

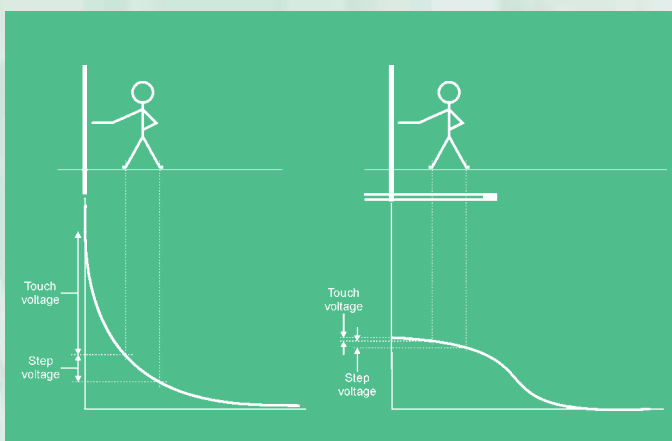
Kvalita elektrické energie - průvodce



Uzemňování a EMC

Systemový přístup k uzemňování

6.1



HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE



Uzemňování a EMC

Systemový přístup k uzemňování

Reyer Venhuizen, KEMA T&D Power, May 2002

Překlad: Josef Gavlas, Miloslav Kužela, Pavel Santarius, FEI Technická univerzita Ostrava, říjen 2003

Hungarian Cooper Promotion Centre (HCPC)

HCPC je nezisková organizace financovaná producenty mědi a výrobci zpracovávajícími měď. Jejím cílem je podporovat používání mědi a měděných slitin a napomáhat jejich správné a účinné aplikaci. Služby HCPC, mezi něž patří i poskytování informací a technického poradenství, jsou dostupné zájemcům o využití mědi ve všech oborech. Sdružení rovněž slouží jako prostředník mezi výzkumnými organizacemi a průmyslovými uživateli a udržuje těsné styky s obdobnými středisky mědi ve světě.

Fakulta elektrotechniky a informatiky VŠB Technická univerzita Ostrava (FEI - TUO)

Fakulta elektrotechniky a informatiky zahájila svou činnost na VŠB Technické univerzitě v Ostravě od 1. ledna 1991. Fakulta zajišťuje všechny formy vysokoškolského studia (tj. bakalářské, magisterské a doktorské) ve studijním programu Elektrotechnika a informatika s ucelenou strukturou elektrotechnických oborů a inženýrské informatiky. Nedílnou součástí činnosti pedagogů na fakultě je i vědecko-výzkumná činnost, kde jedním z nosných programů je kvalita elektrické energie s hlavním zaměřením na problematiku monitorování parametrů kvality a na problematiku harmonických v elektrických sítích.

European Copper Institute (ECI)

European Copper Institute je organizací založenou podporujícími členy ICA (International Copper Association) a IWCC (International Wrought Copper Council). ECI zastupuje největší světové producenty mědi a přední evropské výrobce při propagaci mědi v Evropě. ECI, který byl založen v roce 1996, se opírá o síť deseti národních organizací (Copper Development Associations - 'CDAs') v Beneluxu, Francii, Německu, Řecku, Maďarsku, Itálii, Polsku, Skandinávii, Španělsku a Spojeném království. Navazuje na činnost sdružení Copper Products Development Association založeného v roce 1959 a INCRA (International Copper Research Association) založeného v roce 1961.

Upozornění

Obsah tohoto materiálu nemusí nutně vyjadřovat názor Evropského společenství a není pro něj ani závazný. European Copper Institute a Hungarian Cooper Promotion Centre odmítají odpovědnost za jakékoliv přímé, nepřímé či vedlejší škody, které mohou být způsobeny nesprávným využitím informací v této publikaci.

Copyright© European Copper Institute a Copper Development Association.

Česká verze byla připravena ve spolupráci HCPC a Fakulty elektrotechniky a informatiky VŠB - Technické Univerzity Ostrava.

Reprodukce je možná za předpokladu, že materiál bude otištěn v nezkrácené podobě a s uvedením zdroje.



HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE

Hungarian Copper Promotion Centre
Képiró u. 9
H - 1053 Budapest
Maďarsko

Tel: 00 36 1 266 4810
Fax: 00 36 1 266 4804
Email: hcpc.bp@euroweb.hu
Website: www.hcpcinfo.org



VŠB - TU Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
17. listopadu 15
CZ 708 33 Ostrava-Poruba

Tel: +420 597324279
Fax: +420 596919597
Email: pavel.santarius@vsb.cz
Website: homen.vsb.cz/~san50/



European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org

Systémový přístup k uzemňování

Úvod

Uzemňování instalací a zařízení je problém, který překračuje hranice různých disciplin souvisejících s konstrukcí a vybavením moderních komerčních a průmyslových staveb. Stavební inženýři se musí domluvit s přístrojovými inženýry a profesionálové IT s elektroinženýry, atd. Někdy však jednotliví inženýři nemluví stejným technickým jazykem, nebo dokonce zapomínají při instalacích na potřeby jiných. Tento dokument slouží pro svůj globální přístup k uzemňování jako průvodce pro zemnění a odrušování a může být použit multidisciplinárními týmy.

Všeobecně, jakýkoliv uzemňovací systém musí splnit tři základní požadavky:

- ♦ **Blesk a zkrat:** uzemňovací systém musí ochránit uživatele, zabránit přímému poškození, jako je oheň, přeskok anebo exploze v důsledku přímého zásahu bleskem a přehřátí v důsledku zkratu.
- ♦ **Bezpečnost:** uzemňovací systém musí svést blesk a zkratový proud bez toho, aby nevzniklo nebezpečné krokové a dotykové napětí.
- ♦ **Ochrana zařízení a funkčnost:** uzemňovací systém musí ochránit elektroniku tím, že zabezpečí nízkoimpedanční cestu k propojovacímu zařízení. Vhodné kabelové trasy, zónování a stínění jsou důležité aspekty a slouží k tomu, aby zabránily zdrojům poruchy rušit činnost elektronického zařízení.

Ačkoliv požadavky těchto tří aspektů jsou často zvlášť specifikovány, jejich implementace si vyžaduje integrovaný systémový přístup.

Systémový přístup

Původní účel ochranné země byl zajistit bezpečnost lidí a majetku uvnitř zóny vybavené uzemňovacím systémem. To vyžaduje propojení s vysokou proudovou kapacitou s relativně nízkou impedancí na základní frekvenci, takže napětí vzniklé při velkém poruchovém proudu není nebezpečné.

Je snadné zhotovit dobré, nízkoimpedanční spojení se zemí. Všechno, co potřebujete, je vysoce vodivý vodič odolný korozi /např. měď/, zakopaný v zemi v takové hloubce, že nebude ani mrznout ani vysychat, dostatečně velký, aby byl v kontaktu s přiměřeným množstvím země, pokrývající dostatečně velkou plochu a to v pozici, aby nebyl ovlivněn jinými uzemňovacími systémy. Velký objem země snižuje hustotu proudu v půdě a tedy odpor vůči zemi. Spojení velké plochy umožňuje tvarovat elektrické pole a redukuje dotykové a krokové napětí /jak bude uvedeno později/. To je čistá země, přinejmenším tak čistá, jak je to jen možné.

Problémy nastanou, jakmile je k ní zařízení připojeno. V praxi je čistota země ovlivněna jinými blízkými uzemňovacími systémy a obvykle ještě závažněji, samotným přístroji v instalaci.

Použití kombinované ochranné země a neutrálního /PEN/ vodiče, jako je použito v TN-C systému, nemůže být v souladu s principy dobrého návrhu, o jakém se hovoří v této poznámce. V TN-C systému se nulové proudy - včetně třetích harmonických - a zemní proudy smíchají ve středních vodičích, ochranných vodičích a připojených kovových zařízeních. Instalace by měly být vždy TN-S, i když jsou odvozeny z TN-C systémů na napájecí straně společného napájecího bodu /PCC/. Přítomnost jednoduché vazby země-střední vodič je velmi důležitá

Tradiční instalace se v praxi správně zaměřuje na bezpečnost. Původně se zdálo dostatečné, že se jednoduše zabezpečilo nízkoimpedanční spojení se zemí. Moderní praxe si žádá tvarování pole v zemi, aby regulovalo napěťové gradienty kolem uzemňovací elektrody.

“Ochranný vodič” musí také zajistit funkční uzemnění pro zařízení fungující v systému, t.j. musí zajistit cestu pro svodové proudy /na základní frekvenci/ a vysokofrekvenční poruchové proudy, které se objevují např. ze spínaných napájecích zdrojů přes vysokofrekvenční filtry /RFI/ stejně jako je referenční napětí pro signální propojení.

Systemový přístup k uzemňování

Velikost svodových proudů je kolem instalace různá. Protože uzemněný svodový proud pochází hlavně z jednofázového zařízení v každé ze tří fází, budou mít symetrické složky na základní frekvenci každé z fází tendenci rušit, takže proud v ochranném vodiči se může zvyšovat anebo snižovat podle kombinace obvodů podél distribuční sítě. Často je to nejhorší u /jednofázového/ koncového obvodu, který napájí zařízení IT. Svodové proudy jsou neškodné, pokud protékají zemí, ale snadno mohou dosáhnout smrtelné úrovně, jestliže selže spojení, a proto se vyžaduje vysoce komplexní návrh. V podstatě to vyžaduje dvojí propojení /každé schopné vést plný poruchový proud/ a robustní a spolehlivé spojení - např. raději korozi odolné měděné vodiče s dlouhou životností instalované elektrikáři, než ocelové kabelové lávky instalované stavbaři. Kde se používá pancíř kabelů jako jedna ze spojovacích cest, vyžaduje zvláštní pozornost zajištění spolehlivých spojení udržovaného na ucpávkách. Principy vysoce komplexního návrhu se musí rozšířit na celý systém, až na pracovní na stůl, např. upevněním dostatečného počtu zásuvek, takže prodlužovací jednotky s jejich jednoduchým ochranným vodičem nejsou potřebné.

Vysokofrekvenční proudy mohou znamenat větší problém, pokud jde o funkčnost. Většina zařízení, které produkuje rušení na zemi, je také na něj citlivá, ale s jistým rozdílem. Zařízení produkuje rušivé proudy a je citlivé na rušivá napětí. Jestliže budou rušivé proudy přivedeny do země bez toho, aby způsobovaly úbytek rušivého napětí, bude všechno v pořádku. Toto vyžaduje spojení do země, které má nízkou impedanci na všech frekvencích. Abychom snížili vyzařované rušení, mělo by být zemní spojení pro rušivý proud vedeno v blízkosti napájecích vodičů. Stojí za zmínku, že v této souvislosti nás více zajímá impedance spojení s uzemňovacím systémem, který představuje ekvipotenciální plochu, běžně nazývanou "zem", spíše než samotnou fyzickou zemi. Je to odlišné od souvislosti bezpečnosti a ochrany proti blesku, kde impedance spojení do země samotné je velmi významná.

Když byl objem instalovaného zařízení malý, bylo běžné vést separátní velkou zemi přímo zpět do hlavní uzemňovací svorky, anebo dokonce do separátní uzemňovací tyče /také spojené s hlavní svorkou zemnění v souladu s místními předpisy/. Tohle obvykle stačilo zčásti proto, že tyto systémy a jejich periferní zařízení byly umístěny spolu v geograficky malé oblasti, a tak mohly být udržované raději na ekvipotenciálu /pokud tam je/, než na nulovém potenciálu. Zpětná cesta šumu byla také v blízkosti napájecích vodičů, redukujících vysílání šumu. Avšak dlouhá rozbíhající se uzemňovací spojení vykazují účinky čtvrtvlnové rezonance¹, které zvyšují impedanci na některých frekvencích, což byla nevhodná technologie pro moderní, široce rozptýlené instalace. Moderní počítačové systémy se obvykle rozšiřují v několika patrech budovy. Údržba ekvipotenciálu vysoké frekvence mezi těmito roztroušenými přístroji si vyžaduje lepší řešení.

Faktem zůstává, že většina distribuovaných počítačových systémů funguje. Protože byly vyvinuty mikroelektronické přístroje a sníženo provozní napětí, energie nutná pro zapojení logických stavů a imunita vůči napětovému šumu byly obecně sníženy, což způsobilo větší citlivost na šum. Efekt tohoto trendu byl vyrovnán vylepšením systémového návrhu, aby se zlepšila imunita proti šumu. Tato opatření se týkají také použití diferenciálních propojení a lepšího návrhu softwaru, jako je použití detekce chyb a korekční protokol na sítích. Tyto techniky jsou velmi efektivní, ale redukují průchodnost sítě tím, že posílají nadbytečná data /kontroly chyb/ a vyžadují opakovaný přenos souborů poruchových dat.

S narůstajícím elektrickým šumem narůstá chybovost a průchodnost klesá až do úplného zastavení potřebné komunikace. Uživatelé se zdá, že systém náhle selhal, ve skutečnosti se však pouze degraduje do té míry, že si s tím neporadí ani mechanismus obnovy. Pokud se zredukuje elektrický šum na dostatečně nízkou úroveň, zredukuje se také chybovost a to umožní opětovný přenos dat. Vysoké úrovně šumu redukují propustnost tím, že vyžadují opakovaný přenos a snižují efektivnost. Je zřejmé, že efektivnost sítě souvisí s efektivností zpracování dat a tím celého podnikání. Jak to už bývá, efektivita je nejhorší, když ji nejvíc potřebujeme - když je síť přetížena. Klíčovým úkolem pro zvýšení efektivnosti je redukce úrovně elektrického šumu při zpracování dat. Bohužel, v spekulativních zástavbách je nejpůvodnějším datovým kabelem pro síť nestíněný zkroucený kabel. U budov s intenzivním použitím IT a u přenosu dat 100Mb/s by se mělo preferovat použití stíněného kabelu.

¹ *Návrh uzemňovacího systému budovy, včetně systému bleskosvodu, vyžaduje velkou péči, pokud se mají zohlednit všechny cíle. Obvykle je nejlepší a nejlevnější, pokud se konstruuje správně od počátku a ne až když je budova obývána.*

Nejllepší způsob redukce šumu na minimum je použití měděné mřížové zemnicí sítě. Tato technika se často používala pro "počítačové místnosti", kde se centralizovalo zpracování dat, a je pořád jediným rentabilním řešením. Funguje to, protože je tady nekonečné množství cest v mříži s rozdílnými zjevnými elektrickými délkami, zatím co některé z těchto cest mohou být násobky čtvrtvlnné délky, určitě budou existovat jiné paralelní cesty, které jimi nejsou. Výsledkem je spojení nízké impedance se širokou frekvenční škálou. Taková mříž by měla pokrýt celou oblast instalovaného zařízení - v dnešní době obvykle celou budovu a nemělo by se zapomínat, že to platí pro vertikální směr stejně jako pro horizontální. Malý smysl mají horizontální sítě na každém patře, napojeny na jednoduché vertikální svislé vedení. Mříže jsou běžně konstruovány tak, že pomocí plochého pásku omezují skinefekt na minimum. Tam, kde se jako mříž používají stavební prvky, jako podpory na zvýšenou podlahu, které byly vybrány spíše pro své mechanické než elektrické vlastnosti, je třeba se ujistit, že prvky jsou spolu provázány použitím krátkých měděných opletení na každém uzlu.

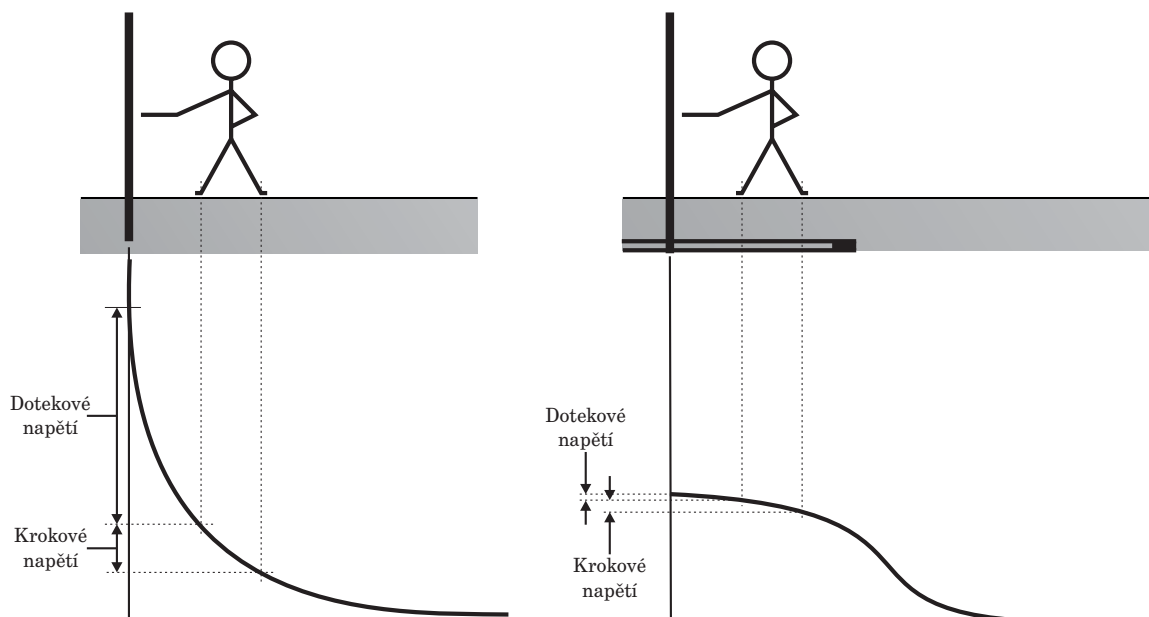
Může se zdát, že instalace kompletní měděné mříže je příliš drahá pro obyčejné komerční stavby, zvláště u spekulativních staveb. Avšak náklady nejsou tak vysoké a je samozřejmé, že nejnižší celkové náklady dosáhneme, když zahrneme mříže už do projektu, nejdražší způsob je dodatečné zavádění mříží až po zprovoznění. Efektivní uzemňovací systém zajišťuje, že budova je vhodná pro širší použití a tedy je tržně zajímavější. Stavba může mít vyšší nájem kompenzován redukcí četnosti /a nákladů/ problémů pro nájemníky a následně provozních nákladů.

Uvedení pojmu do praxe

Zemní elektroda

Návrh zemní elektrody - její velikost, tvar a dispozice - jsou rozhodující nejenom pro vytvoření dostatečně nízké impedance ale také pro kontrolu tvaru elektrického pole na povrchu země.

Odpor elektrodového systému uzemnění a proudu v půdě určují napěťovou diferenci mezi systémem a zemí. Pro velké poruchové proudy bude toto napětí velmi vysoké na elektrodě a bude klesat se vzdáleností od zemního vodiče, jak narůstá objem země, skrz kterou proud protéká. Tento nárůst zemního potenciálu může vyústit do nebezpečných situací.



Obr.1 - Krokové a dotekové napětí

Systemový přístup k uzemňování

Před dalším zkoumáním problému je nezbytné definovat některé pojmy (obr.1). “Dotekové napětí” je diference napětí mezi uzemněnou strukturou a osobou stojící na zemi v dosahu struktury. “Krokové napětí” je napětí mezi chodidly osoby (předpokládaná vzdálenost 1 metr) stojící na zemi. Maximální dotekové a krokové napětí je limitováno různými normami.

Je docela možné dosáhnout nízké impedance - za správných půdních podmínek- pomocí jednoduché zemní tyče. Typický vzorek pole je vidět na levé straně obr.1. Všimněte si, že strmost půdního potenciálu je velmi příkrá - tj. krokové a dotykové napětí by bylo vysoké- takže nejde o vhodný výběr elektrody. Obr.1 ukazuje (na pravé straně) účinek přidání ochranného kruhu s obvodem 1 m, v hloubce 0,5 m do systému. Nejenom že to redukuje impedanci a tedy nárůst zemního potenciálu (protože větší množství země přenáší proud), ale také je řízen tvar pole uvnitř ochranného kruhu který redukuje krokové a dotykové napětí.

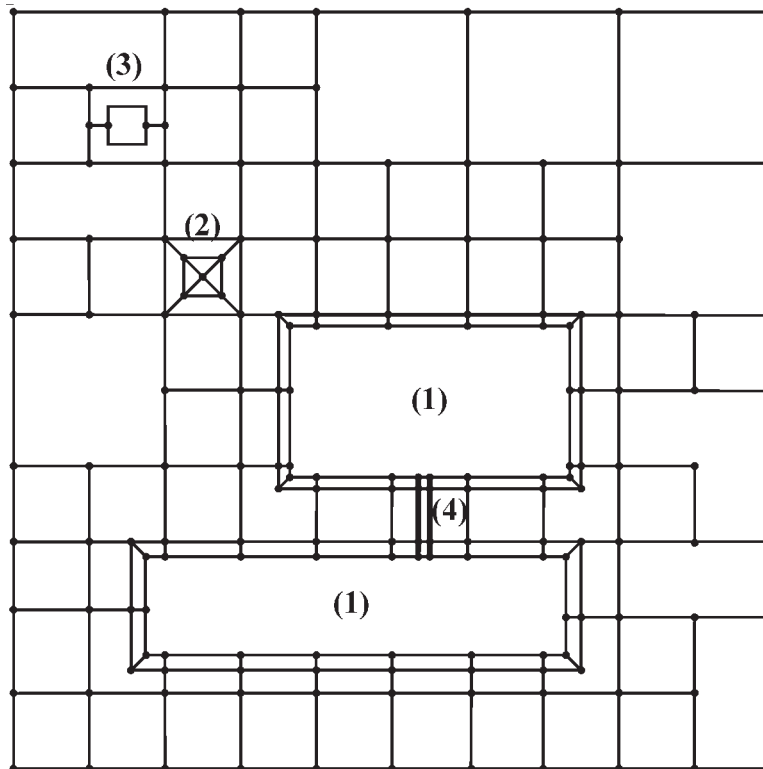
Jak můžeme vidět, krokové a dotykové napětí kolem budovy je mnohem nižší, když použijeme zemnicí kruh. Vrchol “potenciálové bariéry” je utvořen širší a rovnější vlivem pole, které tvaruje charakteristiku kruhu v půdě. Když nepoužijeme žádný kruh, bariéra je strmější a vyšší, zejména poblíž zemnicí tyče anebo betonového pilíře, což může vést k nebezpečným situacím.

Zapuštěné uzemňovací elektrody kolem budovy by měly být umístěny ve vzdálenosti nejméně 1 m od vnější zdi. Měly by být dostatečně hluboko, aby nebyly ovlivněny mrazem v zimě, a aby nevysychaly v létě. Tam, kde není vhodné lokální vedení, měla by být hloubka nejméně 0,5m. Zemnicí okruh by měl být vyroben z mědi s plochou průřezu nejméně 50 mm².

Okruh uzemňovacích elektrod musí být připojen ke smyčkové síti pod konstrukcí a k smyčkové síti kolem konstrukce, pokud je to možné. Připojení mezi okruhem a zbytkem uzemňovacího systému budovy anebo stanoviště musí být provedeno na několika místech.

Celoplošný uzemňovací systém

Na svedení blesku a zkratových proudů do země je potřeba cesty s nízkou zemní impedancí. Tímto hlavním zemnicím systémem musí být síť, která zabezpečuje nízkoimpedanční spojení mezi všemi objekty a dobré rozptýlené spojení s půdou. Musí být schopné vést všechny možné proudy, ale vyhnout se nebezpečnému



Obr.2 - Zemní mříž (viz. Obr.8 dle IEC 61312-2)

Systemový přístup k uzemňování

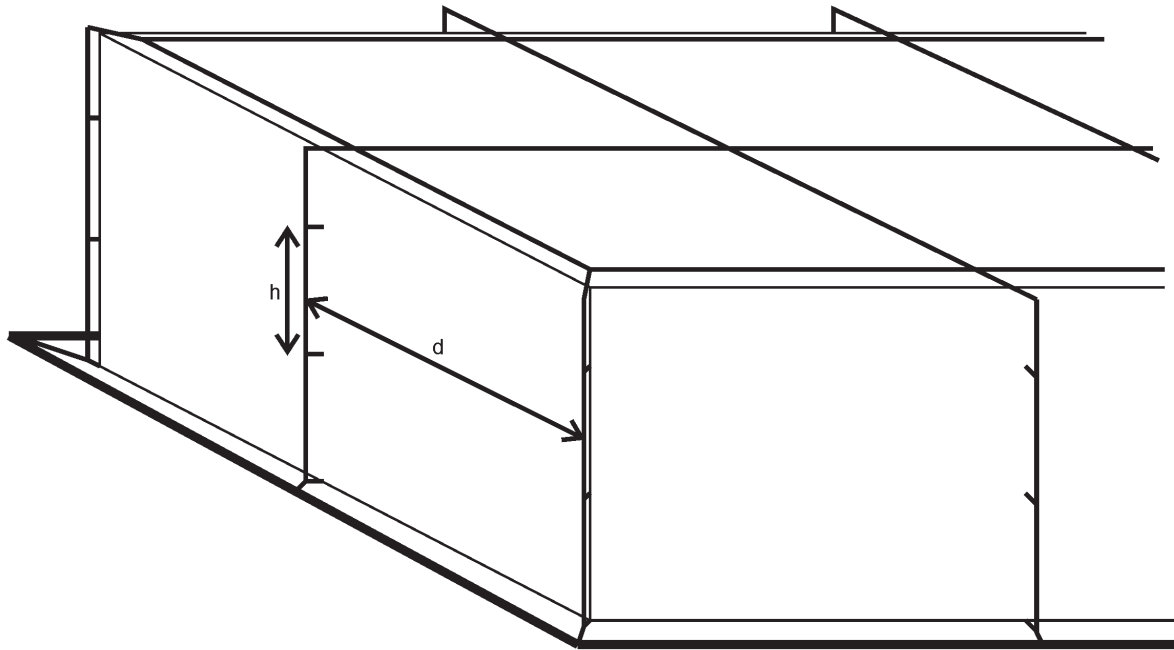
dotekovému napětí a velkým proudům na kabelech spojujících vzdálené objekty.

Obr.2 ukazuje pohled shora na smyčkový uzemňovací systém provozovny. Pro budovy (1) ocelová výztuž formuje smyčkovou síť, která je připojena k neizolovanému měděnému kruhu kolem budovy, aby se omezilo krokové a dotykové napětí. Jinde je nainstalován smyčkový uzemňovací systém. Rozestup smyček přímo kolem budov je 5m. Věž (2) a samostatné zařízení (3) jsou také připojeny k této smyčkové síti. Každý objekt je připojen na uzemňovací systém vícenásobnými připojeními. Mezi budovami se používá kabelové lávky (4) jako ochrany pro kabely položené mezi budovami.

System bleskosvodu

Aby se omezily škody spojené s přímým úderem blesku do konstrukce, musí se zajistit nízkoimpedanční cesta z vrcholu konstrukce do země. Na úrovni země se systém ochrany proti blesku připojí přímo na zemní elektrodu a zbytek uzemňovacího systému. Obr.3 ukazuje typickou strukturu pro budovu.

Maximální vertikální rozestup vodičů d je 10m pro normální ochranu a 5m pro zvýšenou ochranu. Je nutné použít nejméně dva vertikální vodiče s průřezem nejméně 20 mm². Nejlépe na každém patře, ale maximálně v 20m intervalech, by vertikální vodiče měly být připojeny na uzemňovací systém budovy. Cílem je zabezpečit Faradayovo stínění kolem budovy obsahující zevní uspořádání vertikálních vodičů a horizontální připojení na úrovni každého patra s tím, že se vybudují lokální "ekvipotenciální" zóny pro každé poschodí.



Obr.3 - Umístění bleskosvodů vedoucích dolů

Musíme pamatovat, že blesk je přechodný jev, a tak indukčnost a skinefekt musíme udržet nízko tím, že použijeme vodiče s plochými proužky, instalovaných v přímkách.

Umístění ochranného vodiče budovy

“Ochranný vodič” budovy má několik funkcí:

- ◆ vést poruchový proud do země a tak umožnit činnost nadproudového jistění
- ◆ vést svodový proud zpět do země
- ◆ působit jako signálová referenční rovina, takže signálové interface propojovacího zařízení může správně fungovat
- ◆ zajistit elektromagnetickou kompatibilitu (EMC)
- ◆ vést šumové proudy z vysokofrekvenčních filtrů (RFI) apod. zpět do země

“Ochranný vodič” je příliš často projektován, jako by byl pouze ochranný vodič a jeho ostatní role jsou úplně přehlíženy. Bohužel, tohle pojmenování není nejvhodnější.

Poruchový proud

Projektování jak ošetřit poruchové proudy je dobře zvládnuto. U vhodně projektované ochrany proti nadproudu a poruchám se omezí trvání poruchového proudu a energie “propouštění” je omezena na bezpečné hodnoty. Jde o standardní návrh instalace. V tomhle kontextu, kritická kritéria jsou absolutní odpor vůči zemi a smyčkový odpor zdroje, kabelů a ochranného vodiče.

Svodový proud

Svodové proudy jsou často přehlíženy. Objevují se hlavně z filtrů, které mají redukovat vysokofrekvenční rušení a ačkoli výskyt na jednotlivých částech zařízení je malý, společný výsledný efekt může být značný. Tyto proudy pocházejí z kapacitního děliče připojeného na napájecí napětí, a proto mají napětí naprázdno polovinu napájecího napětí. Normálně je tento bod zdroje uzemněný k ochrannému vodiči. Pokud se část ochranného vodiče oddělí, např. ochranný vodič radiálního okruhu se odpojí v rozdělovacím bodě, bude izolovaný ochranný vodič plavat v polovině napájecího napětí. Potřebný zdrojový proud bude záviset od počtu připojených jednotek - jestli zapnutých nebo vypnutých je obvykle nepodstatné - a může se zvětšit na úroveň, která by mohla být smrtící. Vhodnou praxí je ujistit se, že celistvost “ochranného vodiče” se zvyšuje zabezpečením více než jedné trasy ze spojovacího bodu zařízení zpět do napájecího bodu. Nejméně jednou cestou musí být mechanicky pevný přidělený vodič a jinou cestou může být pancéřování kabelu, potrubí anebo kabelové lávky. Všimněte si, že pokud se použije taková cesta, musí se instalovat a udržovat takovým způsobem, aby byla zajištěna celistvost spojení. Protože je tento typ svodového proudu ve skutečnosti charakteristický rys návrhu vysokofrekvenčního filtru v zařízení, je označen jako “proud ochranného vodiče” v kódech některých instalací.

Nejdůležitější význam pro svodový proud má celistvost ochranného vodiče. Proudů jsou relativně malé, takže odpor není problémem, ale riziko, že se spojení ztratí, je velmi vysoké. Nejtěžším problémem je zachování celistvosti ochranného vodiče - neexistuje jednoduchý způsob, jak objevit, že celistvost byla ohrožena selháním jedné z cest. Jednoduše, neexistuje žádný ukazatel selhání, pokud jej neobjeví nešťastný uživatel.

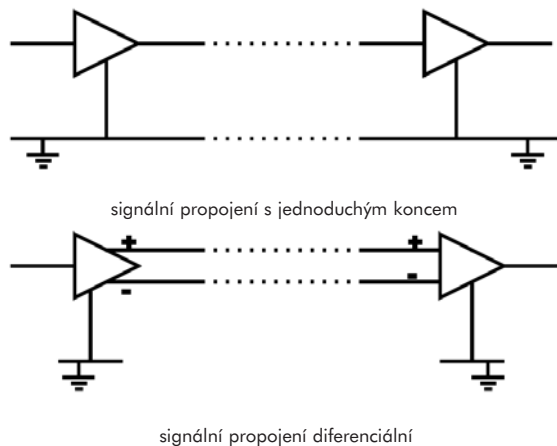
Signální referenční rovina

Aby mohl ochranný vodič působit jako napěťová reference tak, aby propojené zařízení správně fungovalo, je nutná nízká impedance ve velkém kmitočtovém rozsahu. Jde o to, že celý systém uzemnění reprezentován ochranným vodičem by měl tvořit ekvipotenciální plochu, jinými slovy, přes celý potřebný kmitočtový rozsah, po celé ploše budovy by měl být potenciálový rozdíl mezi jakýmkoli dvěma body nulový. V praxi to neznamená, že potenciálový rozdíl by měl ve skutečnosti být nula, ale že by měl být dostatečně nízký, aby nezpůsobil žádnou funkční poruchu nainstalovaného zařízení. Mnohá signálová rozhraní používají úroveň diferenciálního napětí (síťové propojení, RS 485) a jsou tolerantní k relativně vysokým (několik voltů)

Systemový přístup k uzemňování

rozdílům v referenčním napětí. Některé starší standardy propojení, jako RS 232 rozhraní používané pro modemy a IEEE 1284 používané pro tiskárny, mají jednoduchý konec a jsou méně odolné.

Obr. 4 ukazuje typické propojení s jednoduchým koncem a diferenciální rozhraní. Rozhraní s jednoduchým koncem používá jednoduchý signální vodič a zpětnou cestu zemí. To znamená, že každý potenciálový rozdíl mezi lokální "zemí" na vysílači a na přijímači se objevuje v sérii se signálem a pravděpodobně způsobí poškození dat. Zřejmě jednoduché řešení přidáním dalšího signálního vodiče mezi dvěma body země není pravděpodobné - rozsáhlý a neurčitý proud bude protékat a způsobí interferenci a možné poškození.



Obr.4- Signální propojení s jednoduchým koncem (nahore) a diferenciální.

Diferenciální rozhraní používá dvou signálních vodičů a data se posílají jako napěťový rozdíl mezi nimi. Ideální stav je, když je přijímač citlivý jenom na diferenciální napětí mezi signálním vedením a necitlivý na souhlasné (soufázové) napětí (střední napětí na signálním vedení). V praxi to tak není a soufázové napětí se musí pořád omezovat, ale na úrovni snad jednoho nebo dvou řádů vyšší amplitudy, než jakou si vyžaduje jednopólové rozhraní. Poměr diferenciální citlivosti k soufázové citlivosti je známý jako poměr potlačení soufázového signálu (CMRR) a je vyjádřen v dB (napětí). Pro většinu polovodičových přijímačů je CMRR vysoký u nízké frekvence, ale rychle klesá, když frekvence stoupá. Jinými slovy, použití diferenciálních propojení ve skutečnosti neuspokojuje požadavky systému ochranného vodiče, i když pomáhá redukovat chybovost.

Všimněte si, že není důležitá absolutní impedance vůči zemi, ale impedance (přes široký kmitočtový rozsah) mezi různými body na ochranném vodiči.

Obecně, opatření na zabezpečení dobré signální referenční roviny jsou podobny těm, které mají zajistit EMC (elektromagnetickou kompatibilitu).

Elektromagnetická kompatibilita

Všechny složky elektrického a elektronického zařízení produkují určité elektromagnetické vyzařování a všechny složky zařízení jsou více nebo méně citlivé na elektromagnetické vyzařování. Pokud má všechno správně fungovat, součtová úroveň vyzařování v prostředí musí být poněkud nižší než úroveň, která naruší chod zařízení, které pracuje v tomto prostředí. Abychom dosáhli tohoto cíle, zařízení se projektuje, instaluje a testuje podle norem tak, aby se zredukovalo množství produkovaného vyzařování a zvýšilo množství tolerovatelného vyzařování.

EMC je definováno v normách IEC 61000 jako:

“Schopnost zařízení anebo systému fungovat uspokojivě ve svém elektromagnetickém prostředí bez netolerovatelných elektromagnetických poruch v prostředí.”

Udržovat tuhle kompatibilitu v praxi vyžaduje velkou svědomitost v návrhu a provedení instalace a uzemňovacího systému. Detailní instruktaž bude uvedena v další části, tady nastíníme jenom všeobecný

přehled.

V tradičním elektroinženýrství se používaly separátní uzemňovací systémy, např. signální, počítačový, energetický, bleskový apod. V dnešním elektroinženýrství převládá nový pohled na aspekt uzemnění a jeho vztah k ochraně přístrojů. Pojem oddělených uzemňovacích systémů byl nahrazen jedním celkovým uzemňovacím systémem, který předepisují mezinárodní normy. Neexistuje žádná "čistá" nebo "špinavá" země.

Tato koncepce jednoho uzemnění značí v praxi, že vodiče ochranné země (PE), paralelní uzemňovací vodiče, zásuvkové skřínky a datová stínění anebo silové kabely jsou všechny propojeny. Také části ocelové konstrukce a vodovodní a plynové potrubí jsou součástí tohoto systému. Ideálně, všechny kabely vstupující do zóny musí vstupovat na jednom místě, ve kterém jsou všechna stínění a další zemní vodiče spojeny.

Aby se zredukovalo rušení na zařízení musí se hlídat malé uzemňovací smyčky mezi kabelovými stíněními a ostatními uzemňovacími strukturami. Vazby kabelů na kovové konstrukce způsobují, že tyto konstrukce působí jako paralelní uzemňovací vodiče (PEC). Paralelní uzemňovací struktury se používají jak pro data, tak pro silové kabely. Příklady jsou uvedeny v pořadí podle narůstající efektivity: uzemňovací vodiče, kabelové žebříky, ploché kovové povrchy, kabelové lávky anebo kovové trubky. Paralelní uzemňovací vodiče redukuje impedanci smyčky tvořenou kabelem a uzemňovací sítí. Uzemňovací odpor k mateřské zemi většinou není důležitý pro ochranu zařízení. Velmi efektivní forma paralelních uzemňovacích vodičů je hustě tkané anebo úplně uzavřené kabelové stínění s velkým kovovým příčným průřezem, které spojuje všechno okolo na obou koncích kabelu.

Abychom udrželi malou impedanci spojovacích kabelů v uzemňovací síti pro vysoké frekvence, musí se použít lanko (individuálně izolované) anebo kovové pásy s poměrem délky a šířky menším než 5. Pro frekvence vyšší než 10MHz by se neměly použít kulaté dráty

Zvýšená podlaha může sloužit jako dobrá ekvipotenciální rovina. Měděná mřížka pod ní musí mít maximální rozestup 1,2 m a musí být připojena na společnou spojovací síť přes mnohé ekvipotenciální spojovací vodiče. Mřížka by měla být připojena k 50 mm² měděnému kruhu umístěnému kolem oblasti zvýšené podlahy, uvnitř podlahy v 6m intervalech. Silové a signální kabely by měly být nejméně 20cm od sebe, a když se křížují, měly by zachovat pravé úhly.

Závěr

Uzemňovací systém budovy nebo místa je kritickou částí elektrické infrastruktury a může ovlivnit budoucí vývoj firem, které tady budou působit. Je nezbytné řešit krátkodobé poruchové proudy o velikosti několik set Ampérů, stálé proudy o několika Ampérech a vysokofrekvenční šumové proudy a vrátit je do zdroje nebo do země s téměř nulovým úbytkem napětí pro šumové proudy a bez rizika poškození pro poruchové proudy. Zároveň musí chránit zařízení a personál uvnitř budovy při zásahu bleskem (přechodné jevy v kiloampérové oblasti) v propojeném uzemňovacím systému.

Návrh zemnicího systému budovy, včetně systému bleskové ochrany, vyžaduje velkou péči, pokud se mají zajistit všechny cíle. Nejlépe a nejlevněji se toho dosáhne správným návrhem, který vezme v úvahu životnost budovy, a pokud je to možné, její potenciální využití. Pozdější úpravy jsou vždy příliš nákladné.

Evropská střediska promoce mědi

Země Beneluxu

168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 7090
Fax: 00 32 2 777 7099
Email: mail@copperbenelux.org
Web: www.copperbenelux.org

Kontakt: Mr. B. Dóme - Ředitel

Francie

Centre d'Information du Cuivre et Latiions
30 Avenue de Messine
F-75008 Paris

Tel: 00 33 1 42 25 25 67
Fax: 00 33 1 49 53 03 82
Email: centre@cuivre.org
Web: www.cuivre.org

Kontakt: Mr. P. Balzy - Ředitel

Německo

Am Bonneshof 5
D-40474 Duesseldorf
Germany

Tel: 00 49 211 4796 300
Fax: 00 49 211 4796 310
Email: info@kupferinstitut.de
Web: www.kupferinstitut.de

Kontakt: Dr. W. Seitz - Ředitel

Řecko

Hellinic Copper Development Institute
74 L Riankour Str
GR-115 23 Athens

Tel: 00 30 1 690 4406-7
Fax: 00 30 1 690 4463
Email: info@copper.gr

Kontakt: Mr. D. Simopoulos - Ředitel

Česká republika, Maďarsko, Slovensko

Hungarian Copper Promotion Centre
Képiró u. 9
H 1053 Budapest
Maďarsko

Tel: 00 36 1 266 4810
Fax: 00 36 1 266 4804
Email: hcpc.bp@euroweb.hu
Web: www.hcpcinfo.org

Kontakt: Mr. R. Pintér - Ředitel

Itálie

Instituto Italiano del Rame
Via Corradion D'Ascaino 1
I-20142 Milano

Tel: 00 39 02 89301330
Fax: 00 39 02 89301513
Email: ist-rame@wirednet.it
Web: www.iir.it

Kontakt: Mr. V. Loconsolo - Ředitel

Polsko

Polish Copper Promotion Centre Sa
Pl. 1 Maja 1-2
Pl 50 136 Wroclaw

Tel: 00 48 71 78 12 502, 78 12 383
Fax: 00 48 71 78 12 504
Email: copperpl@wroclaw.top.pl

Kontakt: Mr. P. Jurasz - Ředitel

Skandinávie

Scandinavian Copper Development Association
Kopparbergsvagen 28
S-72188 Vasteras Sweden

Tel: 00 46 21 19 86 20
Fax: 00 46 21 19 80 35
Email: scda.info@outkumpu.fi
Web: www.scda.com

Kontakt: Mrs. M. Sundberg - Ředitelka

Španělsko

Centro Espanol de Informacion del Cobre
Princesa 79
E-28008 Madrid

Tel: 00 34 91 544 8451
Fax: 00 34 91 544 8884
Email: cedic@pasanet.es

Kontakt: Mr. J. R. Morales - Ředitel

Velká Británie

Copper Development Association
Verulam Industrial Estate
224 London Road
St Albans
Hertfordshire AL1 1AQ

Tel: 00 44 1727 731200
Fax: 00 44 1727 731216
Email: copperdev@compuserve.com
Web: www.cda.org.uk & www.brass.org

Kontakt: Mrs. A. Vessey - Manažerka



Reyer Venhuizen



**HUNGARIAN COPPER
PROMOTION CENTRE**

Hungarian Copper Promotion Centre
Képiró u. 9
H - 1053 Budapest
Magarsko

Tel: 00 36 1 266 4810
Fax: 00 36 1 266 4804
Email: hpcp.bp@euroweb.hu
Website: www.hpcpinfo.org



VŠB - TU Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
17. listopadu 15
CZ 708 33 Ostrava-Poruba

Tel: +420 597324279
Fax: +420 596919597
Email: pavel.santarius@vsb.cz
Website: homen.vsb.cz/~san50/



European Copper Institute
168 Avenue de Tervueren
B-1150 Brussels
Belgium

Tel: 00 32 2 777 70 70
Fax: 00 32 2 777 70 79
Email: eci@eurocopper.org
Website: www.eurocopper.org