

Overenie podmienok ... a ... nestejný prúžez vodičů L a PEN

Ing. Petr Levák, Ing. Igor Maas, redakce Elektro

V Elektro č. 6 jsme uvedli článek Ing. Igora Maase „Overenie podmienok na ochranu samočinným odpojením napájania“. Autor, elektrotechnik-specialista pro vykonávání odborných prohlídek a odborných zkoušek elektrických zařízení, ve svém příspěvku poukázal na složitost posuzování ochrany elektrického zařízení před nebezpečným dotykem neživých částí v případě, kdy je zařízení napájeno dvěma vedeními nebo je zapojeno v okružním rozvodu. Takto provozovaná zařízení se ve stále větším počtu nacházejí v průmyslu a ve sportovních nebo nákupních areálech. V příspěvku bylo také naznačeno, jak v takovém případě postupovat.

Příspěvek vycházel z praxe, byl odborně zpracován a byly v něm uvedeny matematické vztahy související s výpočtem impedance poruchové smyčky – obvodu, kterým v případě poruchy poteče poruchový proud.

Na naši redakci se obrátil kolega-čtenář Ing. Petr Levák z Jihlavy, který měl k uvedenému článku doplňující připomínku. Protože výměna názorů obou odborníků přinesla zajímavé poznatky v této problematice, uvádíme ji v následujícím textu.

Vážená redakce!

V čísle 6 časopisu Elektro jsem si přečetl zajímavý článek Ing. Igora Maase „Overenie podmienok ...“. Autor pro výpočet impedance smyčky (obr. 1) zavádí bez vysvětlení předpoklady:

$$Z_{1PEN} = Z_{1L} = 0,5Z_1$$

$$Z_{2PEN} = Z_{2L} = 0,5Z_2$$

Tento předpoklad však platí pouze v případě, že průřez vodičů fázových je stejný jako průřez vodičů PEN. U kabelů větších průřezů tento předpoklad nebývá vždy splněn. V elektrických sítích se vyskytuje velké množství kabelů, které mají vodiče PEN (pozn. red.: dříve nulovací vodič) o menším průřezu než vodiče fázové. Teprve v nedávnej době se začaly používat i silné kabely se čtyřmi vodiči stejného průřezu.

Pro výpočet impedancí u kabelů s nestejnými průřezmi vodičů by bylo potřeba použít následujících vztahů:

$$Z_{PEN} = Z \cdot S_L / (S_{PEN} + S_L)$$

$$Z_L = Z \cdot S_{PEN} / (S_{PEN} + S_L)$$

kde

Z je impedance v Ω
S průřez vodiče v mm^2

Příklad pro kabel $3 \times 240+120 mm^2$:

$$Z_{PEN} = Z \cdot 240 / (120 + 240) = 2 Z / 3$$

tj. asi 0,67 Z

$$Z_L = Z \cdot 120 / (120 + 240) = Z / 3$$

tj. asi 0,33 Z

Vztahy jsou jen přibližné, protože vycházejí z předpokladu, že pro výpočet je rozhodující vliv činného (ohmického) odporu. O vhodnosti tohoto předpokladu se lze přesvědčit v katalogu výrobce kabelů, třeba KABLO ELEKTRO, a. s.

Při uvažování indukční reaktance vychází pro kabel 1-AYKY $3 \times 240+120$ poměr impedancí přibližně (po zaokrouhlení):

$$Z_{PEN} = 0,64 Z$$

$$Z_L = 0,36 Z$$

Při nesprávném použití předpokladu uvedeného v článku pro kabely s nestejnými průřezmi vodičů se výsledný zjištěný čas odpojení může značně lišit od přesnějšího postupu.

S pozdravem

Ing. Petr Levák, Jihlava

Odpověď Ing. I. Maase

Autor ohlasu, Ing. Petr Levák, vo svojom ohlase o. i. píše, že uvádzam **bez vysvetlenia predpoklady**:

$$Z_{1PEN} = Z_{1L} = 0,5Z_1$$

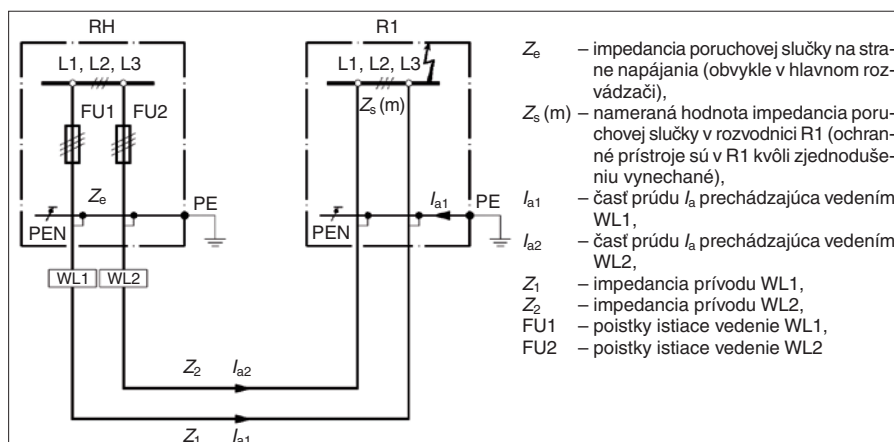
$$Z_{2PEN} = Z_{2L} = 0,5Z_2$$

K tomu poznamenávam:

predmetný článok poukázal na zložitosť posudzovania ochrany el. zariadenia pred nebezpečným dotykom neživých častí vtedy, keď je zariadenie napájané dvomi vedeniami, resp. je zapojené v okružnom rozvode. Súčasne bolo ukázané riešenie tohto problému pre inštaláciu spĺňajúcu určité predpoklady.

Pokiaľ sa čitateľ stretne s inštaláciou, ktorá tieto predpoklady nespĺňa (a nemusia to byť iba v ohlase spomínané rozdielne prierezy vodiča PEN a L), tak je na ňom, aby si riešenie (t. j. spôsob merania a výpočet) zisteným skutočnostiam prispôbil. Preto som nepokladal a ani nepokladám za nutné predpoklady zdôvodňovať. A to tým skôr nie, že celé riešenie problému vychádzalo z STN 33 2000-6:2007^{*)}, ktorá je už svojím rokom vydania predurčená k tomu, aby sa podľa nej predovšetkým revidovali inštalácie, ktoré – aj podľa autora ohlasu – uvedený predpoklad spĺňajú.

Napriek tomuto uvádzam niektoré spresnenia a komentáre, a to nie iba k článku, ale aj k ohlasu.



Obr. 1. Elektrické zariadenie R1 napájané dvomi prívodmi WL1 a WL2

- Z_e – impedancia poruchovej slučky na strane napájania (obvykle v hlavnom rozvážači),
- $Z_s(m)$ – nameraná hodnota impedancia poruchovej slučky v rozvodnici R1 (ochranné prístroje sú v R1 kvôli zjednodušeniu vynechané),
- I_{a1} – časť prúdu I_a prechádzajúca vedením WL1,
- I_{a2} – časť prúdu I_a prechádzajúca vedením WL2,
- Z_1 – impedancia prívodu WL1,
- Z_2 – impedancia prívodu WL2,
- FU1 – poistky istiace vedenie WL1,
- FU2 – poistky istiace vedenie WL2

^{*)} pozn. redakce: Slovenská norma STN 33 2000-6:2007 i česká norma ČSN 33 2000-6:2007 jsou identickým převzetím mezinárodní normy IEC 60364-6:2006.

Komentár 1

Predpoklady, že:

$Z_{1PEN} = Z_{1L} = 0,5Z_1$ a $Z_{2PEN} = Z_{2L} = 0,5Z_2$ ako aj celé meranie a výpočet uverejnený v citovanom článku, ktorého je tento predpoklad súčasťou, možno v nezmenenom znení použiť napr. vtedy, ak sú súčasne splnené nasledovné podmienky:

- prierez vodiča L a vodiča PEN príslušného vedenia (WL1, resp. WL2) je rovnaký;
- žiadna časť poruchového prúdu netečie cez uzemňovací vodič, ktorým sú skrine prepojené.

Vysvetlenie k bodu b): v praxi sa často možno stretnúť s prípadmi, keď je súčasne s káblovým vedením položený aj uzemňovací vodič, ktorým sú PEN vodiče v rozvodných zariadeniach (v článku RH a R1) ani nie tak uzemnené, ako vodivo spojené.

V prípadoch, keď nie je niektorá z uvedených podmienok splnená, treba postup pri meraniach, resp. výpočtoch, upraviť a každý takýto prípad riešiť individuálne.

Komentár 2

Príspevok „Overenie podmienok ...“ bol napísaný pred vydaním STN 33 2000-4-41:2007^{**}), ktorá v čl. N2.1 uvádza pre samočinné odpojenie napájania v distribučných sieťach TN nasledovné podmienky:

- odporúčaný čas odpojenia nepresahujúci 5 s. V odôvodnených prípadoch sa pripúšťa čas 30 s;
- charakteristiky ochranných prístrojov a impedancia obvodov musia spĺňať požiadavku

$$Z_s \times I_a \leq c U_0$$

kde je Z_s impedancia poruchovej slučky zahŕňajúca zdroj, krajný vodič k miestu poruchy a vodič PEN alebo PE (prípadne ďalšie paralelné cesty v sieti) medzi miestom poruchy a zdrojom v Ω ,

I_a prúd zaisťujúci samočinné pôsobenie nadprúdového ochranného prístroja v predpísanom čase v A,

c faktor napätia podľa STN IEC 60909 (33 3020) a STN IEC (33 3021); pre sieť 3x230/400 V $c = 0,95$,

U_0 menovité napätie siete proti zemi vo V.

Ntreba ani dodávať, že citované podmienky nemajú vplyv na vlastné postupy uvedené v príspevku, ale môžu ovplyvňovať výsledky výpočtov.

Komentár 3

Pokiaľ sa čitateľ stretne so staršou inštaláciou (v ktorej nemajú vodič L a vodič PEN

rovnaký prierez), tak skôr, ako použije korekcie uvedené v ohlase, by mal:

- pred vykonaním príslušných meraní zistiť, či je splnený bod b) komentára 1;
- zistiť, či nie je vhodné zariadenie revidovať podľa ČSN (STN) 34 1010 – bližšie pozri články Ing. Miloslava Valenu: „Revizní zpráva, autor: revizní technik“ uverejňované v časopise Elektro.

Na záver ďakujem autorovi ohlasu, lebo nesporne prispel k vyjasneniu problematiky.

V Bratislave 13. 8. 2008

Ing. Igor Maas

Záver

Ďakujeme oboma autorom - Ing. P. Levákoví za podnetnú pripomínku a Ing. I. Maasovi za podrobné vysvetlenie.

Výmena jejich názorů na problematiku podmienok napájania dvoma vedeniami bola jistě užitečná i pro ostatní čtenáře našeho časopisu.

Ještě tedy alespoň redakční poznámku k připomínce nestejných průřezů fázového vodiče a vodiče PEN a ke skutečnosti, že teprve v posledních letech se začaly používat kabely se všemi vodiči stejného průřezu: za počet vodičů v obvodu je třeba považovat počet těch vodičů, které vedou zatěžovací proud. Jestliže je možné předpokládat, že vodiče vícefázového obvodu vedou vyvážené proudy se zanedbatelnými harmonickými, není třeba střední (nulový) vodič příslušející danému obvodu uvažovat. Za těchto podmínek se bere, že čtyřžilový kabel ve třífázovém obvodu má stejné dovolené proudové zatížení jako třížilový kabel s fázovými žilami stejného průřezu. Čtyř- a pětižilové kabely mohou mít vyšší dovolené proudy, jestliže jsou zatíženy pouze tři vodiče.

Jestliže však střední vodič ve vícežilovém kabelu vede v důsledku nevyváženosti proudů jednotlivých fází proud, je zvýšení teploty v důsledku průchodu proudů středním vodičem vyrovnáno nižším vývinem tepla v jednom nebo více fázových vodičích. V takovém případě se volí průřez vodičů na základě proudů ve fázových vodičích. V každém případě však musí průřez středního vodiče vyhovovat čl. 523.1.4 ČSN 33 2000-5-523 (ed. 2, 4/2003).

Jestliže střední vodič vede proud, který není odpovídajícím způsobem snížen oproti proudům fázových vodičů, musí se proud tohoto vodiče brát v úvahu při určování hodnot obvodu. Příčinou vzniku takových proudů mohou být značné harmonické proudy třífázových obvodů.

Jestliže střední vodič vede proud, který není odpovídajícím způsobem snížen oproti proudům fázových vodičů, musí se proud tohoto vodiče brát v úvahu při určování hodnot obvodu. Příčinou vzniku takových proudů mohou být značné harmonické proudy třífázových obvodů.

Vlivem harmonických se totiž zvyšují tepelné účinky elektrického proudu v kabelech (jestliže se vychází z efektivní hodnoty proudu udané podle základní harmonické). Nejvýznamnější harmonickou složkou proudů, které se ve středním vodiči nevyruší, je třetí harmonická. Velikost proudu ve středním vodiči v důsledku třetí harmonické může překročit hodnotu fázového proudu základní frekvence.

Proudy násobků třetí harmonické se v nulovém (středním vodiči) sčítají, takže velmi často již neplatí, že proud protékající nulovým (středním) vodičem je mnohem menší než proud ve vodičích fázových – naopak, proud v tomto vodiči je mnohdy i podstatně větší než proud ve fázových vodičích. Za určitých provozních stavů dochází k zatížení pouze dvou ze tří fází a k nevyváženosti sítě. V takovém případě bude střední vodič přenášet proudy vyšších harmonických ještě navíc k nevyváženému proudu a může dojít i k přetížení středního vodiče.

Vznik harmonických může být způsoben nejen provozním stavem, ale zejména druhem zatížení sítě – soubory zářivkových svítidel, zdroje stejnosměrného napájení (například v IT) apod.

Jestliže je proto obsah harmonických (kromě třetí harmonické další vyšší harmonické, tj. devátá, dvanáctá atd.) větší než 10 %, nesmí být průřez středního vodiče nižší než průřez fázových vodičů.

Proud středním vodičem pak bude mít významný vliv na určování dovoleného proudu v obvodu.

Tuto skutečnost již vzala v úvahu i ČSN 33 2000-5-523 a tepelné účinky v důsledku výskytu harmonických proudů a odpovídající redukční součinitele pro vyšší harmonické proudy jsou uvedeny v příloze C této ČSN (*Účinky harmonických proudů na vyvážené trojfázové síti*).

Vodiče sloužící pouze jako ochranné (vodiče PE) se neberou v úvahu. S vodiči PEN se musí počítat stejným způsobem jako se středními vodiči.

Oproti dříve (počínaje lety devadesátými) uplatňovaným a také normalizovaným zvyklostem – jít v průřezech nulového (středního) vodiče na polovinu průřezu vodiče fázového – se již z důvodů výše uvedených uplatňuje trend opačný. Je tedy vidět, že větší opatnost, která byla v naší praxi zohledňována při volbě vodiče PEN (dříve nulovacího vodiče) na základě ČSN 34 1010, byla určitě na místě a nově zavedené požadavky mezinárodních a evropských norem to potvrzují.

redakce Elektro

^{**}) pozn. redakce: Slovenská norma STN 33 2000-4-41:2007 i česká norma ČSN 33 2000-4-41 ed. 2:2007 jsou identickým převzetím mezinárodní normy IEC 60364-4-41:2005.