

## PRAKTICKÉ POZNATKY Z MĚŘENÍ IMPEDANCE PORUCHOVÉ SMYČKY A IZOLAČNÍHO ODPORU V NN ELEKTRICKÝCH INSTALACÍCH

Ing. Leoš KOUPÝ, ILLKO, s. r. o. Masarykova 2226, 678 01 Blansko ČR, [www.illko.cz](http://www.illko.cz), [l.koupy@illko.cz](mailto:l.koupy@illko.cz)

### ÚVOD

Jedním z nejdůležitějších způsobů ochrany před nepříznivými účinky elektrického proudu je samočinné odpojení elektrického obvodu od zdroje v případě, kdy se vlivem poruchy izolace dostane nebezpečné napětí na neživé části obvodu. Tím dojde ke změně v síti, obvykle k průtoku poruchového proudu jinou cestou, než pracovními vodiči, což uvede v činnost jistící prvek, který odpojí elektrický obvod od zdroje.

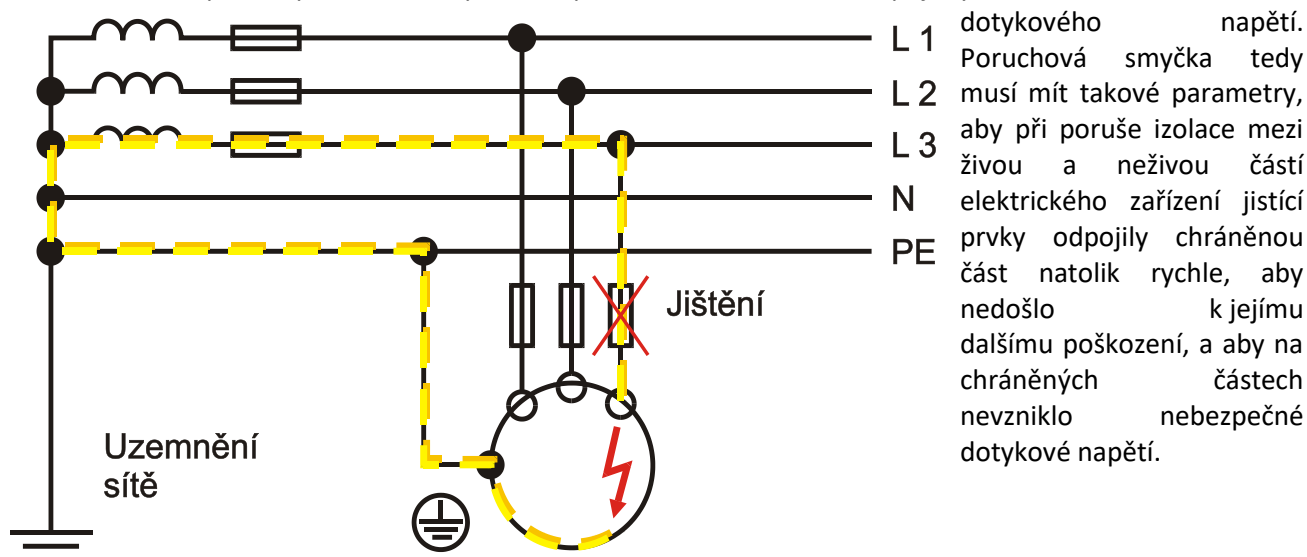
Velikost poruchového proudu je ovlivněna vlastnostmi obvodu, kterým proud proteče a vzhledem k tomu, že síťové napětí způsobující poruchový proud lze v rámci určité tolerance považovat za stále stejně velké, je zřejmé, že na velikost poruchového proudu má především vliv velikost odporu, který poruchový obvod klade protékajícímu proudu. **Impedance poruchové smyčky a izolační odpor** elektrické instalace, lze tedy považovat za nejdůležitější vlastnosti ovlivňující správnou funkci ochrany samočinným odpojením od zdroje. Pro důvěryhodný výsledek měření je velmi důležité používat z hlediska měření impedance poruchové smyčky a izolačních odporů kvalitní měřicí přístroje a přesné vyhodnocení naměřených parametrů revizním technikem.

### 1 MĚŘENÍ IMPEDANCE PORUCHOVÉ SMYČKY

#### 1.1 Impedance poruchové smyčky

Pokud dochází u sítí TN a TT k průtoku poruchového proudu obvodem, jehož součástí je PE vodič nebo uzemnění, je nutno zajistit, aby odpor tohoto obvodu nebyl natolik velký, že způsobí omezení poruchového proudu na hodnotu, která již nedokáže vybavit jistící prvek (jistíč nebo pojistku). Z toho důvodu je nutno při revizích elektrických instalací měřit odpor PE obvodu (TN) a zjistit, zda je dostatečně malý, aby poruchový proud jím protékající způsobil bezpečné vybavení jistícího prvku v předepsaném čase.

Na obr. 1 je naznačen průtok tzv. zkratového proudu obvodem poruchové smyčky při poruše izolace mezi živou a neživou částí elektrického zařízení. Je zřejmé, že v okamžiku vzniku poruchy se fázové napětí připojí na PE obvod a průtok poruchového proudu způsobí na všech částech spojených s PE obvodem vznik tzv.



Obr. 1 Obvod poruchové smyčky

Toto je zajištěno tehdy, pokud není poruchová smyčka přerušena a pokud je její impedance dostatečně malá (čím menší impedance, tím větší poruchový proud a tím rychlejší vybavení jistících prvků). Velikost dotykového napětí lze pak omezit dobrým uzemněním PE obvodu. Aby jištění při vzniku poruchy odpojilo místo poruchy od zdroje dříve, než může dojít k poškození elektrického zařízení nebo k úrazu elektrickým proudem, musí velikost impedance smyčky splňovat následující podmínku pro správnou funkci jištění:

$$Z_S \leq \frac{U_0}{I_a} \quad [\Omega];$$

**Kde:**

$I_a$  – proud zajišťující samočinné působení odpojovacího ochranného prvku v předepsané době (STN 33 2000-4-41 kap. 411.4.)

$U_0$  – jmenovité střídavé napětí sítě proti zemi

$Z_s$  – naměřená hodnota impedance smyčky L – PE

## 1.2 Ovlivnění impedance vnějšími vlivy

Velikost poruchového proudu v době vzniku případné poruchy ovšem závisí jednak na skutečné velikosti napětí v síti, která může být jiná, než je jmenovité napětí  $U_0$  a potom také na velikosti impedance, která se může v průběhu času měnit.

Při revizi je třeba ověřit, že jištění obvodů instalace bude spolehlivě fungovat nejen tehdy, kdy je měření prováděno, ale především v okamžiku budoucího možného průchodu poruchového proudu, kdy velikost impedance může být odlišná od impedance změřené. Impedance poruchové smyčky může být v době vzniku skutečné poruchy značně vyšší než ve chvíli, kdy je prováděno měření. Hlavní příčinou je především oteplení vodičů, jehož příčinou může být vyšší okolní teplota nebo vyšší proudové zatížení sítě, případně ohřátí vlivem průtoku vysokého poruchového proudu. Také napětí sítě během měření může být vlivem kolísání jiné než v době poruchy.

Proto je v STN 33 2000-6 v příloze C. 61.3.6.3 doporučeno, aby se změna impedance způsobená možným oteplením vodičů nebo nižším napětím v síti během měření zohlednila vynásobením naměřené impedance koeficientem 1,5 a při posouzení funkčnosti jištění se pak pracovalo s touto zvýšenou hodnotou.

Koeficient 1,5 však nezahrnuje vliv nepřesnosti měření způsobené měřicím přístrojem. Z toho důvodu je nutno, zvláště při měření malých impedancí v obvodech s jištěními na velký zkratový proud, počítat i s vlivem nejistoty měření a pro měření použít dostatečně přesný měřicí přístroj. Podmínku pro správnou funkci ochrany samočinným odpojením od zdroje lze pak vyjádřit vzorcem:

$$1,5 \times (Z_s(m) + \Delta Z_s(m)) \leq \frac{U_0}{I_a}$$

nebo po úpravě

$$(Z_s(m) + \Delta Z_s(m)) \geq \frac{2}{3} \times \frac{U_0}{I_a}$$

**Kde:**

$I_a$  – proud zajišťující samočinné působení odpojovacího ochranného prvku v předepsané době (STN 33 2000-4-41 kap. 411.4.)

$U_0$  – jmenovité střídavé napětí sítě proti zemi

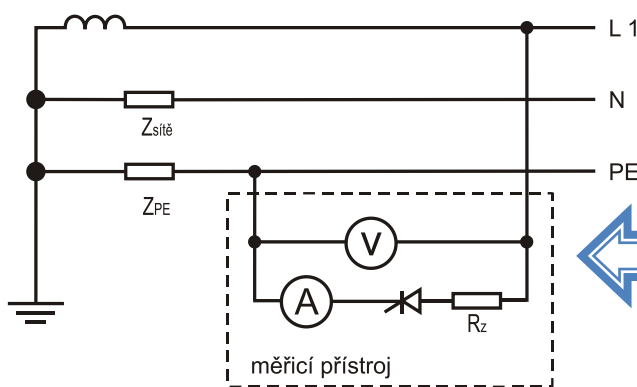
$Z_s(m)$  – naměřená hodnota impedance smyčky L – PE

$\Delta Z_s(m)$  – absolutní nejistota měření

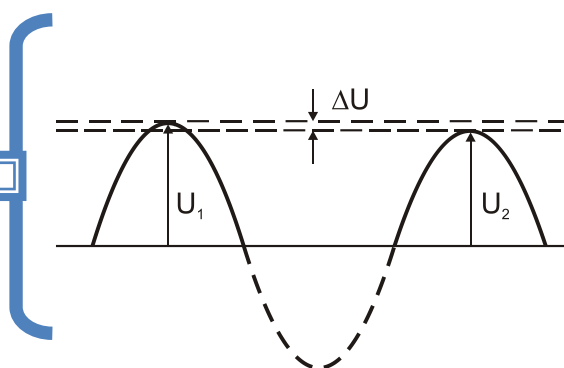
## 1.3 Princip měření

Princip měření impedance smyčky je ve všech měřicích přístrojích použit shodný (viz obr. 2). Přístroj simuluje vznik poruchy izolace mezi živou a neživou částí sítě a z průtoku simulovaného poruchového proudu vyhodnotí velikost impedance obvodu. Měřič impedance je připojen mezi fázový vodič L a vodič PE (případně mezi L a N pokud se měří impedance sítě). Po zahájení měření přístroj změří nejprve napětí zdroje naprázdno  $U_1$ . Potom do obvodu připojí zatěžovací odpor  $R_z$ , kterým proteče měřicí proud  $I$  a zároveň voltmetr změří napětí  $U_2$  v obvodu při zatížení simulovaným poruchovým proudem. Rozdíl  $U_1 - U_2$  je úbytek napětí na měřené impedanci  $Z$  při průtoku měřicího proudu  $I$  a přístroj vyhodnotí impedanci jako:

$$Z = \frac{U_1 - U_2}{I} = \frac{\Delta U}{I_{TEST}} \quad [\Omega];$$



Obr. 2 Princíp měření impedance poruchové smyčky



Obr. 3 Úbytek napětí na měřené impedanci

Měření úbytku napětí během dvou po sobě následujících půl period síťového napětí je zachycen na obr. 3. Pro lepší názornost je zobrazen jako rozdíl vrcholových hodnot, ovšem ve skutečnosti přístroj měří efektivní hodnoty těchto napětí. Je zřejmé, že čím menší je impedance smyčky, tím menší je úbytek napětí na ní, a tím menší je tedy rozdíl napětí při nezatížené a zatížené síti. Na přesnost měření takto malých napěťových rozdílů mají samozřejmě vliv jakékoliv rušivé jevy v síti a velké nároky jsou také kladeny na elektronické měřicí obvody přístroje. Proto čím menší je měřená impedance, s tím větší nejistotou (chybou) je měření provedeno.

#### 1.4 Technické parametry měřicího přístroje

Přesnost měření, tzn. definování nejistoty měření a další údaje důležité pro vyhodnocení měření lze nalézt v návodu k použití každého měřicího přístroje v kapitole označené obvykle jako „Technické parametry“. Které údaje důležité pro provoz měřicího přístroje by v jeho návodu k použití neměly chybět, definují normy STN EN 61557. Vysvětlíme si nejdůležitější pojmy z technických parametrů nutné pro správné stanovení chyby měření.

**Základní nejistota (chyba) měření** – nejistota měření určená za referenčních podmínek.

*(Tento údaj je důležitý pro kalibrační laboratoř, která má provést kalibraci přístroje).*

**Pracovní nejistota (chyba) měření** – nejistota měření určená za pracovních podmínek.

*(Tento údaj je důležitý pro uživatele přístroje. Není-li v návodu k použití tato nejistota uvedena, nelze prakticky měřicí přístroj pro revize použít).*

**Měřicí rozsah** – rozsah hodnot, které je přístroj schopen měřit s definovanou přesností, jinak řečeno nalézali se hodnota měřené veličiny v tomto rozsahu, lze stanovit, s jakou absolutní nejistotou byla změřena.

**Rozlišovací schopnost** – nejmenší rozdíl mezi indikacemi zobrazovacího zařízení, který může být prokazatelně rozlišován. U digitálních přístrojů se jedná o nejmenší hodnotu, kterou je přístroj schopen rozlišit, např. jedno číslo na posledním místě zobrazovaného údaje, které se pro účely udávání nejistoty měření nazývá digit.

**Jmenovitý rozsah** – pod tímto pojmem je v technických podmínkách míněn rozsah, ve kterém přístroj měří s relativní pracovní nejistotou menší nebo rovnou hodnotě požadované příslušnou normou.

Jak bude vysvětleno dále, je jmenovitý rozsah pro měřiče impedance jedním z nejdůležitějších údajů, které lze z technických podmínek vyčíst, neboť z něj vyplývá vhodnost použití přístroje pro konkrétní měření. Na základě tohoto údaje můžeme usoudit, zda pro měření obvodu s daným jištěním nám přístroj bude z hlediska přesnosti stačit, nebo zda budeme muset použít přesnější přístroj. Vysvětlíme si ještě, co je to absolutní a relativní nejistota měření. S těmito pojmy se sice v technických údajích přístrojů nesetkáme, ale jsou důležité pro pochopení toho, co je míněno nejistotou měření uvedenou v návodu k použití a jaké požadavky na přesnost přístrojů kladou normy.

**Absolutní nejistota měření** – tento údaj bývá uváděn v technických parametrech přístroje jako základní nebo pracovní nejistota (chyba) a lze z něj stanovit absolutní hodnotu (velikost) nejistoty, s jakou byla konkrétní hodnota naměřena přímo v jednotkách měřené veličiny. Je-li absolutní hodnota nejistoty přičtena a odečtena od naměřené hodnoty, definuje interval, ve kterém se nachází skutečná (pravá) hodnota měřené veličiny.

**Relativní nejistota měření** – pro účely posouzení použitelnosti přístroje z hlediska STN a stanovení jmenovitého pracovního rozsahu je touto nejistotou míněn procentuální podíl absolutní hodnoty nejistoty z naměřené hodnoty vztahený k jmenovité hodnotě. Pokud příslušné normy (např. STN EN 61557) požadují, aby pracovní nejistota měření nepřesáhla ve vyznačeném rozsahu maximální odchylku 30 % od naměřené hodnoty, mají na mysli právě tuto relativní nejistotu, kterou nelze zaměňovat s absolutní nejistotou uváděnou v technických parametrech přístroje!

### 1.5 Vyjádření přesnosti měření a výpočet nejistoty

V technických parametrech měřicího přístroje je přesnost měření vyjádřena absolutní nejistotou. Obvykle se nejistota měření skládá ze dvou částí. První část bývá proměnná a její absolutní hodnota závisí na velikosti naměřené hodnoty. Nazývá se nejistotou z měřené hodnoty. Druhá část je konstantní v celém měřicím rozsahu, na velikosti naměřené hodnoty nezávisí a nazývá se nejistotou z měřicího rozsahu. Součet obou částí je absolutní hodnotou nejistoty a jejím přičtením a odečtením od naměřené hodnoty lze stanovit interval, ve kterém se pohybuje skutečná (pravá) hodnota měřené veličiny.

V technických podmínkách se lze setkat s různými tvary vyjádření nejistot měření. Digitální přístroje, které na trhu převládají, mají nejistoty měření uváděny nejčastěji ve tvaru:

$$\pm (x \% \text{ z } MH + y D)$$

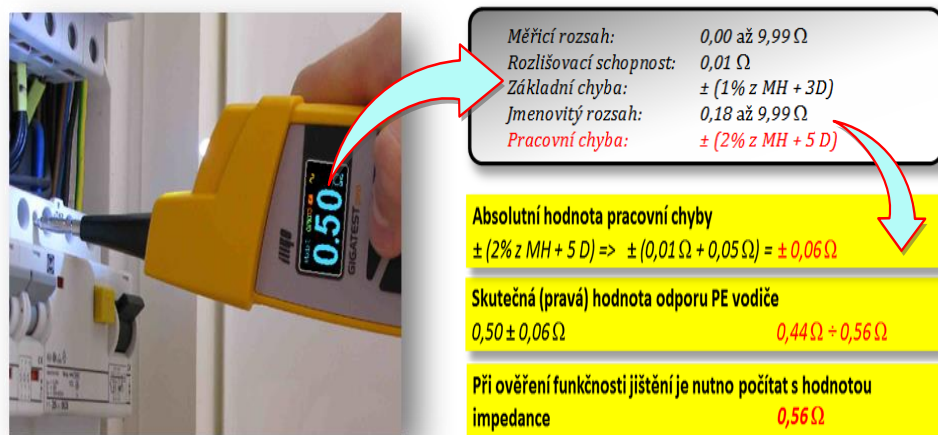
**Kde:**

**$x \% \text{ z } MH$**  – je proměnná část nejistoty a spočítá se jako příslušné procento z naměřené hodnoty, tzn. z údaje na displeji přístroje;

**$y D$**  – je neproměnná část nejistoty a značí počet digitů, tj. čísel udávaných v technických parametrech jako rozlišovací schopnost. Místo v digitech může být někdy tato část nejistoty uvedena přímo v příslušných jednotkách (např. u ohmmetru přímo v  $\Omega$ );

#### Příklad výpočtu nejistoty měření

Postup výpočtu nejistoty měření a jejího vyhodnocení pro měřič impedance je vysvětlen na následujícím příkladu:



Bylo provedeno měření impedance poruchové smyčky přístrojem, u kterého lze v technických parametrech v návodu k použití vyčíst, že nejistota měření přístroje je  $\pm (2\% \text{ z } MH + 5 D)$ . Přístrojem byla změřena impedance poruchové smyčky.

Obr. 4 Postup při stanovení maximální možné impedance zjištěné měřením

Na displeji měřicího přístroje se zobrazil údaj 0,50  $\Omega$ . Absolutní hodnotu pracovní nejistoty měření lze vypočítat takto:

$$\pm (2\% \text{ z } MH + 5 D) \Omega \pm (0,01 \Omega + 0,05 \Omega) = \pm 0,06 \Omega$$

Skutečná (pravá) hodnota odporu PE vodiče se tedy nachází v rozmezí:

$$0,50 \pm 0,06 \Omega, \text{ tj. } 0,44 \Omega \text{ až } 0,56 \Omega$$

Z hlediska vyhodnocení měření impedance poruchové smyčky je důležitá horní hranice vypočteného pásma nejistoty měření, tzn. při výpočtu, zda je impedance poruchové smyčky dostatečně malá, aby jištění instalace vypnulo v předepsaném čase, je nutno počítat s tím, že skutečná hodnota impedance může být až  $0,56 \Omega$  a nikoliv naměřených  $0,50 \Omega$ .

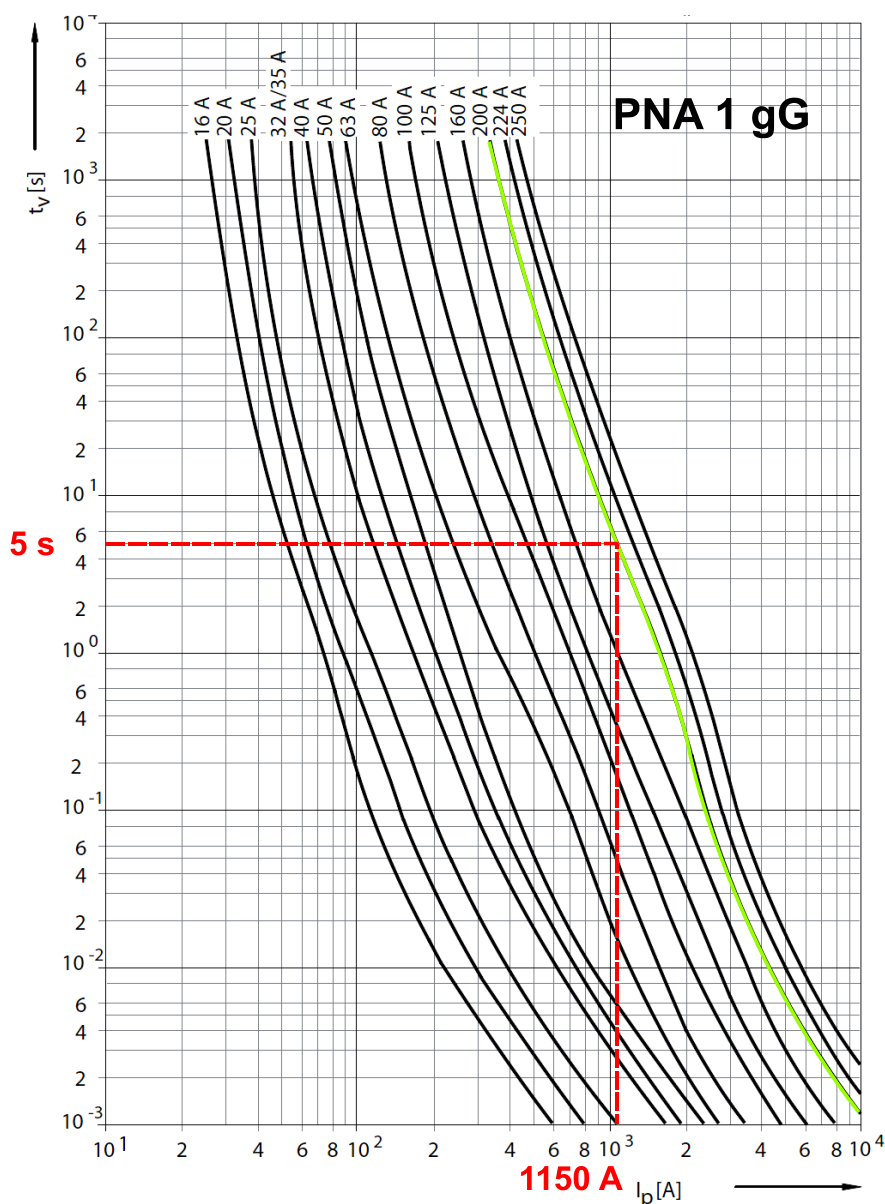
### 1.6 Příklad praktického ověření funkčnosti jištění pro velký vypínací proud

Nyní si ukažme, jak v praxi postupovat při ověření jištění u konkrétního ochranného obvodu. Aby z příkladu vyplynula i úvaha o vhodnosti volby měřicího přístroje, byl zvolen případ ověření jištění u stroje, který je napájen ze sítě o napětí 400 V/50 Hz, tedy 3 x 230 V proti zemi. Stroj je jištěn pojistkami o jmenovitém vypínacím proudu  $I_n = 200$  A.

Předepsaná doba odpojení pro stroje je 5 s. Z charakteristiky pojistek se zjistí proud  $I_a$ , který vyvolá vypnutí jištění v předepsané době (viz obr. 5).

Výpočtem podle příslušného vzorce zjistíme, jakou maximální hodnotu může mít impedance smyčky:

$$Z_s \leq \frac{230 \text{ V}}{1150 \text{ A}} = 0,20 \Omega$$



Srovnáme-li technické parametry několika různých přesných měřičů impedance, například přístroje ZEROLINE 60, EUROTEST 61557 a ZEROTEST 46 (viz následující tabulka), zjistíme porovnáním spodních hranic jejich jmenovitých rozsahů, že pro měření impedance poruchové smyčky u stroje s jištěním pojistkami 200 A je nejvhodnější přístroj ZEROLINE 60. Přístroj EUROTEST 61557 lze také použít, ale mezní hodnota  $0,20 \Omega$ , která je rozhodující pro vyhodnocení funkčnosti ochrany automatickým odpojením od zdroje, se již blíží hranici jeho jmenovitého rozsahu. Přístrojem ZEROTEST 46 by bylo možno měření sice také provést, ale z hlediska požadavků STN EN 61557 je přístroj pro měření impedance poruchové smyčky v obvodech s takovým jištěním nevhodný, neboť požadovaná maximální hodnota  $0,20 \Omega$ , kterou máme měřením ověřit, je mimo jmenovitý rozsah přístroje.

Obr. 5 Stanovení vybavovacího proudu jištění

Tab. 1 Technické parametry měřících přístrojů

| Technické parametry   | ZEROLINE 60        | EUROTEST 61557    | ZEROTEST 46   |
|-----------------------|--------------------|-------------------|---------------|
| Měřicí rozsah         | 0,000 ÷ 1,500 Ω    | 0,00 ÷ 19,99 Ω    | 0,00 ÷ 1,00 Ω |
| Rozlišení             | 0,001 Ω            | 0,01 Ω            | 0,01 Ω        |
| Pracovní chyba měření | ± (3% z MH + 10 D) | ± (3% z MH + 3 D) | ± 9 D         |
| Jmenovitý rozsah      | 0,038 ÷ 1,500 Ω    | 0,11 ÷ 1999 Ω     | 0,30 ÷ 22,9 Ω |

Provedeme tedy měření přístrojem EUROTEST 61557 a naměříme u stroje hodnotu impedance poruchové smyčky **0,11 Ω**. Připočítáním chyby měření zjistíme, jaké maximální hodnoty může impedance poruchové smyčky stroje dosáhnout:

$$\text{Chyba měření} = 3 \% \text{ z } 0,11 \Omega + 3 \text{ D} = 0,003 + 0,03 = \pm 0,033 \Omega$$

Skutečná hodnota impedance se tedy bude pohybovat v intervalu:

$$Z_s(m) = 0,11 \Omega \pm 0,033 \Omega = \mathbf{0,077 \Omega \div 0,143 \Omega}$$

Měřením zjištěná velikost impedance poruchové smyčky stroje po zohlednění nejistoty měření může tedy být až 0,143 Ω. Tuto hodnotu je třeba vynásobit bezpečnostním koeficientem 1,5. Pro vyhodnocení správné funkce jištění tedy musíme počítat s hodnotou impedance:

$$0,143 \Omega \times 1,5 = \mathbf{0,22 \Omega}$$

Interval, ve kterém se může nacházet skutečná hodnota impedance je ovšem od 0,077 Ω do 0,143 Ω a po vynásobení bezpečnostním koeficientem je pak interval možné skutečné hodnoty impedance smyčky v době vzniku poruchy od cca 0,12 Ω do 0,22 Ω. Do revizní zprávy by bylo nutno uvést závěr vycházející z nejhorší možné hodnoty 0,22 Ω, tedy že impedance poruchové smyčky stroje je pro dané jištění nevyhovující, přestože s velkou pravděpodobností může být patrně vyhovující.

Pro dosažení jistějšího výroku o funkčnosti jištění bude vhodnější použít přesnější měřicí přístroj. Provedeme měření přístrojem ZEROLINE 60 a naměříme stejný výsledek, tedy **0,11 Ω**. Po zohlednění chyby měření dojdeme k následujícímu výsledku:

$$\text{Chyba měření} = 3 \% \text{ z } 0,11 \Omega + 10 \text{ D} = 0,003 + 0,010 = \pm 0,013 \Omega$$

$$\text{Výsledná hodnota impedance} = 0,11 \Omega + 0,013 \Omega = \mathbf{0,123 \Omega}$$

Naměřenou impedanci **0,123 Ω** vynásobíme bezpečnostním koeficientem a dostaneme hodnotu impedance v nejméně příznivém případě (při oteplení vodičů):

$$0,123 \Omega \times 1,5 = \mathbf{0,185 \Omega}$$

Tuto naměřenou hodnotu impedance již můžeme s jistotou prohlásit za vyhovující pro dané jištění.

### 1.6.1 Praktický příklad provedení měření v běžných instalacích

Výše uvedený příklad popisuje vyhodnocení funkčnosti jištění v obvodech s jistícími prvky pro velké zkratové proudy – řádově stovky až tisíce ampér, kde je nutno počítat s vlivem přesnosti měření měřícího přístroje. V běžných domovních, bytových a podobných instalacích se obvykle používají jističe nebo pojistky na mnohem menší proudy a s přesností měření a výběrem dostatečně přesného měřícího přístroje se není třeba tak pečlivě zabývat.

Vezměme si příklad běžné domovní instalace jištěné jističem 16 A s charakteristikou B, tedy s nastavením zkratové spouště  $5 \times I_N$

Mezní hodnota impedance je v tomto případě:

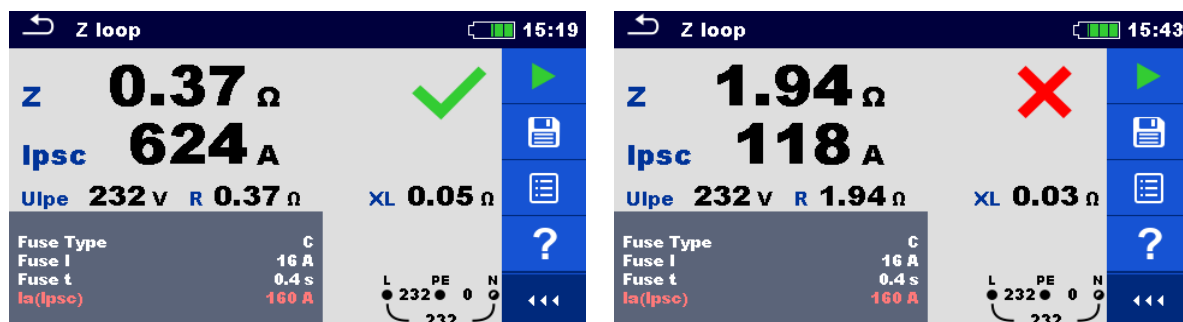
$$Z_s = \frac{U_0}{I_a} = \frac{230 \text{ V}}{5 \times 16 \text{ A}} = 2,875 \Omega$$

Pokud naměříme impedanci hluboko pod tuto hodnotu, například kolem 1 ohmu, je zřejmé, že nejistota měření nemá na výsledek měření a výrok o funkčnosti jištění vliv. Pokud bychom ovšem naměřili hodnotu vyšší, kdy po vynásobení bezpečnostním koeficientem  $1,5 \times$  se již takto upravená hodnota blíží mezní hodnotě pro včasné vybavení jištění, potom je třeba s chybou měření kalkulovat.

Proto některé měřicí přístroje mají možnost nastavit si potřebné parametry pro vyhodnocení jištění a přímo na displeji potom po změření hodnoty impedance zobrazí symbol, znázorňující, zda naměřená impedance je

dostatečně malá nebo je pro dané jištění již příliš vysoká. Příklad výsledku měření impedance přístrojem Eurotest XC pro jistič typu C s vypínacím proudem 16 A je na obrázku 6.

Vlevo naměřená hodnota  $0,37\ \Omega$  a jí odpovídající zkratový proud  $624\ \text{A}$  je pro vybavení jištění do  $0,4\ \text{s}$  dostatečná. Vpravo naměřená hodnota  $1,94\ \Omega$  ( $I_{psc} = 118\ \text{A}$ ) je již příliš velká, protože zkratový proud musí být minimálně  $160\ \text{A}$  (viz hodnotu vlevo dole).



Obr. 6 Příklad výsledků měření a vyhodnocení jištění na displeji přístroje

### 1.7 Měření impedance za frekvenčním měničem

V elektrických instalacích především průmyslových objektů se často vyskytují frekvenční měniče pro napájení a řízení chodu asynchronních motorů. Měřit impedanci standardním způsobem za frekvenčním měničem je prakticky nemožné, neboť frekvenční měnič je zdrojem vyšších harmonických, které obvykle způsobí zvýšení efektivní hodnoty napětí a proudu a znemožní tím měření, případně zkreslí naměřený výsledek. Pro měření impedance v obvodech za frekvenčním měničem je tedy nutno přivést fázové napětí z rozvaděče před měničem, kde ještě není zkresleno činností měniče. Je nutno si ovšem uvědomit, že poruchová smyčky se v případě závady na elektrickém zařízení za měničem bude uzavírat i přes fázový vodič za měničem, a proto je vhodné doplnit měření impedance i měřením spojitosti vodičů za měničem pomocí ohmmetru. Další možností je změřit impedanci smyčky před měničem a odpor obvodu za měničem doměřit ohmmetrem. Výsledná impedance pro vyhodnocení jištění je pak součtem obou měření.

### 1.8 Měření impedance za proudovým chráničem

Pro vybavení jističů nebo pojistek je třeba, aby poruchový proud dosáhl dostatečné velikosti – desítek nebo i stovek ampérů. Zpravidla nestačí náhodné uzemnění živé části, např. dotykem člověka, ale je nutno, aby se poruchový proud uzavřel obvodem s daleko menším odporem přes PE obvod (TN), uzemnění (TT) nebo mezi pracovními vodiči.

Proudový chránič naproti tomu reaguje na podstatně menší proudy velikosti desítek nebo stovek miliampérů, které ovšem musí odtékat mimo živou část elektrického zařízení. Je určen především k ochraně osob, které se dostanou do styku s živou částí elektrického zařízení, ale nechrání před poškozením samotné zařízení nebo elektrickou instalaci, pokud by došlo k poruše v síťové části (zkrat mezi L a N) nebo před chráničem. Díky malému vybavovacímu proudu ovšem chránič na vznik poruchy zareaguje, i když impedance poruchové smyčky bude značná.

Proudový chránič může být v elektrické instalaci použit buď jako ochrana automatickým odpojením od zdroje v případě vzniku poruchy za chráničem, nebo jako doplňková ochrana pro ochranu osob před úrazem při jejich styku s nebezpečným napětím.

Pokud je použit jako ochrana automatickým odpojením od zdroje, potom STN 33 2000-6 stanovuje, že měření impedance smyčky sice není nutno provádět z důvodu ověření podmínky samočinného odpojení od zdroje chráničem, ovšem je nutno tímto měřením ověřit, zda k samočinnému odpojení dojde i při poruše před chráničem a zda je zajištěna spojitost vodičů obvodu. Zároveň norma doporučuje, aby se měřením impedance navíc ověřila i spojitost obvodu pracovních vodičů L-N. Odhalí se tím například možné velké odpory uvolněných svorek a kontaktů v instalaci, které by při průchodu většího proudu svým zahříváním zvyšovaly riziko vzniku požáru. Dostatečně nízká impedance sítě (L–N) navíc zajistí odpojení elektrického zařízení při zkratu mezi L a N a zabrání tak poškození instalace v případě vzniku takovéto poruchy.

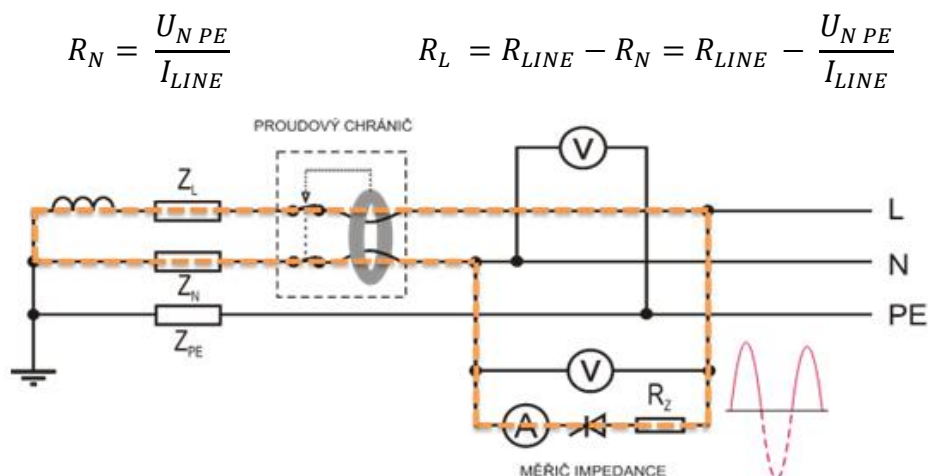
Je-li chránič použit jako ochrana doplňková, tedy jen jako dodatečná ochrana pro případ selhání základní ochrany nebo při neopatrnosti uživatele, potom se nepovažuje za výhradní ochranné opatření (STN 33 2000-4-41 ed.2, kap. 415.1). I v tomto případě je nutno měřením ověřit velikost impedance poruchové smyčky.

Jak vyplývá z **principu měření impedance poruchové smyčky**, je měřicí proud zároveň i proudem poruchovým, který při měření protéká ochranným obvodem instalace. Následkem zatížení PE obvodu měřicím zatěžovacím proudem tedy obvykle vybaví proudový chránič, pokud jej instalace obsahuje, a to znemožní změření impedance poruchové smyčky. Jak bylo vysvětleno, je ovšem nutné měřit impedanci i v obvodech chráněných chrániči a tedy zajistit, aby chránič při měření nevybavil. Překlenutí chrániče vodičem nelze doporučit, neboť jde o zásah do instalace a měření neprobíhá za podmínek, při kterých je potom instalace provozována (na velikosti celkového odporu PE smyčky se podílí i chránič a jeho přípojné svorky). Proto prakticky každý měřič impedance disponuje nějakou metodou měření impedance v obvodech jištěných proudovými chrániči. Jak si ovšem popíšeme v následujících kapitolách, nejedná se o problematiku jednoduchou. Některé metody jsou nespolehlivé a nepřesné a výsledky měření jsou někdy spíše informativní. Proto je při výběru měřicího přístroje důležité nespokojit se pouze s ujistěním, že přístroj umí měřit impedanci i za chráničem, ale je vhodné se zajímat i o to, jakou metodou a s jakou přesností je toto měření prováděno.

**Je třeba si ovšem uvědomit, že kterákoliv metoda měření impedance v obvodu za chráničem může z hlediska jeho nevybavení selhat například z důvodu průtoku vysokého svodového proudu v elektrické instalaci.**

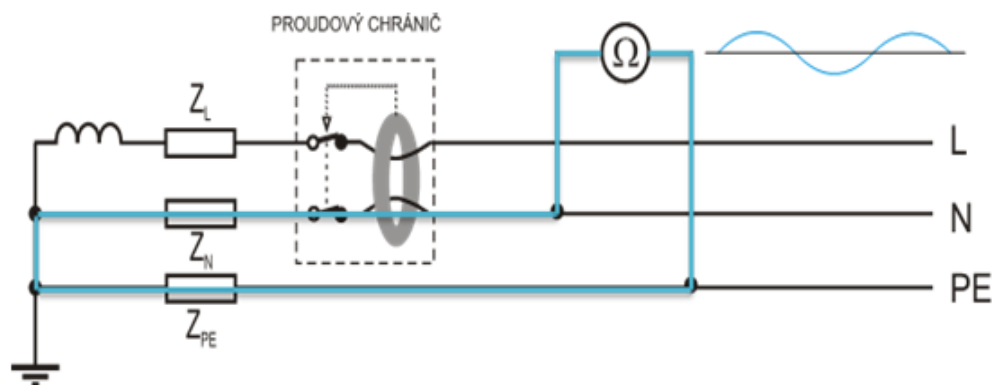
Univerzální měřicí přístroje, které spolu s měření impedance slouží i k ověřování proudových chráničů, mají obvykle vestavěno měření dotykového napětí proudem menším než polovina vybavovacího proudu chrániče. Toto měření probíhá obdobně, jako měření impedance poruchové smyčky. Dotykové napětí v PE obvodu vůči zemi je vyhodnoceno jako rozdíl napětí zdroje bez zatížení a po zatížení měřicím proudem, který ovšem v tomto případě nesmí překročit polovinu vybavovacího proudu chrániče. Toho je u přístrojů využito tak, že ze změřeného dotykového napětí (úbytku napětí  $U_1 - U_2$ ) je současně vypočítána impedance poruchové smyčky. Je zřejmé, že pokud měřicí proud dosahuje pro chránič 30 mA hodnoty maximálně 15 mA, je úbytek napětí na impedanci poruchové smyčky natolik malý, že chyba měření činí z naměřené hodnoty impedance pouze orientační údaj nevhodný pro další zpracování. Proto často výrobci v technické dokumentaci údaj o přesnosti tohoto měření ani neuvádějí. Poměrně přesnou a spolehlivou metodou měření odporu poruchové smyčky za chráničem jsou vybaveny přístroje Eurotest od výrobce METREL. Využívají při měření výpočet odporu poruchové smyčky složený ze dvou měření. Přístroj provede výpočet odporu ve **třech krocích**:

1. Přístroj standardním způsobem, pomocí proudu ( $I_{LINE}$ ) tekoucího přes zatěžovací odpor připojený mezi L a N, změří odpor sítě, tedy smyčky složené z vodičů L a N ( $R_{LINE}$ ). Při průchodu měřicího proudu zároveň změří napětí na  $R_N$  ( $U_{N PE}$ ). Z těchto měření je pak vypočten odpor nulového vodiče  $R_N$  a fázového vodiče  $R_L$ .



2. Přístroj pomocí vnitřního zdroje proudu připojeného mezi N a PE změří odpor smyčky složené z  $R_N$  a  $R_{PE}$ . Od odporu této smyčky je odečten odpor  $R_N$  vypočítaný v předchozím kroku. Takto je zjištěn odpor  $R_{PE}$ .

$$R_{PE} = R_N + R_{PE} - \frac{U_{N PE}}{I_{LINE}}$$



3. Součet  $R_L$  a  $R_{PE}$  tvoří odpor (impedanci) poruchové smyčky a tento údaj je zobrazen na displeji přístroje jako naměřená impedance poruchové smyčky ( $R_{LOOP}$ ).

$$R_{LOOP} = R_L + R_{PE}$$

### 1.9 Přístroje měřící impedanci smyčky

Ověření funkčnosti předřazeného jištění je nedílnou součástí každé revize elektrické instalace. Proto je funkcí měření impedance vybaven každý univerzální měřicí přístroj, určený k revizím instalací.

Zmíňme se tedy o přístroji **EUROTEST 61557** (výrobce METREL), který je vybaven velmi dobrým měřičem impedance. Přístroj měří impedanci poměrně značným proudem (až 24 A), což umožňuje měřit s velkou přesností. Spodní hranice jmenovitého rozsahu je 0,11  $\Omega$ , zatím co u jiných podobných přístrojů začíná až od hodnoty 0,2  $\Omega$  nebo ještě výše. Určitou slabinou přístroje je pouze měření impedance v obvodech s proudovými chrániči. Použitá metoda měření polovinou vybavovacího proudu chrániče již z principu vede

k velké chybě měření a v obvodech jištěných chrániči s malými reziduálními proudy je naměřená hodnota spíše orientační.

#### Vybrané technické parametry:

- Měřicí proud – cca 23 A
- Měřicí rozsah – 0,00  $\Omega$  ÷ 1999  $\Omega$
- Nejvyšší rozlišovací schopnost – 0,01  $\Omega$
- Jmenovitý rozsah - 0,11  $\Omega$  ÷ 1999  $\Omega$
- Jmenovitý rozsah při měření bez vybavení RCD – 7,47  $\Omega$  ÷ 1999  $\Omega$
- Použitelné pro obvody s jištěním pojistkami do 150 A pro dobu odpojení do 0,4 s nebo do 230 A pro dobu odpojení do 5 s a jističi B do 100 A, C do 100 A, D do 63 A



Obr. 7 Eurotest 61557

Naproti tomu novější typ - přístroj **EUROTEST XC** má lépe řešeno měření impedance za chráničem metodou výpočtu ze změřeného odporu  $R_{LINE}$  a  $R_{N-PE}$ , ovšem standardní měření impedance je z důvodu použití nižšího měřicího proudu méně přesné.

#### Vybrané technické parametry:

- Měřicí proud – cca 6,5 A
- Měřicí rozsah – 0,00  $\Omega$  ÷ 9,99 k $\Omega$
- Nejvyšší rozlišovací schopnost – 0,01  $\Omega$
- Jmenovitý rozsah - 0,25  $\Omega$  ÷ 9,99 k $\Omega$
- Jmenovitý rozsah při měření bez vybavení RCD - 0,46  $\Omega$  ÷ 9,99 k $\Omega$
- Automatické vyhodnocení výsledku měření vzhledem k přednastavenému jištění
- Použitelné pro obvody s jištěním pojistkami do 70 A pro dobu odpojení do 0,4 s nebo do 100 A pro dobu odpojení do 5 s a jističi B do 100 A, C do 50 A, D do 25 A



Obr. 8 Eurotest XC

Jednouúčelové měřiče impedance jsou oblíbené, především pokud mají tvar rozměrově nevelkého přístroje drženého v ruce. S výhodou se pak využívají jak pro měření impedance při revizích na obtížně přístupných místech tak i pro rychlé orientační měření a hledání závad. Velmi oblíbené je také jejich použití při měření zemních odporů za použití externího (síťového) zdroje proudu. Zástupcem jednouúčelových měřičů impedance je přístroj **ZEROTESTpro**.

Z dalších funkcí lze jmenovat:

- Okamžité vyhodnocení měření pomocí v paměti uložené tabulky charakteristik jisticích prvků.
- Zobrazení 1,5 násobku změřené hodnoty impedance.
- Zobrazení velikosti zkratového proudu odpovídajícího naměřené impedanci.
- Zobrazení naměřené hodnoty impedance zvýšené o chybu měření.

#### Vybrané technické parametry:

- Měřicí proud – cca 4,5 A
- Měřicí rozsah –  $0,00 \Omega \div 200 \Omega$
- Nejvyšší rozlišovací schopnost –  $0,01 \Omega$
- Jmenovitý rozsah –  $0,27 \Omega \div 200 \Omega$
- Automatické vyhodnocení výsledku měření vzhledem k přednastavenému jistění
- Použitelné pro obvody s jistěním pojistkami do 70 A pro dobu odpojení do 0,4 s nebo do 100 A pro dobu odpojení do 5 s a jističi B do 100 A, C do 50 A, D do 25 A



Obr. 9 ZEROTESTpro

Pro obvody jistěné jisticími prvky s poměrně vysokými vybavovacími proudy nejsou běžné měřicí přístroje z hlediska přesnosti měření použitelné. Proto se ve většině případů využívá pro ověření funkce jistění výpočet založený na údajích o parametrech ochranného obvodu získaných z projektové dokumentace.

Nevýhody tohoto postupu při pravidelných revizích jsou zřejmé. Pokud je projektová dokumentace vůbec k dispozici, nemusí odpovídat skutečnému stavu a bez fyzického prověření ochranného obvodu aby se vyloučily možné závady vzniklé během montáže, nebo provozu instalace se stejně nelze obejít.

Pro účely měření impedance v obvodech jistěných prvky s vysokými vybavovacími proudy jsou určeny speciální přesné měřiče impedance. Jedním z nich je přístroj **ZEROLINE 60**, který je určen pro běžná provozní měření v instalacích jistěných přístroji s vybavovacími proudy do cca 400 A, ale vzhledem k volitelnému měřicímu proudu jej lze použít i pro měření v běžných instalacích s méně proudově zatížitelnými jisticími prvky.

Přístroj měří skutečnou impedanci poruchové smyčky s rozlišením 1 mΩ. Pro velmi přesné měření lze využít tzv. „čtyřvodičovou metodu“, která zajistí eliminaci přechodového odporu v místě připojení přístroje k měřenému obvodu. Přístroj je na rozdíl od jiných podobných přístrojů relativně malý – lze jej při měření nosit zavěšený na krku.

#### Vybrané technické parametry:

- Měřicí proud – volitelný 30 A, 20 A, 10 A
- Měřicí rozsah –  $0,000 \Omega \div 20,00 \Omega$
- Nejvyšší rozlišovací schopnost –  $0,001 \Omega$
- Jmenovitý rozsah –  $0,038 \Omega \div 1,500 \Omega$  pro měřicí proud = 30 A
- Použitelné pro obvody s jistěním pojistkami do 350 A pro dobu odpojení do 0,4 s nebo do 500 A pro dobu odpojení do 5 s a všemi typy jističů.



Obr. 10 ZEROLINE 60

Pro velmi přesná měření impedance v obvodech jistěných prvky s vysokými vybavovacími proudy, a to i v sítích s vyšším provozním napětím, je určen speciální přesný měřič impedance **EURO Z 290 A** (A 1143). Lze jej použít buď samostatně nebo jako příslušenství k některým typům přístrojů EUROTEST. Přístroj měří skutečnou impedanci poruchové smyčky s rozlišením 0,1 mΩ. Pro velmi přesné měření využívá tzv. „čtyřvodičovou metodu“.

**Vybrané technické parametry:**

- Měřicí napětí: 90 V ÷ 530 V
- Měřicí proud: 154 A/230 V; 267 A/400 V
- Měřicí rozsah: 0,0000 Ω ÷ 19,99 Ω
- Nejvyšší rozlišovací schopnost: 0,0001 Ω
- Jmenovitý rozsah: 0,0131 Ω ÷ 19,99 Ω
- Použitelné pro obvody s jištěním několika set až tisíců ampér. Pro vysoký měřicí proud jej nelze použít v obvodech s jisticími prvky na menší zkratové proudy.



Obr. 11 EURO Z 290 A

## 2. MĚŘENÍ IZOLAČNÍCH ODPORŮ

### 2.1 Měřiče izolačního odporu

Měřením izolačního odporu se zjišťují závady izolací, které jsou způsobeny znečištěním, vlhkostí, zhoršením vlastností materiálu izolací nebo porušením izolace. Pro měření izolačního odporu se používají ohmmetry umožňující měřit velmi vysoké odpory. Aby se prověřila i odolnost izolace vůči provoznímu síťovému napětí elektrické instalace, používá se k měření obvykle vyšší měřicí napětí (viz tab. 2).

Parametry měřičů izolačního odporu určuje norma ČSN EN 61557 část 2:

- Měřicí proud: 1 mA ÷ 15 mA
- Napětí zdroje naprázdno: DC (max.  $U_N \times 1,25$ )
- Požadavky na zdroj:  $U_N (\pm 10\%) = 1 \text{ mA} \times (U_N \times 1 \text{ k}\Omega/\text{V})$

*Napětí zdroje nesmí při jeho přiložení na odpor  $U_N \times 1 \text{ k}\Omega/\text{V}$  poklesnout více, než o 10 %.*

Měřiče izolací jsou obvykle přístroje napájené z baterií. Proto výrobci z důvodu energetické úspory volí pro přístroje měřicí proud na spodní hranici tolerance, tedy cca 1 mA. Měřicí napětí naprázdno musí být poněkud vyšší než  $U_N$ , aby při zatížení zdroje menším odporem byl pořád ještě splněn požadavek na zdroj vyjádřený v třetím bodu. Při použití měřičů izolací v praxi je třeba si uvědomit následující skutečnosti vyplývající z požadavků výše uvedené normy:

1. Napětí zdroje během měření může kolísat v závislosti na zatížení měřicího obvodu. Pokud se měřič izolace připojí k obvodu obsahujícímu kapacitní složku, je třeba nejdříve tuto kapacitu nabít na napětí zdroje a potom odečíst výsledek měření. Vzhledem k nízkému měřicímu proudu může tento proces trvat poměrně dlouhou dobu.
2. Napětí zdroje naprázdno může být až  $U_N \times 1,25$ . Pro nejčastěji používané měřicí napětí  $U_N = 500 \text{ V}$  může být maximální měřicí napětí naprázdno, až 625 V. Takové napětí již může být nebezpečné pro elektronické obvody některých zařízení nebo spotřebičů.
3. Pro měření izolací se používá DC napětí a poměrně malý měřicí proud. Měřiče izolací nelze tedy použít pro zkoušky přiloženým napětí při výrobě rozváděčů nebo výchozích kontrolách strojů. Pro tyto zkoušky je normami předepsán zdroj generující AC napětí a jeho zkratový proud musí být více než 100 mA.
4. Měření izolačního odporu instalace v sítích TN a TT (L, N – PE) pod napětím není z principu možné. Měřicí napětí, a tím i proud, by byly ovlivněny napětím v síti, což by vedlo ke zkreslení naměřeného výsledku a pracovní vodiče jsou přes uzemněný střed sítě propojeny s uzemněním PE vodiče. Bez rozpojení tedy nelze měření provést.

### 2.2 Měření izolačního odporu v elektrických sítích

Z důvodu ověření bezpečnosti před úrazem elektrickým proudem se izolační odpor měří mezi síťovou (živou) částí elektrického zařízení a dotyku přístupnými (neživými) částmi, které jsou v instalaci obvykle spojeny s PE vodičem. Pro ověření funkčnosti elektrického zařízení je potom možné měřit izolační odpor i mezi jednotlivými živými částmi, které jsou při provozu elektrického zařízení připojeny na rozdílné potenciály.

**Měření izolačního odporu v síti TN-S, TN C-S a TT se provádí mezi:**

- pracovními vodiči a uzemněným ochranným vodičem, pracovní vodiče je možné pro účely měření vzájemně propojit
- pracovními vodiči navzájem (**doporučeno**), pro účely měření se N odpojí od PE

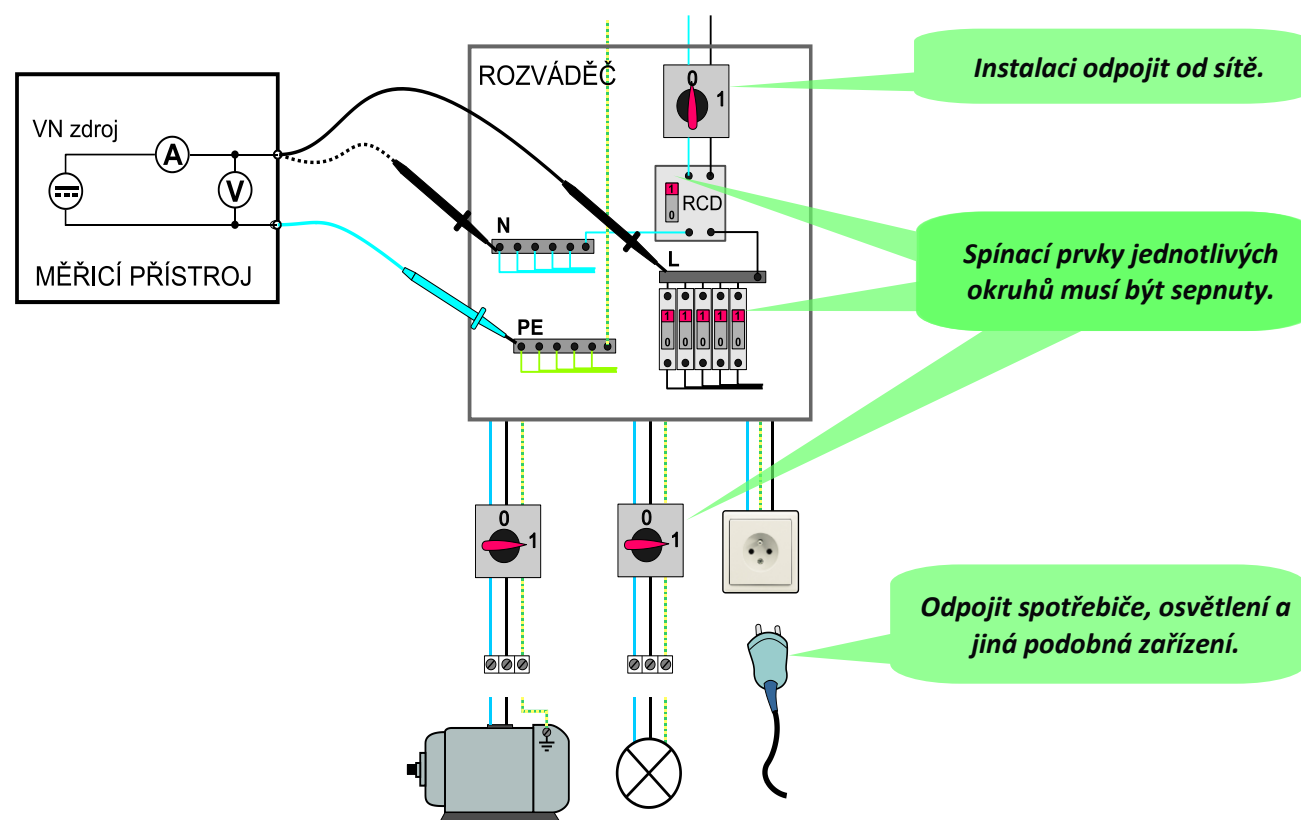
**Měření izolačního odporu v síti TN-C, TN C-S se provádí mezi:**

- fázovými vodiči a vodičem PEN
- fázovými vodiči navzájem (**doporučeno**)

Měřicí napětí pro měření izolačního odporu elektrických zařízení minimální povolené mezní hodnoty izolačního odporu tak, jak je uvádí STN 33 2000–6, jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2 Měřicí napětí a mezní hodnoty izolačního odporu

| Jmenovité napájecí napětí měřeného zařízení | DC měřicí napětí [V] | Izolační odpor [MΩ] |
|---------------------------------------------|----------------------|---------------------|
| SELV a PELV                                 | 250                  | $\geq 0,5$          |
| $\leq 500$ V, včetně FELV                   | 500                  | $\geq 1,0$          |
| $> 500$ V                                   | 1000                 | $\geq 1,0$          |
| $\leq 500$ V s neodpojitelnými SPD          | 250                  | $\geq 1,0$          |



Obr. 12 Příklad měření izolačního odporu v rozváděči

Při měření izolačního odporu celé instalace musí být splněny následující podmínky:

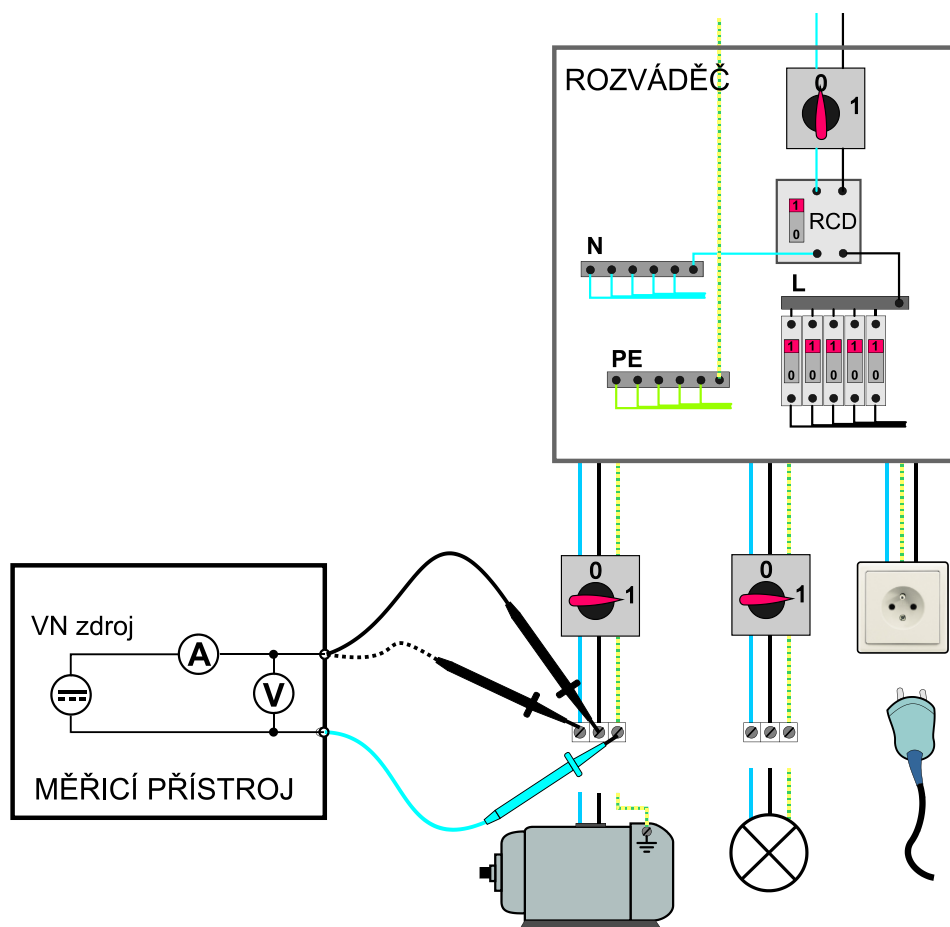
- Instalace nesmí být pod napětím. Hlavní vypínač musí být vypnut.
- Musí být připojeny všechny dílčí okruhy instalace. Všechny spínače, chrániče a pojistky musí být zapnuty.
- Všechny zátěže (spotřebiče, elektrická zařízení, osvětlení apod.) musí být fyzicky odpojeny.
- Musí být odpojeny přepětové ochrany (SPD). Pokud to nelze provést, je možné snížit měřicí napětí na DC 250 V

Pokud je měřen izolační odpor kompletní elektroinstalace včetně všech dílčích okruhů, rozváděčů apod., a výsledek je vyhovující, lze předpokládat, že izolační odpor všech dílčích okruhů bude také vyhovující. Tato zkouška se obvykle provádí v hlavním rozváděči, ale může být provedena i v jakémkoliv jiném místě instalace, kde se lze připojit k L (L1, L2, L3), N a PE. Pokud je výsledek měření nevyhovující, je třeba

postupně odpojovat jednotlivé okruhy od zbytku instalace a provádět jejich testy samostatně. Tímto způsobem lze potom vyhledat závadu izolace.

Díličí testy jednotlivých okruhů, případně doplňující testy pro ověření celkového výsledku je vhodné provést také tehdy, kdy je instalace rozsáhlejší a rozvětvenější, aby se potvrdilo, že při celkovém testu byl opravdu měřen izolační odpor celé elektroinstalace.

Pokud je instalace v dobrém stavu, je její izolační odpor mnohem větší než předepsané mezní hodnoty.



Obr. 13 Příklad měření izolačního odporu v připojovacích místech

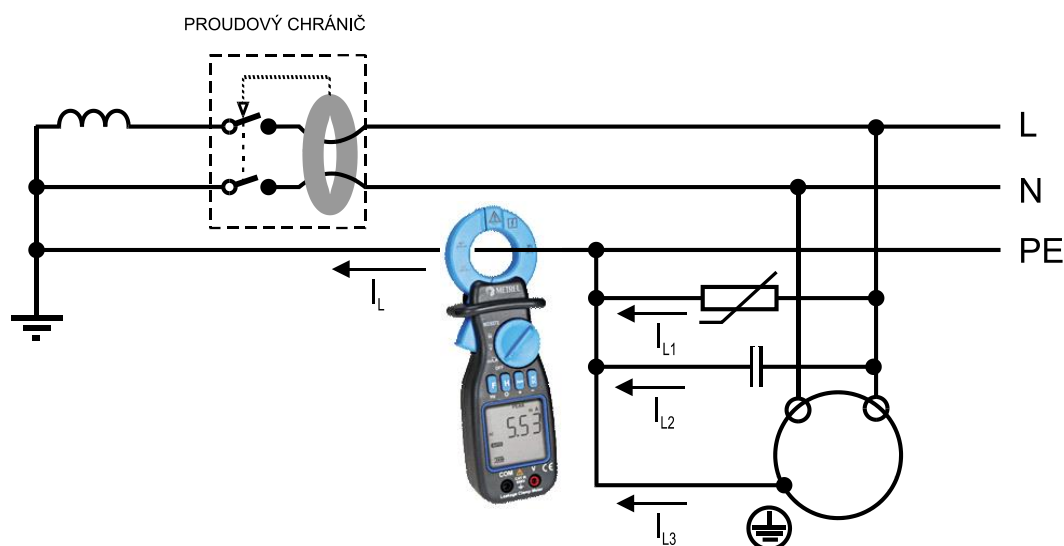
**Pokud se naměřený výsledek pohybuje blízko mezních hodnot nebo je nižší:**

- Opakujte měření s delší dobou měření nebo proveďte několik po sobě jdoucích měření, aby se vyloučil vliv postupného nabíjení kapacit měřicím proudem. Vliv kapacit v instalaci se projeví postupným narůstáním hodnoty izolačního odporu během měření až do určité ustálené hodnoty.
- Zkontrolujte, zda jsou odpojeny spotřebiče a podobná zařízení, jsou odpojeny nebo vypnuty přepěťové ochrany, vypnuta osvětlovací tělesa a jiná zařízení, která mohou způsobit snížení izolačního odporu během měření.
- Je třeba očistit od prachu a nečistot, případně vysušit kritické části instalace.

### 2.3 Ověření stavu izolace měřením unikajícího proudu

Zhoršení nebo porušení izolačního odporu je příčinou průtoku proudu mezi vodiči s rozdílným potenciálem. Měřením tohoto proudu lze usoudit, jaký je stav izolací. Obvykle se takto zjišťuje stav izolací mezi fázovými vodiči a ochranným vodičem, neboť právě mezi nimi teče unikající proud, pokud jsou fázové vodiče pod napětím.

Dalším důvodem, proč měřit unikající proud může být občasné vybavování proudových chráničů. Pokud se v instalaci vyskytují kapacitní vazby, nebo částečně vadné varistorové SPD s velkými svodovými proudy, potom může docházet k občasnému vybavování RCD, přestože měřením izolačního odporu DC napětím a s odpojenými SPD nebyla zjištěna závada.



Obr. 14 Příklad měření unikajícího proudu

## 2.4 Měření izolačního odporu v obvodech s SPD

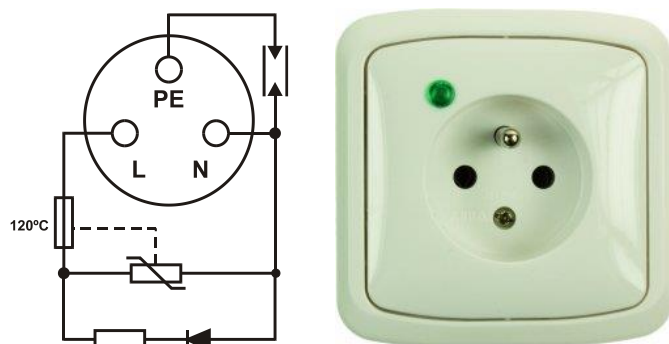
Pokud se v elektrické instalaci vyskytují přepětové ochrany na bázi varistorů nebo bleskojistik, je třeba je před měřením izolačního stavu odpojit. Varistorové SPD druhého a třetího stupně mají otevírací napětí kolem 400 V a měřicí napětí 500 V způsobí snížení odporu varistoru, který potom omezí měřicí napětí měřiče izolací a je příčinou chybného výsledku měření. Proto příslušné normy předepisují před měřením izolačního odporu odpojení SPD nebo - pokud to není možné - snížení měřicího napětí na 250 V.

Problém s odpojením SPD v instalaci způsobují především přepětové ochrany vestavěné v zásuvkách, protože jejich odpojení by vyžadovalo demontáž všech takto chráněných zásuvek. Ne vždy je ovšem snížení měřicího napětí na 250 V pro měření izolačního odporu dostatečné. Na obr. 15 je příklad zapojení přepětové ochrany v instalační zásuvce.

Ochranný varistor je připojen mezi L a N vodiče. Proti přehřátí způsobenému velkým svodovým proudem je chráněn nevratnou tepelnou pojistkou 120°C. Přerušení tepelné ochrany je indikováno LED kontrolkou s předřazeným odporem. Pokud je tedy měřen izolační odpor mezi L a N v instalaci, je možno použít měřicí napětí 250 V. Je jen třeba dbát na to, aby měřicí napětí bylo polarizováno tak, aby se LED kontrolka během měření nerozsvítila. Pokud by se tak stalo, měřicí proud by protékal přes otevřenou LED, byla by měřena hodnota předřazeného odporu, a nikoliv izolační odpor L – N.

Měření izolačního odporu mezi N a PE napětím 250 V již ovšem není možné. Mezi N a PE je jako ochranný prvek zapojena bleskojistka se zapalovacím napětím 230 V. Jedinou možností, jak změřit izolační odpor L, N -

PE, je tedy snížení měřicího napětí pod 200 V. Zapojení chráněných zásuvek různých výrobců nebo jiných ochranných opatření v síti ovšem může být různé. Před měřením izolačního odporu instalace je tedy třeba s těmito prvky počítat a pokud jsou k dispozici obvodová zapojení těchto prvků, je možno stanovit alternativní měřicí postup, aby jimi nebylo měření izolačního odporu ovlivněno.



Obr. 15 Zapojení ochranných prvků v chráněné instalační zásuvce

## 2.5 Přístroje pro měření izolačního odporu

Měření izolačního odporu je jednou ze základních funkcí každého univerzálního přístroje určeného k měření elektrických instalací. Mimo to existuje řada jednoúčelových přístrojů pro měření izolačního odporu, a to i speciálních, například pro měření na VN objektech.

Zajímavým univerzálním přístrojem, který má mimo měření izolačních odporů i funkci pro testování VN izolací je **EUROTEST XC 2,5 kV**.

**Vybrané technické parametry:**

- Měřicí napětí – 50 V, 100 V, 250 V, 500 V, 1000 V, 2500 V
- Měřicí rozsah –  $0,0 \div 199,9 \text{ M}\Omega$ ,  $19,99 \text{ G}\Omega$
- Diagnostika izolace – měří a počítá polarizační index PI a dielektrický absorpční poměr DAR. Tyto parametry informují o stupni znečištění a vlhkosti izolace (např. u oleje v transformátoru) a o kvalitě dielektrika.



Obr. 16 Eurotest XC 2,5 kV

Jako zástupce jednoúčelových měřičů izolace lze jmenovat **GIGATESTpro** s doplňující funkcí testování přepětových ochranných SPD.

**Vybrané technické parametry:**

- Měřicí napětí –  $50 \text{ V} \div 1000 \text{ V}$
- Měřicí rozsah –  $0,1 \text{ M}\Omega \div 9,999 \text{ G}\Omega$
- Testování SPD – měří miliampérový bod varistorových SPD a zapalovací napětí bleskojistek. Automaticky vyhodnocuje správnou funkci SPD podle tabulky parametrů jednotlivých typů SPD různých výrobců uložené v paměti přístroje.



Obr. 17 GIGATESTpro

Pro měření unikajících proudů v ochranném obvodu elektrických instalací lze použít například klešťový přístroj **MD 9272**. Pro měření malých unikajících proudů lze využít rozsah  $0,00 \text{ mA} \div 40,00 \text{ mA}$  V s rozlišením  $10 \mu\text{A}$ .

**Vybrané technické parametry:**

- AC proud (TRMS) –  $0,00 \text{ mA} \div 100,0 \text{ A}$
- AC napětí (TRMS) –  $0,0 \text{ V} \div 600 \text{ V}$
- Harmonické zkreslení, harmonické složky  $1 \div 19$ , crest faktor
- Výkon, účinník, fázový posun



Obr. 18 Klešťový ampérmetr pro měření unikajících proudů

## ZÁVĚR

Cílem článku bylo shrnout problematiku měření impedance poruchové smyčky a měření izolačních odporů především z hlediska použitelnosti měřících přístrojů pro měření za konkrétních podmínek, které se mohou v elektrických instalacích vyskytovat. Jak bylo naznačeno, nelze v mnoha případech pro měření využít jakýkoliv měřiče, které jsou právě k dispozici, ale je nutno podle konkrétních podmínek zvážit, jaké parametry by měl pro dané měření přístroj mít. Vlastnosti přístroje, především přesnost měření, je nutno zvažovat zvláště při měření např. velmi malých impedancí, kdy použití méně přesných přístrojů může ovlivnit výsledek revize. V obvodech jištěných prvky s vysokými vybavovacími proudy mohou při poruše téci značné zkratové proudy a chybné vyhodnocení funkčnosti předřazeného jištění může vést ke značným škodám na instalaci nebo v případě vzniku požáru i na objektu. Při měření izolačních odporů nesmíme zapomínat, že v současnosti se v elektrické instalaci nacházejí i prvky přepětových ochranných SPD.

## LITERATURA:

[1] Firemná dokumentace ILLKO, s. r. o., Blansko, ČR