

Metody měření veličin pro ověřování bezpečného provozu vnitřních elektroinstalací po jejich opravách.

Vhodnost měřících přístrojů

Povinnosti elektroinstalační firmy při montážích a opravách

- Platná kvalifikační osvědčení a oprávnění
- Montáž nebo opravu provádět s ohledem k ochraně před úrazem elektrickým proudem
- Dodržovat BOZP při práci na elektrickém zařízení
- Postupovat podle realizační projektové dokumentace
- Používat schválené a certifikované prvky
- Montáž nebo opravu přizpůsobit typu ochrany před dotykem
- Brát v úvahu ochranu před požárem
- Respektovat určené únikové cesty a požární zařízení
- Montáž nebo opravu provádět tak, aby byla zajištěna provozuschopnost a hospodárnost elektrického zařízení

2

Důležité elektrické veličiny z hlediska bezpečnosti el. zařízení

NAPĚTÍ

- ✓ dotykové napětí
- ✓ úbytky napětí – vnitřní odpor sítě

PROUD

- ✓ přetížení vodičů
- ✓ dotykový proud
- ✓ poruchový proud

3

Důležité elektrické veličiny z hlediska bezpečnosti el. zařízení

ODPOR

- ✓ spojitost ochranných vodičů
- ✓ impedance poruchové smyčky
- ✓ přechodový odpor
- ✓ izolační odpor
- ✓ zemní odpor
- ✓ povrchový izolační odpor

PROUDOVÉ CHRÁNIČE

- ✓ Ověření funkčnosti proudových chráničů.
- ✓ Měření a ověření mezních hodnot reziduálních proudů proudových chráničů.

Povrchový izolační odpor materiálu je definovaný jak poměr napětí (rozdíl potenciálů 1 000 V) mezi dvěma kruhovými elektrodami (používají se grafitové, rtuťové, kovové) na povrchu zkušebního tělesa a proudu protékajícímu mezi nimi po jeho povrchu (obrázek 13.2).

Polymerní materiály se, narozdíl například od kovů, **obecně považují za elektricky nevodivé**. Polymery mají valenční elektrony vázané v kovalentních vazbách atomů a působením elektrického pole mohou pouze v omezené míře naorientovat své dipóly a v důsledku toho vykazovat elektrickou indukci. Chovají se tedy jako dielektrika vykazující permitivitu charakterizovanou dielektrickou konstantou.

4

Ostatní elektrická měření

- Činný výkon – dimenzování napájecích zařízení
- Jalový indukční výkon – kompenzace indukční složky

- Jalový kapacitní výkon - překompenzování
- Účinitel \cos nebo $\tan \phi$
- Frekvence – problém paralelních zdrojů
- Sled fází – pravotočivé uspořádání
- Harmonické – liché harmonické – deformace sinusovky

5

Měření napětí

- Zkoušečka – „vadaska“ – elektromagnetické a elektronické
 - fázové napětí
 - sdružené napětí
 - sled fází – A-B svítí, B-A nesvítí
- Voltmetry – ručkové, elektronické
- Multimetr – napěťový rozsah DC nebo AC
- Revizní měřicí přístroj s příslušnými rozsahy
- Speciální voltmetry s vysokým vstupním odporem
- Panelové voltmetry – přímé a nepřímé měření

6

Měření proudu

- Ampérmetry standardní - ručkové, elektronické
- Ampérmetry klešťové – ručkové, elektronické
- Multimetr proudový rozsah AC nebo DC
- Revizní měřicí přístroj s příslušnými rozsahy
- Speciální ampérmetry s nízkým vstupním odporem
- Panelové ampérmetry – přímé a nepřímé měření

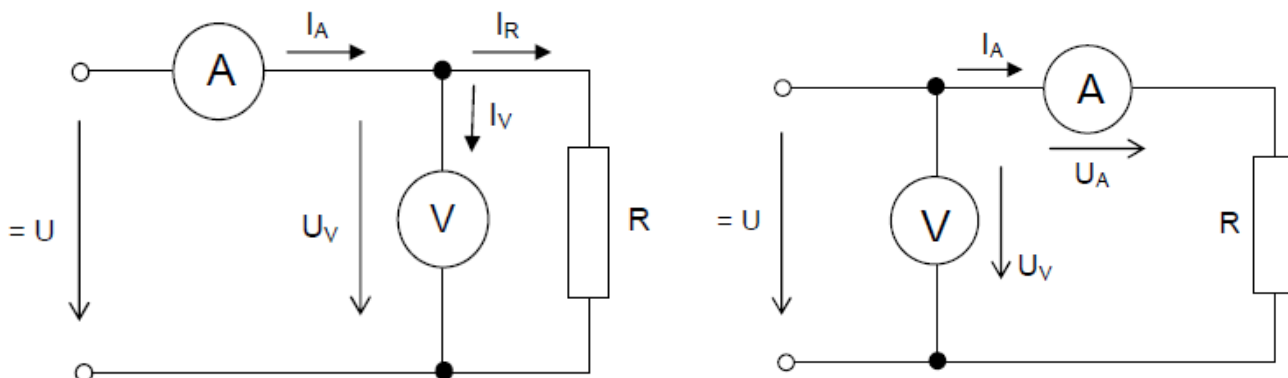
7

Odpor a impedance

- V-A metoda – Ohmův zákon
- Ohmmetr – ručkový (můstek), elektronický
- Multimetr – rozsah pro nízký a vysoký odpor
- Revizní měřicí přístroj s příslušnými rozsahy
 - Přechodový odpor (proudem min. 200mA, také 10A)
 - Izolační odpor (napětím 500V, proudem 1mA)
 - Zemní odpor
 - Impedance vypínací smyčky
- Speciální ohmmetry
 - teromet
 - megmet

8

Odpor a impedance



9

Měření izolačního stavu

JMENOVITÉ NAPĚTÍ OBVODU	ZKUŠEBNÍ DC NAPĚTÍ (V)	IZOLAČNÍ ODPOR (MΩ)
SEL a PELV	250	≥ 0,5
Do 500V včetně (včetně FELV)	500	≥ 1,0
Nad 500V	1000	≥ 1,0

10

Měření izolačního stavu

- Měřicí přístroj – megmet
- ✓ měřicí napětí – 100V, 250V, 500V, 1000V
- ✓ měřicí proud – 1mA

Stabilita napětí při měření je základním požadavkem pro volbu měřicího přístroje

11

Měření izolačního stavu

Rizika při měření izolačního stavu:

1. Měřená instalace musí být bez napětí
2. Výskyt měřicího napětí na měřených částech instalace
3. Měřit s ohledem na osazené přepětové ochrany

Způsob měření:

- všechny pracovní vodiče proti PE, zemi
- pracovní vodiče mezi sebou
- doba měření je 5-10 sekund

V jednofázové síti zpravidla 1 nebo 3 měření

V třífázové síti 6 nebo 10 měření

12

Měření přechodových odporů

Dovolená hodnota přechodového odporu:

- u spotřebičů a ručního náradí do 0,2Ω při přívodu 3m
- ostatní přechodové odpory do 0,1Ω
- jímací části hromosvodu do 0,2Ω

Pro vyhodnocení se použije nejhůrší hodnota

Měřicí přístroj: zkušební napětí je stejnosměrné, zdroj musí mít schopnost protlačit měřicím obvodem min. 200 mA. Čím větší je měřicí proud, tím přesnější je měření. (max. 10A)

13

Měření impedance poruchové smyčky

Účel měření: Impedance poruchové smyčky musí být tak nízká, aby poruchovým obvodem protekl zkratový proud, který v dostatečně krátkém čase vypne předřazený jistící prvek:

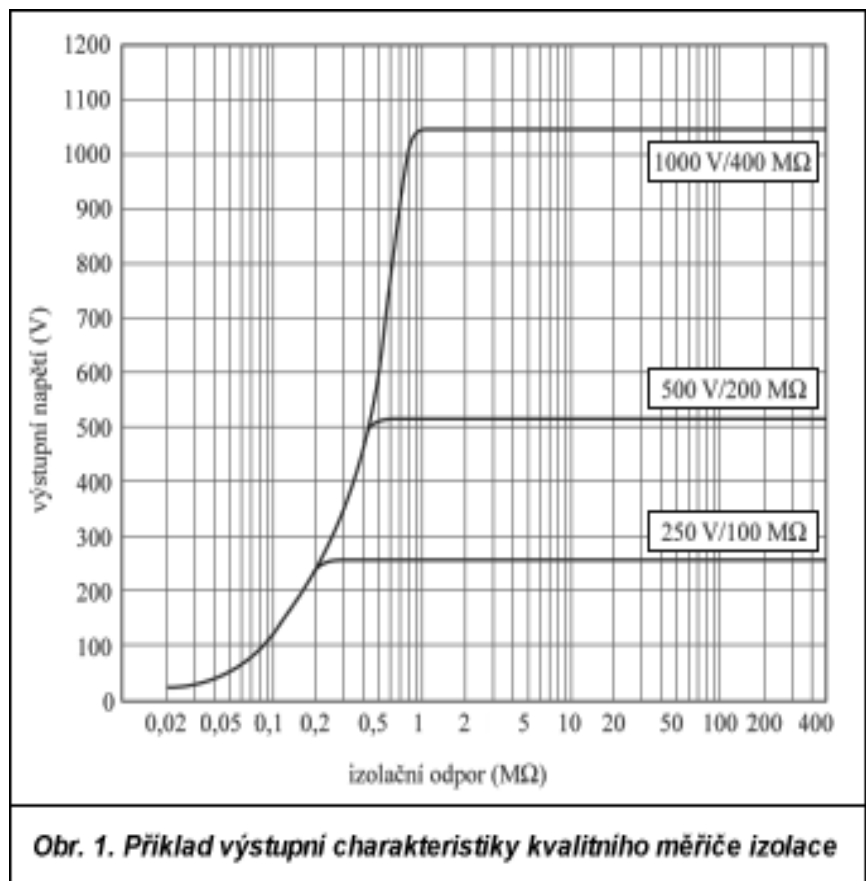
$$Z_{nam} \leq \frac{U_0}{I_a}$$

kde **Z_{nam}** je požadovaná impedance vypínací smyčky

U₀ je fázové napětí

I_a je zkratový poruchový proud

14

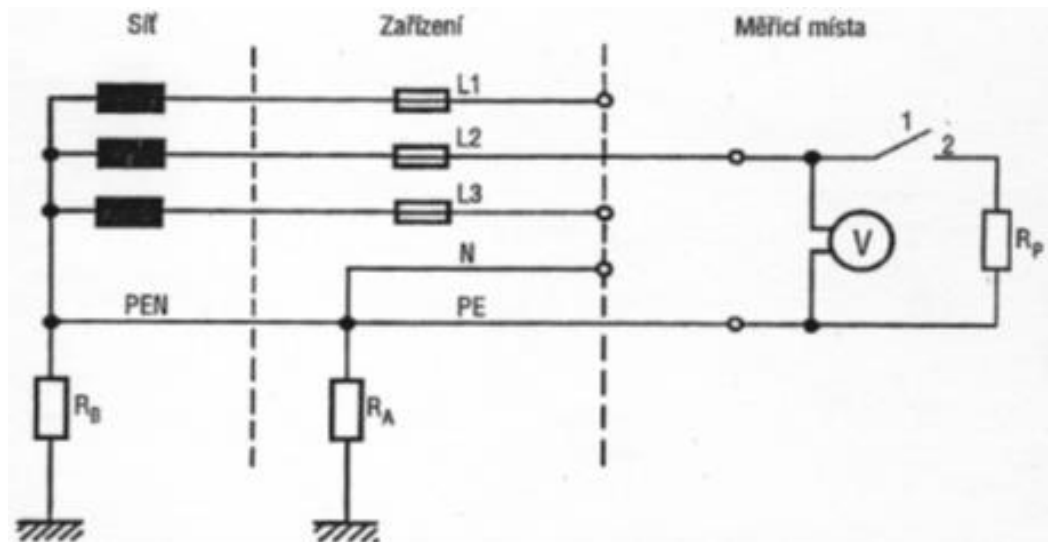


Měření impedance poruchové smyčky

Volba měřícího přístroje: podle velikosti měřícího proudu, čím větší proud, tím přesnější měření

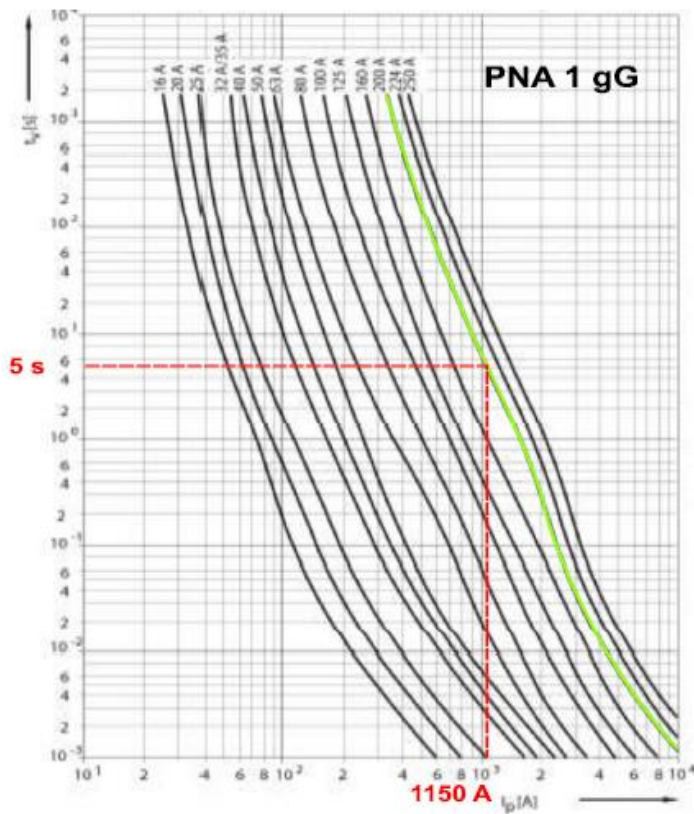
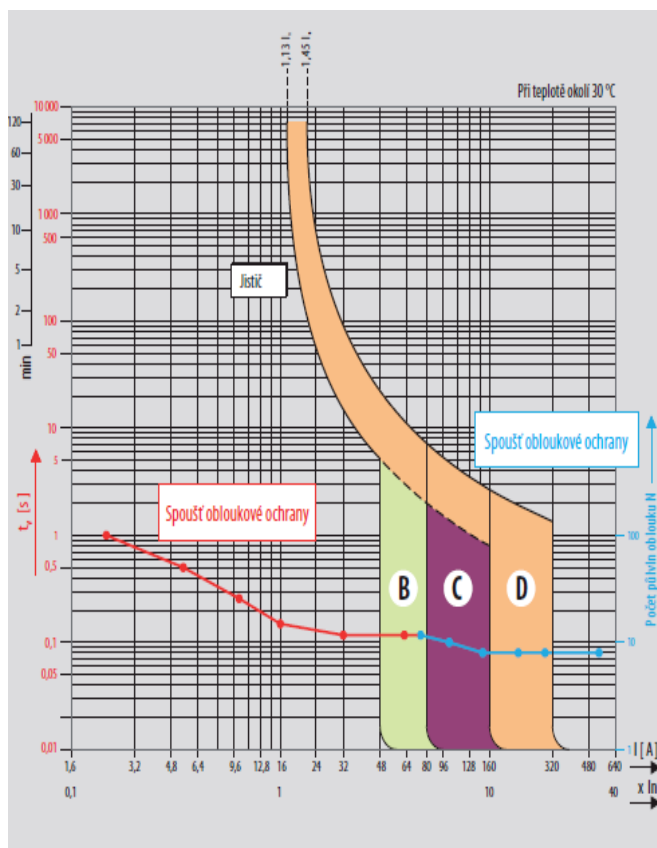
Princip měření:

$$Z_{nam} \leq \frac{2}{3} * \frac{U_0}{I_a}$$



15

Měření impedance poruchové smyčky



Tepelná spoušť: 1,13 – 1,45

Zkratová - násobky

16

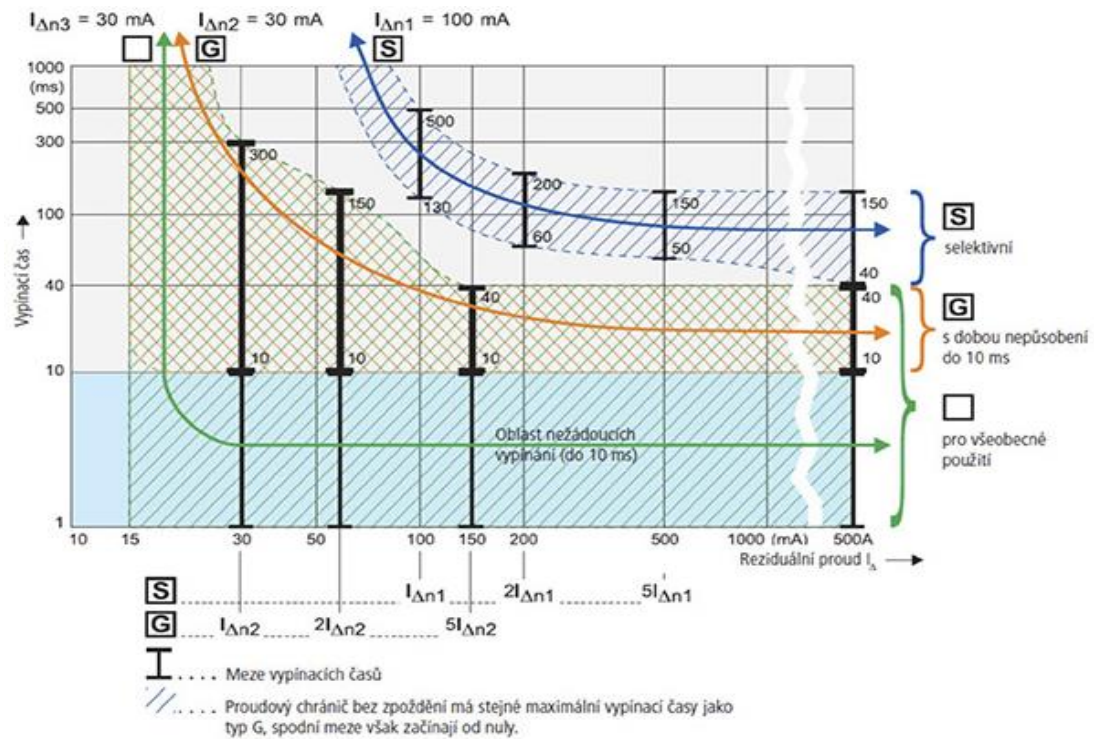
Měření impedance poruchové smyčky

Proudové chrániče:

ČSN EN 61008 – Proudové chrániče pro domovní a podobné využití

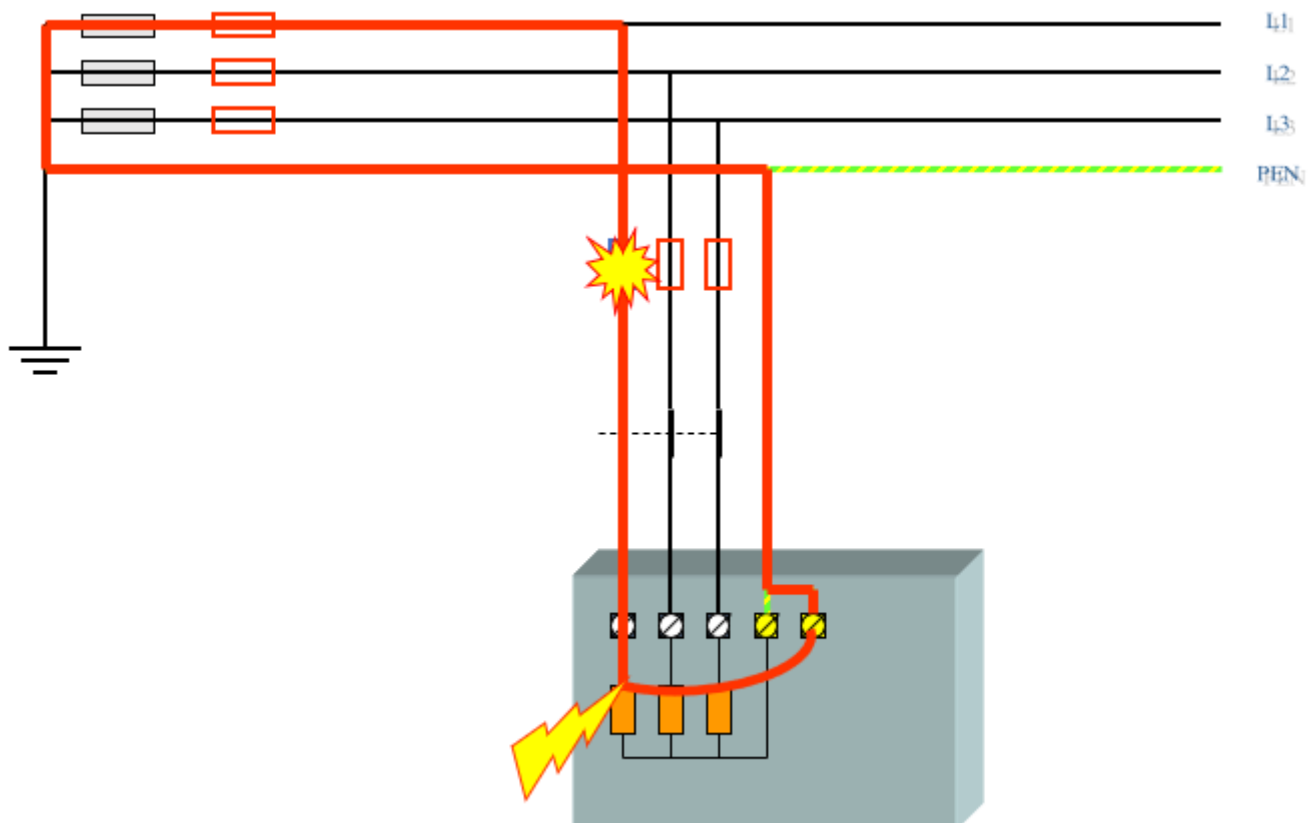
S = SELEKTIVNÍ - s dobou nepůsobení min 40 ms

G = ZPOŽDĚNÉ - s dobou nepůsobení min 10 ms



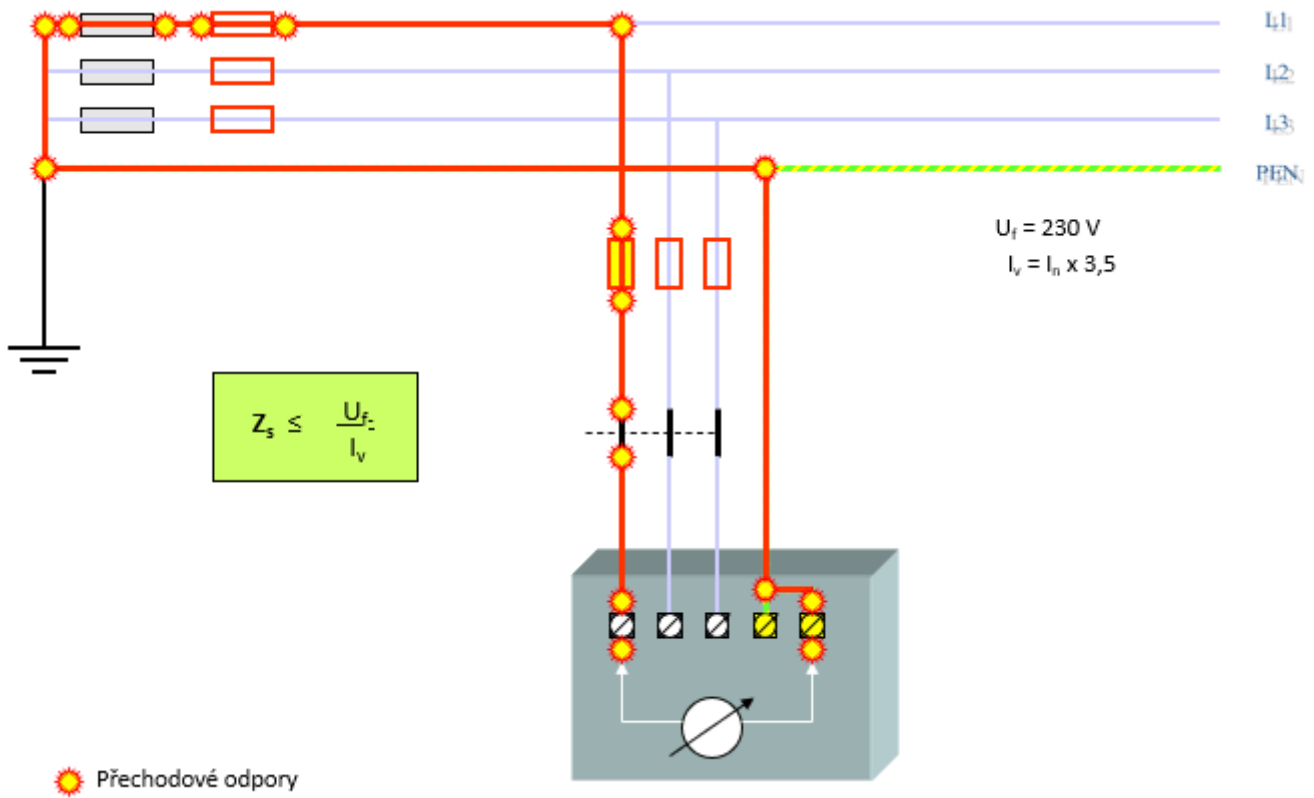
17

Sít TN - C



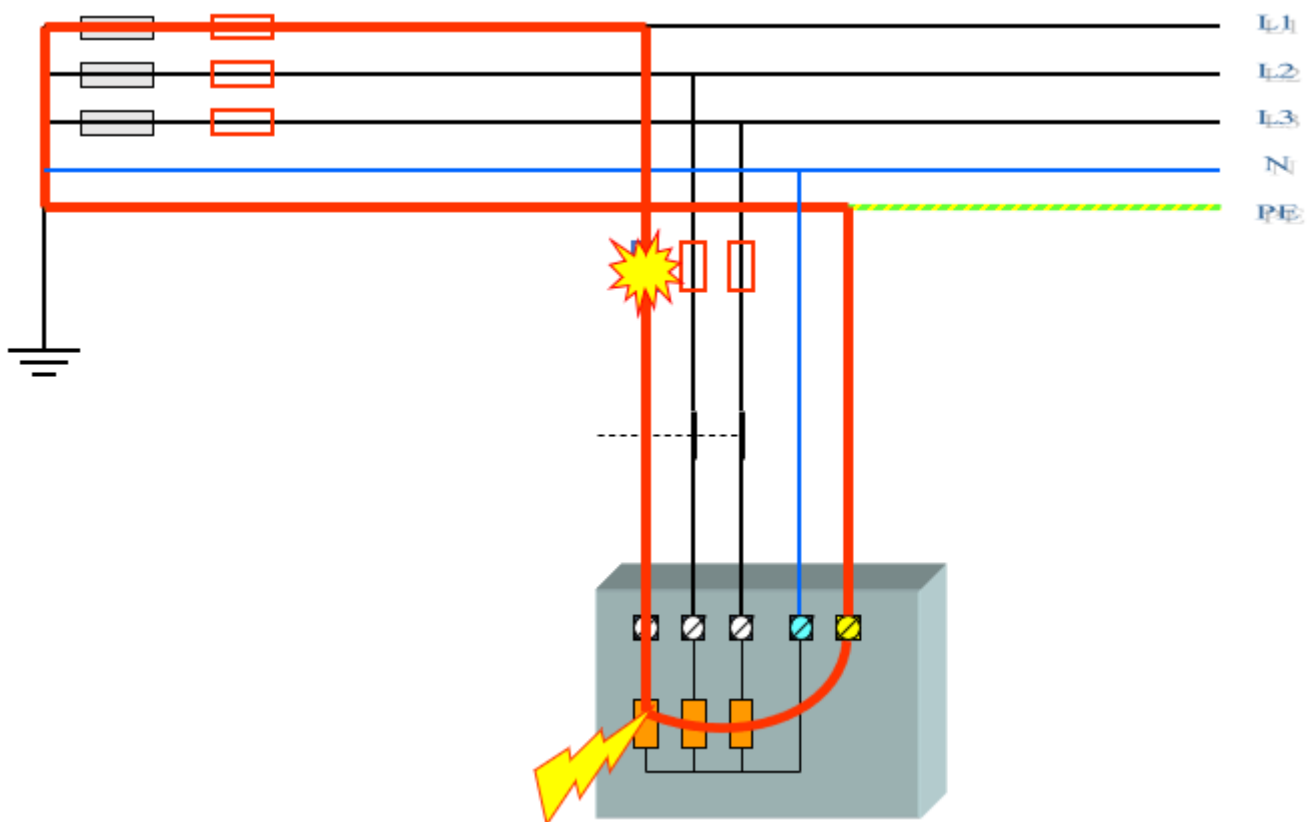
18

Síť TN - C

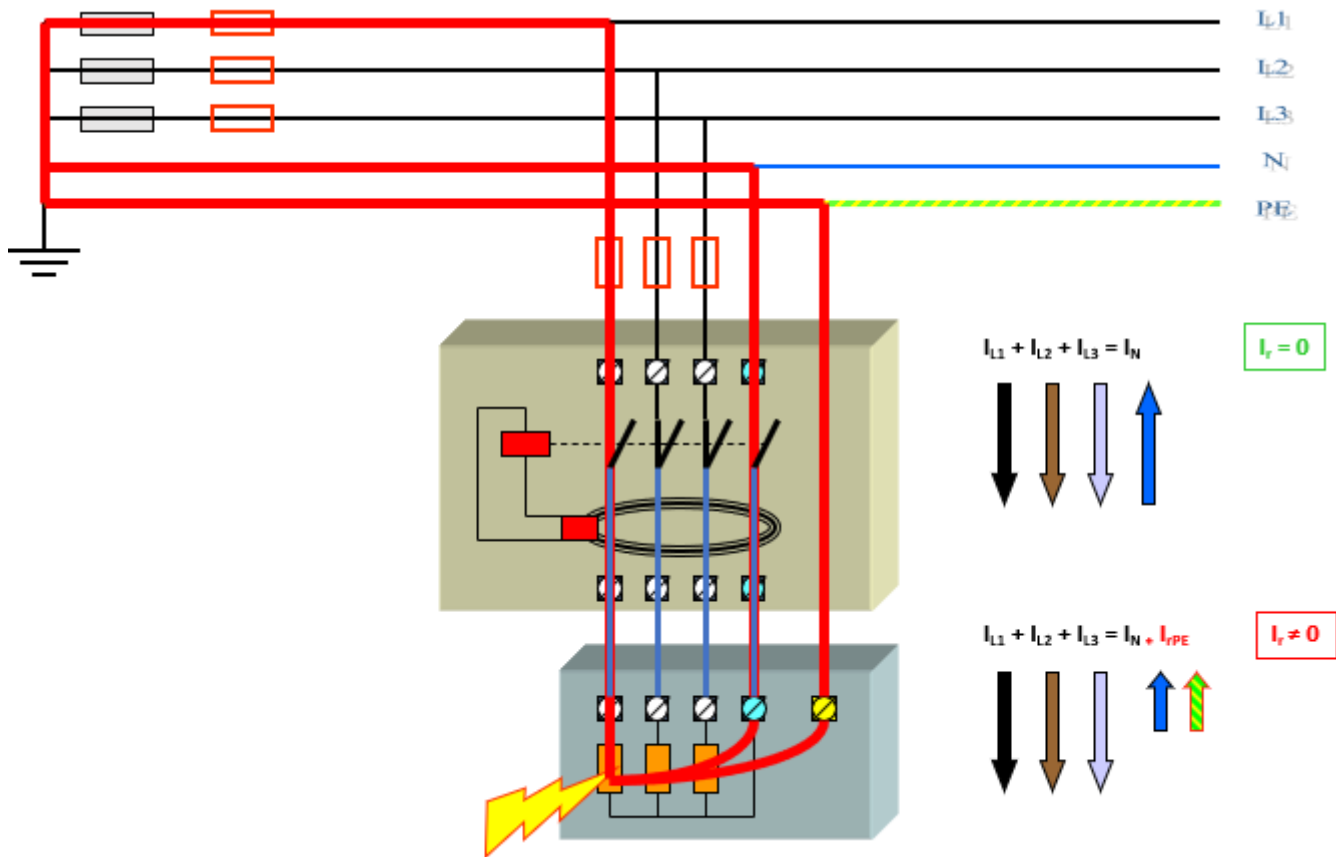


19

Síť TN - S



20



**Postup ověřování proudových chráničů
ČSN 33 2000-6 ed.2, Příloha NA**

Nejprve prohlídka a pak měření.

PROHLÍDKOU se MUSÍ ověřit správná volba proudového chrániče a to zjištěním údajů na chrániči a jejich porovnáním s požadavky norem a potřebami instalace.

Účinnost AOOZ se doporučuje ověřovat v níže uvedeném sledu a rozsahu:

- NA.1 Ověření mezních hodnot reziduálních proudů proudových chráničů
- NA.2 Ověření proudových chráničů se zpožděnou charakteristikou (typu S – selektivních, typu G – zpožděná charakteristika)
- NA.3 Ověření chráničů typu A, B (citlivé na jiné než pouze střídavé reziduální proudy)
- NA.4 Ověření funkce kontrolního tlačítka

Měření proudových chráničů

Typy monitorů reziduálních proudů

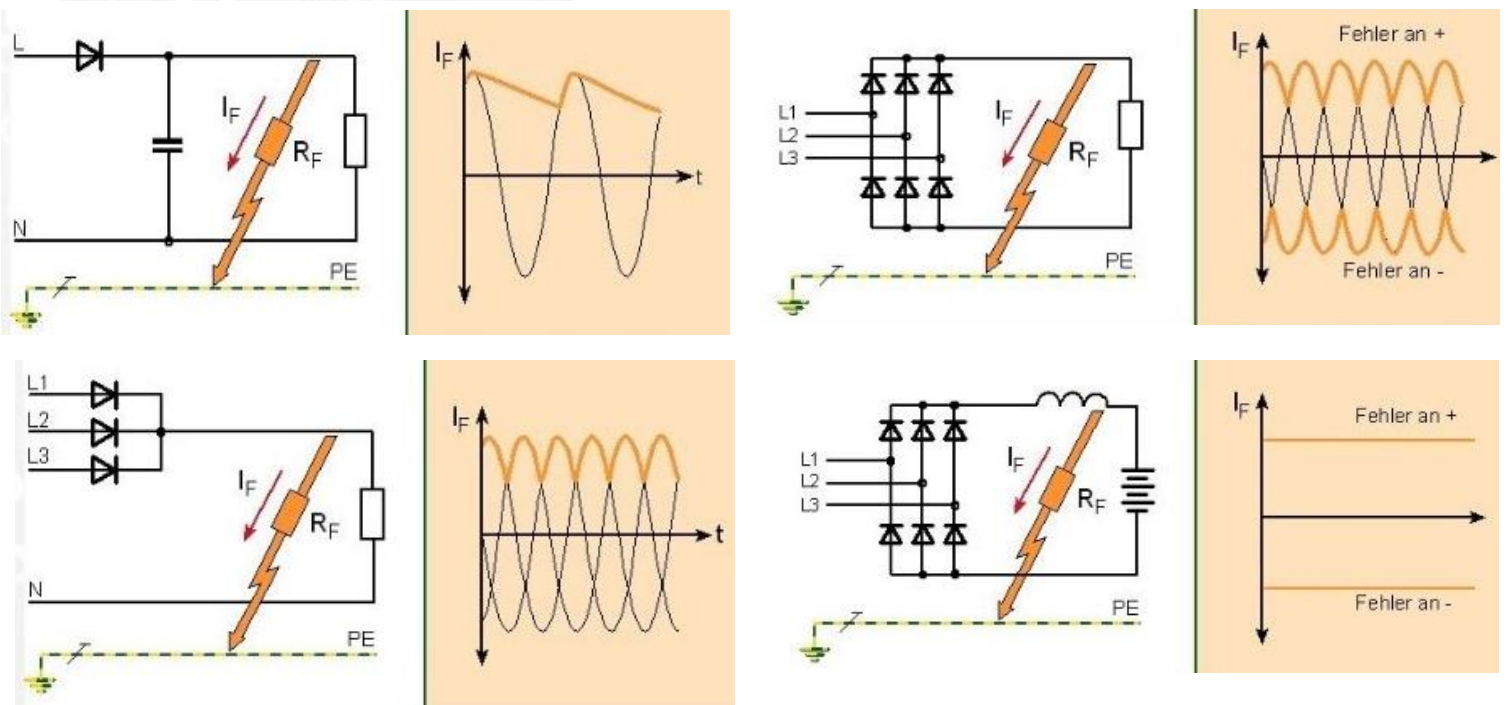
		IEC 60755			
		Typ	RCD typ		
			AC	A	B
AC sinus	náhle aplikovaný				
	pomalu zvyšující				
DC pulzační					
DC vyhlazené					

Měření proudových chráničů

Není hladký sinusový průběh proudu

Žádný průchod nulou

Stejnoseměrná složka > 6 mA



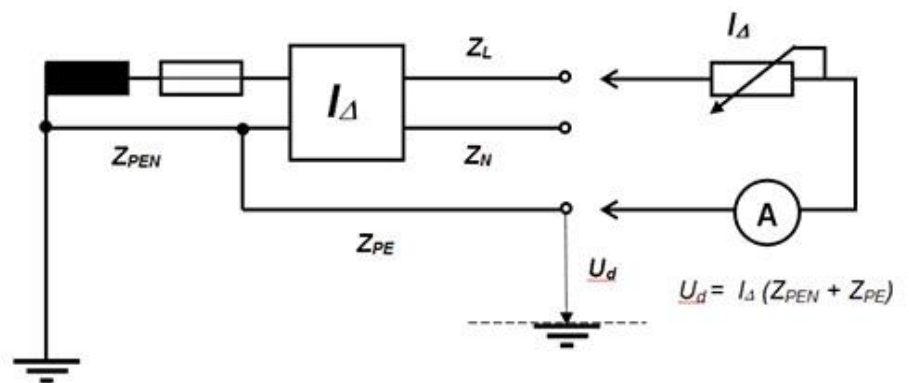
24

Měření proudových chráničů

Druhy měření proudových chráničů:

Měřicí přístroj musí odpovídat požadavkům souboru EN 61557

- I_r - reziduální proud
- U_d – dotykové napětí v okamžiku vypnutí



25

Tabulka NA.1 – Příklad pořadí a postupů zkoušek při ověřování proudových chráničů

Pořadí zkoušky	Ověřuje se	Postup zkoušky (měření)	Požadovaný výsledek zkoušky
1	vypnutí	generuje se reziduální proud až do velikosti $I_{\Delta n}$	chránič musí vypnout
2	nevypnutí	chránič se zatíží reziduálním proudem o velikosti 20 % až 50 % $I_{\Delta n}$	chránič nesmí vypnout
3	doba vypnutí	chránič se zatíží (u chráničů typu S až po prodlevě 30 s) reziduálním střídavým proudem sinusového průběhu o velikosti $I_{\Delta n}$ – měří se doba vypnutí	chránič musí vypnout v době t_{vyp} : chrániče obecného*) typu: $t_{\text{vyp}} \leq 0,3 \text{ s}$, chrániče typu G: $0,01 \text{ s} \leq t_{\text{vyp}} \leq 0,3 \text{ s}$, chrániče typu S: $0,013 \text{ s} \leq t_{\text{vyp}} \leq 0,5 \text{ s}$
Ověření podle prvních tří bodů se využívá i z hlediska ověření selektivity chráničů, jsou-li chrániče řazeny za sebou – viz zkouška 4 a).			
Doprovodná měření prováděná v rámci prvních tří bodů:			
<ul style="list-style-type: none"> • měření dotykového napětí U_d na ochranném vodiči způsobené průchodem proudem $I_{\Delta n}$. Toto napětí musí být obecně menší než dovolené dotykové napětí (tj. 50 V pro prostory normální a nebezpečné, 25 V pro prostory zvlášť nebezpečné a 12 V ve zvlášť nebezpečných případech). Pro sítě TN-S se však velikost tohoto napětí má blížit nulové hodnotě (pro chrániče s $I_{\Delta n} = 300$ nebo 500 mA může být maximálně 2 až 3 V), • měření impedance poruchové smyčky v místě prováděného měření (provádějí je jen některé přístroje). 			

Tabulka NA.1 – Příklad pořadí a postupů zkoušek při ověřování proudových chráničů (dokončení)

Pořadí zkoušky	Ověřuje se	Postup zkoušky (měření)	Požadovaný výsledek zkoušky
4	selektivita	a) využívá se výsledků ověřování podle bodů 1 až 3 (tyto body není nutno opakovat),	při ověřování podle bodů 1 až 3 nemělo dojít k vypnutí předřazeného chrániče typu S
		b) pouze u chráničů koncových obvodů s $I_{\Delta n}$ do 100 mA včetně (obecného typu i typu se zpožděním – G): obvod za chráničem koncového obvodu se zatíží 5násobkem jeho jmenovitého proudu.	musí vybavit pouze chránič koncového obvodu (chránič typu G má vybavit v době $t_{\text{vyp}} \geq 0,01 \text{ s}$)
		c) chránič typu S se zatíží svým $I_{\Delta n}$.	chránič typu S musí vypnout v době $0,013 \text{ s} \leq t_{\text{vyp}} \leq 0,5 \text{ s}$
Obdobným způsobem, jaký je uveden v bodě 4, se ověřuje i selektivita proudového chrániče s určitým definovaným časovým zpožděním předřazeného ostatním za ním řazeným chráničům (typů S, G, AC, A, B).			
5	chránič typu A, popř. i B	a) chrániče typu A i B se zatěžují pulzujícím reziduálním stejnosměrným proudem velikosti (o efektivní hodnotě) $1,4 I_{\Delta n}$;	chránič (typu A i B) musí vypnout
		b) po zkoušce podle bodu a) se chrániče typu B zatěžují stejnosměrným proudem $2 I_{\Delta n}$.	chránič typu B musí vypnout
*) Chráničem obecného typu se rozumí chrániče typu AC, A i B.			

	Ověřuje se	Způsob zkoušky	Výsledek
1	Nevypnutí	Generuje se proud $I_{\Delta N} \leq 0,5 \times I_{\Delta N}$	RCD nesmí vypnout do 0,3 s
2	Doba vypnutí	Generuje se proud $I_{\Delta N}$	RCD musí vypnout $t \leq 0,3$ s
3	Doba vypnutí G S	Generuje se proud $5 \times I_{\Delta N}$	RCD – G musí vypnout $0,01 \leq t \leq 0,3$ s RCD – S musí vypnout $0,05 \leq t \leq 0,15$ s
4	Vypnutí	Generuje se postupně rostoucí vybavovací proud $0,3 - 1,3 \times I_{\Delta N}$	RCD musí vypnout do $I_{\Delta N}$, měří se vypínací proud
5	Reakce RCD-A na pulzující DC proudy. Doba vypnutí.	Generuje se: - pulzující DC proud $1,4 \times I_{\Delta N}$	RCD musí vypnout $t \leq 0,3$ s
6	Reakce RCD-B na DC proudy. Doba vypnutí.	Generuje se: - vyhlazený DC proud $2 \times I_{\Delta N}$	RCD musí vypnout $t \leq 0,3$ s
7	Vypnutí.	Stisk testovacího tlačítka	RCD musí vypnout

26-28

Měření proudových chráničů

t_m – čas vypnutí

Typ chrániče	Vypínací časy v ms			
	$I_d = I_{rn}$	$I_d = 2I_{rn}$	$I_d = 5I_{rn}$	$I_d = 500A$
AC, bez zpoždění – všeobecné použití	≤ 300	≤ 150	≤ 40	≤ 40
G, zpoždění – s dobou nepůsobení min. 10ms	10-300	10-150	10-40	10-40
S, elektivní s dobou nepůsobení min. 40ms	130-500	60-200	50-150	40-150

Podle mých zkušeností typický vypínací čas proudového chrániče 25(40)/4/0,03 (nejčastěji používaný) bývá kolem 10 - 20 ms. Zkouším to přístrojem PU 191, při zatížení jmenovitým reziduálním proudem chrániče.

Jinak ještě, chrániče typu "G" se začaly používat hlavně kvůli vypadávání obyčejných chráničů za bouřky, vlivem přepětových špiček. (G = gewitter = německy bouřka). Proto je u těchto chráničů stanoven i minimální vypínací čas (10 ms), při jakémkoliv reziduálním proudu.

29

Měření proudových chráničů

Celkový test proudového chrániče :

- ✓ Zkouška $1 \times I_r$ v kladné i záporné půlperiodě
- ✓ Zkouška $5 \times I_r$ v kladné i záporné půlperiodě
- ✓ Zkouška $0,5 \times I_r$ v kladné i záporné půlperiodě
- ✓ 2x měření reziduálního proudu

30

Měření zemních odporů

Měřicí přístroj zemních odporů - „Terromet“

Odpor zemniče:

- měření pomocí elektrod
- měření formou impedance smyčky
- měření kleštěmi

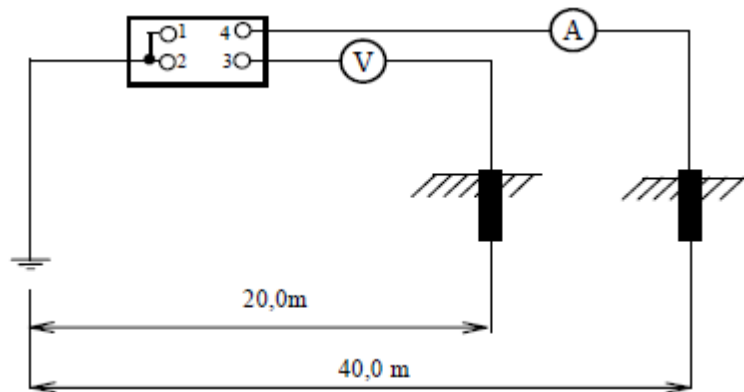
Měrný odpor půdy:

- měření pomocí elektrod

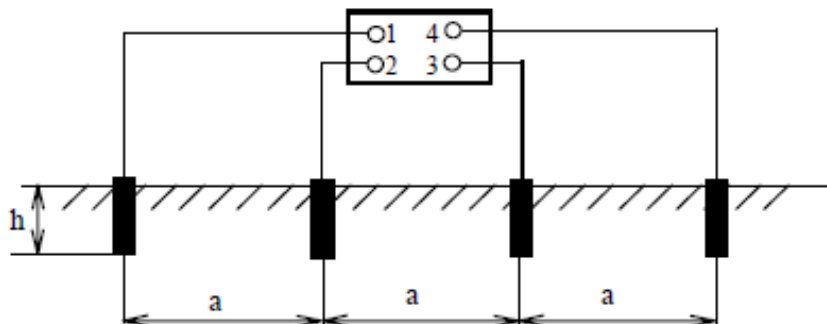
31

Měření zemních odporů

Použití sond pro měření zemních odporů:



Použití sond pro měření měrného odporu půdy:



32

Měření zemních odporů

Měření zemních odporů kleštěmi:

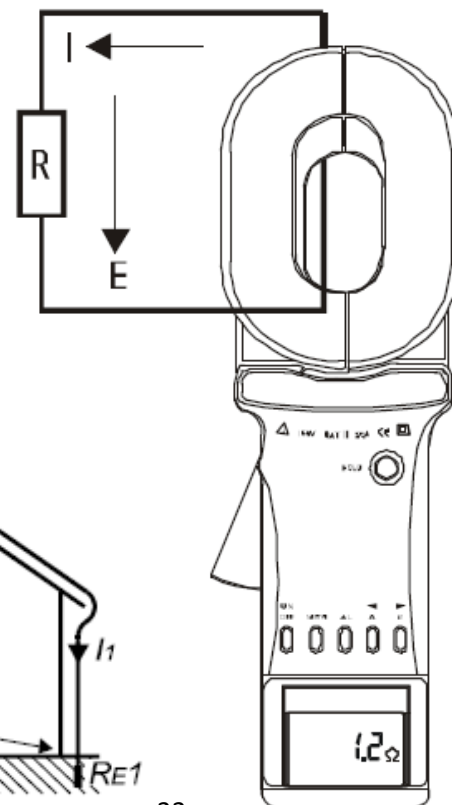
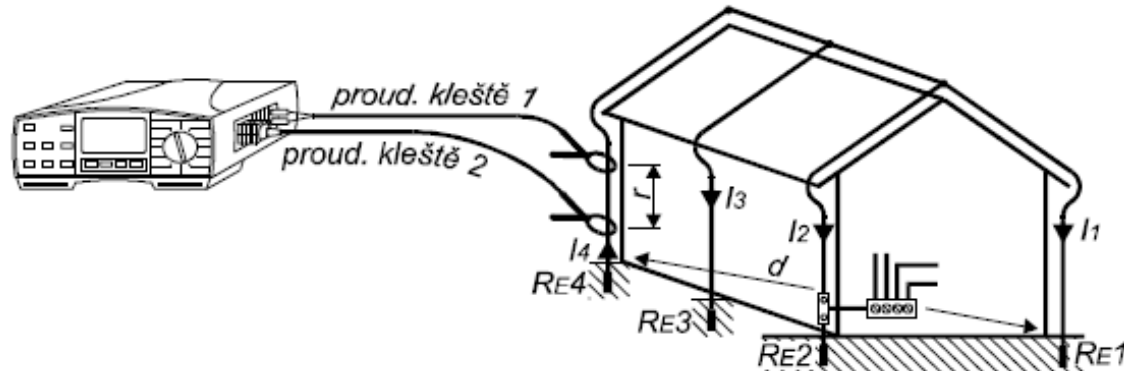
Kleště obsahují napěťovou a proudovou cívku.

Napěťová cívka indukuje napětí do měřeného obvodu (smyčky).

Proudová cívka měří proud v tomto obvodu.

Přístroj vyhodnotí napětí U a proud I .

Na displeji se zobrazí měřený zemní odpor $R = U/I$



33

Digitální měřicí přístroj

U moderních digitálních přístrojů se chyba měření nejčastěji vyjadřuje ve tvaru:

$$\pm(n \% \text{ z MH} + 2 \text{ D})$$

kde MH je měřená hodnota $\pm n$ hodnota v %

- ✓ Tato část chyby je proměnná a její velikost závisí na velikosti měřené veličiny, tzn. že např.: 4 % z 1,00 W je 0,04 W, avšak 4 % z 50 W jsou 2 W
- ✓ D „digit“ číslo (cifra) na nejméně významném místě displeje (tj. na posledním místě vpravo); tato část chyby je stálá a připočítává se v celém měřicím rozsahu k proměnné části chyby

34

8.4 Skutečná impedance poruchové smyčky a zkratový proud

8.4.1 Zvolená ochrana: POJISTKA

Skutečná impedance poruchové smyčky

Jmenovitý rozsah dle EN61557 je $0,25 \Omega \div 19999 \Omega$.

Měřicí rozsah (Ω)	Rozlišení (Ω)	Chyba měření
0.00 ÷ 9.99	0.01	$\pm(5 \% \text{ z MH} + 5 \text{ D})$
10.0 ÷ 99.9	0.1	
100 ÷ 19999	1	

Zkratový proud

Měřicí rozsah (A)	Rozlišení (A)	Chyba měření
0.00 ÷ 9.99	0.01	Dle chyby měření skutečné impedance poruchové smyčky.
10.0 ÷ 99.9	0.1	
100 ÷ 999	1	
1.00k ÷ 9.99k	10	
10.0k ÷ 23.0k	100	

Chyba měření platí, pokud je síťové napětí během měření stabilní.

Měřicí proud (při 230 V) 6.5 A (trvání měření 10 ms)

Rozsah napětí..... 30 V ÷ 500 V (14 Hz ÷ 500 Hz)

35

Výpočet z praxe

- Chyba měření: $\pm(5 \% \text{ z MH} + 5 \text{ D})$
- Měřená hodnota: 1,00 Ω
- Rozlišení: 0,01 Ω

VÝSLEDEK: správná hodnota je z intervalu: $\langle 1,00 - 0,1\Omega ; 1,00 + 0,1\Omega \rangle$, tj. $\langle 0,90\Omega ; 1,1\Omega \rangle$

NEBOLI:

$Z_{\text{nam}} = 1,00 \pm 0,1 \Omega$

$Z_{\text{nam}} = 1,00 \pm 10 \% \Omega$

36