

# MĚŘENÍ ZEMNÍCH ODPORŮ POMOCÍ PŘÍSTROJŮ EUROTEST 61557, MI 2088, SMARTEC MI 2124

## 1. Úvod

Následující článek stručně popisuje jednotlivé možnosti měření zemního odporu jak pomocí elektrod, tak pomocí elektrod + jedné proudových kleští a dále **dvou klešťových přístrojů bez rozpojování měřeného obvodu**. Navíc popisuje i měření zemních odporů pomocí vnějšího zdroje napětí. Oba přístroje samozřejmě umožňují měření rezistivity půdy.

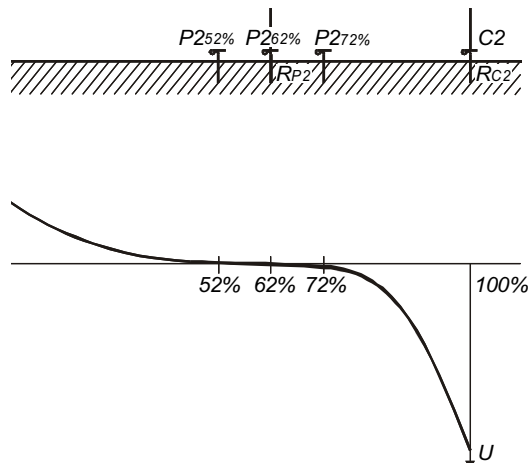
Při měření zemního odporu oba přístroje kontrolují, zda není překročen povolený odpor elektrod, zda není překročena povolená mez rušivých napětí, není-li proud měřený klešťovým přístrojem příliš malý nebo zda rušivý proud není příliš velký.

## 2. Používané metody měření zemních odporů

Vzhledem k mnoha možným uspořádání zemního systému, se kterými se lze setkat, lze použít řadu způsobů měření, z nichž každý má své přednosti, ale i svá omezení (v závorce jsou typy přístrojů, které danou metodou umožňují měřit):

- **S vlastním generátorem a měřicími elektrodami (Eurotest 61557, MI 2088, Smartec MI 2124)**  
Jde o „klasickou“ metodu. Její předností je dobrá přesnost měření. Omezením je nutnost použít měřicí elektrody, což je v některých případech (městská zástavba) prakticky nemožné.
- **S vlastním generátorem, měřicími elektrodami a jedním klešť. přístrojem (Eurotest 61557, MI 2088, Smartec MI 2124)**  
V tomto případě není nutné mechanicky rozpojovat svorky měřeného zemniče v případech, kdy je zapojeno více zemničů paralelně.
- **Měření pouze dvěma klešťovými přístroji - tj. bez měřicích elektrod (Eurotest 61557, MI 2088, Smartec MI 2124)**  
V případech měření složitého zemního systému s více paralelními zemniči nebo tam, kde je k dispozici další zemničí systém s nízkým zemním odporem, umožňuje tato metoda měřit bez měřicích elektrod a **bez nutnosti mechanicky rozpojovat svorky měřeného zemniče**.
- **S použitím externího měřicího napětí bez pomocné elektrody (Eurotest 61557)**  
Tuto metodu lze použít tehdy, pokud měříme zemní odpor v síti TT, kde je velikost zemního odporu mnohem vyšší, než odpor vypínací smyčky. Výhodou je, že není potřeba žádná měřicí elektroda, nevýhodou je nutnost přivést k místu měření síťové napětí. Měření lze provést např. měřičem impedance vypínací smyčky.
- **S použitím externího měřicího napětí a s pomocnou elektrodou (Eurotest 61557)**  
Tato metoda je vhodná i pro měření v sítích TN.

Na obr. 1 je zobrazen princip často používané měřicí čtyřvodičové metody se dvěma měřicími elektrodami:



Obr. 1. Princip měření a rozložení měřicího napětí  
- 1 -

Základem pro výpočet požadované vzdálenosti mezi měřeným zemničem a pomocnými elektrodami je pro jednoduchý tyčový nebo páskový zemnič hloubka tyčového zemniče nebo diagonální rozměr páskového zemniče. Vzdálenost mezi měřeným zemničem a proudovou elektrodou  $C2 =$  hloubka (tyč) nebo diagonální rozměr (pásek)  $\times 3$  (některá literatura – např. [1] – udává  $\times 5$ ).

Vzdálenost k napěťové elektrodě  $P2$  (62%) = Vzdálenost  $C2 \times 0,62$

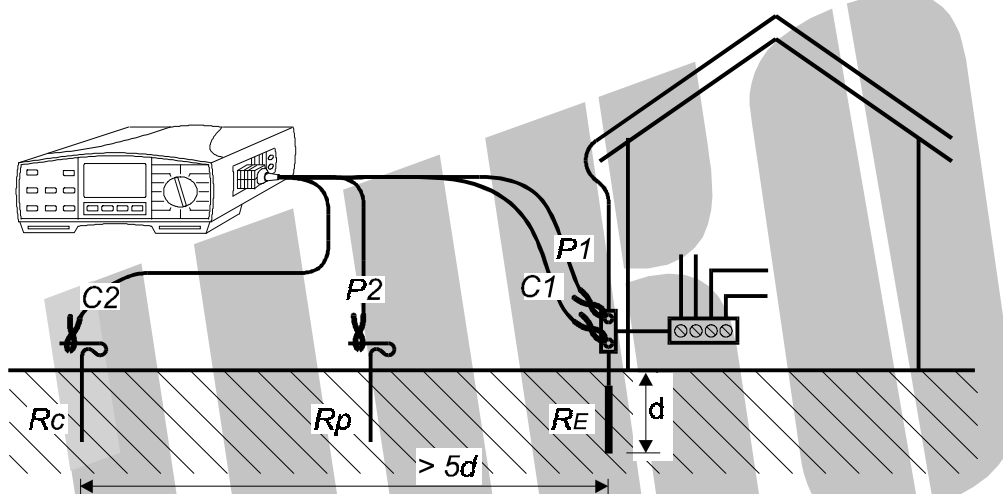
Příklad: Páskový zemnič, diagonála = 4 m.

$$C2 = 4 \text{ m} \times 5 = 20 \text{ m}$$

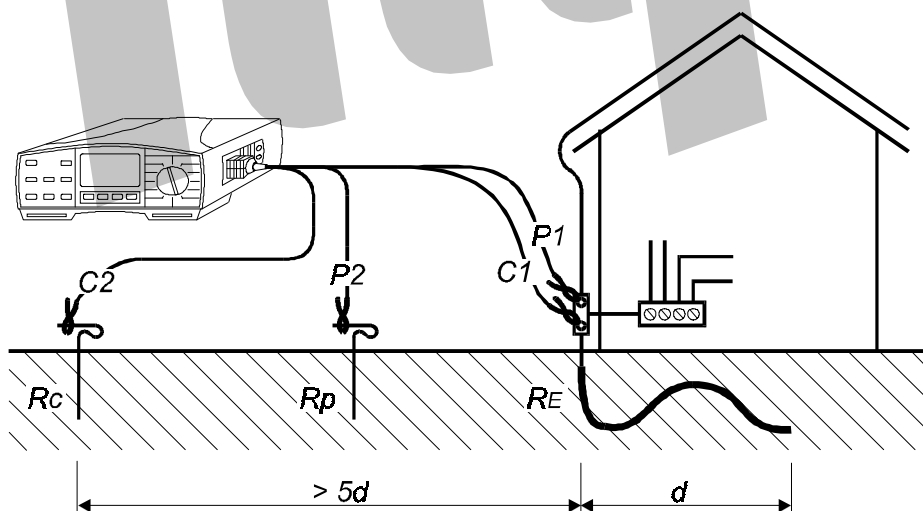
$$P2 (62\%) = 20 \text{ m} \times 0,62 = 12,4 \text{ m}$$

Jsou-li jednotlivé vzdálenosti úměrně větší, není to na závadu, neboť se tím snižuje vzájemný vliv jednotlivých elektrod. V [2] se např. pro jednoduchý zemnič doporučuje délka přívodního vodiče k elektrodě  $C2$  40 m a k napěťové elektrodě  $P2$  pak 62% ze 40 m, tj. asi 25 m.

### 3. Měření zemního odporu jednoduchého tyčového nebo páskového zemniče



Obr. 2. Měření zemního odporu jednoduchého tyčového zemniče



Obr. 3. Měření zemního odporu jednoduchého páskového zemniče

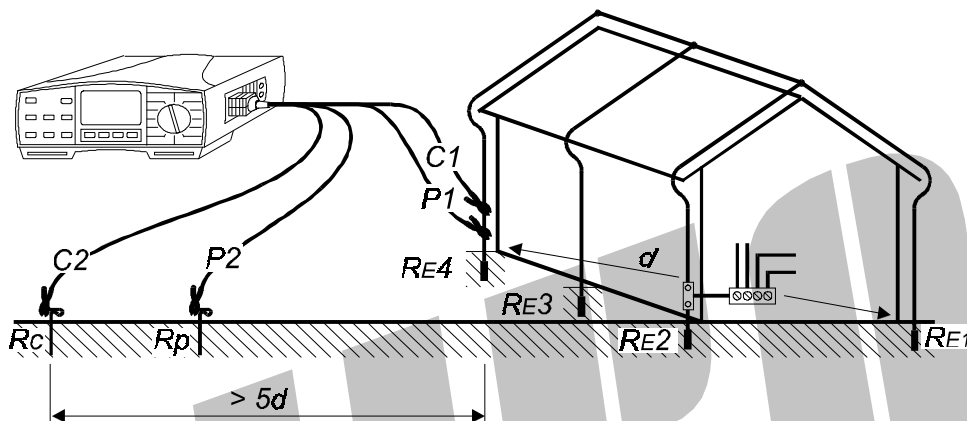
## 4. Měření složitého zemního systému s více paralelními zemniči

V takovýchto systémech existují dva důležité údaje:

- Celkový zemní odpor celého systému  $R_{Etot}$  je dán paralelní kombinací jednotlivých zemničů.
- Odpor jednotlivých zemničů  $RE1...REN$ . Jednotlivé odpory musí být dostatečně nízké.

### 4.1. Měření celkového zemního odporu

#### 4.1.1. Čtyřvodičová metoda se dvěma měřicími elektrodami



**Obr. 4.** Měření celkového zemního odporu složitého zemního systému čtyřvodičovou metodou se dvěma měřicími elektrodami

Proudové a napěťové elektrody musí být zaraženy do země dostatečně daleko od měřeného systému. Požadovaná vzdálenost k proudové elektrodě musí být dle [2] nejméně trojnásobek (některé prameny uvádějí i pětinasobek – snižuje se tím vzájemné ovlivňování elektrod) největší vzdálenosti mezi jednotlivými zemniči měřeného systému. Výhodou této metody je, že dává přesné a spolehlivé výsledky. Naproti tomu ji někdy nelze použít z důvodu nutnosti zarážet měřicí elektrody ve velkých vzdálenostech, což může být problém především v městské zástavbě.

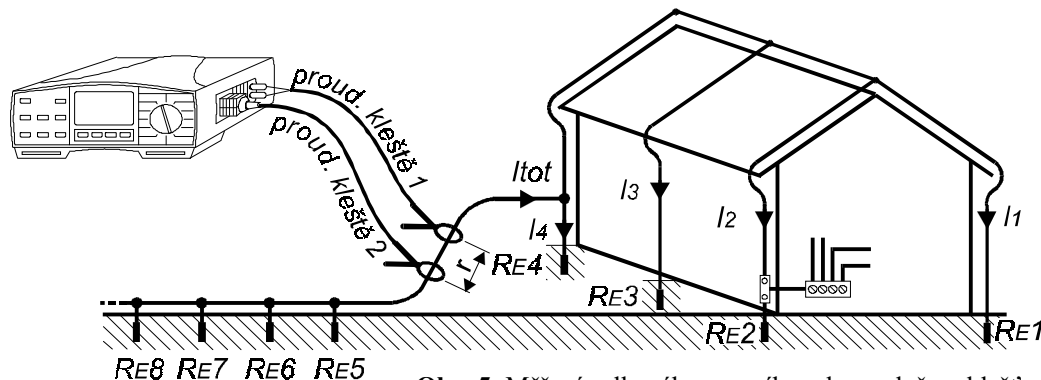
$$\text{Zobrazený výsledek} = U/I = R_{Etot} = RE1//RE2//RE3//RE4$$

kde:

- U ..... Napětí změřené voltmetrem přístroje mezi svorkami P1 a P2  
 I ..... Měřicí proud tekoucí mezi svorkami C1 a C2  
 RE1 až RE4 ..... Zemní odpor jednotlivých zemničů  
 $R_{Etot}$  ..... Celkový zemní odpor měřeného systému

#### 4.1.2. Měření dvěma klešťovými přístroji

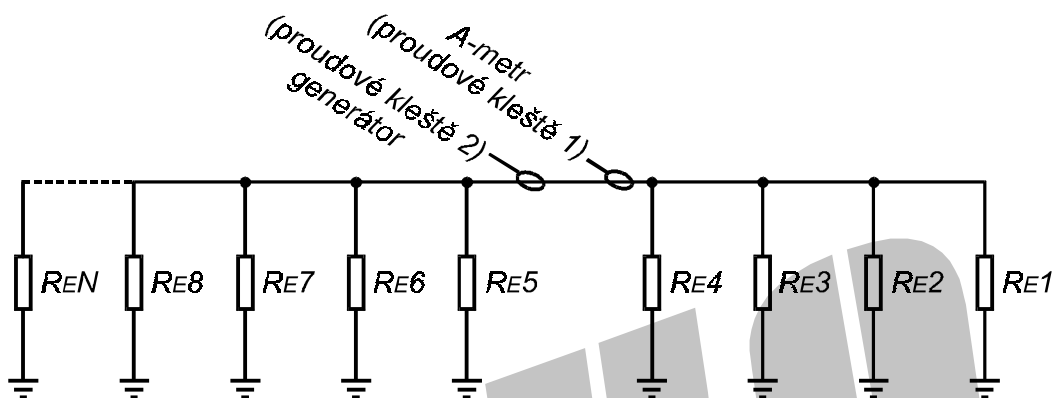
Měření může být zjednodušeno a měřicí elektrody nemusí být vůbec použity v případě, že je k dispozici další zemnič nebo zemničí systém s dostatečně malým celkovým zemním odporem. Popsané podmínky jsou často splněny v městské zástavbě. Pak je možné použít metodu dvou klešťových přístrojů. Následující obrázek ukazuje možnou situaci a připojení měřicího přístroje.



**Obr. 5.** Měření celkového zemního odporu dvěma klešťovými přístroji

- RE1 až RE4.....Zemní odpor jednotlivých zemničů měřeného systému
- RE5 až REN.....Zemní odpor jednotlivých zemničů pomocného zemničního systému s malým celkovým zemním odporem
- r.....Musí být dodržena minimální vzdálenost 30 cm mezi klešťovými přístroji, aby se vzájemně neovlivňovaly.

Následující schéma je náhradní schéma předcházejícího obrázku.



**Obr. 6.** Náhradní schéma obvodu z předcházejícího obrázku

**Zobrazený výsledek = (celkový zemní odpor zemničů RE1 až RE4) +  
+ (celkový zemní odpor pomocného zemničního systému RE5 až REN)**

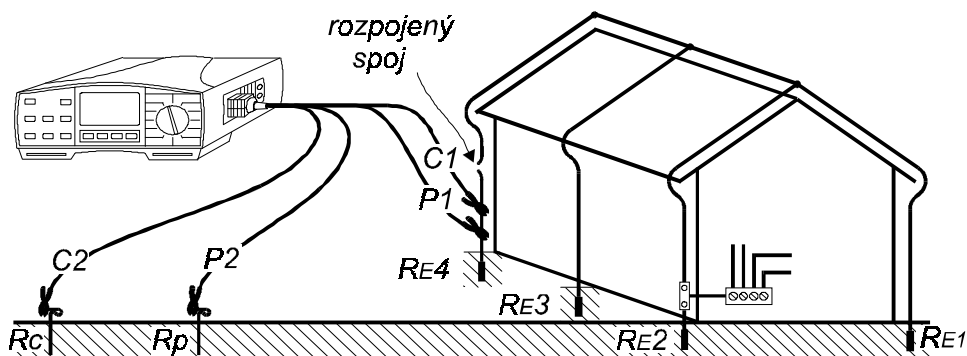
Pokud je splněna podmínka, že celkový zemní odpor pomocného systému je podstatně menší, než měřeného systému, pak můžeme předcházející vztah zjednodušit na:

**Zobrazený výsledek  $\approx$  (celkový zemní odpor měřených zemničů RE1 až RE4)**

Pokud je výsledek měření menší než povolená hodnota, pak je skutečná hodnota měřeného celkového zemního odporu na straně bezpečnosti, protože je ve skutečnosti ještě nižší, než změřená hodnota.

## 4.2. Měření zemního odporu jednotlivých zemničů

### 4.2.1. Měření s rozpojením měřeného zemniče za použití čtyřvodičové metody se dvěma měřicími elektrodami



**Obr. 7.** Měření odporu jednotlivých zemničů

**Zobrazený výsledek =  $U / I = RE4$**

kde:

U ..... Napětí změřené voltmetrem přístroje mezi svorkami P1 a P2

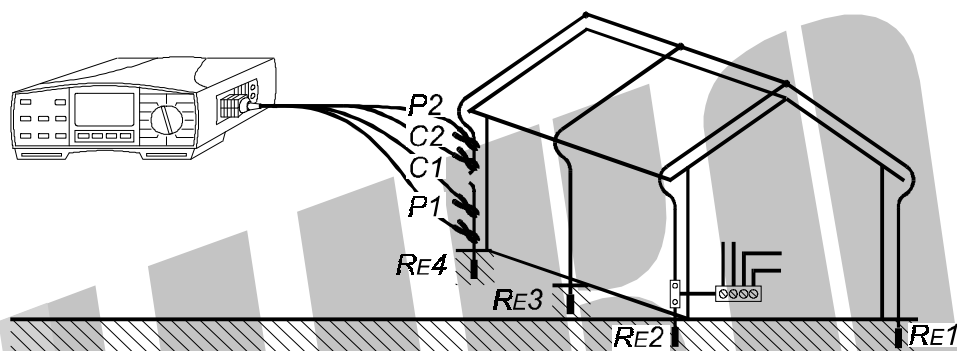
I ..... Měřicí proud tekoucí mezi svorkami C1 a C2

Požadované vzdálenosti mezi měřicími elektrodami jsou shodné, jako při měření jednoduchého tyčového (příp. jednoduchého páskového) zemniče.

Nevýhodou je nutnost rozpojovat často značně rezavé svorky. Výhodou je naopak dobrá přesnost měření a spolehlivost použité metody.

#### 4.2.2. Měření s rozpojením měřeného zemniče za použití čtyřvodičové dvoubodové metody

Je-li celkový počet zemničů dostatečně vysoký, lze použít zjednodušenou metodu bez měřicích elektrod, viz. obr. 8. Měřený zemnič musí být rozpojen a zbývající zemniče jsou použity jako pomocné elektrody. Celkový zemní odpor zbývajících zemničů je přitom podstatně menší, než odpor měřeného zemniče.



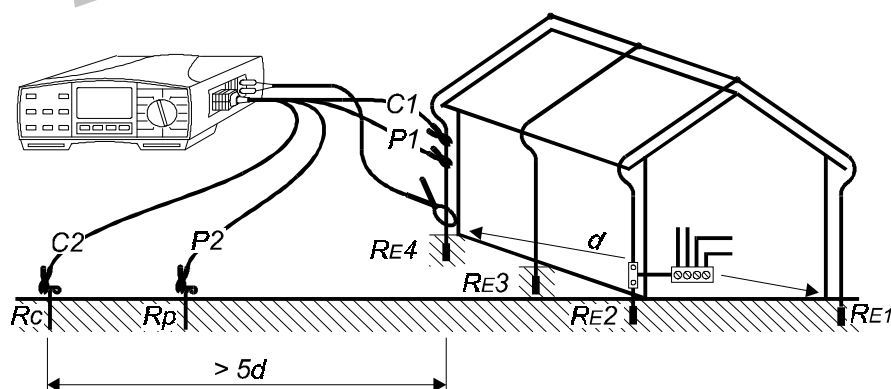
Obr. 8. Zjednodušená metoda bez měřicích elektrod

Zobrazený výsledek =  $RE4 + (RE1 // RE2 // RE3)$

Za předpokladu, že  $(RE1 // RE2 // RE3)$  je mnohem menší, než měřený odpor  $RE4$ , lze napsat:

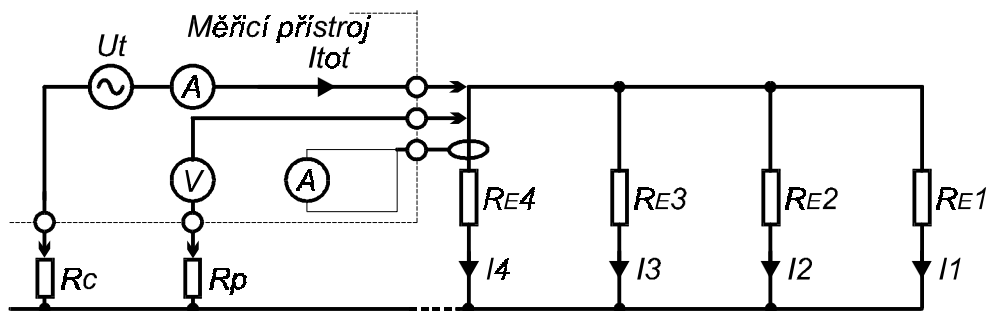
Zobrazený výsledek  $\approx RE4$

#### 4.2.3. Měření, používající čtyřvodičovou metodu v kombinaci s jedněmi proudovými kleštěmi



Obr. 9. Měření pomocí jedné kleště

Náhradní schéma předchozího obrázku vypadá takto:



Obr. 10. Náhradní schéma zapojení z obr.9

- $U_t$  ..... Měřicí napětí.  
 $R_c$  ..... Odpor proudové elektrody.  
 $R_p$  ..... Odpor napěťové elektrody.  
 $I_{tot}$  ..... Celkový proud generovaný měřicím napětím  $U_t$  a měřený pomocí ampérmetru v sérii s generátorem.  
 $I_1$  až  $I_4$  ..... Proudy jednotlivými zemniči.

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I_{tot}$$

**Zobrazený výsledek 1 =  $R_{E4}$  (proud měřený kleštěmi)**

**Zobrazený výsledek 2 =  $R_{tot}$  (celkový proud měřený ampérmetrem přístroje)**

Výhodou této metoda je skutečnost, že není třeba rozpojovat měřené zemniče.

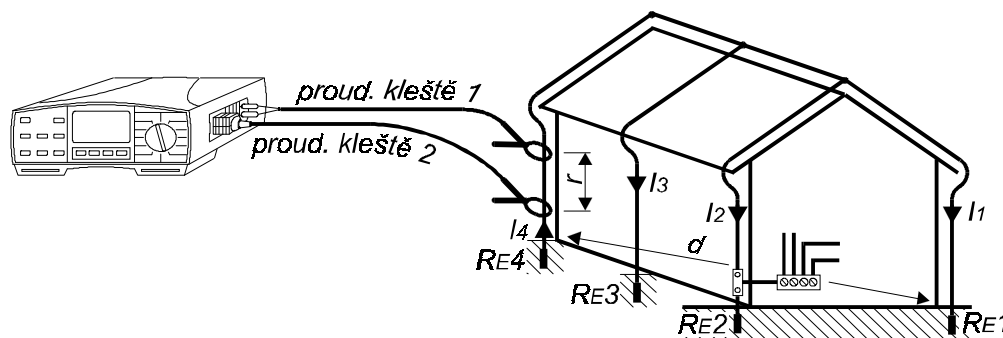
Vzdálenost mezi měřeným zemničem a proudovou elektrodou má být nejméně 5ti násobek největší vzdálenosti mezi jednotlivými zemniči měřeného systému.

#### Poznámka

- Vzhledem k možným velkým vzdálenostem mezi jednotlivými zemniči měřeného systému není často možné přemístit pouze kleště od jednoho zemniče k druhému, ale je nutné přenést celé zapojení včetně měřicích elektrod.

#### 4.2.4. Měření dvěma klešťovými přístroji

V praxi se můžeme setkat se složitými zemničnými systémy s několika paralelními zemniči (viz. obr.11) nebo se systémem propojeným s dalším zemničným systémem (viz. obr. 13). Zvláště v městské zástavbě je přitom prakticky nemožné používat měřicí elektrody. V tomto případě poslouží metoda dvou kleští bez použití měřicích elektrod.

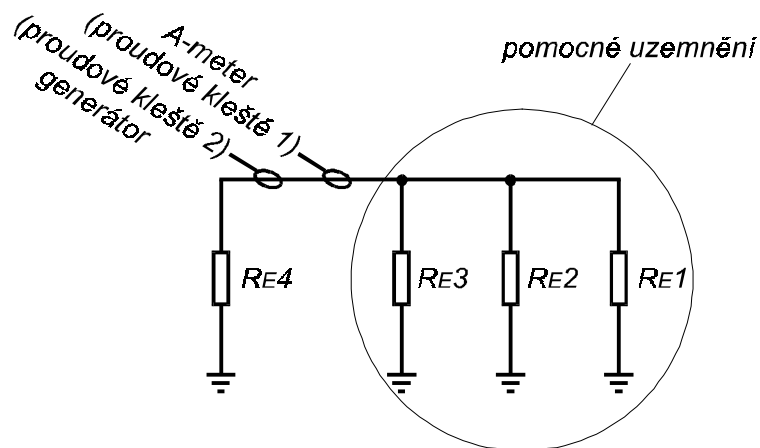


Obr. 11. Měření zemního odporu pomocí dvou kleští

#### Poznámka

- Musí být dodržena minimální vzdálenost 30 cm mezi klešťovými přístroji, aby se vzájemně neovlivňovaly.

Na dalším obrázku je náhradní schéma předchozího obrázku.



Obr. 12. Náhradní schéma zapojení z obr. 11

**Zobrazený výsledek =  $RE4 + (RE3 \parallel RE2 \parallel RE1)$**

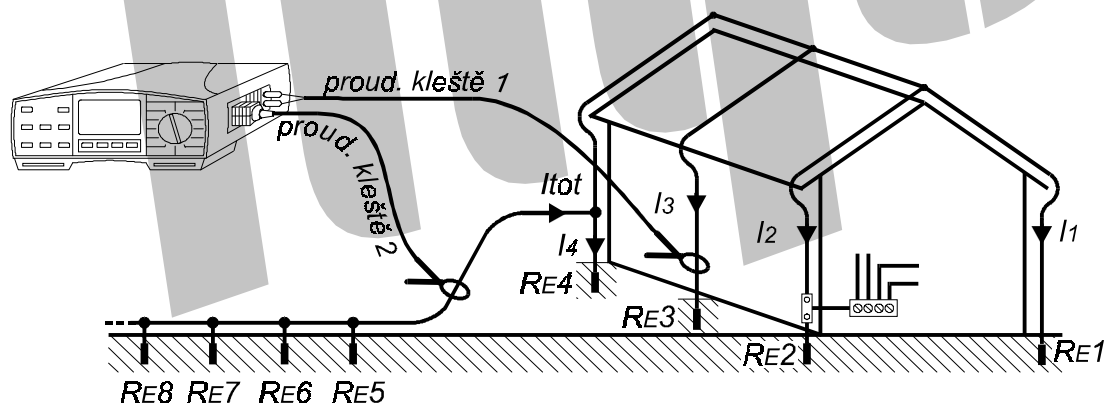
Za předpokladu, že celkový zemní odpor ( $RE1 \parallel RE2 \parallel RE3$ ) je mnohem menší, než měřený odpor  $RE4$ , lze napsat:

**Zobrazený výsledek  $\approx RE4$**

Pokud je výsledek měření menší, než povolená hodnota, pak je skutečná hodnota zemního odporu na straně bezpečnosti, protože je ve skutečnosti ještě nižší, než změřená hodnota.

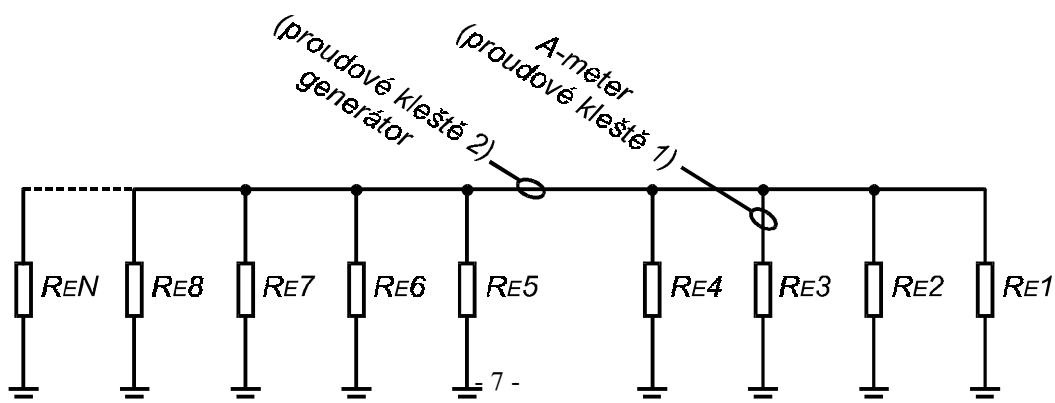
Přemístěním kleští můžeme postupně změřit další dílčí zemní odpory.

Další možnou variantou je měření na následujícím obrázku. Podmínkou je, aby celkový zemní odpor systému pomocného zemniče  $RE5$  až  $REN$  byl podstatně menší, než celkový zemní odpor měřeného objektu  $RE1$  až  $RE4$ .



Obr. 13. Měření zemního odporu pomocí dvou kleští

Zapojení je stejné jako na obr. 7, pouze měřicí kleště jsou zapojeny do obvodu měřeného zemniče. Náhradní schéma obrázku 13 je níže.



Obr. 14. Náhradní schéma zapojení z obr. 13

Za podmínky, že celkový zemní odpor pomocné soustavy RE5 až REN je mnohem menší, než celkový zemní odpor měřené soustavy RE1 to RE4, můžeme napsat:

**Zobrazený výsledek  $\approx RE3$**

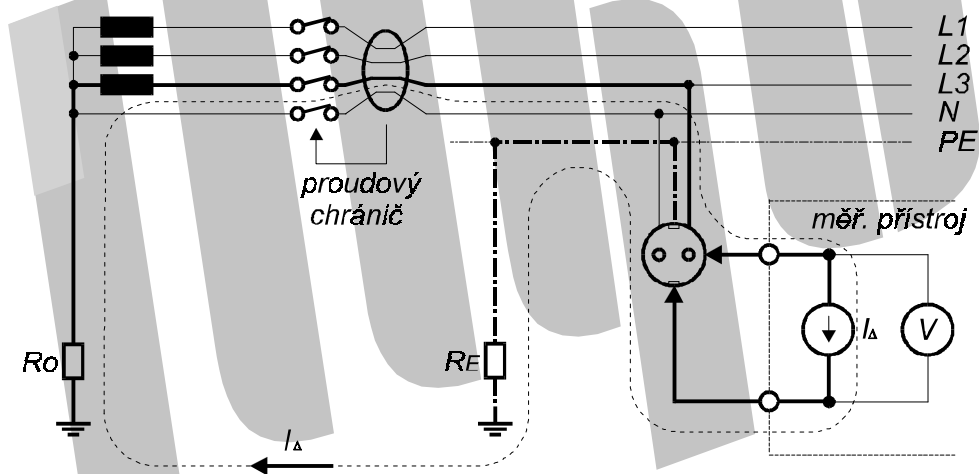
Přemístěním měřicích kleští 1 můžeme postupně změřit další dílčí zemní odpory.

## 5. Měření zemních odporů pomocí vnějšího zdroje napětí

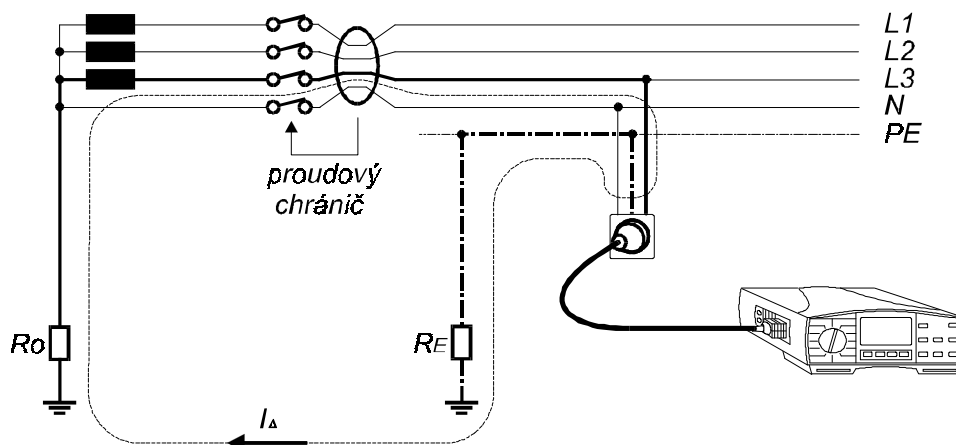
Dostatečně malý zemní odpor je jednou ze základních podmínek použití proudových chráničů. Je tedy nutné znát tento zemní odpor. Kromě výše uvedených metod s vnitřním generátorem je možné použít přístroj, který měří proudové chrániče a zemní odpor spočítat ze změřeného dotykového napětí (pokud ho nespočítá přístroj sám). Eurotest 61557 umožňují zvolit měření s pomocnou elektrodou, nebo bez ní. V případě pomocné elektrody přístroj měří skutečný zemní odpor. Bez použité pomocné elektrody přístroj měří celkový odpor vypínací smyčky, což je v sítích TT prakticky shodné se zemním odporem.

### 5.1. Měření bez pomocné elektrody

Metoda je vhodná především pro sítě TT. Zapojení i metoda měření jsou shodné s měřením dotykového napětí v obvodech s proudovými chrániči. Eurotest 61557 automaticky rozezná, že není připojena pomocná elektroda, a podle toho zvolí odpovídající způsob měření.



Obr. 15. Princip měření dotykového napětí v síti TT bez pomocné elektrody



Obr. 16. Připojení přístroje



Výsledek měření je:

$$\text{Zobrazený výsledek} = \Delta U / I_{\Delta} = (U_O - U_L) / I_{\Delta} = R_E + R_o$$

kde:

- $I_{\Delta}$  ..... Měřicí proud (většinou polovina jmenovitého rozdílového proudu proud. chrániče)  
 $U_O$  ..... Síťové napětí naprázdno (zkušební proud neprotéká)  
 $U_L$  ..... Síťové napětí měřené při průtoku měřicího proudu  
 $R_E$  ..... Zemní odpor zemniče  
 $R_o$  ..... Ostatní odpory v obvodu (odpory krajního a ochranného vodiče, zemní odpor zemniče transformátoru atd.)

Maximální zemní odpor zemniče při použití proudového chrániče je daný jmenovitým rozdílovým proudem použitého proud. chrániče a maximálním povoleným dotykovým napětím.

Maximální zemní odpor může být spočten jako:

$$R_E \text{ max.} = U_L / I_{\Delta n}$$

kde:

- $U_L$  ..... Max. povolené dotykové napětí (25 nebo 50 V)  
 $I_{\Delta n}$  ..... Jmenovitý rozdílový proud použitého proudového chrániče.

Max. zemní odpory jsou v následující tabulce.

Jmenovitý rozdílový proud proudového chrániče $I_{\Delta n}$ (A)	0,01	0,03	0,1	0,3	0,5	1
Max. zemní odpor při mezním dotykovém napětí $U_L = 50$ V ( $\Omega$ )	5000	1666	500	166	100	50
Max. zemní odpor při mezním dotykovém napětí $U_L = 25$ V ( $\Omega$ )	2500	833	250	83	50	25

**Tabulka 1.** Max. zemní odpor při použití proudového chrániče.

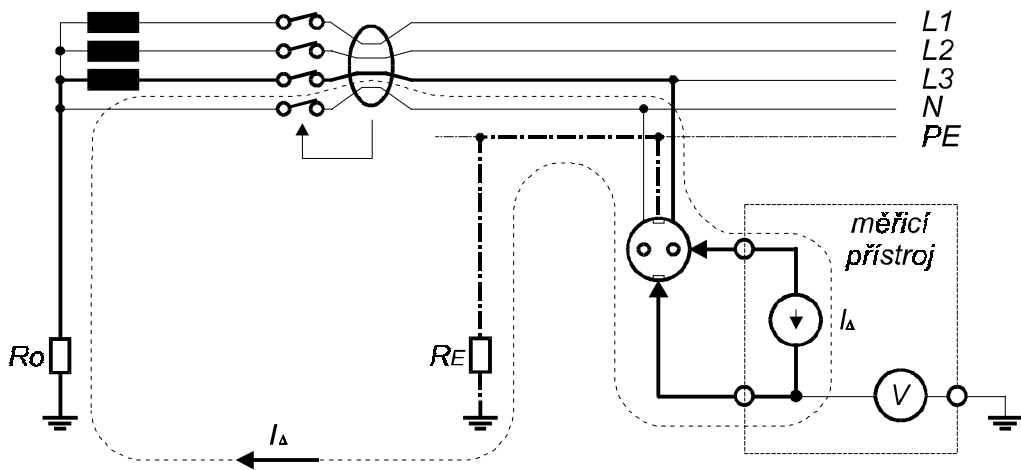
Princip měření by byl stejný i při použití měřiče impedance vypínací smyčky místo měřiče proudových chráničů. Jediný rozdíl je v tom, že impedance vypínací smyčky se měří podstatně větším proudem, takže může dojít k vybavení proudového chrániče. Vlivem většího měřicího proudu je však přesnost měření vyšší.

Pokud je zemní odpor  $R_E$  mnohem vyšší, než součet všech ostatních odporů v obvodu (což je v síti TT většinou splněno), pak můžeme napsat:

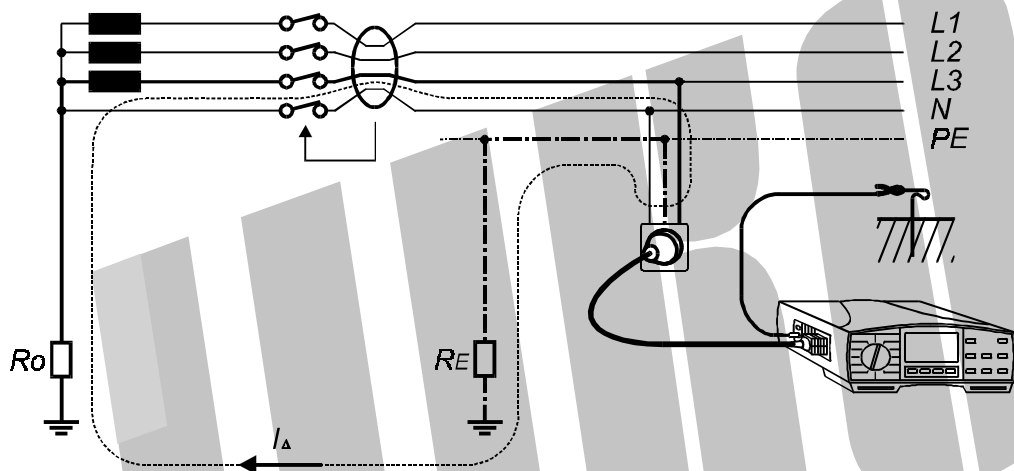
$$\text{Zobrazený výsledek} \approx R_E$$

## 5.2. Měření s použitím pomocné elektrody

Tato metoda je použitelná jak v sítích TT, tak TN. Princip měření je zobrazen níže. Eurotest 61557 automaticky rozezná, že je připojena pomocná elektroda, a podle toho zvolí způsob měření.



Obr. 17. Princip měření dotykového napětí v síti TT s pomocnou elektrodou



Obr. 18. Připojení přístroje

Výsledek měření v tomto případě bude:

$$\text{Zobrazený výsledek} = U_c / I_{\Delta} = R_E$$

kde:

- $U_c$ ..... Dotykové napětí měřené voltmetrem proti pomocné elektrodě. Je prakticky shodné s napětím na zemním odporu měřeného zemniče
- $I_{\Delta}$  ..... Měřicí proud (většinou polovina jmenovitého rozdílového proud. chrániče)
- $R_E$  ..... Zemní odpor

Literatura:

- [1] Vrhovec, A.: Measurement on electric installations in theory and practice
- [2] ČSN 33 2000-5-54
- [3] Kočvara, A.: Uzemňování elektrických zařízení. STRO.M Praha 1995.
- [4] ČSN EN 61557-5

© Jakékoliv šíření, kopírování nebo publikování tohoto článku nebo jeho částí je povoleno pouze s písemným souhlasem společnosti ILLKO, s.r.o.