

MERANIE UZEMNENIA NA STACIONÁRNYCH OBJEKTOCH

Ing. Rudolf HUNA,

Ing. Patrik MACALÁK, ŠPE - CV, AOS gen. M. R. Štefánika, Demänová 393, 031 06 Liptovský Mikuláš 6

*V článku sú uverejnené teoretické a praktické poznatky z merania uzemnenia a rezistivity zeme, z merania uzemňovacích sústav, z merania odporov uzemnenia V-A a indukčnou metódou podľa STN 33 2000-5-54, STN 33 2000-6, STN EN 62305-1, 2, 3, 4 a iných. Prehľadovo naznačuje metodický postup revízneho technika pri praktickom meraní uzemnenia a rezistivity zeme. Uzemnenie elektrickej inštalácie/zariadenia spočíva vo vodivom spojení častí elektrickej inštalácie/zariadenia, uzla obvodu alebo vodivých predmetov v blízkosti elektrického obvodu so zemou. Súbor zariadení, ktoré umožňuje vodivé spojenie so zemou, sa nazýva **uzemňovacia sústava**, alebo skrátené **uzemnenie**. Uzemnenie, ako súčasť ochrany musí v spolupráci s ďalšími ochrannými opatreniami zabezpečiť ochranu osôb, zvierat a majetku (iných elektrických/elektronických zariadení) pred možným zásahom elektrickým prúdom a nežiaducim prepätím.*

ÚVOD

V súčasnom období s výrazným rozmachom elektroniky a rozširovania elektrotechnického trhu (telekomunikačných a informačných sietí, používaním veľkého množstva elektronických zariadení, elektrických spotrebičov napájaných s rozvodnej nn sieťou) narastá potreba zvyšovania ochrany pred možným zásahom elektrickým prúdom osôb, ktoré ich obsluhujú, alebo s nimi prídu do styku náhodným spôsobom. Bezpečnosť pri práci na elektrických zariadeniach pre stacionárne objekty a mobilné prostriedky je zabezpečená pomocou ochranných prvkov, ako sú:

- ochranné bezpečnostné prvky (ich úlohou je v krátkom čase spoľahlivo odpojiť chybné elektrické zariadenie od napájania nn siete - prúdový chránič).
- prvky nadprúdovej ochrany (ich úlohou je ochrana proti nežiaducemu nadprúdu, najmä v rozvodných nn sieťach - ističe, poistky, stykače, časové relé a pod.),
- prvky prepäťovej ochrany (ich úlohou je predovšetkým ochrana elektronických zariadení proti vonkajšiemu a vnútornému nežiaducemu prepätiu).

Jednou z nevyhnutných podmienok činnosti ochranných prvkov je získanie veľmi malej hodnoty odporu uzemnenia, čo je v praxi niekedy veľmi problematické dosiahnuť. Uzemnenie elektrických zariadení spočíva vo vodivom spojení častí elektrického zariadenia s potenciálom zeme. Uzemnenie (STN 33 2000-5-54), z hľadiska účelu musí zabezpečiť kvalitnú funkciu a ochranu elektrických zariadení.

Účelom uzemnenia je:

- chrániť elektrickú inštaláciu/zariadenia, stroje, prístroje pred účinkami nežiaducich prepätí a veľkých prúdov;
- zabezpečiť mechanickú ochranu a priemernú odolnosť proti korózii s ohľadom na predpokladané vonkajšie vplyvy;
- zvieť atmosférické bleskové prúdy, zemné poruchové prúdy a prúdy ochranných vodičov oproti zemi bez nebezpečenstva spôsobeného tepelnými, tepelno-mechanickými a elektromechanickými namáhaniami a pred zásahom elektrickým prúdom spôsobeným týmito prúdmi, obmedziť atmosférické prepätia z hľadiska ľudí, zvierat pred zásahom elektrickým prúdom pri dotyku a v okolí neživých vodivých častí ich odpojením pri poruche, alebo znížením dotykového/krokového napätia na bezpečnú hodnotu;
- zabezpečiť stále prevádzkové napätie vodičov trojfázovej sústavy voči potenciálu zeme;
- zabezpečiť správnu funkciu prvkov prepäťových ochrán a priraziak;
- odvieť do zeme náboj statickej elektriny na elektrických zariadeniach v priemyselnej činnosti;
- zabrániť korózii uzemnením jedného pólu katódovej ochrany a pod.

Zem sa vo všetkých prípadoch využíva ako vodič, ale aj ako prostriedok na zníženie potenciálu.

Uzemnenie elektrických zariadení sa realizuje tak, aby pri predpokladanom elektrickom a mechanickom namáhaní zostala zachovaná jeho kvalita a schopnosť vykonávať požadovanú funkciu. Typ uzemňovača sa volí podľa miestnych podmienok, podľa hodnoty rezistivity zeme, veľkosti nezastavaného priestoru, úpravy terénu, možnosti použitia mechanizačných prostriedkov a pod.

Dimenzovanie uzemňovačov a uzemňovacích prívodov sa vykonáva v súlade s STN 33 2000-5-54 pričom sa berú do úvahy požiadavky ako:

- hodnota odporu uzemnenia,
- hodnota prípustného napätia uzemňovacej sústavy,
- dovoľené medzné dotykové napätie a dovoľené krokové napätie (STN 33 2000-4-41),
- prúdová zaťažiteľnosť, tepelné namáhanie,
- mechanická odolnosť a odolnosť proti korózii.

Uzemňovacie sústavy sa môžu použiť súčasne alebo samostatne na **ochranné** a **funkčné** účely podľa požiadaviek elektrickej inštalácie. **Požiadavky na ochranu musia mať vždy prednosť.**

Funkčné uzemnenie elektrických zariadení do 1000 V AC a 1 500 V DC je určené na ustálenie napätia sústavy proti zemi, na zabezpečenie správnej činnosti rôznych zariadení (napr. informačných, zdravotníckych,...) a pre správnu činnosť zariadení na ochranu pred prepätím. Vytvára sa pri viac vodičových sústavách tak, že sa umelý stred, resp. neutrálny bod (uzol), príp. krajný vodič spojí so zemou. (Pri zemnom spojení jedného krajného vodiča nesmie prekročiť napätie v inom vodiči dovoľenú hodnotu, napr. v sústavách s napätím 400 V/230 V nesmie napätie na krajnom vodiči prevýšiť hodnotu 250 V proti zemi). Za účelom ochrany nn sústavy proti vniknutiu vn z inej sústavy sa neutrálny bod (uzol) zdroja nn, neutrálny vodič, alebo niektorý krajný vodič sústavy nn spojí so zemou a to buď priamo, alebo cez prierazku. Odpor uzemnenia musí byť taký, aby pri vniknutí vyššieho napätia na stranu nízkeho napätia (pri jedнопólovom zemnom spojení na strane vyššieho napätia) nevzniklo alebo nezostalo na neutrálnom alebo uzemňovacom vodiči, alebo na neutrálnom bode (uzle) vyššie napätie proti zemi ako 50 V AC.

Funkčné uzemnenie na ochranu pred prepätím sa zriaďuje za účelom zabezpečenia správnej činnosti ochranných prvkov, napr. zvodíčov prepätia. Odporúča sa, aby odpor uzemnenia nebol väčší ako **10 Ω** (STN EN 62305-3).

Ochranné uzemnenie sa zriaďuje na ochranu pred zásahom elektrickým prúdom, pred účinkami elektrických polí a atmosférickým výbojom. STN 33 2000-4-41 a STN 33 2000-5-54 odporúčajú základné podmienky ochrany v systémoch TN, TT a IT.

Požiadavky na uzemnenie bleskozvodov sú odporúčané najmä v STN EN 62305-3 a STN EN 62305-4. Ak sa požaduje uzemnenie na zaistenie ochrany a na zaistenie správnej funkcie zariadenia, prednostne sa uplatňujú požiadavky na zaistenie ochrany. Časti bleskozvodu, ktoré sú uložené priamo v zemi a sú vodivo spojené s pôdou, sa nazývajú uzemňovače. Spojenie zberacieho zariadenia bleskozvodu a uzemňovača sa zaisťuje pomocou uzemňovacieho vodiča, ktorý zaručuje trvalý spoj (zaskrutkovaním).

1. Termíny a definície

- **Neživá časť** – vodivá časť zariadenia, ktorej sa možno dotýkať a ktorá nie je zvyčajne živá, ale sa môže stať živou pri zlyhaní základnej izolácie.
- **Cudzia vodivá časť** – vodivá časť, ktorá nie je súčasťou elektrickej inštalácie a ktorá môže priviesť elektrický potenciál; zvyčajne je to elektrický potenciál miestnej zeme.
- **Zem** – vodivá hmota zeme, ktorej elektrický potenciál sa v každom bode podľa dohody považuje za nulový.
- **Referenčná zem** – časť zeme, ktorá sa považuje za vodivú, a ktorej elektrický potenciál sa pokladá po dohode za nulový a je mimo dosahu vplyvu akejkoľvek uzemňovacej sústavy.
- **Miestna zem** – časť zeme, ktorá je v elektrickom kontakte uzemňovača, a ktorej elektrický potenciál sa nemusí nevyhnutne rovnať nule.
- **Rezistivita zeme** (rezistivita - ρ [Ω m]) – podľa STN 33 2000-5-54 číselne je to odpor valca zeme s plochou priečneho rezu 1 m² a s dĺžkou 1 m v Ω .
- **Odpor uzemnenia** – odpor medzi uzemnením a vzdialenou zemou; určuje sa pomerom napätia uzemnenia proti vzdialenej zemi a prúdu pretekajúcim uzemnením.
- **Uzemnenie** – vytvorenie elektrického spojenia medzi určeným bodom elektrickej siete, elektrickej inštalácie alebo elektrického zariadenia a miestnou zemou; spojenie s miestnou zemou sa môže vykonať úmyselne alebo náhodne a môže byť pevné alebo prechodné.
- **Uzemňovač** – vodivá časť, ktorá sa môže vložiť do špecifického vodivého prostredia (napr. betónu), ktoré je v elektrickom kontakte so zemou.

- **Zhotovený (zostrojený) uzemňovač** – uzemňovač zámerne zhotovený na uzemnenie.
- **Náhodný uzemňovač** – vodivá časť uložená trvalo v zemi, vo vode, v betóne..., ktorá bola vybudovaná na iný účel ako na uzemnenie, ale dá sa využiť aj ako uzemňovač.
- **Nezávislý uzemňovač** – uzemňovač umiestnený od ostatných uzemňovačov v takej vzdialenosti, že sa ich elektrické potenciály význačne neovplyvňujú elektrickými prúdmi tečúcimi medzi zemou a ostatnými uzemňovačmi.
- **Podpovrchový uzemňovač** – uzemňovač uložený do hĺbky najviac 3 m.
- **Hĺbkový uzemňovač** – uzemňovač uložený do hĺbky väčšej ako 3 m.
- **Základový uzemňovač** – vodivá časť zakopaná v zemi pod základmi budovy alebo prednostne zapustená do betónu tvoriaceho základ budovy, ktorá má vo všeobecnosti tvar uzatvorenej slučky.
- **Uzemňovacia sústava** – súbor všetkých elektrických spojov a predmetov, ktoré sú súčasťou uzemnenia elektrickej siete, elektrickej inštalácie alebo elektrického zariadenia.
- **Uzemňovacia sieť** – časť uzemňovacej sústavy obsahujúca uzemňovače a ich vzájomné spoje.
- **Uzemňovací vodič** – vodič, ktorý zabezpečuje vodivé spojenie alebo časť vodivého spojenia medzi určeným bodom elektrickej siete, elektrickej inštalácie alebo elektrického zariadenia a uzemňovačom.
- **Hlavná uzemňovacia svorka HUS (hlavná uzemňovacia prípojnice)** – svorka alebo prípojnice, určená na spojenie ochranných vodičov, vrátane vodičov na ochranné pospájanie a vodičov na funkčné uzemnenie, ak sú s prostriedkami na uzemnenie.
- **Ekvipotencialita** – stav, v ktorom majú vodivé časti rovnaký elektrický potenciál.
- **Pospájanie, vyrovnanie potenciálov** – elektrické spojenie, ktoré zabezpečuje rovnaký potenciál rozličných neživých častí a cudzích vodivých častí.
- **Sieť pospájania** – súbor vzájomne prepojených vodivých štruktúr, ktoré poskytujú elektromagnetický zákryt pre elektronické systémy a obsluhu pri frekvenciách od jednosmerného prúdu po nízke rádiové frekvencie (RF); termín elektromagnetický zákryt znamená akúkoľvek štruktúru, ktorá sa používa na odklonenie, blokovanie alebo zadržanie prechodu elektromagnetickej energie; vo všeobecnosti sa sieť pospájania nemusí spojiť so zemou, ale podľa STN EN 50310 všetky siete pospájania spojenie so zemou majú.
- **Okružný vodič pospájania** – vodič uzemňovacej zbernice, ktorá tvorí spojený kruh; vo všeobecnosti má okružný vodič pospájania veľký počet prípojov do spoločnej siete pospájania a tak zlepšuje jej kvalitu.
- **Spoločná sieť pospájania** – základné prostriedky na účinné pospájanie a uzemnenie v telekomunikačných budovách; je to súbor kovových súčastí, ktoré sú zámerne alebo náhodne prepojené, aby tak tvorili základnú sieť pospájania v budove; tieto súčasti zahŕňajú oceľové konštrukcie alebo tyče na vystužovanie, kovové potrubia, silnoprúdové vodiče prenášajúce striedavý prúd, ochranné (PE), podpery káblov a vodiče na pospájanie; spoločná sieť pospájania je spojená so sieťou uzemnenia.
- **Ochranné uzemnenie na prácu** – uzemnenie zvyčajne živých častí na vykonanie prác bez nebezpečenstva zásahu elektrickým prúdom.
- **Funkčné uzemnenie** – uzemnenie bodu elektrickej siete, inštalácie alebo elektrického zariadenia na účely iné, ako je zabezpečenie ochrany.
- **Ochranné pospájanie** – vyrovnanie potenciálov na zaistenie bezpečnosti.
- **Ochranná impedancia** – predmet alebo zostava predmetov, ktorých impedancia a konštrukcia obmedzujú ustálený dotykový prúd a náboj na bezpečnú úroveň.
- **Impedancia uzemnenia** – impedancia medzi špecifikovaným bodom elektrickej siete, elektrickej inštalácie alebo elektrického zariadenia a referenčnou zemou pri určenej frekvencii.
- **Blesk do zeme** – elektrický výboj atmosférického pôvodu medzi mrakom a zemou, ktorý sa skladá z jedného alebo viacerých úderov.
- **Ochrana pred bleskom (LPS)** – súhrn opatrení slúžiacich na ochranu majetku (objektu), osôb a zvierat pred účinkami atmosférického výboja (blesku, indukovaných nábojov).
- **Zóna ochrany pred bleskom (LPZ)** – zóna, v ktorej je definované elektromagnetické prostredie blesku.
- **Vonkajší systém ochrany pred bleskom; bleskozvod** – časť LPS, ktorú tvorí zachytávacia sústava, sústava zvodov a uzemňovacia sústava.
- **Vnútrotný systém ochrany pred bleskom** – časť LPS, ktorú tvorí ekvipotenciálne pospájanie proti blesku a/alebo elektrická izolácia od vonkajšieho LPS.

- **Bleskozvod** – zariadenie slúžiace na ochranu objektu a jeho obsahu (osôb, zvierat) pred účinkami blesku.
- **Zachytávacie (zberacie zariadenie)** – časť bleskozvodu určená na zachytenie bleskového výboja.
- **Zberač** – vodivá časť zberacieho zariadenia vyčnievajúca nad chránený predmet (napr. kovová zberacia tyč a pod.).
- **Pomocný zberač** – zberač z drôtu, ktorého zvislá časť prečnieva asi 30 cm nad chránený predmet.
- **Zberacie vedenie** – vedenie uložené na chránenom objekte a určené na zachytenie blesku.
- **Zvod** – vodič vhodne umiestnený na objekte, ktorý slúži na zvedenie bleskového prúdu do uzemňovacej sústavy.
- **Hlavný zvod** – samostatné vedenie spájajúce zberacie zariadenie s uzemnením.
- **Náhodná súčasť LPS (zvod)** – vodivá súčasť, ktorá nebola inštalovaná na ochranu pred bleskom, ale ktorá sa môže dodatočne použiť na LPS, alebo ktorá môže v niektorých prípadoch jednou alebo viacerými časťami zabezpečiť funkciu LPS (náhodná zachytávacia sústava, náhodný zvod, náhodný uzemňovač).
- **Zásah blesku do objektu (priamy zásah blesku)** – blesk, ktorý udel do chráneného objektu a prešiel zasiahnutým predmetom (objektom, konštrukciou, stromom), osobou alebo zvieratom.
- **Zásah blesku v blízkosti objektu (nepriamy zásah blesku)** – zásah, ktorý udel v takej blízkosti chráneného objektu, že môže spôsobiť nebezpečné prepätia. Na vodivých predmetoch umiestnených na tomto mieste alebo na/v tomto objekte, sa prejavujú účinky blesku (indukované náboje, prepätie, prúdové rázy).
- **Prepätové ochranné zariadenie (SPD)** – zariadenie určené na obmedzenie prechodných prepätí a na zvedenie rázových prúdov; obsahuje aspoň jeden nelineárny prvok.
- **Indukovaný náboj** – elektrický náboj na vodivých predmetoch na/v objekte, vyvolaný indukciou od elektricky nabitého mraku alebo pri zásahu bleskom.
- **Elektromagnetický impulz blesku (LEMP)** – elektromagnetické účinky bleskového prúdu.

2. Uzemňovače a uzemňovacie systémy

Typ, materiály a rozmery uzemňovačov sa musia vybrať tak, aby odolávali **korózii** a aby mali primeranú **mechanickú pevnosť** pre určenú dobu životnosti.

POZNÁMKA 1: Z pohľadu korózie sa môžu zvažovať nasledujúce parametre: pH zeminy v mieste použitia, rezistivita zeminy, vlhkosť zeminy, bludný a unikajúci striedavý a jednosmerný prúd, chemická kontaminácia a blízkosť rozdielnych materiálov.

Pre bežne materiály používané pre uzemňovače uložené v zemi alebo v betóne sú minimálne rozmery, z pohľadu korózie a mechanickej pevnosti, uvedené v tab. 1.

POZNÁMKA 2: Minimálna hrúbka ochranného povlaku je väčšia pre vertikálne uzemňovače, ako pre horizontálne uzemňovače, z dôvodu ich väčšieho vystavenia mechanickým namáhaniam počas ukladania/stavby.

Účinnosť každého uzemňovača závisí od jeho konštrukcie a od miestnych pôdných podmienok. Musí sa vybrať jeden alebo viac uzemňovačov v závislosti od pôdných podmienok a vyžadovaného odporu proti zemi.

V prílohe D STN 33 2000-5-54 sú uvedené spôsoby odhadu odporu uzemňovača. Ak sa vyžaduje bleskozvodná ochranná sústava, platí kap. 5.4 STN EN 62305-3.

Príklady možných druhov uzemňovačov:

- základový uzemňovač uložený v zemi;
- kovové elektródy uložené priamo v zemi vertikálne alebo horizontálne (napríklad tyče, drôty, pásy, rúry alebo dosky);
- kovové plášte a iné kovové kryty káblov podľa miestnych podmienok alebo požiadaviek;
- iné vhodné kovové konštrukčné prvky v zemi (napríklad rúry) podľa miestnych podmienok alebo požiadaviek;
- zvarané kovové výstuhy (armatúry) betónu (s výnimkou predpätého betónu) uložené v zemi;
- základový uzemňovač uložený v betóne, STN 33 2000-5-54, príloha C – obr. 1.

Tab. 1 Minimálne rozmery uzemňovačov z bežne používaných uzemňovačov uložených v zemi alebo v betóne, slúžiace na zabránenie korózií a na zabezpečenie mechanickej pevnosti (STN 33 2000-5-54).

Materiál povrch	Tvar	Priemer	Prierez	Hrúbka	Hmotnosť povlaku [g/m ²]	Hrúbka povlaku plášťa [μm]
		[mm]	[mm ²]	[mm]		
Oceľ uložená v betóne (holá, pozinkovaná ponorením do taveniny alebo nehrdzavejúca)	Drôt s kruhovým prierezom	10				
	Plná páska alebo pás		75	3	63	70
Oceľ pozinkovaná ponorením do taveniny ^c	Pás ^b alebo tvarovaný pás/doska – Plná doska Mrežová doska		90	3	500	63
	Tyč s kruhovým prierezom inštalovaný vertikálne	16			350	45
	Tyč s kruhovým prierezom inštalovaný horizontálne	10			350	45
	Rúrka	25		2	350	45
	Lanovaný (uložený v betóne)		70			
	Priečny profil inštalovaný vertikálne		(290)			
Oceľ s výtlačne lisovaným medeným povlakom	Tyč s kruhovým prierezom inštalovaná vertikálne	(15)				2 000
Oceľ s elektrolyticky vylúčeným medeným povlakom	Kruhovú tyč pre hlboko zapustené uzemňovače	14				250 ^e
	Drôt s kruhovým prierezom inštalovaný horizontálne	(8)				70
	Pás inštalovaný horizontálne		90	3		70
Nehrdzavejúca oceľ ^a	Pás ^b alebo tvarovaný pás/doska		90	3		
	Tyč s kruhovým prierezom inštalovaný horizontálne	16				
	Drôt s kruhovým prierezom inštalovaný horizontálne	10				
	Rúrka	25		2		
Meď	Pás		50	2		
	Drôt s kruhovým prierezom inštalovaný horizontálne		(25) ^d 50			
	Plná tyč s kruhovým prierezom inštalovaná vertikálne	(12) 15				
	Lanovaný drôt	1,7 pre individuáln e vlákna drôtu				
	Rúrka	20		2		
	Plná doska			(1,5) 2		
	Mrežová doska			2		

Poznámka: Hodnoty v zátvorkách sú použiteľné iba na ochranu pred zásahom elektrickým prúdom, zatiaľ čo hodnoty mimo zátvoriek sú použiteľné na ochranu pred bleskom a na ochranu pred zásahom elektrickým prúdom.

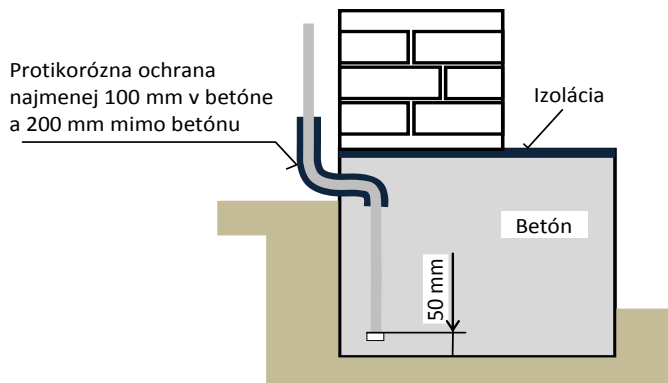
^a Chróm ≥ 16%, Nikel ≥ 5 %, Molybdén ≥ 2%, Uhlík ≤ 0,08%

^b Ako valcovaný pás, alebo strihaný pás so zaoblenými hranami.

^c Povlak musí byť hladký, neprerušovaný bez škvrn.

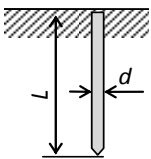
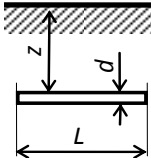
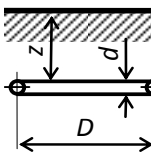
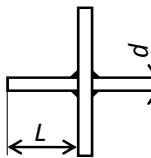
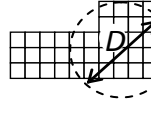
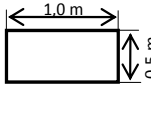
^d Ak skúsenosti ukážu, že nebezpečenstvo korózie a mechanickeho poškodenia je extrémne nízke, môže sa použiť prierez 16 mm².

^e Hrúbka má zabezpečiť odolnosť povlaku medi proti mechanickemu poškodeniu počas procesu inštalovania. Môže sa znížiť na nie menej ako 100 μm, ak sa podľa inštrukcii výrobcu uplatnia špeciálne opatrenia zabráňujúce mechanickemu poškodeniu medi počas inštalovania (napríklad vŕtané otvory alebo špeciálne ochranné hroty).



Obr. 1 Zhotovený základový uzemňovač

Tab. 2 Jednoduché výpočty pre výpočet odporu uzemnenia zhotovených uzemňovačov

Druh uzemňovača	Uloženie	Odpor uzemnenia (Ω) (exaktný vzorec)	Podmienky použitia	Odpor uzemnenia (Ω) (približný odhad)	Podmienky použitia	Poznámka
Tyč		$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{4L}{d}$	$L \gg \frac{d}{2}$	$R = 0,9 \cdot \frac{\rho}{L}$ prierez FeZn 25 až 60 mm Cu 15 mm	$L \gg \frac{d}{2}$ v rozmedzí $L=1$ až 3 m	
Pásový alebo drôtový vodič		$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2L}{d} + \ln \frac{L}{2\pi z} \right)$	$L \gg d$ $z \ll \frac{L}{4}$	$R = 2 \cdot \frac{\rho}{L}$	$L \gg d$ $z \ll \frac{L}{4}$ v rozmedzí $L=10$ až 50 m	pre pásový vodič šírky b $d = \frac{b}{2}$
Pásový alebo drôtový vodič v kruhu		$R = \frac{\rho}{2\pi^2 \cdot D} \cdot \left(\ln \frac{8D}{d} + \ln \frac{\pi D}{2z} \right)$	$D \gg d$ $z \ll \frac{D}{4}$	$R = 2,1 \cdot \frac{\rho}{L}$	$D \gg d$ $z \ll \frac{D}{4}$ $\frac{D}{z} \gg 10$	pre pásový vodič šírky b $d = \frac{b}{2}$
Pásový alebo drôtový vodič lúčový		$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2L}{d} + 1 \right)$	$L \gg d$	$R = 0,7 \cdot \frac{\rho}{L}$	$\frac{L}{4} \gg d$ $L < 30$ m	na povrchu zeme, prípadne v hĺbke $z \ll L$
Mrežová sieť				$R = \frac{\rho}{2D} + \frac{\rho}{L}$		pre sieť nekrúhového tvary s plochou S $D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$
Pravouhlá doska				$R = 0,8 \cdot \frac{\rho}{O}$ O – obvod dosky [m]	hrúbka dosky FeZn - 3 mm krížový profil	môže byť aj štvorec 0,5 m × 0,5 m 1 m × 1 m

Pri výbere druhu a hĺbky uloženia uzemňovača sa musí zvažovať možné mechanické poškodenie a miestne podmienky na minimalizovanie účinku vysychania a premrzania pôdy. Musí sa zvažovať elektrolytická korózia, ak sa v uzemňovacej sústave používajú rozdielne materiály. Pre vonkajšie vodiče (napríklad uzemňovací vodič) pripojené na základový uzemňovač uložený v betóne, prípoj vyrobený z ocele s galvanickým povlakom zinku sa nesmie uložiť v zemi. Uzemňovač uzemňovacej sústavy nesmie byť tvorený výlučne kovovou rúrou slúžiacou na prenos horľavých kvapalín alebo plynov a jej dĺžka v zemi sa nesmie brať do úvahy pri dimenzovaní uzemňovača.

Ak je použitá katodická ochrana a neživá časť jedného elektrického zariadenia napájaného zo sústavy TT je priamo pripojená na rúru, kovová rúra pre horľavé kvapaliny alebo plyny môže slúžiť ako jediný uzemňovač pre toto špecifické zariadenie.

Uzemňovače nesmú byť ponorené priamo vo vode potoka, rieky, rybníka, jazera a pod. Ak sa uzemňovač skladá z častí, ktoré treba zložiť, spojenie sa musí vykonať exotermickým zváraním, lisovanými konektormi, svorkami alebo inými vhodnými mechanickými konektormi.

Uzemňovacie vodiče

Uzemňovacie vodiče musia spĺňať požiadavky (543.1.1, 543.1.2, 542, 543, 544, NA STN 33 2000-5-54). Ich prierezy nesmú byť menšie ako 6 mm² pre meď alebo 50 mm² pre oceľ. Ak je holý uzemňovací vodič

uložený v zemi, jeho rozmery a vlastnosti musia byť tiež v súlade s tab. 1. Ak sa nepredpokladá tok pozorovateľného poruchového prúdu cez uzemňovač (napríklad v sústavách TN alebo IT), uzemňovací vodič sa môže dimenzovať podľa kap. 544.1.1 STN 33 2000-5-54. Hliníkové vodiče sa nesmú použiť ako uzemňovacie vodiče.

POZNÁMKA 3: Ak je na uzemňovač pripojený systém ochrany pred bleskom, prierez uzemňovacieho vodiča musí byť aspoň 16 mm² pre meď (Cu) alebo 50 mm² pre železo (Fe) STN EN 62305.

Pripojenie uzemňovacieho vodiča na uzemňovač sa musí vykonať spoľahlivo, musí mať schopnosť viesť elektrický prúd bez strát na vodivom spojení. Spoj musí byť vytvorený exotermickým zváraním, lisovanými konektormi, svorkami alebo inými mechanickými konektormi. Mechanické spojky sa musia inštalovať v súlade s inštrukciami výrobcu. Ak sa použije svorka, nesmie poškodiť uzemňovač alebo uzemňovací vodič.

Pripájacie zariadenia alebo armatúry, ktoré závisia výlučne od použitia spájky sa nesmú použiť samostatne, lebo spoľahlivo nezabezpečujú primeranú mechanickú pevnosť.

Hlavná uzemňovacia svorka (HÚS)

V každej inštalácii, v ktorej sa použije ochranné pospájanie, musí sa zriadiť hlavná uzemňovacia svorka, s ktorou sa musia spojiť:

- vodiče na ochranné pospájanie;
- uzemňovacie vodiče;
- ochranné vodiče;
- vodiče na funkčné uzemnenie, ak sa vyžadujú.

Nie je zámerom pripojiť každý jednotlivý ochranný vodič priamo na hlavnú uzemňovaciu svorku, ak sú tieto vodiče pripojené na túto svorku cez iné ochranné vodiče. Hlavná uzemňovacia svorka budovy sa môže vo všeobecnosti použiť na funkčné uzemnenie. Na ciele použitia informačných technológií sa pokladá za pripájací bod do sústavy uzemňovača. Ak je zriadená viac ako jedna uzemňovacia svorka, všetky takéto svorky sa musia vzájomne prepojiť. Každý vodič pripojený na hlavnú uzemňovaciu svorku sa musí dať samostatne odpojiť. Tento spoj musí byť spoľahlivý a rozpojiteľný iba pomocou nástroja.

3. Meranie rezistivity zeminy/podložia

Pred výstavbou stacionárnych objektov/stavieb alebo zdrojov napájania/rozvodných závodov, energetických zdrojov/mobilných prostriedkov elektrických je potrebné zistiť pre potreby prevádzky a ochrany, sa nachádza najnižšia hodnota rezistivity zeminy/podložia. Na základe získaných poznatkov o rezistivite zeminy, jej zloženia vykoná projektant výpočtom a následným meraním vlastný návrh uzemňovacieho systému, ktorý bude spĺňať požiadavky na celkový odpor uzemnenia. Existuje veľké množstvo faktorov, ktoré vplyvajú na rezistivitu zeminy/pôdy, zloženie podložia je jedným z nich. Podlošie/zemina je zriedkakedy a rezistivita pôdy sa bude meniť jej geografickou hĺbkou. Ďalším faktorom, ktorý vplyva na rezistivitu zeminy je vlhkosť alebo množstvo vody v zemine. Obsah vlhkosti sa mení podľa ročného obdobia, mení sa podľa povahy vrstiev v podloží a hĺbky stálej vodnej hladiny. V tab. 3 sa nachádzajú najčastejšie typy pôdneho fondu/zeminy a ich vplyv na jej rezistivitu. Rezistivita je závislá najmä od vlhkosti. Vlhosť je prítomná všade v zemine/pôde, preto je možné predpokladať, že so zmenou teploty sa bude meniť aj rezistivita zeminy/pôdy. Tieto zmeny môžu dosahovať až 50% jej hodnoty.

Tab. 3 Rezistivita zeminy/pôdy podľa druhu podložia a prepočítaný odpor uzemňovača

Typ zeminy/podložia	Rezistivita zeminy/pôdy ρ_E [Ωm]	Odpor uzemnenia (Ω)					
		Uzemňovač hĺbka [m]			Uzemňovací pás dĺžka [m]		
		3	6	10	5	10	20
Vlhký humus, močiar	30	10	5	3	12	6	3
Poľnohospodárska pôda	100	33	17	10	40	20	10
Piesková hlina	150	50	25	15	60	30	15
Vlhký piesok	300	66	33	20	80	40	20
Suchý piesok	1000	330	165	100	400	200	100
Betón 1:5	400	-	-	-	160	80	40
Vlhký štrk	500	160	80	48	200	100	50
Suchý štrk	1000	330	165	100	400	200	100
Kamenistá zem	30000	1000	500	300	1200	600	300
Skala	10 ⁷	-	-	-	-	-	-

Vplyv ročného obdobia na zmeny rezistivity zeminy/podložia

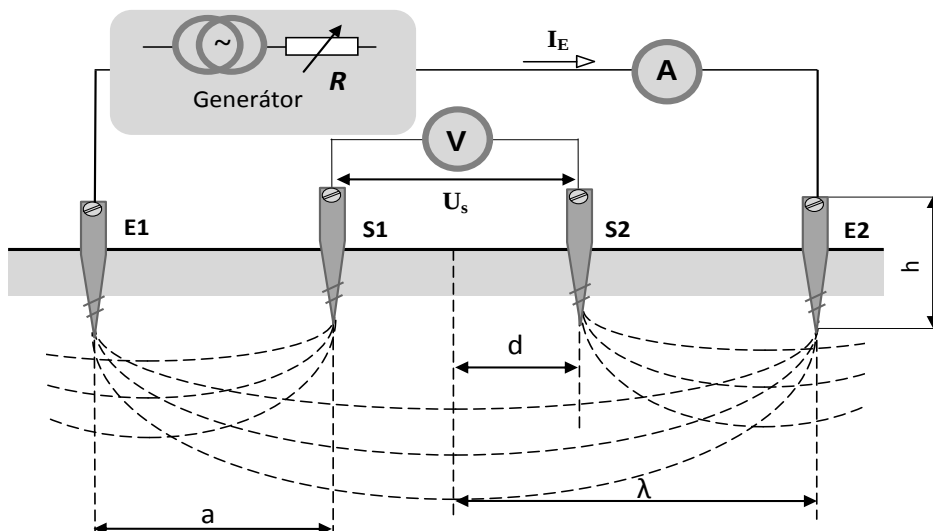
Rezistivita zeminy závisí od zloženia pôdneho fondu/podložia, vlhkosti a teploty. Rezistivita zeminy sa mení počas roka všade tam, kde zmeny ročného obdobia prinášajú so sebou zmeny vlhkosti a teploty pôdy. Preto uzemňovacie systémy by mali byť navrhnuté pre najhoršie možné podmienky. Zemina a voda sú všeobecne viac stabilné vo väčšej hĺbke (nad 3 m) a preto sa odporúča, aby uzemňovače boli uložené ak je to technicky/ekonomicky možné v čo najväčšej hĺbke až pod úroveň vodnej hladiny. Uzemňovače by sa mali inštalovať v takých hĺbkach, kde je zabezpečená stabilná teplota napr. tam, kde nedochádza pri veľkých mrazoch k zamrzávaniu zeminy/podložia. Zemina, ktorá je nízkej rezistivity je často korózna z dôvodu prítomnosti vody a solí, čím sa môže narušovať celkové uzemnenie a spoje. Z uvedeného dôvodu je potrebné vykonávať v krátkom časovom období periodickú kontrolu/revíziu uzemňovacích sústav (STN EN 62305-3). V prípade vysokého odporu uzemnenia, je potrebné vykonať opatrenie na zníženie hodnoty odporu uzemnenia napr. nekorodujúcim ekologickým gélom (Conductiver plus).

3.1 Geoelektrické meranie rezistivity zeme/podložia pomocou Wennerovej metódy

Rezistivita zeme/podložia sa mení podľa jej zloženia (obsah soli, vody, teploty, tlaku – zmena podľa ročného obdobia):

- najväčšia hodnota (horúce a suché leto, veľké mrazy),
- najmenšia hodnota (dlhodobé daždivé počasie, veľká vlhkosť).

Zmeny hodnôt rezistivity zeme/podložia oproti priemeru sú v pôdnom fonde s rovnakým zložením počas roka bežné. Hodnoty sú overené dlhodobým meraním za rôznych klimatických podmienok.



Obr. 5 Geoelektrické meranie rezistivity zeme/podložia pomocou Wennerovej metódy

Princíp geoelektrického merania je založený na priamom uložení kovových elektród E1, E2 v rovnakej vzdialenosti od seba, ktoré sú pripojené na zdroj napätia. Striedavý elektrický prúd I_E je zvedený zo zdroja napätia do zeme, čím sa vytvorí v zemi prúdové pole (obr. 5).

Pri elektricky homogénnej a izotropnej pôde smerujú silové čiary medzi elektródami E1 a E2, pričom ekvipotenciálne krivky sú na seba kolmé. Keď sa vložia medzi elektródy E1, E2 sondy S1, S2 v jednej priamke je potom vzdialenosť $E1S1 = S1S2 = S2E2 = a$; potom je možné zmerať na povrchu zeme rozdiel napätia U_s medzi ekvipotenciálnymi plochami a podľa Ohmovho zákona vypočítať rezistivitu zeminy/podložia.

$$R = \frac{U_s}{I_E} \quad \Omega ;$$

Rezistivita zeminy/podložia zemných vrstiev sa vypočíta zo vzťahu:

$$\rho = R \cdot k \quad \Omega m ;$$

k – geoelektrická konštanta vzdialenosti medzi elektródami a sondami; označuje sa ako konfiguračná konštanta;

Keď sa označí polovičná vzdialenosť elektród E1, E2, ako λ a polovičná vzdialenosť sond S1, S2, ako d potom konfiguračná konštanta k sa vypočíta zo vzťahu (obr. 5).

$$k = \frac{\pi}{2} \frac{\lambda^2}{2} - d \quad m ;$$

Ak $\lambda = 3d = \frac{3}{2}a$ a $d = \frac{a}{2}$ potom $k = 2 \cdot \pi \cdot a$

Rezistivita zeme/podložia $\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R \quad \Omega m ;$

Uvedený vzťah platí vtedy, keď hĺbka **h** zaradenia/uloženia elektród vzhľadom k vzdialenosti **a** do zeme je malá;

V praxi uzemňovacie elektródy musia byť v jednej línii a v rovnakej vzdialenosti jedna od druhej a s ohľadom na meranú hĺbku **h**. Uzemňovacie elektródy sú uložené v hĺbke (**h** = cca 1/3 vzdialenosti medzi uzemňovacími elektródami **a**). Súčasné meracie prístroje na meranie rezistivity zeme/podložia generujú známy konštantný prúd medzi dvoma vonkajšími uzemňovačmi **E1**, **E2** a pokles potenciálu (ktorého výsledkom je rezistivita zeme/podložia v Ω , automaticky nameraná medzi dvoma vnútornými uzemňovačmi **S1**, **S2**). Pretože merania sú často rušené a ovplyvnené vodivými (kovovými) časťami nachádzajúcimi sa v zemi, spodnými vodnými hladinami a pod., ďalšie merania sa odporúčajú vykonávať otočením osi uzemňovacích elektród o 90°. Opakovanou zmenou hĺbky **h** a vzdialenosti sond **S1**, **S2** vznikne profil, ktorý môže určiť optimálny uzemňovací systém. Meranie rezistivity zeme/podložia je často rušené zemnými prúdmi a harmonickými frekvenciami. Aby sa odstránili tieto nežiaduce faktory používajú súčasné meracie prístroje pre meranie uzemnenia automatický systém riadenia frekvencie (AFC), ktorý si automaticky zvolí testovaciu frekvenciu s najmenším rušením, aby výsledná hodnota bola čo najpresnejšia.

Na návrh jednoduchých uzemňovačov postačí zistiť rezistivitu zeminy/podložia do hĺbky 1 m tak, že sa zmeria odpor uzemnenia tyče alebo rúrky s priemerom 20 mm uloženej/zarazenej do hĺbky 1 m. Rezistivita ρ v $\Omega \cdot m$ sa vypočíta podľa vzťahu:

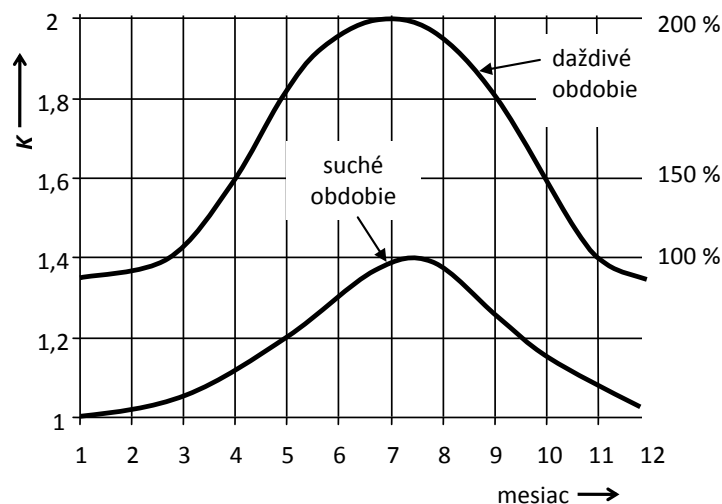
$$\rho = 1,12 \cdot R \quad \Omega m ;$$

Kde: *R* je nameraný odpor uzemnenia tyče, v Ω .

Na **presné meranie rezistivity zeme/podložia** je potrebné použiť vzťah, ktorý uvažuje s hĺbkou uloženia uzemňovacích elektród **h**.

$$\rho = \frac{4\pi a \cdot R}{1 + \frac{2a}{a^2 + 4h^2} - \frac{2a}{4a^2 - 4h^2}} \quad \Omega m ;$$

Takto zmeraná rezistivita zeme/podložia je stredná hodnota rovnajúca sa hodnote približnej vzdialenosti sond **S1**, **S2**. Vplyv zmeny do hĺbky 3 m je závislý aj od zmeny ročného obdobia. Táto zmena sa eliminuje vynásobením mernej rezistivity zeme/podložia korekčným koeficientom **K** (obr. ND.2 STN 33 2000-5-54) podľa odporúčaných kriviek obr. 6. Táto hodnota je smerodajná pre navrhované uzemnenie.



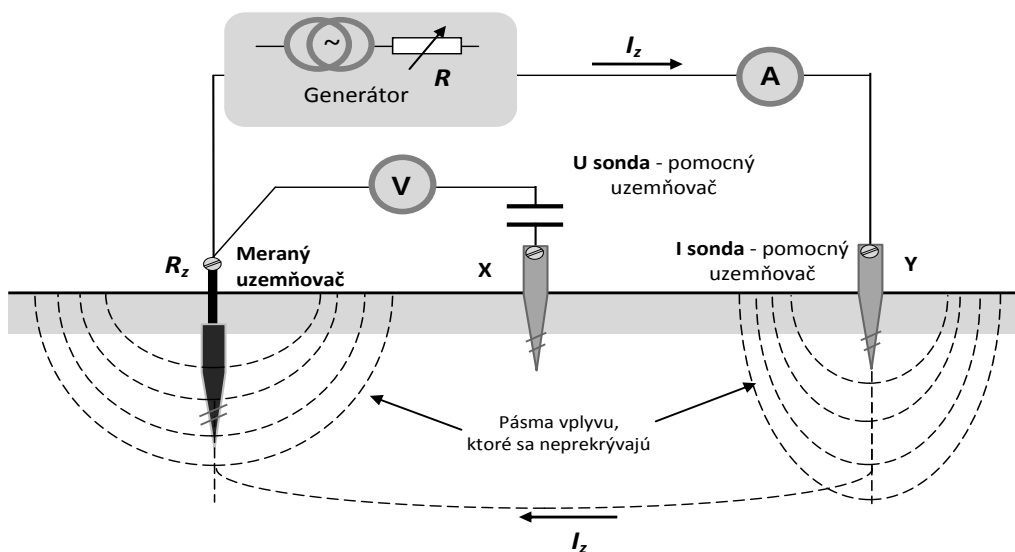
Obr. 6 Závislosť korekčného koeficienta **K** na ročnom období

4. Meranie uzemnenia pre potreby stacionárnych objektov

Uzemnenie elektrických zariadení a ochranných vodičov elektrickej inštalácie je určené k vyrovnaní potenciálov medzi neživými časťami elektrického zariadenia a zemou. Uzemnenie je hlavným prostriedkom ochrany pred nebezpečným dotykom s neživými vodivými časťami v prípade poruchy a to samočinným odpojením pri poruche v sústavách napájania TT, s izolovaním od zeme v sústavách IT, alebo s prepojením neživých vodivých častí s uzlom zdroja v sústavách TN. V prípade poruchy izolácie medzi živými a vodivými neživými časťami dochádza k prechodu elektrického prúdu uzemnením. Na uzemnení vzniká úbytok potenciálu - napätie proti zemi. Zmena potenciálu v okolí uzemňovača nie je skoková, na uzemňovači vzniká napätie chránenej neživej vodivej časti. Čím sa zvyšuje vzdialenosť od uzemňovača, tým viac sa potenciál blíži k vzdialenej zemi - neutrálnemu potenciálu (bodu). V okolí uzemňovača (najmä v okolí tyčového uzemňovača) sa vytvára tzv. lievik. Na obr. 7 je znázornené rozdelenie potenciálu medzi meraným uzemňovačom R_z a pomocným uzemňovačom Y s umiestnením pomocnej napäťovej sondy X . V okolí meraného uzemňovača R_z , ktorého odpor by mal omnoho menší než odpor pomocného uzemňovača Y sa vytvára rozsiahly napäťový lievik, než v okolí pomocného uzemňovača Y , avšak úbytok napätia je väčší na pomocnom uzemňovači Y . Prakticky celé napätie, ktoré je zdrojom prúdu (prechádza meraným uzemňovačom R_z) zostáva na pomocnom uzemňovači. Predradným odporom R je potrebné vzhľadom na bezpečnosť merania nastaviť max. hodnotu na 10 mA. V súčasnosti uvedený princíp merania využívajú multifunkčné procesormi riadené meracie prístroje.

4.1 Meranie uzemnenia V-A metódou - princíp

Meranie odporu uzemnenia (uzemňovacej sústavy) vychádza z princípu merania úbytku napätia U_z na uzemňovači/uzemňovacej elektróde, ktorým prechádza meraný prúd I_z do zeme.



Obr. 7 Princíp merania odporu uzemnenie V-A metódou

Úbytok napätia vzniká len v blízkosti uzemňovačov (R_z , Y) ktorými prechádza prúd (obr. 7). Ak sú obidva uzemňovače (R_z , Y) od seba dostatočne vzdialené (minimálne 25 m), potom v priestore medzi nimi (označovanom ako neutrálna zem) nevytvára prechádzajúci prúd skoro žiadne úbytky napätia.

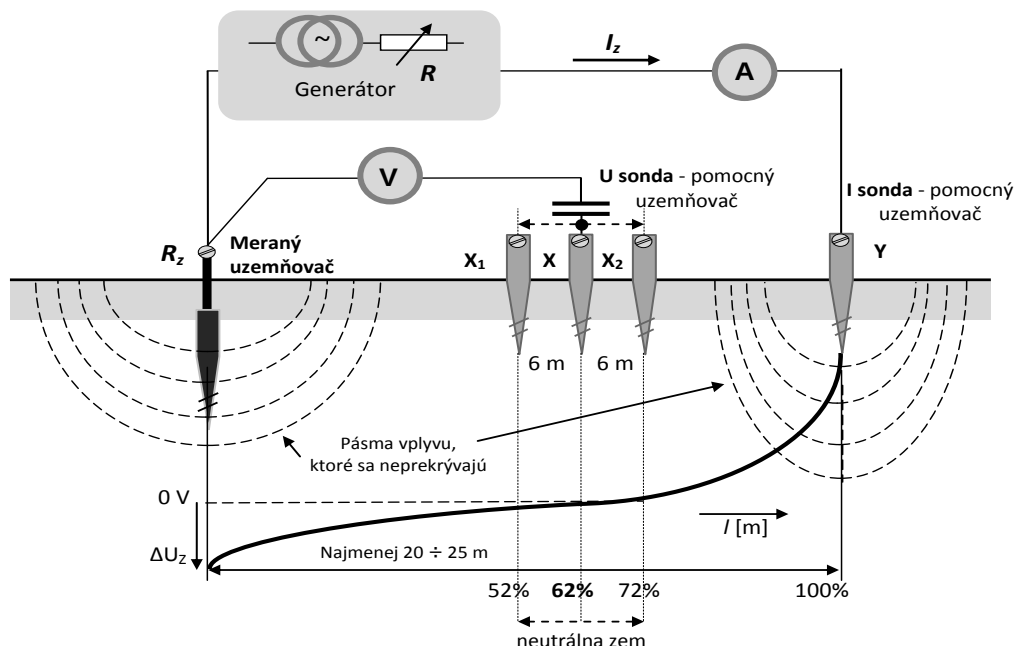
$$R_z \leq \frac{\Delta U_z}{I_z} \quad \Omega ;$$

Kde: ΔU_z - poruchové napätie - umelo vytvorené skúšobným zdrojom,
 I_z - poruchový prúd nameraný pri umelo vyvolanej poruche.

4.2 Meranie uzemnenia - Metóda 62%

Meracia metóda využíva pre meranie odporu uzemnenia dve pomocné elektródy X – napäťovú a Y – prúdovú. Pomocné meracie elektródy a vlastný uzemňovač sú umiestnené v takej vzdialenosti pri meraní, aby nedošlo k ovplyvňovaniu samotného merania, (nepresnosť výslednej hodnoty odporu

uzemnenia). Ideálne umiestnenie **U sondy – pomocnej elektródy** je vo vzdialenosti **62%** medzi **R_Z – meraným uzemňovačom** a **Y – prúdovou sondou**. Zmenou vzdialenosti o 10% (± 6 m) od bodu X na obidve strany (X_{1,2}) by nemalo dôjsť pri správnom meraní k veľkej zmene nameranej hodnoty (zistenie vplyvu zemných potenciálov). Pre dôveryhodné hodnoty odporu uzemnenia je potrebné medzi elektródami **R_Z** a **Y** dodržať vzdialenosť cca 25 m.



Obr. 8 Meranie uzemnenia - Metóda 62%

4.3 Meranie uzemnenia - Môstiková metóda

Metóda používa na stanovenie odporu uzemnenia jednotlivých uzemňovačov s odporom uzemnenia väčším, ako 0,5 Ω. Merania sa vykonávajú prístrojmi na priame meranie odporu uzemnenia. Ak nie je možné v dôsledku rušenia/sféry vplyvu vyrovnať mostík meracieho prístroja, nemožno takéto prístroje použiť.

Pomocné elektródy (uzemňovače) sa rozmiestňujú v takej vzdialenosti od meraného uzemňovača, aby ich vzájomné ovplyvňovanie bolo čo najmenšie. Táto podmienka je splnená vtedy, keď elektródy (uzemňovače) sú rozmiestnené v jednej priamke podľa možnosti kolmo na dlhší rozmer uzemňovača vo vzdialenostiach podľa obr. 9.

Odpor **R_Z** (uzemňovač Z), odpor pomocnej prúdovej sondy **R_P** (sonda P), odpor pomocnej napäťovej sondy **R_S** (sonda S) predstavujú ideálnu zem. Prúd **I** preteká zo zdroja prúdu cez merací odpor **R_N**, odporom **R_Z** (uzemňovač Z), odporom **R_P** (sonda P). Na odpore **R_Z** vzniká úbytok napätia **U_Z**, ktorý sa zmeria pomocou napäťovej sondy S (odpor **R_S**). Prúd **I** vytvára na odpore **R_n** úbytok napätia **U_n**.

Potom platí: $U_n = I \cdot R_n \rightarrow I = \frac{U_n}{R_n}$

$$U_Z = I \cdot R_Z$$

$$R_Z = \frac{U_Z}{I} = U_Z \cdot \frac{R_n}{U_n} \quad \Omega ;$$

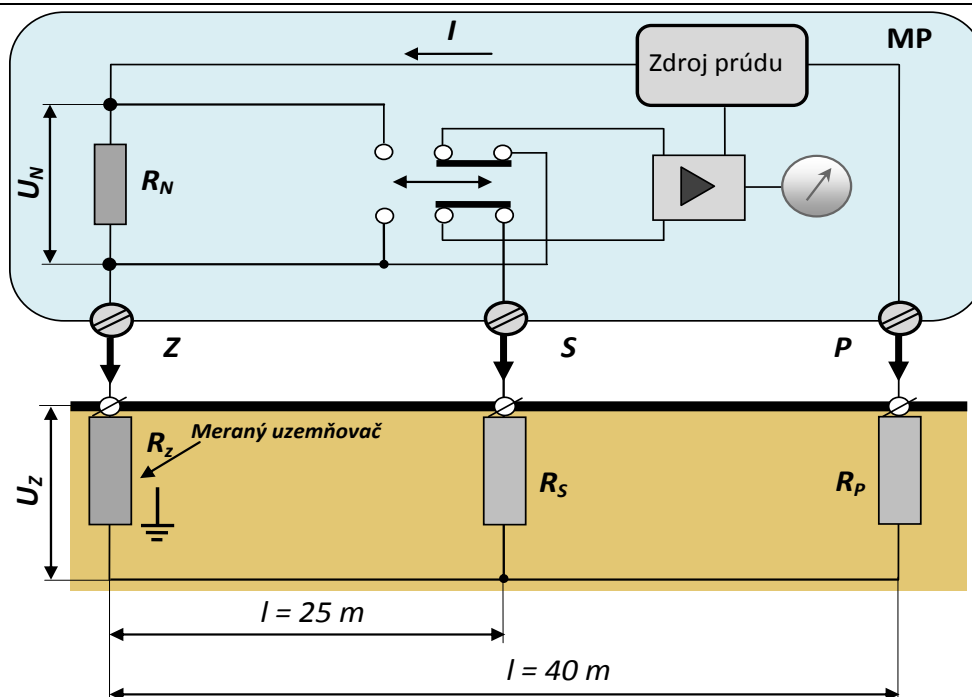
Pre dané meranie je prúd **I** konštantný, merací prístroj je na výstupe zosilňovača priamo očiachovaný v ohmoch.

Pre meranie na jednoduchých uzemňovačoch je:

- dĺžka (vzdialenosť) pomocnej prúdovej sondy **P** od meraného uzemňovača **R_Z** - 40 m; ($P \leftrightarrow R_Z$)
- dĺžka (vzdialenosť) pomocnej napäťovej sondy **S** od meraného uzemňovača **R_Z** - 25 m; ($S \leftrightarrow R_Z$)

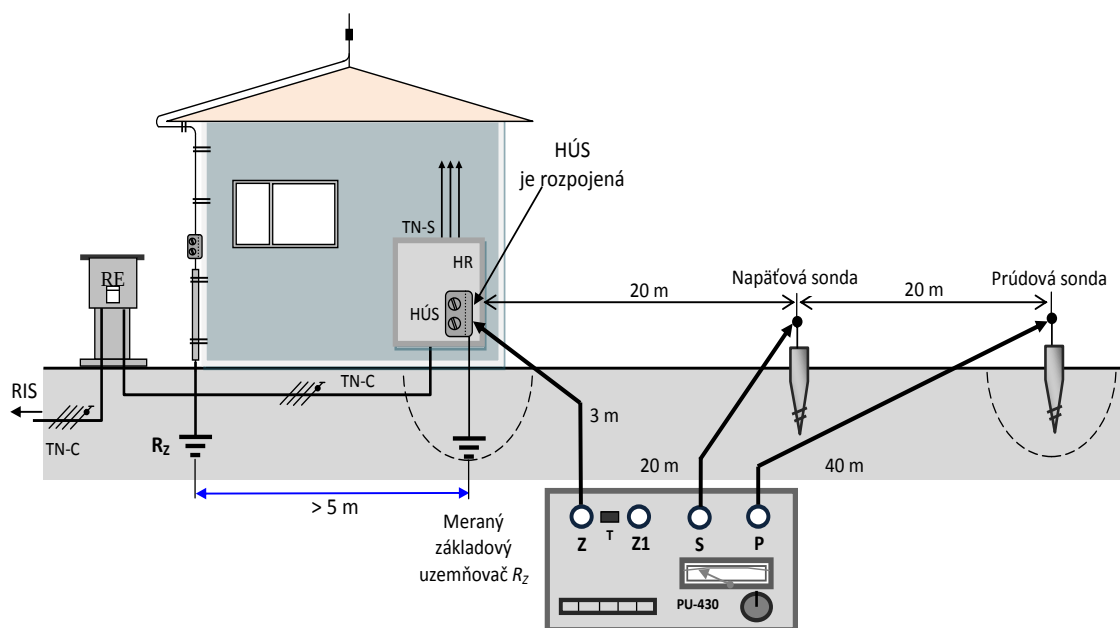
Pre meranie na zložitých uzemňovačoch, alebo na mrežovej sieti je:

- dĺžka (vzdialenosť) pomocnej prúdovej sondy **P** od meraného uzemňovača **3 x** najväčší rozmer alebo uhlopriečka uzemňovača;
- dĺžka (vzdialenosť) pomocnej napäťovej sondy **S** od meraného uzemňovača **R_Z**; $0,62 \cdot P \leftrightarrow R_Z$



Obr. 9 Princíp merania odporu uzemnenia porovnávacou metódou a rozmiestnenie pomocných uzemňovačov pre jednoduchý uzemňovač

4.3.1 Príklad priameho merania uzemnenia na stacionárnom/stavebnom objekte



Obr. 10 Príklad merania odporu uzemnenia R_z v HR stacionárneho/stavebného objektu

4.4 Meranie odporu uzemnenia pomocou vonkajšieho zdroja napätia za použitia pomocnej elektródy

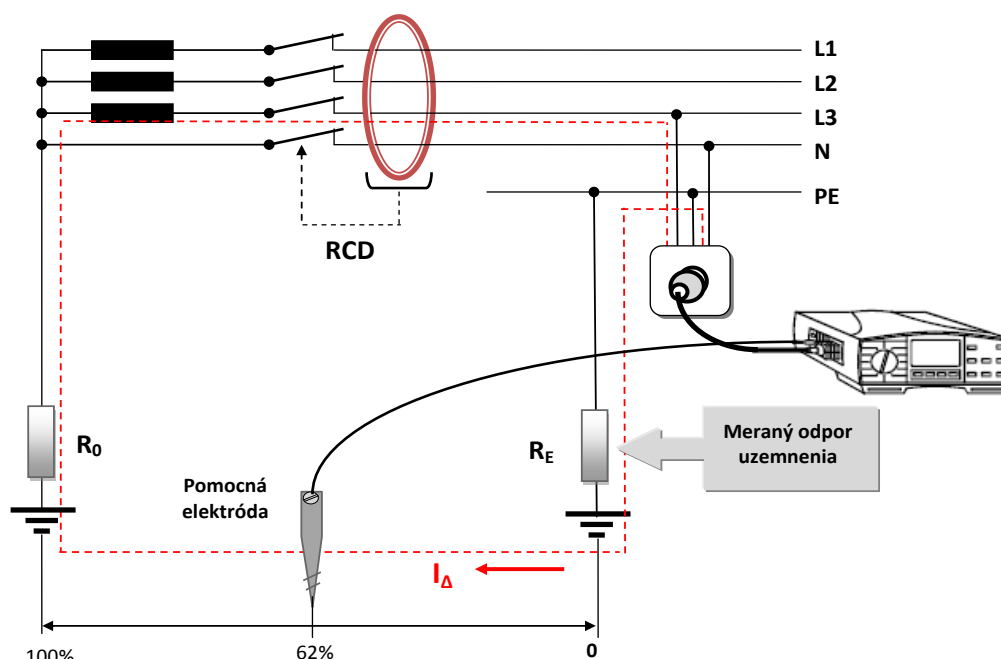
$$R_E = \frac{U_C}{I_\Delta} [\Omega];$$

kde: U_C - dotykové napätie merané voltmetrom na pomocnej elektróde. Je rovnaké ako napätie namerané na odpore uzemnenia meraného uzemňovača/elektróde;

I_Δ - merací prúd (väčšinou polovica menovitého rozdielového prúdu RCD);

R_E - odpor uzemnenia.

POZNÁMKA 4: Meracie napätie sa využíva zo siete; nie je potrebné odpojiť zemné spojenie.



Obr. 11 Meranie odporu uzemnenia/dotykového napätia pomocou vonkajšieho zdroja z napájacej sústavy TT s použitím pomocnej elektródy

4.5. Meranie odporu uzemnenia pomocou vonkajšieho zdroja napätia bez pomocnej elektródy Meranie v slučke krajný vodič (L) – ochranný vodič (PE)

Malá hodnota odporu uzemnenia je základnou podmienkou použitia prúdových chráničov (RCD). Súčasné meracie prístroje, ktoré dokážu zmerať/skúšať RCD, umožnia výpočtom z nameraného dotykového napätia v sústave TT alebo TN vyhodnotiť odpor uzemnenia/uzemňovacu slučku. Niektoré meracie prístroje môžu pri meraní používať pomocnú uzemňovaciu elektródu, alebo merať bez nej. Bez použitej uzemňovacej elektródy merací prístroj meria odpor poruchovej slučky, čo sa v sústavách napájania TT rovná odporu uzemnenia. Používa sa všade tam, kde je problém rozmiestňovať pomocné elektródy.

$$R_{E_{celk.}} = \frac{\Delta U}{I_{\Delta}} = \left(\frac{U_0 - U_L}{I_{\Delta}} \right)$$

$$R_{E_{celk.}} = R_E + R_0 \quad [\Omega];$$

kde: U_0 - napätie sústavy naprázdno (skúšobný prúd netečie);
 I_{Δ} - merací prúd (väčšinou polovica menovitého rozdielového prúdu RCD);
 U_L - napätie sústavy merané pri pretekajúcom meracom prúde;
 R_E - odpor uzemňovača/elektrody;
 R_0 - ostatné odpory v obvode (odpory krajného a ochranného vodiča, odpor uzemnenia transformátora atď.).

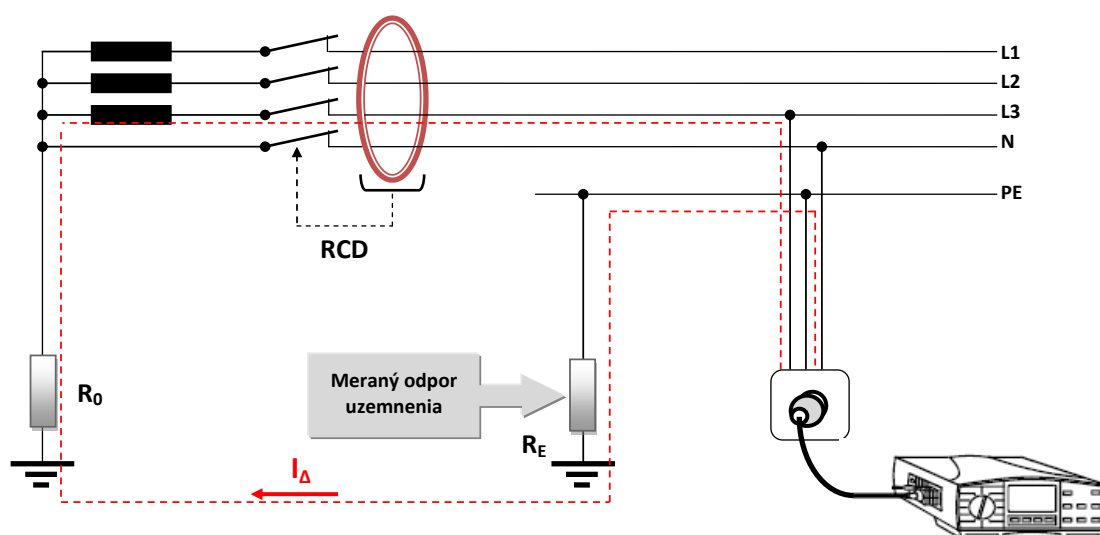
POZNÁMKA 5 : Maximálny odpor uzemňovača/elektrody pri použití RCD je daný menovitým rozdielovým prúdom použitého RCD a maximálnym dovoleným dotykovým napätím (50 V AC).

Tab. 4 Maximálny odpor uzemnenia pri použití RCD

Menovitý rozdielový prúd RCD $I_{\Delta n}$	[A]	0,01	0,03	0,1	0,3	0,5	1
Max. odpor uzemnenia pri medznom dotykovom napätí $U_L = 50$ V AC	[Ω]	5000	1666	500	166	100	50
Max. odpor uzemnenia pri medznom dotykovom napätí $U_L = 25$ V AC	[Ω]	2500	833	250	83	50	25

$$R_{E_{max.}} = \frac{U_L}{I_{\Delta n}} \quad [\Omega];$$

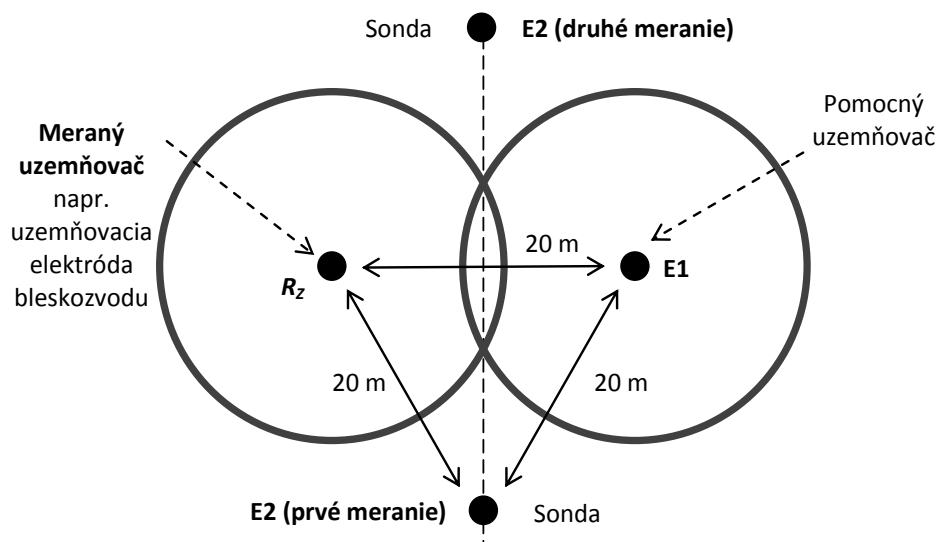
kde: U_L - max. dovolené dotykové AC napätie (25V ÷ 50 V);
 $I_{\Delta n}$ - menovitý rozdielový prúd použitého RCD.



Obr. 12 Meranie odporu uzemnenia/dotykového napätia pomocou vonkajšieho zdroja z napájacej sústavy TT bez pomocnej elektródy

Princíp merania je rovnaký, ako pri meraní impedancie vypínacej poruchovej slučky bez použitia RCD. Rozdiel je len vtom, že impedancia vypínacej poruchovej slučky sa meria veľkým prúdom, ale tu by mohlo dôjsť k vypnutiu RCD i keď väčším meracím prúdom sa zvýši presnosť merania. Keď bude hodnota odporu uzemnenia R_E omnoho vyššia, ako súčet všetkých ostatných odporov v obvode (čo je v sústave TT väčšinou splnené) potom je **výsledok** $\approx R_{E \text{ celk.}}$

4.6. Trojuholníková metóda merania odporu uzemnenia (trojuholníková)

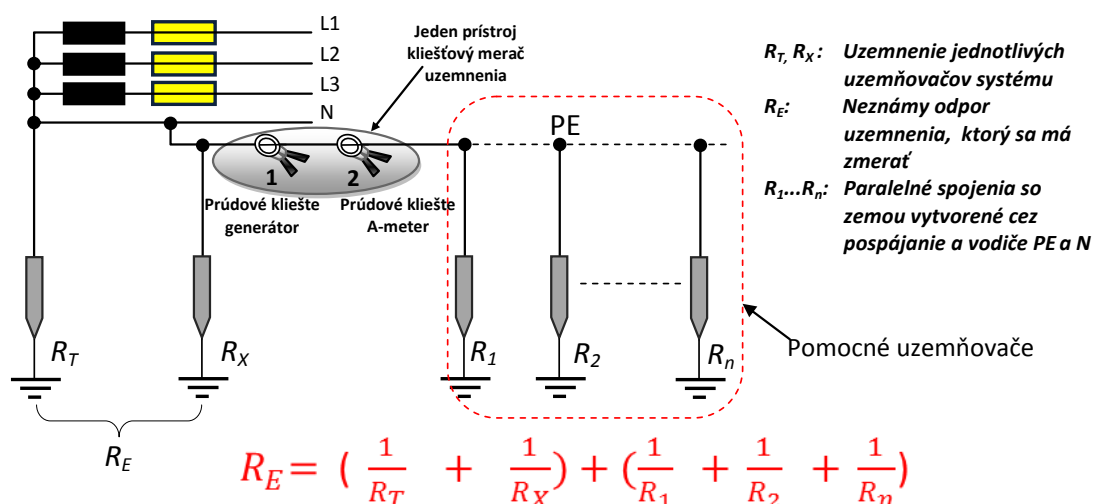


Obr. 13 Meranie odporu uzemnenia pomocou trojuholníkovej metódy

Meracia metóda používa dve pomocné elektródy. Meranie sa najčastejšie vykonáva v zastavaných priemyselných parkoch a všade tam, kde nie je možné dosiahnuť postačujúcej vzdialenosti pre elektródy (E1, E2). Presnosť merania je menšia, ako pri Metóde merania 62%. Pomocné elektródy E1, E2, predstavujú vrcholy rovnostranného trojuholníka.

Pomocná elektróda E2 sa umiestňuje v dvoch protiľahlých bodoch. V prípade, že sú namerané hodnoty rôzne, je potrebné zväčšiť vzdialenosť medzi nimi. Meranie sa považuje za presné len vtedy, keď je malá percentuálna odchýlka medzi opačnými meraniami. Pred meraním je potrebné odpojiť zemné spojenie – zvod.

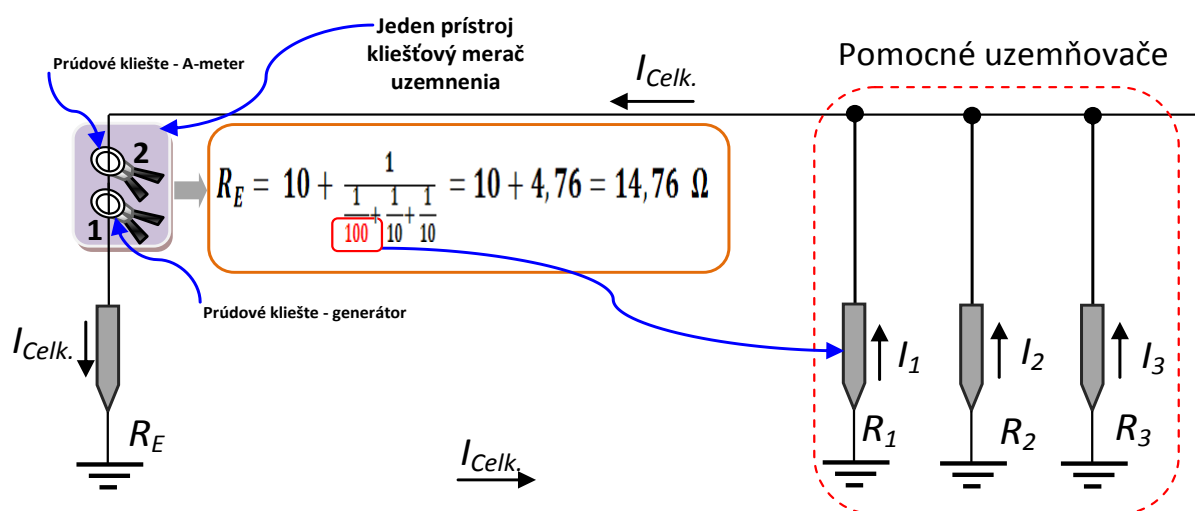
4.7 Meranie uzemnenia (uzemňovacej slučky) pomocou prúdových klieští



Obr. 14 Meranie odporu uzemňovacej slučky pomocou prúdových klieští

Prvé kliešte (1) indukujú meracie napätie U do slučky, druhé kliešte (2) merajú prúd v slučke. Výsledná hodnota paralelných odporov (R_E) je zvyčajne zanedbateľná a výsledný odpor sa rovná nameranému odporu slučky alebo je mierne nižší. Každé kliešte sa môžu jednotlivo spojiť s meracím prístrojom alebo sa môžu kombinovať do jedných špeciálnych klieští. Uvedená metóda je priamo aplikovateľná na sústavy TN a na mriežové uzemňovacie sústavy systémov TT. Aby sa vyhlo možným rizikám spôsobenými prúdmi vytvorenými z rozdielov medzi neutrálnym vodičom N a zemou, sústava napájania musí byť počas pripájania a odpájania vypnutá.

PRÍKLAD



R_E : neznámy odpor uzemnenia, ktorý sa má zmerať;

$R_1, \dots, R_3$: paralelné spojenia so zemou - uzemňovacie elektródy (bleskozvodová sústava) - pomocné uzemňovače.

Obr. 14a Meranie odporu uzemňovacej slučky pomocou kliešťového merača uzemnenia

Merací prístroj „obopína“ meranú uzemňovaciu elektródu R_E . Celkový merací prúd $I_{Celk.}$ prechádza cez meranú uzemňovaciu elektródu R_E (neznámy odpor uzemnenia) a ďalej sa rozdeľuje medzi ostatné paralelne zapojené uzemňovacie elektródy (pomocné elektródy pre merania) – môže to byť napr. bleskozvodová sústava R_E, R_1, R_2, R_3 . V tomto zapojení je potrebné vziať do úvahy, že výsledný obvod/slučka uzemnenia sa skladá z meranej uzemňovacej elektródy R_E spätnej cesty cez jednotlivé pomocné uzemňovacie elektródy R_1, R_2, R_3 a rezistivitu zeminy/podložia. Samostatná uzemňovacia elektróda R_E bude mať vyššiu hodnotu uzemnenia, ako paralelné zapojenie pomocných uzemňovacích elektród R_1, R_2, R_3 . Na obr. 14a je znázornený praktický príklad, kedy je kliešťová metóda merania uzemnenia efektívna z dôvodu nízkeho odporu spätnej slučky.

Používa sa pri meraní odporu uzemnenia paralelne zapojených uzemňovačov, pričom uzemňovače tvoria časť slučky.

$$R_E = \frac{U_L}{I_{Celk.}} = R_E + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad [\Omega];$$

Používa sa pri meraní odporu uzemnenia paralelne zapojených uzemňovačov, pričom uzemňovače tvoria časť slučky.

$$R_E = \frac{U_L}{I_{Celk.}} = R_E + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad [\Omega];$$

Pre štyri rovnaké uzemňovacie elektródy s hodnotou odporu napr. 10 Ω je hodnota odporu slučky pri meraní na každej jednej elektróde:

$$R_E = 10 + \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10}} = 10 + 3,33 = 13,33 \text{ } \Omega$$

keď jedna zo štyroch uzemňovacích elektród napr. R_1 má hodnotu odporu napr. 100 Ω , ostatné majú po 10 Ω , potom hodnota odporu uzemnenia/slučky pri meraní na uzemňovacej elektróde R_E pri takto stanovených hodnotách je:

$$R_E = 10 + \frac{1}{\frac{1}{100} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10}} = 10 + 4,76 = 14,76 \text{ } \Omega \quad (\text{viď obr. 14a})$$

Čím je viac paralelných spätných ciest tým je menší odpor spätnej slučky a tým je presnejší výsledok merania, ktorý sa viac približuje k metóde merania uzemnenia pomocou merania úbytku napätia. Veľký odpor uzemnenia sa prejaví medzi malými odpormi svojou vysokou hodnotou. Pre meracieho technika/revízneho technika je dôležité, aby porozumel obmedzeniam uvedenej metódy merania odporu uzemnenia bez odpojenia uzemňovacej sústavy od zeme, aby nesprávnym použitím kliešťového meracieho prístroja nedošlo k nesprávnej alebo zavádzajúcej interpretácii výsledkov merania.

Výhody kliešťovej metódy merania

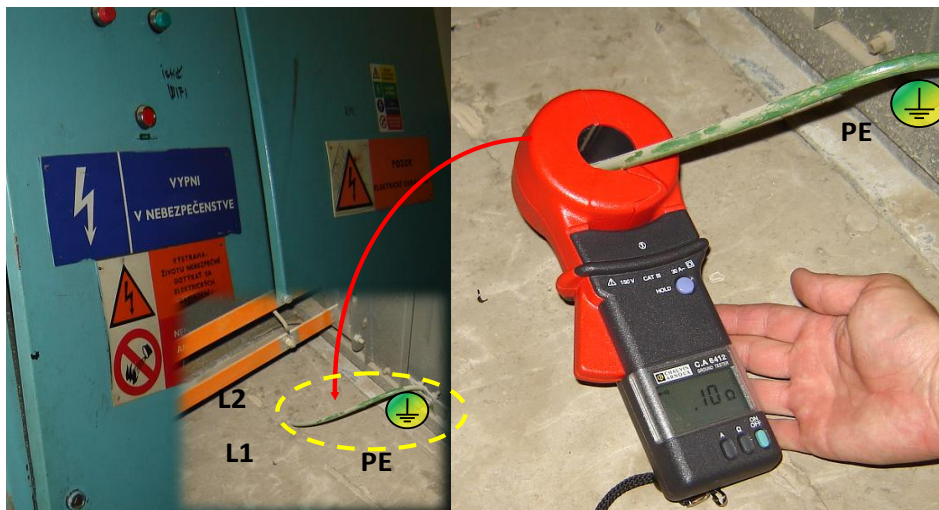
Základnou a výhodou kliešťovej metódy merania odporov uzemnenia je, rýchlosť, relatívna presnosť a to, že nie je potrebné používať pomocné uzemňovacie elektródy a nie je potrebné rozpájať pospájanie sústavy uzemnenia alebo uzemňovacích elektród.

- vo veľkých priemyselných areáloch napr. pri meraniach odporov uzemnenia/pospájania systémov ochrany pred bleskom sa šetrí čas merania z niekoľkých dní na niekoľko hodín;
- merania odporov uzemnenia transformátorových staníc alebo veľkých základňových staníc mobilných operátorov, kde odpojenie od zeme z prevádzkových dôvodov nie je možné (veľké ekonomické straty);
- výhodou kliešťových meračov uzemnenia je aj meranie prúdov tečúcich v uzemňovacej slučke (napr. v rozsahu 1 mA až 35 A AC). Meranie prúdu je veľmi užitočné z dôvodu bezpečnej kontroly, ktorou sa dokáže určiť odpor uzemnenia, ktoré z dôvodu preskočenia iskry nemôžu byť odpojené od uzemňovačov. Meranie prúdu by sa malo vykonať, ak sa predpokladá, že 50 – 60 Hz môže spôsobiť rušenie pri odčítaní resp. interpretácii odporu uzemnenia kliešťovou metódou;
- výhodou kliešťových meračov je, že pri meraní využívajú vyššie frekvencie (1,5 – 3,5 kHz oproti klasickým meračom uzemnenia, ktoré pracujú s frekvenciami 48 – 128 Hz) z dôvodu zmenšenia veľkosti jadra meracieho prístroja, čím sa zlepši prístup k uzemňovacím pásom, káblom a vodičom a znižuje sa hmotnosť samotného meracieho prístroja;

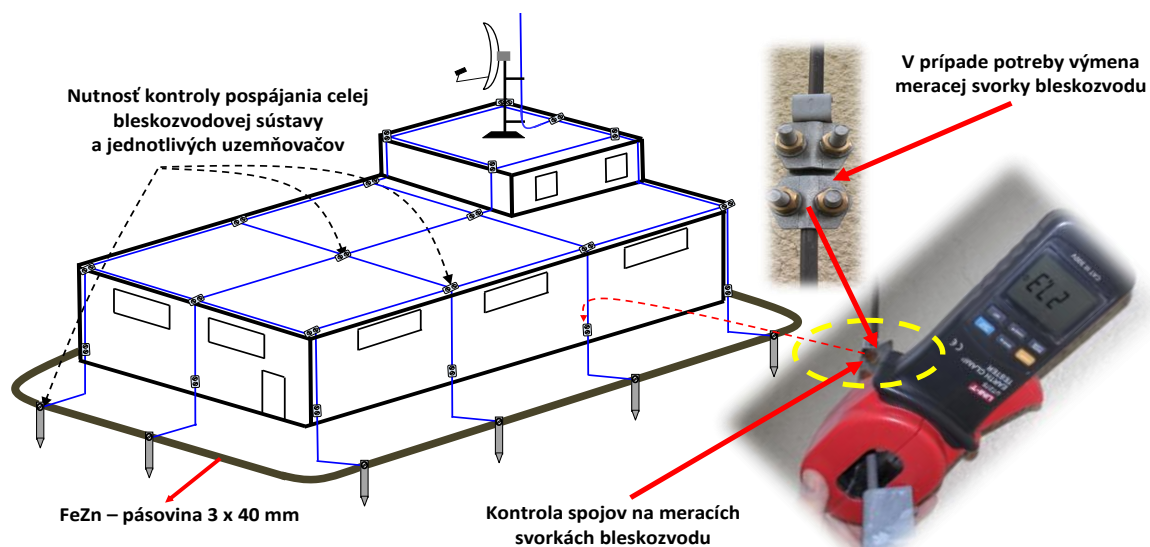
Kliešťový merač je efektívny iba v paralelných zapojeniach uzemňovačov. Nie je možné ho používať pri samostatných (izolovaných) uzemňovačoch, tam kde neexistuje spätná cesta, resp. slučka. Všeobecne pri meraní odporu uzemnenia platí pravidlo (napr. ak je niektorá časť uzemňovacieho systému ovplyvňovaná uzemňovacou elektródou, ktorej odpor uzemnenia chceme odmerať), že výsledná hodnota merania môže byť menšia, ako skutočná hodnota odporu uzemnenia. Pri malej hodnote odporu spätnej slučky sa odčítané

hodnoty približujú k výsledkom získaným pri meraní metódou merania úbytku napätia na samostatnom zemnom spojení. Vysoká hodnota odporu spätnéj slučky znamená väčšiu nameranú hodnotu odporu uzemnenia.

Bod merania odporu uzemnenia uzemňovača, v ktorom sa použije kliešťový merač, sa musí nachádzať v správnom mieste uzemňovacej slučky, pretože nesprávne pripojenie môže znamenať nesprávny výsledok merania. Určitou nevýhodou kliešťových meračov odporu uzemnenia je, že nemajú možnosť skúšania pre metódu merania bez rozpojenia a vykonanie merania úbytku napätia. Preto je potrebné, aby odborný pracovník (revízný technik) pri svojej práci (meraní odporov uzemnenia alebo rezistivity zeminy) využíval kliešťový merač uzemnenia spolu s meračom uzemnenia, ktorý je založený na meraní úbytku napätia V- A metódu.



Obr. 15 Praktická ukážka merania odporu uzemnenia v HR stacionárneho/stavebného objektu pomocou prúdových klieští



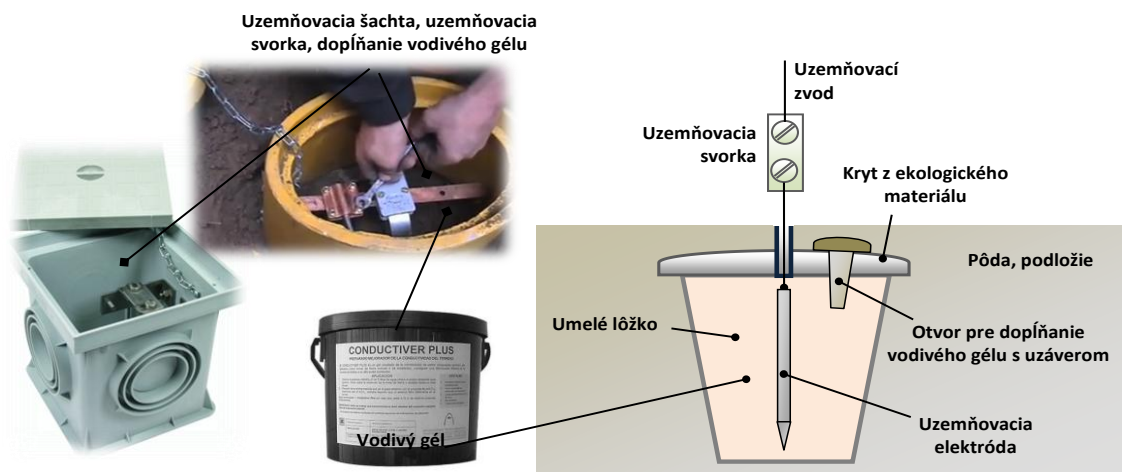
Obr. 16 Praktická ukážka kontroly a merania odporu uzemňovacej slučky uzemňovača mrežovej bleskozvodovej sústavy

4.8 Znižovanie rezistivity zeme/podložia

Na zachovanie trvale nízkych hodnôt odporu uzemnenia/ochranného uzemnenia a na jeho pravidelné znižovanie pre stacionárne objekty a dočasné objekty (mobilné prostriedky elektrické) je v praxi potrebné a to najmä tam, kde je trvalý predpoklad zmeny hodnoty odporu uzemnenia počas ročného obdobia využívať nekorodujúci **ekologický gél**. Gél zvyšuje kvalitu pôdneho fondu – rezistivitu zeme/podložia s dôrazom na zlepšenie jej vodivosti a celkového uzemnenia. Jedná sa o nekorodujúci elektrolyt, ktorý je možné pri zhoršenom odpore uzemnenia pravidelne dopĺňať do umelého lôžka, v ktorom je uložená uzemňovacia elektróda.

Charakteristika gélu:

- je schopný vytvárať čiastočne ionizované elektrolyty s vysokým nábojom a veľkou kapacitou zadržiavania vody a vytvárania gélovej hmoty;
- je termostabilný v rozsahu od - 60 °C do +60 °C;
- zostáva v pôde po dlhé obdobie vďaka väzbám s časticami pôdy, je ekologický;
- zvyšuje vodivosť pôdy (cca 200 % pre zrážkový úhrn 700 litrov/m² na obdobie presahujúce jeden rok);
- nepôsobí korozívne na uzemňovacie elektródy, preniká do zeme a vytvára homogénnu masu s kontaktným povrchom;



Obr. 17 Uzemňovacie šachty pre stacionárny objekt, prostriedok na znižovanie rezistivity podložia/zeme – napr. Conductiver Plus

5. Metodický postup revízneho technika pri meraní odporu uzemnenia/uzemňovacej slučky podľa STN 33 2000-6, STN EN 62305-3

1. fáza metodického postupu – osobná príprava revízneho technika na periodické revízie uzemnenia

- *revízny technik (odborná spôsobilosť podľa platnej legislatívy) je povinný preštudovať technickú dokumentáciu (projektovú dokumentáciu), ktorej základ predstavujú elektrické schémy zapojenia so zameraním na meranie uzemnenia, na meranie odporov pospájania, na meranie prechodových (malých hodnôt) odporov uzemnenia, malých odporov, rezistivity zeme/podložia. Technická dokumentácia musí byť presne skontrolovaná vzhľadom na úplnosť, zhodu s normou a s inštalovaným zariadením;*

Termíny revízií sú uvedené v tab. 5 a majú byť platné tam, kde nie sú žiadne zákonné predpisy.

Tab. 5 Maximálny interval medzi revíziami LPS (tab. E.2 STN EN 62305-3)

ÚROVEŇ OCHRANY	VIZUÁLNA KONTROLA (ROK)	ÚPLNÁ REVÍZIA (ROK)	KRITICKÉ SYSTÉMY ^{a), b)} ÚPLNÁ REVÍZIA (ROK)
I a II	1	2	1
III a IV	1	4	1

^{a)} Systém ochrany pred bleskom v aplikáciách zahŕňajúcich stavby s rizikom spôsobeným výbušnými materiálmi má byť vizuálne kontrolovaný každých 6 mesiacov. Elektrické merania inštalácie sa majú vykonať raz za rok. Prípustnou odchýlkou od ročnej lehoty skúšok môže byť vykonávanie skúšok v lehotách 14 až 15 mesiacov tam, kde je účelné vykonávať meranie zemného odporu v rôznych obdobiach roka, aby sa získali údaje o sezónnych zmenách.

^{b)} Kritické systémy môžu zahŕňať stavby obsahujúce citlivé vnútorné systémy, kancelárske budovy, obchodné budovy alebo miesta, kde môže byť prítomné veľké množstvo ľudí.

POZNÁMKA 6: Ak národné úrady alebo inštitúcie požadujú pravidelné revízie elektrických systémov stavby, odporúča sa skúšať systém ochrany pred bleskom vzhľadom na požiadavky funkcie vnútorných ochranných opatrení pred bleskom vrátane ekvipotenciálneho pospájania ochrany pred bleskom elektrických systémov v rovnakom termíne. Staršie inštalácie majú analogicky súvisieť s triedou ochrany pred bleskom alebo pri intervale revízií sa majú vziať do úvahy miestne alebo iné skúšobné predpisy, ako sú smernice pre konštrukcie vedenia, technické predpisy, inštrukcie, bezpečnosť v priemysle a ochrana pracovných práv.

LPS má byť vizuálne kontrolovaný najmenej raz za rok. V niektorých oblastiach, kde dochádza k silným zmenám a kde sú extrémne poveternostné podmienky, sa odporúča, aby bola vizuálna kontrola systému vykonaná častejšie, ako je uvedené v tab. 5. Tam, kde LPS tvorí časť zákazníkovo plánovaného programu údržby alebo ho požaduje poisťovateľ budovy, môže sa LPS revidovať raz za rok.

Interval medzi revíziami LPS sa má určiť podľa nasledujúcich faktorov:

- klasifikácia chránenej stavby, najmä vzhľadom na následný účinok škôd;
- trieda LPS;
- miestne podmienky okolia, napríklad prostredie s vysokou koróznou agresivitou majú mať kratšie
- intervaly medzi revíziami;
- materiály jednotlivých súčastí LPS;
- typy povrchov, na ktoré sú uchytené súčasti LPS;
- pôdne podmienky a s nimi súvisiaci stupeň korózie.

Dodatočne k predchádzajúcim uvedeným faktorom sa má na LPS vykonať revízia, keď dôjde k **podstatným zmenám** alebo **rekonštrukciám chránenej stavby a následkom akéhokoľvek úderu blesku do LPS**. Celková revízia a merania sa majú kompletne vykonať každé **dva až štyri roky**.

Systémy v kritických podmienkach okolia, napríklad časti LPS vystavené silnému mechanickému namáhaniu, ako flexibilné pásky pospájania, v oblastiach so silným vetrom, SPD na potrubiach, vonkajšie pospájania káblov atď., sa majú **úplne revidovať každý rok**.

Vo väčšine geografických oblastí a najmä v oblastiach, ktoré vykazujú extrémne teplotné odchýlky v priebehu roka a dažďové zrážky, sa má pri meraní hĺbkového profilu vziať do úvahy rezistivita kolísania zemného odporu v rôznych ročných obdobiach.

Ak namerané hodnoty odporu vykazujú väčšie odchýlky odporu, ako sa predpokladali v návrhu, najmä ak sa medzi revíziami odpor stále zvyšuje, má sa uvažovať o zlepšení uzemňovacej sústavy.

- *kontrola a nastavenie použitých kalibrovaných meracích (revíznych) prístrojov, ktoré budú používané pri revíziách a meraniach odporov uzemnenia,*
- *príprava mechanického ručného certifikovaného náradia, ktoré bude revízny technik používať pri revíziách,*
- *príprava bezpečnostných tabuliek a výstražných nápisov, ktoré bude pri svojej pracovnej činnosti revízny technik využívať,*
- *preštudovanie predchádzajúcej periodickej revíznej správy LPS a správ o údržbách LPS.*

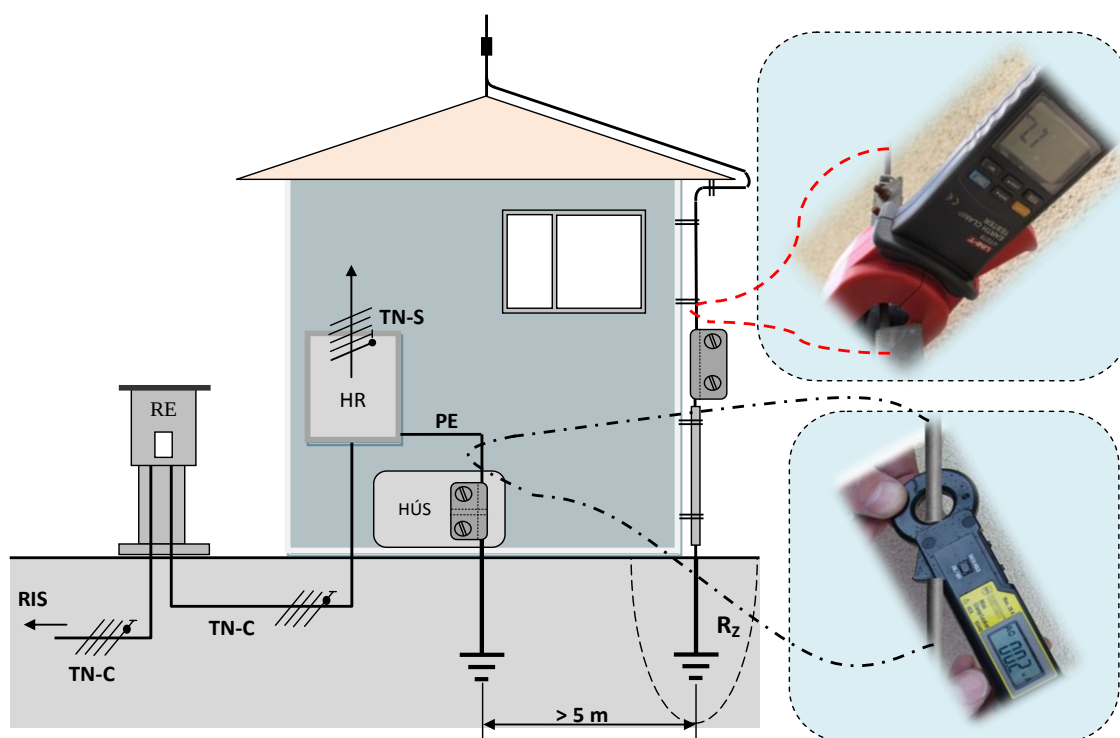
2. fáza metodického postupu – fyzická/vizuálna kontrola/prehliadka zachytávacej sústavy/sústavy zvodov pri revízii bleskozvodov (LPS)

- návrh LPS musí zodpovedať realizácii a musí byť v dobrom stave;
- kontrola všetkých spojov (náhodné prerušenia vodičov LPS a spojov);
- kontrola korózie celého systému najmä nad úrovňou terénu;
- kontrola všetkých viditeľných uzemňovacích prívodov (či sú neporušené/funkčné);
- kontrola všetkých viditeľných vodičov a súčastí systému, ich uchytenie na montážnej ploche, ktoré poskytujú mechanickú ochranu, ich neporušenosť a umiestnenie na správnom mieste;
- kontrola všetkých doplnkov/dodatkov/zmien chránenej stavby;
- kontrola poškodenia LPS, SPD;
- kontrola ekvipotencionálneho pospájania nových, alebo doplnených inžinierskych sietí vo vnútri stavby od poslednej revízie s tým, že na týchto doplnených zariadeniach boli vykonané priebežné skúšky;
- kontrola všetkých vodičov pospájania, spojov, tieniacich vodičov, káblových trás a prvkov prepäťových ochrán SPD a ich prepojení vo vnútri stavby/ich neporušenosť/funkčnosť;
- kontrola či sú dodržané dostatočné vzdialenosti;

3. fáza metodického postupu – meranie a skúšanie odporu uzemnenia/odporu pospájania/prechodových odporov/uzemňovacej slučky pri revízii bleskozvodov

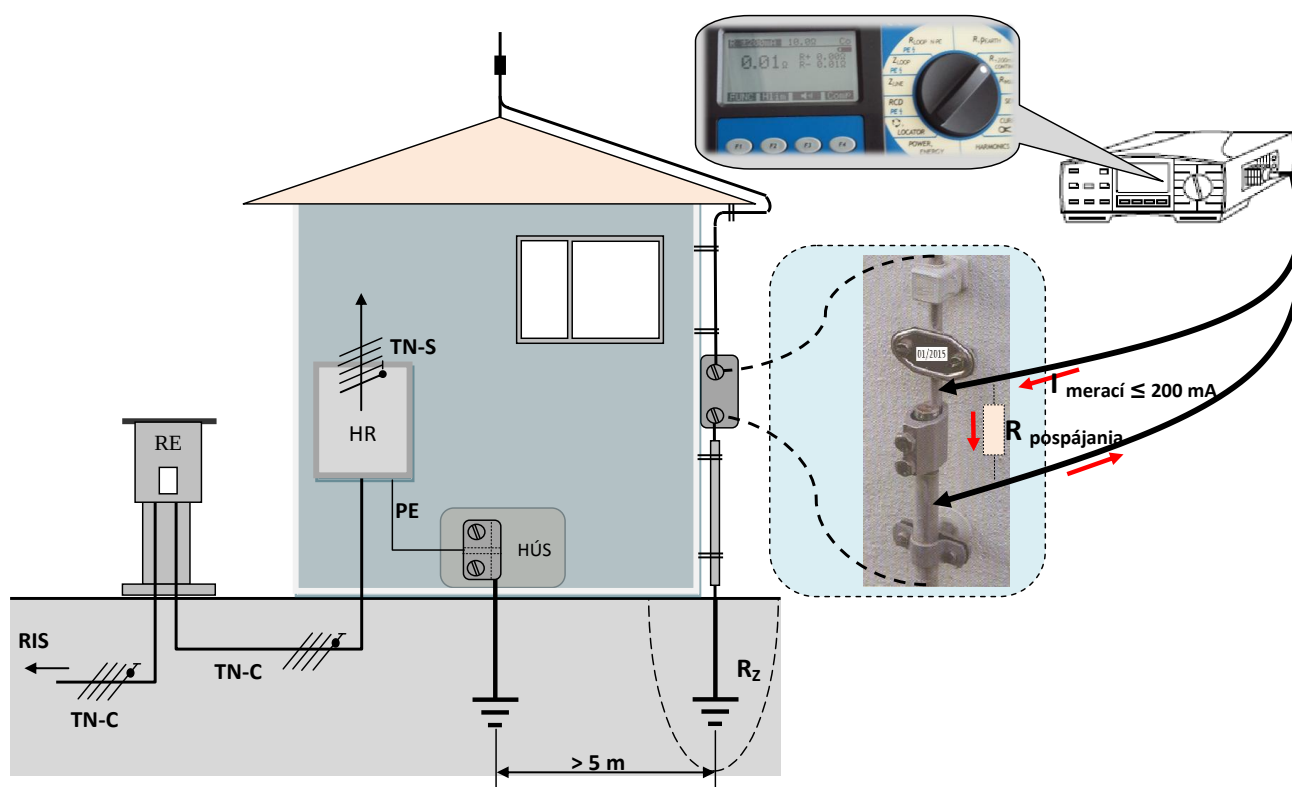
Meranie a skúšanie bleskozvodu (LPS) vrátane vizuálnych kontrol:

- meranie unikajúceho prúdu na uzemňovacej svorke pripojeného uzemňovača/bleskozvodu;

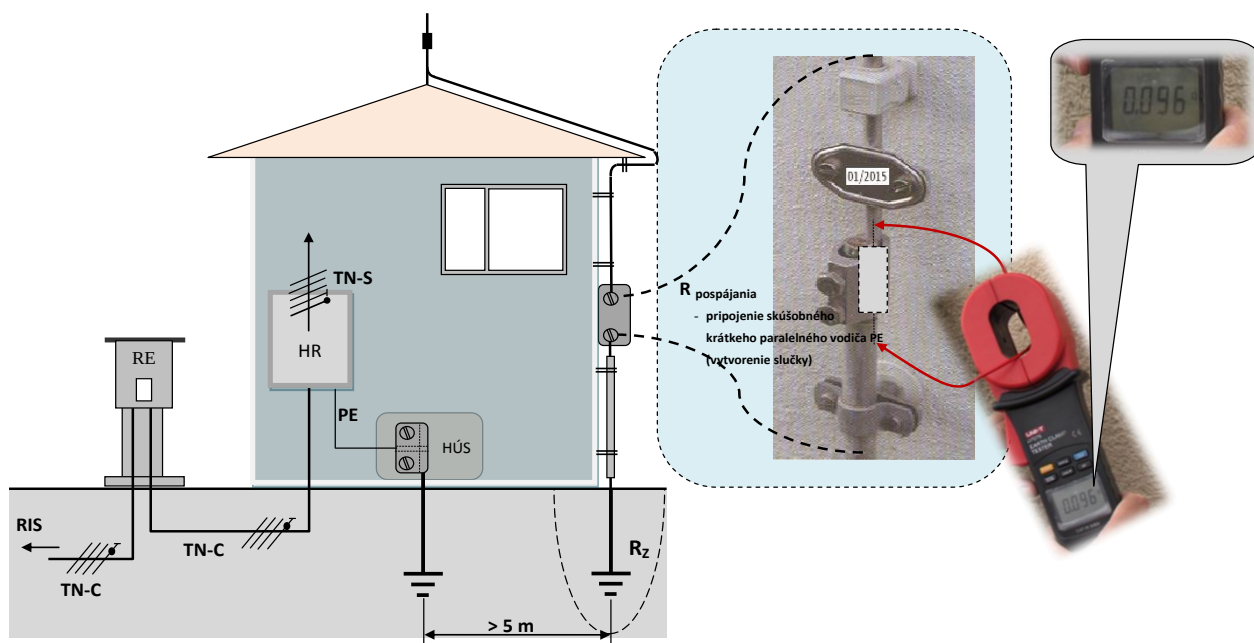


Obr. 18 Kontrola unikajúceho prúdu (na HÚS/na bleskozvode) prúdovými kliešťami pred vlastným meraním uzemnenia

- vykonanie priebežných meraní, hlavne spojitost tých častí LPS, ktoré nemohli byť premerané počas prvej inštalácie a neskôr neboli prístupné žiadnej vizuálnej kontrole;



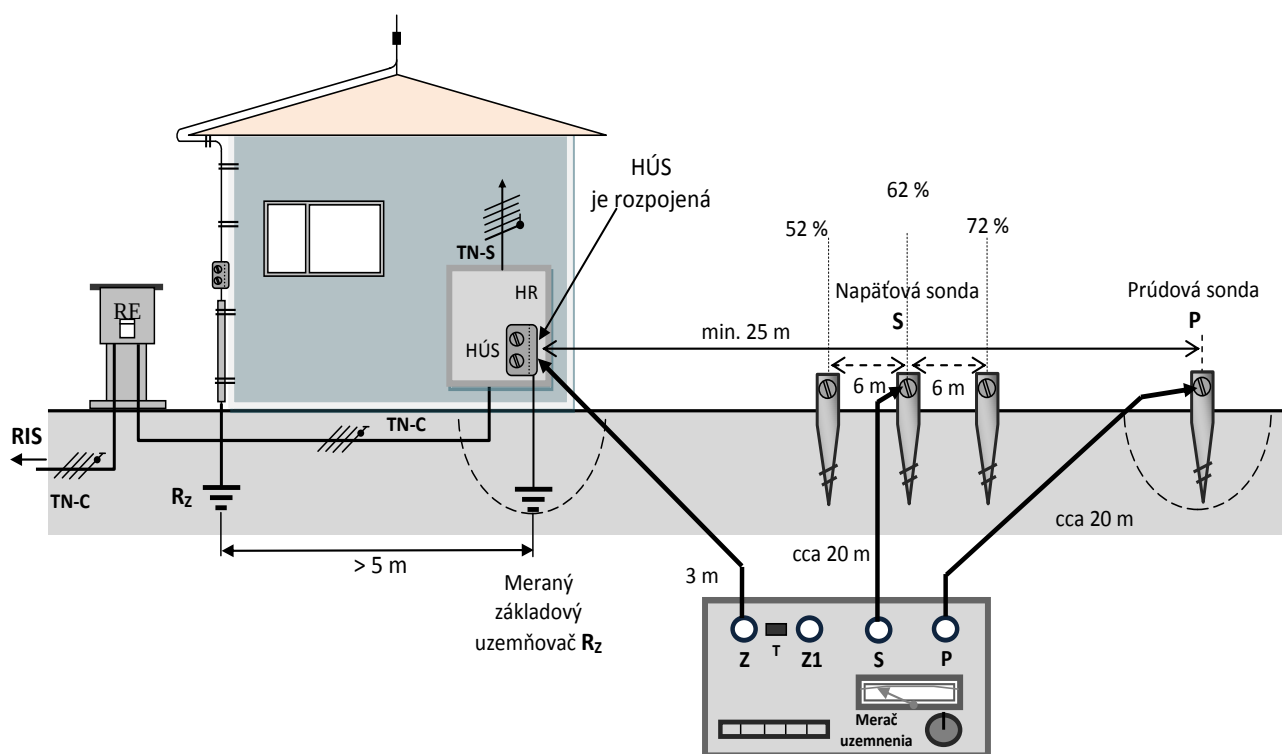
Obr. 19 Príklad merania spojitosti/pospájania/prechodových odporov medzi dvoma vodivými časťami na sústave LPS priamou metódou ($4 \div 24 \text{ V}/200 \text{ mA}/10 \text{ A}$)



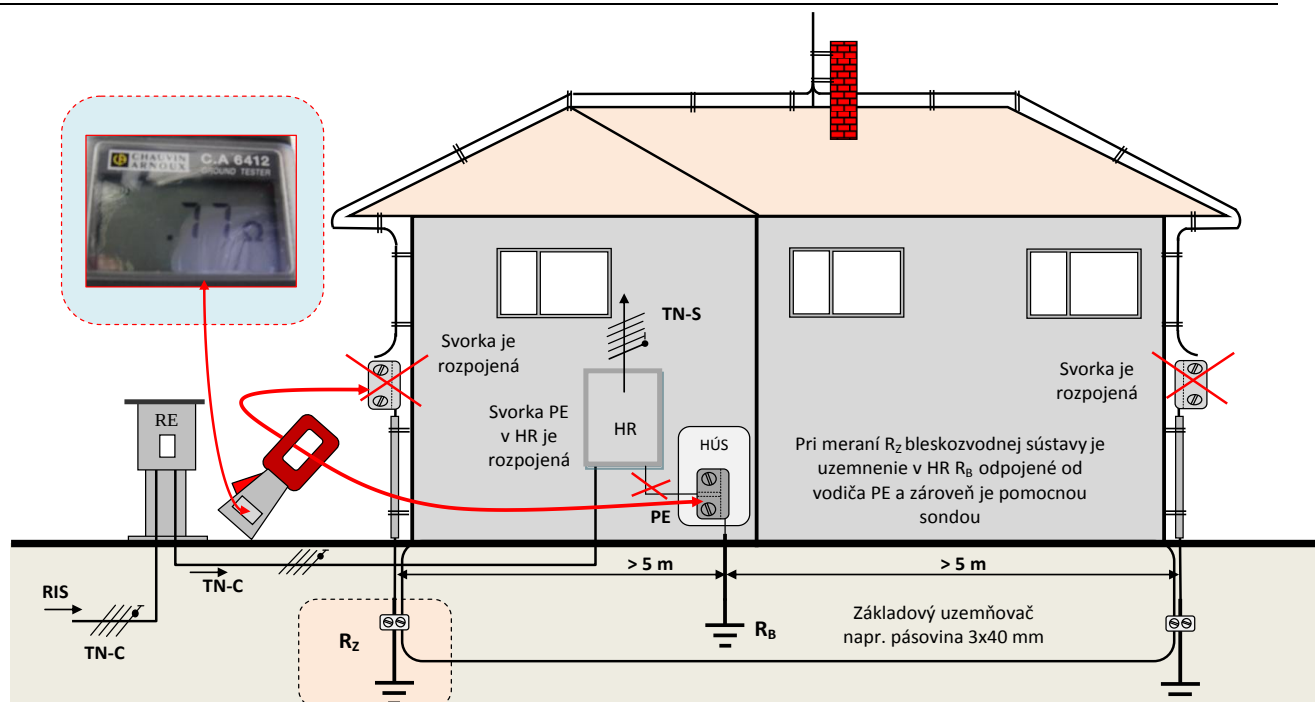
Obr. 20 Príklad merania spojitosti/pospájania/prechodových odporov medzi dvoma vodivými časťami na sústave LPS pomocou krátkeho paralelného Cu vodiča ($\geq 1,5 \text{ mm}^2$) ukončeného meracími svorkami prúdovými uzemňovacími kliešťami na meranie uzemňovacích odporov/slučiek.

- vykonanie meraní zemného odporu uzemňovacej sústavy. Majú sa vykonať následné jednotlivé a kombinované merania s cieľom kontroly zemného odporu a výsledky zaznamenané v revíznej správe LPS.

POZNÁMKA 6. – Vysokofrekvenčné alebo impulzové merania sú možné a užitočné na to, aby sa určilo správanie uzemňovacej sústavy. Tieto merania sa môžu vykonávať vo fáze inštalácie a aj pravidelne počas údržby systému uzemnenia, aby sa zistilo, ako sa zhoduje návrh systému uzemnenia s tým, čo sa od neho požaduje.



Obr. 21 Príklad merania odporu uzemnenia jedného uzemňovača R_z (vytvorenie siete TN-S) - Metóda 62%



Obr. 22 Príklad merania odporu uzemnenia jedného uzemňovača R_z (odpojenej bleskozvodnej sústavy) pomocou pomocného uzemňovača R_b v HR pri meraní prúdovými kliešťami (meranie uzemňovacej slučky)

- a) Zemný odpor každého miestneho uzemňovača, a kde je to prakticky účelné, zemný odpor celej uzemňovacej sústavy. Každý miestny uzemňovač sa má merať jednotlivo pri skúšobnej svorke medzi zvodom a uzemňovačom v rozpojenej polohe (jednotlivé merania).

POZNÁMKA 7. – Pri uzemňovacích sieťach, ktoré obsahujú ako vertikálne uzemňovacie tyče, tak aj čiastočný alebo úplný obvodový uzemňovač, by sa odpojenie a skúšky mali vykonávať v montážnych jamách. Ak je ťažké takú revíziu vykonať, má sa kusová skúška vykonať vysokofrekvenčným alebo impulzným meraním.

Ak celkový zemný odpor uzemňovacej sústavy presiahne 10Ω , má sa vykonať kontrola, či uzemňovač vyhovuje STN EN 62305-3 obr. 3.

Ak sa hodnota zemného odporu podstatne zvýšila alebo znížila, majú sa vykonať dodatočné skúmania, aby sa určil dôvod zmeny. Pri uzemňovači v skalnatom podloží majú byť splnené požiadavky podľa E.5.4.3.5. STN EN 62305-3. V tomto prípade nie je možné splniť požiadavku 10Ω .

- b) Výsledky vizuálnej kontroly všetkých vodičov, pospájanie a spojov alebo meraní ich elektrickej spojitosti.

Ak nie je uzemňovacia sústava zhotovená podľa týchto požiadaviek alebo kontrola požiadaviek nie je možná pre nedostatok informácií, uzemňovacia sústava sa má zlepšiť inštaláciou dodatočných uzemňovačov alebo inštaláciou novej uzemňovacej sústavy.

Prepäťové ochranné zariadenia (SPD) bez vizuálneho indikátora treba skúšať/merať a to prednostne s využitím pokynov alebo nariadení poskytnutých výrobcom.

4. fáza metodického postupu – vypracovanie revíznej správy LPS

Na uľahčenie revízie LPS by mal mať RT vypracovanú metodickú smernicu/postup. Tá by mala obsahovať dostatočné informácie pre revízneho technika tak, aby sa mohli zdokumentovať všetky dôležité správy, ako sú postupy inštalácie LPS, typ a stav súčastí LPS, meracie metódy a riadne záznamy nameraných hodnôt. Revízny technik má vypracovať revíziu správy LPS, ktorá sa má archivovať spolu s projektom LPS, predchádzajúcimi správami o údržbe a o revíziách LPS.

1. Revízia správa LPS má obsahovať nasledujúce informácie:

- celkový stav zachytávacej sústavy a iných súčastí tejto sústavy;

- celkový stupeň korózie a stav protikorózneho ochrany;
- ochrana uchytení vodičov a súčastí LPS;
- meranie zemného odporu uzemňovacej sústavy;
- každá odchýlka od požiadavky STN 33 2000-6, STN EN 62305-3;
- dokumentácia všetkých zmien a rozšírení LPS a všetkých zmien stavby. Preto sa majú skontrolovať všetky konštrukčné výkresy LPS a návrh opisov LPS;
- výsledky vykonanej revízie.

2. Údržba

LPS má byť pravidelne udržiavaný tak, aby sa zabezpečilo, že nedôjde k jeho zhoršeniu a ciele na ktoré bol navrhnutý, bude ďalej plniť. V návrhu LPS sa majú stanoviť potrebné intervaly údržby a revízií podľa tab. 5.

Údržba LPS sa musí vykonávať pravidelne podľa požiadaviek STN 33 2000-6 a STN EN 62 305-3. V dlhšom časovom období môžu súčasti LPS strácať svoju účinnosť vplyvom korózie, poveternostných podmienok, mechanického poškodenia a škôd spôsobených úderom bleskov. Postupy vykonávania revízií a údržby majú špecifikovať úrady/organizácie, projektanti alebo zhotoviteľ LPS spoločne s majiteľom stavby alebo jeho autorizovaným zástupcom. Vykonávanie údržby a revízie LPS musí byť koordinované a obidve činnosti musia na seba nadväzovať.

I keď projektant LPS navrhol osobitné opatrenia na zabezpečenie protikorózneho ochrany a súčasti LPS boli dimenzované podľa svojho osobitného vystavenia proti poškodeniu bleskom a počasím ako dodatok k požiadavkám k STN EN 62305-3/STN 33 2000-6 je údržba LPS dôležitá a neopomenuteľná.

Mechanické a elektrické vlastnosti LPS majú zostať úplne zachované počas celého trvania životnosti LPS, aby sa dodržala zhoda s požiadavkami tejto normy.

Ak sa vykonajú zmeny na budove alebo na jej vybavení, alebo ak sa zmení využitie budovy, môže byť vykonaná potrebná úprava LPS. Ak revízie vykazujú, že sú nevyhnutné opravy, tieto opravy sa majú vykonať bezodkladne a nemajú sa presúvať do budúceho cyklu údržby.

3. Postupy údržby

Periodické programy údržby majú byť stanovené pre všetky LPS. Frekvencia postupu údržby je závislá od nasledujúcich aspektov:

- zhoršenie vplyvu poveternostných podmienok a podmienok okolia;
- vystavenie skutočným škodám spôsobeným bleskom;
- úroveň ochrany určenej pre stavbu.

Postupy údržby LPS sa majú určiť pre každú časť LPS a majú byť súčasťou celkového programu údržby stavby.

Program údržby má obsahovať zoznam pravidelne kontrolovaných položiek tak, aby sa stanovilo pravidelné vykonanie údržby a porovnanie výsledkov aktuálnej revízie s výsledkami predchádzajúcich periodických revízií.

Údržba má obsahovať nasledujúce ustanovenia:

- kontrolu všetkých vodičov LPS a súčastí systému;
- kontrolu elektrickej spojitosti inštalácie LPS;
- meranie zemného odporu uzemňovacej sústavy;
- kontrolu SPD;
- opätovné upevnenie súčastí a vodičov;
- kontrolu, že nedošlo k zmene účinnosti LPS po rozšírení alebo zmenách stavby alebo jej inštalácií.

4. Dokumentácia o údržbe

O všetkých údržbárskych prácach na uzemneniach, alebo na LPS sa majú viesť úplné záznamy, ktoré majú obsahovať prijaté alebo požadované nápravné opatrenia.

Záznamy o postupoch údržby majú byť prostriedkom na vyhodnotenie súčastí a inštalácie LPS. Záznam o údržbe LPS má slúžiť ako základ nasledujúcich kontrol postupov údržby a aj ako základ aktualizácie metodického postupu údržby. Záznamy o údržbe LPS sa majú archivovať s projektom a spolu s revíznymi správami LPS.

ZÁVER

Uzemnenie predstavuje veľmi dôležitý parameter z hľadiska prevádzkovania všetkých elektrických inštalácií/zariadení/bleskozvodových sústav, ktoré využíva/obsluhuje človek pri svojej pracovnej činnosti. Ten kto chce navrhovať a následne využívať uzemnenie, nesmie zabúdať, že: **“Uzemnenie je spojenie všetkých vodivých neživých častí z potenciálom zeme”**. Z toho vyplýva, že v prípade poruchy, akýchkoľvek elektrických inštalácií/zariadení/bleskozvodových sústav musí byť zabezpečená ochrana človeka, majetku. V praxi je preto potrebné dosiahnuť čo najmenšie hodnoty rezistivity uzemnenia. Preto musí projektant v každej technickej dokumentácii, ktorá je spojená z návrhmi a využívaním nn/mn elektrických obvodov/zariadení vyriešiť spôsob uzemnenia, čím je zabezpečená ochrana človeka napr. pred možným zásahom elektrickým prúdom a ochranou pred nežiaducim prepätím. Revízny technik pri východiskových a periodických revíziách uzemnení objektov a bleskozvodných sústav skúšaním a meraním musí potvrdiť jeho funkčnosť. Musí dať jednoznačné odporúčanie, že zariadenie vyhovuje STN a neohrozuje zdravie a majetok občana. Revízie uzemnení je potrebné prakticky vykonávať z hľadiska kvality zemného fondu/podlažia podľa STN 33 2000-5-54, STN 33 2000-6, STN 34 1398, STN EN 62305-3/4 a iných odborných podkladov.

LITERATÚRA

- [01] HUNA, R.: Ochrana pred zásahom elektrickým prúdom na elektrických inštaláciách a pri obsluhu elektrických zariadení do 1000 V_{AC} a 1500 V_{DC} (Výchova a vzdelávanie elektrotechnikov). Pobočka SES Liptovský Mikuláš, 2015, ISBN 978-80-89456-21-5.
- [02] STN 33 2000-6: 2007 Elektrické inštalácie nízkeho napätia Časť 6: Revízia.
- [03] STN 33 2000-5-54: 2012 Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 5-54: Výber a stavba elektrických zariadení. Uzemňovacie sústavy a ochranné vodiče.
- [04] STN EN 62305-4: 2013 Ochrana pred bleskom Časť 4: Elektrické a elektronické systémy v stavbách.
- [05] STN 33 2000-7-717: 2010 Elektrické inštalácie nízkeho napätia Časť 7-717: Požiadavky na osobitné inštalácie alebo priestory. Mobilné alebo prepravné jednotky.
- [06] STN 33 2000-4-41: 2007 Elektrické inštalácie nízkeho napätia časť 4-41: Zaistenie bezpečnosti Ochrana pred zásahom elektrickým prúdom.
- [07] HUNA, R. – MACALÁK, P.: Meranie uzemnenia (stacionárne objekty/mobilné prostriedky). Pobočka SES Liptovský Mikuláš, 2014, ISBN 978-80-89456-16-1.
- [08] Firemná dokumentácia firmy Megger. Praktický sprievodca merania odporu uzemnenia. 2010, 1-866-254-0962, str. 1-77.
- [09] KOUPY, L.: Firemná dokumentace firmy Illko, s.r.o. Měření zemních odporů. 2012, str.1-10.
- [10] BOJNA, I.: Zóny odporu uzemňovačov a ich vplyv na uzemnenie. Zborník prednášok z 38. konferencie elektrotechnikov z 21. - 23. 3. 2013, str. 1-14. SEZ – KEZ Bratislava 2013.



PRÍLOHA 1 VZOR REVÍZNEJ SPRÁVY/PROTOKOLU Z MERANIA UZEMNENIA

Výtlačok č.:

Počet listov:

Počet príloh:

REVÍZNA SPRÁVA/PROTOKOL Z MERANIA UZEMNENIA

(STN 33 1500, STN 33 2000-5-54, STN 33 2000-6, STN 62305-1 až 4, STN 34 1398)

Revízny technik:

Adresa revízneho technika:

Ev. č. osvedčenia:

Pri revízii boli prítomní:

Dátum začatia revízie:

Dátum ukončenia revízie:

Dátum vypracovania revíznej správy:

Typ revízie:	VÝCHODISKOVÁ	PERIODICKÁ	MIMORIADNA
---------------------	---------------------	-------------------	-------------------

Názov a adresa objektu:**Objednávateľ revízie:****Majiteľ objektu:****Montážna firma/zriaďovateľ uzemnenia/bleskozvodu:****Rozsah prehliadky:**

Vonkajšia ochrana uzemnenia/ochrana pred bleskom

Vnútorná ochrana uzemnenia/ochrana pred bleskom

Poveternostné podmienky:**Základné údaje o objekte:**Typ objektu

- pre bytové účely
- administratívne účely
- priemyslový objekt
- objekt s nebezpečenstvom požiaru
- objekt s nebezpečenstvom výbuchu
- iný typ objektu...

- Elektrické a neelektrické zariadenia umiestnené v objekte/na streche: (STA, anténa ZRS mobilných operátorov, klimatizačné jednotky, solárne/fotovoltaické panely, a pod.)...

- Trieda LPS (hladina ochrany pred bleskom – LPL): I II III IV

- Typ zbernej sústavy: tyče závesné laná vodiče mrežovej sústavy

- Veľkosť ôk mrežovej sústavy (5x5m, 10x10m, 15x15m, 20x20m, iné rozmery):

- Výška tyčového zberača (m):

- Materiál strechy:

- Typ usporiadania uzemňovacej sústavy: Usporiadanie typ A Usporiadanie typ B
- Druh zeminy: piesčitá, štrk, rašelina, kamenistá pôda, betón, íl, ornica, a pod. ...
- Stav zeminy: suchá, vlhká, zamrznutá ...
- Teplota: počasie v čase merania...
- Zóny ochrany pred bleskom (LPZ): LPZO LPZO_A LPZO_B LPZ1 LPZ2
- Vyrovnanie potenciálov v nn inštalácii: sústavy TN, TT, IT
- Použité SPD:
 - výrobca;
 - typové označenie;
 - miesto inštalácie;

Použité meracie prístroje:

- Typ a názov meracieho prístroja:
- Výrobné (evidenčné) číslo meracieho prístroja:
- Číslo kalibračného listu s uvedením dátumu kalibrácie a názvu firmy, ktorá kalibráciu vykonala:

A. Predmet revízie:

- Konkrétna špecifikácia predmetu revízie - LPS
- Poznámka, čo bolo/nebolo predmetom, čo mohlo byť revidované

Poznámka: Bod A je pre revízneho technika a pre prevádzkovateľa/majiteľa dôležitý v zmysle splnenia požiadaviek pre vykonanie revízie.

B. Rozsah revízie:

- Vonkajšia ochrana pred bleskom
- Vnútorná ochrana pred bleskom
- Ochrana pred statickou elektrinou
- Uzemnenie

C. Predložená dokumentácia:

- 1) Protokol o určení vonkajších vplyvov podľa STN 332000-5-51, (STN EN 60079-10, STN EN 61241-10)
 - Názov
 - Dátum vypracovania
 - Spracovateľ
 - Klasifikácia priestorov, určenie rozsahu zón/klasifikácia použitých látok
- 2) Projektová dokumentácia LPS (technická/výkresová)
 - Spracovateľ
 - Dátum vypracovania
- 3) Dokumentácia o určení rizika STN EN 62305-2
- 4) Certifikáty a prehlásenie o zhode na použité zariadenia
- 5) Pokyny pre montáž, uvedenie do prevádzky a údržba zariadenia
- 6) Požiadavky na obsluhu
- 7) Iná dokumentácia...

D. Technický popis revidovaného zariadenia:

E. Súpis vykonaných úkonov pri revízii:

E1. Prehliadka:

E1.1. Vonkajšia ochrana pred bleskom:

E.1.1.1. Zachytávacia/zberacia sústava:

- Parametre náhodných zachytávačov/zberačov STN EN 62305-3, čl. 5.2.5, tab. 3
- Zariadenie - zachytávacia/zberacia sústava STN EN 62305-3, čl. 5.2.1

- Ochranný uhol STN EN 62305-3, čl. 5.2.2, tab. 2
- Mrežová sústava STN EN 62305-3, čl. 5.2.2, tab. 2
- Inštalácie/vzdialenosť uložených vodičov STN EN 62305-3, čl. 5.2.4, zachytávajúcej/zberacej sústavy od strechy
- Uchytenie vodičov zachytávajúcej/zberacej sústavy STN EN 62305-3, čl. E.5.2.4, tab. E.1, pripojenie k zberacím tyčiam

E.1.1.2. Sústava zvodov:

- Zachytávacia sústava-počet zvodov STN EN 62305-3, čl. 5.2, tab. 2
- Vzďialenosť medzi zvodmi STN EN 62305-3, čl. 5.3.3, tab. 4
- Zvody sú rozmiestnené rovnomerne po obvode objektu STN EN 62305-3, čl. 5.3.3
- Počet zvodov pre izolovaný bleskozvod STN EN 62305-3, čl. 5.3.3
- Zvody nie sú uložené v odkvapoch STN EN 62305-3, čl. 5.3.4
- Veľkosť inštalačnej slučky STN EN 62305-3, čl. 5.3.4
- Elektrická izolácia vonkajšieho LPS STN EN 62305-3, čl. 6.3
- Použité materiály (rozmery) STN EN 62305-3, čl. 5.6.2, tab. 6
- Skúšobná svorka (označenie) STN EN 62305-3, čl. 5.3.6 (obr. E. 23d)

E1.1.3. Uzemňovacia sústava:

- Usporiadanie uzemňovacej sústavy pre daný objekt STN EN 62305-3, čl. 5.4.2.1
- Dĺžka uzemňovačov podľa triedy LPS STN EN 62305-3, čl. 5.4.2.1
- Použité materiály STN EN 62305-3, čl. 5.6.2, tab. 7
- Pasívna ochrana proti korózii STN 33 2000-5-54 ed.2, čl. NA. 7.5

E1.1.4. Ekvipotenciálne pospojovanie proti blesku – vonkajšie a vnútorné priestory:

- Izolovaný LPS (pre kovové inštalácie) STN EN 62305-3, čl. 6.2.2
- Neizolovaný LPS, (pospojovanie v mieste suterénu, alebo na úrovni terénu, vodiče sú pripojené k HOP) STN EN 62305-3, čl. 6.2.2
- Minimálne prierezy vodičov pospojovania STN EN 62305-3, čl. 6.2.2, tab. 8, 9

E1.2. Vnútorná ochrana pred bleskom:**E1.2.1. Uzemnenie a pospojovanie:**

- Minimálne prierezy vodičov pospojovania STN 33 2000-5-54/STN EN 62305-3, čl. 6.2.2, tab. 8, 9
- Uzemnenie STN EN 62305-4, čl. 5.1
- Je zabezpečená čo najmenšia hodnota STN EN 62305-4, čl. 5.2
- Impedancia pospojovania

E1.2.2. Magnetické tienenie a trasy vedenia:

- Tienenie vonkajších vedení vstupujúcich do objektu stavby STN EN 62305-4, čl. 4. 3
- Rozhranie LPZ_{0A} a LPZ1 zodpovedá (rozmery magnetického tienenia), STN EN 62305-3 tab. 3, 6.

E1.2.3. Koordinovaná SPD ochrana:

- SPD - koordinovane umiestnené na vstupe vedenia do každej zóny STN EN 62305-4, kap. 7, príloha C.
- SPD musia byť inštalované, aby bola možná ich revízia STN EN 62305-3, čl. 6.2.1
- Spojovacie vodiče k SPD majú minimálny prierez STN EN 62305-4, tab.1

E2. Meranie**Metoda merania:****Meranie prechodových odporov spojov:**

Za použitia oceľového armovania meria sa celkový odpor spojitosti vodivých častí, hlavne medzi spodnou a hornou časťou armovania. Nameraná hodnota odporu by nemala byť vyššia, ako 0,2 Ω. STN EN 62305-3. čl. 5.3.5.

Meranie uzemňovacích odporov uzemňovačov (uzemňovacej sústavy):

Hodnota odporu uzemnenia jedného uzemňovača nesmie byť vyššia, ako 10 Ω. (STN EN 62305-3. čl. 5.4.1, STN 33 2000-5-54);

Poradové číslo	Označenie skúšobnej svorky S	Odpor uzemňovača s pripojeným ochranným vodičom [Ω]	Odpor uzemňovača bez pripojeného ochranného vodiča [Ω]	Prechodový odpor [Ω]	Teplota okolia v čase merania [°C]

F. Súpis zistených chýb

Zistené chyby musia byť špecifikované a priradené k jednotlivým článkom STN.

G. Záver a vyhodnotenie/celkový posudok

Revízia bola vykonaná v súlade s uzatvorenou dohodou medzi revíznym technikom prevádzkovateľom z dňa... Prevádzkovateľ/majiteľ vytvoril revíznemu technikovi zodpovedajúce podmienky na vykonanie revízie. V priebehu revízie boli prítomní... Na zariadeniach neboli chyby, ktoré by mohli ohroziť bezpečnosť vykonávania všetkých činností v priestoroch z hľadiska revízie... Drobné chyby boli určenými pracovníkmi odstránené na mieste a revíznym technikom boli skontrolované...

Stav od poslednej periodickej revízie zostal rovnaký/zhoršil sa...

Revízia bola vykonaná v súlade s STN: (napr. STN EN 62305-1až 4, STN 34 1398, STN 33 2000-5-54, STN 33 2000-4-41, STN 33 2000-7-717...).

V súlade s STN EN 62305-3 (tab. E.2) a miestnymi prevádzkovými podmienkami bol po dohode s prevádzkovateľom určený termín ďalšej periodickej revízie...

Výsledky tejto revízie sa vzťahujú len na posudzovaný/revidovaný objekt.

Po revidovaní elektrickej inštalácie/zariadenia/bleskozvodu sa vykoná celkový posudok/záver:

ZÁVER

Uzemňovacia/bleskozvodová sústava zodpovedá STN a bezpečnej prevádzke

V, dňa

S obsahom revíznej správy bol zoznámený(á), dňa:

Podpis, pečiatka prevádzkovateľa/majiteľa

Meno a podpis, číslo osvedčenia RT

Rozdeľovník: Výtlačok číslo 1: Prevádzkovateľ/vlastník/majiteľ
Výtlačok číslo 2: Dodávateľ zariadenia (montážna firma)
Výtlačok číslo 3: Revízny technik

Zoznam príloh: 1. Protokol o určení vonkajších vplyvov
2. Prehlásenie o zhode jednotlivých zariadení