http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

سیستم های زمین و صاعقه گیر

ارائه دهنده:
امیر موحدی

پاییز ۱۳۹۵

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

فهرست مطالب

مقدمه

تاریخچه ارت در جهان

تاریخچه ارت در ایران

مشخصات یک سیستم زمین خوب

انواع الکترود

اشتباهات رایج در درک مفهوم سیستم های زمین

جنبه ایمنی اتصال زمین

سیستم حفاظت در برابر صاعقه منطبق بر استاندارد IEC 62305-3

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

مقدمه

هدف از طراحی سیستم ارتینگ حفظ عایق بندی و تأمین صحت کار لوازم و دستگاه های الکتریکی و محدود کردن اضافه ولتاژها و کمک کردن به کارکرد صحیح لوازم با قطع مدارهای معیوب می باشد. همچنین ایجاد ایمنی برای افراد در تماس با تجهیزات الکتریکی نیز حفظ می شود.

دلایل زمین کردن

- فراهم ساختن ایمنی در زمان های عادی و حالت های اتصال کوتاه
- کسب اطمینان از کار صحیح وسایل الکتریکی
- تثبیت ولتاژ در حالت های گذرا
- میرا کردن اثرات ناشی از ضربه رعد و برق

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

چرا زمین کردن ضروریست ؟

دو دلیل عمده برای اینکار وجود دارد.

۱- حفاظت از تجهیزات و تأسیسات (زمین کردن الکتریکی)

الف: ارت کردن سیم نول یا مرکز ستاره ترانسفورماتور و ژنراتور

ب : ایجاد شیلد برای مقابله با نویز

۲- حفاظت از اشخاص (زمین کردن حفاظتی)

الف: ارت کردن بدنه های هادی و بیگانه

ب: ارت کردن برقگیر برای انتقال اضافه ولتاژ به زمین

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

مزایای استفاده از اتصال زمین مطلوب

- هنگام بروز اتصالی، از افزایش ولتاژ در سیستم جلوگیری می شود.
- اتصالات و اشکالات به وسیله رله های حفاظتی کشف شده و عیوب سیستم بلافاصله برطرف می گردد.
- برقگیرها بخوبی عمل می کنند.
- ایمنی پرسنل رعایت می گردد.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

تاریخچه ارت در جهان

تاریخچه ارت در جهان

-درسالهای ۱۸۸۰-۱۹۲۰ میلادی احداث خطوط انتقال و توزیع برق بدون نول زمین شده

-درسال ۱۹۲۳ الزامی شدن ارت بدنه تجهیزات برق درفرانسه

-درسال ۱۹۲۴ اجباری نمودن اتصال بدنه فلزی وسایل برقی به زمین توسط انجمن مهندسان برق IEE درانگلیس

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

-درسال ۱۹۲۷ تصویب بحث ارت کردن نقطه نول ترانسفورماتورها در فرانسه

-درسال ۱۹۳۵ استانداردهای جامع حفاظت اشخاص و تجهیزات تدوین و اجرایی شد

۱۸۸۰ تا ۱۹۲۰ ⇦ بدون سیستم زمین
۱۹۲۰ تا ۱۹۲۳ ⇦ مطالعه روی سیستم زمین
۱۹۲۴ ⇦ اجباری شدن سیستم زمین در انگلستان و فرانسه
۱۹۳۵ ⇦ تهیه استاندارد سیستم زمین

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

تاریخچه ارت در ایران

تاریخچه ارت در ایران

- شماره ۴۱۲۳- آئین کار اتصال به زمین- سال ۱۳۷۶
- شماره۶۷۶۵- وسایل برقی خانگی ــمقررات اتصال به زمین دستگاه های الکتریکی خانگی- سال ۱۳۸۱
- شماره۱-۶۲۱۶- حفاظت در برابر ضربه الکترومغناطیسی ناشی از صاعقه -قسمت اول - اصول کلی-سال ۱۳۸۱
- شماره ۶۲۱۷- ارزیابی احتمال آسیبهای وارده در اثر صاعقه
- شماره ۶۵۶۵-مشخصات سیستم حفاظت مزارع در برابر صاعقه

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

- شماره INSO-IEC 61400-24– توربین های بادی –قسمت ۲۴– حفاظت در برابر صاعقه
- شماره INSO-IEC-TR 60479-4– اثرات جریان بر انسان و دام – قسمت ۴–اثرات ضربه های صاعقه بر انسان و دام
- شماره ISIRI-IEC 60076-4– ترانسفورماتورهای قدرت – قسمت ۴– راهنمای آزمون ضربه صاعقه و ضربه کلید زنی – راکتورها وترانسفورماتورهای قدرت
- شماره ISIRI-ITU-T K.67–سری های k– حفاظت در برابر تداخل– فراخیزهای مورد انتظار در شبکه های مخابرات و سیگنال دهی ناشی از صاعقه

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

- شماره ISIRI-ITU-T K.56 - سرهای K حفاظت در برابر تداخل – حفاظت از ایستگاههای پایه رادیویی در برابر تخلیه های صاعقه
- شماره ISIRI-ITU-T K.47 - سرهای K حفاظت در برابر تداخل – حفاظت از خطوط مخابراتی با استفاده از هادی های فلزی برای مقابله با تخلیه های مستقیم صاعقه
- شماره ISIRI-ITU-T K.46 - سرهای K حفاظت در برابر تداخل – حفاظت از خطوط مخابراتی با هادی های متقارن فلزی در برابر فراخیزهای القاء شده صاعقه

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

استانداردهای بین المللی در بحث ارت

استانداردهای بین المللی در بحث ارت

- IEEE Standard 142: 2007
- IEEE Standard 80: 2013
- IEEE Standard 81: 2012
- IEEE Standard 1100: 2005
- NFPA 70: 2014
- NFPA 780: 2014
- BS 7430: 2015
- BSI EN 62561-7: 2012
- IEC 62305-1: 2010
- IEC 62305-2: 2010
- IEC 62305-3: 2010
- IEC 62305-4: 2010
- IEC 61643-12: 2008
- IEC 61643-22: 2015
- TIA 942-A: 2014
- NFC 17-102: 2011

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

مشخصات سیستم زمین خوب

یک اتصال زمین خوب بایستی ویژگی های زیر را داشته باشد.

- مقاومت آن تا حد امکان پایین باشد.
- دارای استحکام مکانیکی کافی باشد.
- تغییروضعیت خاک، مثلاً کاهش رطوبت بر روی آن کم اثر باشد.
- بر روی فلزات مدفون در محل (مانند لوله های تأسیسات، میلگرد های موجود در بتون مسلح و ...) اثر تخریبی نداشته و موجب خوردگی در آن ها نشود و همچنین خود در مقابل آثار متقابل آن ها مقاوم باشد.
- جریان های زیاد ناشی از اتصال کوتاه را بطور تکراری و بدون آسیب تحمل کند.
- در برابر پوسیدگی، و سایر عوامل مخرب مقاوم باشد به نحوی که به مدت طولانی مثلاً حدود ۳۰ سال، بتواند ویژگی ها و پایداری خود را حفظ کند.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

مواردی که برای داشتن یک مجموعه اتصال به زمین مناسب باید مورد بررسی قرار داده شود:

- جنس، مقاومت ویژه، دما و رطوبت خاکی که الکترود در آن مدفون می شود.
- جنس، اندازه و نحوه نصب الکترود زمین
- نحوه انجام اتصالات به الکترود زمین
- چگالی جریان در سطح الکترود در تماس با خاک
- پتانسیل روی سطح زمین اطراف الکترود
- اندازه گیری مستمر و پایش مقدار مقاومت الکتریکی
- هدایت الکتریکی خاک محل، بخصوص لایه های زیرین آن عامل مهمی در تعیین مقاومت اتصال زمین می باشد. اغلب خاک ها بخودی خود برای اجرای یک سیستم ارت خوب جوابگو نیستند و باید خواص الکتریکی خاک را با استفاده از مواد مناسبی (الکترولیت) تقویت کرد.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

عوامل مؤثر بر مقاومت مخصوص خاک

۱- دما

۲- رطوبت

رطوبت بیشترین نقش را در مقاومت مخصوص خاک دارد، زیرا به مواد شیمیایی موجود در خاک اطراف الکترود کمک می کند تا جریان الکتریکی را حمل کند. در کل هرچه رطوبت بیشتر باشد، مقاومت مخصوص خاک کمتر است.

۳- جنس خاک

خاک های تیره رنگ یا خاک هایی که داراری مواد ارگانیک زیادی هستند، اغلب هدایت الکتریکی مطلوبی دارند. در مقابل خاک های شنی که قابلیت حفظ نم طبیعی را ندارند، دارای رطوبت و الکترولیت بسیار کمی بوده و لذا امپدانس بالایی دارند.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

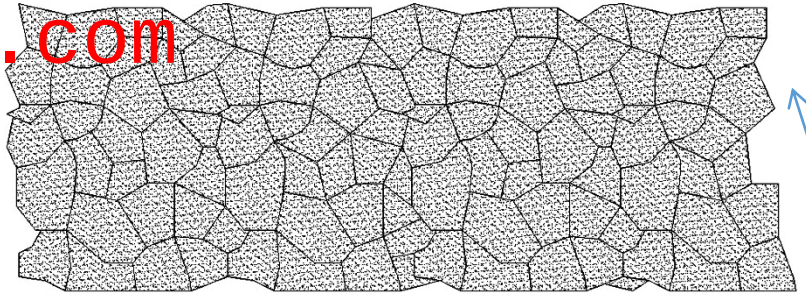
۴- دانه بندی و فشردگی

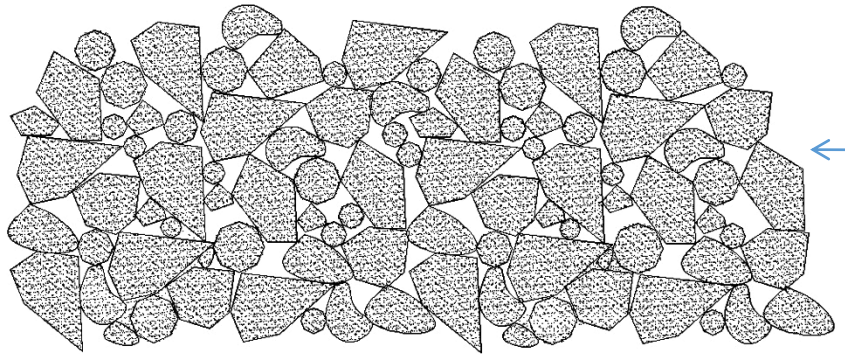
هرچه دانه های خاک ریزتر باشند، سطح تماس آن ها بیشتر و هدایت الکتریکی بهتر است. اجرای ارت در زمین دست نخورده اهمیتی فوق العاده دارد، زیرا خاک بهم فشرده است. فشردگی خاک بمعنی چسبیدن بیشتر ذرات به یکدیگر و ایجاد مسیر بهتر برای هدایت است. دقیقاً به همین دلیل است که در هنگام نصب میله ارت نباید برای آن چاه حفر نموده و بایستی آنرا مستقیماً در زمین کوبید. اینکار در کاهش مقاومت چاه اثر زیادی دارد.

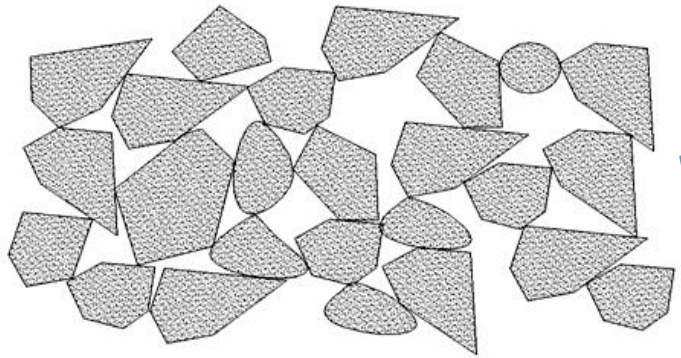
TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

مشخصات سیستم زمین خوب







http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

نوع خاک	مقاومت مخصوص (اهم متر)
زمین باتلاقی	۵ تا ۴۰
گل و خاک رس	۲۰ تا ۲۰۰
ماسه	۲۰۰ تا ۲۵۰۰
شن	۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰
زمین سنگلاخ	۳۰۰۰۰
گرانیت	۵۰۰۰۰

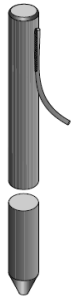
TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

انواع الکترود

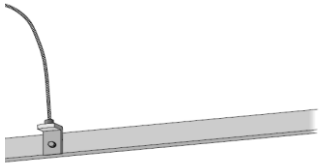
انواع الکترود

- میله ای (فولاد یا گالوانیزه)



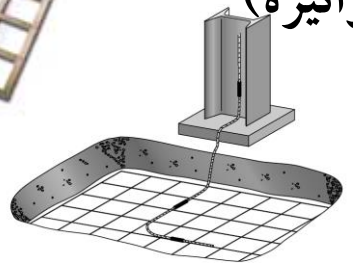
- صفحه ای (مسی، چدنی یا آهن گالوانیزه)

- تسمه ای (مسی یا آهن گالوانیزه)



- مشبک (مسی یا آهن گالوانیزه)

- مش (سیم مسی)



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

الکترود میله ای

اگر مقاومت مخصوص خاک و مشخصات میله (قطر و طول) را داشته باشیم، می توان مقاومت الکترود را با رابطه زیر تعیین کرد که در این رابطه L طول میله، d قطر میله و ρ مقاومت مخصوص خاک محل می باشد.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left[Ln\frac{8L}{d} - 1\right]$$

بطور مثال اگر یک میله ۲/۴ متری به قطر ۱۶ میلی متر در محلی با مقاومت مخصوص ۱۰۰ اهم متر کوبیده شود، مقامت آن طبق رابطه بالا ۴۰/۴ اهم می شود.

الکترود میله ای مرکب

اگر چند الکترود میله ای در زمین نصب و با هم موازی شوند، مقاومت مجموع از روابط زیر محاسبه می گردد.

الف: میله ها در یک راستا باشند.

اگر مقاومت هر میله R فرض شود، داریم:

$$R_{eq} = \frac{R}{n}.K$$

اگر تعداد میله ها ۳ عدد باشد: K=۱/۲۵

اگر تعداد میله ها بیشتر از ۳ عدد باشد: K=۱

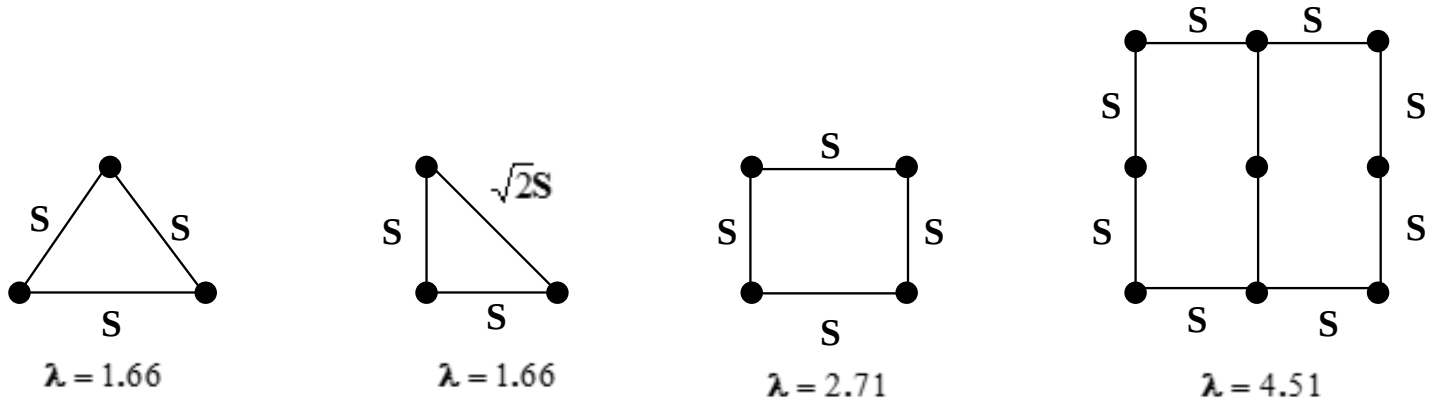
TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

ب: میله ها در یک راستا نباشند.

$$R_{eq} = \frac{R}{n}\left(1 + \frac{\lambda \times \rho}{2\pi \times R \times S}\right)$$

که در این رابطه S فاصله بین میله ها می باشد و λطبق آرایش زیر محاسبه می شود.



بطور مثال، ۳ میله مانند مثال قبل و در همان شرایط در اختیار داریم. مقاومت معادل آنها با فرض فاصله ۵/۵ متر از یکدیگر:

حالت هم راستا:

$$R_{eq} = \frac{40.4}{3} \times 1.25 = 16.8$$

حالت مثلثی:

$$R_{eq} = \frac{40.4}{3}\left(1 + \frac{1.66 \times 100}{2\pi \times 40.4 \times 5.5}\right) = 15\Omega$$

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

الکترود صفحه ای

مقاومت الکترود صفحه ای با مساحت A در محلی به مقاومت مخصوص ρ از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$R = \frac{\rho}{4}\sqrt{\frac{\pi}{2A}}$$

اگر صفحه ای به ضلع L باشد، رابطه فوق به فرم زیر ساده می شود.

$$R = 0.31\frac{\rho}{L}$$

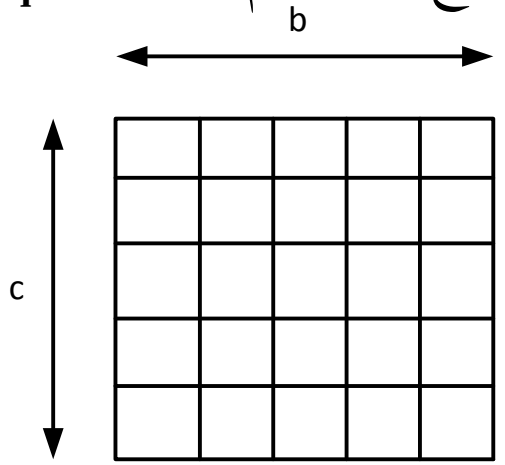
بطور مثال، مقاومت صفحه ای به ضلع ۰/۶ متر در زمین با مقاومت مخصوص ۱۰۰، طبق رابطه فوق ۵۱/۷ اهم می باشد.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

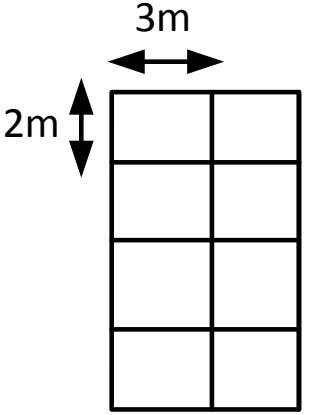
شبکه مش

هرگاه شبکه ای از سیم های متقاطع به شکل زیر را در زمین با مقاومت مخصوص ρ دفن کنیم، به طوریکه مجموع طول سیم های شبکه L_{eq} و شعاع معادل آن $r_e = \frac{b+c}{\pi}$ باشد، مقاومتش برابر است با:



$$R = \frac{\rho}{4r_e} + \frac{\rho}{L_{eq}}$$

بطور مثال، اگر مشی به شکل زیر در زمینی با مقاومت مخصوص ۱۰۰ اهم متر دفن شده باشد، مقاومت آن برابر است با:



$$L_{eq} = (5\times 6) + (8\times 3) = 54\mathbf{m}$$

$$r_e = \frac{8+6}{\pi} = 4.46\mathbf{m}$$

$$R = \frac{100}{4\times 4.46} + \frac{100}{54} = 7.46\Omega$$

مقاومت الکترود صفحه ای > مقاومت الکترود میله ای > مقاومت الکترود میله ای مرکب > مقاومت شبکه مش

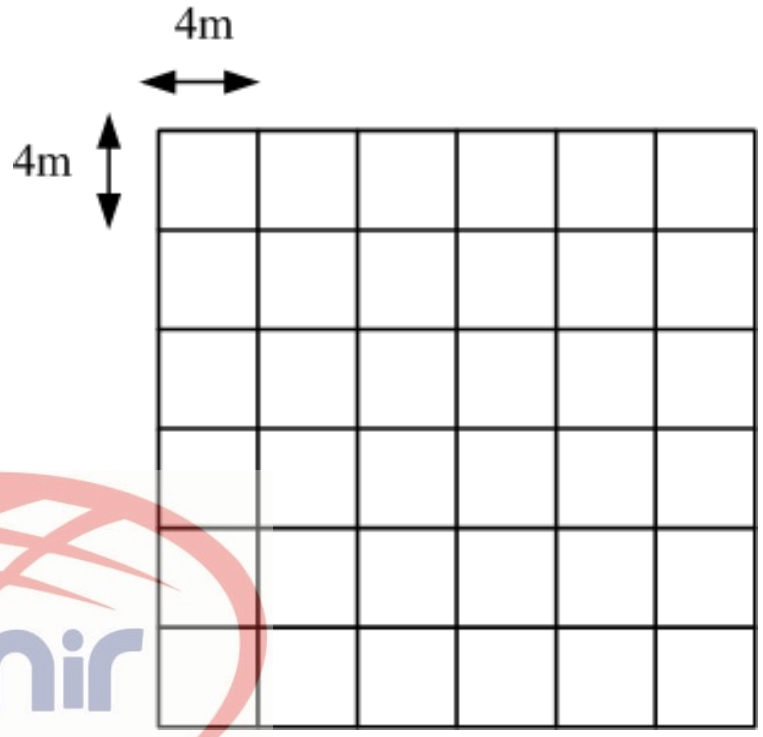
http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

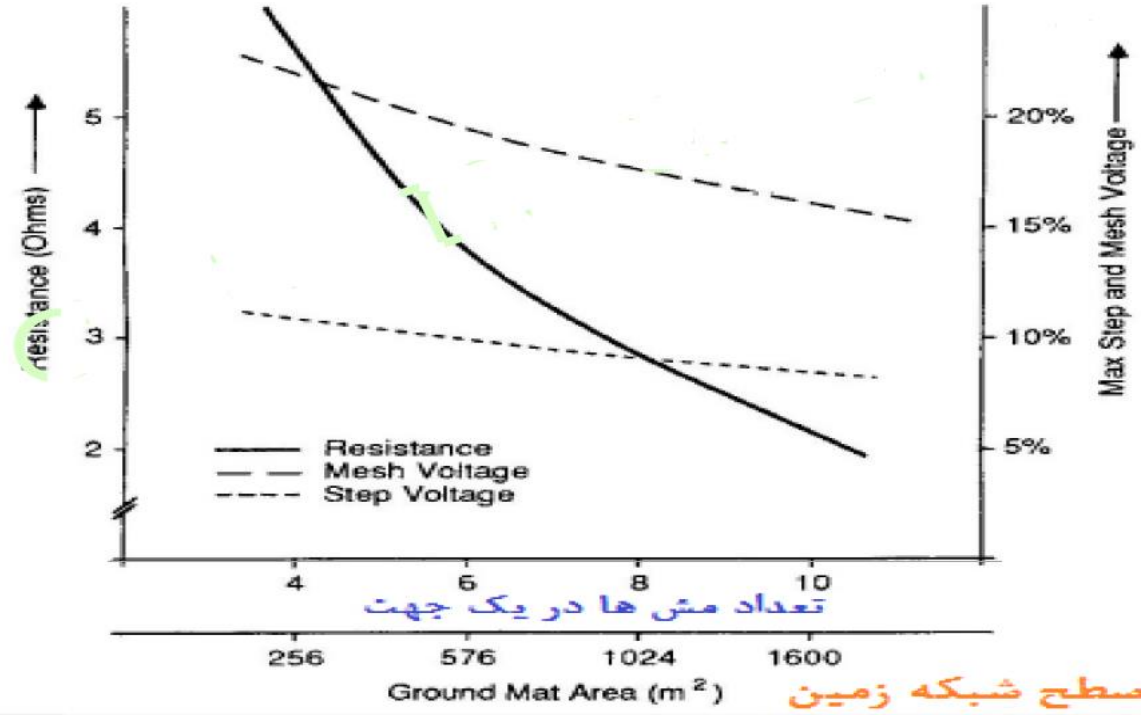
تحلیل پارامترهای مختلف در شبکه مش

در شکل زیر شبکه مش ۶*۶ و اندازه هر خانه مش ۴*۴ مترمربع می باشد.

فرض ۱: با ثابت نگه داشتن اندازه هر خانه (۴*۴ مترمربع)، تعداد خانه های شبکه مش را افزایش می دهیم.

همانطورکه در نمودار مشاهده می شود، مقاومت، ولتاژ گام و ولتاژ تماس کاهش می یابند.

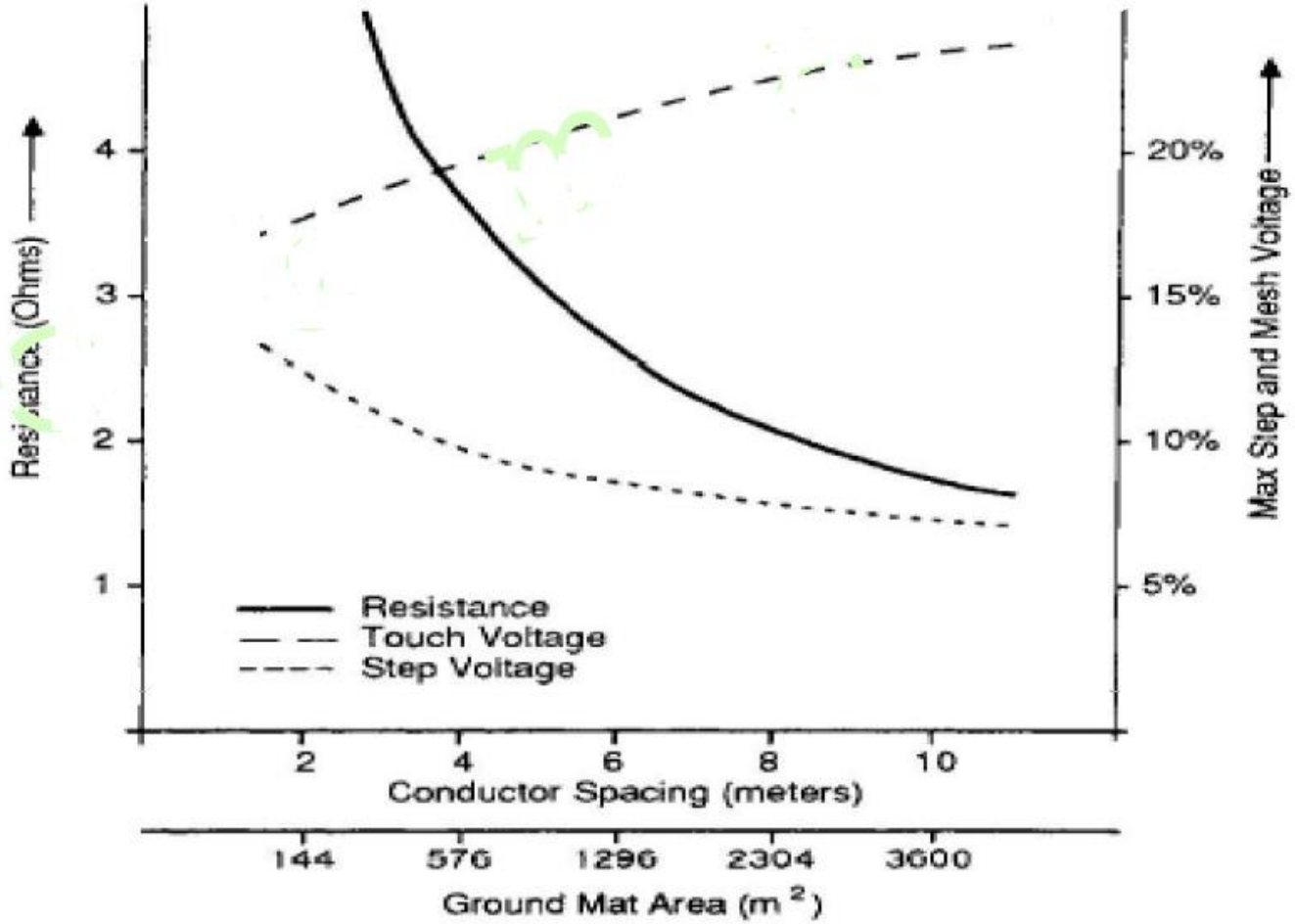




http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

فرض ۲: در این حالت تعداد خانه ها را ثابت در نظر می گیریم (۶*۶) ولی اندازه خانه ها را تغییر می دهیم.

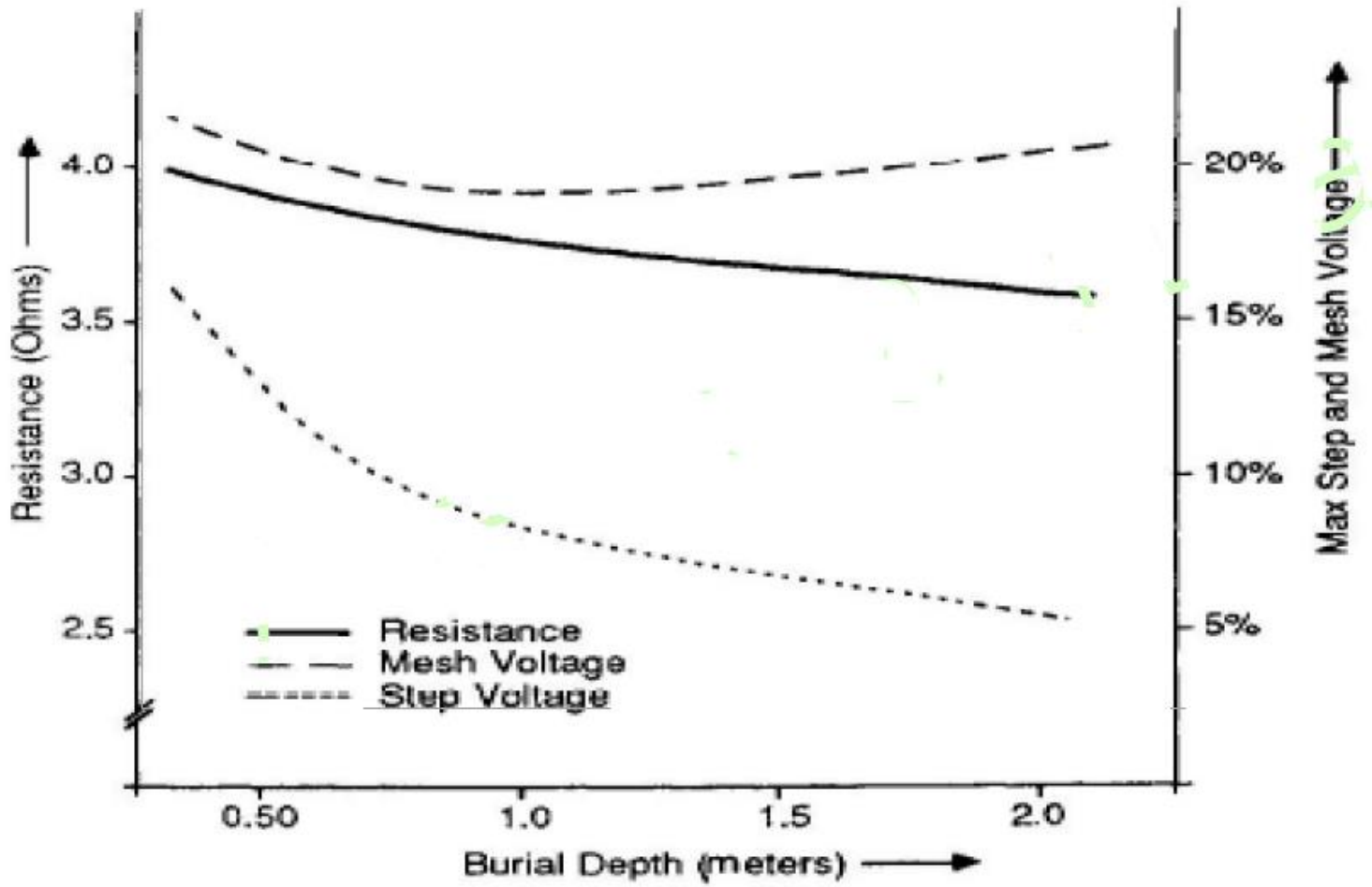
همانطور که در نمودار مشاهده می شود، در این حالت مقاومت و ولتاژ گام کاهش می یابد ولی ولتاژ تماس افزایش می یابد.



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

فرض ۳: در این حالت تعداد و اندازه خانه ها را ثابت در نظر می گیریم ولی عمق دفن هادی را تغییر می دهیم.

همانطور که در نمودار مشاهده می شود، در این حالت مقاومت و ولتاژ گام کاهش می یابد. ولتاژ تماس در عمق یک متری بهترین حالت را دارد ولی در عمق های بیشتر از یک متر، ولتاژ تماس بیشتر می شود.

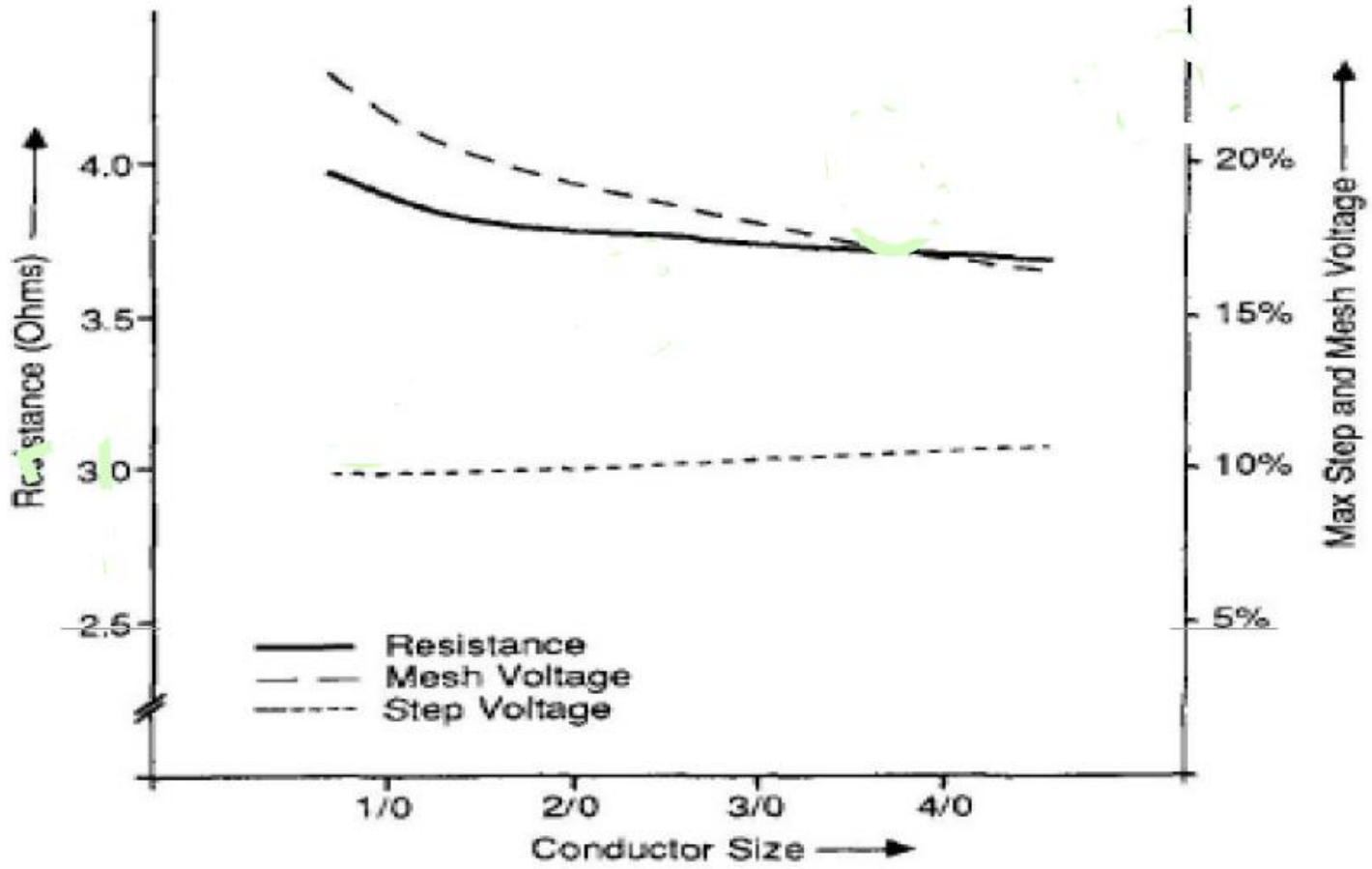


TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

فرض ۴: در این حالت تمامی پارامترها را ثابت در نظر می گیریم ولی سطح مقطع هادی را تغییر می دهیم.

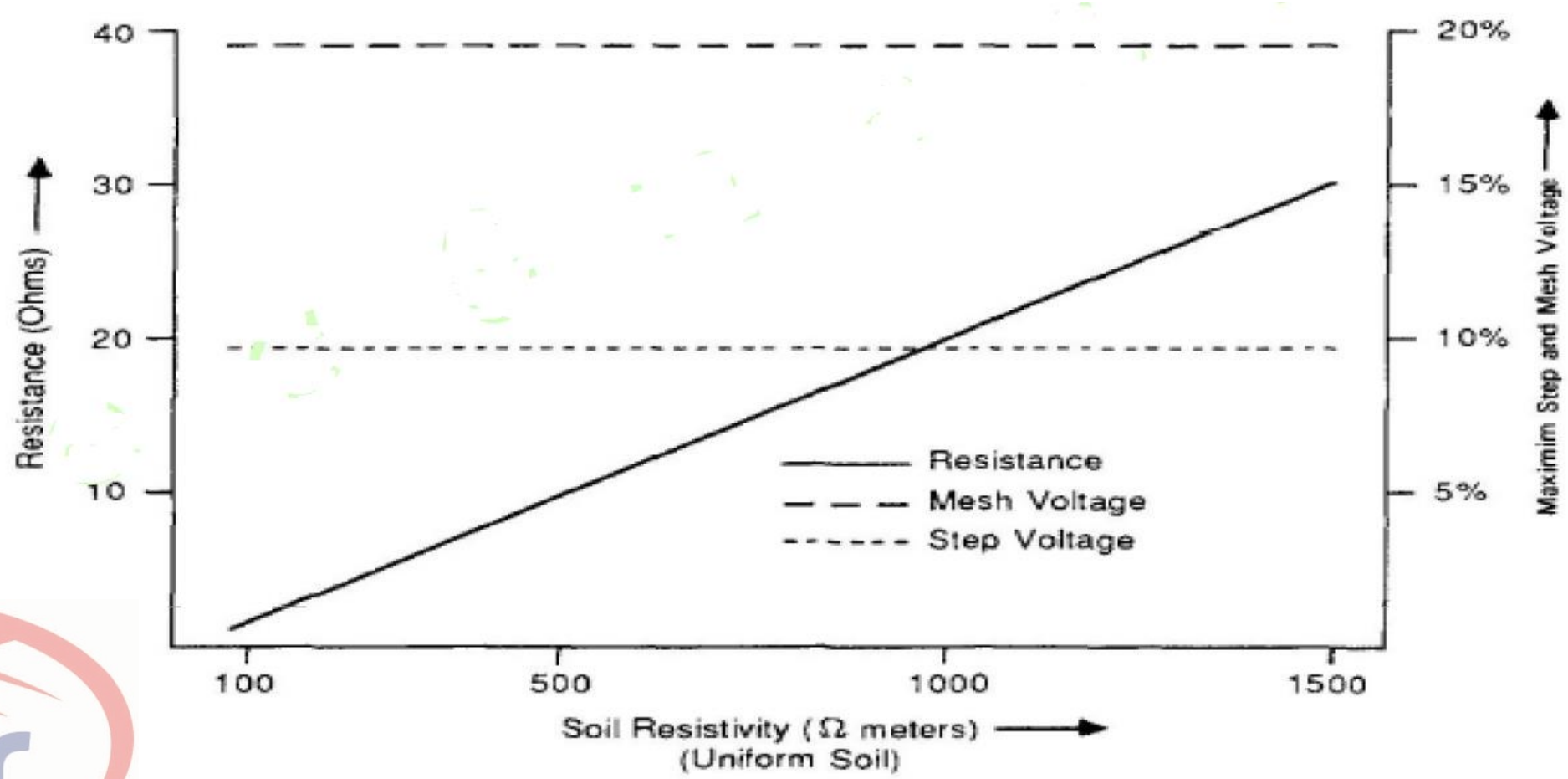
در این حالت وقتی اندازه هادی از یک به دو افزایش یابد، مقاومت و ولتاژ تماس کاهش می یابند. افزایش بیشتر سطح مقطع هادی، فقط کاهش کوچی در مقاومت و ولتاژ تماس ایجاد می کند.



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

فرض ۵: در این حالت تمامی پارامترها را ثابت در نظر می گیریم ولی مقاومت مخصوص خاک را زیاد می کنیم.

در این حالت مقاومت افزایش می یابد ولی ولتاژ گام و تماس تغییری نمی کنند.



TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

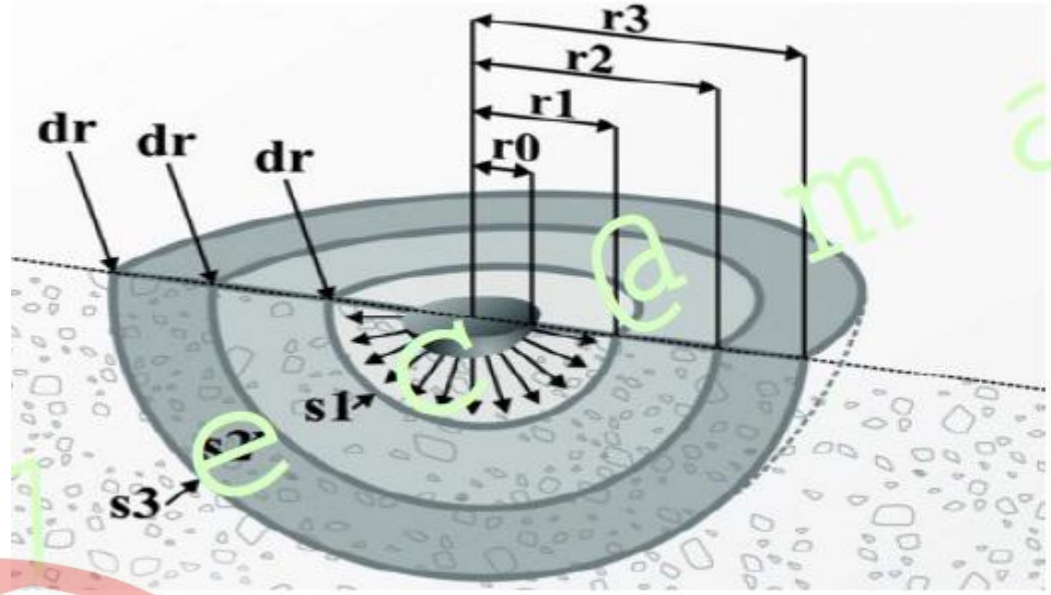
برای الکترود زمین داریم:

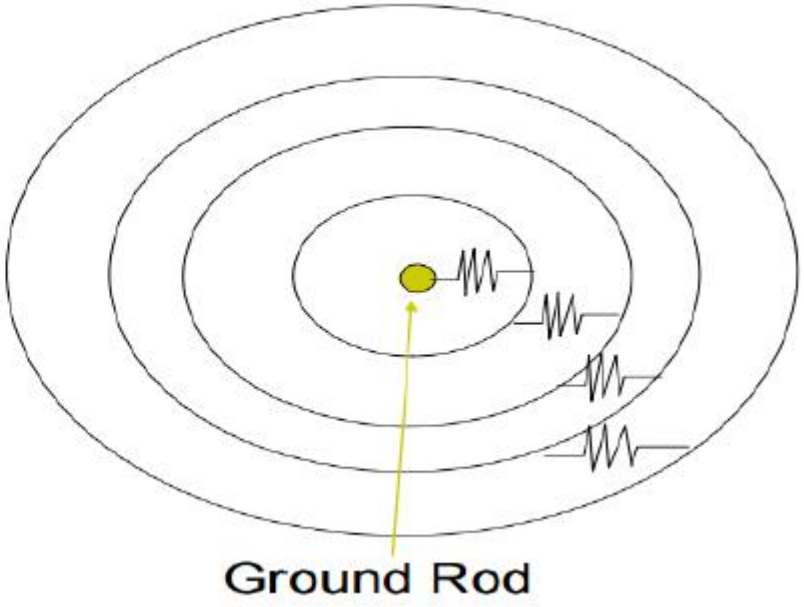
- الکترود زمین داری جریان و چگالی جریان است.
- مقاومت الکترود زمین نسبت به زمینی در دور دست اندازه گیری می شود.
- عبور جریان از داخل الکترود زمین و لایه های مختلف خاک، سبب ایجاد یک افت ولتاژ در اطراف الکترود زمین خواهد شد.
- تغییرات مقاومت خاک سبب ایجاد تغییرات در مقادیر افت ولتاژ خواهد شد.
- تغییر مقدار چگالی جریان با توجه به ثابت بودن تقریبی مقدار مقاومت زمین، سبب ایجاد تغییرات افت ولتاژ اطراف الکترود خواهد شد.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

- مقاومت الکترود زمین را نسبت به جرم کلی زمین می توان با فرض مقاومت های متعدد که به شکل سری و موازی می باشند، به صورت لایه های چسبیده به هم در اطراف الکترود تصور کرد (مقاومت لایه اول r_0، مقاومت لایه دوم r_1 و ...). که به این ناحیه حوزه مقاومتی الکترود گفته می شود.



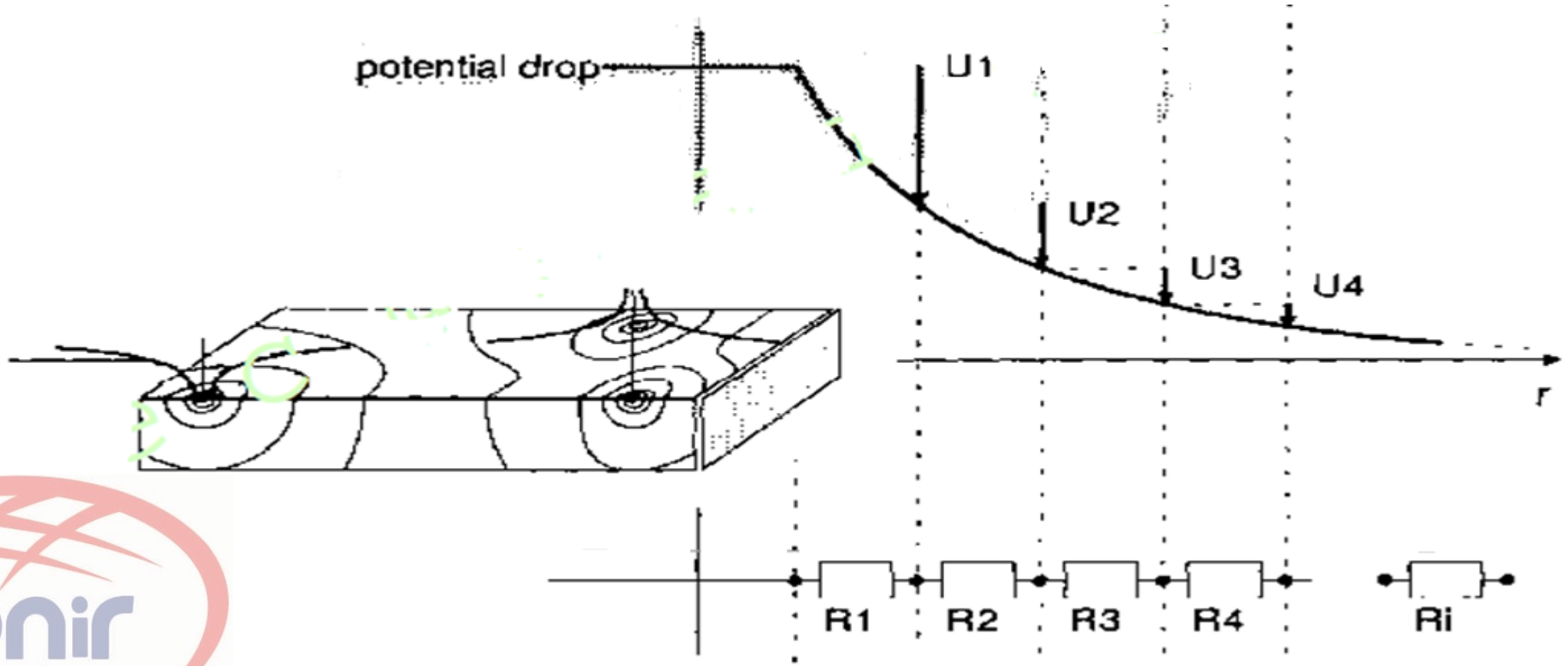


TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

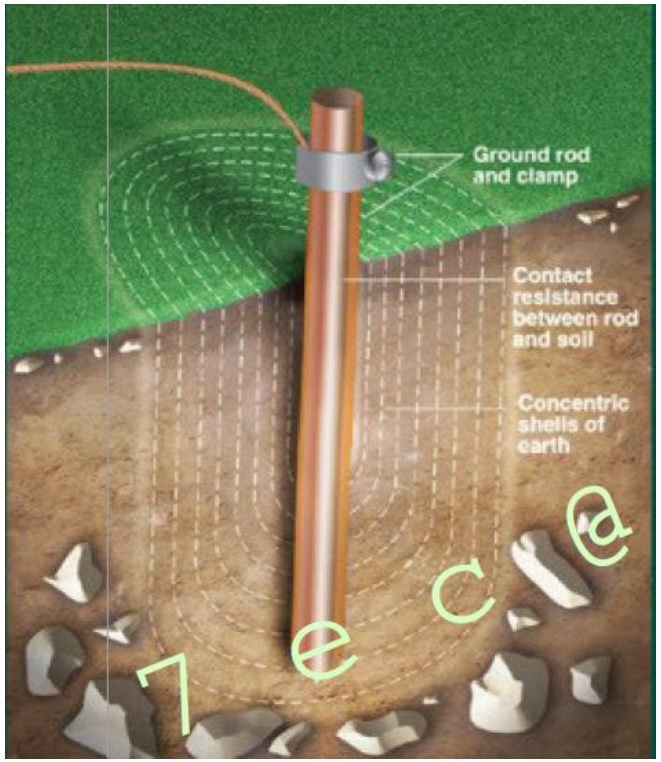
- عبور جریان از حوزه مقاومتی اطراف الکترود، افت ولتاژ متغیری را ایجاد می کند. عبور جریان از لایه خاک با مقاومت R_1 افت ولتاژ U_1 و با عبور از لایه با مقاومت R_2 افت ولتاژ U_2 را داریم. این جریان تا جایی افت پیدا می کند که در یک نقطه میرا می شود که به این ناحیه حوزه ولتاژی الکترود گفته می شود.

اگر دو الکترود در سیستم زمین استفاده شوند باید در خارج از حوزه ولتاژی یکدیگر قرار گیرند.



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

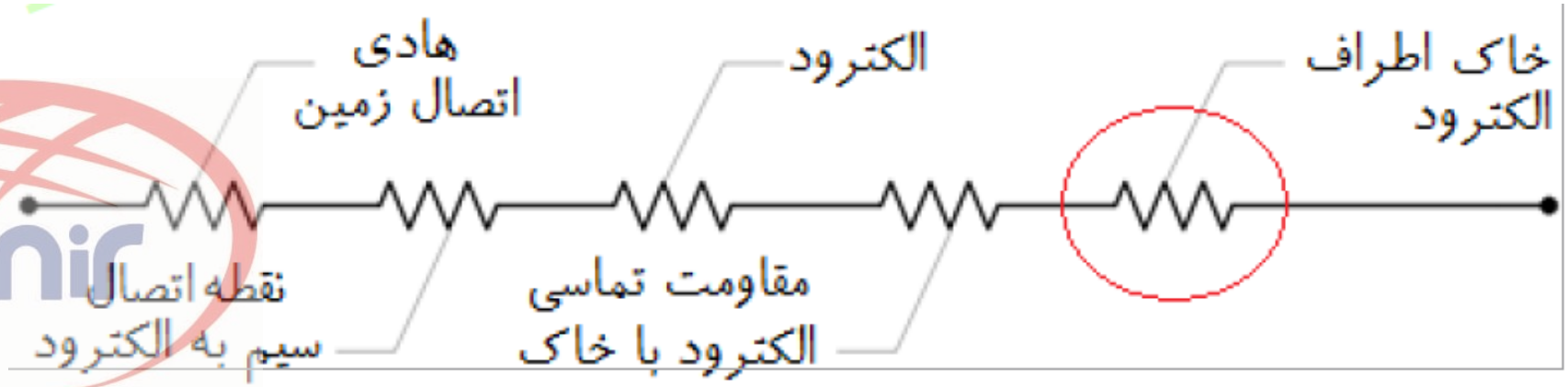
اشتباهات رایج در درک مفهوم سیستم های زمین



سهم عوامل مختلف در مقاومت الکترود

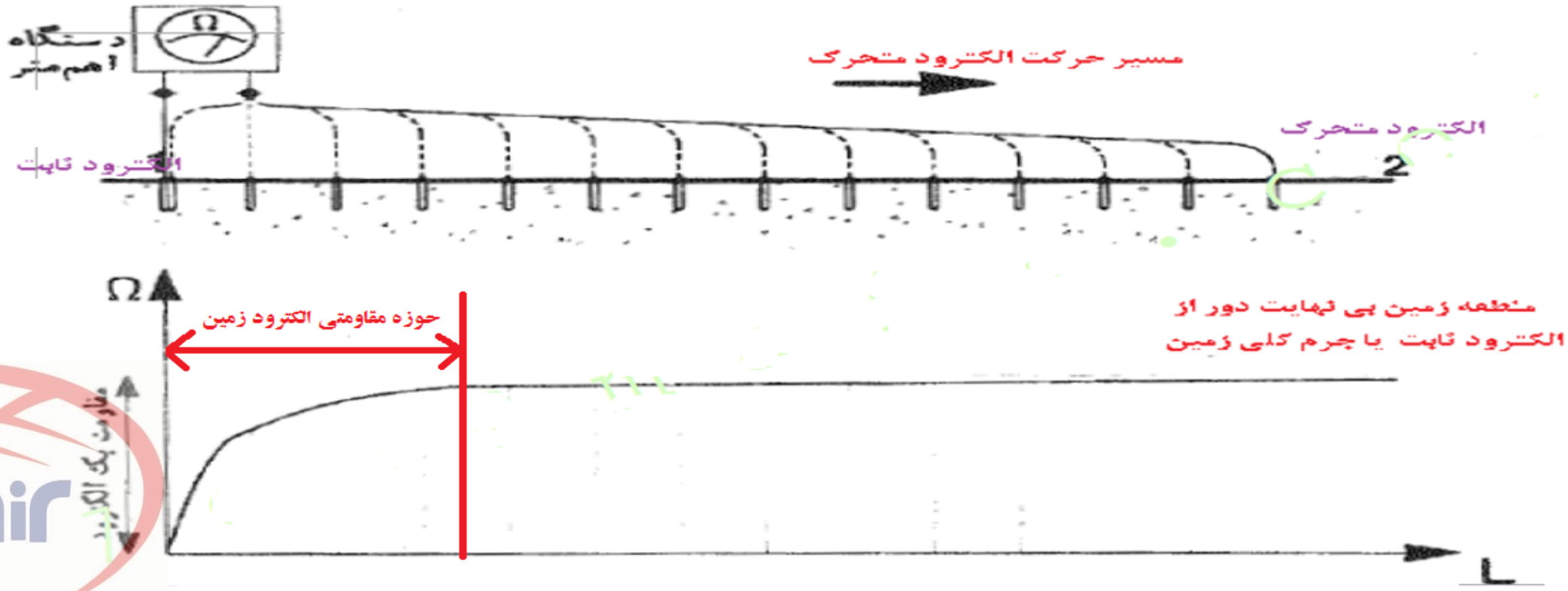
- منظور از مقاومت الکترود، مقاومت میله الکترود نمی باشد.
- نوع الکترود و جنس الکترود در مقاومت اندازه گیری شده

  تأثیر زیادی ندارد.
- جنس خاک عامل مهم در مقاومت اندازه گیری شده می باشد.
- منظور از مقاومت الکترود، مقاومت خاک می باشد.



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

- الکترود ارت در زمین کوبیده می شود و اگر الکترود دوم چسبیده به الکترود زمین باشد، دستگاه اهم متر مقدار صفر را نشان می دهد. هرچه فاصله دو الکترود بیشتر شود، مقدار اهم بیشتر می شود، تا یک فاصله ای که مقدار اهم ثابت می شود. جاییکه مقاومت دیگر تغییری نمی کند، زمین بینهایت (مرجع) می باشد.
- الکترود دوم برای اندازه گیری مقاومت، باید خارج از حوزه مقاومتی الکترود ارت قرار داشته باشد.



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

فراموش کردن عناصر مهم دیگر در ایمنی

- همه ایمنی، سیستم زمین نمی باشد.
- همبندی مهمترین عامل در ایمنی ساختمان می باشد

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

طبق مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمان، در یک ساختمان یک هادی همبندی اصلی باید کلیه قسمت های زیر را از نظر الکتریکی به یکدیگر وصل کند.

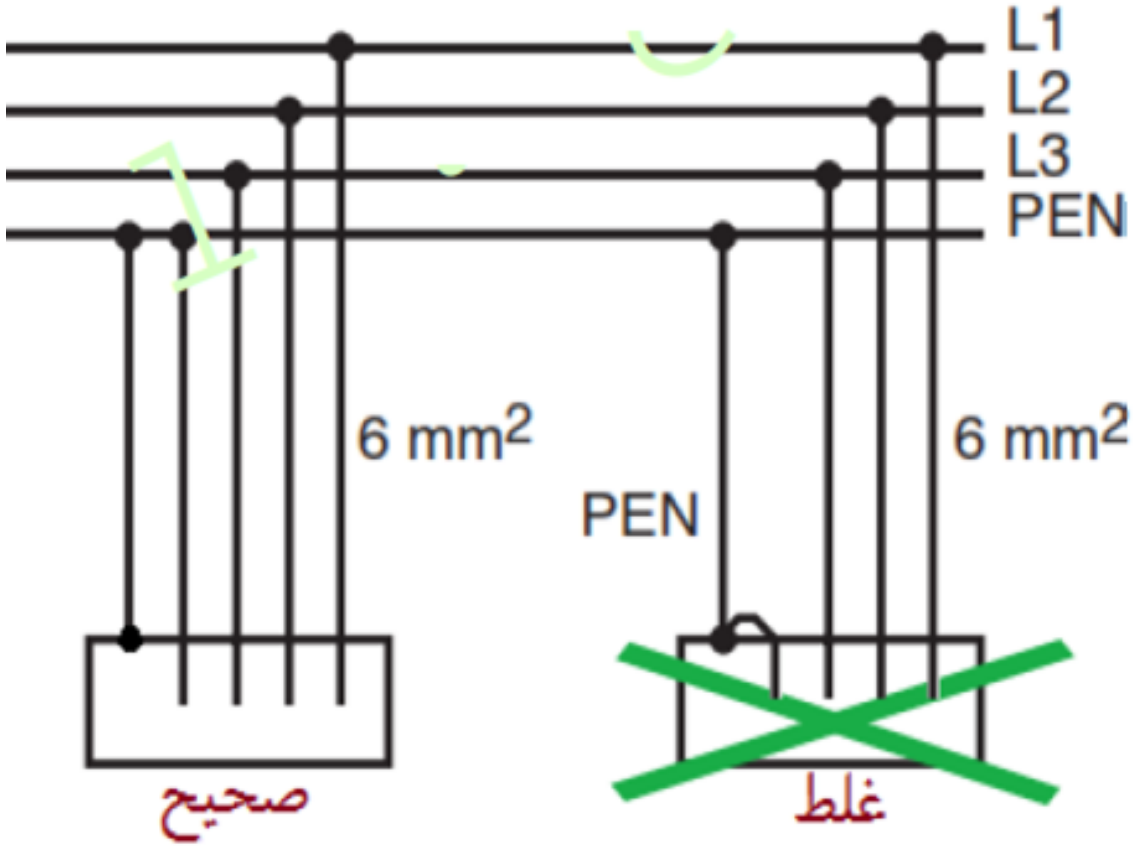
- هادی حفاظتی اصلی (PE یا PEN)
- الکترودهای اصلی و فرعی اتصال زمین
- قسمت های اصلی فلزی ساختمان مانند اسکلت فلزی
- هادی خنثی (N)
- لوله های اصلی فلزی آب
- چنانچه کوچکترین شکی نسبت به کارایی وسایل قطع خودکار مدار (فیوز، انواع کلیدهای خودکار) وجود داشته باشد، باید از همبندی اضافی برای هم ولتاژ کردن استفاده کرد. همبندی اضافی ممکن است کلیه تأسیسات، قسمتی از آن و یا یک دستگاه یا وسیله یا محل را در بر گیرد.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

بی توجهی به الزامات سیستم TN-C

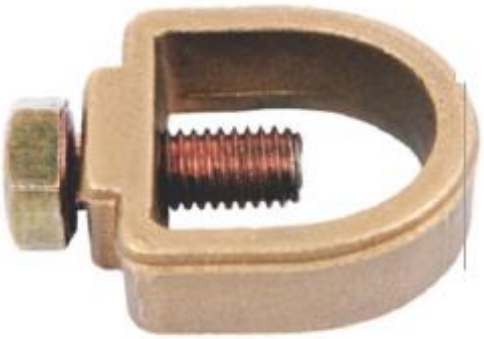
- درصورتیکه با سیستم TN-C به مشترک برق داده شود، باید از کابل ۵ رشته ای یا کابل ۱۰*۴ استفاده شود (نباید از کابل ۶+۶*۳ برای سه فاز و ۶+۶*۱ برای تکفاز استفاده شود).



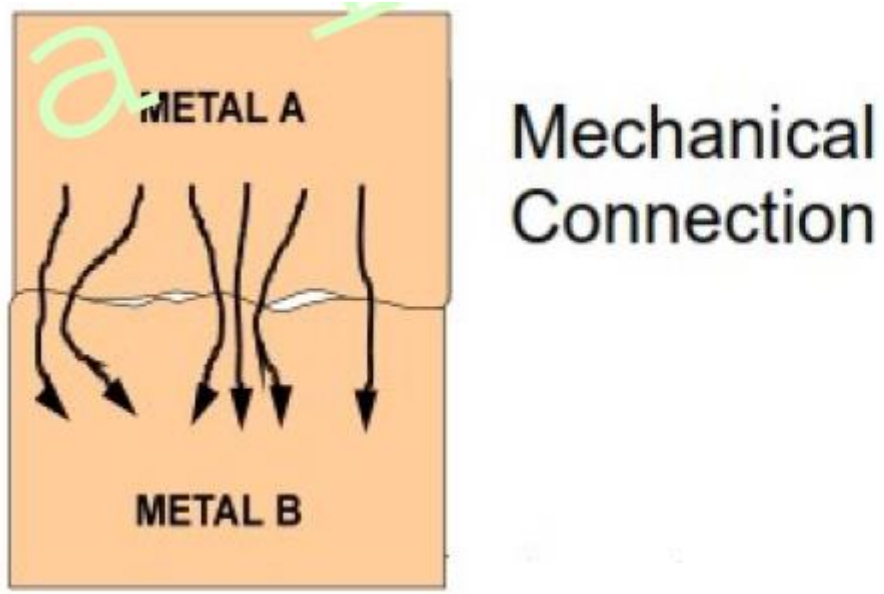
http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

استفاده های وسیع از اتصالات مکانیکی (کلپ، کرپی، کابل شو) به جای جوش

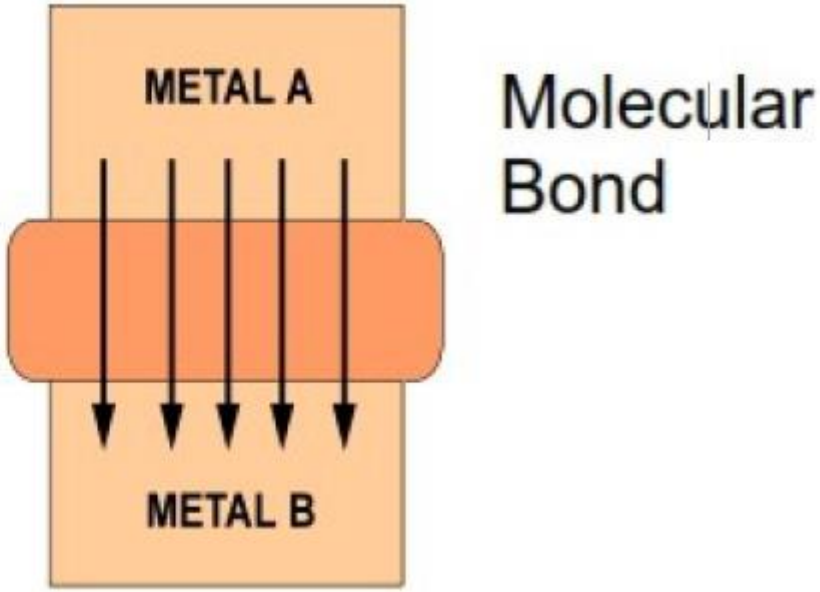
- در اتصالات مکانیکی فاصله وجود دارد، بنابراین از همه سطح جریان عبور نمی کند.
- در اتصالات مکانیکی خوردگی وجود دارد.
- بهترین روش برای اتصال هادی های زیر زمین در سیستم ارتینگ، اتصال به روش جوش احتراقی می باشد (IEEE 837).



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com



خطوط عبور جریان در اتصال مکانیکی



خطوط عبور جریان در اتصال جوش

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

بی توجهی به مسئله خوردگی الکترود

- هر فلزی را با هر فلزی نمی توانیم در خاک کنیم.
- از آلومینیوم مطلقاً نمی توانیم استفاده کنیم.

ماده ای که دارای سطح بزرگتر است (معمولاً غیر از الکترود)	جسم الکترود یا جسم با سطح کوچکتر			
	فولاد	فولاد گالوانیزه	مس	مس قلع اندود
فولاد گالوانیزه	+	+	+	+
فولاد در داخل بتن	–	–	+	+
فولاد گالوانیزه در داخل بتن	+	+	+	+
سرب	+	+	+	+

+: منسب برای همبندی

–: نامناسب برای همبندی

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

در جدول زیر اگر اختلاف الکترو نگاتیویته دو فلز بیشتر از ± 0.3 ولت باشد، احتمال خوردگی گالوانیک وجود دارد (خوردگی گالوانیک (Galvanic corrosion) به خوردگی در اثر وجود اختلاف پتانسیل الکتریکی بین فلزات در ارتباط با یکدیگر گفته می‌شود. اختلاف پتانسیل باعث شارش الکترونها بین این دو فلز می‌شود. در این حالت فلز دارای پتانسیل تعادلی کمتر، آند پیل الکتروشیمیایی را تشکیل داده و خورده می‌شود. فلز کاتد خورده نمی‌شود و یا خوردگی آن بسیار کم می‌شود.

	Magnesium	Aluminum	Zinc	Iron	Cadmium	Nickel	Tin	Lead	Copper	Silver	Palladium	Gold
MAGNESIUM	0.00	-0.71	-1.61	-1.93	-1.97	-2.12	-2.23	-2.24	-2.71	-3.17	-3.36	-3.87
ALUMINUM	0.71	0.00	-0.90	-1.22	-1.26	-1.41	-1.52	-1.53	-2.00	-2.46	-2.65	-3.16
ZINC	1.61	0.90	0.00	-0.32	-0.36	-0.51	-0.63	-0.64	-1.10	-1.56	-1.75	-2.26
IRON	1.93	1.22	0.32	0.00	-0.04	-0.19	-0.30	-0.31	-0.78	-1.24	-1.43	-1.94
CADMIUM	1.97	1.26	0.36	0.04	0.00	-0.15	-0.27	-0.28	-0.74	-1.20	-1.39	-1.90
NICKEL	2.12	1.41	0.51	0.19	0.15	0.00	-0.11	-0.12	-0.59	-1.05	-1.24	-1.75
TIN	2.23	1.52	0.63	0.30	0.27	0.11	0.00	-0.01	-0.47	-0.94	-1.12	-1.64
LEAD	2.24	1.53	0.64	0.31	0.28	0.12	0.01	0.00	-0.46	-0.93	-1.11	-1.63
COPPER	2.71	2.00	1.10	0.78	0.74	0.59	0.47	0.46	0.00	-0.46	-0.65	-1.16
SILVER	3.17	2.46	1.56	1.24	1.20	1.05	0.94	0.93	0.46	0.00	-0.19	-0.70
PALLADIUM	3.36	2.65	1.75	1.43	1.39	1.24	1.12	1.11	0.65	0.19	0.00	-0.51
GOLD	3.87	3.16	2.26	1.94	1.90	1.75	1.64	1.63	1.16	0.70	0.51	0.00

LESS NOBLE

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

استفاده از نمک در چاه ارت

- در اثر مرور زمان و حل شدن نمک (حدوداً ۲ سال بعد از احداث چاه ارت)، از حجم مواد پر کننده کم شده و در صورتیکه این حجم از دست رفته با خاک جایگزین نشود (اصولاً هم جایگزین نمی شود) و بصورت خالی باقی بماند، مقاومت الکترود بیش از حد زیاد خواهد شد.
- چون امکان ترمیم چاه ارت وجود ندارد، لذا نباید از نمک در چاه ارت استفاده نمود.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

علاقه افراطی به استفاده از صفحه

الکترودهای صفحه ای در رده آخر ارجحیت انواع الکترودها قرار دارند. در اوایل رشد صنعت الکتروتینیک، اعتقاد بر این بود که هرچه مساحت یک الکترود بیشتر باشد، مقاومت آن نسبت به جرم کلی زمین کمتر خواهد بود. پس از سال ها تحقیق و تجربه، معلوم گردید که این باور نادرست بوده است (متأسفانه در ایران استفاده از این نوع الکترود، جزء سنت درآمده است و سود نصاب در نصب صفحه می باشد).

با توجه به اینکه بیشترین افت ولتاژ در یک سیستم الکترود زمین، در حجم خاکی اتفاق می افتد که در فاصله حدود یک متری از سطح الکترود قرار دارد (تراکم جریان در این ناحیه بیشترین مقدار را دارد)، لذا برای بدست آوردن حداقل مقاومت نسبت به زمین، باید تراکم جریان با دور شدن از الکترود، به سرعت کم شود. لذا استفاده از میله، سیم یا تسمه نسبت به یک صفحه با همان سطوح جانبی ارجحیت دارد (مثلاً یک صفحه ۶۰*۶۰ نمی تواند به اندازه یک میله ۳ متری مؤثر باشد).

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

چرا وقتی صفحه اجرا می شود، مقاومت اندازه گیری شده کمتر از حالت استفاده از میله می باشد؟

- حفاری و استفاده از الکترولیت و بنتونیت در اطراف صفحه
- خود صفحه به تنهایی مقاومت بیشتری نسبت به میله دارد.

اگر مجبور به استفاده از صفحه شدیم، می توانیم به جای آن از ۵ دور سیم با نمره حداقل ۳۵ که با قطر ۵۰ cm از یکدیگر قرار دارند، استفاده نمود (مبحث ۱۳).

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

اشتباهات رایج در درک مفهوم سیستم های زمین

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

استفاده غلط از بنتونیت

- عدم رعایت نسبت صحیح اختلاط با آب موقع اجرا
- تزریق رطوبت بیش از حد
- ترکیب با خاک
- ترکیب با نمک

نحوه صحیح استفاد از بنتونیت در استاندارد IEEE 80 می باشد.

TOONIR

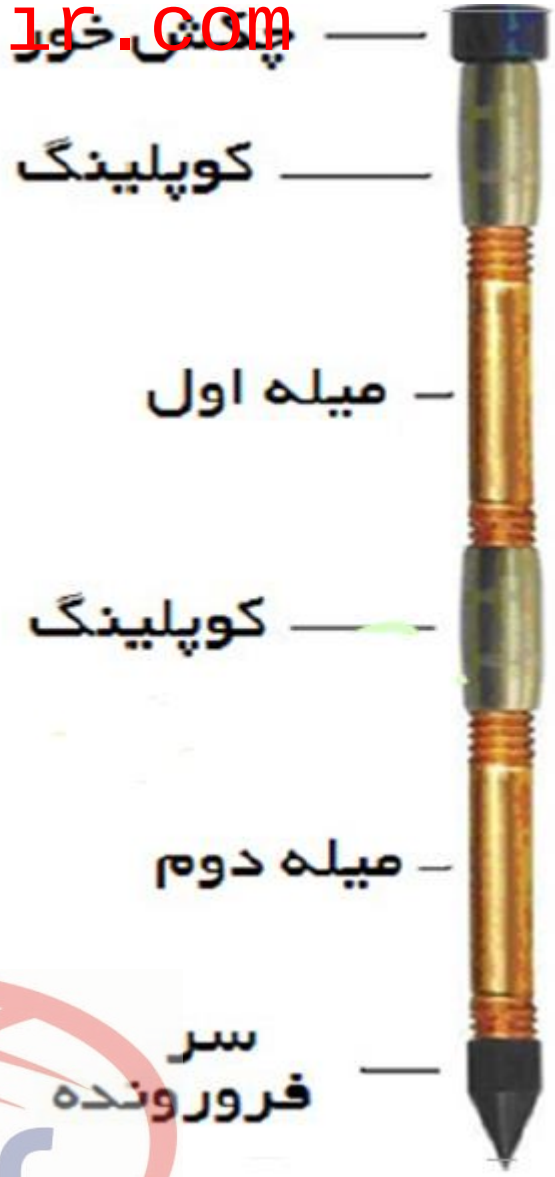
http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

معمولاً برای چاهی به قطر حدود ۸۰ سانتی متر و صفحه ای به ضلع ۵۰سانتی متر، حدود ۳۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم بنتونیت و ۳ برابر آن ، آب لازم است.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

استفاده از میله یکپارچه ۱/۵ متری



- طبق استاندارد وزارت نیرو و NEC طول الکترود میله ای باید بیشتر از ۲/۴۴ متر باشد.
- برای نصب میله نباید حفاری شود و باید در زمین کوبیده شود.
- میله بصورت یکپارچه نمی باشد.
- در ابتدا میله دوم کوبیده می شود (حدود ۱/۵ متر می باشد)، سپس کوپلینگ بسته می شود و سپس میله اول نصب می شود.

TOONIR

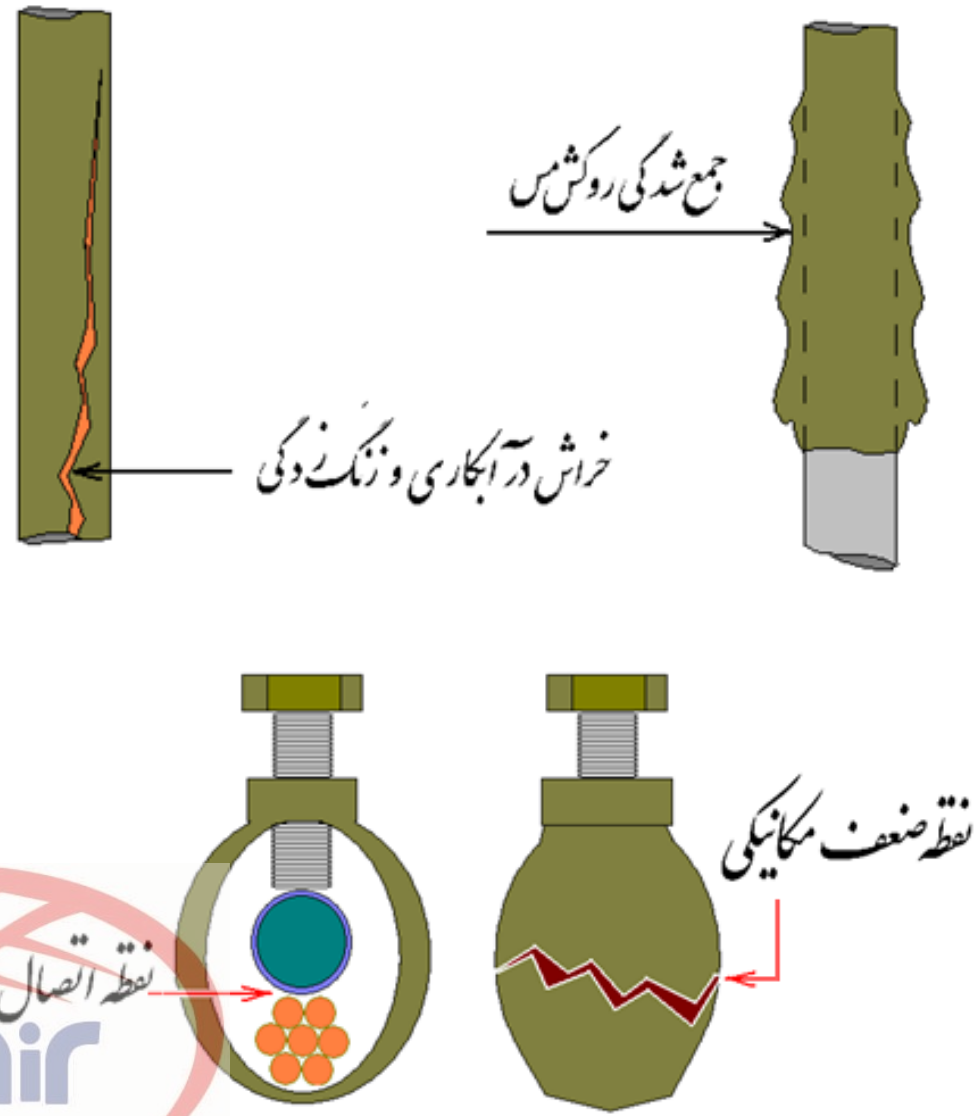
http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

استفاده از ابزار مناسب برای نصب

- چکش پیکور
- چکش پنوماتیک

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

استفاده از میله غیر استاندارد



در بازار اغلب میله‌های ارزان‌قیمتی به فروش می‌رسد که با فروکردنِ یک میله‌ی فولادی درون یک لوله‌ی مسیِ هم‌اندازه با آن ساخته شده‌اند. این الکترودها دارای عیوب زیر می‌باشند و به‌کارگیریِ آن‌ها توصیه نمی‌شود.

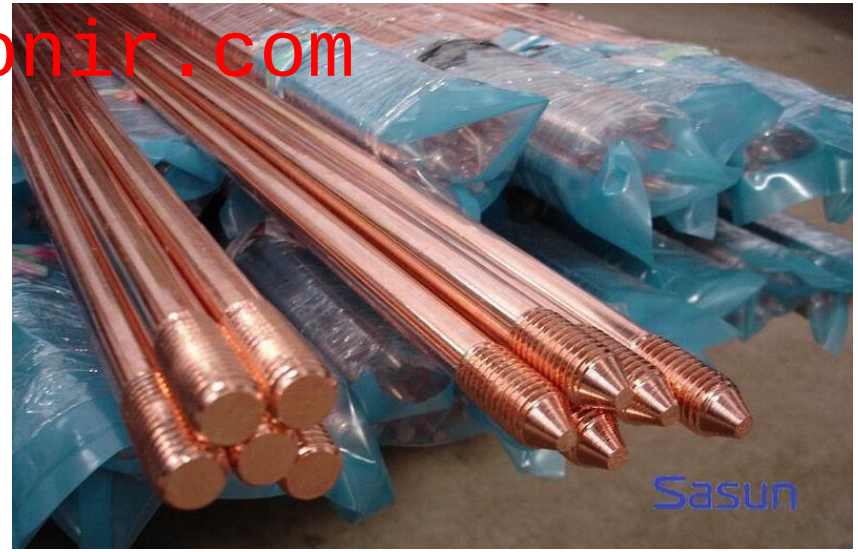
عیب یکم: در اثر وجود فواصل ذره‌بینی میان روکش مسی و مغز فولادی، رطوبت و املاح خاک به این فواصل نفوذ کرده و پیل الکتریکی تشکیل می‌دهند که موجب خوردگیِ سریع میله می‌گردد.

عیب دوم: به‌علت یکپارچه نبودنِ روکش مسی و مغز فولادی آن، در موقع کوبیدنِ میله ممکن است روکش مسی جدا شده و همراه میله در خاک فرونرود.

عیب سوم: هنگام ساخت این الکترودها، میله‌ی فولادی تا دمای زیادی داغ می‌شود و این موضوع می‌تواند بر روی خواص متالورژیکِ میله تأثیر گذاشته و از استحکام آن بکاهد و در نتیجه گاه شاهد کج شدن الکترود در هنگام کوبیدن آن خواهیم بود.

شایان ذکر است که رعایت نشدنِ نکات فوق موجب پوسیدگی سریع و زودتر از موعدِ الکترود خواهد شد.

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com



این میله‌ها باید مشخصه‌های زیر را دارا باشند:

۱- ضخامت لایه‌ی گالوانیزه نباید کم‌تر از ۷۰ میکرون باشد.

چون ایجاد لایه‌ای با قطر ۷۰ میکرون با روش گالوانیزاسیون سرد (الکترولس) امکان‌پذیر نیست، حتماً باید از روش گالوانیزاسیون گرم استفاده شود.

۲- ضخامت میله‌ی فولادی نباید کم‌تر از ۱۶ میلی‌متر باشد.

۳- سطح مقطع روکش مسی نباید کم‌تر از ۲۰درصد سطح مقطع مغز فولادی باشد.

۴- حداقل خلوص مسِ مورد استفاده برابر ۹۹/۹درصد باشد (مس کاتد).

۵- لایه‌ی مسی باید به روش جوش مولکولی (آبکاری الکتریکی) روی بدنه‌ی میله قرار گیرد.

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

مشخصات مهمی که این الکترودها باید داشته باشند، عبارت‌اند از:

۱- حداقل ضخامت تسمه‌ی مسی ۲ میلی‌متر و حداقل سطح مقطع آن ۵۰ میلی‌متر مربع باشد.

۲- حداقل سطح مقطع سیم مسی چند مفتولی ۳۵ میلی‌متر مربع و حداقل قطر هر مفتول آن ۱/۸ میلی‌متر باشد.

۳- حداقل خلوص مس مورد استفاده برابر ۹۹/۹درصد باشد. (مس کاتد)

۴- حداقل ضخامت تسمه‌ی فولادی (گالوانیزه) ۳ میلی‌متر و حداقل سطح مقطع آن ۱۰۰ میلی‌متر مربع باشد.

۵- ضخامت لایه‌ی گالوانیزه نباید کمتر از ۷۰ میلی‌متر باشد. استفاده از گالوانیزاسیون گرم برای این نوع الکترود نیز اجباری‌ست.

۶ - قطر لوله‌ی گالوانیزه نباید کمتر از ۱in (یک اینچ) باشد.

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

مشخصاتی که لازم است این الکترود داشته باشد، به شرح زیر است:

۱- طول و عرض آن، حداقل ۵۰×۵۰cm باشد.

۲- قطر آن از ۲ میلی‌متر کم‌تر نباشد.

۳- خلوص مس مورد استفاده حداقل برابر ۹۹/۹درصد باشد. (مس کاتد)

توجه شود که رعایت نشدنِ نکته‌ی ردیف۱ موجب افزایشِ مقاومت چاه شده و بی‌توجهی به ردیف‌های ۲ و ۳ موجب پوسیدگیِ سریع و زودتر از موعدِ الکترود خواهد شد. متأسفانه در حال حاضر، صفحات مسی آلیاژی که مناسب استفاده در زیر خاک نمی‌باشند، به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین صفحات فولادیِ پوشیده‌شده با مس را فقط به شرطی می‌توان به‌جای صفحه‌ی مسی به‌کار بُرد که ضخامت لایه‌ی مسِ روی آن از حداقل‌های لازم، کم‌تر نباشد.

TOONIR

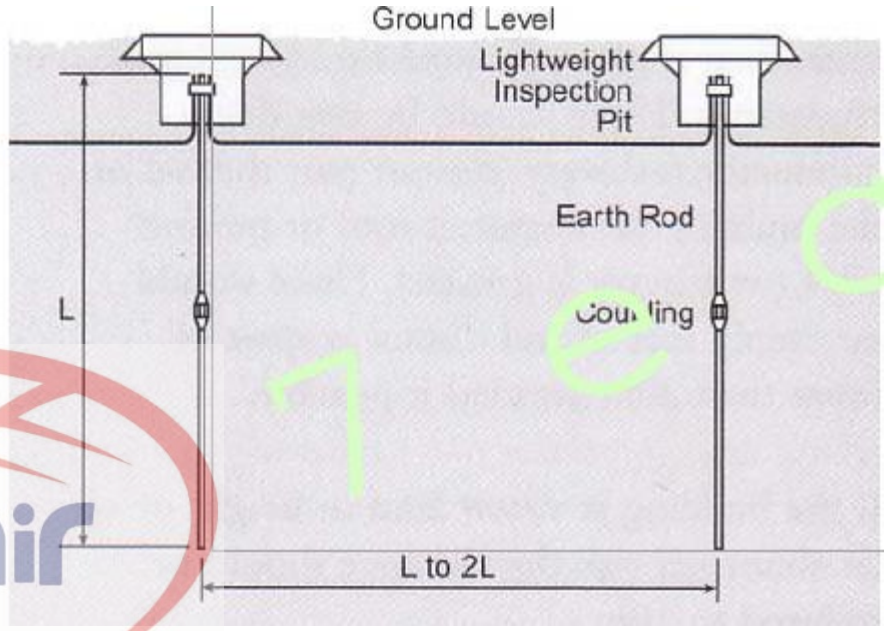
http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

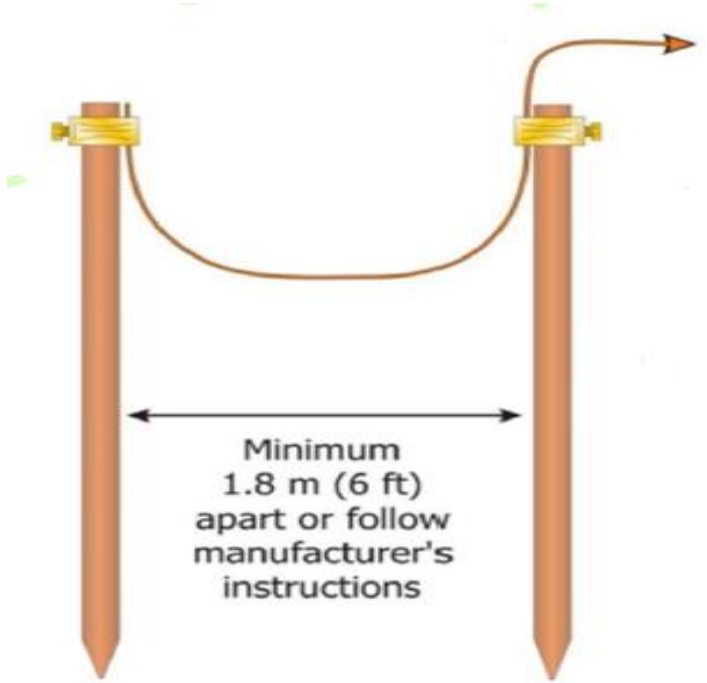
اشتباهات رایج در درک مفهوم سیستم های زمین

فاصله بین الکترودهای موازی

بیان فواصل مختلف در استانداردهای متفاوت:

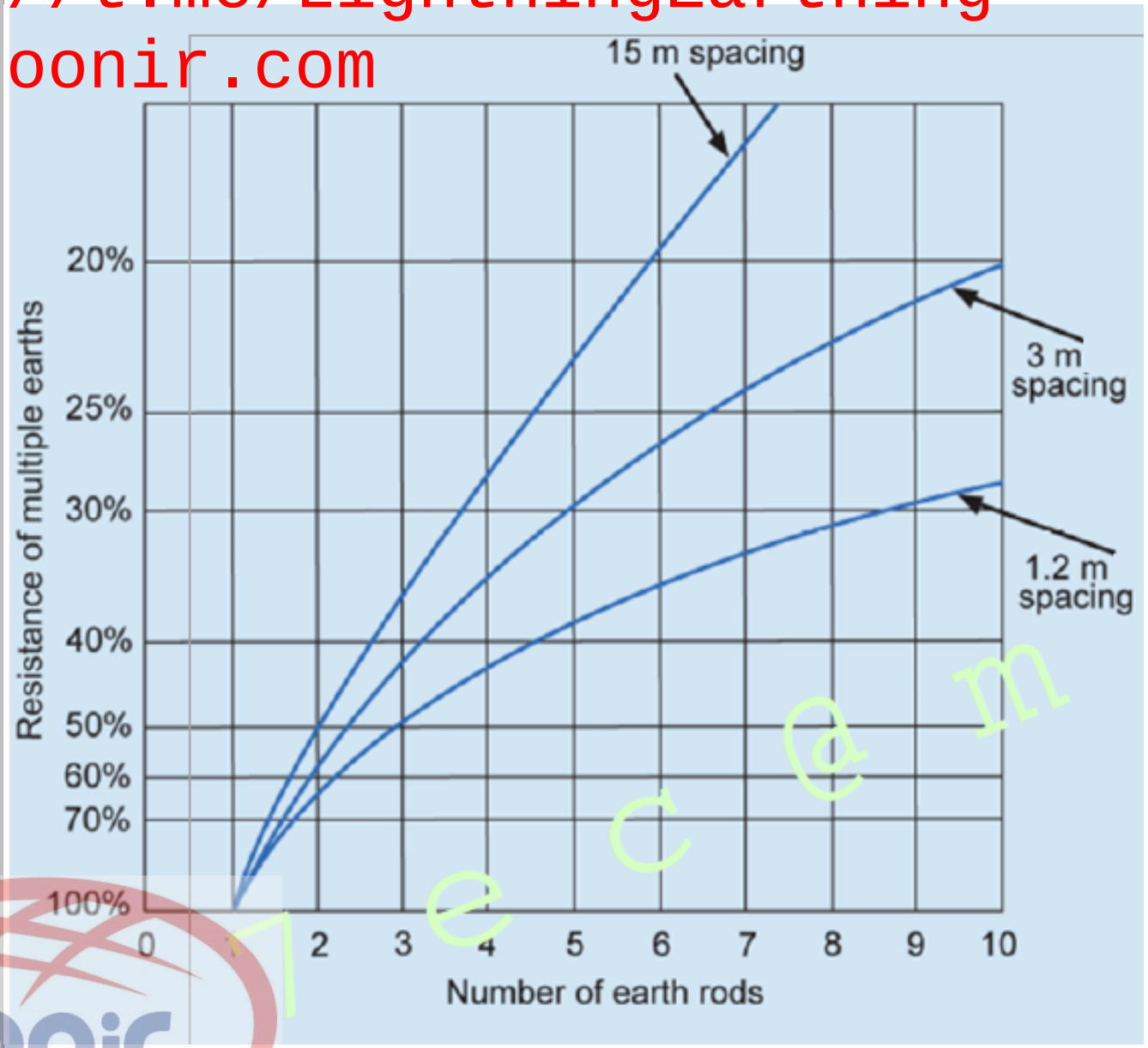
- مبحث ۱۳: فاصله حداقل ۶ متر از یکدیگر
- ننشریه ۱۱۰: نباید کمتر از ۲ برابر طول الکترود باشد.
- استاندارد NEC: حداقل باید ۱/۸ متر با یکدیگر فاصله داشته باشند.





http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

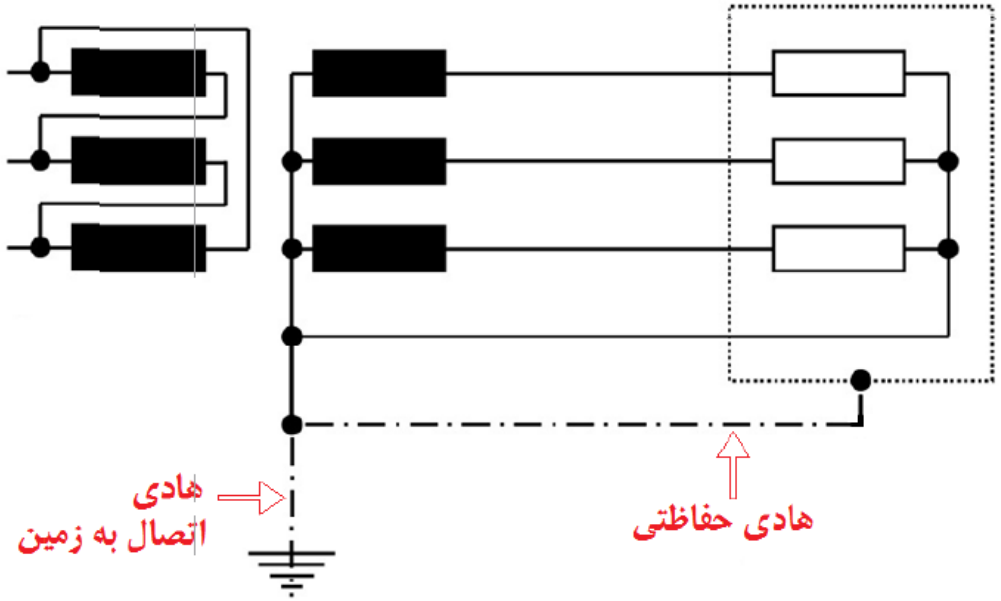
اشتباهات رایج در درک مفهوم سیستم های زمین



- هر چقدر فاصله بین میله ها بیشتر باشد، مقاومت معادل اندازه گیری شده کمتر می باشد و از نظر اقتصادی نیز بهتر است.
- فاصله بین الکترودها به موقعیت محل بستگی دارد که چقدر فاصله برای نصب الکترودها داشته باشیم (بر اساس استاندارد NEC باید حداقل ۱/۸ متر با هم فاصله داشته باشند).
- منحنی استاندارد وزارت نیرو: مثلا اگر فاصله بین الکترودها ۱/۲ متر باشد، مقاومت معادل ۳ الکترود موازی به اندازه ۵۰٪ یک الکترود می شود (اگر مقاومت هر الکترود R باشد، مقاومت معادل R/2 می شود نه R/3).

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

سطح مقطع هادی حفاظتی



$$S \geq \frac{I\sqrt{t}}{K}$$

S: سطح مقطع

I: جریان اتصال کوتاه تکفاز

t: زمان قطع جریان اتصال کوتاه

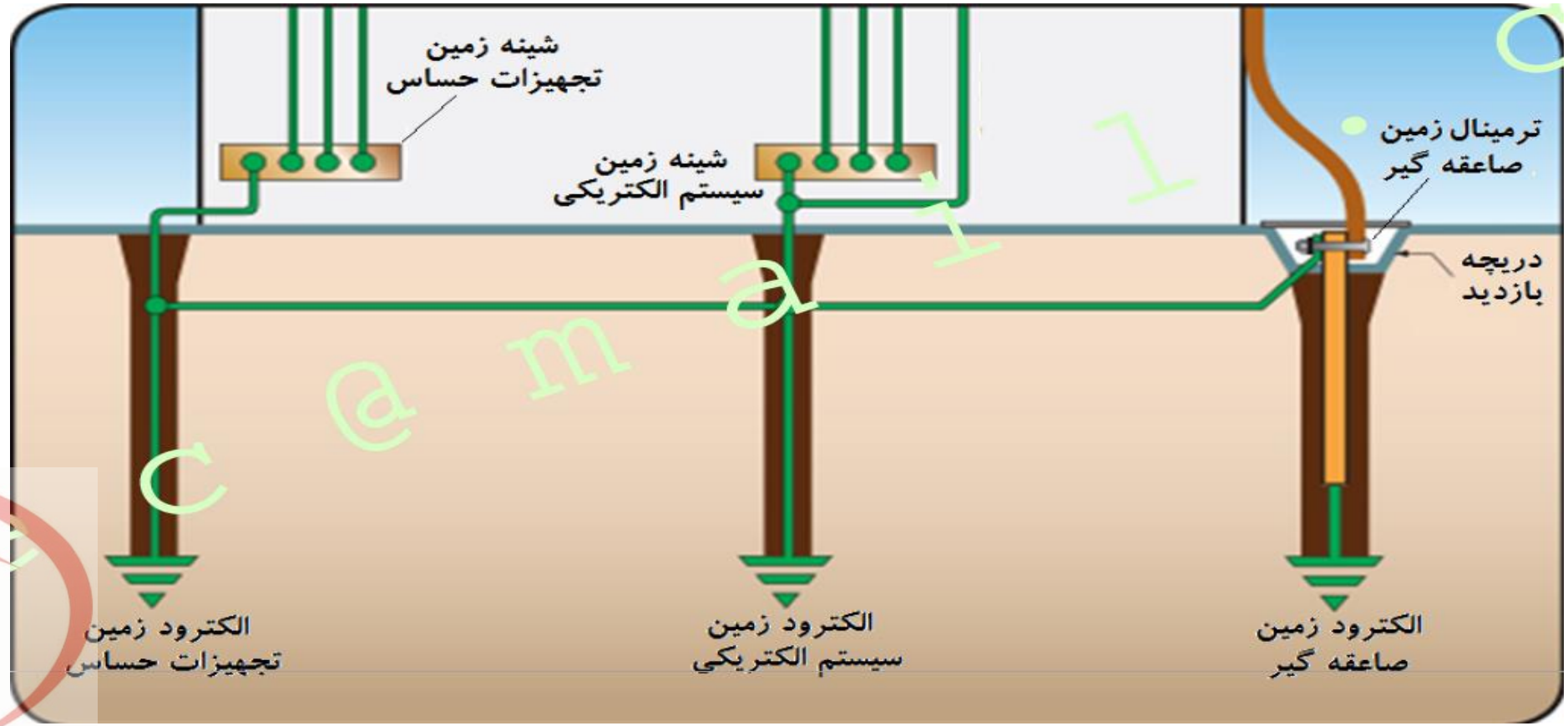
ضریب ثابت K: برای مس ۰/۱۱۵

حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی (mm^2)	سطح مقطع هادی فاز مدار (mm^2)
۱۶	$16 \leq S \leq 35$
S/2	S〉35

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

همبندکردن سیستم های زمین مختلف مطابق استاندارد IEC 61000

اگر نمی توانیم زمین ها را از یکدیگر جدا نماییم (که در ۹۰٪ موارد نمی توانیم)، باید زمین صاعقه گیر، زمین سیستم الکتریکی و زمین تجهیزات حساس، با یکدیگر همبند باشند. زیرا همواره ارتباطی از طریق خاک و یا از طریق المان های پارازیتی (خازنی و القایی) در تأسیسات وجود داشته که در صورت وقوع صاعقه یا خطا در سیستم قدرت، ولتاژ گذرای خطرناکی بین سیستم زمین ایزوله شده و قسمت های دیگر تأسیسات رخ خواهد داد.



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

الکترود صاعقه گیر

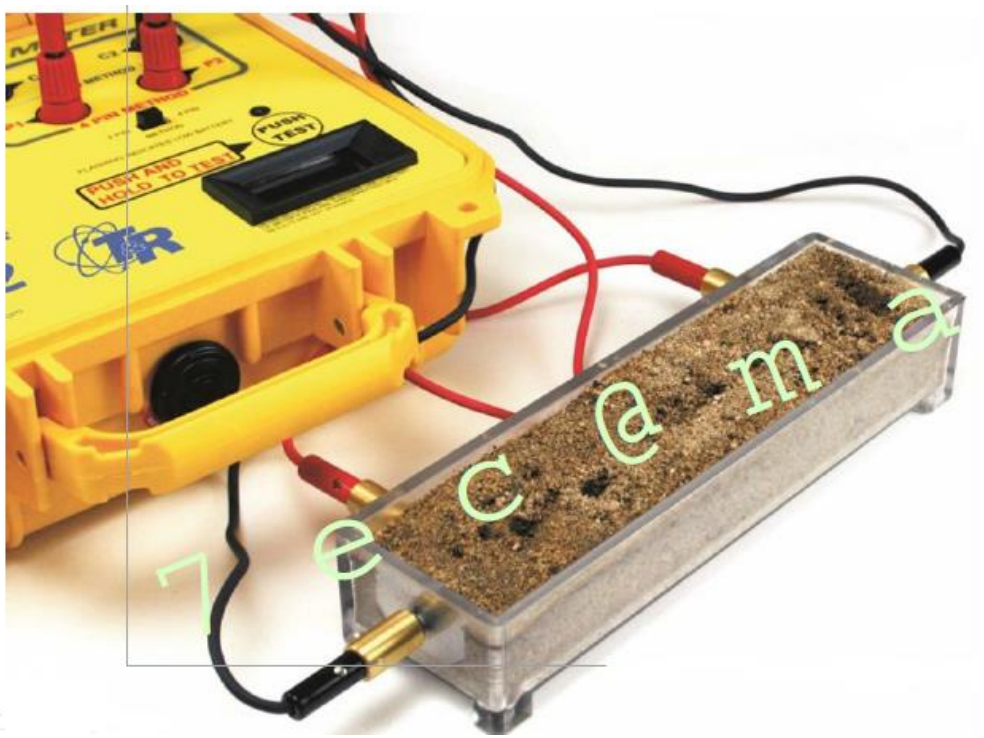
- چون فرکانس صاعقه بالا است در این حالت نیاز به امپدانس موجی کم داریم، بنابراین باید از الکترودی استفاده شود که کاپاسیتانس بیشتری داشته باشد.
- الکترود عمقی مناسب برای سیستم صاعقه گیر نمی باشد (در روش عمقی از چاه برای اجرای ارت استفاده می شود).
- برای سیستم صاعقه گیر باید از الکترود سطحی استفاده نمود. در این روش سیستم ارت در سطح زمین و یا در عمق ۸۰ cm اجرا می شود.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک

- از دستگاه soil box نباید برای اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک استفاده کرد. زیرا خاک حالت فشردگی و رطوبت خود را از دست می دهد.
- برای اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک می توانیم از روش ونر استفاده کنیم.

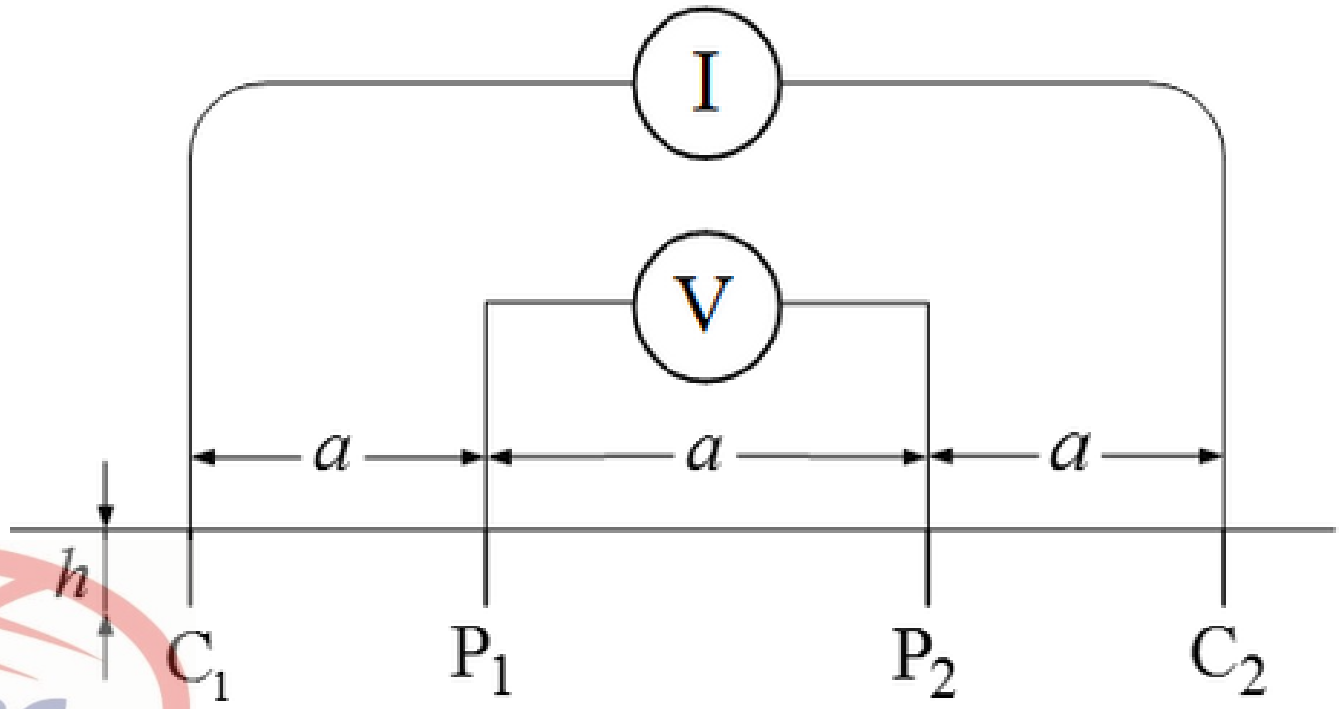


TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

روش ونر

مقدار ρ را می توان با روش چهار میله ای بدست آورد. در سال ۱۹۱۶ ونر نشان داد که مقاومت مخصوص حجمی از خاک را می توان با قرار دادن چهار میله در داخل خاک در امتداد یک خط مستقیم و در فواصل مساوی اندازه گیری نمود.



بین دوالکترود اول وچهارم جریان ac ارسال وبین الکترودهای دوم وسوم ولتاژی اندازه گیری می شود.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

مقاومت ویژه ازروش ونر بصورت زیر به دست می آید.

$$\rho = \frac{4\pi a}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4h^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + h^2}}} \times \frac{V}{I}$$

a: فاصله بین الکترودها (متر)

h: عمق الکترود (متر)

چنانچه h نسبت به a خیلی کوچکتر باشد، می توانیم برای محاسبه مقاومت ویژه خاک از روش زیر استفاده کنیم.

$$\rho = 2\pi a \times \frac{V}{I}$$

TOONIR

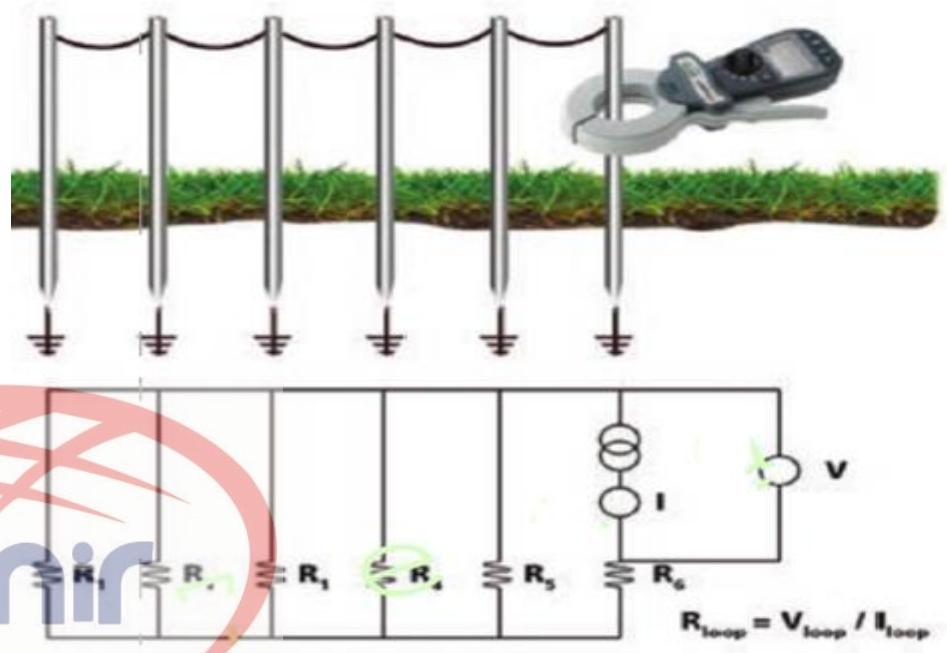
http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

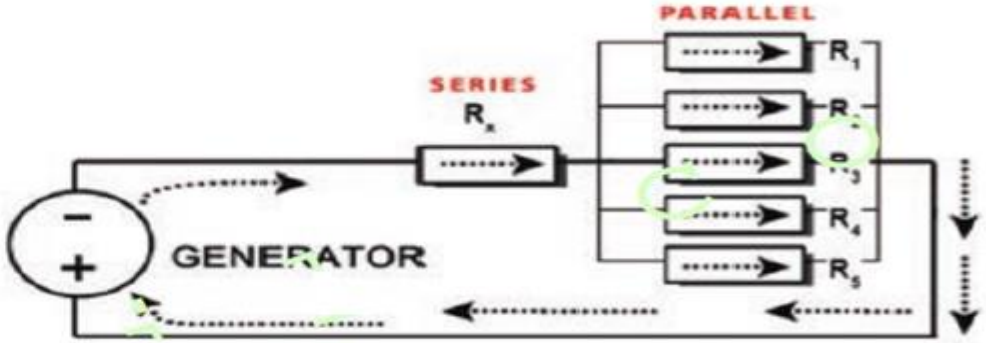
ارت سنج کلمپی

- این روش همیشه خطا دارد.
- زمانی مفید است که تعداد زیادی سیستم زمین و الکترود داشته باشیم و بخواهیم ارت را اندازه گیری کنیم.

فرض می کنیم در مرحله اول ۶ الکترود داشته باشیم که اهم یکی را اندازه گیری می کنیم و ۱۰ اهم باشد. همچنین با ۵ الکترود دیگر موازی است. در این حالت ۲ اهم خطا داریم.

در مرحله دوم ۶۱ الکترود داشته باشیم. در این حالت حدود ۰/۱۷ اهم خطا داریم که نسبت به حالت اول معقول است.





$$R_{loop} = R_6 + R_1 \| R_2 \| R_3 \| R_4 \| R_5$$

$$n = 5 \longrightarrow R_{loop} = 10 + 10/5 = 12\Omega$$

$$n = 60 \longrightarrow R_{loop} = 10 + 10/60 = 10.17\Omega$$

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

قانون زمین کردن بدنه های فلزی تجهیزات

قسمت های فلزی تمام وسایل الکتریکی با اختلاف سطح نامی بیشتر از یک کیلوولت که با مدار جریان ارتباطی ندارند، باید زمین شوند.

قانون زمین کردن بدنه های فلزی بیگانه

قسمت های فلزی که متعلق به تجهیزات الکتریکی نیستند ولی می توانند بنحوی (به دنبال تماس مستقیم یا بواسطه بروزآرک) برقدار گردند، باید زمین شوند. برای ولتاژهای فشار متوسط فواصل بیش از ۵/۱ متر از این قانون مستثنی خواهند بود.

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

قانون زمین کردن زمین کردن متعلقات کابل ها

غلاف سربی و کلیه پوشش های فلزی کابل ها حداقل در یک انتهای کابل باید زمین شوند. اگر کابل، تأسیسات جدا از هم را به یکدیگر متصل نماید زمین کردن در هر دو سو توصیه می شود، مگر در صورت اختلاف زیاد مقاومت ارت طرفین.

قانون زمین کردن زمین کردن رایزر و سینی

چنانچه غلاف کابل ها بخوبی و در دو طرف زمین شده باشند، سینی و رایزرها نیاز به زمین کردن ندارند.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

جنبه ایمنی اتصال زمین

جنبه ایمنی اتصال زمین

وظیفه یک سیستم اتصال زمین خوب از جنبه حفاظتی، آن است که ولتاژهای گام و تماس را کاهش دهد.

ولتاژ گام (Step Voltage)

- اختلاف پتانسیل بین پاهای انسان به فاصله یک متر
- اگر پا بر روی زمین برقدار قرار گیرد الکتریسیته می تواند از یک پا به پای دیگر (از جاییکه ولتاژ بالاتر است به جاییکه ولتاژ کمتری دارد) جریان یابد.

در صورتیکه پاهای شما نزدیک یکدیگر بوده و باهم تماس داشته باشد، شما ایمن خواهید بود . با توجه به اینکه هیچ اختلاف ولتاژی مابین دو مکانی که پای شما در روی آن قرار گرفته است، وجود ندارد، به همین دلیل الکتریسیته تمایل اندکی به عبور از مسیر پاهای شما دارد.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

ولتاژ تماس (Touch Voltage)

شخصی که با سازه های زمین شده ای که دارای پتانسیل متفاوت با پتانسیل زمین می باشد، تماس پیدا کند، این ولتاژ را دریافت می کند.

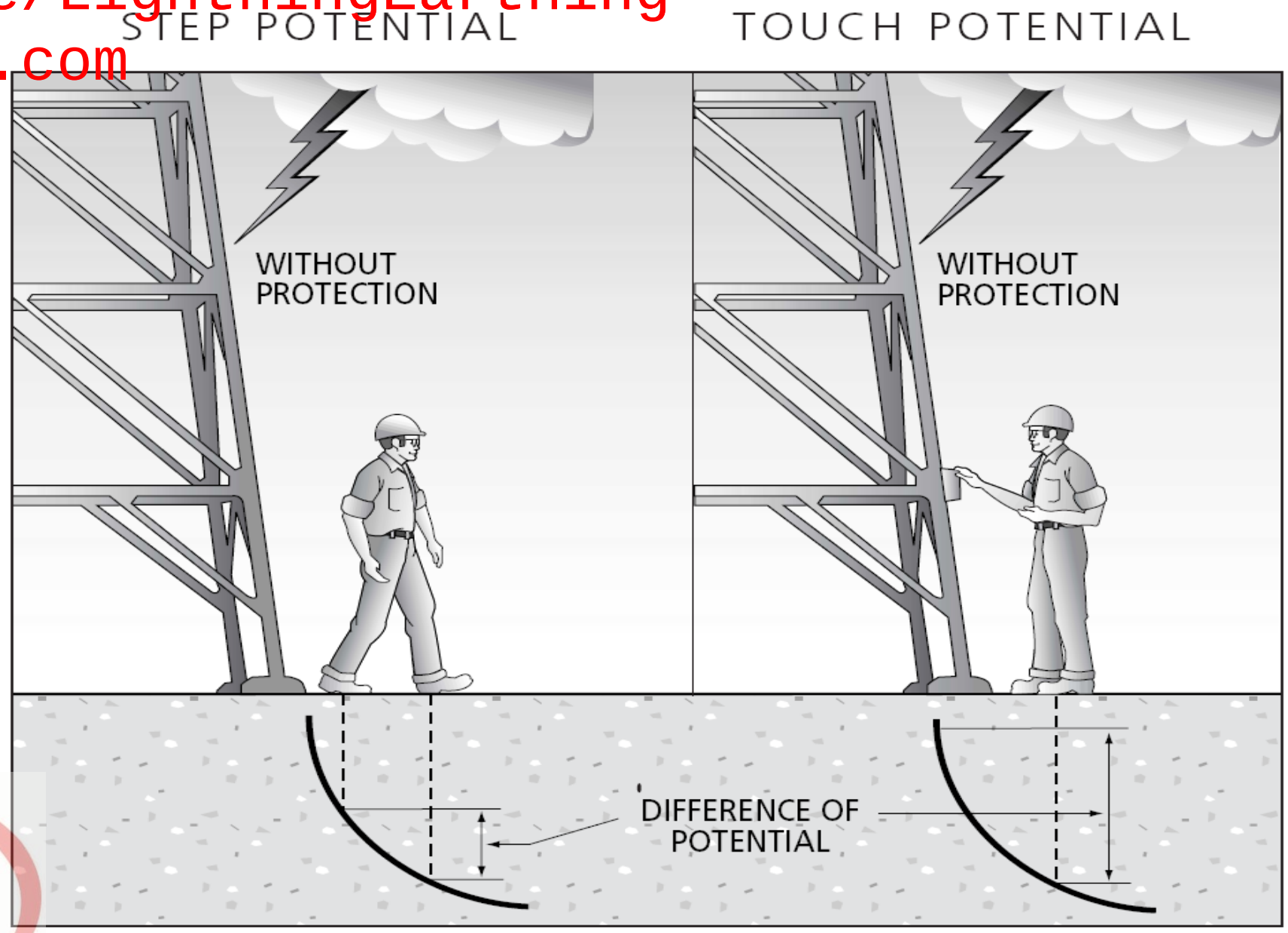
در شرایط عادی الکترود زمین هم پتانسیل با نقاط دور دست می باشد که با ایجاد جریان خطا در الکترود، پتانسیل آن افزایش می یابد. مقدار این پتانسیل یا GPR (افزایش پتانسیل زمین)، از حاصلضرب جریان خطا در مقاومت الکترود زمین بدست می آید. بنابراین هرچه مقاومت الکترود احداثی کمتر باشد، پتانسیل سطحی زمین ناشی از خطا، کمتر خواهد بود.

$$GPR = R_G . I$$

TOONIR

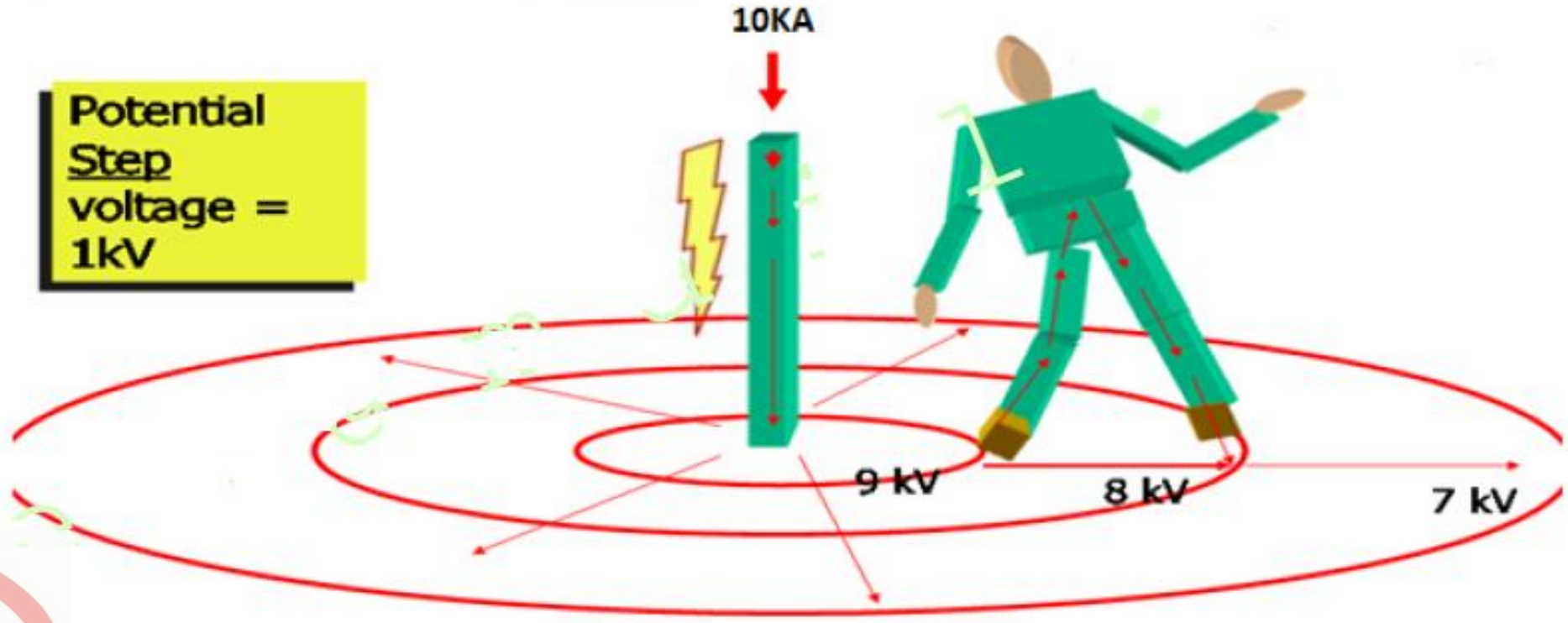
http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

جنبه ایمنی اتصال زمین



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

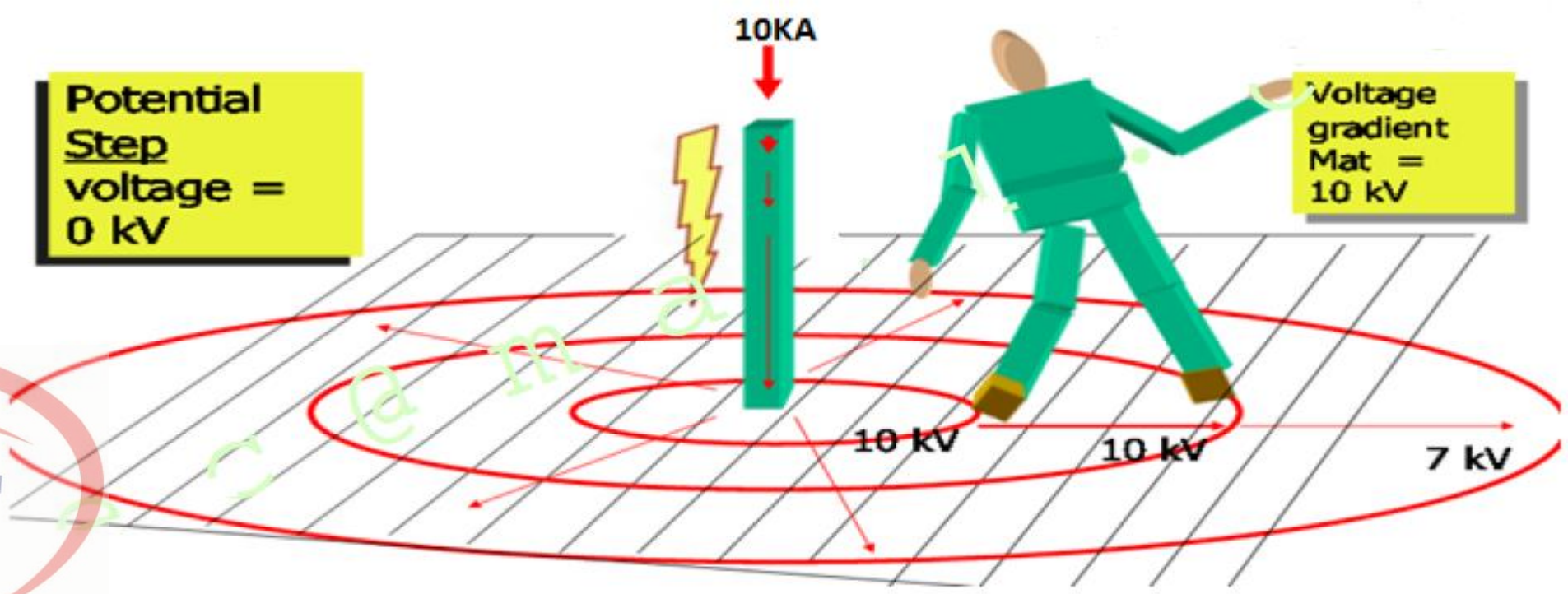
- میله یک اهمی، جریان ۱۰ کیلوآمپر از آن عبور می کند، اگر شخص به میله دست بزند ۱۰ کیلو ولت از دست وارد بدنش می شود (ولتاژ تماس).
- اگر شخص بین خطوط گرادیان ولتاژ قرار بگیرد، ولتاژ گام یک کیلوولت می باشد.



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

- اگر سیستم زمین اجرا شده باشد (خطوط مورب مشکی)، ولتاژ گام ایجاد نمی شود و برای فرد در این حالت خطری ایجاد نمی شود.

- به محض اینکه سیستم زمین به پایان می رسد، در خروجی تغییر ولتاژ داریم و خطوط گرادیان ولتاژ از ۱۰ kv به ۷ kv می رسد. بنابراین شخص اگر پای خود را در جاییکه سیستم زمین دارد قرار دهد و پای دیگر را خارج از سیستم زمین قرار دهد، قطعاً دچار برق گرفتگی خواهد شد.



TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

لذا برای اینکه جریان عبوری از بدن انسان را کاهش بدهیم باید مسیرهای موازی با بدن انسان ایجاد نمود که همان مسیر های اتصال زمین می باشد که باعث تقسیم جریان می گردد.

برای تعیین جریان خطرناک برای بدن، از روابط زیر استفاده می کنیم.

برای یک فرد ۵۰ کیلوگرم:

$$I = \frac{0.116}{\sqrt{t}}$$

برای یک فرد ۷۰ کیلوگرم:

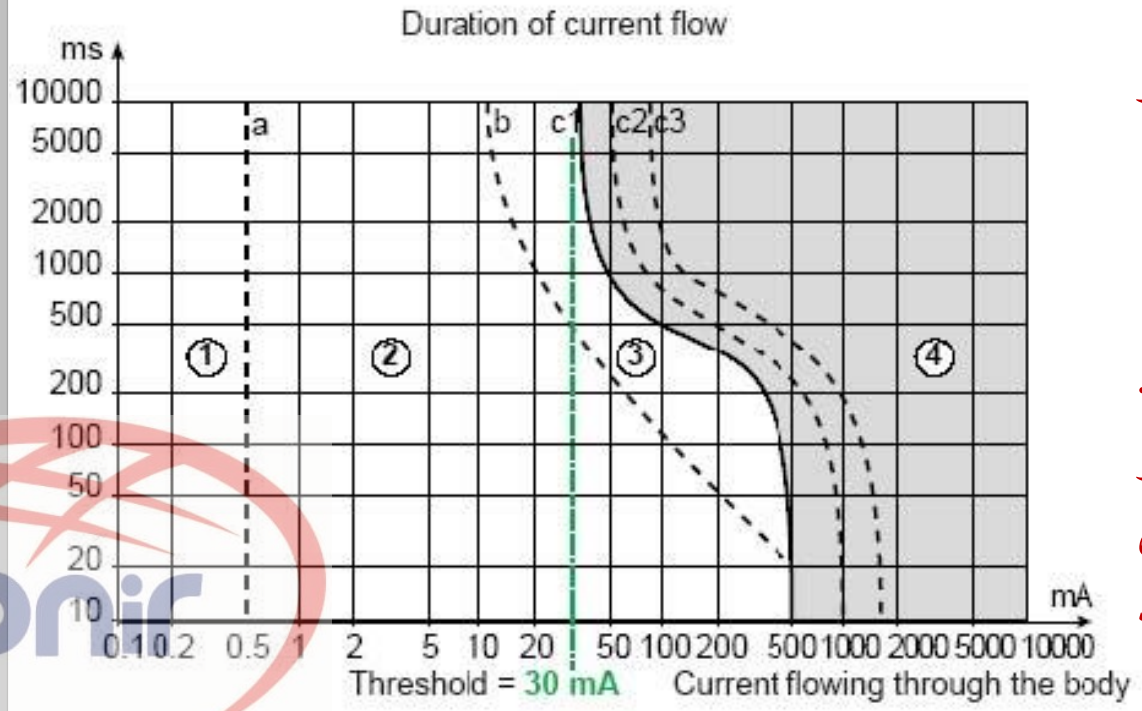
$$I = \frac{0.157}{\sqrt{t}}$$

بطور مثال برای زمان قطع جریان ۵ ثانیه و برای فرد ۵۰ کیلوگرمی، ماکزیمم جریانی که در اثر برق گرفتگی در این سیستم مجاز است، ۵۲ میلی آمپر می باشد.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

ناحیه	آثار فیزیولوژیکی عبور جریان
۱	بدون آثار قابل توجه و نامحسوس
۲	محسوس ولی بدون اثر سوء
۳	انقباض عضلانی و اختلالات قابل برگشت
C_1 تا C_2	اشکال در سیکل قلبی و تنفسی/ سوختگی / احتمال فیبریلاسیون بطنی تا ۵٪
C_2 تا C_3	اشکال در سیکل قلبی و تنفسی/ سوختگی / احتمال فیبریلاسیون بطنی تا ۵۰٪
C_4	اشکال در سیکل قلبی و تنفسی/ سوختگی / احتمال فیبریلاسیون بطنی بیش از ۵۰٪



طبق استاندارد IEC 60479-1 جریان بیش از ۳۰ میلی آمپر در زمان بیش از ۱۰ ثانیه باعث کشته شدن افراد می گردد.

در نمودار روبرو اگر جریان ۵۰۰ میلی آمپر در زمان ۰/۰۱ ثانیه از بدن شخص عبور کند باعث فوت شخص خواهد شد. لذا در طراحی سیستم ارتینگ بحث حفاظت و زمان عبور جریان از تجهیزات و بدن انسان بسیار مهم بوده و رله های مربوط به تریپ ارت باید در زمان درست عمل نمایند (درحد میلی ثانیه).

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

جنبه ایمنی اتصال زمین

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

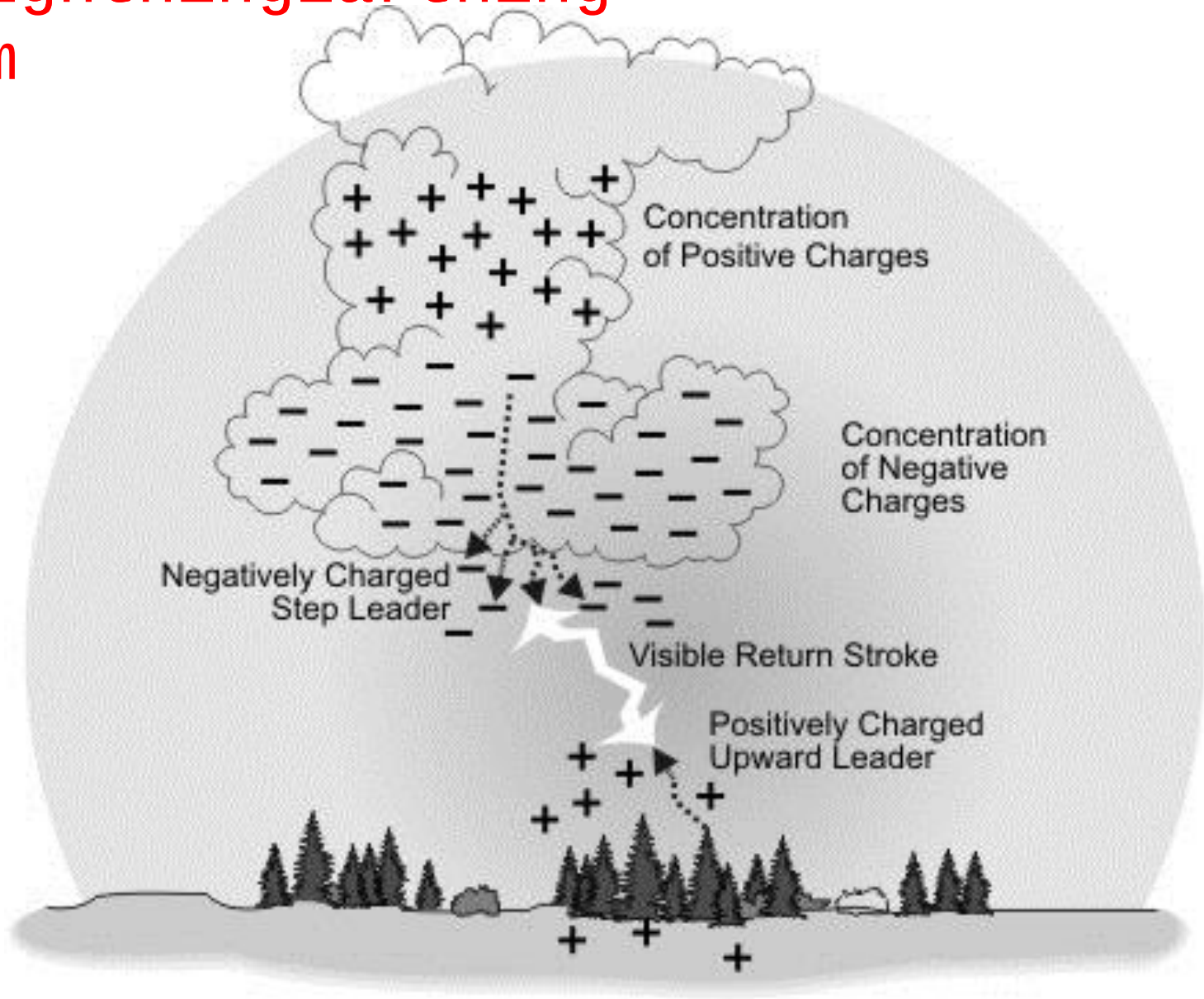
نحوه تشکیل صاعقه

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 پلاریته 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 پایینی می باشد. وقتی این جریان تخلیه به سمت 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.

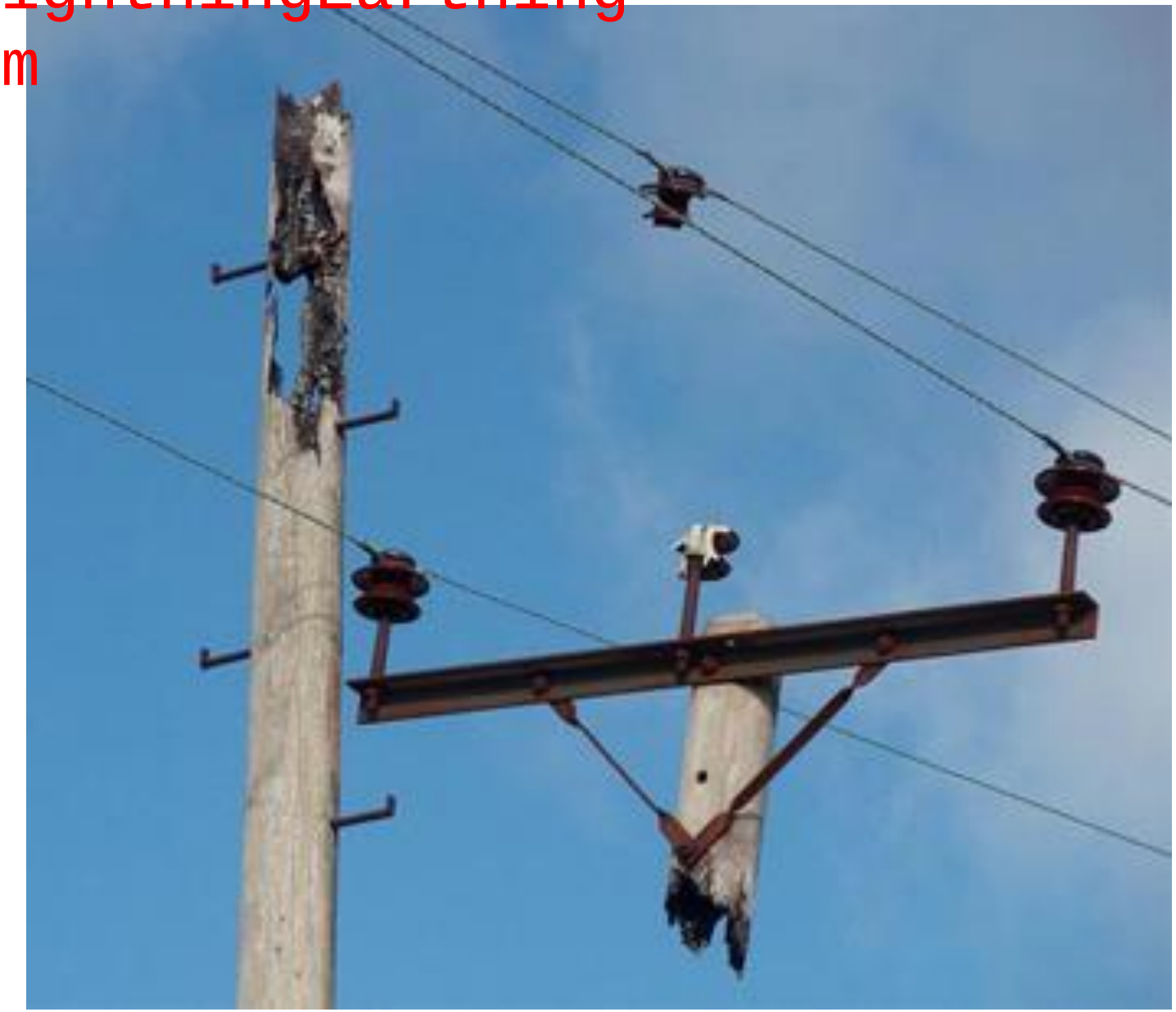
http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

سیستم حفاظت در برابر صاعقه



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

سیستم حفاظت در برابر صاعقه



TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

سیستم حفاظت در برابر صاعقه 3

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

سیستم حفاظت در برابر صاعقه 3

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

یک برقگیر خوب باید دارای مشخصات زیر باشد

۱. در ولتاژ نامی شبکه،به منظور کاهش تلفات دارای امپدانس بینهایت باشد

۲. در اضافه ولتاژ به منظور محدود سازی سطح ولتاژ دارای امپدانس کم باشد

۳. توانایی دفع یا ذخیره انرژی موج اضافه ولتاژ را بدون اینکه خود صدمه ببیند داشته باشد

٤. پس از حذف عبور اضافه ولتاژ بتواند به شرایط مدار (حالت کار عادی) برگردد

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

انواع برقگیر

برقگیر غیر فعال (passive)

شامل یک میله نوک تیز ساده می باشد که از جنس مس یا استیل است. دقیقاً مخروط ایمنی از نوک آن به فاصله ۴۵ درجه می باشد و در محاسبات عملی برای بالا رفتن اطمینان این زاویه را ۳۵ درجه یا حتی پایین تر در نظر می گیرند.

برقگیر فعال (Active)

برقگیر فعال با فناوری مختلف (خازنی، بادی، خورشیدی و ...) هوای اطراف خویش را یونیزه می نماید و بدینوسیله ایمنی بیشتری را ایجاد می نماید. این نوع برقگیرها نسبت به برقگیر غیرفعال، سریع تر نسبت به صاعقه واکنش نشان می دهند و شعاع حفاظتی بیشتری دارند. از نظر قیمت نیز برقگیرهای فعال گران تر هستند.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

صاعقه گیر بادی یا پیزوالکتریک

این نوع صاعقه گیر از یک محفظه خالی با مسیر ورود و خروج دوکی شکل آیرو دینامیک ساخته شده که ورود و خروج هوا از آن طی یک سیکل و مسیر مشخص صورت می پذیرد و سبب ارتعاش یک الکترود عمودی می شود. الکترود به یک سلول پیزوالکتریک متصل است. نوسانات الکترود سبب ایجاد الکتریسیته ساکن در سلول می شود و این انرژی ذخیره شده بین الکترود و جداره خارجی صاعقه گیر تخلیه شده و سبب یونیزاسیون هوای اطراف خواهد شد.

این تکنیک حساس و آسیب پذیر است. چراکه ورود یک جسم خارجی و عدم خروج آن باعث مسدود شدن مسیر و از کار افتادن دستگاه می 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 می شود.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

صاعقه گیر خورشیدی

این نوع صاعقه گیر مجهز به باتری و تعدادی سلول خورشیدی است که تابش نور آفتاب سبب شارژ شدن باتری و ذخیره الکتریسیته ساکن در آنها می شود. این انرژی بایستی در لحظه مناسب باعث تخلیه و یونیزاسیون هوا شود.

صرف نظر از مکانیسم عملکرد آن، این نوع صاعقه گیرها هم بعلت وابستگی شدید به باتری (طول عمر باتری و زمان محدود ذخیره انرژی) عملاً مکانیسم مناسبی برای تضمین ایمنی ندارند 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.

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

سیستم حفاظت در برابر صاعقه

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

سیستم حفاظت در برابر صاعقه (Lighting Protection System (LPS))

- سیستم حفاظت بیرونی در مقابل صاعقه
- سیستم حفاظت داخلی در مقابل صاعقه

سیستم حفاظت بیرونی در مقابل صاعقه

اجزای اصلی سیستم حفاظت در برابر صاعقه:

- واحد جذب
- هادی انتقال دهنده جریان صاعقه
- سیستم زمین

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

واحد جذب

واحد جذب به منظور دریافت برخورد مستقیم صاعقه بر روی سازه نصب می گردد که می تواند یکی یا ترکیبی از روش های زیر باشد.

- میله های ساده (Rods)
- سیم های آویزان متصل به هم (Cantenary wire)
- هادی های مش بندی شده (Meshed conductor)

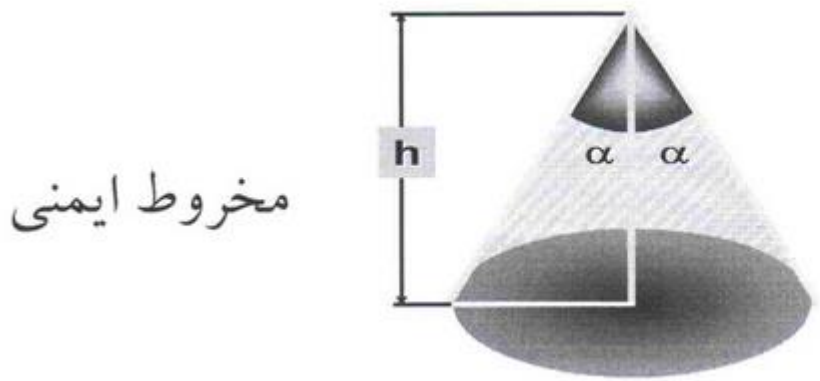
TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

میله های ساده (میله های فرانکلین)

این نوع برقگیر دارای یک میله بلند است که بر سقف بلندترین محل ساختمان نصب و به زمین متصل می شود و در هنگام صاعقه با جذب ولتاژ، جریان تولیدی را به زمین منتقل می کند. این صاعقه گیر به واسطه سادگی نصب در ساختمان هایی که سطح حفاظتی کوچک دارند، توصیه می شود.

از نوک برقگیر نصب شده به زاویه ۴۵ درجه تا سطح افق را مخروط ایمنی می گویند و هر جسمی که در درون مخروط ایمنی قرار گیرد، دیگر در معرض اصابت مستقیم صاعقه نخواهد بود و به همین دلیل است که دربعضی موارد برای پوشش کل ساختمان سایت از چندین برقگیر استفاده می گردد.



مخروط ایمنی

$\alpha = ۴۵^\circ$

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

سقف های با شیب تند

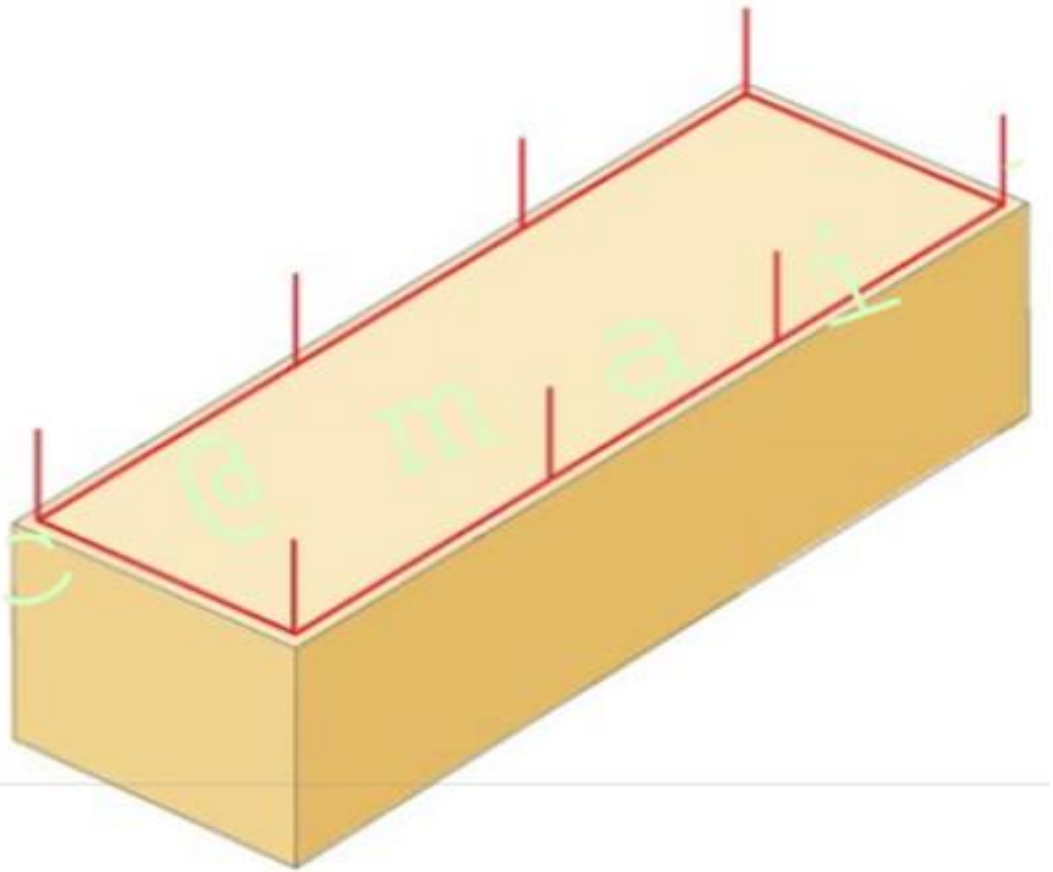
اگر طول سقف بیشتر از ۸ متر باشد باید از دو برقگیر استفاده نمود (حداکثر فاصله بین میله های برقگیر در خط الرآس بام های با شیب تند، ۸ متر باشد).

سیستم حفاظت در برابر صاعقه
TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

سقف های با شیب ملایم

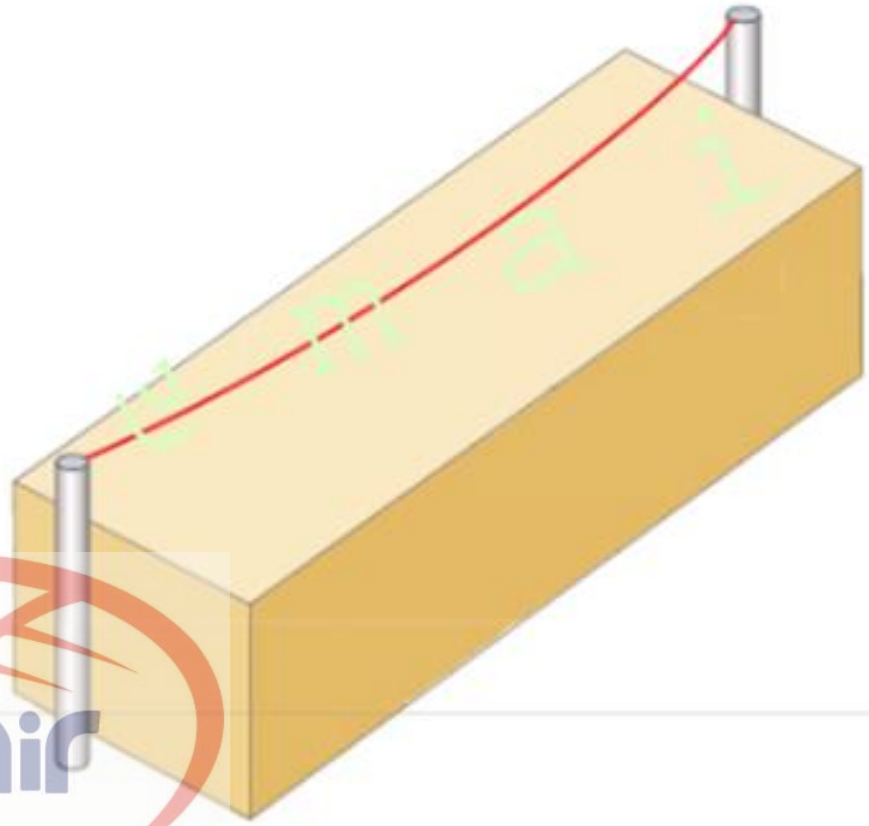
چنانچه عرض سقف از ۱۵ متر بیشتر باشد، علاوه بر داشتن آنتن هایی در خط الرآس، باید دور تـا دور آن هـا نیـز آنتن هایی به فواصل ۶ تا ۸ متر نصب گردد.



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

سیم های آویزان متصل به هم (Cantenary wire)

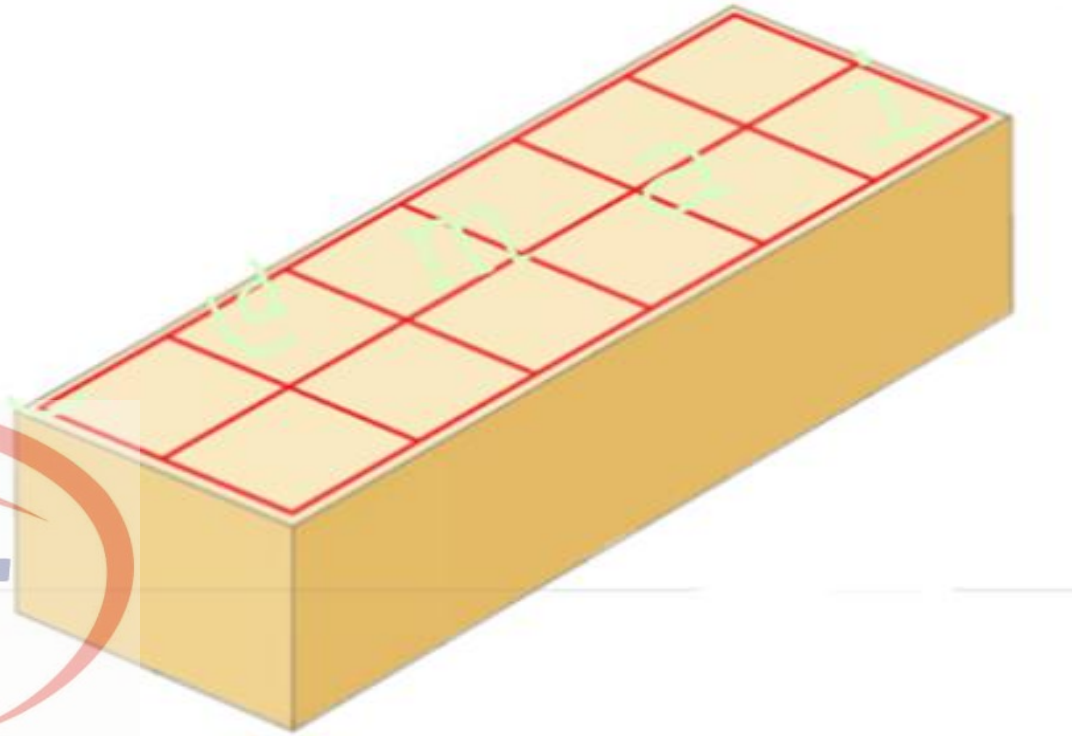
این نوع حفاظت بصورت استفاده از یک یا چند سیم هوایی در بالای ناحیه مورد حفاظت است .این سیم ها از طریق دکل هایی در دو طرف ناحیه مورد نظر قرار گرفته و از همان طریق نیز به زمین متصل می شوند.



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

هادی های مش بندی شده

یکی از ساده ترین و کامل ترین راه های حفاظت ساختمان در مقابل صاعقه، شبکه بندی قفسه ای است. در این سیستم پشت بام و بلندترین قسمت هر ساختمان تحت سیم بندی موسوم به قفسه ای (شبکه ای) قرار می گیرد و به تعداد مشخص هادی پایین رونده در اطراف آن نصب می گردد.



گسترش ابعاد ساختمان ها و با توجه به محدودیت های میله ساده، قفس فارادی جایگزین میله های ساده فرانکلینی شد، امروزه نیز اکثر استانداردهای جهانی استفاده از قفس فارادی را بهترین روش می دانند.

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

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 چهار 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، ۳ و ۴ مقادیر ۹۵، ۹۰ و ۸۰ درصد محاسبه شده است.
- پروژه طراحی شده در سطح یک دارای هزینه بیشتری نسبت به پروژه سطح چهار است. زیرا سطح یک، ناحیه کمتری را پوشش می دهد، لذا باید مثلاً از میله صاعقه گیر بیشتری استفاده شود.
- اینکه چه ساختمانی در چه سطح حفاظتی قرار دارد در استاندارد IEC 62305-2 می باشد.
- عوامل مختلفی از قبیل، ارتفاع ساختمان های مجاور، میزان تردد افراد در ساختمان، حساسیت ساختمان و ... در تعیین سطح حفاظتی ساختمان مؤثر هستند.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

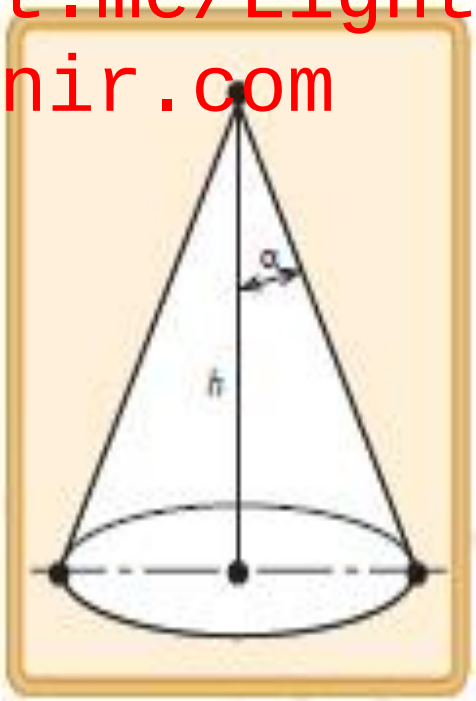
روش های انتخاب و نصب هادی واحد جذب

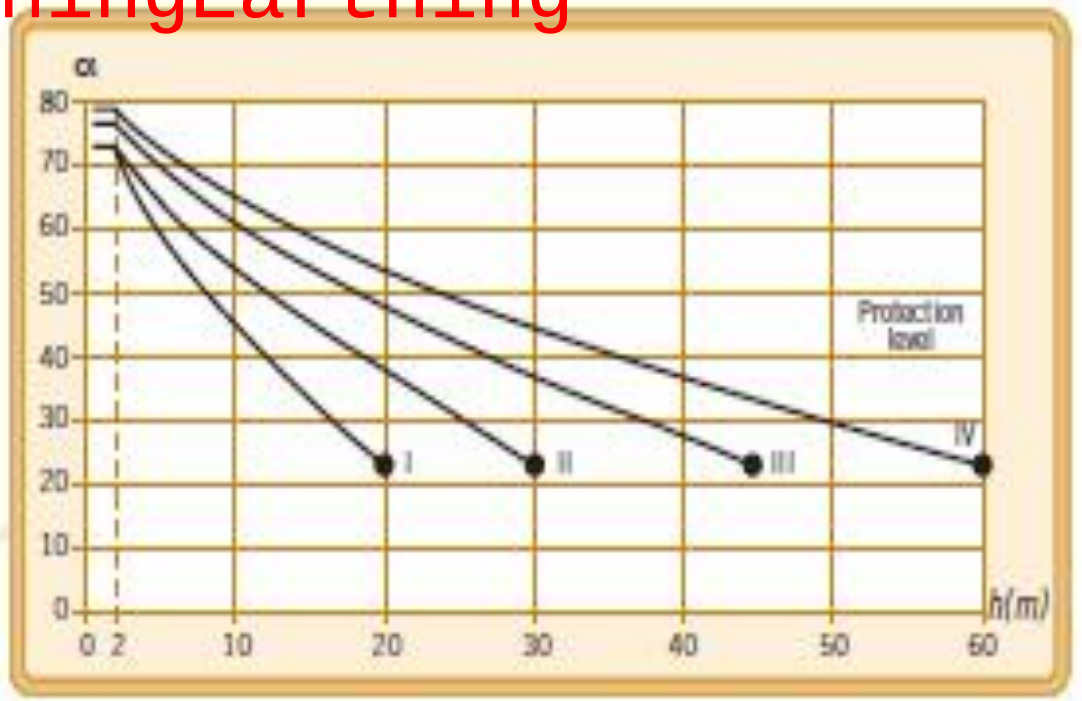
- روش زاویه حفاظتی یا مخروط فرانکلین (Protective Angle Method)
- روش مش بندی یا قفس فارادی (Meshed Conductor Method)
- روش گوی غلطان (Rolling Sphere Method)

روش زاویه حفاظتی یا مخروط فرانکلین (Protective Angle Method)

در این روش محدوده ای مخروطی بر اساس جدول و شکل اسلاید بعدی که زاویه رأس آن بستگی به ارتفاع سازه دارد، ایجاد می شود که محدوده حفاظتی بحساب می آید.

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com





PROTECTION LEVEL	h(m) / R(m)	20	30	45	60
		α	α	α	α
I	20	25	*	*	*
II	30	35	25	*	*
III	45	45	35	25	*
IV	60	55	45	35	25

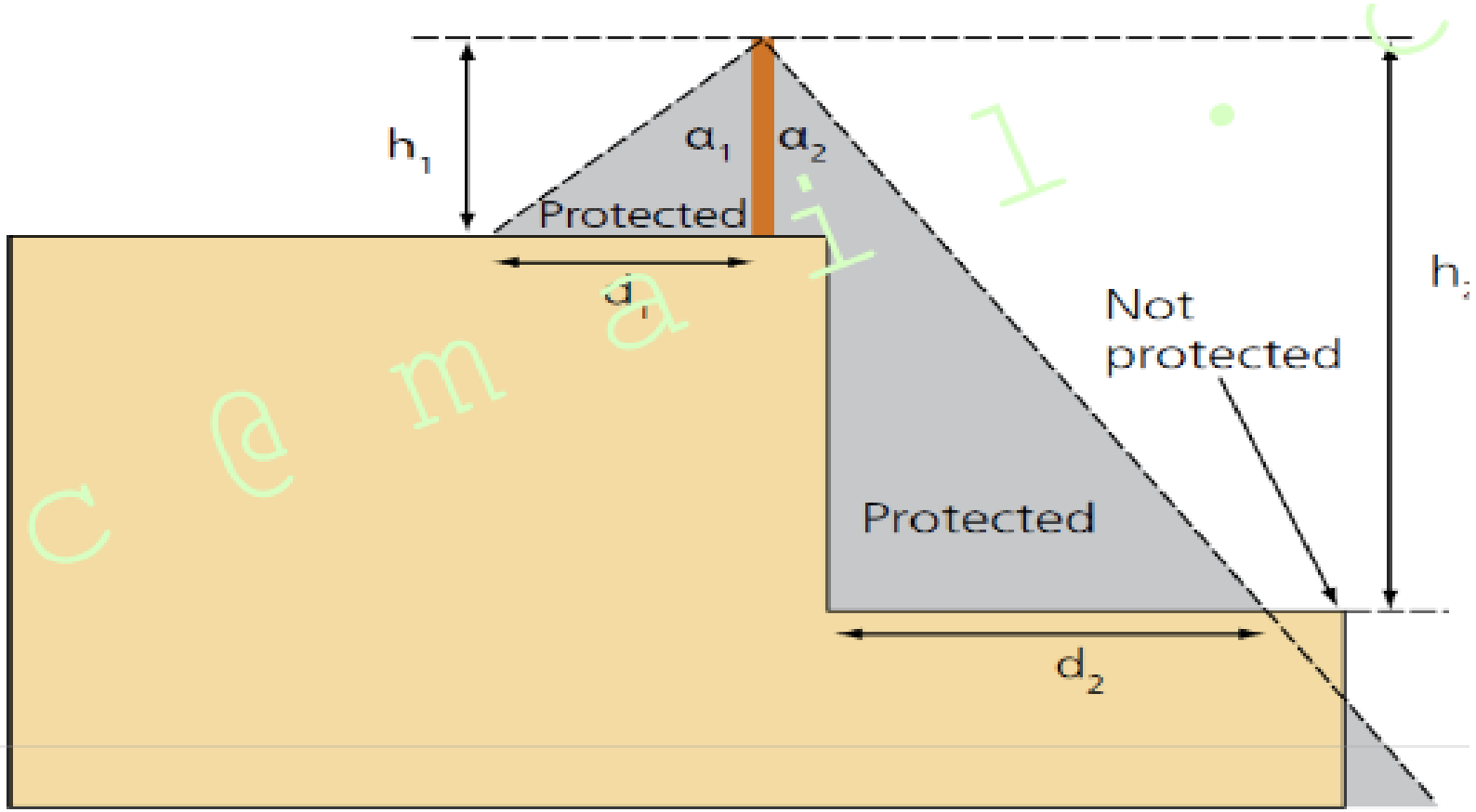
h: ارتفاع میله

همانطور که مشاهده می کنید این روش برای سازه های مرتفع تر از ۲۰ متر برای کلاس یک پاسخگو نیست.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

میله های برقگیر باید در بلندترین نقاط ساختمان بنحوی قرار گیرند که گوشه های ساختمان بکلی محافظت شوند. در این حالت بر اساس ارتفاع نوک برقگیر، شعاع حفاظتی در پای ساختمان بدست می آید. در این شکل برای اینکه کل ناحیه حفاظت شود باید ارتفاع میله بیشتر شود، یا از دو میله استفاده نمود. با توجه به ارتفاع h_1 زاویه حفاظتی α_1 تعیین می شود و با توجه به ارتفاع h_2 زاویه حفاظتی α_2 تعیین می شود.



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

روش مش بندی یا قفس فارادی (Mesh Method)

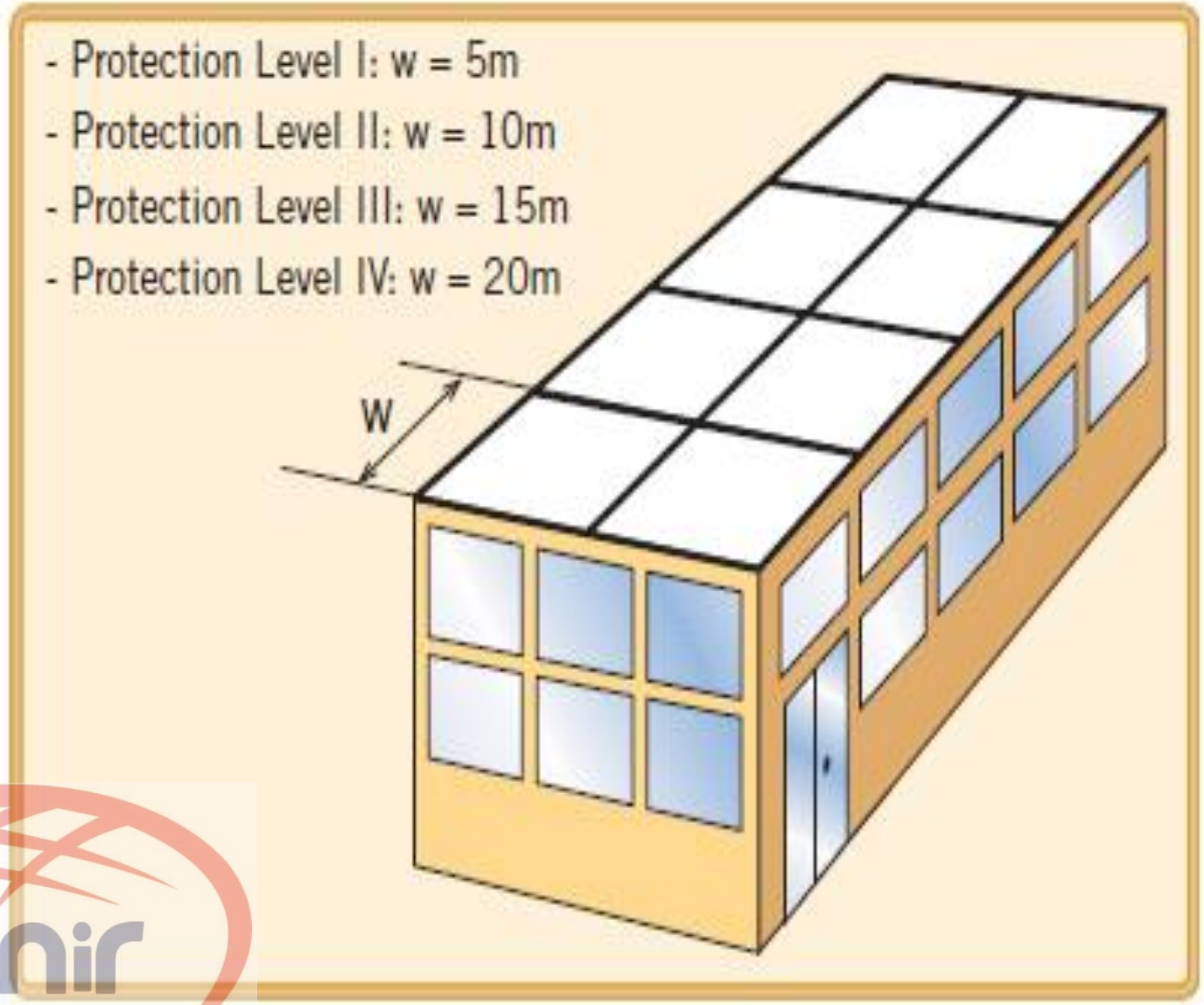
در این روش هادی صاعقه گیر از مش های متقاطع در فواصل یکسان تشکیل شده است. از این نوع ترمینال هوایی که به قفس فارادی نیز مشهور است، در ساختمان هایی که دارای بام مسطح بوده و تجهیزات داخلی آن حساس باشند، استفاده می شود. تراکم هادی مش در این سیستم موجب می شود که طبق تئوری فارادی، میدان الکتریکی به داخل قفس نفوذ نکند.

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.

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

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

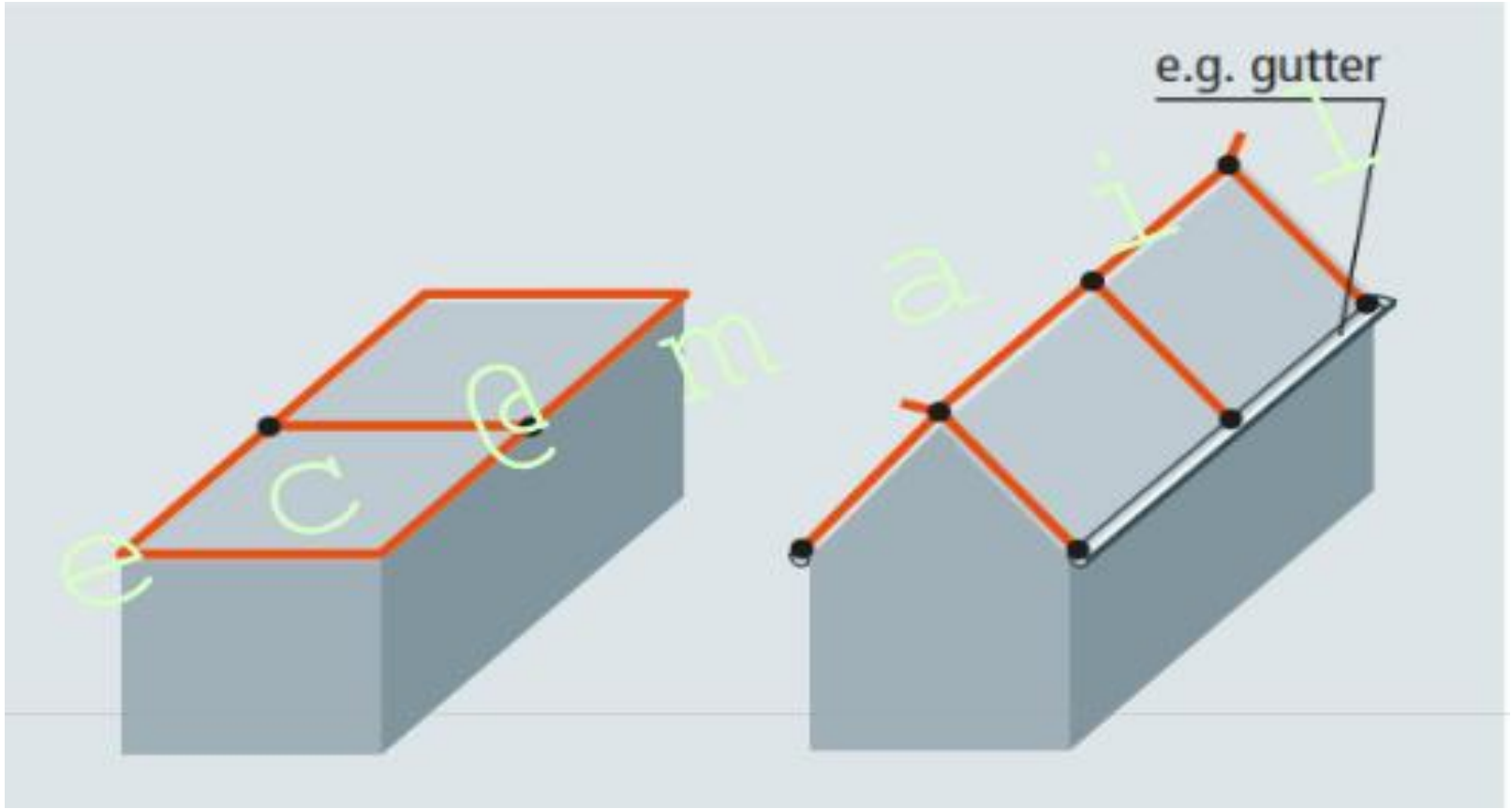


کلاس حفاظتی	سایز مش (متر)
I	۵*۵
II	۱۰*۱۰
III	۱۵*۱۵
IV	۲۰*۲۰

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

می توانیم طبق استاندارد از عناصر فلزی موجود در سازه نیز استفاده کنیم به شرط اینکه شرایط استاندارد را رعایت کنند (سطح مقطع، مواد سازندش و ...). در شکل زیر از ناودانی موجود در سازه استفاده شده است.



http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

استفاده از اجزای فلزی طبیعی در سیستم حفاظت در برابر صاعقه

کلاس حفاظتی	جنس ماده	ضخامت، اگر حفاظت مهم باشد (mm)	ضخامت، اگر حفاظت زیاد مهم نباشد (mm)
I تا IV	سرب	–	۲
	استیل	۴	۰/۵
	مس	۵	۰/۵
	آلومینیوم	۷	۰/۶۵
	روی	–	۰/۷

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

روش گوی غلتان (Rolling Sphere Method)

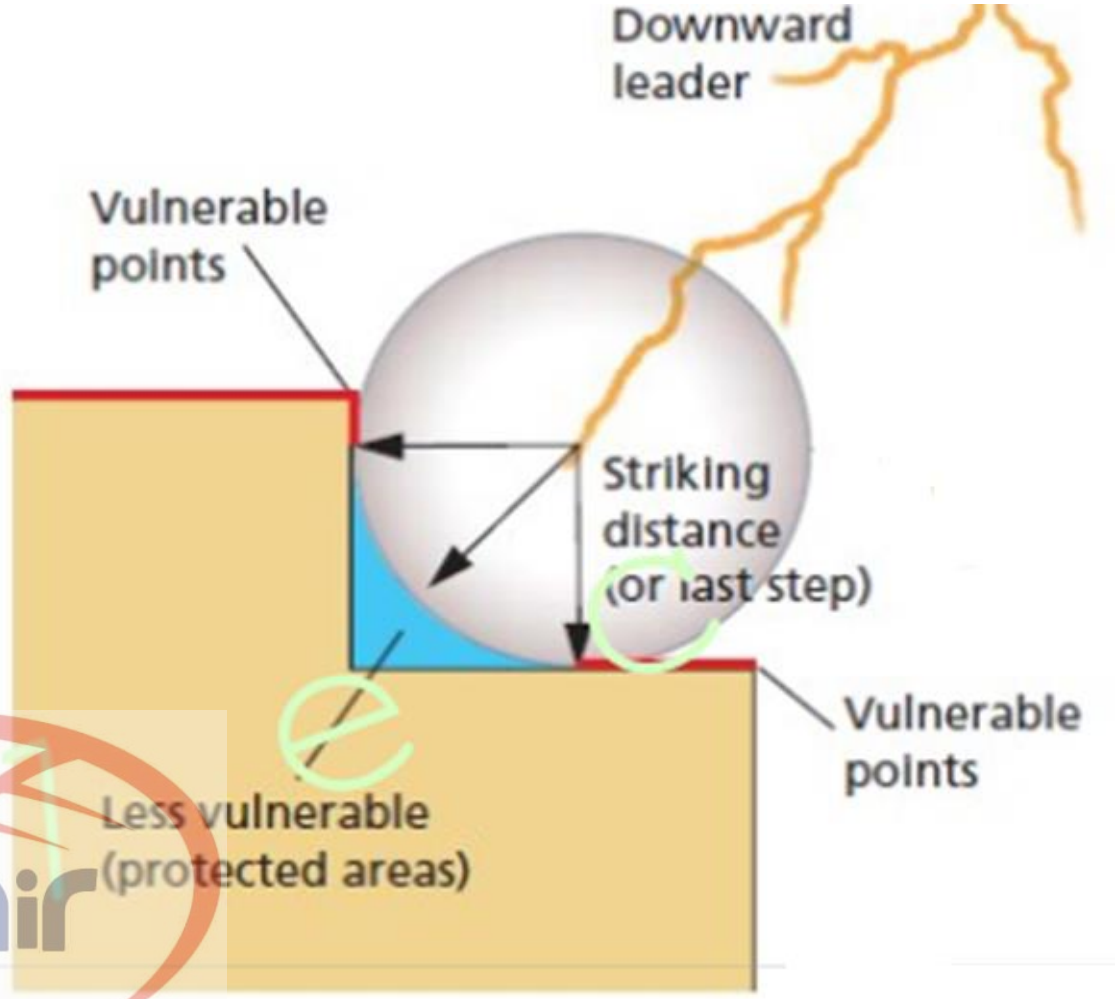
در این روش فرض بر آن است که ابر باردار به شکل یک گوی بزرگ بوده و بار الکتریکی به صورت یکنواخت در حجم آن توزیع شده است و می تواند با زمین و اشیاء روی آن برخورد کرده و تخلیه الکتریکی صورت گیرد. حال بایستی سیستم را طوری طراحی نمود تا گوی با شیئ مورد حفاظت تماس نیابد. این روش کلی ترین متد برای طراحی سیستم بوده و برای انواع صاعقه گیر قابل کاربرد است.

- در این روش گوی هایی با شعاع هایی متناظر با کلاس های حفاظتی در نظر گرفته می شود.
- احتمال اصابت صاعقه تنها به نقاطی وجود دارد که با کره تلاقی دارند، در نتیجه این گوی غلطان به هر کجای سازه برخورد کند، در این نقاط احتمال برخورد صاعقه وجود دارد که باید در این نقاط ارتینگ انجام شود (میله، مش و ...).

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

در شکل زیر جریان صاعقه را در مرکز کره در نظر می گیریم. در نتیجه کره منشأ آسیب می باشد و در نقاط قرمز رنگ احتمال برخورد صاعقه وجود دارد و قسمت آبی رنگ، قسمت محافظت شده می باشد. در نتیجه در قسمت های قرمز رنگ باید سیستم ارتینگ نصب شود.



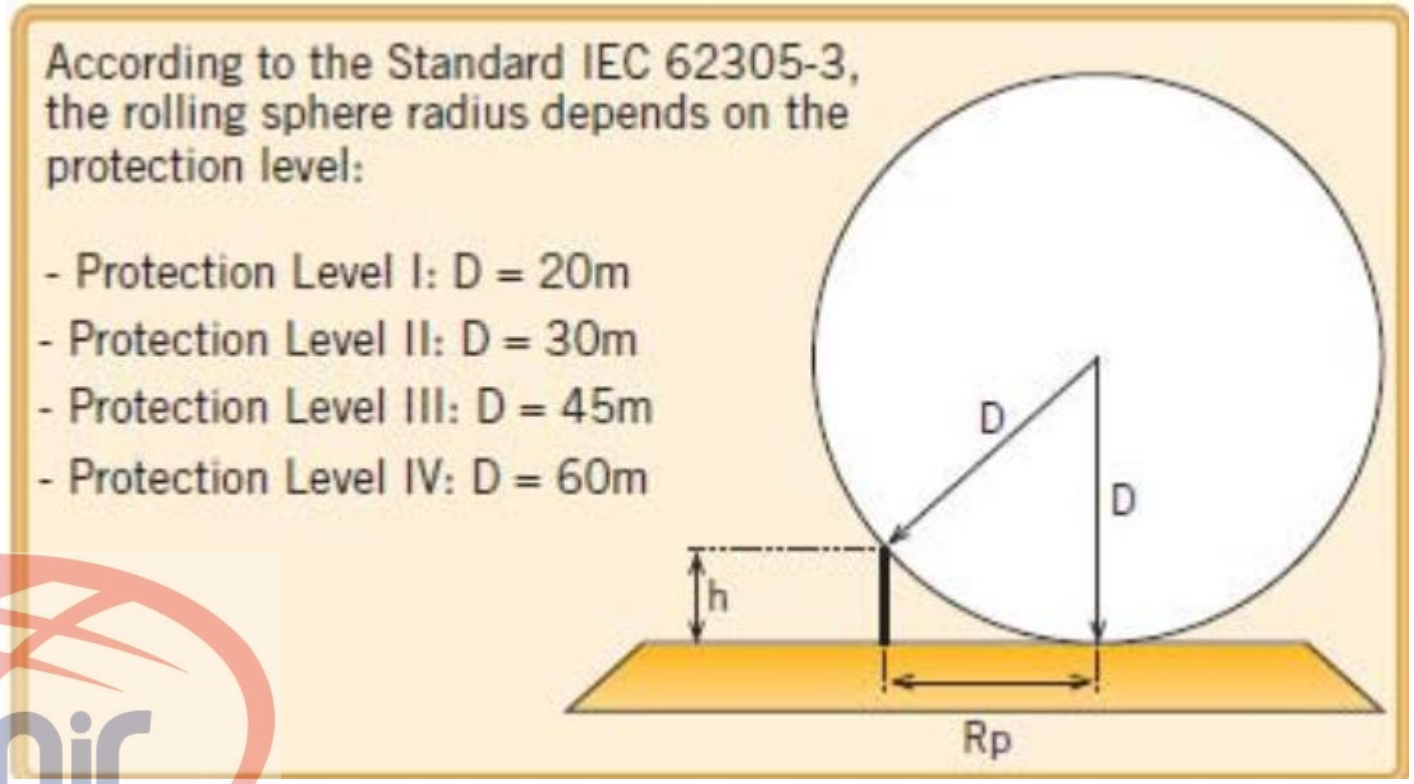
TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

- شعاع حفاظتی بر اساس فرمول زیر محاسبه می گردد.

$$R_p = \sqrt{(2D.h) - h^2}$$

- در سطح حفاظتی یک، احتمال برخورد گوی بیشتر می باشد.

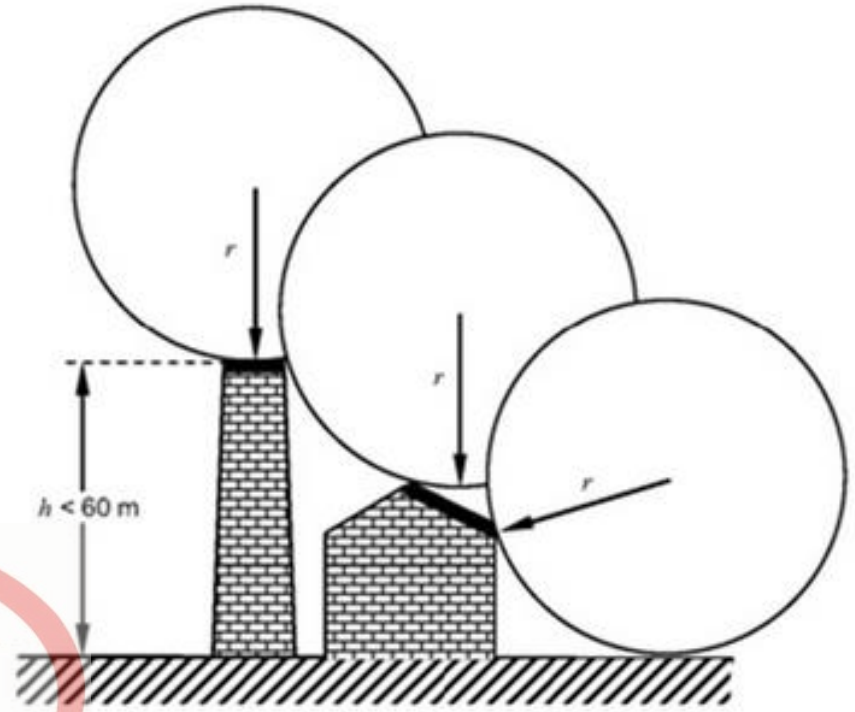


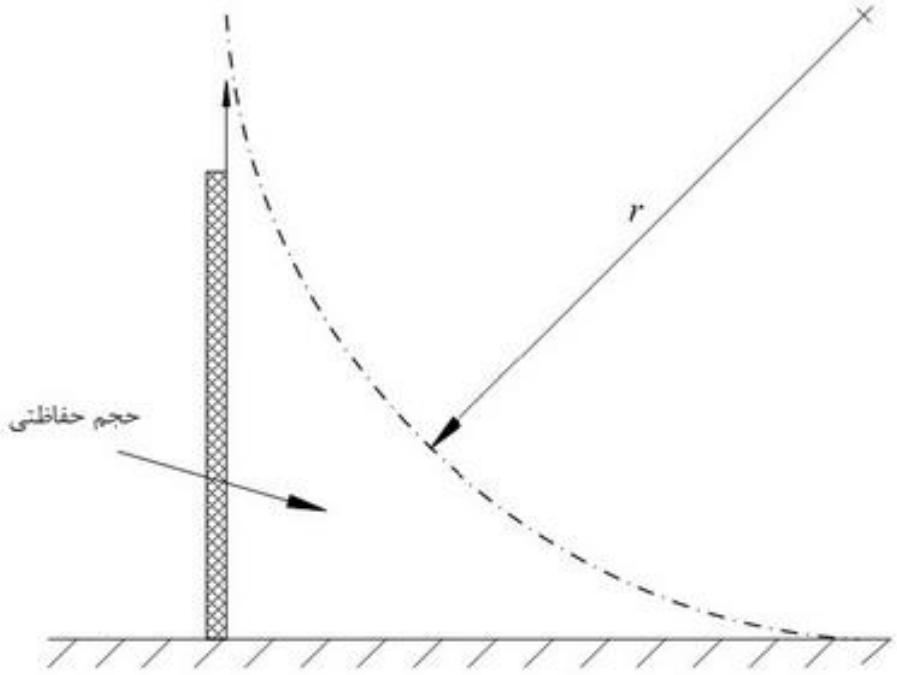
کلاس حفاظتی	شعاع گوی غلطان (متر)
I	۲۰
II	۳۰
III	۴۵
IV	۶۰

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

- طبق استاندارد، برای ساختمان های با ارتفاع کمتر از ۶۰ متر نیازی نمی باشد که گوی غلطان را با دیوارهای جانبی مماس نماییم (دیوارهای جانبی نیاز به حفاظت ندارند) و فقط گوی را روی سقف مماس نماییم.

- برای ساختمان های بلند تر از ۶۰ متر، باید ۲۰٪ انتهای ساختمان را نیز ارت نماییم (ارت کردن دیوارهای جانبی).





http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

برخورد صاعقه به برج امپایر در نیویورک

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

هادی انتقال دهنده جریان صاعقه به سیستم زمین (هادی میانی)

- ارتباط بین برقگیر و سیستم زمین توسط هادی میانی انجام می گیرد. با توجه به استاندارد NFC اگر ارتفاع ساختمان از ۲۸ متر بالاتر باشد یا این که طول ساختمان از ۲ برابر ارتفاع برقگیر بزرگ تر باشد بایستی برای اتصال برقگیر به سیستم زمین از هادی میانی استفاده نمود.
- در مورد قطر هادی نیز استاندارد برای مصارف خانگی سیم مسی ۵۰ و برای مصارف صنعتی سیم های ۷۵، ۹۰، ۱۲۰ و ... می توان استفاده نمود.
- طبق استاندارد باید حداقل از ۲ هادی انتقال دهنده جریان صاعقه استفاده نمود.

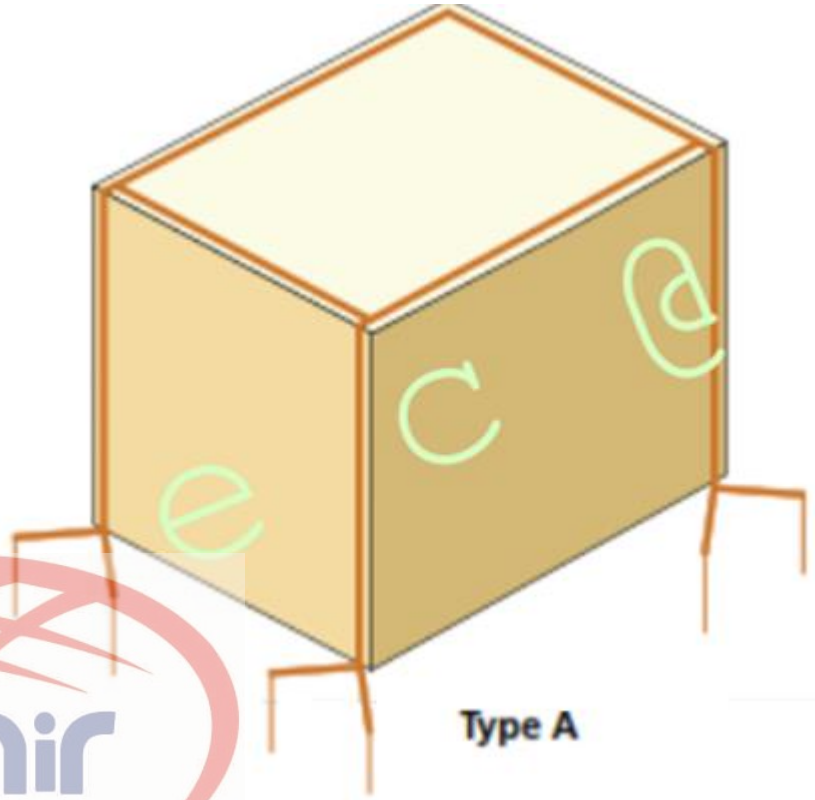
کلاس حفاظتی	فاصله بین هادی ها (متر)
I	۱۰
II	۱۵
III	۲۰
IV	۲۵

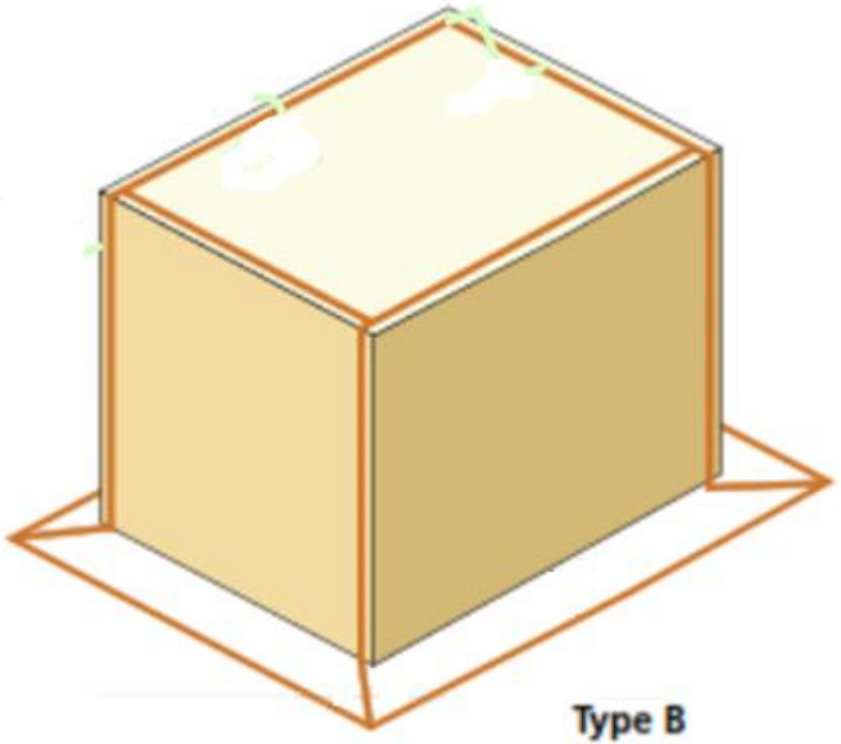
TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

انواع آرایش سیستم اتصال زمین صاعقه گیر

- آرایش نوع A: برای ساختمان های کم اهمیت
- آرایش نوع B: همبند شدن به یکدیگر (برای ساختمان های حساس استفاده می شود).





TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

سیستم حفاظت داخلی در برابر صاعقه

هدف، حذف جرقه و اختلاف پتانسیل های خطرناک در داخل سازه مورد حفاظت است، در هنگامیکه جریان صاعقه از هادی های سیستم حفاظت بیرونی و یا سایر قطعات فلزی ساختمان عبور می کند.

حداقل سایز هادی همبندی شینه های ارت متصل به الکترود زمین

کلاس حفاظتی	جنس الکترود	سطح مقطع (mm^2)
I تا IV	مس	۱۶
	آلومینیوم	۲۵
	استیل	۵۰

TOONIR

http://t.me/LightningEarthing
www.toonir.com

با تشکر از توجه و حضور شما