ساختمان» ایجاد نمایید.

۵ در اتاق و تابلو، تجهیزات مورد نیاز را قرار دهید. دستگاه فرستنده فرامین IR را به پروژه اضافه نمایید.

۶ در حال حاضر، دو نوع فرستنده فرامین IR برای کولرهای گازی در دسترس است. نوع اوّل، نوع عمومی است که می‌توانید فرامین مختلف IR را به آن آموزش

دهید. و نوع دوم، نوع مخصوصی است که فرامین کنترلی کولرهای گازی از قبل در آنها بارگذاری شده است. از هر کدام از این قطعات که استفاده شود، مهم تولید فرامین کنترلی مورد نیاز است که در شکل ۲ لیستی از آنها برای کولرگازی ارائه شده است. به فرامینی که توسط learner ضبط می‌شود اصطلاحاً string می‌گویند.

Name	Object Function
ON/OFF	Turn ON/OFF the split
ON/OFF (status)	Split state (ON/OFF)
Temperature	Value sent to the split
Fan [1byte]	0%Au;1-33%Mi;34-66%Mid;>67%Max
Fan [1bit]	0=Lower, 1=Higher
Fan (status)	Actual Fan Level
Swing	1=Swing, 0=Stop/Step
Swing (status)	Swing state: 0=Stopped,1=Swing
Heat Mode	1=Set mode, 0=Nothing
Heat Mode (status)	1=Heat mode is Set, 0=Not Set
Cool Mode	1=Set mode, 0=Nothing
Cool Mode (status)	1=Cool mode is Set, 0=Not Set
Dry Mode	1=Set mode, 0=Nothing
Dry Mode (status)	1=Dry mode is Set, 0=Not Set
Fan Mode	1=Set mode, 0=Nothing
Fan Mode (status)	1=Fan mode is Set, 0=Not Set
Auto Mode	1=Set mode, 0=Nothing
Auto Mode (status)	1=Auto mode is Set, 0=Not Set
Modes [1byte]	0=Aut;1=Ht;3=Cool;9=Fan;14=Dry
Modes [1byte] (status)	Actual Mode:0=Auto,1=Heat,etc.
Disable Device	0=Normal Running, 1=Disabled

شکل ۲ــ فرمان‌های کنترلی

۷ نوبت به تنظیم کلید هوشمند می‌رسد. برای عملکردهای زیر، کنترل در کلید را پیش‌بینی کنید:

- روشن/ خاموش دستگاه
- قطع و وصل حرکت دریچه گردش هوا (Swing)
- نقطه کار برای دمای مورد نظر (SetPoint)
- انتخاب حالت کاری (سرمایش، گرمایش، و...) (Mode)
- سرعت فن دستگاه

حال در پنجره Building بر روی کلید هوشمند کلیک کرده و وارد بخش تنظیمات شوید. ۲ کلید تکی جداگانه را برای دو فرمان اوّل (اسم آنها را A۱ و A۲ بگذارید)، سه کلید زوج برای فرمان‌های بعدی در نظر بگیرید. (اسم آنها را به ترتیب B و C

و D بگذارید). حال دو کلید تکی اوّل را به صورت Switch (یعنی تغییر ۰ و ۱) تنظیم نمایید. برای کلیدهای زوج B، عملکرد ارسال عدد float را تنظیم نمایید (کمترین مقدار ارسالی ۱۰ و بالاترین مقدار ارسالی را ۳۰ تنظیم کنید. این اعداد حداقل و حداکثر دمای قابل تنظیم توسط کاربر می‌باشد) و برای کلیدهای زوج C، عملکرد Mode و برای زوج D، عملکرد Fan را تنظیم کنید.

۸ اکنون باید آدرس‌های گروهی را تشکیل دهید. لیست آدرس‌های گروهی که به آنها نیاز دارید به شرح ذیل است:

- کنترل روشن/ خاموش اسپلیت
- انتخاب مود کاری
- تنظیم سرعت فن
- تنظیم مقدار دمای مطلوب
- قطع و وصل Swing

باید آدرس گروهی مربوط به وضعیت را هم برای لیست فوق بسازید و همچنین بهتر است کاربر دمای داخل اتاق را در نرم‌افزار و یا صفحه کلید هوشمند ترموستاتیک مشاهده نماید.

۹ توسط یک کابل ارتباطی، رایانه را به ماژول ارتباط USB متصل کنید و برنامه را با استفاده از Partial Download به قطعات انتقال دهید.

۱۰ عملکرد برنامه را آزمایش کنید.

کار عملی ۲:

کنترل باز و بسته شدن یک پرده

شرح کار عملی: امکان کنترل پرده‌های برقی هوشمند، در حال حاضر یکی از قابلیت‌های مورد استقبال ساکنین در خانه‌های هوشمند است. به‌خصوص زمانی که پرده‌های هوشمند در ساعات مختلف و در سناریوهای دلخواه، می‌توانند جلوه زیباتری به فضا بدهند و همچنین با کنترل نور ورودی به ساختمان، در صورت لزوم، استفاده از نور طبیعی را فراهم کنند و لامپ‌های آن فضا را خاموش کرده و همچنین از گرم شدن بیش از حد فضای داخل خانه نیز جلوگیری کنند.

مراحل کار:

۱ برای انجام این کار عملی به تجهیزات زیر نیاز است:

منبع تغذیه ـ فعال‌ساز پرده ـ کلید هوشمند ـ «موتور پرده» برقی AC- کابل USB و قطعه برنامه‌ریز

۲ اقلام مورد نیاز بر روی تابلوی آموزشی چیدمان و نصب شود.

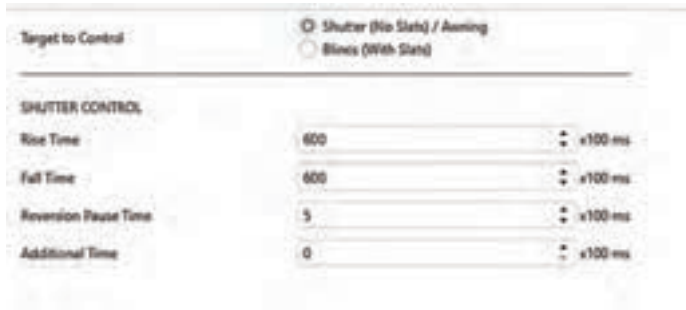
۳ مدار کنترلی را توسط اتصال سیم فاز به پایه اوّل رله (۱ و ۲) فعال‌ساز پرده و اتصال سیم برگشت فاز به جهت چپ‌گرد (و راست‌گرد) «موتور پرده» و اتصال

سیم نول و ارت موتور پرده تشکیل دهید.

۴ نرم‌افزار ETS۵ را اجرا و پروژه‌ای با نام «ساختمان» ایجاد نمایید.

۵ «موتور پرده» را در اتاق و ماژول فعال‌ساز پرده را در تابلو قرار دهید.

۶ با کلیک بر روی ماژول فعال‌ساز پرده، کانال اوّل آن (یعنی دو رله اوّل) را فعال نمایید. (اگر از قطعه چندمنظوره استفاده می‌کنید، کانال مورد نظر را بر روی عملکرد پرده تنظیم نمایید) همان‌طور که ملاحظه می‌کنید، قطعه به شما تنظیمات و واحدهای ارتباطی لازم جهت کنترل پرده را ارائه می‌دهد. دقت کنید که در این کار عملی، ما صرفاً قصد داریم پرده‌های معمولی بالارو یا کناررو (که صرفاً باز یا بسته می‌شوند) را کنترل نماییم لذا کنترل نور مد نظر نیست (شکل۳).



شکل ۳ـ کنترل پرده

۷ باید ابتدا زمان‌های بالا و پایین رفتن پرده از حالت کاملاً باز (۰٪) تا کاملاً بسته (۱۰۰٪) را در نرم‌افزار تعریف کنید. این کار را با برقدارکردن موتور پرده برای مدت زمان لازم یا مراجعه به دیتاشیت موتور پرده انجام دهید و زمان مناسب را تعیین کنید.

۸ در این مرحله باید کلید هوشمند تنظیم شود. یک زوج کلید در نظر بگیرید و عملکرد پرده (shutter) را برای آن انتخاب نمایید (شکل ۴).

شکل ۴ـ شاتر

۹ اکنون باید آدرس‌های گروهی را تشکیل دهید. برای کنترل پرده، کلید هوشمند دو عملکرد را به شما ارائه می‌دهد: در صورت نگهداشتن کلید بالا / پایین، پرده به بالا / پایین حرکت می‌کند و در صورت لمس لحظه‌ای کلید، پرده

متوقف می‌شود. لذا شما نیاز به تعریف دو آدرس گروهی، در دسته میانی جدیدی به نام «کنترل ـ پرده» دارید. دو آدرس گروهی به نام‌های «کنترل ـ حرکت ـ پرده» و «توقف ـ پرده» تعریف کنید. در انتها، واحدهای ارتباطی مربوطه را با هم لینک نمایید.

۱۰ توسط کابل ارتباطی، رایانه را به ماژول ارتباط USB متصل کنید و برنامه را با استفاده از Partial Download به قطعات انتقال دهید.

۱۱ عملکرد برنامه را آزمایش کنید.

کار عملی ۳:

قطع خودکار شیر اهرمی گاز در صورت نشت گاز

شرح کار عملی: یکی از عملکردهای مهم حفاظتی و ایمنی در ساختمان‌های هوشمند، حفاظت در برابر حریق و نشت گاز است. خانه هوشمند می‌تواند در برابر خطرات نشت گاز حفاظت شود.

دستور کار:

۱ برای انجام این کار عملی به تجهیزات زیر نیاز است:

منبع تغذیه ـ حسگر نشت گاز ـ شیر اهرمی گاز ـ فعال‌ساز رله ـ منبع تغذیه DC ـ ورودی دیجیتال ـ کابل USB و قطعه برنامه‌ریز

۲ اقلام مورد نیاز بر روی تابلوی آموزشی چیدمان و نصب شود.

۳ توسط کابل باس KNX منبع تغذیه را به ماژول فعال‌ساز رله و از آن به ماژول ورودی دیجیتال متصل کنید.

۴ از منبع تغذیه DC اتصال پایه - و + را به تغذیه حسگر وصل نمایید. خروجی رله سنسور را به ورودی دیجیتال متصل نمایید. همچنین فاز ورودی را به پایه اوّل رله وصل کرده و فاز برگشت را به شیر اهرمی متصل نمایید، با اتصال سیم نول شیر اهرمی مدار را تکمیل کنید.

۵ نرم‌افزار ETS۵ را اجرا و پروژه ای با نام «ساختمان» ایجاد نمایید.

۶ در فضایی که شیر اصلی گاز قرار دارد، شیر اهرمی و حسگر نشت گاز شهری را در آشپزخانه (در نرم‌افزار) قرار دهید.

۷ قطعه ورودی دیجیتال را در پروژه وارد نمایید. برخی تجهیزات تابلویی و کلیدهای هوشمند، خود مجهز به ورودی دیجیتال هستند و نیازی به قطعه اضافی نیست.

۸ نوبت به تنظیم قطعات می‌رسد. ابتدا با کلیک بر روی قطعه فعال‌ساز، رله مورد نظر را از طریق تنظیم قطعه فعال نمایید. برای این کار، نیاز است که، خروجی مربوط به شیر اهرمی گاز را فعال نمایید.

۹ سپس تنظیمات مربوط به سنسور و چگونگی عملکرد رله مربوطه را انجام

دهید. رله را طوری تنظیم کنید که با عملکرد سنسور، رله فعال شود و فقط با اعلام کاربر، رله به حالت عادی بازگردد.

پرسش

قطع گاز از طریق نرم‌افزار موبایل چه الزاماتی را نیاز دارد؟

پاسخ: برای قطع گاز از طریق نرم‌افزار و از راه دور، حتماً باید امنیت این عمل و اطمینان از عدم نشت گاز با استفاده از نصب سنسور نشت گاز، تأمین شود. همچنین باید مطمئن باشیم که عملکرد شیر اهرمی با استفاده از کلمپ‌های (بست)جریانی مورد تأیید قرار می‌گیرد و به اطلاع کاربر می‌رسد.

۱۰ یک آدرس گروهی برای عملکرد رله شیر اهرمی گاز با سنسور تعریف کنید و لینک‌های مربوطه بین قطعات را برقرار نمایید. حال برای کنترل شیر اهرمی گاز با سنسور، در دسته گروه میانی جدید «ایمنی» در گروه اصلی طبقه اوّل، یک آدرس گروهی به نام «نشت ـ گاز» و یک آدرس گروهی وضعیت ـ نشت ـ گاز ـ ایجاد نمایید (شکل ۵).

شکل ۵ــ آدرس برنامه نشت گاز

۱۱ بر روی ورودی دیجیتال یا قطعه دارای ورودی دیجیتال کلیک کرده و با انتخاب زبانه objects، واحد ارتباطی مربوط به فرمان سنسور را انتخاب نمایید و به داخل آدرس گروهی نشت گاز بکشید (Drag). سپس بر روی قطعه فعال‌ساز رله کلیک نموده و با انتخاب زبانه objects، واحد ارتباطی مربوط به دریافت فرمان رله زنی مربوط به رله شیر اهرمی گاز را انتخاب نموده و به همان آدرس گروهی بکشید.

۱۲ توسط یک کابل ارتباطی، رایانه را به ماژول ارتباط USB متصل کنید و برنامه را با استفاده از Partial Download به قطعات انتقال دهید.

۱۳ عملکرد برنامه را آزمایش کنید. در صورت تشخیص نشت گاز، یک فرمان از طریق سنسور برای رله ارسال می‌شود و به این صورت رله می‌تواند شیر اهرمی را ببندد. پس از اطلاع کاربر و رفع خطر، شیر اهرمی می‌تواند به حالت عادی بازگردد.

کار عملی ۴:
نصب کنترلر سیستم ارسال و دریافت فرمان از طریق تلفن همراه (همراه با نصب اپلیکیشن)

شکل ۶ـ اپلیکیشن کنترلی تلفن همراه

شرح کار عملی: با توسعه روزافزون استفاده از تلفن‌های همراه و اینترنت، اغلب ساکنین خانه‌های هوشمند، مفهوم هوشمند را در استفاده از تلفن‌همراه برای کنترل تجهیزات ساختمان به‌خصوص از راه دور جست‌وجو می‌کنند (شکل ۶). در این کار عملی با اصول برقراری ارتباط بین تلفن‌همراه و سیستم هوشمند آشنا می‌شویم. نرم‌افزارهای تلفن‌همراه در این حوزه بسیار گسترده هستند و باید با توجه به نیازهای کاربر و سطح پروژه، نسبت به انتخاب نرم‌افزار مناسب عمل کرد.

دستور کار:

۱ برای انجام این کار عملی به تجهیزات زیر نیاز است:
منبع تغذیه ـ تاچ پنل یا سرور نرم‌افزاری هوشمند ـ ** روتر IP (در صورتی که سرور مجهز به این قطعه نباشد) ـ منبع تغذیه تاچ پنل ـ ماژول فعال‌ساز رله ـ کلید هوشمند ـ کامپیوتر با نرم‌افزار سرور ـ تلفن‌همراه هوشمند (اندروید یا iOS ـ مودم روتر و کابل شبکه.

۲ اقلام مورد نیاز را بر روی تابلوی آموزشی چیدمان و نصب کنید.

۳ توسط کابل باس KNX منبع تغذیه KNX را به ماژول فعال‌ساز رله و از آن به کلید هوشمند و سپس سرور (یا تاچ پنل) متصل کنید.

۴ از منبع تغذیه DC اتصال پایه - و + را به تغذیه سرور (یا تاچ پنل) متصل نمایید. برخی مدل‌های سرور نیازی به منبع تغذیه ندارند و توسط آداپتور برقدار می‌شوند. کابل شبکه را نیز از سرور (یا تاچ پنل) به مودم متصل کنید. آدرس IP

دستگاه سرور را یادداشت کنید.

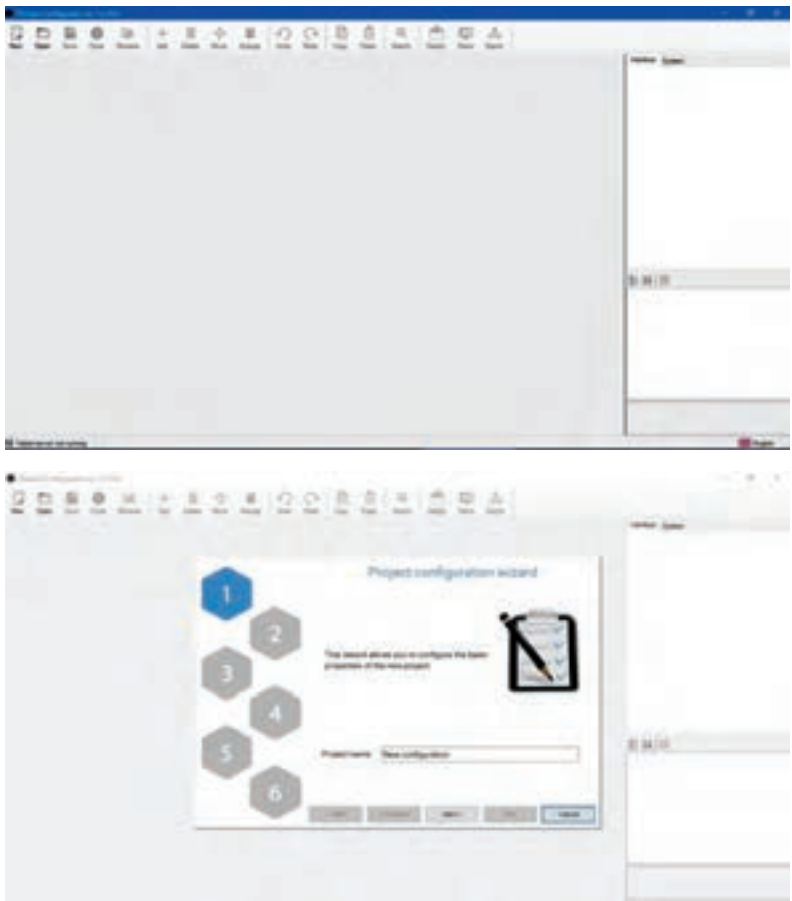
۵ نرم‌افزار کامپیوتری و تلفن همراه مربوط به تاچ پنل یا سرور را نصب نمایید.

۶ در نرم‌افزار ETS۵، پروژه‌ای با نام «ساختمان» ایجاد نمایید.

۷ با مراجعه به پنجره آدرس‌های گروهی Group Addresses، تمامی آدرس‌های گروهی را انتخاب نموده و با کلیک راست روی آنها، گزینه Export Group Addresses را انتخاب کنید. طبق تصویر زیر فایل خروجی را ذخیره نمایید (شکل ۷).

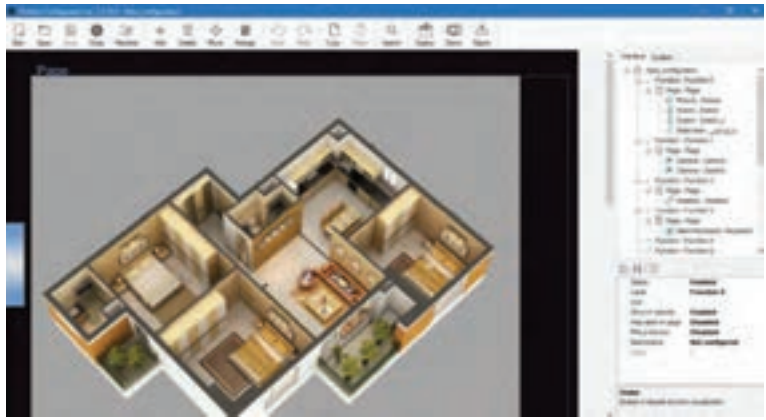
شکل ۷ــ آدرس گروهی

۸ حال به نرم‌افزار طراحی سرور (یا تاچ پنل) مراجعه نمایید. یک پروژه جدید ایجاد کنید. (برای این قسمت از نرم‌افزار ThinKNX Configurator بهره گرفته شده است که می‌توانید پیش نمایش سیستم طراحی شده را نیز در کامپیوتر مشاهده کنید (شکل ۸).)



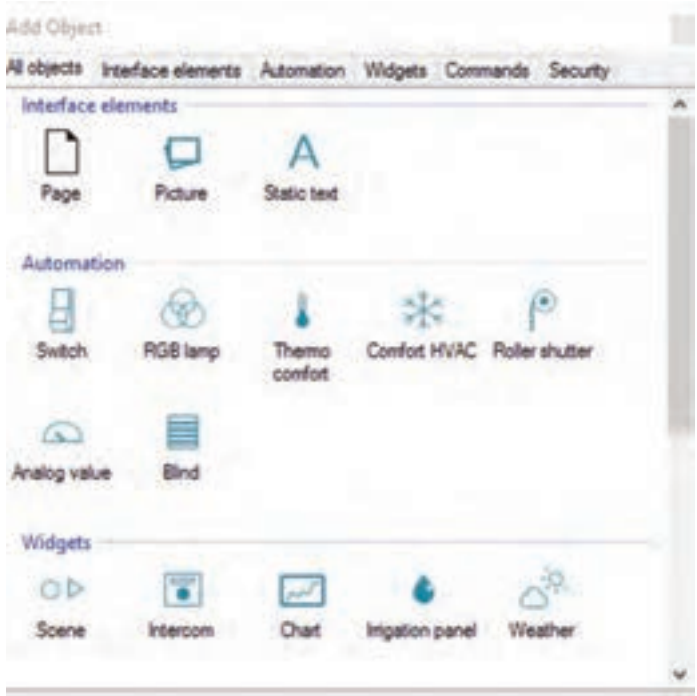
شکل ۸ــ پیش نمایش

۹ می‌توانید طراحی گرافیکی را در محیط نرم‌افزار انجام دهید. برای شروع یک صفحه جدید بسازید و نقشه یا پلانی که در اختیار دارید در صفحه اضافه کنید (شکل ۹).



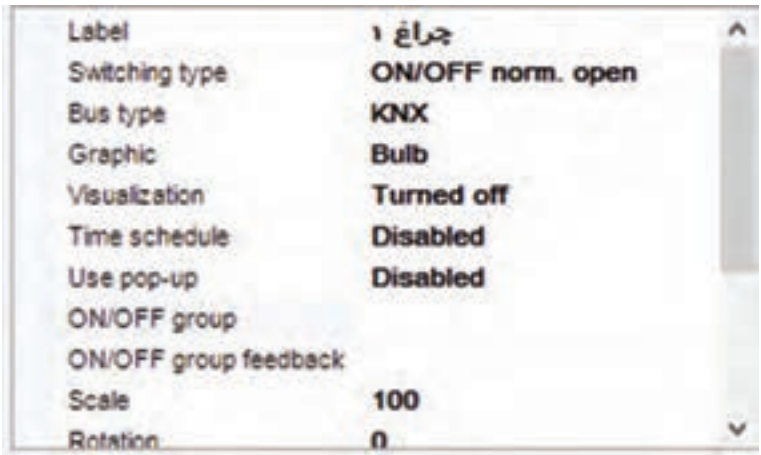
شکل ۹ــ طرح گرافیکی

۱۰ اکنون یک عملکرد روشن / خاموش (چراغ) به محل چراغ ۱ اتاق پذیرایی اضافه نمایید. برای این کار با استفاده از دکمه Add، یا کلیک راست، یک Switch Function به پروژه اضافه کنید (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ــ اضافه کردن عملکرد

۱۱ در قسمت آدرس گروهی، آدرس گروهی مربوط به چراغ ۱ را بیفزایید. (در صورت نیاز می‌توانید یک آیکون برای چراغ انتخاب کنید. در غیر این صورت نرم‌افزار علامت لامپ پیش فرض را نمایش می‌دهد (شکل ۱۱)).



شکل ۱۱ــ اضافه کردن آیکون

۱۲ پیش نمایش طراحی نرم‌افزاری را از طریق Demo مشاهده نمایید. سپس برنامه را به سرور انتقال دهید و عملکرد سیستم را مورد بررسی قرار دهید. سعی کنید با کلید هوشمند عملکرد چراغ و تلفن‌همراه را بررسی کنید.

۱۳ چنانچه از نرم‌افزار تلفن‌همراه استفاده می‌کنید، با ورود اطلاعات سرور و رمز دسترسی، به سیستم متصل شوید.

توجه: مشابه همین مراحل را برای سایر خروجی‌های کنترل شده در طول کارهای عملی تکرار کنید و یک پروژه کامل بسازید.

کار عملی ۵:

نصب پریز برق و برق‌دار کردن آن توسط ارسال و دریافت فرمان از طریق گوشی تلفن‌همراه

شرح کار عملی: برخی تجهیزات و لوازم خانگی می‌توانند با کنترل پریز حالتی شبیه هوشمند داشته باشند و در مواقع لازم یا ساعت‌های مشخص، تحت کنترل سیستم دربیایند. لوازمی چون دستگاه چای‌ساز، تلویزیون و... می‌توانند تحت کنترل ساکنین باشند و علاوه بر مشارکت در سناریوهای مختلف، در کاهش مصرف انرژی هم تأثیر داشته باشند.

دستور کار:

۱ برای انجام این کار عملی به تجهیزات زیر نیاز است:
منبع تغذیه ـ تاچ پنل یا سرور نرم‌افزاری هوشمند ـ ** روتر IP (در صورتی که سرور مجهز به این قطعه نباشد) ـ منبع تغذیه تاچ پنل ـ فعال‌ساز رله ـ پریز برق معمولی ـ کامپیوتر با نرم‌افزار سرور ـ تلفن‌همراه هوشمند (اندروید یا iOS) ـ مودم روتر و کابل شبکه

۲ اقلام مورد نیاز بر روی تابلوی آموزشی چیدمان و نصب شود.

۳ نرم‌افزار کامپیوتری و تلفن‌همراه مربوط به تاچ پنل یا سرور را نصب نمایید.

۴ در نرم‌افزار ETS۵، پروژه ای که با نام «ساختمان» ایجاد نموده بودید را باز کنید.

۵ به تنظیمات رله رفته و رله مورد نظر برای اتصال پریز را فعال کنید. آدرس گروهی مربوطه را تشکیل دهید و برنامه را به تابلو انتقال دهید.

۶ با مراجعه به پنجره آدرس‌های گروهی Group Addresses، تمامی آدرس‌های گروهی را انتخاب نموده و با کلیک راست روی آنها، گزینه Export Group Addresses را انتخاب کنید.

۷ به نرم‌افزار طراحی سرور (یا تاچ پنل) مراجعه نمایید. مراحل را برای ادامه طراحی پروژه انجام دهید.

۸ یک عملکرد روشن / خاموش (پریز) به محل پریز اضافه نمایید. برای این کار با استفاده از دکمه Add، یا کلیک راست، یک Switch Function به پروژه اضافه کنید.

۹ در قسمت آدرس گروهی، آدرس گروهی مربوط به پریز را بیفزایید. (در صورت نیاز یک آیکون برای پریز انتخاب کنید).

۱۰ پیش نمایش طراحی نرم‌افزاری را از طریق Demo مشاهده نمایید. سپس برنامه را به سرور انتقال دهید و عملکرد سیستم را مورد بررسی قرار دهید.

کار عملی ۶:

باز کردن در منزل از راه دور با تلفن‌همراه

شرح کار عملی: یکی از عملکردهای خانه هوشمند جهت افزایش رفاه و ایمنی، امکان باز کردن در منزل برای مهمانان و اعضای خانواده از طریق تلفن‌همراه (از راه دور) است. البته این عملکرد با برقراری تماس صوتی و تصویری از طریق تلفن‌همراه تکمیل می‌شود که از بحث این کتاب خارج است. لذا فقط قصد داریم صاحب خانه را از حضور مراجعه‌کننده مطلع کنیم و صاحب‌خانه بتواند با تلفن‌همراه، فرمان باز کردن در منزل را صادر نماید.

دستور کار:

۱ برای انجام این کار عملی به تجهیزات زیر نیاز داریم:
منبع تغذیه ـ شستی زنگ ـ قفل برقی ـ فعال‌ساز رله ـ منبع تغذیه DC ـ ورودی دیجیتال ـ کابل USB و قطعه برنامه‌ریز

۲ اقلام مورد نیاز بر روی تابلوی آموزشی چیدمان و نصب شود.

۳ توسط کابل باس KNX منبع تغذیه را به ماژول فعال‌ساز رله و از آن به ماژول ورودی دیجیتال متصل کنید.

۴ شستی زنگ را به ورودی دیجیتال متصل کنید. قفل برقی را همانند اتصال لامپ به رله متصل کنید (اگر مدل قفل برقی، از نوع ۱۲ ولت است، پایه اوّل رله را با برق منبع تغذیه DC ۱۲ ولت، تغذیه نمایید).

۵ نرم‌افزار ETS۵ را اجرا و پروژه‌ای با نام «ساختمان» ایجاد نمایید.

۶ علاوه بر قطعات معمول، قطعات ورودی دیجیتال و فعال‌ساز رله را نیز در پروژه وارد نمایید.

۷ در قسمت تنظیمات، اتصال شستی زنگ را برای ورودی دیجیتال تعریف کنید. همچنین رله مربوط به قفل برقی را فعال کنید.

۸ یک آدرس گروهی برای عملکرد قفل برقی و همچنین یک آدرس گروهی برای وضعیت شستی زنگ تعریف کنید.

۹ لینک‌های مربوطه بین قطعات را برقرار نمایید.

۱۰ توسط یک کابل ارتباطی، رایانه را به ماژول ارتباط USB متصل کنید و برنامه را با استفاده از Partial Download به قطعات انتقال دهید.

۱۱ حال به نرم‌افزار طراحی سرور (یا تاچ پنل) مراجعه نمایید.

۱۲ باید یک عملکرد مشاهده وضعیت زنگ و یک عملکرد باز کردن درب را به پروژه اضافه نمایید. واضح است که باید وضعیت شستی زنگ را مشاهده کرد تا کاربر بتواند در صورت فعال شدن آن، فرمان باز شدن در را از طریق نرم‌افزار صادر نماید.

۱۳ در قسمت آدرس گروهی، آدرس گروهی مربوط به شستی زنگ و قفل برقی را بیفزایید.

۱۴ برنامه را به سرور انتقال دهید و با تلفن‌همراه به آن وصل شوید.

۱۵ عملکرد برنامه را آزمایش کنید. در صورت فشردن شستی زنگ، باید علامت یا آیکون مربوطه در نرم‌افزار فعال شود و با فشردن دکمه باز کردن در، قفل برقی عمل نماید.

توضیحات تکمیلی نرم‌افزار ETS۵

نرم‌افزار ETS دارای سه نوع مجوز (license) برای استفاده کاربران می‌باشند که عبارت‌اند از:

- Demo licenses

توانایی اضافه نمودن و پیکره‌بندی تا حداکثر ۵ قطعه را دارد و به طور رایگان در اختیار کاربران قرار دارد.

- Lite licenses

توانایی اضافه نمودن و پیکره‌بندی تا حداکثر بیست قطعه را دارد.

- Professional licenses

توانایی اضافه نمودن و پیکره‌بندی تا حداکثر هزار قطعه را دارد.

ETS-۴، ETS-۵ از فروشگاه آنلاین وب‌سایت انجمن KNX، (www.onlineshop.**knx**.org) قابل خریداری می‌باشد.

سایر مجوزهای نرم‌افزارETS تنها وقتی به صورت کامل قابل استفاده است که مجوز (لایسنس) آن توسط کلیدی فعال شده باشد. کلید مجوزهای این نرم‌افزار بر دو نوع هستند:

- **کلید وابسته به کامپیوتر:** این کلید مجوز را تنها بر روی کامپیوتری فعال می‌کند که بر روی آن مجوز نرم‌افزار ETS فعال شده است.
- **کلید مستقل از کامپیوتر:** این کلید وابسته به سخت‌افزار کامپیوتر نمی‌باشد لیکن به شکل «دانگل» (تجهیزی که از طریق اتصال به کامپیوتر قفل نرم‌افزار را باز می‌نماید) است که از طریق سفارش و خرید از انجمن KNX قابل تهیه می‌باشد. این دانگل از طریق پورت USB کامپیوتر ارتباط برقرار نموده و قفل نرم‌افزار را باز می‌نماید. همچنین این نوع کلید نرم‌افزار به دلیل سهولت استفاده در کامپیوترهای متفاوت کمی گران‌تر است.

توسط نرم‌افزار ETS، ابتدا نرم‌افزار کاربردی تجهیزات مختلف تحت این پروتکل ـ Databases که در پروژه استفاده می‌شود را مطابق با نیازهای کاربر برنامه‌ریزی کرده و سپس ارتباط مابین این تجهیزات تعریف می‌گردد.

پس از انجام موفقیت‌آمیز مراحل فوق نرم‌افزارهای کاربردی پیکره‌بندی شده توسط ETS، تک‌به‌تک بر روی تجهیزات دانلود شده و مشخصات تجهیزات مطابق با سفارش کارفرما ست شده و بدین ترتیب تجهیزات پس از شناسایی همدیگر، با یکدیگر ارتباط برقرار می‌نمایند و از این طریق اهداف از پیش تعیین شده را برآورده می‌سازند.

تاریخچه نرم‌افزار ETS۵

سیستم KNX تاریخچهٔ ۲۵ ساله دارد. در این دورهٔ زمانی چندین نسخه از نرم‌افزار ETS منتشر شده است:

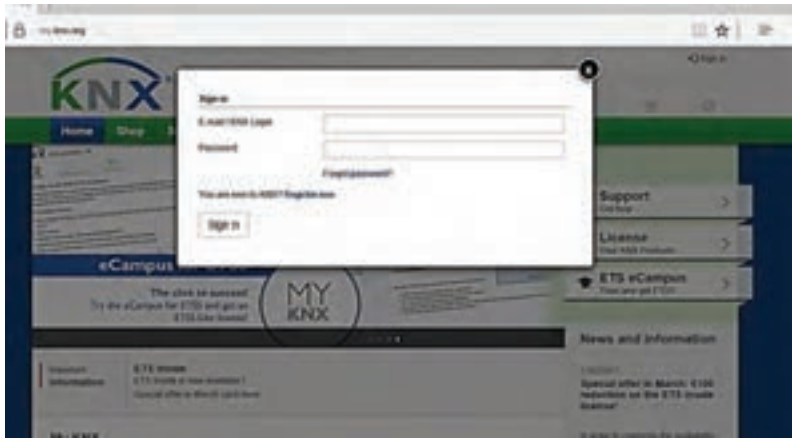
ETS۱: ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۶
ETS۲: ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۴
ETS۳: ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰
ETS۴: ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴
ETS۵: ۲۰۱۴

آخرین نسخه نرم‌افزار ETS، نسخه شماره ۵ آن است (ETS۵) که در سال ۲۰۱۴ به بازار عرضه شد و هم‌اکنون نسخه ۵,۵,۳ مربوط به سال ۲۰۱۷ در دسترس است.

طریقهٔ دانلود نرم‌افزار ETS۵

برای دانلود کردن این نرم‌افزار مراحل زیر را باید انجام دهید:

ـ وارد شدن به سایت WWW.KNX.org
ـ پر کردن فرم مشخصات و ثبت نام در سایت KNX
ـ تأییدیه ثبت نام و دریافت آن از طریق آدرس ایمیل (شکل ۱۲)
ـ دانلود نرم‌افزار ETS۵ (DEMO) از بخش Downloads



شکل ۱۲ـ دانلود نرم‌افزار

نکات مهم در نصب نرم‌افزار

ـ قبل از نصب:

۱ ETS۵ بر مبنای ۴/۵ .NET Framework ©Microsoft است و لازم است

قبل از نصب نرم‌افزار ETS۵، آخرین نسخه از این نرم‌افزار را از پایگاه اینترنتی Microsoft دانلود، نصب و اجرا کنید.

۲ به شدت توصیه می‌شود تمام نیازمندی‌های ضروری رایانه را بررسی کنید (نیازمندی‌های سیستم را ببینید).

۳ نیازمندی‌های ضروری سخت‌افزار رایانه را بررسی کنید (نیازمندی‌های سیستم را ببینید).

۴ در هر حالت از اطلاعات مهم ETS پشتیبان بگیرید.

۵ ETS۵ را نصب کنید.

توجه: شما هم‌زمان می‌توانید نرم‌افزار ETS۵ را به موازات نرم‌افزارهای نسخه ۳ و یا ۴ بر روی رایانه نصب کنید (شکل ۱۳).

شکل ۱۳ــ نصب نرم‌افزار

نیازمندی‌های رایانه برای نصب این نرم‌افزار

مشخصات زیر حداقل نیازمندی نرم‌افزاری و سخت‌افزاری رایانه جهت نصب و اجرای نرم‌افزار ETS۵ می‌باشد:

سیستم‌های عامل

Microsoft Windows ۷ SP۱ x۳۲/x۶۴
Microsoft Windows ۸ x۳۲/x۶۴
Microsoft Windows ۱۰ x۳۲/x۶۴
Microsoft Server ۲۰۰۸ R۲ SP۱ x۶۴
Microsoft Server ۲۰۱۲ x۶۴

سخت‌افزار

CPU: ≥ ۲ GHz RAM: ≥ ۲ GB HDD: ≥ ۲۰ GB
RES: ≥ ۱۰۲۴ x ۷۶۸

درگاه جهت ارتباط با سیستم KNX:

USB IP (KNXnet/IP)

بعد از نصب

۱ نصب نرم‌افزار ETS۵ نباید تغییری در داده‌های نسخه‌های قبلی ETS ایجاد کند.

۲ نصب ETS۵ نباید مجوز (License) را برای نسخه‌های ۳ و ۴ از بین ببرد.

توضیحات تکمیلی

معایب سیستم روشنایی سنتی و مزایای سیستم روشنایی هوشمند

با این کاربردهای جدید، سیستم روشنایی به حیطه مهندسی ورود پیدا کرده و تخصص‌های ویژه‌ای را به وجود آورده است. مسلماً با پیشرفت‌های روزافزون در صنعت روشنایی، سبک‌های جدید مدیریتی و کنترلی در کنار آن شکل گرفته تا کارکرد سیستم روشنایی را راحت‌تر از گذشته سازد و به اصطلاح مبحث «سیستم روشنایی هوشمند» را شکل داده است.

در این بخش برخی از معایب سیستم روشنایی سنتی را بیان کرده و در مقابل مزایای هوشمندسازی روشنایی را مطرح می‌کنیم.

معایب سیستم روشنایی سنتی

ـ **عدم امکان تغییر در نوع کنترل:** اگر کنترل یک سرخط روشنایی سنتی با استفاده از یکی از کلیدهای تک‌پل، دوپل، تبدیل و صلیبی باشد، تا آخر هم همین خواهد بود و غیر از استفاده از این کلیدها به گونه‌ای دیگر نمی‌توان کنترل آن سرخط روشنایی را در دست داشت.

ـ **خاموشی زیاد در هنگام تغییرات و تعمیرات:** در صورت سوختن یک چراغ و یا تغییر و تعمیر در مسیر یک سرخط روشنایی، شما حداقل مجبور به قطع برق فیوزی هستید که آن سرخط روشنایی در مسیر خروجی آن فیوز است و بدیهی است تنها آن فیوز مربوط به آن سرخط شما نبوده و ممکن است برای ایجاد این تعمیرات یا تغییرات برای مدتی که فیوز قطع است، سایر سرخط‌های روشنایی و حتی پرده برقی، آیفون تصویری و پریز که در مسیر آن فیوز هستند خاموش باشند و این کار تعمیرات را در ساعات تاریک شبانه‌روز غیرممکن خواهد کرد.

ـ **مصرف بالای انرژی و بدون صرفه‌جویی:** در طرح سنتی روشنایی، چون کنترل شما روی بخش‌های روشنایی تنها از طریق کلیدهای سنتی نصب شده روی دیوار می‌باشد، بنابراین هیچ مدیریتی در زمینه کاهش مصرف انرژی نمی‌توانید داشته

باشید و تنها وقتی کاهش مصرف انرژی دارید که خودتان به صورت دستی کلید مربوط به آن سرخط روشنایی را خاموش کنید.

ـ **افزایش خرابی انواع چراغ‌ها:** با گذر زمان و افزایش طول عمر ساختمان، به دلیل فرسودگی کلیدهای سنتی سر راه سرخط‌های روشنایی، برق ورودی به سرخط روشنایی به جای تغییر سطح ولتاژ آن از صفر به ۲۲۰ ولت در یک لحظه، ممکن است با تأخیر و یا پس از چندین بار نوسان از صفر به ۲۲۰ ولت برسد که این مستقیماً به چراغ‌ها آسیب رسانده و باعث کاهش عمر مفید آنها و در نهایت سوختن چراغ می‌شود. به خصوص در مورد لامپ‌های کم‌مصرف

ـ **تعدد پر شمار کلیدهای سنتی دیواری:** بی‌شک این مهم‌ترین عیب می‌باشد. اگر در ساختمان‌های امروزی و به‌ویژه در سطح زیر بنای بالا که روشنایی‌های زیادی در ساختمان کار می‌شود سیستم روشنایی به صورت سنتی اجرا شود، با پدیده تعدد و شمار بالای کلیدهای سنتی در سطح دیوارهای داخلی ساختمان روبه‌رو هستیم که متأسفانه این پدیده از دید سازندگان دور بوده و در زمان تحویل ساختمان جلوه پیدا می‌کند و معایبی از قبیل: سیم‌کشی‌های زیر ساخت دشوار، نصب دشوار کلیدها کنار یکدیگر، حجم بالای سیم در پشت کلیدها و عدم ایمنی و امکان قطعی بالا، افزایش هزینه تحمیلی خرید کلیدها در آخر، پر شدن دیوارها و جلوه نامناسب و ناهماهنگ با فضاسازی‌های مدرن و مهم‌تر از همه انتخاب دشوار کلیدی است که می‌خواهیم سرخط مورد نظر ما را کنترل کند. (شکل ۱۴)

شکل ۱۴ـ چیدمان نامناسب کلیدها

ـ **عدم امکان استفاده از سیستم‌های جدید روشنایی:** و در آخر درطرح سنتی، دست ما برای استفاده از انواع تکنولوژی‌های نوین روشنایی بسته است و بسیاری از محصولات روشنایی جدید را نمی‌توان در مجموعه سنتی خود اضافه کرد و به درستی استفاده نمود.

مزایای سیستم روشنایی هوشمند

- **انعطاف‌پذیری:** در سیستم روشنایی هوشمند، به راحتی می‌توانید سرخط یک روشنایی جدید را وارد مجموعه خانه هوشمندتان کنید و کنترل آن را از طریق تمامی درگاه‌های ارتباطی و کنترلی هوشمند به دست بگیرید.
- **اجرای انواع طرح‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی:** شما به راحتی می‌توانید با ساخت سناریوهای هوشمند گوناگون، مصرف برق خود را در زمینه روشنایی کاهش دهید و مدیریت‌های یکپارچه‌ای به روی تک‌تک سرخط‌های روشنایی یا مدیریت کلی بر روی تمامی آنها داشته باشید.
- **تغییر اصولی شدت نور یا دیم کردن روشنایی:** در سیستم هوشمند می‌توانید چراغ‌های مصرفی خود را دیم کرده و شدت نور آن را به دلخواه و یا در قالب سناریوهای گوناگون تغییر داده تا فضای شما دارای سطوح روشنایی گوناگون شود. همچنین به راحتی می‌توانید یک سرخط را که پیش از این به عنوان سرخط ON/OFF بوده، بدون هیچ‌گونه تغییر در زیر ساخت، به حالت DIMMER تبدیل کرده و از آن بهره‌مند شوید.
- **سناریو پذیری:** سیستم روشنایی شما هوشمند می‌باشد و می‌توانید سناریوهای مختلف روشنایی در فضاهای مختلف ساختمانتان را از قبیل سناریوهای ورود، مهمان، مطالعه، خواب، تماشای تلویزیون، خروج از خانه، مسافرت، امنیتی و... داشته باشید و مهم‌تر از آن می‌توانید سیستم روشنایی خود را با سیستم‌های صوتی، گرمایش و سرمایش، پرده برقی و... در سناریوهای تخصصی و کارآمد یکپارچه نمایید.
- **استفاده از کلیدهای هوشمند دیواری با تعداد پل بالا (خروجی بالا):** با استفاده از انواع کلیدهای هوشمند دیواری متناسب با سلیقه شما و همچنین نیاز فضا، به جای تعدد و شمار بالای کلیدهای سنتی در سطح دیوار، در هر فضای ساختمان شما تنها یک کلید هوشمند قرار می‌گیرد که شما علاوه بر کنترل تک‌تک تمامی سرخط‌های روشنایی، می‌توانید سناریوهای گوناگون نیز اجرا نمایید و همچنین از طریق همین کلید هوشمند کنترل سایر تجهیزات مانند گرمایش و سرمایش هوشمند، سیستم صوتی هوشمند، پرده برقی هوشمند و... را می‌توان به‌راحتی در اختیار داشت.
- **کنترل روشنایی از طریق درگاه‌های ارتباطی هوشمند از راه دور و نزدیک:** با هوشمندسازی روشنایی ساختمان خود، می‌توانید از درگاه‌های مختلف و جذاب ارتباطی جهت کنترل و مدیریت روشنایی استفاده کنید. درگاه‌های ارتباطی هوشمند از قبیل کلیدهای هوشمند دیواری، ریموت کنترل، کنترل از طریق انواع موبایل و تبلت، کنترل خارج از خانه از طریق اینترنت و پیام کوتاه و همچنین کنترل و مدیریت با انواع سنسورها در لایه‌های منطق مختلف.

■ **شکیل بودن و راحتی مدیریت و کنترل هوشمند:** کلیدهای دیواری اوّلین درگاه ارتباطی در سیستم هوشمند هستند که مسلماً نسبت به کلیدهای تک‌پل، دوپل و تبدیل سنتی، زیبایی بیشتری داشته و به خاطر داشتن LCD، چراغ‌های نمایشگر، ریموت‌پذیری، ترموستات داخلی، سناریوپذیری و... راحتی استفاده از آن در کنترل تجهیزات را برای شما ایجاد می‌کند.

■ **راحتی در تعمیرات و تغییرات:** هنگام تغییر لامپ‌های یک سرخط روشنایی و یا تعمیر آن فقط و فقط آن سرخط روشنایی در مدت تغییر و تعمیر خاموش می‌باشد و تمامی سرخط‌ها در مجاورت آن دارای برق و کاربری عادی خود خواهند بود که این ویژگی علاوه بر راحتی، اطمینان و امنیت را نیز فراهم می‌آورد.

■ **کاهش هزینه‌های نهایی قسمت برق ساختمان:** و در آخر اجرای زیر ساخت روشنایی ساختمان بر اساس طرح هوشمند، با طرح سنتی آن متفاوت است. ممکن است مقداری هزینه‌های تجهیزات مصرفی مانند سیم و لوله برق اضافه شود اما راحتی اجرای این طرح به مراتب برای مجری زیرساخت برق (برق‌کار پروژه) راحت بوده، سیم‌کشی‌ها استاندارد شده، هزینه‌های خرید انواع کلید سنتی و ترموستات‌های مختلف صرفه‌جویی می‌شود، نصب تجهیزات به مراتب راحت‌تر و در زمان کمتری صورت می‌گیرد و در آخر هزینه‌های نهایی قسمت برق ساختمان کاهش یافته و بر روی اصول هزینه می‌شود.

این گزینه‌ها تنها بخشی از مزایای سیستم روشنایی هوشمند می‌باشد که درمقابل سیستم روشنایی سنتی مطرح شده‌اند و مسلماً هر سازنده و مالکی را بر آن می‌دارد تا سیستم روشنایی ساختمان خود را در طرح‌های هوشمند اجرا کرده و از مزایای بی‌شمار آن نهایت استفاده را ببرد.

کار با سیستم‌های هوشمند در تمامی سطوح و تجهیزات از قبیل روشنایی هوشمند، سیستم گرمایش و سرمایش هوشمند، پرده‌های برقی هوشمند، سیستم صوتی هوشمند و... برای کاربران آن علاوه بر بحث‌های مطرح شده، لذت و رضایت‌مندی بالایی به همراه دارد که هرکس با یک بار تجربه کار با خانه هوشمند به این مهم پی خواهد برد.

سایر بحث‌های تخصصی در زمینه روشنایی هوشمند و مزایای کامل‌تر و انواع طرح‌های اجرایی آن را در بخش «روشنایی هوشمند چیست؟» می‌توانید مطالعه نمایید.

توجه: جهت ایجاد انگیزه و تعمیق در فرآیند یادگیری امکانی فراهم شود تا هنرجویان از یک پروژهٔ نیمه کاره و یا پایان یافتهٔ خانه هوشمند بازدید به عمل آورند.

در ترسیم مدار کارهای عملی بر روی پلان دقت فرمایید که جهت عمق بخشیدن به یادگیری در هر کار عملی، حتماً نقشهٔ آن توسط هنرجو در نرم‌افزار ترسیم شود.

واحد یادگیری چهارم
همبندی و صاعقه‌گیر

هدف: مهارت انجام اتصالات همبندی در ساختمان‌های مسکونی و اتصال آن به سیستم زمین و عملکرد و نحوه نصب برق‌گیر و انواع آن

پرسش

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

پاسخ: در این‌صورت جریان مسیرهای متعدد موازی جاری شده و خطر عبور جریان را از بدن شخص کاهش می‌دهد.

پژوهش: تفاوت روش یوفر و همبندی

در جنگ جهانی دوم به علت بارش سالانه کم و نبود سفره‌های آب زیرزمینی در مناطق بیابانی آریزونای آمریکا، دانشمندی به‌نام یوفر[1] جهت زمین کردن انبارهای ذخیره بمب به این نتیجه رسید هدایت الکتریکی بتون، از سایر انواع خاک بهتر است. اساس طرح وی بر پایه تعبیه هادی زمین در بتون می‌باشد. امروزه مهندسین، از منافع کشف آقای یوفر آگاه هستند. چون کل ساختمان بتون آرمه با وجود میله‌های فولادی در ساختمان یا پی آن با پوشش بتونی، یک سیستم زمین الکتریکی با مقاومت بسیار کم ایجاد می‌کند. از مزایای دیگر این روش استفاده از خواص بتون برای کاهش مقاومت زمین است.

تکنیک یوفر که از ابتدای ساخت‌وساز در فنداسیون قابل اجراست، در غارهای مهمات و بمب، دکل‌های مخابراتی و رادیویی، ماهواره‌ای و موبایل و چراغ‌های روشنایی کاربرد اساسی دارد.

کمترین اندازه آرماتورهای اضافی که باید در سیستم ارتینگ به روش یوفر در نظر گرفته شود به عوامل زیر بستگی دارد:

- نوع بتون، اجزای تشکیل‌دهنده آن، وزن مخصوص، مقاومت مکانیکی و مقدار فاکتور pH
- مقدار سطح بتون که با خاک در تماس است.

۱ـ Herbert G.Ufer

- مقاومت مخصوص خاک . مقدار آب موجود درآن
- اندازه و طول شبکه آرماتورها، سیم‌های درون آن یا ورق موجود در بتون
- مقدار جریان ضربه صاعقه

جدول زیر میزان هدایت صاعقه در هر ۳۰ سانتی‌متر طول آرماتور را نمایش می‌دهد. باید به خاطر داشت که فقط آرماتورهای خارجی وارد محاسبه می‌شوند و آرماتورهای میانی و درونی شبکه به هیچ‌وجه به حساب نمی‌آیند. در یک کانال ساخته شده از بتون و آرماتور نیز فقط آرماتورهای کناری و کف کارساز می‌باشند.

جدول ۱ـ میزان هدایت صاعقه در هر ۳۰ سانتی‌متر

میزان هدایت صاعقه در ۳۰ سانتی‌متر	قطر میل‌گرد (میلی‌متر)
۳۴۰۰	۱۰
۴۵۰۰	۱۲/۵
۵۵۰۰	۱۶
۶۴۰۰	۱۹
۸۱۵۰	۲۵

از مهم‌ترین تفاوت‌های روش یوفر و همبندی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱ هدف همبندی هم پتانسیل‌سازی است و هم در پی اجرا می‌شود هم در تمامی کف‌های ساختمان، ولی روش یوفر فقط در پی ساختمان اجرا می‌شود.

۲ مقطع میل‌گرد یا هادی مورد استفاده برای همبندی با یوفر فرق دارد.

۳ در یوفر از تمام حجم بتون پی استفاده می‌شود ولی در همبندی عمدتاً از شناژ محیطی استفاده می‌شود.

پرسش

اجرای همبندی چگونه در کاهش اثر الکتریسیته ساکن تأثیر می‌گذارد؟

پاسخ: به دلیل هم پتانسیل شدن تمامی نقاط با یکدیگر، اثر الکتریسیته ساکن که ناشی از اختلاف بار می‌باشد نیز از بین می‌رود.

پرسش

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

پاسخ: همبند کردن لوله‌های فلزی و بدنه دستگاه‌ها و لوازم آشپزخانه مانند کابینت‌ها و... را همبندی اضافی می‌گویند که باید در تمام منازل مسکونی انجام گیرد.

سؤال

علت‌های اتصال دیگر سیستم زمین به شبکه همبند چیست؟

پاسخ: یکی دیگر از علل اتصال شبکه همبند به زمین این است که چنانچه به عللی سیستم زمین به‌طور صحیح اجرا نشده باشد با شبکه همبند، هم پتانسیل شده و خطر برق‌گرفتگی کاهش می‌یابد.

قسمتی از دستورالعمل همبندی سازمان نظام مهندسی در رابطه با اجرای همبندی

۱ـ۱ـ۱ـ۲ جهت اجرای همبندی اصلی، مطابق ماده پ ۱ـ۴ـ۷ـ۱ باید هادی حفاظتی، هادی خنثی، لوله‌های اصلی فلزی آب، لوله‌های اصلی گاز، لوله‌ها و کانال‌های فلزی اصلی سایر تأسیسات، الکترود اصلی و فرعی اتصال زمین و تمامی قسمت‌های اصلی فلزی ساختمان‌ها مانند اسکلت فلزی و آرماتورهای بتن مسلح را به وسیله هادی‌های جداگانه بر روی شینه اصلی اتصال زمین ساختمان به یکدیگر متصل نمود. لذا با توجه به وجود مقاومت الکتریکی در اتصالات عادی بین میل‌گردهای بتن مسلح و اتصالات پیچی تیرها و ستون‌های اسکلت فلزی، بایستی پیش از هر مرحله بتن‌ریزی و یا پوشاندن اسکلت فلزی به ترتیبی که شرح داده می‌شود، اتصالات الکتریکی مطمئنی را به وجود آورد و سپس شبکه ایجاد شده را به اتصال زمین ساختمان متصل نمود.

۱ـ۱ـ۲ طراحی

۱ـ۱ـ۲ـ۱ مهندسان طراح تأسیسات الکتریکی ساختمان‌ها موظف‌اند تمامی نقشه‌های لازم جهت اجرای همبندی اصلی و اضافی در میل‌گردها و یا اسکلت فلزی ساختمان را تهیه و در اختیار کارفرما و مراجع ذی‌صلاح بگذارند.

۱ـ۱ـ۳ نظارت

۱ـ۱ـ۳ـ۱ مهندسان ناظر تأسیسات الکتریکی ساختمان‌ها موظف‌اند بر اساس طرح داده شده، بر حسن اجرای همبندی اصلی و اضافی، در میل‌گردها و یا اسکلت فلزی ساختمان‌ها نظارت نمایند.

نکات ویژه در رابطه با استفاده از میل‌گرد جهت هادی همبندی

■ میل‌گردهای اضافی همبندی بایستی با سیم آرماتوربندی معمولی یا سیم مسی مفتولی به میل‌گردهای اصلی سازه بسته شوند. (تعداد بست‌ها و روش بستن آنها مانند میل‌گردهای اصلی سازه می‌باشد)

■ سیم‌ها یا تسمه‌های همبندی مسی باید به میل‌گردهای موجود سازه متصل شوند. برای این کار حداقل در هر ۶ متر با استفاده از جوش ترمیت و یا بست‌های پیچی مناسب، اتصالاتی ایجاد شده و همچنین در فاصله بین بست‌های پیچی و یا جوش‌ها، باید به کمک سیم آرماتوربندی معمولی یا سیم مسی مفتولی، بست‌های دیگری زده شود. تعداد بست‌های سیمی و روش بستن آنها مانند میل‌گردهای اصلی سازه می‌باشد.

■ اتصالات شبکه همبند باید در تمامی نقاط ذیل به منظور کاهش مقاومت الکتریکی، برقرار شود:

الف) در تمامی نقاطی که قطعات همبند دو تکه شده‌اند.

ب) در تمامی گوشه‌های ساختمان که قطعات شبکه همبند از دو طرف به یکدیگر می‌رسند.

ج) در تمامی انشعاباتی که از یک قطعه از شبکه همبند گرفته می‌شود. (سه‌راهی)

د) در تمامی نقاطی که قطعات طولی و عرضی شبکه همبند از روی هم عبور می‌کنند. (چهارراهی)

هـ) در هر جایی که شبکه افقی یک طبقه به یک ستون متصل شود.

■ اتصال الکتریکی مطمئن بین قطعات میل‌گرد همبندی (اعم از میل‌گرد موجود و یا اضافی) به‌وسیله جوشکاری با استفاده از ترانس جوش معمولی به‌وجود می‌آید. طول جوش مطابق جدول زیر بر اساس نوع آرماتور تعیین می‌گردد.

جدول شماره ۲ـ طول جوش میل‌گرد همبندی بر اساس نوع آرماتور

نوع آرماتور	طول جوش	
	یک طرفه	دو طرفه
Al	6d	3d
All	8d	4d
Alll	10d	5d

d ـ قطر آرماتور(میل‌گرد)

آرماتور Al نوع ساده و آرماتورهای All و Alll از نوع آج‌دار هستند.

جوش یک طرفه

جوش دو طرفه

پرسش

تفاوت بین صاعقه و رعدوبرق چیست؟

پاسخ: رعد و برق یا آذرخش جرقه‌ای است که بین دو قطعه ابر باردار رخ می‌دهد. اما صاعقه جرقه‌ای است که بین ابر باردار و زمین رخ می‌دهد.
هرگاه ابری باردار شود (توسط وزش باد) و به ابر باردار (غیرهمنام) دیگری نزدیک شود بین این دو ابر تخلیه الکتریکی انجام می‌شود (یعنی بارهای منفی می‌خواهند از یک ابر به ابر دیگری بروند که دارای بار مثبت می‌باشد) در اثر این تخلیه جرقه‌ای همراه با صدای مهیبی تولید می‌شود. این تخلیه الکتریکی همراه با نور و صدا می‌باشد که به نور به وجود آمده آن «برق» و به صدای مهیب آن «رعد» می‌گویند.

بحث کنید

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

صاعقه‌ها انواع مختلفی دارد که می‌توان به انواع رایج بین ابری (رعدوبرق)، ابر به زمین و زمین به ابر اشاره کرد. تقریباً ۹۰ درصد تخلیه‌های الکتریکی از نوع رعد و برق و ۱۰ درصد این تخلیه الکتریکی بین ابر و زمین اتفاق می‌افتد. شروع صاعقه از سمت زمین به ابر بسیار نادر است و فقط می‌تواند در کوره‌های بلند و یا سازه‌های بلند مرتبه اتفاق بیفتد که به آنها صاعقه مثبت گفته می‌شود.

بحث کنید

متون زیر را ترجمه و همراه با شکل تفسیر کنید.

شکل ۱ــ ترجمه متون کتاب درسی

صاعقه‌گیر چگونه عمل می‌کند؟ و انواع آن کدام‌اند؟

میله‌های ساده فرانکلینی

اوّلین واحد جذب که توسط فرانکلین پیشنهاد گردید، میله‌های ساده بودند که ضربه مستقیم صاعقه به اندازه طول میله‌ها، دور از ساختمان اتفاق می‌افتاد و شعاع حفاظتی این صاعقه‌گیرهای ساده در کلاس‌های حفاظتی براساس تئوری زاویه محاسبه می‌گردید.

قفس فارادی

با گسترش ابعاد ساختمان‌ها و با توجه به محدودیت‌های میله ساده، قفس فارادی (Faraday Cage) جایگزین میله‌های ساده فرانکلینی شد، امروزه نیز اکثر استانداردهای جهانی استفاده از قفس فارادی را بهترین روش می‌دانند. در این روش سعی می‌شود ساختمان را در قفسی از هادی‌های مسی یا فولادی محصور نمود.

صاعقه‌گیرهای یونیزه‌کننده هوا

طراحی و نصب این صاعقه‌گیرها براساس استانداردهای متفاوت انجام می‌گیرد. ریشه این استانداردها نیز همان تئوری گوی غلطان است که در تمامی استانداردها از آن استفاده شده است.

صاعقه‌گیر پس از نصب روی ساختمان، می‌بایست به وسیله هادی‌های میانی Down Conductor از طریق سیم مسی بدون روکش به سیستم زمین متصل گردد. مقاومت الکترود زمین صاعقه‌گیر می‌بایست زیر ۱۰ اهم باشد و پس از اجرا به شبکه هم پتانسیل کل سایت متصل شود.

در اجرای الکترود زمین هر صاعقه‌گیر می‌بایست از اقلامی چون صفحه‌های مسی، مواد کاهنده مقاومت (LOM)، اتصالات جوش انفجاری استفاده نمود.

صاعقه‌گیر الکترونیکی

درست قبل از حدوث صاعقه به‌طور طبیعی محتوی الکتریکی اتمسفر به‌طور ناگهانی افزایش می‌یابد. این تغییر وضعیت توسط واحد جرقه زن حس و کنترل می‌شود صاعقه‌گیرهای الکترونیکی انرژی موجود در هوای متلاطم پیش از طوفان را (که حدود چندین هزار ولت بر هر متر است) جذب و در واحدهای جرقه زن ذخیره می‌نماید و در نهایت واحد جرقه‌زن با تخلیه بارالکتریکی خازن‌ها بین الکترودهای فوقانی و الکترود مرکزی‌اش هوای اطراف را یونیزه می‌نماید.

اصول عملکرد صاعقه‌گیر الکترونیکی

آزادسازی کنترل‌شده یون‌ها: واحد جرقه‌زن (TRIGGERING) صاعقه‌گیرهای الکترونیکی شرایطی را ایجاد می‌کند تا چشمه جوشانی از یون (کرونا) در اطراف میله نوک تیز فراهم شود. دقت عمل این واحد باید به گونه‌ای کنترل شده باشد

که آزادسازی یون‌ها را درست چند میکرو ثانیه قبل از حدوث و تخلیه صاعقه صورت دهد.

اثر کرونا و واحد جرقه‌زن

حضور حجم وسیع بارهای الکتریکی در اطراف میله نوک تیز صاعقه‌گیر پس از یونیزاسیون توسط واحد جرقه زن سبب می‌شود تا پدیده طبیعی تجمع بارهای الکترونیکی اطراف میله (Corona effect) تقویت و تشدید شود.

تسریع در بروز علم‌دار حمله زمینی

صاعقه‌گیرهای الکترونیکی طوری طراحی شده‌اند که ارسال علم‌دار حمله زمینی را خیلی زودتر از نقاط هم ارتفاع مشابه همان محدوده به انجام برسانند و این به معنی تشکیل نقطه ترجیهی دریافت صاعقه در منطقه تحت حفاظت با صاعقه‌گیرهای الکترونیکی نسبت به سایر نقاط می‌باشد.

سیستم همبندی

وجود اختلاف پتانسیل بالا بین دو هادی الکتریکی نزدیک به هم باعث به‌وجود آمدن قوس الکتریکی می‌شود که خطر و خسارت ناشی از آن کمتر از صاعقه نیست، به همین دلیل در ایجاد یک سیستم حفاظتی هم پتانسیل‌سازی از ارکان کار بوده و بدین مفهوم است که در یک مکان حفاظت شده بایستی تمامی هادی‌های الکتریکی از قبیل بدنه دستگاه‌ها، سازه‌های فلزی، لوله‌های آب و... هم‌پتانسیل باشند زیرا در غیر این صورت این اختلاف پتانسیل باعث تخلیه شدن رعد و برق از مسیرهای نامناسب خواهد شد که احتمالاً خسارت آن کمتر از اصابت مستقیم صاعقه نیست. برای ایجاد سیستم هم پتانسیل بایستی تمامی اجزای هادی در ساختمان به گونه‌ای به سیستم زمین مشترک متصل گردند.

انواع روش‌های حفاظت

حفاظت خارجی: حفاظت خارجی سایت ارتباطی را در مقابل اصابت مستقیم رعدوبرق محافظت می‌نماید و از سه قسمت ذیل تشکیل گردیده است.

۱ برق‌گیر
۲ هادی میانی
۳ سیستم زمین

که هر کدام از موارد فوق دارای انواع محاسبات عدیده‌ای می‌باشد که به اختصار شرح داده می‌شود.

برق‌گیر

برق‌گیر وسیله‌ای است که در بالاترین نقطه ساختمان نصب گشته و اوّلین نقطه اصابت رعدوبرق می‌باشد به دلیل این که رعدوبرق از کوتاه‌ترین فاصله بین ابر و

زمین تخلیه می‌گردد. البته از نوک برق‌گیر نصب شده به زاویه ۴۵ درجه تا سطح افق را مخروط ایمنی می‌گویند و هر جسمی که در درون مخروط ایمنی قرار گیرد دیگر در معرض اصابت مستقیم صاعقه نخواهد بود و به همین دلیل است که در بعضی موارد برای پوشش کل ساختمان سایت از چندین برق‌گیر به صورت قفس فاراده استفاده می‌گردد و حتی در برخی استانداردها برای حفاظت از کارخانجات پتروشیمی و نفت و... پیشنهاد گردیده که در اطراف ساختمان چهار دکل نصب و هر کدام از آنها به وسیله سیم از سر به هم وصل شوند تا بدین صورت مخروط ایمنی با ضریب اطمینان بالا حاصل گردد. در حالت کلی می‌توان نصب برق‌گیرها را با توپولوژی ساده یا مش (Mesh) نمود. برق‌گیر بر دو نوع است:

۱ **برق‌گیر غیرفعال (پسیو):** برق‌گیر غیرفعال شامل یک میله ساده نوک تیز است که دقیقاً مخروط ایمنی از نوک آن به فاصله ۴۵ درجه می‌باشد و در محاسبات عملی برای بالا رفتن اطمینان این زاویه را ۳۵ یا حتی پایین تر در نظر می‌گیرند.

۲ **برق‌گیر فعال (اکتیو):** برق‌گیر فعال با فناوری مختلف (خازنی، اتمی و...) هوای اطراف خویش را یونیزه می‌نماید و بدین‌وسیله ایمنی بیشتری را ایجاد می‌نماید. این نوع برق‌گیرها با توجه به توان ایمنی ایجادی به کلاس‌های ۱، ۲ و ۳ تقسیم می‌گردند.

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

هادی میانی

ارتباط بین برق‌گیر و سیستم زمین توسط هادی میانی انجام می‌گیرد. با توجه به استانداردها اگر ارتفاع ساختمان از ۲۸ متر بالاتر باشد یا این که طول ساختمان از ۲ برابر ارتفاع بزرگ‌تر باشد بایستی برای اتصال برق‌گیر به سیستم زمین از هادی میانی استفاده نمود. در مورد قطر هادی نیز استاندارد مصارف خانگی برای هادی میانی سیم ۵۰ مسی و برای مصارف صنعتی سیم‌های ۷۵، ۹۰، ۱۲۰ و... بسته به مؤلفه محتویات ساختمان می‌توان استفاده نمود.

یک نکته ضروری در مورد هادی میانی تخلیه جانبی است اگر هنگام نصب اتصالات هادی میانی به اندازه کافی دقت نگردد، امکان ایجاد اتصال کوتاه و تخلیه انرژی از مسیرهای نامناسب وجود دارد که خطر این مسئله می‌تواند بیشتر از خطر اصابت صاعقه باشد.

برای نصب هادی میانی از بست‌های مخصوصی استفاده می‌گردد که معمولاً از جنس مس یا استیل هستند و همچنین منطبق بر استاندارد اروپا فاصله هادی میانی از دیوار بایستی کمتر از یک دهم متر باشد.

سیستم زمین

یکی از مهم‌ترین قسمت‌های سیستم ارتینگ سیستم زمین آن می‌باشد به طوری که بعضی سیستم ارت را در این قسمت خلاصه می‌کنند.
با اصابت رعدوبرق به برق‌گیر انرژی آن به برق‌گیر منتقل می‌گردد و سیستم هادی میانی وظیفه دارد بدون تخلیه از مسیرهای نادرست از یک مسیر مناسب که در طراحی مدنظر بوده آن را به سیستم زمین منتقل گرداند و کار سیستم ارت به تزریق انرژی رعد و برق به زمین منتهی می‌شود.
با توجه به توضیح بالا معلوم می‌گردد که قسمت زمین سیستم ارت بایستی به نحوی تخلیه انرژی به زمین را در اسرع وقت انجام نماید و می‌دانید زمین مبدأ توان است و دارای مقاومت صفر، ولی به علت وجود لایه‌های پوسته زمین، در سطح زمین مقاومت آن دقیقاً صفر نیست و ما با ایجاد سیستم زمین مقاومت زمین را به صفر نزدیک می‌نماییم تا قابلیت جذب انرژی رعدوبرق را داشته باشد. پس مهم‌ترین مؤلفه یک سیستم زمین مقدار مقاومت آن است که هر چه پایین‌تر باشد بهتر است. برای سیستم‌های قدرت، مقاومت ارت زیر ۱۰ اهم قابل قبول می‌باشد ولی برای سیستم‌های حساس از قبیل سیستم‌های مخابراتی معمولاً مقاومت زیر ۳ اهم مدنظر است که در موارد خاص با توجه به پیشنهاد سازنده دستگاه این مقدار تغییر می‌یابد.
سیستم زمین به انواع مختلفی از قبیل سیستم چاه، سیستم حلقه و سیستم میله‌ای ارت تقسیم‌بندی می‌شود و با توجه به نوع خاکی که می‌خواهیم سیستم زمین ایجاد نماییم انتخاب می‌گردد. مثلاً در جاده‌های سنگلاخی، میله‌های ارت که به صورت شبکه‌ای در زمین فرو می‌روند برای ایجاد و گسترش سیستم زمین بهترین گزینه است.

ارزیابی ریسک صاعقه

شبکه‌بندی به صورت مش یا قفسه‌ای MESHED CAGES: در این روش حداکثر عرض مش‌ها نباید از ۱۵ متر تجاوز کند. نصب سیستم برق‌گیر بر اساس موارد زیر است:
الف) نصب یک چند ضلعی (معمولاً ۴ ضلعی) در پیرامون سقف ساختمان (محیط سقف)
ب) اضافه نمودن هادی‌های متقاطع به شبکهٔ اوّلیه جهت اضافه شدن مش‌بندی
ج) عبور الزامی هادی از هر برآمدگی در سقف. یعنی از هر قسمت که ارتفاع مجزا از سقف دارد، سیستم شبکه به صورت کامل انجام پذیرد و سپس به شبکهٔ اصلی متصل شود.
د) شاخک‌های عمودی (Air Terminal) باید در مرتفع‌ترین و آسیب‌پذیرترین

نقاط و گوشه‌ها و نزدیک تجهیزات جانبی نصب گردند.
ترتیب و فواصل: فاصلهٔ ۲ ترمینال (شاخک) ۳۰ سانتی متری از ۱۰ متر بیش‌تر نباشد.
فاصلهٔ ۲ ترمینال (شاخک) ۵۰ سانتی متری از ۱۵ متر بیش تر نباشد.
شاخک (strike air terminal) خارج از چند ضلعی قرار نگرفته و در داخل چندضلعی باشد.

هادی‌های پایین‌رو

جهت هر میلهٔ برق‌گیر ساده یا ESE نیاز به یک کنتور (شمارندهٔ تعداد صاعقه) وجود دارد. همچنین جهت هر ۴ هادی پایین‌رو حداقل یک شمارنده نیاز است. شمارنده معمولاً در ارتفاع ۲ متری بالای سطح زمین و در انتهای هادی پایین‌رو نصب می‌شود.

حالت‌های خاص

وقتی برق‌گیر (چه از نوع برق‌گیر ساده و چه از نوع ESE) در یک ساختمان نصب می‌گردد، به ازای هر میله حداقل یک هادی پایین‌رو نیاز است. اما در دو حالت نیاز به هادی پایین‌رو جهت هر میله است:
الف) نصف عرض ساختمان بیش از ارتفاع ساختمان باشد. B>A دو هادی پایین‌رو (منظور از نصف عرض ساختمان فاصلهٔ لبهٔ ساختمان تا میلهٔ برق‌گیر است).
ب) ارتفاع ساختمان معمولی بیش از ۲۸ متر و یا در دودکش‌ها یا ساختمان‌های صنعتی بیش از ۴۰ متر باشد.

هادی‌های ساده (برق گیرهای ساده SRL): در این‌گونه سیستم‌ها به ازای هر برق‌گیر (میله)، حداقل یک هادی پایین‌رو نیاز است. در صورتی که ارتفاع ساختمان بیش از ۳۵ متر باشد، حداقل ۲ هادی پایین‌رو جهت هر میلهٔ برق‌گیر نیاز است. این دو هادی به دو دیوار مختلف نصب می‌گردند. همچنین در ساختمان‌های مهم و پر رفت و آمد نیز برای میلهٔ برق‌گیر ۲ هادی پایین‌رو نیاز است.

هادی‌های برق‌گیر (صاعقه‌گیر) SRC و ESE: قاعدهٔ کلی در برق‌گیرها آن است که بالاترین نقطهٔ هر هادی یا برق‌گیر شاخکی بیشترین احتمال اصابت صاعقه را دارد. بر طبق سفارش استاندارد، سر برق‌گیر باید حداقل ۲ متر از تمام نقاط ساختمان (پشت‌بام، تجهیزات فلزی و جانبی) بلندتر باشد. در این حالت بهتر است برق‌گیر در بالاترین نقطهٔ ساختمان نصب گردد. همچنین محل صاعقه‌گیر با توجه به تجهیزات جانبی و فواصل مجاز از بدنه‌های فلزی انتخاب می‌شود.
جهت افزایش طول صاعقه‌گیر، استفاده از میلهٔ واسطه با جنس مخصوص لازم است. طول این میله با توجه به شرکت‌های سازنده متفاوت می‌باشد. این میله‌ها از جنس فولاد ضدزنگ هستند.
در ساختمان‌هایی که بیش از یک صاعقه‌گیر میله‌ای (ESE یا SRC) در پشت‌بام

آنها نصب شده باشد و در صورتی که مانع بیش از ۱/۵ ارتفاع بین آنها نباشد، باید تمامی صاعقه‌گیرها به یکدیگر متصل شوند. در صورتی که بین هر کدام از آنها مانع بلندتر از ۱/۵ متر باشد، نباید به یکدیگر متصل گردند.
در انتخاب هادی‌های مربوط به صاعقه‌گیر، چه هادی شبکه‌بندی و یا پایین‌رو، استفاده از سطح مقطع کمتر از ۳×۳۰ میلی‌متر و استفاده از هادی‌های گوشه‌دار و نوک‌دار ممنوع است.

آنتن‌های تلویزیون و رادیو

با موافقت کاربر آنتن‌ها، می‌توان تمامی تجهیزات صاعقه‌گیر را بر روی میلهٔ آنتن تلویزیون یا دریافت‌کننده‌های دیگر نصب نمود. در این حالت لازم است موارد زیر رعایت گردد:
الف) سر برق‌گیر حداقل ۲ متر از بلندترین نقطهٔ آنتن بلندتر باشد.
ب) کابل کواکسیال آنتن به صورت مستقیم از کنار هادی برق‌گیر به طرف پایین رفته باشد و به آن هادی محکم شده باشد.
ج) نیاز به اتصالات مشترک مرسوم به guging ندارد.
د) هادی پایین‌رو به میله با کلمپ ثابت شده باشد.
این روش باعث کاهش هزینهٔ نصب صاعقه‌گیر نیز می‌شود.

اتصالات

هادی‌های متصل به برق‌گیر حداقل قطر ۶ تا ۸ میلی‌متر داشته باشند. در محل‌هایی که نیاز به شمش مسی است، قطر آن از ۳۰×۳۰ کمتر نباشد؛ مانند اتصال به کلمپ‌ها و کانترها.

کوپلینگ تست

هر هادی پایین‌رو باید به یک کوپلینگ تست وصل گردد تا در هنگام تست، مقاومت زمین و یا تست جریان و مقاومت برق‌گیر، از جا برداشته شود. قسمت تست (کوپلینگ تست) در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین نصب می‌گردد و قابل بازرسی چشمی است. در ضمن بر روی آن کلمات مربوط به اسم تجهیز و شمارهٔ آن نوشته می‌شود.

هادی‌های حفاظتی

این هادی‌ها بین کوپلینگ تست و قسمت زمین (هادی‌ها و الکترود زمین) نصب می‌گردد و ۲ متر طول عمودی و مقداری نیز طول افقی دارد و از جنس مس (هم‌جنس با دو هادی سر و ته) و یا همان قطراست. در نصب آن از پیچ و مهرهٔ هم‌جنس استفاده می‌شود تا خوردگی به وجود نیاید. قسمت عمودی آن با سه اتصال به دیوار محکم می‌شود. اتصالات (کلمپ ها) از جنس خود شمش یعنی مسی است.

همبندی اتصالات Equipotential Bonding

در هنگام صاعقه، عبور جریان شدید از هادی‌های برق‌گیر، ایجاد اختلاف پتانسیل شدید

بین نقاط صاعقه‌گیر و شبکه‌های مجاور شامل لوله‌های گاز، آب، سازهٔ فلزی ساختمان، تجهیزات سرمایشی و گرمایشی می‌نماید. این اختلاف ولتاژ گاهی‌اوقات به خاطر ارت شدن این تجهیزات و عدم هم پتانسیل شدن با صاعقه‌گیر است و باعث ایجاد جرقه (تخلیهٔ سطحی) می‌گردد. جهت جلوگیری از این معضل دو روش وجود دارد:

الف) برقراری یک اتصال دائمی بین شبکهٔ برق‌گیر و شبکهٔ فلزی ساختمان (هادی‌های ساختمان)

ب) ایجاد یک فاصلهٔ ایمن بین هادی‌های صاعقه‌گیر و تمامی تجهیزات در معرض تخلیه

فاصلهٔ ایمن فاصله‌ای است که در صورت ایجاد صاعقه در شبکه‌های برق‌گیر، بین این شبکه و هادی‌های موجود در ساختمان که نزدیک شبکهٔ برق‌گیر هستند، هیچ‌گونه تخلیهٔ الکتریکی به وجود نیاید.

این مهم با افزایش قدرت عایقی تجهیزات و تغییر مسیر هادی‌ها در هنگام نصب ممکن می‌گردد که البته روش هزینه بر و پرکاری است. بنابراین از روش هم‌پتانسیل کردن بیشتر استقبال می‌گردد. روش ایجاد فاصلهٔ ایمنی فقط در مواردی مانند لوله گاز، منابع نفت و گاز و... کاربرد دارد که تجهیزات به سبب احتمال انفجار، ترکیدگی و ریسک خطر بالا، قادر به همبندی نباشند.

سیستم حفاظت داخلی: حفاظت داخلی سایت ارتباطی را در مقابل عوامل مختلفی از قبیل نوسانات ولتاژ (Over Voltage) و القائات ناشی از اصابت غیرمستقیم رعدوبرق (که به شعاع یک کیلومتر از محل اصابت این القائات وجود دارند) محافظت می‌نماید.

ارسترها تجهیزاتی هستند که کار حفاظت از سیستم‌های مخابرات و الکترونیک، در برابر نوسانات ناشی از رعدوبرق را بر عهده دارند البته نقش ضربه‌گیرهای ولتاژ را نباید از قلم انداخت.

سیستم حفاظت خارجی مخصوصاً در قسمت انتهای آن قدرت آنی تخلیه انرژی زیاد ایجاد شده از اصابت مستقیم را ندارد و گفته می‌شود در لحظه اوّل تنها ۵۰ درصد انرژی تخلیه می‌گردد و با توجه به هم پتانسیل بودن ساختمان امکان برگشت انرژی به داخل سایت و مورد حمله قرار دادن آن موجود می‌باشد، با نصب ضربه‌گیرها این امکان از بین خواهد رفت.

ضربه‌گیرها در کلاس‌های حفاظتی مختلف یک، دو، سه و به صورت یک پل، دو پل تا چهار پل موجود است که در محاسبه نصب آنها جریان گذرنده در محل نصب و مکان نصب مهم می‌باشد به طور مثال اگر می‌خواهیم ضربه‌گیر را در ورودی اصلی برق ساختمان قرار دهیم بهتر است از ضربه‌گیرهای کلاس یک استفاده نمود.

ارسترهای مختلفی برای محافظت از خطوط تلفن، خطوط آنتن، شبکه‌های رایانه‌ای و شبکه‌های رادیویی فرکانس بالا موجود است که می‌توان بسته به پورت‌های ورودی و خروجی و تعیین اهمیت حفاظت نسبت به تهیه آنها در رنج‌ها

و کلاس‌های مختلف اقدام نمود.

تراز حفاظت صاعقه: در استاندارد IEC۶۲۳۰۵ـ۱ چهار تراز حفاظتی از I تا IV تعریف شده است. به ازای هر تراز حفاظتی میزان کمینه و بیشینه جریان صاعقه تعیین شده است.

مقدار بیشینه پارامترهای جریان صاعقه برای ترازهای حفاظتی چهارگانه مطابق جدول شماره ۳ داده شده است که این پارامترها برای طراحی اجزای سیستم صاعقه از جمله سطح مقطع و ضخامت هادی پایانه هوایی و هادی نزولی، قابلیت عبور جریان از برق‌گیر حفاظتی، انتخاب جداسازی مناسب برای جلوگیری از جرقه و مطالعات شبیه‌سازی جریان صاعقه استفاده می‌شود.

جدول شماره ۳ـ مقدار بیشینه جریان صاعقه متناظر با تراز حفاظت صاعقه

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

مقدار کمینه جریان صاعقه برای ترازهای چهارگانه حفاظتی به منظور مشخص کردن شعاع گوی غلتان و نیز به منظور تعریف زون‌های حفاظتی صاعقه استفاده می‌شود. این مقادیر برای جانمایی پایانه هوایی قابل استفاده هستند.

جدول شماره ۴ـ مقدارکمینه جریان و شعاع گوی غلتان مربوطه، صاعقه متناظر با تراز حفاظت صاعقه.

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

زون‌های حفاظت صاعقه

تمهیدات حفاظتی از جمله سیستم حفاظت صاعقه، شیلد کابل‌ها و برق‌گیرهای حفاظتی تعیین‌کننده زون‌های حفاظتی صاعقه هستند.

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

LPZ_{0A}:

زونی که در معرض برخورد مستقیم صاعقه با حداکثر جریان و میدان مغناطیسی می‌باشد.

$LPZ\,0_B$:

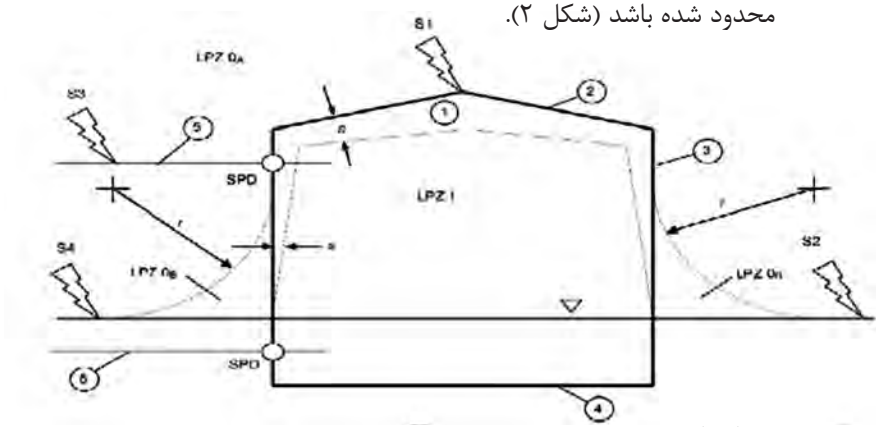
زونی که در معرض برخورد مستقیم صاعقه حفاظت شده است ولی بخشی از جریان صاعقه و تمامی میدان مغناطیسی صاعقه ممکن است به این زون وارد شود.

$LPZ\,1$:

زونی که در آن اضافه جریان صاعقه به کمک تقسیم جریان و استفاده از واسطه‌های ایزوله و یا استفاده از برق‌گیرهای حفاظتی در مرز این زون محدود شده است.

$LPZ\,2, \ldots, n$:

زونی که در آن اضافه جریان صاعقه به کمک تقسیم جریان و استفاده از واسطه‌های ایزوله‌کننده با استفاده از برق‌گیرهای حفاظتی در مرز این زون، بیشتر از قبل محدود شده باشد (شکل ۲).



۱ـ ساختمان
۲ـ سیستم پایانه هوایی
۳ـ سیستم هادی، نزولی
۴ـ سیستم پایانه زمین
۵ـ خطوط ورودی

S۱ اصابت صاعقه به ساختمان
S۲ اصابت صاعقه به مجاورت ساختمان
S۳ اصابت صاعقه به خطوط متصل به ساختمان
S۴ اصابت صاعقه به مجاورت خطوط متصل به ساختمان
r شعاع گوی غلتان
s فاصله جداسازی در برابر وقوع جرقه‌ای خطرناک

سطح زمین

همبندی به منظور هم‌پتانسیل‌سازی به‌وسیله SPD

LPZ 0A اصابت مستقیم صاعقه، جریان صاعقه کامل
LPZ 0B عدم اصابت مستقیم صاعقه، جریان صاعقه جزئی یا المایی
LPZ 1 عدم اصابت مستقیم صاعقه، جریان صاعقه یا المایی

فضای حفاظت شده داخل LPZ ۱ باید فاصله جداسازی s رعایت کند.

شکل ۲ـ زون‌بندی

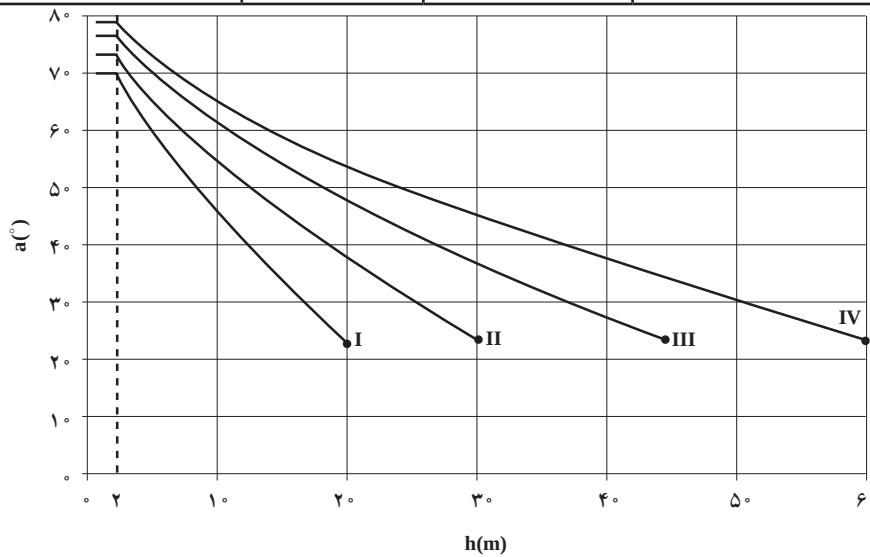
جانمایی پایانه هوایی

اجزای پایانه هوایی که برروی یک ساختمان نصب شده است می‌بایست در گوشه‌ها، نقاط در معرض برخورد و لبه‌ها مطابق با تعدادی از روش‌های صفحهٔ بعد قرار بگیرد. روش‌های قابل قبول که برای تعیین جانمایی سیستم پایانه هوایی قابل استفاده‌اند، شامل موارد صفحهٔ بعد می‌باشد:

روش زاویه حفاظتی ، روش گوی غلتان ، روش مش
مقادیر برای شعاع گوی غلتان، اندازه مش و زاویه حفاظتی برای هریک از کلاس‌های سیستم حفاظت صاعقه در جدول ۵ و ۶ داده شده است.

جدول۵ــ مقادیر بیشینه شعاع گوی غلتان، اندازه مش و زاویه حفاظتی متناظر با کلاس سیستم حفاظت صاعقه

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



یادآوری ۱: استفاده از روش زاویه حفاظتی برای مقادیر بیش از نقاط نشان داده شده با * کاربرد ندارد. در این‌گونه موارد تنها روش‌های مش و گوی غلتان قابل اعمال هستند.
یادآوری ۲: h ارتفاع پایانه هوایی از سطح مرجع ناحیه تحت حفاظت می‌باشد.
یادآوری ۳: زاویه حفاظتی برای مقادیر زیر ۲m تغییر نخواهد کرد.

جدول ۶ــ زاویه حفاظتی متناظر سیستم حفاظت صاعقه

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

عوامل مؤثر در طراحی سیستمهای صاعقه‌گیر

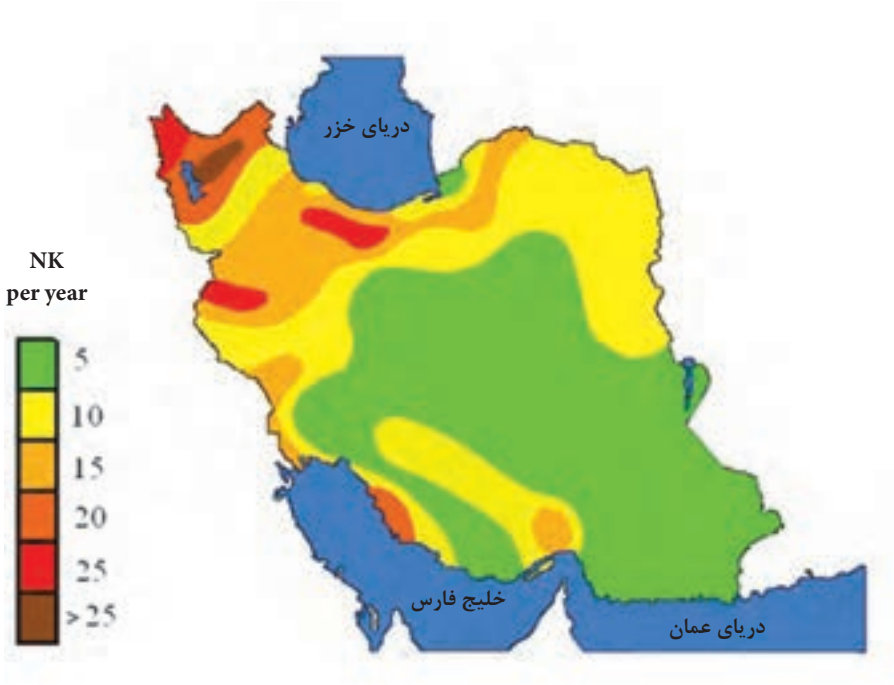
برای طراحی سیستم حفاظت از سایت‌های ارتباطی در مقابل رعد وبرق مؤلفه‌های فراوانی وجود دارد که مواردی در ذیل آمده است :

۱ **موقعیت جغرافیای سایت ارتباطی:** (به وسیله آن احتمال وقوع رعد و برق در آن ناحیه و ضرورت نصب سیستم ارتینگ محاسبه می‌شود (شکل ۳)).

۲ **فاکتور تأثیر سطوح خارجی ساختمان :** شکل و ارتفاع یک ساختمان با کاهش یا افزایش احتمال اصابت صاعقه به آن ساختمان مستقیماً در ارتباط است.

۳ **نوع ساختمان :** آجری یا بتونی بودن ساختمان و اینکه دارای اسکلت فلزی است یا نه؟

۴ **ارزش تجهیزات ارتباطی داخل ساختمان :** بسته به قیمت تجهیزات می‌توان مقدار هزینه مطلوب برای ایمنی آن را برآورد نمود.



شکل ۳ـ منحنی‌های ایزوکرونیک ایران

جداول مربوط به محاسبات ارزیابی خطر صاعقه بر سازه :

مطابق جدول ۷، متوسط تعداد روزهای همراه با صاعقه در شهرهای مختلف کشور ایران قابل دسترسی است.

جدول ۷ـ تعداد روزهای توأم با صاعقه

(متوسط تعداد روزهای رعد و برقی در سال برای شهرهای مختلف کشور)

ردیف	نام شهر	تعداد روزهای رعد و برقی در سال	ردیف	نام شهر	تعداد روزهای رعد و برقی در سال	ردیف	نام شهر	تعداد روزهای رعد و برقی در سال
۱	آبادان	۱۳	۳۲	تهران	۱۵	۶۳	فسا	۷
۲	آباده	۷	۳۳	جاسک	۱	۶۴	فیروزکوه	۹
۳	آبعلی	۲۰	۳۴	جزیره ابوموسی	۷	۶۵	قزوین	۳۱
۴	آستارا	۲۲	۳۵	جزیره کیش	۱۱	۶۶	قم	۵
۵	اراک	۱۲	۳۶	جزیره سیبری	۵	۶۷	قوچان	۱۳
۶	اردبیل	۱۷	۳۷	چابهار	۷	۶۸	کاشمر	۸
۷	اردستان	۴	۳۸	خاش	۱۱	۶۹	کرمان	۶
۸	ارومیه	۲۷	۳۹	خرم‌آباد	۲۴	۷۰	کرمانشاه	۱۶
۹	اسلام‌آباد غرب	۱۹	۴۰	خوی	۳۲	۷۱	گرگان	۲۰
۱۰	اصفهان	۶	۴۱	داراب	۱۳	۷۲	گرمسار	۸
۱۱	اهر	۲۲	۴۲	دزفول	۲۵	۷۳	گلمکان	۷
۱۲	اهواز	۲۲	۴۳	رامسر	۱۶	۷۴	گناباد	۸
۱۳	ایرانشهر	۱۹	۴۴	رامهرمز	۱۲	۷۵	گنبدکاووس	۴
۱۴	ایلام	۲۷	۴۵	رشت	۲۳	۷۶	لار	۱۲
۱۵	بابلسر	۸	۴۶	رفسنجان	۶	۷۷	ماکو	۵
۱۶	بافت	۷	۴۷	زابل	۷	۷۸	مراغه	۱۹
۱۷	بجنورد	۱۹	۴۸	زاهدان	۱۲	۷۹	مریوان	۲۵
۱۸	بروجرد	۱۵	۴۹	زنجان	۲۲	۸۰	مسجدسلیمان	۲۱
۱۹	بم	۱	۵۰	ساوه	۸	۸۱	مشهد	۱۵

۲۰	بندرانزلی	۲۵	۵۱	سبزوار	۱۳	۸۲	ملایر	۱۵
۲۱	بندرعباس	۱۶	۵۲	سراب	۳۵	۸۳	منجیل	۲۲
۲۲	بندرلنگه	۵	۵۳	سرخس	۵	۸۴	مهاباد	۲
۲۳	بندر ماهشهر	۱۷	۵۴	سقز	۱۵	۸۵	میانه	۲۲
۲۴	بهبهان	۱۵	۵۵	سمنان	۱۱	۸۶	میناب	۵
۲۵	بوشهر	۲۵	۵۶	سنندج	۱۸	۸۷	نایین	۲
۲۶	بیجار	۱۶	۵۷	شاهرود	۱۹	۸۸	نهبندان	۷
۲۷	بیرجند	۱۵	۵۸	شوشتر	۱۳	۸۹	نیشابور	۱۵
۲۸	تبریز	۳۴	۵۹	شهرکرد	۱۴	۹۰	همدان	۱۱
۲۹	تربت جام	۹	۶۰	شیراز	۱۷	۹۱	یاسوج	۲۴
۳۰	تربت حیدریه	۱۱	۶۱	طبس	۱۰	۹۲	یزد	۶
۳۱	تکاب	۹	۶۲	فردوس	۷			

ضرایب مورد نیاز در محاسبات مطابق جدول ۸ تا ۱۲ قابل دسترسی است.

جدول ۸ــ ضریب A در مورد کاربری و اهمیت سازه‌ها

نوع سازه	مقدار ضریب A
منازل مسکونی	۰/۳
کارخانه‌ها – کارگاه‌ها- آزمایشگاه‌ها	۰/۴
ساختمان‌های اداری- هتل‌ها ـ مجتمع‌های تجاری مسکونی	۰/۴۵
مکان‌های عمومی مانند سالن‌های ورزشی، کتابخانه و..	۰/۵
مدارس ـ دانشگاه‌ها ـ بیمارستان‌ها	۰/۶

جدول ۹ـ ضریب B بر حسب نوع سازه

نوع سازه	مقدار ضریب B
اسکلت فولادی یا بتون آرمه و سقف فلزی	۰/۱
اسکلت فولادی و سقف غیرفلزی	۰/۱۵
اسکلت بتون آرمه و سقف غیرفلزی	۰/۲
ساختمان مصالح بنایی یا کاهگل و سقف فلزی	۰/۳
ساختمان مصالح بنایی یا کاهگل و سقف غیرفلزی	۰/۳۵
سقف غیرفلزی	۰/۵

جدول ۱۰ـ ضریب C بر حسب اثرات منتجه و اجزای داخل سازه

نوع سازه	مقدار ضریب C
ساختمان‌های تجاری ـ اداری ـ مسکونی	۰/۳
کارخانه‌ها ـ ساختمان‌های صنعتی و کشاورزی دارای مواد قابل اشتعال	۰/۴۵
پمپ بنزین‌ها-تأسیسات گازی ـ ایستگاه‌های رادیویی	۰/۵
ساختمان‌های تاریخی ـ میراث فرهنگی – کتابخانه‌ها و موزه‌ها	۰/۶
مدارس ـ مهدکودک‌ها ـ بیمارستان‌ها ـ آزمایشگاه‌ها	۰/۷

جدول ۱۱ـ ضریب D درجه ایزولاسیون

نوع سازه	مقدار ضریب D
ساختمان در محلی واقع شده است که در اطراف آن ساختمان و یا درختان با ارتفاع برابر یا بلندتر قرار دارند.	۰/۲
سازه در محلی واقع شده است که در اطراف آن ساختمان و یا درختان با ارتفاع کوتاه قرار دارند.	۰/۴
سازه کاملاً ایزوله از سازه‌های مجاور قرار دارد به‌طوری‌که فاصله آنها تا سازه از دو برابر ارتفاع سازه بیشتر است.	۱/۵

جدول ۱۲ــ ضریب E موقعیت سازه

نوع سازه	مقدار ضریب E
مکانهای مسطح با هر ارتفاعی	۰/۳
روی تپه	۱/۱
روی کوه تا ارتفاع ۹۰۰-۳۰۰	۱/۳
روی کوه با ارتفاع بیش از ۹۰۰	۱/۷

مثال:

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

پاسخ:

با توجه به داده‌های مسئله و جداول داریم :

$$Ng = ۰/۰۴(Td)^{۱/۲۵} = ۰/۰۴\ (۱۵)^{۱/۲۵} = ۱/۱۸$$

از جداول همراه هنرجو داریم :

$A=۰/۴۵$ $B=۰/۲$ $C=۰/۳$ $D=۰/۲$ $E=۰/۳$

پس:

$$Ac = ۴۰ \times ۲۵ + ۲ \times ۴۰ \times ۲۱ + ۲ \times ۲۵ \times ۲۱ + ۳/۱۴(۲۱)^{۲} = ۵۱۱۴/۷۴$$

$$P = ۵۱۱۴/۷۴ \times ۱/۱۸ \times ۱۰^{-۶} = ۰/۰۰۶۰۳$$

$$Ko = ۰/۴۵ \times ۰/۲ \times ۰/۳ \times ۰/۲ \times ۰/۳ = ۰/۰۰۱۶۲$$

$$Po = ۰/۰۰۶۰۳ \times ۰/۰۰۱۶۲ = ۰/۰۰۰۰۰۹۷$$

با توجه به اینکه ۰/۰۰۰۰۰۹۷ < ۰/۰۰۰۰۰۱ می‌باشد بنابراین، این مجتمع تجاری نیاز به سیستم حفاظتی در مقابل صاعقه ندارد.