



راه‌نمای ارت سنجی کلمپی

ترجمه: وحید اکبرزاده

(ویرایش صفر)

* پیشگفتار

شرکت Megger از مؤسسات با اهمیت در تولید لوازم اندازه‌گیری الکتریکی به شمار می‌رود. پیشینه این شرکت به اواخر سده نوزده میلادی متکی است که شرکتی با نام Evershed & Vignoles در انگلستان تاسیس شد و یکی از اولین دستگاه‌های تولیدی این شرکت یک مولد دستی بود که با تولید ولتاژ زیاد، امکان تست مقاومت در محدوده مگا اهم را فراهم می‌کرد. نام این دستگاه از **MEG**اohm **metER** به Megger خلاصه شده و سپس به صورت یک نام تجاری درآمد. این اختراع به دستگاه متداولی در تست عایقی تبدیل شده و در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفت. علاوه بر این شرکت مزبور دارای موارد متعدد حق ثبت اختراع در زمینه‌های مختلفی است که عمده آنها مربوط به اندازه‌گیری الکتریکی هستند.

شرکت اولیه با ادغام در شرکت‌های دیگر در سال ۱۹۸۷ نام خود را به Megger Instruments Limited تغییر داد و اکنون دفاتر اصلی آن در کشورهای انگلستان، آمریکا، سوئد و آلمان واقع شده‌اند. بیش از ۱۰۰۰ نوع محصول در ۲۵ گروه از تولیدات این شرکت است که در سه شاخه قدرت، تاسیسات ساختمانی و مخابرات دسته‌بندی شده‌اند.

کتابچه‌ی حاضر به معرفی روش اندازه‌گیری مقاومت ارت با استفاده از دستگاه‌های کلمپی می‌پردازد و از دو جزوه به اسامی Guide to Clamp-on Earth Testing و راهنمای استفاده از دستگاه‌های ارت‌سنج کلمپی DET14-DET24 که هر دو از انتشارات شرکت Megger هستند تهیه شده است.

نکته حائز اهمیت اینکه این کتابچه روش‌های استفاده از دستگاه کلمپی را بررسی کرده و اعداد و ارقام و شیوه‌های اجرای تاسیسات اشاره شده در آن ممکن است با ضوابط و استانداردهای کشور ما متفاوت باشند.

تقاضا داریم در صورت مشاهده اشتباهات نگارشی و فنی، آنها را از طریق ایمیل akbarzadeh50@gmail.com به اینجانب منتقل فرمائید تا در ویرایش‌های بعدی اصلاح شوند.

با سپاس فراوان

اکبرزاده

آذر ۹۴

*** مقدمه**

آزمایش کیفیت سیستم زمین یکی از اساسی‌ترین مباحث در زمینه نگهداری سیستم‌های الکتریکی به شمار می‌رود. از الکترودهای زمین برای تامین مسیری امن جهت دفع جریانهای ناشی از خطا، برخورد صاعقه، الکتریسیته ساکن و امواج الکترومغناطیسی یا رادیویی استفاده می‌شود. با گذشت زمان، سیستمهای زمین به دلیل شرایط محیطی یا بلایای طبیعی (نظیر برخورد صاعقه) دچار تضعیف یا تخریب می‌شوند. همچنین با توسعه تاسیسات ممکن است نیاز به تغییراتی در سیستم زمین نصب شده احساس شود.

از خطرات ناشی از تضعیف سیستم زمین می‌توان به برق‌گرفتگی‌های مرگبار، صدمه به تجهیزات یک کارخانه، کاهش راندمان لوازم حساس برقی، اشکال در خطوط ارتباطی دیجیتالی و افزایش دما و احتمال آتش‌سوزی اشاره کرد. سیستم‌های زمین بدلیل احداث خارج از محوطه ساختمانی یا کارگاهی و دفن در زیر خاک، نسبت به سایر امور تاسیسات برقی چالش‌های متفاوتی محسوب می‌شوند. تنها راه اطمینان از توانایی سیستم در دفع جریانهای خطا و امواج مزاحم، اندازه‌گیری دوره‌ای مقاومت زمین آن سیستم است.

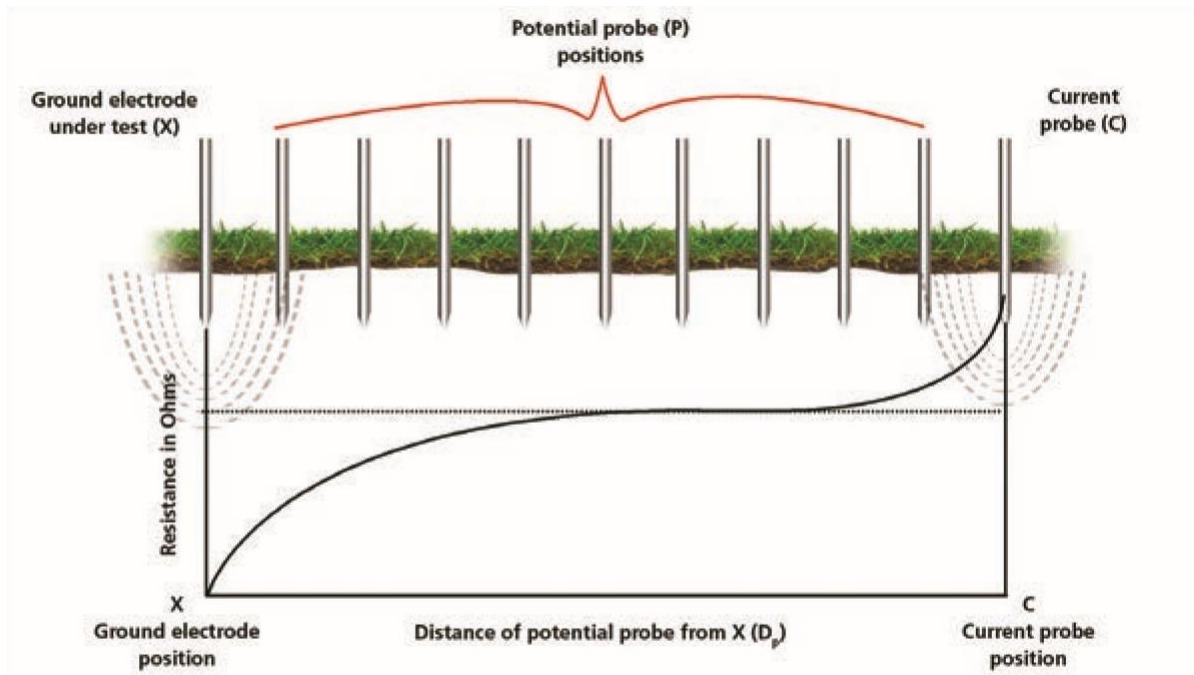
یک سیستم زمین خوب ضمن محافظت از اشخاص و تجهیزات، سبب بهبود راندمان لوازم حساس الکترونیکی نیز می‌شود. همبندی با زمین نیز یکی از بخش‌های اصلی سیستم بوده و آزمایش کیفیت اتصال زمین همبندی باید در برنامه‌ریزی برای نگهداری سیستم‌های الکتریکی مد نظر قرار گیرد. تا دهه ۱۹۸۰ روش افت ولتاژ (و انواع مختلف آن) تنها شیوه موجود برای چنین آزمایشی بود. تا اینکه در این دهه روش گیره‌ای (Clamp-on) یا بدون میله (stake-less) ابداع و به تدریج به محبوبیت و مقبولیت آن اضافه شد.

این کتابچه با تمرکز بر ارت‌سنج‌های کلمپی تهیه شده تا درک مناسبی از روش کار این دستگاه‌ها و موارد قابل استفاده و غیر قابل استفاده آنها فراهم شود. برای اطلاعات بیشتر در مورد آزمایش‌های افت ولتاژ و مقاومت ویژه خاک به کتابچه‌ی دیگر شرکت Megger به نام Getting Down to Earth مراجعه نمایید.

*** روش افت پتانسیل یا افت ولتاژ**

چنانچه ذکر شد روش گیره‌ای (Clamp-on) یا بدون میله (stake-less) روش نسبتاً جدیدی برای بررسی کیفیت اتصال زمین به شمار می‌رود. اما تاریخچه روش افت ولتاژ به دهه ۱۹۳۰ و تحقیقات پروفیسور H.B. Dwight (استاد دانشگاه MIT) بازمی‌گردد. این روش با وجود آنکه دقیق‌ترین شیوه اندازه‌گیری مقاومت الکتروود زمین است، مشکلات و معایبی نیز دارد. در این جا بدون ورود به مباحث تئوری یا فرمول‌های ریاضی مربوطه، با اصول اساسی این روش آشنا می‌شویم.

در این روش بایستی میله‌ای بنام الکتروود جریان در فاصله مناسبی از الکتروود زمین که به اندازه سیستم زمین بستگی دارد در خاک کوبیده شود (لازم به ذکر است که اتصال الکتروود زمین از سیستم باید قطع شود). حال دستگاه ارت‌سنج به الکتروود ارت تحت سنجش، الکتروود جریان و یک الکتروود ولتاژ متصل می‌شود. با تقسیم فاصله بین دو الکتروود به ۱۰ قسمت مساوی، الکتروود ولتاژ در ۱۰، ۲۰، ۳۰، ... و ۹۰ درصدی فاصله بین الکتروود زمین و الکتروود جریان در خاک کوبیده شده و در هر نقطه اندازه‌گیری انجام می‌شود. سپس مشابه شکل زیر نموداری از اعداد قرائت شده نسبت به طول ترسیم کرده و قسمتی از منحنی که به خط صاف تبدیل شده مقاومت تقریبی الکتروود ارت را به دست می‌دهد.



« شکل ۱ »

با تغییر مکان الکتروود جریان و تکرار آزمایش می‌توان به این نتیجه رسید که این روش برای اندازه‌گیری مقاومت ارت کاملاً قابل اطمینان بوده و در صورت تأمین مسافت لازم برای قرارگیری الکتروود جریان، قابلیت استفاده برای سیستم‌های زمین با هر اندازه‌ای را دارا می‌باشد. این روش مورد تأیید IEEE و سازگار با IEEE 81 بوده و در شرایط آرمانی ارائه‌ی آن به‌عنوان تنها روش اندازه‌گیری مقاومت زمین، امکان‌پذیر بود. ولی از آنجا که همیشه به شرایط ایده‌آل دسترسی نداریم، با سه محدودیت عمده در مورد این روش مواجه هستیم:

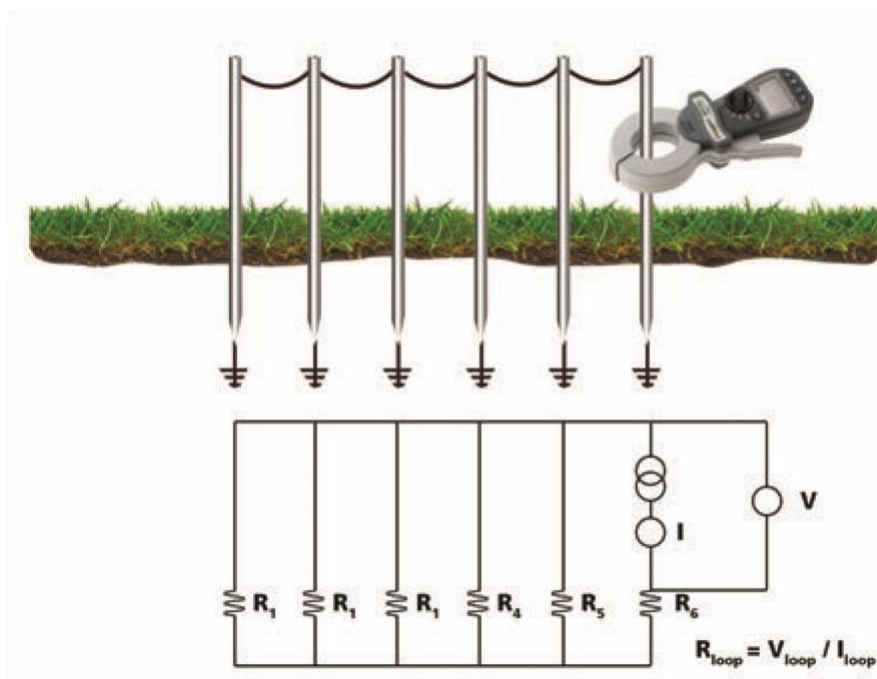
۱- این شیوه بسیار زمان‌بر و پرزحمت است. باید موقتاً میله یا الکتروودهایی در خاک کوبیده شده، سپس جابجا شوند. نیاز به برقراری اتصال با سیم بین آنها داشته و در نهایت اطلاعات قرائت شده به شکل نموداری ترسیم شوند.

۲- برای انجام آزمایش بایستی الکتروود ارت از سیستم جدا شود. در نتیجه در طول عملیات سنجش، سیستم در معرض محافظت نیست. پس از اتمام عملیات نیز باید الکتروود را مجدداً به سیستم متصل نمود که علاوه بر اتلاف وقت بیشتر، احتمال بروز خطا در صورت اتصال ضعیف یا نادرست را به همراه دارد.

۳- محدودیت‌های مکانی و سازه‌های اطراف می‌توانند مانع بزرگی در جاگذاری الکتروودهای کمکی ایجاد کنند.

* ارت سنج کلمپی یا گیره‌ای

ارت سنج کلمپی در صورت استفاده صحیح، سبب افزایش کارایی و سرعت می‌شود زیرا لزومی به جداسازی سیستم ارت و جاگذاری الکترودهای موقت نیست. درون گیره دستگاه از یک سیم پیچ فرستنده جهت اعمال ولتاژ و یک سیم پیچ گیرنده جهت اندازه‌گیری جریان استفاده شده؛ این دستگاه ولتاژ مشخصی را به یک مدار کامل اعمال کرده و پس از اندازه‌گیری جریانی که در مدار جاری می‌شود، (با استفاده از قانون اهم) مقاومت مدار را محاسبه می‌کند.

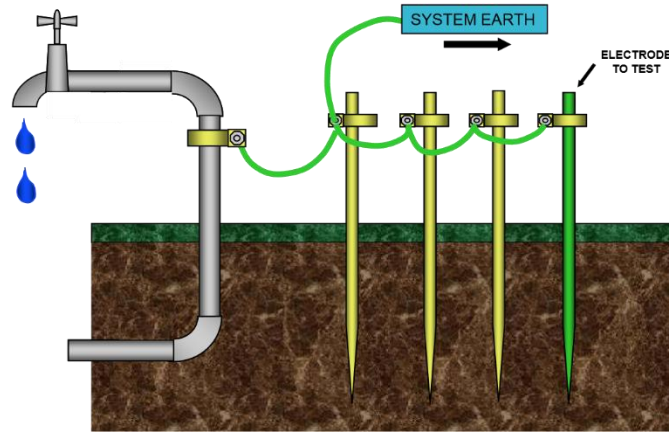


« شکل ۲ »

مطابق شکل فوق ارت سنج کلمپی برای عملکرد درست به یک مدار الکتریکی کامل نیاز داشته و کاربر باید از اینکه زمین در مسیر بازگشت جریان قرار دارد اطمینان حاصل کند. در این روش مقاومت کل مسیری که سیگنال اعمالی از آن عبور کرده اندازه‌گیری می‌شود.

* ارت تستر کلمپی (گیره‌ای) چگونه کار می‌کند؟

در شکل زیر یک سیستم ارت الکترودی مشاهده می‌شود. (در برخی کشورها همبندی لوله فلزی آب به سیستم زمین مجاز نیست). با فرض اینکه هدف ما اندازه‌گیری مقاومت زمین الکترودی سبز رنگ سمت راستی است، معمولاً بایستی الکترودی را از سیستم جدا و از روش تست سه سیمه استفاده کرد که این روش به دلیل نیاز به کوبیدن میله‌های کمکی همیشه قابل استفاده نیست؛ از جمله در مواجهه با کاشی، موزائیک یا بتون.

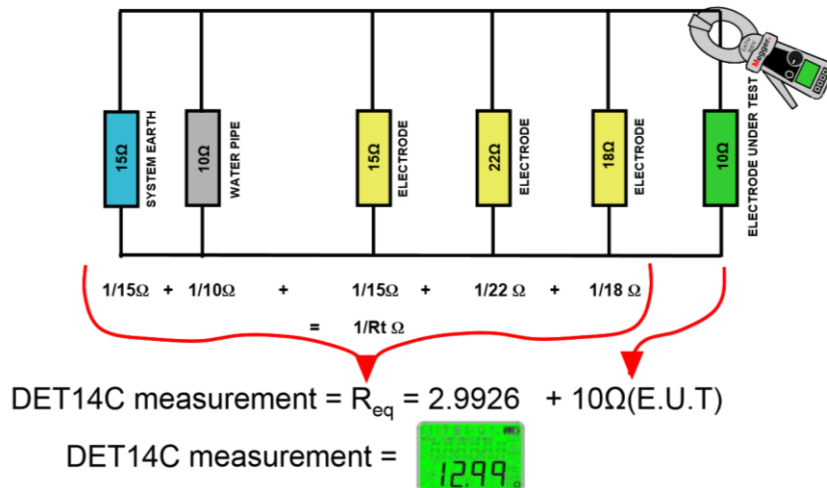


« شکل ۳ »

یک روش برای فائق آمدن بر این مشکل، استفاده از یک ارت سنج کلمپی است که فقط باید گیره دستگاه را به دور الکتروود حلقه کرد. اما کاربر باید به خوبی با نحوه کار دستگاه و اینکه چگونه اندازه گیری انجام می شود آشنا باشد تا اندازه گیری دقیقی از مقاومت زمین صورت گیرد. در شکل ۴ مدار معادلی برای وضعیت حاکم بر شکل ۳ ترسیم شده است. هر یک از اجزای مدار از قبیل لوله آب و الکتروودها دارای مقاومتی نسبت به زمین هستند.

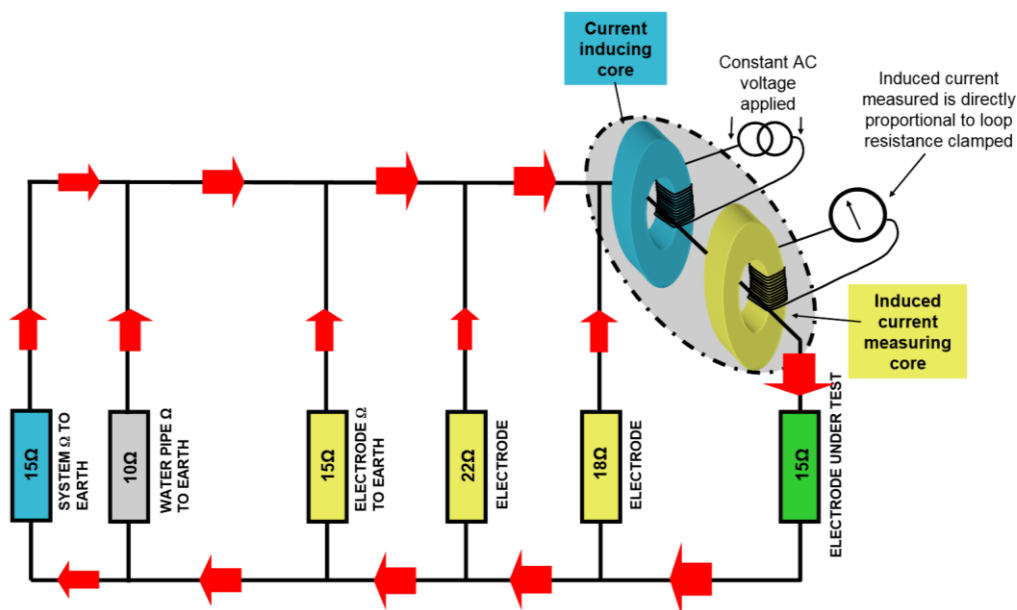
ارت سنج کلمپی تمام این عناصر را با هم موازی و با الکتروود مورد آزمایش بصورت سری در نظر گرفته و در نتیجه بجای مقاومت الکتروود مورد نظر، مقاومت معادل کل حلقه را اندازه می گیرد.

مثلاً در شکل ۴ که الکتروود مورد نظر دارای مقاومت زمین ۱۰ اهمی است، ارت سنج عدد ۱۲/۹۹ اهم را نمایش می دهد. برای فهم بهتر موضوع، روشی که این دستگاه بر مبنای آن عمل می کند را بررسی می کنیم.



« شکل ۴ »

در داخل کلمپ یا گیره دستگاه از دو سیم پیچ استفاده شده است که یکی از آنها جریانی را در مدار القا و دیگری جریان القا شده را اندازه می گیرد. ولتاژ ورودی به سیم پیچ اول مقدار ثابتی داشته در نتیجه جریان القا شده در مدار با مقاومت معادل آن رابطه مستقیم دارد.



« شکل ۵ »

نکته مهم که باید در نظر داشت این است که در اندازه‌گیری بدون الکتروود (با استفاده از روش کلمپی)، **مقاومت کل یک حلقه اندازه‌گیری می‌شود.** از اینجا دو قانون کلیدی و کاربردی در اندازه‌گیری‌های بدون الکتروود به شرح زیر حاصل می‌شود:

۱- وجود یک لوپ یا حلقه برای اندازه‌گیری لازم است.

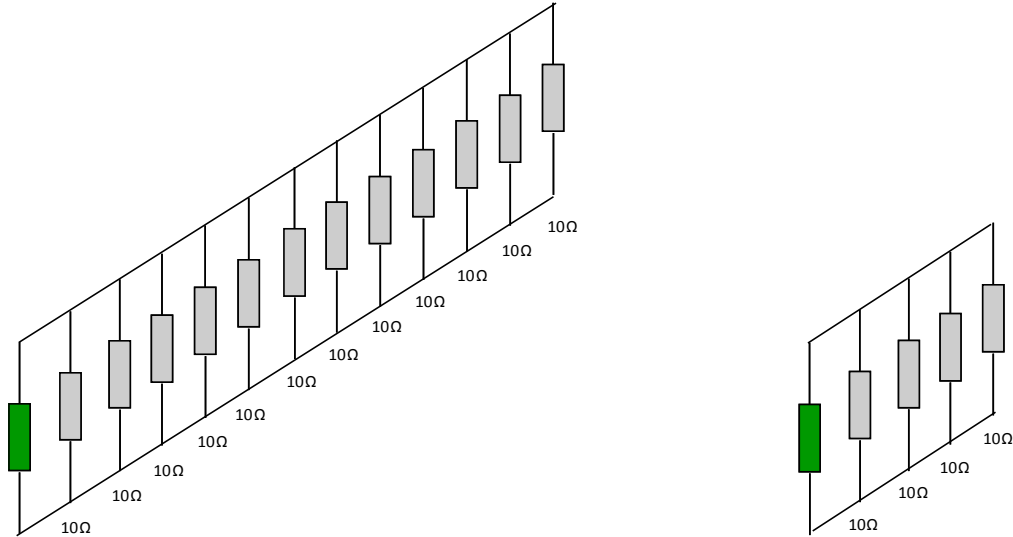
الف) باید مسیری متشکل از مقاومت‌های سری و موازی داشته باشیم و هر چه مقدار مقاومت معادل کمتر باشد، بهتر است. هرچه تعداد الکتروودها یا مسیرهای عبور جریان به زمین بیشتر باشد، نتایج حاصل از اندازه‌گیری الکتروود مورد نظر به مقاومت زمین واقعی آن الکتروود نزدیک‌تر خواهد بود.

ب) اگر لوپ یا حلقه‌ای برای اندازه‌گیری نداشته باشیم، می‌توانیم به کمک یک الکتروود موقت حلقه تشکیل دهیم. (توضیحات بیشتر در ادامه)

۲- ارت (مقاومت زمین) باید بخشی از لوپ یا حلقه باشد.

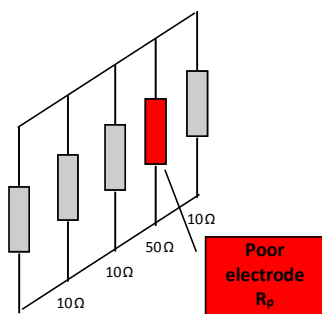
دقت کنید که به دلیل وجود هادی یا سازه فلزی، مدار از آن طریق بسته نشده باشد، مگر اینکه هدف بررسی صحت اتصالات باشد.

چنانچه اشاره شد، هر چه تعداد مسیره‌های موازی بیشتر باشد، نتیجه اندازه‌گیری به مقاومت زمین واقعی الکتروود مورد نظر نزدیک‌تر خواهد بود. در شکل ۶ به این مطلب پرداخته شده است. اگر مقاومت زمین واقعی هر الکتروود ۱۰ اهم باشد، مقاومت اندازه‌گرفته شده برای الکتروود سبز به کمک ارت سنج کلمپی با وجود چهار الکتروود موازی ۱۲/۵ اهم و در صورت وجود هشت الکتروود موازی ۱۰/۸۳ اهم خواهد بود که دومی به مقاومت زمین واقعی الکتروود (۱۰ اهم) نزدیک‌تر است.



« شکل ۶ »

از ارت سنج کلمپی می‌توان برای تشخیص الکتروود ضعیف هم استفاده نمود. طبق شکل ۷، اگر برای هر الکتروود یک بار عمل تست را انجام داده و در اندازه‌گیری یکی از الکتروودها عدد ۵۲/۵ اهم و برای سایر الکتروودها عدد ۱۳/۱ اهم به دست آمده باشد، نتیجه می‌گیریم که الکتروود اولی اتصال خوبی با جرم زمین نداشته و نیاز به اصلاح دارد.

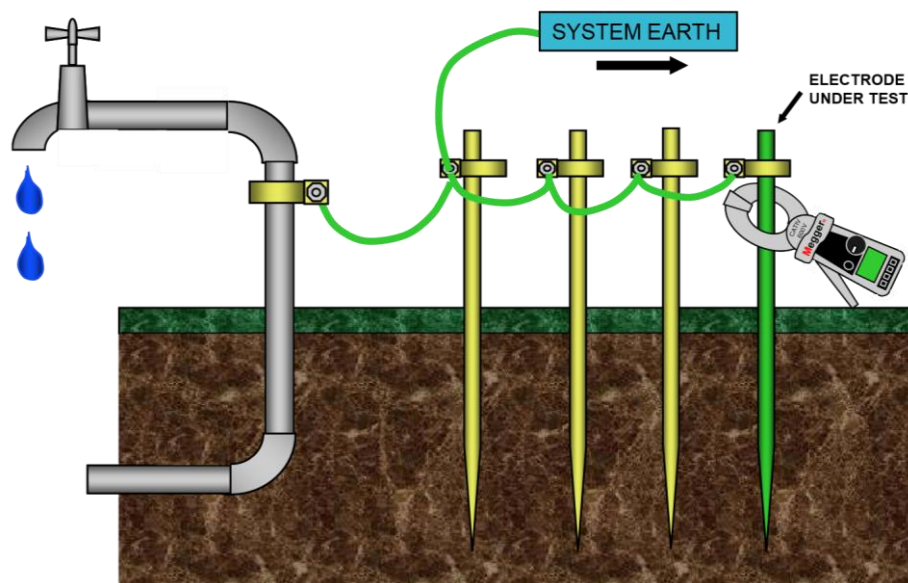


« شکل ۷ »

* موارد استفاده از ارت سنج کلمپی

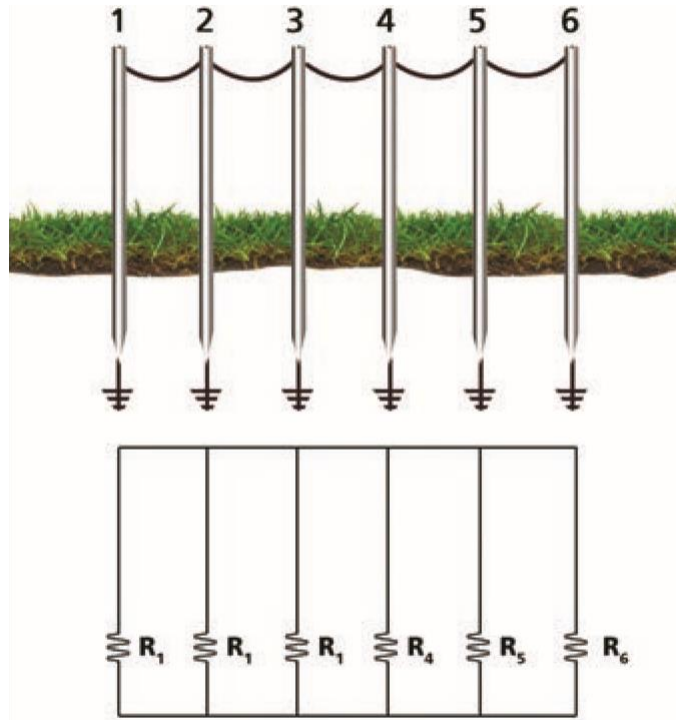
ارت سنج های کلمپی کاربردهای متعددی دارند که به تعدادی از آنها اشاره می شود. این مثالها جنبه معرفی دارند و ممکن است با ضوابط فنی برخی کشورها مغایر باشند چنانچه اتصال لوله آب به سیستم ارت در بعضی کشورها مجاز نیست.

شکل زیر که در صفحات قبل هم آمده بود یکی از کاربردهای متداول این ارت سنج است. ارت سیستم می تواند شینه ارت اصلی یک ساختمان یا اتصال ارت یک دستگاه باشد که به منظور محافظت آن از بارهای استاتیک دایر شده است.



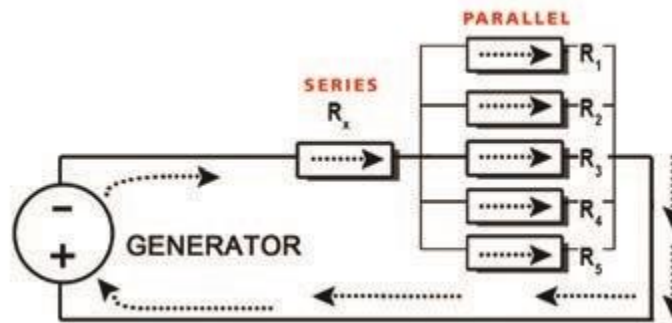
« شکل ۸ »

به عنوان یک مثال دیگر به شکل زیر توجه کنید که تعدادی الکتروود ارت موازی را نمایش می دهد.



« شکل ۹ »

در صورتی که هدف اندازه‌گیری مقاومت زمین الکتروود شماره ۶ باشد و حلقه ارت‌سنج را به دور آن حلقه کنیم، مدار معادل زیر حاصل می‌شود:

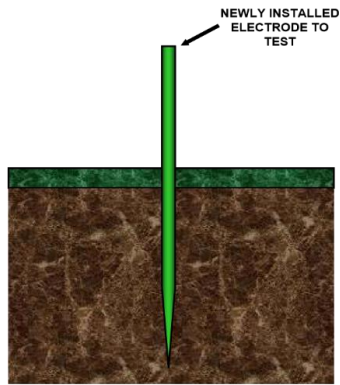


« شکل ۱۰ »

مقاومت کل مدار از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R_{loop} = R_6 + \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right)} \right)$$

در صورتی که مقاومت هر یک از الکتروودها ۱۰ اهم باشد مقاومت کل برابر ۱۲ اهم خواهد شد که تقریباً به مقاومت واقعی الکتروود مورد نظر نزدیک است. ولی اگر تعداد کل الکتروودها ۶۰ عدد باشد، عدد قرائت شده برابر ۱۰/۱۷ اهم خواهد بود.

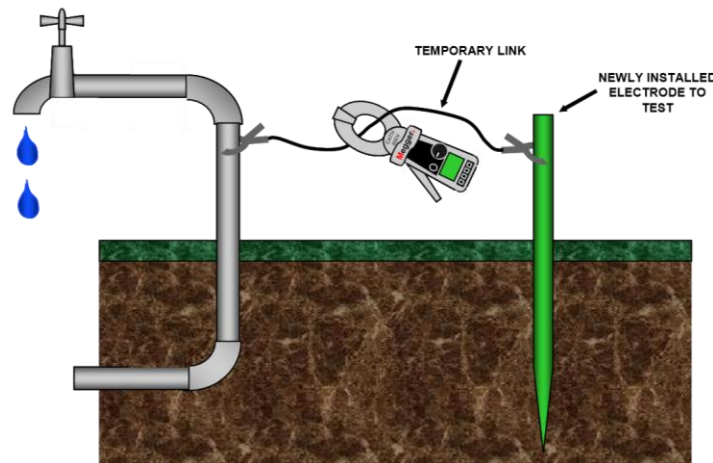


« شکل ۱۱ »

سئوالی که اغلب مطرح می‌شود این است که آیا سنجش یک الکتروود تنها (نظیر شکل روبرو) که به جایی هم وصل نیست با ارت سنج کلمپی امکان پذیر است؟ مطابق اولین قانون طلایی که مطرح شد وجود یک حلقه (لوپ) برای اندازه‌گیری مقاومت ضروری است. پس معمولاً به این سؤال پاسخ منفی داده می‌شود.

با این حال می‌توان با برقراری یک ارتباط موقت با یک اتصال ارت مناسب، یک حلقه تشکیل داده و اندازه‌گیری را انجام داد. مشخص نیست که عدد به دست آمده مقاومت کدام اتصال زمین را نشان می‌دهد ولی اگر هدف به دست آوردن مقاومت زیر ۱۰ اهم برای الکتروود مورد نظر باشد و عدد حاصل هم این خواسته را تأمین کند (چون دو مقاومت با هم سری شده‌اند) می‌توان نتیجه گرفت که مقاومت الکتروود در محدوده مورد نظر قرار دارد. فقط باید توجه کرد که الکتروود و اتصال زمین بکار رفته در حوزه ولتاژ هم تداخل ایجاد نکرده باشند.

هر چه تعداد الکتروودهای زمین موازی که با الکتروود تحت سنجش سری شده‌اند بیشتر باشد، عدد حاصل به مقاومت زمین واقعی الکتروود نزدیک‌تر خواهد بود. در شکل زیر یک ارتباط موقت با لوله آب فلزی به عنوان یک الکتروود ارت برقرار گشته و مورد استفاده واقع شده است.

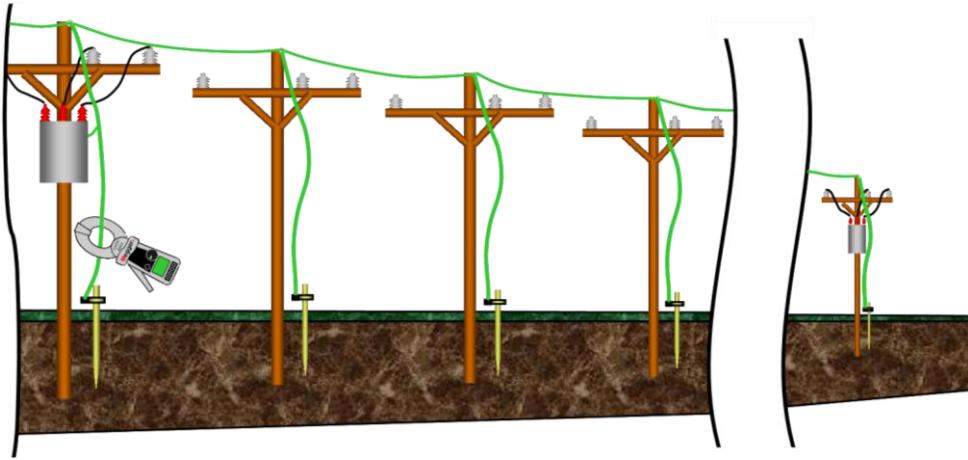


« شکل ۱۲ »

چنانچه گفته شد عدد قرائت شده با این دستگاه همواره بیش از مقاومت واقعی الکتروود مورد اندازه‌گیری خواهد بود. این خطا در واقع باعث افزایش ایمنی خواهد بود زیرا مقاومت الکتروود تحت سنجش قطعاً کمتر از عدد قرائت شده است، به عبارت دیگر اگر عدد خوانده شده، از میزان مقاومت مجاز کمتر باشد کاربر اطمینان خواهد داشت که مقاومت الکتروود نیز از مقدار مجاز کمتر بوده و حداقل مورد نیاز را تأمین می‌کند.

پس از آشنایی کلی با ارت سنج کلمپی، برخی دیگر از موارد استفاده این دستگاه معرفی می‌شوند.

● در شکل زیر اتصالات ارت متعدد در هر یک از تیرها و نیز در ترانسفورماتور هوایی توزیع، کاربرد ایده‌آلی برای یک ارت سنج کلمپی تعریف می‌کنند.

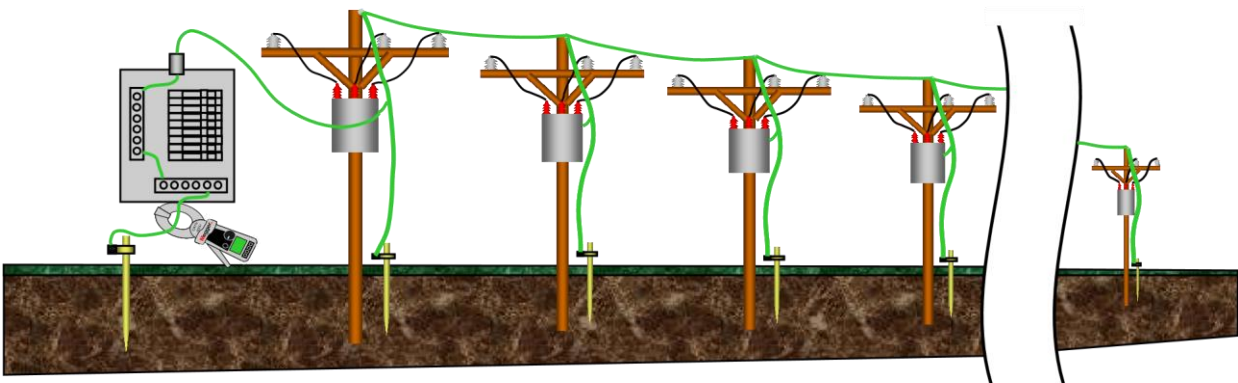


« شکل ۱۳ »

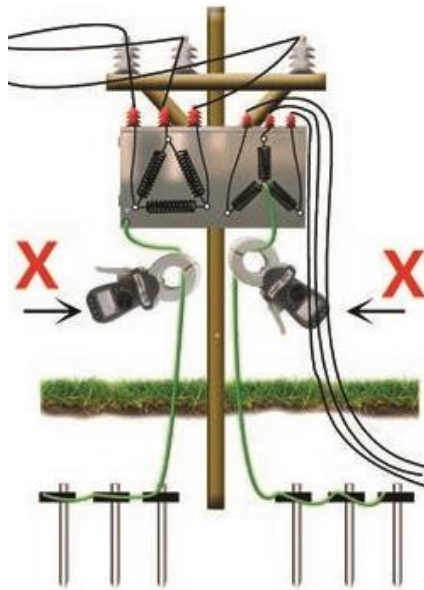
هر یک از تیرها از یک الکتروود زمین به منظور حفاظت و ایمنی در برابر بروز خطا و صاعقه استفاده کرده و در ترانس توزیع هوایی (با آرایش ستاره) نیز دو الکتروود به کار گرفته شده است. در چنین سیستمی مقاومت زمین کل باید کمتر از $0/3$ تا $0/5$ اهم بوده و مقاومت هر یک از الکتروودها باید کمتر از 10 تا 20 اهم باشد.

در اینجا باید از اتصال الکتروودهای ارت از طریق هادی بالاسری (سیم سبز رنگ) اطمینان داشت تا اندازه‌گیری درستی انجام گیرد.

● از کاربردهای قابل ذکر دیگر، اندازه‌گیری مقاومت الکتروود مربوط به کنتور یا کابل سرویس مشابه شکل ۱۴ است. در این حالت هم به دلیل احتمال وجود مسیرهای متعدد به ارت، دو یا چند الکتروود و حتی اتصال به لوله آب بایستی مکان مناسب جهت انجام آزمایش را شناسایی کرد. گاهی بهتر است در صورت عدم امکان تشخیص هادی اتصالی به الکتروود ارت، گیره ارت سنج را مستقیماً به دور الکتروود تحت آزمایش حلقه کرد.



« شکل ۱۴ »

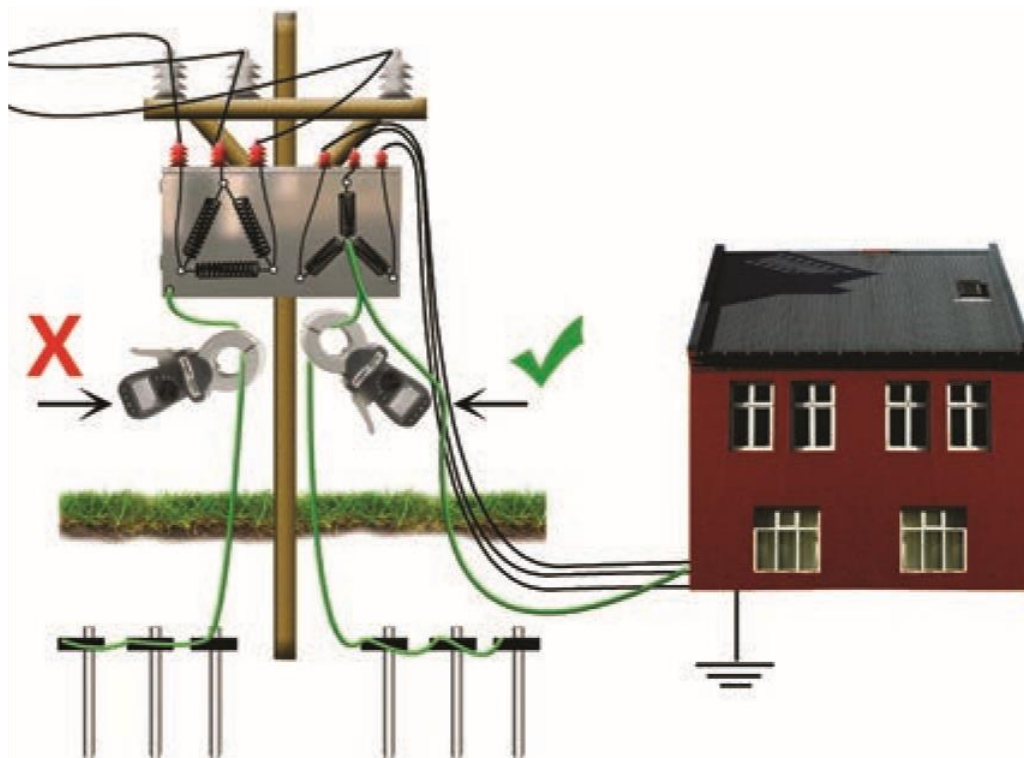


« شکل ۱۵ »

● با توجه به قانون مهم مطرح شده که وجود یک لوپ از مقاومتها را ضروری میدانند، گاهی در مورد تیرها این لوپ حداقل در محلی که باید باشد، وجود ندارد. در شکل مقابل سیستمی با ترانسفورمر دارای آرایش ستاره-مثلث با دو الکتروود که روی یک تیر چوبی نصب شده، ملاحظه می‌شود (ثانویه ترانس با سه سیم به شبکه توزیع ارتباط داده شده).

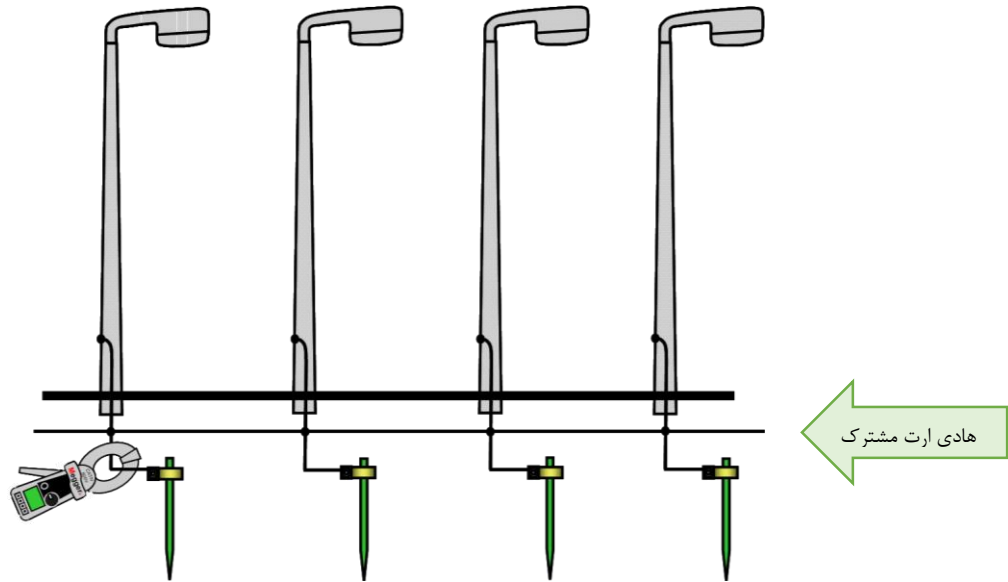
هیچیک از الکتروودها به هادی ارت بالاسری متصل نیستند؛ یکی از آنها به عنوان زمین حفاظتی به بدنه فلزی ترانس و دیگری به عنوان زمین الکتریکی به نقطه ستاره ثانویه ترانس در سمت فشار ضعیف اتصال یافته‌اند. باید توجه داشت که در اینجا لوپ می‌تواند از دو گروه الکتروود فوق به علاوه تیر چوبی تشکیل شده و عدد بزرگی که به اشتباه در اندازه‌گیری حاصل می‌شود کاربر را دچار خطا کند.

در شکل زیر از نقطه ستاره ترانس اتصالی به شبکه توزیع محلی و سیستم ارت آن برقرار شده که سبب می‌شود مدار مناسبی جهت اندازه‌گیری تشکیل شود (ثانویه ترانس با چهار سیم به شبکه توزیع ارتباط داده شده). یادآوری می‌شود که عدد قرائت شده در اینجا حاصل سری شدن مقاومت ارت شبکه توزیع با الکتروودهای مورد اندازه‌گیری است و مقاومت هر یک از آنها از عدد خوانده شده کمتر است.



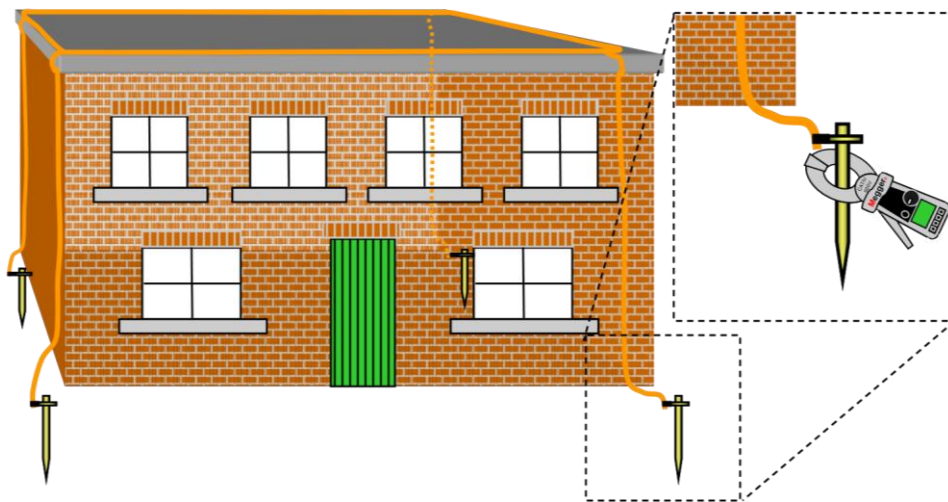
« شکل ۱۶ »

● یکی دیگر از موارد استفاده قابل ذکر، در رابطه با روشنایی معابر است. برای اندازه‌گیری مناسب بایستی مطابق شکل ۱۷، سنجش در نزدیکترین نقطه به الکتروود زمین صورت گیرد، نه در سمتی که هادی زمین به هادی مشترک بین الکتروودها اتصال یافته.



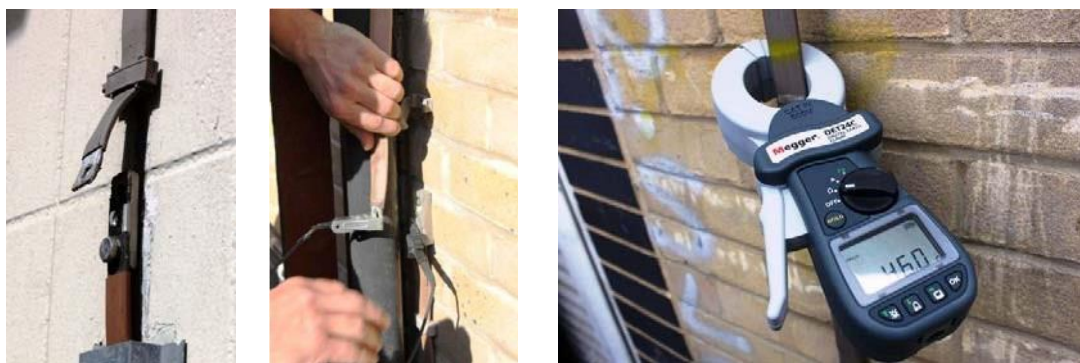
« شکل ۱۷ »

● یکی دیگر از کاربردهای ایده‌آل اندازه‌گیری بدون میله کمکی (روش کلمپی) در سنجش الکترودهای ارت صاعقه‌گیرها است. عملکرد مناسب سیستم صاعقه‌گیر در یک ساختمان رابطه مستقیمی با کیفیت اتصال زمین آن دارد. معمولاً در هر گوشه‌ی ساختمان یک الکتروود قرار می‌گیرد که در مورد اضلاع طویل ممکن است الکترودهای اضافی میانی هم نصب شده باشند. برای برقراری اتصالات هم از تسمه‌های مسی به عرض ۵۰ میلی‌متر استفاده می‌شود. (شکل ۱۸)



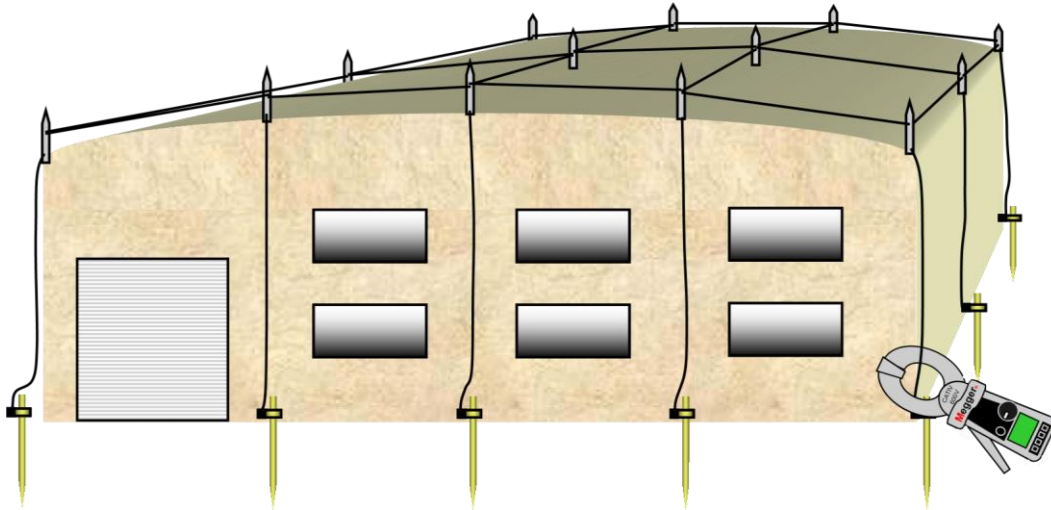
« شکل ۱۸ »

در شکل ۱۸ ارت سنج مستقیماً به دور الکتروود حلقه شده که با توجه به دهن آن در یک گودال کوچک، اغلب مقدور نیست. ضمناً معمولاً هادیهای نزولی صاعقه‌گیر توسط بست‌های ارتباطی چفت شده‌اند که برای تست اتصالات قابل جداسازی هستند. این بستها موقعیت مناسبی برای استفاده از یک ارت سنج کلمپی فراهم می‌کنند و با این اندازه‌گیری کل لوپ شامل تمام اتصالات و تسمه‌ها سنجیده می‌شود. لازم به ذکر است که با توجه به فرکانس کاری متفاوت روش‌های مختلف اندازه‌گیری، ممکن است مقادیر حاصل از آنها (بخصوص در بناهای مرتفع) دقیقاً یکسان نباشند ولی در این مورد خاص همگی معتبر و قابل استناد هستند.



« شکل ۱۹ - بست ارتباطی قابل جداسازی و اندازه‌گیری با ارت‌سنج کلمپی »

اغلب سیستمهای حفاظت از صاعقه در کارخانجات - به ویژه در اروپا - از برقگیرهایی تشکیل شده‌اند که در فواصل منظمی روی سقف نصب شده و طبق شکل ۲۰ به هم و به الکترودهای زمین متصل شده‌اند. این شیوه اتصال سبب کاهش بیشتر مقاومت‌های سری با مسیر ارت شده و در نهایت عدد حاصل از سنجش مقاومت هر یک از الکترودها به مقدار واقعی مقاومت زمین آن نزدیک‌تر خواهد شد.



« شکل ۲۰ »

• نکاتی در اندازه‌گیری سیستم‌های صاعقه‌گیر

▪ با توجه به امکان وجود اتصالات دیگر به این سیستم، اپراتور باید حلقه دستگاه را پایتینتر از کلیه اتصالات (نزدیکترین مکان به الکتروود) به دور هادی نزولی ببنداند، در غیر اینصورت الکتروود با سایر مسیرها به زمین موازی خواهد شد. مثلاً در شکل مقابل مسیر ارت مشخص بوده و امکان تست در نقاط زیرین آن فراهم است.



« شکل ۲۱ »

▪ در شکل زیر با مسیر رایزر خشک آتش نشانی همبندی صورت گرفته است.

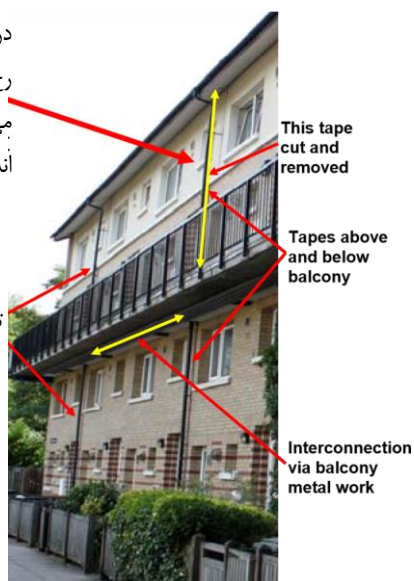


« شکل ۲۲ »

▪ احتمال همبندی با سازه‌های فلزی دیگر از قبیل نرده‌های راه‌پله و بالکن‌های فلزی و پله فرار هم وجود دارد و بایستی در زمان سنجش، این نقاط بالاتر از محل حلقه کردن ارت سنج قرار گیرند.

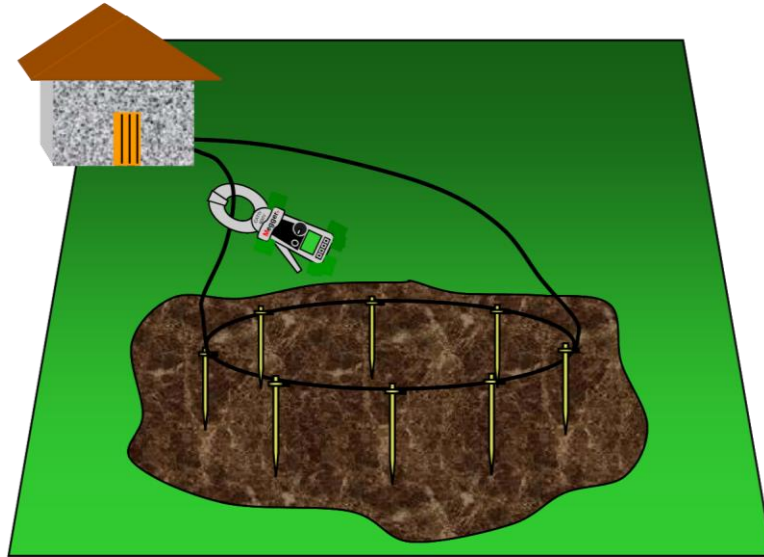
در اینجا قطعی هادی نزولی در طبقه فوقانی
رخ داده و اتصال دو تسمه در زیر تراس سبب
می‌شود در همکف اندازه مقاومت مناسبی در
اندازه‌گیری هر یک از تسمه‌ها حاصل شود.

تسمه یا هادی نزولی در بالا و پائین تراس



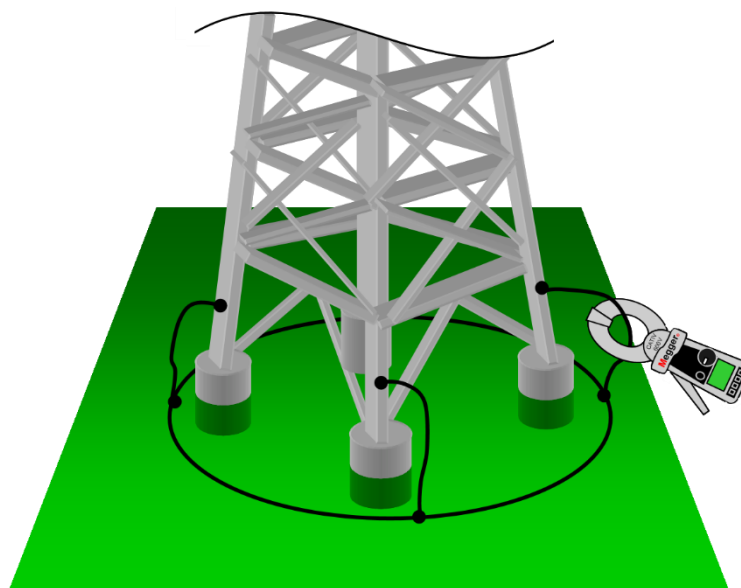
« شکل ۲۳ »

● شکل ۲۴ و آرایش الکترودهای زمین را در این شکل به عنوان نمونه‌ای از یک مرکز سوئیچینگ مخابراتی در نظر بگیرید. در اینجا از ارت‌سنج کلمپی بجای اندازه‌گیری مقاومت ارت؛ به منظور بررسی درستی اتصالات ارت استفاده شده است. با ثبت دوره‌ای مقادیر قرائت شده و مقایسه آنها می‌توان به بروز ایراداتی نظیر خوردگی پی برده و نسبت به رفع آنها اقدام کرد.



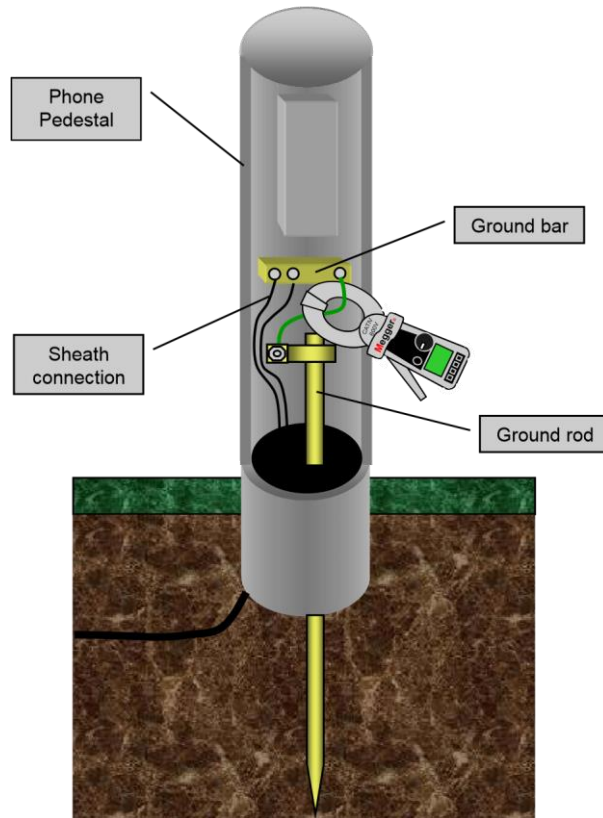
« شکل ۲۴ »

● سایت‌های موبایل و دکل‌های میکروویو یا دکل‌های رادیویی نیز از جمله موارد مشابه هستند. در شکل ۲۵ دکلی با چهار پایه مشاهده می‌شود که هر پایه جداگانه با اتصال به یک حلقه مسی مدفون، زمین شده است. همانند مثال قبل در اینجا هم از دستگاه ارت‌سنج برای تست درستی اتصالات الکتریکی استفاده می‌شود و هدف سنجش اندازه واقعی مقاومت ارت نیست.



« شکل ۲۵ »

● مقاومت الکتروود ارت کافوهای مخابراتی را می‌توان مطابق شکل ۲۶ اندازه گرفت. زره کابل‌ها به شینه ارت متصل شده و این شینه نیز به الکتروود ارت ارتباط یافته است. در این حال بایستی حلقه دستگاہ را به سیم یا کابلی که شینه ارت را به الکتروود ارت متصل می‌کند حلقه کرد. در صورت لزوم می‌توان از یک کابل اضافی برای افزایش طول آن بهره برد.



« شکل ۲۶ »

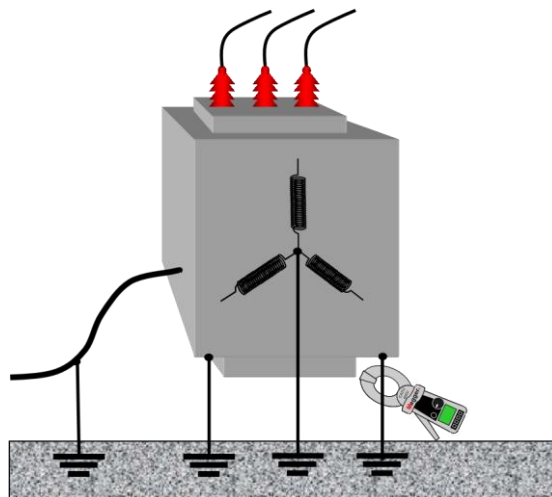
● در پست‌های برق می‌توان برای بررسی درستی اتصالات به ارت از این دستگاه استفاده نمود. مشکل اصلی در این مورد می‌تواند تداخلات ناشی از جریان القایی در شبکه ارت باشد.



« شکل ۲۷ »

وضعیت اتصال به ارت در نرده‌ها و حصارکشی اطراف پست نیز با ارت سنج کلمپی قابل بررسی است.

● برای اندازه‌گیری ارت بدون الکتروود می‌توان کاربردها و موارد استفاده زیادی ذکر کرد. بررسی اتصال ارت ترانسفورمرهای کامپکت پد مانند (pad mounted) یکی از آنهاست. ممکن است اتصالات زیادی به الکتروود موجود برقرار شده باشد و لازم باشد که گیره دستگاه پائین‌تر از سایر اتصالات و مستقیماً به دور خود الکتروود ارت حلقه شود. اگر این اتصالات به جای یک الکتروود همگی به یک ارت گسترده متصل شده باشند - به دلیل موجود نبودن مسیر ارت در حلقه مورد سنجش - اندازه‌گیری به تست درستی اتصالات مبدل خواهد شد.



« شکل ۲۸ »

* اندازه‌گیری جریان نشتی به زمین

در اغلب ارت‌سنج‌های کلمپی امکان اندازه‌گیری جریان نشتی به زمین نیز فراهم می‌باشد. مزیت این اندازه‌گیری در درجه اول ایمنی کاربر است، یعنی در صورت مشاهده عبور جریان، بایستی از تماس مستقیم با مدار خودداری کرده و موارد ایمنی را رعایت کرد تا مشکل برطرف گردد.

بعلاوه وجود جریان نشتی نشانگر عدم تعادل در مدار است. اگر خطوط یک سیستم سه فاز به صورت جداگانه و جدا از هم مورد استفاده قرار گیرند، احتمال عدم تعادل وجود دارد. در این حالت سیستم برای جبران عدم تعادل، جریان مورد نیاز را از اتصال زمین تامین می‌کند که نتیجه آن اتلاف انرژی و هزینه و اعمال فشار به سیستم زمین خواهد بود. علت دیگر جریان نشتی ممکن است از بین رفتن تدریجی عایق‌ها و برقراری جریانی باشد که پائین‌تر از حد آستانه فیوز است ولی از نظر ایمنی مشکل‌آفرین خواهد بود.

در هر صورت علت نشتی جریان به الکتروود زمین باید بررسی شده و تدابیر لازم اتخاذ گردد.

* مسائلی که باعث بروز خطا می‌شوند

▪ عدم آشنایی کافی با مدار تحت سنجش. دو قاعده مهم در استفاده از روشهای بدون نیاز به الکتروود:

- لزوم وجود لوپ یا حلقه

- لزوم وجود مسیر زمین در مدار مورد نظر (مگر اینکه هدف بررسی درستی اتصالات باشد. ضمناً مواردی نظیر شکل ۱۵ را در نظر داشته باشید)

▪ جمع‌شدن آلودگی در سر حلقه دستگاه:

شار مغناطیسی بین سیم‌پیچ القاگر و سیم‌پیچ اندازه‌گیر جاری می‌شود و آلوده شدن دهانه بین دو حلقه، تغییر در مدار مغناطیسی را به وجود می‌آورد. در نتیجه اندازه‌گیری با خطا همراه خواهد شد. در دهانه برخی دستگاهها دندانها یا قفلی تعبیه شده که مکانی برای جمع‌شدن آلودگی بوده و نظافت آن را مشکل می‌کند یا حتی ممکن است هنگام تمیزکاری به دستگاه آسیب وارد شود.

▪ تاثیر نویز بر اندازه‌گیری:

اندازه‌گیری در محیط‌های دارای نویز (نظیر پست‌ها) می‌تواند منجر به جاری شدن جریان ناشی از نویز در الکتروود تحت سنجش شده و نوسان حاصل از اندازه‌گیری قرائت آن را با مشکل همراه کرده یا حتی غیرممکن سازد. دستگاه‌ها در برابر نویز حساسیت‌های متفاوتی دارند.

* مزایای اندازه‌گیری بدون استفاده از میله کمپی

- نیازی به جداسازی الکتروود تحت آزمایش از سیستم نیست.
- سرعت بیشتر
- امکان اندازه‌گیری اتصال زمین و همبندی
- تشخیص اتصالات ضعیف در مدار
- امکان استفاده در اراضی سفت، سیمانی یا آسفالت
- امکان اندازه‌گیری جریانی که در الکتروود ارت جاری می‌شود (مشابه آمپر متر کلمپی)
- در صورت نیاز به جداسازی یا حذف یک الکتروود ارت می‌توان با اندازه‌گیری جریان عبوری از آن، تصمیم امن و مناسبی اخذ کرد.

در صورت تمایل برای خرید ارت‌سنج کلمپی به میزانی که دهانه آن باز می‌شود توجه کنید تا در صورت اندازه‌گیری هادی‌های بزرگی نظیر تسمه ۵۰ میلی‌متری مجبور به جایگزینی بخشی از آن با هادی کوچک‌تر نشوید. برخی دستگاه‌ها دارای دهانه بیضی شکلی هستند که اندازه‌گیری تسمه به عرض ۵۰ میلی‌متر و کابل به قطر ۳۷ میلی‌متر را فراهم می‌کنند.

* جمع‌بندی

رعایت دو قانون مهم در مورد این دستگاه هنگام استفاده از آن اهمیت زیادی دارد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری با این دستگاه به ندرت با نتایج اندازه‌گیری سه‌سیمه کاملاً یکسان خواهد بود زیرا این دستگاه حاصل مقاومت یک لوپ را می‌سنجد و نتیجه به مقدار مقاومت معادل بستگی دارد. در مواردی که از یک و یا تعداد کمی مسیر به زمین برخوردارند نتایجی بالاتر از مقدار واقعی حاصل خواهند شد. ولی حتی در این موارد نیز می‌توان از یک ارت‌سنج کلمپی برای تشخیص تغییرات مقاومت در طول زمان و نگهداری سیستم استفاده نمود.

با این حال بر خلاف روش اف‌ولتاژ، راهی برای اثبات نتیجه حاصل از ارت‌سنج کلمپی نیست و نتایج به مهارت و دانش کاربر متکی هستند. وجود یک ارت‌سنج کلمپی در جعبه ابزار کاربری که به سنجش مقاومت ارت می‌پردازد در بیشتر مواقع مزایای زیادی می‌تواند داشته باشد؛ ولی نباید آن را به عنوان تنها وسیله مورد نیاز تلقی نمود.