

## METÓDY A PRAKTICKÉ POZNATKY PRI MERANÍ ODPOROV UZEMŇOVAČA

Ing. Michal SAHUL', MBA, Forrest s.r.o. Trenčín, člen Prezídia SEZ-KES

Uzemňovač je jedna zo súčastí celej uzemňovacej sústavy objektu. Vhodne navrhnutá, kvalitne vyhotovená a vyhovujúca uzemňovacia sústava je základom pre bezpečne a spoľahlivo fungujúce elektrické systémy inštalované v budove. Kvalitne vyhotovená uzemňovacia sústava je nevyhnutným predpokladom v systéme ochrany pred bleskom a atmosférickým prepätím, zároveň však plní základ mnohých ochranných opatrení pred zásahom elektrickým prúdom.

Na základe požiadavky v časti 6.4.2.3, písm. l) STN 33 2000-6: 2018, musí prehliadka potvrdiť okrem iného aj vhodnosť výberu a inštalovania uzemňovacích sústav. **Táto požiadavka stanovuje povinnosť odbornej prehliadky a skúšok (vrátane skúšok spojitosti) uzemňovacej sústavy ešte pred zaliatím základov či zahrnutím zeminou.**



Obr. 1 Fotozáznam z prehliadky uzemňovača pred zaliatím základov. Na obrázku nie sú vyhotovené dištančné podpery, vhodná protikorózna ochrana a ďalšie nedostatky.

Odpor uzemnenia LPS by nemal presiahnuť hodnotu  $>10 \Omega$  a vo všeobecnosti ho je možné merať ako:

- odpor uzemnenia každého miestneho uzemňovača, resp. uzemňovača na každom zvode pri rozpojenej skúšobnej svorke. Každý miestny uzemňovač sa meria jednotlivo pri skúšobnej svorke medzi zvodom a uzemňovačom,
- odpor uzemnenia celej uzemňovacej sústavy. Ak je napr. vyhotovenie uzemňovača v usporiadaní typu B, nie je možné fyzické oddelenie jednotlivých zvodov. V takom prípade vždy hovoríme o celkovom odpore uzemnenia uzemňovacej sústavy. Túto skutočnosť však musí revízny technik poznať predtým, ako zvolí meraciu metódu, nakoľko nie všetky meracie metódy sú vhodné a použiteľné na dosiahnutie platných výsledkov.

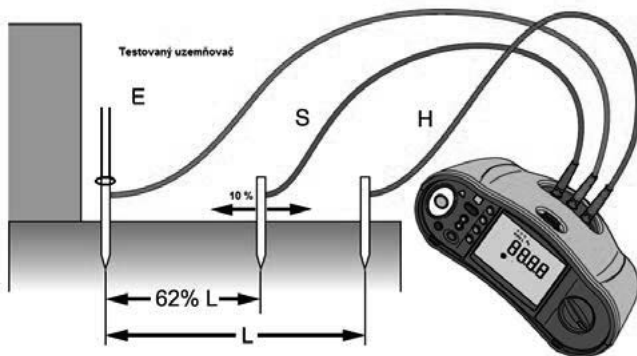
V súčasnosti sa na trhu nachádza značné množstvo meracích prístrojov, ktoré umožňujú merať odpor uzemnenia viacerými metódami. Keďže sa jednotlivé typy prístrojov navzájom líšia, je dôležité, aby revízny technik zvolil takú metódu merania, ktorá by zabezpečovala spoľahlivé výsledky. Metodika meraní odporu uzemnenia vychádza predovšetkým z požiadaviek STN 33 2000-6, čl. 6.4.3.7.2 prílohy C. V tejto časti pojednáva predovšetkým o skúšobných postupoch, ktoré sú uvádzané v uvedenej časti normy. Revízny technik samozrejme môže uplatniť aj iné metódy, prípadne kombináciu viacerých metód, avšak vždy musí byť prvoradá platnosť merania.

### **Skúšobné metódy merania odporu uzemňovača podľa STN 33 2000-6**

Základná norma, ktorá pojednáva o metódach meraní pri elektrických inštaláciách STN 33 2000-6 v článku 6.4.3.7.2 a v prílohe C, rieši metodiku merania odporu uzemnenia použitím troch skúšobných postupov. Postupy uvedené v norme sú chápané ako princípy merania, pričom primárnou skúšobnou metódou by mal byť postup C1 s dvomi pomocnými uzemňovačmi. Len v prípade, ak je umiestnenie inštalácie také, že nie je možné použiť metódu C1, sú alternatívnymi metódami metódy C2 (pomocou impedancie zemnej poruchovej slučky) a C3 (pomocou prúdových a napäťových klieští). V zmysle tejto požiadavky by mal revízny technik postupovať pri voľbe metódy merania, ideálne sú však kombinácie viacerých metód.

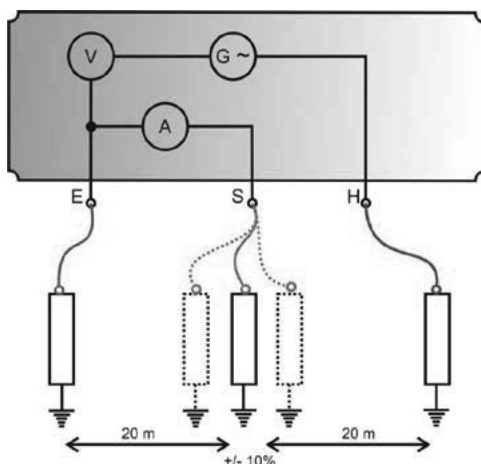
## Meranie odporu uzemňovača Metódou C 1 – primárne používaná metóda

Princíp merania touto metódou je založený na rozmiestnení meracích sond v okolí skúšaného uzemňovača. Meranie sa vykoná nasledovne. Po rozmiestnení sond podľa požiadaviek normy a návodu na obsluhu meracieho prístroja sa spustí meranie. Striedavý ustálený prúd prechádza medzi odpojeným uzemňovačom **E** a dočasnou pomocnou elektródou **H** umiestnenou v takej vzdialenosti od **E**, aby sa zóny odporu uzemnenia týchto dvoch uzemňovačov neprekrývali. Druhá dočasná skúšobná elektróda **S**, ktorou môže byť kovový hrot primerane zatlčený do zeme sa následne umiestni v polovičnej vzdialenosti medzi uzemňovačom **E** a elektródou **H**. Prístroj zväčša na princípe úbytku napätia medzi uzemňovačom **E** a elektródou **S** vyhodnotí elektrický odpor. Vo väčšine prípadov sa elektróda **S** umiestni vo vzdialenosti približne 20 m od **E** a **H**. Niektoré odporúčania výrobcov meracích prístrojov však uvádzajú princíp umiestnenia 62 % (Obr. 2) vzdialenosti medzi skúšaným uzemňovačom **E** a pomocnou elektródou **S**. Elektródy sa môžu usporiadať do priamky (Obr. 3), alebo do trojuholníka (Obr. 4). Spôsob rozloženia elektród sa volí vzhľadom na možnosti priestoru a podľa odporúčaní výrobcu meracieho prístroja.



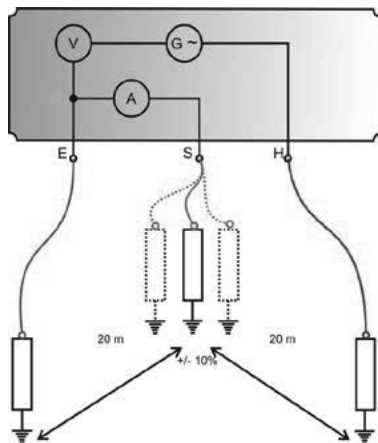
Obr. 2 Meranie odporu uzemňovača metódou C1 v princípe „62 %“ s použitím prístroja Fluke 1664FC. Zdroj: Sahuľ 2019

**Dôležitým faktom je, že výsledky meraní pri tejto metóde sú ovplyvnené správnym rozmiestnením pomocných elektród. Tie musia byť rozmiestnené tak, aby sa neprekrývali ich zóny uzemnenia. Zónu uzemnenia možno chápať ako priestor v zemi, kde sa prejavuje potenciál prechodom prúdu do zeme, resp. jeho zmena vo vzťahu k vzdialenosti od elektródy. V tomto zmysle je možné tvrdiť, že zóna tohto vplyvu začína v mieste umiestnenia elektródy a končí v mieste, kde sa potenciál mení už len zanedbateľne.**



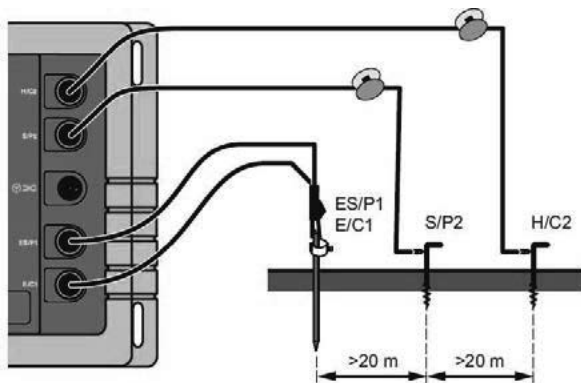
Obr. 3 Schéma merania odporu uzemňovača metódou C1 podľa STN 33 2000-6 s rozmiestnením elektród 20 m + 20 m v línii. Zdroj: Sahul' 2019

Z uvedených dôvodov je ideálne vykonať väčšie množstvo meraní, a to po premiestnení pomocnej elektródy S. Ak sú výsledky meraní takmer rovnaké, vypočíta a zaznamená sa priemer z nameraných hodnôt (aspoň z troch meraní). V prípade, ak sú hodnoty diametrálne odlišné, je predpoklad nesprávneho merania alebo rušenia. V takom prípade je vhodné toto meranie kombinovať s viacerými metódami.

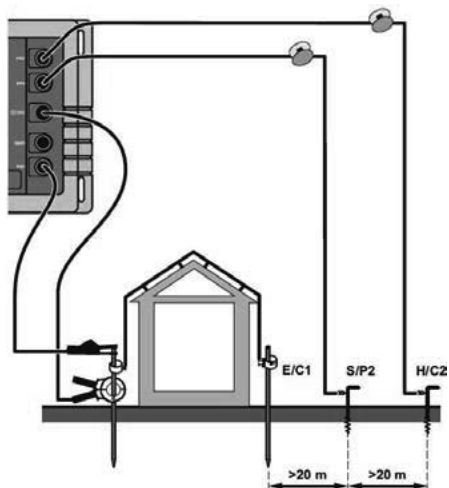


Obr. 4 Schéma merania odporu uzemňovača metódou C1 podľa STN 33 2000-6 s rozmiestnením elektród 20 m + 20 m v trojuholníku. Zdroj: Sahuľ 2019

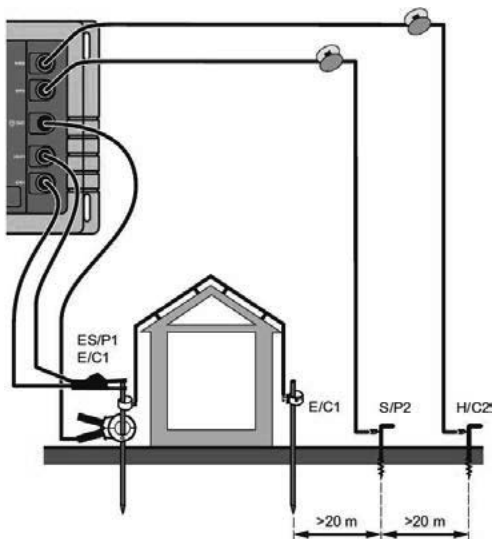
V prípade nevyhovujúcich výsledkov (napr. z dôvodu rušenia trolejového vedenia) je možné použiť štvorvodičovú metódu, resp. metódy doplnené o prúdové, resp. napäťové kliešte. V týchto prípadoch je nevyhnutné postupovať prednostne podľa pokynov výrobcu použitého meracieho prístroja. Pre názornosť je uvedených niekoľko nasledujúcich vyobrazení možného merania, s použitím viacvodičových metód a klieští. Tieto prípady sú ilustrované s použitím prístroja Fluke 1623-2, pričom vychádzajú z jeho návodu na obsluhu.



Obr. 5 Štvorpólové meranie odporu uzemňovača E. Testovaný uzemňovač je meraný dvoma meracími vodičmi (1.5 m). Zdroj: Sahuľ 2019



Obr. 6 Trojpólové meranie odporu uzemňovača E s prúdovými kliešťami. Túto zostavu možno použiť len ak je k dispozícii iný paralelný (miestny) uzemňovač v zostave typu A. Zdroj: Sahuľ 2019



Obr. 7 Štvorpólové meranie odporu uzemňovača E s prúdovými kliešťami. Túto zostavu možno použiť len ak je k dispozícii iný paralelný (miestny) uzemňovač v zostave typu A. Zdroj: Sahuľ 2019

## Meranie odporu uzemňovača Metódou C2 - alternatívna metóda

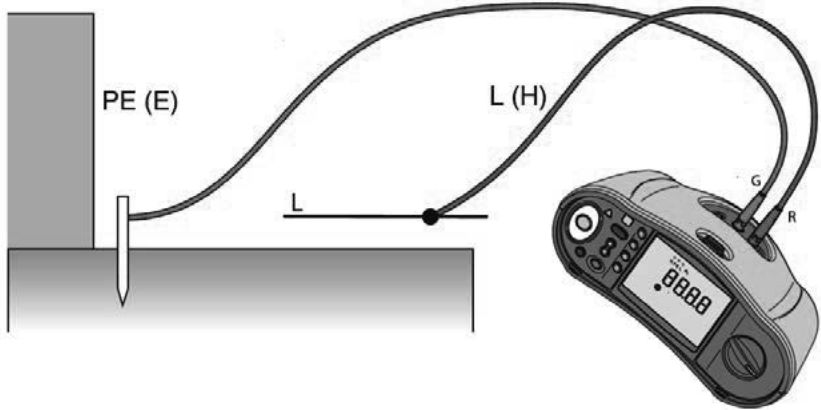
Táto metóda je založená na princípoch merania impedancie poruchovej slučky pri overovaní samočinného odpojenia napájania v prípade ochrany pred zásahom elektrickým prúdom. Jediným rozdielom je, že sonda, ktorá sa pri meraní impedancie poruchovej slučky pripája na ochranný vodič, je pri tomto meraní pripojená na meraný uzemňovač. Prístroj teda meria zemnú slučku. Tu je však nevyhnutné, aby pri meraní bola istota, že v obvode merania je zaradená zem (pôda) medzi uzemneným neutrálnym bodom zdroja (transformátora) a meraným uzemňovačom. Toto meranie sa spravidla vykonáva na začiatku elektrickej inštalácie.

Meranie sa vykonáva na živej strane hlavného vypínača (z bezpečnostných dôvodov) pri vypnutom napájaní inštalácie a dočasne rozpojeným prípojom medzi ekvipotenciálnou svorkovnicou a prípojnou ochranných vodičov v hlavnom rozvádzači. Počas merania je taktiež nevyhnutné prerušiť akékoľvek iné paralelné spojenia medzi uzemňovacou sústavou a ochrannými vodičmi inštalácie. Takými prípadmi môžu byť napr.:

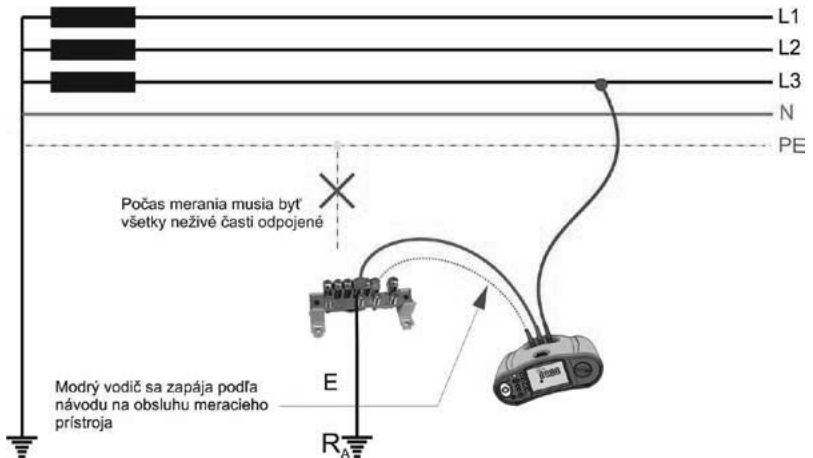
- vodiče doplnkového ochranného pospájania vyvedené k inštalovaným zariadeniam,
- vodiče pospájania cudzích neživých vodivých častí,
- vodiče ekvipotenciálneho pospájania,
- vodič uzemnenia v elektromerovom rozvádzači (ak je uzemňovacia sústava v zemi prepojená s elektromerovým rozvádzačom prípojky) a pod.

Odpor vodičov možno považovať v porovnaní s odporom zeme za zanedbateľný, avšak je potrebné zdôrazniť, že toto meranie nie je platné, pokiaľ nie je možné odpojiť všetky spojenia s ochrannými vodičmi. **Z tohto dôvodu možno konštatovať, že vo veľkých objektoch a prevádzkach toto meranie často nie je prakticky vykonateľné.**

Po vykonanom meraní je potrebné opätovne pripojiť odpojené vodiče a overiť ich spojitosť podľa STN 33 2000-6, časť 6.4.3.2.



Obr. 8 Meranie odporu uzemňovača metódou C2 s použitím prístroja Fluke 1664FC v režime merania impedancie poruchovej slučky. Zdroj: Sahuľ 2019

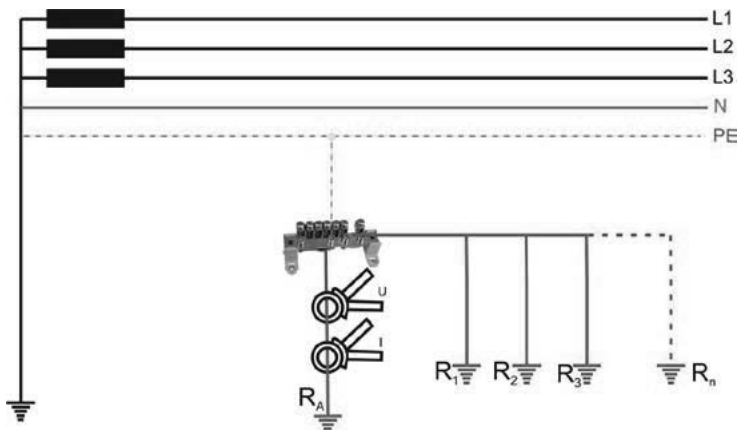


Obr. 9 Schéma merania odporu uzemňovača metódou C2 pomocou prístroja na meranie impedancie poruchovej slučky. Zdroj: Sahuľ 2019



## Meranie odporu uzemňovača Metódou C3 – alternatívna metóda

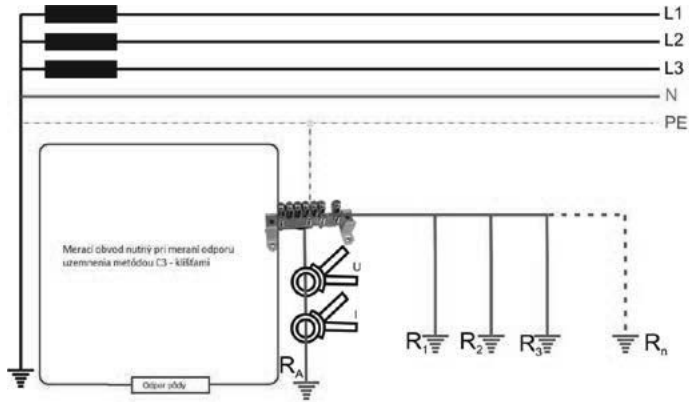
Toto meranie je chápané predovšetkým ako alternatívna metóda ak nie je meranie vykonateľné metódou C1. V princípe ide o meranie veľmi podobné metóde C2. Metódu je vhodné použiť, ak nie je reálne možné odpojiť uzemňovaciu sústavu, uzemňovače od prívodu, a teda od PEN/PE vodiča. Ide spravidla o väčšie objekty s viacnásobným pripojením elektrickej inštalácie k uzemneniu stavby. Meranie sa vykonáva prúdovými a napäťovými kliešťami.



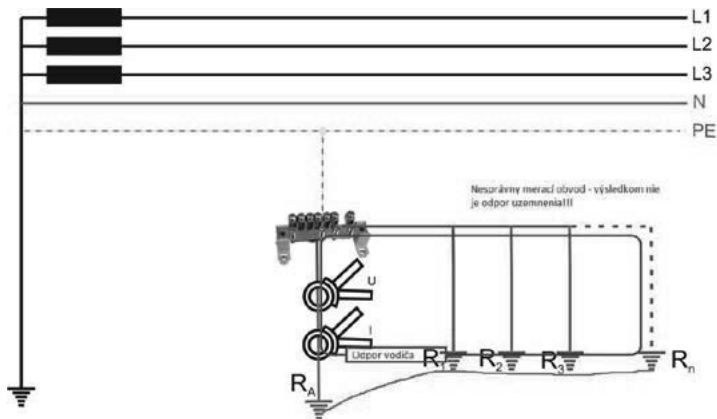
Obr. 10 Schéma merania odporu uzemňovača metódou C3 pomocou prúdových a napäťových klieští. Zdroj: Sahul' 2019

Podstata merania spočíva v tom, že napäťové kliešte indukujú meracie napätie do slučky, ktorá zahŕňa odpor uzemňovacej sústavy a prúdové kliešte súčasne merajú prúd. Výsledný odpor slučky sa určí podľa Ohmového zákona ako podiel napätia a prúdu.

Pri tejto metóde merania je však nevyhnutné upozorniť na fakt, že v meracom obvode sa musí nachádzať pôda. Je veľmi diskutabilné použitie tejto metódy pri uzemňovačoch typu B. Pre platné výsledky je nesmierne dôležité uviesť si, čo zahŕňa merací obvod. Veľmi častou chybou merania je v prípade uzemňovača typu B (vzájomného prepojenia jednotlivých zvodov v základoch), alebo prepojenia cez iné neživé časti. V takom prípade nie je reálne meraný odpor uzemia, ale „prechodový odpor“ určitej časti uzemňovacieho systému, alebo systému ekvipotenciálneho spájania.



Obr. 11 Vyobrazenie meracieho obvodu zahŕňajúceho pôdu. Takýto merací obvod v prípade metódy C3 je možné považovať za platný.



Obr. 12 Vyobrazenie nesprávneho meracieho obvodu. Takýto merací obvod v prípade metódy C3 nie je možné považovať za platný. Častá chyba pri uzemňovači typu B.

## Použitá literatúra

1. SAHUL', M.: Teoretické základy a praktické merania pre revíznych technikov. Bratislava, SEZ-KES 2019. 175 s. ISBN 978 – 80 – 972318 – 9 – 7
2. FLUKE 1623-2.: User manual, © 2014 Fluke Corporation. (Sahul' 2019)
3. FLUKE 1662/1663/1664 FC.: Uživatelská příručka, © 2015-2016 Fluke Corporation, October 2015, Rev. 1, 4/16 (Czech), (Sahul' 2019)