دوره آموزشی

اتصال زمین

(Earthing)

محل اجرا: مرکز آموزش شرکت کاشی و سرامیک نایین

مجری: مؤسسه ره آوران آفاق صنعت

مدرس: مهندس محمّد حیدری

بهمن ماه ۱۳۸۸

بسمه تعالی

نام دوره : Earthing

مدت دوره : ۲۴ساعت (۳روز)

سرفصل دوره:

۱- تعاریف و اصطلاحات در سیستم ارتینگ

۲- مقادیر مجاز مقاومت اتصال به زمین :الکتریکی(N) ،حفاظتی(PE) ،ابزار دقیق(I)،برقگیر(LA) وصاعقه گیر(SPD)

۳- محاسبات اتصال زمین با استفاده از الکترودهای نواری ، میله ای ، صفحه ای و مش

۴- استاندارد روش های اجرایی اتصال به زمین

۵- بررسی روش های اجرایی انواع اتصال به زمین

۶- اندازه گیری مقاومت زمین

۷- اندازه گیری مقاومت مخصوص زمین

۸- انواع سیستم زمین در شبکه های فشارقوی

۹- حفاظت تأسیسات الکتریکی در مقابل صاعقه

۱- تعاریف و اصطلاحات در سیستم ارتینگ

برای آشنایی بیش تر با مفاهیم اتصال زمین ، به شرح واژه ها و اصطلاحات مرتبط با اتصال زمین می پردازیم:

الف- اتصال به زمین (در انگلستان **Earthing** ، در امریکا **Grounding** ، در آلمان **Erde** و در فرانسه **Terre** گفته می شود.)

ب- زمین کمکی (Auxilary Earth)

محوطه ای از زمین ، که در چنان مسافتی از الکترود زمین قرارگرفته که هیچ گونه ولتاژ قابل ملاحظه ای بین هیچ کدام از نقاط آن وجود نداشته باشد.

ج- الکترود زمین (Earth Electrode)

هادی هایی هستند که در خاک فروبرده می شوند و دارای تماس الکتریکی مستقیم با خاک می باشند.

این الکترودها می توانند از نوع میله ، تسمه ، صفحه ، شبکه (مش) و یا ترکیبی از آن ها باشد.

د- سیم زمین (Earthing Conductor)

عبارت از سیمی است که برای اتصال تأسیسات به الکترود زمین بکار می رود.

توجه: اگر سیم نول یا فاز از طریق یک لینک ایزوله ، یک بوبین اطفاء جرقه **(arc Supression Coil)** یا یک کلید قطع کننده به زمین متصل شود. ، تنها آن قسمتی که بین الکترود زمین و نزدیک ترین بَست (کلمپ) وسایل فوق الذکر که در طرف نزدیک به الکترود زمین قرارگرفته به عنوان سیم زمین منظور می شود.

ه- الکترودهای پخش پتانسیل (Grading Earth Electrode)

الکترودهایی هستند که برای کنترل پخش پتانسیل در مجاورت یک سیم اتصال زمین بکار می رود.

و- هادی محافظ (Protective Conductor)

هادیی است که از طریق آن کلیه دستگاههایی که بایستی محافظت شوند به یکدیگر وصل و سپس به سیم زمین متصل می شود.

ز- اتصال به زمین حفاظتی (Protective Earthing)

عبارت از اتصال به زمین کلیه قطعات هادی یک ماشین یا تأسیساتی که جزء قسمتهای زنده(برقدار) نبوده ، تا شخص را در مقابل ولتاژ خطرناک تحت وضعیت های اتصالی محافظت کند.

ح- اتصال به زمین سیستم (System Earthing)

عبارت است از اتصال به زمین قسمت هایی از شبکه که جزء مدار الکتریکی می باشد. مانند اتصال به زمین نقطه نول یا مرکز ستاره سیم پیچ ترانسفورماتور

ط- ولتاژ کم (Low Voltage)

ولتاژهای کم تر از یک کیلوولت (1 KV) را فشارضعیف گویند.

ی- ولتاژ زیاد (High Voltage)

ولتاژهای بیش تر از یک کیلوولت (1 KV) را ولتاژ زیاد یا فشارقوی گویند.

ک- اتصال زمین (Earth Fault)

۱- اتصال یک هادی برقدار از مدار با زمین ، یا با وسیله ای که با زمین ارتباط هدایتی دارد ، را اتصال به زمین گویند. اتصال به زمین ممکن است در اثر عیبی در سیستم یا توسط یک قوس الکتریکی (arc) بوجود آید.

۲- جریان اتصال به زمین ، جریانی است که از مدار در محل اتصالی به زمین وارد می شود. این جریان درسیستم هایی با:

- نول زمین نشده (ایزوله) عبارت از جریان اتصال زمین خازنی است.

- با وسیله خاموش کننده اتصال زمین(وسایلی از قبیل رأکتورها یا بوبین های تضعیف کننده قوس الکتریکی که برای کاهش جریان اتصال به زمین بکار می رود) عبارت از جریان اتصال زمین پسماند است.

ل- انواع سیستم اتصال به زمین در شبکه های فشار ضعیف:

در شبکه های فشارضعیف سه نوع سیستم اتصال به زمین متداول است:

۱- سیستم TN که ممکن است در سه گونه مختلف باشد:

۱-۱- TN-S

۱-۲- TN-C

۱-۳- TN-C-S

۲- سیستم TT

۳- سیستم IT

در سیستم های TN ، TT و IT حرف اول از سمت چپ مشخص کننده رابطه سیستم با زمین است.

T- مخخف کلمه Terre یا زمین و به مفهوم این که یک نقطه از سیستم مستقیماً به زمین اتصال دارد(معمولاً نقطه خنثی).

T ≡ direct connection of one point to earth

I- مخفف کلمه Isolated یا عایق شده و به مفهوم این که قسمت های برقدار سیستم نسبت به زمین عایق اند ، یا یک نقطه از سیستم از طریق یک امپدانس (Impedance) به زمین اتصال دارد.

I ≡ all live parts isolated from earth on one point connected to earth through an impedance

حرف دوم از سمت چپ مشخص کننده رابطه بدنه های هادی تأسیسات با زمین است:

N- بدنه های هادی تأسیسات از نظر الکتریکی مستقیماً به نقطه زمین شده نیرو اتصال دارد.

N ≡ direct electrical connection of the exposed conductive parts to the earthed point of the power system (in a.c. systems the earthed point is normally the neutral point)

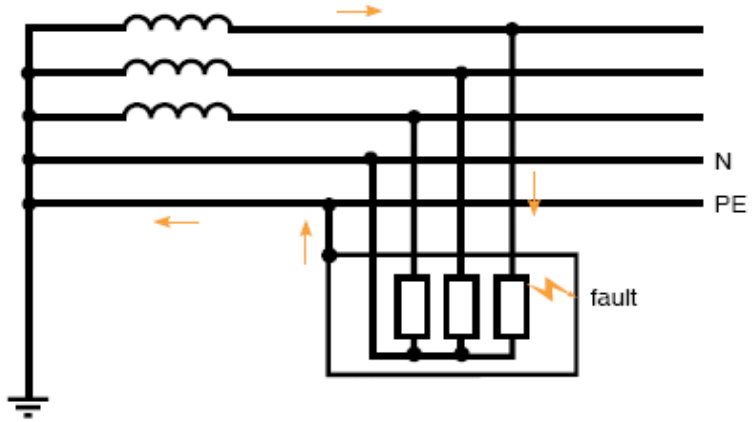
T- بدنه های هادی تأسیسات از نظر الکتریکی مستقیماً و مستقل از اتصال زمین سیستم نیرو به زمین اتصال دارد.

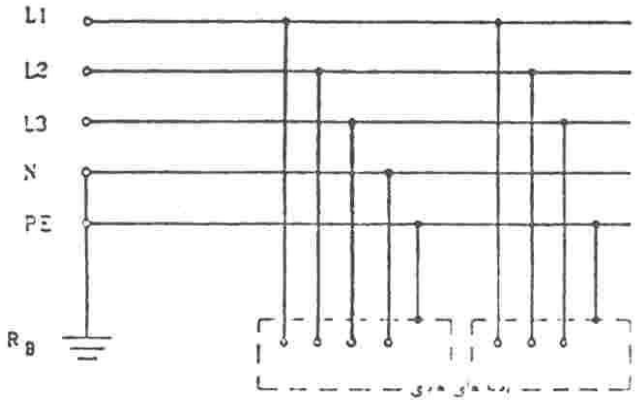
T ≡ direct electrical connection of exposed conductive parts to earth independently of the earthing of any point of power system.

علاوه بر این در مورد سیستم TN ، از حروف اضافی دیگر برای مشخص کردن نحوه به کارگیری هادی های حفاظتی

در مورد سیستم **TN-S** در سراسر سیستم بدنه های هادی تأسیسات از طریق یک هادی مجزا (**PE**) به نقطه خنثی (**N**) در مبداء سیستم اتصال دارد.

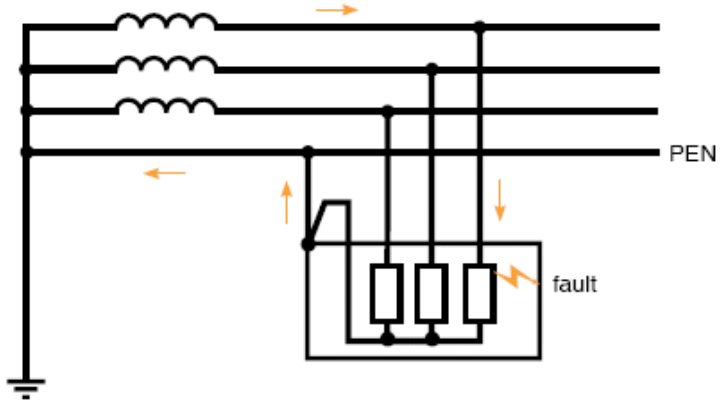
S ≡ neutral and protective functions provided by separate conductors

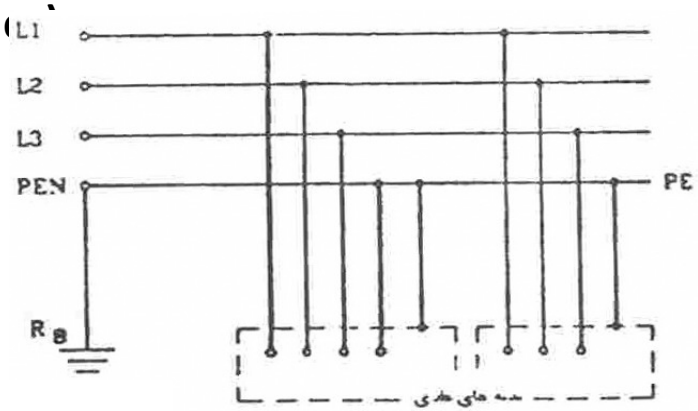




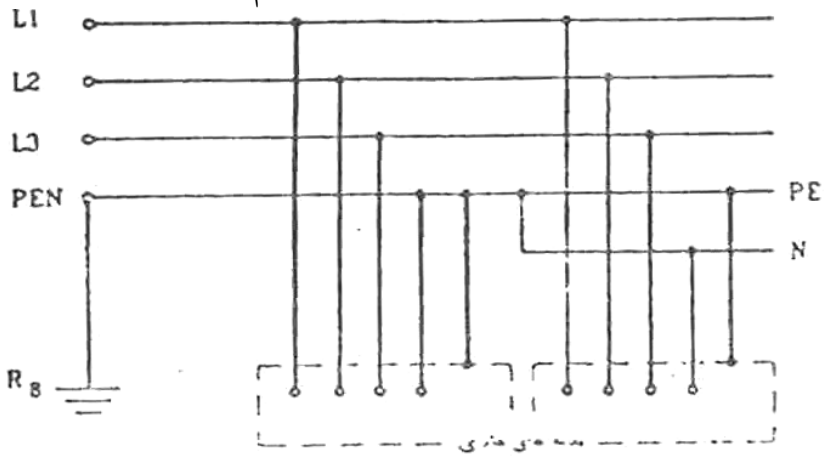
درمورد سیستم **TN-C** در سراسر سیستم بدنه های هادی تأسیسات به هادی مشترک حفاظتی و خنثی (**PEN**) اتصال دارد.

C ≡ neutral and protective functions combined in a single conductor (PEN

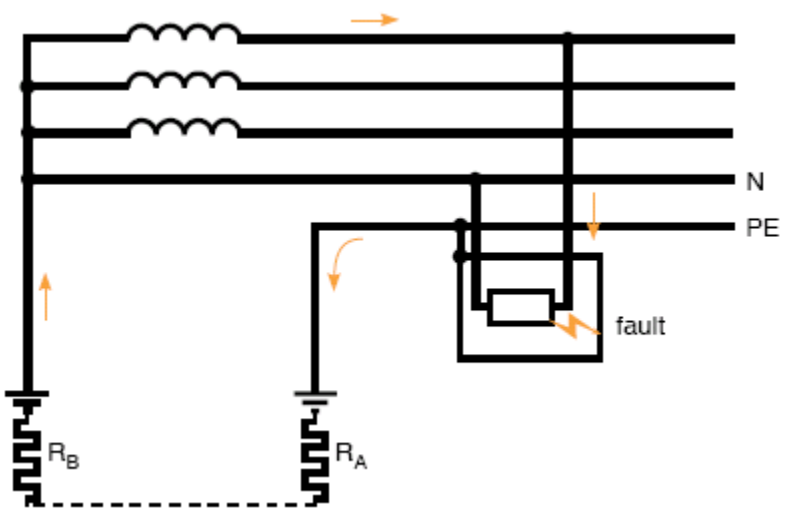


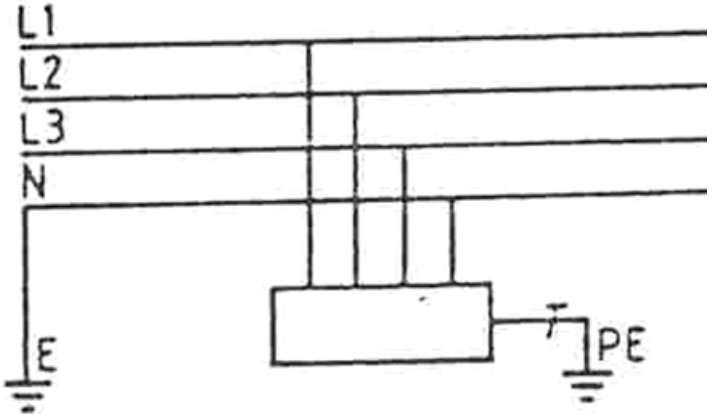


در مورد سیستم **TN-C-S** بخشی از سیستم از مبداء تا نقطه تفکیک ، دارای هادی مشترک حفاظتی و خنثی (**PEN**) بوده و از آن نقطه به بعد ، دو هادی حفاظتی (**PE**) و خنثی (**N**) از هم جدا می شوند.

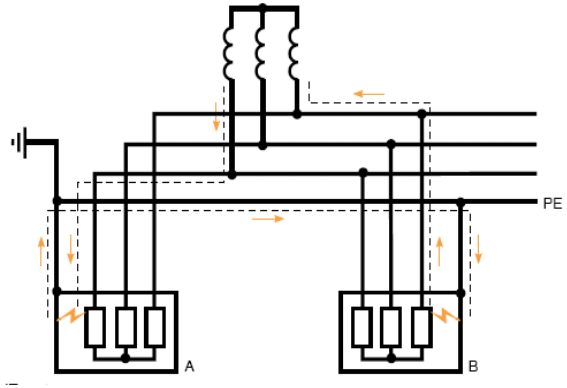


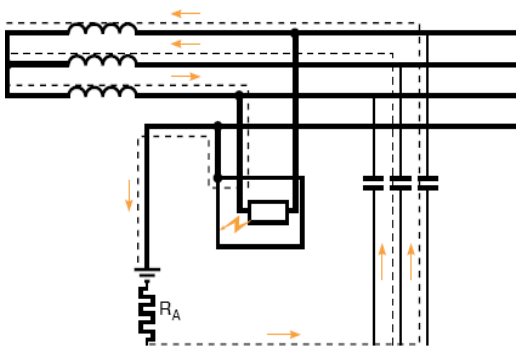
سیستم **TT** : در این روش بایستی دقت شود تا مقاومت زمین **PE** بیش تر از حد مجاز نشود.

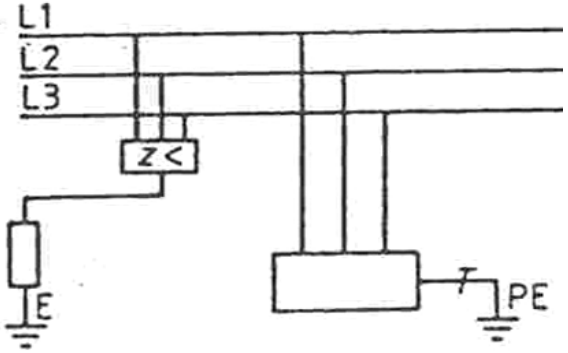




سیستم IT: قسمت های برقدار سیستم نسبت به زمین عایق اند ، یا یک نقطه از سیستم از طریق یک امپدانس به زمین اتصال دارد.







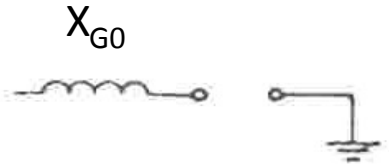
م- انواع سیستم اتصال به زمین در شبکه فشار قوی :

Zero Sequence Components Or Neutral Circuit

Circuit

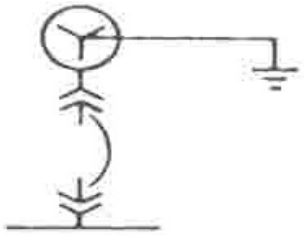
الف- ایزوله

Ungrounded



ب- اتصال مستقیم

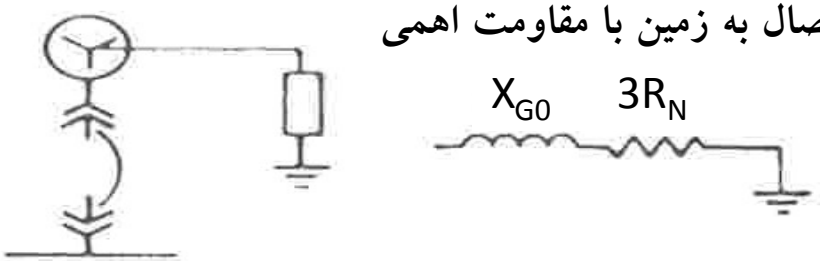
Solid Grounded



Circuit Zero Sequence Components Or Neutral Circuit

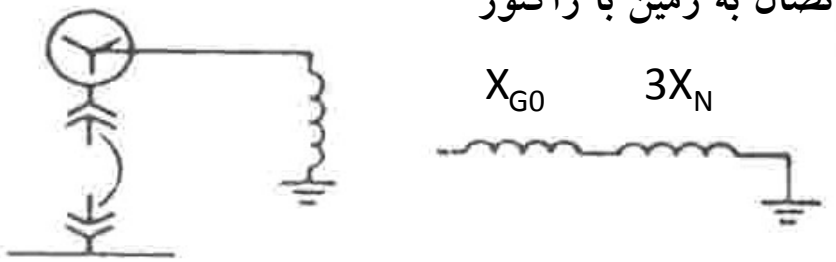
Resistance Grounded

ج- اتصال به زمین با مقاومت اهمی



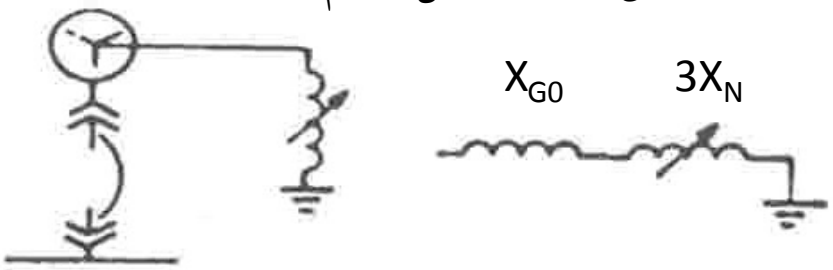
Reactance Grounded

د- اتصال به زمین با رأکتور



Ground Fault Neutralizer

ه- اتصال به زمین با سلف قابل تنظیم

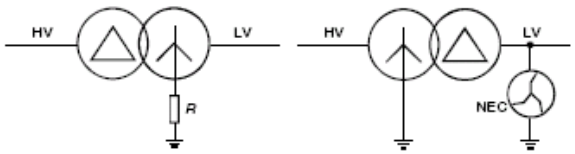


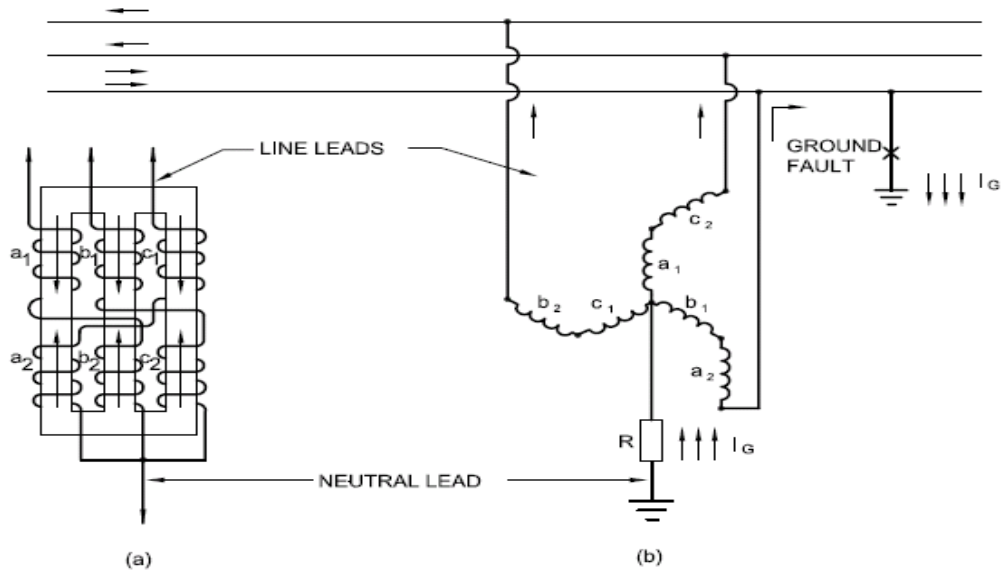
X_{G0} = Zero Sequence Reactance of Generator or Transformer
X_N = Reactance of Grounding Reactor
R_N = Resistance of Grounding Resistor

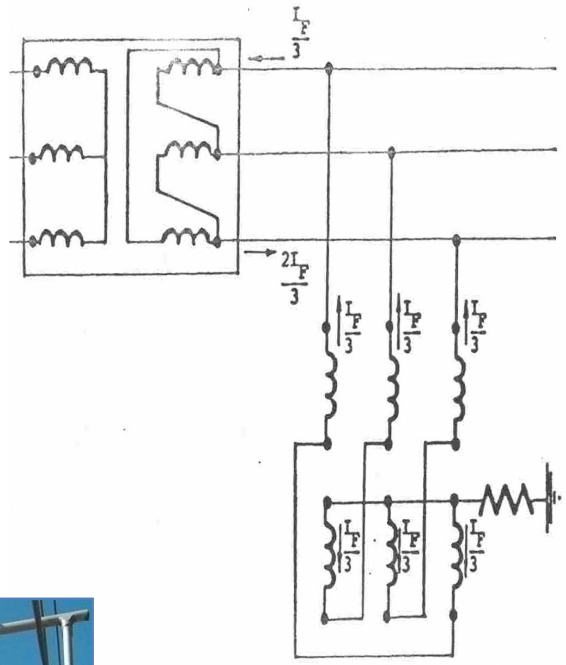
ح- اتصال وسط یک فاز از سیستم مثلث به زمین (در صورت داشتن سه ترانسفورماتور یک فاز با سر وسط)

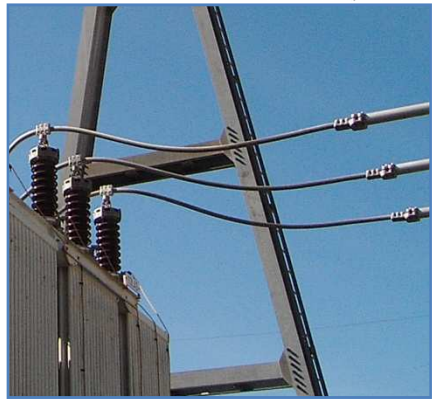
ط- ترانسفورماتور زمین ستاره مثلث

ی- سیستم با ترانسفورماتور زمین و اتصال زیگزاگ (امپدانس توالی صفر ناچیز):









هدف کلی از اتصال به زمین تأسیسات و سیستمهای برقی

۱- حفاظت انسان ، اعم از کارکنان ، اپراتورها ، تعمیرکاران و کارکنان ساختمانی و همچنین حیوانات در مقابل برق گرفتگی می باشد.

۲- حفاظت تأسیسات و دستگاهها ، با استفاده از اتصال زمین با روش و اسلوب صحیح ، استحکام شرایط الکتریکی ، الکترومکانیکی و دینامیکی سیستم را بیش تر می کند. با ایجاد یک اتصال زمین مطلوب :

۱- دستگاههای برقگیر بخوبی عمل می کند.

۲- سبب کشف اتصال ها و خطا ها به وسیله رله های حفاظتی شده و می توان عیب را سریعاً برطرف نمود.

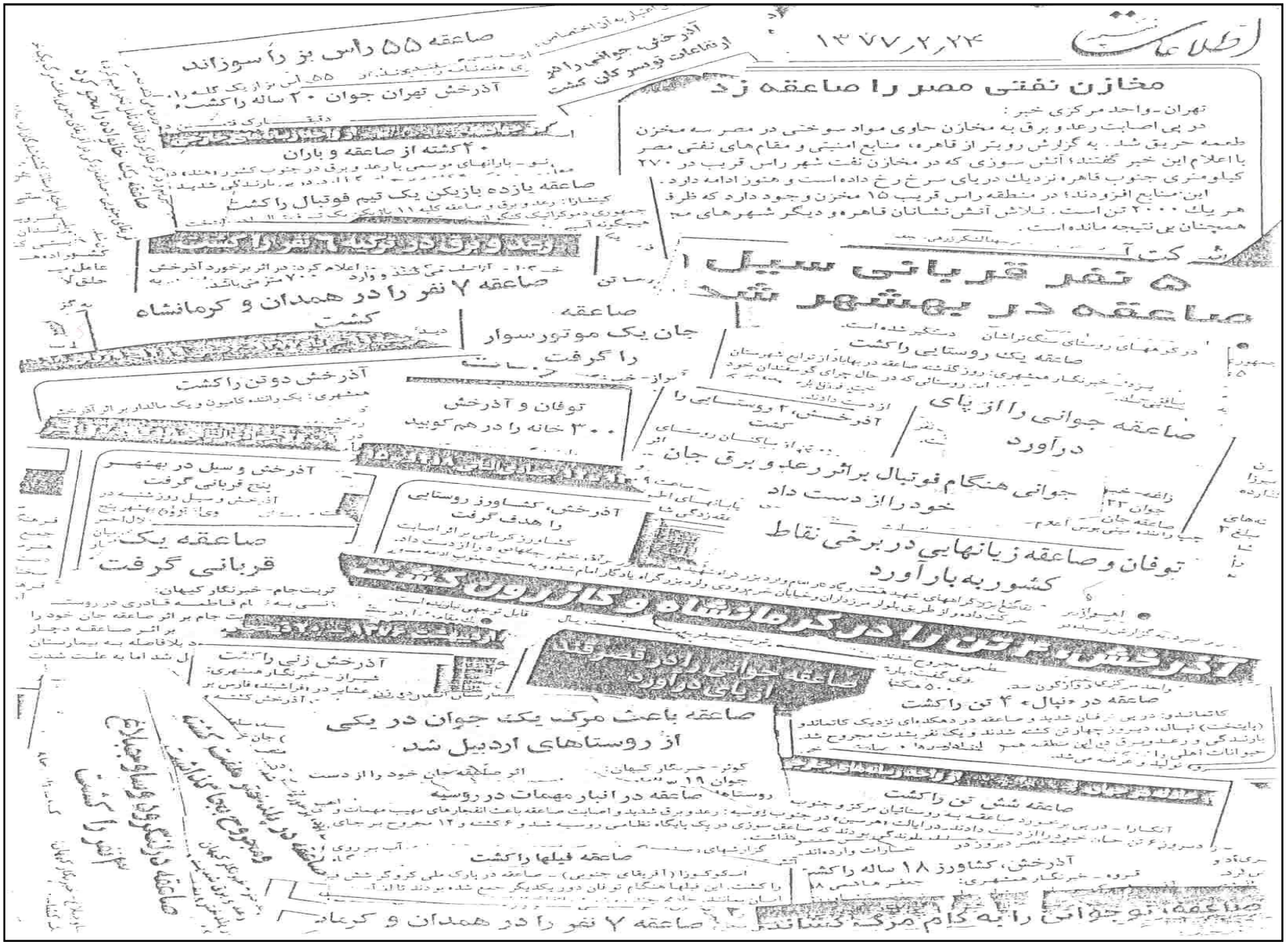
۳- در اثر بروز اتصالی و اختلال در سیستمهای الکتریکی ، مانع از افزایش ولتاژ در آن سیستم می شود.

انواع اتصال به زمین:

به طور کلی اتصال به زمین به دو منظور ایجاد می شود:

۱- اتصال به زمین حفاظتی

۲- اتصال به زمین الکتریکی



مخازن نفتی مصر را صاعقه زد

تهران - واحد مرکزی خبر :

در پی اصابت رعد و برق به مخازن حاوی مواد سوختی در مصر سه مخزن طعمه حریق شد. به گزارش رویتر از قاهره، منابع امنیتی و مقام‌های نفتی مصر با اعلام این خبر گفتند؛ آتش سوزی که در مخازن نفت شهر راس قریب در ۲۷۰ کیلومتری جنوب قاهره، نزدیک دریای سرخ رخ داده است و هنوز ادامه دارد.

این منابع افزودند؛ در منطقه راس قریب ۱۵ مخزن وجود دارد که ظرف هر یک ۲۰۰۰ تن است. تلاش آتش نشانان قاهره و دیگر شهرهای مج همچنان بی نتیجه مانده است.

صاعقه ۵۵ راس بز را سوزاند

آذرخش جوانی را در ارتفاعات تورسر کان کشت

۴۰ کشته از صاعقه و باران

صاعقه بازده بازیکن یک تیم فوتبال را کشت

صاعقه ۷ نفر را در همدان و کرمانشاه کشت

۵ نفر قربانی سیل صاعقه در یوشهر شد

صاعقه یک روستایی را کشت

صاعقه جوانی را از پای درآورد

جوانی هنگام فوتبال براثر رعد و برق جان خود را از دست داد

توفان و صاعقه زیانهایی در برخی نقاط کشور به بار آورد

آذرخش دو تن را کشت

توفان و آذرخش ۳۰۰ خانه را درهم کوبید

آذرخش و سیل در بهشهر پنج قربانی گرفت

صاعقه یک قربانی گرفت

آذرخش، کشاورز روستایی را هدف گرفت

آذرخش ۳ تن را از پای درآورد

صاعقه باعث مرگ یک جوان در یکی از روستاهای اردبیل شد

صاعقه در انبار مهمات در روسیه

صاعقه فیلها را کشت

صاعقه ۷ نفر را در همدان و کرمانشاه کشت

صاعقه جوانان را به کام مرگ کشاند

اهداف اتصال به زمین حفاظتی (ایمنی)

جلوگیری از ایجاد خطر برای افراد و حیوانات از طریق محدود کردن ولتاژهایی که ممکن است بطور اتفاقی به بدن آن ها اعمال شود.

۱- حفاظت جان افراد در مقابل خطرات الکتریکی (ولتاژهای گام و تماس) ناشی از:

۱-۱- جریان های خطای زمین

۱-۲- جریان های صاعقه (برخوردمستقیم – القاء)

۱-۳- دشارژ بارهای استاتیک

۲- جلوگیری از زیان های جانی و مالی قوس الکتریکی (آتش سوزی – انفجار) ناشی از:

۲-۱- خطای زمین همراه با قوس الکتریکی

۲-۲- صاعقه و قوس الکتریکی حاصل از آن

۲-۳- دشارژ بارهای استاتیک همراه با قوس الکتریکی

دلایل نیاز به اتصال زمین حفاظتی(ایمنی):

۱- عبور جریان برق از هادی ها بر اثر وجود اختلاف سطح ولتاژ

۲- هادی بودن زمین ، مصالح و دستگاههایی که بطور معمول در دسترس است.

۳- مضر و کشنده بود عبور جریان برق از بدن موجودات زنده و بخصوص انسان

روش اجرا اتصال به زمین حفاظتی (ایمنی):

اتصال به زمین کلیه هادیهایی که ممکن است بطور تصادفی برقدار شوند و افراد و حیوانات در معرض تماس با آنها هستند.

اهداف اتصال به زمین الکتریکی

۱- کنترل اضافه ولتاژهای حاصل از جریان خطای زمین به منظور:

۱-۱- جلوگیری از کاهش عمر عایق بندی تجهیزات الکتریکی

۱-۲- جلوگیری از عوارض ناشی از قوس الکتریکی (انفجار ، آتش سوزی و ...)

۲- ایجاد مسیری کم امپدانس برای عبور جریان خطای زمین به منظور عملکرد سریع وسایل حفاظتی برای:

۲-۱- جلوگیری از عوارض حرارتی جریان های طولانی خطای الکتریکی بر هادی ها و تجهیزات الکتریکی

۲-۲- برآوردن برخی از اهداف اتصال به زمین حفاظتی (ایمنی)

ضرورت اتصال به زمین الکتریکی یا ایزوله بودن شبکه و سیستم های تولید ، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی

۱- پایداری شبکه

۲- تأمین مداوم مصرف انرژی الکتریکی

۳- اثر وقوع چند اتصال زمین همزمان

۴- اثر وقوع اتصال زمین با جرقه

۵- یافتن سریع محل اتصال زمین تجهیزات الکتریکی

۶- ایمنی

۷- اضافه ولتاژ هنگام اتصال زمین سیستمها و تجهیزات الکتریکی

۸- هزینه

۲- مقادیر مجاز مقاومت اتصال به زمین و مقاومت مخصوص زمین

مقادیر مجاز مقاومت انواع اتصال به زمین مطابق استاندارد به شرح ذیل است.

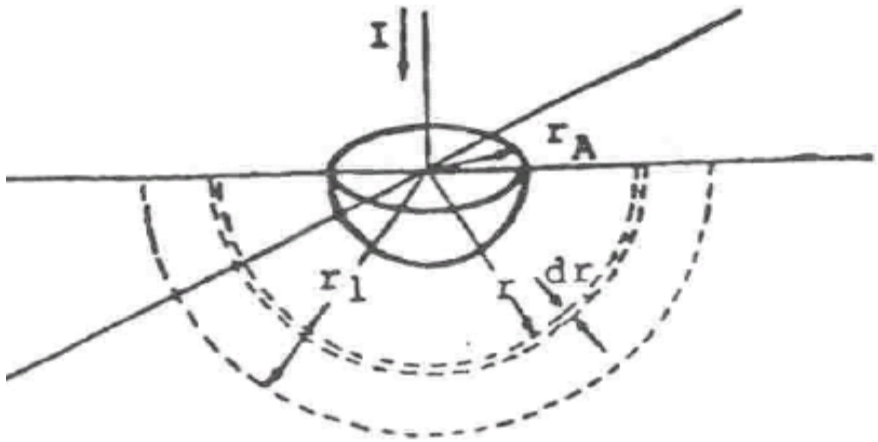
انواع اتصال به زمین	ارت الکتریکی یا نول (N)	ارت حفاظتی (PE)	ارت ابزار دقیق (I)	ارت برقگیر (LA)	ارت صاعقه گیر (SPD)
مقدار مقاومت مجاز به اهم	$R_N \leq ۵\ \Omega$	$R_{PE} \leq ۲\ \Omega$	$R_I \leq ۱\ \Omega$	$R_{LA} \leq 10\ \Omega$	$R_{SPD} \leq 10\ \Omega$

۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۱
زمین سنگلاخ	ماسه یا شن خشک	شن مرطوب	ماسه نرم مرطوب	خاک رس زمین مزروعی	مرداب و زمین باتلاقی	نوع زمین	
۳۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۳۰	مقاومت مخصوص Ωm	۲

۳- محاسبات اتصال زمین با استفاده از الکترودهای نواری ، میله ای ، صفحه ای و مش

شکل فیزیکی یک سیستم الکترود زمین ممکن است به اشکال مختلف باشد این اتصال زمین میتواند یک صفحه یا میله‌ای که در داخل زمین قرارگرفته شده است باشد. در اینجا یک الکترود فلزی را که بصورت نیمکره بوده در نظر گرفته و مطابق شکل زیر آنرا طوری در خاک قرار میدهیم که همسطح زمین واقع شود .

فرض کنید جریان I از منبعی به این الکترود جریان یافته و سطوح شعاعی در داخل زمین پیرامون الکترود که از مقاومت مخصوص یکسانی برخوردار می باشد در سطح نامحدودی جریان یابد مقاومت این اتصال زمین با توجه به فرمول



$$R = \rho \frac{L}{A} \qquad (1)$$

که درآن R مقاومت بین دو سطح هادی با مقاومت مخصوص ρ و طول L و سطح مقطع یکسان A برای جریان فوق می باشد ، محاسبه میشود . (بشرطی که زمین همگن باشد)

دراین حالت سطح مقطعی که جریان از آن عبور می کند یکسان نبوده بلکه با افزایش مسافت از مرکز الکترود ، این سطح مقطع افزایش می یابد .

باتوجه به شکل فوق ، دیده میشود که سطحی که در برابر جریان قرار میگیرد عبارت از سطح نیمکره ای باشعاع r است وبنابراین $A = 2\pi r^2$ (2)

خواهد بود . از آنجائیکه این سطح مقطع تنها برای طول dr از مسیر جریان بکار میرود معادله (2) بصورت زیر تغییر می یابد

$$dR = \rho \frac{dr}{2\pi r^2} \qquad (3)$$

مقاومت بین نیمکره A باشعاع r_A و یک نیمکره توخالی فرضی باشعاع r_2 از مجموع مقاومت های تعداد بینهایت از این پوسته هائی که بین دو نیمکره قرار می گیرند ، بدست

می‌آید .

$$R = \int dR = \int_{r_A}^{r_1} \rho \frac{dr}{2\pi r^2} \qquad (4)$$

و نتیجتاً

$$R = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_1} \right) \qquad (5)$$

چنانچه شعاع r_1 در معادله (5) خیلی بزرگ باشد می‌توان از $\frac{1}{r_1}$ صرف نظر نمود و معادله بصورت زیر درخواهد آمد :

$$R = \frac{\rho}{2\pi r_A} \qquad (6)$$

با مراجعه به معادله (5) می‌توان مشاهده نمود که اگر مقدار r_1 ، ۱۰ برابر مقدار r_A باشد مقاومت محاسبه شده R برابر با ۹۰٪ مقدار معادله (6) خواهد بود و این موضوع نشان دهندهٔ این مطلب است که بیشترین مقاومت زمین در چنین حجمی نزدیک به الکترود زمین قرار می‌گیرد .

فرمول های محاسبه مقاومت انواع الکترود اتصال به زمین:

روابط محاسبه انواع الکترودهای اتصال به زمین به این شرح است:

نیمکره با شعاع a

$$R = \frac{\rho}{2\pi a}$$

میله ای بطول L و شعاع a

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\mathrm{Ln}\left(\frac{4L}{a}\right) - 1\right)$$

دو میله بطوریکه $S > L$ (S فاصله بین دو میله)

$$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\mathrm{Ln}\left(\frac{4L}{a}\right)-1\right) + \frac{\rho}{4\pi S}\left(1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} + \cdots\right)$$

دو میله بطوریکه $S < L$ (S فاصله بین دو میله)

$$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\mathrm{Ln}\frac{4L}{a} + \mathrm{Ln}\frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} + \cdots\right)$$

سیم دفن شده بصورت افقی بطول 2L ، عمق S/2

$$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\mathrm{Ln}\frac{4L}{a} + \mathrm{Ln}\frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} + \cdots\right)$$

نوار راست گوشه بطول بازوی L ، عمق S/2

$$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\mathrm{Ln}\frac{2L}{a} + \mathrm{Ln}\frac{2L}{S} - 0.2373 + 0.2146\frac{S}{L} + 0.1035\frac{S^2}{L^2} + \cdots\right)$$

ستاره با سه بازو و بطول بازوی L ، عمق S/2

$$R = \frac{\rho}{6\pi L}\left(\mathrm{Ln}\frac{2L}{a} + \mathrm{Ln}\frac{2L}{S} + 1.071 - 0.209\frac{S}{L} + 0.237\frac{S^2}{L^2} - 0.054\frac{S^4}{L^4} + \cdots\right)$$

ستاره با چهار بازو و بطول بازوی L ، عمق S/2

$$R = \frac{\rho}{8\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a}+\ln\frac{2L}{S}+2.912-1.071\,\frac{S}{L}+0.645\,\frac{S^2}{L^2}-0.145\frac{S^4}{L^4}+\ldots\right)$$

ستاره با شش بازو و بطول بازوی L ، عمق S/2

$$R = \frac{\rho}{12\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a}+\ln\frac{2L}{S}+6.351-3.123\,\frac{S}{L}+1.758\,\frac{S^2}{L^2}-0.490\frac{S^4}{L^4}+\ldots\right)$$

ستاره با هشت بازو و به طول بازوی L ، عمق S/2

$$R = \frac{\rho}{16\pi L}\left(\ln\frac{2L}{a}+\ln\frac{2L}{S}+10.98-8.51\,\frac{S}{L}+3.26\,\frac{S^2}{L^2}-1.17\frac{S^4}{L^4}+\ldots\right)$$

رینگ نواری (حلقه ٔ نواری) به قطر حلقه ٔ D ، قطر نوار d ، عمق S/2

$$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D}\left(\ln\frac{8D}{d}+\ln\frac{4D}{S}\right)$$

نوار دفن شده ٔ افقی بطول 2L ، به مقطع axb و عمق S/2 ، a/8 b

$$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln\frac{4L}{a}+\frac{a^2-ab}{2(a+b)^2}+\ln\frac{4L}{a}-1+\frac{S}{2L}-\frac{S^2}{16L^2}+\frac{S^4}{512\,L^4}+\ldots\right)$$

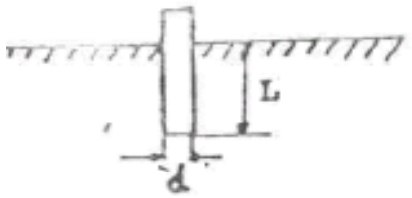
صفحه ٔ دوار مدفون شده ٔ افقی به شعاع a ، عمق S/2

$$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi S}\left(1 - \frac{1}{12}\frac{a^2}{S^2} + \frac{32}{160}\frac{a^4}{S^4} + \dots\right.$$

صفحه ٔ دوار مدفون شده ٔ عمودی به شعاع a ، عمق S/2

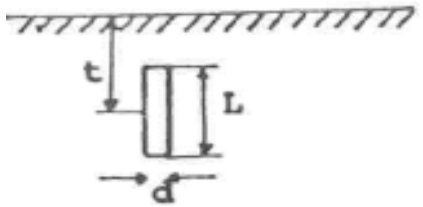
$$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi S}\left(1 - \frac{2}{24}\frac{a^2}{S^2} + \frac{64}{320}\frac{a^4}{S^4} + \dots\right.$$

میله یا لوله بطول L و قطر d در خاک



$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\,\mathrm{Ln}\,\frac{4L}{d} \qquad L \gg d/2$$

میله یا لوله که از سطح خاک به عمق متوسط t قرار گرفته است

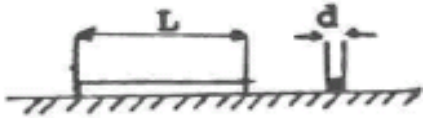


$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\mathrm{Ln}\,\frac{2L}{d} + 1/2\,\mathrm{Ln}\,\frac{4t+L}{4t-L}\right) \qquad L \gg d/2,\ t \gg L/4$$

تسمه به مقطع چهار ضلعی در سطح خاک (در خط مستقیم)

$$R = \frac{\rho}{\pi L}\,\mathrm{Ln}\,\frac{4L}{b} \qquad L \gg b$$

سیم در سطح خاک (در خط مستقیم)



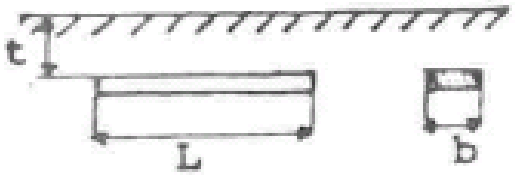
$$R = \frac{\rho}{\pi L}\,\mathrm{Ln}\,\frac{2L}{d} \qquad L \gg d$$

تسمه در زیر خاک (در خط مستقیم)

$L \gg d$

$t \geq L/4$

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\mathrm{Ln}\,\frac{2L^2}{bt}\right)$$

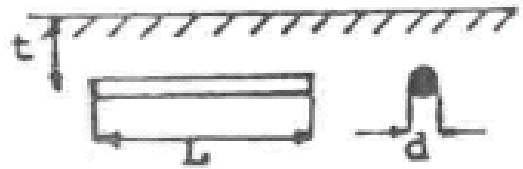


سیم در زیر خاک (در خط مستقیم)

$L \gg d$

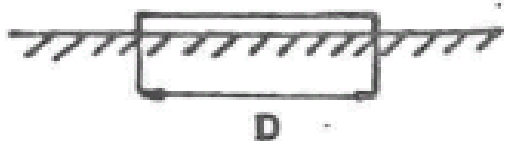
$t \ll L/4$

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\mathrm{Ln}\,\frac{L^2}{dt}\right)$$



صفحه ٔ دایره‌ای در سطح خاک

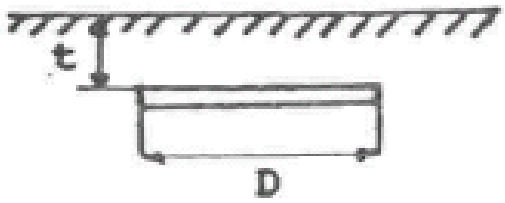
$$R = \frac{\rho}{2D}$$



صفحه ٔ دایره ای در زیر خاک

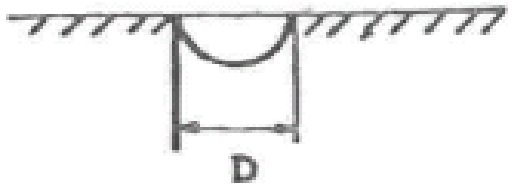
$t \geq D/2$

$$R = \frac{\rho}{4D}\left(1 + \frac{2}{\pi}\,\mathrm{arc\,Sin}\,\frac{D}{\sqrt{16t^2+D^2}}\right)$$



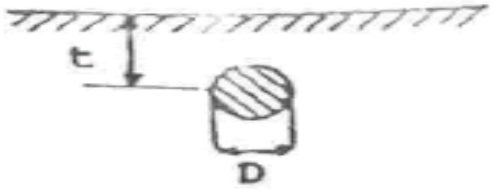
نیمکره در سطح خاک

$$R = \frac{\rho}{\pi D}$$



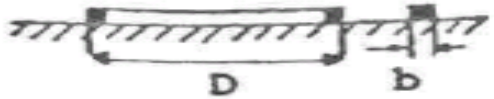
الکترود لیمکره ای در زیر خاک ، به عمق t

$$R = \frac{\rho}{2\pi D}\left(1 + \frac{D}{4t}\right) \qquad t \gg D/2$$



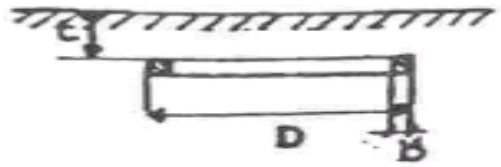
تسمه بشکل حلقه روی سطح خاک

$$R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \operatorname{Ln}\frac{16D}{b} \qquad D \gg b$$



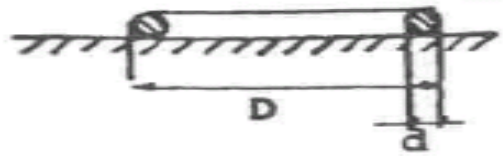
تسمه بشکل حلقه در زیر خاک

$$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \operatorname{Ln}\frac{8\pi D^2}{bt} \qquad D \gg b \qquad t \ll D/2$$



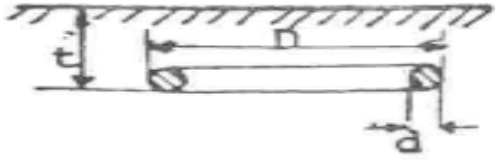
سیم بشکل حلقه در سطح خاک

$$R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \operatorname{Ln}\frac{8D}{d} \qquad D \gg d$$



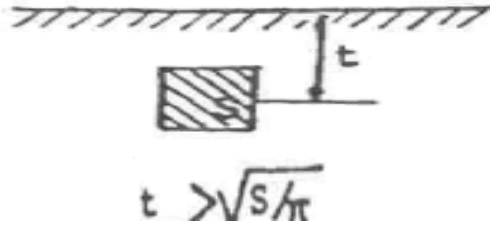
سیم بشکل حلقه در زیر خاک

$$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \operatorname{Ln}\frac{4\pi D^2}{d\,t} \qquad D \gg d \qquad t \ll D/2$$



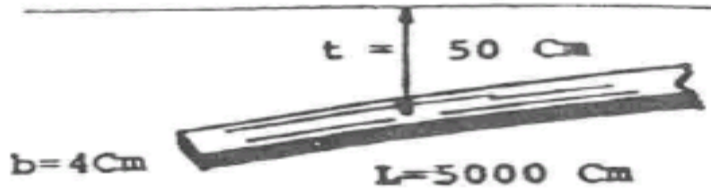
صفحه مربعی در زیر خاک

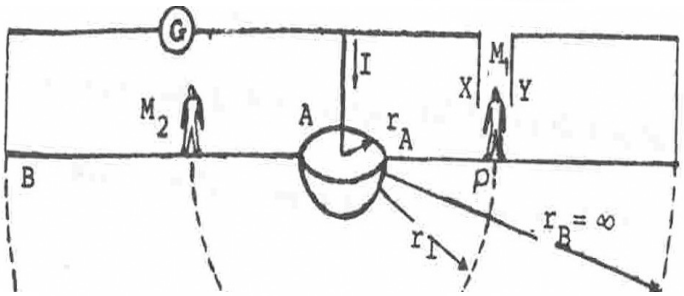
$$R = \frac{\rho}{4\sqrt{\pi S}}\left(\pi/2 + \operatorname{Sin}^{-1}\sqrt{\frac{S}{4t^2\pi + S}}\right)$$



مثال: تسمه ای در عمق ۵۰ سانتی متری خاک قراردارد ، طول آن ۵۰ متر و به عرض ۴ سانتی متر می باشد. مقاومت تسمه را برای عبور جریان بدست آورید. مقاومت مخصوص زمین 10^4 اهم سانتی متر است.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \text{Ln} \frac{2L^2}{b\,t}$$





$$R = \frac{10^4}{2\pi \times 5000} \text{Ln} \frac{2\,(5000)^2}{4 \times 50} = 3.95 \text{ اهم}$$

مخاطره عبور جریان در زمین:

هرگاه جریانی باشدت زیاد از الکترود زمین به زمین وارد شود ، سبب ایجاد ولتاژهائی درمجاورت الکترود زمین میشود که برای اشخاص و تاسیساتی که درمجاور آن قرار گرفته اند مخاطره آمیز است . مطابق شکل یك الکترود زمین فلزی نیمکره ای A را باشعاع r_A درنظرمیگیریم همچنین یك پوسته فرضی باشعاع $r_B = \infty$ متحد المرکز باالکترود فوق الذکر فرض می کنیم ژنراتور G جریان I رااز طریق الکترود A به زمین می فرستد ، جریان از الکترود B (پوسته فرضی نیمکره ای از خاك کره فاصله دوری از الکترود A قرارگرفته بود وشعاع آنرا $r_B = \infty$ فرض نمودیم بعنوان الکترود B درنظرمیگیریم) به ژنراتور برمی گردد .

مطابق شکل صفحه قبل فرض می کنیم شخصی درنقطه P برروی زمین بافاصله r_1 از الکترود A هادی X رالمس کند ، ولتاژی که شخص درمعرض آن قرارمیگیرد عبارت از افت ولتاژی است(IR)که بین الکترود A و یک سطح نیمکره فرضی باشعاع r_1 تعیین می شود ، که بهآن ولتاژ تماسی[1] گویند . باتوجه به فرمول (5) این ولتاژ برابر است با :

$$\text{تماسی} \quad V = IR = \frac{\rho I}{2\pi}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_1}\right)$$

بطوریکه درفرمول دیده میشود هر قدر r_1 کاهش پیدا کند ولتاژ تماسی کمترشده تاجائیکه اگر r_1 برابر r_A شود این ولتاژ به صفر می رسد .

حال فرض می کنیم درنقطه P ایستاده باشد وهادی Y رالمس کند ، این باربدن او تحت ولتاژ برابر باافت ولتاژ (IR) بین الکترود فرضی باشعاع r_1 و الکترود با شعاع بینهایت قرارمی گیرد که به آن ولتاژ انتقالی[2] گویند و خواهیم داشت :

$$\text{انتقالی} \quad V = IR_{1\infty} = \frac{\rho I}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1}\right)$$

اگر نقطه P درفاصله زیادی از الکترود A قرارگیرد مقدار این پتانسیل برابر صفر خواهد بود ومقدارماکزیمم آن موقعی است که نقطه P روی الکترود A باشد که مقدارش برابر باولتاژ ژنراتور خواهد بود .

1- Touch Potential
2- Transferred Potential

در حالت بعدی شخص M_2 را در نظر میگیریم که در حال راه رفتن بروی زمین میباشد و فاصله بین گامهایش یک متر (1m) می باشد . بطوریکه یک پای او در مسافت r_1 از الکترود A و پای دیگرش در فاصله r_1+1 از الکترود A قرار میگیرد ، ولتاژ بین پاهایش در رابطه با افت ولتاژ IR بین دو نیمکره یکی با شعاع r_1 و دیگری با شعاع r_1+1 می باشد ، که به آن ولتاژ گامی $\frac{1}{1}$ گویند .

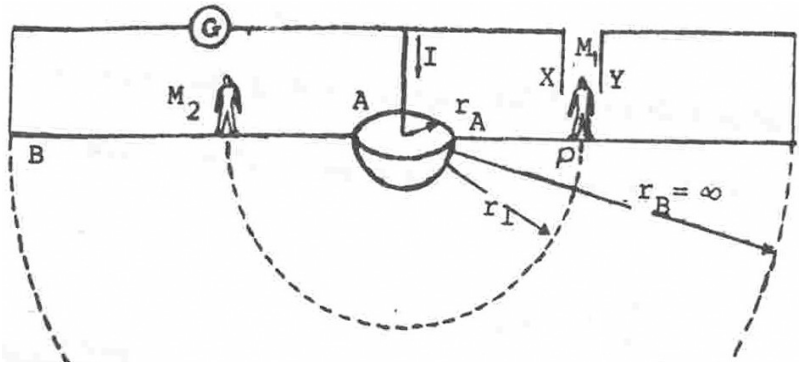
در این حالت فشار گامی برابر خواهد بود با :

$$V = \frac{\rho I}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_1+1}\right) = \frac{\rho I}{2\pi r_1}\left(\frac{1}{r_1+1}\right)$$ گامی

چنانچه مقدار r_1 نسبت به 1 خیلی زیاد باشد در این صورت فشار گامی تقریبا مساوی

$$V \approx \frac{\rho I}{2\pi}\cdot\frac{1}{r_1^2}$$ ولتاژ گامی

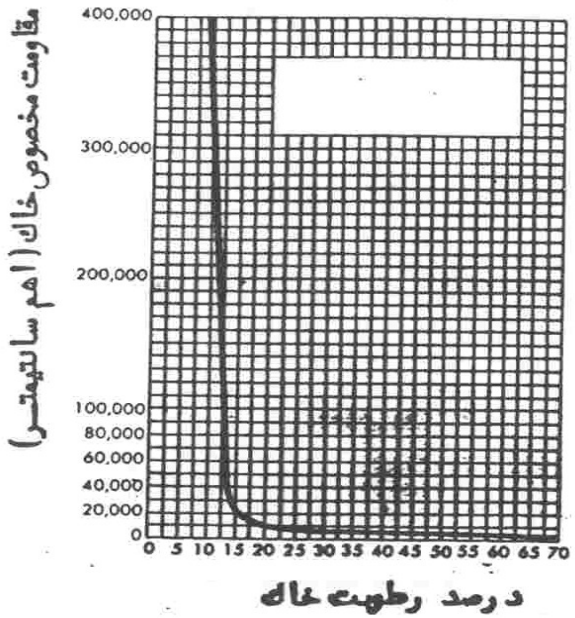
$r_1 > r_A$



1 - Step Potential

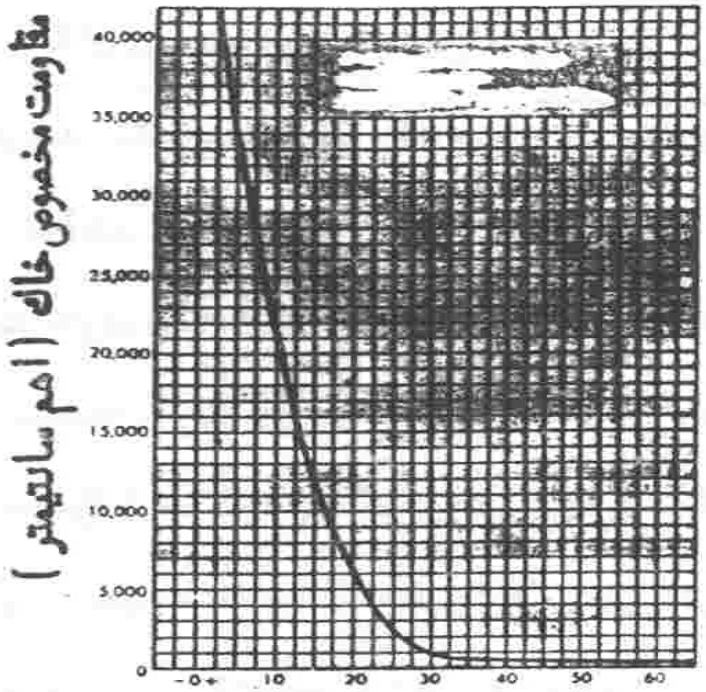
اثر رطوبت بر مقاومت مخصوص زمین:

مقاومت مخصوص بسیاری از خاکها بطورقابل توجهی با درصد رطوبت خاک بستگی داشته ومقدارکمی تغییردررطوبت اثر بسیارزیادی روی مقاومت اتصال زمین بامیله های معین می گذارد . بطوریکه درمنحنی شکل ذیل نشان داده شده است باکم شدن رطوبت تا ۱۵٪ مقدار مقاومت مخصوص زمین افزایش می یابد وپائین تراز ۱۵٪ مقدار مقاومت مخصوص زمین بسرعت زیاد میشود دررطوبت صفرغالبا زمین همانند یک عایق عمل می کند ،رطوبت خاک درمناطق مختلف متغیراست اما معمولا " درفصول خشک نسبت رطوبت ۱۰٪و درفصول مرطوب به حدود ۳۰٪ می رسد باتوجه به منحنی شکل می توان نتیجه گرفت که رطوبت بین ۱۵تا ۳۰ درصد برای یک اتصال زمین مناسب است و بیش از ۲۰٪ تغاوت زیادی بر روی مقاومت مخصوص زمین نمی گذارد درصورتیکه مقداررطوبت بیش از ۷۰یا ۸۰درصد گردد مسئله رامعکوس می کند و مقدارمقاومت مخصوص رابالا می برد .



اثر درجه حرارت بر مقاومت مخصوص زمین:

منحنی شکل مقابل تغییرات مقاومت مخصوص خاک را نسبت به درجه حرارت نشان میدهد :



درجه حرارت زمین بر حسب فارنهایت

بروی منحنی می توان مشاهده نمود که هرچقدر بطرف نقطه° انجماد حرکت کنیم (درجه حرارت کم شود) مقدار مقاومت مخصوص زمین زیاد میشود و در زیر نقطه° انجماد ۳۲ درجه° فارنهایت مقاومت زمین با کاهش درجه حرارت — بسرعت افزایش می یابد .

برای اماکنی که زمستان سردی دارند وزمین در آن فصل تا عمق زیادی منجمد میشود این امر باعث میشود که مقاومت مخصوص زمین بطور چشم گیری افزایش یابد به عبارت دیگر با کاهش درجه حرارت مقاومت مخصوص افزایش یافته و در نتیجه مقاومت اتصال زمین نیز افزایش می یابد .

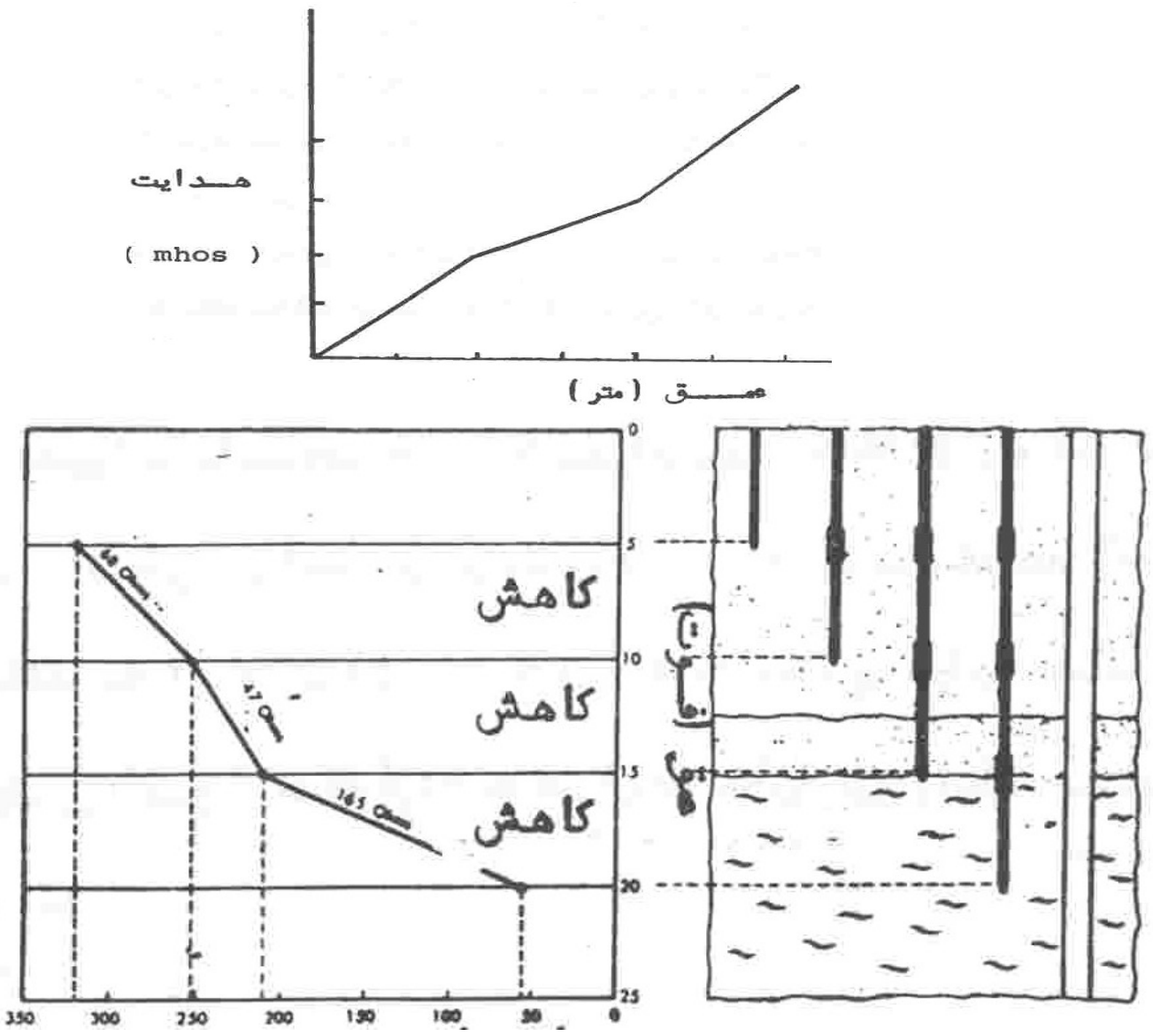
درچنین زمین‌هائی بایستی میله‌های اتصال زمین بالاتر از منطقه منجمد فروبرده شوند تا سطح حفاظت توسط میله اتصال زمین برای تمام طول سال موثر باشد .

تأثیرات عمق زمین بر مقاومت اتصال زمین:

طول میله‌های اتصال زمین اثرزیادی بر روی کارالکتریکی آن می‌گذارد ، الکترودهائی که در زمین قرار داده میشوند بایستی تاآنجا فروبرده شوند که به سطح رطوبت دائمی خاک برسند و همچنین درجه حرارت خاک نسبتاً ثابت باشد اگرمیله به چنین عمقی نرسد مقاومت زمین زیاد خواهد بود وهمچنین مقدار این مقاومت در فصول مختلف تغییر خواهد کرد ، مقاومت مخصوص زمین درعمق های مختلف یکسان نبوده ومعمولاً در چند متری عمق اولیه زمین مقاومت مخصوص نسبتاً زیادی داشته و درفصول مختلف سال بعلت بارندگی و تغییر درجه حرارت متغیر خواهد بود .

معمولاً خاکهائی که درعمق بیشتری قرارگرفته‌اند از رطوبت بیشتری برخوردار بوده و درنتیجه مقاومت مخصوص آن نیز کمترمی باشد .

منحنی زیرباتوجه به تغییرات هدایت (G) درمقابل عمق (L) بدست آمده است .



تأثیر عمق الکترود در زمین بر مقاومت اهمی اتصال به زمین

باتوجه به فرمول $R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\operatorname{Ln}\left(\frac{4L}{a}\right) - 1\right)$

برای میله‌های فرونده میتوان مقاومت آنرا محاسبه نمود این معادله

رامیتوان برای محاسبه هدایت زمین طبق زیر تعریف نمود .

$$G = \frac{2\pi L}{\rho}\left(\frac{1}{\operatorname{Ln}\left(\frac{4L}{a}\right) - 1}\right)$$

درفرمول بالا چون باتغییر طول میله مقدار تغییرات $\operatorname{Ln}\left(\frac{4L}{a}\right)-1$ کم می باشد . بطورمثال میله‌ای باشعاع ۰/۵ اینچ اگرطول آن از ۲ فوت به ۲۰ فوت افزایش یابد این مقدار از ۲/۴ به ۶/۵ افزایش می‌یابد بنابراین میتوان به جای $\operatorname{Ln}\left(\frac{4L}{a}\right) - 1$ مقدارثابتی برابر ۵ در نظر گرفت پس $G = \frac{2\pi L}{5\rho}$

σ با درنظرگرفتن $\sigma = \frac{1}{\rho}$

میتوان نوشت $G = \frac{0.4\pi L}{\rho} = 0.4\pi L\sigma$

$\frac{dG}{dL} = 0.4\pi\sigma$

حال چنان چه از رابطه قبلی نسبت به L مشتق بگیریم ، داریم

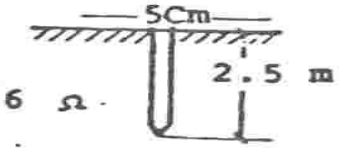
با داشتن L برحسب سانتیمتر ،از انجا σ برحسب mho/Cm بدست خواهد آمد و چون $\rho = \frac{1}{\sigma}$ می باشد مقدار ρ برحسب ohm - Cm محاسبه خواهد شد .

باتوجه به فرمول (6) میتوان نتیجه گرفت که هدایت اتصال زمین رابطه مستقیم با طول الکترود دارد .

مثال :

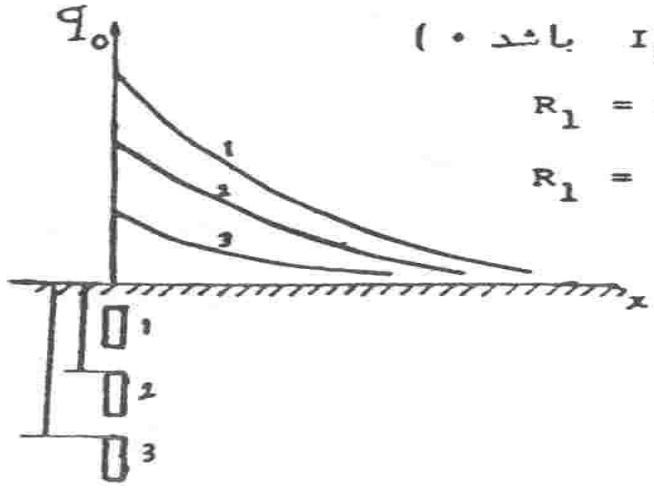
مقاومت الکترود لوله‌ای به قطر ۵ سانتیمتر و بطول ۲/۵ متر که آنرا در سطح خاک قرار داده‌ایم را بدست آورید (مقاومت مخصوص خاک $\rho = 10^2\ \Omega$ m یا $\rho = 10^4\ \Omega$Cm است)

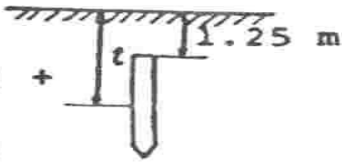
درصورتیکه همین الکترود را در عمق ۱/۲۵ متری سطح خاک به زمین فروکنیم مقاومت آنرا برای همین جریان بیابید . (اگر $I_t = 10$ A باشد .)



$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi L} \text{Ln} \frac{4L}{d}$$

$$R_1 = \frac{10^4}{2\pi \times 250} \text{Ln} \frac{4\times 250}{5} = 33.6\ \Omega$$





$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\text{Ln}\left(\frac{2L}{d}\right) + 1/2\ \text{Ln} \frac{4t+L}{4t-L} \right)$$

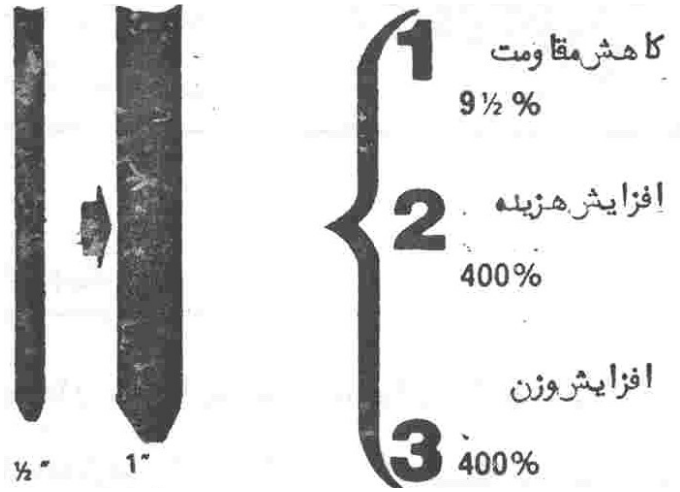
$$R_2 = \frac{10^4}{2\pi \times 250} \left(\text{Ln} \frac{2\times 250}{5} + 1/2\ \text{Ln} \frac{4\times 250+250}{4\times 250-250} \right) = 31.2\ \Omega$$

$V_1 = I_t \times R_1 = 10 \times 33.7 = 337$ V

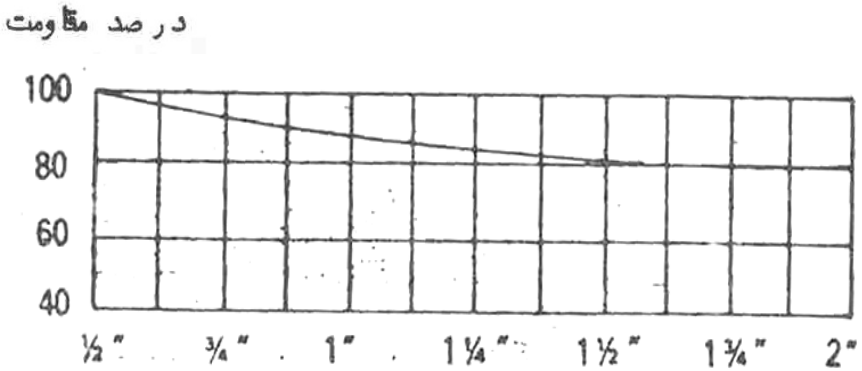
$V_2 = I_t \times R_2 = 10 \times 30.9 = 309$ V

اثر قطر الکترود زمین

برای انتخاب قطرالکترود بایستی به تناسب سختی و سفتی زمین،الکترود ضخیم تری استفاده نمود ،یکی از تصورات غلط این است که قطر میله اثر زیادی در پائین آوردن مقاومت اتصال زمین دارد ،آزمایشات نشان داده است که با دوبرابر نمودن قطر یک میله تنها ۹/۵٪ مقاومت اتصال زمین را پائین می‌آورد . با این کارهم وزن میله راافزایش داده و هم هزینه را تا ۴۰۰٪ افزایش داد ه ایم

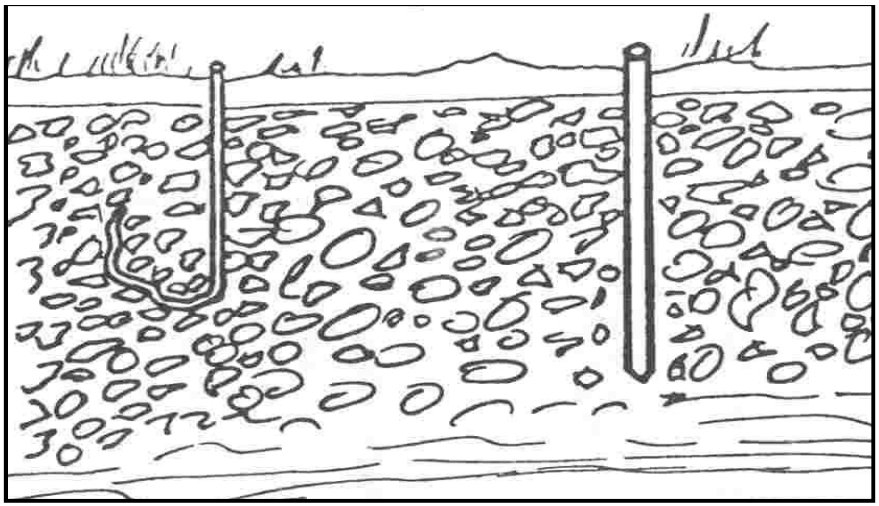


قطر الکترود بر حسب اینچ



قطر الکترود بر حسب اینچ

بنابراین بایستی به نسبت سختی ونرمی خاک از میله های باضخامت مناسب که بدون خم شدن یا خراب شدن بتوان آنراد رزمین فروبرد استفاده نمود .



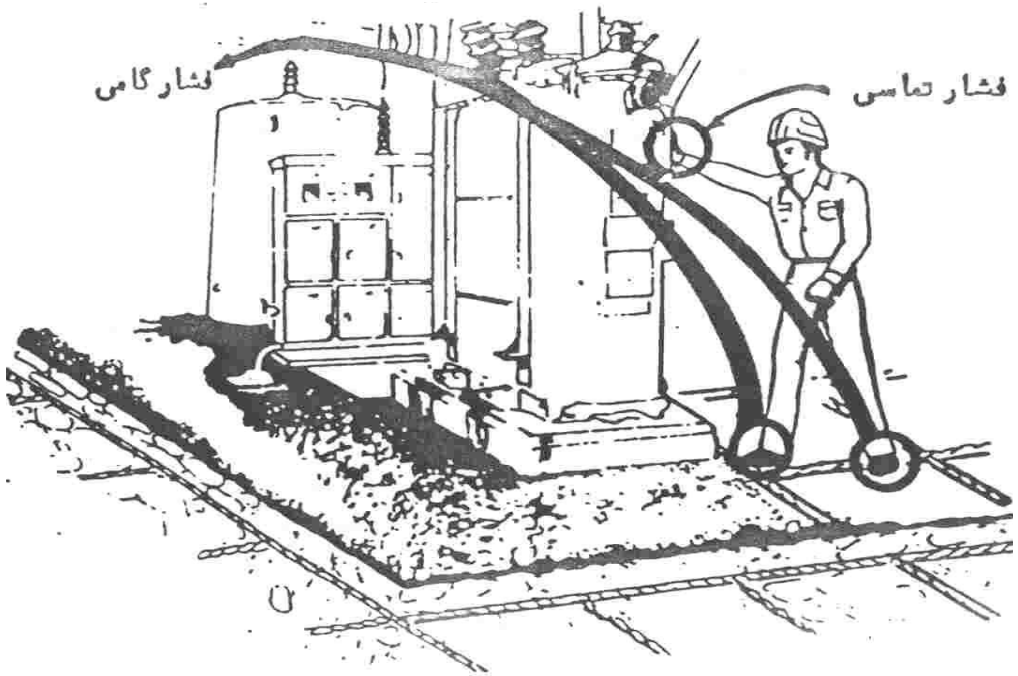
استفاده از الکترود های شبکه ای :

استفاده از الکترود های شبکه ای (توری) بعنوان الکترود زمین یک وسیله مناسب ومؤثر تاثیرات فشارقوی که محوطه زمین آن وسیع است می باشد ، بخاطر کاهش دادن ولتاژهای تماسی وگامی این سیستم بسیار مفید است ، بعلت اینکه این نوع سیستم مسیرهای زیادی بامقاومت کم برای عبور جریان هـــای ضربه ای مانند رعد وبرق ایجاد می نمایند ، می تواند این جریانهارادر سطـــح

گسترده ای پخش کند و از خطرات گرادیان پتانسیل جلوگیری نماید ، بهمین منظور برای محل های مولد نیرو وصت ها مناسب می باشد .

چون این الکترود های شبکه ای درسطح وسیعی از زمین گسترده می شود اتصال تاسیسات به زمین باکوتاهترین فاصله صورت می پذیرد .

برای نصب الکترود های شبکه ای احتیاج به کندن کانال وغیره نمی باشد .



استفاده از الکترود های شبکه ای برای تأسیسات

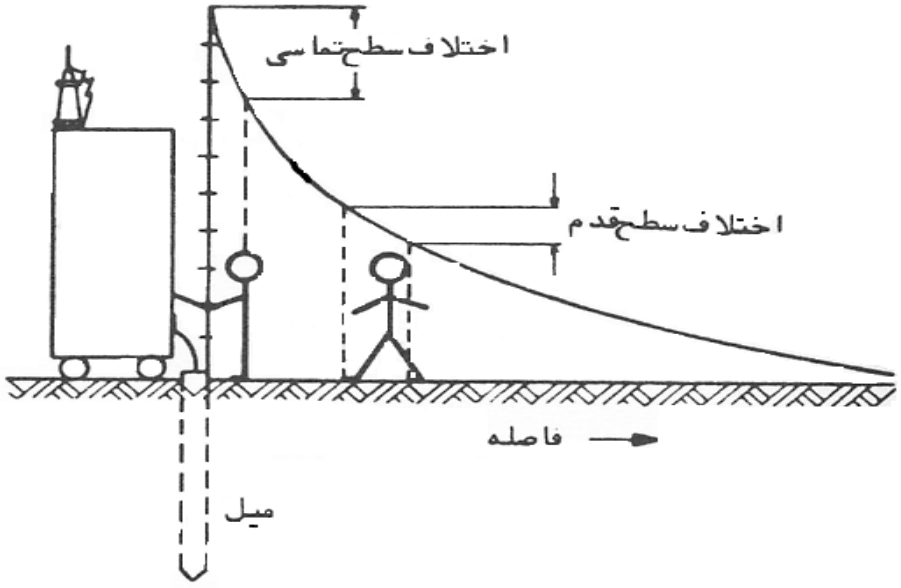
۳)اختلاف سطح تماسی

عبارتست از قسمتی از ولتاژ میل که توسط انسان برداشت میشود.

بطوریکه قسمتی از جریان زمین در اثر این ولتاژ از دست و پا (بطور افقی در حدود یک متر) و یا بین دو دست عبور میکند .

٤)اختلاف سطح قدم

عبارتست از قسمتی از ولتاژ میل که توسط فاصله دوپا (تقریباً یک متر) برداشت میشود ، بطوریکه قسمتی از جریان زمین در اثر این ولتاژ از بدن انسان یا حیوان بین دو پا بسته میشود .



استفاده از روش های دیگر :

در مواردی نیز میتوان از نوارفلزی با صفحات فلزی برای کاهش مقاومت در اتصال زمین استفاده نمود که این امر بستگی به وضعیت زمین وموقعیت جغرافیائی آن دارد طبق مقایساتی که بین صفحه ها ونوارها انجام شده است مقاومت یک صفحه فلزی (75 Cm x 75 Cm) 6 برابر مقاومت یک نوارفلزی 2.5 Cm x2250 m میباشد بنابراین اغلب ازنوارفلزی استفاده میشود و صفحه فلزی معمولا" فراموش شده است ، توضیحات بیشتری دراین مورد در قسمت نصب وانتخاب الکترود زمین داده خواهد شد عموما نوار وصفحه فلزی در مواردیکه خاک بسیار محکم باشد و نتوان میله را در عمق زیاد قرار داد ، بکار میرود .

۴- استاندارد روش های اجرایی اتصال به زمین

۱- پایین بودن مقاومت اتصال زمین تا حد امکان

۲- مقاوم در برابر فساد تدریجی و اصطکاک با اجسام خارجی

۳- قابلیت تحمل جریان زیاد اتصال کوتاه به صورت تکراری

۴- عوامل فوق الذکر حداقل بایستی برای ۳۰ سال یا بیش تر برقرار باشد.

برای اینکه مقاومت الکتریکی اتصال زمین را به حداقل کاهش دهیم ، علاوه بر موارد فوق استفاده از الکترود میله ای مسوار با جنس مرغوب ، بایستی از روش های مناسب دیگری نیز برای این منظور کمک گرفت.

هدایت خاک ، مخصوصاً قسمت های زیرین خاک ، عامل مهمی در تعیین مقاومت زمین است. البته هدایت الکتریکی خاک با تغییر عمق آن تغییر بسیار زیادی می کند.

عوامل مختلفی که بر مقاومت و هدایت زمین مؤثر است ، عبارتند از:

۱- نوع خاک

۲- ترکیبات شیمیایی خاک

۳- رطوبت خاک

۴- درجه حرارت خاک

تذکر: مقاومت مخصوص خاک بر حسب اهم - سانتی متر ، عبارت از مقاومت بین دو سطح مقابل مکعبی از خاک به ضلع یک سانتی متر می باشد.

۵- روش های اجرای اتصال به زمین

۱- نصب الکترود میله ای مسوار (مس پوش) در عمق مناسب زمین

۲- نصب نوار یا تسمه های مسی در عمق مناسب زمین

۳- نصب صفحات مسی در عمق مناسب زمین

۴- نصب شبکه سیمی یا مش در عمق مناسب زمین

۵- نصب الکترود لوله ای گالوانیزه در عمق مناسب زمین

۶- استفاده از میله ها و آرماتورهای فولادی داخل بتون

تجربیات ۵۰ ساله اخیر نشان داده شده که استفاده از میله های فولادی مسوار که در عمق خاک نصب می شوند از نظر اقتصادی و جنبه های دیگر در بیش تر موارد نسبت به دیگر روش ها ترجیح داده می شود. قابل توجه است که برحسب موقعیت مکانی محل نصب ، می توان از یک یا چند روش فوق بصورت مجزا یا تواماً برای اجرای اتصال به زمین مطلوب استفاده کرد.

روش اتصال زمین با استفاده از میله‌های فرورونده :

درموقع انتخاب میله های اتصال زمین مهمترین عامل جنس میله از نظر هدایت و قدرت تحمل میله درمقابل خم شدن وهمچنین فساد تدریجی آن می باشد . کلیه فلزات با نسبتهای مختلف بتدریج فاسد میشوند .

تجربیات مختلف نشان داده است که مس برای حفاظت از فاسد شدن میله های فولادی زمین، بهترین فلز می باشد .

اما این سئوال مطرح است برای اینکه یک میله را برای مدت زمان زیادی (تقریبا ۳۰ سال) ضمانت کنیم چه ضخامتی از مس برای پوشش آن لازم می باشد ، طبق آزمایشاتی که صورت پذیرفته است حداقل ضخامت پوشش مسی نبایستی از ۰/۲۵ میلی متر کمتر باشد .

(این عمل فقط بخاطر پوشش هسته فولادی درمقابل فاسد شدن انجام می گیرد .)

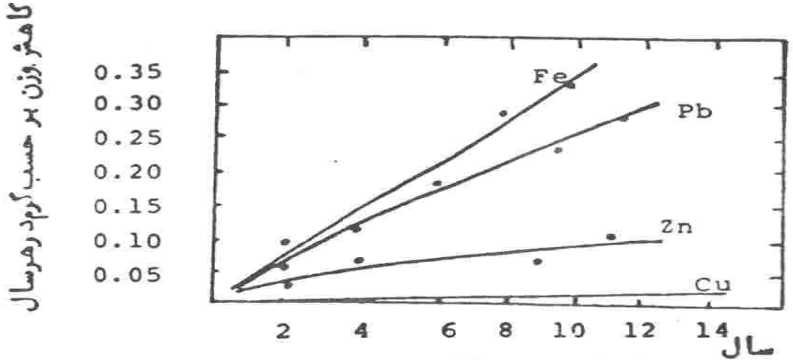
با توجه به مطالعاتی که طی سال های ۱۹۲۱ تا ۱۹۵۰ در آمریکا انجام شد ، نتایجی به این شرح به دست آمد:

الف – فلزات آهنی بطور قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با فلزات دیگری که آزمایش شده کمترین مقاومت را در برابر فاسد شدن دارد .

ب – مس بالا ترین مقاومت را در برابر فاسد شدن داراست .

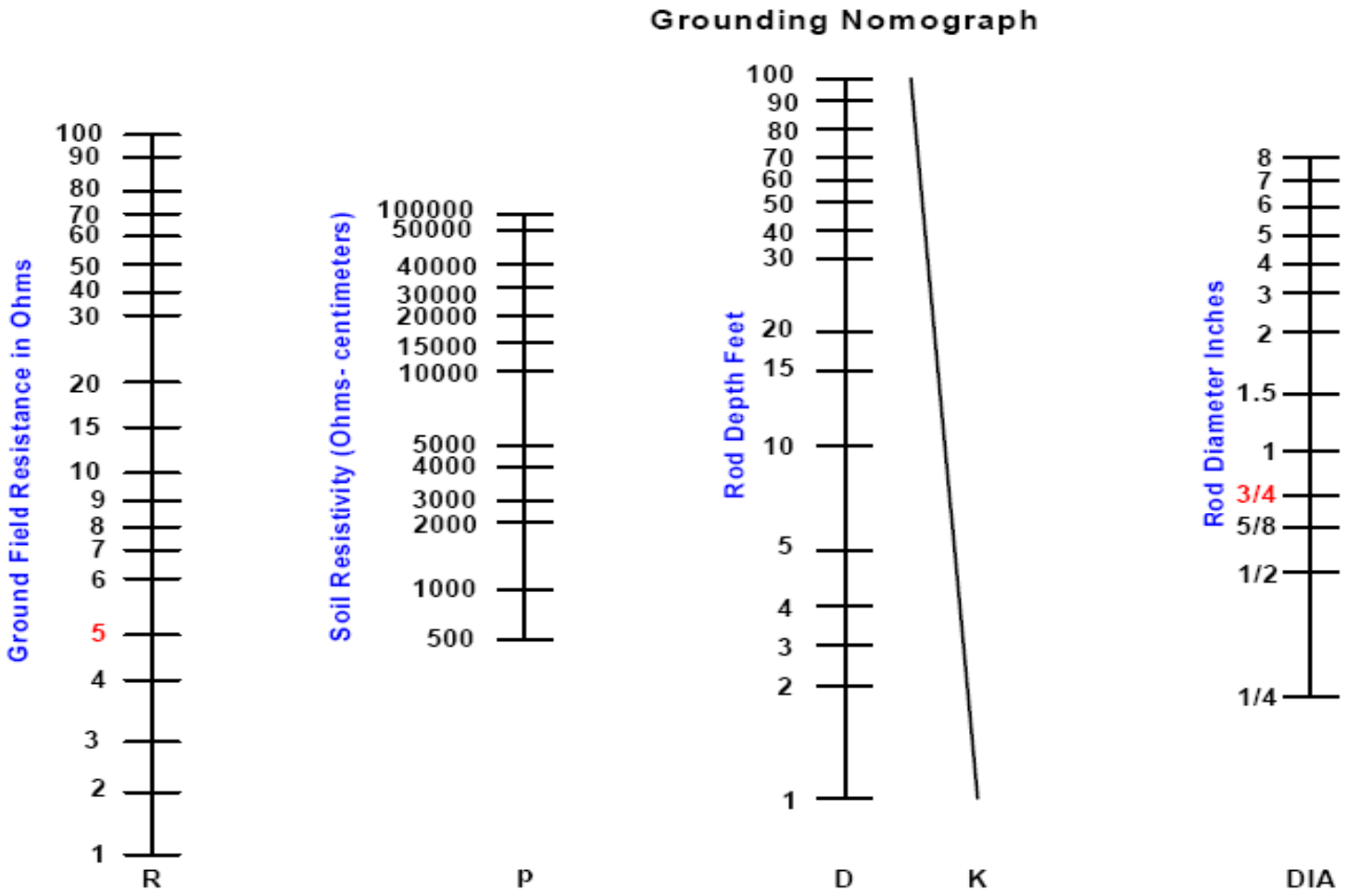
ج – روی تقریبا ۱۰ برابر سریعتر از مس فاسد میشود .

منحنی‌های فساد تدریجی Cu, Zn, Pb, Fe برحسب کم شدن مقدار وزن آن دیده میشود .



چنانچه برای پوشاندن هسته فولادی لوله زمین از مس استفاده شده باشد بطوریکه بین فولاد و مس خلل وفرج وجود داشته باشد رطوبت به بین آن نفوذ کرده وباعث فساد آن خواهد شد ، همچنین استقامت آن در مقابل برخورد با صخره وسنگ کمتر بوده و شکاف برمیدارد بنابراین در انتخاب این لوله‌ها بایستی توجه نمود که پوشش آن بطریق جوش ملکولی انجام شده باشد تا تجزیه الکتریکی و شیمیائی انجام نگیرد .

دیاگرام مورد نیاز برای محاسبه عمق تقریبی الکترودهای میله ای :

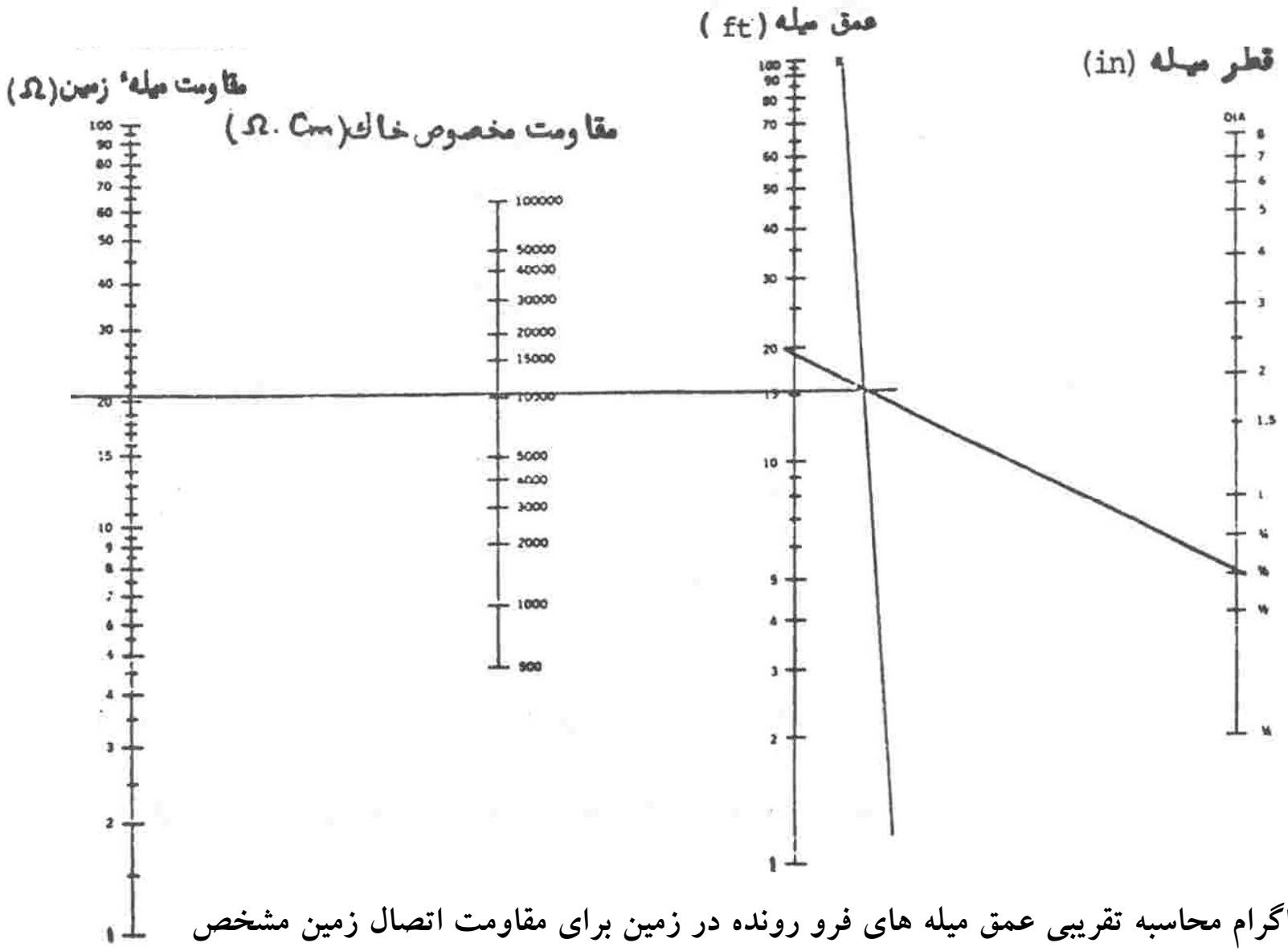


1. Select required resistance on "R" scale (2=Recommended and 5=Maximum)
2. Select measured or apparent resistivity on scale "P".
3. Lay a straightedge on "R" and "P" scale and intersect with "K" scale.
4. Lay straightedge on "K" scale intersect point and "DIA" scale 3/4 Inch and intersect "D" scale.
5. Point on "D" scan will be rod depth required for resistance on "R" scale.

تعیین عمق تقریبی میله‌ٔ زمین برای رسیدن به مقاومت مورد نیاز

برای انکه به یك مقاومت دلخواه برسیم با استفاده از دیاگرام زیر میتوان عمق تقریبی میله را تعیین نمود . برای مثال در این دیاگرام نشان داده شده است که برای بدست آوردن مقاومت زمین ۲۰ اهم در خاکی با مقاومت مخصوص ۱۰۰۰۰ Ω.Cm ، یك میله‌ٔ $\frac{5}{8}$ اینچ بایستی به عمق ۲۰ فوت فرو برده شود . باید توجه نمود که مقدار نشان داده شده برروی دیاگرام براین اساس است که خاك هموژن بوده و بنابراین از مقاومت مخصوص یکسانی برخوردار میباشد .

۱- برروی مقیاس R مقاومت مورد نیاز را انتخاب کنید .
۲- برروی مقیاس P حدود تقریبی مقاومت مخصوص خاك را مشخص کنید .
۳ - با خطی مستقیم دو نقطه‌ٔ فوق را بیکدیگر متصل نموده و امتداد دهید تا مقیاس K را قطع کند
٤- محل تلاقی را برروی مقیاس K مشخص نمائید .
٥- از نقطه‌ٔ تلاقی روی مقیاس K به مقیاس DIA (قطر میله‌ٔ زمین برطبق نیاز) خطی رسم نمائید تا مقیاس D را قطع نماید .
٦- نقطه‌ای که از این طریق برروی مقیاس D بدست میاید عمق مورد نیاز برای رسیدن به مقاومت انتخاب شده برروی مقیاس R را مشخص مینماید .

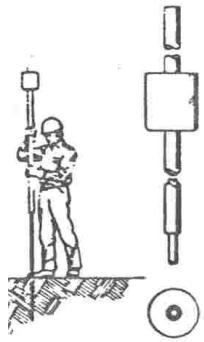


دیاگرام محاسبه تقریبی عمق میله های فرو رونده در زمین برای مقاومت اتصال زمین مشخص

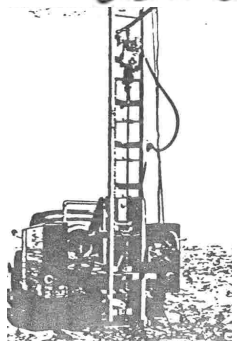
طریقه نصب الکترود های میله ای زمین :

الف ـ هرجاکه امکان داشته باشد باید میله‌ها بطور عمودی درزمین قرارگیرند اما اگرسنگ یا مواد زیرزمینی دیگری مانع این کارشود آنها رامیتوان باهرزاویه‌ای که از ۶۰ درجه نسبت به حالت عمودی تجاوز نکند درزمین فرو برد .

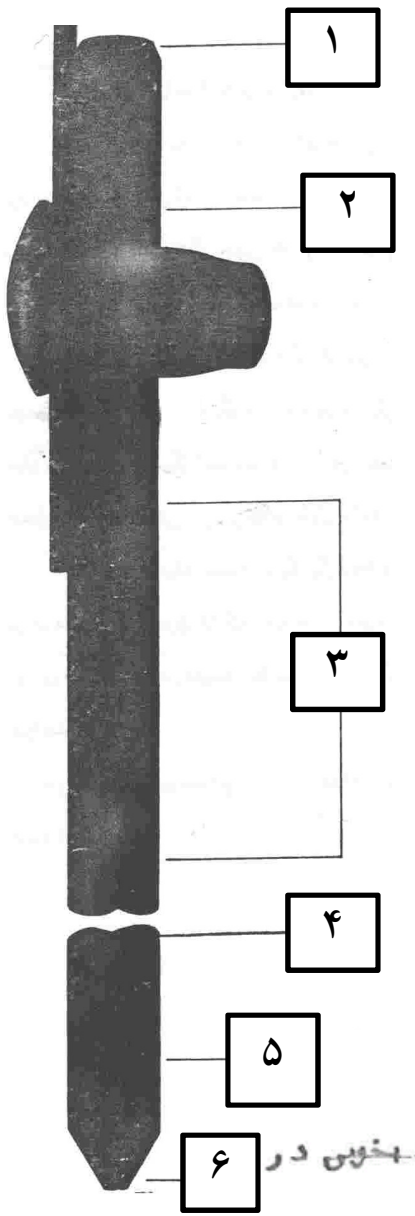
کلاهک های فرورونده فولادی باید برای اجتناب از پخ شدن درسرآن ـ استفاده شود بهتراست برای نصب میله‌ها از یک چکش پرقدرت با سری مخصوص که برای این منظور تهیه شده است استفاده شود .به طریقی که درشکل نشان داده شده است میتوان میله‌ها رادرزمین فروبرد دراین شکل همچنانکه مشاهده می‌کنید یک وزنهای سنگین به یک لوله متصل شده است و میله درداخل لوله قرارمیگیرد و باباالا بردن و کوبیدن لوله ، میله درزمین فرومیرود درضمن از ماشینهائی که دستگاه نصب میله برروی آن تعبیه شده است نیز میتوان استفاده نمود



فروبردن میله به روش دستی



فروبردن میله با استفاده از دستگاه



۱ ــ سرپخ دار ــ که کلمپ ها می‌تواند بعد از حفر میله به آسانی روی سر آن سر بخورد

۲ ــ اتصالات مس‌به مس ــ با استفاده از سیم زمین مسی یا مس‌پوش و کلمپ های مسی یا برنزی با میله های زمین مس‌پوش از فسادی که بین دو فلز غیر همجنس ایجاد میشود جلوگیری می‌کند

۳ ــ علائم روی میله ــ قطر وطول واقعی میله زیر سر هر میله قرار دارد و بنابراین قادر به بازرسی سریع وشناسائی طول و قطر میله بعد از نصب در زمین می‌باشد

٤ ــ هستهٔ سخت ــ ساخته شده از فولاد با قدرت زیاد

٥ ــ پوشش‌مسی ــ پوشش روی فولاد از مس‌بوده و بطریق جوش‌مولکولی انجام گرفته و این‌عمل باعث میشود که از فساد شیمیائی هسته جلوگیری نماید

٦ ــ انتهای میله ــ نوک میله بدون استفاده ازگرما بصورت مخروطی فرم‌داده شده: واین کار باعث تحمل قدرت زیادتری گشته و میتواند بخوبی در خاک نفوذ کند.

ب ـ روش اتصال میله‌ها بطور موازی :

بعضی اوقات بعلت حالت های فیزیکی زمین نمیتوان میله‌هائی را بعمق کافی فرو برد بطورمثال ممکن است بعد از فروبرد ن طول کمی ازمیله درخاك باسنگ وصخره مواجه شود وازاین نظر چون مقدار مقاومت زیادی دراین قسمت خواهیم داشت بنابراین باید از روش دیگری استفاده نمود .

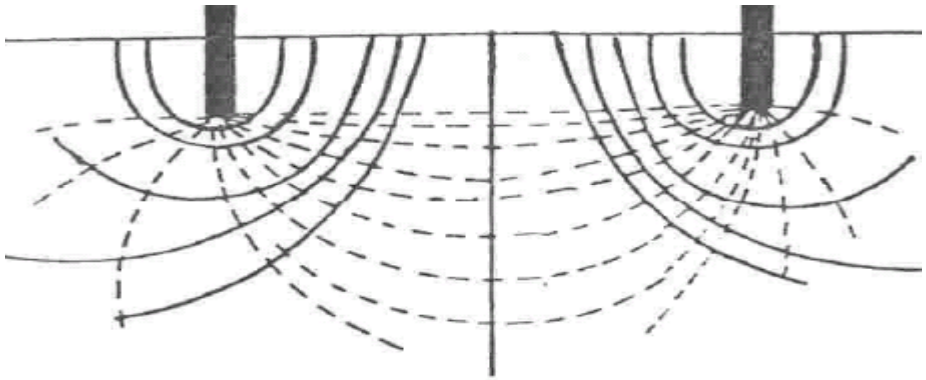
این روش بدین طریق بوده که یك سری میله‌های موازی درزمین فروبرده وآنهارا بوسیله تسمه‌هائی بیکدیگر متصل نموده ، یکی ازاشتباهات معمول قراردادن این میله‌ها نزدیك به یکدیگر است باید بخاطرداشت که حداقل فاصله بین میله‌های زمین متصل شده نبایستی از دو برابر طول میله‌ها کمترباشد .

آنرد وباچند میله نسبت به یکدیگر درفاصله مناسبی قرارگرفتند میرهای موازی برای هیورجریان برق تشکیل میدهند ، میله های اتصال زمین موازی همانند مدار موازی عمل برده ودرنتیجه مقاومت معادل آنها به نسبتی که ذکرخواهد شد کاهش خواهد یافت .

اندازه‌های مختلف میله‌های زمین

طول x قطر mm x m	طول x قطر in x Ft
12.7 (mm) x 1.2 (m)	1/2" x 4'
12.7 (mm) x 1.5 (m)	1/2" x 5'
12.7 (mm) x 1.8 (m)	1/2" x 6'
12.7 (mm) x 2.1 (m)	1/2" x 7'
12.7 (mm) x 2.4 (m)	1/2" x 8'
12.7 (mm) x 3.0 (m)	1/2" x 10'
15.8 (mm) x 1.8 (m)	5/8" x 6'
15.8 (mm) x 2.4 (m)	5/8" x 8'
15.8 (mm) x 3.0 (m)	5/8" x 10'
19.0 (mm) x 1.8 (m)	3/4" x 6'
19.0 (mm) x 2.4 (m)	3/4" x 8'
19.0 (mm) x 3.0 (m)	3/4" x 10'
25.4 (mm) x 3.0 (m)	1" x 10'

مقاومت برای عبور جریان از الکترود ها نسبت به وضع الکترود وجنس خاک فرق می کند در شکل مسیر جریان با خطوط خط چین و خطوط هم پتانسیل با خطوط پر نشان داده شده است ، شدت جریان در زمین از تمام قسمت های الکترود عبور نموده و در نزدیکی الکترود ظلمت جریان خیلی زیاد است وهر قدر از الکترود دورتر شویم این ظلمت کاهش می یابد پس برای عبور جریان از زمین میتوان مقاومت مخصوص خاک را منظور نمود .



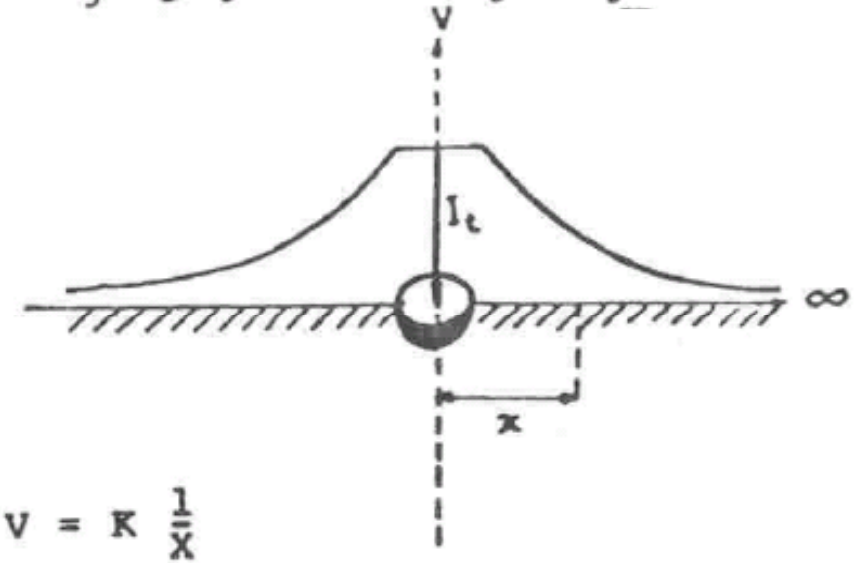
پخش پتانسیل دو الکترود در زمین

پس اگر الکترود ها را نزدیک هم قرار دهیم ظلمت جریان بین الکترود ها اثری در پخش جریان در زمین نخواهد داشت زیرا زمین بمقدار مشخصی می تواند جریان را عبور دهد ودر ضمن بعلت نزدیکی الکترود ها خطوط هم پتانسیل آنها با یکدیگر تداخل می کند ولتاژ گامی تحت دو پتانسیل قرار خواهد گرفت که به مراتب خطرناک خواهد بود .

نکته : عملاً بایستی فاصله بین دو الکتود میله ای ۱/۵ تا ۲ برابر طول میله باشد.

بطور مثال اگر سیم یک ترانس را زمین کرده باشیم و جریان $\vec{I}_t$ به الکترود

برسد برای دانسیته جریان $\vec{j}$ داریم :



$$\vec{j} = \frac{\vec{I}_t}{2\pi x^2}$$

$$\vec{E} = \rho \vec{j} \quad , \quad dV = E\, dx$$

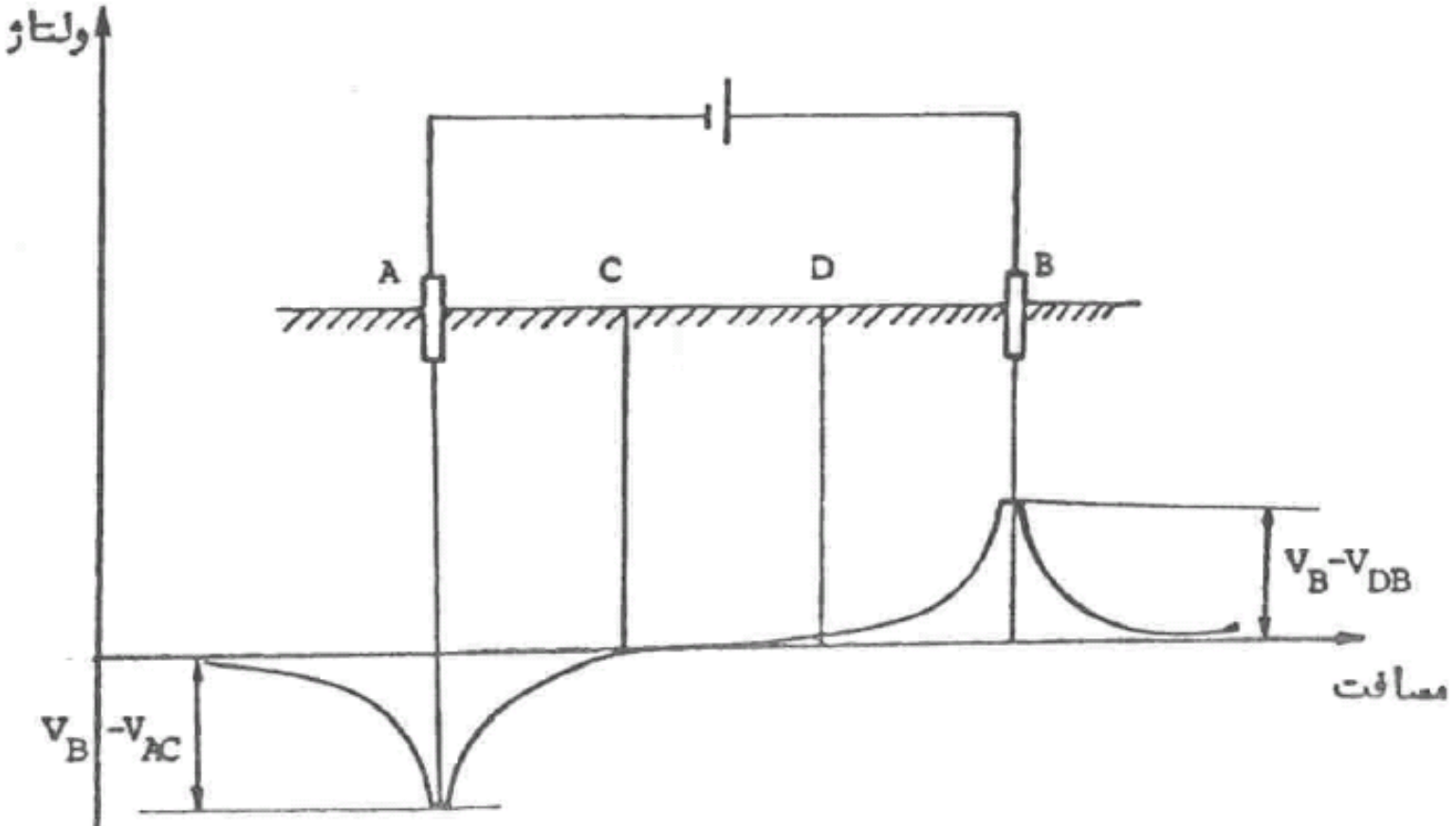
$$dV = \frac{I_t \rho\, dx}{2\pi x^2}$$

$$V = \int_x^{\infty} \frac{I_t \rho\, dx}{2\pi x^2} = \frac{I_t \rho}{2\pi} \cdot \frac{1}{x} \Longrightarrow V = K \frac{1}{x}$$

بنابراین ولتاژ در محل اتصال بازمین بصورت هذلولی کم میشود و در مسافتی

حدود ۲۰ متر ولتاژ صفر است .

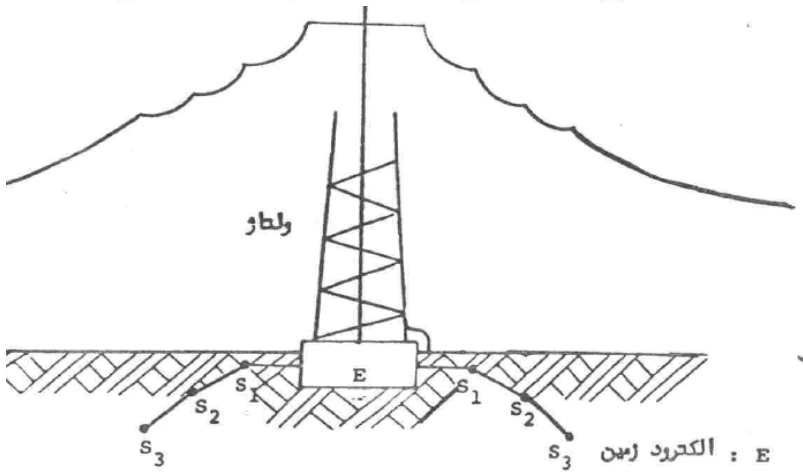
پخش پتانسیل در سطح خاک در اطراف الکترود ها در ای جهات مختلف بعلت
عبور جریان می باشد .



افت فشار در الکترود در طول مسیری که تحت پتانسیل فرض است

پخش پتانسیل در اطراف الکترود بستگی به شکل الکترود ، عمق قرارگرفتن آنها از سطح خاک وضع الکترود ها نسبت بهم دارند اگر اتصال زمین بصورت میله های مجزا از هم باشد گرادیان پتانسیل ایجاد شده ممکن است برای افراد بسیار خالی از خطر نباشد در این صورت میله‌های اتصال زمین را با سیم هائی در نزدیکی سطح زمین بیکدیگر مربوط می‌کنند و این عمل بخصوص در نزدیکی کلید ها فراوی است با این عمل پتانسیل در زمین ، سطح شده و خطرات ولتاژ گامی و تماسی را تقلیل میدهد .

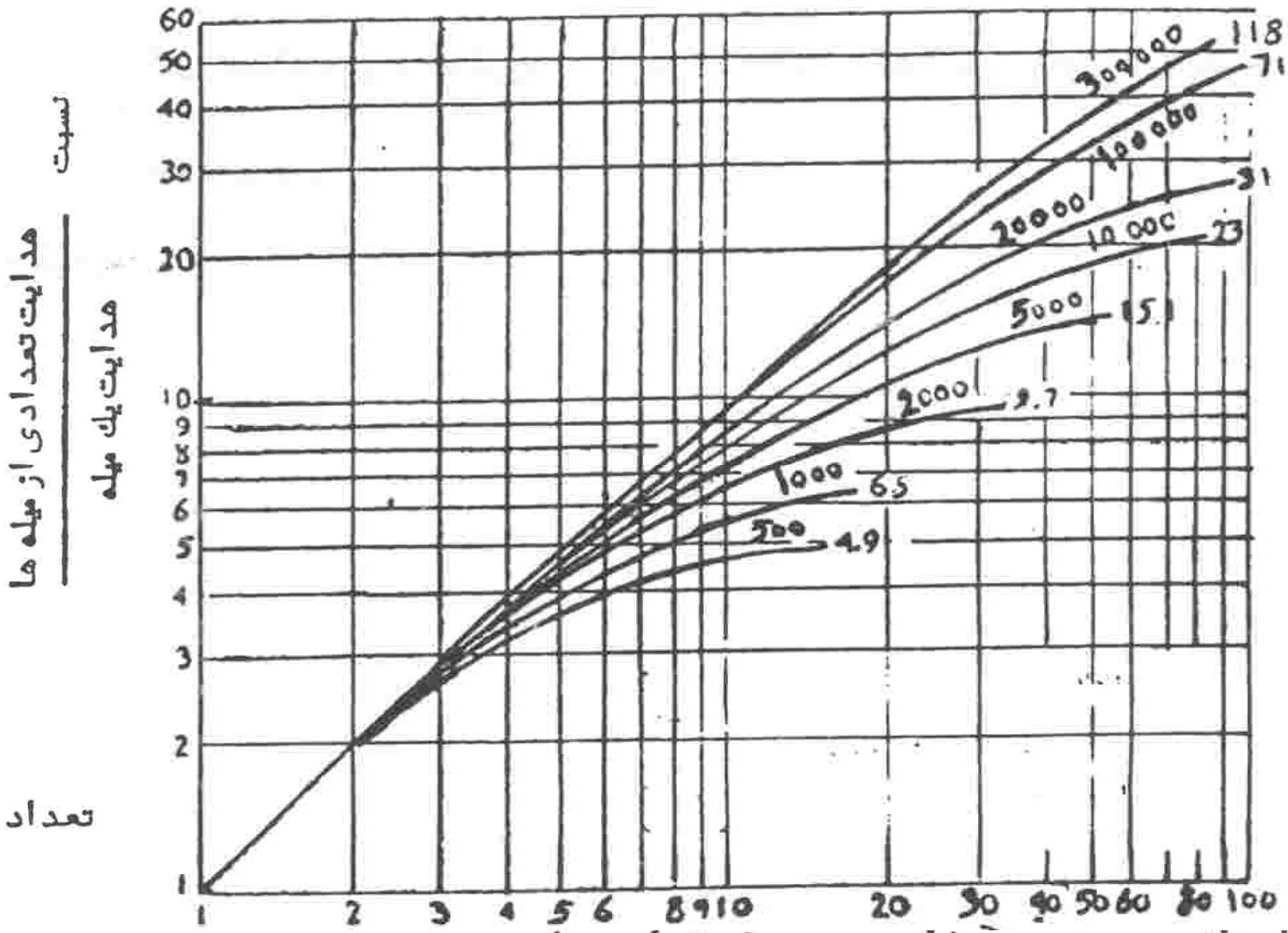
برای توزیع پتانسیل در سطح زمین می‌توان از الکترود های پخش پتانسیل استفاده کرد که این الکترودها به نسبت عمق بیشتری در زمین فرو برده میشوند . همانطوریکه در شکل مشاهده میشود این پخش پتانسیل خطرات ناشی از ولتاژهای گامی را تا حد امکان کم می کند .



S_1, S_2, S_3 : الکترودهای پخش پتانسیل که دکل را احاطه کرده اند و از طریق اتصال فلزی به آن متصل شده اند .

تا انجاکه ممکن است بایستی مقاومت زمین سیستم کاهش داده شود این عمل با کارگذاشتن الکترودهای موازی در زمین امکان پذیر می باشد در زمین حالی که می توان برای آن محدودیتی قائل شد وبجای اینکه مقاومت الکترودها را در نظر بگیریم مقدار هدایت آنها را در نظر می گیریم وبجای آنکه مقاومت آنرا کاهش دهیم هدایت آنرا افزایش میدهیم ، فرض کنید که تعدادی میله ۱۰ فوتی را با قطر $\frac{3}{4}$ اینچ در یک محوطه محدود فرو برده شود تا تشکیل یک اتصال زمین بدهند ، هدایت سیستم با افزایش هر میله اتصال افزایش می یابد ، درحالیکه هدایت ۲ میله کمی کمتر از ۲ برابر هدایت یک میله می باشد با این وجود اگر میله های دیگر افزوده شوند هدایت (با یک درجه کاهش) افزایش می یابد .

منحنی شکل زیـــر محدودیت الکترود اتصال زمین را بطور کامل در سطـوح مختلف زمین ، می توان مشاهده کـــرد .



اعداد روی منحنی نشان دهنده مقدار سطح زمین بر حسب فوت مربع میباشد .

در سمت راست منحنی هدایت تعداد نامحدودی از میله ها را نشان میدهد .

طریقه نصب الکترود های صفحه ای

صفحات مسی باید طاری از هرنوع پوشش شود ومی تواند بصورت افقی یاعمودی درزمین نصب شوند .

صفحات افقی باید درعمقی حداقل (۶۱/ ۰ متر) ۲ فوت نصب شود وروی یک لایه شنی، خوابانده شود طوریکه اتصال درونی بین سطح زیرین صفحه وزمین برقرارگردد . بایستی خاک بالای صفحه بعداز برکردن آن کوبیده شود .

درموقع نصب صفحات بطورعمودی باید لبه° بالائی آنی (۴۶/ ۰ متر) 1½ فوت زیرسطح زمین قرارگیرد و وقتیکه خاک رابجای اول برمی گردانند ،خاک دوطرف صفحه باید کوبیده شود .

اندازه صفحات مسی نباید بیش از (۲۲/ ۱متر) ۴فوت × (۲۲/ ۱ متر)۴فوت باشد وبایستی دارای حداقل ضخامتی برابر (۶ ملی متر) $\frac{1}{4}$ اینچ باشد .

اندازه پیشنهادی (۹۱۴/ ۰متر) ۳فوت × (۹۱۵/ ۰متر) ۳ فوت می باشد جائیکه بیش از یک صفحه برای تشکیل یک الکترود بکارمیرود باید حداقل (۸۲/ ۱متر) ۶فوت از یکدیگر فاصله داشته باشند .

طریقه نصب الکترود های نواری

درمواردیکه خاک بسیارمحکم باشد و نتوان میله رادرعمق زیادی قرارداد ازنوارهای هادی یاسیم های (مسی) استفاده میشود .

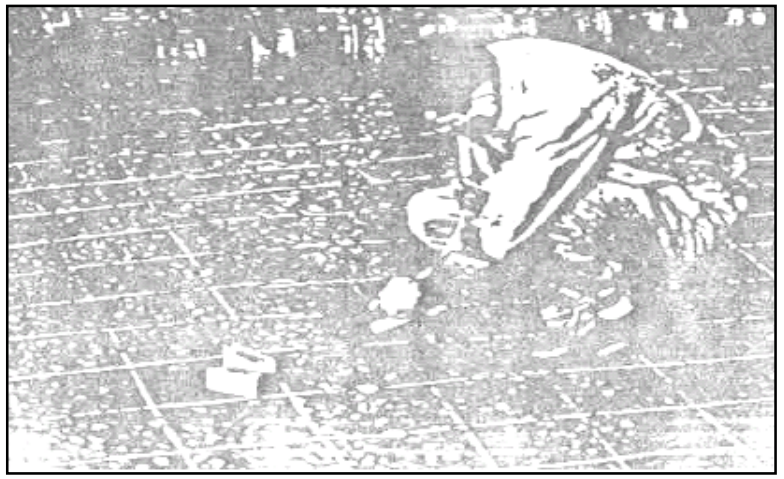
وقتیکه نواربه‌عنوان یک الکترود زمین بکارمیرود بایستی توجه کرد که این نـــوار در کانالی باحداقل عمق (۶۱/ ۰ متر) ۲ فوت نصب شود .

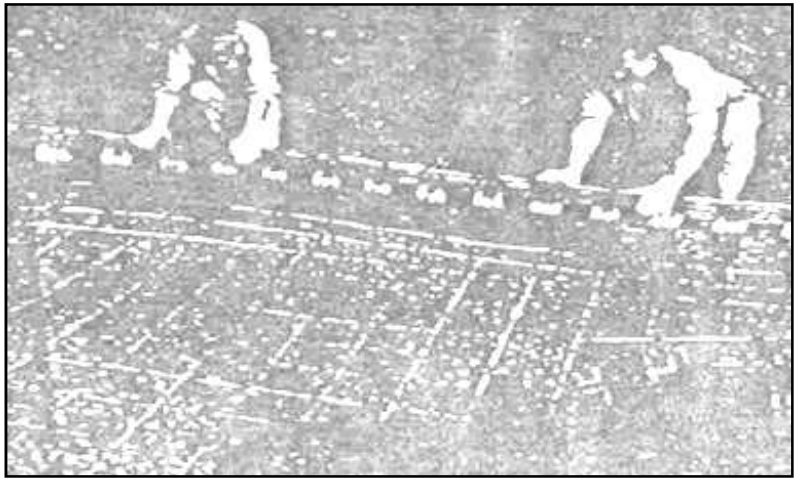
مناسبترین سطح مقطع برای چنین نواری (۳میلی‌متر)۱/۸ اینچ × (۲۰ میلیمتر) ۵/۶ فوت می‌باشد . سیستم اتصال زمین نواری درمواردی استفاده میشود که بهیچ وجه نتوان از روش های دیگر زمین کردن استفاده نمود .

طریقه نصب الکترود های شبکه‌ای :

نصب الکترود های شبکه‌ای بآسانی صورت می‌پذیرد وازاین نظر مقرون بصرفه میباشد هیچگونه حفاری یاکندن کانال لازم نیست واحتیاج به وسایل مخصوص نیز نمی‌باشد .

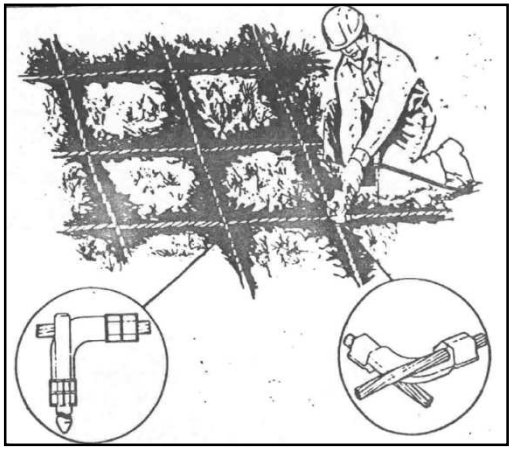
طرز نصب آن بدین طریق است که آنرا بروی زمین می گسترانند .



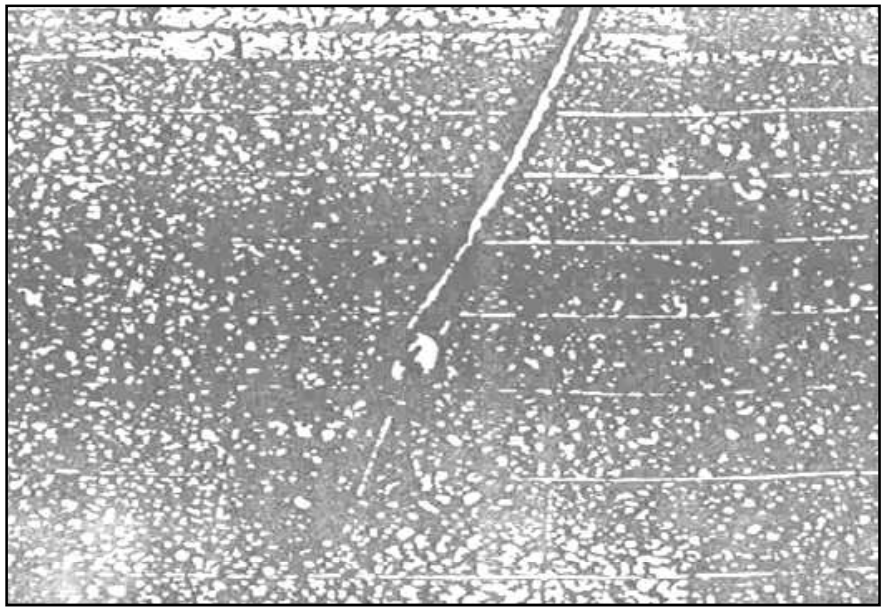


برای تماس بهتر با زمین وکم کردن مقاومت آنرا به الکترود های مراکزی هرکجا که لازم باشد متصل می نمایند .

برای انجام یک اتصال خوب بین سیم های مس یک الکترود شبکه ای می توان از روش جوش حرارتی یا اتصال فشاری مطابق شکل استفاده کرد .



الکترود های شبکه‌ای را برحسب نوع کاربرد آن ممکن است با یک لایه از خاک زمین پوشانده شود.

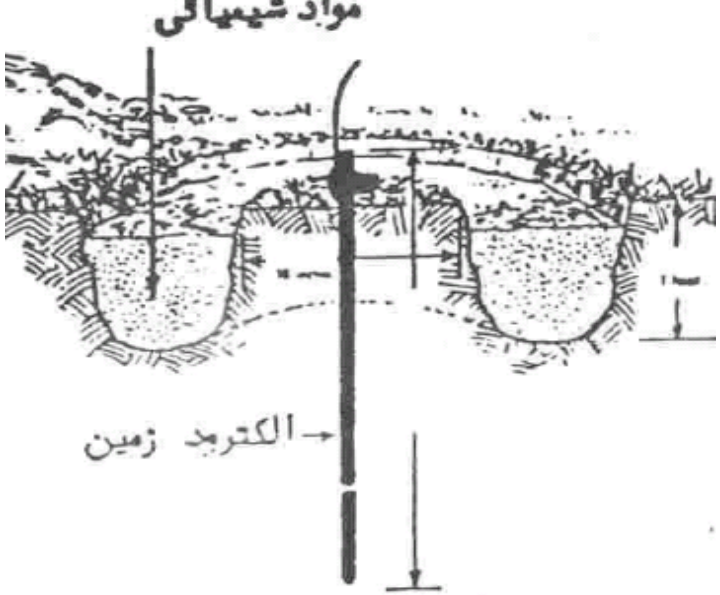


شبکه های سیمی در پایه اسکلت های ایستگاه برای حفاظت تاسیسات و ایمنی اشخاص نصب می‌شود.

در زمین‌هائیکه مقاومت آن بالا باشد و نتوان برای کاهش مقاومت بعلت وجود سنگ وصخره به اعماق زمین رسید ، برای کاهش مقاومت از مواد شیمیائی نظیر سولفات منگنز ، سولفات مس ونمک سنگ معمولی می توان استفاده نمود .

روش کار بدین صورت است که یک کانال دایره ای مطابق شکل در اطراف میله اتصال به زمین حفر کرد و مواد شیمیایی فوق الذکر را بطوری که با میله در تماس نباشد در آن می ریزند.

این مواد شیمیایی باعث می شود که مقاومت مخصوص خاک اطراف میله کم شود. و مسیری با مقاومت کم برای عبور جریان ایجاد کند. بطوری که این مسیر با مقاومت کم تا استوانه ای از خاک دور الکترود میله ای با سطح خارجی نسباً زیاد ادامه پیدا کند.



درحالیکه بااین عمل می‌توان مقاومت زمین راتاحد زیادی کاهش داد اما دو عیب اساسی نیز دارا می‌باشد :

الف ـ عدم ثبات مقاومت درطول فصول مختلف

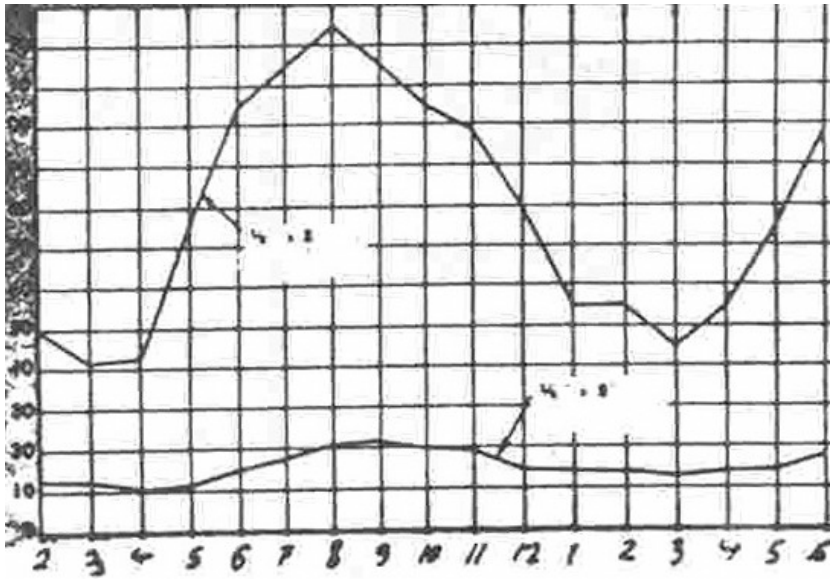
این تغییرات بعلت مرطوب شدن وخشک شدن خاک ایجاد میشود ، درتابستان و اوائل پائیز مقاومت اتصال زمین زیاد است ودرزمانیکه مقاومت باید کم باشد تابتوان ازآن برای خنثی نمودن اثرات رعد وبرق استفاده نمود مقدارمقاومت زیاد میشود این روش نمی‌تواند موثرباشد .

ب ـ عدم پایداری مواد شیمیائی

استفاده از مواد شیمیائی برای همیشه موثرنیست آب باران و تخلیه طبیعی آب ، مواد شیمیائی موجود درآن راازمیان می‌برد وبایستی پس ازگذشت چند سال دوباره ماده شیمیائی رابه آن اضافه نمود . زمان تجدید ماده شیمیائی به قابلیت نفوذ خاک ومقداربارآن بستگی دارد بنابراین درمواردیکه نتوان ازمیله‌های طویل یاچندین میله استفاده نمود این روش رامی‌توان بکاربرد .

منحنی شکل زیرتغییرات مقاومت زمین با مواد شیمیائی وبدون مواد شیمیائی

را در فصول مختلف نشان میدهد .



ملحلی مقاومت زمین بدون مواد

ملحلی مقاومت زمین با مواد

۱ : فروردین

۲ : اردیبهشت

۳ : ...

ضمناً اگر نمك وكلرور كلسيم باالكترود درتماس باشد باعث خوردگی آن میشود ، در بعضی ازکشورها محافظت کاتدیك بکارمی برند مثلاً درکارخانه فایرلس[1] میله‌های مخصوصی به ابعاد ۱۰۵۰ × ۱۰۰ × ۱۰۰ میلی متربکارمی برند که دردا خل لوله‌ای از ۵۰٪ گچ ۵۰٪ بنتونید ، ۲۵٪ سولفات سدیم قرارمی دهند وخوردگی فلز (که ممکن است دراثرجریانات نشتی بوجود آید) را ۵ مرتبه پائین می‌آورند .

بنتونید سنگی است سفیدرنگ که درآمریکاومجارستان وهمچنین درترکمنستان وگرجستان ، روسیه نیز وجود دارد این سنگ رابشکل گرد درآورده و برای کم کردن مقاومت مخصوص خاك ونگهداری رطوبت دراطراف الکترود بکارمی برند بطوریکه مقاومت مخصوص رابه $\rho = 10\ \Omega m$ می‌رساند و سبب خوردگی الکترود هانمیشود .

مواد ترکیبی بنتونید مجارستان عبارت است از :

1 - Fierless

ئید روآلومینیوم سیلیکات ۷۷٪ ، کوارتز ۸٪ ، ایلیت ۱۰٪ ، کائولین (خاک رس) ۵٪ و ۸۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم آنرا در ۱۰۰۰ لیتر آب حل می کنند تا بشکل معلق درآید و سپس در داخل لوله‌ای می ریزند و الکترودهای میله‌ای قائم را داخل آن قرار می دهند .

البته به بنتونید ۵٪ سود نیز اضافه می کنند .

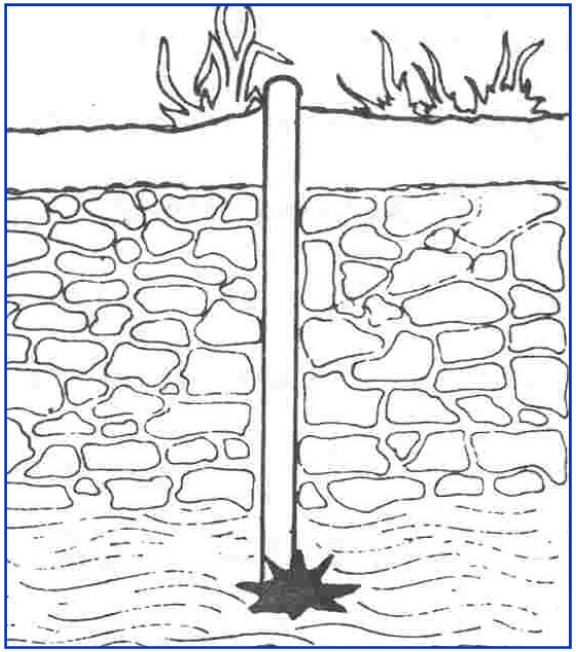
در سیبری یکنوع بتن هادی بنام بتل[2] برای زمین کردن مورد استفاده قرار می گیرد که از سیمان با اضافه مخلوطی از محصولاتی از زغال در درجه حرارت بالا، بدست می آید .

بکار بردن بتل نسبت به ترکیباتی که دارد مقاومت مخصوص خاک را از ۱ تا ۱۰ اهم متر تغییر می دهد وی تواند جریانهای زیاد ا میالسی (صاعقه) را از خود عبور دهد .

بتل را در پایه‌های دکلهای خطوط انتقال ، الکترود زمین جریان دائم سطوح هادی برای یکسان کردن پتانسیل و با هدایت بارهای الکتریکی بکار می برند .

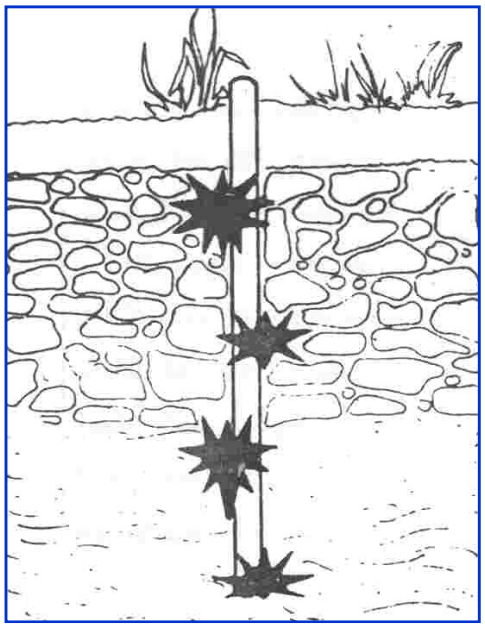
جریان اتصالی و پدیده قوس الکتریکی

تحت وضعیت های فالت میله‌های زمین جریانات را بطور یکسان در سرتاسر سطح میله تخلیه میکند ولیکن این تخلیه یکسان جریان تنها چند میلی ثانیه در طول مرحله شروع سیکل اول برقرار میشود . سپس خاک اطراف خشک شده تا حدی که یک قوس الکتریکی (آرک) در یک نقطه میله تشکیل شود .

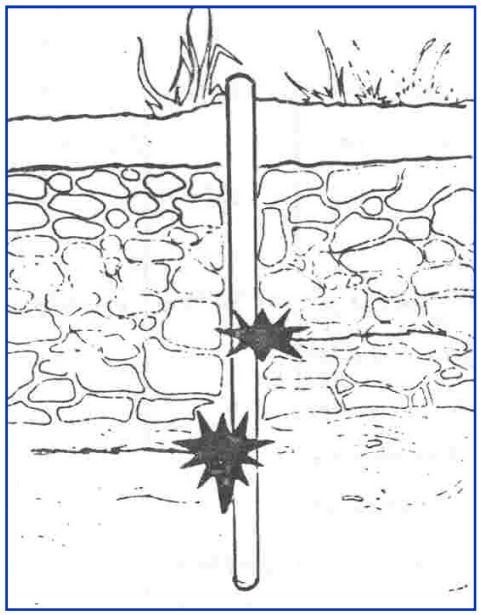


وجود آرك وجریان باعث افزایش درجه حرارت زمین اطراف میله خواهد شد ودرنتیجه خاك خشك شده وازآنجامقاومت مخصوص خاك افزایش خواهد یافت . جریان فالـــت بعد ازآن محل دیگری راانتخاب می کند وهمان پدیده خودش تکرارمیشود این آرك در سرتاسرسطح الکترود جابجاشده وتازمانیکه دربرطرف کردن فالت اقدامی صورت نگرفته ادامه خواهد یافت براثر پدیده آرك درجه حرارت میله زمین بطورقابل توجهی بالا می رود (تانقطه جوش روی) اماازنقطه جوش مس که $1083^{\circ}C$ می باشد تجاوز نمی کند .

تحت وضعیت عدم فالت چنانچه میله فولادی توسط روی پوشانیده شده باشـــد برطبق مطحنی این نوع میله‌ها تقریبا ۱۰ برابر سریعتراز پوشش مسی فاسد میشـــــود گذشته از اینها تحت وضعیت فالت اگرپوششی حفاظتی روی بطورنا بهنگام از بین رود میله مقاومت خود رادر برابر فاسد شدن کاهش میدهـــد .



تصویر فوق جریانات نشتی را که باعث پدیدهٔ آرک می‌شود نشان میدهد. مقدار ۵۰ تا ۲۰۰ میلی آمپر برای بوجود آوردن آرک کافی بوده و بنابراین اگر میله مس‌پوش نباشد زیان خواهد دید.

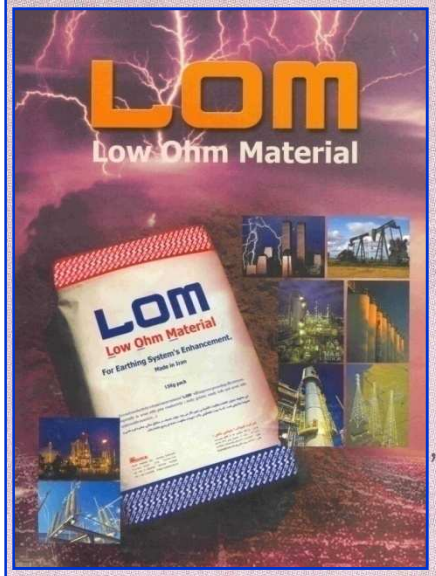


همچنان که در این شکل مشاهده می‌شود جریان بطور یکسان از تمام سطح میله به خارج عبور نمی‌کند، بلکه از نقاط مشخص عبور می‌کند.

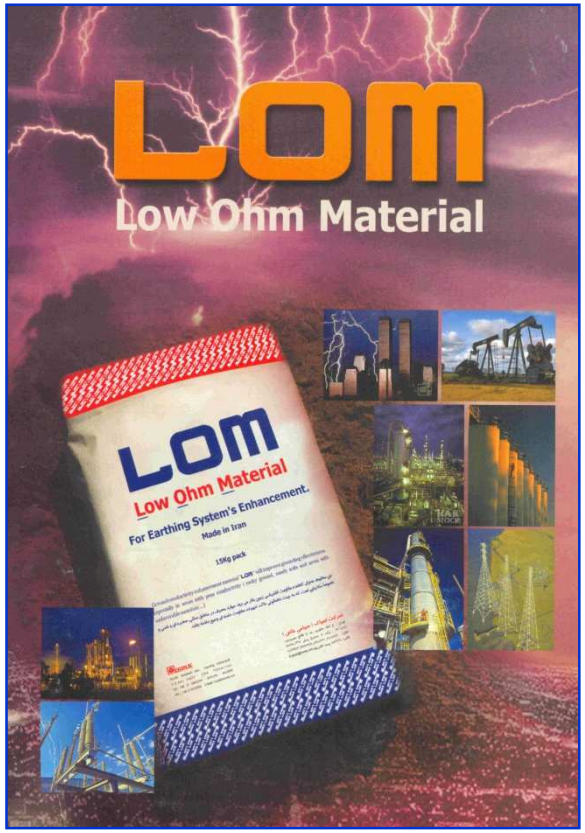
حداقل ابعاد و شرایط لازم برای الکترود هـــــای زمین مطابق استاندارد (VDE 0141)

	۱	۲	۳	٤	٥
۱	جنـــــــــس	شکل الکتـــرود	حداقل سطح مقطع mm^2	حداقل ضخامت mm	حداقل ابعاد دیگر یا شرایط مورد لزوم
۲	فولاد گالوانیزه داغ یا حداقل پوشش روی	تسمه (نوار)	۱۰۰	۳	
۳	به ضخامت mm ۲۰ قرارداده شد در خاک	میله فولادی	۷۸ (با قطر ۱۰ mm)		با الکترود های فرورونده مرکب ، حداقل قطر مثله ۲۰ میلیمتر
٤		لوله			با حداقل قطر ۲۵ میلیمتر یا حداقل دیواره ۲ میلی متر
٥	فولاد با پوشش مس	میله فولادی	برای هسته های فولادی ۵۰ ، برای پوشش مس ۲۰ ٪ سطح مقطع فولاد ، اما حداقل آن ۳۵		با الکترود های فرو رونده مرکب حداقل قطر میله ۱۵ میلی متر ، اتصال بایستی بطریقی باشد که مقاومت فساد شان با پوشش مس برابر باشد .
٦	مس	تسمه (نوار)	۵۰	۲	
۷		رشته ای	۳۵		حداقل قطر سیم ۱/۸ میلی متر ، اگر با سرب پوشیده شده حداقل ضخامت پوشش ۱ میلی متر
۸		میله مسی	۳۵		
۹		لوله			حداقل قطر ۲۰ میلی متر ، حداقل دیواره ۲ میلی متر

مشخصات LOM :

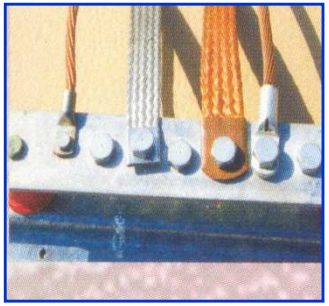


- در هر خاکی قابل استفاده است خصوصا در مکانهایی که فصول خشک طولانی دارند.
- دارای تاثیر یکنواخت و دائمی بر روی محیط میباشد.
- خاصیت جذب رطوبت تا چندین برابر بنتونیت را داراست.
- با استفاده از این مخلوط میتوان ابعاد شبکه ارت را کاهش داد.
- نیازی به نگهداری و شارژ دوره ای ندارد.
- به حضور آب یا تغذیه دائمی آن به طور مصنوعی وابستگی ندارد.
- با تغییر ترکیب شیمیایی و فیزیکی خاک نقطه انجماد را کاهش می دهد ,
- تاثیر منفی یا مضر برای محیط زیست ندارد.
- وجود مواد جاذب الرطوبه فیزیکی و اسفنجی به دوام رطوبت مخلوط کمک می کند.
- برای هر نوع اجرای سطحی یا عمقی شبکه ارت قابل استفاده است.
- در کیسه‌های ۱۵ کیلوئی به ابعاد ۵۰X۴۰X۱۰Cm ارائه میشود.
- بعلت وجود نمکهای خنثی اثر خورندگی بر روی میله ارت یا هادی میانی ندارد، ضمن اینکه حضور این نمکها همراه با رطوبت محیط شرایط الکترولیتی و یونی مناسب و کاملا هادی را فراهم می کند.

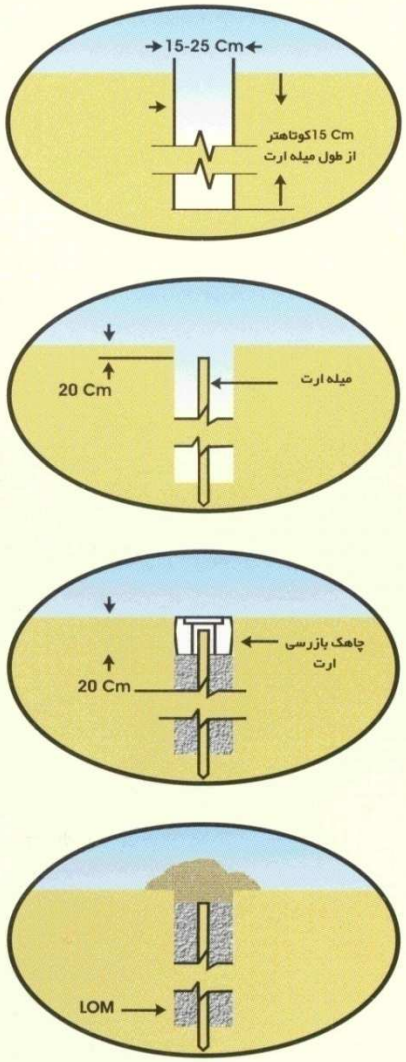


مخلوط کاهنده مقاومت الکتریکی زمین

ترکیب Low- Ohm- Material یا به اختصار LOM شامل انواع ترکیبات مختلف جاذب الرطوبه شیمیایی و فیزیکی است که در کنارهم به افزایش هدایت الکتریکی خاک و به عبارتی کاهش مقاومت زمین کمک می کند. کاربرد این ترکیبات در مناطقی که رطوبت نسبی خاک پائین بوده و یا زمینهای سنگلاخی که بصورت طبیعی دارای مقاومت‌الکتریکی بالایی هستند توصیه میشود.



راهنمای استفاده در نصب میله ارت (شبکه زمین عمودی)



۱- حفره ای به قطر ۲۵-۱۵ سانتیمتر وبه عمق ۱۵ سانتیمتر کمتر از طول میله ارت حفرکنید.

۲- میله ارت را در وسط حفره طوری بکوبید که سر میله ارت ۱۰ سانتیمتر پایین‌تر از لبه حفره واقع شود.

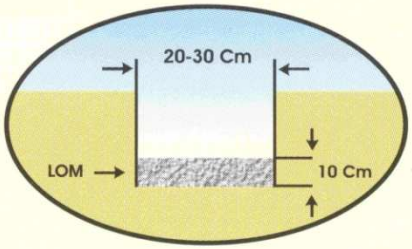
۳- مخلوط LOM را پیرامون میله تخلیه کنید واین کار را تا ۲۰ سانتیمتر پایین‌تر از لبه فوقانی میله ارت ادامه دهید.

۴- اتصالات لازم را به میله ارت انجام دهید بعد دریچه بازدید را نصب کنید و یا حفره را با خاک کاملا پر کنید.

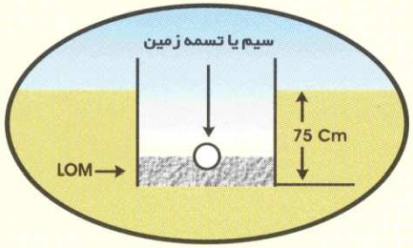
۵- در حین پر کردن حفره ضروری است هریک متر که با LOM پرمیشود مقداری آب داخل حفره تخلیه شود. این عمل فشردگی وچسبندگی لایه های را به میله ارت افزایش داده و به پرکردن فضاهای خالی کمک می کند.

۶- در این حالت برای هر متر عمق حفره بین یک تا سه کیسه LOM مورد نیاز است.

راهنمای استفاده از LOM در شبکه زمین سطحی

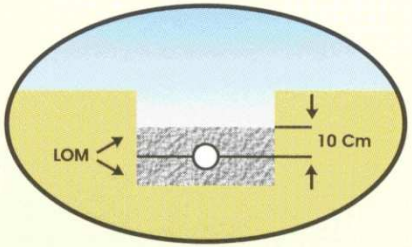


۱- کانالی به عرض ۳۰-۲۰ سانتیمتر و عمق ۷۵ سانتیمتر بطول مورد نظر حفر کنید. اگر عمق نفوذ یخ زدگی خاک بیشتر از ۷۵ سانتیمتر باشد باید کانال عمیق‌تر و تا زیر لایه یخ زدگی حفاری شود. کف کانال را به ضخامت ۱۰ سانتیمتر از LOM مخلوط پر کنید.

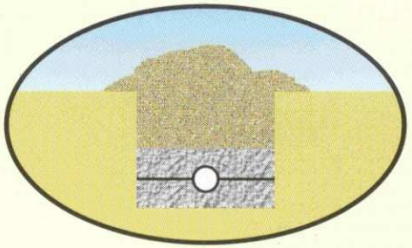


۲- سیم یا تسمه مسی را روی این لایه بخوابانید.

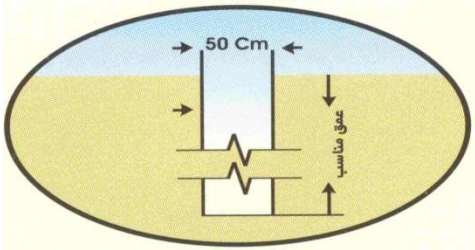
۳- روی سیم را به ضخامت ۱۰ سانتیمتر با مخلوط LOM بپوشانید مراقب باشید که هادی بطور کامل پوشانده شود و اگر هادی پوشانده نشد ضخامت LOM را افزایش دهید. بقیه کانال را با خاک پر کنید.

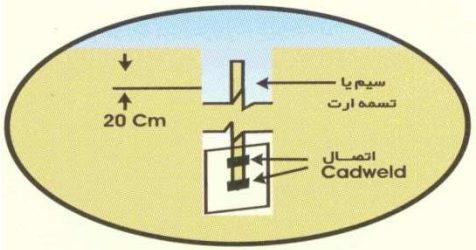


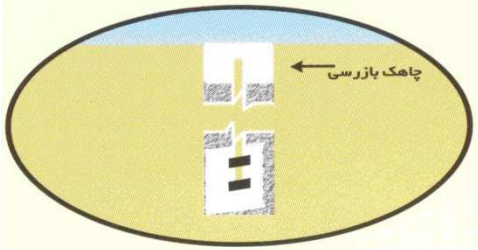
۴- با در نظر گرفتن حجم حفاری و شرایط فوق برای هر متر طول حداقل به سه کیسه LOM نیازخواهد بود. با تغییرابعاد کانال یا ضخامت LOM مصرفی مقدار مورد LOM نیاز تغییر می کند.

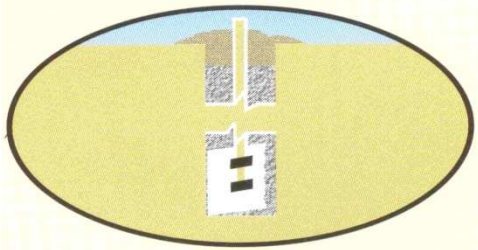


راهنمای استفاده در نصب صفحه مسی چاه ارت (شبکه زمین سنتی)









۱– حفره ای به قطرتقریبی ۵۰ سانتیمتر به عمق مورد نیاز حفر کنید.

۲– سیم ارت یا تسمه مسی را حداقل در دو نقطه توسط روش **Cadweld** به صفحه متصل کنید.

۳– صفحه ارت را بصورت عمودی در انتهای حفره قرار دهید.

۴– مخلوط **LOM** را داخل چاه طوری تخلیه کنید که ضمن فشردگی مناسب تا ۲۰ سانتیمتر بالای سطح صفحه را بپوشاند.

۵– برای پر کردن مابقی حفره **LOM** را به نسبت یک به سه با خاک حفره مخلوط کرده و حفره را با مخلوط حاضر پر کنید.

۶– در صورت نیاز دریچه بازدید را نصب کرده و هادی بیرون آمده از چاه رابه هادی سیستم زمین متصل کنید.

۷– برای فشردگی بیشترخاک اطراف هادی، صفحه و کیفیت مناسبترپس از هرمترکه با مخلوط **LOM** پر می شود مقدار مناسبآب اضافه نمایید.

۸– برای پر کردن چاه ارت با مشخصات فوق دریک متر اولیه ۱۰ کیسه وبرای هر متر بعد از آن برای مخلوط کردن با خاک حفره سه کیسه **LOM** مورد نیاز می باشد.

توجه ۱– اگر شبکه سطحی، حفره میله یا چاه ارت در مسیر حرکت سفره‌های آب زیرزمینی یا فاضلاب آب باران باشد بایستی کف آن توسط سیمان یا مخلوط سیمان و **LOM** بتونه کاری شود که مخلوط حاضر توسط آب جاری شسته نشود.

توجه ۲– در جائیکه مقاومت مخصوص خاک (p) کمتر از ۲۰۰m اهم باشد چنانچه قصد دارید **LOM** را با خاک مخلوط و مصرف کنید مناسبترین نوع ترکیب از نظر تکنیکی و اقتصادی اقلام با نسبت حجمی به شرح زیر پیشنهاد میگردد.

۶۰ درصد خاک
۳۰ درصد LOM
۱۰ درصد آب

برای مخلوط کردن صحیح اقلام فوق باید مواد به ترتیب زیرباهم مخلوط شوندتا بهترین نتیجه از یک مخلوط یکنواخت حاصل گردد.

اول **LOM** ، دوم خاک ، سوم آب.

توجه ۳– لطفا عنایت فرمائید تاثیر نهایی مواد کاهنده بصورت فوری قابل حصول نیست و برای دسترسی به نتیجه قطعی باید بین یک تا شش ماه صبر و تحمل داشته باشید.

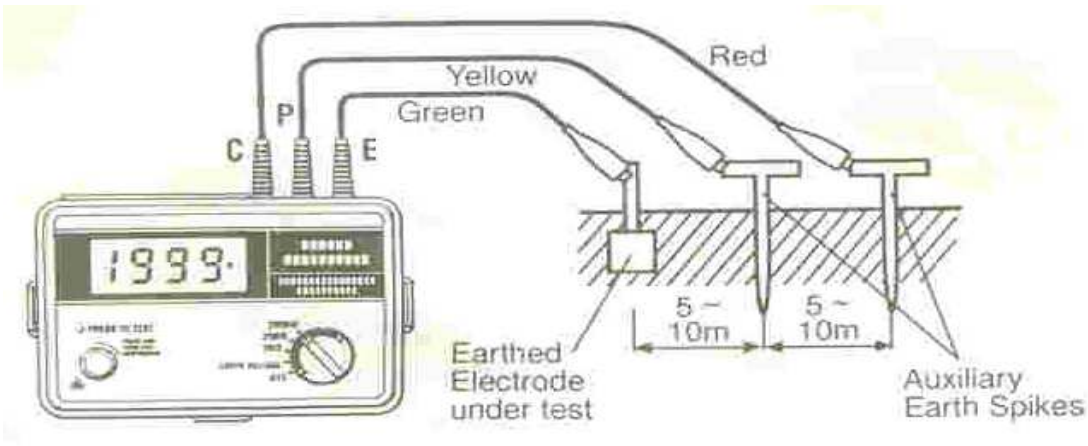
توجه ۴– بازدید و تست دوره ای سیستم زمین را فراموش نفرمایید. نصب دریچه بازدید کار تست و بازرسی دوره ای را تسهیل می کند.

توجه ۵ – محل اتصال الکتریکی سیستم زمین به شبکه ارت سطحی یا چاه ارت زیر زمین معمولا به عنوان نقطه آزمایش سیستم در داخل دریچه بازدید قرار دارد. بهتر است محل تماس الکتریکی توسط نوار چسب عایق ضد خوردگی، خمیر هادی یا لوله‌های **Heat Shrink** حفاظت شود. برای کسب اطلاعات بیشتر یا تهیه اقلام با شرکت اسپاک تماس حاصل فرمایید.

۶- اندازه گیری مقاومت زمین

از آنجائیکه مقاومت های زمین شده بطور معمول تحت تاثیر تغییرات زیادی میباشند باید آزمایشات مرتبی روی آنها انجام گیرد • (به VDE 0105 مراجعه کنید) توصیه می شود که حداقل یکبار اندازه گیری شود • تغییرات مقاومت زمین در مرحله اول تحت تاثیر شرایط جوی می باشد •

چنانچه اتصال با دیگر " زمین شده ها " وجود دارد باید قطع گردد • بعنوان سیم برای اتصال به زمین ، اندازه گیر و " زمین کمکی " باید سیم های عایق شده مس بکار گرفته شوند • اتصال بین " زمین شده " وگیره E باید بخصوص در مورد مقاومتهای زمین کم ، حتی الامکان کوتاه باشد زیرا مقاومت سیم نیز در نتیجه اندازه گیری حساب میشود • چنانچه بدلائل حمل نتوان سیم اتصال را کوتاه در نظر گرفت باید پس از پایان اندازه گیری مقاومت سیم بطور مجزا اندازه گیری شود واز مقاومت کلی اندازه گیری شده کسر شود •



Normal Earth Resistance Measurement

در حالت معمول باید فاصله ٔ بین زمین شده ـ اندازه گیر و اندازه گیر ـ زمین کمکی هر کدام حدود ۲۰ متـــر باشد ۰ زمین شده ، اندازه گیر و زمین کمکی باید در امتـداد یک خط قرار گیرند ۰ آنها را می‌توان بعنوان مثال بخاطر دلائل مکانی بشکل یک مثلث ـ متساوی‌الاضلاع قرار داد ۰ باید همیشه در نظر داشت که فاصله ٔ بین زمین شده و زمین کمکی ابعادی بزرگتر از اندازه های زمین شده داشته باشد ، زیرا دراین صورت نتیجه ٔ اندازه گیری تحت تاثیر انتخاب مکان برای قراردادن اندازه گیر نخواهد بـــود ۰ اندازه گیر را بهتراست در منطقه ای از زمین فرو کنیم که بطور نسبی پتانسیل ثابـــت داشته باشد (منطقه ٔ ثابت) ۰ برای انتخاب فاصله ٔ صحیح بین اندازه گیر و زمین کمکی به مباحث زیر توجه کنیـــــد ۰

زمین کمکی در فاصله ٔ کافی (حدود ۲۰ تا ۴۰ متر) از " زمین شده " تـــرا می‌گیرد ۰ اندازه گیر را یکبار در وسط فاصله ٔ بین " زمین شده " و " زمین کمکی " بار دیگر حدود (۳ تا ۵ متر) از وسط بطرف زمین شده و بالاخره یکبار از وسط بطرف " زمین کمکی " ، در زمین فرو می‌کنیم ۰ در هر یک از این حالات مقاومت زمین اندازه ـ گیری می‌شود ، چنانچه هر بار حدوداً مقدار ثابتی اندازه گیری شده باشد توانسته ایـ با این روش ساده و سریع اندازه گیری کلی فاصله ٔ مناسب اندازه گیر را تعیین کنیـــم

۷- اندازه گیری مقاومت مخصوص زمین

از آن جایی که برای محاسبه و احداث اتصال به زمین در هر مکانی ابتدا بایستی مقاومت مخصوص زمین در آن مکان را به دست آورد ، لذا ابتدا روش های اندازه گیری مقاومت مخصوص زمین به این شرح ارائه می شود:

۱- روش مستقیم

۲- روش دو نقطه ای

۳- روش تغییر عمق الکترود آزمایشی دفن شده یا روش سه نقطه ای

۴- روش چهار نقطه ای یا روش وِنر (Venner Method)

۱- اندازه گیری مقاومت مخصوص زمین به روش مستقیم:

در این روش در مکانی که بایستی الکترود اتصال به زمین نصب شود ، از زمین طبیعی (زمین با خاک متراکم شده نه زمین سست) برداشته و یک سانتی متر مکعب (یعی مکعبی به اضلاع یک سانتی متر) از آن را برای اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک مورد استفاده قرار دهید. مقاومت دو وجه مقابل هم این مکعب را با اهم متر اندازه گیری کنید. در این صورت مقاومت مخصوص خاک بر جسب اهم – سانتی متر (Ω . Cm) به دست می آید.

۲- اندازه گیری مقاومت مخصوص زمین به روش دو نقطه ای:

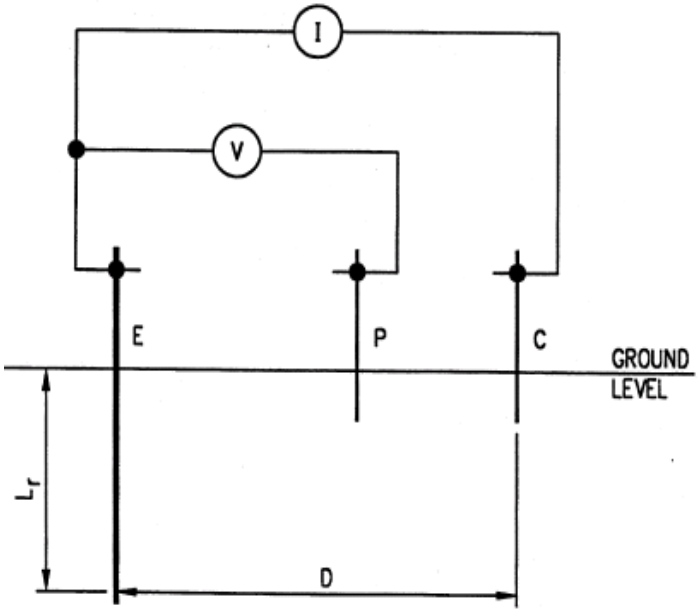
در این روش اندازه گیری مقاومت مخصوص ، دو الکترود آهنی کوتاه (یکی حدود ۲۵ سانتی متر و دیگری حدوداً ۲۰ سانتی متر) را با فاصله در زمین بکوبید. سپس قطب مثبت منبع تغذیه (باطری) را از طریق یک میلی آمپر متر به الکترود کوتاه تر اتصال دهیدو و ترمینال منفی را به الکترود بلندتر وصل کنید. وسایل اندازه گیری را طوری کالیبره کنید که مقاومت مخصوص زمین را برحسب اهم – سانتی متر (Ω . Cm) با جابه جایی الکترود در زمین باکمترین زمان و ولتاژ نامی منبع تغذیه یا باطری اندازه گیری کند.

۳- روش تغییر عمق الکترود آزمایشی دفن شده یا روش سه نقطه ای:

در مکان مورد نظر باید یک میله معمولی زمین بطول یک متر و قطر ۱۵ تا ۲۵ میلی متر در زمین فرو نمود. البته میله را نباید در زمین سست کوبید و باید در زمین طبیعی کوبید.

مقاومت مخصوص زمین ρ حدوداً با مقاومت الکترود زمین شده با واحد اهم مساوی است.

برای اندازه گیری دقیق و عمق دلخواه از رابطه ذیل به دست می آید:



Circuit diagram for three-pin or driven-ground rod method

$$\rho = \frac{2\pi L_r R}{\ln\left(\frac{8L_r}{d}\right) - 1}$$

where

L_r is the length of the rod in m

d is the diameter of the rod in m

ρ : مقاومت مخصوص زمین به اهم متر

R : مقاومت اتصال به زمین بر حسب اهم

L_r: طول میله اتصال به زمین بر حسب متر

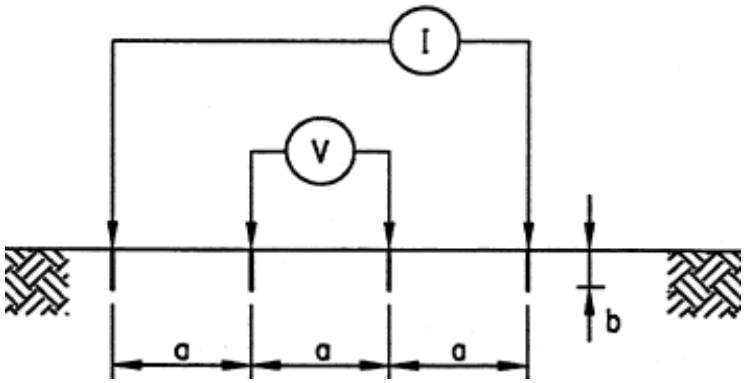
d : قطر میله اتصال به زمین به متر

۴- روش چهار نقطه ای یا روش وِنر (Venner Method):

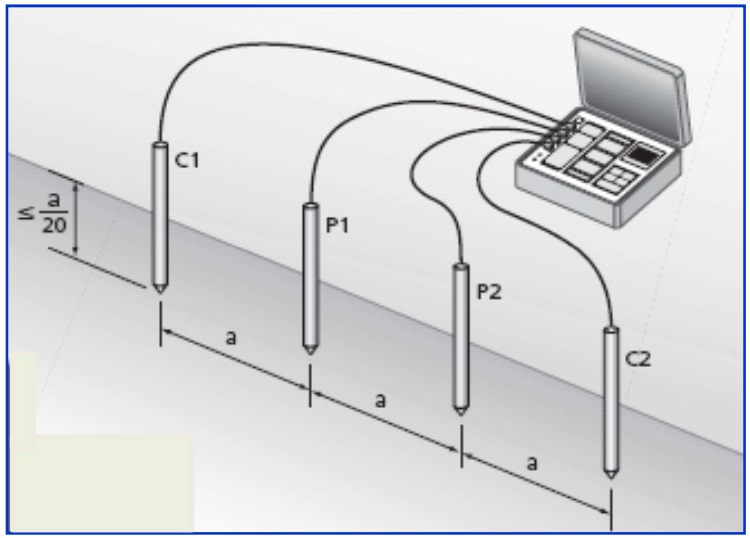
چهار الکترود با ابعاد کوچک انتخاب کرده و با فاصله مساوی **a** و با عمق **b** در زمین هموژنی مانند شکل بکوبید. با اعمال جریان به دو الکترود کناری مانند **C1** و **C2** ، ولتاژ بین دو الکترود میانی مانند **P1** و **P2** را اندازه گیری کنید.

از تقسیم ولتاژ **V** به جریان اندازه گیری شده I ، مقاومت اهمی **R** به دست می آید و از رابطه ذیل مقاومت مخصوص زمین یعنی ρ به دست می آید:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$



Wenner four-pin method



a : فاصله دو الکترود برحسب متر

b : عمق الکترود در زمین برحسب متر

R: مقدار مقاومت برحسب اهم است که از تقسیم ولتاژ بر جریان اندازه گیری شده به دست می آید.

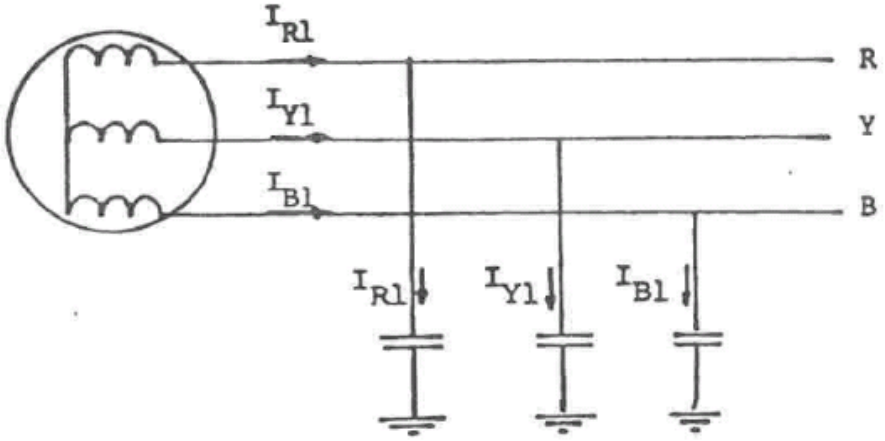
ρ : مقاومت مخصوص زمین برحسب اهم متر (**Ω . Cm**) است.

درصورتی که عمق الکترودها در زمین خیلی کوچکتر از فاصله **a** باشد ، مقاومت مخصوص زمین برابر است با : $\rho = 2\pi a R$

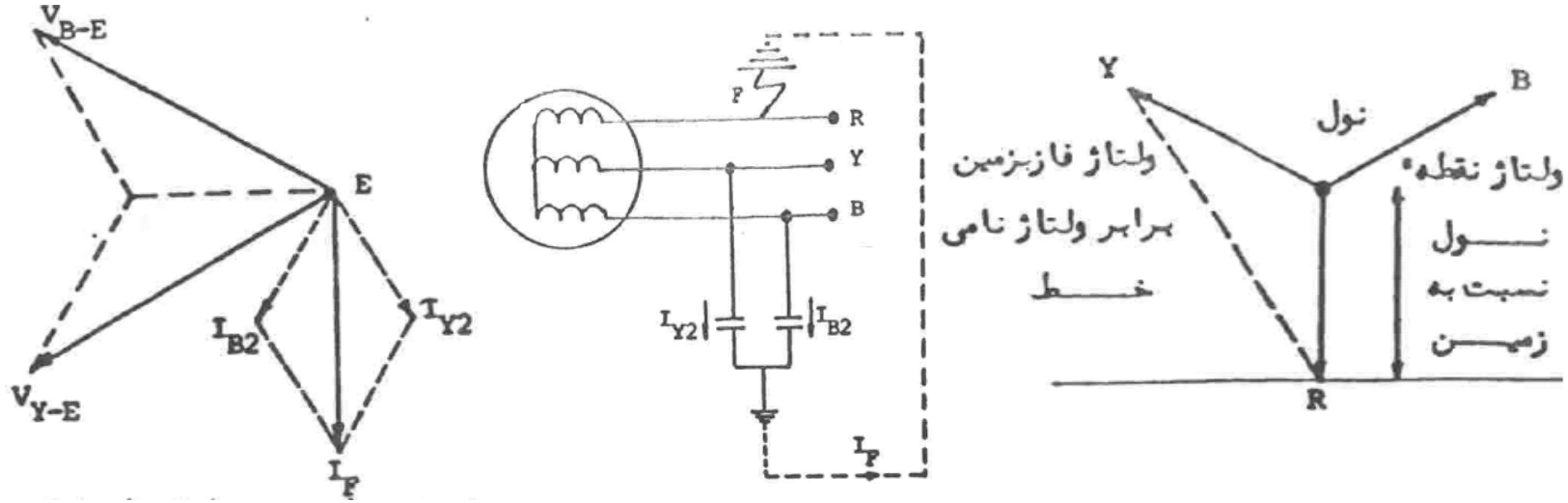
۸- انواع سیستم زمین در شبکه های فشارقوی

قسمت اول : سیستمهای زمین نشده (نقطهٔ نول ایزوله)

در این نوع سیستمها نقطهٔ نول به زمین وصل نیست یا بعبارت دیگر نقطهٔ نول از زمین ایزوله است . آنچه راست که بین هادیها و زمین کپاژ خازنی وجود دارد که موجب گردش جریان خازنی در فازهای سیستم می شود . کاپاسیتانس هر هادی نسبت بزمین بطور یکنواخت در طول خط توزیع میشود و برای محاسبات میتوان این مجموعه را یکجا در نقطه‌ای در نظر گرفت . جریان خازنی بین هادیها در بحث ما وارد نیست ، لذا از آوردن آنها در شکل صرف نظر میکنیم .



در شرایط تعادل سیستم ،جریان خازنی مرکب از دو جزء ،یکی بین هادیها و زمین و دیگری بین خود هادیها در فاز جریان می یابد .



همانطور که از شکل (۲) پیداست در یک لحظه ولتاژهای فاز بزمین ، دو فاز سالم ولتاژی برابر ولتاژ (ف ــ ف) پیدا خواهند کرد و جریان خازنی گذرنده از دو فازسالم نیز 3 برابر خواهد شد بنابراین در اثر اتصال زمین فاز

قسمت دوم : سیستم های زمین شده

تعریف : در این نوع سیستمها نقطه‌ٔ نول ، مستقیماً یا از طریق مقاومت راکتانس و غیره بنا به ضرورت سیستم زمین می شود . روشهای زمین کردن نقطه‌ٔ نول را می توان تحت عناوین زیر دسته‌بندی کرد :

۱- زمین کردن مستقیم

۲- زمین کردن از طریق مقاومت

۳- زمین کردن از طریق راکتانس

۴- زمین کردن از طریق کویل پترسون یا محوکننده‌ٔ قوس[1]

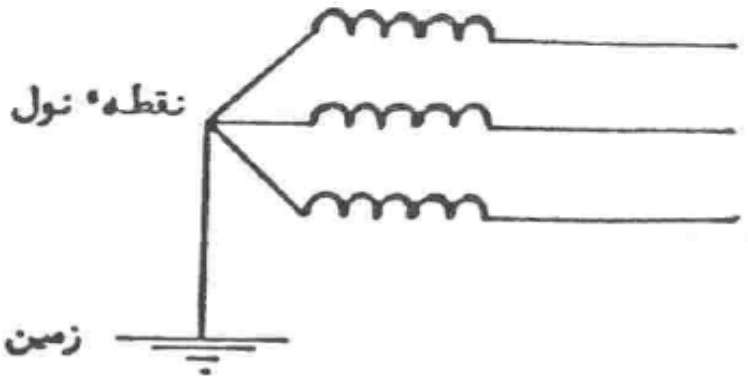
۵- زمین کردن از طریق ترانسفورمر زمین کننده

ویژگیهای کلی سیستمهای زمین شده

مهمترین ویژگیهای سیستمهای زمین شده واکنش آنها در برابر بروز اتصالات فازبا زمین است . چنانکه جریانات اتصالی و نیز ولتاژ فازهای سالم بطور مستقیم بستگی به زمین شدگی سیستم دارد .

۱- زمین کردن بطریقه مستقیم (Solidly Grounding)

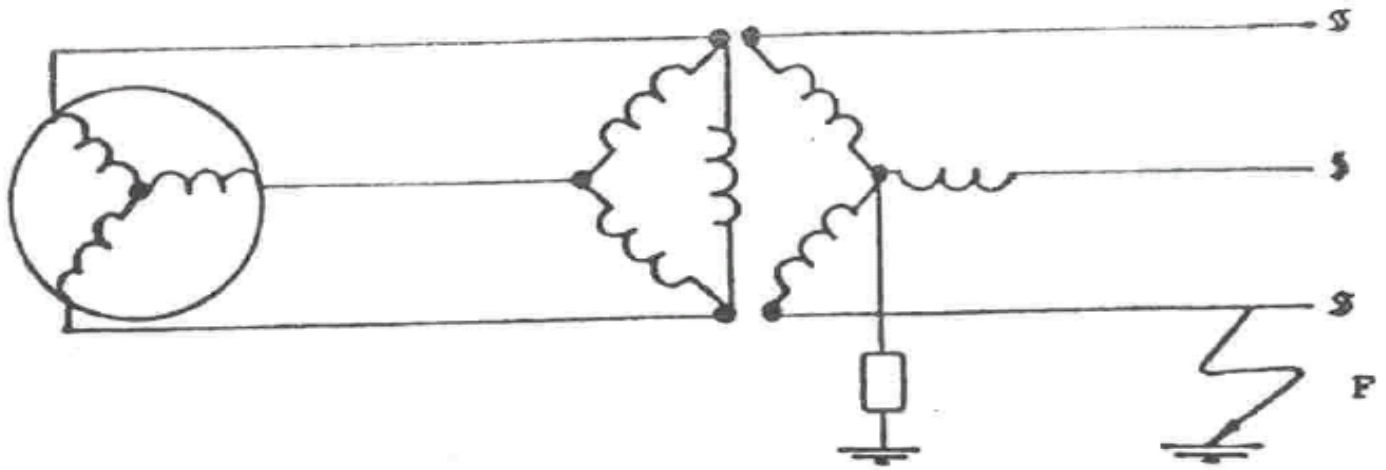
در این روش نقطه نول بدون هیچ واسطه‌ای بزمین وصل می‌شود .



از این طرح در مواقعی استفاده میشود که در صورت وجود امپدانسی در سر راه نول زمین جریان اتصال زمین کمتر از مقداری است که برای تحریک دستگاههای حفاظتی لازم - است و نیز بسبب آنکه در این روش بعلت پائین بودن نسبی امپدانس سلسله صفر ولتاژ فازهای سالم تغییرات کمتری دارد لذا در ولتاژهای خیلی زیاد (EHV) این طرح مطلوب می‌باشد .

وجود رزنکتورهای مدرن به نقطه آسیب دیده مدار را در لحظه بسیار کوتاهی جدا می‌کند ، مشکل بالا بودن جریان اتصال زمین را کم اهمیت می‌نماید .

۲- زمین کردن از طریق مقاومت



نمونهٔ سیستمی که از طریق مقاومت زمین شده است در شکل بالا نشان داده شده است . مطابق آنچه که در کاربرد مقاومتها متداول است ، عموماً مقدار اهمی مقاومت از راکتانس سیستم در نقطهٔ نصب بیشتر است در نتیجه جریان اتصال عمدتاً توسط این مقاومت محدود میشود .

موضوع مهمی که در سیستمهائی که با مقاومت زمین شده اند وجود دارد افت توان در مقاومت در هنگام اتصال زمین می باشد .

Neutral Earthing Resistor
for outdoor use

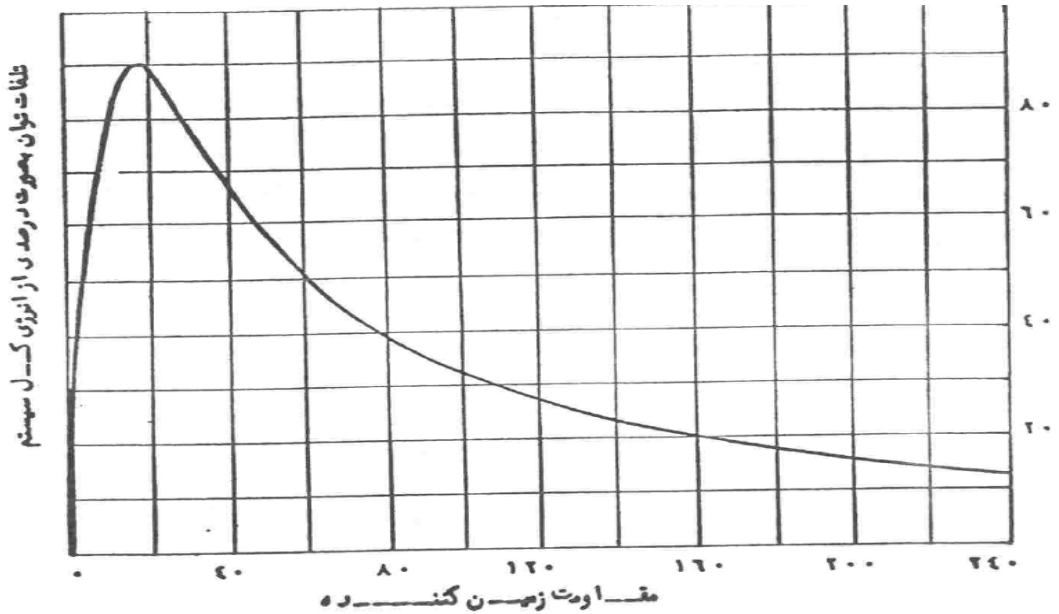
1.	Nominal Resistance at 20°C	12.7 Ω
2.	Manufacturing Tolerance	± 5 %
3.	Rated short time current	300 A for 10 s
4.	Rated energy consumption	11.43 MJ
5.	Temperatur rise when carrying rated short time current	700 K
6.	Minimum cooling down time after full energy consumption	2 h
7.	Insulation Level	60 kV_{BIL}
8.	Protection Class	IP 23
9.	Current transformer	Ritz KSO 561
	Ratio	300 / 5 A
	Rating	30 VA
	Accuracy	5P10

Neutral Earthing Resistor

Item	Description		
1	Manufacturer/Type		C. SCHNIEWINDT KG/M-OS
2	Relevant Standards		IEC 60; 71; 529/IEEE 32
3	Type of enclosure		IP 55 for outdoor installation
4	Insulation		porcelain, air
5	Corrosion protection		steel frames are hot-dip galvanised (100 µm) and enclosure sheets (t = 1 mm) are of stainless steel (1.4301)
6	Max. ambient temperature	°C	55
7	Resistor material		NiCr 18/10, mat. ref. 1.4301
8	Rated continuous current	A	--
9	Rated short time current	A	200 for 10 seconds
10	Resistance at 20°C	Ω	9.53 ± 10%
11	Max. temperature rise when carrying rated short time current	K	470
12	Resistance at 525°C	Ω	14.58
13	Rated energy consumption	MJ	3.81
14	Nominal system voltage	kV	3.3
15	Insulation level BIL 1.2/50 µs	kV	40
16	1 min. withstand voltage, 50 Hz	kV	10
17	HV - and LV connections (see attached drawing)		with cable through the bottom of enclosure
18	Minimum cooling down time after full energy consumption	h	8
19	Current transformer		Bushing type CT at LV-Terminal
	- Make/Type		
	- Ratio	A	200/5
	- Accuracy		5P10
	- Rating	VA	10
20	Preliminary outline drawing no.		130.84.083.0
21	Weight of complete resistor	kg	approx. 130
22	Overall size approx. L x W x H (incl. support feet)	mm	810 x 810 x 800
23	Special Requirements		Anti-Condensation heater 100 W, 240 V AC

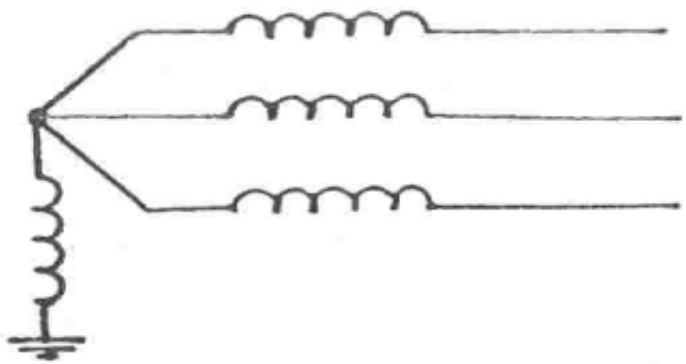
در حالت مذکور ماکزیمم تلفات توان برابر حدود ۹۰٪ ظرفیت ناهی سیستم میباشد .
اگر امپدانس ژنراتورها کوچکتر باشد ، حتی توان بیشتری در مقاومت ظاهر خواهد شد .
این موضوع ممکن است باعث تغییرات وسیع زاویه‌ٔ ژنراتورها و در نتیجه ناپایداری سیستم
گردد . بنابراین باید از نصب مقاومت در نزدیکی این مقدار بحرانی اجتناب شود . البته
باید توجه داشت که ممکن است اتصال زمین خود از طریق یك مقاومت باشد که اثرات این
مقاومت نیز باید مورد بررسی قرار گیرد .

اندازه‌ٔ اهمی مقاومت برحسب ولتاژ سیستم ، ظرفیت سیستم تفاوت خواهد کرد و عملاً
این مقدار بر اساس میزان محدودیت روی جریان اتصال زمین طرح میگردد .



۳- زمین کردن از طریق راکتانس

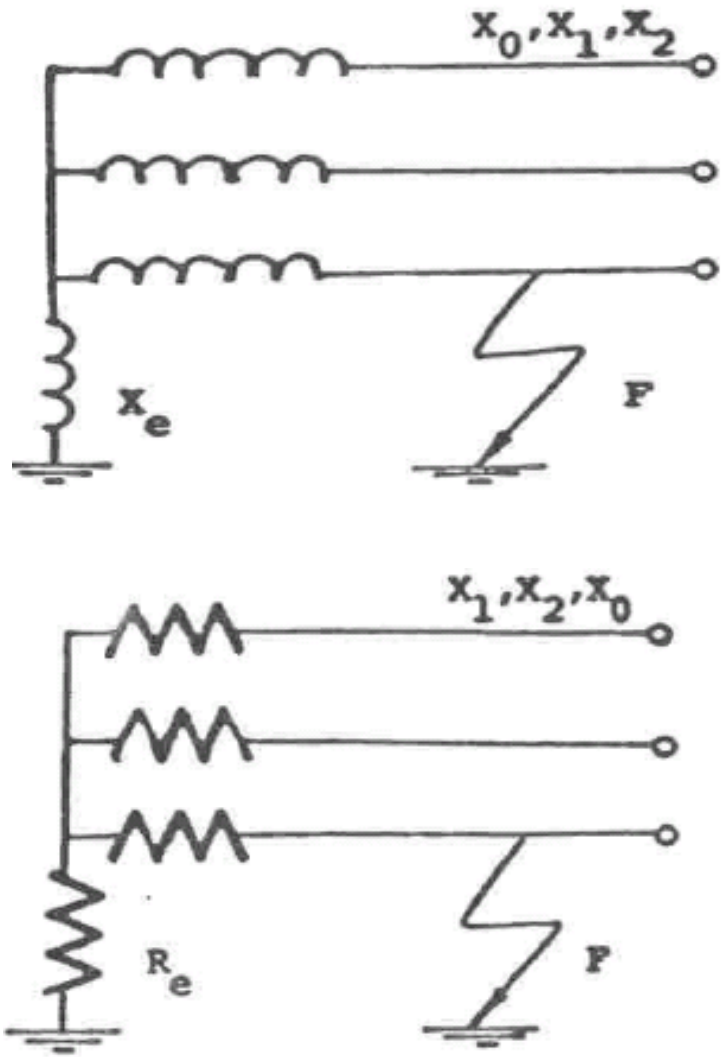
در این نوع سیستمها نقطه° نول از طریق یك راکتور به زمین وصل میشود .



باید دانست که در این نوع سیستم می تواند بطور موثر زمین شده باشد و یا بلعکس. برای تحقیق در این باره باید نسبت های $\frac{X_0}{X_1}$ و $\frac{R_0}{X_1}$ سیستم را مورد بررسی قرار داد .

در اینجا مقادیر تنشهای جریان و ولتاژ بستگی به نسبت $\frac{X_0}{X_1}$ دارد و از این نظر کاملا° شبیه به سیستمهای بطور مستقیم زمین شده ، است و خواص عمومی سیستمهای زمین شده را دارا است .

مقایسه بین سیستمهای زمین شده از طریق راکتور و مقاومت



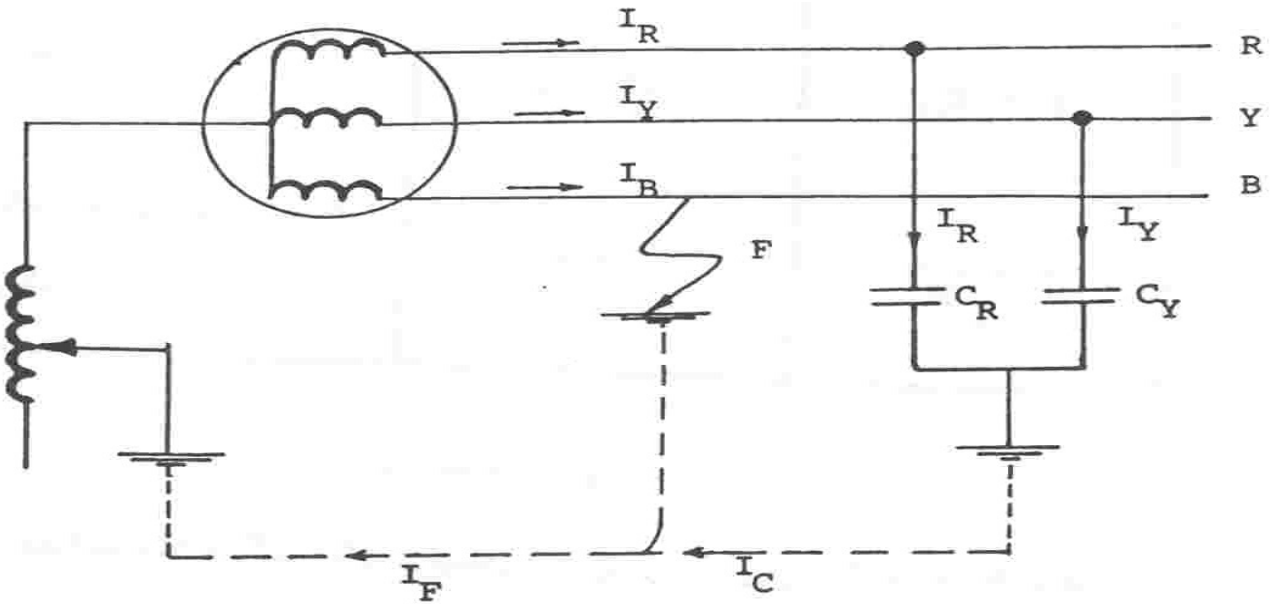
موضوع	زمین کردن از طریق راکتور	زمین کردن از طریق مقاومت
جریان اتصال زمین بر حسب جریان اتصال کوتاه (ف. ف. ف)	75%	95%
تنش‌های مکانیکی	56%	90%
ولتاژ در دو سر وسیله‌ٔ زمین کننده	$0.25\ E_{ph}$	$0.316\ E_{ph}$
ولتاژ فاز سالم	$1.145\ E_{ph}$	$1.31\ E_{ph}$
KVA نامی وسیله‌ٔ زمین کننده	$\frac{0.188\ E_{ph}^2}{X_1}$	$\frac{0.3\ E_{ph}^2}{X_1}$

۴- زمین کردن به وسیله سیم پیچ پترسون

در سیستمهای زمین شده ای که تا بحال بحث شد ، در صورت وقوع اتصال فاز بـزمین زمین ، جریان الکتریسیته از دو فاز دیگر نیز متوقف خواهد شد لذا تا رفع اتصال ، سیستم در حالت غیر فعال خواهد بود . از طرف دیگر در سیستم با نقطه° نول ایزوله (سیستـم زمین نشده) اتصال یك فاز با زمین اثری روی دو فاز دیگر ندارد و جریان الکتریسیتـــه برقرار خواهد بود .

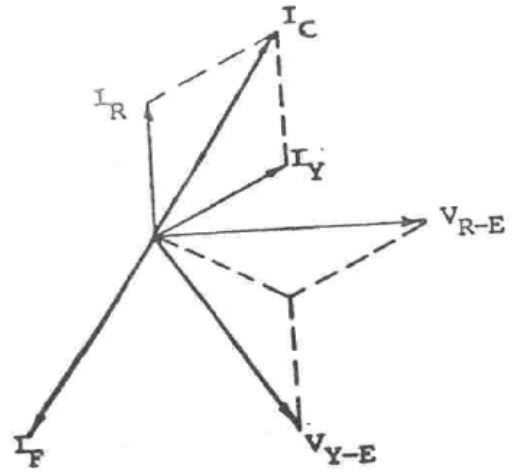
سیم پیچ پترسون این مزیت سیستم زمین نشده را همراه با مزایای متعدد سیستمهای دیگر دارد .

سیمپیچ پترسون راکتوری با هسته° آهنی است که نقطه° نول سیستم را بزمین وصل میکند . راکتانس سیم پیچ بنحوی است که در موقع اتصال گذرای فاز زمین ، با کاپاسیتانـــس دو فاز سالم تشدید میکند ، با این روش قوس خود بخود ناپایدار شده و خاموش می شود



همانطوریك قبلاً ذكر شد این سیستم ویژگیهائی شبیه سیستم زمین نشده دارد .

بنابراین ولتاژهای فاز بزمین فازهای سالم در خلال اتصال $\sqrt{3}$ برابر حالت عادی و نیز جریانهای خازنی حاصل 3 برابر جریان خازنی در حالت نرمال هریك از فازها خواهد



از بحثهای قبلی برمیاید که شرط خاموش شدن قوس این است که :

$$I_C = I_F$$

اگر X_L ، راکتانس کویل پترسون باشد :

$$I_F = \frac{V_B}{X_L} = \frac{V_{ph}}{X_L}$$

با توجه به معادلات قبل :

$$I_C = \frac{3V_R}{X_R} = \frac{3V_{ph}}{X_R}$$

در نتیجه :

$$\Longrightarrow \quad \frac{V_{ph}}{X_L} = \frac{3V_{ph}}{X_R}$$

$$X_R = 3\,X_L$$

$$X_R = X_Y = X_B \triangleq X$$

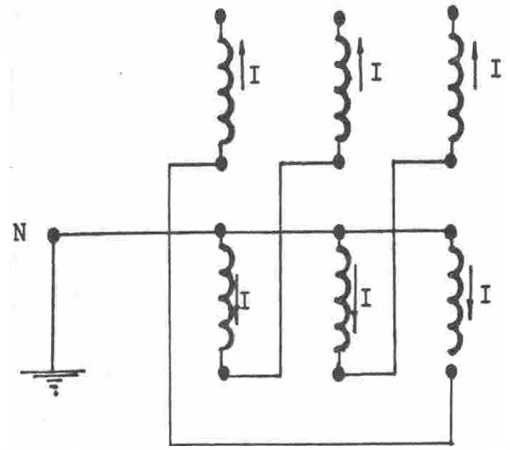
بگونه‌ای دیگر :

$$\frac{1}{\omega C} = 3\,\omega\,L$$

$$\boxed{L = \frac{1}{3\omega^2 C}}$$

۵ - زمین کردن از طریق ترانسفورمر زمین کننده

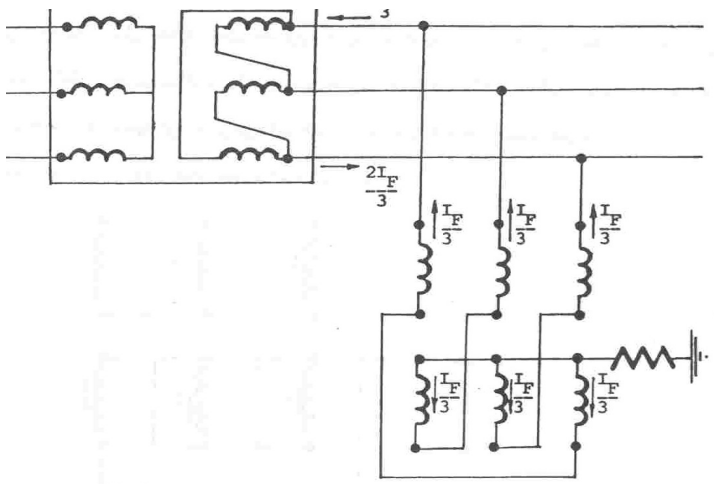
گاهی اوقات تشکیل نقطهٔ نول مصنوعی لازم است یعنی در مواردیکه دسترسی به نول موجود امکان پذیر نباشد یا سیستم بصورت Delta باشد . این نوع ترانسفورمر از سه ساق هسته‌ای شبیه ترانسفورمرهای قدرت ساخته شده است و هر ساق دو سیم پیچ متساوی‌الفاصله را روی خود جا داده است .

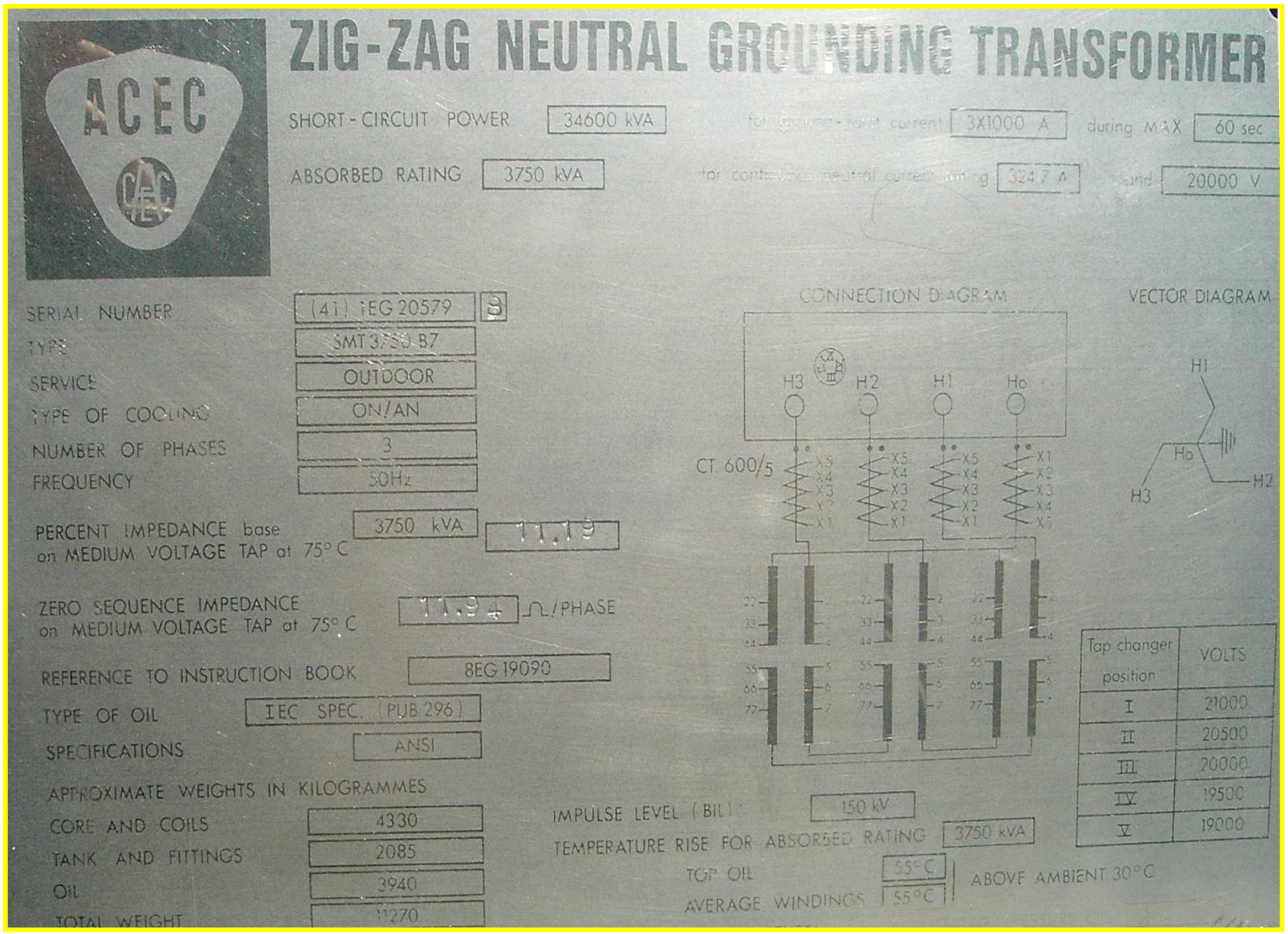


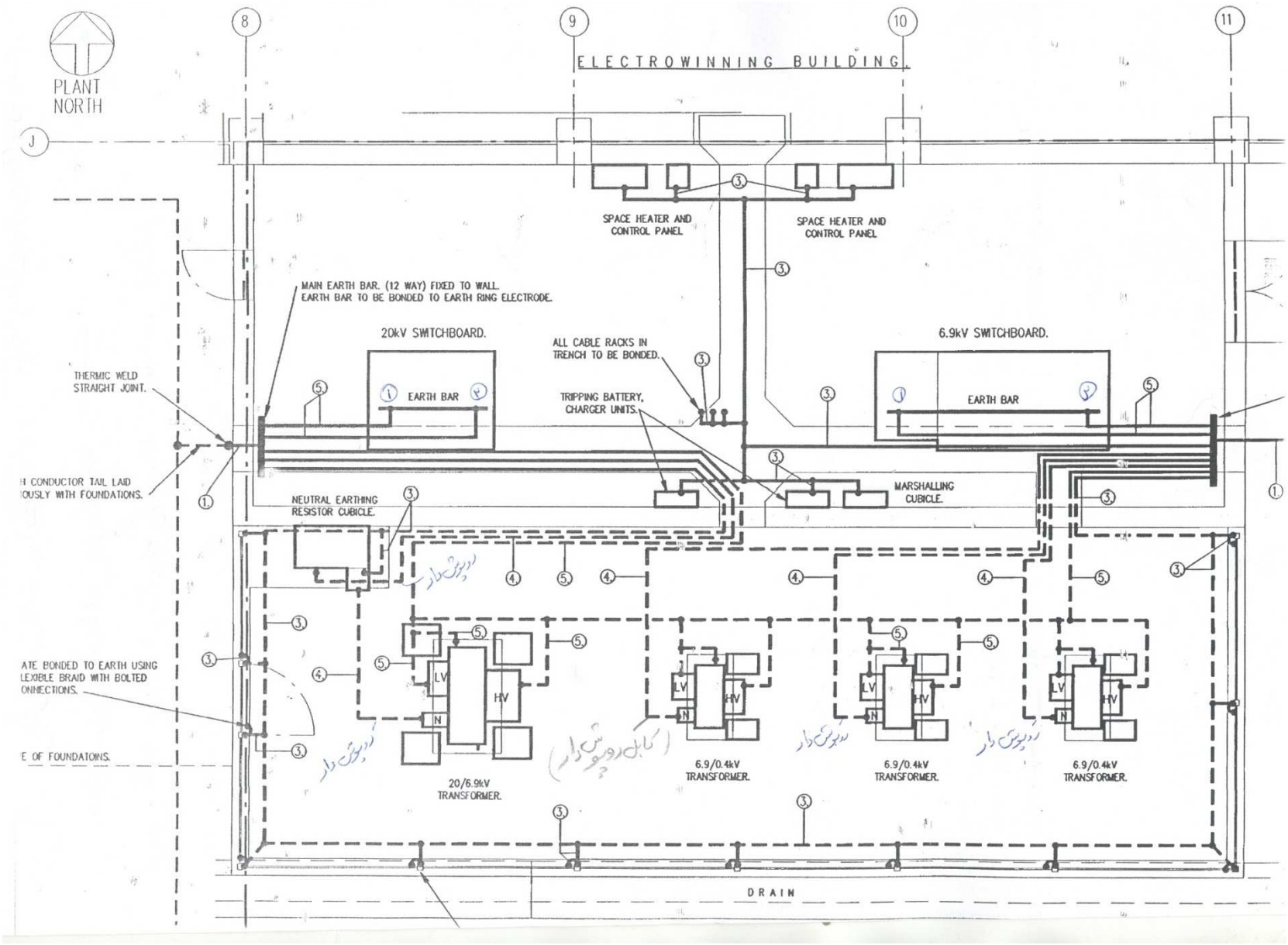
نحوهٔ اتصال سیم پیچها نیز در شکل نشان داده شده است . دیده میشود که جریان در دو نیمه سیمپیچ روی هر ساق در جهت مخالف است . این موضوع باعث میشود که هارمونیک‌های نامطلوب اجازهٔ ظهور نیابند ولذا تنشهای الکتریکی روی عایقها بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش میابد . امپدانس ترانسفورمر زمین کننده کاملاً کوچك است ، بنابراین جریان خطا نسبتاً زیاد میباشد . مقدار جریان خطا با جا دادن مقاومتی در نقطهٔ نول یا در سیمپیچها محدود میشود .

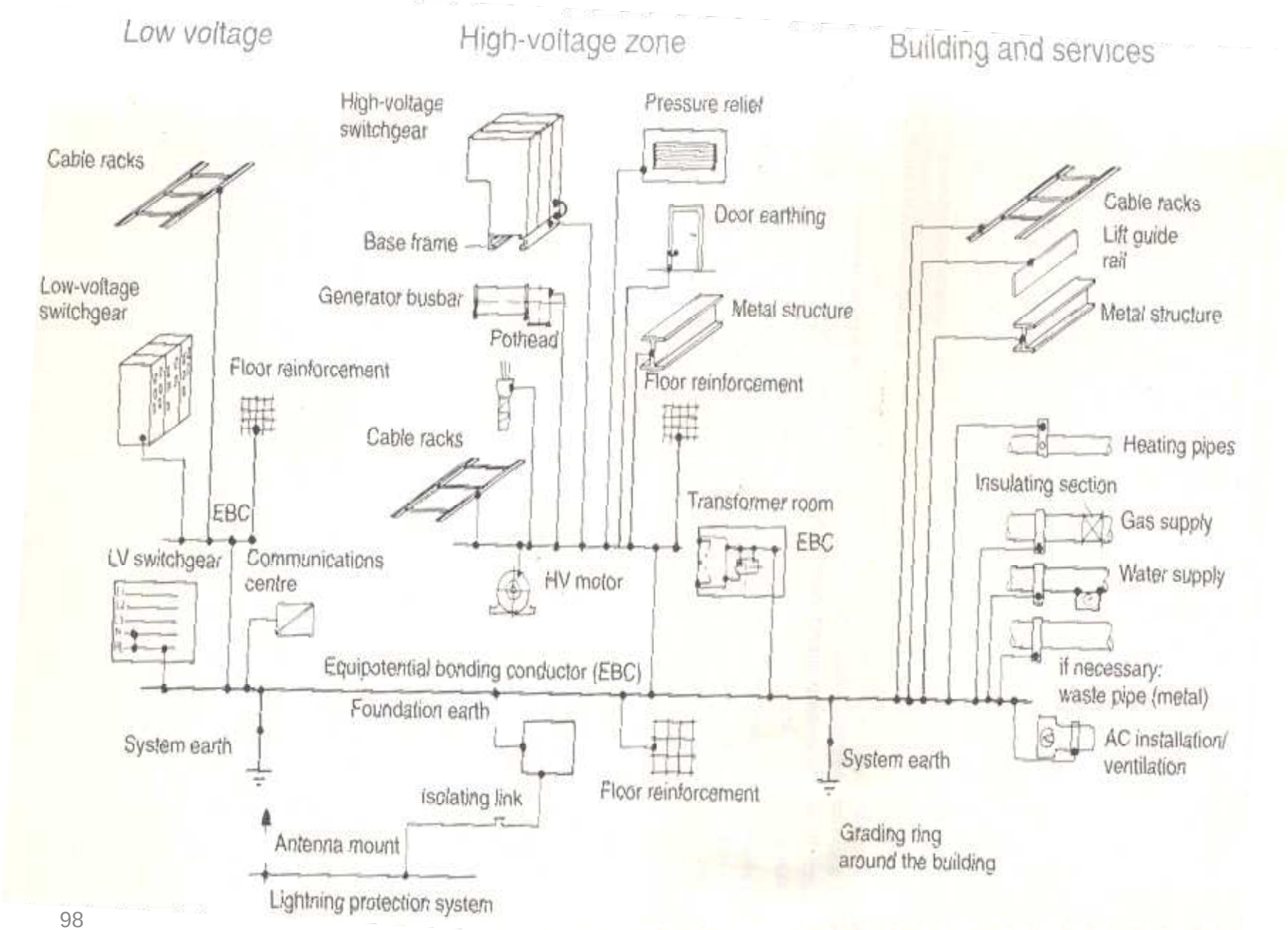
در تحت شرایط معمولی بعلت گذر جریان مغناطیس کننده تلفات مسی نیز وجود خواهد داشت . ، سیمپیچهای ترانسفورمرهای زمین کننده بر اساس تحمل بیشترین جریان خطای ممکن برای حدود 30sec طرح می شود و شبیه ترانسفورمرهای قدرت معمولی داخل تانك روغن قرار دارد .

در کاربردهای ترانسفورمرهای زمین کننده باید توجه داشت که اتصالات از طریق یك دژنکتور یا سکسیونر سه فاز بجای دژنکتورها و سکسیونرهای تك فاز استفاده کرد . این بدان علت است که ولتاژهای اضافه در زمان قطع یا وصل یکی یکی فازها پدید خواهد آمد . لذا باید همهٔ فازها همزمان قطع یا وصل شوند . اگر تنها یك فاز وصل باشد - ترانسفورمر زمین کننده مانند یك اتصال زمین از طریق راکتور در مقابل سیستم رفتار — می نماید .



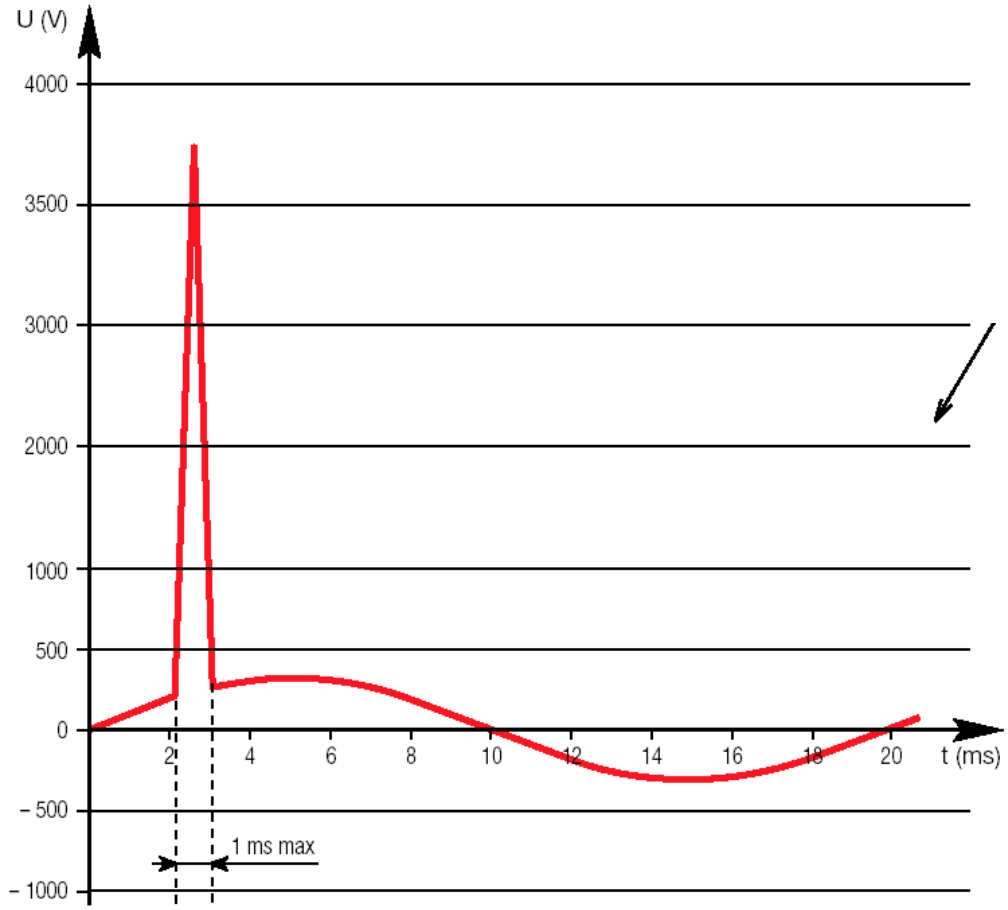

ACEC
ZIG-ZAG NEUTRAL GROUNDING TRANSFORMER
SHORT-CIRCUIT POWER 34600 kVA
for ground-fault current 3X1000 A during MAX 60 sec
ABSORBED RATING 3750 kVA
for continuous neutral current rating 324.7 A and 20000 V
SERIAL NUMBER (41) 1EG 20579 3
TYPE SMT 3750 B7
SERVICE OUTDOOR
TYPE OF COOLING ONAN
NUMBER OF PHASES 3
FREQUENCY 50Hz
PERCENT IMPEDANCE base 3750 kVA
on MEDIUM VOLTAGE TAP at 75° C 11.19
ZERO SEQUENCE IMPEDANCE 11.94 Ω/PHASE
on MEDIUM VOLTAGE TAP at 75° C
REFERENCE TO INSTRUCTION BOOK 8EG 19090
TYPE OF OIL IEC SPEC. (PUB 296)
SPECIFICATIONS ANSI
APPROXIMATE WEIGHTS IN KILOGRAMMES
CORE AND COILS 4330
TANK AND FITTINGS 2085
OIL 3940
TOTAL WEIGHT 11270
CONNECTION DIAGRAM
H3 H2 H1 Ho
CT. 600/5
X5 X4 X3 X2 X1
VECTOR DIAGRAM
H1 Ho H2 H3
Tap changer position | VOLTS
I 21000
II 20500
III 20000
IV 19500
V 19000
IMPULSE LEVEL (BIL) 150 kV
TEMPERATURE RISE FOR ABSORBED RATING 3750 kVA
TOP OIL 55°C
AVERAGE WINDINGS 55°C
ABOVE AMBIENT 30°C


PLANT NORTH
8
9
10
11
J
ELECTROWINNING BUILDING
SPACE HEATER AND CONTROL PANEL
SPACE HEATER AND CONTROL PANEL
MAIN EARTH BAR. (12 WAY) FIXED TO WALL. EARTH BAR TO BE BONDED TO EARTH RING ELECTRODE.
20kV SWITCHBOARD.
EARTH BAR
ALL CABLE RACKS IN TRENCH TO BE BONDED.
TRIPPING BATTERY, CHARGER UNITS.
6.9kV SWITCHBOARD.
EARTH BAR
THERMIC WELD STRAIGHT JOINT.
H CONDUCTOR TAIL LAID OUSLY WITH FOUNDATIONS.
NEUTRAL EARTHING RESISTOR CUBICLE.
MARSHALLING CUBICLE.
ATE BONDED TO EARTH USING LEXIBLE BRAID WITH BOLTED ONNECTIONS.
E OF FOUNDATIONS.
LV
HV
N
20/6.9kV TRANSFORMER.
6.9/0.4kV TRANSFORMER.
6.9/0.4kV TRANSFORMER.
6.9/0.4kV TRANSFORMER.
DRAIN

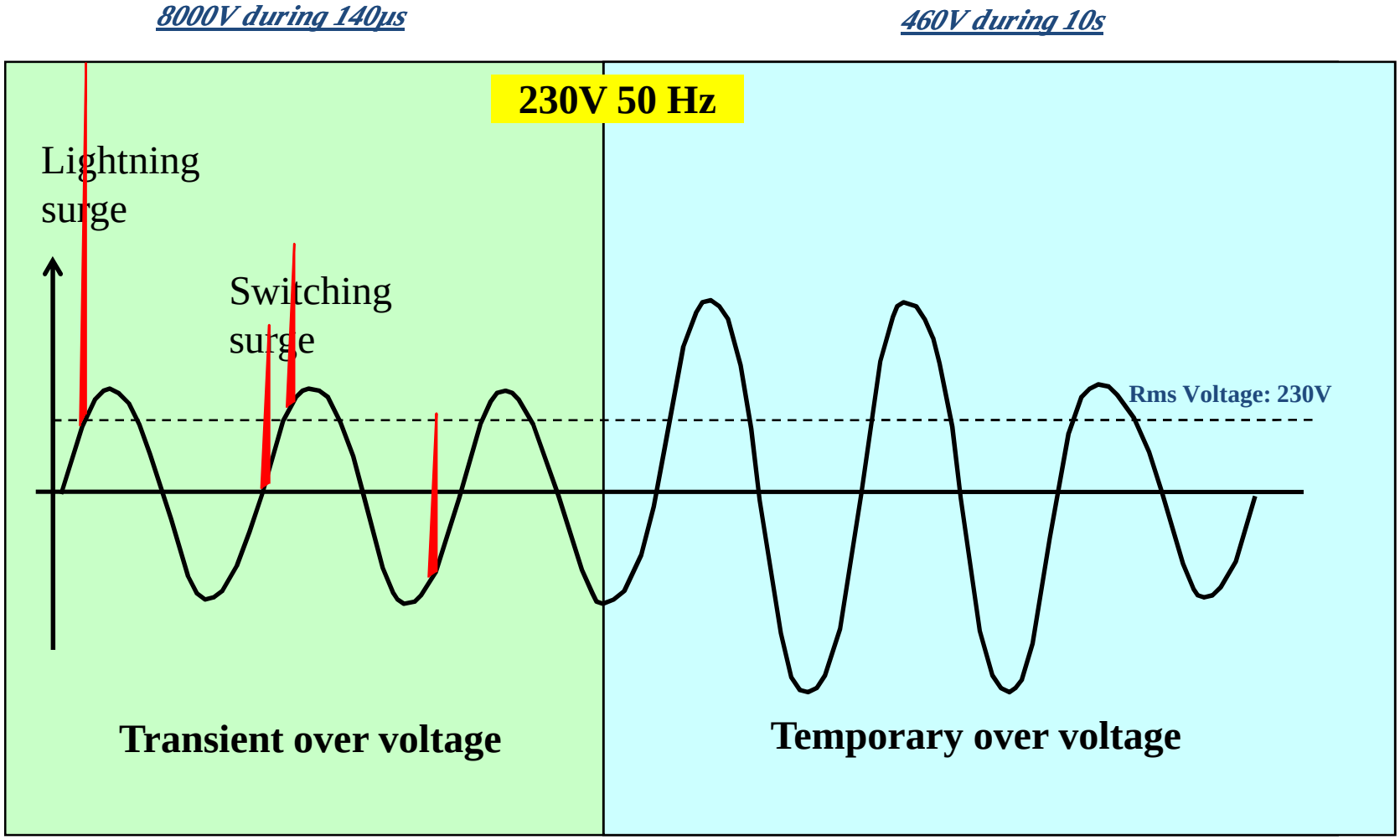

Low voltage
High-voltage zone
Building and services
High-voltage switchgear
Pressure relief
Cable racks
Door earthing
Base frame
Lift guide rail
Low-voltage switchgear
Generator busbar
Metal structure
Pothead
Metal structure
Floor reinforcement
Floor reinforcement
Heating pipes
Cable racks
Insulating section
Transformer room
Gas supply
EBC
EBC
Water supply
LV switchgear
Communications centre
HV motor
if necessary: waste pipe (metal)
Equipotential bonding conductor (EBC)
Foundation earth
AC installation/ ventilation
System earth
Floor reinforcement
System earth
Isolating link
Grading ring around the building
Antenna mount
Lightning protection system

صاعقه گیر

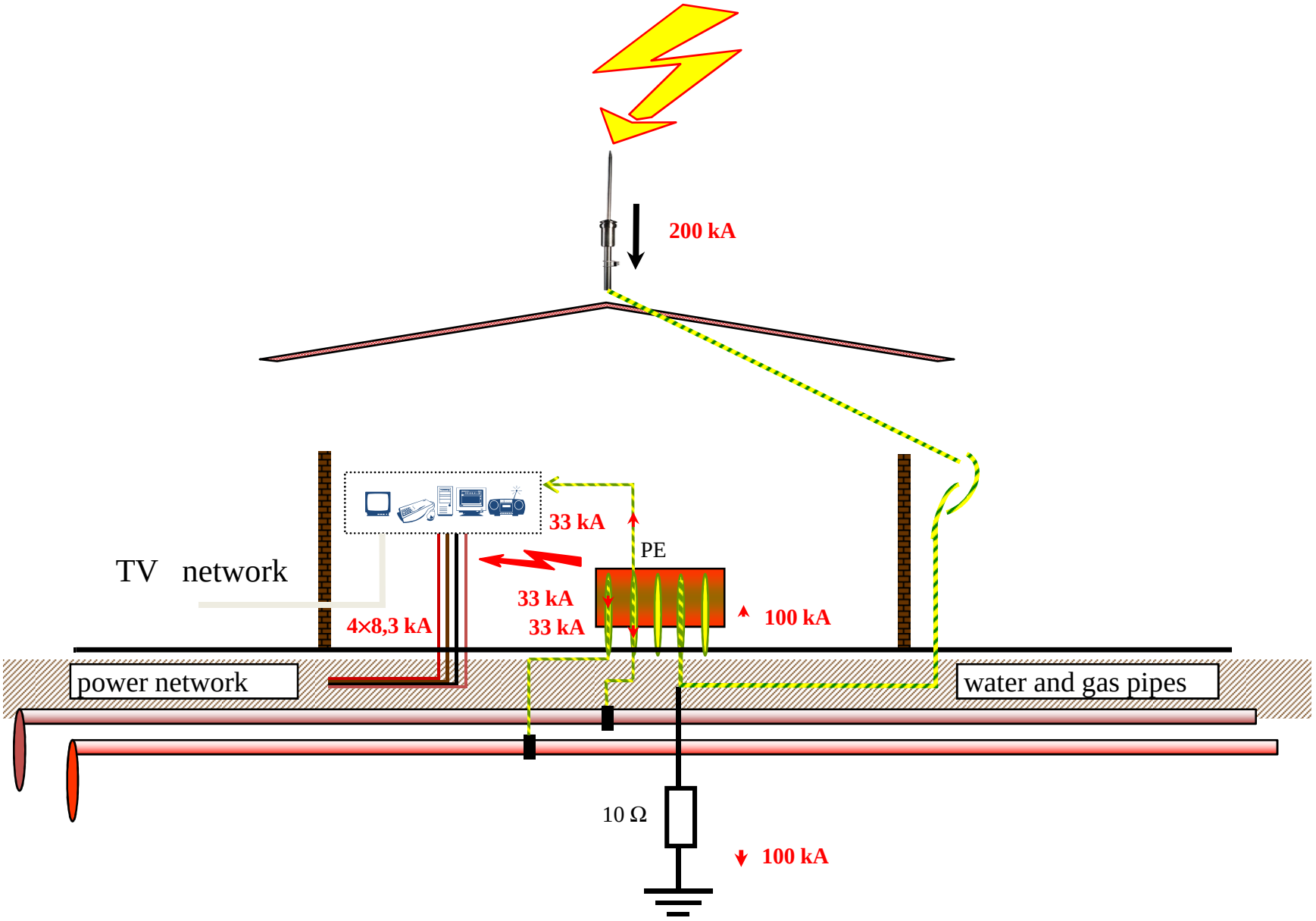
Voltage peak of short duration (shorter than a millisecond) which amplitude can reach dozen of times the nominal voltage



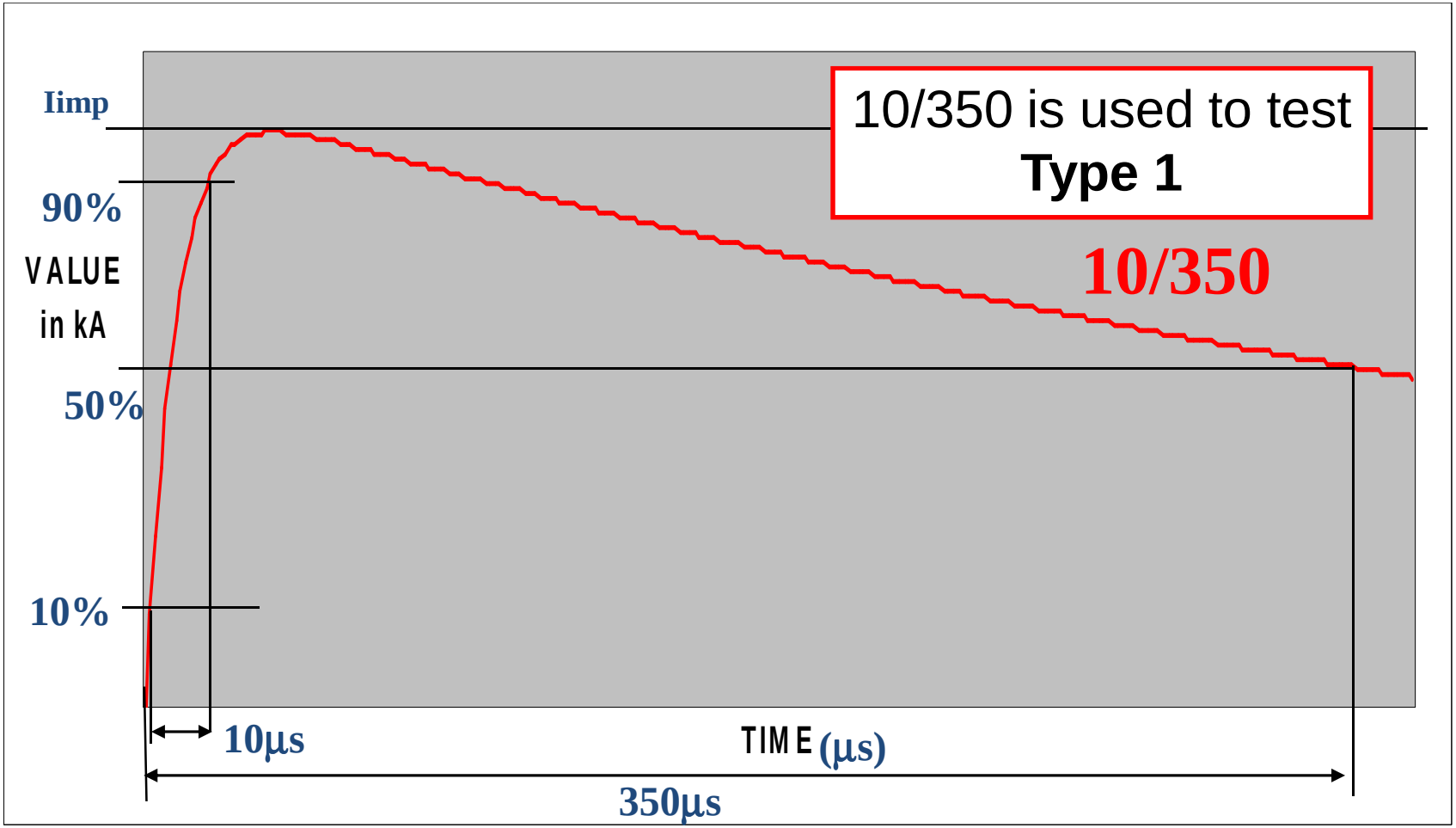
What is an overvoltage?



Typical current sharing on direct strike (10/350)

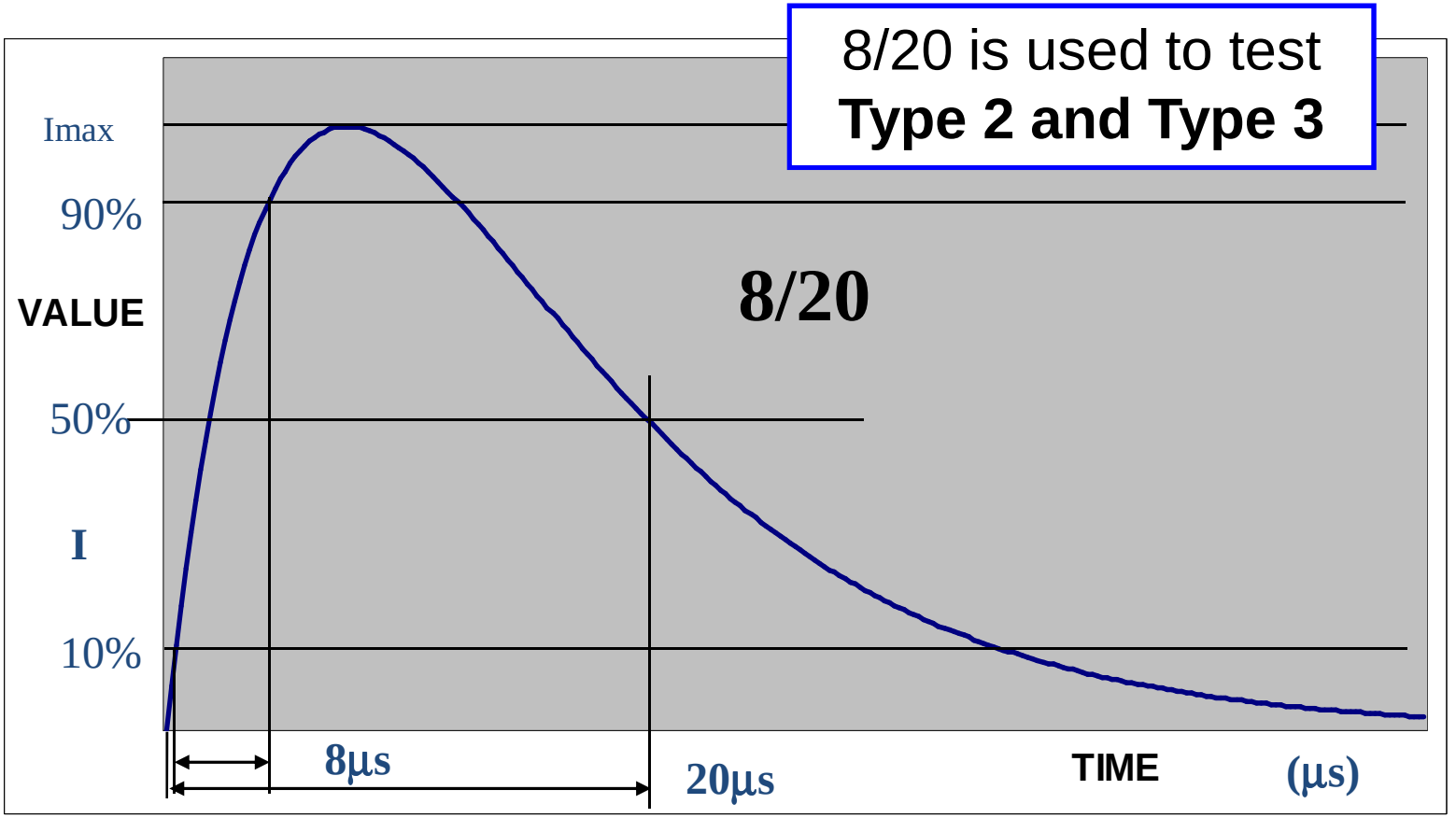


2 lightning strikes → 2 wave shapes



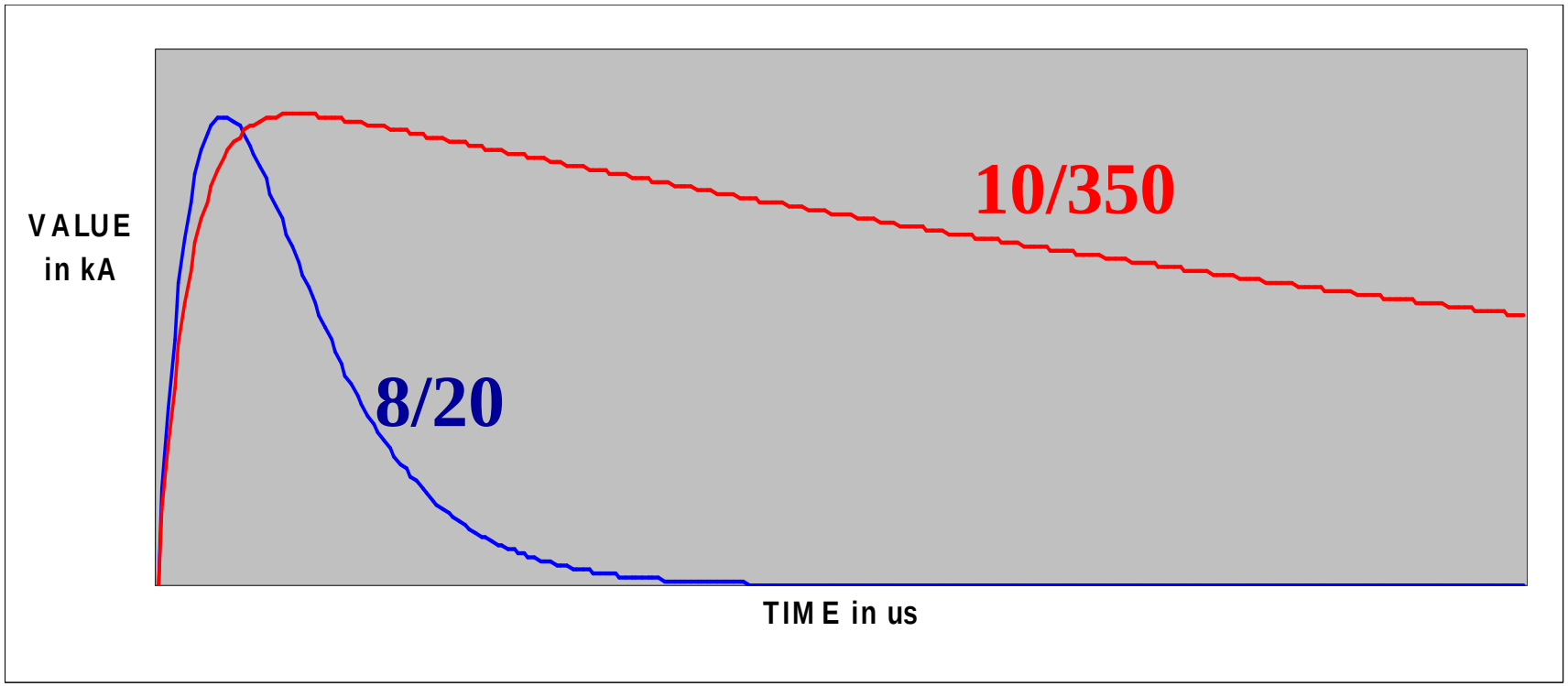
10/350 wave shape

2 lightning strikes → 2 wave shapes



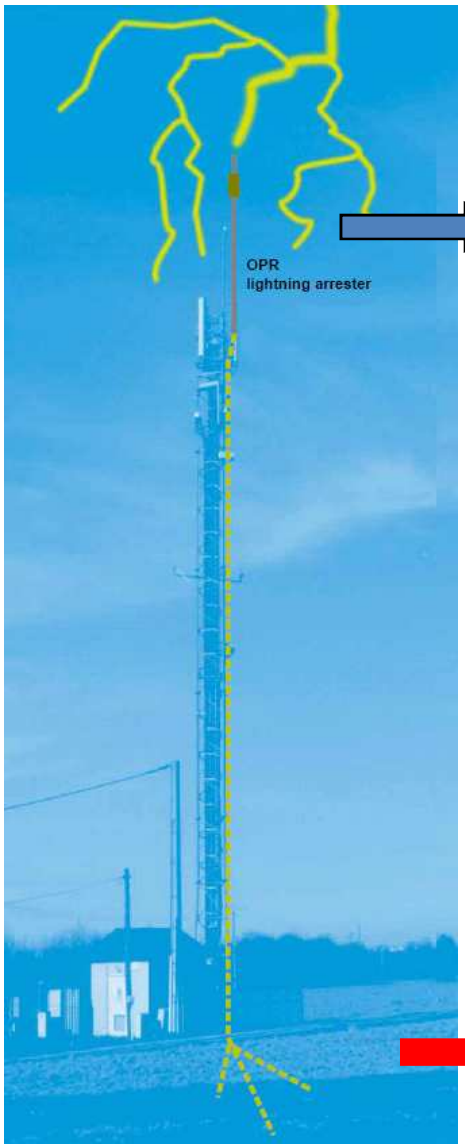
8/20 wave shape

2 lightning strikes → 2 wave shapes



10/350 energy >> 8/20 energy

Direct lightning strikes



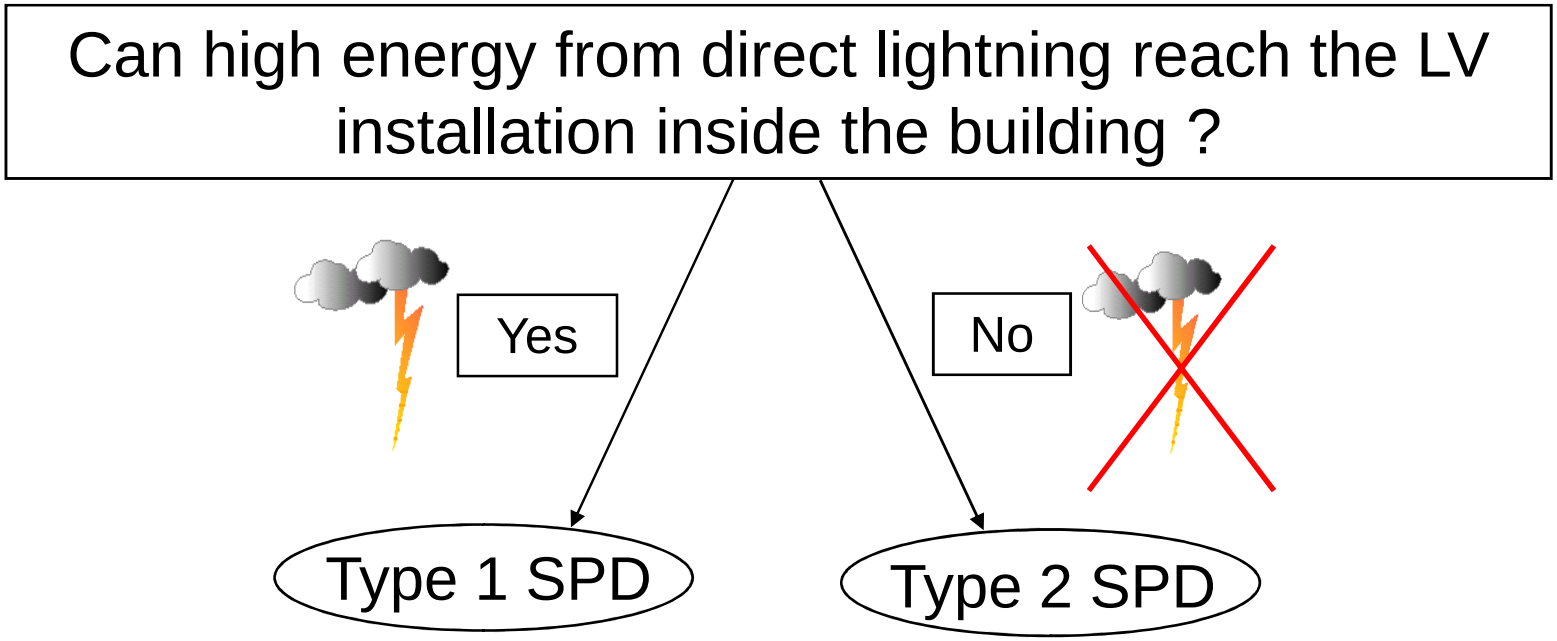
Designation	Lenght	Initiation advance
OPR 30	2,015m	30us
OPR 60	2,015m	60us

Note: The lightning earthing connectors resistance must be lower than 10 Ohms

SPDs Selection: Entrance of Installation

Type 1 or Type 2 ?

Theoretically

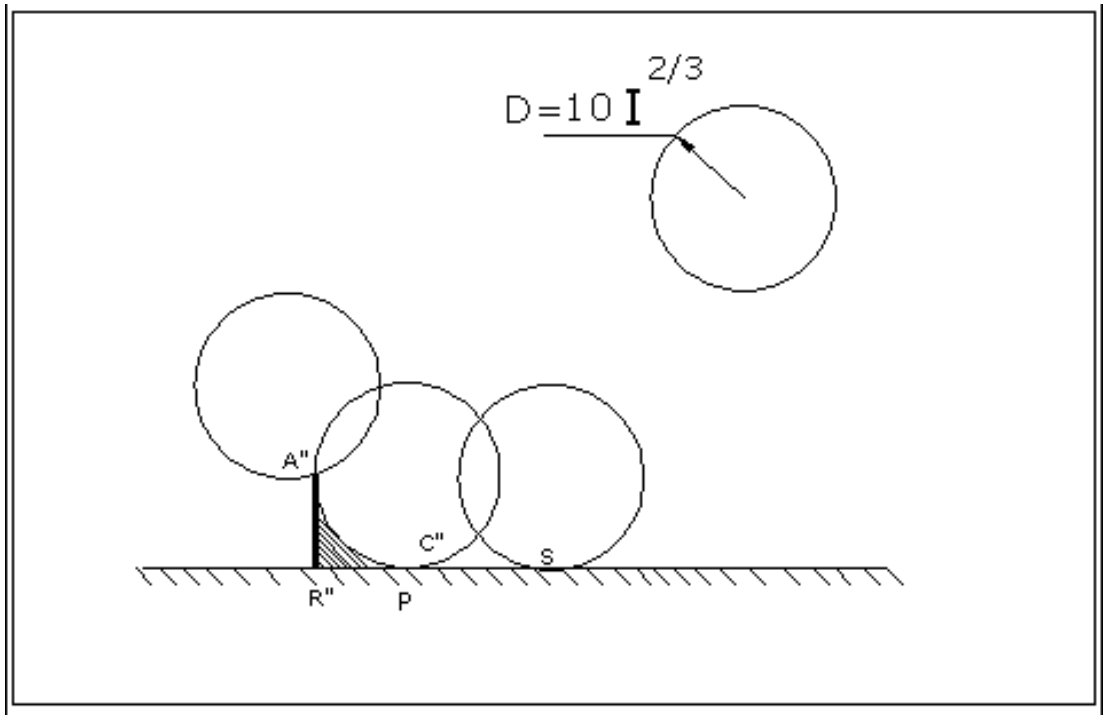


صاعقه گیر ساده

- صاعقه نتیجه تخلیه بار الکتریکی حاصل از یونهای باردار در ابر می باشد . این تخلیه الکتریکی
- در صورتی که با زمین صورت گیرد می تواند بسیار خطرناک باشد .

- هدف اصلی استفاده از برقگیر هدایت جریان الکتریکی صاعقه به مسیر دلخواه می باشد .

- این میله ها از مس با روکش نیکل کروم و یا آلومینیوم ساخته میشود . طول برقگیر در اندازه های ٦٠٠ ، ١٠٠٠ ، ١٥٠٠ و ٢٠٠٠ میلیمتری و با قطرهای ١٦ ، ١٨ و ٢٠ قابل عرضه می *باشند* .
- شعاع حفاظتی یک میله ساده برقگیر براساس مدل الکتروژئومتریک نقاط محتمل اصابت صاعقه نزدیکترین نقاط ساختمان در فاصله D از نزدیکترین علمدار حمله ارسالی ابر به سوی زمین می باشد .
-



منطقه هاشور خورده مابین میله ساده و نقاط **A′** و **C′** منطقه ای است که هرگز مورد اصابت صاعقه قرار نخواهد گرفت و منطقه حفاظت شده نامیده میشود ، در این حالت شعاع حفاظتی برابر **R′ P** همان شعاع کره یا **D** می باشد

$$D(m) = 10 . I$$

I- حداکثر شدت جریان صاعقه هنگام تخلیه برحسب کیلوآمپر

صاعقه گیر الکترونیکی

قبل از حدوث صاعقه بطور طبیعی محتوی الکتریکی اتمسفر بطور ناگهانی افزایش می یابد . این تغییر وضعیت توسط واحد جرقه زن حس و کنترل میشود صاعقه گیرهای الکترونیکی انرژی موجود در هوای متلاطم پیش از طوفان را (درحدود چندین هزار ولت بر هر متر است) جذب و در واحد جرقه زن ذخیره می نماید و در نهایت واحد جرقه زن با تخلیه بار الکتریکی خازنها بین الکترودهای فوقانی و الکترود مرکزی اش هوای اطراف را یونیزه می نماید .

مزیتهای انتحاب صاعقه گیر الکترنیکی

۱)امکان انتخاب شعاع حفاظتی گسترده

۲)دستیابی به کیفیت و تکنولوژی برتر روز

۳)بهره گیری از سیستم عملکرد کاملاً مستقل و خودکفا (از نظر تامین انرژی)

۴)فقط به هنگام وجود انرژی الکتریکی د راتمسفر فعال می شود .(عمر طولانی)

۵)یکپارچگی محور اصلی صاعقه گیر از نوک آن تا نقطه اتصال به هادی میانی

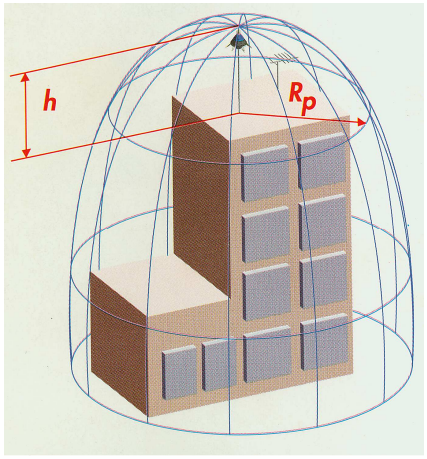
ارتفاع واقعی نصب صاعقه گیر (h) را برای تعیین شعاع حفاظتی بدست می آوریم.

وقتی h بزرگتر از ۵ متر باشد شعاع حفاظتی از رابطه زیر به دست می آید:

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

$$\Delta L(\mathrm{m}) = 10^6 \times \Delta T(\mu s)$$

D **قطر کره غلطان و** ΔL فاصله ای که نقطه دریافت صاعقه از نوک صاعقه گیر دور می شود محاسبه خواهد شد .



منابع و مراجع

1-Safety Design Consideration For ac Low Voltage Distribution System.....IEEE 1993

2-Earth Ground Resistance Testing for Low Voltage Power Systems.....IEEE 1995

3-Tow Efficient Configuratio s of Grounding Electrodes For Distr.Sys.....IEEE 1994

4-Industrial System Grounding For Power Lightning,and Instrumetation.....IEEE 1995

5-Lightning Grounding and Potection.....IEEE 1995

6-IEEE STD - 141 :Eectric Power Distribution Industrial Plants (Red Book).....1993

7-IEEE STD - 142 :Grounding of Industrial and Commercial Pow Sys(Green Book)..1982

۸-مقررات ملی ساختمانی ایران - طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمانها(وزارت مسکن ۱۳۷۵)

همراه: ۰۹۱۲۳۸۶۸۵۲۷ mail : m.heidari.31@gmail.com