

Overenie podmienok na ochranu samočinným odpojením napájania

Ing. Igor Maas, elektrotechnik špecialista pre vykonávanie odborných prehliadok a odborných skúšok elektrických zariadení

Je známe, že jedným z najdôležitejších krokov pri revízii elektrickej inštalácie je vyhodnotenie ochrany pred úrazom elektrickým prúdom. Na posúdenie ochrany pred dotykom živých častí obvykle stačí prehliadka elektrickej inštalácie, ktorou sa zistí umiestnenie zariadenia, stav zábran, celistvosť a kompletnosť krytov, izolácie apod.

Pri posúdení ochrany pred nebezpečným dotykom neživých častí – a osobitne pri najčastejšie použíwanej ochrane odpojením napájania – je potrebné poznať skutočnú hodnotu impedancie poruchovej slučky, t. j. impedancie obvodu, ktorou potečie elektrický prúd pri poruche zariadenia (poruchový prúd). Tento druh ochrany a podmienky na jej správnu činnosť v systéme TN podrobne popisuje STN 33 2000-4-41:2007*) a v článku 411.4.4 stanovuje podmienky pre charakteristiky ochranných prístrojov a impedancie poruchovej slučky vzhľadom na menovité striedavé napätie alebo menovité jednosmerné napätie krajného vodiča proti zemi.

Norma STN 33 2000-6:2007**) zohľadňuje reálne situácie v sieti (zväčšenie odporu vodičov oteplením, ktoré vzniká prechodom prúdu pri poruchách) a v čl. C.61.3.6.2 uvádza, že podmienky stanovené v článku 411.4 sa považujú za splnené, ak nameraná hodnota impedancie poruchovej slučky vyhovuje nerovnosti:

$$Z_s(m) \leq \frac{2 U_0}{3 I_a} \quad (1)$$

kde

$Z_s(m)$ je nameraná hodnota impedancie prúdovej poruchovej slučky, ktorá začína aj končí v mieste poruchy (Ω),

U_0 napätie medzi krajným vodičom a uzemneným neutrálnym vodičom (V),

I_a prúd, ktorý spôsobí samočinné uvedenie do činnosti ochranného prístroja v dobe určenej v tabuľke 41.1 alebo v dobe nepresahujúcej 5 s za podmienok stanovených v 411.4 (A).

Na trhu je dostatok kvalitných priamoukazujúcich prístrojov, ktorými sa dá príslušná impedancia zmerať, a tak (v prípadoch, keď je zariadenie napájané jedným vedením) nie je problém ani vyhodnotenie nameranej hodnoty.

V súčasnosti sa však čoraz viac prevádzkujú elektrické zariadenia, ktoré sú napájané dvomi vedeniami, resp. sa čoraz viac používajú okružné rozvody. Ide napr. o distribučné rozvody do-

dávateľov elektrickej energie, ale aj o priemyslové inštalácie, rozvody rozľahlejších areálov (športoviská, nákupné strediská) apod.

Vyhodnocovanie nameraných hodnôt impedancie je pri takýchto zapojeniach elektrických zariadení zložitejšie a normy ani rôzne príručky pre revíznych technikov sa touto problematikou nezaoberajú. Nasledujúca časť preto obsahuje pomerne podrobný postup (doplnený príkladom), aký možno v praxi použiť pri meraní a vyhodnocovaní v takýchto prípadoch.

Ako už bolo naznačené, vzťah (1) možno použiť v uvedenej podobe vtedy, ak má za-

Pri napájaní elektrických zariadení dvomi prívodmi môžu nastať nasledovné prípady:

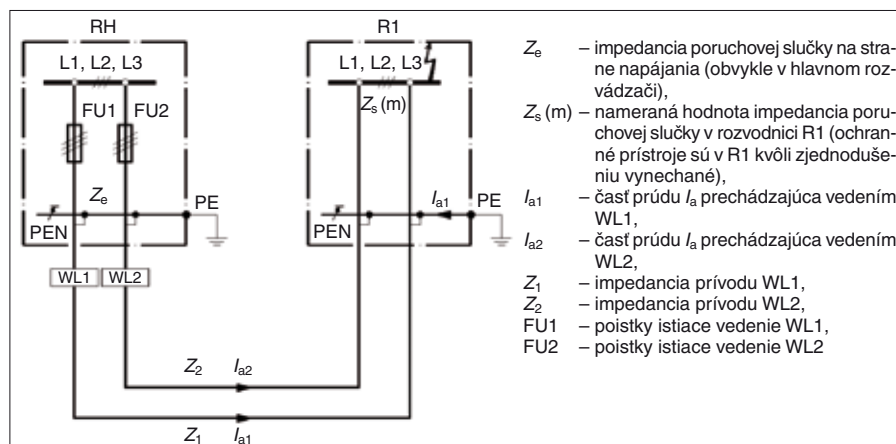
1. Impedancie oboch prívodov aj ich poistky (menovité hodnoty a charakteristiky) sú rovnaké, teda:

$$Z_1 = Z_2 \text{ a } FU1 = FU2$$

Za daných podmienok platí:

$$I_{a1} = I_{a2} = 0,5I_a$$

Poistky budú vypínať naraz, a preto stačí do vzťahu (2) dosadiť nameranú hodnotu impedancie $Z_s(m)$, vypočítať $0,5I_a$ a následne



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

riadenie jeden prívod. V prípade dvoch prívodov (obr. 1) sa dá použiť iba ako nutná a nepostačujúca podmienka pre overenie impedancie poruchovej slučky z toho dôvodu, že vedenia WL1 a WL2 môžu mať rôzne veľké impedancie, t. j. $Z_1 \neq Z_2$, prúd I_a sa rozdelí do jednotlivých vedení nepriamo úmerne k ich impedanciám a poistky FU1 a FU2 (ak majú rovnaké menovité hodnoty a charakteristiky) nebudú odpájať napájanie naraz, ale najprv zareagujú poistky istiace vedenie s menšou impedanciou a až potom poistky vo vedení s väčšou impedanciou. Preto treba vzťah (1) upraviť na tvar:

$$I_a \leq \frac{2 U_0}{3 Z_s(m)} \quad (2)$$

a pri výpočte kontrolovať celkovú dobu, za ktorú bude zariadenie odpojené od napätia.

skontrolovať dobu, za ktorú jedny z poistiek prerušia obvod (vypnú).

V tomto prípade je však možný aj postup, že sa do vzťahu (1) dosadí za prúd I_a dvojnásobok vypínacieho prúdu (presne: prúdu, ktorý spôsobí samočinné uvedenie do činnosti...) napr. poistiek FU1 a skontroluje sa nameraná hodnota impedancie vypínacej slučky $Z_s(m)$.

Impedancie Z_1 a Z_2 možno považovať za rovnaké napr. vtedy, ak ide o dva rovnaké prívody (dĺžka, prierez, druh, uloženie). V iných prípadoch treba Z_1 a Z_2 zistiť. Meraním napr. takto:

□ odmeria sa impedancia poruchovej slučky na strane napájania Z_e ,

□ vyberú sa poistky FU2, odpojí sa vodič PEN prívodu WL2 a odmeria sa impedancia poruchovej slučky prívodu WL1; od tejto hodnoty sa odpočíta hodnota Z_e a vý-

*) 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.

**) 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.

sledná hodnota je impedancia prívodu Z_1 . Impedanciu Z_2 možno zistiť podobným spôsobom, popr. ju vypočítať z nameraných hodnôt Z_s (m), Z_e a Z_1 .

2. Impedencie prívodov sú rôzne a ich poistky sú rovnaké, teda $Z_1 \neq Z_2$ a $FU1 = FU2$ (bežné pri okružných rozvodoch). Celý dej má dve štádiá a pre ich popis bude ďalej uvažované, že impedancia Z_1 je menšia ako impedancia Z_2 , t. j.: $Z_1 < Z_2$.

- a) V prvom štádiu je potrebné určiť dobu, za ktorú vypnú poistky $FU1$.

Postup:

- zo vzťahu (2) sa vypočíta prúd I_a ,
- zo vzťahov $I_a = I_{a1} + I_{a2}$ a $Z_1 I_{a1} = Z_2 I_{a2}$ sa vypočíta prúd I_{a1} :

$$I_{a1} = \frac{Z_2 \cdot I_a}{Z_1 + Z_2} \quad (3)$$

Z vypínacej charakteristiky poistiek $FU1$ sa zistí doba t_{v1} , za ktorú poistky $FU1$ vypnú.

- b) V druhom štádiu je fázový vodič prívodu $WL1$ odpojený a poruchový prúd prechádza z miesta napájania cez fázový vodič prívodu $WL2$, cez miesto poruchy a oba vodiče PEN (vodič PEN prívodu $WL1$ a vodič PEN prívodu $WL2$) späť do miesta napájania.

Z nameraných a vypočítaných hodnôt a na základe predpokladov, že:

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

a podobne:

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

kde

Z_{1L} a Z_{2L} sú impedancie fázových vodičov prívodov $WL1$ a $WL2$,

Z_{1PEN} a Z_{2PEN} impedancie vodičov PEN prívodov $WL1$ a $WL2$

možno vypočítať impedanciu poruchovej slučky v tomto štádiu odpájania:

$$Z = Z_e + 0,5Z_2 + 0,5 \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (4)$$

Jej dosadením do vzťahu (2) sa určí prúd I_a pre druhé štádium odpájania a z vypínacej charakteristiky poistiek $FU2$ sa zistí maximálna doba t_{v2} , za ktorú poistky $FU2$ odpoja napájanie. (Skutočná doba bude závisieť aj od prúdu prechádzajúceho poistkami $FU2$ v prvom štádiu odpájania.)

Maximálna doba t_v , za ktorú bude elektrické zariadenie odpojené od napätia, je súčtom oboch dôb odpojenia, teda $t_v = t_{v1} + t_{v2}$, a musí vyhovovať podmienkam stanoveným v STN 33 2000-4-41 čl. 411.3.2. Prípady, keď $Z_1 = Z_2$ a $FU1 \neq FU2$ alebo $Z_1 \neq Z_2$ a $FU1 \neq FU2$, sa riešia analogicky.

V týchto súvislostiach je nevyhnutné upozorniť na to, že pri prívodoch väčších dimenzií alebo pri kratších prívodoch môžu mať rozvodné skrine (RIS, PRIS), ktoré sú v nich zapojené, väčší vplyv na impedanciu prívodu

(a tým aj na impedanciu poruchovej slučky), ako má vlastné (napr. káblové) vedenie. Jedna takáto rozvodná skriňa prispieva k impedancii prívodu (a aj poruchovej slučky) obvykle štrnástimi odporami spojov (na fázovom vodiči: vodič-káblové oko 2x, kontakty poistiek 4x, skrutkové spoje na držiakoch poistiek 4x; na vodiči PEN: vodič-káblové oko 2x, skrutkové spoje na prípojnici PEN 2x). Každý z týchto odporov môže mať hodnotu až 10 mΩ (v starších alebo zle udržiavaných inštaláciách aj viac) a s touto skutočnosťou treba pri projektovaní počítať.

Prvé štádium odpájania:

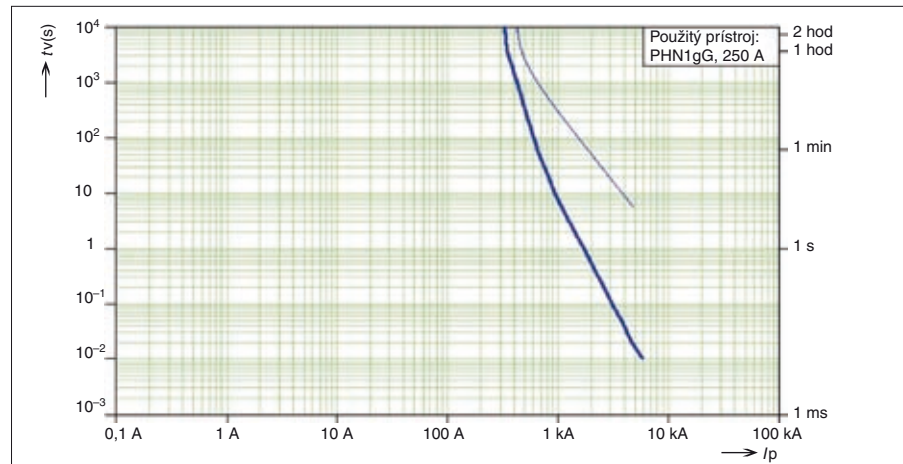
Zo vzťahu (2) sa vypočíta prúd I_a :

$$I_a \leq \frac{2 \cdot U_0}{3 \cdot Z_s(m)} = \frac{2 \cdot 230}{3 \cdot 0,05} = 3\,067 \text{ A}$$

Zo vzťahu (3) sa vypočíta prúd I_{a1} :

$$I_{a1} = \frac{Z_2 \cdot I_a}{Z_1 + Z_2} = \frac{0,3 \cdot 3\,067}{0,03 + 0,3} = 2\,788 \text{ A}$$

a z vypínacej charakteristiky sa pre prúd I_{a1} zistí doba vypnutia $t_{v1} = 161 \text{ ms}$.



Obr. 2. Vypínacia charakteristika poistky PHN1gG, 250 A (prevzaté z výpočtového programu Sichr 7.00 firmy OEZ)

Príklad:

Rozvodná skriňa je zapojená v okružnom trojfázovom rozvode, ktorého obe vedenia sú istené poistkami PHN1gG 250 A. Doba, za ktorú má byť zariadenie odpojené od napätia, nesmie presiahnuť 5 s. Hodnoty príslušných impedancií sú:
 $Z_s(m) = 0,05 \Omega$; $Z_e = 0,02 \Omega$; $Z_2 = 0,3 \Omega$.

Výpočet:

Z charakteristik poistiek (obr. 2) sa zistí pre dobu vypnutia nepresahujúci 5 s vypínací prúd $I_a = 1\,100 \text{ A}$.

Zo vzťahu (1) sa overí splnenie nutnej a nepostačujúcej podmienky (na základe toho, čo je uvedené v bode 1, sa do vzťahu dosadí dvojnásobok vypínacieho prúdu):

$$Z_s(m) \leq \frac{2 \cdot U_0}{3 \cdot I_a} = \frac{2 \cdot 230}{3 \cdot 2 \cdot 1100} = 0,07 \Omega$$

Nutná a nepostačujúca podmienka je splnená a možno kontrolovať celkovú dobu, za ktorú bude zariadenie $R1$ odpojené od napätia.

Vypočíta sa impedancia vedenia $WL1$:

$$Z_1 = \frac{Z_2(Z_s(m) - Z_e)}{Z_2 + Z_e - Z_s(m)} = \frac{0,3(0,05 - 0,02)}{0,3 + 0,02 - 0,05} = 0,03 \Omega$$

Druhé štádium odpájania:

Impedancia poruchovej slučky sa vypočíta zo vzťahu (4):

$$Z = Z_e + 0,5Z_2 + 0,5 \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} = 0,02 + 0,5 \cdot 0,3 + 0,5 \frac{0,03 \cdot 0,3}{0,03 + 0,3} = 0,18 \Omega$$

Dosadením do vzťahu (2) sa vypočíta prúd I_a v tomto štádiu odpájania:

$$I_a \leq \frac{2 \cdot U_0}{3 \cdot Z_s(m)} = \frac{2 \cdot 230}{3 \cdot 0,18} = 852 \text{ A}$$

Z vypínacej charakteristiky poistiek sa pre tento prúd zistí doba vypnutia $t_{v2} = 16 \text{ s}$.

Maximálna doba, za ktorú bude elektrické zariadenie odpojené od napätia, je: $t_v = t_{v1} + t_{v2} = 0,16 + 16 = 16,16 \text{ s}$, čo je nevyhovujúca hodnota.

Záver

Príspevok poukázal na zložitosť posudzovania ochrany elektrického zariadenia pred nebezpečným dotykom neživých častí vtedy, keď je zariadenie napájané dvomi vedeniami alebo je zapojené v okružnom rozvode. Príspevok ďalej naznačil, ako je možné v takýchto prípadoch postupovať.



Protipožární prevence pro stropy a stěny

z německého originálu časopisu *de*, 11/2007,
vydavatelství Hüthig & Pflaum Verlag GmbH München,
upravil Ing. Josef Košťál, redakce Elektro

Zatímco defenzivní požární ochrana je zaměřena na boj s dopady vzniklých požárů na člověka a hmotný majetek, je velký význam připisován protipožární prevenci již při plánování a realizaci staveb. Cílem této prevence je předem zabránit vzniku a šíření ohně a kouře.

V tomto článku odkazované normy a stavební řády se týkají nejen novostaveb, ale také již existujících staveb, obzvláště historicky cenných objektů. Tímto vymezením jsou dotčeny mnohé instalace v oblasti elektro.



Obr. 1. Montáž krytu FlamoX-S30 H do stropů s dvouvrstvým obložením

Moderní instalační výrobky pomáhají snadno a spolehlivě plnit bezpečnostní požadavky legislativy.

Nevyhnutelná legislativa

Vše, co je třeba závazně dodržovat u každého stavebního záměru, definují jednotlivé německé spolkové země prostřednictvím zemských stavebních řádů (LBO – *Landesbauordnung*). Ty vycházejí ze vzorových stavebních řádů (MBO – *Musterbauordnung*) vypracovaných expertní komisí Konferencí ministrů pro výstavbu. Podle § 14 MBO musí být stavební zařízení uspořádána, zřízena, měněna a udržována tak, aby bylo preventivně zabráněno vzniku požáru, jakož i šíření ohně a kouře a aby byla při požáru možná záchrana lidí a zvířat i vykonávání účinných hasicích prací.

V této souvislosti jsou definovány přesné požadavky s ohledem na hořlavost, ohnivzdornost, těsnost závěrů stavebních hmot, uspořádání, polohu a úpravu záchranných cest. Tyto požadavky ve stavebních rádech jsou doplňovány výnosy, prováděcími nařízeními, technickými stavebními předpisy a normami zavedenými stavebním dozorem. K tomu patří vzorová směrnice pro vedení MLAR (*Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie*) a směrnice požárně-technických požadavků na ve-

dení jednotlivých spolkových zemí RbA-Lei (*Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen*) a LAR (*Leitungsanlagenrichtlinie*), jakož i norma EN 1363 (Zkoušení požární odolnosti) a DIN 4102 (Vlastnosti stavebních materiálů a stavebních dílců při požáru), které definují požadavky na třídy požární odolnosti, ohnivzdornost, stěnové a stropní konstrukce.

Předepsaná třída požární odolnosti a ohnivzdornosti závisí na využití a třídě budovy. Využití budov se dělí na budovy běžného typu a využití (např. obytné budovy a budovy

srovnatelného využití) a na budovy zvláštního typu a využití (např. průmyslové stavby, shromažďovací místa nebo nemocnice). Pro zvláštní budovy platí doplňující nařízení, jako např. vzorové nařízení o shromažďovacích místech (MV-StätV – *Musterversammlungsstättenverordnung*), vzorové nařízení o prodejních místech (MVkVO – *Musterverkaufsstättenverordnung*), nařízení o stavbě nemocnic (KhBauVO – *Krankenhausbauverordnung*), vzorová směrnice o stavbě škol (MschulbauR – *Musterschulbauordnung*) nebo vzorová směrnice o průmyslové výstavbě (MidBauRL – *Musterindustriebauordnung*).

Třídy požární ochrany a požární odolnosti

Zemské stavební řády kladou požadavky na třídu požární ochrany v závislosti na třídě budovy. Označení A a B definuje schopnost stavebních hmot se vznítit a řídit se normou DIN 4102 Část 1. Stavební hmoty třídy A jsou klasifikovány jako nehořlavé, stavební hmoty třídy B jako hořlavé. Stupeň hořlavosti se vyjadřuje číslicí v označení:

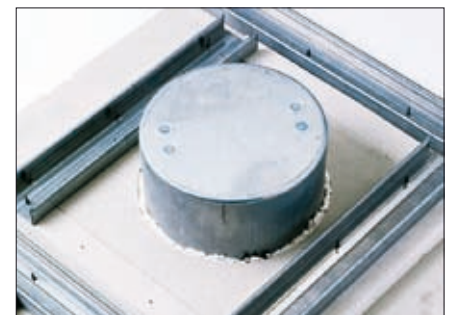
- B1 = těžce hořlavý,
- B2 = středně hořlavý,
- B3 = lehce hořlavý.

Stavební dílce mohou být složeny z různých stavebních hmot, a proto se posuzují

jako celek. Jsou rozděleny podle DIN 4102 do tříd požární odolnosti. Jednotlivé třídy požární odolnosti se odlišují podle doby trvání, po kterou je v případě požáru stavební dílec schopen plnit svou funkci (příklad viz tab.):

- **ohní odolávající**
 - **F0** – stavební dílec plní svou funkci po dobu kratší než 30 min,
 - **F30** – stavební dílec plní svou funkci minimálně po dobu 30 min;
- **ohnivzdorný**
 - **F60** – minimálně 60 min,
 - **F90** – minimálně 90 min,
 - **F120** – minimálně 120 min;
- **vysoce ohnivzdorný**
 - **F180** – minimálně 180 min.

Zařazování stavebních výrobků a druhů s ohledem na předlohu vzorového stavebního řádu realizují renomované instituce, např. DIBt (*Deutsches Institut für Bautechnik*, Německý ústav pro stavební techniku). Tyto instituce stanovují technická pravidla pro stavební výrobky a druhy a v souladu s nejvyššími zemskými úřady stavebního dozoru a oznamují je.



Obr. 2. Vestavba krytu FlamoX-S30 H do stropů s jednovrstvým obložením

U stavebních výrobků jde o prefabrikované dílce, stavební druhy označují sestavení stavebních výrobků do stavebního zařízení nebo do dílu stavebního zařízení.

Stanovené dílce (stavební výrobky a druhy), pro které existují technická pravidla nebo uznávané zkušební metody, jsou po jejich dodržení nezávisle kontrolovány cizí organizací (např. úřadem pro zkoušení materiálu).

U nestanovených stavebních výrobků, pro které existují technická pravidla, je osvědčení o použitelnosti realizováno podle všeobecně uznávaných zkušebních metod na základě všeobecného osvědčení o zkoušce stavebního dozoru (ABP – *allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis*).

Nestanovené dílce (stavební výrobky a druhy), pro které neexistují technická pravidla, jsou podrobeny dodatečným kontrolám