



**Namatek**  
True Education

# Earth Resistance Measurement

[www.namatek.com](http://www.namatek.com)

اندازه گیری مقاومت زمین

## فهرست مطالب

1. دلیل استفاده از اندازه گیری مقاومت زمین
2. روش اندازه گیری مقاومت زمین

اندازه گیری مقاومت زمین به طور صحیح در جلوگیری از قطع خدمات زمینی در زمین های ضعیف، ضروری است. با توجه به دقت مورد نیاز و ویژگی های زمین مورد بررسی باید یک روش مناسب برای اندازه گیری در نظر داشته باشید. در این مقاله علاوه بر توضیح علت استفاده از این اندازه گیری، روش های متداول و کاربرد آن را نیز بررسی می کنیم. همراه ما باشید.

## دلیل استفاده از اندازه گیری مقاومت زمین

با اعمال جریان توسط الکتروود زمین، کمیتی معرفی و به عنوان مقاومت زمین یا مقاومت در برابر زمین شناخته می شود. این کمیت به طور معمول نشان دهنده مقاومت بین الکتروود و پتانسیل صفر است. روش های مختلفی جهت آزمایش مقاومت زمین وجود دارد؛ اما این شیوه ها باید بر اساس استانداردهای کانون مهندسان برق و الکترونیک (IEEE) تایید شده باشد.



آیا می دانید که مقدار مجاز مقاومت زمین باید چقدر باشد؟ این مقاله با معرفی چند شیوه استاندارد در تعیین مقاومت زمین، اطلاعات خوبی را در اختیار مهندسان قرار می دهد.

## روش اندازه گیری مقاومت زمین

مقاومت زمین از نظر عددی با نسبت پتانسیل الکتروود زمین (V) به [جریان](#) (I) منتقل شده توسط آن برابر است. سطح مقاومت الکتروود زمین در حقیقت مساحت خاکی است که با تغییر یا [افت ولتاژ](#) توسط یک ابزار اندازه گیری می شود. مقاومت الکتروود زمین در یک نقطه انباشته نشده و در سطح خاک اطراف آن توزیع می شود. با توجه به نکات گفته شده در ابتدای این بخش، رابطه ریاضی این کمیت به شکل زیر تعریف می شود:

$$\text{مقاومت زمین} = V/I$$

همان طور که مشاهده می کنید، قانون اهم مبنای اندازه گیری مقاومت زمین است. به ناحیه ورود الکتروود و اطراف آن، منطقه مقاومت یا منطقه بالقوه گفته می شود. قبل از پرداختن به شیوه های مختلف اندازه گیری آشنایی با انواع عوامل تاثیرگذار بر میزان مقاومت زمین به مهندسان بسیار کمک خواهد کرد:

1. **طبیعت خاک:** امکان اندازه گیری مقاومت متفاوت در بازه ۱ تا ۱۰۰۰

اهم در متر

2. **دما:** صرف نظر از اثر دماهای بالاتر از صفر درجه سانتی گراد افزایش

مقاومت در دمای صفر درجه سانتی گراد به دلیل انجماد آب موجود

در خاک

3. **نمک های محلول:** کاهش مقاومت با افزایش درصد نمک محلول

4. **لایه های پوسته زمین:** رطوبت بیشتر در لایه های زیرین افزایش

مقاومت همراه با افزایش عمق در لایه های حاوی خاک سخت و

سنگ

شیوه های متنوعی جهت اندازه گیری مقاومت زمین طراحی و اجرا شده

اند؛ اما شش روش اصلی وجود دارد:

1. دو نقطه (الکتروود مرده)

2. سه نقطه (افت ولتاژ)

3. چهار نقطه (ونر)

4. کلمپ (clamp-on test)

5. شیب (slope)

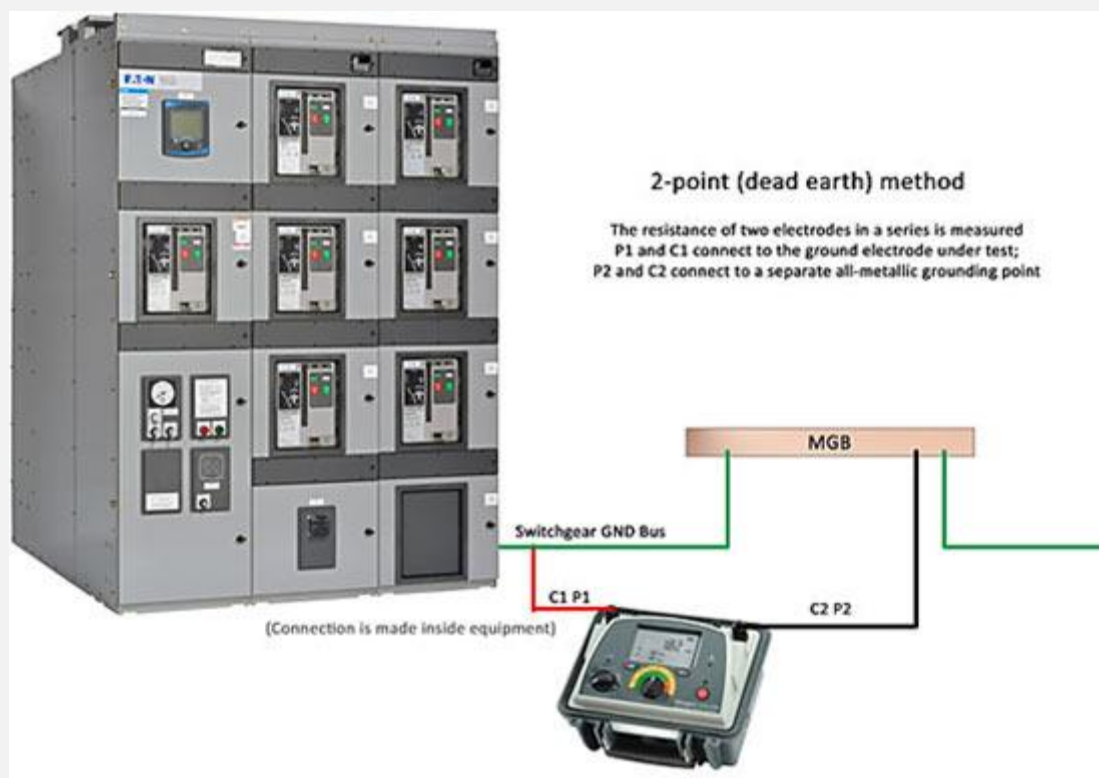
6. ستاره - دلتا (star\_delta)

با توجه به کاربرد بیشتر، چهار روش اول را در ادامه به صورت جداگانه توضیح می دهیم.

## روش دو نقطه یا الکتروود مرده

در فضاهایی که فرو کردن الکتروود زمین غیرممکن باشد، از روش دو نقطه یا زمین مرده استفاده می کنند. در این شیوه با به کارگیری مقاومت دو الکتروود که به شکل سری قرار گرفته اند، میزان مقاومت زمین محاسبه خواهد شد.

پایانه های  $P1$  و  $C1$  به الکتروودهای زمین و  $P2$ ،  $C2$  به طور جداگانه به نقاط تمام فلزی (لوله های آب یا بدنه های استیل) متصل می شوند. این شیوه ساده ترین راه حل جهت اندازه گیری مقاومت زمین است؛ اما در مقایسه با روش سه نقطه دقت کافی را ندارد. بنابراین بهتر است که از این روش به عنوان آخرین راهکار استفاده کنید. البته به عنوان آزمایشی سریع در اتصالات و هادی بین آن ها موثرتر خواهد بود. فاصله کافی الکتروود زمین از نقطه دوم و خارج بودن آن از محدوده خود در تعیین دقیق میزان مقاومت تاثیر دارد.



## روش سه نقطه یا افت ولتاژ

این روش یکی از کامل ترین و قابل اطمینان ترین شیوه های اندازه گیری است. راه حل سه نقطه در تعیین مقاومت زمین در برابر الکتروود نصب شده زمینی قابل استفاده خواهد بود.

الگوهای به کار رفته در شیوه افت ولتاژ با توجه به استانداردهای IEEE81 تعیین می شوند. این استانداردها راهنمای اندازه گیری مقاومت زمین، [امپدانس](#) زمین و [ولتاژهای](#) سطح زمین را در اختیار مهندسان قرار می دهند. در یک دستگاه با چهار ترمینال، پایانه های P1 و C1 با پرش از دستگاه به الکتروود متصل می شوند. این اتفاق در حالی رخ می دهد که میله C2 به

طور عمودی و دور از الکتروود تحت آزمایش به داخل زمین فرو رفته است. سپس پایانه ولتاژ P2 در نقاطی مشخص و خطی مستقیم بین C1 و C2 به درون زمین منتقل می شود. بنابراین با فرو رفتن P2 در هر یک از نقاط مشخص ثبت مقاومت صورت می گیرد.

رسم منحنی مقاومت بر حسب مسافت گام بعدی است که باید انجام دهید. مقاومت صحیح بر اساس بررسی ۶۲ درصدی و تقریبی از کل فاصله بین C1 و C2 تعیین خواهد شد.

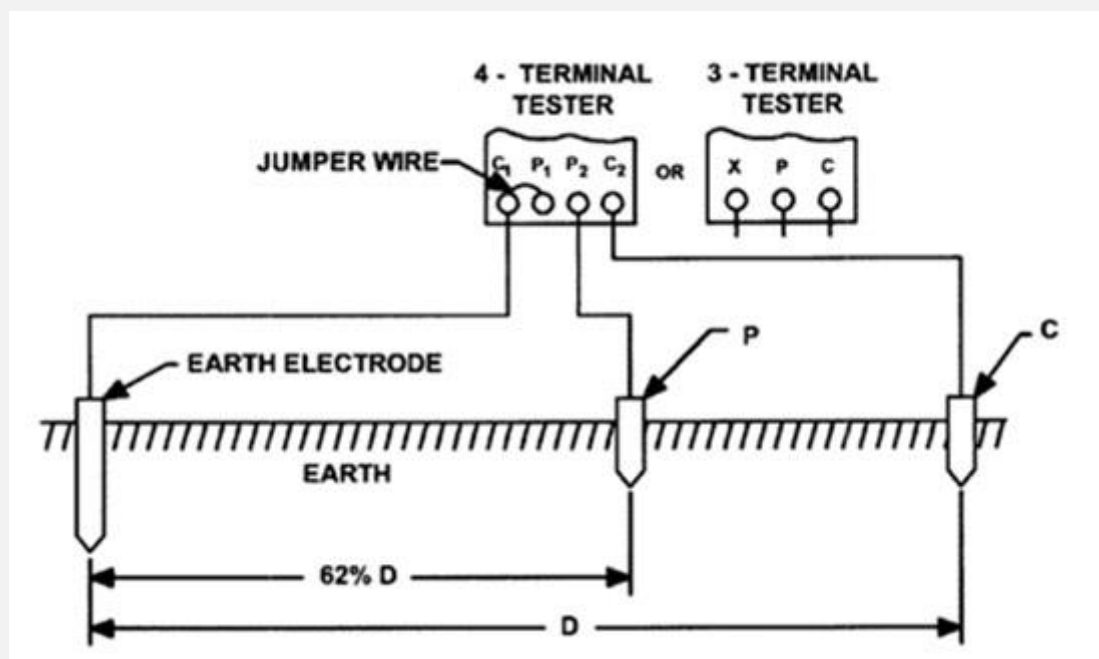
در تحلیل اندازه گیری مقاومت زمین به روش افت ولتاژ سه راه حل وجود دارد:

1. افت ولتاژ کامل: ساخت فضای قرارگیری مختلف P و ترسیم منحنی مقاومت کامل

2. افت ولتاژ ساده: اندازه گیری سه گانه در فواصل مشخص P و استفاده از محاسبات ریاضی جهت تعیین مقاومت

3. قانون ۶۱/۸٪: یک بار اندازه گیری مقاومت با قراردادن P در فاصله ۶۱/۸ (تقریباً ۶۲) درصدی بین C1 و C2. این روش در اعمال بارهای الکتریکی بالا، سیستم با الکتروودهای کوچک یا متوسط و خاک های همگن توصیه می شود.





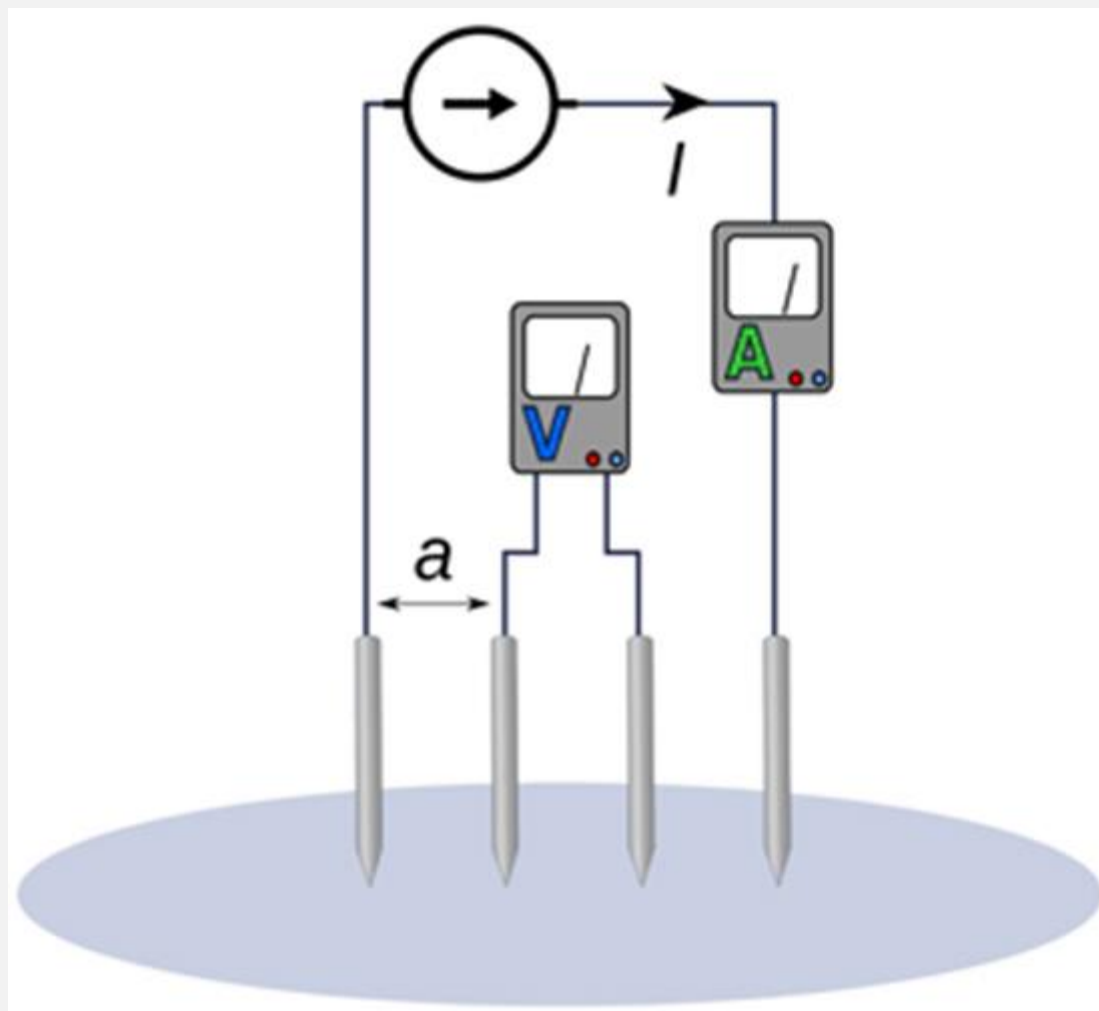
## اندازه گیری مقاومت خاک با روش چهار نقطه

روش چهار نقطه در اندازه گیری مقاومت خاک به منظور طراحی سیستم های برقی زمینی بسیار مهم قابل استفاده است. این شیوه با انتقال چهار الکتروود کوچک در عمق و فاصله یکسان، با قرارگیری در یک خط مستقیم به اندازه گیری مقاومت زمین می پردازد.

در این شرایط عوامل تاثیرگذار عبارت هستند از:

1. میزان رطوبت
  2. نمک های موجود در خاک
  3. فاصله نزدیک الکتروودهای زمینی با اشیاء رسانی دفن شده در خاک
- در مورد سوم باید گفت که تغییر الگوی جریان آزمایش در تماس با اشیاء فلزی بزرگ و بلند باعث اندازه گیری اشتباه مقاومت خاک می شود. مزایای

این شیوه شامل دقت اندازه گیری، سرعت، آسانی و مطابقت با استانداردهای IEEE81 است.



## روش کلمپ یا گیره ای

کلمپ روشی منحصر به فرد در اندازه گیری مقاومت زمین محسوب می شود. زیرا این کمیت را بدون قطع سیستم زمینی تعیین می کند. به کمک این روش امکان اندازه گیری سریع و آسان مقاومت پیوند اتصال به زمین فراهم می شود. فرآیند اندازه گیری با نگه داشتن گیره دستگاه اطراف

الکترو د زمینی مانند اندازه گیری جریان با گیره چند متری است. دستگاه ولتاژ مشخصی را بدون اتصال مستقیم الکتریکی از طریق سیم پیچ فرستنده اعمال می کند. سپس جریان دریافت شده توسط همان سیم پیچ اندازه گیری می شود. انجام این آزمایش در فرکانس های بالا باعث ایجاد ترانسفورماتورهای کوچک و کاربردی خواهد شد. به منظور کارایی بیشتر روش کلمپ باید یک مدار زمینی کامل وجود داشته باشد. در این حالت دستگاه مقاومت کامل مدار و تمام عناصر آن را به طور سری اندازه گیری می کند.

آگاهی نسبت به محدودیت های این روش به اپراتور کمک می کند که درک بهتری در رابطه با احتمال بروز خطاها یا اندازه گیری های غلط داشته باشد. برخی از محدودیت های اندازه گیری مقاومت زمین در روش کلمپ عبارت هستند از:

1. اثر بخشی در تعداد کمی از مدارهای موازی
2. عدم قابلیت استفاده در زمین های ایزوله، بررسی نصب یا راه اندازی سیستم های جدید
3. عدم کاربرد در مقاومت های متناوب پایین مانند برج های سلولی با پست های ایستگاهی

## نتیجه گیری

اندازه گیری کیفیت سیستم های زمینی سال ها است که به عنوان بخشی اساسی از برنامه های نگهداری سیستم های برقی به شمار می رود. علاوه بر این، عوامل گوناگونی مانند دما، رطوبت خاک و غیره در اندازه گیری مقاومت زمین تاثیرگذار هستند. الکترودهای زمینی (سیم ارت) به منظور ایجاد مسیری امن از زمین جهت از بین بردن جریان های اشتباه، اصابت رعد و برق، بارهای استاتیک و غیره کاربرد دارد.

در این مقاله شش روش اندازه گیری مقاومت زمین نامبرده و چهار مورد از آنها به طور خلاصه توضیح داده شدند. استفاده از شیوه های محاسبه این کمیت مستلزم پیروی از عملیات و استانداردهای خاصی است که در حصول نتیجه دقیق و صحیح تاثیرگذار خواهند بود.