

ماهیت رعد و برق و کلیات تکنیکی حفاظت

November 2010 Issue

صاعقه چیست و چگونه بوجود می آید ؟

صاعقه یکی از اسرار آمیز ترین پدیده های خلقت است که در عین زیبایی ، بسیار مخرب بوده و در طول تاریخ زندگی بشر ،



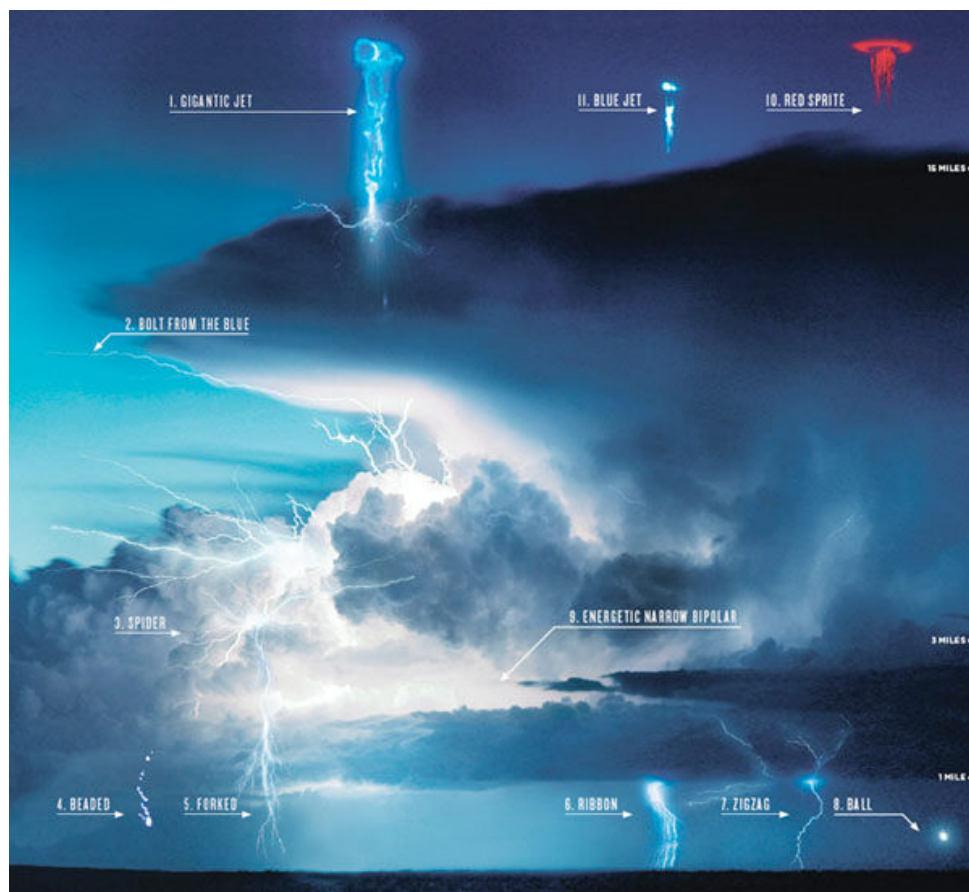
موجب ضرر و زیان مالی و جانی بسیاری شده است . صاعقه از تخلیه الکترواستاتیکی میان ابر و زمین بوجود می آید . در ابرهایی از نوع کومولونیمبوس که گهگاه تا ۱۸ کیلومتر ارتفاع و چندین کیلومتر عرض دارند ، طی مراحل ذرات آب دارای بار منفی و ذرات یخ دارای بار مثبت شده بطوریکه عموماً بارهای منفی در لایه های زیرین و بارهای مثبت در بخشهای فوقانی ابر متمرکز می شوند . در این حالت بارهای مثبت سطح زمین نیز در زیر سایه ابر مجتمع می گردند . به محض اینکه میدانهای الکتریکی گسترش و شدت می یابد ، مناطق بیشتری در روی زمین به تناسب ارتفاعات و شکل ساختمانها ، به محیط خاص الکتریکی (کرونا) تبدیل می شوند . کرونا ، یونیزاسیون هوا در نتیجه شکستن خواص عایقی آن است که بصورت هاله بنفش رنگ در حول هادی نمایان می شود .

با افزایش پتانسیل الکتریکی ابر نسبت به زمین ، یک جریان پیشرو از الکترونها با حرکتی نردبانی شکل از ابر به سوی زمین (downward leader) سرازیر شده و کانال اولیه صاعقه را شکل

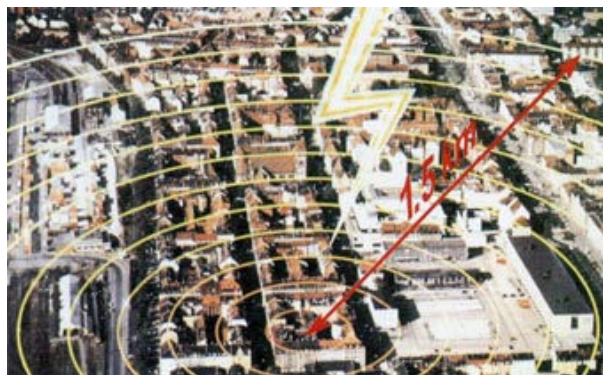
می دهد . هوای اطراف این کانال کاملاً یونیزه است . این پلکان که گاه طول شاخه های آن به ۵۰ متر می رسد ، بار زیادی را در نوک پیکان با خود حمل کرده موجب افزایش شدت میدان الکتریکی جو و شکست مقاومت عایقی هوا می شود .

در این حالت سرعت حرکت کانال نزدیک شونده به زمین بیش از ۳۰۰ کیلومتر در ثانیه می باشد . در این زمان با افزایش شدت میدان الکتریکی در سطح زمین ، یک جریان الکتریکی بالا رونده (upward leader) نیز از زمین بسوی ابر پیش می رود . پس از اصابت این دو پیکان به یکدیگر ، کانال جریان بسته شده و ضربه اصلی صاعقه (return stroke) اتفاق می افتد و بدین ترتیب جهت ختنی شدن بارهای ابر و زمین ، جریان بسیار زیادی در مدت کوتاهی در این کانال برقرار می شود . صاعقه در انواع مختلف اتفاق می افتد که متداول ترین آنها (۹۰٪) از نوع صاعقه منفی نزولی و خطرناکترین آنها نوع مثبت صعودی می باشد .

صاعقه انواع مختلفی دارد که می توان بین ابری ، ابر به زمین و زمین به ابر را برشمرد . اما انواع دیگری از صاعقه نیز وجود دارند که در تصویر زیر مشاهده می کنید .



پس از برخورد صاعقه به زمین یا ساختمان ، وسایل الکترونیکی داخل ساختمان هایی که تا شعاع ۱,۵ کیلومتری از محل برخورد و در محدوده میدان الکترومغناطیسی ایجاد شده قرار دارند ، در معرض خطر خواهند بود . حفاظت موثر این تجهیزات در مقابل ولتاژهای القایی حاصله وقتی امکانپذیر است که کلیه سیستم های حفاظت داخلی همراه با حفاظت خارجی ساختمان توأمأ نصب شده باشند . حفاظت داخلی از صاعقه عبارتست از تهیه وسائلی که به کمک آنها بتوان اثرات اضافه ولتاژهای القایی حاصل از جریانهای صاعقه را ، بر روی تجهیزات داخل ساختمان خنثی کرد .



عواملی که می‌توانند شدیداً تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی را به خطر انداخته یا غیر قابل استفاده کنند عبارتند از :

- اضافه ولتاژهای ناشی از تخلیه های الکترواستاتیک (Electrostatic Discharge)
- اضافه ولتاژهای ناشی از قطع و وصل مدارات جریان (Switching Electromagnetic Pulse)
- اضافه ولتاژهای ناشی از ضربه های مستقیم صاعقه و میدانهای الکترومغناطیسی آن (Lightning Electromagnetic Pulse)

تاریخچه حفاظت در برابر صاعقه :

باورها و اعتقادات :

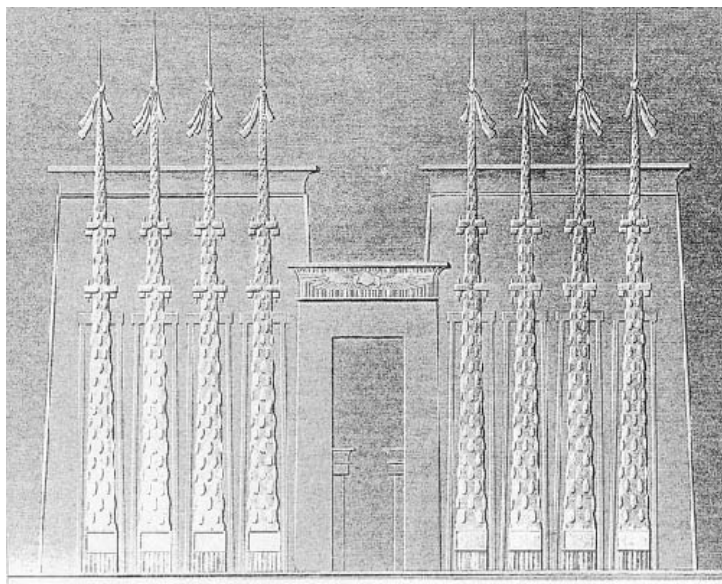


یونانیان باستان به خدای ژئوس اعتقاد داشتند که سلاح صاعقه در اختیار اوست .

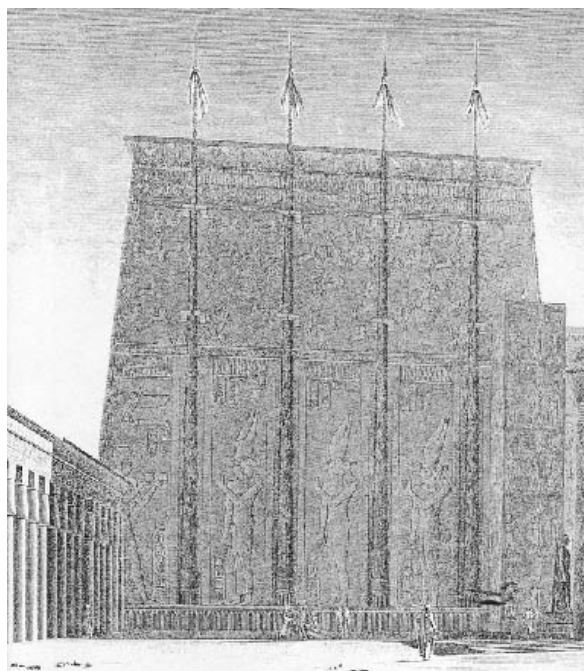
در قرآن (سوره جن) آمده که خداوند متعال برای جلوگیری از دستبرد شیاطین به اسرار آسمانها ، آنها را با صاعقه دور می کند .

وجود برقگیرهایی در مناطق باستانی کرت ، هند ، مصر و فلسطین و توانایی انسان باستانی در انتقال نیروی الکتریکی صاعقه برای روشن کردن محراب معابد و احتمالات درخصوص اینکه آیا فانوس دریایی اسکندریه توسط انرژی الکتریکی روشن بوده است یا خیر بیانگر درک انسان باستانی از انرژی الکتریکی صاعقه و روشهای انتقال و مهار نمودن آن می باشد .

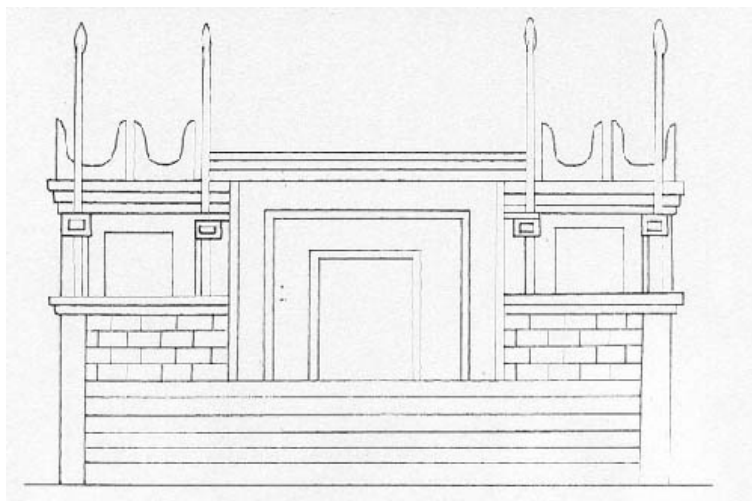
در زیر تصاویری از این مکانها را مشاهده می کنید .



حجاری های ایجاد شده بر روی دیوار های پرستشگاههای مصریان و استفاده از میله های برقگیر باعث حفاظت محل و نشانه قدرت بخشی به پرستشگاه بوده است .

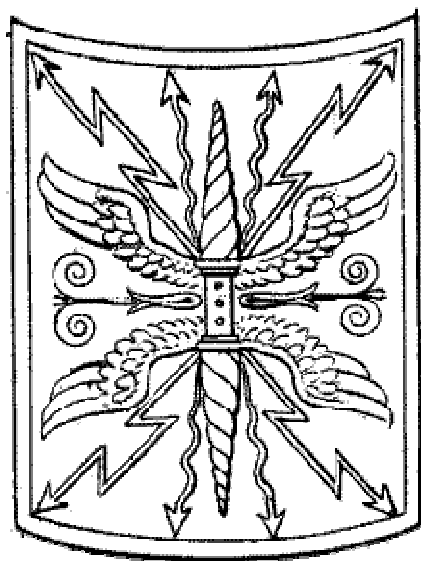


پس از بازسازی محوطه ، جزئیات بدست آمده بیانگر وجود میله های نوک تیز در نما بوده که جهت انتقال انرژی الکتریکی طبیعی به داخل پرستشگاه برای قدرت بخشی به آن ، سه هزار سال قبل از بنجامین فرانکلین مورد استفاده قرار می گرفته است .



در تصویری از کوهستان مقدس تمدن Minoan (مربوط به تمدن باستان عصر مفرغ جزیره کرت) بر فکیر های نوک تیز مشاهده می شوند .

از طرفی در مورد معبد سلیمان در فلسطین اشغالی ، در هیچ جای تاریخ خبری از اصابت صاعقه به آن خبری ثبت نشده است . Josephus تاریخ نگار یهودی (Josephus Flavius) درخصوص علت این پدیده می گوید بر روی گنبد این معبد شاخه هایی از طلا ایجاد شده که توسط اتصالاتی از این فلز با هدایت الکتریکی بالا بهم وصل شده اند . این رشته ها به گوشه های معبد متصل و از آن نقاط به زمین متصل گردیده اند .

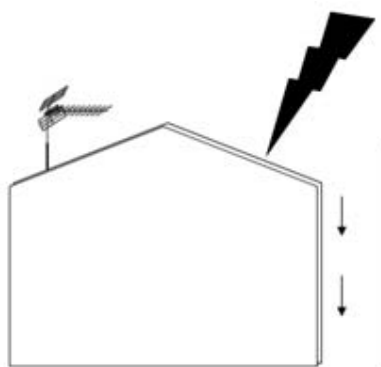


در تصاویر بالا نمادهایی از قدرت صاعقه نقش بسته است . تصویر سمت راست بشقابی باستانی است که در کلمبیا پیدا شده

صاعقه از سه طریق می تواند موجب بروز اضافه ولتاژ در سیستم های الکتریکی شود .

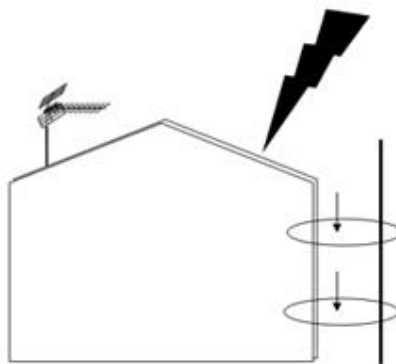
۱ - کوپلاژ مقاومتی

وقتی که صاعقه به ساختمانی ضربه می زند ، جریانی که به زمین تخلیه می شود پتانسیل زمین را در سیستم های برق و دیتا ، تا چند صد کیلو ولت افزایش می دهد . این امر موجب می شود بخشی از جریان صاعقه از طریق هادیهای ورودی- خروجی ، به ساختمانهای دیگر منتقل شود .



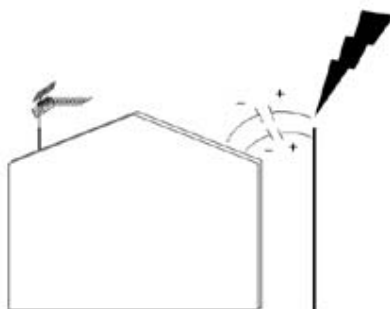
۲ - کوپلاژ سلفی (مغناطیسی)

عبور جریان صاعقه از یک هادی و یا از کانال تخلیه خود ، ایجاد یک میدان شدید مغناطیسی می نماید . وقتی که خطوط میدان ، هادیهای را که تشکیل لوپ داده اند قطع کند ، در آنها ولتاژی معادل چند ده کیلو ولت القاء می شود .



۳ - کوپلاژ خازنی (الکتریکی)

کانال صاعقه در نزدیکی نقطه تخلیه ، یک میدان شدید الکتریکی ایجاد می کند . کابل ها و هادیها ، مانند صفحات خازن و هوا نیز عایق دی الکتریک آنهاست، بدینصورت علیرغم عدم برخورد صاعقه به ساختمان ، کابل ها تحت یک ولتاژ بالا قرار می گیرند .

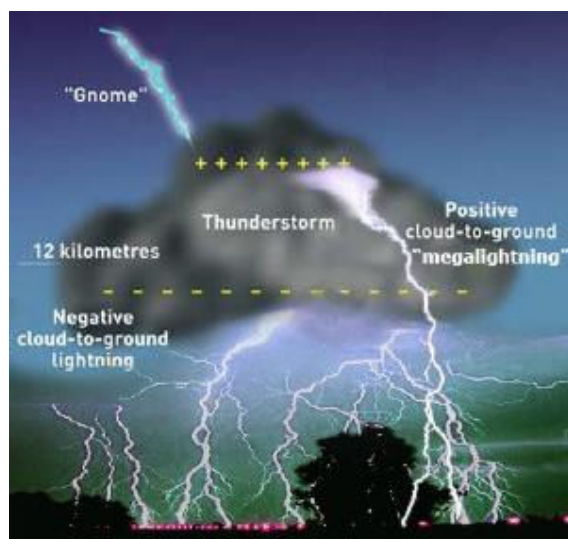


اصول حفاظت از صاعقه :

- حفاظت جلد ساختمان از ضربه های مستقیم صاعقه
- حفاظت داخلی و تجهیزات نصب شده داخل ساختمان در مقابل آثار ثانویه صاعقه

اثرات ناشی از صاعقه :

آمار بدست آمده ، نشان دهنده آن است که تقریباً ۵۰۰۰ توفان همراه با آذرخش بر روی زمین رخ می دهد که این صاعقه ها می توانند برای انسان ، اشیاء و ... خطرناک باشند . صاعقه دارای شدتی برابر ۲۰۰ کیلو آمپر است . فرکانس و شدت صاعقه به مشخصه های محیطی بستگی دارد و با داشتن اطلاعات دقیق در مورد مشخصه های محیطی، می توان بهترین و موثرترین نوع حفاظت را تعیین نمود .



اثرات صاعقه به دو صورت حاصل می گردد . یکی بوسیله اصابت مستقیم و دیگری بصورت اصابت غیر مستقیم . اصابت مستقیم پیامد های خطراکی برای ساختمان ، انسان و حیوان دارد و اصابت غیر مستقیم خسارات اقتصادی سنگینی را به دنبال دارد که معمولاً بوسیله القاء اضافه ولتاژ بر روی هادیهای الکتریکی است .



اثر اصابت صاعقه به زمین چمن



اثر اصابت صاعقه و ایجاد گل صاعقه بر روی پوست بدن کسانی که از صاعقه ، جان سالم بدر برده اند



گروهی در پارک Hicksville مشغول ورزش بودند که با آغاز توفان به زیر درختی پناه بردند . با اصابت صاعقه به درخت پنج نفر زخمی شدند . یکی از آنان گفت جریان الکتریسیته از بدنم عبور کرد و از طریق پاهایم کفشم را ترکاند . دومین نفر ۳۵ درصد بدنش بعلت آتش گرفتن لباس هایش دچار سوختگی درجه سه شد . سومین نفر از اصابت صاعقه چیزی ندیده بود اما زبانش بعلت قفل شدن دندان هایش ، مجروح و دچار خونریزی شده بود .



اصابت صاعقه به صوفی فراست و زنده ماندن او بعثت اینکه دست دوستش را گرفته بود (تقسیم جریان صاعقه) .
مسیر عبور جریان را بر روی لباس او مشاهده می کنید .



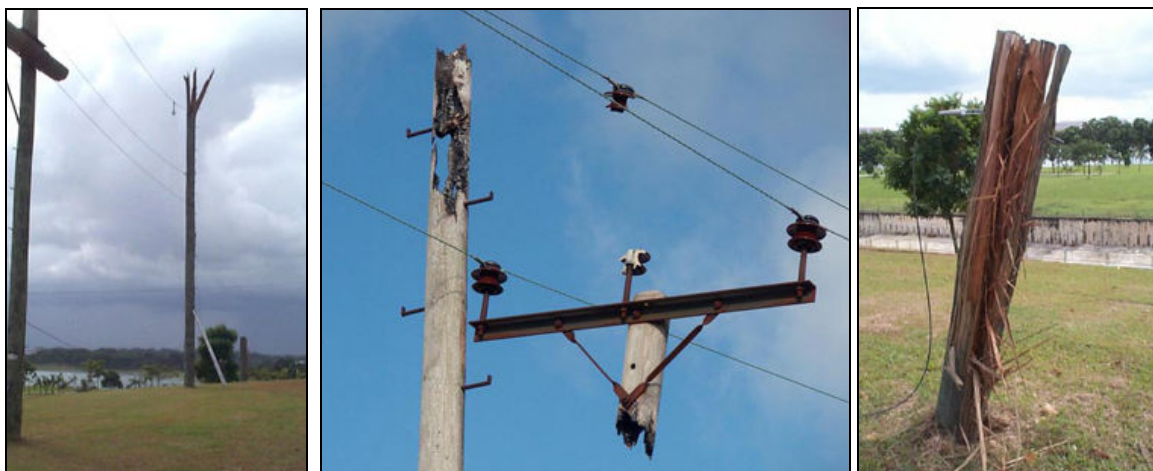
اثر اصابت صاعقه و ایجاد گل صاعقه بر روی پوست بدن احشام



فسیل صاعقه که در اثر اصابت صاعقه در لایه های شنی ایجاد می گردد



نمونه هایی از اصابت صاعقه به درختان



نمونه هایی از اصابت صاعقه به درختان و تیرهای برق



اصابت صاعقه به درختان تزئینی





اصابت صاعقه به احشام

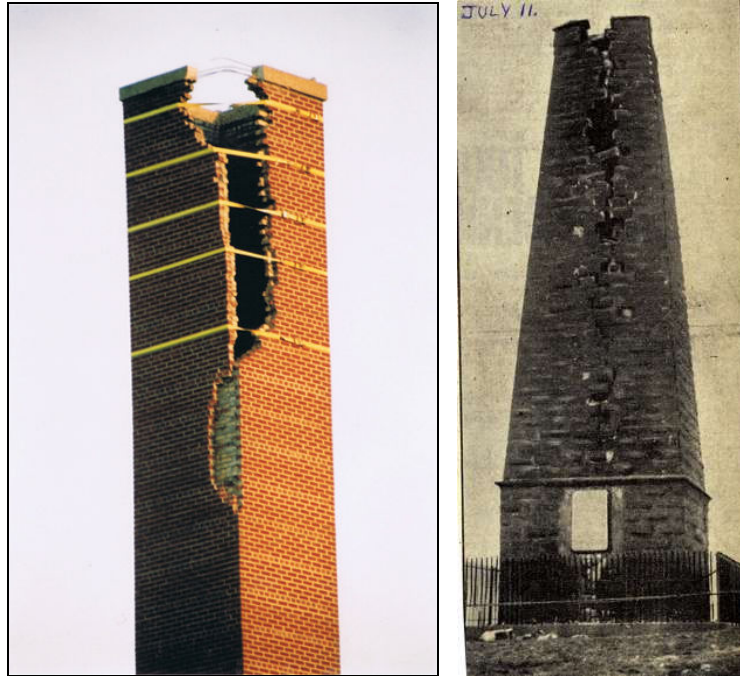


اصابت صاعقه به حیوانات وحشی مثل گوزن های شمالی



در اول سپتامبر ۱۹۳۹، اصابت صاعقه در منطقه ای در شمال غربی ایالت یوتا باعث تلف شدن ۸۳۵ گوسفند شد. بعثت بارش باران و رطوبت خاک، انتقال جریانات الکتریکی صاعقه در مسیر این گله باعث تلف شدن گوسفندان شده بود. صبح روز بعد بیش از ۵۰ گوسفند را زنده اما در حالت گیجی پیدا کردند. چوپان با اینکه داخل چادر حضور داشته اما با اصابت صاعقه دچار بیهوشی موقت شده و از مرگ نجات یافته است. با مشاهده سوختگی های شدید بر روی چادر برزنتی، مشخص می شود که یک مانع نازک باعث شده که او به سرنوشت گوسفندان دچار نشود.





اصابت صاعقه به دیوارها دودکشها و ساختمانها (لزوم حفاظت ابنیه تاریخی)



کلیسای Eastern maudit در انگلستان (تصویر سمت چپ) که قسمتی از سنگ بنا در اثر اصابت صاعقه تخریب شد



مخروط کلیسای ۱۹۵ ساله Medway در ماساچوست آمریکا که در اول جولای ۲۰۰۹ مورد اصابت صاعقه قرار گرفت



اصابت صاعقه و تخریب بخشی از موزه شهر سنت لوئیس



اصابت صاعقه به چراغ دکل و تخریب حباب شیشه ای آن



برخورد مستقیم صاعقه به نوک تیز ساختمان ها





آتش سوزی و تخریب مخازن سوخت در اثر اصابت صاعقه



آتشسوزی در توربین های بادی



آتش سوزی ساختمان در اثر اصابت صاعقه



آسیب دیدگی خط لوله زیر زمینی در اثر اصابت صاعقه



اصابت صاعقه به قسمت فوقانی قلاب ماهیگیری و ذوب آن



اصابت صاعقه به بال و بدنه هواپیما



اصابت صاعقه به آسفالت وسط اتوبان و ایجاد حفره ای عمیق (همیشه بلندترین نقطه مورد اصابت قرار نمی گیرد) .



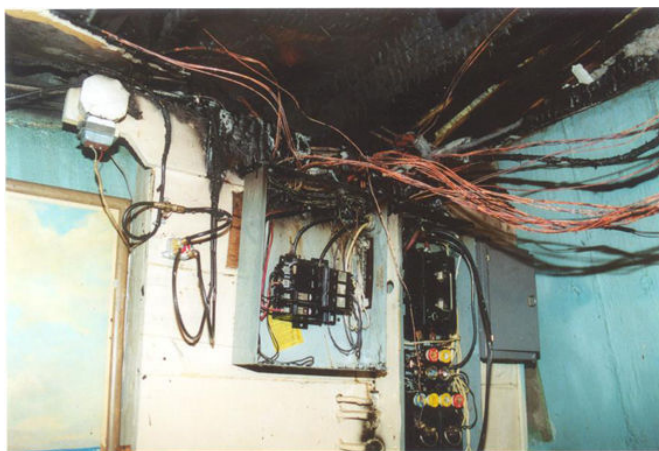
اصابت ساید فلش به پنجره منازل



اصابت به آنتن رادیوی خودرو

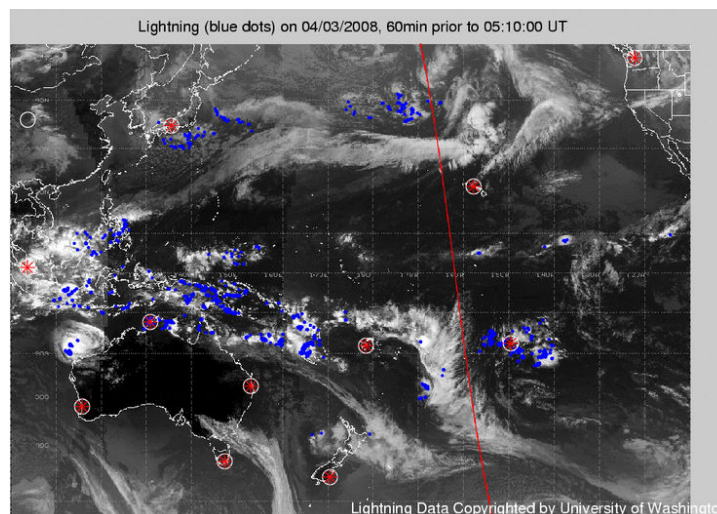


آسیب دیدگی و ترکیدگی بتون فونداسیون ساختمان در اثر اصابت صاعقه (اشکال استفاده از بدنه فلزی ساختمان بعنوان هادی
میانی صاعقه گیر)





آتشسوزی در ساختمانهای مسکونی ، حتی کم ارتفاع



تصویر بالا نقشه متحرک اصابت صاعقه در طی یک ساعت در سطح آمریکا می باشد که در آن هر نقطه آبی مشخص کننده اصابت یک صاعقه است .

رنگهای صاعقه

صاعقه ها که می توانند رنگهای رنگین کمان را شامل شوند که این رنگها حاشیه ای بر رنگ سفید مرکزی هستند . این رنگها معمولاً شامل رنگ های آبی ، زرد و بنفش هستند .
رنگ صاعقه میزان حرارت آنرا تعیین می کند . بنفش خنک ترین و سرخ داغترین رعدوبرق ها هستند .

اما رنگ صاعقه به عوامل محیطی نیز بستگی دارد

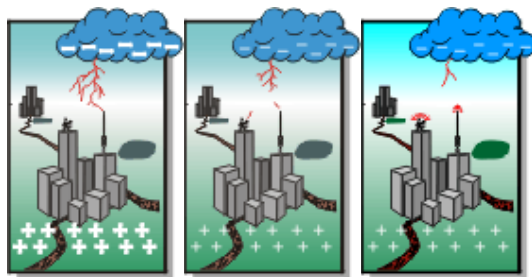
بروز صاعقه **آبی** به معنی شرایط رگبار و تگرگ است .
بروز صاعقه **قرمز** به معنی بارش باران است .
بروز صاعقه **زرد** به معنی وجود گردوغبار زیاد در هوا است .
بروز صاعقه سفید به معنی خشکی و عدم رطوبت هواست و اغلب باعث آتش سوزی در جنگلها می شود .

صاعقه داغ و سرد

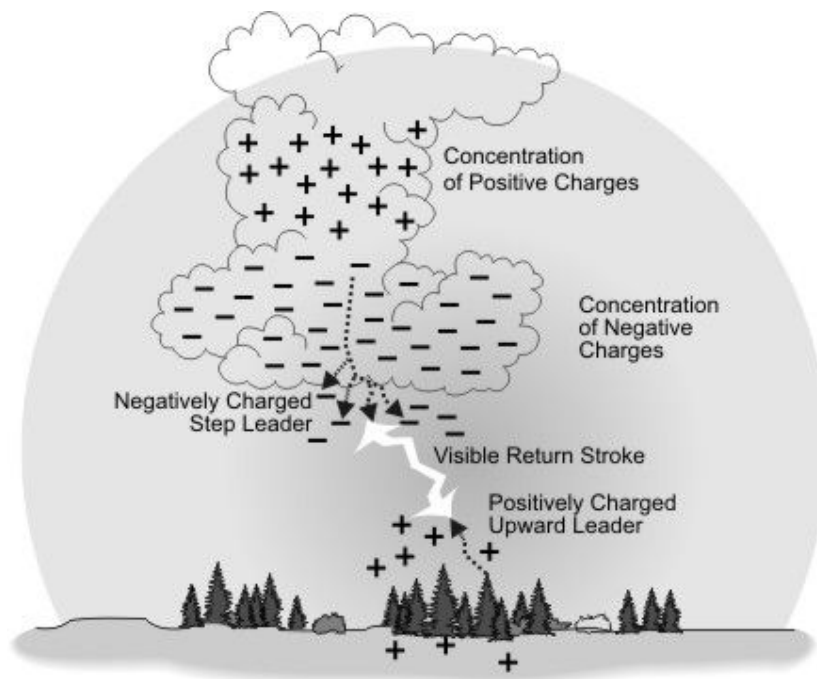
اکثر صاعقه ها در بازه زمانی در حدود چند میلی ثانیه اتفاق می افتند اما گاهی در طی یک یا چند صاعقه پی در پی ، جریان پیوسته ای در حدود ۱۰۰ آمپر تامین می گردد . این نوع از صاعقه ها را اصطلاحاً صاعقه داغ می شناسند که اغلب باعث آتش سوزیهای می گردد . اختلاف حرارت ناشی از صاعقه ها ی گرم و سرد ، از ۸,۳۰۰ تا ۳۳,۰۰۰ درجه سانتیگراد متغیر است . این جریان پیوسته ، سالانه باعث بیش از ۱۰ هزار آتش سوزی در ایالات متحده می گردد .

شرایط جوی ایجاد صاعقه :

تحت شرایط اتمسفریک ، بارهای درون ابر یونیزه شده و از یکدیگر جدا می شوند. بدین صورت که بارهای منفی به سمت پایین ابر حرکت کرده و بارهای مثبت به سمت بالای ابر می روند و یا برعکس و پتانسیل الکتریکی درون بر به حدود میلیون ولت می رسد .



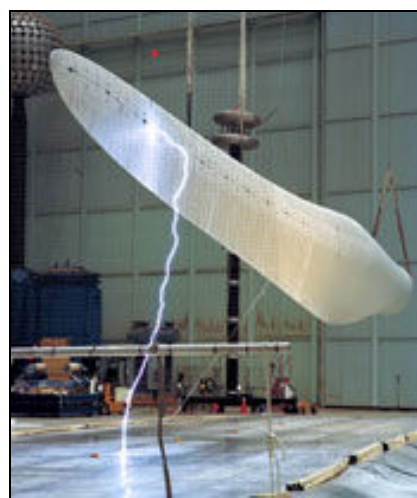
در سطح زمین نیز در یک شرایط مشابه ، این اثر با پلارایته مخالف ایجاد می شود . میدان الکتریکی بین قسمت پایین ابر و سطح زمین بسیار شدید گشته و یک تخلیه الکتریکی ایجاد می گردد که حاصل آن ، جریان رو به پائینی می باشد . وقتی این جریان تخلیه به سطح زمین می رسد ، یک جریان با بارهای مثبت رو به بالا ایجاد می نماید . وقتی این دو جریان با یکدیگر برخورد می کنند ، مدار تخلیه بسته گشته و جریان تخلیه ای بین ۱۰ تا ۲۰۰ کیلو آمپر تولید می شود .



آزمایشگاههای بررسی و اندازه گیری مشخصات صاعقه



در سطح جهان آزمایشگاههای معتبری وجود دارند که با صرف هزینه های هنگفتی تجهیز شده اند و در آنها به بررسی وضعیت حفاظت و امنیت تجهیزات در برابر صاعقه پرداخته می شود . در تصویر فوق با شبیه سازی صاعقه ، برخورد آن به خودرو بررسی می شود . در تصویر پائین سمت راست پروانه توربین بادی مورد بررسی قرار می گیرد .



حفاظت در برابر صاعقه :

برای ایجاد یک حفاظت مناسب ، نیاز به مجهز شدن به دو نوع حفاظت هستیم

۱ - حفاظت خارجی در برابر اصابت مستقیم صاعقه با استفاده از یکی از سه سیستم زیر :

- صاعقه گیر
- سیستم سیم هوایی
- سیستم مش

۲ - حفاظت داخلی در برابر اضافه ولتاژ حاصل از صاعقه در مجاورت یا بر روی هادیهای شبکه الکتریکی می باشد. حفاظت خارجی و داخلی نیازمند یک سیستم مطمئن مناسب جهت تخلیه جریانات صاعقه است .



حفاظت خارجی :

۱ - میله صاعقه گیر (Air Termination System)

صاعقه گیر 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 . جهت نصب باید به این نکات توجه داشت : قرار دادن صاعقه گیر بر روی دکل مربوطه - استفاده از یک یا چند هادی میانی - یک گیره تست برای هر هادی میانی جهت اندازه گیری مقاومت زمین - فاصله هادی میانی از اجسام فلزی باید ۲ متر باشد - سیستم مطمئن جداگانه برای هر هادی میانی - هم پتانسیل سازی چاههای ارت .

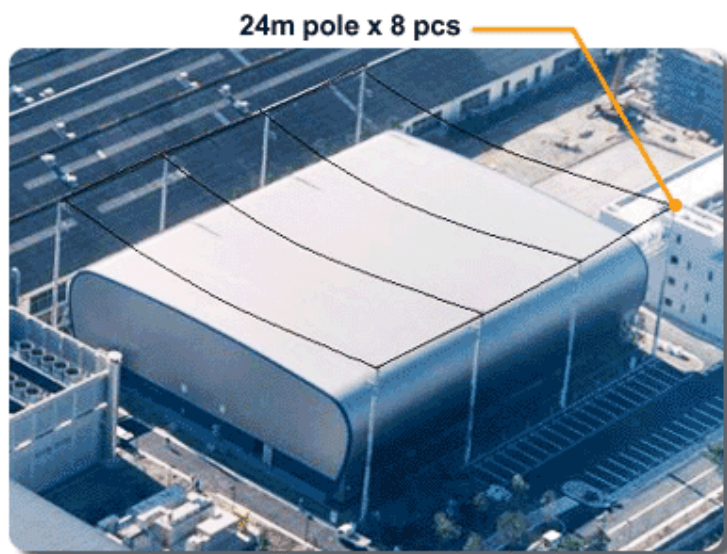


۲ - سیستم ترمینال سیم هوایی (Wire Termination System)

این نوع حفاظت بصورت استفاده از یک یا چند سیم هوایی در بالای ناحیه مورد حفاظت است. این سیم ها از طریق دکل هایی در دو طرف ناحیه مورد نظر قرار گرفته و از همان طریق نیز به زمین متصل میشوند .



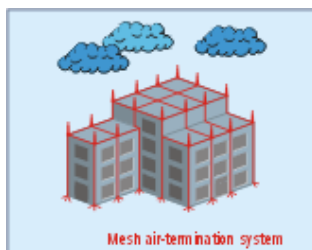
نکات لازم : یک یا چند سیم هادی هوایی - دو دکل جهت مهار کردن سیم - سیستم زمین جداگانه برای هر هادی میانی - هم پتانسیل سازی سیستم های زمین .



۳ - سیستم ترمینال مش (Mesh Air Termination System)

این سیستم شامل چندین میله مهار شده و متصل به یکدیگر است که تمامی این میله ها توسط هادی بهم وصل شده و به زمین نیز متصل می شوند.

نکات لازم : چندین میله مهار شده - یک شبکه متصل شده به میله ها - برای هر میله نیاز به یک هادی میانی است - هر هادی میانی نیاز به یک چاه ارت جداگانه دارد - هم پتانسیل سازی سیستم های زمین .



انواع صاعقه گیر

صاعقه گیر ها از نظر نحوه عملکرد ، به دو نوع اصلی تقسیم می شوند : فعال و غیر فعال

صاعقه گیر های غیر فعال (Passive)

صاعقه گیرهایی که بر اساس شکل و خاصیت فیزیکی متضمن تشدید پدیده هایی مثل اثر میله نوک تیز (Point Effect) می شوند و در این مسیر هیچ عامل تشدید کننده ای غیر از شکل خاص آنها وجود ندارد . مثل میله ساده فرانکلین ، صاعقه گیر های ژوپیتز ، جوجه تیغی و ترمینال سیم هوایی (سیم های معلق) .

صاعقه گیر های فعال (Active)

صاعقه گیر هایی که به واسطه انرژی دریافت شده از منبع خارجی و یا تولید شده بصورت خودکفا ، اثر پدیده هایی مثل Point Effect یا Effect Corona را تشدید می نماید ، تنوع وسیعی دارند . از انواع آنها می توان اتمی - بادی - خورشیدی - برقی - خازنی و ... را نام برد .

وابسته یا خودکفا

از نظر نیاز به انرژی ، صاعقه گیر های فعال به دو گروه تقسیم می شوند . آنهاییکه برای فعال شدن به یک منبع خارجی مثل باتری یا برق شهر محتاج هستند و بدون آن نمی توانند کار کنند و گروهی که انرژی را توسط یک مکانیسم داخلی از محیط اطراف دریافت می نمایند . نوع اول را وابسته و نوع دوم را خودکفا می نامند .

انواع صاعقه گیر های خودکفا

۱ - صاعقه گیر های اتمی



این گروه از صاعقه گیر ها که سابقاً ساخته می شد ، به هیچ وجه انرژی مصرفی را از منبع خارجی تامین نمی کرد و لذا ضمن قدرت یونیزاسیون بالا ، شعاع حفاظتی وسیعی را فراهم می آورد . دلیل حذف این نوع صاعقه گیر از مدار تولید و مصرف به قرار زیر هستند :

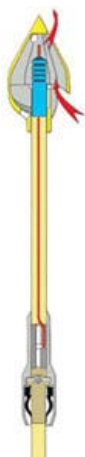


الف - یونیزاسیون هوای اطراف این نوع صاعقه گیر در تمام فصول و مواقع سال رخ می دهد . هیچ وابستگی به شرایط جوی و محیطی ندارد . نیمه عمر طولانی چشمه سزیم تداوم طول عمر دستگاه را سبب می شد اما محیط را در مواقع غیر ضروری با

یونیزاسیون مداوم دچار آلودگی می نمود (تشعشع رادیواکتیو برای موجودات زنده مضر است ، اگرچه هنوز وسعت این مضرات کاملاً مشخص نشده اما اجتناب از آن توصیه شده است) .

ب - چون پدیده یونیزاسیون در این ابزار ارتباط با پیوند صحیح صاعقه گیر با زمین ندارد و عملاً به دلیل منشأ خاص (عنصر رادیواکتیو) انرژی آن از پدیده Point Effect نشأت نمی گیرد (اگر صاعقه گیری با تشدید پدیده Point Effect فعال شود در صورت قطع مسیر هادی میانی و چاه ارت عملاً از کار می افتد و یونیزاسیون صورت نمی گیرد) در صورت قطع مسیر چاه ارت یونیزاسیون ادامه داشته و صاعقه گیر بدون داشتن اتصال مناسب با زمین نقطه برتر دریافت صاعقه باقی می ماند و در صورت دریافت صاعقه ، بعثت نقص در مسیر تخلیه صاعقه گیر متلاشی شده و یا به اطراف جرقه جانبی پرتاب می نماید و موجب آتش سوزی می شود که این هر دو با هدف اولیه نصب صاعقه گیر منافات دارد و لذا همین عوامل سبب حذف آن از چرخه تولید و مصرف شد .

۲ - صاعقه گیر های بادی یا پیزوالکتریک



این نوع صاعقه گیر از یک محفظه خالی با مسیر ورود و خروج دوکی شکل آبرو دینامیک ساخته شده که ورود و خروج هوا از آن طی یک سیکل و مسیر مشخص صورت می پذیرد و سبب ارتعاش یک الکتروود عمودی می شود . الکتروود موصوف به یک سلول پیزوالکتریک متصل است . نوسانات الکتروود سبب ایجاد الکتریسیته ساکن در سلول می شود و این انرژی ذخیره شده بین الکتروود و جداره خارجی صاعقه گیر تخلیه شده و سبب یونیزاسیون هوای اطراف خواهد شد . تکنیک فوق خودکفا اما بسیار حساس و آسیب پذیر است . چراکه ورود یک جسم خارجی و عدم خروج آن به سبب مسیر دوکی شکل خروجی ممکن است باعث انسداد مسیر و از کار افتادن دستگاه شود . ضمن اینکه وزش هر نوع باد (که لزوماً صاعقه ای به دنبال ندارد) باعث شارژ شدن بی مورد دستگاه و کاهش طول عمر سلول پیزوالکتریک و عملکرد ارتعاشی آن می شود .

۳ - صاعقه گیر های خورشیدی

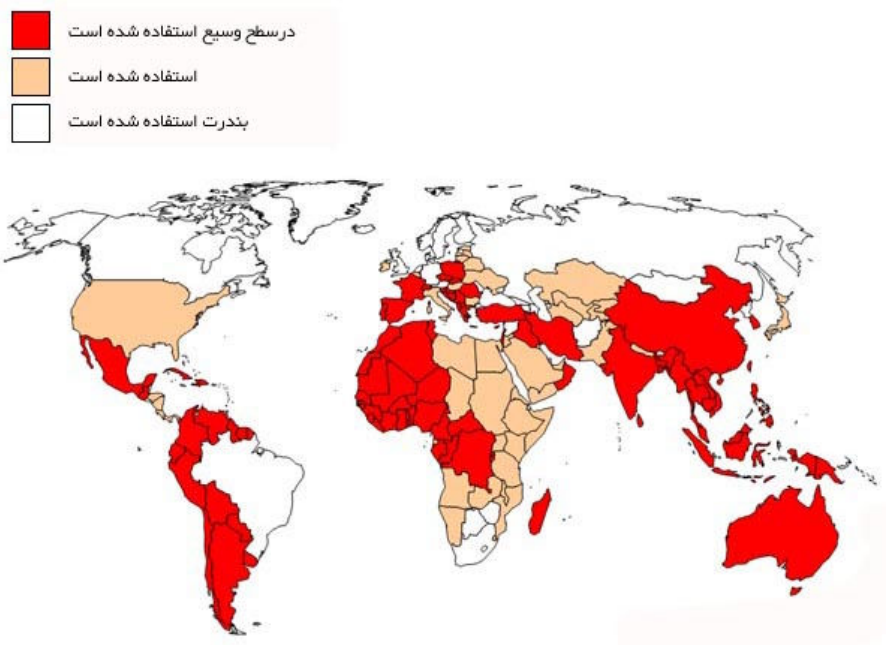


این نوع صاعقه گیر مجهز به باتری و تعدادی سلول خورشیدی دریافت کننده انرژی است که در تابش نور آفتاب سبب شارژ شدن باتری و ذخیره الکتریسیته ساکن در آنهاست . این انرژی بایستی در لحظه مناسب باعث تخلیه و یونیزاسیون هوا شود . صرف نظر از مکانیسم عمل آن ، این نوع صاعقه گیر ها هم بعثت وابستگی شدید به باتری ، فتوسل (طول عمر باتری و زمان محدود ذخیره انرژی) عملاً مکانیسم مناسبی برای تضمین ایمنی نیست چراکه هیچ اطمینانی وجود ندارد که هوای ابری و غیر آفتابی کمتر از ساعات شارژ ماندن باتری طول خواهد کشید و اگر بیشتر باشد ، قطعاً از صاعقه گیر فوق کاری ساخته نیست .

۴ - صاعقه گیرهای الکترونیک خازنی - اتمسفریک

مکانیسم عملکرد این صاعقه گیر بر اساس وجود پتانسیل الکتریکی اتمسفر طراحی شده و در صورتی که شرایط جوی فاقد پتانسیل الکتریکی باشد این صاعقه گیر همانند یک پرگیر ساده است و فعالیتی ندارد. واحد حس کننده این صاعقه گیر وقتی انرژی الکتریکی اتمسفر فراتر از حد معینی (مثلاً ۵ کیلو ولت بر متر) می رود، واحد شارژ را برای جمع آوری انرژی بکار می اندازد. این واحد تا پر شدن خازنهای یک مدار الکترونیکی بکار ادامه می دهد. همین واحد وقتی میزان پتانسیل اتمسفر از حد معینی (نزدیک به وقوع صاعقه مثلاً در حدود ۱۰۰ کیلو ولت بر متر) گذر نماید، واحد شارژ دستور تخلیه خازنها را به الکتروود میانی متصل به زمین می دهد. اینکار باعث یونیزاسیون هوای اطراف صاعقه گیر خواهد شد. اینکار بصورت متوالی تکرار شده و با افزایش پتانسیل اتمسفر شدت می یابد. روش عملکرد این نوع صاعقه گیر بعلت وابستگی مطلق به شرایط جوی صاعقه خیز بهترین کارایی را داراست.

نقشه فراوانی استفاده از صاعقه گیرهای الکترونیک خازنی در سطح جهان



نام اصلی اینگونه صاعقه گیرها (ESE) Early Streamer Emission می باشد. اساس کار اینگونه صاعقه گیرها بدینصورت است که با ایجاد گوی یونیزه شده در اطراف صاعقه گیر، جریانات صاعقه امکان اصابت به محدوده داخلی را نداشته و به جلد خارجی این گوی اصابت می کنند.

زمان فعال سازی یا Time Advanced که با ΔT شناخته می شود عبارتست از زمانی که صاعقه گیر سریعتر از یک برقگیر معمولی عمل می کند . با توجه به اینکه سرعت جریان بالارونده در حدود یک میکروثانیه در متر می باشد ($\Delta L = V \times \Delta T$) لذا پارامتر دیگری به نام ΔL مطرح می گردد که عبارتست از شعاع گوی یونیزه شونده . بر اساس مطالب فوق صاعقه گیری با زمان فعال سازی ۳۰ میکروثانیه ، دارای شعاع گوی یونیزه شونده ۳۰ متری می باشد .

کلاس حفاظتی صاعقه :

کلاس حفاظتی عبارتست از تعیین محدوده ای که در آن احتمال برخورد صاعقه مستقیم ، مطابق با درصد معینی می باشد . بر اساس استاندارد NFC17 102 سه کلاس حفاظتی در نظر گرفته می شود . کلاس یک که بیشترین سطح حفاظتی را دارد ، در آن ۹۸ درصد حفاظت در نظر گرفته می شود و به ترتیب برای کلاس های ۲ و ۳ مقادیر ۹۵ و ۹۰ درصد محاسبه شده است . البته در استاندارد جدید CTE SU 8 ، این ۳ کلاس به چهار کلاس افزایش یافته و برای کلاسهای یک تا چهار به ترتیب ۹۵ ، ۹۰ ، ۸۰ و ۷۰ درصد حفاظت در نظر گرفته می شود . اما کلاس حفاظتی نکته دیگری را نیز بیان می کند و آن توانایی تامین جریان توسط صاعقه است . رابطه جریان صاعقه و شعاع گوی غلتان بر اساس استاندارد NFC17 102 بصورت زیر می باشد .

$$D = 10 \times I^{2/3}$$

بر اساس اندازه گیری های انجام شده ، برای کلاس یک شعاع ۲۰ متر ، کلاس دو شعاع ۳۰ متر ، کلاس سه شعاع ۴۵ متر و برای کلاس چهار شعاع ۶۰ متر در نظر گرفته می شود . در فرمول فوق ضریبی با توجه به شرایط منطقه افزوده می شود که محاسبات بر اساس این ضرایب انجام شده است .

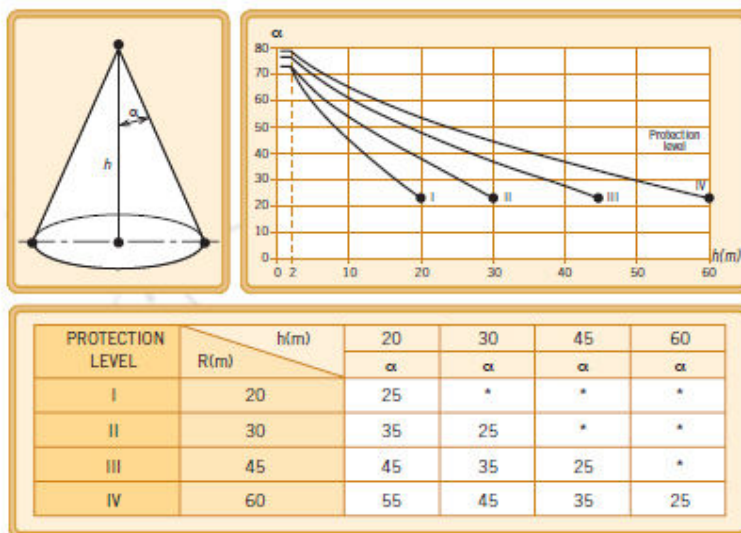
تعیین شعاع حفاظتی به روش پسو :

بر اساس استاندارد IEC62305 برای تعیین شعاع حفاظتی روشهای مختلفی وجود دارد که مشخصات کلاس حفاظتی ، ارتفاع سازه ، نوع برقگیر (اکتیو یا پسو) در تعیین آن در نظر گرفته می شوند .

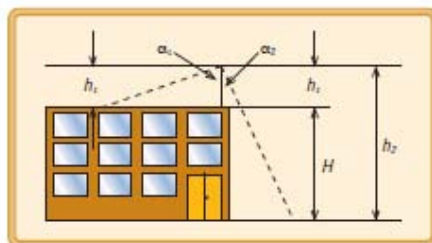
روشهای حفاظت (Protection Methods) عبارتند از :

مخروط فرانکلین یا روش زاویه (Angle Method) :

در این روش محدوده ای مخروطی بر اساس جدول و شکل زیر که زاویه راس آن بستگی به ارتفاع سازه دارد ایجاد می شود که محدوده حفاظتی بحساب می آید . همانطور که مشاهده می کنید این روش برای سازه های مرتفع تر از ۲۰ متر برای کلاس یک پاسخگو نیست .

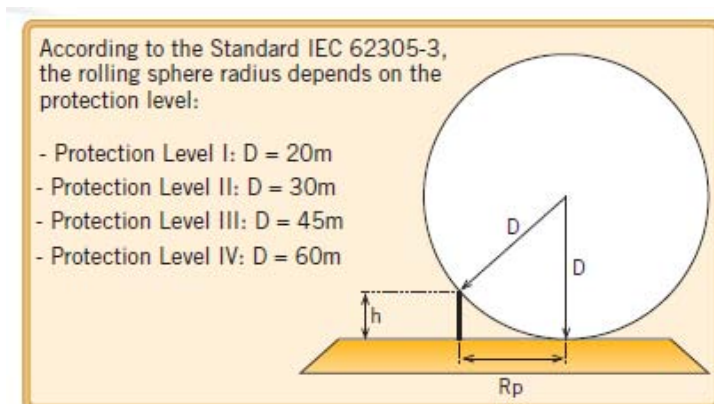


میل‌های برقگیر باید در بلندترین نقاط ساختمان بنحوی قرار گیرند که گوشه‌های ساختمان بکلی محافظت شوند. در این حالت بر اساس ارتفاع نوک برقگیر، شعاع حفاظتی در پای ساختمان را نتیجه می‌دهد.



روش گوی غلتان (Rolling Sphere Method) :

در این روش گوی‌هایی با شعاع‌هایی متناسب با کلاس‌های حفاظتی در نظر گرفته می‌شود (این شعاع D عبارتست از فاصله آخرین استپ از لیدر پائین رونده) که شعاع حفاظتی، محدوده زیر منحنی نقاط تلاقی کره با نوک برقگیر و زمین می‌باشد (احتمال اصابت صاعقه تنها به نقاطی وجود دارد که با کره تلاقی دارند) .

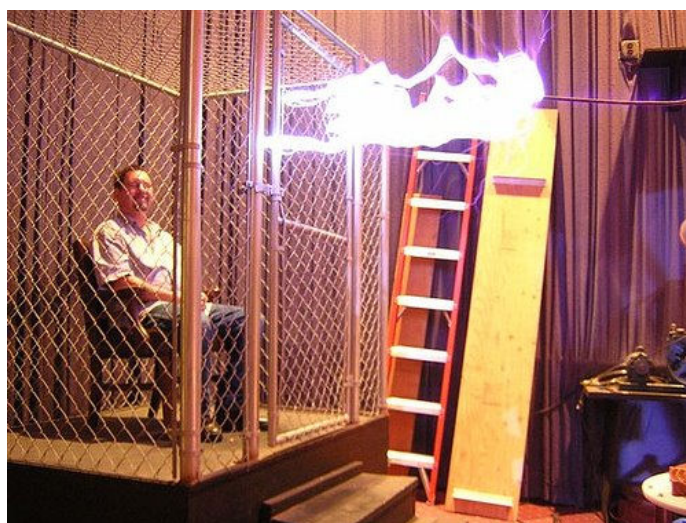


وقتی که برقگیر پسیو نصب شد ، شعاع حفاظتی بر اساس فرمول زیر محاسبه می گردد

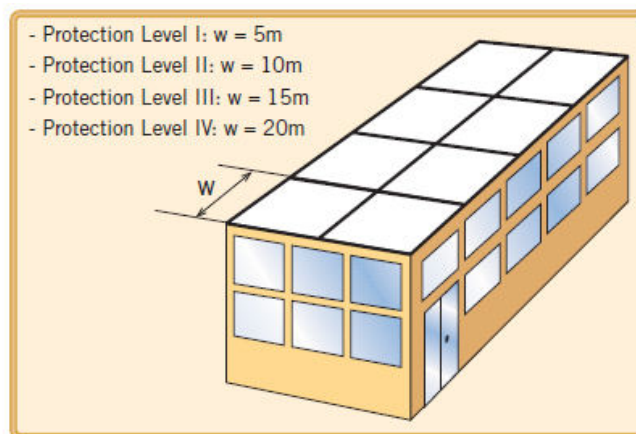
$$R_p = \sqrt{2 \cdot D \cdot h - h^2}$$

روش قفس فارادی (Mesh Method) :

در این روش تسمه های مسی را بصورت متقاطع به نحوی بر روی سطح خارجی ساختمان نصب می کنند که فاصله این تسمه های مسی ، متناظر با اعداد مرتبط با کلاس حفاظتی است . برای ساختمان های مرتفع تر از ۶۰ متر ، برای ۲۰ درصد دیوارهای بخش بالایی ساختمان نیز این روش اجرا میگردد . این روش بر اساس آزمایش فارادی انجام می شود که در آن بیان می شود بیشترین مقدار جریان از سطح هادی عبور می کند .



در شکل بالا صحت آزمایش فارادی که به قفس فارادی معروف است ، تایید می گردد .



همچنین فاصله بین هادی های میانی از جدول زیر بدست می آید .

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

هادی های میانی باید در مسیر عمودی هر نیم متر و در مسیر افقی هر یک متر توسط بست به جداره ساختمان محکم شوند . به منظور 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 (جهت جلوگیری از آسیب دیدگی هادی میانی در اثر انقباض و انبساط ناشی از سرما و گرما) .

به منظور جلوگیری از صدمات مکانیکی به هادی میانی ، حداقل سطح ۲۰ متر پائینی هادی میانی با پوشش فلزی مکعبی پوشانده شود .

بخش جدا شونده ای برای هر هادی میانی در نظر گرفته شود تا بتوان مقاومت هریک از سیستم های ارت را جداگانه اندازه گیری نمود .

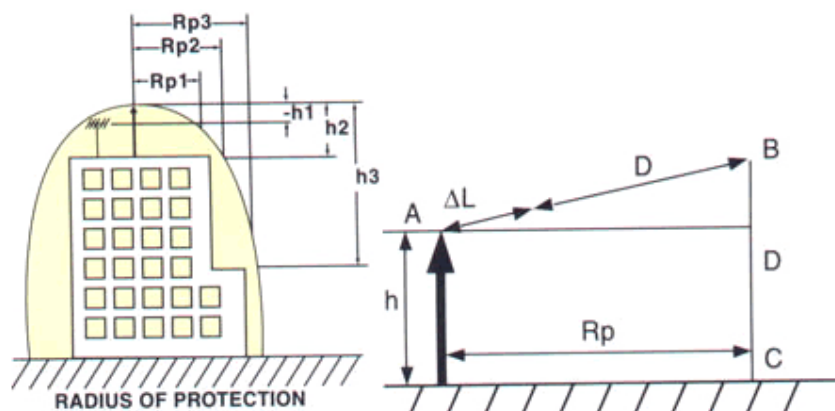
مقاومت کمتر از ۱۰ اهم برای سیستم ارت توصیه می گردد .

بمنظور جلوگیری از خوردگی ، بخش متصل کننده بخشهای غیر همجنس سیستم ارت ، توسط اتصالات بیمتال و یا استیل ضدزنگ متصل شوند .

محاسبه شعاع حفاظتی صاعقه گیرهای اکتیو :

شعاع حفاظتی در صاعقه گیرهای الکترونیکی از رابطه زیر محاسبه می گردد که در آن h عبارت است از ارتفاع محل نصب صاعقه گیر ، D عبارتست از شعاع گوی غلتان که مرتبط با کلاس حفاظتی است و ΔL که عبارتست از شعاع گوی یونیزه شونده .

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



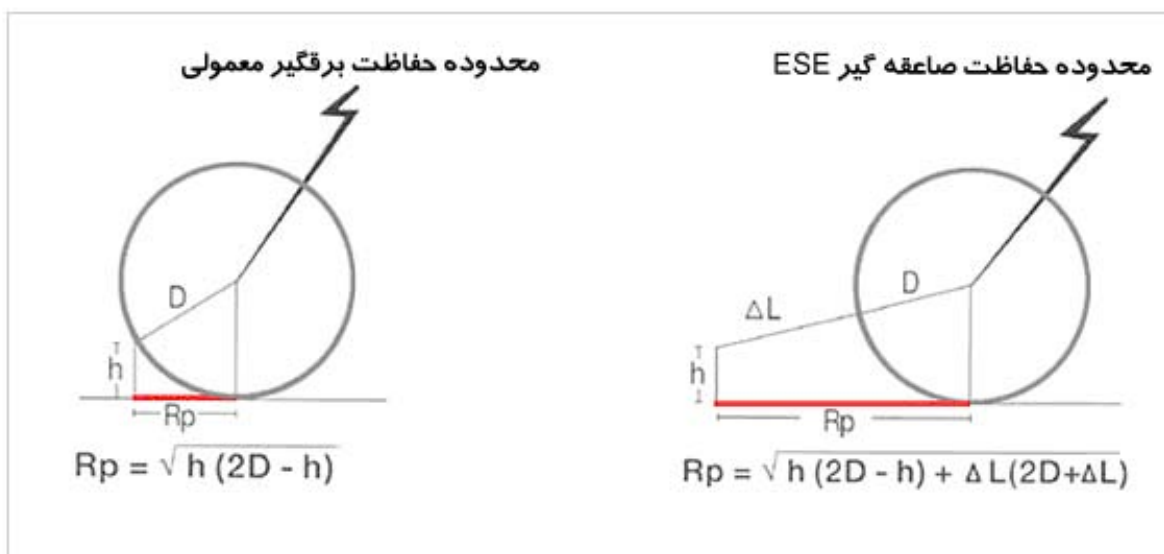
البته معمولاً تولید کنندگان این تجهیزات برای سهولت طراحی ، جداولی را ارائه می کنند که نمونه ای از این جداول را مشاهده می کنید . این جدول مربوط به صاعقه گیر های اسپانیایی مدل DAT CONTROLLER PLUS تولید شرکت اپلیکاسیون تکنولوجیکاس میباشد .

RADI OF PROTECTION IN METERS (Rp)						
		DAT CONTROLLER® PLUS				
		AT1515	AT1530	AT1545	AT1560	
		h(m)	DC+15	DC+30	DC+45	DC+60
LEVEL III	6	52	72	90	107	
	8	54	73	91	108	
	10	56	75	92	109	
	12	58	76	93	110	
	15	60	78	95	111	
LEVEL II	6	46	64	81	97	
	8	47	65	82	98	
	10	49	66	83	99	
	12	50	67	84	100	
	15	52	69	85	101	
LEVEL I	6	32	48	63	79	
	8	33	49	64	79	
	10	34	49	64	79	
	12	34	49	65	80	
	15	35	50	65	80	

PROTECTION RADIUS (Rp) IN METERS FOR 3 AND 4 PROTECTION LEVELS						
4 PROTECTION LEVELS (CTE SU 8,...)	3 PROTECTION LEVELS (UNE 21186, NFC 17102,...)	DAT CONTROLLER® PLUS				
		h	AT-1515 DC+15	AT-1530 DC+30	AT-1545 DC+45	AT-1560 DC+60
Level IV	Level III	2	20	28	36	43
		4	41	57	72	85
		6	52	72	90	107
		8	54	73	91	108
		10	56	75	92	109
Level III	Level II	2	18	25	32	39
		4	36	51	64	78
		6	46	64	81	97
		8	47	65	82	98
		10	49	66	83	99
Level II		2	15	22	28	35
		4	30	44	57	69
		6	38	55	71	87
		8	39	56	72	87
		10	40	57	72	88
Level I	Level I	2	13	19	25	31
		4	25	38	51	63
		6	32	48	63	79
		8	33	49	64	79
		10	34	49	64	79

h: air terminal height over the surface to be projected

در تصویر زیر معادلات محاسبه شعاع حفاظتی صاعقه گیر اکتیو و پسیو را مشاهده می کنید .

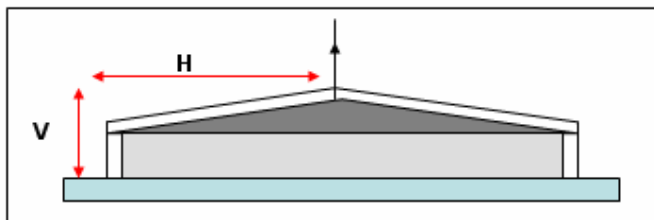


هادی میانی :

هادی میانی در استاندارد NFC 17 102 حداقل سیم مسی نمره ۵۰ یا ۷۰ و یا تسمه مسی بافته شده $30 \times 3.5 \text{ mm}$ و یا تسمه مسی تخت $30 \times 2 \text{ mm}$ پیشنهاد شده که باید در مسیر های افقی هر یک متر و در مسیر های عمودی هر نیم متر توسط بست به سازه محکم شود . همچنین در صورتی که ۲ شرط وجود داشته باشد ، باید دو هادی میانی از طرفین سازه یا ساختمان بطرف سیستمهای ارت جداگانه هدایت گردد . این دو شرط عبارتند از :

۱- ارتفاع سازه بیش از ۲۸ متر باشد .

۲- در صورتیکه تصویر افقی هادی میانی از طول عمودی آن بیشتر باشد .



بهترین مکان نصب صاعقه گیر ها :

بر اساس استاندارد NFC 17 102 بهترین مکان نصب صاعقه گیر ها عبارتند از :

۱- اتاقهای تجهیزات روی پشت بام های مسطح

۲- سه گوش شیروانی با دیوارهای ساختمان

۳- دودکشهای فلزی یا آجری

شمارنده تعداد اصابت صاعقه :

بر اساس استاندارد کنتور صاعقه باید بر روی مستقیم ترین مسیر هادی میانی و در ارتفاع ۲ متری سطح زمین نصب گردد . این قطعه کمک بسیاری برای بررسی صحت عملکرد سیستم حفاظتی می کند .



تست دوره ای سیستم حفاظتی :

✓ تست صاعقه گیر :

این تست توسط دستگاه تستر مخصوص هر صاعقه گیر و توسط نمایندگان مجاز این تجهیزات انجام می شود . در شکل زیر تستر مخصوص صاعقه گیرهای اپلیکاسیون تکنولوژیکاس را مشاهده می کنید . این تست در استاندارد برای کلاس یک بصورت دوسالانه و در کلاس ۲ و ۳ با فواصل ۳ سال است . البته در شرایط خاص این تست ها به سالیانه و دوسالانه تبدیل می گردند . همچنین در صورت ایجاد هرگونه تغییرات در ساختمان از قبیل توسعه باید تغییرات بررسی و نیاز به تغییر در سیستم حفاظتی بررسی گردد .



✓ تست هادی میانی :

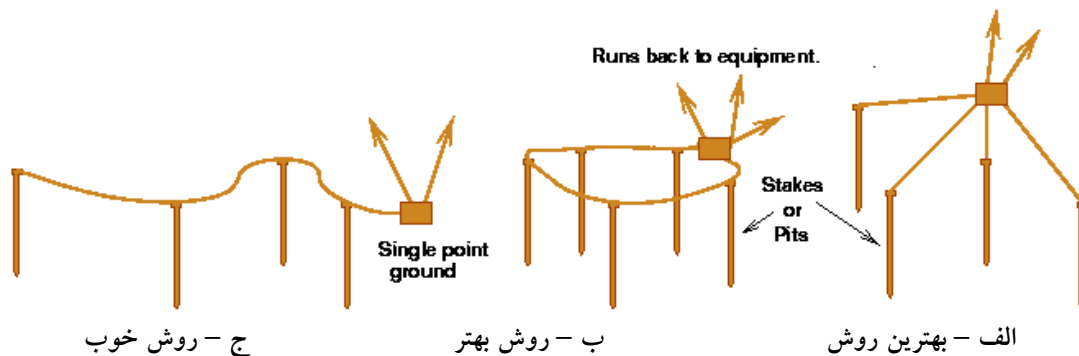
پس از برخورد هر صاعقه و یا پس از ثبت هر شماره توسط شمارنده باید این هادی بصورت چشمی بازدید گردد تا قطعی و یا مشکل فیزیکی برای آن ایجاد نشده باشد . در صورت بروز هر مشکلی باید نصب به برطرف نمودن آن بسرعت عمل کرد .

✓ تست سیستم ارت :

این تست در استاندارد برای کلاس یک بصورت دوسالانه و در کلاس ۲ و ۳ با فواصل ۳ سال است . البته در شرایط خاص و زمینهای دارای خاصیت خورندگی بالا این تست ها به سالیانه و دوسالانه تبدیل می گردند . برای تست سیستمهای ارت باید کلیه اتصالات به سیستم از قبیل هادی میانی متصل به صاعقه گیر و هادیهای هم پتانسیل ساز از سیستم ارت جدا شده و پس از آن تست انجام شود .

هم پتانسیل سازی (Bonding) : رک شماره ۱۶ مجله ایران شماتیک

به منظور جلوگیری از ایجاد شرایط جرقه زدن سیستم به اطراف در حین تخلیه الکتریکی باید چند مورد لحاظ شود . اول اینکه فاصله محل تخلیه با تجهیزات حساس (خطوط برق ، لوله های فلزی آب ، لوله های گاز و مخازن سوخت) بیشتر از فاصله ایمنی در نظر گرفته شود . دوم اینکه اختلاف پتانسیلی بین بدنه تجهیزات فلزی نداشته باشیم . بدین منظور کلیه سطوح فلزی (بغیر از لوله های گاز و مخازن سوخت) را توسط هادی مسی حداقل نمره ۱۶ (بر اساس استاندارد NFC 17 102) بهم متصل می کنیم . در این حالت اختلاف پتانسیلی نداریم که باعث ایجاد شرایط تخلیه جانبی گردد . به این عمل هم پتانسیل سازی می گویند .



محاسبه فاصله ایمنی :

بر اساس اندازه گیریهای انجام شده ، خلاصه فواصل ایمنی به قرار زیر در نظر گرفته می شوند

- ۱ - برای سطح زمین و یا زیر زمین در صورتی که مقاومت ویژه خاک کمتر از ۵۰۰ اهم در متر باشد ۲ متر و در صورتیکه بیشتر از ۵۰۰ اهم در متر باشد ۵ متر در نظر گرفته می شود .
- ۲ - برای هادی میانی نزولی در کلاس یک با عایق هوا ، برابر یک دهم طول هادی و در کلاس ۳ برابر ۵ صدم طول هادی در نظر گرفته می شود .
- ۳ - برای هادی میانی نزولی در کلاس یک با عایق غیر از هوا و فلزات ، برابر دو دهم طول هادی و در کلاس ۳ برابر یک دهم طول هادی در نظر گرفته می شود .
- ۴ - برای لوله های گاز غیر مدفون این فاصله ۳ متر در نظر گرفته می شود .

با در نظر گرفتن موارد فوق و افزودن مقادیری برای افزایش امنیت سیستم ، فواصل توصیه شده به قرار زیر می باشند :

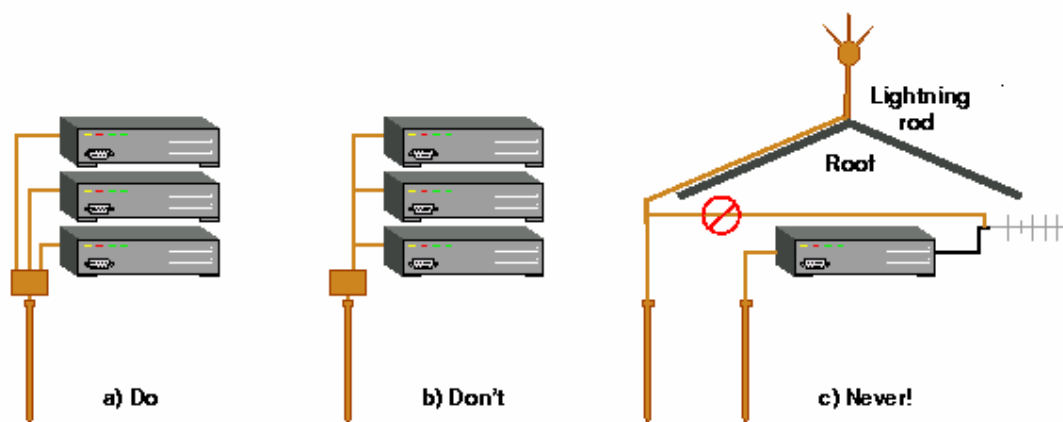
- ۱- مخازن سوخت برابر ۱۰ متر
- ۲- لوله های گاز برابر ۵ متر
- ۳- لوله های فلزی آب برابر ۵ متر
- ۴- خطوط ولتاژ پائین برق برابر ۵ متر

۵- سیستم های ارت هم بندی نشده برابر ۱۰ متر

نکته :

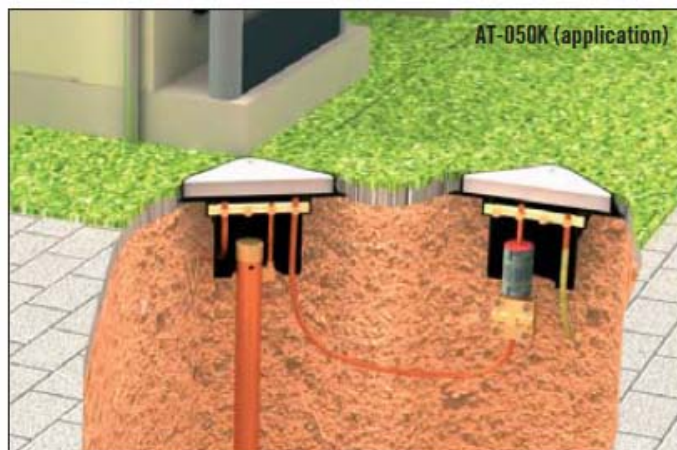
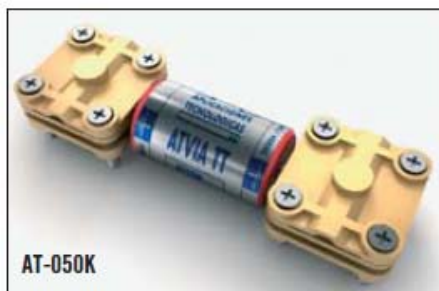
در مورد هم بندی سیستم گرانند داخلی و سیستم ارت صاعقه گیر چه باید کرد ؟

در این خصوص نظرات متفاوتی وجود دارد . با توجه به تصریح بخش هم پتانسیل سازی استاندارد NFC 17 102 حتماً باید کلیه سیستم های ارت هم بندی شوند . اما برخی از تولید کنندگان در دفترچه های نصب ، اتصال این دو بخش را توصیه نمی کنند چراکه در هنگام تخلیه صاعقه در سیستم ارت صاعقه گیر ، با توجه به تقسیم جریان ایجاد شده ، مقداری از جریانات صاعقه به سیستم گرانند داخلی وارد می شوند و طبیعتاً مشکلاتی را ایجاد خواهند کرد .



هرچند برای حفاظت کامل سیستم لازم است که سیستم مکمل یعنی سیستم حفاظت ثانویه (داخلی) اجرا شود تا اضافه ولتاژهای ایجاد شده ، در سیستم ارت تخلیه شوند اما راه حل دیگری نیز وجود دارد .

برای ایجاد سیستم هم پتانسیل لازم است تمامی بخشهای گرانند بهم متصل شوند اما باید این اتصال در لحظه تخلیه قطع گردد . بدین منظور برخی از تولید کنندگان همچون شرکت اپلیکاسیون تکنولوژیکاس اسپارک گپ تولیدی خود را پیشنهاد می کند که بین دو سیستم ارت گرانند متصل می گردد . این قطعه در هنگام عبور جریانات صاعقه High Impedance شده و اتصال الکتریکی را قطع می کند . در شکل های زیر این قطعه و نحوه نصب آنرا مشاهده می کنید .



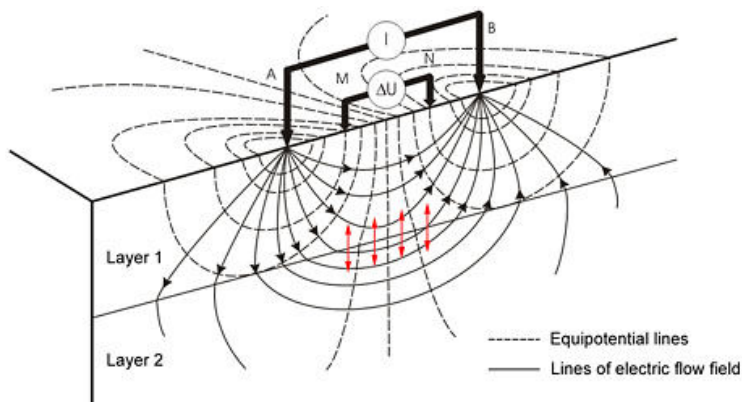
اصول اندازه گیری سیستم ارت : رک شماره ۱۴ مجله ایران شماتیک

مقاومت ویژه خاک :

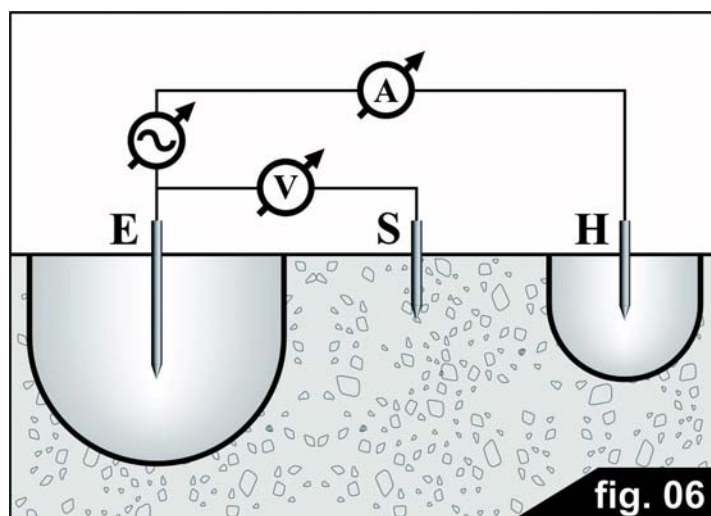
عبارتست از مقدار مقاومت یک متر از خاک مورد آزمایش . برای اندازه گیری مقاومت ویژه خاک (Resistivity) که واحد آن اهم بر متر است ، نیاز به ارت تستر چهار سیمه داریم . پروب های تستر را در یک مسیر در فواصل تعیین شده توسط کارخانه سازنده که در کاتالوگ آن نوشته شده (این مقدار ۲۵ برای طول پروب های تستر می باشد) در خاک مورد اندازه گیری فرومی کنیم و مقدار مقاومت را می خوانیم . با توجه به یکنواخت نبودن لایه های خاک (هم در عمق و هم در سطح) لازم است این اندازه گیری در راستا های متفاوت تکرار گردد .

مقاومت سیستم ارت :

عبارتست از مقدار مقاومت اتصال سیستم با خاک اطراف . واحد اندازه گیری این مقاومت ، اهم است . برای اندازه گیری مقاومت سیستم ارت روشهای متعددی وجود دارد که بصورت خلاصه توضیح داده خواهد شد .



اصول اندازه گیری بدین صورت است که با اعمال ولتاژ متناوبی (مربعی) با فرکانس در حدود ۱۰۰ هرتز به پین های P و اندازه گیری جریان عبوری از پین های C و تقسیم ولتاژ به جریان، مقاومت (امپدانس) خاک اندازه گیری می شود.



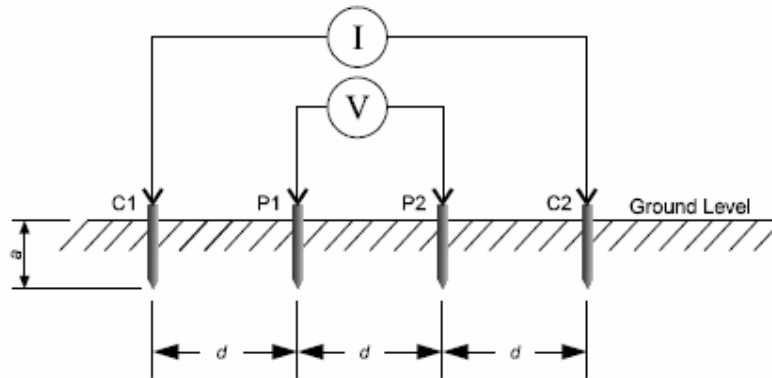
گوشه هایی از راهنمایی ها و پیوست ها جهت یک برنامه اجرا و تست مقاومت ویژه خاک، به شرح زیر است:

الف) روش تست

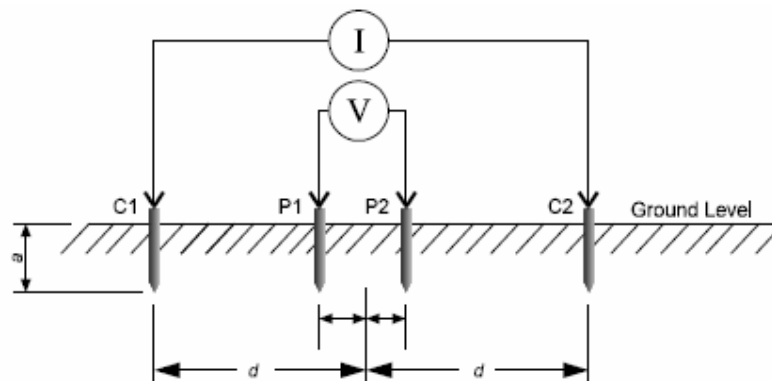
پارامترهایی همچون حداکثر عمق پروب، طول کابل های مورد نیاز، حساسیت تکنیک اندازه گیری، هزینه (بر اساس زمان مورد نیاز و نفرات تعیین می شود) و سهولت تفسیر اطلاعات بدست آمده، از عوامل مهم در انتخاب روش تست می باشند.

سه نوع اصلی تست در شکل زیر نمایش داده شده اند.

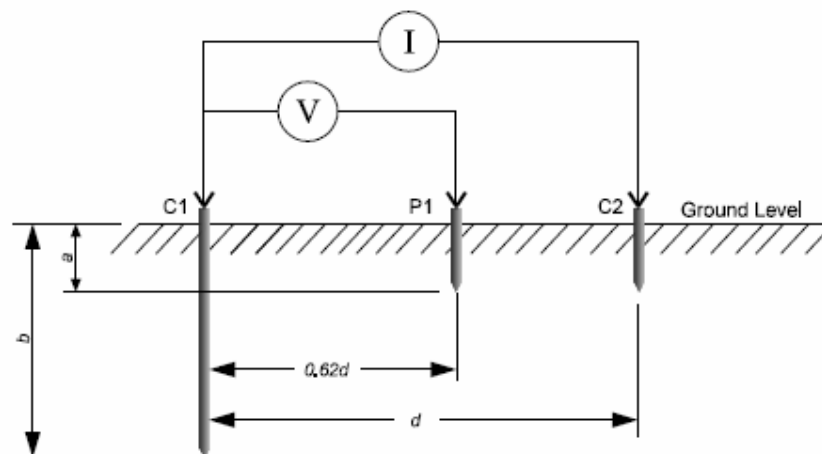
روش اسکولومبرگر با تامین منبع جریانی مناسب، بعنوان اقتصادی ترین و دقیق ترین روش بین روشهای دیگر شناخته شده است.



روش ۴ سیمه و نر



آرایه اسکولومبرگر



روش Driven Rod (۳ سیمه)

شکل ۱-۲ انواع آرایش پروب ها ، برای تست مقاومت ویژه

در روش وئر ، برای هر اندازه گیری ، هر چهار الکترودها با فاصله های ثابت قبلی جابجا می شوند . با آرایه اسکولومبرگر ، الکترودهای ولتاژ در موقعیت خود باقی می مانند در صورتیکه الکترودهای جریان برای سری اندازه گیریها ، جابجا می شوند . در هر روش برای اطمینان از صحت اندازه گیری ، عمق نفوذ الکترودها را کمتر از ۵ درصد فاصله بین نقاط اندازه گیری در نظر می گیریم . مثلاً اگر فاصله ۵ متر یا ۵۰۰ سانتیمتر باشد ، عمق الکترودها تست باید کمتر از ۲۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود .

ب) انتخاب نوع روش تست

آرایه وئر

آرایه وئر ، در عمل از دقت و تاثیر کمتری برخوردار است . به کابل های تست بیشتری نیاز دارد ، الکترودهای بلندتری باید مورد استفاده قرار گیرند و در فضا های وسیع تر ، برای هر الکترودها به یک نفر نیاز است تا اندازه گیری مدت زمان کمتری صرف نماید . همچنین بعلا اینکه هر چهار الکترودها بعد از هر اندازه گیری جابجا می شوند ، روش آرایه وئر مستعد بوجود آمدن اثرات تغییر جانبی است .

به هر حال در حالت هایی که برای بهبود مقاومت اتصال بین الکترودها و خاک در شرایط نامساعد مانند خاک های بسیار خشک یا خاک های یخ زده ، زمان قابل توجهی صرف میشود ، روش آرایه وئر از نظر نسبت ولتاژ خوانده شده از هر بخش از جریان ارسالی ، بسیار مناسب است .

روش **Driven Rod** یا روش افت ولتاژ سه پینه ، در حالت عادی برای استفاده در حالت های زیر مفید است :

سیستم ارت خطوط انتقال برق

وجود عوارض طبیعی یا مصنوعی در مسیر اندازه گیری

وجود لایه های متعددی از خاک در مسیر اندازه گیری

آرایه اسکولومبرگر

در روش آرایه اسکولومبرگر ، از آنجایی که الکترودهای بیرونی ، ۴ یا ۵ مرتبه به ازای هر تغییر در جابجایی الکترودهای میانی ، جابجا می شوند باعث صرفه جویی در نیروی انسانی و در نتیجه کاهش هزینه ها می گردد . همچنین کاهش تعداد جابجایی های الکترودها باعث کاهش اختلاف های اثرات جانبی در مراحل تست می گردد .

در روش اسکولومبرگر ، زمانی که مشکل مقاومت اتصال داریم ، زمان مورد نظر برای اندازه گیری بطور قابل توجهی کاهش می یابد .

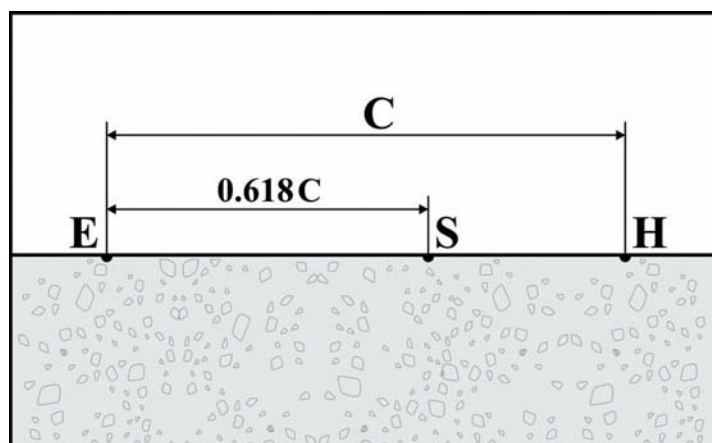
از آنجایی که مقاومت اتصال ، در حالت عادی ، الکترودهای جریان را بیشتر از الکترودهای ولتاژ تحت تاثیر قرار میدهد لذا جفت الکترودهای میانی می توانند بعنوان الکترودهای جریان در نظر گرفته شوند . این روش را ، روش اسکولومبرگر معکوس می نامند .

استفاده از روش اسکولومبرگر ، در حالت هایی که مجبور به تزریق جریانهای بالاتر (ایجاد میدان مغناطیسی بیشتر) باشیم ، امنیت نیروهای انسانی را تامین می کند . همچنین روش اسکولومبرگر معکوس باعث کاهش مشکلات مربوط به جابجایی طول زیاد کابل ها و زمان صرف شده برای جابجایی الکتروود ها گردد . اما حداقل فاصله قابل اندازه گیری آن ، ۱۰ متر (برای فاصله میانی نیم متر) است ، در نتیجه برای فاصله های کمتر ناگزیر به استفاده از روش و نر هستیم .

در حالتی که از روش اسکولومبرگر برای اندازه گیری استفاده می کنیم ، باید کمترین مقدار ولتاژ خوانده شده را در نظر بگیریم . این ممکن است که باعث بروز حالت های بحرانی در شرایطی پیش آید که عمق مورد نظر برای اندازه گیری ، از حد توان اندازه گیری دستگاه بیشتر باشد یا ولتاژ قرائت شده بسیار کمتر از میزان مورد نظر باشد .

روش سه سیمه ۶۲ درصد :

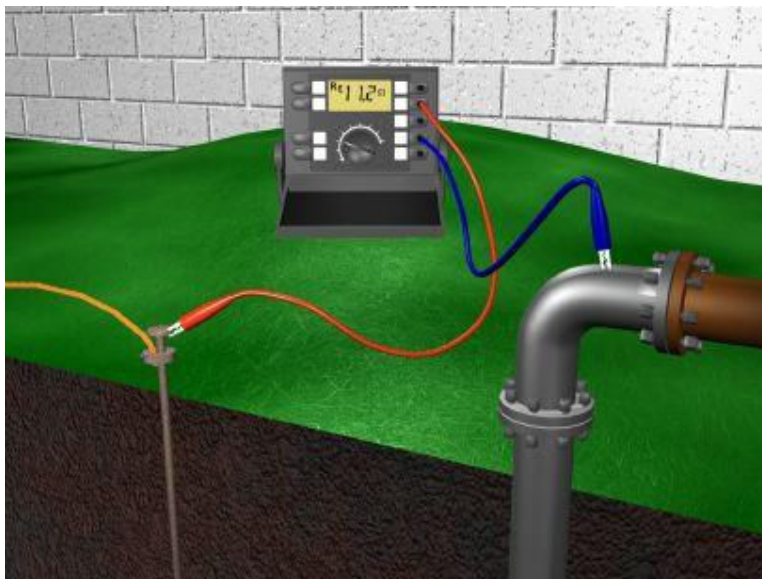
در روش سه سیمه افت ولتاژ باید بین وسطی را مقداری جابجا کنیم تا مقدار مقاومت تغییر محسوسی پیدا نکند . این مقدار ، مقاومت صحیح ارت است . با محاسبات مشخص شد که این مقدار ۶۱٫۸ درصد مسیر می باشد یعنی بین دوم را باید در فاصله حدوداً ۶۲ درصدی سیستم ارت نصب کرد .



اندازه گیری مقاومت شبکه زمین به روش دو الکتروودی یا ارت مرده (Dead Earth)

در بعضی مواقع که کوبیدن الکتروود امکانپذیر نمی باشد و یا فضای لازم جهت سیم کشی و کوبیدن میله ها وجود ندارد در صورتی که نزدیک میله ارت مزبور یک سیستم لوله کشی گسترده آب مدفون، فونداسیون گسترده و یا سیم نول وجود داشته باشد به راحتی و بدون کوبیدن الکتروود میتوان مقاومت شبکه ارت را با تقریب بالائی به دست آورد. روش کار به این صورت است که یک سیم از چاه ارت به دستگاه ارت تستر وصل میکنیم و یک سیم هم از سیم نول یا ارت گسترده به دستگاه می آوریم و دستگاه را در حالت دو پین قرار میدهیم و تست را انجام می دهیم.

دقت این آزمایش به اندازه روش ۳ پین نمی باشد ولی روش بسیار ساده ای است و معمولاً جواب قابل قبولی خواهد داد. و مقدار بدست آمده بیشتر از مقدار واقعی می باشد. در این روش دقت کنید که سیم های C1 و P1 باید بهم و C2 و P2 بهم اتصال کوتاه گردند.

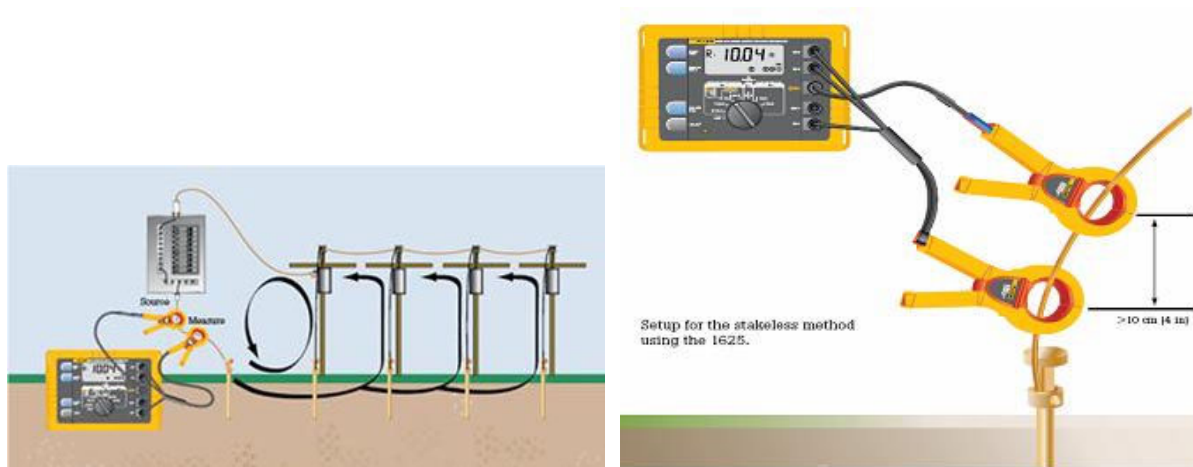


اندازه گیری بدون کوبیدن میله stake less measurement

این روش بسیار عملی و مفید است و نیازی به کوبیدن الکتروود ندارد. در این روش نیاز به دستگاه مخصوصی با دو انبرک یا کلمپ میباشد. توسط یکی از انبرک ها که دور سیم زمین حلقه میزند ولتاژی به سیم زمین القا میشود و توسط حلقه دوم که این نیز در همان محل چفت میشود جریان عبوری از حلقه زمین ناشی از این ولتاژ اندازه گیری میشود و صفحه دستگاه حاصل تقسیم این دو یعنی مقاومت شبکه زمین را نشان خواهد داد.

این روش به طور مشخص برای مواقعی که چند میله یا چاه ارت با هم موازی شده و تشکیل یک شبکه ارت گسترده و موازی را داده اند بسیار کاربردی میباشد.

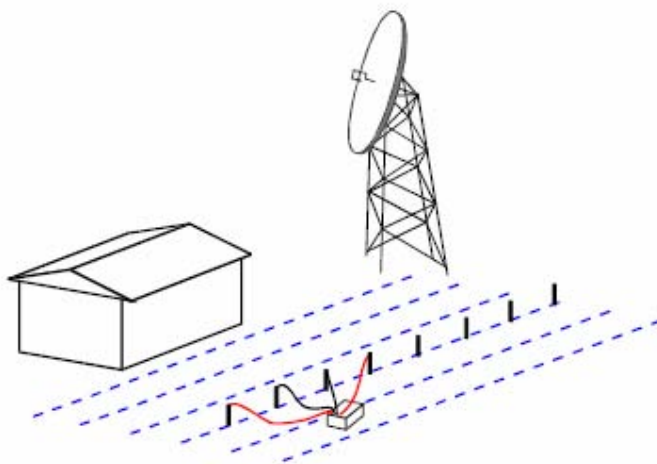
این روش بسیار عالی است و در زمان کمتری می توان سیستم را تست نمود. فقط قیمت دستگاه گران می باشد و تنها کلمپ های آن به اندازه یک دستگاه ۳ پین قیمت دارد.



همچنین نکته جالب در مورد اکثر دستگاههای کلمپی اینست که، امکان تست بروش ۲ پین در آنها وجود ندارد. همچنین یک چاه ارت بدون اتصال به چاه دیگر را نمی توان اندازه گیری کرد و لازمه اندازه گیری اینست که جریان برقرار گردد.

ج) اندازه گیری در یک راستا

از آنجایی که تغییرات اساسی در مقاومت ویژه خاک در اعماق متفاوت و از نقطه ای به نقطه ای دیگر از سایت، ایجاد می گردند بنابراین تنها یک اندازه گیری برای تعیین این مقاومت ویژه موثر واقع نخواهد شد. برای حصول به نتیجه دقیق تر، اندازه گیری های متعدد مفید واقع می شوند.



شکل ۳-۱ اجرای اندازه گیری در یک راستا

تکنیک پیمایش عرضی روشی عمومی برای اندازه گیری مقاومت ویژه خاک است. در این روش، با تصور خطوطی افقی موازی در منطقه مورد نظر، اندازه گیری هایی بصورت جداگانه (در این مسیرها) انجام می شود. مانند شکل (۳-۱). سیستم های ارتینگ وسیع، نیاز به تعداد بیشتری از این اندازه گیریها دارند (بیشتر از ۴ اندازه گیری در مسیرهای متفاوت). با اندازه گیری ها در مسیر های متفاوت، و بدست آوردن مقادیر مقاومت خاک، به وضعیت و تغییرات مقاومت لایه ها، در منطقه مورد نظر پی می بریم.

با این روش خواهیم توانست نقشه ای از تغییرات مقاومت بدست آورده و مقدار کمینه آنرا تعیین کنیم. این عمل را می توانیم در اعماق مختلف خاک نیز انجام دهیم و به وضعیت مقاومت لایه های زیرین خاک نیز پی ببریم. این روش، مدلی ارزان و ساده برای حصول بهترین نتیجه می باشد و می توان آنرا به راحتی اجرا نمود. همچنین می توانیم برای اتصال سیستم های ارت با آرایش شبکه توری به یکدیگر و تعیین بهترین محل اتصال، از این روش بهره بگیریم.

(د) محدوده فاصله ها

برای فواصل بیشتر از شعاع سیستم ارت ساده یا ابعاد شبکه توری، محدوده فواصل توصیه شده شامل (فاصله نزدیکترین الکتروود بیشتر یا مساوی یک متر)، در محاسبه ولتاژهای اندازه گیری شده بکار گرفته می شوند. استفاده از فواصل بیشتر در محاسبه امپدانس شبکه توری و **remote voltage gradients**، مورد استفاده قرار می گیرند. اندازه گیری در فواصل بیشتر معمولاً باعث مشکلات قابل توجهی می گردد (اثرات سلفی، موانع فیزیکی و دقت ناکافی دستگاه تست) که این مشکلات در صورتیکه لایه پایینی خاک دارای مقاومت بیشتری باشد ($p_2 > p_1$) بسیار تاثیر گذار هستند. در چنین شرایطی در صورتیکه مقدار p_2 با احتساب فواصل مناسب اندازه گیری نشده باشد، باعث ایجاد اشکال مهم (**considerable error**) می گردد.

(ه) توصیه ها برای تست صحیح

دقت خاص در موارد زیر، در اندازه گیری ها توصیه می شود:

مقاومت اتصال را کاهش دهید (از آب نمک در نقطه اتصال الکتروودها با خاک استفاده کنید).

قبل از اندازه گیری مقاومت ارت، ولتاژ ارت را اندازه گیری نمائید (این مقدار نباید بیشتر از ۱۰ ولت باشد).

از دستگاههای کالیبره شده، برای اندازه گیری استفاده کنید.

تمامی اتصالات شبکه های ارت متصل به زمین را که در فاصله های کمی از محل اندازه گیری قرار دارند، منفک نمائید.

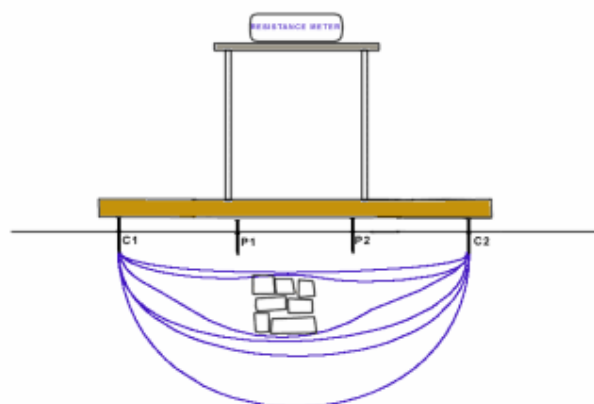
مطمئن شوید روش اندازه گیری دستگاه تستر شما با روش اندازه گیری تان هماهنگی دارد.

سعی کنید اندازه گیریها در مسیر های مختلف، حتی الامکان در فواصل زمانی اندکی صورت پذیرد.

ایجاد و تهیه نقشه وضعیت لایه های خاک و تغییرات نوع آن را به دقت انجام دهید و بهترین مسیر را برای حصول سیستم ارت مناسب، تعیین نمائید.

نکته:

در اندازه گیری مقاومت ویژه خاک و یا مقاومت سیستم ارت در نظر داشته باشید که اندازه گیری را در راستاهای مختلف انجام دهید تا صحت اندازه گیری تایید گردد چراکه در اندازه گیری ممکن است بخشی از دیوار مدفون، تخته سنگ و یا بتن در مسیر اندازه گیری وجود داشته باشد و باعث بدست آمدن مقادیر بالای مقاومت شود. از آنجایی که در اندازه گیری ها فرض بر یکنواختی خاک می باشد لذا این ناهمگونی باعث ایجاد مشکل در اندازه گیری می شود. با تکرار اندازه گیری در راستاهای متفاوت می توان به این حالت پی برد.

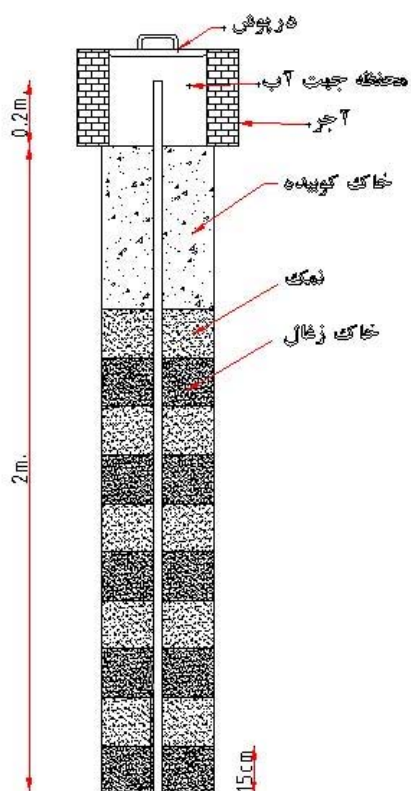


برای اجرای سیستم ارت دو روش اصلی وجود دارد:

- روش عمقی
- روش سطحی

از هر یک از روشهای فوق در مکانهایی استفاده می شود که شرایط فیزیکی ایجاب کنند. بعنوان مثال در صورتیکه مجبور باشیم در فضای محدودی سیستم ارت را اجرا کنیم از روش عمقی استفاده می کنیم اما در مواردی که امکان اجرای سیستم عمقی نباشد، بعنوان مثال در محل هایی که حفر بیش از یک متر باعث جمع شدن آب در آنها می شود (مثل کنار رودخانه ها و دریاها) یا اینکه در عمق بعلت وجود رگه های سنگ امکان اجرا نباشد از روش سطحی استفاده می شود.

مهمترین انواع روش سطحی نوع پای گاز (پنجه کلاغی) و ستاره ای می باشد. متداول ترین روشهای عمقی روش اجرای یک چاه ارت و یا روش مثلی با سه عدد الکتروود مسی است.



مواد اصلی اجرای سیستم ارت

روش سنتی :

مواد مورد استفاده در سیستم ارت سنتی :

۱ - نمک (Salt) : نمک بعلت ایجاد یون های آزاد باعث ایجاد هدایت بالا شده و از این خاصیت در سیستم های ارت استفاده فراوانی می شود . اما از مهمترین نقاط ضعف این ماده خوردگی شدید مس می باشد . فراوانی ، ارزانی و استفاده آسان از این ماده باعث شده بطور وسیعی از آن در سیستم های ارت استفاده شود و در تعدادی از استانداردها نیز استفاده از آن تایید شده است .



۲ - بنتونیت (Bentonite) : رک شماره ۱۷ مجله ایران شماتیک

نوعی کانی است که قابلیت جذب آب تا ۴۰ برابر وزن خود را دارد و از این خاصیت برای مرطوب نگهداشتن سیستم ارت استفاده می شد . امروزه در برخی موارد در سیستم ارت ، تنها از این ماده استفاده می کنند چراکه مقاومت ویژه کمی داشته و رطوبت را جذب می کند . همچنین قیمت پائینی دارد . لازم به ذکر است که تنها بنتونیت نوع سدیک در سیستم ارت مورد استفاده قرار می گیرد .



۳- زغال (Charcoal) :

بعلت پائین بودن مقاومت ویژه و هدایت مناسب از این ماده در سیستم ارت استفاده می شد . اما خاصیت خوردگی مس از نقاط ضعف این ماده برای استفاده در سیستم ارت محسوب می شود .

روشهای جدید :

۱- استفاده از پودر های کاهنده مقاومت زمین

این پودر ها حاوی نمکهای معدنی و فاقد اثرات خوردگی مس بوده و با تامین خاصیت جذب رطوبت ، جایگزین مناسبی برای سیستم ارت می باشند . این پودرها دورتادور صفحه مسی را تا ۲۰ سانتیمتر فرا گرفته و اثرات خوردگی خاکهای شور بر صفحه را از بین می برند . انواع مختلفی از اینگونه پودر ها توسط تولید کنندگان متعددی تولید و تحت نامهای LOM ، GIM ، Lowpat ارائه می گردند .



۲- استفاده از ژل افزایشده هدایت الکتریکی خاک

همانطور که در روشهای فوق بیان شد در سیستمهای ارت برای پائین آوردن هرچه بیشتر مقاومت سیستم زمین (یا چاه ارت) از موادی استفاده می شود تا با روشهای مختلف این عمل انجام شود . برخی از مواد کاهنده مقاومت زمین یا عبارتی افزایشده هدایت الکتریکی خاک ، بر اساس جذب و ذخیره رطوبت خاک عمل می کنند مانند بتونیت که با این روش مقاومت خاک کاهش می یابد . پودرهایی نیز وجود دارند که تولید کنندگان مختلف با انجام آزمایشات فراوان به ترکیبات آنها پی برده اند و به منظور کاستن مقاومت سیستم ، ارائه می کنند . از آن جمله می توان پودر های LOM ، LowPat ، GEM و ... را نام برد . این ترکیبات با تامین نمکهای گوناگون و جذب رطوبت خاک ، محیطی الکترولیتی و در نتیجه کاهش مقاومت ارت را نتیجه می دهند . برای اجرای این گونه سیستم های ارت ، باید چاههایی حفر و اطراف الکترود های استفاده شده با این مواد پر شود که مقدار این مواد برای زمینهای مختلف و سیستم های ارتینگ مختلف ، فرق می کند .

حفر چاه و عملیات اجرایی این سیستمها مشکل، زمان بر و هزینه بالایی را به کاربران تحمیل می کند. تولید کنندگان این محصولات همواره در پی محصولی بوده اند تا بر این مشکلات و محدودیتها، فائق آیند. یکی از این راهها، استفاده از ژل افزاینده هدایت الکتریکی خاک است که شرکت اپلیکاسیون تکنولوژیکاس اسپانیا، ارائه کرده است.

کنداکتیور پلاس مدل AT-10L

کنداکتیور پلاس ماده ای خورنده نبوده و اثرات نامطلوب زیست محیطی ندارد و توانایی بهبود هدایت الکتریکی سیستم زمین را دارد. این محصول با مواد الکترولیتی پایه که برای افزایش ظرفیت هدایت الکتریکی خاک ترکیب شده اند، تولید شده و روشی است که اثری فوری دارد.

معرفی اجزاء



- سطل ۵ لیتری جهت استفاده بعنوان پیماننه .

- ژل نوع ۱، یک بسته

- فلس نوع ۲، یک بسته

سطل :

جنس : پلی پروپیلن

ابعاد : ۱۹۵ × ۲۳۵ × ارتفاع ۱۹۸

ظرفیت : ۵ لیتر

اجزاء :

بسته دوم	بسته اول
رنگ : سفید	رنگ : زرد
ابعاد : ۱۸ × ۲۴ سانتیمتر	ابعاد : ۲۰ × ۱۶ سانتیمتر
وزن : ۲ کیلو و ۲۰۵ گرم	وزن : ۱ کیلو و ۷۰۵ گرم
جنس : فلس	جنس : مایع

یک واحد از کنداکتیور پلاس با اجزای فوق و ۲۰ لیتر آب ترکیب می شوند که این ترکیب به روش زیر اجرا می شود

۲- آماده سازی

○ هر چند خاک خشک باشد، نیازی به عمل خاصی نداریم..

○ محلولی از ژل زرد رنگ در ۵ لیتر آب تهیه کنید. از ظرف اصلی بعنوان پیماننه استفاده نمایید .

○ محلول را داخل حفره بریزید و پنج لیتر آب به آن بیفزائید .

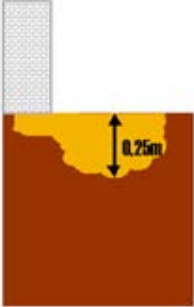
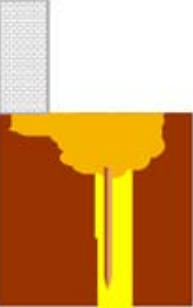
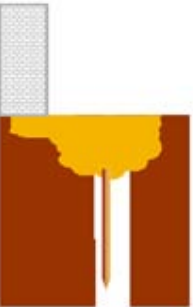
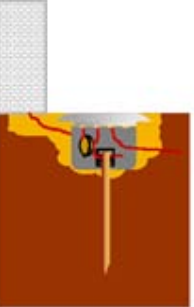
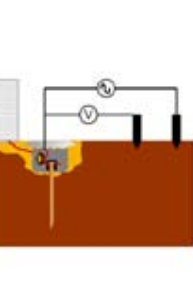
○ حدود یک ساعت (بر اساس نوع خاک) صبر کنید تا تمام مایع جذب شود .

○ سطل را به دقت با آب شستشو دهید.

○ محلولی از ماده سفید و پنج لیتر آب تهیه کنید. از ظرف اصلی بعنوان پیمانه استفاده نمائید. محلول را داخل حفره بریزید و سپس پنج لیتر دیگر آب به حفره بیفزائید. حدود یک ساعت صبر کنید تا تمام مایع جذب شود.

○ بعد از جذب مایع می توانید اندازه گیری را آغاز کنید.

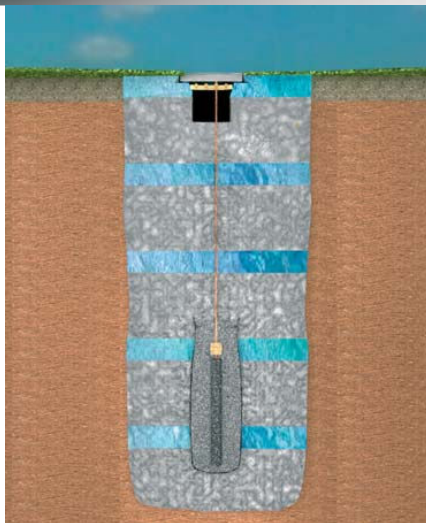
راهنمایی اجرا برای یک تک الکتروود :

			
۱ - حفر گودال حداقل به عمق ۲۵ سانتیمتر ۲۵X۲۵	۲ - الکتروود را وارد نمائید.	۳ - محلولی از ژل زرد رنگ در ۵ لیتر آب تهیه کنید	۴ - محلول را داخل حفره بریزید.
			
۵ - پنج لیتر آب بیفزائید.	۶ - حدود یک ساعت صبر کنید تا تمام مایع جذب شود.	۷ - محلولی از ماده سفید و پنج لیتر آب تهیه کنید.	۸ - محلول را داخل حفره بریزید.
			
۹ - پنج لیتر دیگر آب به حفره بیفزائید.	۱۰ - حدود یک ساعت صبر کنید تا تمام مایع جذب شود.	۱۱ - محفظه بازبینی را نصب و اتصالات لازمه را برقرار کنید	۱۲ - مقاومت چاه ارت را اندازه گیری نمائید.

۳- استفاده از الکترودهای پیشرفته

- الکترودهای گرافیتی

این الکترودها بصورت آماده در کارخانه تولید شده و مقدار مواد مورد استفاده در آنها بهینه شده است. از مزایای اینگونه الکترودها می توان استفاده آسان در مکانهای صخره ای را بر شمرد.



- الکترودهای شیمیایی

این الکترودها شامل لوله ای مسی هستند که دارای روزنه هایی بوده و این لوله ها با مواد شیمیایی پر می شوند و به مرور زمان از روزنه ها نشسته و جذب خاک اطراف می گردند. از مزیت های این الکترودها می توان نصب آسان در مکان های صخره ای (با توجه به حفر محدود محل) را برشمرد همچنین عدم خاصیت خوردگی آنها می باشد. همچنین این الکترودها در دو مدل برای اجرای سیستم افقی و عمودی ارائه می گردند.



جوشکاری اگزوترمیک : رک شماره ۱۷ مجله ایران شماتیک

جوشکاری به روش آلومینوترمیک (اگزوترمیک) برای اتصال مولکولی در سیستمهای ارت امروزه در اجرای سیستمهای ارت استفاده از این نوع جوشکاری کاملاً جایگزین روشهای جوشکاری قدیمی گردیده است و جوش های سستی دیگر قابل قبول نیستند . در این نوع از جوشکاری ، هیچگونه فضای خالی بین دوقطعه باقی نمی ماند تا در اثر حرارت باعث ترکیدگی آن محل و خرابی اتصال گردد .

مراحل عملیات جوشکاری :

- ۱ - دوسر قطعات هادی را با کمک برس سیمی از اکسید های سطحی ، روغن و گرد و خاک پاک نمائید . قالب گرافیتی از پیش انتخاب شده را ابتدا گرم کنید تا عاری از رطوبت شود .
- ۲ - موقعیت قطعات هادی را در داخل قالب گرافیتی تنظیم نمائید . هادیها باید عاری از تنش باشند .
- ۳ - گیره نگهدارنده را محکم کنید .

۴ - پولک ته پوش را در داخل محفظه انفجار قالب قرار دهید تا راهگاه و محفظه تحتانی را کاملاً بپوشاند .



۵ - پودر جوش را از داخل کپسول های پلاستیکی ، مستقیماً درون بوته انفجار قالب گرافیتی ، تخلیه نمائید . مراقب باشید کپسول پودر جوش سرخالی نباشد و خرج انفجار که معمولاً در ته کپسول قرار دارد با پودر جوش مخلوط نشده باشد و کاملاً در سطح پودر تخلیه شود . دقت نمائید حجم پودر مصرفی دقیقاً مطابق جداول انتخاب اقلام بکار گرفته شود و در غیر اینصورت استفاده از حجم بیشتر باعث پر شدن راهگاه و استفاده از حجم کمتر باعث ایجاد اتصال ناقص و مختل خواهد شد .



۶ - درپوش قالب گرافیتی را روی آن قرار داده و از صحت قرار گیری هادی ، قالب و گیره در محل های مورد نظر اطمینان حاصل نمائید .

۷ - با استفاده از فندک در نزدیکی حفره در پوش ، ایجاد جرقه نمائید . انفجار محدود حادث و فرآیند جوشکاری بوقوع خواهد پیوست . پس از چند ثانیه می توانید گیره را باز نموده و اتصال را خارج نمائید .

۸ - برای تمیز کاری و آماده سازی قالب برای جوش بعدی از کاردک تمیز کاری و فرچه مویی استفاده نمائید .

زمین کردن تجهیزات

فرایند جوشکاری ویژه اتصالات مدفون



یکی از مسائل مهم که رابطه مستقیمی با حفاظت تجهیزات برقی و جان انسانهایی که بطور مستقیم از آنها استفاده میکنند دارد ، موضوع ارتینگ یا زمین کردن است . حفظ تجهیزات و سرمایه در مقابل حوادثی شبیه به اتصال کوتاه ، صاعقه و اضافه ولتاژهای لحظه ای ، طرح و اجرای سیستم زمین را ضروری نموده است .

ایجاد یک سیستم زمین مناسب و هم پتانسیل اولین قدم در مسیر تامین حفاظت است و حفظ کیفیت آن اگر مهمتر از قدم اول نباشد ، از آن کمتر نیست .

فرایند جوشکاری

حاصل انفجار پودر جوش یک مخلوط مذاب

همگن مس به همراه سرباره اکسید آلومینیم خواهد بود و مذاب حاصل ، پولک ته پوش را ذوب کرده و در پیرامون هادیهای داخل محفظه جوش ، جاری می شود . حرارت فوق العاده و لحظه ای انفجار باعث ذوب ناگهانی و موضعی هادیها و ایجاد اتصال از نوع پیوند مولکولی



Welding for cable to ground rod

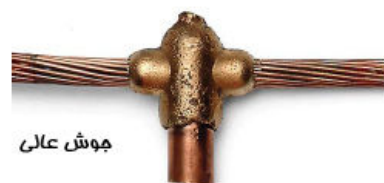
آنها خواهد شد .



جوشکاری انفجاری فرایندی است که امکان اتصال دو هادی همجنس (مس به مس ، آلومینیم به آلومینیم) و یا غیر همجنس (مس به آلومینیم و آلومینیم به فولاد) را در اندازه و شکل های مختلف فراهم می نماید . پیوند حاصل از جوش انفجاری ، مولکولی بوده و در مقابل خوردگی بسیار مقاوم است و اثرات مخرب حاصل از جوش معمولی مانند تنش های محبوس یا تغییر شکل هادی یا تغییر ساختار میکروسکوپی حاصل از ازدیاد درجه حرارت در منطقه جوش را ندارد .

ویژگیهای اتصال

- هدایت جریان الکتریکی محل اتصال از خود هادی بیشتر است .
- به مرور زمان کیفیت اتصال تغییر نمی کند .
- پیوند مولکولی دائمی مابین فلز جوش و هادی ، مانع تشکیل پیل الکتریکی و آغاز فرایند خوردگی می گردد .
- بین هادیها پیوند مولکولی مداوم ایجاد میشود که همیشگی است و با گذشت زمان دچار خوردگی نمی شود .
- در مقابل فشارهای ناگهانی مقاوم است .
- هزینه عملیاتی کمی دارد .
- به ابزار های مصرفی سبک و ارزانی نیازمند است .
- سریع است .



- مهارت چندانی نمی خواهد .
 - به انرژی حرارتی خارجی یا نیروی برق و باتری احتیاج ندارد .
 - بررسی کیفی اتصال با چشم غیر مسلح بسادگی قابل انجام است .
- عموماً نقاط اتصال در یک مدار الکتریکی بخصوص سیستم گراند به عنوان نقاط ضعف از دیدگاه قطع اتصال یا خوردگی محسوب می شوند . لذا کیفیت این اتصالات درجه حفاظت را در تاسیسات که زمین شده اند تعیین می نماید و به همین دلیل استفاده از این نوع جوشکاری ، فاکتور موثری در ارتقاء کیفیت سیستم زمین محسوب می شوند .

ابزار و مواد مصرفی در عملیات جوشکاری

پودر جوش :

پودر جوش معمولاً مخلوطی از اکسید مس و آلومینیم می باشد که در کپسولهای پلاستیکی برحسب نوع و وزن بسته بندی می شوند .

هر کپسول حاوی مقدار مشخصی پودر جوش و مقدار کافی چاشنی انفجاری در ته کپسول می باشد . کپسولها به همراه پولک های ته بند در یک قوطی پلاستیکی درب دار بسته بندی شده و در کارتن چیده می شوند . مدل هایی هم از این پودر ها موجودند که بطور جدا گانه در کیسه های پلاستیکی تهیه شده اند .

حمل و نقل این مواد بدون نیاز به مراقبت ویژه صورت می پذیرد و قابلیت انفجار ناگهانی خطرناک را در غیاب جرقه ندارد .



قالبهای گرافیتی

هنگام استفاده از این قالبها آنچه باعث انجام دقیق عملیات اتصال می شود استفاده از قالبهای گرافیتی دقیق است . قالب گرافیتی وظیفه هدایت و تنظیم سرعت مذاب حاصل از واکنش انفجار و ایجاد شکل نهائی مورد نظر را بر روی مذاب و هادیها به عهده دارد . مواد اولیه قالب از گرافیت مقاوم به حرارتهای بالا انتخاب می شود . یک قالب در شرایط عادی قابلیت تحمل شوک حرارتی حداقل ۵۰ اتصال را دارد .





برای شناسایی سریعتر قالبها هر یک از آنها با یک پلاک فلزی که مشخصات فنی کد قالب ، نوع و وزن پودر جوش مصرفی روی آن حک شده تجهیز شده اند .

قالبها در انواع دو راهه و سه راهه نمره پنجاه و هفتاد سیم به سیم و صفحه به سیم موجود می باشند .

گیره دستی



گیره دستی با مکانیزم قفل شونده و ساده ای برای نگهداری صحیح و محکم دو نیمه قالب در مقابل هم ساخته شده است . دو نوع از این گیره ها قادرند در مجموعه بزرگی از قالبها مورد استفاده قرار بگیرند و برای قالب های مخصوص و کوچک گیره های خاصی ارائه خواهد شد . استفاده از گیره ها بعلت طراحی مناسب ، فوق العاده آسان می باشد و مکانیزم ساده عملکرد ، عمری طولانی به آنها بخشیده است .



برای استفاده از قالبها در جوشکاری روی ستونهای فلزی عمودی به راحتی میتوان از گیره های خاصی استفاده کرد .

فندک

برای تولید جرقه مولد انفجار در بوته ذوب از یک فندک مخصوص تفنگی شکل استفاده می کنند .



دستکش نسوز

از این دستکش برای نگهداری گیره و جلوگیری از سوختن دست در اثر حرارت ناشی از انفجار و نظافت قالب گرافیتی استفاده می شود .



خمیر نسوز

برای مسدود نمودن روزنه ها و شکافهای بین سیم و قالب و جلوگیری از بیرون ریختن مواد

مذاب (خراب شدن جوش) و همچنین در مواردی که نمره سیم و الکتروود هماهنگ نباشد مورد استفاده قرار می گیرد .



در زیر نمونه ای از مجموعه تجهیزات جوشکاری اگزوترمیک شامل قالب ها ، گیره های نگهدارنده ، پودر های جوش ، باروت ، خمیر نسوز و وسایل نظافت را مشاهده می کنید که از تولیدات شرکت اپلیکاسیون تکنولوجیکاس اسپانیا می باشد .



نکات کاربردی :

- قبل از استفاده از قالب گرافیتی ، بخصوص در مناطق مرطوب یا فصول سرد ، آنرا کمی گرم کنید تا مراحل انفجار بطور کامل انجام شود . رطوبت جذب شده در گرافیت ، باعث اشکال در انفجار می شود .
- برای نظافت قالب گرافیتی و پاک سازی مواد باقیمانده از انفجار بر روی محفظه داخلی آن ، هنگامی عمل کنید که قالب هنوز سرد نشده است .



گستره ارتعاش‌هایم

آدرس پایگاه اینترنتی شرکت : <http://www.GEHamahang.com>

تلفن: ۰۴۴۱ - ۲۲۴۹۲۳۱ - فکس: ۰۴۴۱ - ۲۲۵۳۰۳۷ - همراه: ۰۹۱۴۴۴۰۵۵۶۸ - نادری

آدرس پستی: ارومیه خیابان خیام جنوبی کوچه ۲۳ پلاک ۳۱ طبقه اول کدپستی ۵۷۱۴۶-۱۴۳۱۱

پست الکترونیک : magazine@GEHamahang.com GEHamahang@yahoo.com info@GEHamahang.com