



سازمان نظام مهندسی ساختمان
(شورای مرکزی)

دستورالعمل تست و تحویل تاسیسات برقی ساختمانها

گروه تخصصی برق

زمستان ۹۶

به نام خدا



سازمان نظام مهندسی ساختمان
(شورای مرکزی)

گروه تخصصی برق (دوره هفتم)

ویرایش اول

دستورالعمل

تست و تحویل تاسیسات برقی ساختمانها

تدوین کنندگان:

رئیس کارگروه:

دکتر سلیمان شیرزادی

اعضاء کارگروه:

پوریا ساسانفر

رحیم سلیمان آذر

دکتر شاهرخ شجاعیان

علیرضا حجرگشت (دبیر کارگروه)

دستورالعمل تست و تحویل تاسیسات برقی

الزامات عمومی آزمون ها :

این دستورالعمل بر اساس بند ۱۳-۳-۵ مبحث سیزدهم تحت عنوان "آزمون های اولیه و کنترل " و مطابق استاندارد IEC60364-6 تهیه شده است

و همچنین بر اساس فصل ۷ مبحث بیست و دوم (مراقبت و نگهداری تاسیسات برقی) آزمون های بند ۲۲-۷-۸-۱ و ۲۲-۸-۷-۲ و ۲۲-۸-۷-۳ و ۲۲-۸-۷-۴ و ۲۲-۸-۷-۵ و ۲۲-۸-۷-۶ و ۲۲-۸-۷-۷ و ۲۲-۸-۷-۸ الزامی است، که عناوین این آزمون ها در زیر آمده است. بر اساس ماده ۱۳-۱-۱ مبحث سیزدهم مقررات ملی ساختمان، چنانچه در مدت اعتبار این مبحث ، ویرایش جدید استاندارد به تصویب رسید. جانشین مبحث خواهد شد، استاندارد IEC60364-part6 تحت عنوان " تحویل " جزء آن دسته از استانداردهاست که مشخص می کند بطور کاربردی و دقیق پس از اجرای عملیات تاسیسات برقی، الزامات سایر قسمت های مجموعه استانداردهای IEC60364 و مبحث ۱۳ محقق شده است و نتایج عددی حاصل از تست ، گزارش های تحویل یا عدم تحویل اولیه تاسیسات برقی را تعیین می کند. مطابق این استاندارد علاوه بر نظارت چشمی ، باید حتما آزمون (تست) نیز در ساختمان های نوسازی شده و یا ساختمان هایی که تغییرات عمده ای در تاسیسات الکتریکی داشته ، صورت گیرد.

مطابق موارد بالا گواهی های تحویل اولیه و همچنین دوره ای علاوه بر نظارت چشمی، حتما باید با آزمون هایی همراه باشد، این دستورالعمل الزام به اجرایی شدن موضوع آزمون ها در تمامی ساختمانها را در بر دارد. لذا آزمون ها بصورت عملی تشریح شده و در آنها ابهامات بر طرف گردیده. برای کاربردی تر شدن به سایر استانداردها مثل BS7671-chapter61 و سایر مراجع کاربردی و همچنین تجربیات عملی متخصصین توجه کافی شده است. آزمون های مطرح شده در این دستورالعمل به قرار زیر هستند.

۱- آزمون پیوستگی هادی حفاظتی و همبندی اصلی و اضافی (همبندی اضافی مطابق دستورالعمل خود به بازرسی دوره ای محول شده است)

۲- آزمون مقاومت عایقی

۳- آزمون صحت قطبیت

۴- آزمون اندازه گیری مقاومت زمین

۵-آزمون عملکردی کلیدهای جریان باقیمانده

۶-آزمون کنترل قطع به موقع تغذیه بصورت خودکار

۷-آزمون جریان اتصال کوتاه PSC

این دستور العمل آزمون های بالا را به عنوان روشهای مرجع ارائه می دهد . استفاده از روش های دیگر برای انجام آزمونها به شرط آنکه دارای اعتبار قابل قبول باشند، بلامانع می باشند.

ابزار اندازه گیری وحدافل مشخصات فنی آنها باید براساس بندهای مربوطه از استاندارد IEC 61557 انتخاب شوند. اگر تجهیزات اندازه گیری دیگری مورد استفاده قرار گیرد، نباید دارای درجه عملکرد و ایمنی کمتری باشد .
- توالی آزمون ها طبق استاندارد IEC ، ترجیحاً با همین صورت که در زیر می آید ، باید انجام شود.

۱- اصطلاحات و تعاریف

- آزمون^۱:

انجام اندازه گیری با وسایل و دستگاههای سنجش مربوط ، که به وسیله آن کارایی تاسیسات و تجهیزات نصب شده، اثبات می شود.

- بازدید چشمی^۲:

آزمودن تاسیسات الکتریکی با حواس پنج گانه ، برای مطمئن شدن از انتخاب صحیح و نصب مناسب تجهیزات میباشد

- گزارش دهی^۳:

ثبت کردن نتایج آزمون ها و بازدیدها

- تحویل

اجازه بهره برداری و تحویل کلیه تاسیسات برقی که مورد آزمون قرار گرفته بطوری که در آن تمام آزمودن ها و اندازه گیریها ، با معیارهای مربوط همخوانی داشته است و بدین ترتیب گزارش می شود که الزامات مجموعه استاندارد IEC60364 و مبحث ۱۳ یعنی این دستورالعمل ، در تاسیسات الکتریکی رعایت شده است

۲- **توالی آزمون ها :** آزمون های تحویل ساختمان از نظر توالی ، به دو گروه تقسیم بندی می شوند و

ترجیحا به همین الویت باید پیگیری و اجرا شوند

الف) آزمون های قبل از وصل انشعاب

- پیوستگی در هادی حفاظتی ، همبندی اصلی و اضافی
- پیوستگی مدار حلقوی نهایی
- مقاومت عایقی
- قطبیت (به روش پیوستگی)
- مقاومت الکتروود زمین (با Earth tester)

ب) آزمون های بعد از وصل انشعاب

- قطبیت برق دار (با Voltage indicator)
- مقاومت الکتروود زمین (Loop tester)
- امپدانس حلقه اتصال کوتاه
- جریان اتصال کوتاه پیش بینی شده (PSC) (در کشورمان شرکتهای توزیع برای مناطق مشخص نکرده اند)
- کلیدهای جریان باقیمانده RCD

در تقسیم بندی دیگری همین آزمون ها را به دو گروه "برق دار" و "بدون برق" تقسیم بندی می کنند ، آزمون های مرحله الف ، بدون برق بوده و قبل از وصل انشعاب انجام می گیرد و آزمون های گروه ب بعد از وصل انشعاب برق و با تاسیسات برق دار انجام می شوند. برای آزمون هایی که بدون برق انجام می شوند با توجه به اینکه ممکن است ساختمان از یک برق موقت تغذیه شود و یا در دوره ای غیر از تحویل اولیه باشیم همواره باید به طرز ایمن از بی برق بودن مدارها مطمئن بود و این کار "جداسازی/ایمن" نامیده می شود و روال انجام درست آن اهمیت زیادی دارد به همین خاطر قبل از شروع تست های اصلی تحویل ساختمان آزمونی را تحت عنوان جداسازی ایمن باید انجام داده و برای آن اهمیت قائل شد.



۱- برای انجام این کار باید تمام وسایل زیر را از قبل آماده کرده باشید ۱- قفل مینیاتوری (در انواع برنجی - پین دار و یونیورسال) ۲- قفل و کلید معمولی ۳- برچسب اخطار قطع مدار ۴- بست کمربندی ۵- خودکار جهت نوشتن روی برچسب ۶- نشانگر ولتاژ ۷- واحد اثبات ولتاژ



۲- مطمئن شوید که نشانگر ولتاژ تان کار می کند این کار را می توانید با واحد اثبات و یا برق شهر انجام دهید فقط توجه داشته باشد .

اگر نشانگر ولتاژ شما یک لامپ تست و یا یک وسیله استاندارد نیست با وصل آن بین هادی فاز و سیم زمین کلید جریان باقیمانده (RCD) عمل خواهد کرد. برای همین واحد اثبات ولتاژ بر روشهای دیگر اولویت دارد



۳- حال کلید اصلی و تمام فیوزهای مینیاتوری را در حالت قطع قرار دهید و کلید اصلی را قفل زده و با یک بست کمربندی برچسب نشان داده شده در بخش ۱، به قفل وصل کنید و البته نوشته های لازم روی آن را هم پر کنید (مانند مدت انتظار و شماره تلفن)



۴- توسط نشانگر ولتاژ (Voltage indicator) تست شده بین ترمینال هادی خنثی (نول) و فاز خروجی کلید اصلی و یک بار هم بین فاز خروجی کلید اصلی و ترمینال زمین (ارت) و بار دیگر هم بین ترمینالهای نول و ارت را تست می کنیم ، در تمام موارد نباید ولتاژی نشان داده شود



۵- نشانگر ولتاژ تان را با واحد اثبات یا منبع تغذیه ای مطمئن چک نمایید که سالم است. یکبار دیگر مدارها را تست کنید که آیا بدون برق هستند و ولتاژی نشان داده نمی شود ، این بهتر از آن است که بعدا تاسف بخوریم

آزمون پیوستگی

- شرایط آزمون پیوستگی همبندی اصلی

هادی همبندی اصلی معمولا در طبقه همکف بدنه های فلزی ، لوله های اصلی فلزی آب و لوله های اصلی گاز اسکلت فلزی ساختمان و... را به ترمینال اصلی اتصال زمین وصل می کند جهت یادآوری می توانید به پ ۱-۲-۸ مبحث ۱۳ (طرحواره همبندی) و دستور العمل همبندی اصلی مراجعه کنید .

مقاومت پیوستگی همبندی اصلی با توجه به سطح مقطع و طول هادی همبندی و جدول زیر مقدار مورد انتظاری خواهد بود و در ادامه پس از اندازه گیری مقادیر خوانده شده با مقادیر مورد انتظار مقایسه می شود.

مقاومت مورد انتظار R در دمای 30°C mΩ/m	سطح مقطع هادی S mm ²
12,575 5	1,5
7,566 1	2,5
4,739 2	4
3,149 1	6
1,881 1	10
1,185 8	16
0,752 5	25
0,546 7	35
0,404 3	50
0,281 7	70
0,204 7	95
0,163 2	120
0,134 1	150
0,109 1	185

مقادیر جدول براساس دمای 30°C است برای دمای Θ باید R_Θ را از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$R_{\Theta} = R_{30^{\circ}\text{C}}[1 + \alpha(\Theta - 30^{\circ}\text{C})] \quad (\alpha = 0,003\ 93\ K^{-1} \text{ مس برای مس})$$

تذکر : برای اندازه گیری باید هر کدام از هادی های همبندی را از ترمینال اصلی اتصال زمین جدا کرده و مقاومت آن را به تنهایی اندازه گیری کرد.

مراحل انجام آزمون پیوستگی همبندی اصلی به قرار زیر است :

گام ۱ در صورت وجود برق ، جداسازی ایمن را طبق روال آن انجام داده و برق را قطع کنید.

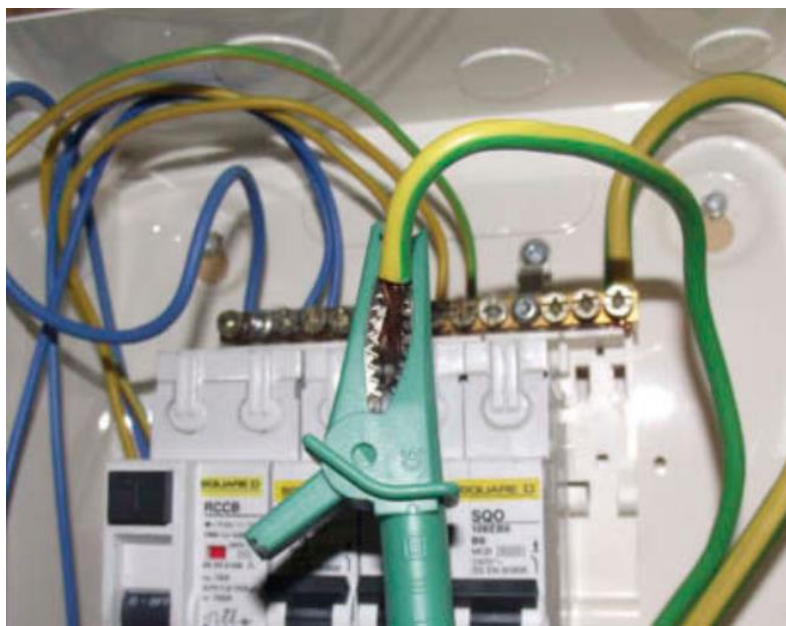


گام ۲۲ سر هادی همبندی را از یک سمت که به ترمینال اصلی اتصال زمین وصل است باز شود (لزومی ندارد سمت دیگر را که به هادی بیگانه متصل است باز شود)



گام ۳ مطابق تصویر دو سر فیش

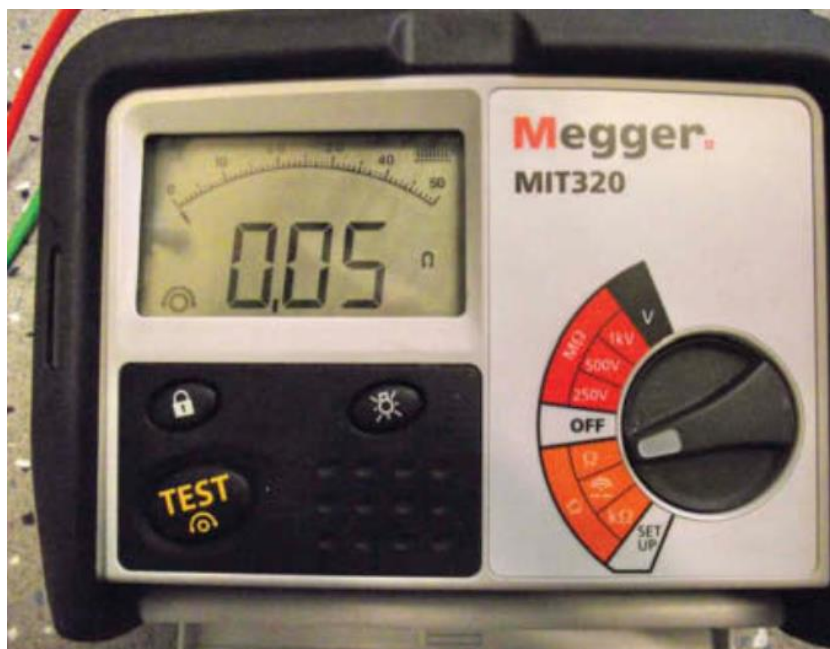
کابل دستگاه را بهم وصل کرده (برای
صفر کردن مقاومت کابل آن) با زدن
شستی بنام Auto Null مقاومت صفر
می شود در صورت استفاده از
دستگاههای فاقد شستی Auto Null
باید مقاومت کابل دستگاه را اندازه
گیری کرده و یادداشت کنید



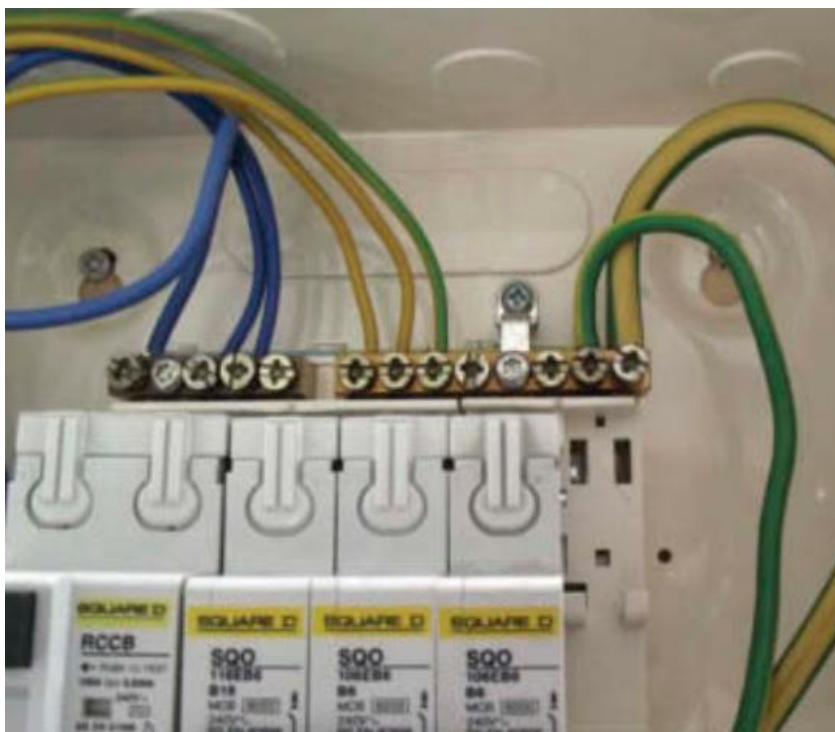
گام ۴ فیش گیره دار را به سر هادی
جدا شده از ترمینال اصلی اتصال زمین
مربوط وصل کنید



گام ۵ فیش گیره دار دیگر دستگاه را به
سر دیگر هادی همبندی اتصال دهید



گام ۶ اگر دستگاه و فیش های آن قابلیت صفر کردن (Auto Null) داشته باشد همان مقداری که می خوانید مقاومت هادی همبندی خواهد بود در غیر اینصورت باید مقاومت فیش را که در گام ۳ یادداشت شده از مقدار اندازه گیری شده کم کنید و مقاومتی که بدست می آید مقاومت هادی همبندی خواهد بود.



گام ۷ اطمینان حاصل کنید که هادی همبندی مجدد سر جای خود متصل شود در اینصورت تست شما پایان یافته است.

ب) آزمون پیوستگی هادی حفاظتی مدار^۱ (CPC)

این آزمون برای اطمینان از اتصال محکم و پیوسته هادی حفاظتی در مدارهای شعاعی استفاده می شود. ابزار مورد استفاده برای این آزمون اهمتر مقاومت پایین است که باید روی کمترین مقدار ممکن تنظیم شود. این آزمون بدون برق انجام می گردد. دو روش برای انجام این آزمون موجود است

روش اول:

گام ۱ در تابلوی توزیع واحد ، سر هادی فاز و هادی حفاظتی مدار ، مطابق شکل روبرو بهم متصل می شود

گام ۲ باید توجه داشت اندازه گیری بین هادی فاز و هادی حفاظتی در انتهای مدار انجام شود. مقدار اندازه گیری شده ، مقدار $R_1 + R_2$ مدار می باشد. این مقدار باید در جدول نتایج آزمون ثبت شود. بدیهی است که اگر هادی های برقدار هم اندازه CPC باشند، به خاطر سطح مقطع (CSA) یکسان ، باید فقط مقدار $R_1 + R_2$ به نصف کاهش یابد. مقدار R_2 مربوط به CPC است اگر سطح مقطع آن از هادی های برقدار کمتر باشد از رابطه مقابل برای R_2 استفاده می شود

$$R_2 = R_1 + R_2 \times \frac{A_{phase}}{A_{CPC} + A_{phase}}$$

مثال : در یک مدار سطح مقطع هادی فاز 2.5mm^2 و سطح مقطع هادی حفاظتی مدار (cpc) برابر 1.5mm^2 است مقدار $R_1 + R_2$ اندازه گیری شده برابر 0.53Ω بدست آمده مقدار R_2 چقدر است؟

$$\frac{2.5}{2.5 + 1.5} \times 0.53 = 0.33\Omega$$

با توجه به رابطه مقدار مقاومت R_2 برابر است با :

مشخص است با توجه به آنکه سطح مقطع cpc کم شده اما مقاومت آن بیشتر خواهد شد.

¹ Circuit Protective Conductor

با توجه به اینکه در این روش ابتدا $R_1 + R_2$ اندازه گیری شود در صورت تفاوت مقاطع سیم ها جدولی دیگر برای مقاومت مورد انتظار ، تهیه شده که می توان با آن کار را پیش برد. البته این جدول در دمای 20°C است و فرمول ضریب تصحیح دما را نیز بر اساس آن می توان بکار برد.

Cross-sectional area (mm ²)		Resistance/metre or (R1 + R2)/metre (mΩ/m)	
Phase conductor	Protective conductor	Copper	Aluminium
1	—	18.10	
1	1	36.20	
1.5	—	12.10	
1.5	1	30.20	
1.5	1.5	24.20	
2.5	—	7.41	
2.5	1	25.51	
2.5	1.5	19.51	
2.5	2.5	14.82	
4	—	4.61	
4	1.5	16.71	
4	2.5	12.02	
4	4	9.22	
6	—	3.08	
6	2.5	10.49	
6	4	7.69	
6	6	6.16	
10	—	1.83	
10	4	6.44	
10	6	4.91	
10	10	3.66	
16	—	1.15	1.91
16	6	4.23	—
16	10	2.98	—
16	16	2.30	3.82
25	—	0.727	1.20
25	10	2.557	—
25	16	1.877	—
25	25	1.454	2.40
35	—	0.524	0.87
35	16	1.674	2.78
35	25	1.251	2.07
35	35	1.048	1.74
50	—	0.387	0.64
50	25	1.114	1.84
50	35	0.911	1.51
50	50	0.774	1.28

مثال : در مثال قبل اگر طول مدار نهایی ۲۸ متر باشد و دمای محیط ۳۰ درجه مقدار اندازه گیری شده قابل قبول است؟
 $19.51 \times 28 = 546.28 \text{ m}\Omega$

$$R_0 = R_{20} [1 + 0.00393(20 - 30)] = 0.54628 \times 0.9607 = 0.5248 \Omega$$

پس $R_1 + R_2 = 0.53 \Omega$ قابل قبول است

روش دوم :

وقتی این روش می تواند مورد استفاده قرار گیرد که تنها R_2 مورد نیاز است و همچنین به طور معمول برای بررسی پیوستگی همبندی مورد استفاده قرار می گیرد. روش ۲ اغلب به عنوان روش "فیش بلند" شناخته می



شود. این روش نیاز به یک اهمتر مقاومت پایین و همراه با فیش بلند دارد. فیش باید قبل از انجام آزمایش صفر شده باشد تا اطمینان حاصل شود که مقدار دقیق R_2 اندازه گیری می شود. یک فیش باید به ترمینال زمین در تابلو توزیع واحد متصل شده (مطابق شکل روبرو) و فیش دیگر دستگاه به هادی حفاظتی مدار روشنایی در چراغ یا پره

فلزی پریز متصل می شود. با این کار بررسی مشخص خواهد شد که هر نقطه زمین درست متصل است و بالاترین مقدار خوانده شده، مقدار R_2 برای آن مدار خواهد بود.

از آنجا که این روش در بررسی همبندی اصلی استفاده می شود باید مانند آن یک طرف همبندی ابتدا قطع شده باشد.

- در جدول انتهای این دستورالعمل هر سطر، برای یک مدار در نظر گرفته شده است در ستون مربوط مقادیر $R_1 + R_2$ و R_2 را جداگانه برای آزمون پیوستگی وارد می شود.

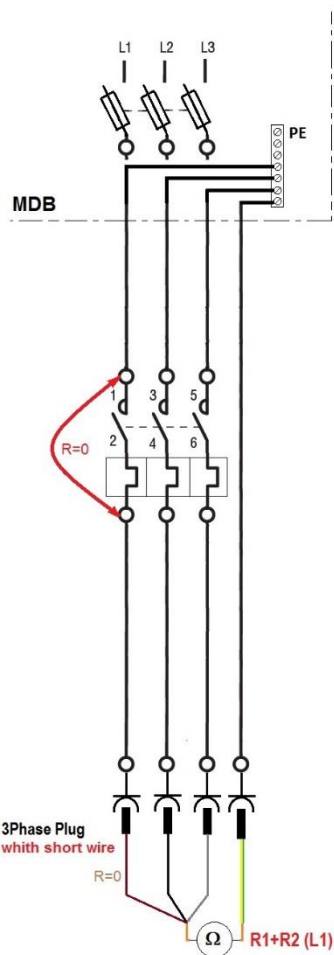
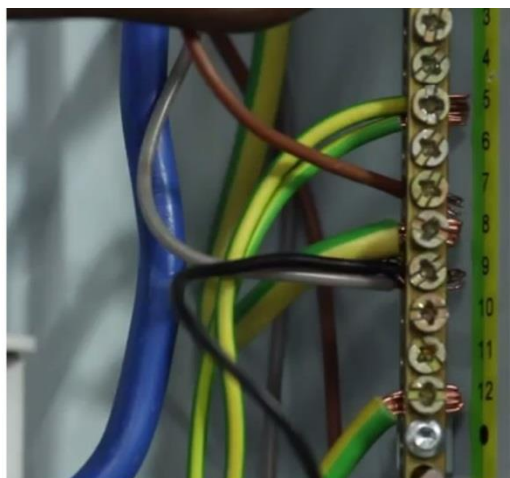
پیوستگی (Ω) ($R_1 + R_2$) or R_2	
R_2	($R_1 + R_2$)

- پیوستگی هادی حفاظتی (CPC) در مدارهای سه فاز: پیوستگی هادی حفاظتی در مدارهای پریز سه فاز مشابه مدارهای تک فاز اندازه گیری می شود یعنی احتیاج به اندازه گیری سه مقدار برای $R1+R2$ داریم که یکبار مسیر فاز L1 و هادی حفاظتی مدار و بار دیگر L2 و همان هادی حفاظتی مدار و بار سوم L3 و هادی حفاظتی مدار ، ابتدا در تابلوی برق جداسازی ایمن را انجام می دهیم و مدار پریز ممکن است دارای یک راه انداز نیز باشد.

گام ۱ یک چهار شاخه سه فاز با سیم کوتاه لازم است هادی های فاز چهار شاخه را بهم وصل و آن به پریز متصل گردد. یک سر هادی هادی فاز را به یک گیره دستگاه متصل و گیره دوم دستگاه را به هادی CPC وصل می کنیم. (شکل پایین)

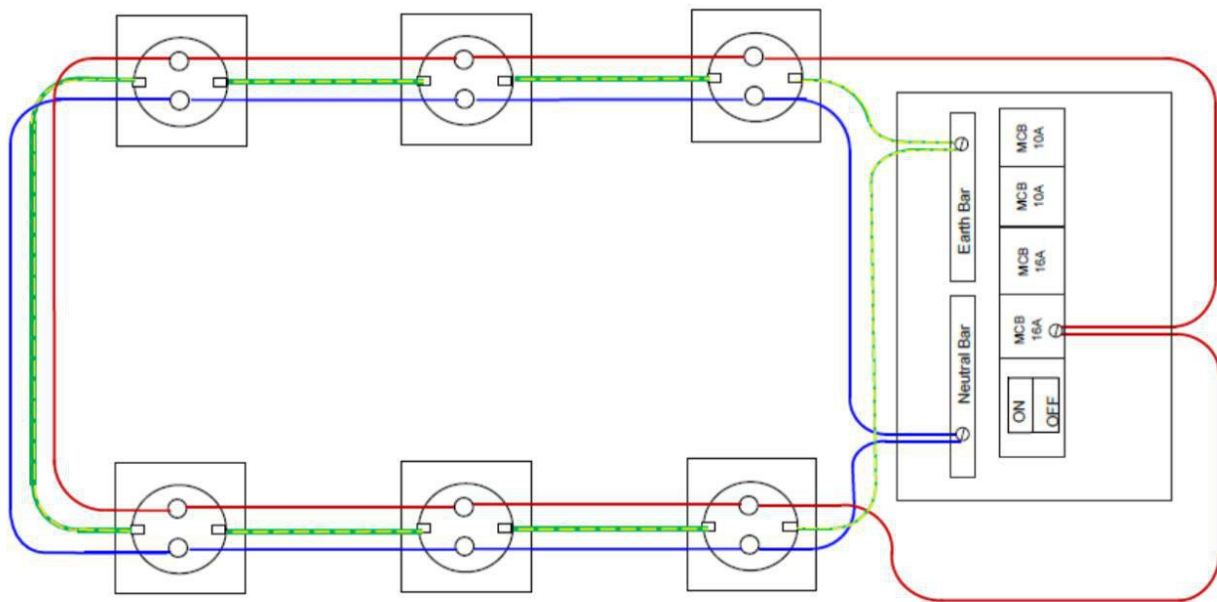
گام ۲ سه فاز خروجی کلید خودکار مینیاتوری یا کلید فیوز را به ترمینال PE در تابلوی برق وصل می کنیم (شکل بالا)

گام ۳ با یک تکه فیش دو سر در قسمت راه انداز موتور ، ترمینالهای ورودی و خروجی فاز L1 را بهم وصل کرده و اندازه گیری را می خوانیم (شکل وسط) این کار را برای فازهای L2 و L3 هم انجام می دهیم.



ج) آزمون (تست) پیوستگی مدار حلقوی نهایی :

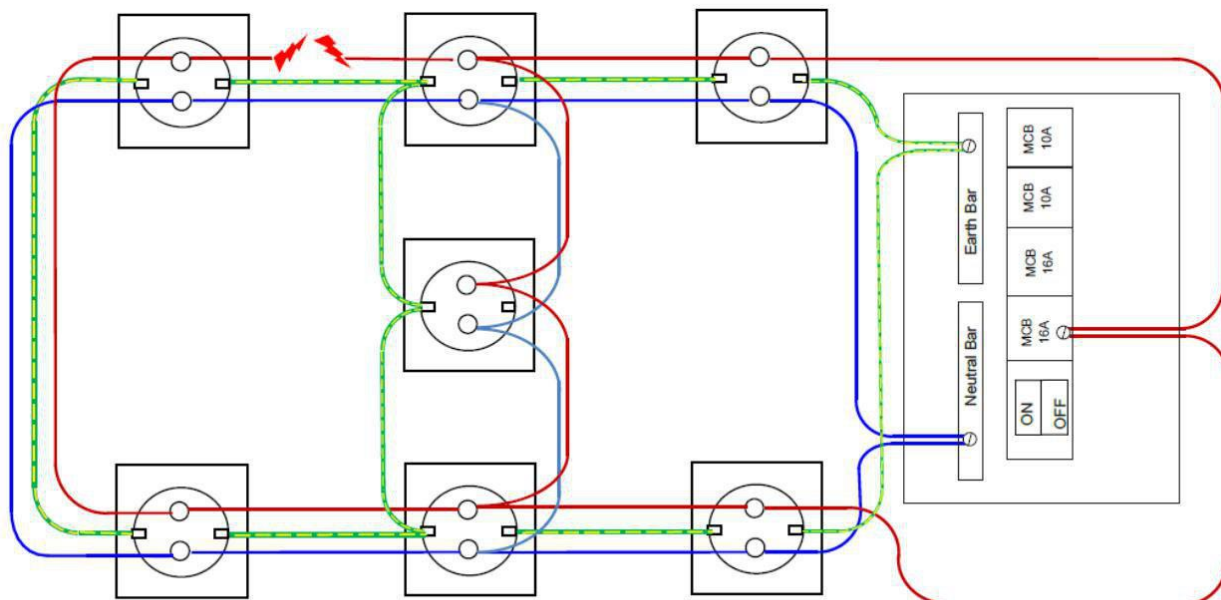
آزمون پیوستگی مدار حلقوی نهایی مربوط به مدارهای پریز است . جای مدار حلقه پریز در نقشه های مهندسان و اجرا کمتر دیده شده و خالی است و برخی آن را جزء سیم کشی کشورهای خاص به حساب می آورند اما چنین نیست . در استاندارد IEC60364-6 بر انجام "آزمون پیوستگی مدار حلقوی نهایی" اشاره شده است ضمناً به لحاظ فنی هم بهتر است مهندسان در طرح های خود از جمله در محلی مثل همکف (پارکینگ) از آن کمک بگیرند چرا که یک مدار پریز طولانی ممکن است داشته باشیم که با حلقه شدن افت ولتاژ این مدار کاهش می یابد. از طرف دیگر باید توجه داشت این آزمون بر خلاف آزمون پیوستگی مدارهای شعاعی ، فقط برای هادی زمین نبوده و



برای هادی های برقدار (فاز و نول) نیز باید اجرا شود .

این موضوع برای هادی های دیگر زمانی اهمیت پیدا می کند که در یک حلقه ارتباط عرضی² وجود داشته باشد در صورتی که اگر در حلقه خارجی مثلاً هادی فاز قطع شود با اندازه گیری پیوستگی ساده نمی توان این عیب را تشخیص داد. در مدار حلقوی با ارتباط عرضی شکل (-) در صورت قطع اتصال در حلقه تشخیص عیب به سادگی امکان پذیر نیست . در این دستورالعمل به علت ظرایف کار تست ، مدارهای حلقوی با ارتباط عرضی تشریح نشده است.

² inter-connection



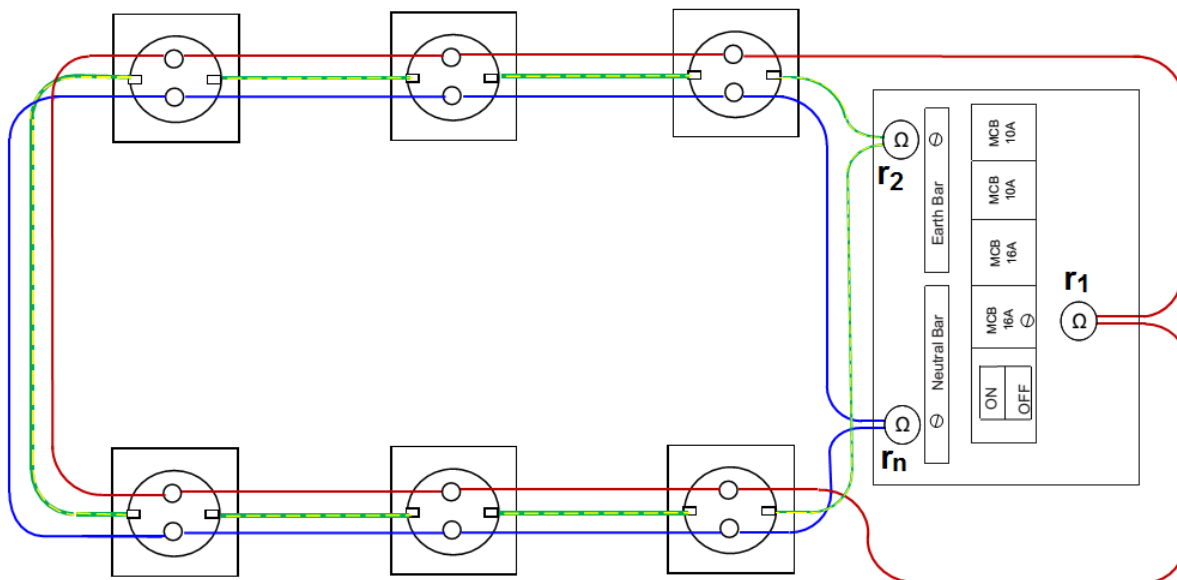
حلقه با اتصال داخلی

اجرای آزمون :

- این یک آزمون بدون برق است پس باید جداسازی ایمن را انجام داد.

- قبل از انجام آزمون محدوده کاری دستگاه خود را تنظیم نمایید

گام ۱ بعد از امتحان سالم بودن دستگاه اندازه گیری ،ساق های حلقه را باز کرده و مقاومت دو سر باقیمانده را مطابق شکل اندازه گیری کنید .این مقادیری است که در جدول نتایج آزمون وارد خواهید کرد





در شکل بالایی مقاومت ساق های
مربوط به هادی CPC اندازه
گیری شده است (r_2)



در شکل وسطی مقاومت ساق
های مربوط به هادی خنثی (نول)
اندازه گیری شده است (r_n)

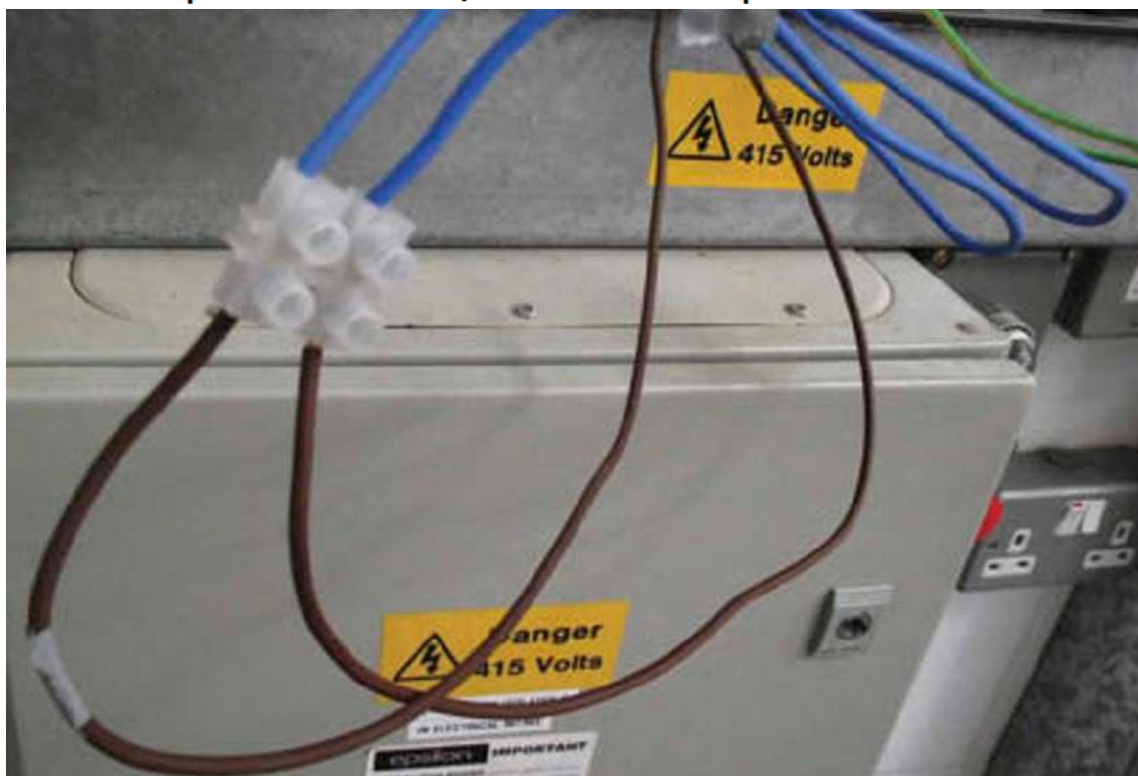
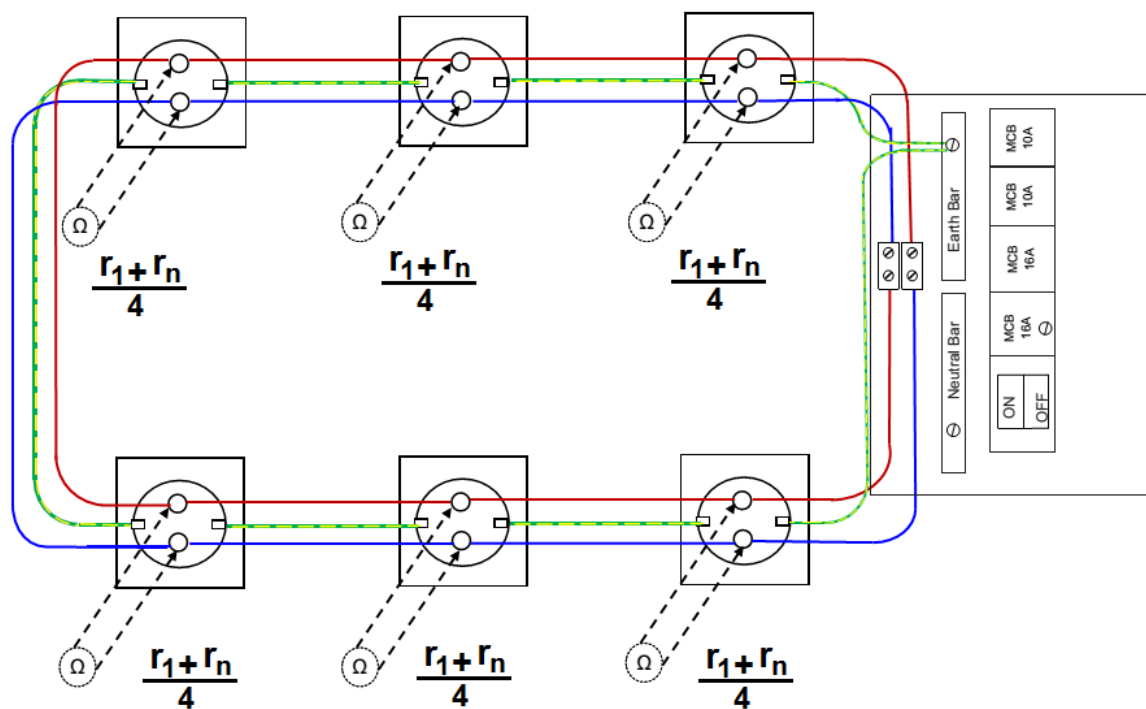
در شکل مقاومت پایینی ساق
های مربوط به هادی فاز اندازه
گیری شده است (r_1)



در جدول نتایج آزمونها در این
دستورالعمل هر سطر برای یک
مدار در نظر گرفته شده است در
انتهای این آزمون در ستون
مربوط مقادیر r_1 و r_2 و r_n برای
آزمون پیوستگی درج می شود.

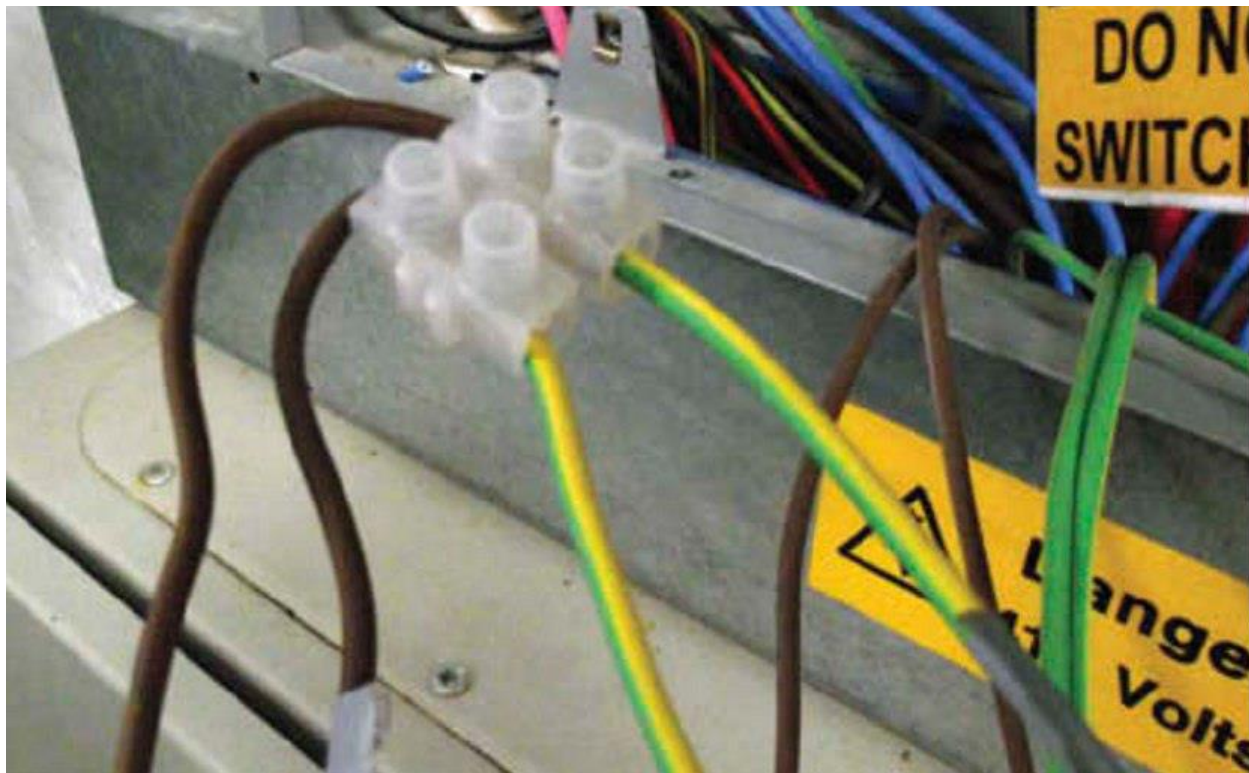
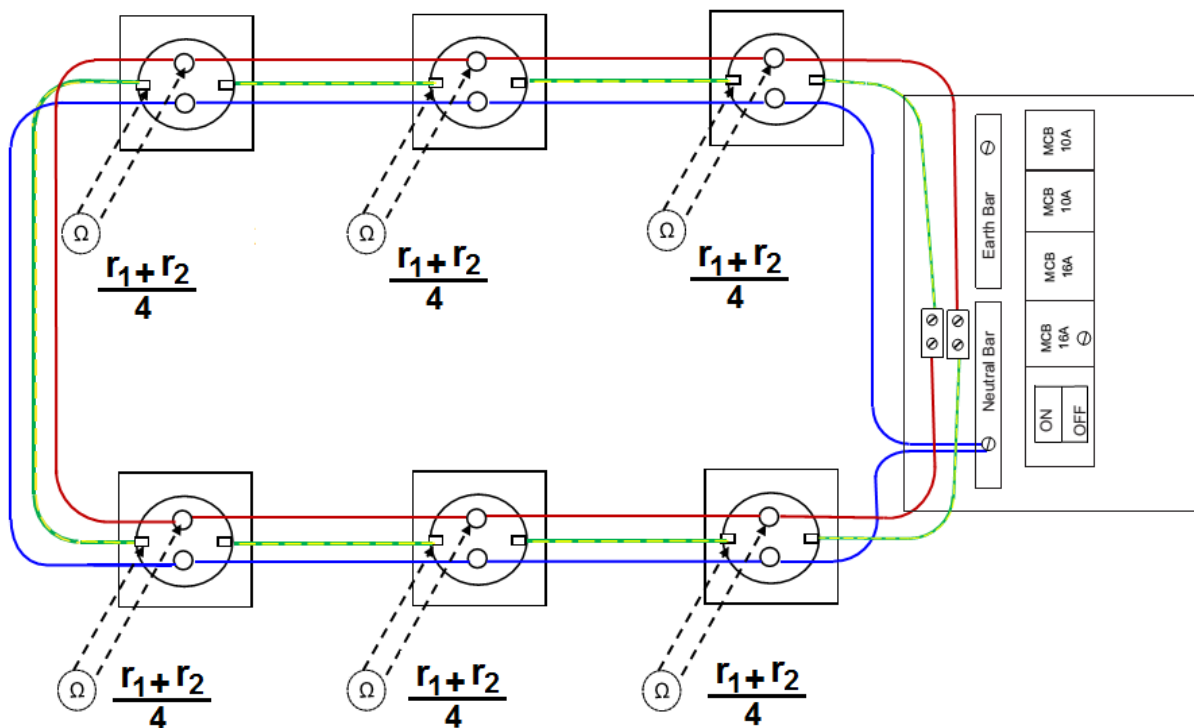
پیوستگی مدار حلقوی نهایی (Ω)		
r_1 (line)	r_n (neutral)	r_2 (cpc)

گام ۲ توسط یک ترمینال بصورت ضربدری هادی فاز و هادی خنثی (نول) حلقه از دو طرف بصورت ضربدری بهم وصل می شوند. در صورت برابر بودن مقاطع سیم ها چون $r_1=r_n$ خواهد شد مقدار مقاومت از هر پریز نصف مقاومت اندازه گیری در گام اول خواهد شد. البته نیاز نیست در همه پریز ها اندازه گیری تکرار شود



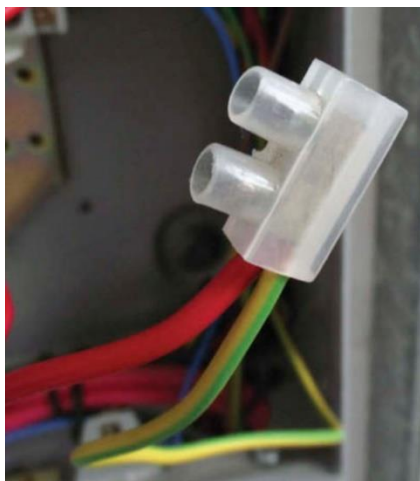
گام ۳

مجدداً توسط یک ترمینال بصورت ضربدری هادی فاز و هادی cpc حلقه را از دو طرف بصورت ضربدری بهم وصل می شوند. در صورت برابر بودن مقاطع سیم ها چون $r_1=r_2$ خواهد شد مقدار مقاومت از هر

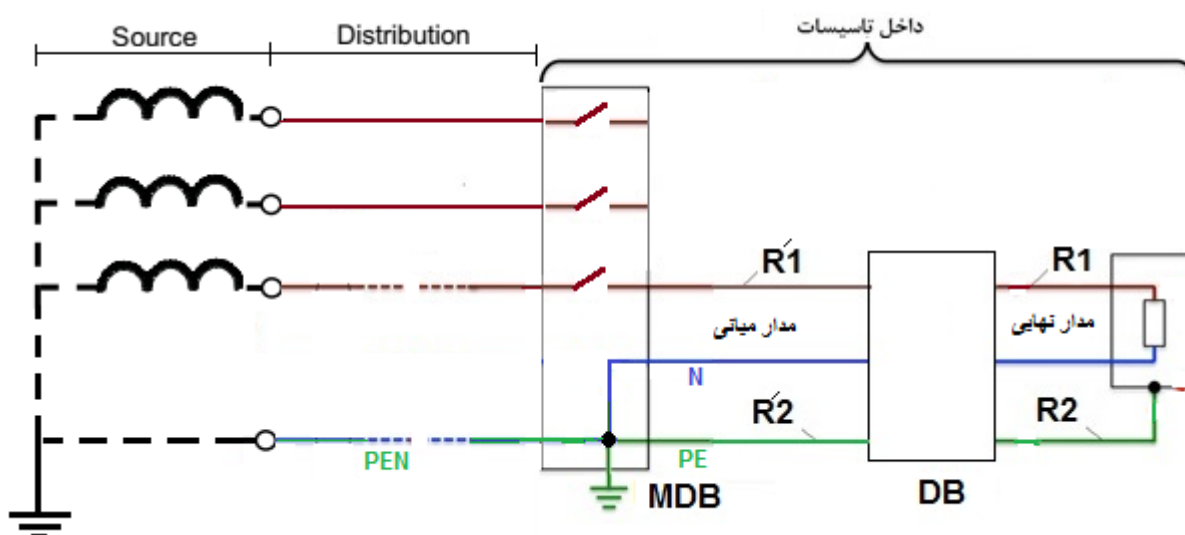


پریز نصف مقاومت اندازه گیری در گام اول خواهد شد. (دو گام اخیر برای اطمینان و تایید اندازه گیری های گام اول انجام می شود)

تبصره: مواردی که تاکنون در این بخش گفته شد جهت کنترل پیوستگی مدار نهایی بوده است. جهت بازرسی و کنترل مدار میانی، لازم است آزمونهای فوق تکرار. و در چک لیست تابلو مربوط درج گردد.



بدیهی است برای انجام این آزمون لازم است پس از جداسازی ایمن، در تابلوی اصلی MDB، سر هادی فاز و هادی حفاظتی مدار، مطابق شکل مقابل متصل شده و اندازه گیری در ورودی تابلوی DB انجام می شود. نتیجه اندازه گیری $R'_1 + R'_2$ خواهد بود.



آزمون مقاومت عایقی

مقاومت عایقی تاسیسات با توجه به نوع عایق و با گذشت زمان کاسته می شود. انواع نوارچسب های الکتریکی علاوه بر آنکه حفاظت مکانیکی ندارند، اغلب باعث از دست رفتن مقاومت عایقی لازم بین قسمت های تحت ولتاژ شده و آن را کاهش می دهند. همچنین ممکن است عایق هادی های مدار تحت تأثیر ضربه و فشار مکانیکی باشند، این موضوع باعث آسیب به عایق آن ها و در نتیجه کاهش مقاومت عایقی می شود.

هرچند پایین بودن مقاومت عایقی می تواند نشانه آسیب دیدن، باشد. اما علاوه بر آن ضعف عایقی در یک دوره زمانی طولانی بهره برداری ساختمان که مدارها در معرض رطوبت، کشش و تنش هستند نیز رخ می دهد و در ساختمان های نوساز هم تماس هادی برقرار با گچ مرطوب ممکن است باعث کاهش مقاومت عایقی شود. وجود رطوبت در دیوار برای کلید و پریزها نیز باعث ضعف عایقی خواهد شد.

دستگاهی که آزمون عایقی را انجام می دهد اغلب میگر نامیده می شود هرچند میگر یک شرکت سازنده تجهیزات اندازه گیری است اما این اصطلاح در بازار برای این وسیله متداول شده است، در اکثر موارد مقدار ولتاژ اعمالی **500V** برای تست عایقی در ساختمان باعث مقاومت عایقی در حدود **1M Ω** خواهد شد که در (جدول ۱) نشان داده شده است.

جدول ۱-۱ حداقل مقاومت عایقی قابل قبول

مدارهای PELV و SELV		مدارهای تا 500 ولت	مدارهای بالاتر از 500 ولت
ولتاژ لازم برای آزمون	250V dc	500V dc	1000V dc
حداقل مقاومت عایقی قابل قبول	0.5M Ω	1M Ω	1M Ω

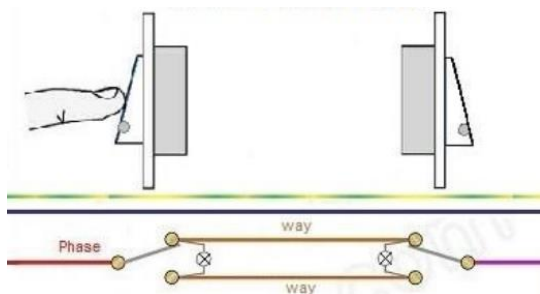
- چون این آزمون بدون برق انجام می شود قبل از شروع لازم است از کلید اصلی تابلو توزیع واحد "جداسازی ایمنی" صورت گیرد.
- همه ساکنان ساختمان، از انجام تست مطلع شوند.
- اطمینان حاصل کنید که تمام وسایل حفاظتی در جای خود و در وضعیت روشن هستند.
- تمام لامپ هایی که در دسترس هستند از سرپیچ باز شوند.
- اگر لامپ هایی قابل دسترسی نیستند و یا اگر چراغی با کنترل فعال می شود، کلید کنترل را باز کنید.
- این امر در مدارهایی که از کلیدهای دیمردار استفاده می شود باید کلید دیمردار از مدار جدا شده و مدار یکسره شده یا بصورت کلید یک پل یکسره شود.
- قطع هرگونه لوازم جانبی که دارای نشانگر چراغ هشدار هستند، ضروری است که چراغ نشانگر قطع شود.
- چشمی های PIR (حضور افراد) باید برداشته و یا از مدار خارج شود.
- تمام وسایل نصب ثابت مانند برق اجاق گاز، سماور و قوری برقی و تقویت کننده آنتن مرکزی، و جدا شوند.
- پریز ریش تراش قطع شده و یا از مدار برق جدا شود.

- تمام تجهیزات قابل حمل (سیار) از پریز برق جدا شوند.
 - برقرگر حفاظتی (SPD) از مدار خلرج شوند
- در حین این آزمون ولتاژ 500 V ، باید مراقبت زیادی صورت گیرد. تمام تجهیزات برقی که به شبکه برق وصل مانده‌اند، می‌توانند باعث آسیب و یا خواندن حداقلی مقدار قرائت شده دستگاه در حین آزمون و نتیجه حاصله شوند. هنگامی که تمام اقدامات احتیاطی در نظر گرفته شد. می‌توان به شرح مراحل زیر تست را ادامه داد :

موارد اجرایی مهم در تست عایقی :

۱- تجهیزات کنترل در لامپ‌های تخلیه باعث خوانش مقدار بسیار کم (در آزمایش) خواهند شد. کاملاً قابل قبول است که برای این منظور جدا کردن اتصالات یا خاموش کردن کلید لازم است. البته این جدایی اتصالات، مطلوب‌تر است. پس از آنکه آزمون بین هادی‌های برق‌دار به اتمام رسید. کلید کنترل چراغ باید قبل از انجام آزمون بین برق‌دار هادی و CPC (مدار هادی حفاظتی) بسته شود. این کار برای اطمینان از اینکه تمام بخش‌های هادی‌های برق‌دار، مورد نظر تحت آزمایش مقاومت عایقی با زمین قرار دادند، ضروری است.

۲- در مورد مدارهای تبدیل که دو مسیر برای عبور جریان بین ترمینال‌های غیرمشتک دو کلید به وجود می‌آید در هنگام آزمون باوجود باز کردن لامپ از سرپیچ باید آن مدار در حالت روشن مورد آزمون قرار گیرد اگر کلیدهای مدار تبدیل درست نصب شده باشند وضعیت کلیدها در حالت روشن بودن مدار بدان صورت خواهد بود که هر دو کلید به سمت بالا یا هر دو کلید به سمت پایین باشند و در این هر دو وضعیت مدار باید مورد آزمون قرار گیرد.



۳- کلیدهایی که دیمردارند دارای قطعات الکترونیکی بوده و اگر ولتاژ 500V به آن‌ها اعمال شود می‌توانند آسیب ببینند. مهم است که تا جایی که امکان دارد کلیدهای دیمری برداشته و فاز رفت و فاز بازگشتی برای تست به هم متصل شود.

۴- نشانگر لامپ نئون در کلیدها، به عنوان یک بار، گاهی توسط دستگاه آزمون شناخته می‌شود و دستگاه مقدار عایقی بسیار کمی را نشان خواهد داد، لازم است برای همه کلیدهای خاموش، این قسمت جانبی قطع شود.

۵- آشکارساز مادون قرمز غیرفعال (PIR) باعث خوانش مقدار اندازه‌گیری بسیار کمی خواهد شد و ممکن است توسط ولتاژ آزمون آسیب ببیند. در هر صورت آن را قطع کنید یا آزمون انجام شده تنها شامل هادی‌های برق‌دار (فاز و نول) با زمین و مدار PIR باشد. و همین امر برای پریز برق ریش تراش صادق است.

۶- پریز ریش تراش می‌تواند مشکل ایجاد کند برای مقابله با آن سیم فاز یا نول را قطع کنید.

۷- در مورد مداری مثل کولر آبی اتصالات فیشی مربوط به پمپ و دور تند و کند موتور را باز کنید

۸- در جاهایی که مطمئن نیستید همه چیز از مدارها جدا شده، آزمون را با ولتاژ کمتر یعنی 250V انجام دهید و اگر مقاومت مناسبی نشان داده شد، کار را ادامه دهید.

مراحل تست عایقی مدارهای تابلو فیوز یک ساختمان

گام ۱ دستگاه تست عایقی را روی ولتاژ مورد نیاز تنظیم کنید برای اغلب مدارهای فشار ضعیف این مقدار 500V dc است. برخی از این دستگاه‌ها برای مقدار $M\Omega$ تنظیم دارند و برخی هم خود محدوده یابی می‌کنند. جایی که نیاز به تنظیم باشد، $200 M \Omega$ یا بالاتر، مناسب‌ترین مقدار را استفاده کنید.

گام ۲ همیشه بررسی کنید که دستگاه به درستی کار می‌کند و فیش‌ها برای آزمایش از هم جدا هستند. مقدار خوانده شده بالاترین مقداری که دستگاه اندازه‌گیری می‌کند، باشد.



گام ۳ در این مرحله فیش‌ها رو به هم وصل کنید و دوباره کار آزمایش را انجام بدهید. این مقدار خوانده شده باید صفر $M \Omega$ باشد این مقدار کمترین عددی است که دستگاه می‌تواند بخواند. این کار ثابت می‌کند که دستگاه درست کار می‌کند و آزمایش با اشکالی همراه نیست.

گام ۴ هنگام آزمایش در تأسیسات تکمیل شده، اگر خط اصلی واحد قطع شده است، مهم نیست که Main switch در وضعیت قطع باشد و وسایل حفاظتی سر جای خود. اگر این قطعات MCB و یا RCD است باید در وضعیت "روشن" قرار گرفته باشند.

این آزمون بین هادی‌های برق‌دار (خط فاز و نول) و عملکرد کلید زنی تبدیل‌ها و صلیبی بوده و باید از همه کلیدها اطمینان حاصل شود، سیم (فاز) و تیغه‌ها و برگشتی آن در کلیدها بدون سیم نول در کلید تست‌شده و به‌درستی شناسایی شود.



شکل - آزمون بین دو هادی برق‌دار (فاز و نول)

گام ۵ در این مرحله آزمایش و بین هادی‌های برق‌دار و ارت صورت می‌گیرد این کار با به هم پیوستن هادی‌های برق‌دار (فاز و نول) می‌انجام شود، و یا اگر در کلید اصلی آزمایش می‌شود، می‌توان دوبار آن را بین هر هادی به‌صورت جداگانه انجام داد. مهم این است دوباره عملکرد کلید زنی هر کلید تبدیل یا صلیبی انجام شود.



حین انجام آزمون، باید مقادیر اندازه‌گیری شده را در برگه نتایج وارد کنید. همانطور که دیدید جدول ۱ حداقل مقاومت عایقی قابل قبول را $1\text{M}\Omega$ نشان می‌دهد که این مقدار برای کل تأسیسات کفایت می‌کند. ولی مقادیر

کمتر از $2M\Omega$ نیز نگران کننده محسوب نمی شود چرا که بهتر است مدارها را بطور مجزا تست نمود تا اگر عیبی وجود دارد بتوان محل آن را نیز تشخیص داد. و در آینده و با گذشت زمان نیز با مشکلی روبرو نشد.

آزمون (تست) مقاومت عایقی سه فاز :

هنگام انجام آزمون مقاومت عایقی در تاسیسات سه فاز تمامی اقدامات احتیاطی و روال کار همانند ، یک تاسیسات یا مدار تک فاز صورت می پذیرد .

برای کل تاسیسات برقی، آزمون را می توان جدا کرد . و از تابلو اصلی تا تابلو توزیع واحدها یک آزمون عایقی تکفاز دیگر انجام داد ، ممکن است برخی مشترکین سه فاز و یا کابل آسانسور ،مورد آزمون قرار گیرد. برای همین باید روی کلید اصلی ساختمان جداسازی ایمن قبل از شروع آزمون انجام شود و تمام وسایل حفاظتی بعدی تا قبل از اولین تابلوی برق در وضعیت روشن قرار گیرند.

نکته : عایق هادی ها در بخش های مختلف با هم موازی هستند. مثل عایق هادی از تابلو اصلی تا تابلو توزیع واحد ،حتی در یک تابلو توزیع واحد و مدارهای مختلف آن ، مثلا در آزمونی مقاومت عایقی فاز به زمین متفاوت برای مدارها داریم حال مقاومت عایقی کل (فاز به زمین) از رابطه مقاومت های موازی آنها بدست می آید.

مثال : در یک تابلو توزیع واحد که دارای شش مدار است مقاومت عایقی اندازه گیری شده بین هادی فاز و زمین

مدار ۱ : $140M\Omega$ مدار ۲ : $70M\Omega$ مدار ۳ : $10M\Omega$

مدار ۴ : $8M\Omega$ مدار ۵ : $200M\Omega$ مدار ۶ : $45M\Omega$

حال یک محاسبه انجام می دهیم و مقدار مقاومت عایقی کل را بررسی می کنیم.

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} = \frac{1}{R_t} = R$$

$$\frac{1}{140} + \frac{1}{70} + \frac{1}{10} + \frac{1}{8} + \frac{1}{200} + \frac{1}{45} = 0.27(R_t)$$

$$\frac{1}{0.27} = 3.65M\Omega$$

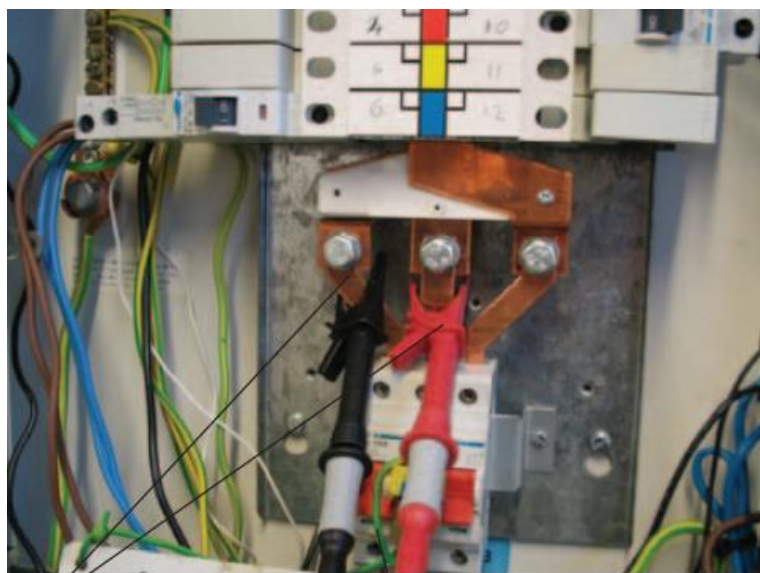
نتیجه ، مقدار مقاومت عایقی کل بیش از $1M\Omega$ است که مقدار رضایت بخشی است.

با ماشین حساب

$$140x^{-1} + 70x^{-1} + 10x^{-1} + 8x^{-1} + 200x^{-1} + 45x^{-1} = x^{-1} = 3.65$$

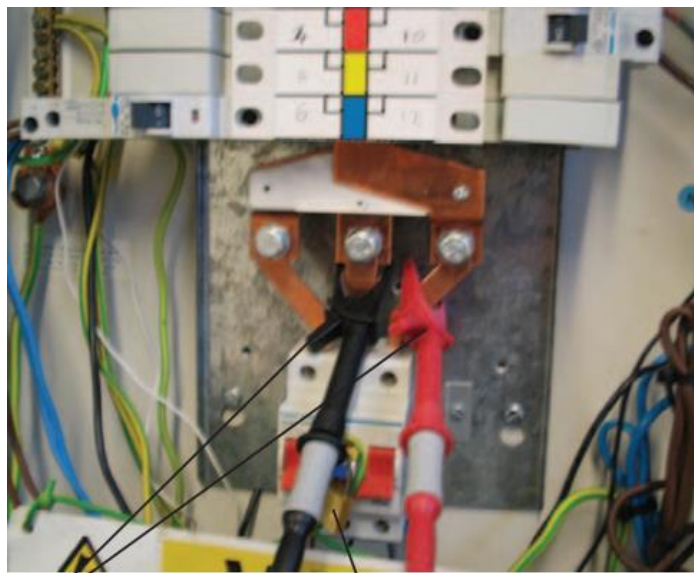
گام ۱ جداسازی ایمن را انجام داده و دستگاه را روی ولتاژ 500V و DC قرار دهید

گام ۲ آزمون اندازه گیری را بین تمام فازها مطابق شکل های زیر انجام دهید.



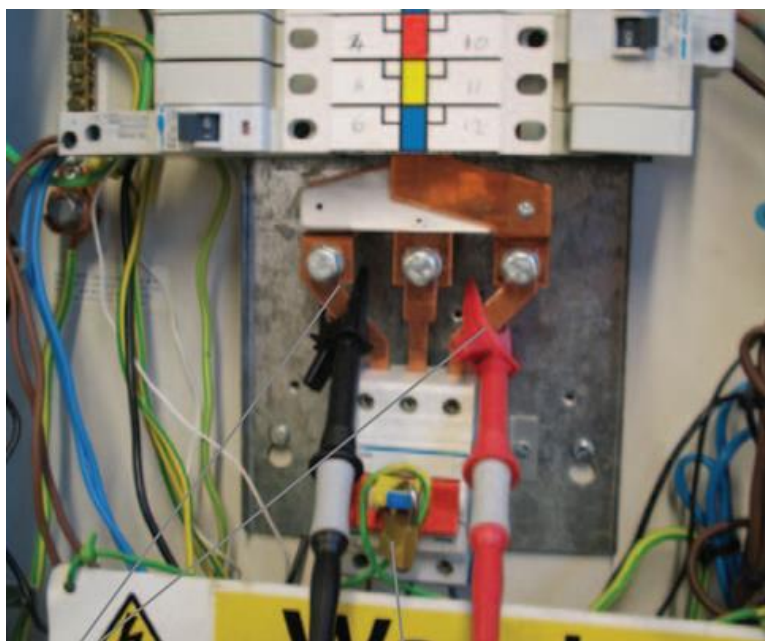
فاز L1 و L2

جداسازی با قفل



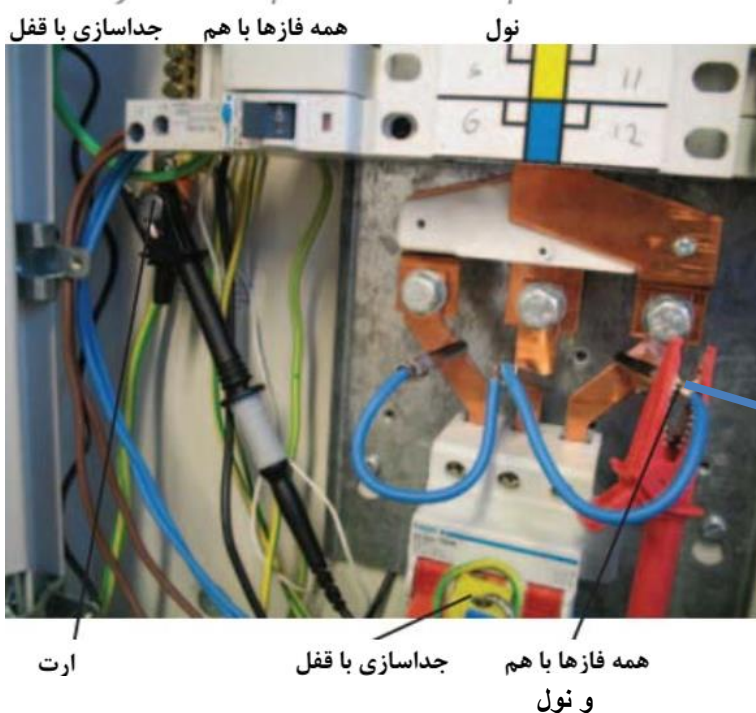
فاز L2 و L3

جداسازی با قفل



فاز L1 و L3

جداسازی با قفل



گام ۳ در ادامه با استفاده از دو سیم با سرهای گیره سوسماری همه فازها را بهم اتصال داده و بعد آزمون را بین همه فازها و نول (هادی خنثی) با استفاده از فیش های مربوط انجام دهید. اگر سیم و گیره های سوسماری را نداشته باشید مجبورید تک تک فازها و نول را اندازه گیری کنید.

گام ۴ آزمون بالا را این بار بین هادی های برقرار (Live) و هادی زمین (PE) انجام دهید. برای این منظور فقط اتصال دهنده شینه PE و شینه N را باز کنید در تاسیسات برق سه فاز حداقل مقدار مقاومت کل قابل قبول مانند مقاومت عایقی در تکفاز $1M\Omega$ می باشد. اما باز برای هر اندازه گیری مقداری کمتر از $2M\Omega$ نگران کننده است و باید بررسی شود.

Insulation Resistance ($M\Omega$)	
Live - Live	Live - Earth
15	16

اخطار! در صورتی که برخلاف مبحث ۱۳ هادی PEN به شینه N اتصال داده شده باشد ولتاژ عایقی بین الکتروود زمین و PEN اعمال خواهد شد.

گام ۵ همه ارتباطاتی که در فرآیند آزمون از آنها استفاده کردید را جدا کنید و مقادیر اندازه گیری را در جدول نتایج ثبت کنید توجه داشته باشید مطابق جدول بالا از سه گام قبل یک عدد را به عنوان معادل در ستون اول و از گام چهارم هم یک عدد در جدول مربوط وارد می شود.

آزمون قطبیت (Polarity Test):

این آزمون در موارد زیر انجام می شود :

-وسایل حفاظتی که هادی فاز به آنها متصل است و در حال حفاظت از مدارو دستگاهها هستند مطابق بند ۱۳-۶-۲-۱ ورودی فیوز در کلید های خودکار مینیاتوری و یا قطب ته پایه فیوز پیچی باید به طرف تغذیه مدار (فاز) وصل شده باشد

- کلیدهای مدار ، که آنها باید در مسیر هادی فاز قرار گیرند . چرا که مطابق بند ۱۳-۸-۲-۳ مبحث ۱۳ کلیدهای کنترل مدارها (از جمله چراغ ها) باید هادی فاز را قطع و وصل نمایند . قطع و وصل هادی خنثی برای کنترل مدار ممنوع است

-در سربیش ها ، هادی فاز باید به اتصال وسط آن متصل باشد. مطابق تبصره ۲ بند ۱۳-۸-۱-۲ مبحث ۱۳ هادی فاز باید در سربیش های پیچی لامپ ها به قسمت انتهایی داخل سربیش وصل گردد

-اتصال درست سیم فاز به پریز باید مدار در پریزها بررسی شود مطابق تبصره بند ۱۳-۸-۳-۲ مبحث ۱۳ هادی فاز در پریزهای تکفاز باید به ترمینال سمت راست پریز وصل شود

آزمون قطبیت هم در زمان قبل از وصل انشعاب برق منازل و هم پس از وصل انشعاب صورت می گیرد در صورتی که قبل از وصل انشعاب نیاز به انجام این آزمون باشد که در بسیاری از موارد همین اتفاق می افتد آن را می توان در

همان زمان با انجام آزمون پیوستگی CPC و به شیوه آن انجام داد.

-ابزار برای انجام این کار حداقل یک دستگاه DMM یا مولتی فانکشن لازم است

-اطمینان حاصل شود که در مداری که آزمایش می شود جدا سازی صورت گرفته است

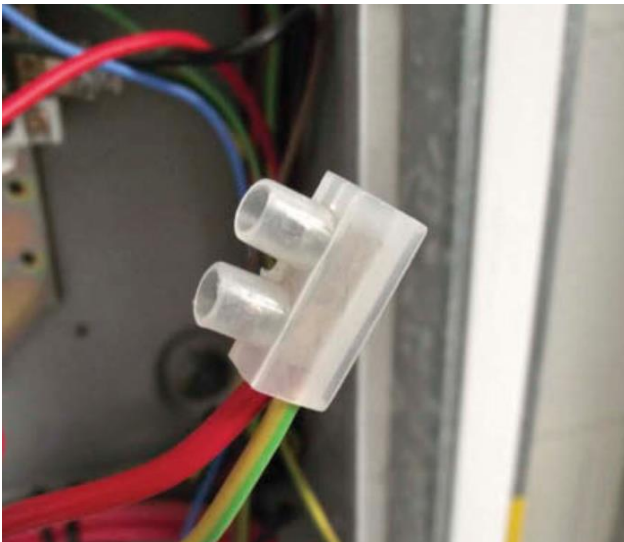
- باید پریزها و کلیدهایی که از یک مدار روشنایی یا پریز برق رسانی می شوند و ترتیب آنها برای شما مشخص باشد.

یاد آوردی ! اگر شما در حال کار بر روی یک تابلو واحد و یا یک تابلو توزیع اصلی هستید آن باید از برق جدا سازی شده باشد

الف)انجام آزمون برای پریز های مدارهای اصلی

گام ۱ در نقطه شروع مدار یک ارتباط بین هادی فاز و CPC

در تابلو واحد ایجاد می کنیم این کار توسط یک ترمینال بلوکی یا گیره سوسماری می تواند صورت گیرد مطابق شکل (۱) ، در اینجا زمان مناسبی است که هادی ها بررسی و به درستی شناسایی شوند(یعنی خروجی فیوز واقعا به عنوان فاز است)



گام ۲ در نقطه انتهایی مدار، اگر وسیله ای به پریزها متصل است آن را بکشید و پریز را باز کنید و بررسی چشمی و شناسایی کنید که هادی ها به آن درست وصل شده اند (ترمینال مربوط به فاز به سمت راست پریز وصل شده است)



گام ۳ همچنین اگر از آزمون پیوستگی به یاد داشته باشید برای $R1+R2$ باید مقاومت فیش ها صفر شده باشد، حال فیش های دستگاه را به هادی فاز و زمین پریز وصل کنید مقدار بسیار کمی را باید بخوانید و این مقدار مقاومت $R1+R2$ خواهد بود.



گام ۴ فیش ها و ارتباطی را که در تابلو توزیع واحد ایجاد کرده اید جدا کنید و مجدد اندازه گیری را انجام دهید این بار باید مقدار بالایی خوانده و رویت شود مطابق شکل زیر، این ثابت می کند که آزمون مدار درست انجام شده است.

الف) انجام آزمون برای مدارهای روشنایی

گام ۱ در نقطه شروع مدار یک ارتباط ساده مانند قبل بین هادی فاز و CPC در تابلو ایجاد می کنیم باز بررسی کنید خروجی فیوز واقعا به عنوان فاز است

گام ۲ در محل با نور مناسب نگاه کرده و بررسی کنید هادی زمین از کلید تا چراغ برده شده است و آن کلید حتما در مسیر هادی فاز قرار دارد

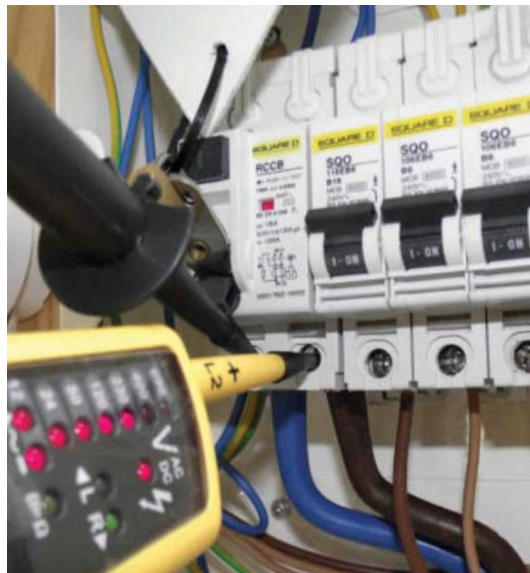
گام ۳ حالا کلید را وصل کنید (بطور معمول کلید به سمت بالا باشد روشن است) از داخل چراغ ، فیش های مربوط را به هادی فاز (اتصال وسط سرپیچ) و زمین مربوط به چراغ را به دستگاه وصل کنید مقدار بسیار کمی را باید بخوانید و این مقدار مقاومت $R1+R2$ خواهد بود. حال کلید را در حالت قطع قرار دهید این بار مقدار خوانده شده با توجه به آنکه در رنج بالای مقاومت قرار دارید باید بسیار زیاد باشد .

با توجه به آنکه یک مدار چند نقطه روشنایی را تغذیه می کند و برق رسانی یک مدار از طریق کلیدها صورت می گیرد ضمن آزمون مدار روشنایی یک نقطه آن باید از بقیه مدارهای نقاط روشنایی دیگر جدا شود در غیر این صورت ممکن است دشواری دسترسی به نقطه روشنایی کار را سخت کند و در این موارد می توان با استفاده از کلید نقاط روشنایی دیگر را در وضعیت قطع قرار داد و آزمون را انجام داد.

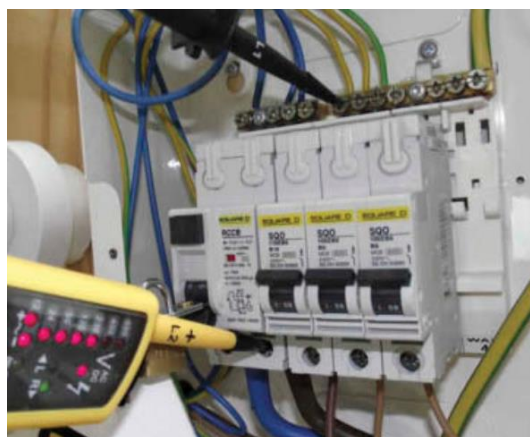
آزمون قطبیت برق‌دار (Live Polarity Test)

همانطور که قبلاً گفته شد این آزمون به دنبال وصل انشعاب و در آن زمان صورت می‌گیرد این کار توسط یک

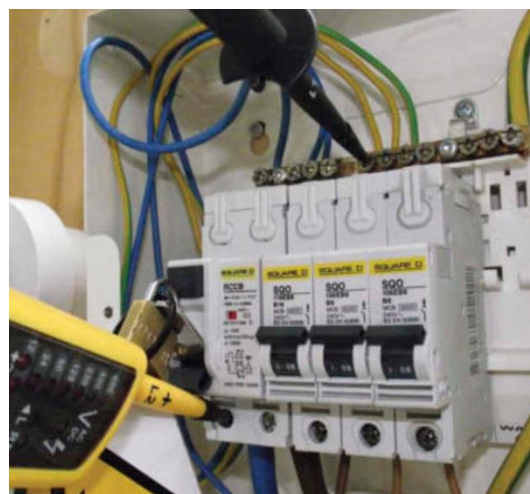
نشانگر ولتاژ (voltage indicator) انجام می‌پذیرد
مشخص است این آزمون به قطبیت مدارات داخلی پریزها و نقاط
روشنایی نمی‌پردازد ضمن این بررسی ، برق‌دار بودن و بدون
برق بودن هادی‌ها با نشانگر و قطبیت مربوط به فاز در مسیر
وسایل حفاظتی تابلو توزیع نیز بصورت چشمی بررسی می‌شود
مراحل آن بصورت زیر است:



گام ۱ آزمون بین هادی خط (فاز) و خنثی (نول) در ورودی
کلید اصلی صورت می‌گیرد نشانگر ولتاژ باید برق دار بودن را
نشان دهد (مطابق شکل بالا)



گام ۲ آزمون بین هادی خط (فاز) و ترمینال هادی حفاظتی
(زمین) صورت می‌گیرد نشانگر ولتاژ باید برق دار بودن را نشان
دهد (مطابق شکل وسط)



گام ۳ آزمون بین ترمینال هادی حفاظتی (زمین) و
ترمینال خنثی (نول) صورت می‌گیرد نشانگر ولتاژ باید برق دار
بودن را نشان ندهد (مطابق شکل سوم)

آن هادی که در گام ۱ و ۲ تکراری است هادی فاز خواهد بود و
باید فیوزهای MCB در مسیر آن قرار داشته باشند.

نکته: فازمتر وسیله مناسبی در تست و تحویل نیست و نباید از
آن بهره جست. این آزمون به این منظور طرح شده است.

آزمون عملکردی کلید جریان باقیمانده (RCD)

به یاد داشته باشید که این آزمون در حالت برقراربودن مدار انجام می شود و باید در این وضعیت بسیار مراقب باشید.

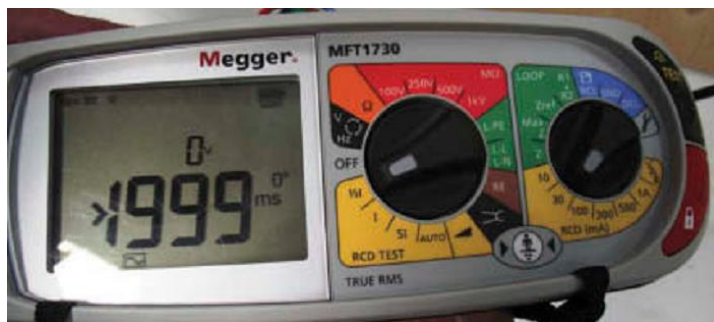
این آزمون را در خروجی کلیدهای جریان باقیمانده (RCD) می توان انجام داد اگر در نزدیکی تابلو فیوز که RCD نیز آنجا ست پریزی وجود دارد. دستگاههای آزمون دوشاخه هایی دارند که از طریق وصل آن به برق نیز می توان آزمون را انجام داد. فرض می کنیم دستگاه آزمون را به پریز برق وصل کرده اید. و دستگاه روشن است. در ابتدای آزمون RCD ، با توجه نوع کلید و جریان نامی، انتخاب را برای مثال روی 30mA قرار دهید.

توجه : در صورتی که شما سیستم زمین مناسب برای RCD نداشته باشید دستگاه آزمون اعلام خواهد کرد که قابلیت انجام آزمون را ندارد.

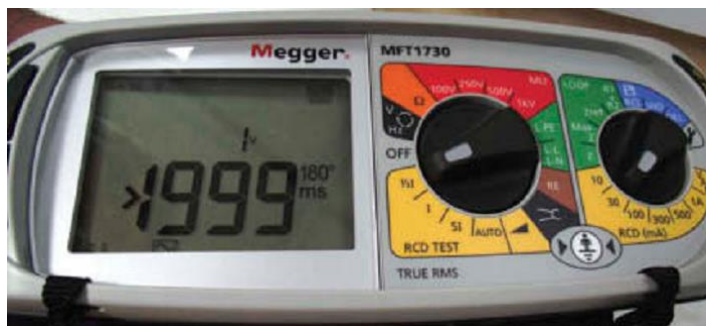
گام ۱ دستگاه باید روی 0.5x یعنی 50% جریان قطع (15mA) تنظیم شود

گام ۲ با فشردن دکمه دستگاه ، اندازه گیری شروع شده ، RCD نباید قطع کند و معمولاً زمان

$1999\text{ms} \approx 2\text{s}$ روی صفحه آن ظاهر می شود



گام ۳ دستگاه آزمون یک دکمه انتخاب دارد که قادر می سازد آن از طرف دیگر شکل موج 0 تا 180 درجه نیز آزمایش کند. این انتخاب را انجام داده و آزمایش تکرار شود در این حالت نیز مجدداً RCD نباید قطع کند.



اگر در آزمایش روی 50% ، کلید RCD قطع کند

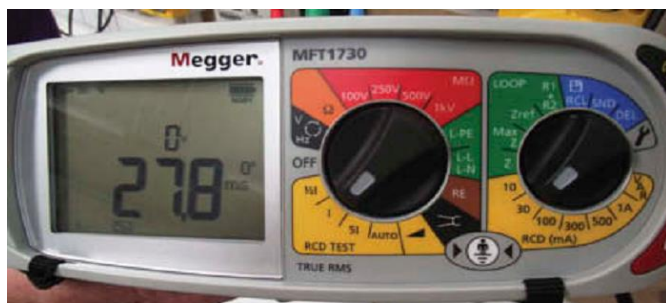
مربوط به حالت خودکاری RCD نبوده و کلید ایراد دارد . این احتمال را در نظر بگیرید که نشت کوچکی به

زمین در مدار و یا سیستم وجود دارد. تمام فیوزهای مدارات تابلو را قطع کنید و آزمایش را در سمت بار RCD انجام دهید (به جای دوشاخه از فیش های دیگر استفاده کنید) در صورتی که باز RCD قطع می کند باید جایگزین شود.

اگر RCD قطع نکرد نوبت آن است آزمایش 50% ، زمانی که فیوز مینیاتوری مدارات روشن است زیر هر مدار اجرا شود. زمانی که RCD قطع می کند فیوز همه مدارهای دیگر باید خاموش باشند بجز مدارنهایی که برای آزمون مجدد روشن است. اگر RCD باز قطع می کند برای این مدار تست عایقی انجام شود ، و احتمال دارد مقاومت عایقی پایین باشد. با این وجود اگر RCD قطع می کند دلیل آن تجمع جریان نشتی از چند مدار دیگر می تواند باشد در این حالت باید مقاومت عایقی همه مدارات دیگر نیز تست شود .

گام ۴ حال در این مرحله آزمایش برای $x1$ یعنی جریان نامی قطع (30mA)، باید تنظیم شود

دکمه آزمایش رافشار دهید ، RCD باید در کمتر از 200 میلی ثانیه قطع کند.



گام ۵ RCD را به حالت اول برگردانید

گام ۶ اکنون دکمه شکل موج (180°) را انتخاب کنید و آزمایش را تکرار کنید مجدداً RCD باید در کمتر

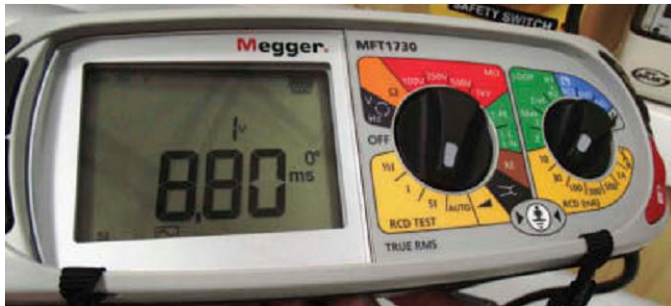
از 200 میلی ثانیه قطع کند.



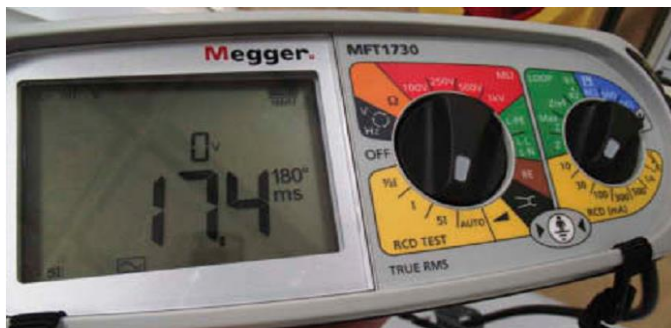
گام ۷ RCD را به حالت اول برگردانید کندترین زمانی که قطع در آن صورت گرفت را در برگه نتایج آزمون

وارد کنید.

گام ۸ حال آزمایش جریان را روی $\times 5$ یعنی 5 برابر جریان نامی قطع (150mA) تنظیم کنید.



گام ۹ دکمه آزمایش را، فشار بدهید RCD باید در کمتر از 40 میلی ثانیه قطع کند.



گام ۱۰ دکمه شکل موج (180°) را انتخاب کنید و آزمایش را تکرار کنید، مجدداً RCD باید در کمتر از 40 میلی ثانیه (آزمایش 5 برابر سریع تر از آزمایش برابر جریان نامی است) قطع کند.

گام ۱۱ روی دستگاه آزمونگر RCD دکمه جمع بندی را به منظور تایید آزمون عملکرد مکانیکی و بررسی درستی کار فشار دهید. اعداد اندازه گیری شده یکبار دیگر رویت خواهد شد.

گام ۱۲ پس از تحویل ساختمان و یا پس از هر نوع تعمیر که به مدارات و تابلو فیوز مربوط می شود آزمون کلید RCD باید صورت گیرد و مطابق مقررات باید دکمه آزمون نصب شده روی دستگاه را نادیده گرفت و آزمون مجزایی را اجرا نمود تا صحت کار وسیله یا کلید محرز شود پس از آن دکمه آزمون دستگاه نیز بصورت دوره ای کنترل شود به همین خاطر پس از آزمون معمولاً برچسبی به صورت زیر گوشه درب تابلو زده می شود. در صورت نبود، آن را گوشزد کنید.

این تابلو برق را با بخشی از آن، توسط لوازمی که کلید قطع به موقع تغذیه خودکار در اثر اتصال به زمین دارد حفاظت می شود. دکمه آزمون دستگاه با علامت T مشخص شده که با فشردن آن بصورت دوره ای برق باید قطع شده و با برگردان آن به حالت اول دوباره روشن شود اگر به هر دلیل با این کار، وسیله قطع نکرد یا دوباره برق وصل نشد توصیه می شود با متخصصین در میان بگذارید.



آزمون x5 فقط برای RCD هایی که جریان قطع آنها 30mA و بیشتر است اعمال می شود.

کلید های RCD از نوع S-Type تاخیری هستند در مورد زمان عملکرد این کلیدها در جریان نامی قطع شان باید کمتر از 200ms برای تاخیر و 200ms برای خطای معمول در نظر می گیرند پس این نوع کلید جریان باقیمانده در کمتر از 400ms عمل خواهد کرد در مورد آزمون این نوع RCD در 5 برابر جریان نامی زمانی ذکر نشده است و معمولاً اعمال نمی شود.

در مورد آزمون برای کلید محافظ جان RCBO موارد زیر را باید در نظر گرفت:

در آزمون x0.5 برای دو طرف شکل موج کلید عمل نمی کند

در آزمون x1 برای دو طرف شکل موج زمان عملکرد کمتر از 300ms بدست آید

در آزمون x5 برای دو طرف شکل موج زمان عملکرد کمتر از 40ms بدست آید

آزمون اندازه گیری مقاومت زمین

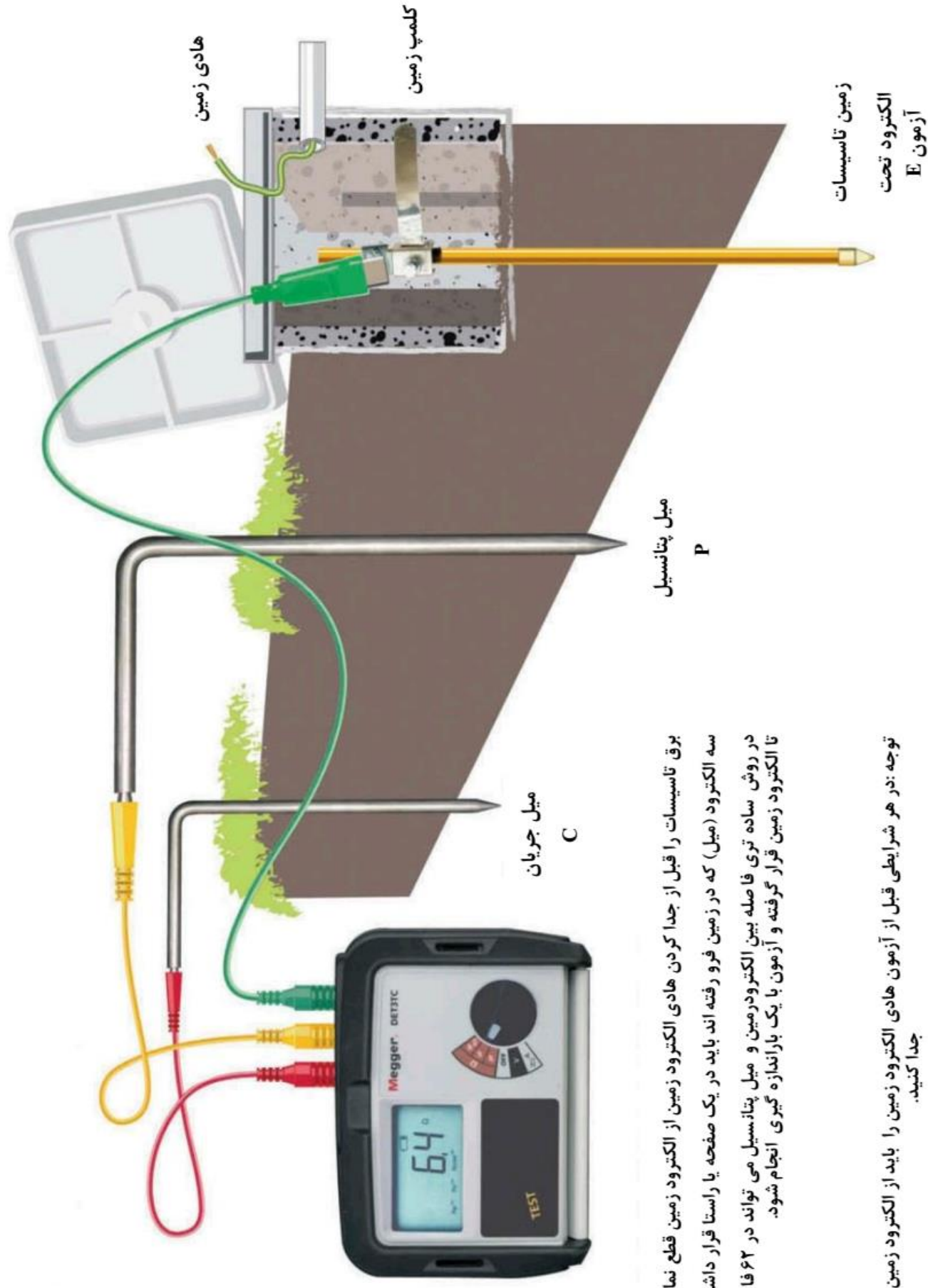
گام ۱ الکتروود تحت آزمون (E) باید در وضعیتی مطابق شکل صفحه بعد ، که در داخل زمین فرو رفته ، به کار گرفته شود. قبل از نصب ، طول الکتروود باید اندازه گیری شود. دانستن آن که چقدر از آن در زمین است مفید خواهد بود.

گام ۲ محل میل C در زمین حداقل ۱۰ برابر عمق E و دورتر از آن باشد مثلاً اگر E در عمق ۳ متر دفن شده فاصله میل C از آن برابر حداقل ۳۰ متر باید باشد

گام ۳ حالا میل پتانسیل (P) باید تقریباً وسط و بین الکتروود E و میل C قرار گیرد.

گام ۴ اکنون فیش های دستگاه باید به آن متصل شوند . برخی از دستگاههای آزمون چهار فیش C1 , P1 , C2 و P2 دارند . و برخی هم معمولاً فقط سه فیش E (سبز) , C (قرمز) و P (زرد) دارند. در دستگاههای چهار فیش C1 , P1 بهم وصل شده و E را می سازند و C2 و P2 هم به الکتروود های مربوط متصل می شوند. برای دستگاههای سه فیش هم واضح است که E , C و P به الکتروودهای خود متصل می شوند. (در زیر نمونه یک دستگاه مبتدی را می بینید)





گام ۵ مقاومت را اندازه گیری کنید و مقدار آن رو یادداشت کنید. (اجازه بدید 79Ω در نظر بگیریم)

گام ۶ میل میانی P را 10% یعنی (۳ متر) بسمت میل C ببرید.

گام ۷ مقاومت را اندازه گیری کنید و مقدار آن رو یادداشت کنید. (اجازه بدید 85Ω در نظر بگیریم)

گام ۸ میل میانی P را 10% یعنی (۳ متر) بسمت میل E ببرید.

گام ۹ مقاومت را اندازه گیری کنید و مقدار آن رو یادداشت کنید. (اجازه بدید 80Ω در نظر بگیریم)

حداکثر انحراف مقاومت های اندازه گیری شده از میانگین آنها، نباید بیش از دقت ۵ درصد باشد.

مقادیر را با هم جمع کرده و میانگین را حساب می کنیم

$$79+85+80=244 \text{ مقدار میانگین}$$

$$\frac{244}{3} = 81.33 \Omega$$

حالا اختلاف بین هر کدام از مقادیر را از این مقدار میانگین بدست می آوریم

$$81.33-79=2.33$$

$$81.33-80=1.33$$

$$85-81.33=3.67$$

بزرگترین عدد 3.67 می باشد درصد میانگین نسبی باید حساب شود

$$\frac{3.67}{81.33} \times 100 = 4.51\%$$

این مقدار درصد انحراف نامیده می شود. و باید 1.2 برابر آن، از دقت قابل قبول 5% ما کمتر باشد.

$$4.51 \times 1.2 = 5.41\%$$

این از مقدار 5% ($81.33 \times 0.05 = 4.06$) بیشتر است و قابل قبول نیست حال باید آزمایش را با فاصله بیشتری بین

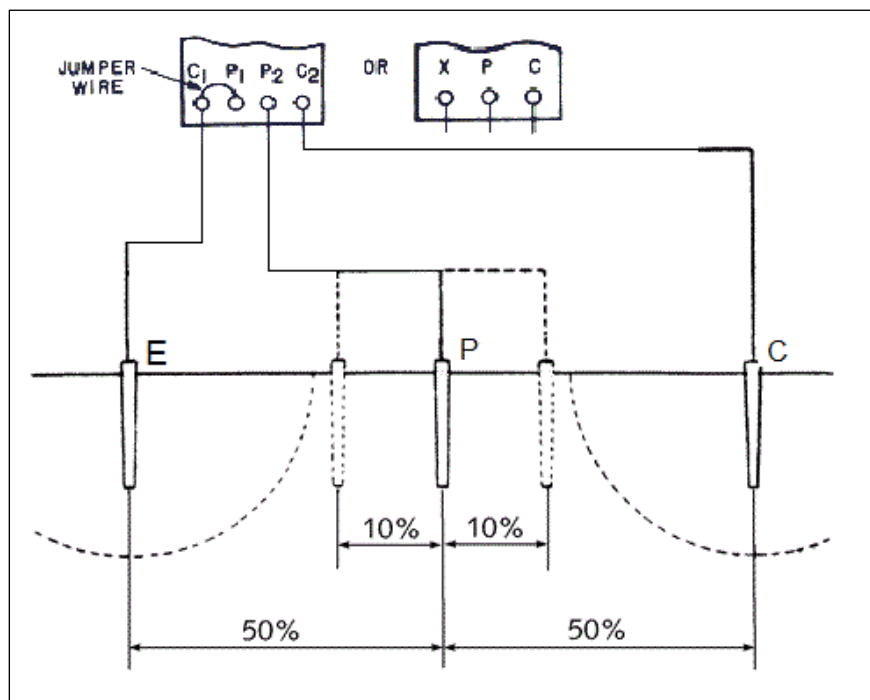
میل C و الکترودها انجام داد و محاسبه را تکرار کرد اگر مقدار در حد مطلوب بود میانگین سه مقدار اندازه گیری

شده، مقاومت درست الکتروود زمین خواهد بود

در صورتی که یک الکتروود تکی مقاومت کوچکی نداشت. به عنوان تعمیر می توانید میله ای در فاصله ای برابر با عمق E و یا دورتر در زمین بکوبید. و آنها را بهم وصل کنید آنها مانند مقاومت های موازی بوده و مقدار مقاومت معادل کاهش خواهد یافت اما بعد از احداث هر الکتروود، مقاومت آن را بصورت تکی اندازه گیری کنید چرا که در روش اندازه گیری بالا، در صورتی که چند الکتروود متصل بهم در زمین داشته باشیم معیار اندازه گیری فواصل و پیدا کردن مرکز مجموعه الکتروودها مشکل ساز خواهد بود

دستگاههای آزمون مقاومت زمین با گرداندن جریان در مسیر الکتروود تحت آزمایش (E) و میل جریان (C) و متعاقباً اندازه گیری ولتاژ بین میل پتانسیل (P) و (E) و تقسیم آنها بر هم عمل می کنند پس اگر مقاومت تماسی میل ها بخصوص میل جریان با زمین زیاد باشد این مکانیسم با مشکل مواجه می شود، دستگاههای مرغوب این مشکل را تشخیص داده و هشدار میدهند، دستگاههای حرفه ای حتی مقدار این مقاومتها را نشان هم می دهند، اما دستگاههای ارزان قیمت موجود در بازار چنین امکانی ندارند. بنابراین اگر با مشکل نوسان عدد قرائت شده مواجه می شوید اول میل جریان را در محل خود محکم کنید و سپس به اندازه نصف لیوان آب نمک پای آن ریخته و ۳۰ ثانیه بعد اقدام به اندازه گیری کنید، به احتمال زیاد مشکل حل می شود. با این حال توصیه اکیدا این دستورالعمل آن است که از دستگاه قابل قبول که در بخش ۵-۳ دستورالعمل اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین آمده است برای اندازه گیری استفاده شود .

این دستگاهها به دلیل دیگری هم دچار خطا می شوند و آن ولتاژهای سرگردان در زیر زمین است، بنابراین همیشه قبل از اندازه گیری مقاومت، اول سلکتور دستگاه را روی اندازه گیری ولتاژ قرار دهید، اگر ولتاژی بیش از ۱۰ ولت می خوانید اندازه گیری شما بی اعتبار است، بهتر است راستای اندازه گیری را در جهت مثلاً عمود بر وضعیت فعلی تغییر دهید و پس از اطمینان از پایین بودن ولتاژ اقدام به اندازه گیری کنید. تصویر زیر روش آزموننی که در این بخش ارائه شد را نشان می دهد که به روش 50% معروف است این روش اندازه گیری فقط در استاندارد IEC60364-6 اشاره شده است برای اطلاعات فراتر از این بخش دستورالعمل به دستورالعمل مربوط به سیستم زمین مراجعه کنید.



آزمون مقاومت حلقه زمین (LOOP Test)

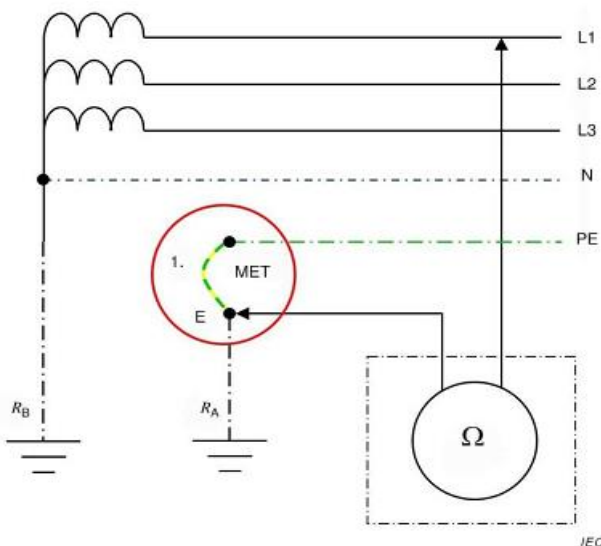
همانطور که قبلاً گفته شد بعد از وصل انشعاب از این روش برای "اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین" هم در کاربری های خانگی یا الکترودهایی که برای آنها مقادیر دقیق کم ؛ لازم نیست استفاده می شود. همیشه به یاد داشته باشید قبل از شروع این کار باید سیستم را جداسازی کنید و اجازه بگیرید.

گام ۱ جداسازی ایمن را انجام داده و تاسیسات را قفل بزنید (در تابلو اصلی ساختمان)

گام ۲ اطمینان حاصل کنید که هادی اتصال زمین به درستی به الکتروود زمین وصل شده است

گام ۳ هادی اتصال زمین را از ترمینال یا شینه اصلی اتصال زمین (MET) جدا کنید.

گام ۴ یک فیش از دستگاه آزمونگر امپدانس حلقه خطای زمین را ابتدا به هادی اتصال زمین متصل کنید و سپس فیش دیگر را بر روی هادی فاز "ورودی" کلید اصلی ساختمان قرار دهید و اندازه گیری کنید (مطابق شکل زیر)



گام ۵ پس از پایان آزمون از وصل مجدد هادی اتصال زمین به MET اطمینان حاصل نمایید و هماهنگی

بهره بردار ، تاسیسات را به حالت ایمن اولیه برگردانید.

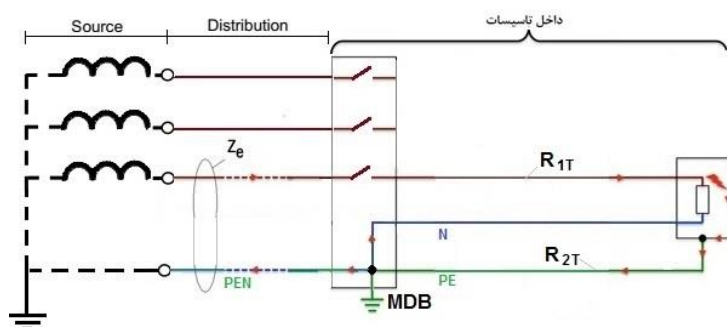
اگر از دستگاه با سه فیش استفاده می کنید. قبل از کار، دستورالعمل آن را بخوانید بعد اقدام به تست نمایید در برخی از دستگاهها لازم است PE و N دستگاه بهم وصل باشند و در برخی دیگر آنها باید از هم جدا باشند. استانداردها و همچنین "راهنمای طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمان" در سیستم TT حداکثر مقاومت زمین جهت محدود کردن ولتاژ تماس به 50V به شرح جدول زیر ارائه کرده است.

مثال : برای یک RCD با جریان عملکرد 30mA و حداکثر ولتاژ تماس 50 ولت ، مقاومت یا امپدانس زمین مجاز برابر $\frac{50}{0.03} = 1667\Omega$ خواهد بود.

مقاومت الکتروتود زمین به Ω	جریان عملکرد RCD ($I_{\Delta n}$)
1667	30mA (0.03A)
500	100mA (0.1A)
160	300mA (0.3A)
100	500mA (0.5A)

-امپدانس حلقه اتصال کوتاه

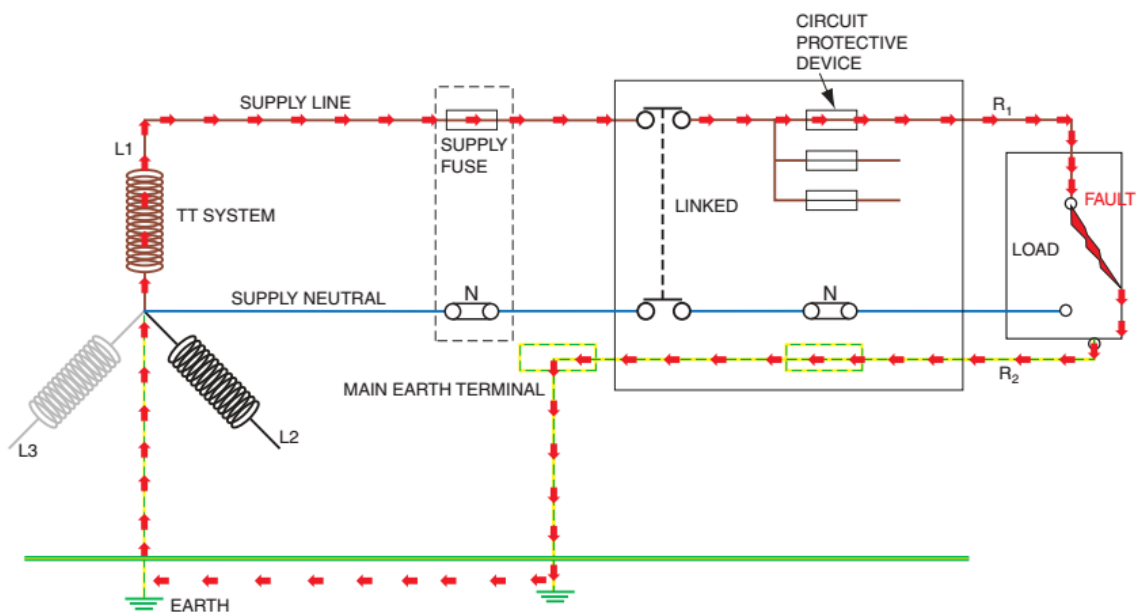
امپدانس حلقه اتصال کوتاه به موضوع اندازه گیری مقاومت الکتروتود زمین محدود نمی شود. و آن پارامتر مهمی در طراحی تاسیسات برقی و عملکرد وسایل حفاظتی است . در شکلهای صفحه بعد امپدانس حلقه اتصال کوتاه در سیستم های مختلف نمایش داده شده است ، تفاوت های مسیر اتصال کوتاه به روشنی قابل ملاحظه است این امپدانس را با Z_s نشان می دهند در همه حالت ها ، از دو جزء $R_1 + R_2$ داخل تاسیسات و Z_e تشکیل شده است مطابق شکل زیر رابطه زیر برقرار است



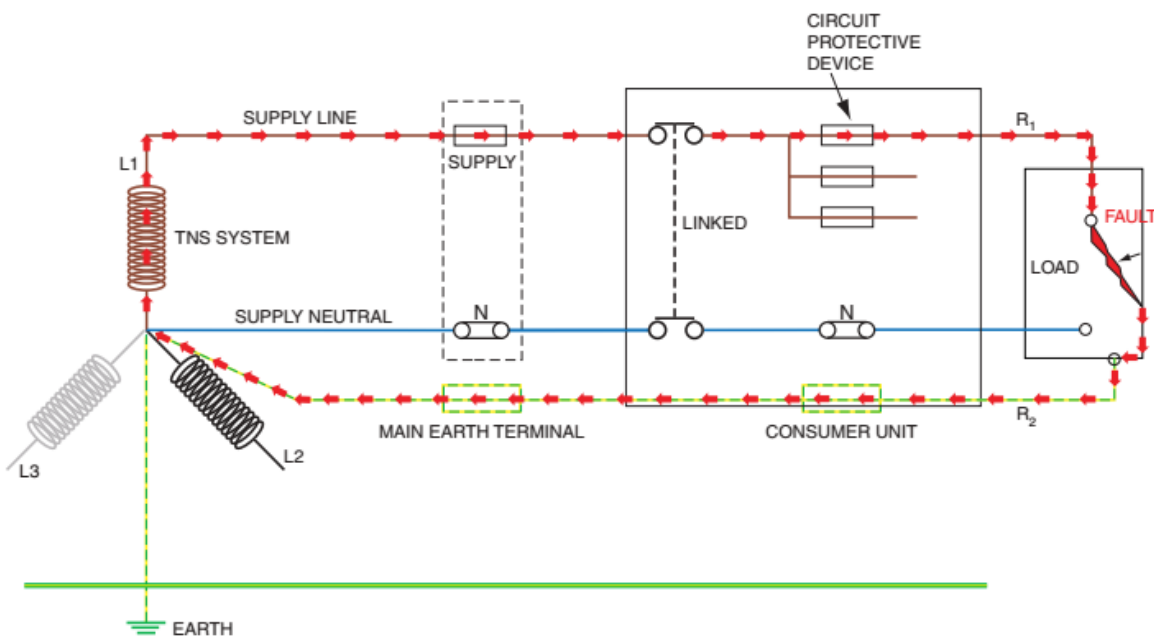
حد مجاز Z_e مطابق BS7671	
TT system	21Ω
TN-S system	0.8Ω
TN-C-S system	0.35Ω

$$Z_s = Z_e + (R_{1T} + R_{2T})$$

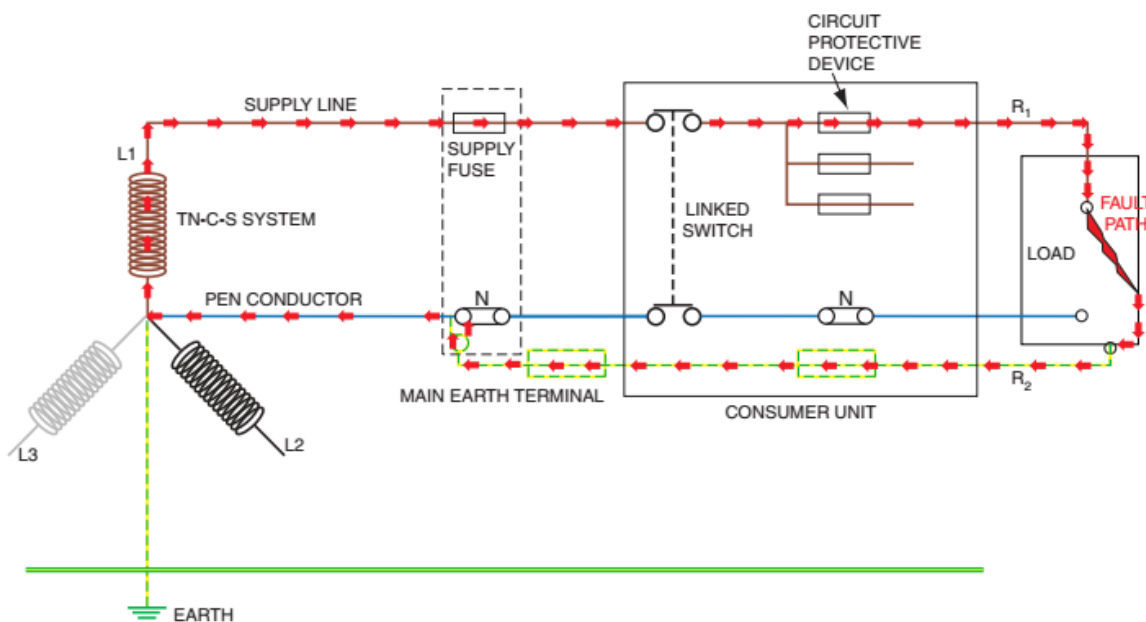
پس یک راه اندازه گیری Z_s از رابطه بالا می تواند باشد در ادامه روش اندازه گیری Z_e ارائه می گردد.



سیستم TT



سیستم TN-S



سیستم TN-C-S

اندازه گیری امپدانس حلقه خارجی (Z_e): با توجه به آنکه $R1+R2$ کل از انتهای مدارها تا تابلو توزیع اصلی اندازه گیری می شود ، امپدانس حلقه خارجی باید بصورت زیر از تابلو توزیع اصلی اندازه گیری شود:

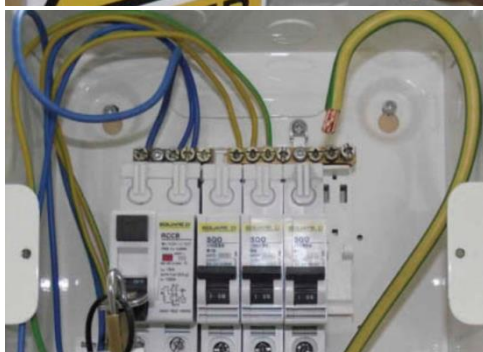
گام ۱ جداسازی ایمن انجام و قفل بزنید



گام ۲ هادی حفاظتی (PE) ورودی تابلو را از ترمینال زمین آن جدا کنید

گام ۳ اگر از دستگاه چندکاره (Multifunction) استفاده می کنید انتخاب آن را روی LOOP قرار دهید

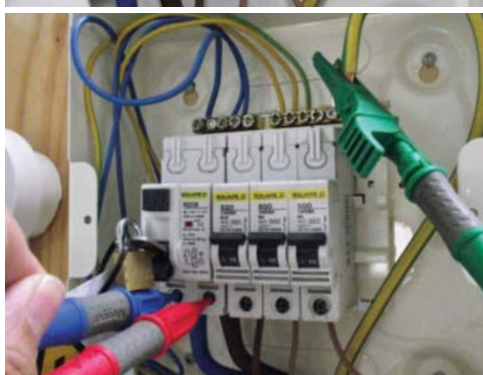
گام ۴ اگر از دستگاه دو با دو فیش استفاده می کنید یک فیش را به فاز ورودی تابلو و فیش دیگر را به هادی PE که جدا کرده اید وصل کنید . اگر از دستگاه با سه فیش استفاده می کنید. قبل از کار، دستورالعمل آن را بخوانید بعد اقدام به تست نمایید. گاهی لازم است فیش N به ترمینال نول ورودی وصل شود و نوع دیگر لازم است فیش نول و ارت بهم وصل شوند



گام ۵ مقدار اندازه گیری شده Z_e را جای مناسب برگه گواهی تاسیسات برقی وارد کنید .



گام ۶ دوباره هادی اتصال زمین را متصل کنید . همه موارد و درپوش تابلو را به جای خود برگردانید و سیستم را مجدد فعال کنید.



در این آزمون ها هر چند جداسازی ایمن انجام می دهید اما آزمون برقدار است چرا که آزمون را از ورودی کلید اصلی انجام می دهید. حال خیلی مهم است که دستورالعمل دستگاه را بخوانید بعد برای انجام آزمون سعی کنید.

از آنجایی که بعد از وصل انشعاب برق مشترکین ، دسترسی به ورودی تابلو اصلی دشوار است می توان اندازه گیری امپدانس حلقه را از روش اندازه گیری مستقیم Z_s بدست آورد.

اندازه گیری مستقیم Zs :

برخلاف اندازه گیری قبل در اینجا احتیاج به جداسازی ایمن و قفل زدن نداریم و همچنین در اندازه گیری Ze باید هادی حفاظتی از ترمینال مربوط قطع می شد. به این ترتیب همبندی ها هم در جریان آزمون قرار نمی گرفتند اما در اندازه گیری مستقیم Zs هم هادی حفاظتی (زمین) و هم همبندی ها در اندازه گیری حتما باید حضور داشته باشند .

گام ۱ مطمئن شوید ارتینگ و همبندی حفاظتی متصل هستند.

گام ۲ مدار مورد آزمون را از مصرف ، فقط جدا کنید

گام ۳ حذف لوازم جانبی در نقاط مختلف مداری که آزمون انجام می شود. اگر با مدار آشنا هستید آزمون در پریز انتهایی آن انجام شود

گام ۴ با دستگاه آزمونگر امپدانس حلقه ، در پریز انتهایی مداری که با آن آشنا هستید اندازه گیری را انجام دهید

گام ۵ مقدار را ثبت کنید و مدار برق دار قطع کنید

این آزمون از طریق انتهای مدار روشنایی هم می تواند بصورت یکباره و مستقیم انجام شود.

اگر بخواهیم تاثیر محیطی را در محل آزمون در نظر بگیریم یک قانون سرانگشتی وجود دارد که امپدانس حلقه را کمتر از ۸۰ درصد امپدانس مجاز ذکر شده در جداول در نظر می گیریم که در اینصورت به مقدار اندازه گیری شده نزدیک تر است

مثلا اگر از جدول Zs برای انشعاب 32 آمپر برابر 1.09 باشد مقدار صحیح برای Zs برابر $1.09 \times 0.8 = 0.87 \Omega$

خواهد شد که احتمالا در اندازه گیری هم 0.97Ω بدست آمده است.

آزمون اتصال کوتاه پیش بینی شده (PSC):



روش آزمون دو سیمه :

گام ۱ دستگاه را روی وضعیت اندازه گیری PSC قرار دهید

گام ۲ فیش های فاز و خنثی (نول) دستگاه را به ترمینال مربوط

در "سمت تغذیه" کلید اصلی تابلو وصل کنید

گام ۳ با دکمه تست را برنید و مقدار خوانده را ثبت کنید.

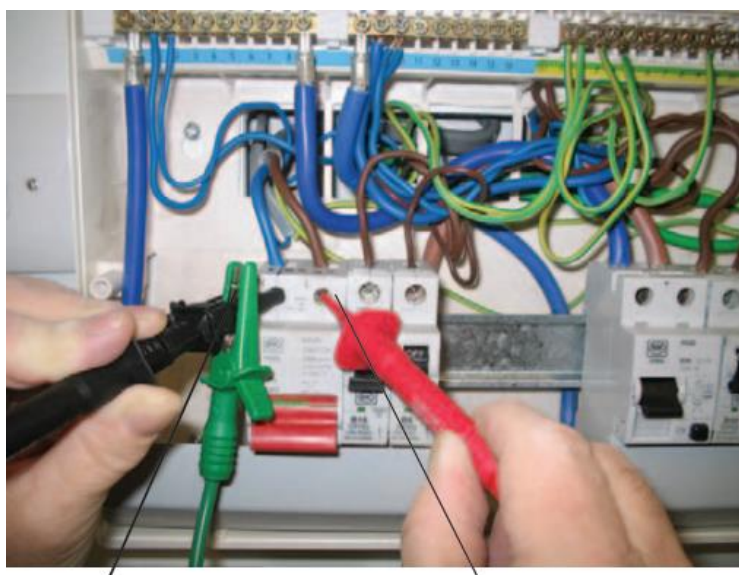
روش آزمون سه سیمه :

گام ۱ دستگاه را روی وضعیت اندازه گیری PSC قرار دهید

گام ۲ فیش های فاز به ترمینال مربوط و خنثی (نول) و ارت دستگاه

کلید اصلی تابلو وصل می شود

گام ۳ با دکمه تست را برنید و مقدار خوانده را ثبت کنید.



نول و زمین

فاز

روش سه سیمه

تست و تحویل سیستم PV (فولتائیک) منازل : غیر از نظارت چشمی که مربوط به همه بخش های این سیستم است ، PV دارای آزمون های دیگری نیز می باشد که شامل : ۱-آزمون اتصال کوتاه و مدار باز ۲- تست عایقی می باشد برای انجام دو آزمون اول برچسب و یا datasheet پنل اهمیت بالایی دارد و همین طور دمای محیط و میزان تابش آفتاب هنگام آزمون ، که مبنای انجام این کارهاست

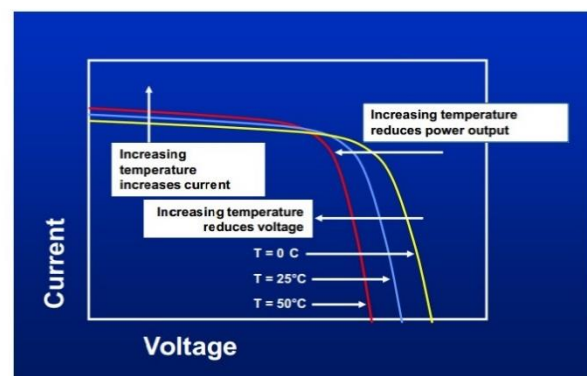
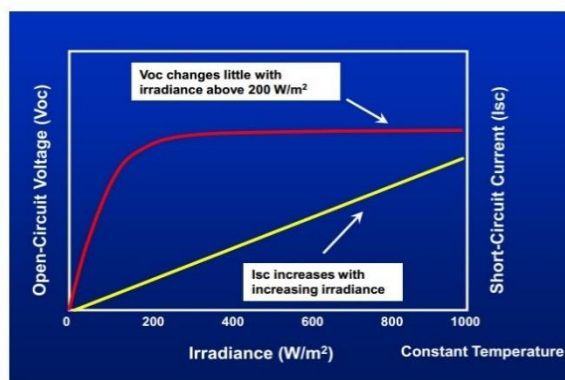
(آزمون اتصال کوتاه و مدار باز):

گام ۱ میزان دمای محیط را با دماسنج برحسب $^{\circ}\text{C}$ و میزان آفتاب را با آفتاب سنج برحسب W/m^2 اندازه گیری نمایید. و در چک لیست مربوط درج کنید فرض کنید 35°C و 800W/m^2

Table 10.1 Panel data sheet

Rated maximum power	180W
Tolerance	-0/+3%
Voltage at Pmax (Vmp)	36.4V
Current at Imp (Imp)	4.95A
Open-circuit voltage (V_{oc})	44.2V
Short-circuit current (I_{sc})	5.13A
Nominal operating temp	45°C
Maximum system voltage	1000V d.c
Maximum series fuse rating	15A
Operating temperature	-40°C to +85°C
Protection class	Module Application Class A
Cell technology type	Mono – Si
Weight (kg)	15.5
Dimensions (mm)	1580 X 808 X 45
Standard test conditions	Cell temp = 25°C AM 1.5 1000W/m ²
Temperature coefficient (V_{oc})	-0.172 V / °C
Temperature coefficient (I_{sc})	0.88 mA / °C

گام ۲ حال باید میزان V_{oc} و I_{sc} مورد انتظار را بدست آورید اگر فرض کنیم datasheet panel بصورت مقابل باشد برای اندازه گیری ولتاژ مدار باز باید با توجه به دیتا شیت میزان ولتاژ مدار باز یک پنل $V_{oc}=44.2\text{ V}$ باشد که برای ۶ پنل سری فرضی که روی بام داریم می شود $6 \times 44.2 = 265.2\text{ volts}$ این میزان ولتاژ مربوط به STC یعنی شرایط استاندارد تست که دما 25 درجه است می باشد ما باید ضریب تصحیح دما را اعمال نماییم که با توجه به دیتا شیت برابر 0.172 است با توجه به دمای محیط که 35 درجه است (25-35) یعنی ۱۰ درجه افزایش داریم که : $10 \times 0.172 = 1.72\text{v}$ را خواهیم داشت که میزان V_{oc} با احتساب این مقدار برابر خواهد شد با مقدار $44.2 - 1.72 = 42.82\text{ volt}$ با احتساب ۶ پنل ولتاژ برابر خواهد بود با $6 \times 42.82 = 256.92\text{ volts}$ که تفاوت قابل ملاحظه ای نسبت به میزان ولتاژ 265.2 volts دارد. پس میزان ولتاژ مورد انتظار $V_{oc}=256.92\text{ v}$ خواهد بود .



مطابق نمودار بالا سمت چپ ، تاثیر تابش نور بر ولتاژ سیستم های PV است از 200W/m^2 به بعد ، میزان تابش بر ولتاژ بی تاثیر است و بنابراین از آن صرفنظر می کنیم ، با توجه به نمودار سمت راست تاثیر دما در جریان اتصال کوتاه چندان نیست و اما در نمودار دیگر (سمت چپ)میزان تابش آفتاب تاثیر خیلی زیادی در ISC دارد.(بصورت تقریبا خطی) از روی

String tests	Cell Temperature (2)	35 c°		
	Irradiance	800 w/m ²		
Calculated values (3)	Voc expected (V) (3)	256.92 V		
	Isc expected (A) (3)	4.14A		
Measured values	Voc actual (V)			
	Isc actual (A)			
Array insulation resistance	Test voltage (V)			
	Pos - Earth (MΩ)			
	Neg - Earth (MΩ)			

datasheet این مقدار $I_{sc}=5.13\text{A}$

دیده می شود اما این مقدار مربوط به شرایط استاندارد تست (STC) است که میزان آفتاب 1000w/m^2 می باشد اما با آفتاب سنج میزان تابش نور خورشید در شرایط تست و نگهداری فعلی

800w/m^2 دیده شود . بنابراین جریان اتصال کوتاه مورد انتظار بصورت تقریبی $I_{sc}=5.13 \times 0.80 = 4.14\text{A}$ خواهد شد. این مقادیر را در چک لیست درج می کنیم



گام ۳ با قطع نزدیک ترین کلید جداکننده به اینورتر در ورودی آن ولتاژ را بین ترمینال مثبت و منفی را مطابق شکل اندازه گیری می کنیم و V_{oc} را در چک لیست درج می کنیم

گام ۴ کلید جداکننده ورودی سمت dc را نیز قطع می کنیم کانکتور MC4 یک ردیف را مطابق شکل زیر جدا می کنیم



گام ۵ کانکتورهای MC4 مثبت و منفی را بهم وصل می کنیم



گام ۶ کلید جداکننده ورودی را وصل می کنیم و توسط یک آمپر متر کلمپی مقدار ISC را می خوانیم و در چک لیست وارد می کنیم.

ب) آزمون مقاومت عایقی :

در یک تاسیسات جدید برای این آزمون دستگاه را روی ولتاژ 500V و d.c. تنظیم کنید این آزمون بین هادی های مثبت و زمین و همچنین بین هادی منفی و زمین انجام و ثبت می شود بصورت زیر :

گام ۱ جداسازی سمت d.c.

گام ۲ بعد از قطع کردن ارتباط کابل های خروجی دو ترمینال سمت d.c. بدون برق می شود

گام ۳ اتصال دهید فیش های دستگاه مقاومت عایقی را به سمت بدون برق ایزولاتور و زمین

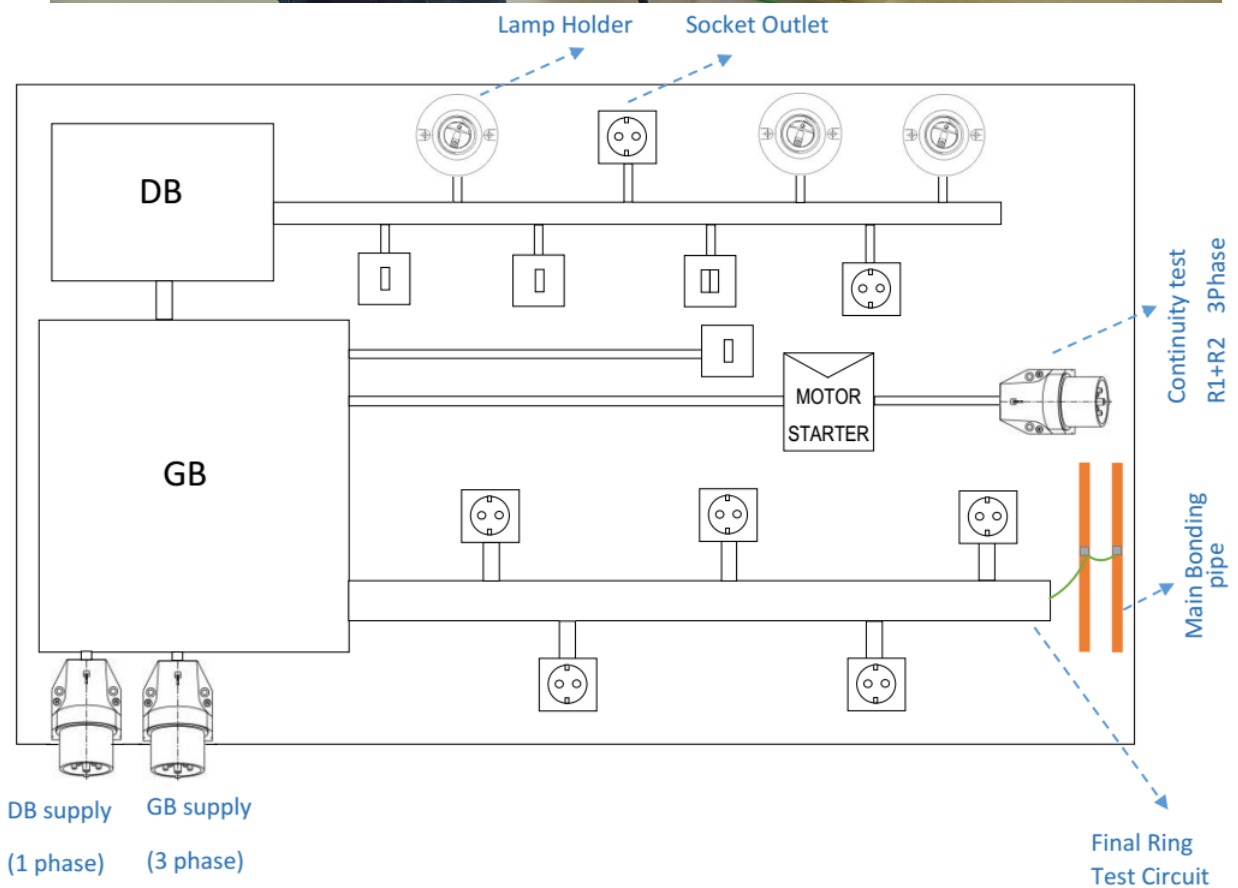
گام ۴ ایزولاتور را در وضعیت روشن قرار دهید و یک بار قطب مثبت و زمین را اندازه گیری کنید و دیگر قطب منفی و زمین را اندازه گیری کنید و مقاومت عایقی را در برگه مربوط ثبت کنید

گام ۵ فیش ها را جدا کرده و بردارید و کابلها را دوباره وصل کنید

برخی برای اندازه گیری قطب مثبت و منفی که به ماژول ها ارتباط دارند را بهم وصل کرده و بصورت حرفه ای اندازه گیری می کنند اما باید به خطرات و احتیاطهای لازم توجه داشت. مقادیر بدست آمده در این جدول را در برگه نشان داده شده در آزمون قبل و در محل مربوط یادداشت می کنید.



* نمونه تابلوی تست و تحویل جهت آموزش و کار سنجش عملی مهندسين پس از پايان دوره يادگيري اين دستورالعمل



- 1-IEC 60364-Part 6 Eelectrical Installation Verification- 2016
- 2-BS 7671 Requirements for Electrical Installation, 17th Edition +AMD3 2015
- 3- Practical Guide to Inspection Testing and Certifcation Christopher Kitcher 4th Edition
- 4- Guidance Not-3 Inspection Testing IEE Wiring Regulations
- 5- ON-SITE GUIDE BS 7671 2008 IEE Wiring Regulations 17th Edition
- 6- Inspection, Testing and Certification - Brian Scaddan , 17th Edition
- 7- Electrical Inspection Testing and Certifcation,Michael Drury, C&G2394/2395
- 8-Testing Electrical Installation , Anthony Hinsley , 7th Edition
- 9- Electrical Installation Note , G.L.Taylor NEC-2005, McGraw-Hill
- 10- Design and Verification ,Brian Scaddan, 6th Edition , 2008