

Napájení zařízení o malém odběru na velké vzdálenosti

Ing. Michal Křtíz, IN-EL, spol. s r. o.

V jednom z předchozích čísel jsme čtenáře informovali o možnosti, kterou v současné době elektrotechnici mají, totiž diskutovat řadu otázek a problémů z elektrotechnické praxe na internetu. K této možnosti se zájemci dostanou v rámci okénka Diskuzní fórum úvodní stránky vydavatelství elektrotechnické literatury IN-EL (postup viz obrázky) na adrese <http://www.in-el.cz>. Dotazy bylo možné zasílat na e-mailovou adresu info@in-el.cz, telefonovat na linku 02/83 09 23 21, faxovat na číslo 02/850 25 79 (a také se tak doposud hojně dělo – děkujeme za důvěru). Nyní, v rámci zkvalitněné služby – abychom se mohli do-

konu asi 20 W umístěných v řadě za sebou na poměrně velkou vzdálenost kolem 1 km. Napájení jsme zajistili 230V kabelovým vedením v mědi $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$. Ochranu před úrazem elektrickým proudem zajišťujeme u napájených zařízení proudovým chráničem s citlivostí 30 mA, který je umístěn na začátku vedení. Jestliže splníme podmínku normy o přizemňování vodiče PEN, nemůžeme obvod ani zapnout, protože proudový chránič obvod okamžitě odpojí. Tážeme se na řešení našeho problému, abychom vyhověli požadavkům normy a nedocházelo k nežádoucímu odpojení?

me následující rozbor na základě pravděpodobných předpokladů jak o vedení, tak o napájených zařízeních.

Z dotazu vyplývá, že napájecí vedení je připojeno jako síť TN a vzhledem k malému průřezu jako síť TN-S.

Pozn.: Síť TN-C s vodičem PEN nemůžeme v daném případě použít, protože:

1. síť TN-C se neslučuje s funkcí proudového chrániče, pokud je tento chránič umístěn na začátku vedení, a také
2. ani pokud bychom chrániče použili přímo u chráněného napájeného zařízení a vodič PEN chtěli rozdělit na samostatný střední (N) a ochranný (PE) až těsně před chráničem u chráněného předmětu, jak je to přípustné (když vodič PE vedeme mimo obvod chrániče); není to možné vzhledem k tomu, že vodič PEN lze podle čl. 546.2.1 ČSN 33 2000-5-54 použít až od průřezu 10 mm^2 Cu (nebereme-li v úvahu použití kabelu s koncentrickým jádrem, u něhož je možné vodiče PEN použít již od průřezu 4 mm^2).

Dále předpokládáme, že

- napájecí vedení o průřezu $1,5 \text{ mm}^2$ má délku 1 km a
 - je zatěžováno přibližně deseti zařízeními po 20 W, tj. celkem 200 W,
 - z něhož můžeme uvážit, že zatěžovací proud vedení je přibližně 1 A a
- z toho
- úbytek napětí při délce vedení 1 km je asi 22,7 V, tedy menší než 10 %.

Vyšli jsme přitom z celkového odporu vedení o délce

$$l = 1 \text{ km}, R = \rho \times 2l/S = 0,017 \cdot 2000/1,5 = 22,7 \, \Omega,$$

což při zatížení proudem 1 A a předpokladu, že celé zatížení je na konci vedení, dává právě uvedený úbytek napětí. Tím, že se předpokládá celé zatížení až na konci vedení, je údaj o celkovém úbytku napětí nadhodnocen. Uvedený úbytek napětí může být s ohledem na funkčnost zařízení považován za vyhovující.

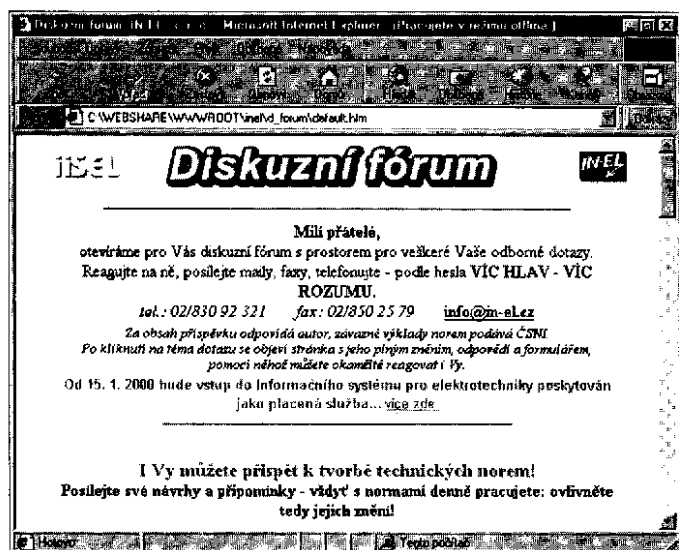
Takže při délce vedení 1 km a uvedeném zatížení 200 W můžeme průřez $1,5 \text{ mm}^2$ považovat za dostačující. Vedení je možné vybavit jištěním od 2 do 10 A, přestože v podstatě nebude zapotřebí jištění proti přetížení. Proto postačí pojistka 2 A. Ta zajistí (viz např. příloha NK ČSN 33 2000-6-61 nebo předpis ESČ 33.02.98) samočinné odpojení uvedeného obvodu do 5 s (v tomto případě není třeba počítat se zvýšením teploty a tím ani impedance kabelu provozním proudem, protože ten je zcela nepatrný).

Jestliže je tedy zařízení napájeno ze sítě TN, zajistí uvedené jištění ochranu samočinným odpojením od zdroje pro upevněná zařízení (jak je uvedeno v čl. 413.1.3.5). Je-li třeba chránit zařízení držená v ruce, pojistka 2 A nestačí. S výhodou bychom však mohli použít jističe 2 A s charakteristikou B, jestliže jej na našem trhu seženeme. Zkratová spoušť takového jističe totiž vypíná již od trojnásobku až pětinasobku jmenovitého proudu, tzn. zaručeně již při zkratovém proudu $I_k = 10 \text{ A}$. Z toho vyplývá, že impedance poruchové smyčky musí být

$$Z_\sigma \leq U_0/I_k = 230/10 = 23 \, \Omega$$

To je docela dobře splnitelné, protože impedance obvodu dlouhého vedení je, jak jsme již vy počítali, rovna $22,7 \, \Omega$, takže na obvod napájecí toto vedení zbyvá ještě impedance $0,3 \, \Omega$. To je hodnota, jejíž „nepřekročení“ je běžně splnitelné.

Dále předpokládáme, že uvedená dlouhá vedení nebude připojeno elektricky blízko transformátoru, takže ani tomuto vedení, ani uvedenému jističi 2 A s charakteristikou B nehrozí nebezpečí ohrožení zkratem. Jinak bychom museli vypočítat zkratový proud a porovnat jej se zkratovou vypínací schopností jističe udanou výrobcem a hodnotu odolnosti kabelu $1,5 \text{ mm}^2$ proti tepelným účinkům zkratového proudu $k^2 S^2$ s hodnotou $I^2 t$, na kterou je předřazeným jištěním



Obr. 1. Jak vejít do Diskuzního fóra

tazům ještě více věnovat, poskytujeme tuto poradnu a prostor pro diskusi jako „přidanou hodnotu“ pro ty, kteří si objednají přístupové heslo k uzavřené části iISEL (podrobně o tom na našich internetových stránkách).

Podotýkáme, že v rámci Diskuzního fóra nejsou sdělována ultimativní rozhodnutí, ale jde o výměnu názorů, které se může zúčastnit skutečně každý.

Následující příklad je také publikován v Diskuzním fóru a ukazuje návrh na řešení jednoho problému.

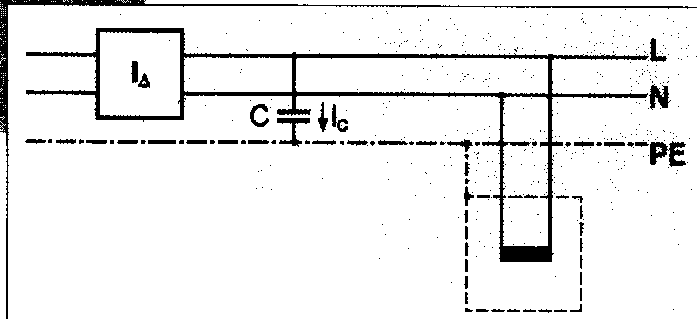
Otázka:

Potřebujeme napájet několik zařízení o velmi malém vý-

Odpověď:

Komentář:

Uvedený problém je na první pohled jednoduchý. Nabízí se odpověď, že potíže jsou způsobeny unikajícími (nejspíše kapacitními) zemními proudy, které způsobují nežádoucí vypínání chrániče. Je tomu skutečně tak? A co řešit naznačený problém zcela jiným způsobem. Je to také možné? K tomu, abychom mohli na uvedenou otázku odpovědět, je třeba se daným problémem zabývat, to znamená zjistit, zda navržený způsob napájení vyhovuje i z ostatních hledisek. Protože informace o způsobu napájení jsou poměrně kusé, provede-



Obr. 2. Kapacitní proud vedení způsobující nežádoucí vybavení chrániče

omezen účinek zkratového proudu v místě odbočení kabelu 1,5 mm².

Z uvedeného textu vyplývá, že při délkách napájecího vedení (kabelu) průřezu 1,5 mm² větších než 1 km klasickým jištěním samočinné odpojení v síti TN již nezajistíme. Při těchto větších délkách je nutné použít proudový chránič. Jestliže se však použije velmi citlivý proudový chránič, jehož jmenovitý reziduální proud nepřevyšuje hodnotu 30 mA, může se stát, že kapacitní proud vedení, který se uzavírá ochranným vodičem, popř. zemí mimo magnetický obvod chrániče (viz obr. 2), je větší než polovina této hodnoty, tj. 15 mA, a dojde k nežádoucímu vypnutí proudového chrániče (proudový chránič totiž může vypínat již při reziduálním proudu větším než jedna polovina jeho jmenovité hodnoty).

Abychom ověřili, zda je náš předpoklad pravděpodobný (nemáme-li o použitém kabelu bližší informace), unikající kapacitní proud procházející mezi fázovým a uzemněným ochranným vodičem kabelu v síti TN odhadneme.

Proto spočítáme (velmi přibližně) kapacitu mezi uvedenými vodiči (v μF/km) podle přibližného vzorce

$$C = 0,024 \epsilon_r / [\log(r/R)]$$

ve kterém za

r dosadíme poloměr vodiče 0,7 mm (odpovídající jeho průřezu 1,5 mm²),

za R dosadíme vzdálenost mezi vodiči – odhadem 2 mm,

ϵ_r – relativní permitivitu – odhadneme pro běžný izolační materiál rovnou 5.

Po dosazení vychází $C = 0,263$ μF/km (obdobným způsobem vychází kapacita, jestliže ji počítáme z empirického, Lichtensti-

nova vzorce

$$C = (1/6) \cdot (0,9/A - 0,1/B)$$

kde

$$A = \log[(d + 2\delta)/0,8 d]$$

$$\text{a } B = \log\{D/[0,75(D - 2\delta)]\}$$

kde

d je průměr jádra vodiče – dosadíme 1,5 mm,

D je průměr kabelu – dosadíme 8 mm,

δ je tloušťka izolace – dosadíme 0,5 mm.

Po dosazení vychází $C = 0,32$ μF/km.

Na základě podobných výpočtů můžeme odhadnout uvedenou kapacitu C v rozmezí 0,2 až 0,4 μF/km.

Vypočítáme kapacitní unikající proud I_C pro kapacitu $C = 0,3$ μF/km, napětí $U_0 = 230$ V (a samozřejmě kmitočet sítě $f = 50$ Hz).

Vychází tedy $I_C = U_0 \cdot 2\pi f C = 230 \cdot 314 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6} = 21,7$ mA/km.

To, že výsledek nebude příliš daleko od skutečnosti, nám potvrď např. pohled do přílohy NN1 ČSN 33 2000-4-41, ve které můžeme číst např., že unikající kapacitní zemní proud kabelu 25 mm² je pro napětí 400 V přibližně 60 mA/km; z toho extrapolací na napětí 230 V bychom došli k hodnotě asi 35 mA – pro menší průřez 1,5 mm² je samozřejmě unikající proud podstatně menší – asi třetinový až poloviční, ale stále z hlediska funkce chrániče podstatný. Takže unikající proud, tj. proud, který se nevrací zpět pracovním vodičem, aby prošel magnetickým obvodem proudového chrániče, jsme odhadli přibližně na $I_C = 22$ mA/km.

To je již proud, který vybavení citlivého proudového chrániče s $I_{\Delta a} = 30$ mA s určitou pravděpodobností může způsobit.

Vidíme tedy, že uvedenému unikajícímu proudu je třeba č-

lit. Jestliže je nutné použít proudový chránič 30 mA na začátku celého vedení, vidíme, že na překážku jeho použití je uplatnění a navíc ještě přizemnění ochranného vodiče (PE) v síti TN-S. Potřebujeme, aby vodič, kterým prochází svodový kapacitní proud, což je v síti TN-S ochranný vodič (PE), nebyl veden mimo magnetický obvod chrániče, ale aby tímto obvodem procházel. V tom případě to ovšem nesmí být ochranný vodič, ale vodič pracovní. V našem případě použití jednofázového obvodu by to byl střední vodič (N).

Můžeme takovéto řešení uplatnit? Ano, podle normy, a to podle ustanovení bodu 532.2.3, který je součástí čl. 532.2. ČSN 33 2000-5-53, je to možné (o bodu 413.1.3.9 ČSN 33 2000-4-41, který uvádí v podstatě stejnou možnost a dokonce ji v souvislosti s ochranou proudovým chráničem mimo zónu hlavního pospojování stanoví jako povinnost, nebudeme hovořit, protože se předpokládá zrušení tohoto ustanovení.)

Co tedy bod 532.2.3 ČSN 33 2000-5-53 stanoví? Řekněme si, že celý čl. 532.2 stanoví podmínky pro použití proudových

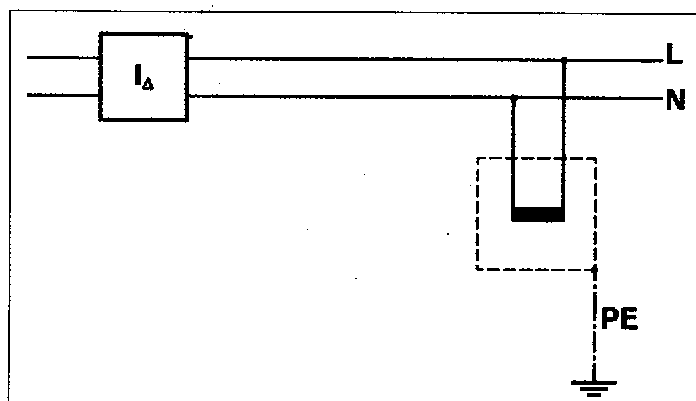
jeny se zemničem, jehož odpor vůči zemi je takový, že umožní v případě poruchy průchod vybavovacího proudu chráničem. Takto chráněný obvod se považuje za síť TT a platí pro něj podmínky stanovené pro tuto síť.

A zeptáme-li se, zda mohou být v našem případě podmínky ochrany samočinným odpojením v síti TN splněny, můžeme odpovědět, že velmi obtížně. Je to totiž možné pouze

- do délky vedení přibližně 1 km,
- s použitím speciálního jističe 2 A s charakteristikou B,
- a to pouze, jestliže na obvod není připojeno pomocí zásuvkového spojení zařízení určené pro venkovní prostředí.

Jestliže tyto podmínky nemohou být splněny, je možné postupovat podle již zmíněného ustanovení 532.2.3 ČSN 33 2000-5-53.

Jak to provedeme? Z rozváděče napájecího uvedeného dlouhého vedení je z fázové přípojnice veden fázový vodič vedení a z přípojnice PEN nebo z přípojnice pro střední vodiče (N) (je-li již v rozváděči vodič PEN rozdělen na přípojnice pro vodiče střední a ochranné) střední vodič (N). Takže vedení pro napájení vzdále-



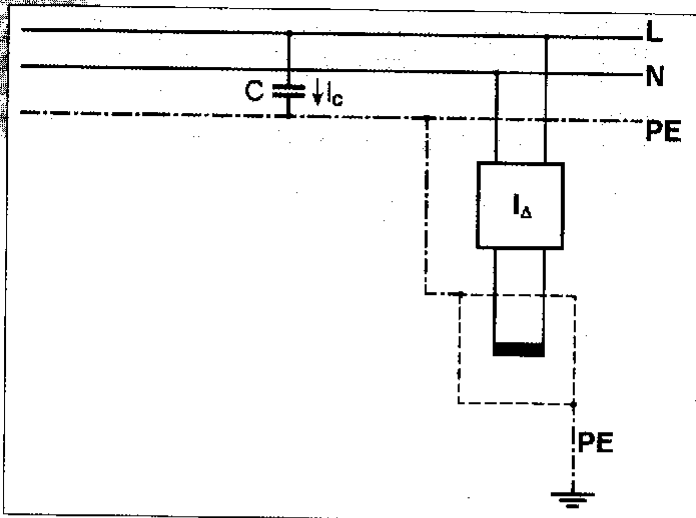
Obr. 3. Změna sítě TN na TT

chráničů v elektrických instalacích. Bod 532.2.3 upřesňuje tyto obecné podmínky o výjimku týkající se použití proudových chráničů v síti TN v podstatě takto: „Jestliže pro určitá zařízení nebo pro určité části instalace není možno splnit některé podmínky ochrany samočinným odpojením v síti TN, mohou být tyto části (nebo tato zařízení) chráněny proudovým chráničem. V tomto případě nemusí být neživé části spojeny s ochranným vodičem sítě TN, pokud jsou spo-

ných zařízení malého výkonu je pouze dvouvodičové. Ochranný vodič, k němuž budou připojovány neživé části napájených zařízení, bude vlastně pouze uzemňovací přívod od neživé části chráněného zařízení k zemniči určenému pro zajištění ochrany samočinným odpojením v síti TT (viz obr. 3). Velikost tohoto odporu R_A musí vyhovovat vztahu

$$R_A \leq 50/I_A$$

a pro prostory zvláště nebezpečné (kde je velikost dovoleného střídavého dotykového napětí ome-



Obr. 4. Zařízení proudového chrániče u chráněného zařízení v síti TN-S

zena na 25 V) vztahu

$$R_A \leq 25/I_A$$

kde I_A je proud zajišťující působení chrániče, tj. jeho jmenovitý reziduální proud.

Uvažujeme-li, že ochrana má sloužit pro prostory venkovní, potom pro jistotu (přestože to není normativně přímo stanoveno, že jde o prostory zvláště nebezpečné) odpor uzemnění, kte-

rý nesmí být překročen, vypočítáme ze vztahu

$$R_A \leq 25/I_A$$

Dosaďme-li za I_A 30 mA, vyjde nám maximální odpor uzemnění neživých částí každého chráněného zařízení $R_A = 833 \Omega$, což je hodnota dosti snadno dosažitelná i v obtížných půdních podmínkách.

Je samozřejmě možné v uvedeném případě osadit proudový chránič na začátku vedení v rozváděči, ze kterého je vedení vyvedeno. Tím sice ušetříme, nicméně poruchu při vypnutí chrániče budeme obtížně hledat na celé trase u všech napájených zařízení. Z tohoto hlediska je vhodnější, ačkoli dražší, vybavit proudovým chráničem každé napájecí zařízení. V takovém případě by vlastně mohlo být ponecháno vedení v původním zapojení, a to jako napájecí síť TN-S. Bylo by to možné proto, že unikající proud protékající ochranným vodičem by se vyskytoval až směrem od chrániče ke zdroji a na funkci chrániče by neměl vliv. Přitom je však třeba pamatovat na to, že ochranný vodič PE v této síti TN-S je nutně podle stanovených podmínek, nejlépe v místech napájených zařízení, přizemnit (viz obr. 4).

Pozn.: Ochranný vodič v síti TN-S se pak přizemňuje v souladu s podmínkami, podle 413.1.3N12 ČSN 33 2000-4-41, a to i přesto, že tyto podmínky

je možné z hlediska použití citlivých proudových chráničů považovat za poměrně přísné. Vždyť pro případ přerušení ochranného vodiče, což je jeden z důvodů, pro které se přizemnění provádí, postačí odpor uvedeného přizemnění $833,3 \Omega$, jak již bylo uvedeno. Nižší odpor uzemnění je však třeba k vyrovnání potenciálů v případě poruchy a také pro případ, kdy by po ochranném vodiči bylo na neživé části chráněného zařízení zavedeno napětí z cizí poruchy.

Protože podmínky přizemnění podle 413.1.3N12 ČSN 33 2000-4-41 jsou v našem případě obtížně realizovatelné a navíc jsou přísnější než podmínky uzemnění v případě, že je napájecí vedení provedeno jako síť TT (a uplatněním sítě TT se odstraní nebezpečí zavedení napětí z cizí poruchy po ochranném vodiči), je možné v daném případě doporučit provedení napájecího vedení jako sítě TT s využitím ustanovení 532.2.3 ČSN 33 2000-5-53.

EN - CENTRUM, s. r. o. Měření a zkušební technika

- rozšířený sortiment přístrojů pro měření a hledání koaxiálních, sdělovacích a telefonních kabelů, vedení, jako reflektometry, hledáčky, odporové můstky, měřiče kapacitních nerovnováh, měřiče provozního útumu, gigaohmmetry, měřiče uzemnění
- ruční revizní přístroje, milimetrové, megohmmetry, střídavé, stejnosměrné napětíové zkušební zdroje
- vn. zkušební zařízení 0,1 Hz na zkoušení vn. silových kabelů a elektrických zařízení, dále zkoušení a měření elektrických zařízení, jako transformátorů, motorů, generátorů, průchodek, vn. a vn. vypínačů
- střídavé/stejnosměrné kilovoltmetry, přímé kilovoltmetry, elektrostatické kilovoltmetry, ESD měřicí technika elektrostatického náboje
- bezkontaktní indikátory vn. napětí, záznamníky síťového napětí, teslametry, vícekanálové záznamníky
- laboratorní a analytické váhy, ostatní váhy

EN-CENTRUM, s. r. o.
Radlická 2 / schránka 69
150 23 Praha 5
tel.: 02/57 32 25 38

e-mail: enccentrum@iol.cz
<http://www.enccentrum.cz>
kontakt: Ing. Petr Vítner
fax: 02/53 40 29

Navštivte nás na AMPERU, stánek č. C1

VÝROBA EMC PŘÍSTROJŮ

Optický spínací a signalizační systém

Vysílač a spínač jsou spojeny plastovým optickým kabelem s mimořádně nízkou cenou. Systém se uplatní například ve vn. transformovněch a rozvodnách ke spínání a signalizaci. Kabel lze instalovat do prostorů nebezpečných a v blízkosti živých částí pod napětím. Náklady na celý systém jsou velmi malé. Spínač má atest odnosti EMC a certifikát ECU.

Zařízení je chráněno ušlechtilým vzorem.



MĚŘENÍ MAGNETICKÉHO POLE

Přítomnost magnetického pole se projevuje například chvěním obrazu monitorů počítačů. Na zakázku provedeme analýzu pole a jeho harmonických frekvencí. Vypracujeme kompletní protokol o měření a navrhujeme možnosti řešení situace.



BRET - Moravský Plesk 319, 696 82 okres Hodonín
fax: 0631-385082, mobil: 0606-284905, 0602-362778
<http://www.bret.cz>, e-mail: bret@bret.cz, info@bret.cz
obchod@bret.cz

VIZ ČLÁNEK NA STRÁNKÁCH XX V ČÍSLE 3

SALTEK

KOMPLETNÍ SORTIMENT PRO

- ROZVODY NN
- MaR, EZS, EPS, LAN, TELEKOMUNIKACE
- PROSTŘEDÍ SNV
- JISKROVĚ BEZPEČNÉ OBVODY

**NEJVYŠŠÍ KVALITA
VYNIKAJÍCÍ CENY**

www.saltek.cz, tel.: 02/67 99 56 72, 047/581 22 11, saltek@saltek.cz

ČESKÝ VÝROBCE SVODIČŮ PŘEPĚTÍ

ISO 9001

