

Tipy a triky při instalaci přepětových ochran (část 16)

Jak uzemnit hromosvod

Dalibor Šalanský, člen ILPC, Luma Plus, s. r. o.,
Jan Hájek, organizační složka Praha, Dehn + Söhne GmbH + Co. KG

Při studiu normy ČSN EN 62305 a zároveň jako reakce na mnohé dotazy projektantů a montážníků jsme si uvědomili, že orientace v systému uzemnění není tak přehledná, jak by se na první pohled mohlo zdát. Koneckonců v ČSN EN 62305-3 je uzemnění věnováno hodně prostoru. Dá se říci, že nestačí „hodit“ do země kus drátu, a tím považovat svod za uzemněný.

Všeobecné informace o uzemňovací soustavě

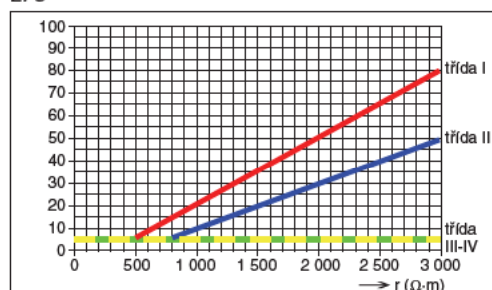
V příslušných člancích zmíněné normy lze získat základní informace. Nejprve o hodnotě zemního odporu – ten by měl být menší než 10Ω , dále o tom, že tato hodnota je všeobecně doporučena, a nakonec, že tato hodnota není povinná. Naproti tomu to ale rozhodně neznamená, že hromosvodář nějak zanedbá svoji práci. Hodnotu zemního odporu nelze stanovit povinně. Např. v horách nebo v místech se skalnatým podložím by byl revizní technik ztracen a objekt by nemohl projít výchozí revizí, neboť takovéto hodnoty zemního odporu není v těchto místech většinou možné dosáhnout. Ale i na tyto eventualy je v normě pamatováno. Nicméně čím je hodnota menší, tím lépe pro celý ochranný systém.

Základní rozdělení uspořádání zemniců

Uspořádání typu A

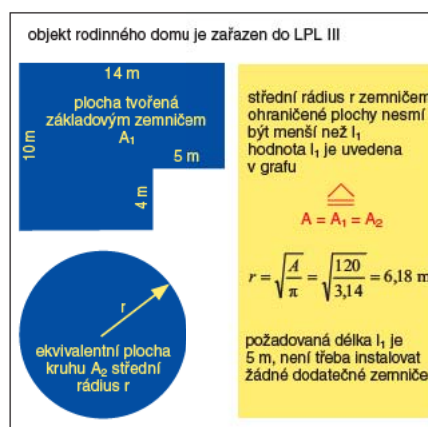
Je třeba si vysvětlit, co lze považovat za uspořádání A, a co ne. Popis je jednoduchý. Je to vodorovný nebo svislý zemnič instalovaný vně chráněného objektu. Tyto zemni-

Graf minimální délky l_1 každého zemniče podle třídy LPS



če musí být pro jakýkoliv objekt minimálně dva. To vyplývá z požadavku, že každý objekt musí mít minimálně dva svody (samozřejmě se zde nejedná o kovový sloup s anténami, který se celý používá jako náhodný svod, kde asi instalace dvou svodů nebude proveditelná).

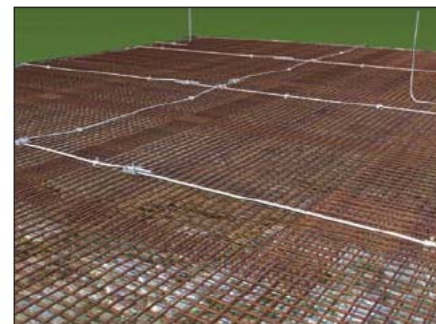
V závislosti na požadované třídě ochrany před bleskem LPS (Lightning Protection System, systém ochrany před bleskem) pro daný objekt je odpovídajícím způsobem vyžadována i kvalita uzemňovací soustavy. Čím větší jsou požadavky na nadzemní část hromosvodu, tím větší požadavky jsou i na její uzemnění. Zde se situace trochu zanedbává,



Obr. 1. Příklad výpočtu ekvivalentní délky zemniče

nebo spíše přehlíží. Je-li objekt zařazen do LPS III nebo LPS IV, nejsou na zemniče jako takový, popř. na jeho délku, kladeny téměř vůbec žádné požadavky. Podle této normy skutečně postačí položit ke každému svodu pětimetrový pásek nebo metr od objektu zatlučit jednu zemnicí tyč. Dokonce i hloubka uložení vodorovného zemniče je stanovena na pouhých 0,5 m, nutné je pouze přihlídnout k prostředí a povětrnostním vlivům, tak aby nedocházelo k předčasné korozi nebo výrazným změnám zemního odporu při mrazu, popř. vysušení půdy. Každý zkušený hromosvodář se nad těmito údaji musí pozastavit. Komu se někdy povedlo dostat se pod hodnotu 10Ω zatlučením jedné tyče nebo položením kousku pásku, může mluvit o velkém štěstí. Spíše se zde dá hovořit o hodnotách 50 až 200Ω . Jenomže jak vyplývá z příslušných článků uvedené normy, skutečně pro objekty tohoto typu, popř. při zařazení do těchto LPS, není povinné téměř nic. To by byl ale rozhodně špatný přístup.

Pro LPS I a LPS II jsou ovšem kladeny daleko větší požadavky na uzemnění a zde lze vidět veliký rozdíl mezi zemniči typu A a typu B (graf). Je-li použit typ A, je nutné dodržet délku každého zemni-



Obr. 2. Všechny rošty jsou spojené svorkami s uzemňovací soustavou



Obr. 3. Zemnicí pásek uložený na vymezovacích vzpěrách



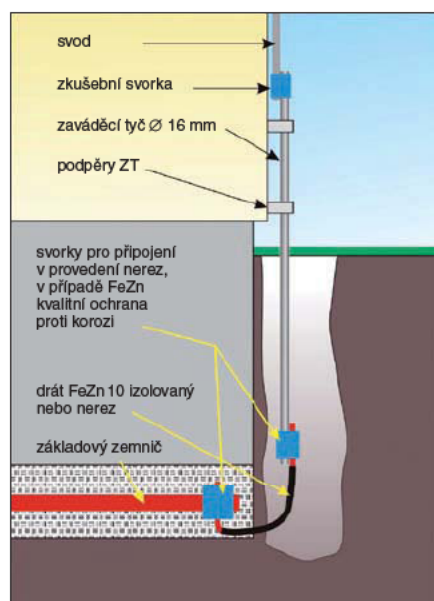
Obr. 4. Vývod pro připojení svodu opatřený izolací



Obr. 5. Dráty a pásky jako vývody pro ekvipotenciální přípojnice a připojení armovacích roštů

če, a těch může být několik – podle počtu svodů. Kdežto u typu B jde o jeden zemnič, společný pro všechny svody. Pouze v případě, že požadavky uvedené v grafu pro daný zemnič nevyhoví (jeho celková délka, nebo zemní odpor), je třeba doplňovat další zemniče mimo objekt, a to pro každý svod. Se základovým zemničem uloženým v betonu by takové starosti neměly nastat, komplikace by mohly být pouze u velmi malých objektů. Pro názornost je zde na obr. 1 uveden příklad výpočtu zemniče.

Co je důležité u uspořádání typu A, je skutečnost, že není splněn požadavek na ekvipotenciální pospojování mezi svody (myšleno



Obr. 6. Příklad použití zaváděcí tyče

u země) neboli u místa hlavního ekvipotenciálního pospojování. Toto se velmi nepříznivě projeví při výpočtu dostatečné vzdálenosti s , kde za činitel k_c je třeba dosadit hodnotu 1 v případě, že hodnota odporu jednotlivých svodů je rozdílná – a to je téměř pravidlo. Ze zkušenosti (a to nejenom z naší) lze potvrdit, že při měření zemního odporu několika svodů u většího objektu se hodnota často pohybuje v rozsahu několika ohmů.

Zpět k úvodu této části. Za zemnič A považujeme v každém případě samostatně uzemněné svody, ale i svody, které jsou sice mezi sebou propojeny, ale jejich uložení v zemině neodpovídá požadavkům kladeným na uspořádání typu B (není připojen nebo vůbec neexistuje základový zemnič).

Tento typ zemnění byl často používán u starších objektů, a to především v občanské zástavbě. V současné době není toto uspořádání doporučeno a přednostně by se mělo používat uspořádání, které je popsáno v dalším textu.

Uspořádání typu B

Toto uspořádání přináší (skoro) samé výhody oproti typu A. Asi nejdůležitější je, že

je možné celkem jednoduše zajistit správné a kvalitní ekvipotenciální vyrovnání objektu. Nevýhodou tohoto zemniče je jeho ukládání do zeminy po dokončení stavby v případě, že se na něj zapomnělo (i takové případy jsme řešili).

Několik slov k popisu zemniče. Je uložen minimálně z 80 % své délky v zemině kolem objektu nebo je uložen v základech. Zemniče, které jsou uloženy v betonu, je vhodné doplnit na mřížové (obr. 2). Použití armování jako zemniče je popsáno dále. Pro ukládání platí stejná doporučení jako u předchozího typu. V případě uložení do zeminy by měl být zemnič umístěn asi 1 m od objektu.

A nyní podrobněji k zemničům uloženým v betonu. I zde platí pravidla, která je třeba dodržet při jejich instalaci. Prvním a základním předpokladem je to, že celý zemnič bude uložen v betonu (obr. 3, obr. 4 a obr. 5) a nebude ho náhodně opouštět. Zejména pásek nebo drát (přednostně pásek – má větší styčnou plochu s betonem a větší průřez) uložený na dně výkopu základu je třeba vhodným způsobem zajistit proti posunu při lití betonu. Mohou k tomu posloužit např. podpěry (obj. č. 290 001). Všechny vývody z takto betonem zalité desky k budoucím svodům je třeba spolehlivě ošetřit proti korozi. Vzhledem k tomu, že stejný materiál se v různých prostředích (např. zem–beton) chová elektricky odlišně, je vhodné k této skutečnosti také přihlídnout a zohlednit ji v celé aplikaci. Jelikož je v současné době rozšířené řešení připojení svodu k uzemnění přes zaváděcí tyče (obr. 6), lze doporučit používat tyče nerezové nebo v celé své délce izolované. Další propoj od tyče do betonu včetně svorky je třeba rovněž zaizolovat nebo použít nerezové součástky. Bu-

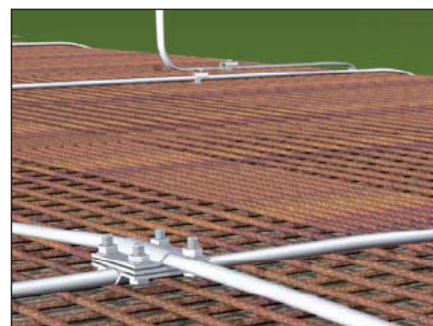


Obr. 7. Jiskřiště testované bleskovou vlnou 10/350 µs

dou-li tyto součástky zaizolovány, nijak se to na celkové hodnotě zemního odporu neprojeví. Je-li zemnič včetně zaváděcích tyčí uložen v hlíně, je třeba především ošetřit vstup tyče do země, a to nejméně 30 cm nad i pod úrovní terénu. U nerezového provedení takového ošetření není nutné. Tyč o průměru 16 mm vyrobená z nerezové oceli rozhodně nebude první součástí, která u hromosvodů „odejde“. Co se týká dalších opatření proti korozi, všechny spoje (mimo svařované) by se měly proti ní tedy ošetřit. Např. v klasické křížové sorce mohou po zalití betonem nebo zasypáním půdou zůstat vzduchové bubliny. V nich samozřejmě kondenzuje voda a ta způsobí předčasnou korozi. Nerezovou ocel uloženou v betonu snad není třeba ošetřovat,

nicméně v půdě, zejména silně jílovité, pravidlo ochrany platí.

Problematická situace nastává, jsou-li použity dva zemniče: jeden uložený v betonu a druhý v okolní půdě (popř. více zemničů v případě, že nevyhovuje hodnota zemního odporu nebo je základový zemnič příliš krátký). Za této situace je třeba kontrolovat vzájemnou reakci mezi materiály. Pozinkovaná ocel uložená v betonu se „nesnese“ s pozinkovanou ocelí uloženou v hlíně. Vzniká elektrický článek a v krátké době může dojít k odplavení vnějšího zemniče, popř. propojů na něj (záleží na nejslabším místě). Možná jsou dvě řešení, jak tomuto jevu zabránit. Buď se strojený a základový zemnič propojí jiskřištěm testovaným bleskovou vlnou 10/350 µs (obr. 7), nebo se vnější obvodový zemnič zhotoví z mědi či nerezové oceli (bohužel zemnič z nerezové oceli nebo mědi nebude zrovna levná záležitost). Tato poučka, popř. doporučení, které materiály mezi sebou lze kombinovat, se opakuje v normě



Obr. 8. Dráty a pásy uložené přes armovací rošt



Obr. 9. Svorky pro jednoduché připojení armovacích prutů

na více místech. Jsou to opět pouze doporučení, ale nejsou samoučelná. Jak zajistit stálý zemní odpor u zemniče, který přestane za pět let existovat?

Zajímavé např. je, že bude-li celý zemnič uložen v betonu, lze použít čistou „černou“ ocel neboli armovací pruty. Dokonce se to doporučuje jako přednostní řešení, které je také ekonomicky výhodné. Základní podmínkou je, aby ocel nebyla příliš rezivělá, zaoxidovaná vrstva by pak mohla působit jako izolant. Dále je třeba dbát na to, aby spoje byly provedeny buďto svařením, nebo kvalitním

svorkováním (obr. 8). Pruty spojené pouhým drátkováním se nemohou použít, mohlo by dojít k roztržení betonu vlivem průchodu bleskového proudu. Vázané pruty se ale hodí jako doplňkové stínění, popř. ekvipotenciální vyrovnání. Takže i klasický armovací rošt je výhodné nasvorkovat na zemnič (obr. 9).

Termíny *černá vana* (obr. 10) nebo *bílá vana* (obr. 11) se v normě nevyskytují, nicméně představují základovou vanu nějakým způsobem izolovanou proti vlhkosti. Je-li použita černá vana, představuje neizolovaný základ a zemnič uložený v základech lze považovat za dostatečný. Má styk (prostřednictvím betonu) s okolní rostlou půdou. Bílá vana je definice pro plně izolované základy. To znamená, že se nejprve položí slabá vrstva srovnávacího betonu, pak se uloží vodotěsná izolace a do ní teprve základový beton. Při

uložení zemniče do tohoto betonu by nebyl vytvořen styk s okolní půdou, neboť tato izolace je zároveň výborné dielektrikum. S touto okolností se musí počítat již před započítáním stavby a základový (mřížový) zemnič uložit pod izolaci do podkladového betonu (obr. 12). Jsou-li svody „přiznané“, postupuje se s jejich uzemněním stejně jako v předchozím případě. Ovšem bude-li v čisté vaně položen armovaný beton, je vhodné jej na zemnič připojit. Je třeba dát pozor na hladinu spodní vody!

Zvláštní pozornost při projektování a ukládání zemničů je třeba věnovat v případě rozsáhlých objektů, popř. několika samostatně stojících objektů, které ale mají být uvedeny na stejný potenciál (např. výrobní podniky). Celý areál by měl mít společnou mřížovou uzemňovací soustavu.

Tabulka materiálů, tvarů a minimálních rozměrů zemničů

Materiál	Tvary	Minimální rozměry			Poznámky
		Zemnič tyč (mm)	Zemnič vodič	Zemnič deska (mm)	
měď	lano ³⁾		50 mm ²		min. průměr 1,7 mm každého lana
	tuhý drát ³⁾		50 mm ²		průměr 8 mm
	tuhý pásek ³⁾		50 mm ²		min. tloušťka 2 mm
	tuhý drát	15 ⁸⁾			
	trubka	20			min. tloušťka stěny 2 mm
	tuhá deska			500 × 500	min. tloušťka 2 mm
	mřížovaná deska			600 × 600	průřez 25 × 2 mm minimální délka tvaru mříže 4,8 m
ocel	pozinkovaný tuhý drát ^{1) 2)}	16 ⁹⁾	průměr 10 mm		
	pozinkovaná trubka ^{1) 2)}	25			min. tloušťka stěny 2 mm
	pozinkovaný tuhý pásek ¹⁾		90 mm ²		min. tloušťka 3 mm
	pozinkovaná tuhá deska ¹⁾			500 × 500	min. tloušťka 3 mm
	pozinkovaná mříž. deska ¹⁾			600 × 600	průřez 30 × 3 mm
	tuhý drát s měděným povlakem ⁴⁾	14			minimální poloměr 250 µm obsah mědi v obalu 99,9 %
	čistý tuhý drát ⁵⁾		průměr 10 mm		
	čistý nebo pozinkovaný tuhý pásek ^{5) 6)}		75 mm ²		min. tloušťka 3 mm
	pozinkované lano ^{5) 6)}		70 mm ²		min. průměr 1,7 mm každého lana
	pozinkovaný křížový profil ¹⁾	50 × 50 × 3			
nerezová ocel ⁷⁾	tuhý drát	15	průměr 10 mm		
	tuhý pásek		100 mm ²		min. tloušťka 2 mm

¹⁾ Pokrytí by mělo být hladké, souvislé, bez natavenin (tavicích kazů), minimální tloušťka vrstvy 50 µm pro kulatý materiál a 70 µm pro plochý materiál.

²⁾ Závity musí být před pozinkováním odřezány.

³⁾ Smí být pocínovány.

⁴⁾ Měď má být nerozebíratelně spojena s ocelí.

⁵⁾ Dovoleno jen při úplném uložení v betonu.

⁶⁾ Dovoleno, jen je-li v části základového zemniče, který má kontakt se zemí, bezpečné (správné) připojení nejméně každých 5 m k náhodnému ocelovému armování.

⁷⁾ Chrom > 16 %, nikl > 5 %, molybden > 2 %, karbon < 0,08 %.

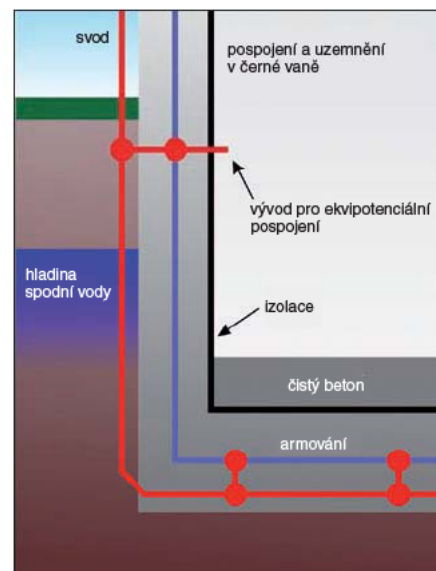
⁸⁾ V některých zemích je dovoleno 12 mm.

⁹⁾ V některých zemích jsou zemniční závaděcí tyče připojeny ke svodům v místě, kde vstupují do země.

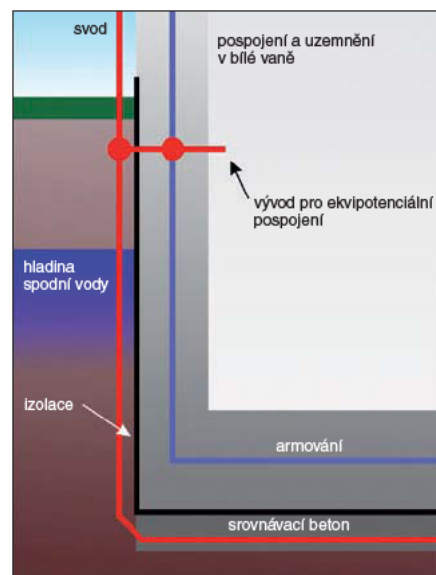
Pozn.: zdroj ČSN EN 62305-3

Odskok ke skalnatým podlažím

Vytvořit účinný zemnič u již stojících objektů je docela zajímavá záležitost. Je třeba vytvořit zemnič typu B, tedy okružní, a zároveň jej doplnit na paprskový. Jenže do skály ho lze zakopat pouze stěží. V těchto výjimeč-



Obr. 10. Černá vana



Obr. 11. Bílá vana

ných případech je třeba zemnič uložit na skálu a mechanicky jej ochránit vrstvou kamení nebo betonu. (No a změřte u takové instalace zemní odpor, ale to je jen třešnička na dortu, se kterou se málokdy setkáme.)

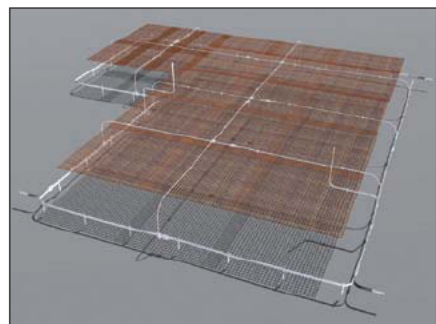
Zemniče a krokové napětí

Této situaci je třeba věnovat pozornost zejména u veřejných budov nebo u objektů, kde se shromažďuje velký počet osob. Příkladem může být zastřešení vchodů do hypermarketů. Při silné bouřce se asi většina

lidí na odkrytou plochu parkoviště nevydá, a počká. Existuje několik opatření, jak krokovému napětí zabránit. Nejjednodušší je asi vytvořit velký izolační odpor (minimálně 5 k Ω) vrchní vrstvy terénu. Rezistivitu lze zajistit např. vrstvou asfaltu o tloušťce alespoň 5 cm. Dalším řešením je uložení husté mřížové uzemňovací soustavy, a tím vytvoření ekvipotenciálního vyrovnání. Ovšem tato operace není právě jednoduchá a levná. Mříž musí mít hustotu ok 3 m a zároveň směrem od objektu musí i klesat do hloubky (obr. 13). Asfalt je asfalt.

Materiály vhodné pro zemniče

Tab. 7 v normě ČSN EN 62305-3 hovoří jasně: u mědi je to průřez 50 mm², u oceli a nerezové oceli drát o průměru 10 mm nebo pásek s průřezem 90 mm² (další materiály viz tab.). A v tomto bodě pozor: zde už nejde pouze o doporučené, ale o povinné minimální rozměry. Materiál na uzemňova-



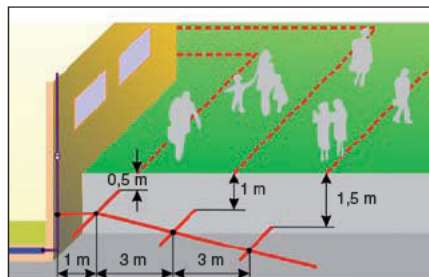
Obr. 12. „Odkrytá“ uzemňovací soustava (s takovou zemí nebudou v budoucnu problémy)

cí soustavu, zejména uloženou v betonu, je třeba vybírat s velkou pečlivostí vzhledem k její trvanlivosti. Tomu samozřejmě musí odpovídat i následné provedení. Zejména se zde projevuje nepříjemné elektrochemické účinky. Jde o součást hromosvodu, ke které v budoucnu již nikdy nebude umožněn přístup a i jakákoliv kontrola stavu bude velmi obtížná.

Vodiče, pásky, tyče a svorky pro uzemnění

Práce v úzkých výkopech není nic příjemného, proto je dobré si ji co nejvíce ulehčit. Pro podélná a příčná spojení pásku s páskem, popř. pásku s drátem se výborně hodí klínové

svorky. Jsou bezšroubové a k jejich sestavení stačí několik ran kladivem. Obdobné provedení se dodává i pro spojení dvou drátů (obj. č. 308 001). Pro připojení armovacích želez různých průměrů af k drátu nebo k pásku se používá mnoho svorek. Všechny jsou jednošroubové, a tím velmi usnadňují montáž (obj. č. 308 041). Zemnicí tyče o průměru 20 nebo 25 mm pro hloubkové zemniče jsou připraveny pro jednoduché použití. Samotnou tyč lze velmi jednoduše zatlouct kladivem (za použití speciální zatlučkové hlavy) a poté připojit na pásek. Je-li třeba použít hloubkové zemniče, je systém těchto tyčí na takovou eventualitu velmi dobře připraven – jednoduše se sesazují do sebe. Ovšem pro zatluče-



Obr. 13. Uložení mřížového uzemnění pro ekvipotenciální vyrovnání

ní už nepostačí obyčejné kladivo, ale je třeba vibrační zatlučková mechanizmus instalovaný na trojnožce (obr. 14). Hloubkové zemniče, které najdou využití zejména u uspořádání zemnění typu A, mají tu výbornou vlastnost, že se „propracují“ hluboko do podloží se stálým a nízkým zemním odporem. Ocelové pásky a dráty pro uzemňovací soustavu by měly mít vrstvu zinku alespoň 50 μ m pro kulaté profily a 70 μ m pro ploché profily. Tyto hodnoty nejsou odborné veřejnosti příliš známé, a tak dochází k instalaci materiálů s hodnotami mnohem menšími.

Několik slov závěrem

Jak tedy pohlížet na novou normu? Jak si správně vysvětlit pojmy *doporučuje se*, *měl by být*, *může*? Třeba u oné hodnoty zemního odporu. Doporučuje se menší než 10 Ω . Berme to tak, že veškeré údaje v normě jsou pro nás jakási technické minimum, kterého bychom měli dosáhnout. Chceme-li, aby např. v oblasti ochrany před bleskem celý systém fungoval alespoň tak, jak je v normě uvedeno, měli bychom splnit všechny parametry v jednotlivých

Jan Hájek
DEHN + SÖHNE

Napište autorům
honza@elektrika.cz
dalibor@elektrika.cz

Knišku si za rok od jejího vydání pořídilo téměř pět tisíc zájemců. Od letošního Amperu je k dispozici **Kniška 2.0**, kterou vlastní již patnáct set elektrotechniků.

Stáhněte si i Vy zdarma elektronickou **Knišku 2.0** o ochraně před bleskem a přepětím na: www.kniska.eu
Na tomto webu jsou zdarma též Daliborovy animace a Milanův software.

Dalibor Šalanský
LUMA Plus s. r. o.



Obr. 14. Trojnožka pro zatlučování hloubkových zemničů

článcích, přestože začínají slůvkem *může*, *doporučuje se*. Nepodaří-li se nám je zajistit, nemůžeme se na systém spolehnout, tedy neodvedeme dobrou práci. Je třeba si uvědomit, že podaří-li se nám naopak tyto parametry zlepšit, projeví se to i ve zvýšené kvalitě celého systému. Zemní odpor o hodnotě 2 Ω je logicky lepší než 10 Ω . Velikost ok 5 \times 5 m u mřížové uzemňovací soustavy je lepší než doporučených 10 \times 10 m, už s ohledem na zabránění vzniku krokového napětí. Slůvko *musí* lze v normě najít jen na několika místech, a to tam, kde by jakákoliv jiná varianta nebo opomenutí znamenaly vážné snížení účinnosti ochranného systému. Takže je-li někde uvedeno *může*, *doporučuje se*, znamená to pro nás *musí*, anebo nějaké jiné, prokazatelně lepší řešení.

Vše o uzemnění hromosvodu lze názorně vidět v animaci 07 Uzemnění na: <http://www.kniska.eu/animace>

(pokračování)

Konference SILICON 2008



Setkání specialistů z technologické oblasti výroby křemíkových polovodičů má svou tradici a koná se s dvouletou periodicitou již dvacet dva let.

11. mezinárodní vědecká a obchodní konference SILICON se uskuteční v Rožnově pod Radhoštěm od 4. do 7. listopadu.

Očekává se účast více než stovky předních odborníků z celého světa. Město Rožnov je již desetiletí známo jako centrum českého polovodičového průmyslu a přitahuje pozornost delegátů z řad odborníků z celého světa již od roku 1990. Program konference zahrnuje odborné přednášky, obchodní prezentace a společenské akce. K vědeckovýzkumným tématům konference patří především:

výroba křemíku, vady v polovodičích a diagnostické metody, materiály a chemikálie pro polovodičový průmysl, mechanické procesy, fotovoltaická technologie, infračervená optika, technologický proces modelování, matematické a počítačové modely, počítačová simulace technologických procesů, automatizace a kontrola kvality aj.
www.silicon.cz