

HV, Krokové / Dotykové napätie a Zemný odpor

Zistite si viac o technikách merania izolačného odporu

Izolácia je vlastnosť materiálu a je meraná ako izolačný odpor. Charakteristiky izolácie majú tendenciu sa z časom meniť, obvykle k horšiemu. Je to preto, lebo na stave izolácie sa prejavuje vplyv rôznych fyzikálnych javov, ako teplota, vlhkosť, nečistota, mechanické a elektrické sily, radiácia a pod. Drsné podmienky inštalácie, najmä teplotné extrémny a chemické vplyvy, spôsobujú poškodenie izolácie.

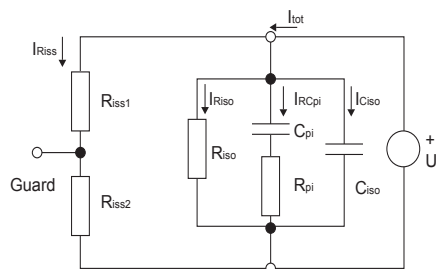
Najdôležitejšie parametre zariadení obsahujúcich izoláciu sú bezpečnosť, funkčnosť a spoľahlivosť. Toto je dôvodom, prečo sa izolácia meria. Izolácia sa testuje pri uvedení zariadenia do prevádzky a aj neskôr, hlavne po prípadných opravách. Meranie môže byť jednoduché alebo diagnostické.

Základy merania izolácie

Podľa Ohmovho zákona,

$$I = \frac{U}{R}$$

prúd nezávisí na čase. Ale už jednoduché meranie izolačného odporu ukazuje, že prúd sa s časom mení. Dôvodom pre takéto správanie sú rôzne javy v izolačnom materiáli po tom, ako bolo aplikované napätie. Typický model izolácie vyzerá takto:

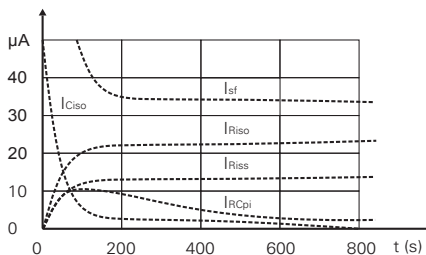


Izolačný odpor a kapacitný model, prúdy čiastočné a celkový.

| | |
|---------------|-------------------------------|
| U | Aplikované testovacie napätie |
| Riss1 & Riss2 | Povrchové zvodové odpory |
| Riso | Izolačný odpor |
| Ciso | Izolačná kapacita |
| Rpi | Polarizačný odpor |
| Cpi | Polarizačná kapacita |

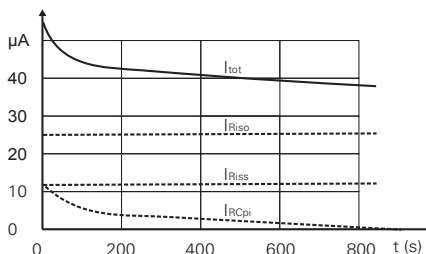
Celkový prúd I_{tot} obsahuje štyri čiastkové prúdy.

| | |
|------------|----------------------------|
| I_{tot} | Celkový prúd |
| I_{Riss} | Povrchový unikajúci prúd |
| I_{Riso} | Izolačný unikajúci prúd |
| I_{RCpi} | Polarizačný absorpčný prúd |
| I_{Ciso} | Kapacitný nabíjajúci prúd |



Typický diagram prúd / čas pre reálny zdroj napätia

V praxi sa na meranie izolácie nepoužíva ideálny zdroj napätia. Na začiatku merania je celý dostupný výkon zdroja krátkodobo použitý na nabitie kapacity Ciso. Preto napätie na bodoch pripojenia poklesne.



Prúdový diagram pre ideálny zdroj napätia.

Hneď ako sa DC napätie pripojí na izoláciu, začne tiecť vysoký testovací prúd a postupne s časom klesá, až sa ustáli na určitej hodnote. Tento unikajúci prúd sa už s časom nemení, preto práve on je primárnym faktorom, podľa ktorého možno posúdiť stav izolácie.

Typy testovania izolácie

Na určenie charakteristiky izolácie sa používajú rôzne typy testovania.

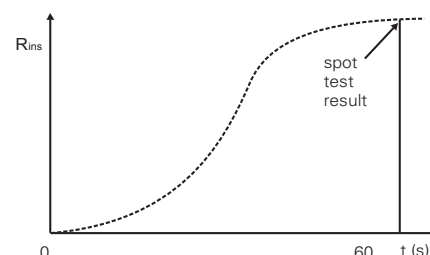
Test DC napätím a test AC napätím

AC napätie je viac vhodné na vykonanie skúšky príložným napätím alebo dielektrických testov. Naproti tomu DC test poskytuje presnejší obraz o kvalitatívnom stave testovanej izolácie.

Jednobodový test

Toto je najjednoduchší a najrýchlejší

spôsob testovania izolácie. Nanešťastie, len jeden test, bez žiadnych predchádzajúcich testov, môže dať len hrubý obraz o skutočnom stave predmetnej izolácie. Pri tomto teste je testovací prístroj pripojený na izoláciu, ktorá je predmetom skúmania. Testovacie napätie je aplikované počas pevnej doby, zvyčajne je to jedna minúta, ako ukazuje obrázok:



Typický diagram odpor / čas pre jednobodový test

Tento test je možné vykonať len v prípade, keď teplota izolácie je vyššia ako aktuálny rosný bod.

METREL radí:

Dolná hranica izolačného odporu môže byť často stanovená podľa pravidla "Jeden Mega Ohm":

Izolačný odpor by mal byť aspoň 1 MΩ pre každý kilovolt pracovného napätia, ale nie menší než 1 MΩ (napr. motor pracujúci na napätie 5kV by mal mať izolačný odpor aspoň 5 MΩ).

Metóda nárastu času / Polarizačný index / Pomer dielektrickej absorpcie

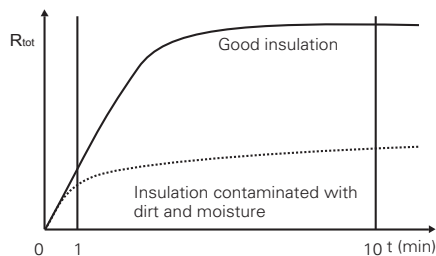
Po aplikovaní testovacieho napätia zlá izolácia spôsobí pokles hodnoty R_{iso} a nárast unikajúceho prúdu I_{Riso} . Absorpčný prúd je prekrytý týmto vysokým izolačným unikajúcim prúdom. Izolačný unikajúci prúd zostáva na približne rovnakej úrovni a výsledný nameraný odpor je nízky. Dobrá izolácia vykazuje postupný nárast izolačného odporu počas určitej doby. Toto je spôsobené absorpciou, ktorú je takto jasne vidieť. Tento efekt absorpcie trvá omnoho dlhšie než je čas potrebný pre nabitie kapacity izolácie.



Vysokonapäťová izolácia / Spojitosť / Uzemnenie

DOBRÉ VEDIET'

HV, Krokové / Dotykové napätie a Zemný odpor



Time diagrams of good and bad insulation tested with the time-rise method

Výsledkom tohto merania je polarizačný index (PI), ktorý je definovaný ako pomer meraného odporu v dvoch časoch (typicky je to pomer hodnoty po 10minútach ku hodnote po 1 minúte pri súvislom meraní).

| PI hodnota | Stav testovaného materiálu |
|--------------------------|------------------------------------|
| 1 - 1.5 | Zlý (staré typy materiálov) |
| 2 - 4 (typický 3) | Dobrý (staré typy materiálov) |
| 4 (veľmi dobrá izolácia) | Moderné typy izolačných materiálov |

Typické hodnoty polarizačného indexu

$$PI = \frac{R_{tot}(10 \text{ min})}{R_{tot}(1 \text{ min})}$$

Výsledky tejto metódy merania nie sú závislé od teploty, metóda môže poskytnúť jasné informácie o stave izolácie bez potreby porovnania s predchádzajúcimi testami.

Dielektrický pomer absorpcie (DAR) je podobný parameter ako polarizačný index. Jediný rozdiel sú iné časové periódy pre získanie výsledku, zvyčajne je to 30 sekúnd (alebo 15 sekúnd) a 1 minúta.

| DAR hodnota | Stan testovaného materiálu |
|----------------|----------------------------|
| < 1 | Zlá izolácia |
| 1 ≤ DAR ≤ 1.25 | Dobrá izolácia |
| > 1.4 | Veľmi dobrá izolácia |

Typické hodnoty DAR

$$DAR = \frac{R_{tot}(1 \text{ min})}{R_{tot}(30 \text{ s})}$$

Dielektrické vybitie

Je obtiažne určiť hodnotu polarizačného indexu, ak polarizačný absorpčný prúd I_{RCpi} je v porovnaní s odtatnými prúdmi príliš malý. V tom prípade je výhodnejšie vykonať test dielektrického vybitia (DD). DD test sa vykonáva po kompletom ukončení testu izolácie. izolačný ma-

teriál sa nechá pripojený na testovacie napätie po dobu 10 ... 30 minút a potom je ešte vybitý pred tým, ako sa vykoná DD test. Po 1 minúte sa meria vybíjací prúd, čím sa zisťuje náboj zachytený v izolačnom materiáli. Vysoký vybíjací prúd indikuje, že izolácia je kontaminovaná, najčastejšie to býva kvôli vlhkosti.

| DD hodnota | Stav testovaného materiálu |
|------------|----------------------------|
| > 4 | Zlý |
| 2 - 4 | Hraničný |
| < 2 | Dobrý |

Hodnoty DD

$$DD = \frac{I_{dis}(1 \text{ min})}{U C_{iso}}$$

| | |
|--------------------------|--|
| I _{dis} (1 min) | vybíjací prúd meraný 1 minútu po odpojení testovacieho napätia |
| U | testovacie napätie |
| C _{iso} | kapacita testovaného materiálu |

Význam jednotlivých veličín zo vzťahu pre výpočet DD

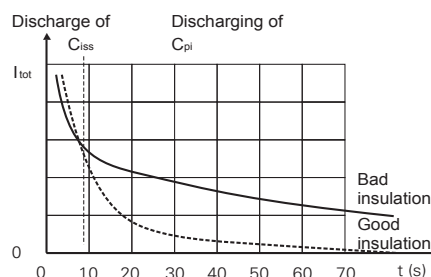


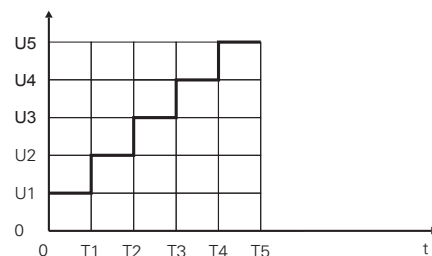
Diagram prúd / čas pre dobrú a zlú izoláciu testovanú metódou DD

Test DD je užitočný hlavne pre testovanie viacvrstvových izolačných materiálov.

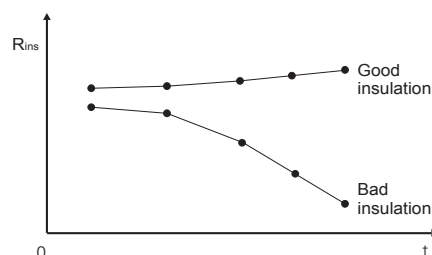
Test iolačného odporu krokovým napätím

Testovanie napätím nižším než by sa čakalo, často odhalí vlhkosť a znečistenie izolácie, keďže vplyvy starutia a mechanického poškodenia relatívne čistej a suchej izolácie nemožno zistiť pri nízkom testovacom napätí. Inými slovami, test krokovým napätím nám poskytne užitočné informácie, aj keď nemáme práve k dispozícii prístroj ktorý by poskytol testovacie napätie potrebné pre bežne požadovaný test izolácie.

Testované zariadenie je vystavené rôznym testovacím napätiam, ktoré sú aplikované v krokoch. napätie začne pri najnižšej hodnote a v definovaných krokoch stúpa k najvyššej hodnote.



Typické meranie krokovým napätím



Typické výsledky testu krokovým napätím

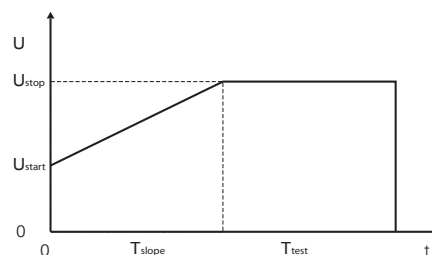
Tvar výslednej krivky reprezentuje kvalitu izolácie:

- Izolačný odpor poškodenej izolácie bude prudko klesať.
- Hodnota izolačného odporu dobrej izolácie zostane na približne rovnakej úrovni pri všetkých napätíach.

Test skúšobným napätím

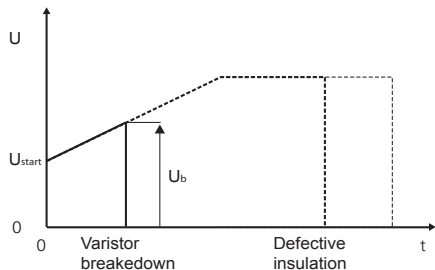
Test skúšobným napätím je jedným so základných testov izolácie. Jeho princíp je veľmi jednoduchý - testovacie napätie je aplikované na testovanú izoláciu, až pokiaľ neuplynie určený čas, alebo nastane preraž.

Najdôležitejšie parametre testu sú: časový gradient narastajúceho napätia, maximálne napätie a čas pôsobenia maximálneho napätia. Ich hodnoty závisia od typu testovaného zariadenia a sú definované v príslušných normách. Znakom prerazu je prudký nárast prúdu tečúceho izoláciou, pričom sa prekročí vopred definovaná hodnota.



Procedúra pri teste skúšobným napätím.

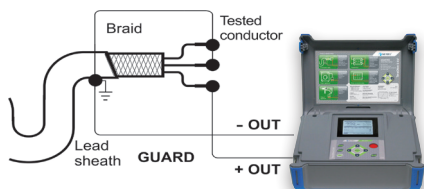
HV, Krokové / Dotykové napätie a Zemný odpor



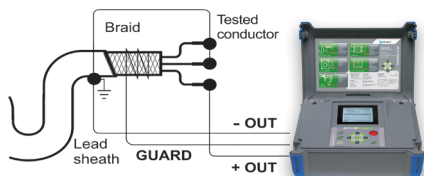
Procedúra testu pre test skúšobným napätím.

Typické zapojenie pre:

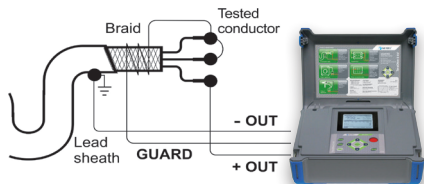
Prívodné napájacie káble



Meranie izolácie odporu kábla medzi jedným vodičom a ostatnými vodičmi vrátane plášťa kábla

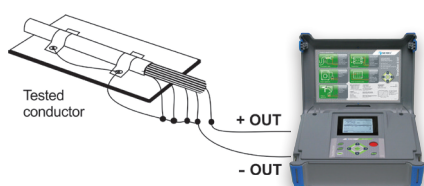


Meranie izolácie odporu kábla medzi jedným vodičom a ostatnými vodičmi vrátane plášťa kábla, s využitím guard pripojenia na eliminovanie vplyvu únikov na konci kábla

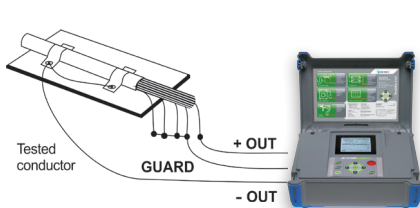


Meranie izolácie odporu kábla medzi vodičom a plášťom

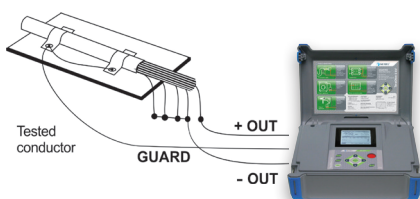
Riadiace a komunikačné káble



Meranie izolácie odporu komunikačného kábla medzi jedným vodičom a ostatnými vodičmi s tieniením

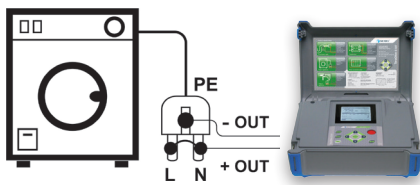


Meranie izolácie odporu komunikačného kábla použitím guard pripojenia. Odpor sa meria medzi vodičom a tieniením.



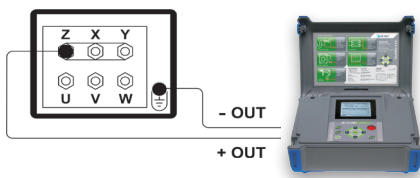
Meranie izolácie odporu komunikačného kábla použitím guard pripojenia. Odpor sa meria medzi jedným vodičom a ostatnými vodičmi.

Domáce spotrebiče a podobné elektrické zariadenia



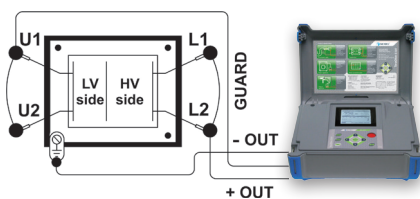
Meranie spotrebičov v domácnosti, ochranná trieda I a II

Indukčný motor

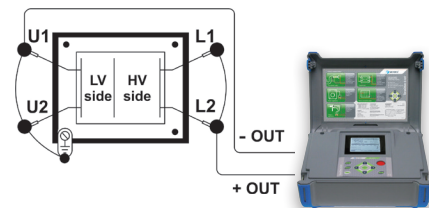


Meranie izolácie odporu indukčného motora medzi všetkými tromi fázami a kovovým krytom motora

Výkonový transformátor



Najjednoduchšie meranie izolácie odporu transformátora

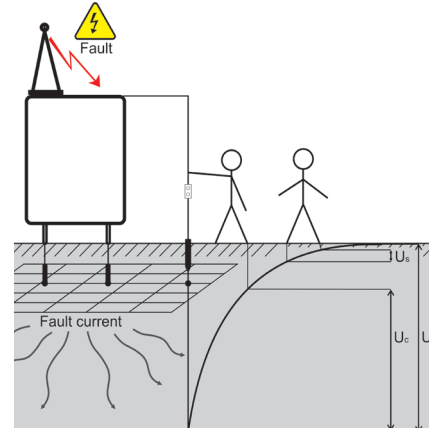


Meranie izolácie odporu vysokonapäťového vinutia voči kovovému krytu

Ochranné pripojenie

Správne ochranné pripojenie dostupných vodivých častí zariadenia zabezpečuje, že v prípade poruchy zostane napätie na nich na bezpečnej nízkej úrovni. Ak taká porucha nastane, poruchový prúd bude tiecť cez ochranný vodič.

Okolo uzemňovacej elektródy sa rozprestiera typické rozdelenie napätia, tzv. napäťový lievik. Poruchové prúdy v blízkosti výkonových distribučných zariadení môžu byť veľmi vysoké, až do 200 kA. Toto môže byť príčinou nebezpečných krokových a dotykových napätí. Ak v tom priestore existujú podzemné kovové vedenia (zámerné, alebo neznáme), rozdelenie napätia môže nadobudnúť atypické tvary a nebezpečné napätia sa môžu vyskytnúť ďaleko od miesta poruchy. Preto rozloženie napätia v prípade poruchy musí byť detailne analyzované.



Nebezpečné napätia na nesprávnom zemiacom systéme

Norma IEC 61140 definuje tieto vzťahy medzi maximálnym dovoleným časom a dotykovým napätím:



Vysokonapäťová izolácia / Spojitosť / Uzemnenie

DOBRÉ VEDIET'

HV, Krokové / Dotykové napätie a Zemný odpor

| Max. čas pôsobenia | Napätie |
|--------------------|--|
| > 5 s až ∞ | UC \leq 50 VAC alebo \leq 120 VDC |
| < 0.4 s | UC \leq 115 VAC alebo \leq 180 VDC |
| < 0.2 s | UC \leq 200 VAC |
| < 0.04 s | UC \leq 250 VAC |

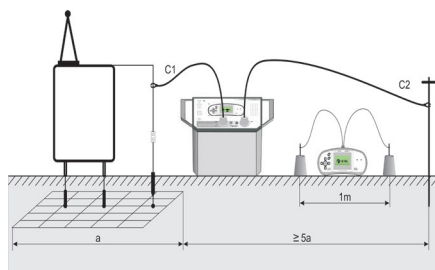
Maximálny čas trvania podľa chybového napätia

Pre dlhšie trvanie musí dotykové napätie zostať nižšie než 50V.

Počas merania je testovací prúd vnútený do obvodu cez pomocnú elektródu. Použitie vysokého prúdu zlepšuje odolnosť testu voči rušivým zemným prúdom.

Meranie krokového napätia

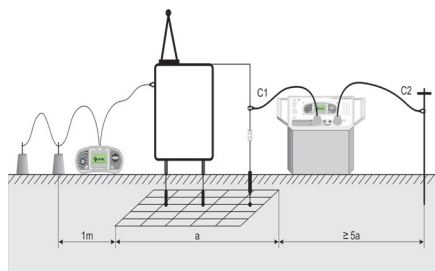
Meranie krokového napätia je medzi dvomi bodmi od seba vzdialenými 1m. Meracie sondy s hmotnosťou 25 kg simulujú nohy. napätie medzi sondami je merané voltmetrom s vnútorným odporom 1 k Ω , ktorý simuluje odpor ľudského tela.



Meranie krokového napätia

Meranie dotykového napätia

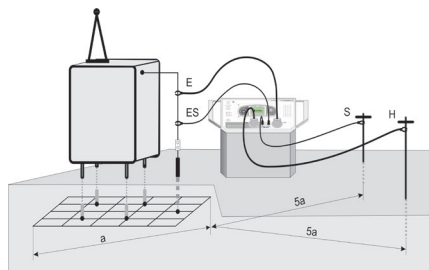
Meranie dotykového napätia sa vykonáva medzi uzemnenou dostupnou vodivou časťou a zemou. napätie medzi týmito bodmi je merané voltmetrom s vnútorným odporom 1 k Ω , čím sa simuluje odpor ľudského tela.



Contact voltage measurement

Meranie zemného odporu

Pre meranie zemného odporu sa používajú napäťová a prúdová pomocná elektróda. Kvôli rozloženiu napätia je dôležité, aby tieto pomocné sondy boli umiestnené správne.

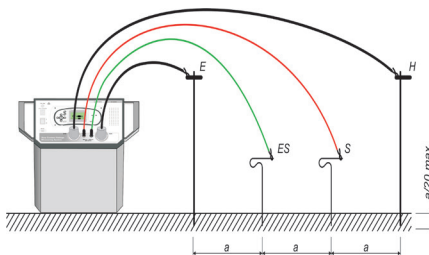


Meranie zemného odporu

Špecifický zemný odpor

Pri meraní špecifického zemného odporu je testovací prúd vnútený medzi dve prúdové sondy (C1/H a C2/E).

Medzi týmito prúdovými sondami sú umiestnené dve napäťové sondy (S a ES), pričom sa berie do úvahy ekvidistančná vzdialenosť "a". Použitie rozdielnych vzdialeností "a" znamená, že sa meria materiál v rôznych hĺbkach. Zvyšovaním vzdialenosti "a" sa merajú hlbšie vrstvy materiálu.



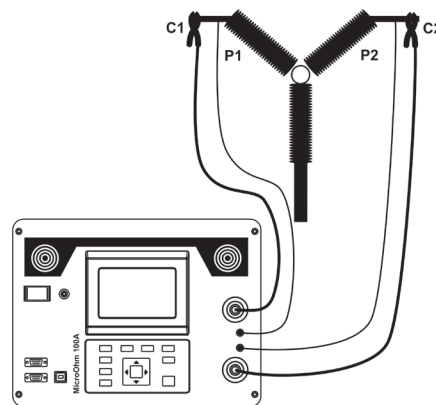
Meranie špecifického zemného odporu.

Meranie malých odporov

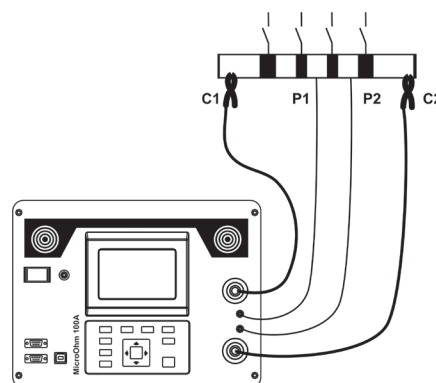
4-vodičová Kelvinova metóda

Pri meraní odporov menších než 20 Ω je v záujme dosiahnutia vyššej presnosti vhodné použiť 4-vodičovú Kelvinovu metódu merania. Pri tomto spôsobe merania nie je odpor meracích káblov zahrnutý do výsledky, takže odpadáva potreba jeho kalibrácie a kompenzácie.

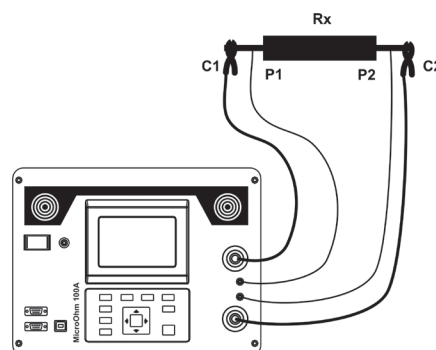
Typické zapojenia pre:



Pripojenie rozpínača obvodu



Pripojenie zbernice



Pripojenie zariadenia (všeobecné)