

Učební text

Impedance poruchové smyčky

Miroslav Černý

Impedance poruchové smyčky

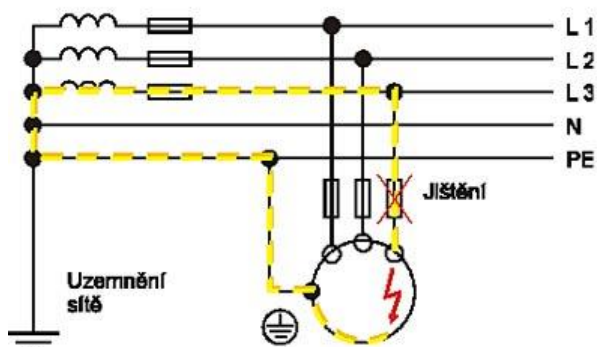
1. ÚVOD

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 jističí 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. Odpor poruchového obvodu neboli poruchové smyčky, lze tedy považovat za nejdůležitější vlastnost ovlivňující správnou funkci ochrany samočinným odpojením od zdroje.

1.1 Impedance poruchové smyčky

Pokud dochází u sítí TN 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 jističí prvek (jistič 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 jističího prvku v předepsaném čase.

Odpor, který ochranný obvod klade průchodu poruchového proudu, je nazýván impedancí poruchové smyčky, neboť nemusí obsahovat pouze reálnou (odporovou) složku, ale i induktivní nebo výjimečně i kapacitní složku. V praxi ovšem bývají tyto složky většinou tak malé, že je lze vzhledem k velikosti činného odporu zanedbat. Přestože tedy naprostá většina měřících přístrojů měří pouze odpor ochranného obvodu, a nikoliv skutečnou impedanci, je pro toto měření vžitý a v normách i uváděný pojem – **měření impedance poruchové smyčky**.



Obr. 1 – Obvod poruchové smyčky

Na obr. 1 je naznačen průtok 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 s PE obvodem spojených vznik napětí. Pokud je toto takzvané dotykové napětí příliš velké, může způsobit úraz osob, které se v té chvíli dotýkají elektrických zařízení, například spotřebičů připojených k PE vodiči sítě.

Poruchová smyčka tedy musí mít takové parametry, aby při poruše izolace mezi živou a neživou částí elektrického zařízení jističí prvky odpojily chráněnou část natolik rychle, aby nedošlo k jejímu dalšímu poškození, a aby na chráněných částech nevzniklo nebezpečné dotykové napětí. 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 jističích prvků). Velikost dotykového napětí lze pak omezit dobrým uzemněním PE obvodu.

1.2 Proudový chránič

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. Přesto však takovou možnost výkladu použití ochrany proudovým chráničem normy nepřipouští. V ČSN 33 2000-4-41 je použití proudového chrániče označeno za ochranu doplňkovou, která má pouze zlepšit jiná opatření na ochranu před úrazem elektrickým proudem nebo za zvýšenou v kombinaci např. se samočinným odpojením od zdroje (čl. 415.1.).

Pozn.: Impedance by v obvodech s chrániči mohla být teoreticky tak vysoká, aby při průchodu poruchového (unikajícího) proudu, který ještě nezpůsobí vybavení chrániče, nevzniklo na částech spojených s PE obvodem nebezpečné dotykové napětí. Pro instalaci v normálním prostoru, kde je stanoveno bezpečné napětí 50 V a je použit proudový chránič s reziduálním proudem 30 mA, by tedy impedance mohla dosahovat hodnoty až $Z = 50V / 0,03A = 1667\Omega$, aniž by v instalaci za chráničem vzniklo nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

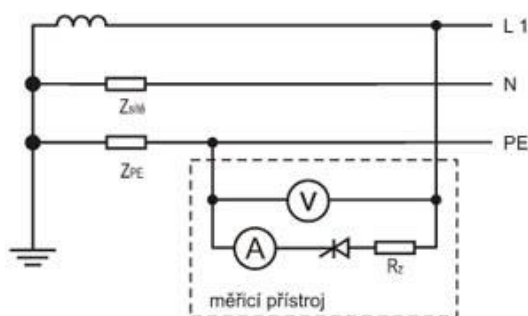
ČSN 33 2000-6 stanovuje, že měření impedance smyčky sice není nutno provádět z důvodu ověření podmínky samočinného odpojení od zdroje chráničem, ovšem je nutno tímto měřením ověřit, zda k samočinnému odpojení dojde i při poruše před chráničem a zda je zajištěna spojitost vodičů obvodu. Tato norma pro výchozí revize také 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.

2. MĚŘENÍ IMPEDANCE SMYČKY

2.1 Princip měření

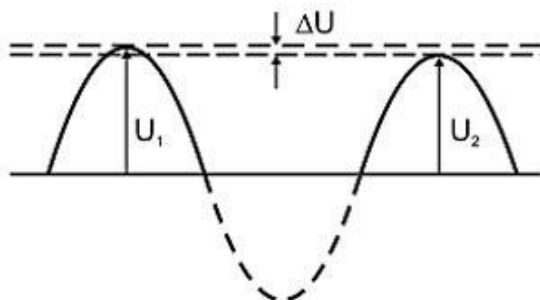
Princip měření impedance smyčky je ve všech měřicích přístrojích použit shodný. Přístroj simuluje vznik poruchy izolace mezi živou a neživou částí sítě a z průtoku simulovaného poruchového proudu vyhodnotí velikost impedance obvodu. Měřič impedance je připojen mezi fázový vodič L a vodič PE (případně mezi L a N pokud se měří impedance sítě). Po zahájení měření přístroj změří nejprve efektivní hodnotu napětí zdroje naprázdno U_1 . Potom do obvodu připojí zatěžovací odpor R_Z , kterým proteče měřicí proud I a zároveň 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 proudu I a přístroj vyhodnotí impedanci jako:

$$Z = \frac{U_1 - U_2}{I}$$



Obr. 2 - Princip měření impedance poruchové smyčky

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. Dále je třeba si uvědomit, že napětí U_1 a U_2 jsou napětí sítě, tzn. asi 230V a rozdíl mezi nimi se pro impedance menší než 1 Ω pohybuje v závislosti na velikosti měřicího proudu v nejlepším případě řádově v jednotkách voltů. 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.



Obr. 3 – Úbytek napětí na měřené impedanci

Na přesnost měření impedance mají především vliv:

- Přesnost měření napětí
- Nestabilita síťového napětí
- Rušení v síti
- Zkreslení tvaru sinusového průběhu napětí

2.2 Zajištění bezpečnosti a zvýšení přesnosti při měření

Nejstarší měřicí přístroje řešily problém eliminace rušivých jevů v síti tím, že měření probíhalo delší dobu, aby byl získán průměrný výsledek. Tento postup měl ale negativní vliv na zachování bezpečnosti při měření, neboť během měření je fázové napětí připojeno na ochranný vodič, a pokud jeho impedance není dostatečně malá, objeví se na částech spojených s PE obvodem, např. na neživých částech spotřebičů připojených k síti, nebezpečné napětí.

Moderní přístroje musí být proto konstruovány tak, aby buď neustále kontrolovaly během měření dotykové napětí na PE vodiči a automaticky přerušily měření, dosáhne-li nebezpečné hodnoty, nebo měření musí probíhat jen po tak krátkou dobu, že i při výskytu nebezpečného dotykového napětí v PE obvodu nemůže dojít k úrazu elektrickým proudem. Tento druhý způsob je u současných měřicích přístrojů převládající.

Pro zvýšení přesnosti měření a eliminaci rušivých jevů v síti se v současné době u přístrojů používají následující metody:

- Měření jednou polovinou periody síťového kmitočtu, kdy při první půlvlně v síti je měřeno napětí bez zatížení zdroje a během následující půlvlny shodné polarity dojde k připojení zatěžovacího odporu do obvodu a měření napětí a proudu při zatížení. Metoda vyžaduje zatížení obvodu vyšším měřicím proudem, neboť měření probíhá po krátkou dobu a výsledek měření nepříznivě ovlivňují krátkodobé výkyvy napětí.
- Přístroj provede několik těsně po sobě následujících měření a vyhodnotí průměrný výsledek. Nevýhodou je prodloužení doby měření a proud protékající zatěžovacím odporem produkuje vyšší množství tepla, což u rozměrově menších přístrojů vede k přehřívání přístroje při jeho intenzivním používání.

2.3 Problematika měření impedance poruchové smyčky

Z principu měření impedance poruchové smyčky a požadavků na toto měření kladených, vyplývají následující závěry:

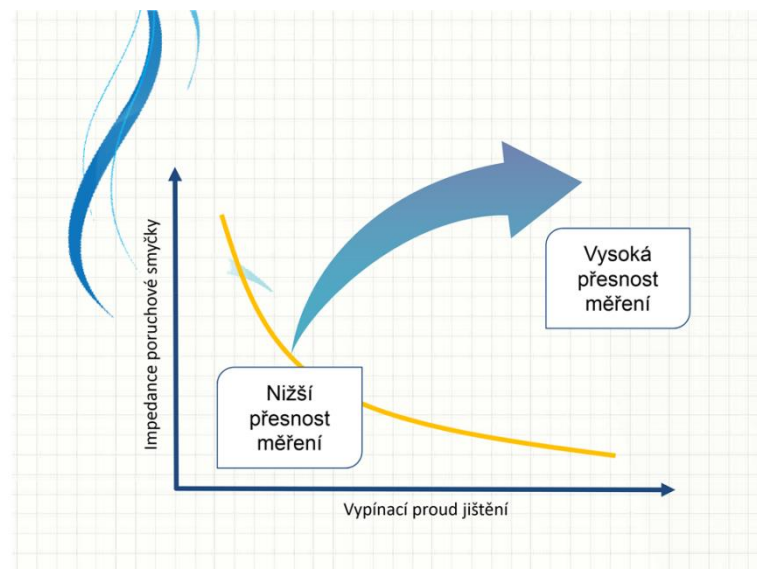
- Při měření je nutno dosáhnout dostatečné, pokud možno co nejvyšší přesnosti měření pro relativně malé hodnoty impedance. Zvyšování měřicího proudu naráží na omezení v měřicím přístroji (zvětšování rozměrů zatěžovacího odporu, odvod vznikajícího tepla apod.) i v síti (nadměrné zatěžování sítě a omezení daná jistíci prvky, tzn. dimenzování pojistek a jističů). Doba měření zase nelze prodlužovat z důvodu zajištění bezpečnosti při měření.
- Jsou-li v elektrické instalaci použity proudové chrániče, potom měřicí proud, který je pro chránič poruchovým proudem způsobí jeho vybavení a tím je měření znemožněno. Řešením, které se nabízí, je snížení měřicího proudu na takovou úroveň, kdy ještě nedojde k vybavení chrániče. To ovšem vede ke značnému zhoršení přesnosti měření.

Protichůdné požadavky na měřicí metodu v závislosti na jištění sítě názorně zobrazuje diagram na obr. 4:

Čím vyšší je vybavovací proud jistících prvků v síti, tím menší musí být impedance poruchové smyčky (znázorněno žlutou křivkou).

Čím menší je impedance smyčky, tím přesnější přístroj je nutno k měření použít.

Závěr je tedy zřejmý. Pro měření v instalacích jištěných jistíci prvky s vyšším vybavovacím proudem je nutno použít přesnější měřicí přístroj. Vhodnost použití měřicího přístroje pro měření v dané síti je tedy předem třeba pečlivě zvážit již z toho důvodu, že požadavek na přesnost měřicího přístroje v závislosti na parametrech jištění vznáší i normy řady ČSN EN 61557. Jakým způsobem lze za využití technických parametrů přístroje vyhodnotit jeho vhodnost pro dané měření tak, aby měření proběhlo v souladu s požadavky norem, bude vysvětleno dále.



Obr. 4 – Požadavky na měřicí přístroj v závislosti na jištění sítě

3. MĚŘENÍ IMPEDANCE PORUCHOVÉ SMYČKY V OBVODECH S PROUDOVÝMI CHRÁNIČI

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 ochranné smyčky.

Jak bylo vysvětleno v úvodu, 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 ujištěním, 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.

3.1 Měření impedance polovinou vybavovacího proudu

Univerzální měřicí přístroje, které spolu s měření impedance slouží i k ověřování proudových chráničů, mají 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.

3.2 Využití konstrukčních vlastností chráničů pro měření impedance

Pro měření impedance proudem větším, než je vybavovací proud chrániče lze využít některých konstrukčních vlastností chráničů. Vzhledem k tomu, že přesné vlastnosti chrániče nejsou obvykle známy, je tento postup měření založen spíše na pokusech, zda se měření zdaří, aniž by chránič vybavil.

Chrániče typu AC, zvláště starší typy, jsou citlivé pouze na jednu polaritu poruchového proudu. Pokud je tedy měření provedeno proudovým impulsem o opačné polaritě, chránič při měření nevybaví. Je ovšem třeba vyzkoušet, na kterou polaritu proudu chránič nereaguje a při prvním pokusu o měření existuje vysoká pravděpodobnost, že chránič vybaví. Některé moderní typy chráničů AC navíc reagují na obě polarity.

U chráničů typu A nebo AC, které jsou citlivé na obě polarity vybavovacího proudu, lze vyzkoušet další možnou vlastnost magnetického obvodu chrániče. Pokud přes chránič projde měřicí impuls určité polarity, chránič vybaví. Dojde-li k odpojení poruchového proudu v okamžiku jeho maximální hodnoty, zůstane magnetické jádro chrániče po určitou dobu zmagetováno. Následující měřicí impuls opačné polarity nemagnetuje, ale nevybaví. Jde ovšem víceméně o náhodný jev, jehož vznik závisí na konstrukci chrániče, tedy především na materiálu magnetického jádra a na okamžiku odpojení měřicího poruchového proudu, což nelze při měření impedance ovlivnit.

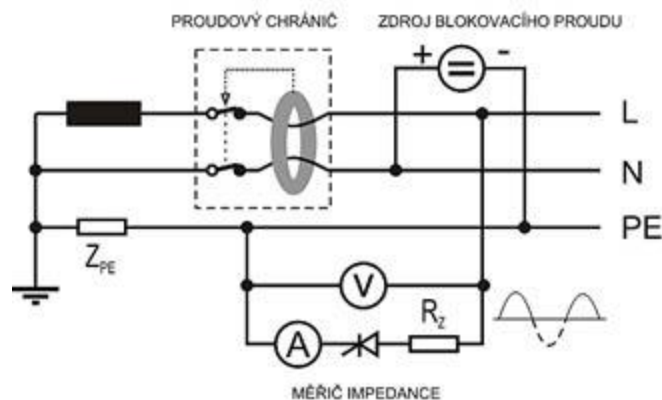
U obvodů s chrániči typu G a S lze využít toho, že měřicí impuls je krátký (obvykle 10 mA) a zpožděný chránič tak rychle nezareaguje. Je zřejmé, že výše popsány způsoby lze měřit, jen pokud přístroj generuje do obvodu poruchové smyčky proud pouze po dobu jedné půlvylny síťového napětí. Pokud zatížení obvodu měřicím proudem trvá delší dobu (sada pulzů nebo měření oběma půlvlnami), měřicí proud chránič vždy spolehlivě vybaví.

3.3 Blokování chrániče stejnosměrným proudem

Již starší, ale nejspolehlivější pomůckou při měření impedance poruchové smyčky v obvodech s chrániči je jejich zablokování pomocí stejnosměrného proudu.

Jak je známo, používají chrániče pro vyhodnocení rozdílového proudu v pracovních vodičích instalace měřicí transformátor s magnetickým jádrem. Teče-li pracovním vodičem přes proudový chránič dostatečně velký stejnosměrný proud, dojde k přesycení magnetického obvodu transformátoru a proudový chránič nedokáže vyhodnotit případný rozdílový proud v pracovních vodičích. Toho lze využít pro dočasné zablokování funkce chrániče při měření impedance.

Přístroje pro blokování chráničů pracují tak, že generují stejnosměrný proud, který protéká některým z pracovních vodičů instalace a přesytí magnetické obvody všech chráničů, které jsou do instalace připojeny. Blokovací proud musí po zahájení činnosti postupně narůstat, aby jeho náhlou skokovou změnou nedošlo k vybavení chrániče. Po dosažení provozní hodnoty se proud na krátkou dobu ustálí a je možno provést měření impedance poruchové smyčky, neboť všechny chrániče v instalaci jsou zablokovány. Potom stejnosměrný proud postupně klesá a chrániče jsou opět funkční.



Obr. 5 - Princip měření impedance při použití blokování chrániče, adaptér PMI 46 pro blokování chráničů

Aby proces zablokování chráničů proběhl správně, je nutno splnit následující podmínky:

1. Stejnosměrný proud tekoucí pracovním vodičem instalace musí dosáhnout dostatečné velikosti, jinak nedojde k přesycení magnetického obvodu chráničů nebo je syčení nedostatečné a značně se zvýší pravděpodobnost vybavení chráničů při měření impedance. Podmínkou správné funkce tedy je dostatečně malý odpor obvodu, kterým teče blokovací proud, aby neomezoval jeho velikost.
2. Funkci blokovacího proudu může omezit nebo zcela zrušit také stejnosměrná proudová složka v síti pocházející z jiného zdroje, jejíž polarita je opačná, než polarita blokovacího proudu.
3. Měřicí zatěžovací proud měřiče impedance musí mít shodnou polaritu, jako stejnosměrný blokovací proud, jinak zruší jeho účinek na magnetický obvod a dojde k vybavení chrániče. Z této podmínky je zřejmé, že s přístroji pro blokování chráničů stejnosměrným proudem jsou schopny spolupracovat pouze takové měřiče impedance, které zatěžují PE obvod proudem jedné polarit (jednou nebo několika půlvlnami shodné polarit). Pokud měřič impedance využívá k měření zatěžovací proud obou polarit, je blokování chráničů stejnosměrným proudem neúčinné.
4. Aby mohl být chránič vyřazen z činnosti průtokem stejnosměrného proudu, musí obsahovat magnetický obvod. Nelze tedy tímto způsobem blokovat elektronické chrániče, které fungují na jiném principu, než je vyhodnocení rozdílového proudu v pracovních vodičích měřicím transformátorem.

3.4 Měření krátkým měřicím pulzem

Relativně novou metodou měření impedance poruchové smyčky v obvodech s proudovými chrániči je měření natolik krátkým proudovým pulzem, aby chránič během měření nestačil zareagovat. Spínací obvod měřicího přístroje připojí zatěžovací odpor do obvodu poruchové smyčky (L – PE) pouze po dobu několika desítek mikrosekund, čímž vznikne krátký proudový pulz. Aby se vyloučil vliv přechodového děje způsobeného proudovým pulzem v síti a možné zkreslení výsledku způsobené rušením v síti, je takto naměřená impedance korigována předchozím měřením provedeným standardním postupem, kdy vysoký měřicí proud prochází po delší dobu obvodem sestávajícím se z L a N vodiče.

Při tomto měření musí být tedy přístroj připojen k síti třemi vodiči (L, N, PE) nebo se musí provést dvě po sobě jdoucí měření mezi L a N a následně mezi L a PE, jako je tomu například u přístroje ZEROTEST pro.

3.5 Srovnání metod měření impedance za chráničem

Malý měřicí proud

+

- Vysoká spolehlivost – pokud není chránič vadný, nehrozí jeho náhodné vybavení.
- Obvodové řešení nekomplikuje konstrukci měřicího přístroje.
- Neklade dodatečné nároky na manipulaci s přístrojem při měření.

-

- Velmi nízká přesnost měření – výsledek měření je spíše orientační a nelze jej většinou použít k výpočtu funkčnosti předřazeného jistění.
- Pokud přístroj z důvodu zvýšení přesnosti měření prodlužuje dobu generování měřicího proudu, může být doba jednoho měření neúnosně dlouhá (40s ÷ 60 s).

Blokování chrániče DC proudem

+

- Měření proběhne velkým měřicím proudem, přesnost měření tedy závisí výhradně na použitém měřicím přístroji. Lze takto měřit impedance již od cca 0,1 Ω , což jsou hodnoty, kterých dosahuje spodní hranice jmenovitých rozsahů některých přístrojů.
- Stejnoseměrným proudem lze zablokovat i trojfázové chrániče. Pokud stejnosměrný proud protéká chráničem jednou z fází, lze měřit impedanci v kterékoliv fázi, aniž chránič vybaví.

-

- Nelze blokovat chrániče citlivé na stejnosměrný proud (typ B) a elektronické chrániče bez magnetického obvodu. Ty se ovšem v běžných instalacích prakticky nevyskytují.
- Zablkování chrániče nemusí být vždy spolehlivé. Vnější vlivy, které nelze předem zjistit, mohou ovlivnit proces přesycení magnetického jádra chrániče a způsobit jeho následné vybavení při měření impedance.
- Měřicí zatěžovací proud musí mít shodnou polaritu, jako blokovací stejnosměrný proud. Proto nelze použít takové měřiče impedance, které k měření používají zatěžovací proudový impuls obou polarit.
- Stejnoseměrný blokovací proud musí být poměrně značný. Měřicí přístroj musí tedy obsahovat velký a těžký zdroj blokovacího proudu. Někdy se proto používá samostatný přístroj pro blokování chráničů, což při měření vede ke složitější manipulaci se dvěma přístroji.
- Použije-li se samostatný zdroj blokovacího proudu je doba měření poměrně dlouhá (10s ÷ 15s).

Měření krátkým měřicím pulzem

+

- Z hlediska uživatele snadná manipulace s přístrojem a relativně krátká doba měření (do 5 s).
- Poměrně slušná přesnost měření - pro instalace jištěné jističi do cca 30 A je výsledek použitelný i pro výpočet funkčnosti jištění.
- U přístrojů využívajících třívodičového připojení je jistota nevybavení chrániče během měření téměř stoprocentní.

-

- Nutnost připojení všech tří vodičů (L, N, PE) může činit potíže při měření v rozvaděčích.
- U dvou vodičově připojovaných přístrojů je nižší spolehlivost nevybavení chrániče a nutnost provést dvě po sobě následující měření (L-N, L-PE).

4. POŽADAVKY NA PŘESNOST MĚŘENÍ IMPEDANCE PORUCHOVÉ SMYČKY

Jak ví jistě každý, kdo má alespoň základní elektrotechnické znalosti, nejsou hodnoty naměřené měřicím přístrojem absolutně přesné. Skutečná hodnota měřené veličiny se této přístrojem zobrazené hodnotě více či méně blíží a nachází se v intervalu definovaném chybou měřicího přístroje. Při vyhodnocení výsledků měření při revizích je třeba s chybou měření počítat a především tehdy, kdy naměřená hodnota se blíží mezní hodnotě veličiny povolené normou je třeba chybu měření spočítat a vyhodnotit, zda po jejím zohlednění je výsledek z hlediska ČSN ještě vyhovující.

4.1 Technické parametry měřicího přístroje

Přesnost měření, tzn. definování chyby 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 ČSN EN 61557. Vysvětleme si nejdůležitější pojmy z technických parametrů nutné pro správné stanovení chyby měření.

Níže uvedené názvosloví je převzato z ČSN 01 0115 (Mezinárodní slovník termínů v metrologii) nebo je vžito pro označování příslušných technických parametrů u českých výrobců měřicí techniky. V návodech k zahraničním přístrojům se lze často setkat s odlišným názvoslovím vzniklým obvykle jako doslovný překlad cizojazyčných, většinou anglických výrazů do češtiny.

Základní chyba měření – chyba měřicího přístroje určená za referenčních podmínek. Tento údaj je důležitý pro kalibrační laboratoř, která má provést kalibraci přístroje.

Pracovní chyba měření – chyba měřicího přístroje určená za pracovních podmínek. Chybu stanoví výrobce přístroje tak, že k základní chybě přičte veškerá možná zhoršení přesnosti, která mohou vzniknout okolními vlivy, jestliže přístroj není provozován za referenčních podmínek. Pracovní chyba tedy nemůže být menší, než základní chyba měření. Tento údaj je důležitý pro uživatele přístroje. Není-li v návodu k použití tato chyba uvedena, nelze prakticky měřicí přístroj pro revize použít.

Vyjádření pracovní chyby bývá v technických parametrech návodů k použití vyjádřeno různým způsobem. Pro uživatele nejjednodušší je, pokud je v návodu k použití přístroje uvedena přímo pracovní chyba ve tvaru popsaném v kap. 3.2. V některých návodech k přístrojům však bývá uvedena základní chyba a pracovní chybu je třeba stanovit tak, že se k této základní chybě přičte určitý koeficient stanovený výrobcem. V návodech ke starším přístrojům Metry Blansko je například uvedeno, že k základní chybě se přičítají určité desetiny procenta z měřené hodnoty na každý °C, o který se okolní teplota liší od stanovené referenční teploty apod. Je zřejmé, že takovéto vyjádření pracovní chyby je pro uživatele velice komplikované a v praxi téměř nepoužitelné.

Pracovní podmínky – podmínky, za kterých lze přístroj provozovat a je při nich definována pracovní chyba měření. Mezi pracovní podmínky může patřit například okolní teplota, relativní vlhkost vzduchu, napájecí napětí přístroje apod. Mimo tyto pracovní podmínky nelze přístroj provozovat, neboť měření proběhlo v oblasti, kde již není definována přesnost měření a nelze tedy zjistit, nakolik se od skutečné hodnoty liší. Navíc hrozí i poškození přístroje při jeho provozu, např. napěťový průraz izolací při vysoké vlhkosti ovzduší.

Tento údaj je důležitý pro uživatele přístroje.

Referenční podmínky – podmínky použití předepsané pro vzájemné porovnání výsledků měření například při kalibraci přístroje v kalibrační laboratoři. Jsou obdobné jako pracovní podmínky, ale jejich toleranční pásmo je značně menší. Při referenčních podmínkách je definována základní chyba měření.

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

Měřicí rozsah – rozsah hodnot, které je přístroj schopen měřit s definovanou přesností, jinak řečeno nalézá-li se hodnota měřené veličiny v tomto rozsahu, lze stanovit, s jakou absolutní chybou 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 chyb měření nazývá digit.

Jmenovitý rozsah – pod tímto pojmem je v technických podmínkách míněn rozsah, ve kterém přístroj měří s relativní pracovní chybou 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. Vysvětleme si ještě, co je to absolutní a relativní chyba měření. S těmito pojmy se sice v technických parametrech přístrojů nesetkáme, ale jsou důležité pro pochopení toho, co je míněno chybou měření uvedenou v návodu k použití a jaké požadavky na přesnost přístrojů kladou ČSN.

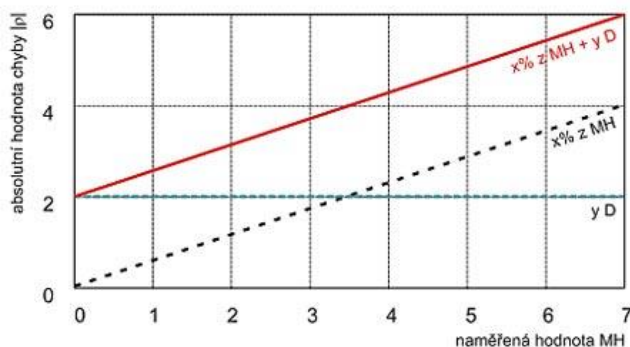
Absolutní chyba měření – tento údaj bývá uváděn v technických parametrech přístroje jako základní nebo pracovní chyba a lze z něj stanovit absolutní hodnotu (velikost) nejistoty, s jakou byla konkrétní hodnota naměřena přímo v jednotkách měřené veličiny. Jeli absolutní hodnota chyby přičtena a odečtena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

Relativní chyba měření – pro účely posouzení použitelnosti přístroje z hlediska ČSN a stanovení jmenovitého pracovního rozsahu je touto chybou míněn procentuální podíl absolutní hodnoty chyby z naměřené hodnoty vztažený k jmenovité hodnotě.

Pokud příslušné normy (např. ČSN EN 61557) požadují, aby pracovní chyba měření nepřesáhla ve vyznačeném rozsahu maximální odchylku 30 % od naměřené hodnoty, mají na mysli právě tuto relativní chybu, kterou nelze zaměňovat s absolutní chybou uváděnou v technických parametrech přístroje!

4.2 Vyjádření přesnosti měření a výpočet chyby

V technických parametrech měřicího přístroje je přesnost měření vyjádřena absolutní chybou. Obvykle se chyba měření skládá ze dvou částí. První část bývá proměnná a její absolutní hodnota závisí na velikosti naměřené hodnoty. Nazývá se chybou z měřené hodnoty. Druhá část je konstantní v celém měřicím rozsahu, na velikosti naměřené hodnoty nezávisí a nazývá se chybou z měřicího rozsahu. Součet obou částí je absolutní hodnotou chyby a jejím přičtením a odečtením od naměřené hodnoty lze stanovit interval, ve kterém se pohybuje skutečná (pravá) hodnota měřené veličiny. Grafické znázornění složek chyby měření je na obr. 6.



Obr. 6 – Grafické znázornění chyby měření

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

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

$x \% \text{ z MH}$ je proměnná část chyby a spočítá se jako příslušné procento z naměřené hodnoty, tzn. z údaje na displeji přístroje. $y \text{ D}$ je neproměnná část chyby a značí počet digitů, tj. čísel udávaných v technických parametrech jako rozlišovací schopnost. Místo v digitech může být někdy tato část chyby uvedena přímo v příslušných jednotkách (např. u ohmmetru přímo v Ω).

Analogové (ručkové) nebo někdy i digitální přístroje mají tutéž chybu vyjádřenu ve tvaru:

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

$x \% \text{ z MH}$ je proměnná část chyby a spočítá se jako příslušné procento z naměřené hodnoty, tzn. z údaje na displeji přístroje. $y \% \text{ z MR}$ je neproměnná část chyby a vypočítá se jako příslušné procento z měřicího rozsahu, tzn. z nejvyšší hodnoty, kterou je přístroj v daném měřicím rozsahu schopen zobrazit.

Někteří výrobci především u méně přesných přístrojů definují přesnost pouze neproměnnou částí chyby a vyjadřují ji v různých tvarech:

$$\pm y \% \text{ z MR}, \pm y \text{ d}, \pm y \Omega$$

$y \% \text{ z MR}$ je neproměnná část chyby a vypočítá se jako příslušné procento z měřicího rozsahu, tzn. z nejvyšší hodnoty, kterou je přístroj v daném rozsahu schopen zobrazit.

$y \text{ D}$ – v tomto tvaru je již přímo uvedena absolutní hodnota chyby měření v příslušných jednotkách.

Pozn.: Zkratky MH (měřená hodnota), MR (měřicí rozsah), mohou být v technických parametrech některých, především cizojazyčných návodů zahraničních přístrojů uvedeny jinak a často je v této podobě převezmou i překladatelé návodů do češtiny.

Příklad výpočtu chyby měření

Postup výpočtu chyby měření a jejího vyhodnocení pro měřič impedance bude vysvětlen na následujícím příkladu:

Bylo provedeno měření impedance poruchové smyčky přístrojem, u kterého lze v technických parametrech v návodu k použití vyčíst následující údaje:

Měřicí rozsah: 0,00 až 9,99 Ω
 Rozlišovací schopnost: 0,01 Ω
 Základní chyba: $\pm (1\% \text{ z MH} + 3D)$
 Jmenovitý rozsah: 0,18 až 9,99 Ω
 Pracovní chyba: $\pm (2\% \text{ z MH} + 5 D)$



Přístrojem byla změřena impedance poruchové smyčky. Na displeji měřicího přístroje se zobrazil údaj 0,50 Ω . Absolutní hodnotu pracovní chyby měření lze vypočítat takto:

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

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 chyby 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 Ω a nikoliv naměřených 0,50 Ω .



Obr. 7 – Postup při stanovení maximální možné impedance zjištěné měřením

4.3 Jmenovitý rozsah

Z tohoto údaje v technických parametrech přístroje lze vyčíst, v jakém rozsahu měření nepřesahuje procentuální podíl absolutní hodnoty pracovní chyby z naměřené hodnoty, vztažený k této naměřené hodnotě, velikost požadovanou ČSN EN 61 557. Smysl stanovení maximální relativní pracovní chyby měření tkví v tom, aby k měření příslušných veličin při revizích byl použit přístroj s dostatečnou přesností.

Znamená to, že měřič impedance lze použít při revizi pro výpočet jištění tehdy, pokud velikost měřené impedance se nachází uvnitř jmenovitého rozsahu. Měřenou impedancí je v tomto případě míněna výpočtem zjištěná hodnota, která určuje, zda jištění instalace bude v případě poruchy pracovat správně.

Měřič impedance dokáže měřit hodnoty v celém měřicím rozsahu, tedy i mimo jmenovitý rozsah. Pokud by ovšem byl k měření nízké hodnoty impedance byl použit málo přesný měřicí přístroj, může nastat situace, kdy nelze rozhodnout, zda jištění bude v případě poruchy pracovat správně.

Padne-li tedy dotaz zda je měřič impedance vhodný k měření při revizích, lze hledat odpověď právě v technických podmínkách v parametru – jmenovitý rozsah. Přístroj je z hlediska norem vhodný pro taková měření kdy vypočtená impedance, do které jištění ještě pracuje správně, se nachází uvnitř jmenovitého rozsahu přístroje, kterým chceme provést kontrolní měření. Na příkladu bude výběr vhodného měřicího přístroje popsán v dalších kapitolách.

4.4 Ovlivnění impedance vnějšími vlivy

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 se velikost impedance může změnit. V tabulce jsou uvedeny vlivy, které ovlivňují velikost impedance v době vzniku skutečného poruchového a v okamžiku měření, tedy v době průchodu poruchového proudu simulovaného měřicím přístrojem.

Impedance v době poruchy	Impedance v době měření
Jiná teplota vodičů než v době měření vlivem zatížení sítě nebo okolní teploty	
Jiný charakter zatížení (L, C), než v době měření	Rušení nebo zkreslení síťového napětí
Poruchový proud $10^1 \text{ A} \pm 103 \text{ A}$	Měřicí proud $3 \text{ A} \pm 20 \text{ A}$
Oteplení vodičů vlivem průchodu poruchového proudu	Přechodové děje vznikající při měření proudovými pulsy

Je zřejmé, že 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.

Proto je v ČSN 33 2000-6 v příloze C. 61.3.6.3 doporučeno, aby se změna impedance způsobená možným oteplením vodičů zohlednila vynásobením naměřené impedance koeficientem 1,5 a při výpočtu jištění se pak pracovalo s touto zvýšenou hodnotou.

Koeficient 1,5 však nezahrnuje vliv nepřesnosti měření způsobené měřicím přístrojem. Z toho důvodu je nutno naměřenou hodnotu zvýšit o možnou chybu měření a pro výpočet jištění použít hodnotu zvýšenou o absolutní chybu měření vynásobenou navíc koeficientem 1,5. Podmínku pro správnou funkci ochrany samočinným odpojením od zdroje lze pak vyjádřit vzorcem:

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

I_a – proud zajišťující samočinné působení odpojovacího ochranného prvku v předepsané době (ČSN 33 2000-4-41)

U_o – jmenovité střídavé napětí proti zemi

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

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

5. OVĚŘENÍ JIŠTĚNÍ PROTI NADPROUDŮM

5.1 Předpoklady pro správnou funkci jištění

Charakteristiky jisticích přístrojů a impedance PE obvodu musí být takové, aby v případě vzniku poruchy mezi L a obvodem PE došlo k automatickému odpojení napájení ve stanovené době. Impedance poruchové smyčky tedy musí odpovídat podmínce:

$$Z_s \leq \frac{U_o}{I_a}$$

Z_s – impedance poruchové smyčky (od zdroje k místu uzemnění PE přes místo poruchy)

I_a – proud který vyvolá vypnutí jištění v předepsané době

U_o – jmenovité AC napětí proti zemi

V reálných podmínkách se ovšem hodnota impedance poruchové smyčky mění v závislosti na okolních podmínkách. Z toho důvodu je třeba při ověřování předpokladů pro správnou funkci jištění změřenou hodnotu impedance poruchové smyčky zvýšit vynásobením koeficientem 1,5 a impedance potom musí odpovídat podmínce:

$$Z_{s(m)} \leq \frac{U_o}{I_a} \times \frac{2}{3}$$

$Z_{s(m)}$ – naměřená hodnota impedance

U_o – jmenovité napájecí AC napětí proti zemi

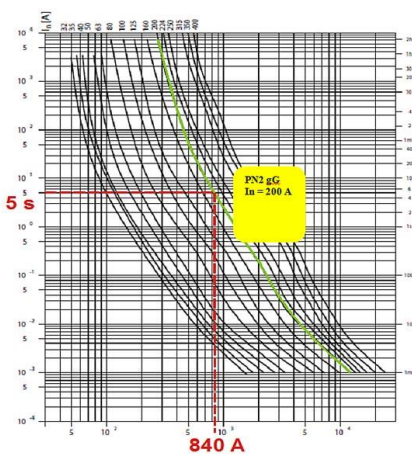
$2/3$ – koeficient zahrnující součinitel oteplení vedení, bezpečnostní součinitel a napěťový součinitel zatížené sítě

I_a – proud který vyvolá vypnutí jištění v předepsané době

5.2 Příklad praktického ověření funkčnosti jištění

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 400V / 50Hz, tedy 3 x 230V proti zemi. Stroj je jištěn pojistkami o jmenovitém vypínacím proudu $I_n = 200A$.

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. 8).



Obr. 8 – Stanovení vybavovacího proudu jištění

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

$$Z_{s(m)} \leq \frac{230 V}{840 A} \times \frac{2}{3} = 0,18 \Omega$$

Srovnáme-li technické parametry dvou různě přesných měřičů impedance, například přístroje ZERO TEST 46 a EUROTEST 61557, zjistíme porovnáním spodních hranic jejich jmenovitých rozsahů, že pro měření stroje s popsáním jištění je vhodný pouze přístroj EUROTEST 61557. Přístrojem ZERO TEST 46 by bylo možno měření sice také provést, ale z hlediska požadavků ČSN EN 61557 je přístroj pro měření impedance poruchové smyčky v obvodech s taktovým jištěním nevhodný, neboť požadovaná maximální hodnota $0,18\Omega$, kterou máme měřením ověřit, je mimo jmenovitý rozsah přístroje.

Technické parametry	EUROTEST 61557	ZERO TEST 46
Měřicí rozsah	$0,00 + 19,99\ \Omega$	$0,00 + 1,00\ \Omega$
Rozlišení	$0,01\ \Omega$	$0,01\ \Omega$
Pracovní chyba měření	$\pm (3\% \text{ z MH} + 3 \text{ D})$	$\pm 9 \text{ D}$
Jmenovitý rozsah	$0,11 - 1999\ \Omega$	$0,30 + 22,9\ \Omega$

Provedeme tedy měření přístrojem EUROTEST 61557 a naměříme u stroje hodnotu impedance poruchové smyčky $0,10\Omega$.



Připočítáním chyby měření zjistíme, jaké maximální hodnoty může impedance poruchové smyčky stroje dosáhnout:

$$\text{Chyba měření} = 3\% \text{ z } 0,1\Omega + 3\text{D} = 0,003 + 0,03 = \pm 0,033\Omega$$

$$\text{Výsledná hodnota impedance} = 0,1\Omega + 0,033\Omega = \mathbf{0,13\Omega}$$

Měřením zjištěná velikost impedance poruchové smyčky stroje po zohlednění nejistoty měření je $0,13\Omega$. To je méně než maximální vypočítaná hodnota impedance $0,18\Omega$, a lze tedy předpokládat, že jištění stroje bude v případě poruchy fungovat správně.

Kdybychom i přes – z hlediska normy - nevyhovující přesnost provedli měření přístrojem ZERO TEST 46 a naměřili stejnou hodnotu, tedy $0,10\Omega$, dojdeme po zohlednění chyby měření k následujícímu výsledku:

$$\text{Chyba měření} = 9\text{D} = \pm 0,09\Omega$$

$$\text{Výsledná hodnota impedance} = 0,1\Omega + 0,09\Omega = \mathbf{0,19\Omega}$$

Impedance $0,19\Omega$ je již pro správnou funkci jištění nevyhovující, ale skutečná hodnota impedance se může pohybovat kdekoliv mezi $0,01\Omega$ až $0,19\Omega$. To je vzhledem k mezní hodnotě $0,18\Omega$ příliš velký interval a těžko tedy můžeme rozhodnout, zda jištění v případě poruchy zareaguje v předepsaném čase, nebo ne.

6. MĚŘICÍ PŘÍSTROJE PRO MĚŘENÍ IMPEDANCE PORUCHOVÉ SMYČKY

6.1 Univerzální přístroje

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.

Zmiňme se tedy pouze o přístroji EUROTEST 61557 (výrobce METRL), 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 $0,2 \Omega$ nebo ještě výše. Přístroj měří skutečnou impedanci včetně indukční složky, nejen tedy pouze odpor jako značná část podobných přístrojů.



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 pro funkci měření impedance poruchové smyčky:

- Měřicí proud – cca 23A
- Měřicí rozsah – $0,00\Omega \div 1999\Omega$
- Nejvyšší rozlišovací schopnost – $0,01\Omega$
- Jmenovitý rozsah - $0,11 \div 1999\Omega$

6.2 Jednoúčelové přístroje

Jednoúčelové 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.

Jako zástupce jednoúčelových měřičů impedance si představme přístroj ZEROTEST pro. Přístroj je mimo standardní měření impedance vybaven i funkcí měření impedance v obvodech s proudovými chrániči pomocí metody krátkého proudového impulsu. Díky této metodě byla dosažena poměrně slušná přesnost měření, využitelná i pro měření v instalacích s běžnými jištěními a ocení ji především uživatelé, kteří přístrojem budou chtít měřit odpor uzemnění náhradní metodou za použití síťového napětí z chráničem jištěné instalace.



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 4,5A
- Měřicí rozsah – $0,00\Omega \div 200\Omega$
- Nejvyšší rozlišovací schopnost – $0,01\Omega$
- Jmenovitý rozsah - $0,27 \div 200\Omega$

6.3 Speciální měřiče velmi malých impedancí

Pro obvody jištěné jistíci prvky s poměrně vysokými vybavovacími proudy nejsou běžné měřicí přístroje z hlediska přesnosti měření použitelné. Proto se ve většině případů využívá pro ověření funkce jištění 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 jištěných prvky s vysokými vybavovacími proudy jsou určeny speciální přesné měřiče impedance. Jedním z nich je přístroj ZERO LINE 60, který je určen pro běžná provozní měření v instalacích jištěných přístroji s vybavovacími proudy do cca 400A, ale vzhledem k volitelnému měřicímu proudu jej lze použít i pro měření v běžných instalacích s méně proudově zatížitelnými jistíci prvky.

Přístroj měří skutečnou impedanci poruchové smyčky s rozlišením na 1 mΩ. Pro velmi přesné měření lze využít tzv. čtyřvodičovou metodu, která zajistí eliminaci přechodového odporu v místě připojení přístroje k měřenému obvodu.

Přístroj má zabudovanu i funkci měření impedance v obvodech s proudovými chrániči. Použitá metoda blokování chráničů pomocí stejnosměrného proudu umožňuje dosažení poměrně vysoké přesnosti měření i při využití této funkce.



Přístroj je na rozdíl od jiných podobných přístrojů relativně malý – lze jej při měření nosit zavěšený na krku. Z důležitých technických parametrů lze uvést:

- Měřicí proud – volitelný 30A, 20A, 10A
- Měřicí rozsah – $0,000\Omega \div 20,00\Omega$
- Nejvyšší rozlišovací schopnost – $0,001\Omega$
- Jmenovitý rozsah - $0,038 \div 1,500\Omega$ pro měřicí proud = 30A

7. ZÁVĚR

Cílem tohoto učebního textu bylo shrnout problematiku měření impedance poruchové smyčky především z hlediska použitelnosti měřicích přístrojů pro měření za konkrétních podmínek, které se mohou v elektrických instalacích vyskytovat. Jak bylo ukázáno, nelze v mnoha případech pro měření využít jakýkoliv měřič impedance, který je 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 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.

Prameny:

Příručka pro elektrotechnika - Klaus Tkotz

<https://etm.cz/>

<https://elektrika.cz/>

<https://www.illko.cz/>