

Automatické odpojení v síti TN podle nové ČSN 33 2000-4-41

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

Impedance smyčky

První starostí projektanta z hlediska zajišťování ochrany před úrazem elektrickým proudem je, aby si ověřil, zda impedance poruchových smyček obvodů v dané instalaci vyhovují předepsaným hodnotám. Nevyhoví-li impedance smyčky, je třeba, aby příslušné podmínky (na neživých a cizích vodivých částech nesmí být větší než mezní bezpečné dotykové napětí) vyhovovalo pospojování. V každém případě je však nutná doplňková ochrana citlivým proudovým chráničem v prostorách, kam má přístup laická veřejnost. Laici, tj. vnější vlivy, se tak zařadili mezi vnější vlivy, kterými se výrazně zvyšuje nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

Impedance (v podstatě odpor) smyček Z_s koncových obvodů do 32 A za studeného stavu uvažované jako základ pro kontrolu, zda tato impedance vyhovuje z hlediska kontroly na automatické odpojení $Z_s \leq 0,5 \times U_0/I_a$ (poznámka N k čl. 411.4.4 ČSN 33 2000-4-41), jsou uvedeny v tab. 1.

nout, že to ale bylo jen o příslovečný „fous“. Naskytá se otázka, co kdyby uvedený obvod byl o pár metrů delší – dejme tomu 55 m? Co potom? Doplnit doplňující pospojování? Asi těžko – co bychom v blízkosti pospojovali? Vyměnit vedení? Asi by se do toho nikomu nechtělo a bylo by to zřejmě plýtvání prostředky a drahou pracovní silou. Vhodné by asi bylo vyměnit jištění (nebrání-li tomu něco jiného), tedy charakteristiku C za charakteristiku B. Otázkou ovšem je, proč jsme vlastně volili původně charakteristiku C, a ne charakteristiku B? Bylo-li to tím, že při použití

jistice typu B osvětlovací obvod při zapnutí vypadal vlivem velkého počátečního proudu, asi bychom si moc nepomohli. V takovém případě by zřejmě bylo vhodné přistoupit k použití proudového chrániče – nemusí to být citlivý proudový chránič, jak ho norma předepisuje pro zásuvkové obvody určené pro laiky – postačí chránič 300 či 500 mA (ale raději volme v souladu s evropským trendem chránič 300 mA) a ten již samozřejmě včasné odpojení zajistí. Zvolíme-li pro ochranu daného obvodu chránič s citlivostí 300 mA, dosadí se za I_a podle doporučení normy pětinásobek jmenovitého reziduálního vybavovacího proudu chrániče, tj.:

$$I_a = 5 \times 0,3 = 1,5 \text{ A}$$

takže pravá strana nerovnice bude:

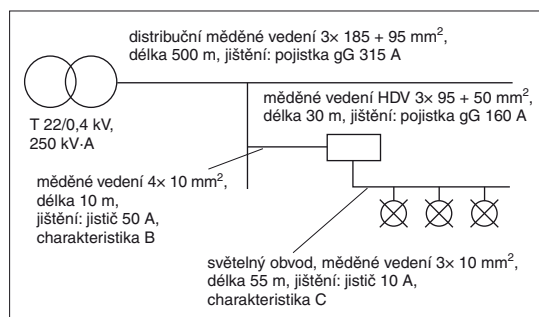
$$0,5 \times U_0/I_a = 0,5 \times 230/1,5 = 76,7 \text{ } \Omega$$

Impedance smyčky za studeného stavu (odečtená z tab. 1) je dána průměrem hodnot 1,20 a 1,44 Ω , tedy přesně:

$$Z_s = (1,20 + 1,44)/2 = 1,32 \text{ } \Omega$$

Pravá strana nerovnice má tedy mnohem větší hodnotu (76,7 Ω) než impedance smyčky zastudena (1,32 Ω).

Nebude-li se majitel chtít smířit s výdajem za doplněný chránič, je třeba spočítat celkovou impedanci smyčky za teplého sta-



Obr. 1. Znázornění všech částí tvořících obvod poruchové smyčky

Příklad:

Je třeba zkontrolovat např. světelný obvod s měděnými vodiči $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ a délkou 45 m, který je jištěn jističem 10 A typu (s charakteristikou) C. Zkratová spoušť jističe typu C vybavuje při desetinásobku jmenovitého proudu jističe, tj.:

$$I_a = 10 \times 10 = 100 \text{ A}$$

Podmínka, která musí být pro zajištění automatického odpojení splněna, je:

$$Z_s \leq 0,5 \times U_0/I_a$$

Ověření:

Impedance smyčky za studeného stavu (odečtená z tab. 1) je dána průměrem hodnot 0,96 a 1,2 Ω (pro délku 45 m), tedy přesně:

$$Z_s = (0,96 + 1,20)/2 = 1,08 \text{ } \Omega$$

Dosazením za $I_a = 100 \text{ A}$ do uvedeného vztahu se ověří, zda tato hodnota vyhovuje uvedené nerovnosti (hodnota síťového napětí $U_0 = 230 \text{ V}$), tj.:

$$1,08 \leq 0,5 \times 230/100$$

$$1,08 \leq 1,15$$

V uvedeném případě není pochyb o tom, že impedance smyčky světelného obvodu je zcela v pořádku, neboť pravá strana nerovnice ($0,5 \times U_0/I_a = 1,15$) vyšla větší než její levá strana ($Z_s = 1,08 \text{ } \Omega$).

Přestože uvedený příklad vyšel dobře (smyčka vyhověla), bylo možné si všim-

Tab. 1. Impedance smyčky za studeného stavu

délka l (m)	Impedance smyčky Z_s tvořené měděnými vodiči (Ω)				
	průřez S (mm^2)				
	1,5	2,5	4	6	10
10	0,24	0,144	0,09	0,06	0,036
20	0,48	0,288	0,18	0,12	0,072
30	0,72	0,432	0,27	0,18	0,108
40	0,96	0,576	0,36	0,24	0,144
50	1,20	0,720	0,45	0,30	0,180
60	1,44	0,864	0,54	0,36	0,216
70	1,68	1,008	0,63	0,42	0,252
80	1,92	1,152	0,72	0,48	0,288
100	2,40	1,440	0,90	0,60	0,360

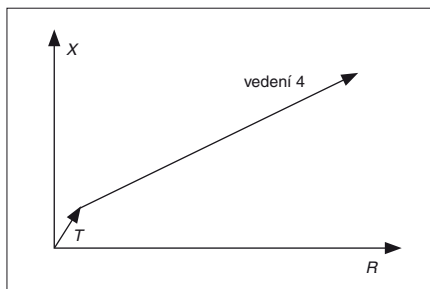
Tab. 2. Impedance smyčky za teplého stavu – stejný průřez fázových vodičů a vodičů PE (N)

délka l (m)	Odpor R_s smyčky tvořené měděnými vodiči – fázovými vodiči i ochrannými vodiči PE téhož průřezu (Ω)							
	průřez S (mm^2)							
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35
10	0,3600	0,2160	0,1350	0,0900	0,0540	0,0338	0,0216	0,01543
20	0,7200	0,4320	0,2700	0,1800	0,1080	0,0675	0,0432	0,03086
30	1,0800	0,6480	0,4050	0,2700	0,1620	0,1013	0,0648	0,04629
40	1,4400	0,8640	0,5400	0,3600	0,2160	0,1350	0,0864	0,06171
50	1,8000	1,0800	0,6750	0,4500	0,2700	0,1688	0,1080	0,07714
60	2,1600	1,2960	0,8100	0,5400	0,3240	0,2025	0,1296	0,09257
70	2,5200	1,5120	0,9450	0,6300	0,3780	0,2363	0,1512	0,10800
80	2,8800	1,7280	1,0800	0,7200	0,4320	0,2700	0,1728	0,12343
100	3,6000	2,1600	1,3500	0,9000	0,5400	0,3375	0,2160	0,15429

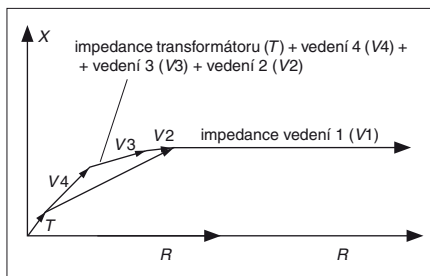
Tab. 3. Impedance smyčky za teplého stavu – rozdílný průřez fázových vodičů a vodičů PE (N)

Odpor R_S smyčky tvořené měděnými vodiči – fázovými a ochrannými vodiči PE nebo vodiči PEN rozdílného průřezu (Ω)									
délka l (m)	$S_f + S_{PE(N)}$ (mm^2)				délka l (m)	$S_f + S_{PE(N)}$ (mm^2)			
	25 + 16	35 + 16	50 + 25	95 + 50		120 + 70	150 + 95	185 + 95	240 + 120
10	0,0277	0,0246	0,0162	0,0082	50	0,0305	0,0232	0,0215	0,0169
20	0,0554	0,0492	0,0324	0,0165	100	0,0611	0,0464	0,0430	0,0337
30	0,0830	0,0738	0,0486	0,0247	150	0,0916	0,0696	0,0645	0,0506
40	0,1107	0,0984	0,0648	0,0330	200	0,1221	0,0928	0,0860	0,0675
50	0,1384	0,1229	0,0810	0,0412	250	0,1527	0,1161	0,1075	0,0844
60	0,1661	0,1475	0,0972	0,0495	300	0,1832	0,1393	0,1290	0,1012
70	0,1937	0,1721	0,1134	0,0577	350	0,2137	0,1625	0,1506	0,1181
80	0,2214	0,1967	0,1296	0,0660	400	0,2443	0,1857	0,1721	0,1350
100	0,2768	0,2459	0,1620	0,0824	450	0,2748	0,2089	0,1936	0,1519
150	0,4151	0,3688	0,2430	0,1236	500	0,3054	0,2321	0,2151	0,1687
200	0,5535	0,4918	0,3240	0,1648	600	0,3664	0,2785	0,2581	0,2025
250	0,6919	0,6147	0,4050	0,2061	700	0,4275	0,3249	0,3011	0,2362
300	0,8303	0,7377	0,4860	0,2473	800	0,4886	0,3714	0,3441	0,2700

vu vedení od zdroje až na konec chráněného obvodu. Je zde silný předpoklad, že tato impedance bude vyhovující. Otázkou ovšem je, zda by se při vynaloženém úsilí nevyplatilo namísto trochu delšího počítání přece jenom proudový chránič doplnit.



Obr. 2. Součet impedancí transformátoru a vedení 4, tj. vedení distribuční sítě



Obr. 3. Součet impedancí transformátoru a vedení 4, 3, 2 a 1 v přibližně skutečném poměru

Podklady pro podrobnější výpočet impedance smyčky

Odpory smyčky R_{ST} uvažované za teplého stavu, které se dosazují do vzorce pro impedance smyčky za teplého stavu, jsou uvedeny v tab. 2 a tab. 3. Aby byla impedance smyčky vyhovující, musí být splněna podmínka:

$$Z_s \leq 2/3 \times U_0/I_a$$

popř.:

$$1,5 \times Z_s \times I_a \leq U_0$$

Přítom součin $1,5 \times Z_s = Z_{ST}$ lze interpretovat jako impedance smyčky za teplého stavu

Z_{ST} , a to takovou, do které je započítán součinitel oteplení vedení 1,2 a dále tzv. bezpečnostní součinitel 1,25, zahrnující velmi malé hodnoty impedancí ve spojích apod., jakož i napěťový součinitel zatížené sítě. Impedance jednotlivých vedení smyčky je možné až do průřezu 95 mm^2 považovat za rovné odporům smyček tvořených těmito vedeními (protože indukční reaktance je oproti rezistanci vedení poměrně malá). Součet těchto impedancí, tedy vlastně odporů vedení, tj. fázové žíly a ochranné žíly (PE), popř. žíly vodiče PEN, tvoří impedance smyčky, kterou lze považovat za celkovou impedance smyčky.

Příklad:

Vezměme si předchozí příklad světelného obvodu $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ Cu, ale délky 55 m (nikoliv 45 m) jištěný jističem 10 A typu (s charakteristikou) C. Tento obvod se má prověřit, protože podle uvedené zjednodušené podmínky $Z_s \leq 0,5 \times U_0/I_a$ vyšla impedance jako nevyhovující.

K takovému ověření jsou třeba podrobnější údaje. Pro napájení rozváděče, z něhož odbočuje světelný obvod, je použito napájení měděným kabelem $4 \times 10 \text{ mm}^2$ o délce 10 m z hlavního domovního vedení provedeného izolovanými vodiči Cu $3 \times 95 + 50 \text{ mm}^2$ o délce 30 m a to je napájeno z transformátoru vzdáleného 500 m měděným vedením distribuční sítě $3 \times 185 + 95 \text{ mm}^2$.

Ověření:

Sečtou se jednotlivé odpory částí celkové poruchové smyčky odečtené z tab. 2 a tab. 3 (z tab. 2 pro délku měděného vedení $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ koncového světelného obvodu průměr z hodnot 1,8 a 2,16 Ω , což je 1,98 Ω).

Celková impedance (elektrický odpor) smyčky:

$$R_{ST} = 1,98 + 0,054 + 0,0246 + 0,0247 + 0,2151 = 2,2984 \Omega$$

Tato impedance je menší než podíl $U_0/I_a = 230/100 = 2,3 \Omega$, což je minimální celková impedance smyčky, při níž ještě dojde k automatickému odpojení jističem 10 A typu C.

Připomínka:

Nevěřící Tomáš může namítnout, že takto spočítaná impedance není úplná, že jsme nezapočítali indukční složku impedance, když jsme si uvedli, že indukční složku je třeba brát v úvahu již od průřezu žíly v kabelu 95 mm^2 . Nuže nebudeme indukční složku (indukční reaktanci) zvlášť počítat, pro náš odhad, když nemáme přesnější údaje – postačí, jestliže bereme, že tato reaktance činí 0,08 m Ω na jeden metr délky jedné žíly. To znamená, že celková indukční reaktance X_c v impedanci smyčky je rovna dvojnásobku délky všech navazujících vedení v metrech násobenému uvedenou reaktancí na 1 m (0,08 m Ω /m).

Takže:

$$X_c = 2 \cdot l_c \cdot l = 2 \cdot (55 + 10 + 30 + 500) \cdot 0,08 = 95,2 \text{ m}\Omega = 0,0952 \Omega$$

Tab. 4. Odpory připadající na jisticí prvky

Domovní jističe		Kompaktní jističe	
I_n (A)	R (m Ω /pól)	$I_n > 6$ A	$R = 1$ m Ω /pól
4	98,00	výkonové pojistky gG	
6	27,00		
10	12,00	I_n (A)	R (m Ω /pól)
13	12,00	100	0,85
16	7,80	125	0,67
20	5,30	160	0,53
25	4,20	200	0,45
32	2,70	225	0,41
40	1,80	250	0,26
50	1,30	315	0,26
63	1,10	350	0,24
		400	0,20

Tab. 5. Parametry transformátorů 22/0,4 kV (na straně nn)

S (kV·A)	25	40	63	80	100	160	250	400	400	630	1 000	1 600
u_{kT} (%)	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6
I_n (A)	36	58	91	115	144	231	361	577	577	909	1 443	2 309
I_k (kA)	0,90	1,40	2,27	2,89	3,61	5,77	9,02	14,43	9,62	15,16	24,06	38,49
Z (mΩ)	256,00	160,00	101,60	80,00	64,00	40,00	25,60	16,00	24,00	15,24	9,60	6,00
R (mΩ)	199,00	133,00	79,00	55,00	37,30	20,00	11,50	5,70	5,70	3,75	2,16	1,16
X (mΩ)	161,00	88,90	63,90	58,10	52,00	34,60	22,87	14,95	23,31	14,80	9,35	5,89

Absolutní hodnotu impedance smyčky lze získat tak, že se fázorově sečte činná složka celkové impedance vedení, tj. $R_{sT} = 2,2984 \Omega$, a jalová (indukční) složka impedance, tj. $X_c = 0,0952 \Omega$.

Celková impedance smyčky pak bude:

$$Z_c = \sqrt{2,2984^2 + 0,0952^2} = 2,3004 \Omega$$

Ať chceme, nebo nechceme, musíme konstatovat, že nevěřící Tomáš měl pravdu. Ta nepatrná indukční reaktance způsobuje, že celková vypočítaná impedance vedení překročí nepatrně hodnotu 2,3 Ω. To by mohlo znamenat, že úzkostlivý projektant by volil opatření, která jsme si uvedli již v souvislosti s předchozím, méně pečlivě propočítávaným příkladem. Méně úzkostlivý projektant by ovšem s klidem zaokrouhlil výsledek na dvě desetinná místa a mohl by konstatovat, že $Z_c = U_0/I_a = 2,3 \Omega$, takže podmínka normy $Z_s \leq U_0/I_a$ je splněna. A ve

skutečnosti by se vůbec ničím neprovinil, protože podmínky pro impedance smyčky, jak jsou uvedeny v národní poznámce k čl. 411.4.4 ČSN 33 2000-4-41:2007, jsou natolik tvrdé, že zmíněné zaokrouhlení nebude mít na spolehlivost včasného odpojení podstatný vliv. Nicméně přesnější výpočet je uveden v dalším textu.

Ještě podrobnější ověření impedance smyčky

Vedle uvedených údajů o vodičích, které jsou součástí poruchové smyčky, je třeba pro tento výpočet znát i vnitřní impedance jisticích prvků, odpory ve spojích a impedance transformátoru.

Impedance (odpory) jisticích prvků

Přestože pro jisticí prvky se udávají impedance nebo jejich zdánlivý ztrátový výkon,

nebude velkou chybou uvažovat namísto impedance odpory, a to i v případě, že jsou odvozeny ze ztrát udávaných ve voltampérech.

Z podkladů, které pro jednotlivé jisticí prvky uvádí OEZ, jsou v tab. 4 uvedeny přibližné hodnoty jejich odporů.

Odpory ve spojích

Další hodnotou, která by se neměla zanedbat, je odpor ve spojích (na svorkách apod.) vodičů. Podle ČSN 33 2000-6:2007 přílohy C, čl. C.61.2.3 k by odpor ve spojích neměl být větší než odpor vodičů délky 1 m a průřezu rovného nejmenšímu průřezu spojovaných vodičů. Na každý spoj se proto připočte 1 m délky toho ze spojovaných vodičů, který má menší průřez.

Impedance transformátorů

Nelze-li zjistit přesnější hodnoty, je možné za impedance transformátoru dosadit hodnotu

Tab. 6. Impedance smyčky (tvořené vedeními a transformátorem) a poruchový proud

Odpor smyčky tvořené měděnými vedeními							Indukční reaktance vedení (Ω)
zastudena - při teplotě 20 °C				zatepla			
	dosadit	dosadit	dosadit	výsledek	při teplotě °C	výsledek	
	délka L	průřez fáze	průřez PE	odpor	dosadit	odpor	
	(m)	(mm ²)	(mm ²)	(Ω)	(°C)	(Ω)	
vedení 1	60	1,5	1,5	1,440000	70	1,728000	0,009600
vedení 2	14	10	10,0	0,050400	70	0,060480	0,002240
vedení 3	32	95	50,0	0,017583	70	0,021100	0,005120
vedení 4	504	185	95,0	0,144533	70	0,173439	0,080640
vedení 5				0		0	0
Odpor smyčky tvořené hliníkovými vedeními							Indukční reaktance vedení (Ω)
zastudena - při teplotě 20 °C				zatepla			
	dosadit	dosadit	dosadit	výsledek	při teplotě °C	výsledek	
	délka L (m)	průřez fáze (mm ²)	průřez PE (mm ²)	odpor (Ω)	dosadit (°C)	odpor (Ω)	
vedení 1				0		0	0
vedení 2				0		0	0
vedení 3				0		0	0
vedení 4				0		0	0
vedení 5				0		0	0
Součet odporů všech jisticích prvků					dosadit	0,014100	
Transformátor 22/0,4 kV				250 kV·A		odpor (Ω)	reaktance (Ω)
						dosadit	dosadit
						0,0115	0,0229
Složky impedance celkový součet						odpor (Ω)	reaktance (Ω)
					výsledek	2,008619	0,1205
Celková impedance v ohmech =							2,012230
Poruchový proud v A =							114,301000

Tab. 7. Příklady průřezů vodičů pospojování a jejich maximální délky

Předřazené jistění ^{*)} (A)	Obvyklý průřez ochranného měděného vodiče menšího spotřebiče (mm ²)		Vodiče pospojování mezi									
			neživými částmi					neživou a cizí vodivou částí				
			minimální průřezy vodičů pospojování (mm ²)			maximální délky pro jistění charakteristiky (m)		minimální průřezy vodičů pospojování (mm ²)			maximální délky pro jistění charakteristiky (m)	
Cu	Al	Cu	Al ^{**)}	ocel	B	C	Cu	Al ^{**)}	ocel	B	C	
10	1,5	2,5	1,5	16	15	83	42	1,5	16	15	83	42
16	2,5	4	2,5	16	25	86	43	2,5	16	25	86	43
20	4	6	4	16	40	111	56	4	16	40	111	56
25	6	10	6	16	60	133	66	4	16	40	89	44
32	10	16	10	16	100	174	87	6	16	60	104	52
50	16	25	16	25	160	178	89	10	16	100	111	56
63	16	25	16	25	160	141	70	10	60	100	88	44

Při výpočtu se předpokládaly tyto rezistivity materiálů:

- měď $\rho = 0,018 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
- hliník $\rho = 0,027 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
- ocel $\rho = 0,180 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

^{*)} Předpokládají se jističe pro nadprúdové jistění domovních a podobných instalací odpovídající souboru ČSN EN 60898 s charakteristikou B, zajišťující okamžité odpojení při pětinašobku, a s charakteristikou C, zajišťující okamžité odpojení při desetinašobku svého jmenovitého proudu.

^{**)} U hliníku v případech, kdy průřez vodiče pospojování je větší než jedenapůlnásobek průřezu odpovídajícího měděného vodiče pospojování, je také odpovídajícím způsobem větší maximální délka hliníkového vodiče pospojování. Jedná se o případy, kdy měděným vodičům pospojování do 6 mm² jsou přiřazeny průřezy hliníkového vodiče pospojování 16 mm².

ty z tab. 5, které vycházejí z (nyní již bohužel zrušené) ČSN 35 1121:1988.

Do tab. 6 se dosadí hodnoty pro vedení. Přitom se předpokládá, že na vodičích světelného obvodu (vedení 1) je pět spojů – počítáme tedy s délkou vedení 55 + 5 = 60 m. Na vodičích propojovacího vedení mezi hlavním domovním vedením (HDV) a bytovou rozvodnicí (vedení 2), ze které je veden světelný obvod, jsou čtyři spoje – počítáme tedy s délkou vedení 10 + 4 = 14 m. Na vodičích hlavního domovního vedení HDV (vedení 3) uvažujeme dva spoje – počítáme zde tedy s délkou vedení 30 + 2 = 32 m. Na vodičích distribuční sítě (vedení 4) uvažujeme čtyři spoje – počítáme tedy s délkou vedení 500 + 4 = 504 m.

Odpor všech vedení budeme pro jistotu počítat při maximální provozní teplotě vedení 70 °C, i když by možná (při bližším rozboru) mohla být uplatněna teplota nižší.

Dosazení do tabulky pro výpočet celkové impedance a poruchového proudu v excelu

Tab. 6 obsahuje i kolonky pro vodiče s hliníkovými jádry. Tyto budou vyplněny při použití hliníkového vedení (např. jako HDV nebo v distribuční síti). Není-li takové vedení použito, zůstanou příslušné kolonky prázdné. Zrovna tak nemusí být vyplněny všechny ko-

lonky pro vedení s měděnými jádry – připočítává se pouze impedance rovná nule.

Dále se dosadí hodnoty odporů jisticích prvků, a to:

- 0,01200 Ω pro jističe 10 A s charakteristikou C,
- 0,00130 Ω pro jističe 50 A s charakteristikou B,
- 0,00053 Ω pro pojistky gG 160 A,
- 0,00026 Ω pro pojistky gG 315 A.

Celkový odpor jisticích prvků pak bude:
 $0,01200 + 0,00130 + 0,00053 + 0,00026 = 0,01409 \Omega$, tj. přibližně 0,0141 Ω

Poznámka:

Tab. 6 je v excelu přístupná v kapitole *Praktické pomůcky informačního systému IN-EL (www.in-el.cz)* a je možné si ji stáhnout pro potřeby vlastních výpočtů.

Výsledek v podstatě potvrzuje to, co bylo odvozeno již v předchozích výpočtech: poruchový proud 114,301 A je větší než maximální vybavovací proud 100 A jisticího prvku (jističe 10 A s charakteristikou C) a impedance smyčky $Z_c = 2,012 \Omega$ je menší než podíl $U_0/I_a = 230/100 = 2,3 \Omega$, takže podmínky impedance smyčky pro automatické odpojení v síti TN jsou splněny.

Z uvedených příkladů je vidět, jak celková impedance poruchové smyčky závisí na impe-

dancích jednotlivých částí celého obvodu poruchové smyčky. Přitom nejmarkantněji se projevuje právě koncový obvod. To nás opravňuje k výše uvedenému zjednodušení, která vycházejí právě z impedance koncového obvodu.

Doplňující ochranné pospojování

V některých případech může dojít k tomu, že požadované doby odpojení není možné dosáhnout. Že to někdy může být obtížné, ilustrují uvedené příklady. Nelze-li požadované doby odpojení dosáhnout, provede se doplňující ochranné pospojování.

Doplňující ochranné pospojování musí ve střídavých sítích vyhovovat podmínce:

$$R \leq 50 V/I_a$$

Přitom podle ČSN 33 2000-5-54 platí, že vodič ochranného pospojování spojující navzájem dvě neživé části nesmí mít vodivost menší, než je vodivost tenčího z ochranných vodičů připojených k neživým částem, a že vodič ochranného pospojování spojující neživé části s cizími vodivými částmi nesmí mít vodivost menší, než je polovina vodivosti odpovídající průřezu příslušného ochranného vodiče. V tab. 7 jsou uvedeny informativní hodnoty průřezů vodičů pospojování a jejich maximálních délek v souvislosti s obvyklým předřazeným jistěním a průřezy ochranných vodičů. ☒

Fotovoltaika na Stavebních veletrzích Brno. Sluneční záření dopadající na solární panel způsobuje na styku dvou typů polovodičových materiálů pohyb elektronů, přičemž vzniká malé množství elektrické energie. Tento princip fotovoltaického jevu je již znám dlouho, ale svého širšího využití v praxi se dočkal až v posledních letech. V poslední době sílí tlak na úspory energií a na využívání obnovitelných zdro-

jů, což spolu s explozivním vývojem moderních technologií vytváří příhodné podmínky pro průmyslové využívání fotovoltaiky. Tento oborový trend sledují i Stavební veletrhy Brno, jejichž hlavním tématem je energeticky úsporné stavění a vše, co s touto tematikou souvisí. Organizátoři veletrhu již nyní registrují přihlášky od dodavatelů fotovoltaických systémů. Důvodem je rostoucí zájem trhu o instalaci fotovoltaických panelů a

jejich připojení na síť. Investice do vlastní solární elektrárny nejsou sice zanedbatelné, ale díky boomu, který zaznamenává fotovoltaika po uvedených zdrojích a zlevňující se technologie, se cena jejího pořízení snižuje a doba návratnosti vložených prostředků se zkracuje. Trendy a nová řešení budou předmětem prezentací jednotlivých vystavujících firem z oboru fotovoltaiky na Stavebních veletrzích Brno 2009.