به نام خداوند علیم

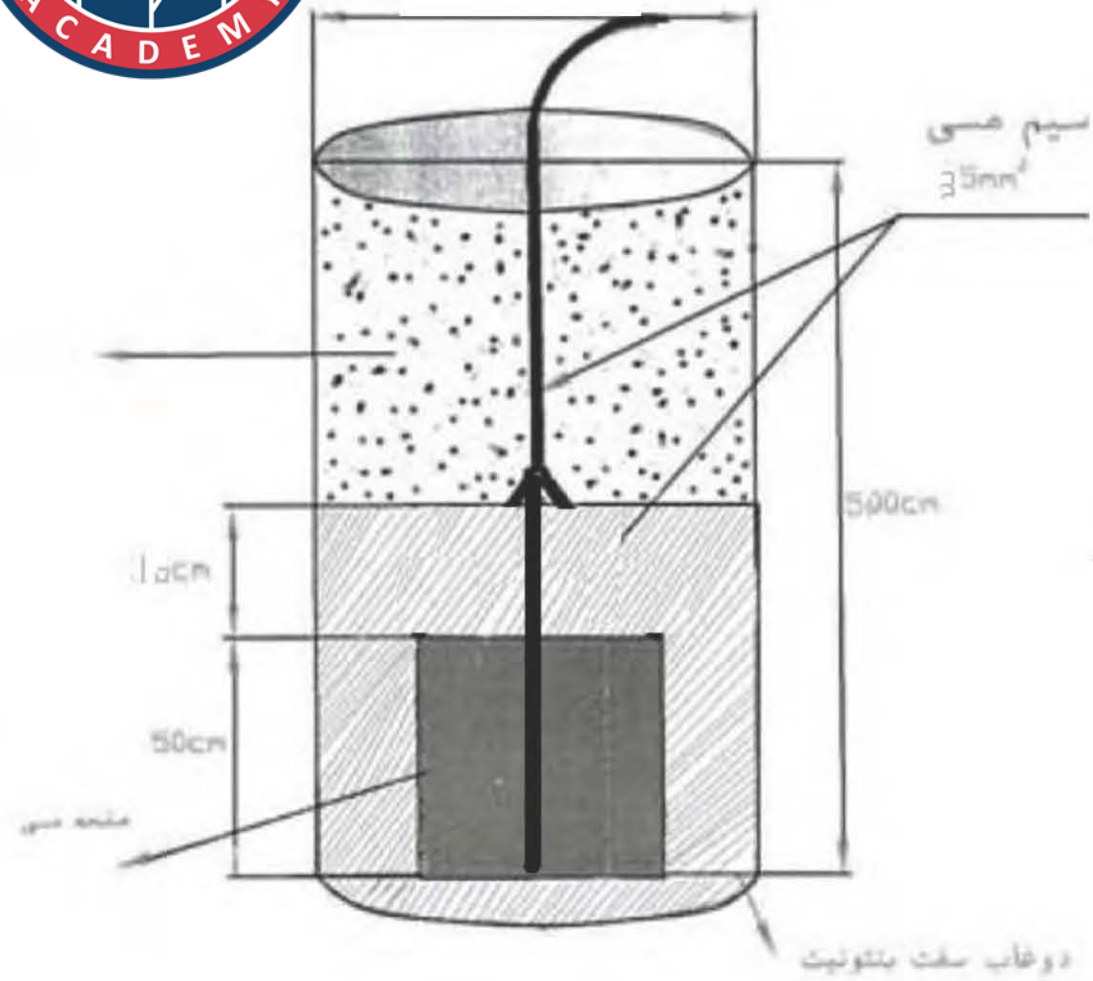
دوره کارشناس ارت ساختمان

MEMARDOT ACADEMY

دوره کارشناس ارت

بر اساس مقررات ملی (مبحث ۱۳) انشعابات فشار ضعیف دارای مجموع جریانهای کنتورهای هر فاز بیش از ۶۰ آمپر نیاز به الکترود اساسی (معروف به چاه ارت) میباشد.

دوره کارشناس ارت



سیم مسی نمره ۳۵

عمق ۵ متر

دوره کارشناس ارت

چاهی به عمق ۵ متر حتی الامکان در باغچه و یا مجاور تابلوی کنتور

دوره کارشناس ارت

صفحه مسی 50x50Cmx3mm ، به سیم مسی نمره ۳۵ جوش برنج یا نقره یا کدولد داده میشود. سمت دیگر این سیم به شینه تست باکس داخل ساختمان خواهد رفت بنابراین طول سیم ها را باید متناسب با طول مسیر انتخاب نمود.

وزن مخصوص مس ۸.۹ و آهن ۷.۸
وزن صفحه فوق حدود ۷ کیلو

دوره کارشناس ارت

باید برای کاهش مقاومت خاک از بنتونیت یا سایر مواد کاهنده مانند LOM و GIM به مقدار لازم استفاده شود.

دوره کارشناس ارت

باید به مقدار لازم (حداقل ۳۰۰کیلوگرم معادل ۱۰ کیسه ۳۰ کیلوگرمی یا ۲۰کیسه ۱۵ کیلوگرمی) بنتونیت، با حدود ۷۰۰ لیتر آب مخلوط شود و بصورت دوغاب درآید .

دوره کارشناس ارت

قبلا حدود ۳۰ لیتر آب در کف چاه ریخته میشود بطوریکه تمام کف چاه را در برگیرد بعد از چند ساعت کار ادامه میابد.

به ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از ته چاه ، با خاک رس و ترجیها بنتونیت خشک پر میگردد.

دوره کارشناس ارت

صفحه مسی ، بطور عمودی در مرکز چاه و ۱۰ سانتیمتر بالای کف چاه قرار داده میشود.

اطراف صفحه مسی ، با دوغاب تهیه شده بنتونیت تا بالای صفحه پر می شود.

پس از آن یک لوله پلیکای سوراخ شده " ۲ پر از شن، در مرکز چاه و در بالای صفحه مسی قرار می گیرد.

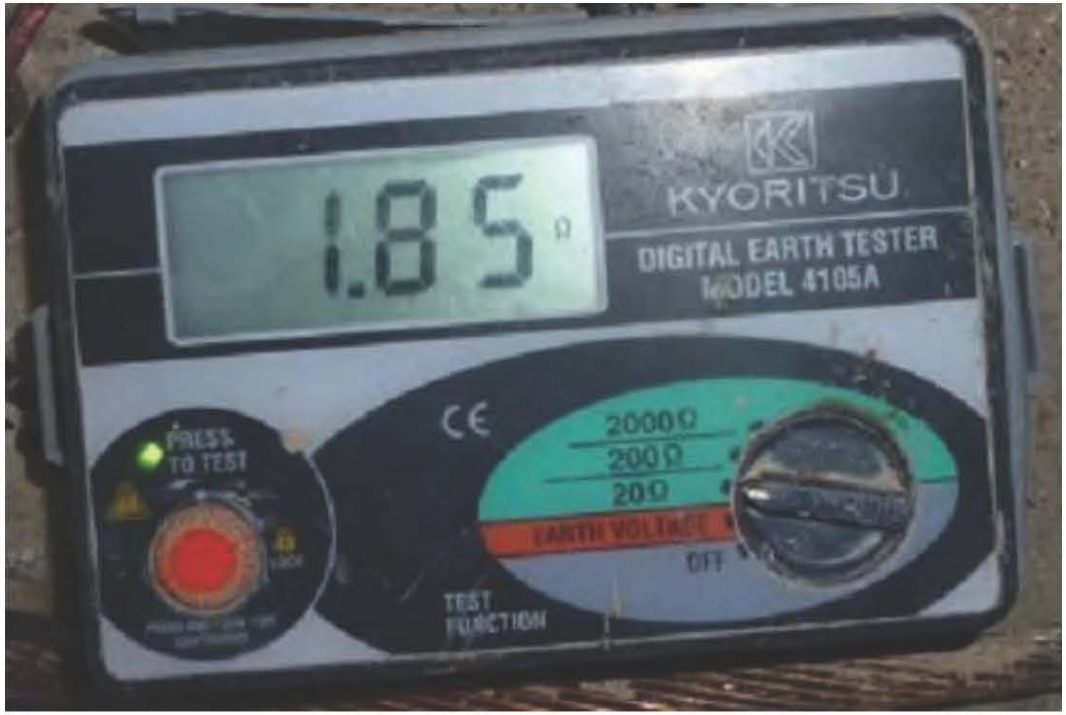
دوره کارشناس ارت

پس از چند ساعت ، الباقی چاه را هم تا ۱۰ سانتیمتر بر سر چاه مانده ، با خاک رس یا معمولی ، همراه با ماسه یا خاک سرند شده بدون نخاله همراه با آب پر میگردد و۰دریچه دسترسی برای شارژ سالیانه آب به لوله و در صورت نیاز پر کردن مجدد سر چاه

دوره کارشناس ارت

سطح تمام شده چاه ارت برای شارژ آب دریچه کوچکی نصب میگردد.

دوره کارشناس ارت



پس از یک دوره حدودا دو هفته ای نسبت به اندازه گیری اقدام میشود

دوره کارشناس ارت

تست باکس در زیر تابلوی لوازم اندازه گیری به منظور اتصال هادیهای همبندی و تست دوره ای چاه ارت
به ابعاد حدودی ۳۰ در ۳۰ سانتیمتر

دوره کارشناس ارت

	شرح کنترل	بله	خیر	توضیحات
۱	قطر چاه ۹۰ سانتیمتر (با در نظر گرفتن موقعیت محل) و نیز حداقل عمق چاه ارت ۵ متر رعایت شده است ؟			ابعاد واقعی چاه:
۲	آیا ابعاد صفحه مسی حداقل ۵۰ × ۵۰ سانتیمتر به ضخامت حداقل ۳ میلیمتر است ؟			ابعاد واقعی صفحه:
۳	آیا حداقل سطح مقطع سیم مسی جوش شده به صفحه ۳۵ میلیمتر مربع میباشد و با کابلشوی مناسب به شینه ارت تست باکس وصل شده است ؟			ابعاد واقعی سیم:

دوره کارشناس ارت

۴	آیا حداقل ۳۰۰ کیلوگرم بنتونیت یا مواد کاهنده مقاومت در زیر ، اطراف و روی صفحه که به صورت عمودی در چاه قرار داده می شود ریخته شده است ؟	نوع و وزن واقعی مواد کاهنده:
۵	آیا نسبت به اندازه گیری مقاومت چاه اقدام شده و مقاومت چاه ارت میزان مناسب را داراست ؟ (حداکثر مقاومت چاه ارت ۵ اهم است)	مقدار واقعی مقاومت:
۶	آیا لوله ای برای مرطوب کردن بستر چاه ارت به صورت ادواری نصب گردیده است ؟	

دوره کارشناس ارت

۷ در صورت نصب صاعقه گیر برای ساختمانهای بلند ، چاه ارت مجزایی برای آن احداث شده که فاصله ای حدود ۲۰ متر از چاه ارت اصلی ساختمان داشته باشد ؟ و به چاه سیستم برق متصل شده است؟

۸ آیا شینه نول و ارت تابلو کنتور به یکدیگر متصل شده اند؟

۹ آیا جعبه آزمایش (Test Box)نصب شده است؟

زمین کردن تأسیسات الکتریکی

زمین کردن تأسیسات الکتریکی بمنظور ایمنی، حفظ سلامت، بهره دهی و کارکرد صحیح تجهیزات الکتریکی انجام میشود

زمین کردن تأسیسات برقی بر ۲ نوع میباشد

۱- زمین کردن الکتریکی ۲- زمین کردن حفاظتی

* زمین کردن الکتریکی

عبارتست از زمین کردن نقطه ای از سیستم توزیع نیرو بمنظور:

- تثبیت ولتاژ فازها
- سالم ماندن عایق بندی تجهیزات
- کاهش ولتاژ برق گرفتگی

اگر سیستم توزیع هم سیمه (سیستم ستاره ترانسفورماتور) و دارای نقطه خنثی باشد، نقطه خنثی به زمین وصل میشود و اگر فاقد نقطه خنثی باشد یکی از سیمهای فاز و اگر سیستم جریان DC مستقیم باشد سیم منفی آن زمین میشود

* زمین کردن حفاظتی

عبارتست از به زمین وصل کردن کلیه قطعات فلزی تجهیزات و تأسیسات الکتریکی که ارتباط مستقیمی با مدار الکتریکی ندارند. از جمله بدنه های هادی دستگاههای برقی و تمام هسته های فلزی سازه ها که در نزدیکی مدار الکتریکی قرار دارند و امکان تماس سهوی و یا عمدی با آن وجود دارد

این کار بمنظور جلوگیری از برق گرفتگی انجام میشود

اصطلاحات زمین کردن

اتصال زمین از ۴ عنصر تشکیل یافته است

۱- زمین به معنی نوع و جنس آن میباشد مانند خاک رس، ماسه، شن، سنگ، باتلاق

۲- الکترود زمین : عبارتست از یک هادی یا فلز به شکلهای مختلف در داخل زمین مدفون می شود

۳- سیم زمین : عبارتست از سیم رابط بین الکترود و زمین شونده. (نقطه ای از مدار یا بدنه هادی تجهیزات)

* آن قسمت از سیم زمین که در داخل زمین قرار گرفته جزء الکترود محسوب می شود

۴- شین یا ترمینال زمین : عبارت از یک شینه است که تعدادی سیم زمین از آن منشعب می شود

مشخصات زمین

مقاومت مخصوص زمین : عبارتست از مقاومت یک متر مکعب از زمین با ابعاد ۱×۱×۱ متر که بین ۲ الکترود صفحه ای سنجیده میشود و واحد آن Ωm است.

مقاومت مخصوص زمین سنگی به سوابق تشکیل دهنده آن دارد

در مناطق کم باران با بارش کمتر از ۲۵۰ میلیمتر در سال

زمین سنگلاخ	ماسه و شن خشک	شن مرطوب	ماسه نرم مرطوب	خاک رس و زمین مزروعی
۳۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰
زمین با تلاق	خاکهای رسوبی و رسی سبک			
۳۰	۵ تا ۱۰			

تأثیر دمای خاک بر مقاومت ویژه خاک

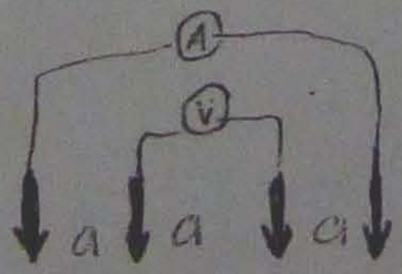
دمای خاک بر مقاومت ویژه بی تأثیر نیست ولی اهمیت آن بیشتر برای دمای انجماد است

بدین جهت عمق الکترود باید در عمقی باشد که انجماد خاک بر آن تأثیر گذار نباشد.

* توصیه میشود یک متر اول الکترود در مقدار مقاومت بحساب آورده نشود

*

اندازه گیری مقاومت ویژه خاک زمین



$$\rho = 2\pi a \frac{U}{I}$$

MEMBRANDOT ACADEMY

انتخاب زمین

انتخاب زمین برای لصب الکترود در اکثر مواقع از اختیار ما خارج است.

ولی باید از لصب الکترود در زمینهای زیر اجتناب نمود

۱- زمینهای اشباع و یا مملو از آب

۲- زمینهائی که در معرض ضربه قرار دارند مانند بستر نهرها و آبهای از زمینی جاری و پیوسته

۳- زمینهائی که از خاک دستی تشکیل شده اند

۴- جاده‌های خاصلاب و ...

* رطوبت ۲۰٪ برای خاک مطلوب است و بیشتر از آن تأثیر زیادی در کاهش مقاومت ندارد

آماده سازی زمین

برای کم کردن مقاومت اتصال زمین اگر خاک زمین مطلوب نباشد باید با موادی آن قسمت از خاک زمین را که در ارتباط با الکترود زمین است، آنرا تعویض کرد

در حال حاضر بهترین نمونه های آماده سازی زمین عبارتند از:

۱- بنتونیت : خاک رس سبک با دانه بندی حدود ۰/۰۲ میکرو و با قابلیت انساط ۷ برابر حجم اولیه
با مقاومت ویژه حدود ۳ Ωm و بالاتر

۲- بتن محولی : با مقاومت ویژه حدود ۷۰ تا ۹۰

۳- بتن هادی : با مقاومت ویژه حدود ۳۰ Ωm

۴- بتن خاص : سیمان هادی با گرانولهای کربن و یا مواد شیمیائی که سازنده این نوع بتنها مقاومت ویژه آنرا از ۳ تا ۱۰ اد

انواع الکترود

الکترودها هم از نظر شکل و ابعاد و هم از نظر طرز قرار گرفتن آنها در زمین به انواع مختلف تقسیم می شوند

۱- الکترودهای صفحه ای
۲- الکترودهای لوله ای
۳- الکترودهای قائم

* جنس الکترود در مقدار مقاومت زمین بی تأثیر است
* انتخاب جنس الکترود بمنظور استحکام مکانیکی و خوردگی ملز در خاک انتخاب می شود
* در تمام انواع الکترودها باید یکی از ابعاد حجم الکترود نسبت به دو بعد دیگر آن بزرگترین مقدار را داشته باشد
برای کم شدن تراکم جریان در مجاورت الکترود

۱- الکترود صفحه ای

جنس این الکترودها از مس با ضخامت حداقل ۲ میلیمتر یا آهن گالوانیزه گرم با ضخامت حداقل ۳ میلیمتر و ابعاد حداقل ۰/۵×۰/۵ متر مربع یا چدن موج دار به ضخامت ۱۲ میلیمتر و ابعاد ۱/۲×۱/۲

رابطه محاسباتی مقاومت زمین با الکترود صفحه ای:

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

A سطح یک طرف صفحه به متر مربع

* الکترود صفحه ای را باید بصورت قائم نصب کرد تا خطوط جریان خارج شده از صفحه هم کوتاه و هم یکنواخت و فشار خاک بر هر دو سمت یکسان باشد
* الکترود صفحه ای بیشتر در زمینهائی که نمناک هستند و در عمق کم نصب می نمایند بین ۶۰ سانت تا یک متر از سطح زمین در ایران
* الکترود صفحه ای در زمینهائی که بخاطر رسیدن به نم و رطوبت باید چاه عمیق کنده شود بلحاظ اقتصادی و اثر کمتر آن نسبت به الکترود قائم مناسب نمی باشد و بهترین کاهش مقاومت مربوط به سیم و یا لوله متصل به آن است که در چاه قرار گرفته و بصورت یک الکترود قائم اثر میکند
* بزرگ کردن ابعاد صفحه تأثیر شاخصی در کاهش مقاومت ندارد و بهتر است بجای یک صفحه بزرگ از ۲ یا ۳ صفحه کوچک بصورت موازی استفاده شود

الکترود تایم

جنس این الکترودها از مس - فولاد و یا چدن میباشد که بصورت لوله‌ای و یا میله‌ای هستند

۱- الکترود میله‌ای از مس سخت

۲- الکترود میله‌ای از فولاد مفتول گالوانیزه گرم

۳- الکترود میله‌ای از فولاد گالوانیزه گرم

۴- الکترود میله‌ای با هسته فولادی روکش مس مانند کاپرولد

۵- الکترود لوله‌ای از فولاد گالوانیزه گرم

۶- الکترود لوله‌ای از چدن

* قطر میله‌های متداول ۱۳ تا ۱۶ میلیمتر و معمولاً طول آنها ۱/۲ تا ۱/۵ متر میباشد در ایران ۱۶ میلیمتر
* قطر لوله‌ها معمولاً حدود ۲ اینچ انتخاب می‌شوند و قطر لوله گالوانیزه حداقل از ۱ اینچ کمتر نباشد
* الکترودهای تایم مناسبترین نوع الکترود زمین هستند و بیشترین کاهش مقاومت را تا ۴ متر اول از سطح زمین فراهم میکنند، بعد از ۴ متر کاهش مقاومت کاهش پیدا میکند بطوریکه در عمق ۱۰ تا ۱۲ متر این اثر بیشتر از ۱۵٪ نیست ولی کاهش در ۴ متر اول نسبت به عمق ۳ متر حدود ۴۰ درصد میباشد

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

R مقاومت بر حسب اهم
L طول بر حسب متر
d قطر بر حسب متر

MEMARDOT ACADEMY

مقاومت الکترود صفحه‌ای یا الکترود قائم در شرایط تحدیدی یک

۱- عمق چادارت ۵ متر = h

۲- مقاومت ویژه خاک $\rho = 100\ \Omega m$

$$R = \frac{\rho}{4}\sqrt{\frac{\pi}{2A}} = \frac{100}{4}\sqrt{\frac{3,14}{2\times 1,5\times 1,5}} = 62.6\ \Omega$$

* صفحه: ۱,۵×۱,۵×۰,۵ مسی

* میله‌ی 16 کاپر ولد ۷ عدد ۱,۵ متری

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{8L}{d} - 1\right) = \frac{100}{2\times 3,14\times 5}\left(\ln\frac{8\times 5}{0,16} - 1\right) = 3,18\times(7,1-1) =$$

$$= 21,6\ \Omega$$

حق اگر سیم مسی ۵۰ را بجای الکترود میله‌ای استفاده کنیم که قطر آن ۸ میلیمتر است

$$R = \frac{100}{2\times 3,14\times 5}\left(\ln\frac{8\times 5}{0,08} - 1\right) = 23,8\ \Omega$$

ملاحظه فرمائید

صفحه‌ی مسی را با چند ده برابر مساحت باید بخریم و جوش دو نقطه از آن را به صفحه که باید در عمق آفتابی قرار گیرد، و هزینه زیادی هم دارد بعنوان الکترود انتخاب کنیم

و مقاومت آن هم نزدیک به ۳ برابر الکترود با سیم مسی در بیاید

~~[redacted]~~

* در بین انواع الکترودها، بهترین نوع الکترود تعلیت نیز به بالا و عملیاتی ترین آن همین الکترود صفحه‌ای می‌باشد

الکترودهای افقی

موارد استفاده از الکترودهای افقی ایجاد سطح هم پتانسیل است که گسترده در سرتاسر کف زمین یا عمق کم مطرح میشود

در شبکه های توزیع اگر فضای کافی وجود داشته باشد تمایل استفاده از این نوع

قبلی این الکترودها از نوع مسی - گالوانیزه گرم - گالوانیزه گرم

مسی	گالوانیزه گرم	گالوانیزه گرم
۲×۲۵	۳×۳۵	۳×۳۵
حداقل ۵۰ میلیمتر	حداقل ۱۰۰ میلیمتر	حداقل ۳۵ میلیمتر
۱/۱۸ کیلوگرم بر متر		

* عمق دفن الکترود افقی بین ۰/۵ تا یک متر انتخاب می شود (در ایران ۰/۷ متر)
* انواع الکترود افقی بصورت خطی یک شاخه - چند شاخه با حداقل زاویه ۶۰ بین شاخه ها - گریدی - پنجره ای میباشد

روابط محاسباتی:

L طول به متر
d عرض به متر

۱- الکترود خطی یک شاخه

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \ln \frac{4L}{d}$$

۲- الکترود چند شاخه

$$R = \frac{\rho}{4\pi L}\left(\ln \frac{8L}{d} + 1{,}75\right)$$

۳- الکترود پنجره ای

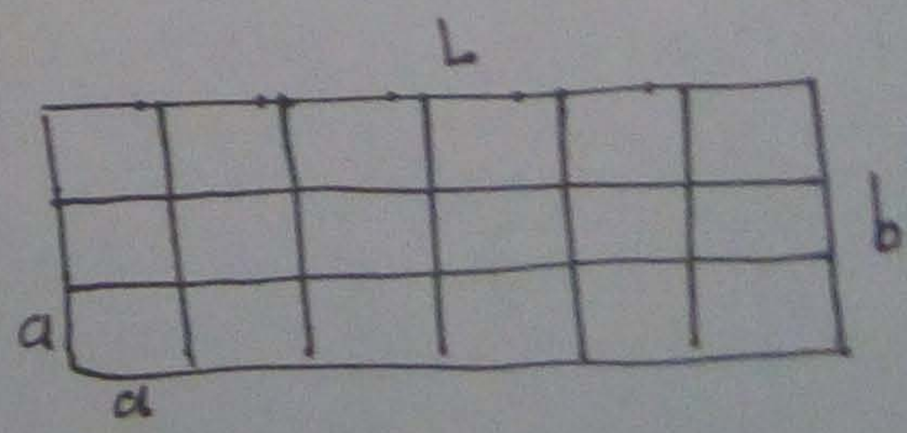
L طول محیطی پنجره
b عرض محیطی پنجره

$$R = \frac{\rho}{4} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{b \cdot L}} \cdot K$$

پنجره های داخلی بصورت مربع

$$a \leq \frac{L}{20} \rightarrow K = 1{,}2 \qquad a \leq \frac{L}{10} \rightarrow K = 1{,}3$$

* حتما میشود اگر پنجره های داخلی را دوبرابر کنیم، هزینه ی زیادی متحمل می شود ولی ضریب تنها از 1,3 به 1,2 تغییر میکند
* بهتر است هر یک از پنجره ها را $\frac{L}{10}$ و طول محیطی پنجره را دوبرابر عرض بگیریم



مثال- تأثیر سولفات آماده سازی های کربن خاک زمین

آزمایش آماده سازی در اطراف الکترود با استفاده تصویر چگونه D اطراف یک الکترود تأثیر می‌کند:

$$R=\frac{1}{2\pi L}\left[(\rho-\rho_c)\left(\ln\frac{8L}{D}-1\right)+\rho_c\left(\ln\frac{8L}{d}-1\right)\right]$$

ρ مقاومت ویژه خاک Ωm

ρ_c مقاومت ویژه ماده $\Omega.m$

L طول الکترود m

D قطر ماده آماده سازی m

d قطر الکترود m

سیم زمین

سیم زمین که الکترود را به جعبه ترمینال شین زمین وصل میکند بجاطر نقطه اتصال آن به الکترود دارای اهمیت است

۱- اگر جنس سیم زمین با جنس الکترود هم خوانی نداشته باشد ممکن است در نقطه اتصال یک پیل گالوانیک تشکیل و سبب خوردگی شود

۲- مس از نظر اتصال به انواع الکترودها سازگاری مناسب دارد و تقریباً در همه موارد از جنس مس استفاده میشود

۳- در ساختمانهایی که کف بتن آرمه دارد. این کف میتواند بعنوان یک الکترود زمین گسترده با مقاومت کم انتخاب شود.

اتصال میلگردهای داخل بتن به سیم زمین باید بادقت انجام شود. و چون میلگرد داخل بتن بعنوان یک هادی تلقی میشود نه جداسازی بتن از میلگرد.

۴- انتخاب / ارتباط دادن سیم زمین به قطعات فولادی دارای اهمیت است

سیم مسی برای ارتباط به فولاد گالوانیزه - فولاد داخل بتن - فولاد گالوانیزه در داخل بتن مناسب است

* فولاد داخل بتن را نمیتوان به فولاد بدون بتن یا فولاد گالوانیزه هم بندی کرد

فولاد گالوانیزه در داخل بتن را به فولاد گالوانیزه حتی المقدور همبندی میکنند ولی به فولاد غیر گالوانیزه بدون ارتباط

شرایط اتصال زمین در سیستم‌های ترانسفورماتور

اتصال زمین سیستم‌های ترانسفورماتور به شرایط و شبکه ورودی و خروجی لیست پاسخ‌ها بستگی دارد انجام میشود

1- نوع اول: متصل با یک اتصال زمین هم برای حفاظت هم برای اتصال الکتریکی لیست

در این نوع اتصال: بدنه‌های تابلوی فشار ضعیف و قوی + بدنه ترانسفورماتور + کلیه تأسیسات و سازه فلزی + نقطه ستاره به یک الکترود زمین وصل می‌شوند

* شرط اجرا
  1- یا باید مقاومت اتصال زمین از یک اهم کمتر باشد
  2- یا باید کلید قطع کننده فشار قوی در زمانی کمتر طبق IEC-364-4-442 عمل نماید

* معایب: در صورت اتصالی در طرف فشار قوی، ولتاژ قابل توجهی حتی در دورترین نقطه شبکه فشار ضعیف روی بدنه‌های تجهیزات الکتریکی خواهیم داشت که موجب برق‌گرفتگی خواهد بود

2- نوع دوم: با اتصال زمین لیست با 2 الکترود مستقل

در این نوع اتصال: بدنه‌های تابلوهای فشار ضعیف و قوی + بدنه ترانسفورماتور + کلیه تأسیسات و سازه فلزی به یک اتصال زمین و نقطه خنثی بصورت ایزوله شده به الکترود دیگری که در فاصله 20 متری و مستقل می‌باشد وصل میشود

* شرط اجرا
  1- درجه عایق بندی بین فازها و بدنه تابلوی فشار ضعیف بالاتر از حد معمول باشد و زمان قطع کلید فشار قوی با درجه عایق بندی هم خوانی داشته باشد
  $t < 5$ ثانیه → عایق بندی $1{,}5\ U_0 \rightarrow 5000V$
  $t \geq 5$ ثانیه → عایق بندی $1{,}5\ U_n + 750 \rightarrow 10000V$
  2- نقطه خنثی ایزوله شده توسط کابل داخل لوله به فاصله 20 متر از الکترود اول اتصال زمین شود و در این مسیر 20 متر، لوله‌های فلزی گاز و آب و غیره وجود نداشته باشد

* معایب: ساخت تابلوی فشار ضعیف با عایق بندی بالاتر و حصول اطمینان از بدون شدن لوله‌های فلزی و سایر فلزات در بین دو الکترود

MEMARDOT ACADEMY

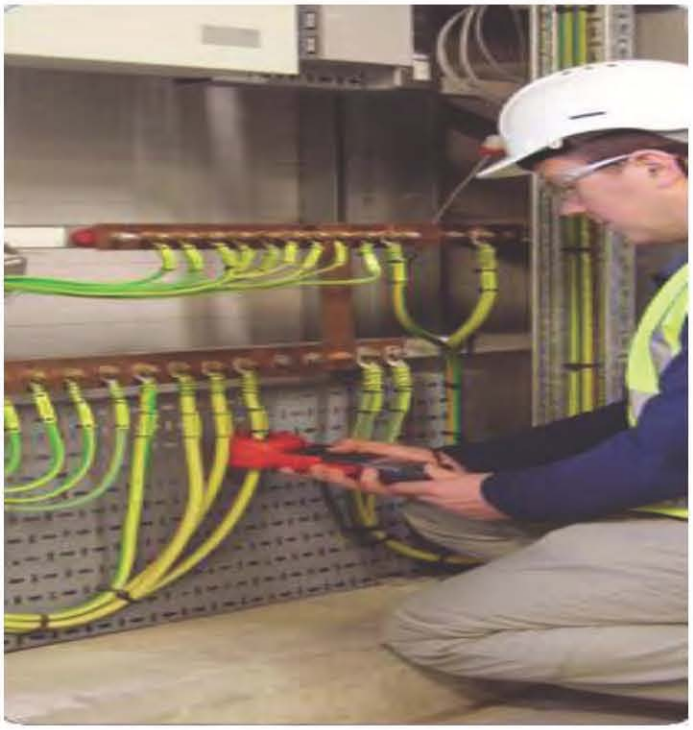
نوع سوم : اتصال زمین دیت با ۲ الکترود

در این نوع اتصال : بدنه تابلوی فشار ضعیف + نقطه خنثی به یک الکترود مستقل
بدنه تابلوی فشار قوی + بدنه ترانسفورماتور + کلیه تاسیسات فلزی دیت به یک الکترود

* شرط اجرا
۱- تابلوی فشار ضعیف باید روی عایق نصب شده بطوریکه هیچ گونه ارتباط فلزی بین بدنه تابلوی فشار ضعیف با سازه فلزی دیت و بدنه های هادی ترانسفورماتور و تابلوی فشار قوی برقرار نباشد
۲- دو الکترود مستقل از هم باشند و بین آنها در زمین، لوله و سایر فلزات وجود نداشته باشد

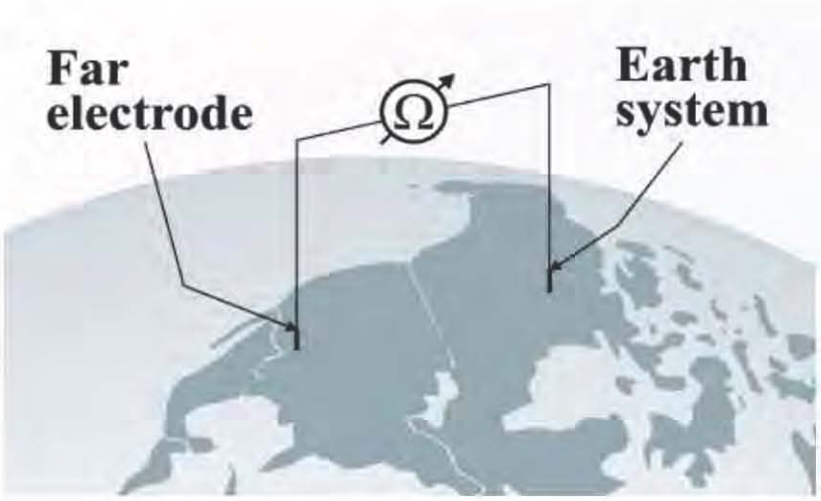
* معایب
تابلوی فشار ضعیف باید با کفپوش عایق و پیچهای غیر فلزی کاملاً ایزوله شود و حصول اطمینان از مدفون نبودن فلزاتی در بین دو الکترود

اصول اندازه گیری مقاومت الکترودهای اتصال به زمین الکتریکی (سیستمهای ارتینگ)



مفهوم مقاومت ارت :

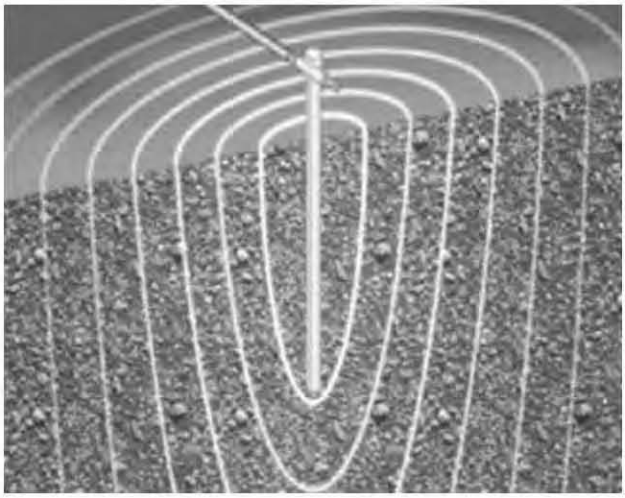
مقاومت ارت عبارتست از مقاومتی که بین یک الکترود نصب شده در زمین با نقطه ای بی نهایت دور از آن وجود دارد.



یک الکترود بی نهایت دور

حوزه مقاومت در اطراف الکترود ارت :

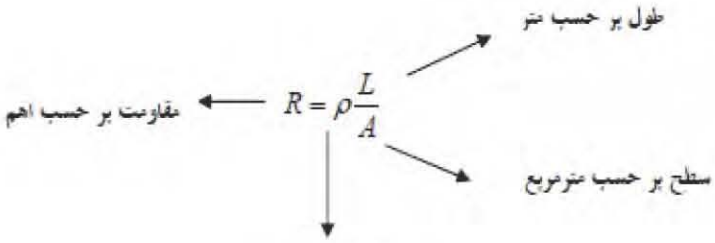
در عمل لازم نیست که مقاومت بین الکترود ویک نقطه بی نهایت دور را مورد نظر قرار دهیم.زیرا بیشتر مقاومت زمین در فاصله ای محدود (مثلا حدود 15 متر از یک الکترود میله ای)قرار دارد.به این محدوده " حوزه مقاومتي " الکترود ارت گفته مي شود. وسعت حوزه مقاومتي بستگي به شكل الكترود ، ابعاد آن ، مقاومت ويژه خاك و... دارد.



حوزه مقاومتی یک الکترود زمین

اندازه گیری مقاومت زمین:

مقاومت زمین هر الکترود را مي توان از لحاظ تئوريك از رابطه كلي زير محاسبه كرد:



پروفسور اچ.بی.دوایت از انیستیتوی تکنولوژی ماساچوست ، مجموعه روابط مورد نیاز را برای انواع الکترودها محاسبه نموده است.
این فرمولها را با یکنواخت فرض کردن مقاومت مخصوص خاک ، می توان تا حد زیادی ساده کرد.

بدلیل آنکه خاک عملا" مقاومت مخصوص یکنواختی ندارد، فرمولهای مذکور بسیار پیچیده خواهند شد.**لذا ساده تر آنست که مقاومت را بجای محاسبه اندازه بگیریم.**برای این منظور می توان از ارت تسترهای مخصوص استفاده کرد.با این دستگاههای سیار ومطمئن می توان مقاومت ارت را پس از نصب ودر بازدیدهای منظم بعدی اندازه گیری کرد.

عواملی که می توانند مقاومت کم یک سیستم زمین را زیاد کنند:

- ▣ توسعه الکتریکی یک ساختمان یا بنای قدیمی به علت مواردی چون افزایش طبقات ساختمان ویا احداث بناهای جدید
- ▣ افزایش استفاده از لوله های پلاستیکی بجای لوله های فلزی تاسیسات ، از قابلیت اطمینان سیستم اتصال زمین ساختمان ها کاسته است.
- ▣ پائین تر رفتن سطح آب سفره های آب زیر زمینی .
- ▣ وجود جریانهای نشتی مداوم ومستمر که باعث پیری زود هنگام الکترودهای اتصال زمین می شوند.
- ▣ تغییر کاربری صنایع وساختمانها و آلوده کردن ماهیت خاک منطقه

چرا سیستم های ارتینگ وهمبندی نیاز به بازرسی دارند؟

- ▣ وجود عوامل اشاره شده به انضمام اطمینان از سلامت عملکرد سیستم ارتینگ ، تماما" بر لزوم داشتن یک برنامه مستمر ومنظم اندازه گیری ارت صحه گذاشته وثابت می کنند بازرسی وتست دوره ای سیستم اتصال زمین در دستور کار تیمهای تعمیراتی آموزش دیده قرار گیرد.

چه زمانی می بایست سیستم زمین را چک کرد؟

- ▣ بعد از اتمام نصب و احداث
- ▣ بعد از انجام تعمیرات برروی هر نقطه از سیستم زمین
- ▣ بعد از انجام هر گونه اصلاحات و توسعه در سیستم زمین
- ▣ بازدید وتست سالیانه

- **نکته : نتایج کلیه تست ها می بایست توسط کارشناسان خبره ، بررسی وتحلیل شده ونتایج رکورد شده در فایل های مخصوص ثبت وبایگانی شوند.**

علت وجود تفاوت مقدار اندازه گیری شده مقاومت الکتریکی سیستم زمین با مقدار بدست آمده از محاسبات چیست؟

نتایج محاسبه و مقادیر اندازه‌گیری‌شده مقاومت ممکن است اختلاف قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر داشته باشند. از جمله عوامل این اختلاف می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

الف) تفاوت شرایط خاک در زمان اندازه‌گیری با مقادیر مفروض آن در زمان محاسبات

به عنوان مثال مشخصه‌های یک اتصال زمین با ترکیب و حالت فیزیکی خاک تغییر می‌کند. درهر مکان، زمین از ترکیبات مختلف هم‌چون زمین خشک، زمین باتلاقی، ماسه، سنگ، شن و سایر مواد طبیعی تشکیل‌یافته که مقاومت‌های آنها متفاوت است. به‌علاوه مقاومت یک اتصال زمین در فصول مختلف تغییر می‌کند. زیرا رطوبت، دما و فشردگی خاک در فصول مختلف، متفاوت است.

ب) عدم دقت کافی در اندازه‌گیری مقاومت، زمین

تعدد و پراکندگی آزمون‌ها، فاصله نامناسب الکترودها و مناسب نبودن وسایل اندازه‌گیری به‌کار رفته منجر به کاهش دقت اندازه‌گیری می‌شوند.

پ) وجود سازه‌های فلزی در زیر خاک

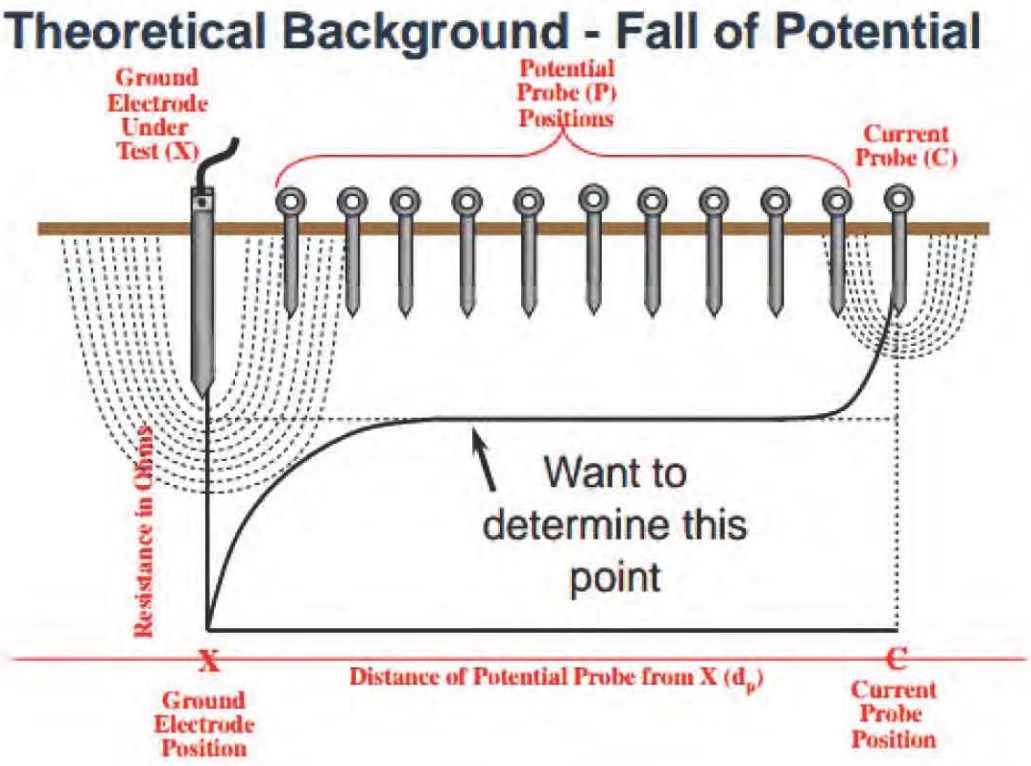
درصورتی که در نزدیکی محل اندازه‌گیری، سازه‌های فلزی در زیر خاک وجود داشته باشد ممکن است بخش قابل توجهی از جریان آزمون توسط سازه‌های مذکور هدایت شود و لذا دقت اندازه‌گیری کاهش یابد.

روش های متداول در تست واندازه گیری مقدار مقاومت الکترودهای اتصال زمین:

1. روش افت ولتاژ سه الکترود 61.8٪
2. روش افت ولتاژ 62٪
3. روش ارت مرده یا دو الکترود
4. روش اندازه گیری بدون میله یا Stake less measurement یا کلمپی یا تزریق جریان

روش افت ولتاژ :

تعیین محل تقریبا" درست نصب میل های جریان و ولتاژ در گرفتن جواب صحیح در این روش ، بسیار حائز اهمیت می باشد.



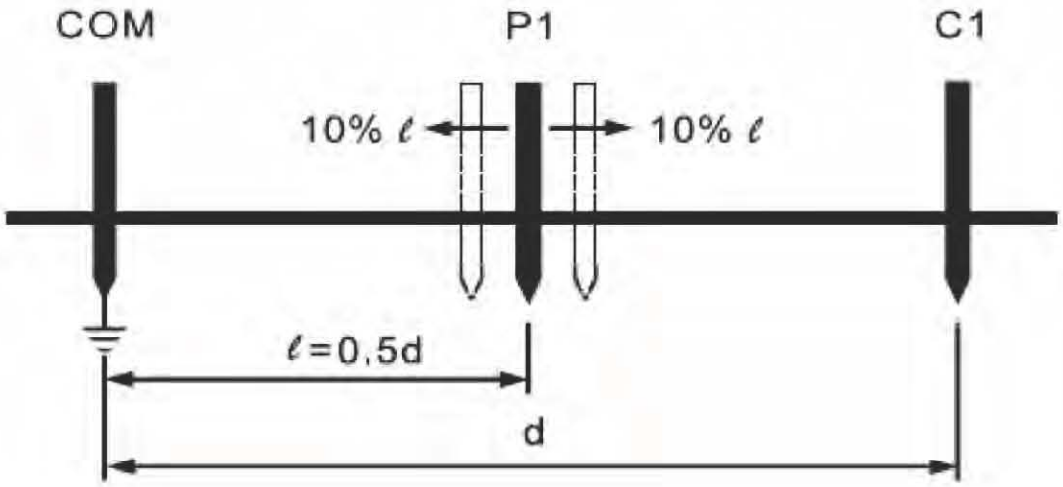
در روش افت ولتاژ، انتخاب محل نصب میل ولتاژ بسیار اهمیت دارد..

روش اندازه گیری افت ولتاژ سه الکتروده 50٪:

1. میله جریان در فاصله 30الی 50متری از الکترود زمین کوبیده می شود.
2. میل ولتاژ مابین الکترود زمین و میل جریان در فاصله 50٪ میل جریان کوبیده شده و عدد قرائت می شود.
3. در حالتی که به میل جریان دست نمی زنیم ، میل ولتاژ رابه مقدار 10٪ طول میله جریان از الکترود اصلی به سمت میل جریان حرکت داده و مجددا" عدد بدست آمده را قرائت می کنیم.
4. بند 3 را در حالتی تکرار می کنیم که میل ولتاژرا به سمت الکترود زمین جابجا کرده ایم.

5. اگر میزان اختلاف سه عدد بدست آمده در مراحل بالا کمتر از 5٪ باشد ، میانگین سه عدد بدست آمده مقدار مقاومت الکترود اتصال زمین خواهد بود.

نکته : اگر میزان اختلاف بیشتر از 5٪ باشد می بایست میل را جریان را در فاصله دورتری قرار داد و مراحل فوق را مجددا" تکرار کرد.

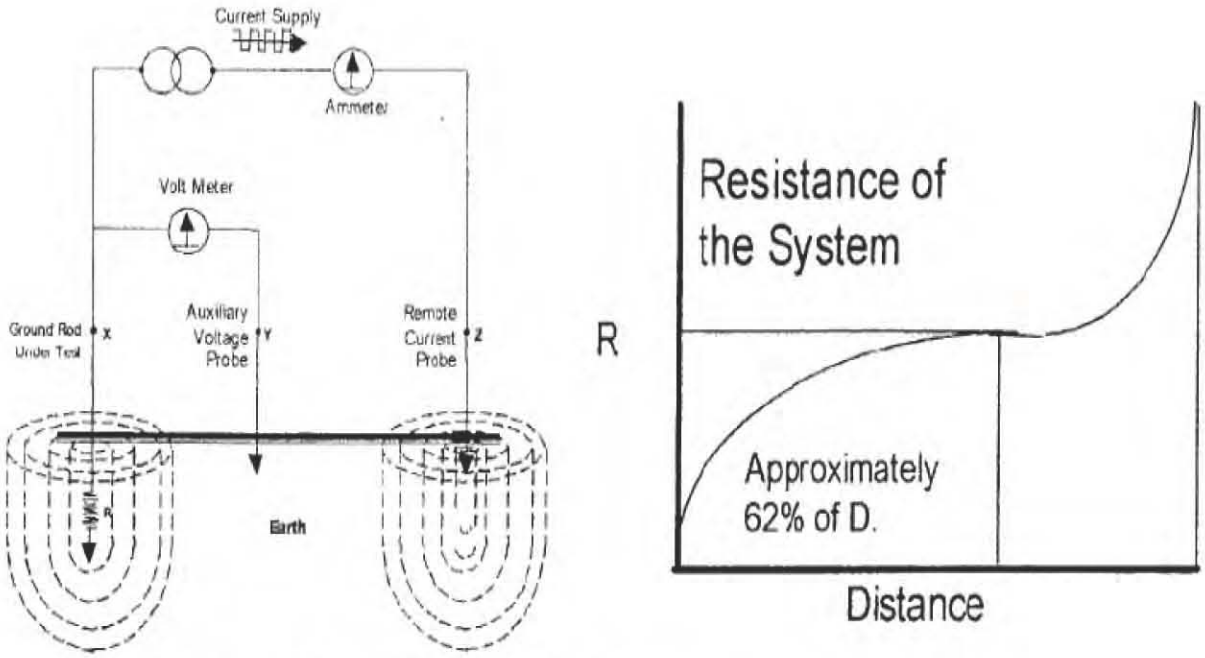


اندازه گیری به روش افت ولتاژ 50 %

اندازه گیری به روش 62٪

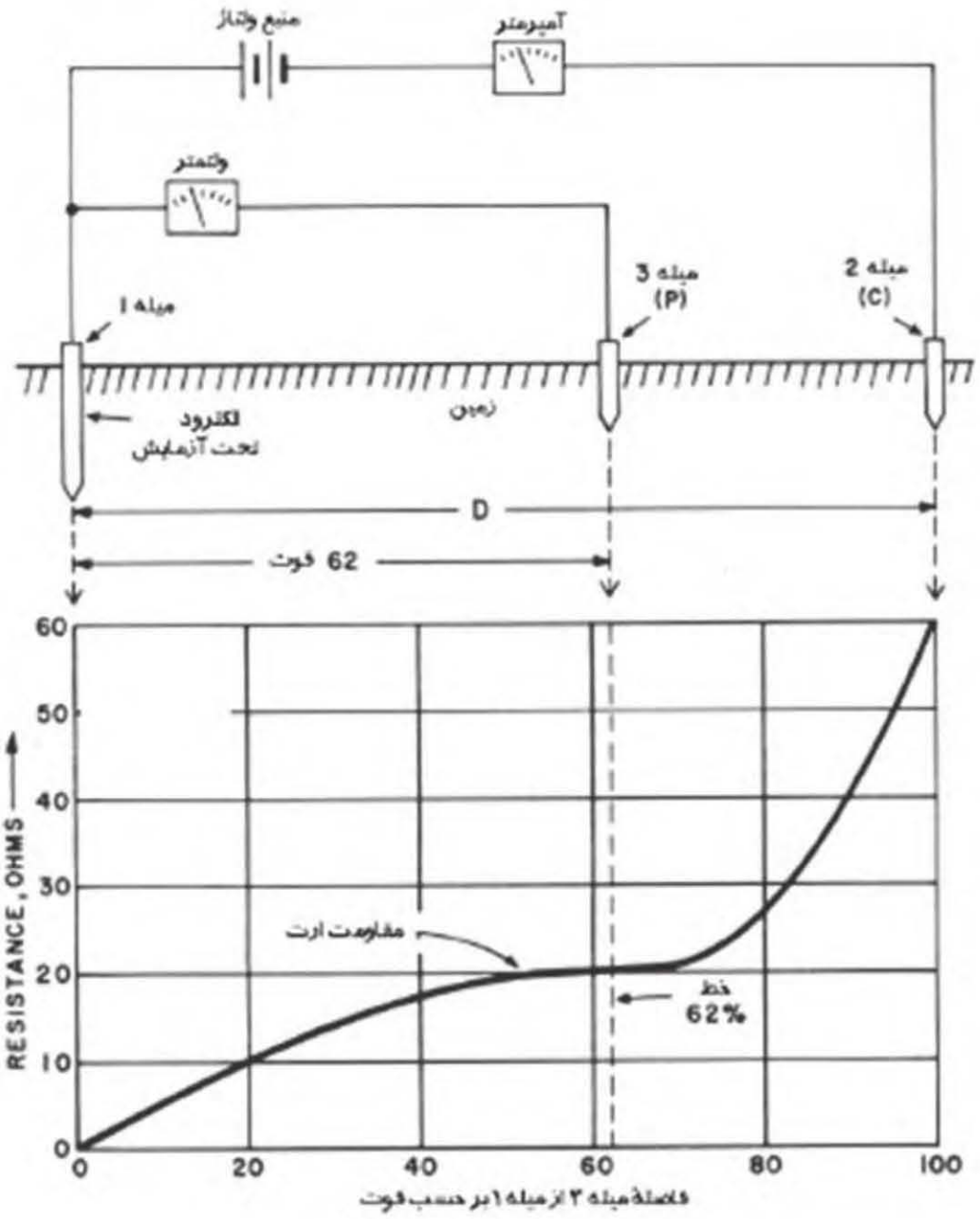
1. میل جریان در فاصله مناسبی از الکترود اتصال زمین کوبیده می شود.(مقدار این فاصله بستگی به توان دستگاه و عمق الکترود اتصال زمین می باشد).
2. میل ولتاژ را مابین الکترود اصلی و میل جریان واز یکمتری الکترود اصلی کوبیده و عدد را قرائت می کنیم.
3. مرحله 2 را در فواصل هر یک متر به سمت میل جریان ادامه داده و عدد را قرائت می کنیم.
4. منحنی مقدار مقاومت –فاصله را ترسیم می کنیم.
5. در نقطه ای که شیب منحنی تخت می شود با تقریب بالایی مقدار مقاومت را قبول می کنیم.

Measuring of Earthing System Resistance



The three-point fall-off potential method of measuring ground resistance.

اندازه گیری به روش 62٪ با رعایت فاصله حوزه مقاومتی

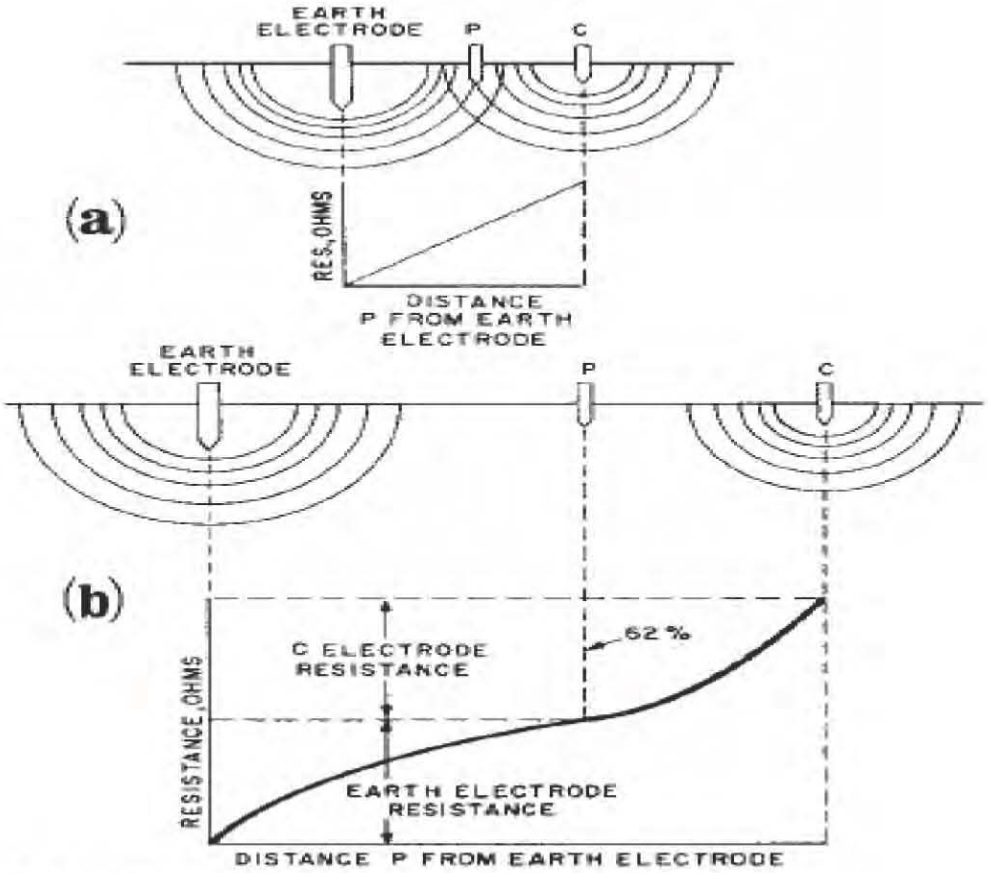


اندازه گیری به روش 62٪

یک سئوال :

اگر در روش افت ولتاژ 62٪ بهترین محل برای الکترود میل ولتاژ در 62٪ فاصله الکترودهای جانبی است ، اصولا چه نیازی به جابجا کردن آن واندازه گیری های متعدد وجود دارد ،چرا همان ابتدا آن را در محل فوق نمی کوبیم تا یکبار اندازه گیری انجام شود؟

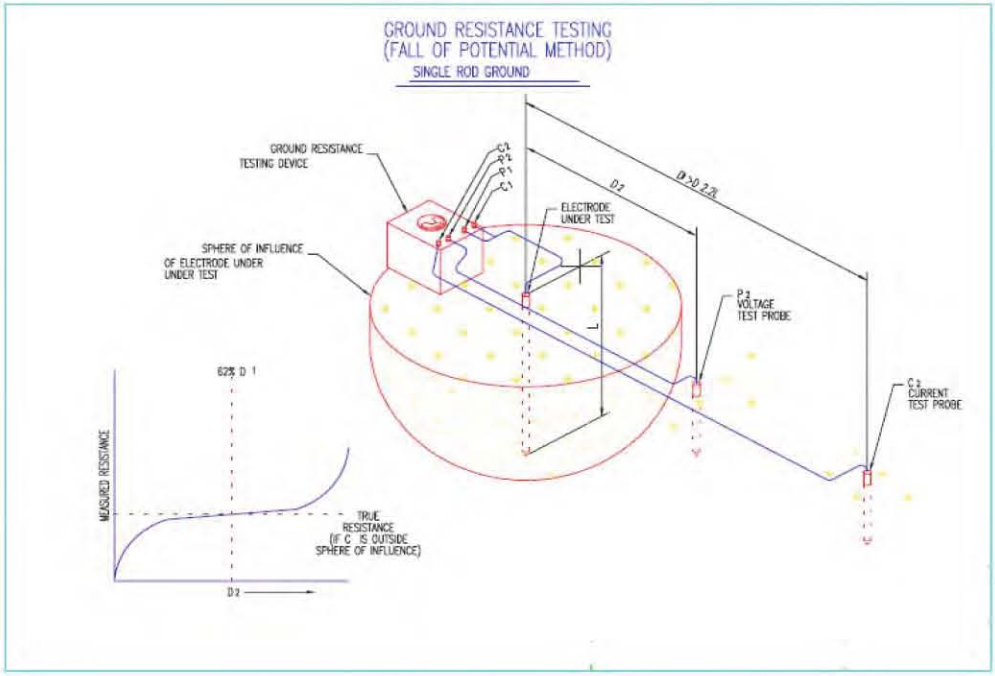
- چونکه اگر فاصله میله جریان بدرستی انتخاب نشده باشد، مثلا در فاصله نزدیک کوبیده شده باشد. هر سه الکترود : اصلی – جریان و ولتاژ در شعاع همپوشانی حوزه مقاومت یکدیگر قرار خواهند گرفت ودر اینصورت منحنی مقاومت بدست آماده بجای آنکه در نقاطی تقریبا" یکسان بودهه ودارای یک شیب ثابتی باشند. دایما" افزایشی خواهد بود و شکل بدست آمده به صورت یک خط شیبدار خواهد شد.



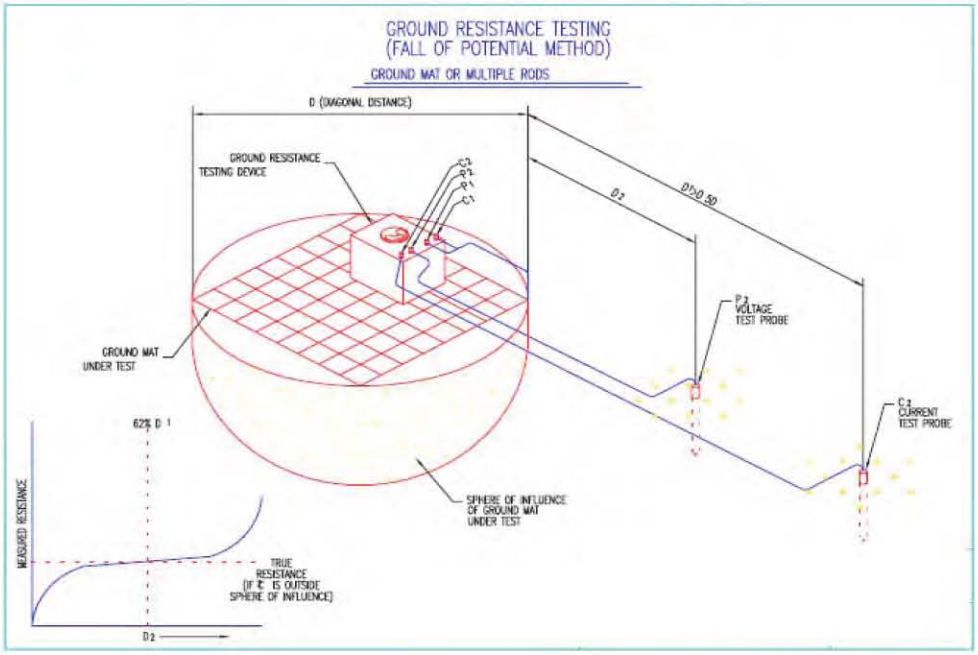
Effect of C location on the earth resistance curve

مقایسه منحنی اندازه گیری با توجه به رعایت فاصله میل های جریان وولتاژ

نکته 1 : در هنگام اندازه گیری به روش افت ولتاژ می بایست دقت کرد تا میل های جریان و ولتاژ در حوزه مقاومتی الکترود زمین قرار نداشته باشند(تصاویر زیر):



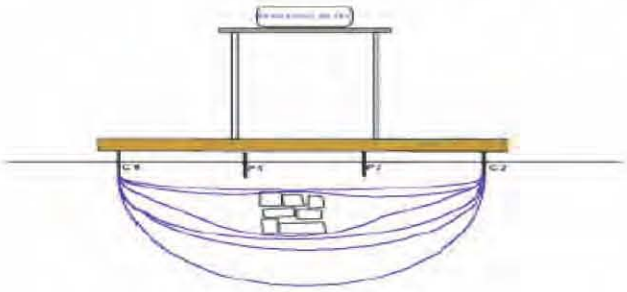
نصب میل های جریان وولتاژ در خارج از حوزه مقاومتی الکترود میله ای



نصب میل های جریان وولتاژ می بایست در خارج از شعاع موثر یک الکترود مش

نکته 2 :

در اندازه گیری مقاومت سیستم ارت ویا مقاومت خاک به روش افت ولتاژ درصورت امکان می بایست اندازه گیری را در راستاهای مختلف انجام داد تا صحت آن تائید گردد.چراکه ممکن است بخشی از دیوار مدفون ، تخته سنگ ویا بتن در مسیر اندازه گیری وجود داشته باشد وباعث بدست آمدن مقادیر بالای مقاومت شود. از آنجایی که در اندازه گیریها فرض بر یکنواخت بودن خاک می باشد ، لذا این ناهمگونی باعث ایجاد مشکل در اندازه گیری می شود. با تکرار اندازه گیری در راستاهای متفاوت می توان به این حالت پی برد.



وجود مانع فیزیکی در مسیر جریان عبوری دستگاه ، باعث غلط شدن نتیجه تست می شود.

ویژگیهای تست به روش افت ولتاژ:

بهترین کاربرد:الکترودهای تکی و سیستمهای ارت گسترده که منحنی مقاومتشان قبلا" کشیده شده باشد.

مزایا:

1-تقریبا" مطمئن

2-مورد تائید IEEE

3-نیاز به حداقل محاسبات

محدودیتها:

1-نیاز به فواصل طولانی دارد.

2-پرزحمت ووقت گیراست.

3-اگر مرکز الکتریکی شبکه زمین مشخص نباشد قابل اندازه گیری نیست.

4-وجود فلزات و موانع بزرگ در داخل زمین باعث ایجاد خطا در قرائت مقاومت خواهد شد.

اندازه گیری مقاومت زمین به روش دوالکترودی یا ارت مرده:

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

روش زمین مرده آسان ترین شیوه برای اندازه گیری مقاومت زمین است. در این روش مقاومت معادل سری دو الکترود (الکترود اصلی و یک سازه یا هادی فلزی)تعیین می شود. اگر سازه فلزی ویا لوله های آب در یک سطح وسیع پراکنده شده باشند مقاومت آنها کسری از یک اهم است، پس می توان با انجام اندازه گیری ، نتیجه را با تقریب خوبی به مقاومت الکترود نسبت داد.

اندازه گیري به روش ارت مرده

ویژگیهای تست به روش ارت مرده:

بهترین کاربرد: در مواقعی که امکان کوبیدن الکترودهای کمکی وجود ندارد.

مزایا:

سریع وآسان است.

محدودیتها :

1-امکان همپوشانی مقاومت ها وجود دارد.

2-برگشت جریان از مسیرهای غیر فلزی پر مقاومت ، اندازه گیری را بی اعتبار می کند.

3- مقدار قرائت شده بیشتر از مقدار واقعی خواهد بود.

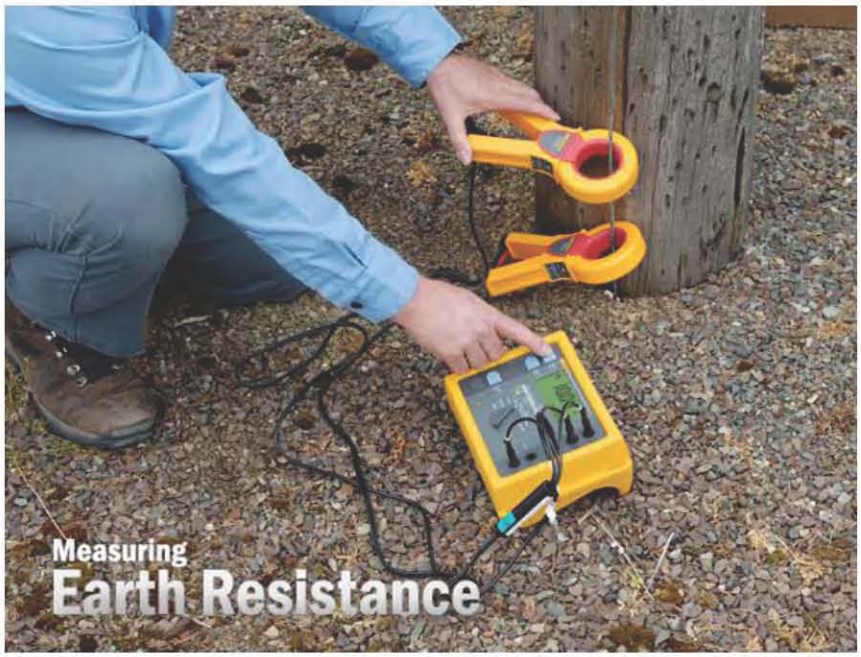
روش ارت زنده (تزریق جریان):

روش تزریق جریان از IEEE-81 پیروی نمی کند ، ولی امکان انجام تستها را در شرایط واقعی به نحو بهتری فراهم می کند.این روش بر مبنای قانون اهم عمل می کند.در این روش یک ولتاژ معین به مدار کاملی اعمال شده وجریان عبوری اندازه گیری می شود.از اینجا می توان مقاومت را اندازه گیری نمود.

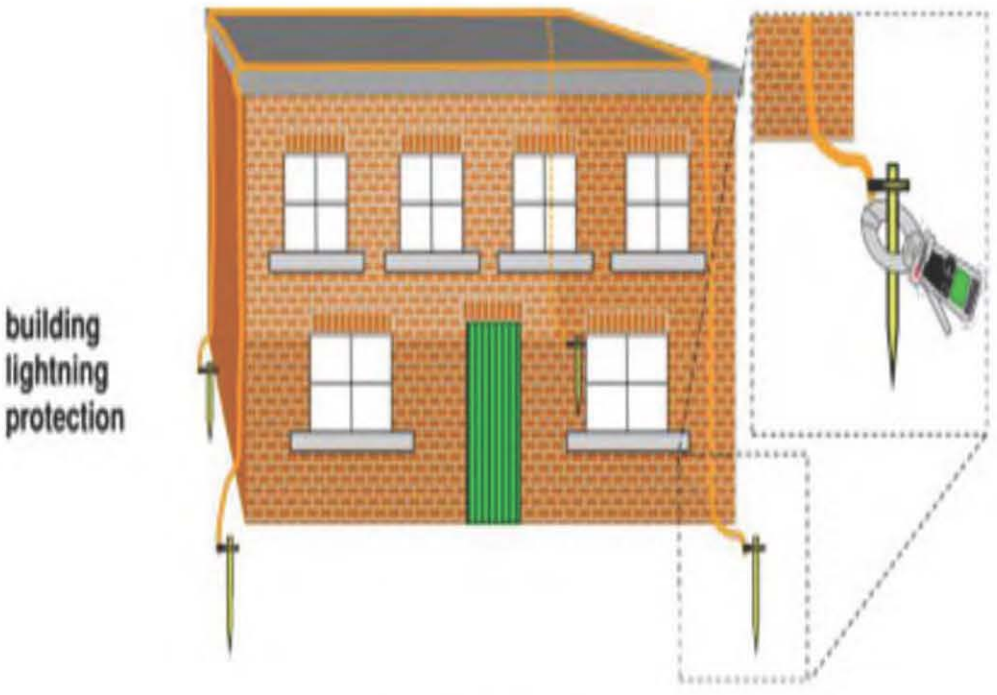
کلمپ تزریق جریان ، کار تزریق را بدون اتصال مستقیم به هادی مورد نظر انجام می دهد ودر واقع شامل یک سیم پیچ القاء کننده جریان و یک سیم پیچ اندازه گیری جریان است.

برای استفاده از این روش باید مداری وجود داشته باشد که قبلا به طور کامل اجرا شده باشد.زیرا دستگاهی که استفاده می شود ، فاقد هر گونه میل زمین است.

اپراتور باید به این نکته توجه کند که نوع اندازه گیری به نحوی است که مقاومت کل یک حلقه بسته مورد اندازه گیری قرار می گیرد.به عبارت دیگر کلیه المانهای شبکه با الکترود به صورت سری قرار می گیرد.در این روش تنها مقاومت ارت مورد نظر عدد غالب است.



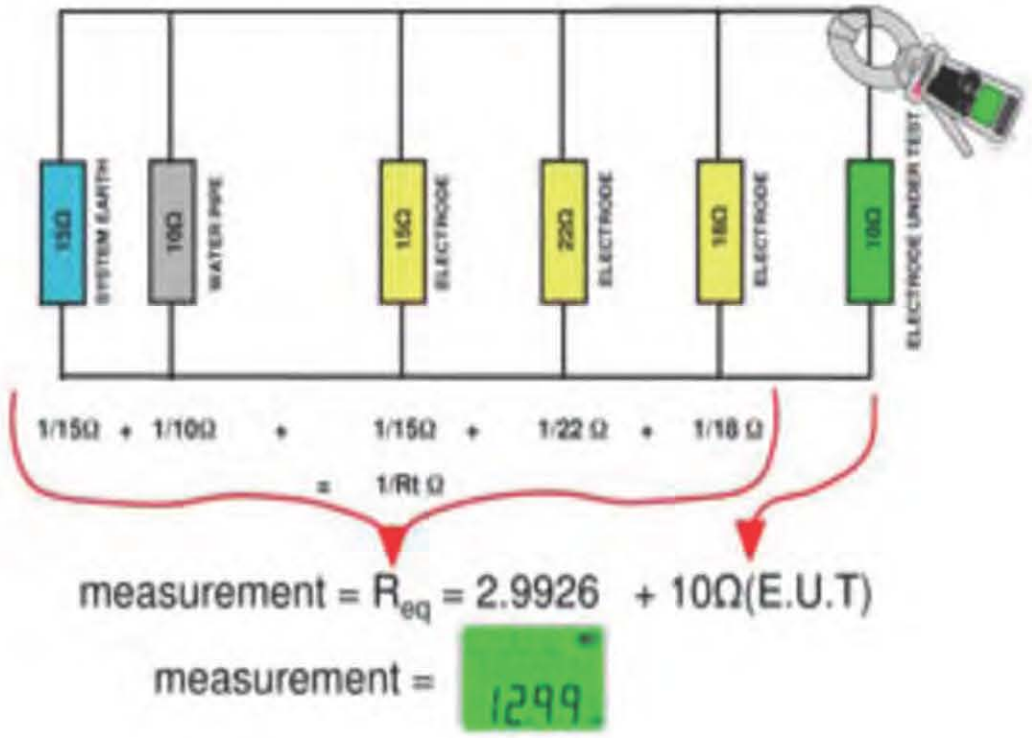
اندازه گیری به روش تزریق جریان



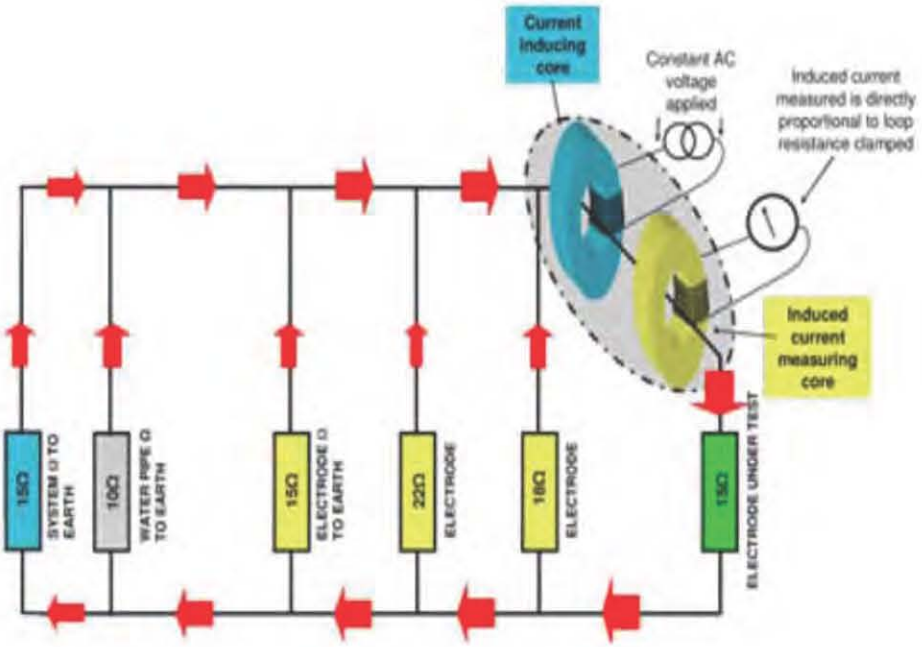
اندازه گیری به روش تزریق جریان

در یک سیستم با ارتهای متعدد می توان فرض کرد مقاومت ارت مورد نظر با مقاومت دیگری به جرم کره زمین وجریان برگشتی معادل همه الکترودهای موازی دیگر ، سری شده است.دراین حالت مقاومت فرضی معادل بسیار کوچکتر از مقاومت الکترود مورد نظر است.

هر چه تعداد مسیرهای برگشت جریان (تعداد الکترودهای همسایه)بیشتر باشد تاثیر آنها در مقدار قرائت شده کمتر است ودقت بیشتر خواهد بود.اگر یک مقاومت بزرگ با تعدادی مقاومت کوچک موازی شده باشد ، اندازه گیری ، نتیجه چندان بدی ندارد.ولی چنانچه تعداد مسیرهای برگشت جریان کم باشد یا همه مقاومت ها بزرگ باشند ، مقدار خطا زیاد خواهد بود.



در روش تزریق جریان ، کلیه الکترودهایمتصل به هم با هم موازی شده ونهایتا[۱۲] با الکترود تحت تست سری می شوند.



مسیر های حرکت جریان

روش تزریق جریان دارای مزایای زیادی است ولی معایبی نیز دارد که لازم است اپراتور از محدودیتهای این روش آگاه بوده ودر شرایط غیر مجاز از آن استفاده ننماید. زیرا نتایج قرائت شده ، اشتباه آمیز وپرخطا خواهد بود.

بنابراین : هرچند ارت تستر کلمپی می تواند وسیله ای مهم در کیف ابزار تکنسین ها باشد ولی نباید تنها وسیله برای اینکار تلقی شود.

ویژگیهای تست به روش تزریق جریان:

بهترین کاربرد:

برای سیستمهای ساده که دارای مسیر برگشت جریان از چندین الکترود زمین باشند.

مزایا:

1. سریع وساده است.
2. نیازی به کوبیدن میل نیست.
3. اثر همبندی ومقاومت اتصالات را به حساب می آورد.
4. جریانهای نشتی درون سیستم را نشان می دهد.(اطلاعاتی که از روش افت پتانسیل بدست نمی آید)

محدودیتها:

1 - تنها در شرایطی مفید است که اتصال زمین های متعددی به صورت موازی با یکدیگر اجرا شده باشند.برای الکترودهای تکی نمی تواند کاربرد داشته باشد چرا که مسیری برای برگشت جریان وجود ندارد فلذاعدد بدست آمده صحیح نیست.

2 - استفاده از این روش در مواردی که مسیر کم مقاومت دیگری بجز مسیر برگشت ، برای عبور جریان وجود داشته باشد مثلا در پست ها یا دکل های فشار قوی مجاز نیست.

3 - تست تزریق جریان در فرکانس بالا انجام می شود تا سایز ترانسفور ماتورها را تا حد امکان کم کند .لذا این روش نسبت به ارت تستر های معمولی که با فرکانس 128 هرتز کار می کنند شدت جریان در شرایط بروز اتصالی در سیستم را به نحو ضعیف تری نشان خواهد داد واین نکته ای منفی برای آن محسوب می شود.

4 - برای اندازه گیری دقیق نیاز به وجود یک مسیر برگشت جریان خوب می باشد. بدون آن معمولا مقاومت بیش از میزان واقعی قرائت خواهد شد.

5 - محل اندازه گیری باید در قسمت صحیحی از حلقه واقع شده باشد.

6 - این روش به نویز حاصل از دستگاههای الکتریکی مجاور حساس بوده وجواب نمی دهد.

7 - برای مقاومت های زمین خیلی کوچک روش مناسبی نیست زیرا مقاومت معادل بقیه سیستم دیگر در برابر آن خیلی کوچک نخواهد بود.

8 - مهم ترین اشکال: برای تائید نتایج آن راهی وجود ندارد.در روش افت ولتاژ اپراتور می توانست با تغییر محل میله ها اندازه گیری دیگری انجام داده ونتایج قبلی را تائید کند. ولی نتایج روش تزریق جریان را بر مبنای تجربه باید قبول یا رد کرد.

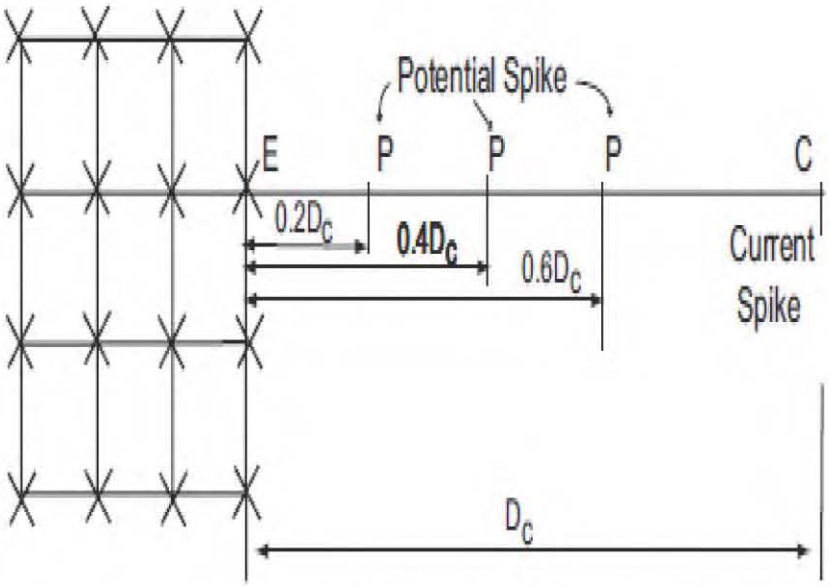
اندازه گیری مقاومت در سیستم های گسترده:

- روش شیب
- روش ستاره مثلث

روش شیب منحنی :

در روش افت ولتاژ به طریق 62٪ دیدیم که برای رسیدن به مقدار صحیح مقاومت اندازه گیری شده باید سعی وخطاهای زیادی انجام دهیم . در اینجا قصد معرفی روش ساده تری داریم که نتایج آن هم از لحاظ تئوری وهم از حیث امکان عملی رضایت بخش هستند. (حتی وقتی خاک منطقه وضعیتی ناهمگن داشته باشد).این روش شیب " روش شیب " نامیده مي شود. براي انجام آن مراحل زیر را باید انجام داد:

1. یکی از الکترودهای میله ای مناسب از ارت گسترده را که می توان به سادگی به ارت تستر متصل کرد را انتخاب می کنند.
2. میل جریان را در فاصله DC از E می کوبند.
3. میل پتانسیل را در فاصله های 20٪ ، 40٪ و 60٪ از DC می کوبند.
4. مقاومت زمین را در هر یک از شرایط فوق اندازه گرفته وآنها را با R1-R2-R3 می نامند.



Potential probe locations for using the slope method

1. Choose a convenience rod E to which the Earth Tester can be connected. E is one of many paralleled rods forming the complex earth system.

2. Insert the current probe at a distance (D_C) from E (distance D_C is normally 2 to 3 times the maximum dimension of the system).

3. Insert potential probes at distances equal to 20% of D_C, 40% of D_C and 60% D_C. See examples in step 4.

4. Measure the earth resistance using each potential probe in turn. Let these resistance values be R_1, R_2 and R_3 respectively.

   Examples: $R_1 = 0.2 \times D_C$ $R_2 = 0.4 \times D_C$ $R_3 = 0.6 \times D_C$

5. Calculate the value of $\mu = \dfrac{R_3 - R_2}{R_2 - R_1}$

Values of D_P/D_C for Various Values of μ

μ	D_P/D_C	μ	D_P/D_C	μ	D_P/D_C
0.40	0.643	0.80	0.580	1.20	0.494
0.41	0.642	0.81	0.579	1.21	0.491
0.42	0.640	0.82	0.577	1.22	0.488
0.43	0.639	0.83	0.575	1.23	0.486
0.44	0.637	0.84	0.573	1.24	0.483
0.45	0.636	0.85	0.571	1.25	0.480
0.46	0.635	0.86	0.569	1.26	0.477
0.47	0.633	0.87	0.567	1.27	0.474
0.48	0.632	0.88	0.566	1.28	0.471
0.49	0.630	0.89	0.564	1.29	0.468
0.50	0.629	0.90	0.562	1.30	0.465
0.51	0.627	0.91	0.560	1.31	0.462
0.52	0.626	0.92	0.558	1.32	0.458
0.53	0.624	0.93	0.556	1.33	0.455
0.54	0.623	0.94	0.554	1.34	0.452
0.55	0.621	0.95	0.552	1.35	0.448
0.56	0.620	0.96	0.550	1.36	0.445
0.57	0.618	0.97	0.548	1.37	0.441
0.58	0.617	0.98	0.546	1.38	0.438
0.59	0.615	0.99	0.544	1.39	0.434
0.60	0.614	1.00	0.542	1.40	0.431
0.61	0.612	1.01	0.539	1.41	0.427
0.62	0.610	1.02	0.537	1.42	0.423
0.63	0.609	1.03	0.535	1.43	0.418
0.64	0.607	1.04	0.533	1.44	0.414
0.65	0.606	1.05	0.531	1.45	0.410
0.66	0.604	1.06	0.528	1.46	0.406
0.67	0.602	1.07	0.526	1.47	0.401
0.68	0.601	1.08	0.524	1.48	0.397
0.69	0.599	1.09	0.522	1.49	0.393
0.70	0.597	1.10	0.519	1.50	0.389
0.71	0.596	1.11	0.517	1.51	0.384
0.72	0.594	1.12	0.514	1.52	0.379
0.73	0.592	1.13	0.512	1.53	0.374
0.74	0.591	1.14	0.509	1.54	0.369
0.75	0.589	1.15	0.507	1.55	0.364
0.76	0.587	1.16	0.504	1.56	0.358
0.77	0.585	1.17	0.502	1.57	0.352
0.78	0.584	1.18	0.499	1.58	0.347
0.79	0.582	1.19	0.497	1.59	0.341

چند نکته:

- اگر مقدار μ محاسبه شده از اعداد موجود در جدول بزرگتر باشد.در این حالت می بایست فاصله C افزایش داده شود.
- کل اندازه گیری را یک مرتبه برای فاصله DC بزرگتری انجام میدهند. اگر با این کار مقاومت بدست آمده کوچک شد ، باید به افزایش فاصله DC ادامه داد.تا پس از انجام تست های مکرر ورسم منحنی های مقاومت " واقعی " روی یک منحنی ، رفته رفته مقدارتغییرات کاهش مقاومت کم شده ومقدار قرائت شده تقریبا" ثابت شود.دراینجاست که می توان مقاومت سیستم را مشخص کرد.

ویژگیهای روش شیب:

بهترین کاربرد: سیستمهای ارت بزرگ مانند پستهای فشار قوی

مزایا:

1-دانستن مرکز الکتریکی شبکه زمین لازم نیست.

2-نیازی به فواصل زیاد بین میله ها نمی باشد.

محدودیتها:

1-نیاز به محاسبات دارد.

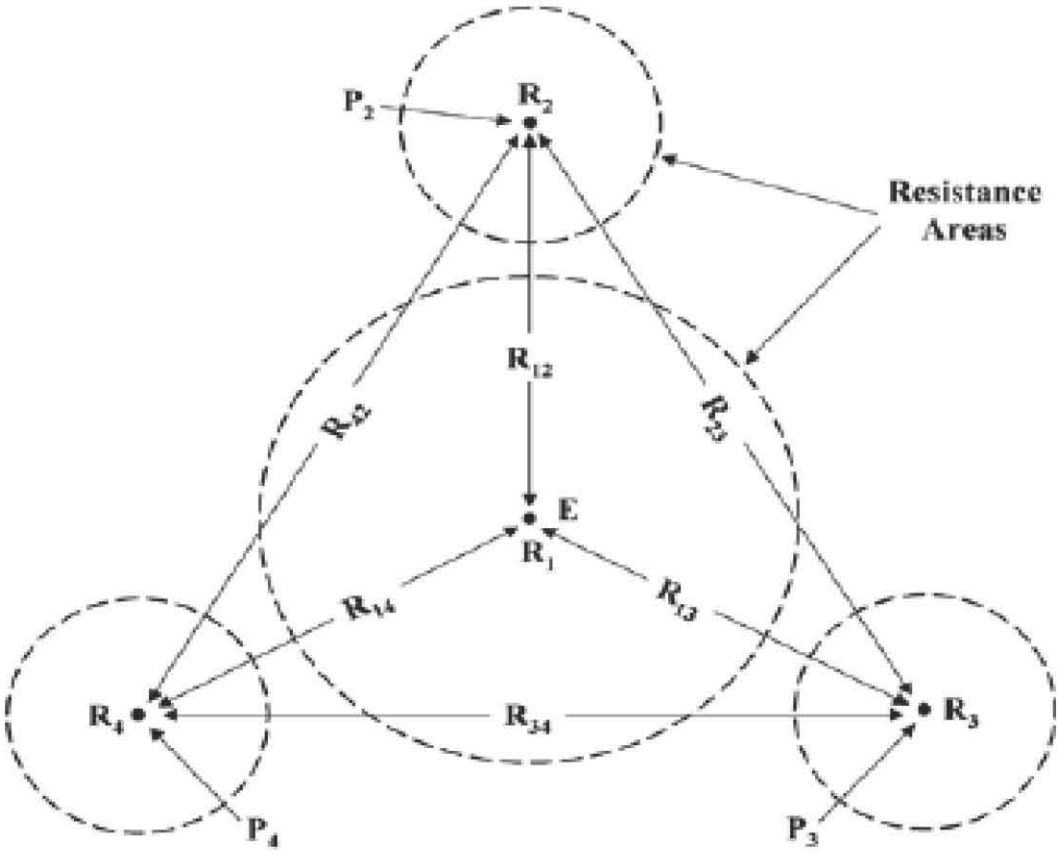
2-دقتش کم است.

3-به نایکنواختی خاک حساس است.

روش ستاره –مثلث :

- اگر میل جریان آنقدر به الکترود تحت آزمایش نزدیک باشد که در حوزه تاثیر آن قرار بگیرد وبه هیچ وجه امکان رعایت فاصله وجود نداشته باشد . چاره ای جز استفاده از روش ستاره مثلث نیست.
- وجه تسمیه این روش به نحوه کوبیدن میل ها و خطوط واصل آنها بر می گرددکه شبیه به اشکال آشنای ستاره مثلث می باشد.
- در این روش در فضا صرفه جویی شده و میل ها در فضای کوچکی در سه طرف الکترود تحت آزمایش کوبیده می شوند.
- در این روش الکترود تحت آزمایش با حرف E و سه میل جریان P2 – P3 – P4 به فواصل مساوی و زوایای 120 درجه نسبت به E واقع می شوند.

- جداسازی مدارهای جریان وولتاژ در این روش ضرورت نداشته و مجموعه ای از تست های دو سیمه (ارت مرده) انجام می شود.



- فرض می کنیم که الکترود نقطه E دارای مقاومت R1 و میل های P2-P3-P4 نیز به ترتیب دارای مقاومتهای R2-R3-R4 باشند.
- چنانچه فاصله بین الکترود ومیل ها به اندازه کافی باشد وهمپوشانی بین حوزه های نفوذ آنها وجود نداشته باشد ، مقاومت E را می توان به صورت روابط صفحه بعد بدست آورد.

$$1]\ R_1 = 1/3\ [(R_{12} + R_{13} + R_{14}) - (R_{23} + R_{34} + R_{42})/2]$$

$$2]\ R_1 = 1/2\ (R_{12} + R_{13} - R_{23})$$

$$3]\ R_1 = 1/2\ (R_{12} + R_{14} - R_{42})$$

$$4]\ R_1 = 1/2\ (R_{13} + R_{14} - R_{34})$$

- اگر نتیجه حاصل از معادله اول با نتایج سه معادله دیگر همخوانی داشته باشد ، می توان به نتایج اطمینان کرد.
- در صورتیکه فواصل میل ها با الکترود نزدیک بوده وهمپوشانی وجود داشته باشد ، نتایج قرائت شده نادرست خواهند بود(حتی ممکن است مقاومت منفی بدست آید).
- پس اگر اپراتور مقدار مقاومت را منفی بدست آورد باید آزمایش را با اصلاحات لازم تکرار کند.
- انجام محاسباتی برای تعیین R2،R3وR4 به شرح صفحه بعد نشان خواهد دادکه کدام میل در محل اشتباهی کوبیده شده است.

$$R_2 = 1/2\ (R_{12} + R_{23} - R_{13})$$

$$R_2 = 1/2\ (R_{12} + R_{42} - R_{14})$$

$$R_2 = 1/2\ (R_{23} + R_{42} - R_{34})$$

$$R_3 = 1/2\ (R_{13} + R_{23} - R_{12})$$

$$R_3 = 1/2\ (R_{13} + R_{34} - R_{14})$$

$$R_3 = 1/2\ (R_{23} + R_{34} - R_{42})$$

$$R_4 = 1/2\ (R_{14} + R_{42} - R_{12})$$

$$R_4 = 1/2\ (R_{14} + R_{34} - R_{13})$$

$$R_4 = 1/2\ (R_{42} + R_{34} - R_{23})$$

ویژگیهای روش ستاره مثلث :

بهترین کاربرد: سیستمهای زمین در مناطق متراکم شهری ومناطق سنگی که کوبیدن میل مشکل است.

مزایا:

نیاز به فواصل زیاد میل ها نیست.

محدودیتها :

1- ناحیه مقاومتی نباید همپوشانی داشته باشد.

2-مقداری محاسبات دارد.

دو نکته مهم از IEEE 142 :

1. در اندازه گیری مقاومت الکترود زمین ، تحقق دقت بالا مشکل است و معمولا در مورد آن نمی توان وسواس زیادی به خرج داد.با توجه به وجود متغییرهای زیاد ، دقت در مرتبه 25٪ کافی است.
2. در اندازه گیری مقاومت سیستم ، مطلوب آنست که اجازه دهیم قبل از اندازه گیری ، مدتی از زمان نصب آن سپری شود به نحوی که زمین اطراف الکترودها قوام یابد. چنین حالتی در مورد میل های کمکی مورد نیاز در آزمون اعمال نمی شود.چون در طول آزمون مقاومت آنها خنثی می گردد.

هشدارهای ایمنی

به هنگام اندازه گیری ارت ، مسائل ایمنی ویژه ای وجود دارند که آزمایش کنند گان باید دقیقا" آنها را مورد توجه قرار دهند.براي مثال امكان دارد درهمان زماني كه تستها درحال انجام هستند، يك اتصالي درسيستم قدرت منجر به عبور جريان زيادي از سيستم اتصال زمين شود. اين مسئله ممكن است ولتاژهاي بزرگي را روي ميله هاي ولتاژ وجريان وخود دستگاه اندازه گيري اندازه گيري ايجاد نمايد.

نکته بسیار مهم در هنگام اندازه گیری مقاومت سیستم ارتینگ به روشهای افت ولتاژ و ارت مرده:

همیشه قبل از باز کردن هر اتصال ارت ویا هم بندی اطمینان پیدا کنید که باز کردن اتصال مذکور باعث ایجاد مشکل در تجهیزات ویا ایمنی افراد نمی شود.بسیار دیده شده است که با بازکردن اتصال ارت در یک تجهیز ویا تابلو باعث برق گرفتگی افراد شده است.در این خصوص نیاز است که قبل از باز کردن اتصال کابل ارت ، توسط آمپر متر کلمپ دار جریان عبوری از کابل اندازه گیری شود.در یک سیستم سالم در شرایط نرمال هیچ جریانی از کابل مذکور عبور نمی کند.

در خصوص کابلهای هم بندی بعد از باز کردن پیچ اتصال کابل هیچگاه به طور همزمان به پیچ اتصال بدنه وکابل باز شده دست نزنید وکابل باز شده را بعد از بازکردن از پیچ به طور آزاد رها نکنید.بلکه توسط ولتمتر ولتاژ مابین پیچ اتصال وکابل (سیم)باز شده را اندازه بگیرید ودر صورتی که اختلاف پتانسیلی دیده نشد.می توانید عملیات سنباده زنی وتمیز کردن اتصالات را انجام دهید.