

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)

## هدف از بکاربردن اتصال زمین (ارت):

- ۱ - حفاظت و ایمنی جان انسان
- ۲ - حفاظت و ایمنی وسایل و تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی
- ۳ - فراهم آوردن شرایط ایده‌آل جهت کار
- ۴ - جلوگیری از ولتاژ تماسی
- ۵ - حذف ولتاژ اضافی
- ۶ - جلوگیری از ولتاژهای ناخواسته و صاعقه
- ۷ - اطمینان از قابلیت کار الکتریکی
- ۸ - کاهش افت ولتاژ و افت توان بر اثر عدم تعادل بار در سیستم

## تست چاه ارت

به منظور حصول اطمینان از صحت کار کرد سیستم ارت در مقابل اضافه ولتاژهای تولید شده در بدنه که باعث صدمه دیدن دستگاهها و افراد می‌شود، همچنین ولتاژهای بسیار زیاد و خطرناک ناشی از برخورد صاعقه با دکل‌های کامپیوتری ضروریست مقاومت سیستم ارت به صورت سالانه اندازه گیری شود.

دردو حالت میبایستی میزان اهم چاه ارت را با دستگاه ارت تستر اندازه گیری کرد: ۱- در حالت بسته (رینگ) ۲- در حالت باز در حالت بسته باید زیر ۲ اهم و در حالت باز زیر ۵ اهم باشد. در غیر این صورت باید چاه ارت را احیاء کرد.

## لزوم اندازه گیری و تست چاه ارت

**بازرسی فنی و تست چاه ارت بر اساس ماده ۱۳-۲-۵ (تاسیسات الکتریکی)** را باید قبل از شروع بهره برداری یا پس از هر تغییر عمده در آن آزمود تا نسبت به صحت کارهای انجام شده طبق این مقررات اطمینان حاصل شود. همچنین بر اساس بند پ ۱-۹-۴ مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان (در پایان کار احداث هر الكتروود زمین و از آن پس به صورت دوره ای باید مقاومت آن را نسبت به جرم کلی زمین به کمک دستگاه های قابل قبول برای انجام این کار و توسط افراد کار آزموده اندازه گیری کرد و اگر تغییرات قابل ملاحظه ای در مقاومت الکتریکی مشاهده شد نسبت به توسعه سیستم اتصال زمین با احداث الكتروودهای جدید اقدام نمود. (علاوه بر آن بر اساس ماده ۲۲-۷-۸-۵ مبحث بیست و دوم مقررات ملی ساختمان (آزمون اندازه گیری مقاومت الكتروود زمین باید با استفاده از تجهیزات و روش های تایید شده به صورت دوره ای تست چاه ارت انجام شود)

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)

## تست چاه ارت

انواع روش های تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین:

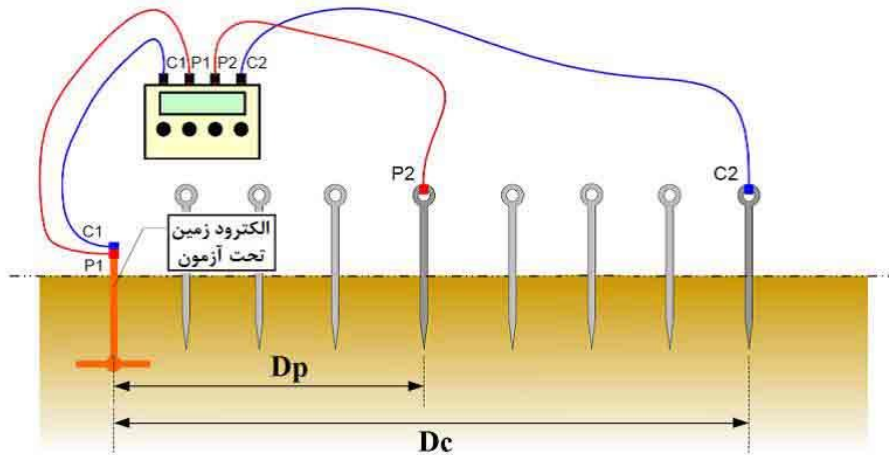
- تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت سیستم ارت به روش ۶۲٪
- تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت سیستم ارت به روش افت ولتاژ
- تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین به روش کلاسیک
- تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین به روش شیب
- تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین به روش آزمون ۱۸۰/۹۰
- تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین به روش چیدمان مثلثی
- تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین به روش تکنیک الکتروود متصل
- تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت سیستم ارت به روش دو الکتروودی (ارت مرده)
- تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین بدون کوبیدن میله
- تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین به روش تزریق جریان (کلمپی)
- تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین به روش سه نقطه



## بازرسی فنی و تست چاه ارت با روش افت پتانسل کلاسیک

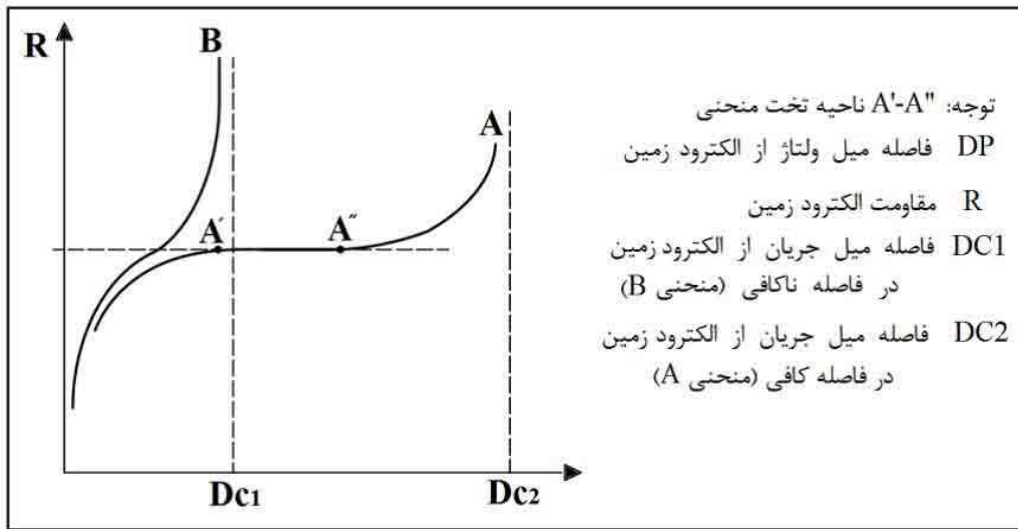
در این روش تست چاه ارت از دو میل برای اتصال ترمینال های دستگاه به زمین جهت تست چاه ارت که یکی (میل جریان) و دیگری (میل ولتاژ) نامیده می شوند جهت تست چاه ارت استفاده می شود. مطابق شکل زیر میل دورتر میل جریان در فاصله ای کافی و مناسب از الکتروود اصلی جهت تست چاه ارت کوبیده می شود به گونه ای که این دو خارج از حوزه مقاومتی هم قرار می گیرند (فاصله  $D_c$  میل نزدیکتر یعنی ولتاژ در فاصله  $D_p$  نزدیک به الکتروود اصلی) مثلاً پنج درصد  $D_c$  کوبیده شده و مقاومت نشان داده شده تست چاه ارت توسط دستگاه یادداشت می شود. سپس میل ولتاژ در نقاط متعدد با فواصل مساوی (مثلاً در ۲۰ نقطه) تا نزدیک میل جریان مانند شکل جابه جا شده و هر بار مقاومت اندازه گیری شده در تست چاه ارت یادداشت می شود. نمودار مقاومت های اندازه گیری شده بر حسب فاصله در دو حالت مختلف در شکل زیر نشان داده شده است.

هر گاه در تست چاه ارت فاصله الکتروود جریان با الکتروود اصلی مناسب بوده و شرایط اندازه گیری و تست چاه ارت صحیح نیز فراهم باشد مانند منحنی A در شکل پایین مقاومت زمین به صورت صعودی با یک ناحیه تخت در وسط شکل خواهد بود که مقدار ناحیه تخت، اندازه واقعی مقاومت الکتروود اصلی می باشد. در شرایطی که در تست چاه ارت فاصله  $D_c$  کمتر از مقدار مناسب باشد، نمودار منحنی مانند B در شکل بوده و در این صورت اندازه گیری معتبر نیست. در چنین حالتی باید با افزایش فاصله میل جریان از الکتروود اصلی، تمامی مراحل تست چاه ارت و اندازه گیری را تکرار نمود تا منحنی مناسب حاصل شود.



شکل ۳- تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین به روش افت پتانسل کلاسیک

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)



شکل (۴) منحنی های مقاومت - فاصله در روش افت پتانسیل کلاسیک

## بازرسی فنی و تست چاه ارت نکات اجرایی

(۱) در تست چاه ارت فاصله مناسب جهت کوبیدن میل جریان باید به گونه ای انتخاب شود که حوزه مقاومتی آن با حوزه مقاومتی الکتروود زمین تداخل نداشته باشد. توصیه می شود در **بازرسی فنی و تست چاه ارت** این فاصله از ۵ برابر بزرگترین بعد الکتروود زمین کوچکتر نباشد.

(۲) توصیه می شود در هنگام **تست چاه ارت** الکتروود زمین، میل جریان و میل ولتاژ در یک راستا و به صورت خطی چیدمان شوند.

(۳) در صورت وجود موانع در هنگام **بازرسی فنی و تست چاه ارت** و فراهم نبودن فاصله کافی جهت کوبیدن میل ها در یک راستا، مطابق شکل ۹ چیدمان میل ها می تواند به صورت مثلثی اجرا شود.

(۴) برای **تست چاه ارت** و اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین گسترده که نیاز به استفاده از سیم های بلند برای اتصال به میل های جریان ولتاژ و در نتیجه احتمال بروز خطای ناشی از تداخل الکترومغناطیس وجود دارد و همچنین در مواردی که محدودیت هایی در کوبیدن میل ولتاژ در چیدمان خطی میل ها به وجود می آید، توصیه می شود در **تست چاه ارت** از روش ۹۰/۱۸۰ استفاده شود.

(۵) برای بهبود کیفیت **تست چاه ارت** و آزمون اندازه گیری مقاومت پیشنهاد می شود مقداری آب نمک در اطراف میل جریان و میل ولتاژ به خاک ریخته شود. توجه شود که این عمل برای الکتروود زمین تحت آزمون ممنوع می باشد.

(۶) سیم های رابط بین دستگاه و میل ها باید به طور کامل از روی قرقره ها باز شوند و به صورت باز شده روی زمین رها شوند (دقت شود که سیم های رابط در هنگام **تست چاه ارت** تشکیل حلقه ندهند)

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)

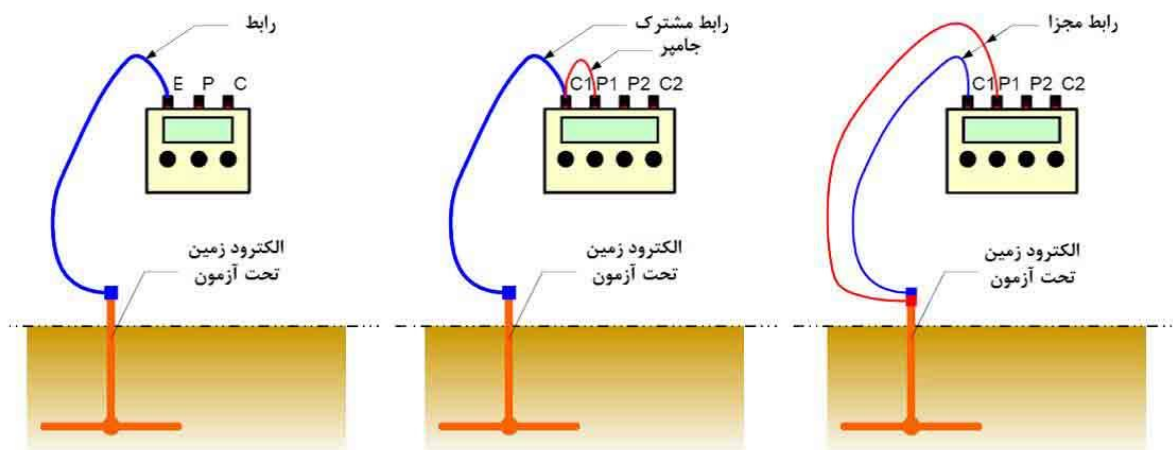
## بازرسی فنی و تست چاه ارت نحوه اتصال دستگاه ارت سنج:

اتصال دستگاه به میل های ولتاژ و جریان الکتروود اصلی به دو شکل امکان پذیر است:

الف -بازرسی فنی و تست چاه ارت با روش چهار سیمه : در این روش تست چاه ارت ترمینال های P1 و C1 با دو سیم مجزا به الکتروود اصلی متصل شده و P2 و C2 هم به ترتیب به میل های ولتاژ و جریان وصل می شوند. این روش در دستگاه های سه ترمیناله ( سه سیمه) قابلیت اجرا ندارند.

ب -بازرسی فنی و تست چاه ارت با روش سه سیمه : در این روش تست چاه ارت P1 و C1 به کمک رابط (یا جامپر) به هم متصل شده و توسط یک سیم مشترک به الکتروود اصلی P2 و C2 هم به ترتیب به میل های ولتاژ و جریان وصل می شوند. در برخی دستگاه های ارزان قیمت ترمینال های P1 و C1 در داخل دستگاه به هم متصل شده و معمولا E نامگذاری می شوند. بدیهی است چنین دستگاه هایی قابلیت اندازه گیری به روش چهار سیمه را ندارند.

تفاوت مهم این دو روش تست چاه ارت در این است که در روش تست چاه ارت سه سیمه، مقاومت سیم رابط الکتروود اصلی در مقدار مقاومت اندازه گیری وارد شده و زمانی که مقاومت الکتروود اصلی کوچک باشد، ممکن است ایجاد خطا کند. بنابراین می توان گفت در تست چاه ارت با روش اندازه گیری سه سیمه، بهتر است دستگاه ارت سنج در نزدیکی الکتروود زمین قرار گیرد. تفاوت اتصالات این روش ها در شکل زیر آمده است.



شکل (۵) انواع روش های اتصال (سه سیمه و چهار سیمه) دستگاه ارت سنج به الکتروود تحت آزمون (در این شکل اتصال P2 یا P به میل ولتاژ و C2 و C به میل جریان نشان داده نشده است)

## ساده سازی تست چاه ارت به روش افت پتانسیل

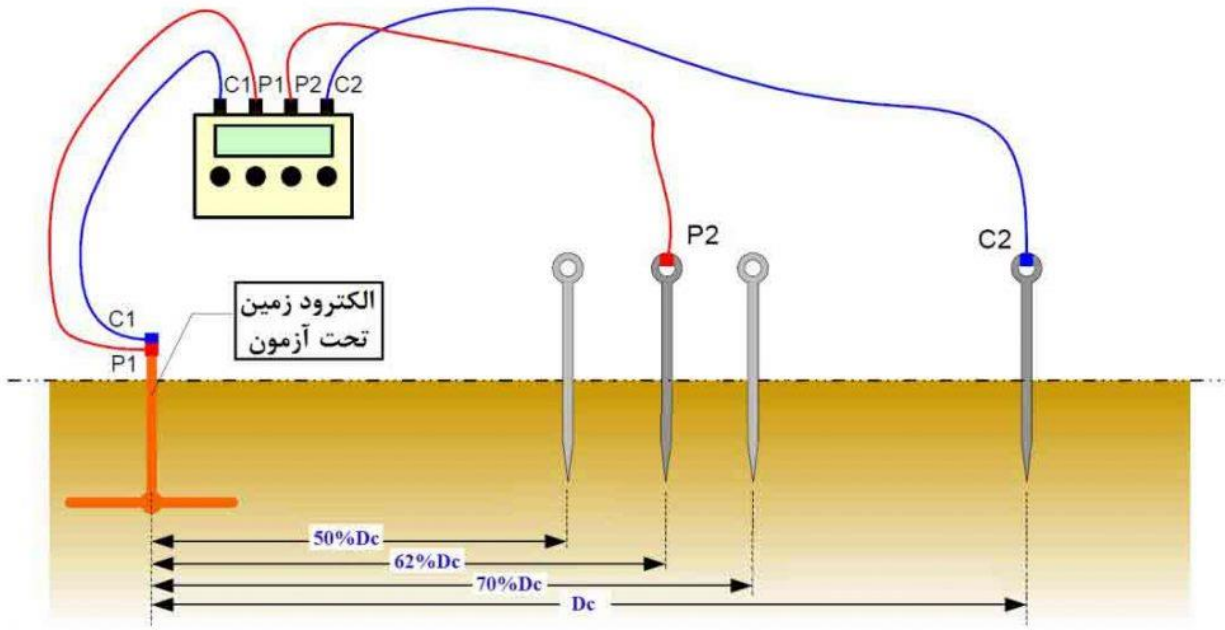
تعداد نقاط اندازه گیری و ترسیم دقیق نمودار مقاومت - فاصله در تست چاه ارت با روش افت پتانسیل نیاز به صرف زمان زیادی دارد و در برخی موارد نیز رسیدن به ناحیه تخت به علت محدودیت های فضا یا اجراء امکان پذیر نیست. در این گونه موارد از روش های ۵۰٪، ۶۲٪ و شیب که هر سه بر مبنای روش پایه افت پتانسیل هستند، استفاده می شود.

## بازرسی فنی و تست چاه ارت با روش افت پتانسیل ۶۲٪

این روش تست چاه ارت و اندازه گیری مبتنی بر این قاعده است که در روش افت پتانسیل، مقدار واقعی الکتروود زمین تحت آزمون هنگامی به دست می آید که فاصله میل ولتاژ تا الکتروود زمین برابر با ۱۶٫۸٪ (تقریباً ۶۲ درصد) فاصله میل جریان تا الکتروود زمین باشد. البته کماکان صحت این روش منوط بر مناسب بودن فاصله بین میل جریان و الکتروود تحت آزمون است. برای اجرای تست چاه ارت این روش مراحل زیر باید انجام شوند:

- ۱) در زمان تست چاه ارت الکتروود زمین تحت آزمون اندازه گیری از مابقی سیستم به طور کامل جدا و ایزوله شود.
- ۲) میل جریان دستگاه تست چاه ارت در فاصله مناسبی از الکتروود زمین کوبیده شود.
- ۳) میل ولتاژ در فاصله ای برابر با ۶۲٪ فاصله بین الکتروود زمین و میل جریان نسبت الکتروود زمین کوبیده شود.
- ۴) مقدار نشان داده شده توسط دستگاه ارت سنج خوانده و ثبت شود.
- ۵) برای بررسی صحت مقدار قرائت شده در گام قبلی، هنگام تست چاه ارت میل ولتاژ یکبار در فاصله ۵۰٪ و بار دیگر در فاصله ۷۰٪ کوبیده شود و دو عدد دیگر خوانده شود. چنانچه هر دو مقدار به دست آمده در این آزمون ها نسبت به مقدار خوانده شده در فاصله ۶۲٪ بیش از ۵٪ تفاوت نداشته باشد، آنگاه مقاومت اندازه گیری شده در فاصله ۶۲٪ به عنوان مقدار مقاومت الکتروود زمین منظور می گردد. تست چاه ارت در صورت اختلاف بیش از ۵٪ میل جریان باید در فاصله دورتر نسبت به حالت قبل جابه جا شده و گام های ۳ و ۴ تکرار شود.

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)



شکل (۶) اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین به روش افت پتانسیل ۶۲٪

یادآوری: در برخی از مراجع و همچنین توصیه سازندگان دستگاه های ارت سنج جهت تست چاه ارت به روش افت پتانسیل ۵۰٪ اشاره شده است.

مراحل اجرای تست چاه ارت در این روش مشابه با روش ۶۲٪ بوده و تنها تفاوت در انتخاب فاصله میل ولتاژ از مرکز الکتریکی سیستم زمین بوده که به جای ۶۲٪، میل ولتاژ باید در فاصله ۵۰٪ مستقر شود. به عبارت دیگر میل ولتاژ دقیقاً در وسط فاصله DC هنگام بازرسی فنی و تست چاه ارت کوبیده شود و مقاومت زمین مانند روش افت پتانسیل کلاسیک توسط دستگاه ارت سنج اندازه گیری شود. سپس میل ولتاژ به دو نقطه با فاصله ۱۰٪ DC از نقطه وسط به طرفین جابه جا شده) در فواصل DC 40% و 60% از الکتروود اصلی کوبیده می شود (و دو عدد دیگر برای مقاومت به دست می آید. اگر این دو عدد حداکثر ۵٪ با مقاومت وسط اختلاف داشته باشند، این تست چاه ارت و اندازه گیری معتبر خواهد بود و میانگین این سه عدد به عنوان مقاومت الکتروود منظور می گردد.

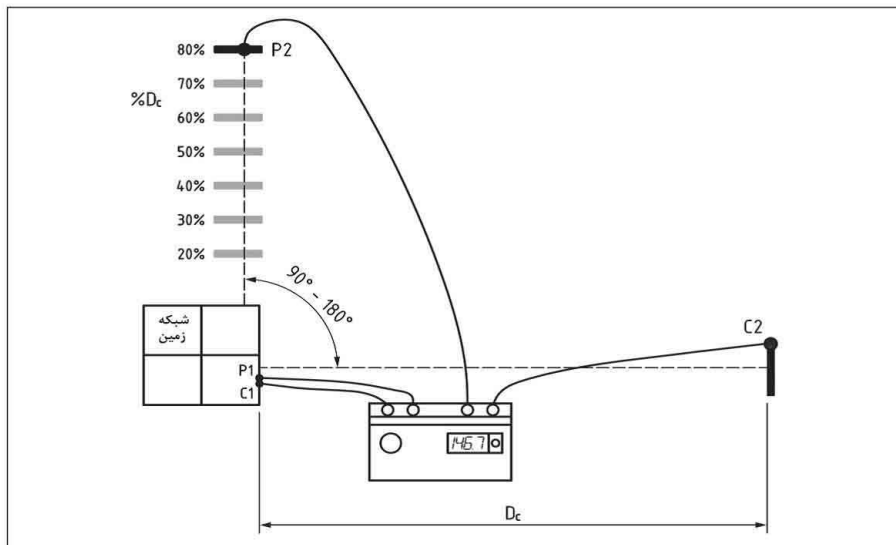
## تست چاه ارت با تکنیک ۹۰/۱۸۰

این تکنیک معمولاً برای اعتبار سنجی تست چاه ارت با روش های شیب و ۶۲٪ از طریق مقایسه نتایج حاصله به کار می رود. دستگاه ارت سنج و میل ها باید مطابق شکل (۷) جهت تست چاه ارت پیکر بندی گردد.

در این روش تست چاه ارت، میل جریان C2 در فاصله مناسبی از سیستم تحت آزمون (DC) و میل ولتاژ با زاویه ۹۰ درجه یا ۱۸۰ درجه نسبت به راستای استقرار میل جریان کوبیده می شود و چند اندازه گیری در فواصل مختلف (برای میل ولتاژ) مانند DC 0.6 ، DC 0.4 و DC 0.8 انجام می گیرد ( همان فاصله میل جریان تا سیستم تحت آزمون است )

نموداری که ترسیم می شود به مانند منحنی ۴ در شکل (۸) می باشد و باید به سمت مقدار واقعی مقاومت میل کند ولی هرگز به این مقدار نخواهد رسید. از طریق برون یابی نقطه DC می توان مقدار واقعی مقاومت الکتروود تحت آزمون را تخمین زد.

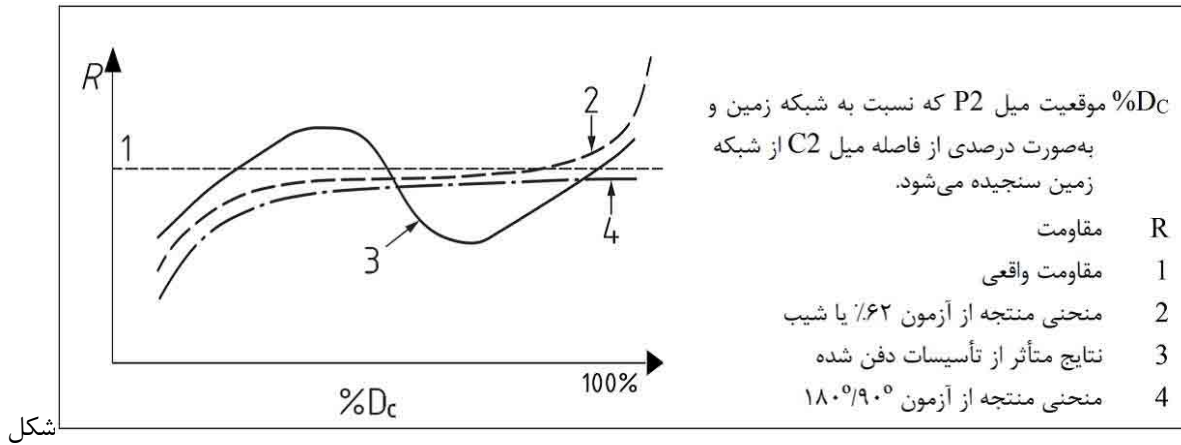
توجه: اجرام فلزی یا کابل های مدفون در خاک می توانند با ایجاد تغییرات جدی در شکل نمودار، تست چاه ارت و آزمون را به سوی نتایج اشتباه سوق دهند. یکسانی نتایج حاصل از اندازه گیری به کمک تکنیک ۹۰/۱۸۰ با اندازه گیری و تست چاه ارت به شیوه معمول (کوبیدن میل های ولتاژ و جریان در امتداد یک خط راست) در هر یک از روش های شیب ۶۲٪ بیانگر صحت این آزمون ها بازرسی فنی و تست چاه ارت می باشد.



شکل (۷): آزمون ۹۰/۱۸۰



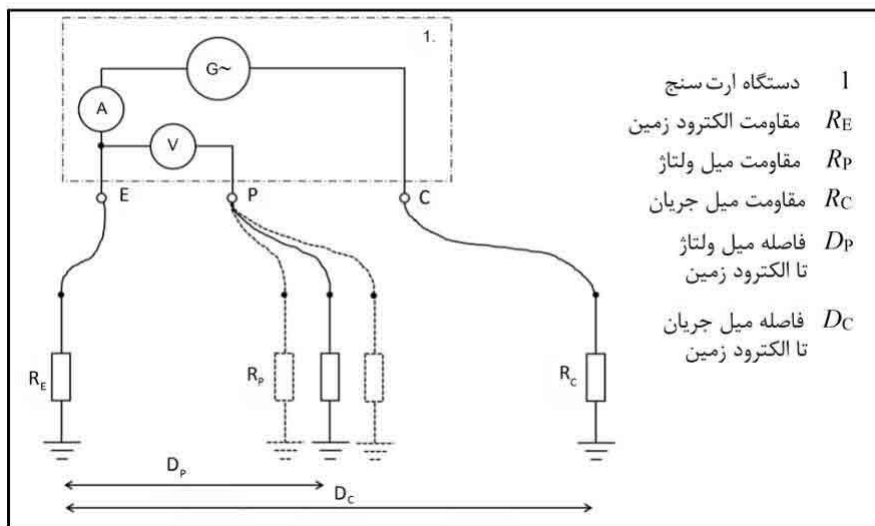
(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)



(۸) نتایج آزمون ۹۰/۱۸۰

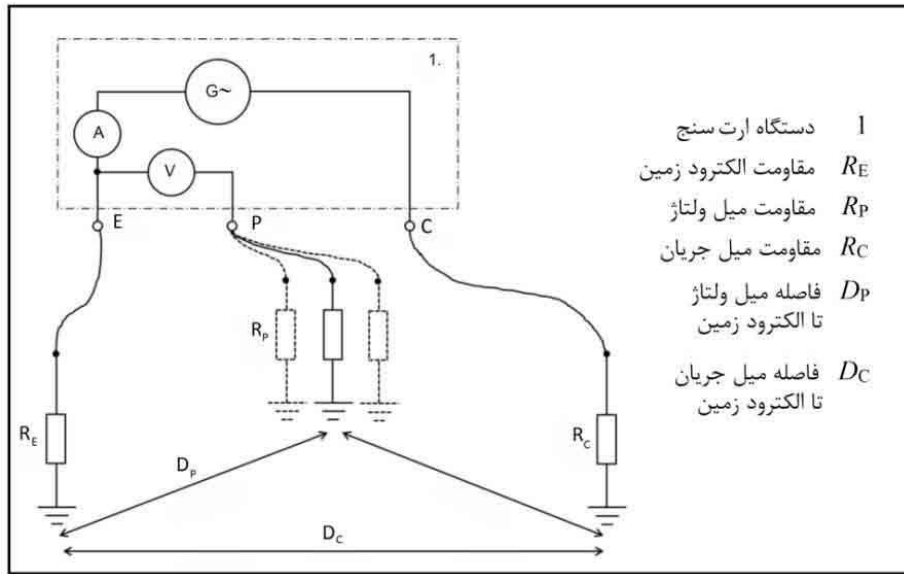
## بازرسی فنی و تست چاه ارت با تکنیک چیدمان مثلثی

معمولاً میل‌های ولتاژ و جریان مانند شکل (۹) در امتداد یک خط راست کوبیده شده و اندازه‌گیری (تست چاه ارت) انجام می‌شود. در صورتی که به دلیل محدودیت‌های مختلفی که در فضاهای شهری وجود دارد، امکان میل کوبی جهت تست چاه ارت در امتداد یک خط راست وجود نداشته باشد، میتوان میل‌ها را مانند شکل (۱۰) در یک چیدمان مثلثی کوبیده و بازرسی فنی و تست چاه ارت را انجام داد.



شکل (۹): چیدمان الکتروودها جهت تست چاه ارت به صورت خطی

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)



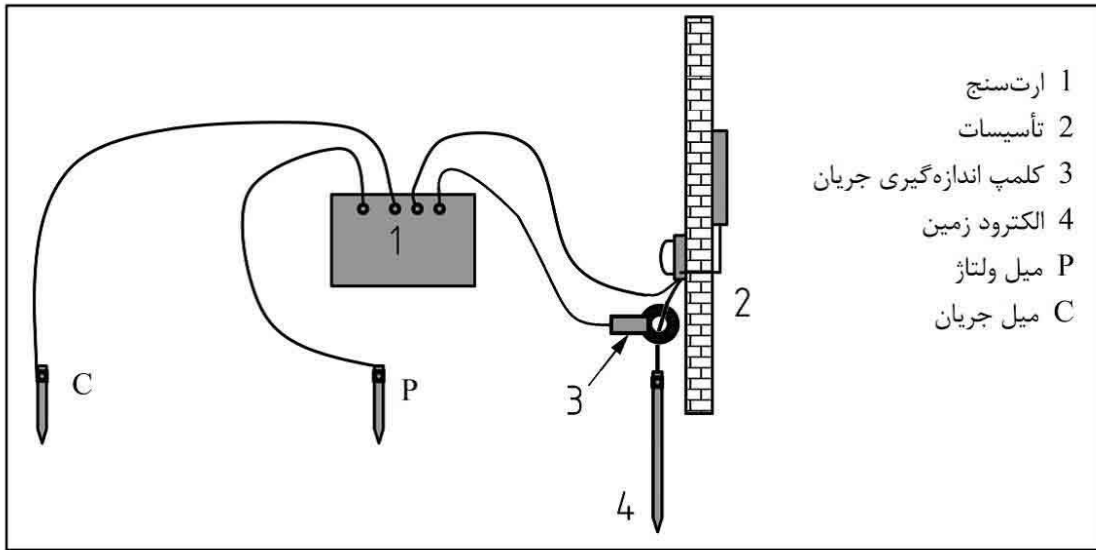
شکل (۱۰) چیدمان الکتروودها جهت تست چاه ارت به صورت مثلی

## بازرسی فنی و تست چاه ارت با روش تکنیک الکتروود متصل

با توجه به اینکه آمپر مترهای درونی دستگاه های ارت سنج، کل جریان خارج شده از دستگاه را می خوانند لذا پیش از اقدام به اندازه گیری مقاومت یک الکتروود زمین باید آن را از سیستم جدا نمود تا کل جریان آزمون از تالکتروود مورد نظر عبور کرده و مقاومت همان الکتروود اندازه گیری شود وگرنه مقاومت کل سیستم زمین خوانده می شود.

برای رفع این مشکل و اندازه گیری بدون نیاز به جدا کردن الکتروود تحت آزمون، بعضی از دستگاه های ارت سنج، مجهز به یک آمپر متر کلمپی (چنگکی) هستند که روی الکتروود تحت تست قرار داده شده و مطابق شکل ۱۱ توسط یک سیم رابط به دستگاه وصل می شود. در حقیقت این آمپر متر جایگزین آمپر متر درونی دستگاه می گردد.

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)



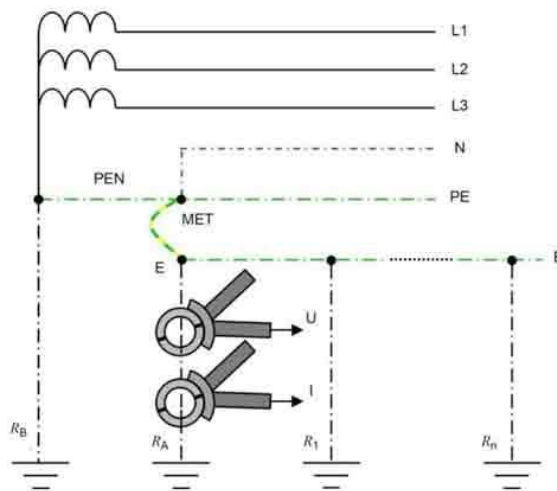
شکل

۱۱: تست چاه ارت با ارت سنج سه ترمیناله همراه با کلمپ جریان

## بازرسی فنی و تست چاه ارت به روش دو نقطه ای

در این روش تست چاه ارت علاوه بر الکتروود زمین تحت آزمون، یک الکتروود زمین کمکی نیز مورد نیاز است. نتیجه اندازه گیری هم حاصل جمع مقاومت هر دو الکتروود فوق می باشد. با توجه به اینکه مقدار اندازه گیری شده به عنوان مقاومت الکتروود تحت آزمون منظور می گردد در این روش تست چاه ارت باید مقاومت الکتروود کمکی در برابر مقاومت الکتروود تحت آزمون تست چاه ارت، ناچیز باشد.

مطابق با کاتالوگ سازنده، اتصالات لازم به الکتروود آزمون و الکتروود کمکی انجام و تست چاه ارت و اندازه گیری انجام می شود. (شکل ۱۲)



شکل ۱۲: تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین به روش دو نقطه ای

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)

### محدودیت ها ، مزایا و کاربرد

آشکار است که این روش برای اندازه گیری سامانه ای کم مقاومت ، می تواند دربردارنده خطاهای بزرگی باشد.

ضمنا اگر الکتروود تحت آزمون در محدوده الکتروود کمکی قرار گرفته باشد ، آنگاه تداخل نواحی مقاومتی دو الکتروود می تواند منشا خطای قابل توجهی گردد. لذا این روش تست چاه ارت تنها در مواردی مفید است که کل نیاز ما، انجام آزمونی از نوع رد/قبول باشد. عدم نیاز به میل کوبی موجب سرعت و سهولت اجرای تست چاه ارت با این روش می گردد.

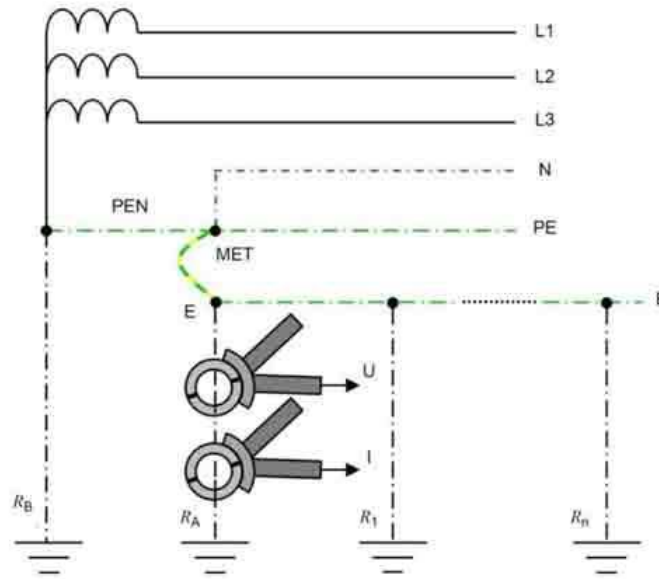
### تست چاه ارت با روش تزریق جریان کلمپی

بازرسی فنی و تست چاه ارت با روش تزریق جریان کلمپی ذاتا مشابه تست چاه ارت به روش دو نقطه ای است و محدودیت ها و کاربرد های همان روش را داشته و مانند آن، امکان اعتبار سنجی نتایج آزمون و تست چاه ارت وجود ندارد. اجرای آن نیز شبیه تست چاه ارت به روش دو نقطه ای می باشد. تنها تفاوت این است که در این روش تست چاه ارت نیازی به جدا کردن الکتروود تحت آزمون از سامانه زمین نیست. بنابراین علاوه بر سهولت و سرعت بیشتر در اجرای ارت، مزایای متصل ماندن الکتروود تحت آزمون به سامانه زمین را نیز داراست.

در این روش از دستگاه های ارت سنج مخصوصی جهت تست چاه ارت استفاده می شود که معمولا دو کلمپ دارند و این دو کلمپ توسط دو سیم رابط به دستگاه وصل می شوند. روش اندازه گیری به این شکل است که این دو کلمپ به فاصله مشخصی از هم که در کاتالوگ ذکر شده (معمولا حدود ۳۰ سانتیمتر) مانند شکل (۱۲) روی هادی اتصال زمین مورد نظر، حلقه می شوند. ولتاژ معینی توسط کلمپ اول در هادی اتصال زمین القا شده و سپس جریان جاری شده در مدار توسط کلمپ دوم اندازه گیری می شود. آنگاه مقاومت کل مدار توسط دستگاه محاسبه شده و روی نمایشگر نشان داده می شود. مقدار این مقاومت برابر با مقاومت  $R_a$  سری با موازی شده سایر مقاومت هاست که برای کاهش خطا باید معادل موازی این مقاومت ها خیلی از  $R_a$  کوچکتر باشد (مانند روش دو نقطه ای). ضمن اینکه خطای این روش به علت ویژگی های دستگاه خصوصا فرکانس های بالای اندازه گیری) معمولا بین ۱ KHZ تا ۳,۴ KHZ بیشتر از روش دو نقطه ای است.

توضیح: در برخی از دستگاه های ارت سنج مخصوص این روش تست چاه ارت دو کلمپ به صورت واحد درآمده و در یک کلمپ جاسازی شده اند. این کلمپ هر دو وظیفه القای ولتاژ و اندازه گیری جریان را انجام می دهد.

(رشته مهندسی ایمنی صنعتی و محیط کار - مقطع کارشناسی ناپیوسته)



شکل (۱۳): تست چاه ارت و اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین به روش تزریق جریان کلمپی

## عوامل ایجاد خطا در تست چاه ارت و اندازه گیری

عوامل متعددی ممکن است باعث ایجاد خطا در اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین و تست چاه ارت شوند که در ادامه به مهمترین آن ها اشاره می شود. این عوامل عبارتند از:

- (۱) اجرام فلزی مدفون در خاک
- (۲) جریان های سرگردان ناشی از منابع مختلف AC و DC
- (۳) نزدیکی بیش از حد میل جریان به الکتروود زمین آزمون
- (۴) خطای دستگاه های اندازه گیری
- (۵) خطای اپراتور در بازرسی فنی و تست چاه ارت
- (۶) به کارگیری دستگاه یا روش اندازه گیری نامناسب در تست چاه ارت