

OCHRANNÁ MĚŘENÍ



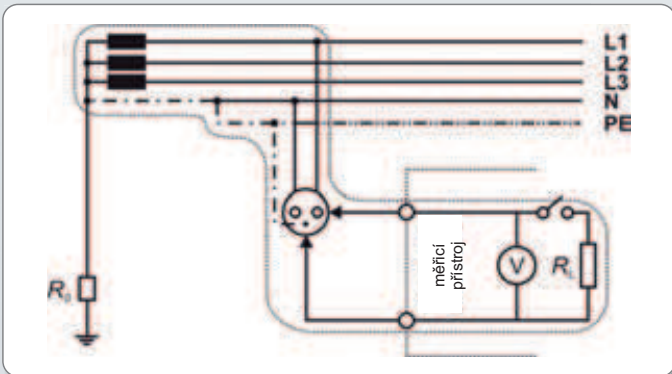
Závazné předpisy vyžadují provádět měření elektroinstalace jak při převzetí (po ukončení montáže, po každé změně nebo výstavbě instalace), tak pravidelně v průběhu provozu. Rozsah kontroly při převzetí nebo pravidelné kontroly je stanoven v normě PN-HD 60364-6. Požadavky pro měřicí přístroje stanovují jednotlivé standardní listy PN-EN 61557. Ochranná měření zahrnují, v závislosti na potřebách, měření impedance zkratové smyčky, izolační odpor, kontinuity ochranných vodičů a ochranných pospojování, zemního odporu, parametrů proudových chráničů. Dodatečné předpisy stanovují nutnost právní metrologické kontroly přístrojů používaných k provádění měření.

Měření impedance zkratové smyčky.

Nejčastěji používaná metoda ochrany proti zásahu proudem, ochrana před nepřímým dotykem v obvodech vybavených nadproudovou ochranou, spočívá v samočinném vypnutí napájení v případě, že se objeví nebezpečné dotykové napětí na dostupných vodivých elementech elektrických zařízení. Tehdy dochází k průtoku proudu v obvodu fáze – ochranný vodič, zvaného zkratový proud, který by měl způsobit sepnutí nadproudového jističe a vypnutí napájení. Protože dostupné prvky nemohou zůstat příliš dlouho pod vlivem nebezpečného dotykového napětí, musí ochrana zařadit v čase dostatečně krátkém, jehož hodnotu stanovují normy. Podmínku správné ochrany popisuje vzoreček:

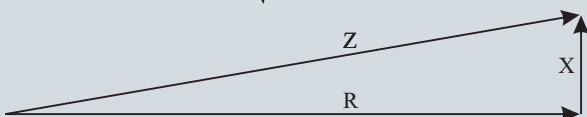
$$Z_s = U_n / I_A$$

kde je: Z_s - impedance zkratové smyčky, I_A - vypínací proud způsobující vypnutí nadproudového zabezpečení ve vyžadovaném čase (závislý na časové a proudové charakteristice použitého zabezpečení a na předepsaném vypínacím čase), U_n - jmenovité napětí sítě vůči zemi.



Hodnotu impedance Z_s potřebnou ke stanovení, zda je ochrana správná, je nutné změřit. Při měření zkratové smyčky technickou metodou je prováděn „umělý zkrat“. Přístroj provádí měření napětí bez zatížení a následně při krátkodobém zatížení zkratovým odporem. Impedance zkratové smyčky je vypočtena na základě rozdílu poklesů napětí. Toto měření umožňují měřicí přístroje impedance zkratové smyčky: MZC-304, MZC-306 a MZC-310S a dále multimetry: MPI-502, MPI-505, MPI-520, MPI-525 a MPI-530 - všechny tyto přístroje ukazují rovněž součásti impedance, čili odpor a reaktanci.

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$



Měřicí přístroje impedance zkratové smyčky (kromě MZC-310S) umožňují také měření v obvodech L-PE v instalacích zabezpečených proudovými chrániči bez jakéhokoli zásahu do obvodu. Takové měření prováděné proudem nižším než 15 mA, je protaženo v čase, rozlišení výsledku činí, podobně jako u jiných měření 0,01 Ω . Silnoproudý měřicí přístroj MZC-310S však umožňuje měření s rozlišením výsledku 0,1 m Ω (napájecí body, rozvodny, trafostanice), s využitím měřicího proudu maximálně 280 A, což umožňuje měření v souladu s normou PN-EN 61557, dokonce pro obvody, kde se vyskytují miliohmové hodnoty impedance zkratové smyčky.

Měřicí přístroj MZC-306 se odlišuje možností provádět měření pro libovolná proměnná napětí do 750 V – rovněž v průmyslových instalacích.

Měřicí přístroje impedance zkratové smyčky mohou být používány k měření zemního odporu s použitím pomocného zdroje napětí (fázového vodiče sítě).

Změřená hodnota je tedy zvýšena – výsledek měření je součtem odporu měřeného zemniče, pracovního uzemnění, zdroje a fázového vodiče. Pokud však je menší než přípustná hodnota pro zkoumané uzemnění, lze ji uznat za správnou a není třeba používat přesnější měřicí metody.

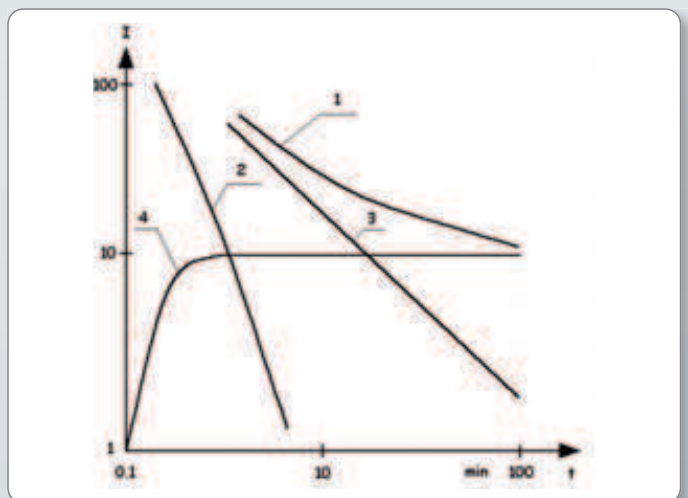


Měření izolačního odporu.

Stav izolace má rozhodující vliv na bezpečnost obsluhy a správné fungování instalací či elektrických zařízení a dodatečně je zárukou ochrany před bezprostředním dotykem.

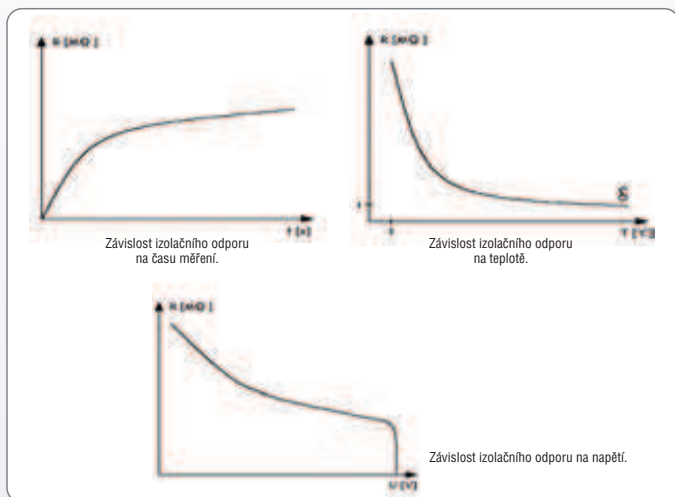
Systematické provádění zkoušek stavu izolace je nezbytné za účelem odhalení zhoršujícího se stavu izolace a je stálou součástí kontrolně-měřicích prací. V případě měření průmyslových zařízení je rozhodující především tendence změn hodnoty odporu, která může poukazovat na postupné zhoršování stavu izolace. Základními prvky, které mají vliv na degradaci izolace, jsou: elektrická a mechanická rizika, chemická agrese, teplotní rizika či znečištění prostředí; v důsledku jejich působení, v průběhu normálního provozu instalace elektrických zařízení, izolace stárne.

Měření izolačního odporu jsou prováděna stejnosměrným proudem, aby byl eliminován vliv kapacity na výsledek měření. Způsob provádění měření izolačního odporu a požadované měřicí napětí jsou stanoveny v normách: PN-HD 60364-6; PN-E-04700; PN-EN 61557-2. Při měření pod napětím dochází v izolaci k fyzickým jevům, v jejichž důsledku dochází k průtoku proudu. Můžeme rozlišit následující součásti proudu protékajícího izolací (1) při měření odporu:

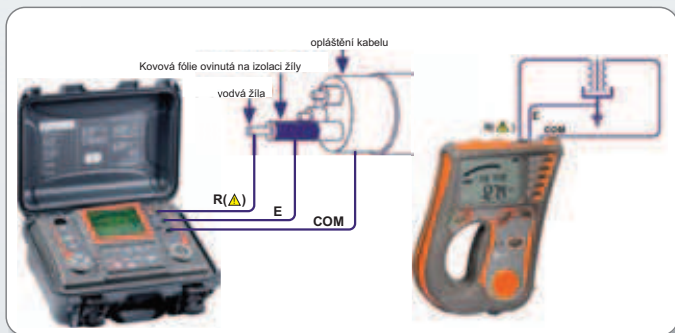


- kapacitní nabíjecí proud (2) – závislý na kapacitě (např. na délce měřeného kabelu),
- polarizační (absorpční) proud (3) – výsledek přesunování nábojů či dipólů pod vlivem elektrického pole,
- únikový proud izolace (4) – součet proudů plynoucích materiálem či po povrchu.

Charakter proudu plynoucího v izolaci způsobuje, že na hodnotu změřeného izolačního odporu má vliv čas měření, ale také vlhkost, teplota, měřicí napětí a čistota povrchu izolačního materiálu.



Třívodičová metoda používaná u všech pokročilých přístrojů, umožňuje eliminovat vliv proudu povrchového svodu. V případě kabelů je nutné ovinout izolaci žíly kovovou fólií, která je napojena na stínící svorku měřicího přístroje – měření je pouze únikový proud proudící izolací. Měření třívodičovou metodou je doporučováno všude tam, kde máme co do činění s velkými plochami vystavenými vlivům znečištění (kabely s velkým průměrem, průchodky VN, transformátory, jističe VN):



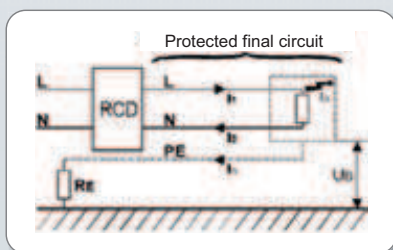
Uplatnění třívodičové metody je důležité v případě měření objektů s velmi vysokými hodnotami odporu (více než 100 MΩ).

Přístroje MIC-10K1, MIC-5050, MIC-5010, MIC-5005, MIC-5000, MIC-2510, MIC-30 a MIC-2505, stejně jako multimetr MPI-525, umožňují provádění měření izolace ve stanovené době a provádění zobrazení po časových intervalech nastavených uživatelem. Na základě získaných výsledků je vypočten jeden nebo dva absorpční koeficienty, které rovněž informují o stavu izolace. Před provedením měření se je nutné ujistit, zda je měřený objekt odpojen od zdrojové sítě. V případě odhalení přítomnosti napětí v objektu (nebo objevení se napětí v průběhu měření), přístroj přeruší měření a akusticky signalizuje tento nedostatek. V průběhu provádění měření je zobrazována aktuální, okamžitá hodnota odporu nebo aktuální hodnota únikového proudu. Po ukončení měření jsou naměřené hodnoty ukládány na konci dob stanovených uživatelem (výběr z rozsahu 1...600 s) a následně dochází k vybití měřeného objektu přístrojem.

Měření parametrů proudových chráničů.

Zásadní funkcí proudového chrániče (RCD) je dodatečná ochrana před zasažením elektrickým proudem, pomocí odpojení zabezpečeného obvodu od napájení, v případě výskytu nadměrného zemního proudu.

Pokud se v obvodu chráněném jističem nevyskytují poškození (zbytkový proud $I_{\Delta} = 0$), vstupní proud I_1 se rovná výstupnímu proudu I_2 . V okamžiku poškození (např. průnik izolací) začíná proudit poruchový proud I_{Δ} , a hodnota proudu I_2 je menší než I_1 . Chránič RCD zareaguje (vypne napájení), pokud měřená hodnota rozdílu proudů I_1 či I_2 překročí stanovenou hodnotu charakteristickou pro daný jistič. V okamžiku průtoku poruchového proudu se na krytu chráněného zařízení objeví napětí U_B ,

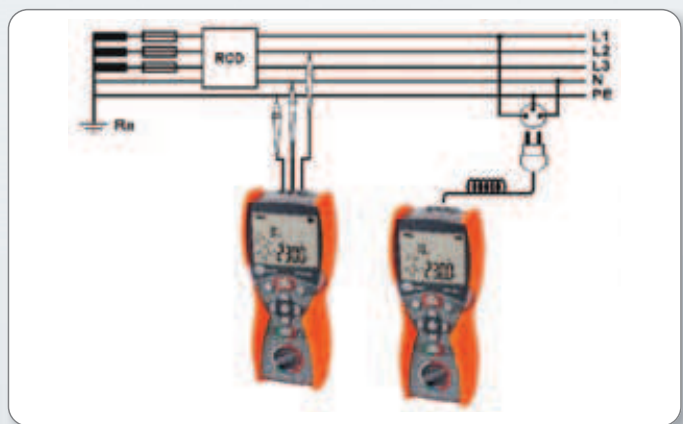


$$U_B = I_{\Delta} * R_E$$

Jmenovité napětí chrániče $I_{\Delta n}$ je nutné vybrat tak, aby dotykové napětí vznikající v průběhu průtoku poruchového proudu nemohlo překročit přípustné dlouhodobé dotykové napětí U_L :

$$I_{\Delta n} < U_L / R_E$$

Instalace vybavená chráničem RCD musí mít z bezpečnostních důvodů ochranný vodič PE. Proto chrániče nemohou být instalovány v sítích, které nemají vyčleněný ochranný vodič. Proudový chránič neomezuje hodnoty poruchového proudu, pouze čas jeho průtoku. Protože však je kritérium sepnutí chrániče překročeno poruchovým proudem hodnoty jmenovitého proudu chrániče, je nutné ho vybírat příslušně k druhu chráněného přijímače. Vzhledem k době vypnutí se proudové chrániče dělí na: obecné, se zpožděním $[G]$, určené pro přijímače a obvody, ve kterých může docházet k dočasným, nevelkým únikovým či selektivním proudům $[S]$, které jsou charakteristické dobou nepůsobení, čili minimálním časem, kdy ačkoli došlo k výskytu rozdílu mezi vstupním a výstupním proudem z obvodu, nedojde k vypnutí. V závislosti na charakteru poruchového proudu, jenž způsobuje vypnutí chrániče, se dělí na: chrániče typu AC označené $[~]$, reagující na zbytkový sinusový proud, typu A, označené $[~\wedge]$, reagující na sinusový, pulzující jednosměrný a pulzující s konstantní složkou do 6 mA, a dále chrániče B, označené $[~\wedge]$, reagující na sinusový, jednosměrný pulzující proud, pulzující proud s konstantní složkou a stejnosměrný proud. Měření proudových chráničů umožňuje měřicí přístroj MRP-201 a také multimetry MPI-502, MPI-505, MPI-508, MPI-520, MPI-525 a MPI-530.

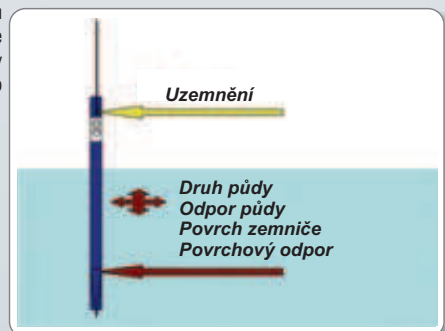


V průběhu každého měřicího postupu (kromě měření střídavého napětí) měřicí přístroj kontroluje, zda vznikající dotykové napětí nepřekročuje stanovenou hodnotu přípustného dlouhodobého dotykového napětí. Pokud je tato hodnota překročena, dojde automaticky k přerušení měření (tj. k vypnutí měřicího střídavého proudu). Hodnotu přípustného dlouhodobého dotykového napětí lze nastavit na 25 V nebo 50 V, pro selektivní chrániče dodatečně 12,5 V. Vypínací čas RCD je měřen od zahájení průtoku zbytkového proudu do momentu vypnutí RCD. Ize si vybrat počáteční fázi (nebo polarizaci) kladnou nebo zápornou. Maximální měřená hodnota vypínacího času činí 300 ms, a při vybraném měření selektivních chráničů 500 ms. Vypínací proud RCD je měřen při vyvolání lineárně rostoucího zbytkového proudu v testovaném obvodu. Proud vzrůstá z hodnoty cca 30 % $I_{\Delta n}$ do chvíle vypnutí RCD nebo překročení $I_{\Delta n}$ pro chrániče AC (140 % a 200 % pro chrániče typu A a B).

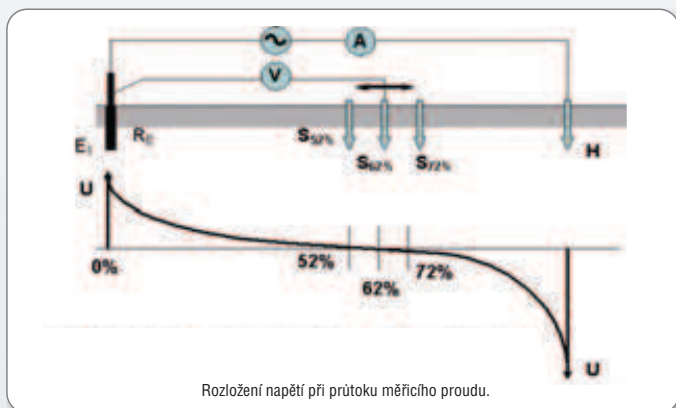
Díky použití dotykové elektrody v měřicích přístrojích, pomocí přístrojů k měření RCD, lze zkontrolovat správnost spojení v zásuvce. Pokud napětí mezi dotykovou elektrodou a ochranným vodičem (PE) připojeným k zásuvce překročí 50 V, bude to signalizováno.

Měření zemního odporu.

Měření zemního odporu jsou prováděna za účelem kontroly elektrických instalací a splnění požadavků týkajících se ochrany před zásahem proudem. Uzemnění, kromě protibleskové ochrany, plní rovněž jiné funkce spojené s bezpečností (např. odvádění elektrických nábojů v objektech s rizikem výbuchu). Systém uzemnění podléhá pravidelným kontrolám v průběhu provozu za účelem ujištění, zda koroze či změny odporu půdy významně neovlivnily jeho parametry.

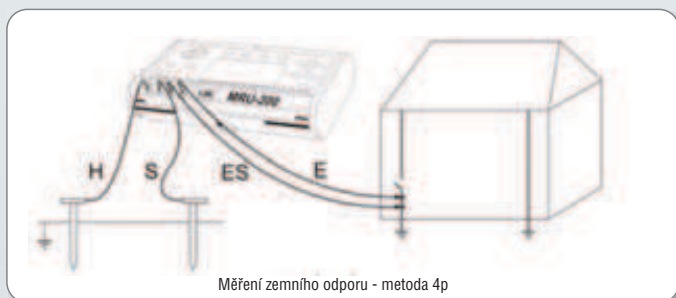


Měření uzemnění mohou být prováděna multimetry, které mají odpovídající funkci a dále speciálními měřicími přístroji série MRU. K měření zemního odporu se nejčastěji používá technická metoda – měřicí přístroj vypočte hodnotu odporu měřením napětí, jež je přítomné na svorkách přístroje po vyvolání měřicího proudu. Při měření jednotlivých uzemnění je užívána třípólová metoda poklesu napětí, spočívající ve vyvolání průtoku proudu v obvodu měřicího přístroje – zkoumané uzemnění – proudová elektroda – měřicí přístroj. Vzdálenosti mezi elektrodami musí být co možná největší; proudová elektroda se musí nacházet alespoň ve vzdálenosti 10krát větší než je fyzická délka měřeného uzemnění; v praxi je uplatňována vzdálenost cca 40 m mezi zkoumaným zemničem a proudovou elektrodou.

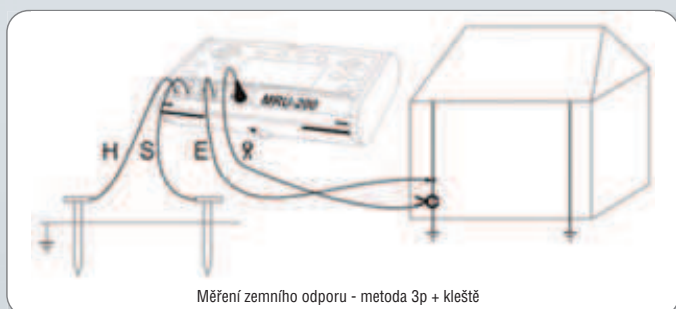


Napěťová elektroda je zaražena do země mezi měřeným zemničem a proudovou elektrodou v oblasti tzv. nulového napětí. V praxi je doporučováno provedení třech měření, kdy je o 1-2 metry změněna poloha napěťové elektrody ve směru od a ke zkoumanému uzemnění. Pokud jsou výsledky stejné, bylo místo zaražení elektrody vybráno správně. Měření je prováděno proudem s frekvencí, jež dovoluje zabránit interferenci a poruchám s frekvencí sítě (50 Hz nebo 60 Hz) a jejich harmonických složek. Pokročilé měřicí přístroje série MRU před zahájením měření kontrolují a signalizují hodnotu rušivých napětí. Dodatečně tyto měřicí přístroje vypočítají dodatečnou přesnost spojenou s příliš vysokým odporem měřicích sond.

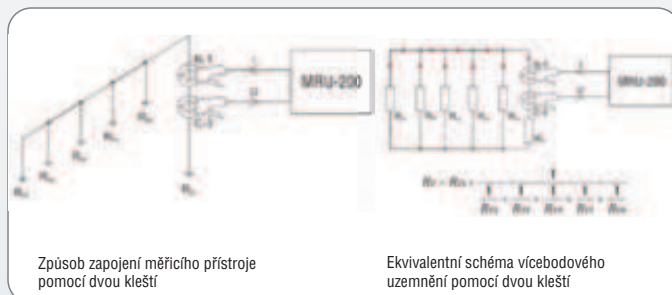
Pokročilé přístroje mají možnost provádět měření čtyřpólovou metodou, což umožňuje eliminovat vliv odporu vodiče, kterým je ke zkoumanému uzemnění připojován také měřicí přístroj.



Obtížie vyplývající z nutnosti odpojení jednotlivých zemničů v průběhu měření vícebodového uzemnění lze překonat s využitím technické metody s použitím dodatečných kleští (MRU-105, MRU-120, MRU-200). Proudová a napěťová elektroda je umístěna podobně jako u třípólové metody, avšak proud je měřen pomocí kleští připevněných na testovaném uzemnění. Měřicí přístroj vypočítá odpor, přičemž zná tu část proudu, která protéká zkoumaným zemničem. Měřicí metodu s kleštěmi však nelze použít u těch vícebodových systémů, u kterých jsou spolu jednotlivé zemniče spojeny pod zemí.



Metoda měření pomocí dvou kleští (MRU-120, MRU-200, MPI-530) umožňuje měření odporu vícebodových uzemnění bez nutnosti umístit do země pomocné sondy. V průběhu tohoto měření se proud vytvářený vysílacími kleštěmi uzavírá do obvodu: zkoumané uzemnění + souběžné spojení ostatních uzemnění; a je měřen pomocí přijímacích kleští – na tomto základě je vypočten odpor obvodu. Protože souběžné spojení několika odporů vytváří výsledný odpor s mnohem nižší hodnotou, je proto výsledek vzhledem ke zkoumanému odporu zvýšen. Rozdíl je o to menší, čím více uzemnění se podílí na měřeném objektu.



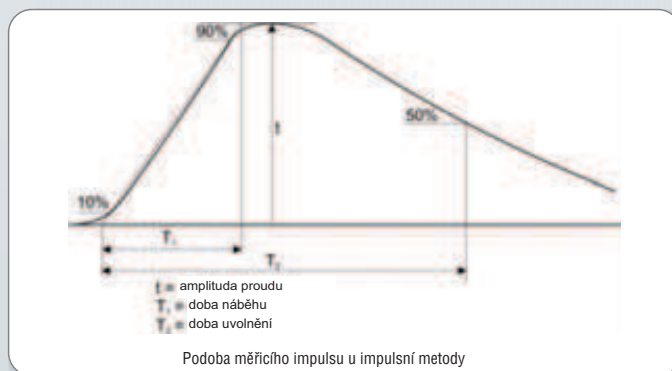
Měření odporu pomocí dvou kleští je uplatňováno u měření vícebodových uzemnění, nespojených pod zemí. Pokud jsou uzemnění spojena rovněž pod zemí, tato metoda umožňuje změřit pouze kontinuitu obvodu.

V systému uzemnění hodnoceném z hlediska ochrany proti zásahu elektrickým proudem, je důležité udržení proudů s nízkým kmitočtem (50, 60 Hz). Úlohou **uzemnění ochrany před bleskem** je odvádění zásahu blesku do země. Impulsní charakter tohoto výboje způsobuje, že se důležitý stane vliv indukční složky zkoumaného zemniče, což zapříčiní, že efektivně využívaná k odvádění bleskového proudu je pouze ta část zemniče, která se nachází v bezprostřední blízkosti místa výboje.

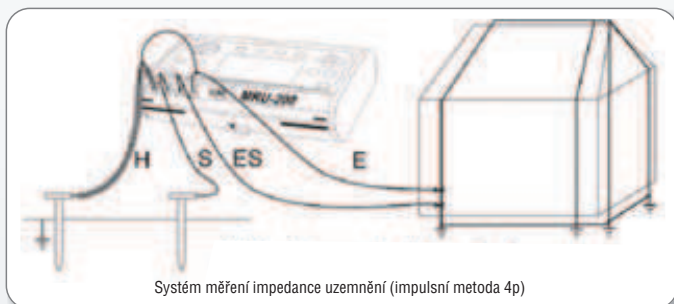
Proto zemnič s nízkým statickým odporem, zaručující dobrou základní ochranu, nemusí zajišťovat dostatečné parametry protibleskové ochrany – zvláště se tak děje v případě rozsáhlých zemničích systémů, které mají nízký statický odpor a mohou být charakterizovány několikanásobně vyšší dynamickou impedancí. Měření impulsní metodou (MRU-200), v souladu s normou: PN-EN 62305 či staženou, ale uplatňovanou normou PN-86/E-05003, umožňuje diagnostikovat parametry dynamických uzemnění ochrany před bleskem. Impulsní charakter měření způsobuje, že není nutné rozpojovat uzemnění v případě vícebodových uzemnění nebo objektů, které jsou pod napětím, protože impuls měřicího proudu podobně jako úder blesku působí pouze v omezené vzdálenosti. Měření působí v souladu s definicí obsaženou v normě PN-EN 62305. Tato metoda umožňuje stanovit smluvní hodnotu, která je označována jako diferenciální (Zd), jež je poměrem maximální hodnoty napětí k maximální hodnotě proudu.

Diferenciální impedance stanovená normou je jaksi smluvní hodnotou, neboť obecně k napětovým a proudovým špičkám nedochází současně. Diferenciální impedance je uznávána za ukazatel účinnosti uzemnění v podmínkách přísné nebo speciální ochrany.

Parametry měřicího impulsu (simulujícího bleskový výboj) definují dvě hodnoty: doba náběhu t_1 a doba uvolnění t_2 . Měřicí přístroj MRU-200 umožňuje výběr mezi třemi typy měřicích impulsů: 10/350 μ s, 8/20 μ s nebo 4/10 μ s. Podle normy PN-EN 62305 typ měřicího impulsu 10/350 μ s je typický pro první impuls bleskového proudu. Stejný impuls je uváděn jako vzorový impuls normou PN-EN62305-1. Impuls 4/10 μ s má parametry vyplývající z PN-92/E-04060.

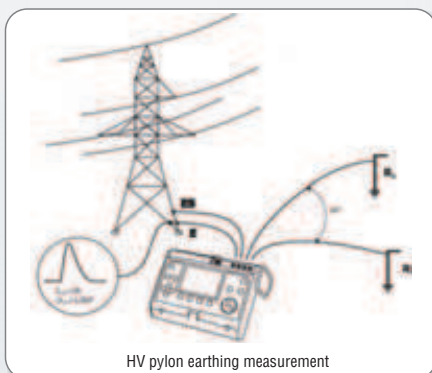


Při měření impulsní metodou vícebodového uzemnění spojeného jak nad, tak i pod zemí, měřicí impuls působí pouze v blízké vzdálenosti daného uzemnění, což umožňuje měřit uzemnění bez nutnosti rozpojování kontrolních spojů a odpojování vyrovnávacích spojek, čili bez nutnosti odpojování napájení objektu.

kompatibilitě a bezpečnosti a mají značku 

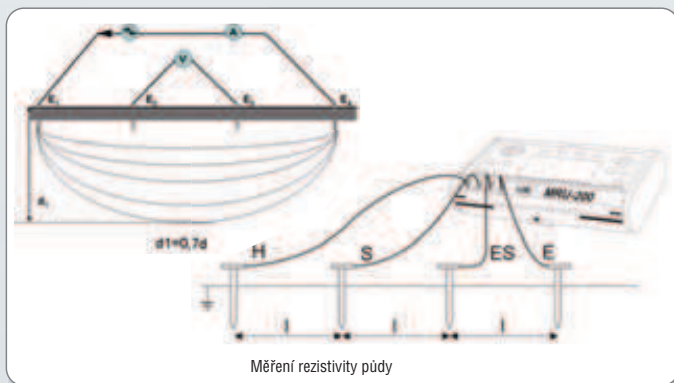
Systém měření impedance uzemnění (impulsní metoda 4p)

Impulsní metoda může být rovněž používána k měření impedance uzemnění sloupů vysokého napětí, umožňuje stanovit impedanci uzemnění celého sloupu, zahrnující rovněž systémy pásové oceli a také odpor vnikající nohami sloupu, kromě toho může být prováděna bez odpojení zkoumaného vedení VN a demontáže části uzemnění.



HV pylon earthing measurement

Znalost hodnoty rezistivity půdy (MRU-105, MRU-120, MRU-200) je důležitá ve fázi projektování uzemnění. Známe-li půdní profil, můžeme vybrat druh použitého uzemnění, např. pro nízké hodnoty odporu, jež se vyskytují teprve v určité hloubce, vyprojektujeme jednotlivý vertikální, hluboko usazený zemnič, avšak pro terén s malým odporem v měřící oblasti; pro skalnatý ve větší hloubce to bude soustava uzemnění skládající se z kratších vertikálních zemničů spojených pásovou ocelí.



Měření rezistivity půdy

Měření rezistivity půdy je prováděno s použitím čtyř elektrod umístěných lineárně v různých vzdálenostech (Wennerova metoda). Rezistivita půdy je měřena v hloubce rovnající se 0,7 vzdálenosti mezi sondami.

Zjednodušení měření

V průběhu měření prováděných pod napětím (impedance zkratové smyčky, parametry proudových chráničů, napětí, sled fází) lze používat kabely zakončené zkušebními hroty nebo krokosvorkami (splňujícími odpovídající měřící kategorie, ve tvaru zabraňujícím sklouznutí z prstů), nebo použít adaptéry odpovídající pro zásuvky, ve kterých jsou měření prováděna.

Měřicí přístroje připojené k instalaci vybavené zásuvkami automaticky kontrolují pomocí vodiče zakončeného síťovou zástrčkou nebo v jiných případech pomocí vodičů, správnost spojení a signalizují nedostatky v připojení. Měření v jednofázových zásuvkách umožňují adaptéry zakončené zástrčkou Uni-Schuko; měření jsou prováděna také v případě záměny fázového vodiče s neutrálním (bez nutnosti ručního přepojování nebo použití dodatečných adaptérů). Kromě toho, adaptéry WS-01 a WS-03 mají tlačítka sloužící ke spouštění měření na k zápisu do paměti. K měřením v třífázových nebo vysokoproudových zásuvkách lze volitelně použít jeden z adaptérů: třífázových zásuvek AGT-16P, AGT-32P, AGT-63P, AGT-16C, AGT-32C nebo vysokoproudových AGT-16T i AGT-32T.



Řada adaptérů AutoISO umožňuje provádět měření izolačního odporu tří-, čtyř- a pětizilových kabelů odpovídajícím měřicím přístrojem, bez nutnosti ručního, dalšího výběru párů a kombinací měřených kabelů. Kabely zakončené krokosvorkami vycházející z adaptéru (v závislosti na situaci 3, 4 nebo všech 5), jsou upínány k žilám měřeného vodiče, po čemž je spuštěno měření a adaptér spojený s měřicím přístrojem provede celou požadovanou sekvenci měření. Adaptér AutoISO-2500 použitý k měřicímu přístroji MPI-525 nebo MIC-2510, umožňuje provádět taková měření rovněž pro kabely (napětím 2500 V).



AutoISO-2500

AutoISO-1000

Adaptér TWR-1J umožňuje kontrolu parametrů proudového vodiče před montáží do instalace.

Přístroje k měření zemního odporu jsou dodávány s bohatou výbavou ergonomických doplňků, jež ulehčují provádění měření. Kabely používané k měření uzemnění jsou vzhledem ke své délce (50, 30, 25, 15 metrů) navinuty na cívky, vyrobené z materiálu odolného proti mrazu a nárazu, které umožňují rychlé rozvinutí a svinutí kabelu.



TWR-1

Sonel zaručuje možnost doplnění sady o dlouhé, 80cm sondy, spolu s příslušným pouzdem, o proudové kleště vysoké citlivosti a přesnosti (C-3, N-1), jež umožňují měření uzemnění bez rozpojování kontrolních spojek nebo měření proudu a speciální svorky zaručující pevné spojení.

Měřicí přístroje jsou dodávány spolu s příslušnými brašňami nebo kufříky přizpůsobenými tvarům jednotlivých měřicích přístrojů, mají přihrádky a vnitřní úchyty, jež umožňují také přepravu měřičích příslušenství.

Podrobný soupis standardního a doplňkového příslušenství se nachází na straně 37...39.