



9/1 Obsah

9/2 Účel ochrany pred prepätiami

9/3 Základné časti a druhy bleskozvodov

9/4 Základné požiadavky na bleskozvodné zariadenia

9/4.1 Zberné zariadenia

9/4.2 Zvody

9/4.3 Uzemnenie

9/4.4 Pripojenie veľkých kovových predmetov a elektrických zariadení

9/5 Všeobecné princípy ochrany pred bleskom

9/5.1 Klasifikácia škôd a strát spôsobených bleskom

9/5.2 Potreba ochrany objektu pred bleskom

9/5.3 Triedy ochrany TO a zóny bleskovej ochrany ZBO

9/5.4 Nadprúdy spôsobené zásahom blesku

9/6 Aktívne bleskozvody

9/7 Bleskozvodný materiál a montážne technológie

9/8 Vnútoraná ochrana pred bleskom

9/8.1 Budovy a ich súčasti

9/9 Špeciálne prípady a požiadavky

9/9.1 Opatrenia na ochranu pred dotykovým a krokovým napätím

9/9.2 Ochrana pred bleskom v priestoroch s nebezpečenstvom výbuchu

9/10 Návrh a výstavba bleskozvodných zariadení

9/10.1 Všeobecný postup návrhu a výstavby bleskozvodného zariadenia

9/10.2 Spolupráca zainteresovaných osôb v procese návrhu a výstavby bleskozvodu

9/10.3 Využitie oceľového armovania betónových častí budovy pri výstavbe bleskozvodu





9/2

Účel ochrany pred prepätiami

Účelom ochrany pred bleskom je znižovať riziká škôd spôsobených atmosférickými výbojmi. Týka sa to predovšetkým:

- vzniku požiaru a prípadného následného výbuchu
- vzniku mechanických škôd
- ochrany osôb a zvierat vnútri stavieb a v ich blízkosti
- ochrany silnoprúdových aj oznamovacích zariadení

Moderné poňatie zahŕňa bleskozvod do systému komplexnej ochrany osôb a zariadení nielen pred bleskom, ale tiež pred prepätím a elektromagnetickým rušením v oblasti elektromagnetickej kompatibility (v skratke EMC).

Podľa súčasných moderných predstáv o ochrane pred prepätiami, rozoznávame tieto základné stupne ochrany:

- **vonkajšia** - úlohou tejto ochrany (bleskozvodu) je ochrana objektu (príp. objektov) pred mechanickými a tepelnými účinkami blesku
- **vnútorná** - túto ochranu tvorí súhrn opatrení k znižovaniu vplyvu elektromagnetických impulzov spôsobených prúdom blesku vnútri chráneného priestoru (objektu, zariadenia)

Medzi vnútorné ochrany patrí tienenie budov a miestností, ochranné pospojovanie vrátane odstránenia nebezpečných priblížení. Dodatočným opatrením je prepäťová ochrana.

Potreba ochrany objektu pred bleskom a ekonomické výhody vyplývajúce z voľby vhodných ochranných opatrení a z inštalovania ochranných zariadení sa určujú v rámci manažerstva rizika. Konkrétne požiadavky pre návrh, inštalovanie a údržbu ochranných zariadení sú zakotvené najmä v norme STN EN 62305 – sú to opatrenia na zníženie fyzického poškodenia a ohrozenia života, opatrenia na zníženie porúch elektrických a elektronických zariadení a opatrenia na zníženie porúch sietí vstupujúcich do objektu (ide najmä o silnoprúdové a telekomunikačné vedenia). Uvedená norma neplatí pre trakčné zariadenia, inštalácie v automobiloch, lodiach a lietadlách, podzemné vysokotlakové potrubia, ako aj potrubia a inžinierske siete nevstupujúce do budovy.



Aktuálne normy pre ochranu pred bleskom

STN 34 1390:1969 (34 1390) Elektrotechnické predpisy STN.

- Predpisy na ochranu pred bleskom



STN 34 1391:1998 (34 1391) Elektrotechnické predpisy.

- Výber a stavba elektrických zariadení. Ochrana pred bleskom. Aktívne bleskozvody

STN EN 61663-1:2003 (34 1391) Ochrana pred bleskom. Telekomunikačné vedenia.

- Časť 1: Inštalácie s optickými káblami

STN EN 61663-2:2003 (34 1391) Ochrana pred bleskom. Telekomunikačné vedenia.

- Časť 2: Vedenia s kovovými vodičmi

STN EN 62305:2006 (34 1390) Ochrana pri zásahu blesku.

- Časť 1: Všeobecné princípy
- Časť 2: Manažérstvo rizika
- Časť 3: Fyzické poškodenie objektov a ohrozenie života
- Časť 4: Elektrické a elektronické systémy v objektoch (01/2007)
- Časť 5: Siete (zatiaľ nezavedená)

STN 35 7612:1960 (35 7612) Súčasti hromozvodov a uzemnení. Bleskozvodné tyče

STN 35 7615:1960 (35 7615) Súčasti hromozvodov a uzemnení.

- Držiaky bleskozvodných tyčí

STN 35 7630:1960 (35 7630) Súčasti hromozvodov a uzemnení.

- Svorky bleskozvodných tyčí



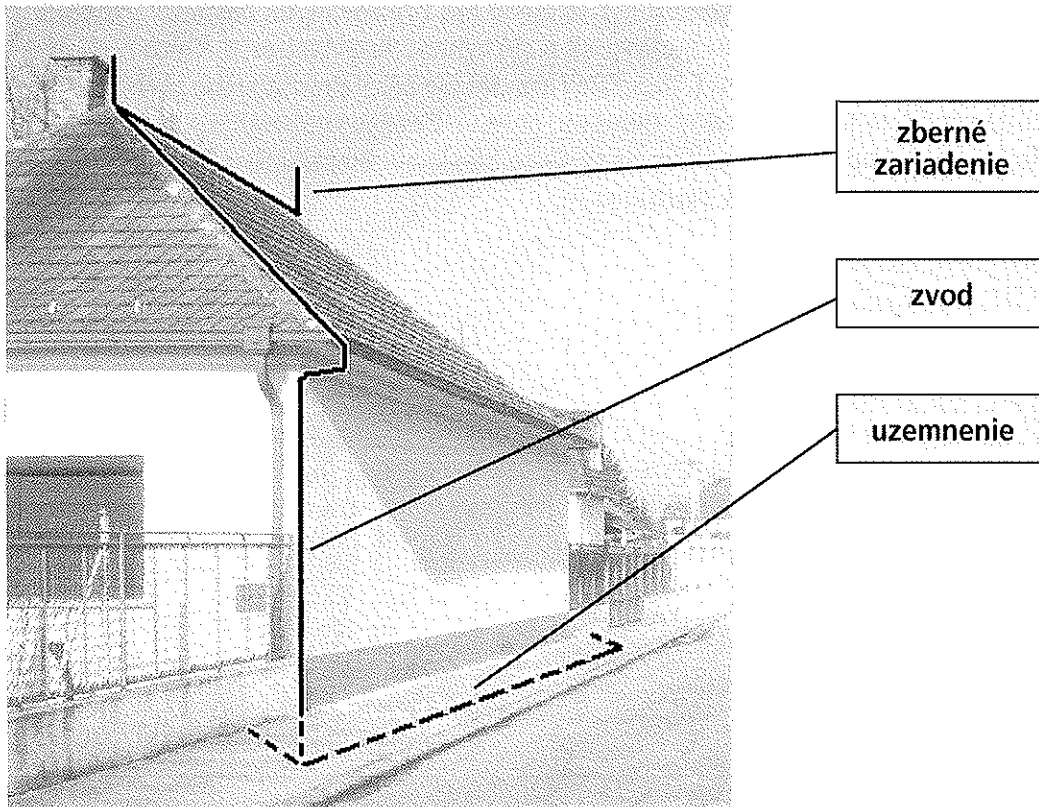


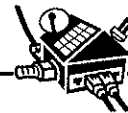
9/3 Základné časti a druhy bleskozvodov

Základnú morfológiu bleskozvodnej sústavy tvoria tieto súčasti:

- **Zberné zariadenie** slúži na ochranu pred priamym úderom blesku. Toto zariadenie tvoria zberače a zberacie vedenia, pričom je možné využiť kovové strechy, zábradlia a iné kovové predmety na streche ako náhodné zberné zariadenie.
- **Zvody** slúžia na vodivé spojenie zberača s uzemnením. Majú za úlohu spoľahlivo zvieŕť zachytený prúd do zeme čo najkratšou cestou tak, aby sa zamedzilo preskokom do kovových častí objektu. Zvody môžeme vytvoriť ako vonkajšie alebo skryté. Kovové konštrukcie umiestnené na objekte môžeme použiť ako náhodné zvody.
- **Uzemnenie** je zariadenie na rozptýlenie bleskového prúdu v zemi. Je zostavené z uzemňovačov a uzemňovacieho vedenia. Navzájom a trvale spojené uzemnenie objektu tvorí **uzemňovaciu sústavu**.

Základné časti bleskozvodnej sústavy





Existujú dve základné koncepčné riešenia vonkajšej ochrany pred bleskom:

- **neizolovaný bleskozvod:** bleskozvod konštrukčne a mechanicky pevne spojený s chránenou budovou; pri zásahu blesku prechádza bleskový prúd časťami budovy, pričom v závislosti od riešenia bleskozvodu môže prechádzať vonkajšími aj vnútornými časťami budovy
- **izolovaný bleskozvod:** bleskozvod nie je žiadnymi časťami konštrukčne, mechanicky alebo elektricky spojený s chránenou budovou; pri zásahu blesku do bleskozvodu bleskový prúd neprechádza žiadnou organickou časťou budovy ani nemôže vzniknúť nebezpečné iskrenie, ktoré by mohlo spôsobiť požiar alebo vyvolať výbuch



Pre izolovaný bleskozvod sa pôvodne používal termín oddialený bleskozvod, ktorý mohol byť stožiarového alebo závesného typu. Otázne je, ako nazvať „neoddialený“ bleskozvod. Delenie bleskozvodov na izolovaný a neizolovaný sa zdá byť prirodzenejšie. V súčasnosti je súbor noriem STN EN 62305 k dispozícii len v anglickom jazyku a aktuálne sa prekladá do slovenčiny. Vydaním slovenskej verzie sa upresní aj príslušná terminológia.

Bežne sa bleskozvod vyhotovuje ako neizolovaný. V určitých prípadoch však prietok bleskového prúdu svojim mechanickým alebo teplotným účinkom môže spôsobiť poškodenie budovy. Napríklad ak je strecha alebo steny z horľavého materiálu alebo, ak sa jedná o priestor s nebezpečenstvom výbuchu. Vtedy sa uprednostňuje izolované riešenie bleskozvodu. Tento variant môže byť výhodný aj v takom prípade, ak sa predpokladá zmena využitia budovy v budúcnosti, ktorá by mohla vyžadovať modifikáciu riešenia bleskozvodu. Modifikácie sa podstatne jednoduchšie vykonávajú pri izolovanom type bleskozvodu.

Neizolovaný bleskozvod nemusí byť strojený len typizovanými časťami, výhodne sa dajú využiť prirodzené časti budovy, ak majú vyhovujúce vlastnosti. Tieto časti musia byť pevne spojené s budovou. Napríklad armovanie železobetónového skeletu budovy sa dá využiť vo funkcii zvodov, tienenia, potenciálového vyrovnania a pod. Iné prirodzene dostupné kovové časti sa na sústavu bleskozvodu takisto pripájajú, považujú sa však za doplnkové časti bleskozvodu.





9/4

Základné požiadavky na bleskozvodné zariadenia

9/4.1

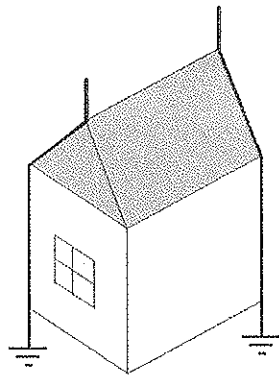
Zberné zariadenia

Zberače alebo zberná sústava (pozostávajúca z viacerých zberačov v špecifickej vzájomnej konjunkcii) do značnej miery určuje celý ďalší návrh bleskozvodu. Preto treba voľbe zberačov, ich umiestneniu a dimenzovaniu venovať patričnú zvýšenú pozornosť. Správne navrhnutá sústava zberačov umožňuje výrazne znížiť pravdepodobnosť zavedenia bleskového prúdu dovnútra budovy.

DRUHY ZBERAČOV

Nová norma rozlišuje tri základné druhy zberačov: tyčový, hrebeňový a mrežový. Druh zberača sa volí s ohľadom na tvar budovy, najmä strechy. Norma však všetky tri druhy zberačov považuje z technickej stránky za rovnocenné a nestanovuje podrobnejšie postupy na voľbu konkrétneho druhu.

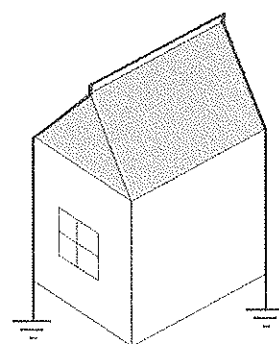
Tyčový zberač



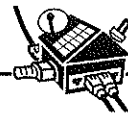
Tyčový zberač tvorí jedna alebo niekoľko tyčí určitej vhodnej dĺžky (v závislosti od geometrie chráneného objektu). Tieto tyče (ak ich je viac) treba na úrovni strechy navzájom spojiť vodičom, v prípade zásahu blesku do jedného z tyčových zberačov sa tak dosiahne rozdelenie prúdu do viacerých zvodov.

Tento druh zberača je vhodný najmä pre vysoké a štíhle objekty.

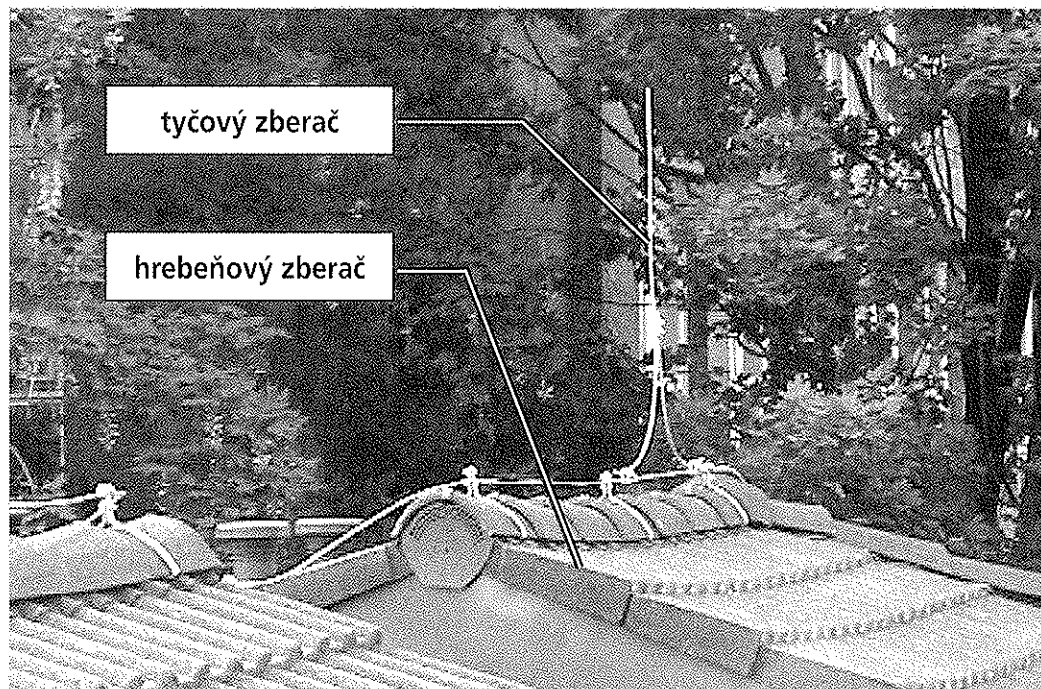
Hrebeňový zberač



Základným prvkom tejto sústavy je zberné vedenie umiestnené na hrebeni strechy, tzv. *hrebeňové vedenie*. Tento názov si ponecháva aj vtedy, ak je umiestnené na šikmých hrebeňoch valbovej a polovalbovej strechy. Hrebeňová sústava sa používa na sedlových, valbových a polovalbových, pultových, pílových a šedových strechách.



Hrebeňové zberné zariadenie kombinované s tyčovým zberačom na škridlovej streche (špeciálne podpery vedenia)



K tyčovému zberaču patrí aj samostatný stožiarový zberač, ktorý nie je mechanicky spojený s chráneným objektom.

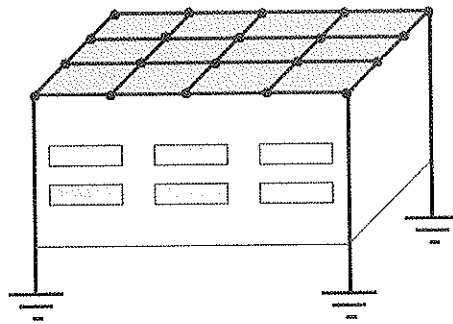
Nová norma vo všeobecnosti nevylučuje použitie aktívnych bleskozvodov, zakazuje však použitie rádioaktívnych bleskozvodov.

Hrebeňové zberné zariadenie kombinované s tyčovým zberačom na eternitovej streche (samorezné podpery vedenia)





Mrežový zberač



Mrežový zberač je tvorený zamrežovaním horizontálnych vodičov. Zberné vedenia sú na streche vedené v pozdĺžnom aj priečnom smere tak, že vytvoria sieť, ktorá pokrýva celú strechu. Môže mať prevedenie s otvorenými alebo s uzavretými okami. Okrajové oká by mali byť uzavreté, pričom obvodové zberné vedenie sleduje vonkajší obrys strechy.

Mrežová sústava sa používa na plochých, hangárových, pultových aj sedlových strechách, pri ktorých hrebeň neprevyšuje dolný okraj strechy o 1 m. Tento druh zberača je teda vhodný najmä pre nižšie a rozľahlejšie objekty.

UMIESTNENIE ZBERAČOV

Zberače sa prioritne umiestňujú na miesta najpravdepodobnejšie zásahu blesku. Ide najmä o:

- vrchné miesta objektu
- zvlášť exponované časti objektu
- výstupky a hrany
- rohy objektu

Umiestnenie zberačov sa navrhuje s ohľadom na tvar a geometriu chráneného objektu, pričom návrh sa môže vykonať v súlade s niektorou z týchto metód:

- metóda ochranného uhla
- metóda valiacej sa gule
- mrežová metóda

Zvolená metóda voľby druhu a umiestnenia zberačov pre jednotlivé časti objektu musí byť jasne a explicitne uvedené v projektovej dokumentácii.



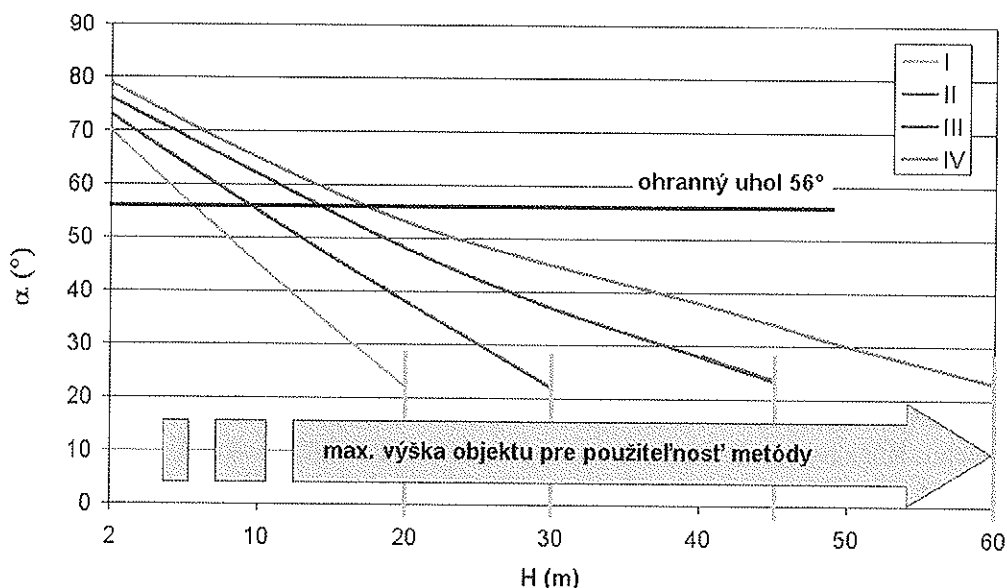
Metóda ochranného uhla

Pôvodná norma pre návrh bleskozvodov STN 34 1390 využívala práve túto metódu, keď stanovila jednotný ochranný uhol 112° (resp. 56° , ak berieme do úvahy symetrickú polovicu tohto uhla). Metóda ochranného uhla podľa novej normy určuje rôzne ochranné uhly v závislosti od triedy ochrany a od výšky zberača nad referenčnou rovinou H. Grafická závislosť ochranného poluhla od výšky H je vyjadrená diagramom na nasledovnom obrázku.

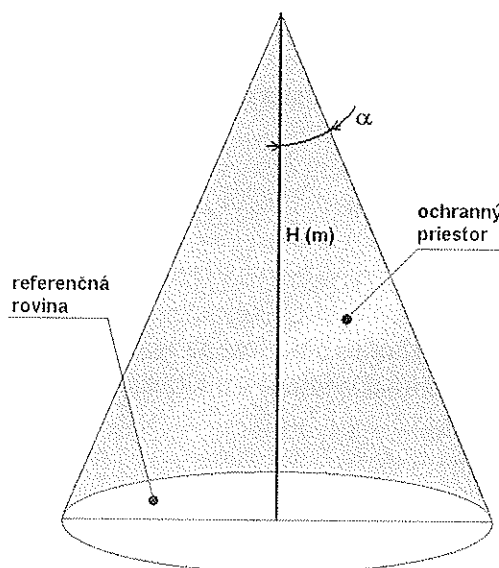
Ochranný uhol je vrcholový uhol kužeľa meraný od osi kužeľa po jeho stranu



Veľkosť ochranného uhla pre rôzne výšky referenčnej roviny v závislosti od triedy ochrany



Ochranný priestor definovaný veľkosťou ochranného uhla



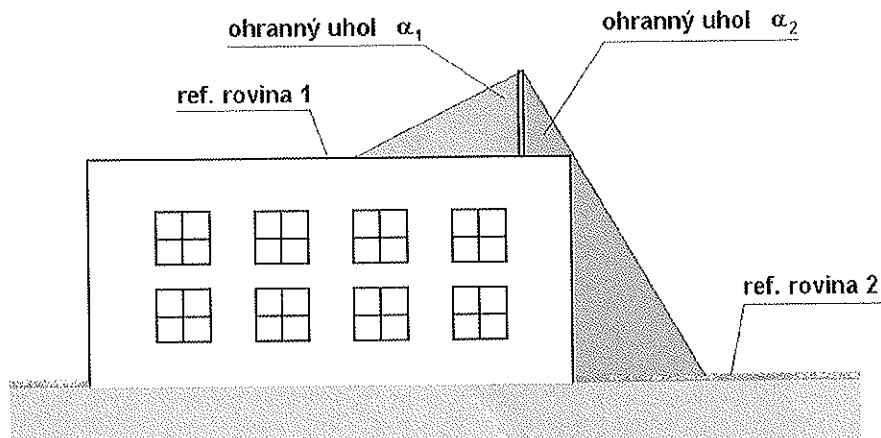
Objekt sa považuje za chránený vtedy, ak celý jeho objem leží vnútri mysleného kužeľa, ktorého vrcholový bod je tvorený špičkou zbernej tyče vo výške H nad referenčnou rovinou a vrcholový uhol má veľkosť ochranného uhla.

Referenčná rovina je rovina podstavca ochranného kužeľa. Obyčajne je to rovina, na ktorej stojí chránený objekt

Ak je zberná tyč umiestnená na streche budovy, ochranný priestor sa člení na dve časti s dvomi rôznymi ochrannými priestormi. Pre chránené objekty na streche je referenčnou rovinou strecha budovy, pre časti samotnej budovy je referenčnou rovinou rovina zeme v okolí budovy. Situáciu ilustruje nasledovný obrázok.



Zóny bleskovej ochrany (ZBO) určené ochrannými zariadeniami proti LEMP



Úloha: Na budove výšky 20 m je inštalovaná zberná tyč dĺžky 2 m. Trieda ochrany je IV. Aký je ochranný priestor tohto zberača?



Riešenie: Pre referenčnú rovinu budovy sa berie do úvahy výška budovy a dĺžka zbernej tyče, t.j. 22 m. Z grafu odčítame ochranný uhol pre triedu ochrany IV $\alpha = 52^\circ$. Pre referenčnú rovinu strechy platí iba dĺžka zbernej tyče 2 m, z čoho vyplýva ochranný uhol 78° .

Z príkladu vyplýva, že pre objekty na streche poskytuje metóda ochranného uhla oproti pôvodnej norme širší ochranný priestor.

Metóda ochranného uhla je vhodná najmä pre:

- objekty jednoduchšieho geometrického tvaru
- menšie časti väčších objektov
- objekty menšej výšky, ktorá nedosahuje veľkosť polomera valivej gule pre danú triedu ochrany; od určitej výšky už táto metóda nie je použiteľná a treba použiť metódu valiacej sa gule alebo metódu mrežovej siete.

Pri výške objektu pod 2 metre sa veľkosť ochranného uhla už nemení.

Úloha: Aké sú ochranné uhly podľa novej normy v porovnaní s ochranným uhlom 56° (polovica symetrického uhla 112°)?



Riešenie: Z grafu vidíme, že pri triede ochrany IV budú ochrannému uhlu vyhovovať objekty so zberačom do výšky 18 m, pri triede ochrany I iba do 7 m. Pri vyšších objektoch sú tieto uhly užšie.

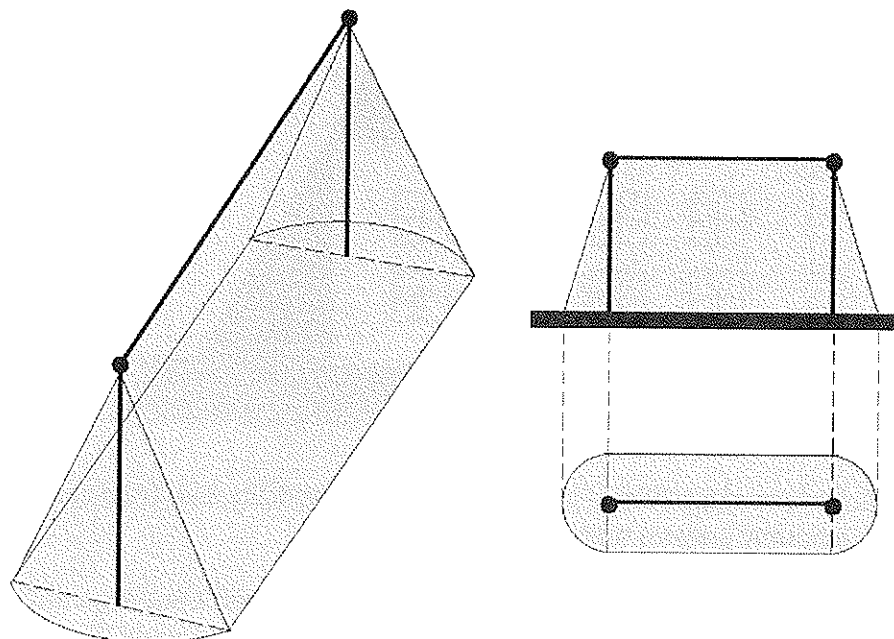
Ak sa použije sústava zberných tyčí, ich ochranné priestory sa musia prekrývať tak, aby všetky časti budovy alebo chránených zariadení boli v ochrannom priestore tejto zbernej sústavy.



Norma vyžaduje, aby sa zberné tyče podľa možnosti spájali na úrovni strechy vhodne dimenzovaným vodičom. Vznikne tak zberná sústava pozostávajúca zo zberných tyčí a horizontálneho (napr. hrebeňového) vedenia. Ochranný priestor takejto zbernej sústavy má tzv. „stanový“ tvar, pozostávajúci z dvoch polkužeľov na koncoch, ako to ilustruje tento obrázok:



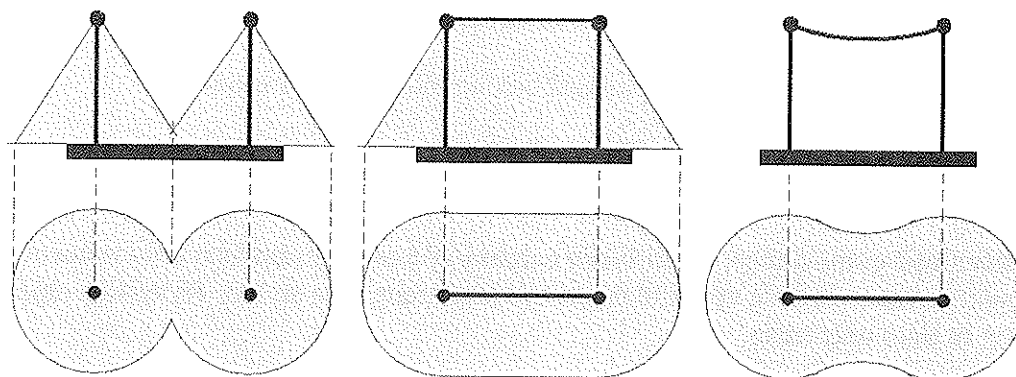
Ochranný priestor tvorený horizontálnym zberačom



Ochranný priestor je rovnaký pre izolovaný aj neizolovaný bleskozvod. Pri izolovanom bleskozvode však horizontálne vedenie nie je v pravidelných intervaloch upevnené a vzhľadom na teplotnú rozťažnosť visí voľne medzi stožiarimi. Preto sa ochranný priestor deformuje ako priama funkcia výšky vodiča. Pri návrhu bleskozvodu treba brať do úvahy najväčší previs.



Ochranný priestor tvorený tyčovými a horizontálnymi zberačmi v rôznych konfiguráciách

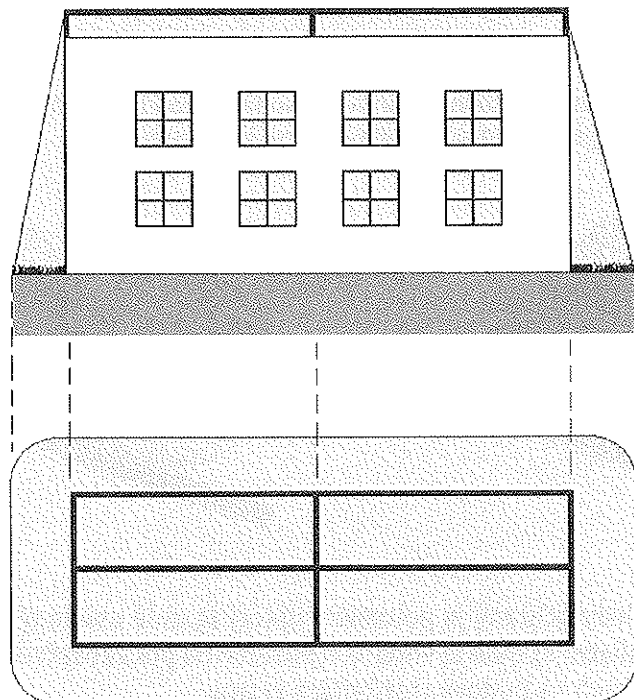


Podobná je aj situácia pri zbernej sústave tvorenej mrežou horizontálnych vodičov. Ochranný priestor je vždy superpozíciou ochranných priestorov zberných tyčí a horizontálnych vodičov. Príklad je znázornený na nasledovnom obrázku.





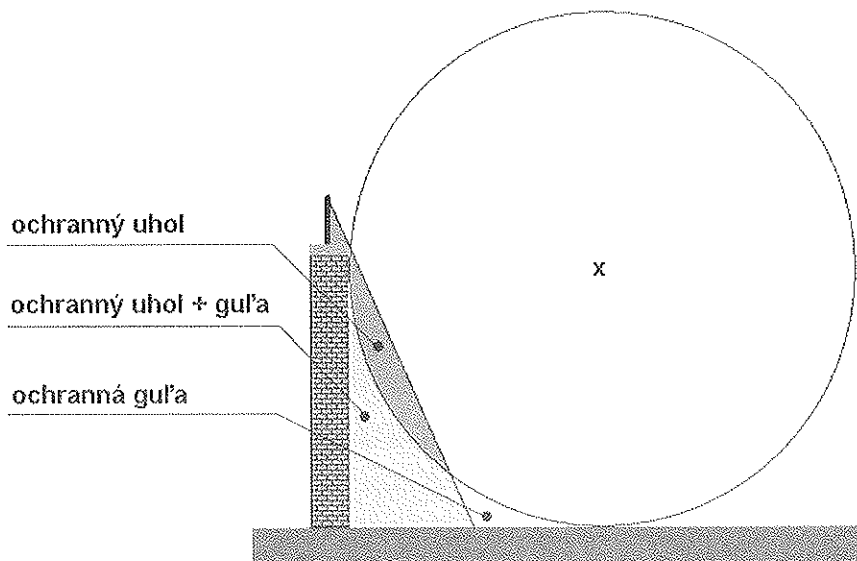
Ochranný priestor tvorený mrežovým zberačom

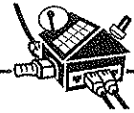


Metóda valiacej sa gule

Nová norma zavádza metódu valiacej sa gule, ktorá zohľadňuje aj pravdepodobnosť zásahu blesku do budovy zo strán. Dá sa povedať, že v porovnaní s metódou ochranného uhla je táto metóda „prísnejšia“ a ochranný priestor v určitých výškach zužuje. Je to zrejmé aj z nasledovného obrázku.

Porovnanie ochranného priestoru definovaného metódou ochranného uhla a metódou valiacej sa gule pre tyčový zberač

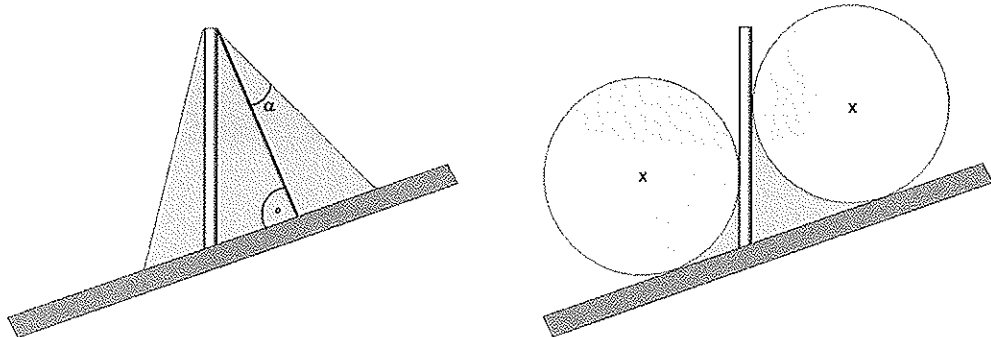




Nasledovný obrázok znázorňuje situáciu pre sklonenú rovinu (strechy) tak pre metódu ochranného uhla, ako aj pre metódu valiacej sa gule. Nakoľko referenčnou rovinou je tu rovina strechy a vrchol ochranného kužela definuje vrchný bod zbernej tyče, uhol α sa určuje od kolmice na rovinu strechy.



Porovnanie ochranného priestoru definovaného metódou ochranného uhla a metódou valiacej sa gule pre tyčový zberač inštalovaný na sklonenej rovine



V závislosti od triedy ochrany je polomer valiacej sa gule uvedený v nasledovnej tabuľke. Metóda valiacej sa gule je vhodná a použiteľná pre akékoľvek chránené objekty. Zvlášť sa však hodí na budovy zložitejších tvarov.



Polomer valivej gule pre rôzne triedy ochrany

Trieda ochrany	Polomer valivej gule r (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

Metóda mrežovej siete

Metóda mrežovej siete je úzko spojená s použitím mrežového zberača a stanovuje maximálne rozmery ôk mreže (pozri nasledovnú tabuľku) v závislosti od triedy ochrany. Metóda mrežovej siete je preto vhodná pre rozľahlejšie a nižšie budovy s plochou strechou. Vhodná je tiež pre strechy s určitým sklonom, avšak bez zakrivenia.



Rozmery ôk mreže pre rôzne triedy ochrany

Trieda ochrany	Rozmery ôk mreže W (m)
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20





Na porovnanie uvedme, že pôvodná norma stanovila paušálne maximálne rozmery ôk mreže na 20 x 60 m tak, aby žiaden bod strechy nebol od zberača vzdialený viac ako 10 m. Tieto rozmery do istej miery korešpondujú s najnižšou triedou ochrany IV, pri vyšších triedach sú oká hustejšie, až do 5 x 5 m.



Na umiestnenie zberačov metódou mrežovej siete platia tieto požiadavky:

- zberače sa prednostne umiestňujú na strešné hrany chráneného objektu, strešné previsy a hrebeň strechy, ak je sklon strechy väčší ako 1/10
- zamrežovanie musí byť vyhotovené takým spôsobom, aby bleskový prúd mohol byť vždy zvedený aspoň dvoma nezávislými trasami k uzemňovačom
- žiadne kovové časti nevyčnievajú mimo ochranný priestor mrežovej zbernej sústavy
- vedenia zberného zariadenia sú podľa možnosti priame a čo možno najkratšie

ZBERAČE PRE VYSOKÉ BUDOVY

Ak je budova vyššia ako 60 m, zvyšuje sa riziko úderu blesku do budovy zo strán. Týka sa to najmä rohov budovy alebo rôznych vystupujúcich hrán. Vo všeobecnosti však toto riziko nie je veľmi veľké, lebo iba malý podiel zásahov blesku do vysokej budovy prichádza zo strán a parametre týchto bleskov sú výrazne nižšie v porovnaní s bleskami udierajúcimi zhora. Avšak aj bleskové prúdy s menšími vrcholovými hodnotami môžu spôsobiť poškodenie citlivých elektrických alebo elektronických zariadení. Na ochranu týchto zariadení sa inštaluje zberné zariadenie, ktoré chráni aspoň vrchných 20 % výšky budovy.

Pri budovách nad 120 m sa navyše vyžaduje bleskozvodná ochrana proti úderom zo strán pre všetky časti budovy nad 120 m. Na Slovensku je v súčasnosti najvyššou budovou Tower 115 s výškou, ktorá nedosahuje túto hranicu.



Pravdepodobnosť zásahu blesku do budovy zo strán sa dá zanedbať, ak je výška budovy menšia ako 60 m.

VYHOTOVENIE ZBERAČOV

Zberače môžu byť umiestnené priamo na povrchu strechy, ak je strecha z nehorľavého materiálu. Ak je strecha z horľavého materiálu, nebezpečné oteplenie spôsobené bleskovým prúdom sa dá znížiť týmito spôsobmi:

- znížením prúdového zaťaženia vodičov zvýšením ich účinného prierezu
- zvýšením vzdialenosti medzi vodičom a povrchom strechy
- vloženie tepelnoizolačnej vrstvy medzi vodič a povrch strechy

Vo všeobecnosti sa za dostatočnú vzdialenosť medzi vodičom a povrchom strechy považuje 10 cm. Ak sa predpokladá hromadenie vody na povrchu strechy (najmä pri plochých strechách), táto vzdialenosť musí byť väčšia ako pravdepodobná výška nahromadenej vody.

Ľahko horľavé materiály nesmú byť v priamom kontakte so žiadnymi časťami vonkajšieho bleskozvodu. To znamená, že bleskozvod sa vyhotovuje ako izolovaný.



PRIRODZENÉ ZBERAČE

Vo funkcii zberačov sa dajú využiť aj prirodzené časti budovy. Musia však spĺňať určité požiadavky, aby boli schopné zachytiť výboj blesku. Prirodzenými zberačmi môžu byť:

- a) **kovové opláštenie chránenej budovy**, ak sú splnené tieto podmienky:
- elektrická spojitosť medzi rôznymi kovovými časťami je zabezpečená trvanlivým spojom (zvarom, spájkovaním, zoskrutkovaním a pod.)
 - hrúbka kovového plechu je väčšia ako hodnoty uvedené v nižšie uvedenej tabuľke
 - kovové plechy nie sú prekryté izolačným materiálom



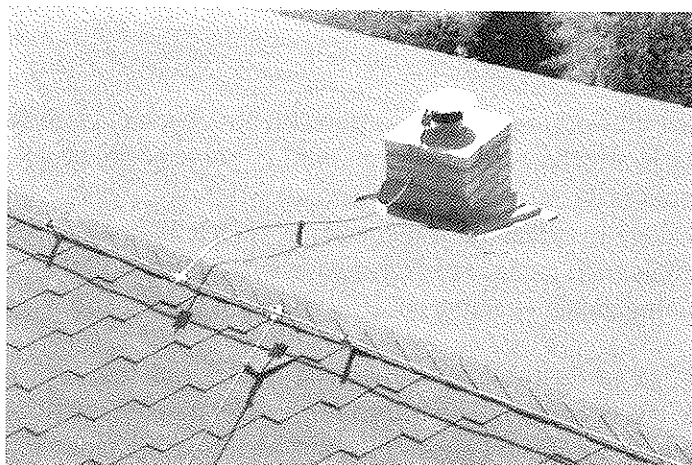
Minimálna hrúbka kovových plechov alebo rúrok pre zberače

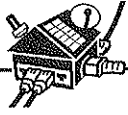
Materiál	t_1	t_2
Olovo	-	2,00
Oceľ, pozinkovaná oceľ, nerez, titán	4	0,50
Meď	5	0,5
Hliník	7	0,65
Zinok	-	0,70

t_1 - minimálna hrúbka plechu, ak sa požaduje zábrana prederavenia, lokálneho prehriatia alebo zapálenia horľavého povrchu

t_2 - minimálna hrúbka plechu v ostatných prípadoch

- b) **kovové časti strešnej konštrukcie** ako napr. výstuže, oceľové armovanie atď.
- c) **kovové časti** ako napr. ornamenty, nosníky, potrubia, parapety atď., pričom prierez takýchto častí musí byť ekvivalentný bežným bleskozvodným zberačom
- d) **kovové potrubia a nádrže na streche** s ohľadom na materiál a prierezy, ktoré musia vyhovovať stanoveným štandardom.





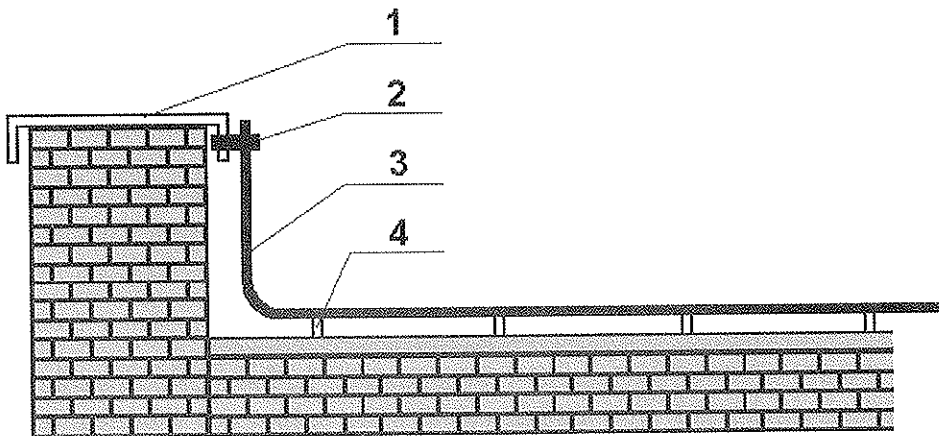
Ak sa v týchto potrubiach alebo nádržiach nachádza horľavé alebo výbušné médium, musia byť splnené ďalšie podmienky: hrúbka materiálu musí byť väčšia ako hodnoty t_1 vo vyššieuvedenej tabuľke a teplotný nárast na vnútornom povrchu nesmie v mieste zásahu spôsobiť nebezpečnú situáciu. Ak podmienky na hrúbku materiálu nie sú splnené, potrubia a nádrže musia byť integrované do chránenej budovy. Potrubia pre horľavé alebo výbušné médiá nesmú byť považované za prirodzené zberače, ak tesnenie v prírubách nie je kovové alebo ak jednotlivé strany príruby nie sú adekvátnym spôsobom elektricky spojené.

Čo sa týka požiadaviek na neprekrytie kovových častí izolačným materiálom, za izolačný materiál sa nepovažuje:

- tenká vrstva ochranného náteru
- 1 mm vrstva asfaltu
- 0,5 mm vrstva PVC

Na plochých strechách je typickým prirodzeným zberačom kovový kryt obvodového parapetu (pozri nasledovný obrázok). Tento kryt je zvyčajne vyrobený z ohýbaného hliníka, medi, najčastejšie však z pozinkovanej ocele. Plech ohnutý do tvaru U chráni povrch obvodového parapetu pred vplyvmi počasia.

Kovový kryt obvodového parapetu vo funkcii prirodzeného zvodu



- 1 – kovový parapet, 2 – svorka, 3 – zberač (napr. mrežovej sústavy),
4 – podpera vedenia zberača

Ak sa má tento kryt využiť vo funkcii prirodzeného zberača, musia byť splnené požiadavky na minimálnu hrúbku plechov podľa vyššieuvedenej tabuľky. Parapetný kryt sa spája so strojenými zberačmi, vodičmi na povrchu strechy a zvodmi. Aj samotné plechy parapetného krytu sa majú spájať svorkami, ak nie je ináč zabezpečená ich dostatočná a spoľahlivá elektrická spojitosť.

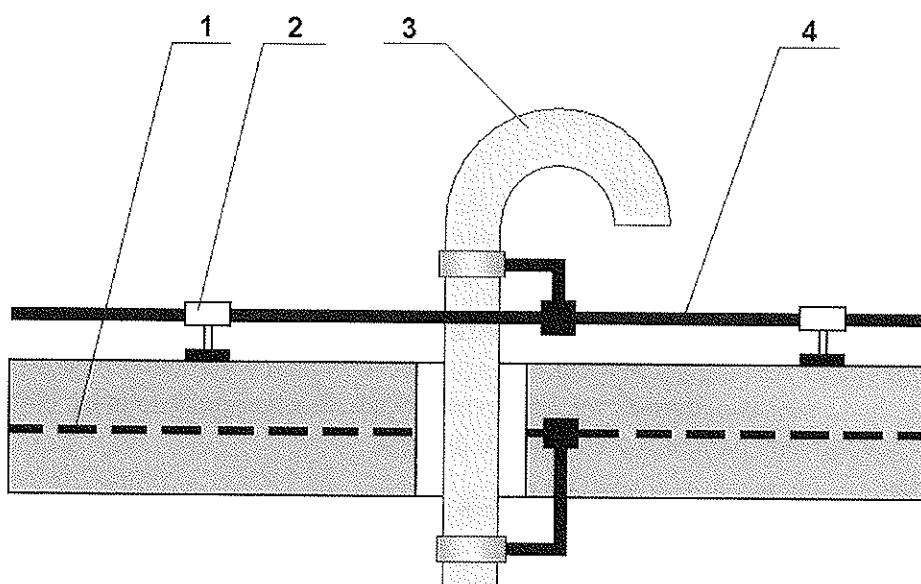
Všetky vodivé časti a predmety nachádzajúce sa na streche ako napr. kovové nádrže, potrubia a pod. sa majú považovať za prirodzené zberače, ak hrúbka vodivej steny vyhovuje podmienkam vyššieuvedenej tabuľky. Nádoby a potrubia obsahujúce plyny pod vysokým tlakom alebo horľavé kvapaliny či plyny sa nemajú používať vo funkcii prirodzených zberačov. Ak sa však tomu nedá zabrániť, pri návrhu potrubí treba ziať do úvahy vplyv oteplenia od bleskového prúdu.



Niektoré vodivé časti na streche sú prirodzene vodivo spojené s inými zariadeniami nachádzajúcimi sa v budove. Aby sa zabránilo tečeniu celého bleskového prúdu cez budovu, na streche treba zabezpečiť dobré vodivé spojenie takýchto prirodzených zberačov so strojenými zberačmi (pozri nasledovný obrázok).



Prípojenie prirodzeného zberača (kovového potrubia)

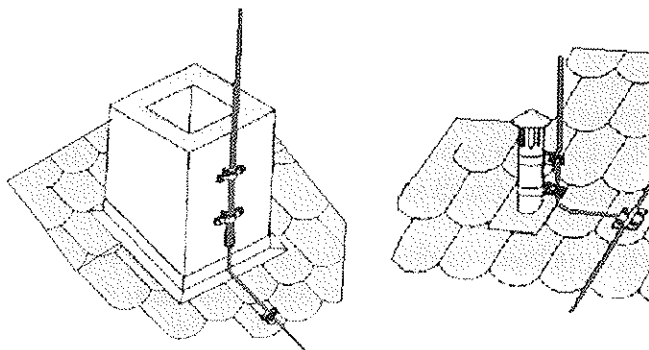


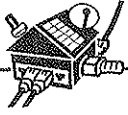
1 – ocelová výstuž v železobetóne, 2 – podpera vedenia zberača, 3 – kovové potrubie ako prirodzený zberač, 4 – strojený zberač

Ak nie je prijateľný priamy zásah blesku do prirodzených vodivých častí nad úrovňou strechy, takéto časti musia byť umiestnené v rámci ochranného priestoru zberačov.

Pomocné zberače

Pomocné zberače sú zberače vytvorené z rovného drôtu buď ako pokračovanie pripájaného vedenia, alebo sa k chránenému objektu (napr. komínu) vhodne pripevnia. Zásadou je, že všetky časti chráneného objektu musia ležať v ochrannom priestore pomocného zberača, ktorý konštruujeme podobne ako tyčový zberač.





PODPERY VEDENIA

Vodiče zberného zariadenia aj vodiče zvodov neizolovaného bleskozvodu sa k objektu pripievňujú pomocou podpier, ktoré môžu byť z vodivého aj nevodivého materiálu. Vzďialenosti medzi podperami sa volia podľa nasledovnej tabuľky (hodnoty sú odporúčané a sú uvedené v mm). Táto tabuľka však neplatí pre vstavané typy upevňovacích prvkov. V prípade špecifických vonkajších vplyvov, napr. pri väčšom záťaže vetra, sa môžu použiť odlišné vzdialenosti.

Odporúčané vzdialenosti medzi podperami (mm)



Usporiadanie	Pásoviny a laná	Vodiče s kruhovým prierezom
Horizontálne vodiče na horizontálnych povrchoch	500	1 000
Horizontálne vodiče na vertikálnych povrchoch	500	1 000
Vertikálne vodiče do 20 m od zeme	1 000	1 000
Vertikálne vodiče nad 20 m od zeme	500	1 000

ĎALŠIE POŽIADAVKY NA ZBERAČE

V prípade rodinných domov a podobných menších objektov stačí inštalovať zberače tak, aby boli spojené aspoň s dvoma zvodmi umiestnenými čo najďalej od seba (napríklad na protiľahlých rohoch budovy). Ak má budova sedlovú strechu, inštaluje sa hrebeňové vedenie na hrebene strechy.

Pri nevodivých hrebeňových strechách môže byť vedenie bleskozvodu inštalované buď pod alebo nad škridlami. Uprednostňuje sa pritom druhý variant. Výhody inštalovania vedenia pod škridle má tieto výhody:

- jednoduchšia montáž
- menšie problémy s koróziou
- lepšia mechanická ochrana

Pri umiestnení vedenia nad škridle však vedenie môže priamo zasahovať blesk a vedenie je tiež prístupnejšie pri revíziách. Pri plochých strechách sa má obvodové vedenie inštalovať tak blízko okraju strechy, ako je to len možné.





9/4.2 Zvody

Zberná sústava diktuje celý ďalší proces návrhu bleskozvodu. Po dokončení návrhu zberného zariadenia pokračuje projektovanie návrhom zvodov. Bleskový prúd zachytený zbernou sústavou sa zvodmi odvádza do zeme. Aby pritom nedošlo k poškodeniu objektu, pri návrhu usporiadania zvodov treba dodržiavať niekoľko základných princípov:

- rozdeliť bleskový prúd na niekoľko paralelných vetiev
- obmedziť dĺžku týchto vetiev na minimum
- vykonať ekvipotenciálové vyrovnanie s konštrukčnými časťami budovy

POČET ZVODOV

V závislosti od konštrukcie zberného zariadenia sú požiadavky na minimálny počet zvodov nasledovné:

Izolovaný bleskozvod

- Pri stožiarovom bleskozvode ak je stožiar kovový alebo je zo železobetónu s pripojenou výstužou, zvod tvorí samotný stožiar, ďalší zvod nie je potrebný.
- Pri stožiarovom bleskozvode ak stožiar nie je kovový alebo nie je zo železobetónu s pripojenou výstužou, treba zriadiť aspoň jeden zvod.
- Pri závesnom bleskozvode aj je zberné zariadenie tvorené jedným alebo niekoľkými vodičmi na podperách, na každej podpere musí byť aspoň jeden zvod.
- Ak je zberné zariadenie tvorené presieťovanými vodičmi, zvod je potrebný aspoň na každý koniec nosného lana.

Neizolovaný bleskozvod

Minimálny počet zvodov: 2

Táto požiadavka platí pre akékoľvek neizolované bleskozvodné zariadenie, počet zvodov nesmie byť menší ako dva. Počet zvodov sa dá odvodiť z dĺžky obvodu budovy, ak sa vezmú do úvahy odporúčané vzdialenosti medzi zvodmi podľa nasledovnej tabuľky

Trieda ochrany (TO)	Typické vzdialenosti zvodov (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

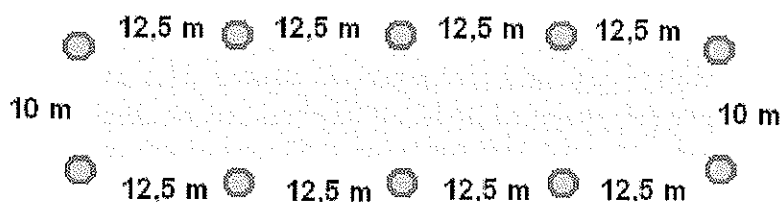


Vzdialenosti zvodov by sa od uvedených hodnôt nemali odchyľovať viac ako $\pm 20\%$.





Budova obdĺžnikového pôdorysu s rozmermi 10 x 50 m je klasifikovaná do triedy ochrany III. Budova má teda obvod 120 m, čo pri TO III podľa tabuľky predstavuje vzdialenosti zvodov 15 m. Z toho vyplýva počet zvodov 8. Treba však rešpektovať aj požiadavky na umiestnenie zvodov. V prvom rade sa zvody umiestnia na všetky 4 rohy budovy. Medzi rohmi je však na kratšej strane vzdialenosť iba 10 m, takže počet zvodov bude potrebné zvýšiť. Na každej dlhšej strane sa vzdialenosť 50 m podelí 15 m, z čoho vyplýva potreba umiestnenia 3 zvodov na každej strane (okrem rohových zvodov), vzdialených od seba 12,5 m. **Výsledný počet zvodov pre celú budovu bude 10.**



UMIESTNENIE ZVODOV

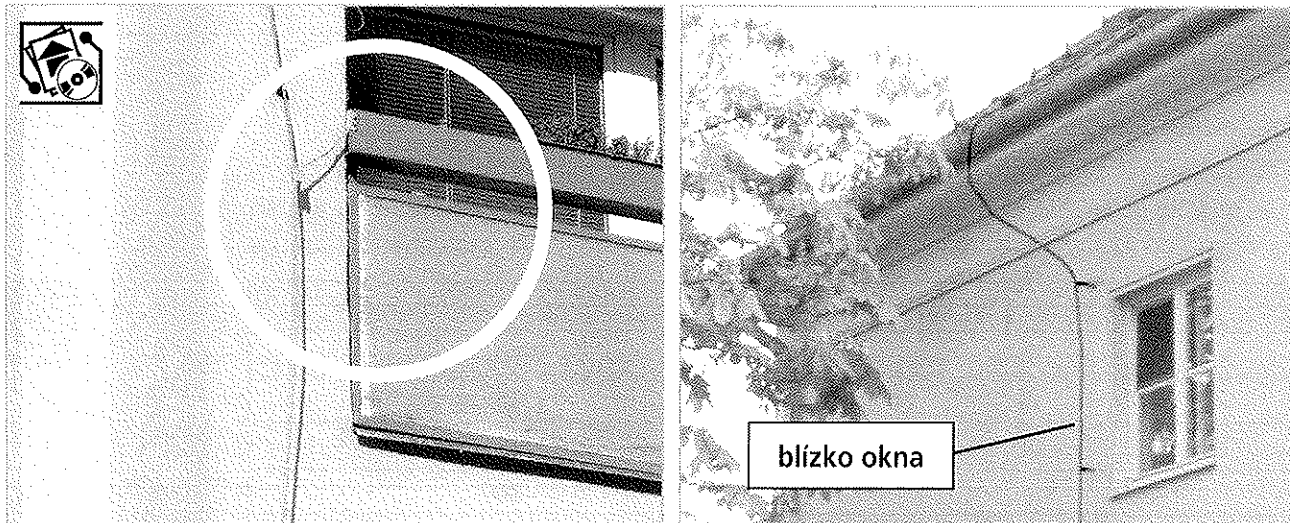
Izolovaný bleskozvod

Umiestnenie zvodov je dané umiestnením podperných bodov alebo nosných lán.

Neizolovaný bleskozvod

Zvody majú byť rovnomerne rozložené po obvode chránenej budovy, avšak s ohľadom na architektonické požiadavky a technické možnosti. Ak je to možné, zvody majú byť inštalované na každom význačnom rohu budovy. Ďalšie zvody sa umiestňujú tak, aby vyhovovali týmto požiadavkám:

- čo najďalej od dverí a okien
- čo najďalej od kovových predmetov nepripojených k bleskozvodnej sústave
- nesmú prechádzať balkónom ani loggiou
- nesmú prechádzať výťahovou šachtou
- nemajú byť na strane vonkajšieho silového vedenia





Pri uzatvorených nádvoriach sa navrhujú zvody vtedy, ak je obvod nádvoria viac ako 30 m.

Pri rozľahlých budovách (priemyselné haly, výstavné centrá), ktorých rozmery sú viac ako štvornásobne väčšie než vzdialenosti zvodov, sa odporúča zriadiť špeciálny vnútorný zvod každých 40 m

Pri návrhu umiestnenia nesmieme zabúdať ani na problém dostatočných vzdialeností kovových predmetov od bleskozvodu alebo jeho prepojenia so zvodmi, rovnako ako na vzdialenosti súbežných a križujúcich elektrických vedení.

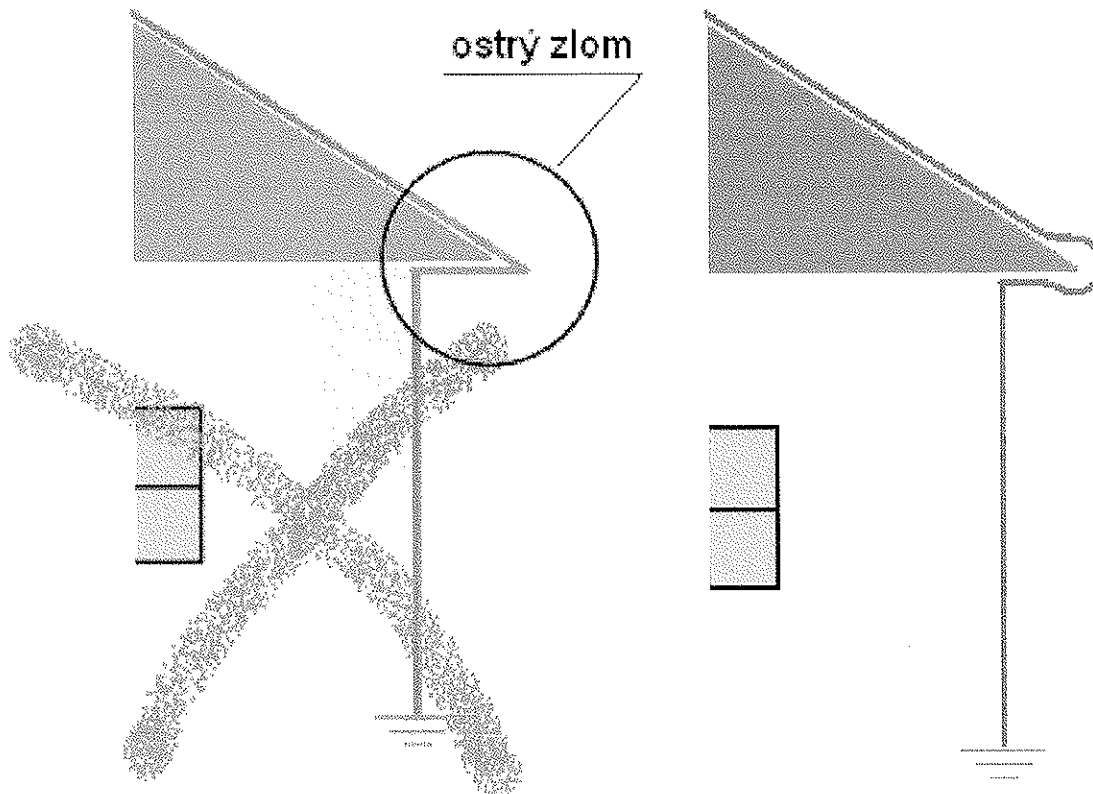
VYHOTOVENIE ZVODOV

Zvody majú byť podľa možnosti rovné, bez zbytočných ohybov a zlomov.



Ak to nie je možné, ohyb má mať dostatočný polomer zakrivenia. Vyhýbať sa treba najmä ostrým zlomom a uhlom – pri zásahu blesku je takéto miesto zdrojom iskrenia (podobne ako hrot, ionizuje okolitý vzduch).

Vonkajší zvod na rohu budovy musí preklenúť presah strechy nad obvodovým múrom. Vodič zvodu treba vyhnúť do dostatočne veľkého oblúka.



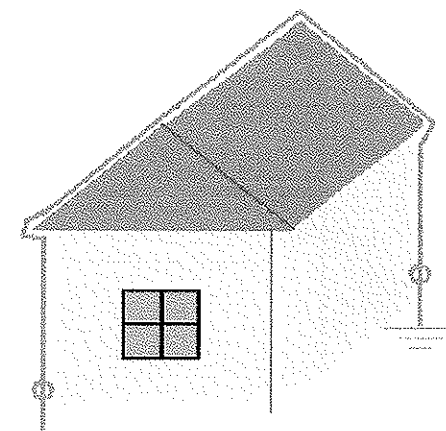


Zvody k zemičom musia byť čo najkratšie.

Zvody majú byť prirodzeným pokračovaním zberného zariadenia. Ak sa to dá, vodiče zberného vedenia majú bez prerušenia pokračovať ďalej ako zvody k skúšobným svorkám.



Pri hrebeňovej zbernej sústave sa dá navrhnuť také riešenie, že v jednom rohu budovy sa vedie vodič od uzemňovača (resp. skúšobnej svorky) nahor ako zvod, bez prerušenia pokračuje ako hrebeňový zberač, v druhom rohu budovy po uhlopriečke bez prerušenia pokračuje nadol ako zvod až ku skúšobnej svorke.



Zvody sa nesmú inštalovať v odkvapových rúrach a žlaboch, a to ani vtedy, ak sú zvody pokryté izolačným materiálom. Voda v odkvapochoch spôsobuje intenzívnu koróziu zvodov.

V závislosti od horľavosti stien sú požiadavky na zvody nasledovné:

- **nehorľavá stena:** zvod môže byť umiestnený priamo na povrchu alebo vnútri steny
- **horľavá stena:** zvod môže byť umiestnený priamo na povrchu len vtedy, ak oteplenie zvodu vplyvom prechodu bleskového prúdu nie je nebezpečné pre materiál steny





Ak je stena z horľavého materiálu a oteplenie zvodu môže dosiahnuť nebezpečné hodnoty vzhľadom na stenu, platia tieto ďalšie podmienky:

- minimálna vzdialenosť medzi zvodom a stenou: **0,1 m**, zabezpečuje sa podperami vedenia na zvislé konštrukcie
- ak nie je možné dodržať uvedenú vzdialenosť, prierez zvodu nesmie byť menší ako **100 mm²**

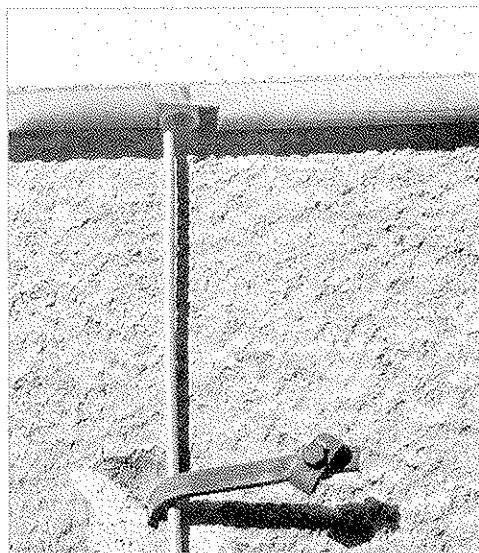
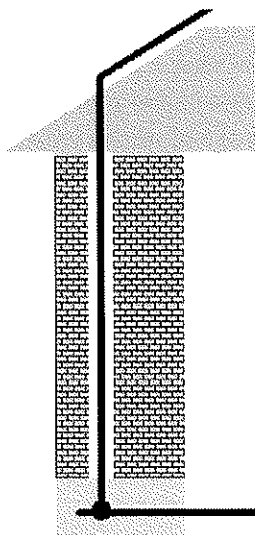
Zvýšením prierezu sa zníži oteplenie vodiča zvodu kvôli menšiemu odporu vodiča (platia všeobecné princípy dimenzovania).



SKRYTÉ ZVODY

Ak z architektonických dôvodov nie je žiaduce inštalovať povrchové vonkajšie zvodny, zvodny sa dajú navrhnuť ako skryté. Na tento účel sa využívajú predovšetkým dutiny v obvodových stenách. Neodporúča sa zriaďovať zvodny priamo v omietke. V lepšom prípade môže dôjsť k farebným zmenám omietky. V horšom prípade sa prechodom prúdu môže omietka poškodiť v dôsledku teplotného a mechanického pôsobenia.

Ak sa zvodny inštalujú v dutinách stien, treba dať pozor na zachovanie bezpečnej vzdialenosti medzi zvodom a kovovými časťami vnútri budovy.



PRIRODZENÉ ZVODY

Využitie prirodzených konštrukčných častí budovy na zvodny nielen zvyšuje hospodárnosť bleskozvodu, ale v niektorých prípadoch umožňuje získať jeho vyššiu technickú kvalitu. Na zvodny sa môžu využiť tieto časti budovy:

- 1. Kovové vedenia:** Vyžaduje sa, aby bola zaručená kontinuita vedení a aby prípadné elektrické spoje boli vyhotovené trvalým spôsobom. Vedenia môžu byť pokryté izolačným materiálom. Potrubia prepravujúce horľavé alebo výbušné zmesi sa neodporúča využívať ako zvodny; ak navyše tesnenie v prírubách nie je vodivé alebo ak nie je zaručená patričná elektrická spojitost potrubí iným spôsobom, takéto potrubia sa nesmú použiť vo funkcii zvodov.



2. **Armovanie:** Kovová výstuž železobetónového nosného systému budovy sa dá výhodne využiť ako zvod, musia však byť zaistené požiadavky na kontinuitu vodičov.
3. **Kovový rám budovy** sa využíva podobne ako armovanie. Určitou výhodou je, že kovový skelet budovy nie je zaliaty v železobetóne ako armovanie.
4. **Fasádne prvky** ako napr. kovové obloženie fasády. Musia však byť splnené požiadavky na minimálne prierezy (v závislosti od druhu materiálu) a elektrickú kontinuitu (spojitosť) vo vertikálnom smere. Minimálna hrúbka stien kovových potrubí je 0,5 mm.
5. **Odkvapové rúry** sa vo funkcii zvodov môžu využiť len v tom prípade, ak ide o budovu s nízkym stupňom ochrany a ak odkvapové rúry spĺňajú minimálne požiadavky na prirodzené zvody.

Pri návrhu využitia prirodzených zvodov treba zvážiť všetky dôsledky. Ak sa vo funkcii prirodzených zvodov využije napr. armovanie v nosných stĺpoch alebo kovový plášť budovy, pri zásahu blesku môže týmito prvkami tiecť časť bleskového prúdu, čo môže mať vplyv na citlivé elektrické alebo elektronické zariadenia v blízkosti týchto častí. Tento vplyv treba posúdiť a v prípade potreby, ak rozhodnutie dospeje k využitiu týchto prirodzených zvodov, treba prijať patričné opatrenia, príp. následný návrh vnútornej ochrany pred bleskom prispôbiť danej situácii.

Nevyužitie takýchto významných prirodzených zvodov však v žiadnom prípade nie je lepším riešením. Jednak sa nevyužije lepšie a rovnomernejšie prerozdelenie prúdu, materiálová úspora a spoľahlivosť celého systému, ale aj z hľadiska vnútorných inštalácií môže vzniknúť nebezpečná situácia, ak pri zásahu blesku dôjde k prerazu prirodzenej izolácie konštrukcie budovy. Potom kovovými časťami nosných stĺpov (alebo pri zásahu blesku zo strán do kovového opláštenia) budú tiecť väčšie rázové prúdy, ovplyvnené aj samotným procesom prerazu, ako pri kontrolovanom pospájaní týchto kovových častí a pripojení do systému bleskozvodnej ochrany.





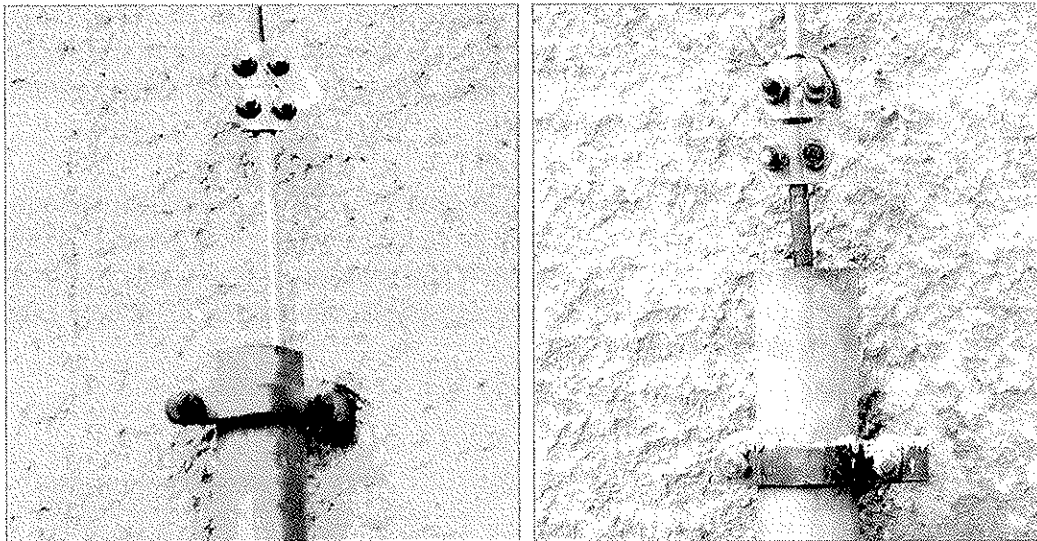
Dôsledným pospájaním prirodzených kovových častí sa okrem zvodovej funkcie vytvorí aj dobré potenciálové vyrovnanie. Zníži sa tým bezpečná vzdialenosť. Ak vnútorné nosné stĺpy alebo priečky s kovovou výstužou nespĺňajú podmienky bezpečnej vzdialenosti, ich kovová výstuž sa má na vhodných miestach pripojiť k zbernému zariadeniu bleskozvodu aj k systému uzemnenia.

Kovové obloženie fasády poskytuje výborné tienenie budovy, ak je dôkladne pospájané po celej ploche a ak sú splnené ďalšie požiadavky. Dôkladné pospájanie znamená dostatočný počet spojov v relatívne malých intervaloch. Kovové obloženie spravidla pozostáva z panelov šírky 0,6 až 1 m. Pri spájaní panelov treba overiť teplotnú rozťažnosť v rozsahu -20 až $+80$ °C. Na 100 °C je rozťažnosť hliníka približne $0,24$ % a ocele asi $0,11$ %. Rozťažnosťou by sa mohli porušiť pevné spoje. Ak je rozťažnosť veľká, je potrebné uprednostniť pružné elektrické spoje.

SKÚŠOBNÁ SVORKA

Každý zvod má mať v spodnej časti (pred vstupom do zeme k uzemňovaču) zariadenú skúšobnú svorku, ktorá slúži pri revízii bleskozvodu na rozpojenie bleskozvodu od uzemňovačov. Rozpojenie je potrebné na zmeranie odporu uzemnenia. V normálnej prevádzke je skúšobná svorka spojená, pri revízii sa rozpojí s použitím nástroja.

Výnimkou je prirodzené pokračovanie zvodov do základového uzemňovača prostredníctvom armovania. Skúšobné svorky sa v tomto prípade nezriaďujú. Porušovali by prirodzenú kontinuitu vodičov, vyžadoval by sa príliš veľký počet skúšobných svoriek atď.



ROZDELENIE BLESKOVÉHO PRÚDU MEDZI ZVODY

V závislosti od celkového usporiadania bleskozvodnej sústavy (t. j. nielen zvodov) sa bleskový prúd delí medzi jednotlivé zvody. Prerozdelenie prúdu popisuje veličina - **koeficient rozdelenia** k_c a závisí od počtu zvodov, umiestnenia zvodov, počtu a umiestnenia horizontálnych spojovacích kruhových vodičov, typu zberného zariadenia, typu uzemnenia a geometrie bleskozvodnej sústavy.



Koeficient k_c sa počíta z týchto údajov:

n - celkový počet zvodov

h - vzdialenosť medzi horizontálnymi kruhovými vodičmi; ak je horizontálne prepojenie realizované len na jednej úrovni, tento údaj zároveň predstavuje výšku horného vodiča (spravidla zberného zariadenia)

c - vzájomná vzdialenosť susedných zvodov

Vzťahy pre výpočet k_c a typické hodnoty sú uvedené v nasledovnej tabuľke a znázornené na príslušných obrázkoch.

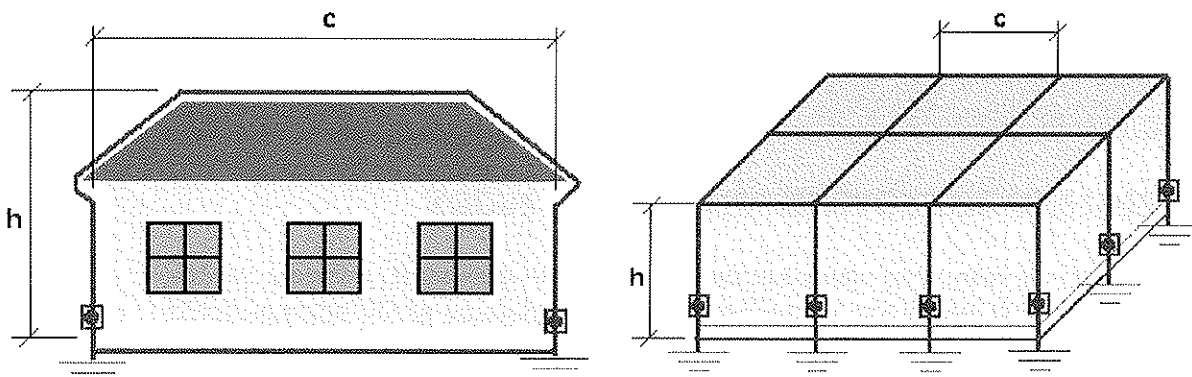


Typ zberného zariadenia	n	Vzorec	Hodnoty k_c pri uzemňovači	
			Typ A	Typ B
Tyčový	1	$k_c = 1$	1	1
Hrebeňový	2	$k_c = \frac{h+c}{2h+c}$	0,66	0,5 – 1
Mrežový	4	$k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2\sqrt[3]{\frac{c}{h}}$	0,44	0,25 – 0,5

Pri **tyčovom bleskozvode** s jedným zvodom sa bleskový prúd nemá ako deliť a $k_c = 1$ – celý bleskový prúd zvedie jeden zvod.

Pri **hrebeňovej sústave** spodná hranica intervalu pre k_c platí vtedy, ak je $c \ll h$. Naopak, ak je vzdialenosť zvodov podstatne väčšia ako výška vodiča zberného zariadenia, k_c má tendenciu bližšie sa k 1, pretože zvod sa správa pomerne izolovane. Najväčšiu časť bleskového prúdu zvedie ten zvod, ktorý je najbližšie k miestu zásahu blesku, ostatných zvodov sa to dotkne menej.

Pri **mrežovej sústave** je presieťovaním vodičov rozdelenie prúdu oveľa homogénnejšie a hodnota k_c je adekvátne nižšia. Podieľa sa na tom aj väčší počet zvodov. Pri vysokých budovách sa dá ďalej realizovať horizontálne pospájanie aj v niekoľkých úrovniach (napríklad na každom poschodí – s využitím armovania podláh), čím sa ďalej zrovnomerní rozdelenie prúdu.





Pre hrebeňové sústavy so sedlovou strechou je koeficient k_c pre rôzne pomery c/h v nasledovných tabuľkách zvlášť pre vystriedané a párové sústavy zvodov. Hodnoty koeficienta rozdelenia prúdu sú určené na základe impedancie paralelných vetiev zvodov. Dĺžka medzi vrchným horizontálnym vodičom zberného zariadenia a spodným horizontálnym vodičom (základovým alebo kruhovým) uzemňovača typu B sa meria ako skutočná dĺžka zvodu, nie ako výška zberného zariadenia. Pri jednotlivých prípadoch je zvýraznený ten zvod, ktorý odvedie najväčšiu časť bleskového prúdu a pre ktorý je hodnota k_c udaná.



Vystriedané sústavy	k_c				
	c/h	0,33	0,50	1,00	2,00
		0,57	0,60	0,66	0,75
		0,47	0,52	0,62	0,73
		0,44	0,50	0,62	0,73
		0,40	0,43	0,50	0,60
		0,35	0,39	0,47	0,59
		0,31	0,35	0,45	0,58



Párové sústavy c/h	k_c			
	0,33	0,50	1,00	2,00
	0,31	0,33	0,37	0,41
	0,28	0,33	0,37	0,41
	0,27	0,33	0,37	0,41
	0,23	0,25	0,30	0,35
	0,21	0,24	0,29	0,35
	0,20	0,23	0,29	0,35

Pre konkrétne hodnoty h/c je potrebné spočítať hodnotu koeficienta k_c alebo hodnoty z tabuľky interpolovať.

Z tabuliek vyplýva, že podľa možnosti by zvody mali byť rovnomerne rozložené po celom obvode budovy a uprednostniť by sa mala symetrická (párová) konfigurácia. Zaťaženie jednotlivých zvodov je vtedy menšie (menšie k_c). Rozdelenie prúdu je rovnomernejšie nielen pri vyššom počte zvodov, ale aj horizontálnym ekvipotenciálovým skruhovaním.



BEZPEČNÁ VZDIALENOSŤ

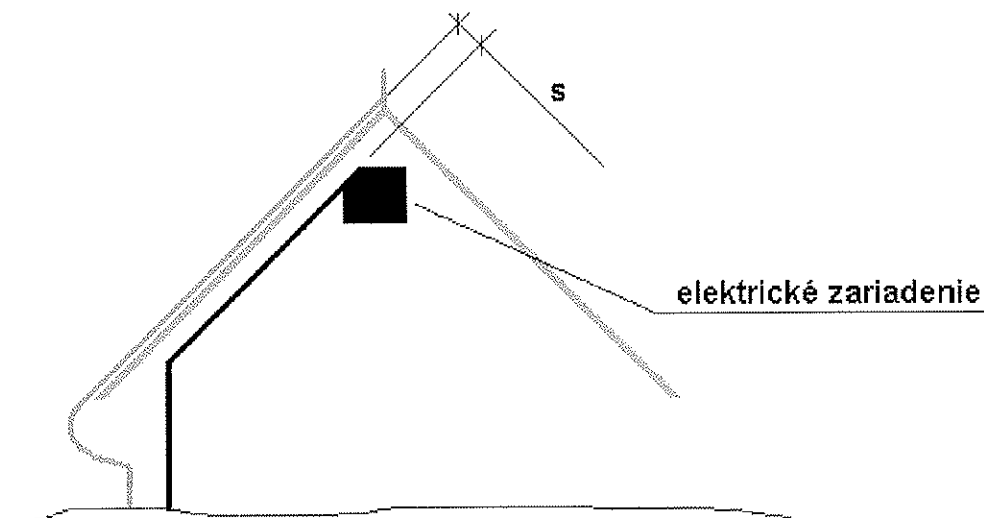
Bezpečná vzdialenosť závisí od úbytku napätia na najkratšej trase od uvažovaného miesta k uzemňovaču alebo ekvipotenciálnej prípojnici. Ak vodičom tečie rovnaký prúd po celej dĺžke zvodu, bezpečná vzdialenosť vo vzduchu sa vypočíta podľa vzorca

VZOREC	
$s = k_i k_c l$	l dĺžka zvodu

Ak jednotlivými časťami zvodu tečú rôzne prúdy v dôsledku delenia prúdu, bezpečná vzdialenosť sa vypočíta ako súčet jednotlivých úsekov

VZOREC
$s = k_i (k_{c1} l_1 + k_{c2} l_2 + \dots + k_{cm} l_m)$

Ak sa pri danej konfigurácii zvodov nedá dosiahnuť požadovaná bezpečná vzdialenosť, zaťaženie zvodov (s je funkciou k_c) treba znížiť zvýšením počtu zvodov.







9/4.3 Uzemnenie

Úlohou uzemňovacej sústavy je:

- rozptýliť zvedený bleskový prúd v zemi
- vytvoriť ekvipotenciálové vyrovnanie medzi zvodmi
- minimalizovať nebezpečné prepätia

Návrh uzemnenia je až posledným krokom pri projektovaní jednotlivých vonkajších častí bleskozvodu, pretože môže závisieť od počtu a umiestnenia zvodov. Aj keď pri trendoch smerujúcich k základovým alebo kruhovým uzemňovačom táto závislosť nie je až taká výrazná.

K dôležitým kritériám návrhu uzemnenia patrí tvar a rozmery uzamňovačov a zemný odpor uzemnenia. Zemný odpor by mal byť najviac 10Ω , ak sa jedná o samostatné uzemnenie bleskozvodu.

Účinným a hospodárnym prístupom je návrh integrovaného (spoločného) uzemnenia, ktoré zahŕňa uzemnenie bleskozvodu, silnoprúdovej elektroinštalácie a telekomunikačných zariadení v jednej uzemňovacej sústave. Vtedy sa uplatňujú najprísnejšie požiadavky z uvedených troch oblastí.

DRUHY UZEMŇOVACÍCH SÚSTAV

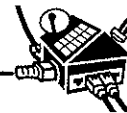
Rozlišujú sa dva základné druhy uzemňovacích sústav – A a B:

Uzemňovacia sústava typu A pozostáva z horizontálnych alebo vertikálnych uzemňovačov, ktoré sú samostatne pripojené na jednotlivé zvody mimo chránenej budovy. Pod typ A je klasifikovaný aj kruhový uzemňovač, ak je v kontakte s pôdou menej ako 80 % jeho celkovej dĺžky. Uzemňovacie sústavy typu A sú vhodné pre nízke objekty ako rodinné domy, existujúce budovy (nedá sa dodatočne zriaďovať napr. základový uzemňovač) a zaizolované bleskozvody.

Hĺbkové vertikálne uzemňovače (napr. tyčové) majú oproti horizontálnym (napr. lúčovým) výhodu v tom, že sú hospodárnejšie a vo väčšine pôd majú stabilnejší odpor uzemnenia.

Uzemňovacia sústava typu B môže mať tieto formy, pričom obe uvedené varianty môžu tvoriť mrežovú uzemňovaciu sústavu:

- kruhový uzemňovač mimo chránenej budovy, ktorý je aspoň 80 % svojej dĺžky v kontakte s pôdou
- základový uzemňovač



Uzemňovacia sústava typu B je vhodná predovšetkým pre budovy s mrežovou sústavou zberného zariadenia a pre bleskozvody s väčším počtom zvodov (pri type A by bol potrebný príliš veľký počet uzemňovačov, lebo každý zvod musí mať pri type A svoj uzemňovač).

V prípade skalnatého povrchu alebo ak sú v chránenom objekte inštalované citlivé elektronické zariadenia vo väčšom rozsahu, príp. ak sa jedná o objekt s nebezpečenstvom požiaru, uprednostňuje sa uzemnenie typu B.

Uzemňovacia sústava typu B plní všetky vyššie uvedené funkcie uzemnenia. To sa ale nedá vo všeobecnosti povedať o uzemňovacej sústave typu A, najmä o hĺbkových vertikálnych uzemňovačoch, s ohľadom na potenciálové vyrovnanie a zníženie pre-pätí. Základový uzemňovač s dobre pospájanou oceľovou výstužou vykazuje veľmi malý zemný odpor a poskytuje vynikajúce potenciálové vyrovnanie. Preto sa základový uzemňovač má zriaďovať všade tam, kde to je možné. Ak sa to nedá, odporúča sa inštalovať kruhový uzemňovač okolo budovy.



Budova z izolačných materiálov ako napr. z muríva alebo dreva nemá železobetónové základy. Zriadenie základového uzemňovača teda nie je možné. Navrhne sa kruhový uzemňovač.

POČET UZEMŇOVAČOV

Uzemnenie typu A



Minimálny počet uzemňovačov je 2.

Táto požiadavka viac či menej vyplýva z minimálneho počtu zvodov.

Minimálna dĺžka horizontálnych (povrchových) a vertikálnych (hĺbkových) uzemňovačov závisí od merného odporu pôdy ρ (Ωm) a triedy ochrany. Pre merný odpor pôdy nad 500 Ωm sa dá určiť pomocou týchto vzťahov:



Trieda ochrany (TO)	Minimálna dĺžka (m)
I	$l = 0,03\rho - 10$
II	$l = 0,02\rho - 10$
III	5
IV	5



Pre triedu ochrany III a IV (nižšia náročnosť) minimálna dĺžka predstavuje 5 m, závislosť od merného odporu pôdy sa neuplatňuje. Pri vyšších triedach ochrany I a II dĺžka uzemňovačov dosahuje desiatky metrov. Praktický význam majú uzemňovače do 60 m dĺžky, nad touto hranicou je vplyv dĺžky na odpor uzemnenia príliš malý.



Pre vertikálne uzemňovače sa uplatňujú polovičné vzdialenosti.





Vertikálne uzemňovače (u nás bol v starších normách zaužívaný pojem hĺbkové uzemňovače) sú efektívnejšie najmä z toho dôvodu, že využívajú výhodnejšiu závislosť merného odporu pôdy od hĺbky. Dĺžky vertikálnych uzemňovačov môžu byť preto menšie. Miestne podmienky ohľadne veľkosti a závislosti odporu pôdy od hĺbky treba overiť pred návrhom uzemnenia.

Prioritou návrhu je odpor uzemnenia bleskozvodu. Ak sa nejakým usporiadaním uzemňovačov (napríklad kombináciou horizontálnych a vertikálnych uzemňovačov) dosiahne odpor uzemnenia lepší ako požadovaných 10Ω , hore uvedené požiadavky na dĺžku uzemňovačov nemusia byť striktné dodržiavané.

Uzemnenie typu B

Minimálny počet uzemňovačov je rovný počtu zvodov a tiež nesmie byť menší ako 2.

Pri uzemňovačoch typu B sa na rozdiel od dĺžky operuje s polomerom plochy uzavretej skruhovaným uzemňovačom. Platí to aj pre základový uzemňovač, ktorý predstavuje uzavretý obvod tvorený základmi.

Kruhový uzemňovač je zvyčajne tvorený tak, že obchádza obvod budovy v určitej vzdialenosti pod povrchom zeme. Pri dlhších priamych stenách je vodič uzemňovača vedený súbežne so stenou, pri rohoch budovy tvorí oblúk so zakrivením daným vzdialenosti od obvodových múrov.

Z uvedeného vyplýva, že pre danú budovu má kruhový uzemňovač väčší polomer ako základový uzemňovač.

Minimálny polomer uzemňovača typu B je daný vzdialenosťami ako pri uzemňovači typu A.

Mohlo by sa zdať, že pri uzemňovači typu B je spotreba materiálu vyššia, lebo dĺžkou uzemňovača typu A je daný minimálny polomer uzemňovača typu B, ktorého obvod bude potom aspoň 2π -násobne (t. j. asi šesťnásobne) vyšší. Avšak pri type A treba danú dĺžku uzemňovača násobiť počtom uzemňovačov. Ukazuje sa, že pri kruhovom type B je naozaj materiálová náročnosť vyššia, ale kvalita uzemňovacej sústavy je tomu adekvátne zodpovedajúca. Pri základovom uzemňovači sa môže využiť prirodzené armovanie, dosahuje sa kvalitnejšie uzemnenie a celá sústava je veľmi hospodárna.

Ak sa nedajú dodržať požadované vzdialenosti (napríklad pri základovom uzemňovači je polomer daný základmi), uzemňovacia sústava treba doplniť ďalšími prídavnými uzemňovačmi. Dĺžka týchto uzemňovačov je daná rozdielom v nedodržaní dĺžky, ktorý treba vykryť. Pri vertikálnych uzemňovačoch sa tu taktiež uplatňujú polovičné dĺžky oproti horizontálnym uzemňovačom. Prídavné uzemňovače sa ku kruhovému alebo základovému uzemňovaču pripájajú v mieste pripojenia zvodov.

Norma bližšie neuvádza, ako sa z bežného obdĺžnikového tvaru budovy stanovuje polomer oblasti uzatvorenej uzemňovačom. Problém je najmä s budovami výrazne podlhovastého tvaru. Náhradný polomer by sa dal určiť prepočtom z obvodu budovy ($r = O/2\pi$).

Budova s rozmermi 10 x 50 m má polomer oblasti uzatvorenej základovým uzemňovačom rovný 19 m.





UMIESTNENIE UZEMŇOVAČOV



Uzemňovače sa umiestňujú aspoň 0,5 m pod povrchom zeme.

Táto požiadavka sa vzťahuje tak na uzemňovače typu A, ak aj na typ B. Pri vertikálnych uzemňovačoch sa uvedená hĺbka týka horného konca uzemňovača.

Kruhové uzemňovače sa umiestňujú minimálne vo vzdialenosti 1 m od obvodovej steny.



Uvažujme opäť budovu s rozmermi 10 x 50 m. Okrem priamych úsekoch totožných s obvodom budovy budú v štyroch rohoch kruhové štvrtoblúky s polomerom 1 m, čo dáva čiastkové úseky 1,5 m ($1\text{ m} \times 2 \pi/4$). Dĺžka uzemňovača bude 126 m.

Voľba typu uzemňovača a hĺbka jeho umiestnenia sa stanovujú tak, aby sa minimalizoval účinok týchto vplyvov:

- korózia
- vysušovanie pôdy
- zamrzanie pôdy
- časové zmeny odporu pôdy z dôvodu iných vplyvov

Ak v danej lokalite napríklad zamrzá pôda do určitej hĺbky, minimálnu hĺbku uzemňovača treba zvýšiť o túto hodnotu. Pri vertikálnych uzemňovačoch sa bežne pridáva 0,5 m.



Uvedené požiadavky sa týkajú najmä spoločného uzemnenia bleskozvodu a elektroinštalácie objektu, pretože v zimných mesiacoch (keď pôda zamrzá) sa nevyskytuje blesková činnosť.

Uzemňovače sa umiestňujú tak, aby boli čo najďalej od:

- vchodov do budovy (krokové napätie)
- cudzích vodivých častí nachádzajúcich sa v pôde

Zvláštnu pozornosť treba venovať krokovému napätiu v blízkosti uzemňovacej sústavy, ktorá je inštalovaná v miestach prístupných verejnosti.

VYHOTOVENIE UZEMŇOVAČOV

Základový uzemňovač

Základový uzemňovač je tvorený kovovou výstužou zaliatou v betóne základov. Výhodou je, že ak je betón vhodného zloženia a dobre pokrýva vodiče (aspoň 50 mm v každom smere), vodiče sú dostatočne chránené pred koróziou.

Treba však pamätať na problém elektrochemickej korózie pri voľbe materiálov. Oceľové vodiče výstuže v železobetóne majú rovnakú veľkosť galvanického potenciálu v elektrochemickom rade ako medené vodiče v pôde. To dáva dobré východiská pre návrh uzemnenia v železobetóne. Ak sa vodiče uzemnenia v pôde majú spájať s vodičmi v základovom uzemňovači, vodiče v pôde musia byť buď medené alebo nerezové. Oceľové vodiče v pôde už majú rôzny potenciál (približne 1 V oproti oceľovým vodičom v betóne), čo vyvoláva tečenie galvanických prúdov v pôde a vo vlhkom betóne a následne spôsobuje rozpúšťanie vodičov v pôde. Takže pri návrhu uzemnenia je potrebné vždy preveriť možnosti spájania rôznych druhov materiálov alebo rovnakých materiálov v rôznych prostrediach.



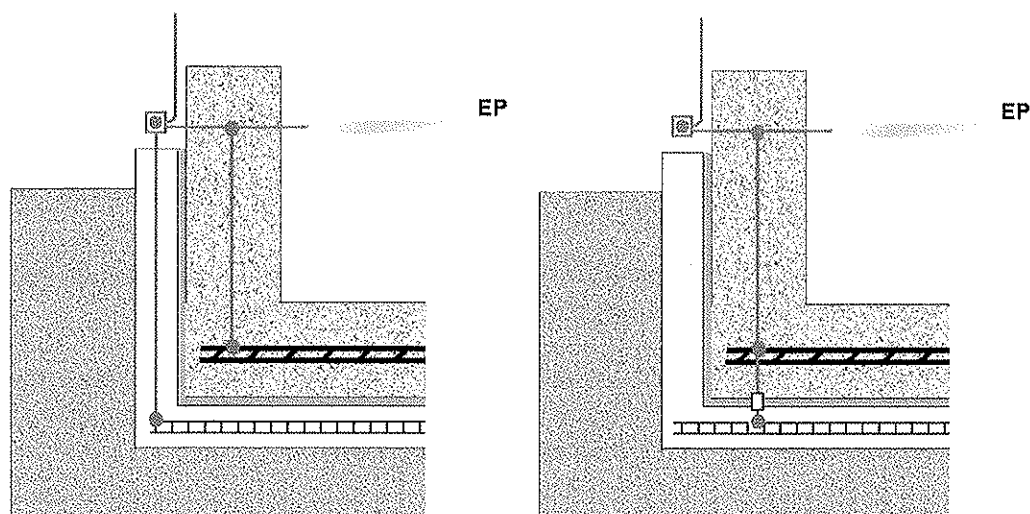


Aj pri realizácii základového uzemňovača je potrebné dať pozor na niektoré špecifické problémy. Pred zaliatím betónu overiť, že oceľové vodiče sú čisté a nie sú v priamom kontakte s napadaným popolčekom, uhlím či sutinami zo stavby.

Zo základového uzemňovača je potrebné vyviesť nahor kovové vodiče (väčšinou sa navrhuje pozinkovaná oceľová pásovina) na pripojenie k zvodom. Miesta vyvedenia sa volia tak, aby vzdialenosť od uzemňovača k vopred stanoveným miestam zvodov bola čo najkratšia a čo najvertikálnejšia. Tieto vodiče sa k zvodom pripájajú cez skúšobné svorky. Vodiče môžu byť upevnené na múre, v omietke alebo vnútri steny.

Vodiče bez problémov môžu prechádzať vodoizolačným papierom, impregnovaným asfaltom, ktorý sa bežne dáva medzi základy a múr. Prederavenie tohto materiálu väčšinou nespôsobuje žiadne problémy.

Ak je ale v danej lokalite vysoká hladina podzemných vôd, na obmedzenie vlhkosti v suteréne sa základy budovy zvyknú izolovať od pôdy vodoizolačnou vrstvou (z vonkajšej strany základov), ktorá však základy izoluje od pôdy aj elektricky. V takom prípade treba ukladať vodiče uzemnenia pod samotné teleso základu do tzv. podzákladu. V praxi sa izolácia realizuje tak, že do ryhy pre základy sa najprv na spodok vyleje čistá vrstva betónu (t. j. bez výstuže) do výšky 10 až 15 cm, potom nasleduje izolačný materiál a betónová hmota základov. Uzemnenie sa realizuje špeciálnymi vodičmi (t. j. nie prirodzenými v zmysle chápania prirodzených uzemňovačov) tvoriacimi mrežovú sústavu s max. rozmerom ôk 10 m, ktoré sa ukladajú do čistej vrstvy betónu. Vodiče mrežovej sústavy uzemnenia treba spojiť s oceľovou výstužou v základoch, príp. s kruhovým uzemňovačom alebo so zvodmi. Ak je to dovolené, spájajúce vodiče môžu prechádzať cez vodoizolačnú vrstvu prostredníctvom vhodných tlakových a vodotesných priechodiek. Ak to dovolené nie je, spoje je potrebné realizovať zvonka.



LEGENDA:

	pôda		uzemňovač
	základ		armovanie
	podzáklad		vodotesná bitumenová vrstva
	skúšobná svorka		priechodka



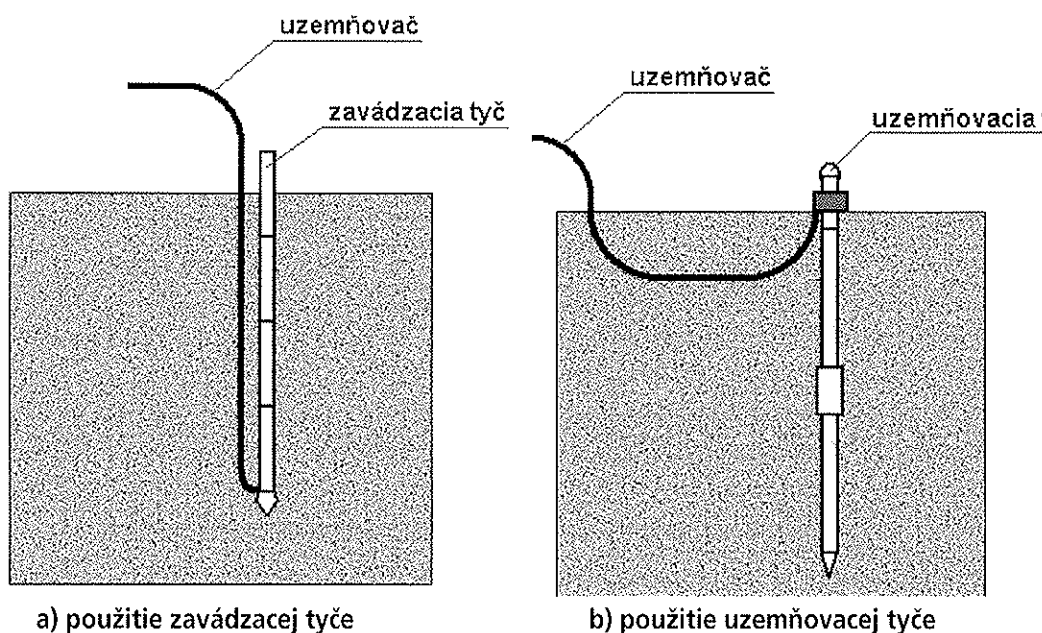


Lúčový a tyčový uzemňovač (Typ A)

Na každý zvod treba pripojiť samostatný uzemňovač cez skúšobné svorky. Jednotlivé uzemňovače sa navzájom spájajú za účelom potenciálového vyrovnania. Pre tento typ uzemnenia sa odporúča zriadiť ekvipotenciálovú prípojnicu mimo budovy.

Ak je to vhodné, horizontálne lúčové uzemňovače môžu byť ukončené hĺbkovými tyčovými uzemňovačmi.

Na nasledovných obrázkoch sú znázornené spôsoby vyhotovenia uzemňovačov typu A. Vodiče sa do pôdy zavádzajú pomocou špeciálnych zavádzacích tyčí. Výhodou tohto spôsobu je, že sa nevyžaduje použitie svoriek alebo spojok v zemi. Hĺbkové uzemňovače sa do zeme zavádzajú väčšinou pomocou mechanického kladiva.



a) použitie zavádzacej tyče

b) použitie uzemňovacej tyče

- a) Zavádzacia tyč:** výhodou tohto spôsobu je elektrická kontinuita uzemňovacieho vodiča, bez nutnosti svoriek a spojov. Vodič sa postupne zavedie pomocou niekoľkých krátkych tyčí (článkov). Posledná tyč sa môže po dokončení odobrať, aby netrčala zo zeme.
- b) Uzemňovacia tyč:** pri tomto spôsobe je tyč samotným uzemňovačom resp. jeho súčasťou. Vyžaduje svorkový spoj pre napojenie uzemňovacieho vodiča.

Je veľmi vhodné, ak sa počas ukladania uzemňovača do zeme dá merať odpor uzemnenia. Zavádzanie uzemňovača (napr. narážanie tyčového uzemňovača) sa tak dá zastaviť v tom momente, keď odpor uzemnenia začne klesať.

Uzemňovač by mal byť dostatočne vzdialený od podzemných káblov a kovových potrubí.

Lúčové uzemňovače sa umiestňujú aspoň 0,5 m pod povrch zeme (to je základná požiadavka na všetky uzemňovače), odporúča sa však umiestniť ich ešte hlbšie. Väčšia hĺbka má výhodu nielen v zemnom odpore, ale tiež v znížení potenciálov na povrchu zeme a vo väčšom obmedzení krokového napätia.





Ak je to potrebné, vertikálne alebo horizontálne uzemňovače typu A sa môžu použiť ako doplnok k uzemňovačom typu B za účelom zlepšenia odporu uzemnenia.

Kruhový uzemňovač (Typ B)

Pri kruhových uzemňovačoch môžu vzniknúť problémy, ak sú budovy príliš blízko seba a najmä ak patria rôznym vlastníkom. Vtedy niekedy nie je možné umiestniť uzemňovače tak, aby obkolesovali celú budovu. Je to ale na úkor účinnosti uzemnenia.

V miestach, kde sa predpokladá zhromažďovanie väčšieho počtu osôb, je potrebné pri návrhu venovať pozornosť krokovému napätiu v blízkosti uzemňovačov. Ak je to nutné, zriaďuje sa viacero kruhových uzemňovačov okolo budovy. Medzi kruhovými uzemňovačmi má byť vzdialenosť približne 3 m. Vzdialenejšie uzemňovače by mali byť čoraz hlbšie v zemi. Odporúčanú závislosť hĺbky uloženia kruhového uzemňovača od jeho vzdialenosti od budovy udáva nasledovná tabuľka. Tieto kruhové uzemňovače je potrebné pospájať pomocou niekoľkých lúčových uzemňovačov.

Poradie uzemňovača	Vzdialenosť uzemňovača od budovy	Hĺbka uloženia uzemňovača
1	4 m	1 m
2	7 m	1,5 m
3	10 m	2 m



Ak je plocha v okolí chránenej budovy povrchovo pokrytá aspoň 5 cm hrubou vrstvou asfaltu s nízkou elektrickou vodivosťou, považuje sa to za dostatočnú ochranu osôb.

Zvláštne požiadavky na uzemnenie v skalnatej pôde

Aj pri skalnatých pôdach je potrebné realizovať uzemnenie pomocou základových uzemňovačov. Napriek tomu, že účinnosť uzemnenia bude znížená, základový uzemňovač pôsobí ako výborné potenciálové vyrovnanie.

Ak to konštrukcia základu neumožňuje, preferovaným typom uzemnenia je kruhový uzemňovač. Ak sa kruhový uzemňovač nedá vložiť do príliš pevnej pôdy, inštaluje sa na povrchu, vyžaduje sa však adekvátna mechanická ochrana.

Ak sa chránená budova nachádza v blízkosti cesty, takáto mechanická ochrana sa dá dosiahnuť uložením uzemňovača pod povrch cesty.



Pri návrhu uzemnenia treba riešiť tiež problémy krokového napätia v dôsledku potenciálových rozdielov najmä v blízkosti zvodov. V blízkosti vchodu do budovy sa napr. dá zriadiť samostatný doplnkový kruhový uzemňovač. Jednou z ďalších možností je umelo zvýšiť zemný odpor vrchných vrstiev pôdy (izolačná funkcia).

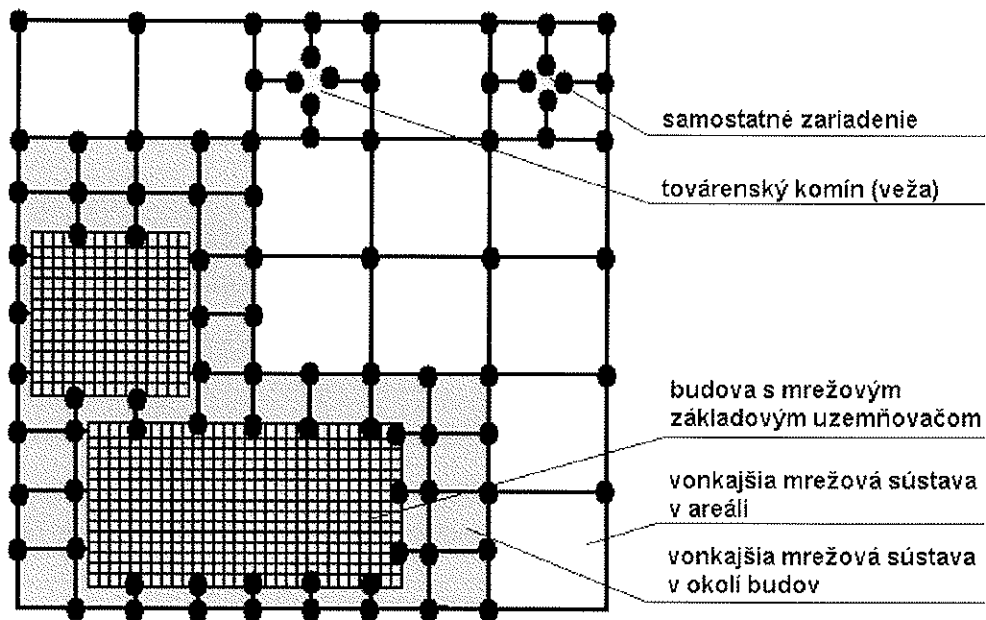
Zvláštne požiadavky na uzemnenie v rozsiahlych inštaláciách

Priemyselný závod často pozostáva z množstva budov, medzi ktorými sú inštalované početné silnoprúdové aj slaboprúdové vedenia. Uzemňovacia sústava je v takýchto prípadoch veľmi dôležitá najmä z hľadiska ochranného uzemnenia. Nízka impedancia uzemnenia znižuje potenciálové rozdiely medzi budovami a teda aj vznik indukova-



ných napätí vo vedeniach. Nízka impedanciu uzemnenia sa dá ľahko dosiahnuť základovým uzemňovačom, ktorý sa doplní ďalšími uzemňovačmi typu A alebo B.

Nasledovný obrázok znázorňuje situáciu v bežnom priemyselnom areáli. Jednotlivé budovy majú vlastnú uzemňovaciu sústavu tvorenú základovými uzemňovačmi (mrežová sústava). Celý areál je navyše presieťovaný mrežovou uzemňovacou sústavou uloženou v zemi. Výsledkom je nízka celková impedancia uzemnenia aj medzi budovami a vysoká ochrana proti LEMP. Mrežová uzemňovacia sústava areálu má v blízkosti budov rozmery ôk najviac 20×20 m, miesta vzdialenejšie od budov (30 m a viac) môžu mať rozmery ôk až 40×40 m.



Spojenie uzemňovacej sústavy areálu so základovými uzemňovačmi a zvodmi sa realizuje na skúšobných svorkách. Spodné časti zvodov majú byť izolované pomocou PVC rúrok s hrúbkou steny aspoň 3 mm alebo izoláciou s ekvivalentnými vlastnosťami.

Aby sa obmedzil priamy zásah blesku do podzemných vedení, uzemňovacia sústava areálu by mala mať svoje vodiče umiestnené aj nad týmito trasami vedení.

Požiadavky na voľbu materiálu pre uzemňovače

Pri voľbe materiálov sa priority kladú tak na architektonické požiadavky, ako aj na správne dimenzovanie jednotlivých komponentov a maximálne obmedzenie vplyvu korózie.

Aj spojovacie a upevňovacie súčasti musia vyhovovať požiadavkám na odolnosť voči nárastu teploty a elektrodynamickým účinkom bleskových prúdov, ako aj korózivnému vplyvu prostredia. Projektant spolu s inštalátorom musia overiť vhodnosť jednotlivých materiálov, k čomu si musia od výrobcu vyžiadať príslušné certifikáty, príp. výsledky skúšok.

Elektrické spoje medzi kovovými panelmi musia byť kompatibilné s materiálom panelov. Minimálna plocha kontaktu je 50 mm^2 . Spoje musia vydržať prípadné elektrodynamické sily a koróziu prostredia.



Ak je pri niektorých súčiastiach zvýšený nárast teploty spojený s problémami s horľavosťou povrchu alebo s nízkou teplotou tavenia povrchu, na ktorý sa tieto súčasti montujú, je potrebné zvýšiť prierez vodičov uzemnenia alebo prijať iné adekvátne opatrenia, napríklad aplikáciu nehorľavých vložiek medzi povrch a vodič.

Projektant bleskozvodu musí vedieť posúdiť všetky korozívne vplyvy prostredia a navrhnúť vhodné opatrenia. Vplyv korózie sa dá potlačiť napríklad voľbou väčších dimenzií alebo výberom nekorodujúcich materiálov alebo materiálov odolných voči korózii (napr. nerez, pozinkovaná oceľ, hliník). Okrem pôdy sa korózia môže týkať aj agresívneho interiérového prostredia (priemysel) a vzdušnej vlhkosti.

Zvláštnym prípadom je elektrochemická korózia. Konkrétne požiadavky ohľadne elektrochemickej korózie sú uvedené na viacerých miestach vyššie. Vo všeobecnosti však treba zosúladiť materiál zberného zariadenia s materiálom zvodov a s materiálom uzemňovacej sústavy. Takisto je potrebné zosúladiť materiál vodičov celej bleskozvodnej sústavy (jej troch hlavných častí) s mechanicky spojenými pomocnými kovovými časťami (podpery, svorky, pomocné vodiče...). Je potrebné vyvarovať sa spájaniu častí z rôznych kovov, ak to nejde, príslušné spoje treba vhodne chrániť proti korózii. Táto požiadavka sa týka najmä spájaniu medených častí s hliníkovými alebo pozinkovanými, problémy tu môžu nastať aj vtedy, ak sú tieto časti blízko seba, pričom nemajú priamy kontakt. Hliníkové vodiče by nemali mať priamy kontakt s vápennými časťami budovy (napr. vápencový betón alebo omietka) a už vôbec by sa nemali vkladať do zeme.

PRIRODZENÉ UZEMŇOVAČE

Pri výstavbe uzemnenia sa treba orientovať na základové uzemňovače s elektricky dobre pospájaným armovaním, pričom sa dajú využiť aj iné kovové konštrukcie dostupné pod zemou v blízkosti týchto štruktúr.

U nás sa v starších normách pre kovové konštrukcie využiteľné na uzemnenie tradične zaužíval pojem náhodný uzemňovač. Napríklad armovanie v súčasnosti treba chápať ako konštrukčnú časť s duálnou funkciou a pre účely uzemnenia sa vhodne upravuje (napríklad spoje sa namiesto viazania zvarujú). Takéto uzemnenie je teda zámerne strojené a ďalšie používanie pojmu náhodný uzemňovač zrejme nie je na mieste. Náhodnými uzemňovačmi môžu byť iné kovové časti dostupné v blízkosti, ktorých výskyt je daný lokálnymi okolnosťami a vo všeobecnosti nie sú vopred predpokladateľné.







9/4.4

Pripojenie veľkých kovových predmetov a elektrických zariadení

Za veľké kovové predmety považujeme kovové obloženia, súvislé kovové schodiská, oceľové konštrukcie budov a rôzne kovové potrubia. Nepovažujú sa za ne rámy a oplechovanie okien, zábradlia balkónov do 5 m a pod.

Pri zásahu bleskozvodu bleskom (niekedy aj veľkého kovového predmetu) môže dôjsť k preskoku medzi týmito dvoma kovovými konštrukciami so škodlivými účinkami - výbuchom, úrazom, alebo poškodením zariadenia vrátane vzniku požiaru.

Riešením je:

- dostatočná vzdialenosť medzi bleskozvodom a veľkým kovovým predmetom
- pripojenie veľkých kovových predmetov k bleskozvodu priamo, alebo cez iskrište

Dostatočná vzdialenosť medzi kovovým predmetom a bleskozvodom je určená na základe výpočtu úbytku napätia na zemnom odpore uzemňovacej sústavy a indukčívneho úbytku napätia na zvode:

VZOREC	
$a = 0,2R + \frac{l}{10n}$	a požadovaná vzdušná vzdialenosť (m) R celkový odpor uzemňovacej sústavy (Ω) l dĺžka zvodu (m) n počet zvodov pripojených k uzemňovacej sústave

Ak je kovový predmet v spodnej časti pripojený na uzemnenie, uvažujeme len druhý člen pravej strany rovnice. K zabráneniu preskoku po povrchu stien je potrebné dodržať vzdialenosť $2a$. Ak je medzi kovovým predmetom a bleskozvodom stena z nevodiaceho materiálu, príp. tehlová stena, nahrádza táto stena vzdušnú vzdialenosť rovnú päťnásobku hrúbky steny. Ak nie je možné dodržať dostatočnú vzdialenosť, vykoná sa vodivé spojenie kovových predmetov s bleskozvodom, ak sa nejedná o kovové predmety spojené s ochranným vodičom.

Rozsiahle kovové predmety prebiehajúce vo vodorovnom smere (napr. koľajnice, transportné dráhy) sa pripoja na bleskozvod na viacerých miestach. Vysoké predmety prebiehajúce budovou zvislo (napr. kovové potrubia a pod.) sa pripoja na bleskozvod na svojom najvyššom a najnižšom mieste. Kovové predmety vo vzdialenosti väčšej než dostatočnej je tiež možné pripojiť k zvodu bleskozvodnej sústavy alebo ich uzemniť samostatne, pokiaľ už nie sú spojené s ochranným vodičom. Pre pripojenie potrubia platia ešte ďalšie zásady, ktoré sú uvedené v STN 34 1390.



Nad strechu vyčnievajúce veľké kovové predmety neobsahujúce elektrické zariadenia (vývod vetrania, klimatizácia, strojovne výťahov a pod.) je možné chrániť oboma vyššie uvedenými spôsobmi: pripojiť ich na zberné zariadenie alebo zvod bleskozvodu, alebo zriadiť v dostatočnej vzdialenosti od nich zberač tak, aby od neho odizolovaná kovová konštrukcia ležala v jeho ochrannom priestore. Dnešné chápanie ochrany v zahraničí dáva prednosť druhému riešeniu a poprední výrobcovia ponúkajú strešné izolované zberné zariadenia.

Elektrické zariadenia môžu byť samé predmetom úderu blesku (na streche), môže však dôjsť aj k preskoku časti blesku z bleskozvodnej sústavy s ničivými alebo zdravie ohrozujúcimi účinkami. Riešením je opäť oddelenie bleskozvodného a elektrického zariadenia dostatočnými vzdialenosťami alebo pripojenie neživých častí elektrického zariadenia k bleskozvodu. Tu je ešte možné vybaviť inštaláciu živých častí zvodími prepätia ako súčasť vnútornej ochrany pred bleskom.





9/5

Všeobecné princípy ochrany pred bleskom

9/5.1

Klasifikácia škôd a strát spôsobených bleskom

DÔSLEDKY ZÁSAHU BLESKU

Zásah bleskom môže spôsobiť škody na samotnom objekte (budove) alebo vstupujúcej sieti, ako aj na zariadeniach alebo osobách nachádzajúcich sa vnútri budovy alebo pripojených k sieti. Pritom škody môžu presahovať rámec budovy a môžu mať vplyv na miestne prostredie. Rozsah škôd závisí od charakteru budovy alebo vstupujúcej siete aj od vlastností bleskového výboja.

Pri zásahu blesku do budovy alebo jej blízkosti sú rozhodujúce **vlastnosti budovy**:

- **materiál a konštrukcia** (drevo, tehla, betón, železobetón, ocelová kostra)
- **funkčné využitie** (budova na bývanie, administratívna budova, poľnohospodársky objekt, hotel, škola, nemocnica)
- **vnútorný obsah** (osoby a úžitkové zvieratá, horľavé alebo nehorľavé látky, výbušné alebo nevýbušné látky, elektrické a elektronické zariadenia)
- **prípojky** (elektrické, telekomunikačné, potrubia)
- **existujúce ochranné zariadenia** (náhodné alebo strojené)
- **miera ohrozenia** (objekty s obmedzenými evakuačnými možnosťami a s možnosťou vzniku paniky, objekty ohrozujúce okolie alebo prostredie)

Pri zásahu blesku do siete alebo jej blízkosti sú rozhodujúce **vlastnosti siete**:

- **materiál a konštrukcia** (vedenie: vzdušné/podzemné, tienené/netienené, optické vlákno, potrubie: nadzemné/skryté, kovové/plastové)
- **funkčné využitie** (telekomunikačné vedenie, silové vedenie, potrubie)
- **pripojená budova** (konštrukcia, vnútorný obsah, veľkosť, lokalita)
- **existujúce ochranné zariadenia** (náhodné alebo strojené: tieniaci vodič, prepäťová ochrana)

ZDROJE A DRUHY ŠKÔD PRI ZÁSAHU BLESKU

Blesk je zdrojom škôd pre objekty aj siete vstupujúce do objektov. Veľkosť a druh škôd závisí od miesta úderu blesku. Rozlišuje sa pritom niekoľko typických situácií, ktoré sú uvedené v tabuľke.



Klasifikácia miest zásahu blesku

Situácia	Miesto zásahu blesku
S1	Priamy zásah do budovy alebo siete
S2	Zásah v blízkosti budovy
S3	Zásah do siete vstupujúcej do budovy
S4	Zásah v blízkosti siete vstupujúcej do budovy

Priamy zásah blesku do budovy môže spôsobiť:

- bezprostredné mechanické poškodenie prístrojov a zariadení
- požiar a/alebo výbuch v dôsledku vysokej teploty plazmy bleskového výboja
- požiar a/alebo výbuch v dôsledku iskier vzniknutých prepätím v RL obvodoch a prechodom časti bleskového prúdu
- nedovoľené oteplenie vodičov v dôsledku vysokej hodnoty bleskového prúdu
- úraz osôb v dôsledku zvýšeného dotykového a krokového napätia
- poškodenie alebo zlyhanie vnútorných systémov budovy

Priamy zásah blesku do siete môže spôsobiť:

- roztavenie kovových vodičov alebo tienenia káblov pri prechode časti bleskového prúdu vedením
- prieraz izolácie vedení a pripojených zariadení
- prederavenie nekovových tesnení v prírubách potrubí



Optické vlákna bez kovových vodičov nie sú ohrozené pri zásahu blesku do budovy ani do zeme.

Zásah blesku v blízkosti budovy môže spôsobiť:

- poškodenie alebo zlyhanie vnútorných systémov budovy

Zásah blesku do siete vstupujúcej do budovy môže spôsobiť:

- bezprostredné mechanické poškodenie kovových vodičov a potrubí elektrodynamickými alebo tepelnými účinkami bleskového prúdu (prerušenie alebo roztavenie vodičov, tienenia alebo potrubí) alebo priamym teplotným účinkom bleskového výboja (prederavenie ochranných krytov z plastu)
- bezprostredné elektrické poškodenie vedení (prieraz izolácie) a pripojených zariadení
- požiar a/alebo výbuch spôsobený iskrami vzniknutými v dôsledku prepätí a bleskových prúdov prenášaných do budovy cez pripojenú sieť
- úraz osôb vysokým dotykovým napätím vnútri budovy v dôsledku bleskových prúdov prenášaných do budovy cez pripojenú sieť
- poškodenie alebo zlyhanie vnútorných systémov budovy v dôsledku prepätí indukovaných na pripojených sieťach a prenášaných týmito sieťami do budovy
- prederavenie tenkých kovových potrubí a nekovových tesnení v prírubách, kde následky môžu siahť až po spôsobenie požiaru alebo výbuchu (v závislosti od druhu a vlastností prepravovaného média)





Zásah blesku v blízkosti siete vstupujúcej do budovy môže spôsobiť:

- preraz izolácie vedení a pripojených zariadení v dôsledku indukovaného napätia
- poškodenie alebo zlyhanie vnútorných systémov budovy v dôsledku prepätí indukovaných na pripojených sieťach a prenášaných týmito sieťami do budovy

Zásah blesku do potrubí (priamo alebo v ich blízkosti) sa nepovažuje pre budovu za ohrozujúci (schopný spôsobiť škody), ak sa predpokladá pripojenie potrubia na ekvipotenciálnu prípojnicu.



DRUHY STRÁT PRI ZÁSAHU BLESKU

Zásah blesku môže spôsobiť tri základné druhy škôd, ktoré sú uvedené v tabuľke. Okrem toho každý druh škody (samostatne alebo v kombinácii s inými druhmi) môže vyvolať rôzne druhy následných strát v chránených objektoch. Druhy strát pritom závisia od vlastností samotného objektu.

Klasifikácia druhov škôd

Označenie	Druh škody
D1	Úraz živých bytostí vysokým dotykovým alebo krokovým napätím
D2	Fyzické poškodenie (požiar, výbuch, mechanické zničenie, chemická reakcia) účinkami bleskového prúdu vrátane iskrenia
D3	Zlyhanie elektrických a elektronických systémov v dôsledku prepätia LEMP



Elektromagnetický bleskový impulz LEMP (*Lightning Electromagnetic Pulse*) je elektromagnetický účinok bleskového prúdu a zahŕňa nárastovú vlnu prúdu vo vodičoch aj vyžiarený impulz elektromagnetického poľa.

Nárastová vlna prúdu je prechodná vlna, ktorá vzniká ako následok prepätia spôsobeného LEMP z (čiastkového) bleskového prúdu alebo indukovaním.

Klasifikácia druhov strát

Straty	Riziká	Kategória	Druh straty
L1	R1	Sociálne	Straty na ľudských životoch
L2	R2		Straty na službách verejnosti
L3	R3		Straty kultúrneho dedičstva
L4	R4	Hospodárske	Straty ekonomických hodnôt (objekty a ich vnútorný obsah, strata služieb a aktivít)







9/5.2

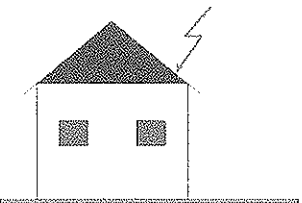
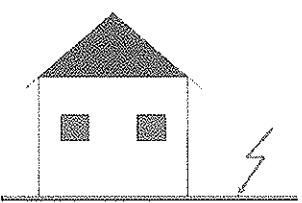
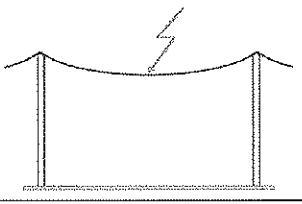
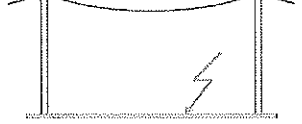
Potreba ochrany objektu pred bleskom

Na rozhodnutie o tom, či chrániť objekt pred bleskom alebo nie, treba vykonať posúdenie rizík, ktoré sa opiera o vyčíslenie strát sociálnych hodnôt L1, L2 a L3. Ochrana pred bleskom sa vyžaduje vtedy, ak je riziko R (R1 až R3) vyššie ako tolerovateľná miera rizika R_T .

VZOREC	R riziko
$R > R_T$	R_T tolerovateľná miera rizika

Vzťah medzi zdrojom škôd, druhom škôd a druhom strát v závislosti od miesta zásahu blesku

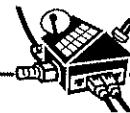


Miesto zásahu	Zdroj škôd	Druh škôd	Druh strát
Priamy zásah do budovy 	S1	D1 D2 D3	L1, L4** L1, L2, L3, L4 L1*, L2, L4
Zásah v blízkosti budovy 	S2	D3	L1*, L2, L4
Priamy zásah do siete 	S3	D1 D2 D3	L1, L4** L1, L2, L3, L4 L1*, L2, L4
Zásah v blízkosti siete 	S4	D3	L1*, L2, L4

Poznámky

* platí len pre objekty s nebezpečenstvom výbuchu a pre nemocnice alebo iné objekty, kde zlyhanie vnútorných systémov vedie k bezprostrednému ohrozeniu ľudských životov

** platí len pre budovy, v ktorých môže dôjsť k úhynu zvierat



Tolerovateľná miera rizika R_T je maximálna hodnota rizika, ktoré sa dá tolerovať pre objekt, ktorý má byť chránený.

Na ochranu objektu sa majú prijať také opatrenia, ktoré mieru rizika znížia pod hodnotu R_T . Ak sa na daný objekt vzťahuje viac ako jeden druh strát, uvedená podmienka musí byť splnená pre každú zo strát L1, L2 a L3.



Hodnoty tolerovateľnej miery rizika majú byť stanovené príslušnými orgánmi na národnej úrovni. Takéto údaje zatiaľ u nás neboli kodifikované.

Okrem potreby ochrany objektu pred stratami sociálnych hodnôt môže byť užitočné vyčíslieť ekonomické výhody ochranných opatrení za účelom zníženia ekonomických strát L4. V tomto prípade sa posudzuje riziko R_4 a hodnotia sa ekonomické straty s aplikáciou prijatých ochranných opatrení a straty bez týchto opatrení.

Ochrana pred bleskom sa považuje za ekonomicky efektívnu, ak súčet zostatkových strát C_{RL} pri zavedenej ochrane pred bleskom spolu s nákladmi na zriadenie tejto ochrany C_{PM} je nižší ako celkové straty bez zavedenej ochrany C_L .

VZOREC	
$C_{RL} + C_{PM} < C_L$	C_{RL} súčet zostatkových strát pri zavedenej ochrane pred bleskom C_{PM} náklady na zriadenie ochrany C_L celkové straty bez zavedenej ochrany

OCHRANNÉ OPATRENIA

Voľba ochranných opatrení na zníženie rizík závisí od druhu škôd.

D1 - Ochranné opatrenia na zníženie rizika úrazu živých bytostí dotykovým a krokovým napätím

- adekvátna izolácia vodivých častí vystavených dotyku
- potenciálové vyrovnanie
- fyzické obmedzenia a výstražné tabule

Potenciálové vyrovnanie nie je účinné proti dotykovému napätiu.

D2 - Ochranné opatrenia na zníženie rizika fyzického poškodenia

- systém ochrany pred bleskom LPS (pre budovy)
- tienenie (pre siete)

Medzi dôležité súčasti komplexného systému ochrany pred bleskom patrí ekvipotenčiálové vyrovnanie, protipožiarna ochrana a ochrana únikových ciest.

D3 - Ochranné opatrenia na zníženie rizika zlyhania elektrických a elektronických zariadení

- a) pre budovy sa aplikuje súbor ochranných opatrení pozostávajúci zo samostatných opatrení alebo ich kombinácií
- uzemnenie a pospájanie
 - magnetické tienenie
 - voľba trás vedení
 - koordinovanie prepäťových ochrán





b) pre siete sa aplikujú opatrenia

- prepäťové ochrany na rôznych miestach po trase vedenia a na konci vedenia
- magnetické tienenie káblov

Pre podzemné káble je veľmi účinným opatrením neprerušené kovové tienenie dostatočnej hrúbky. Účinnou ochranou proti prepätiam je zvýšenie výdržného napätia izolácie (napr. zariadenia alebo kábla).

Voľbu najvýhodnejšieho ochranného opatrenia stanovuje projektant spolu s majiteľom objektu alebo siete vzhľadom na druh a rozsah každého druhu škody pripadajúcej do úvahy po zvážení technických a ekonomických aspektov rôznych ochranných opatrení.





9/5.3

Triedy ochrany TO a zóny bleskovej ochrany ZBO

Stopercentnú ochranu pred bleskom by bolo možné realizovať iba obklopením objektu neprerušeným kovovým tienením dostatočnej hrúbky a adekvátnym spojením tohto tienenia so všetkými vedeniami vstupujúcimi do objektu. V praxi však takéto opatrenie nie je praktické alebo nie je ekonomicky výhodné.

Diskontinuita tienenia resp. jeho nedostatočné dimenzovanie môže spôsobiť vzniknutie bleskového prúdu dovnútra a následne vyvolať

- fyzické poškodenie a ohrozenie života
- zlyhanie vnútorných systémov
- zlyhanie napájania prípojných systémov

Ochranné opatrenia je potrebné navrhnuť tak, aby sa znížila miera poškodenia a následné straty. Vychádza sa pritom z množiny nominálnych parametrov bleskového prúdu, na ktorý sa bleskozvodná ochrana dimenzuje (trieda ochrany).

TRIEDY OCHRANY PRED BLESKOM (TO)

Procedurálna stránka projektovania bleskozvodných zariadení smeruje k stanoveniu tried ochrany pred bleskom (I až IV) na základe popisu parametrov bleskového prúdu a pravdepodobnosti ich výskytu. Triedy ochrany sú stanovené parametrami blesku, na ktoré je ochrana dimenzovaná a od nich odvodenými požiadavkami na konštrukciu zariadenia ochrany pred bleskom (napr. prierezy vodičov, hrúbka kovového oplechovania, vzdušné vzdialenosti).

Pre jednotlivé ochranné triedy sú stanovené maximálne aj minimálne hodnoty parametrov bleskového prúdu. Kým maximálne hodnoty sa používajú pre účely dimenzovania, minimálna hodnota amplitúdy bleskového prúdu sa používa na odvodenie polomeru modelovej gule, čím sa definuje zóna bleskovej ochrany ZBO OB, ktorá už nemôže dôjsť k priamemu zásahu blesku. ZBO sa uplatňuje pri voľbe umiestnenia zberného zariadenia.



Parametre prúdov blesku pre ochranné triedy

Parametre blesku	Ochranná trieda (hladina)		
	I	II	III
Vrcholová hodnota prúdu I (kA)	200	150	100
Celkový náboj Q_{celk} (C)	300	225	150
Impulzný náboj Q_{imp} (C)	100	75	50
Špecifická energia W/R (MJ/Ω)	10	5,6	2,5
Priemerná strmosť di/dt 30/60 (kA/μs)	200	150	100
Účinnosť ochrany (%)	98	95	90/80

ZÓNY BLESKOVEJ OCHRANY (ZBO)

V praxi sa zistilo, že už od výšky 20 až 30 m dochádza k úderom blesku do budovy zo strán. Z tohto dôvodu metóda ochranného uhla 112° pre určenie chráneného priestoru nestačí. Vhodnejšia je metóda valiacej sa „bleskovej“ gule. Modelová guľa akoby sa valila cez budovu zo všetkých strán a tam, kde dochádza k dotyku s budovou alebo povrchom zeme, je chránený priestor. Pri valení gule pritom berieme do úvahy aj okolité vysoké objekty.

Pre jednotlivé triedy ochrany je usporiadanie zberačov a zvodov uvedené v tabuľke, tak pre metódu modelovej gule, ako aj ochranného uhla.

Pri návrhu ochrany pred bleskom sa ďalej kladie dôraz na maximálne využitie všetkých kovových častí stavby ako náhodných zberačov, zvodov a zemničov. Tým sa prispieva k rozloženiu bleskového prúdu do viacerých ciest, takže ohrozenie vo vnútri budovy sa znižuje.



Chránené priestory a vzdialenosti zberacieho vedenia a zvodov pre rôzne triedy ochrany

TO	h (m)		10	20	30	45	60	x (m)	a (m)
	I (kA)	R (m)	α (°)	α (°)	α (°)	α (°)	α (°)		
I	3	20	45	25	+	+	+	5	10
II	5	30	55	35	24	+	+	10	15
III	10	45	60	43	35	25	+	10	20
IV	16	60	65	55	45	35	26	20	25

h – výška objektu

I – minimálna vrcholová hodnota bleskového prúdu

R – polomer gule

α – ochranný uhol

x – oká mreže

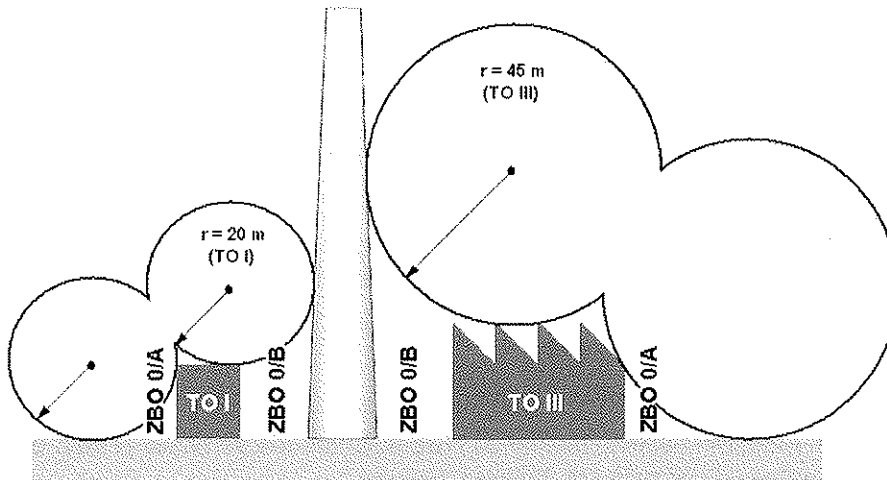
a – priemerná vzdialenosť zvodov

+ v týchto prípadoch sa používa len metóda valiacej sa gule

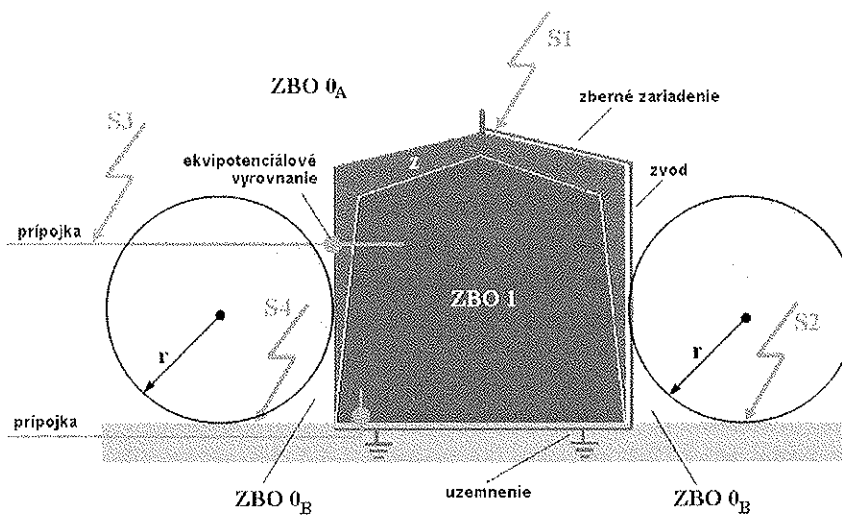




Triedy ochrany (TO) a zóny bleskovej ochrany (ZBO) pre metódu modelovej gule

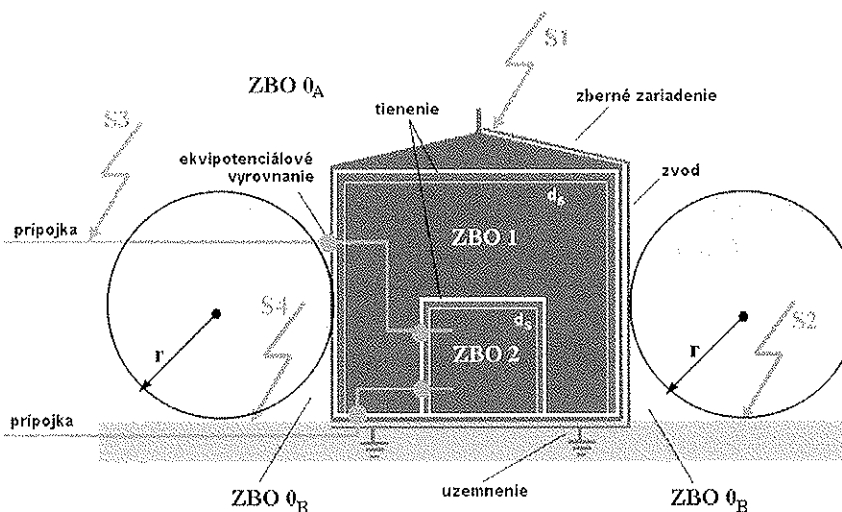


Zóny bleskovej ochrany (ZBO) určené bleskozvodným zariadením



r – polomer modelovej gule, z – vzdušné vzdialenosti

Zóny bleskovej ochrany (ZBO) určené ochrannými zariadeniami proti LEMP



r – polomer modelovej gule, d_s – bezpečná vzdialenosť



Zóny bleskovej ochrany

ZBO 0 - vonkajší priestor budovy ohrozený priamym úderom blesku

O_A - mimo ochranný priestor bleskozvodu, kde hrozí zásah plným bleskovým prúdom a plným elektromagnetickým poľom

O_B - zóna vnútri ochranného priestoru bleskozvodu, kde hrozí zásah čiastkovým alebo indukovaným bleskovým prúdom, ale kde sa môže vyskytnúť plné elektromagnetické pole

ZBO 1 - priestory vnútri budovy s obmedzeným zásahom blesku alebo indukovaným bleskovým prúdom, pričom sa musia zohľadniť vzdušné vzdialenosti; prúd je obmedzený rozložením medzi ochranné zariadenia a priestorové tienenie obmedzuje veľkosť elektromagnetického poľa.

ZBO 2 - odtienené priestory vnútri budovy (napr. počítačová sála) bez ohrozenia priamym zásahom blesku, možné sú však indukované bleskové prúdy; elektromagnetické pole je ďalej znížené ďalším tienením.

ZBO 3 - priestor vnútri vodivej skrine zariadenia, čím sa ďalej obmedzia veľkosti prúdov a tienenie zariadenia prispieva k ďalšiemu zníženiu veľkosti elektromagnetického poľa.

Najväčšie nebezpečenstvo od blesku hrozí na otvorenom priestore, pretože tu môže dôjsť k priamemu úderu blesku; pritom pravdepodobnosť tohto úderu je znížená v ochrannom priestore. Nebezpečenstvo ohrozenia bleskom klesá postupne s odtienením priestorov vnútri budovy alebo za vodivou skriňou elektronického zariadenia, kde je najnižšie. Z uvedeného vyplýva, že čím vyššia je zóna bleskovej ochrany, tým viac je obmedzené pôsobenie blesku a súvisiaceho elektromagnetického poľa. Prítom je však potrebné mať na pamäti, že každé vedenie prestupujúce niekoľkými zónami privádza nebezpečný vplyv vo výške určovanej najnižšou zónou bleskovej ochrany.

Základným pravidlom pri návrhu ochrany je, že chránený objekt sa musí umiestniť do takej ochrannej zóny ZBO, ktorej elektromagnetické charakteristiky sú kompatibilné so schopnosťou daného objektu odolávať prepätiam a fyzickému poškodeniu. Pre väčšinu elektrických a elektronických zariadení poskytuje údaje o schopnosti odolávať LEMP ich výrobca.

Chránená budova

Chránená budova musí byť aspoň vnútri zóny ZBO O_B, čo sa dá zabezpečiť systémom ochrany pred bleskom. Táto ochrana spravidla pozostáva z vonkajšej a vnútornej ochrany. Chránené zariadenie musí byť aspoň vnútri zóny ZBO 1. Chránená prípojka musí byť:

- aspoň vnútri zóny ZBO O_B na zníženie fyzického poškodenia; to sa dá dosiahnuť voľbou podzemného vedenia namiesto vonkajšieho alebo patričným tienením vonkajšieho vedenia, v prípade potrubí zvýšením prierezu materiálu rúr a zabezpečením dobrých spojov
- aspoň vnútri zóny ZBO 1 na ochranu pred prepätiami, ktoré by mohli spôsobiť prerušenie dodávky; to sa dá dosiahnuť znížením prepätí indukovaných bleskom pomocou patričného tienenia káblov resp. pomocou prepäťových ochrán





9/5.4

Nadprúdy spôsobené zásahom blesku

Pri dimenzovaní vodičov bleskozvodného zariadenia, pri návrhu prepäťových ochrán atď. je potrebné určiť veľkosť nadprúdov spôsobených zásahom blesku v danom mieste inštalácie, pričom môže ísť o nadprúdy vyvolané bleskovým prúdom (aj čiastkovým) alebo nadprúdy indukované v inštalračných slučkách. Je zrejmé, že tieto nadprúdy musia byť nižšie ako schopnosť príslušných zariadení odolávať ich účinkom.

NADPRÚDY SPÔSOBENÉ ÚDEROM BLESKU DO BUDOVY (ZDROJ ŠKÔD S1)

Pri zvädzaní bleskového prúdu do zeme sa prúd vo všeobecnosti rozdelí medzi uzemňovač, cudzie vodivé časti a vedenia buď priamo alebo cez pripojené prepäťové ochrany. Pritom časť bleskového prúdu prechádzajúca každou z cudzích vodivých častí alebo vedení môžeme určiť ako

VZOREC	
$I = k_e I$	I vrcholová hodnota bleskového prúdu pre dané bleskozvodné zariadenie (kA) k_e koeficient zohľadňujúci impedanciu uzemnenia

Koeficient k_e závisí od

- počtu paralelných ciest
- impedancie uzemňovacej slučky podzemných častí, resp. od odporu uzemnenia vonkajších častí týchto ciest
- impedancie sústavy uzemňovača

Pre **podzemné inštalácie** sa koeficient k_e určí

VZOREC	
$k_e = \frac{Z}{Z_1 + Z \left(n_1 + n_2 \frac{Z_1}{Z_2} \right)}$	Z impedancia uzemňovacej sústavy Z_1 impedancia uzemnenia vonkajších častí alebo podzemných vedení Z_2 odpor uzemnenia vonkajšieho vedenia n_1 celkový počet podzemných častí alebo vedení n_2 celkový počet vonkajších častí alebo vedení

Pokiaľ hodnota nie je známa, možno použiť hodnoty podľa tabuľky pre impedanciu uzemňovacej sústavy Z (Ω) v závislosti od odporu pôdy, kde sa rezistivita vzťahuje na miesto uzemnenia. Pre všetky miesta uzemnenia sa potom použije rovnaká hodnota.



Pre vonkajšie inštalácie sa koeficient k_e určí

VZOREC
$k_e = \frac{Z}{Z_2 + Z \left(n_2 + n_1 \frac{Z_2}{Z_1} \right)}$

V prvom priblížení uvažujme, že polovica bleskového prúdu tečie cez uzemňovač a že $Z_2 = Z_1$. V tom prípade môžeme koeficient k_e pre vonkajšiu vodivú časť alebo vedenie vypočítať

VZOREC
$k_e = \frac{0,5}{n_1 + n_2}$

Ak vstupujúce vedenia (silnoprúdové alebo oznamovacie) nie sú tienené alebo nie sú vedené v kovovej rúrke, každý z n' vodičov prenáša rovnakú časť bleskového prúdu

VZOREC	
$k'_e = \frac{k_e}{n'}$	n' celkový počet vodičov

Pre tienené vedenia pripojené pri vstupe do budovy na ekvipotenciálové vyrovnanie platí pre každý z n' vodičov tienenej prípojky vzťah pre výpočet koeficienta k'_e

VZOREC	
$k'_e = \frac{k_e R_s}{n' R_s + R_c}$	R_s merný odpor tienenia (na jednotku dĺžky) R_s merný odpor vnútorného vodiča (jadra)



Impedancia uzemňovacej sústavy Z (Ω) v závislosti od odporu pôdy

ρ (Ωm)	Z_1 (Ω)	Trieda ochrany TO		
		I	II	III - IV
≤ 100	8	4	4	4
200	11	6	6	6
500	16	10	10	10
1 000	22	10	15	20
2 000	28	10	15	40
3 000	35	10	15	60

Poznámka: Údaje v tejto tabuľke platia pre podzemný vodič a pre tvar vlny impulzu 10/350 μs .





Na rozdelenie bleskového prúdu v silových vedeniach, na amplitúdu a tvar vlny bleskového prúdu vplyva niekoľko faktorov

- dĺžka vedenia (určuje pomer L/R)
- rozdiel impedancií neutrálneho vodiča a krajných vodičov
- rozdiel impedancií transformátora (dá sa zanedbať v prípade, že transformátor je vybavený prepäťovou ochranou premostujúcou jeho impedanciu)
- vzťahom medzi odporom uzemnenia transformátora a zariadení na strane záťaže (čím menšia je impedancia transformátora, tým väčší nadprúd tečie v sieti nn)
- paralelne pripojené spotrebiče znižujú účinnú impedanciu na strane nn, čo môže viesť k zvýšeniu čiastkového bleskového prúdu tečúceho do tejto sústavy

Ak má neutrálny vodič niekoľko priebežných uzemnení, nižšia impedancia uzemnenia vodiča N môže viesť k rozdeleniu bleskového prúdu v pomere 50 % na vodič N a 50 % v rovnakom pomere na krajné vodiče (t. j. cca 17 % na každý krajný vodič). Ak má každý vodič približne rovnakú impedanciu uzemnenia, prúd sa rozdelí v rovnakom pomere, t. j. 25 % na vodič.



NADPRÚDY SPÔSOBENÉ ÚDEROM BLESKU DO SIETE (ZDROJ ŠKÔD S3)

Pri priamom zásahu blesku do sietí (resp. prípojok) sa musí uvažovať rozdelenie bleskového prúdu v oboch smeroch a izolačná schopnosť vedenia. Hodnoty impulzného prúdu I_{imp} sa pre jednotlivé triedy ochrany dajú nájsť v nasledujúcej tabuľke.

Predpokladané hodnoty impulzného prúdu I_{imp} (kA)



Zdroj škôd	Tvar vlny	Trieda ochrany	
		I – II	III – IV
Silové vedenia nn			
S1 alebo S2	8/20 μ s	0,2	0,1
S4	8/20 μ s	5	2,5
S3	10/350 μ s	10	5
Oznamovacie vedenia			
S2	8/20 μ s	0,1	0,05
S4	5/300 μ s (namerané)	0,02	0,01
S4	8/20 μ s (odhad)	0,1	0,05
S3	10/350 μ s	2	1

Poznámka: Pre tienené vedenia sa údaje v tejto tabuľke znižujú o polovicu. Pritom sa predpokladá, že odpor tienenia je rovnaký ako odpor všetkých súbežných vodičov daného vedenia.



NADPRÚDY SPÔSOBENÉ ÚDEROM BLESKU V BLÍZKOSTI SIETE (ZDROJ ŠKÔD S4)

Úder blesku v blízkosti vedenia vykazuje podstatne menšiu energiu ako priamy úder do vedenia (zdroj škôd S3).

NADPRÚDY SPÔSOBENÉ INDUKCIOU (ZDROJ ŠKÔD S1 ALEBO S2)

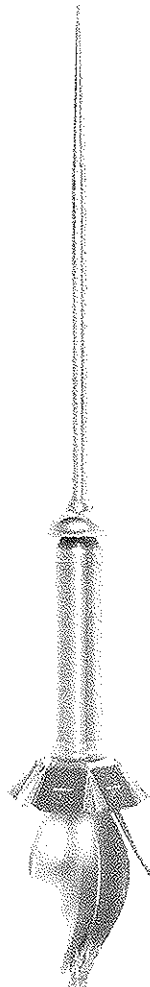
Nadprúdy spôsobené indukciou elektromagnetického poľa v dôsledku nepriameho zásahu blesku (S2) alebo v dôsledku bleskového prúdu tečúceho vonkajšou ochranou alebo priestorovým tienením ZBO 1 (S1) majú typický tvar vlny 8/20 μ s. Ak priestor ochrannej zóny ZBO 1 nemá tienenie (inštalovaná je len vonkajšia ochrana), môžu vzniknúť relatívne vysoké hodnoty indukovaných nadprúdov, pretože elektromagnetické pole nie je znížené. Tienený priestor má toto pole výrazne znížené a aj veľkosti nadprúdov sú podstatne nižšie ako pri netienenom priestore. V priestore ZBO 2 sú nadprúdy ešte menšie.





9/6 Aktívne bleskozvody

Princíp ionizujúcich aktívnych bleskozvodov je založený na princípe vytvorenia spontánnej koróny v blízkosti hrotu tyčového zberača v dôsledku vysokého elektrického poľa pod búrkovým mrakom a zostupujúcim vedúcim výbojom z mraku alebo v generovaní opakovaných impulzov vysokého napätia rádu desiatok kV (v elektronickom zariadení) medzi malými pomocnými elektródami a tyčovým zberačom. Ústretový výboj pri aktívnom zberači nastupuje o okamih skôr ako pri konvenčných bleskozvodoch. Účinnosť bleskozvodu je zvýšená tým, že ústretový vedúci výboj je dlhší, čo sa prejaví rovnako ako predĺženie tyče zberača. Požiadavky na aktívne bleskozvody sú predmetom normy STN 34 1391.







9/7

Bleskozvodný materiál a montážne technológie

Všeobecné požiadavky

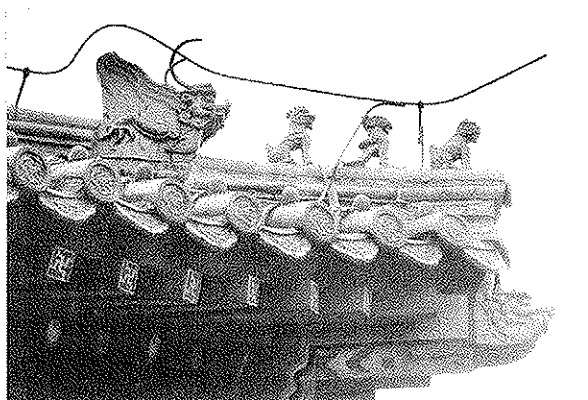
Súčasti bleskozvodnej sústavy musia byť dimenzované tak, aby bez poškodenia vydržali elektromagnetické pôsobenie bleskového prúdu. Musia byť vyrobené z materiálov uvedených ďalej alebo z materiálov obdobných elektrických, mechanických a chemických vlastností. Základné podmienky použitia materiálov na bleskozvody sú uvedené v nasledovnej tabuľke.

Oblasť použitia materiálov pre bleskozvody

Materiál	Možnosti použitia		
	vo vzduchu	v zemi	v betóne
Meď	drôt, lano	drôt, lano, plášť	drôt, lano, plášť
V žiari pozinkovaná oceľ	drôt, lano	drôt	drôt, lano
Nerez	drôt, lano	drôt, lano	drôt, lano
Hliník	drôt, lano	nevhodné	nevhodné
Olovo	drôt, plášť	drôt, plášť	nevhodné

Z environmentálnych dôvodov môže byť použitie olovených materiálov v zemi obmedzené alebo dokonca zakázané. Okrem materiálov uvedených v tabuľke norma umožňuje aj použitie plastových materiálov na pomocné alebo upevňovacie súčasti.

Bleskozvod je viditeľnou časťou budovy. Pri voľbe materiálov sa preto musia zväziť aj estetické otázky, najlepšie v súčinnosti s majiteľom riešenej budovy. Nasledovný obrázok ilustruje mimoriadne necitlivo riešený bleskozvod na historickej budove v bezprostrednej blízkosti Veľkého čínskeho múru. Požiadavka na estetickosť vyhotovenia sa, samozrejme, týka aj bežných budov.





Projektant bleskozvodu v súčinnosti s ďalšími zainteresovanými stranami musí zvážiť vhodnosť použitých materiálov najmä s ohľadom na:

- koróziu, pričom musí identifikovať všetky možné korozívne vplyvy a problémy
- vhodnosť materiálov pre daný účel použitia, opierajúc sa o relevantné certifikáty a vyhlásenia zhody výrobcu, vrátane kvalitatívnych skúšok
- schopnosť odolávať elektrodynamickým silám bleskového prúdu vo vodičoch (platí to najmä pre spojovacie a upevňovacie súčasti)
- schopnosť odolávať teplotným účinkom bleskového prúdu, vrátane teplotnej rozťažnosti materiálov

Upevňovacie súčasti musia byť dimenzované na elektrodynamické účinky blesku a náhodné mechanické účinky ako napr. vibrácie, telotnú rozťažnosť alebo zosuv snehovej masy.

VOLBA MATERIÁLOV S OHĽADOM NA KORÓZIU

Zvlášť citlivým problémom pri voľbe materiálov je korózia a schopnosť jednotlivých druhov materiálov odolávať korózii. Pritom sa jedná nielen o koróziu spôsobenú vonkajšími vplyvmi, ale aj elektrochemickú koróziu pri spájaní súčastí z rôznych materiálov. Všeobecné požiadavky súvisiace s koróziou sú uvedené v nasledovnej tabuľke, podrobnejšie požiadavky sú uvedené v rámci jednotlivých kapitol.



Korozívne vlastnosti materiálov pre bleskozvody

Materiál	Podmienky korózie		
	korózii odoláva	koróziu zvyšuje	môže sa poškodiť pri spojení s
Med'	Dobre v rôznych prostrediach	Sírany Organické materiály	–
V žiari pozinkovaná ocel'	Prijateľne vo vzduchu, v betóne a vo vhodnej pôde	Vysoký obsah chloridov	Med'
Nerez	Dobre v rôznych prostrediach	Vysoký obsah chloridov	–
Hliník	Dobre v ovzduší s nízkym obsahom síranov a chloridov	Alkalické roztoky	Med'
Olovo	Dobre v ovzduší s vysokým obsahom sulfátov	Kyslé pôdy	Med' Nerez

Bleskozvod sa má zhotovovať z materiálov odolávajúcich korózii (pozri tabuľku). Materiál zberačov (tyčí a vodičov) musí byť elektrochemicky kompatibilný s materiálom spájacích súčastí (svoriek), podpier a pod. Musí dobre odolávať korozívnemu prostrediu a vlhkosti.





Prírodnene, laná horšie odolávajú korózii ako pevné drôty, lebo sú vystavené pôsobeniu na väčšej ploche. Kritickým miestom je tiež vstup do zeme alebo betónu. Z tohto dôvodu sa napr. neodporúča použitie nerezových lán v zemi.

Na bleskozvody sa najčastejšie používa pozinkovaná oceľ.



Pozinkovaná oceľ predstavuje dobrý pomer ceny a vlastností. Môže však korodovať v ílovitej alebo príliš vlhkej pôde. Pozinkovaná oceľ v betóne by nemala pokračovať do zeme. Ak je pozinkovaná oceľ navyše v kontakte s oceľovým armovaním, za určitých podmienok môže dôjsť k poškodeniu betónu.

Elektrochemická korózia

Pri návrhu a vyhotovení bleskozvodu sa treba vyvarovať spájaniu rôznych druhov kovov.



Elektrochemická korózia vzniká pri spájaní alebo dotyku (aj náhodnom) rôznych druhov kovov, t.j. kovov s rôznou elektronegativitou. Na elektrochemickú koróziu má takisto vplyv okolité prostredie a prítomnosť elektrolytov. Anodickejší kov vykazuje vyššiu mieru korózie ako katodickejší kov. Ani korózii katodickejšieho kovu sa však nedá úplne zabrániť; elektrolytom pre reakciu s týmto kovom môže byť spodná voda, vlhká pôda alebo aj vzdušná vlhkosť kondenzovaná v trhlinách budovy.

Medené časti nemajú byť nikdy umiestnené nad pozinkovanými alebo hliníkovými časťami. Medené časti uvoľňujú mimoriadne jemné častice, ktoré spôsobujú korozívne poškodenie pozinkovaných častí aj vtedy, ak medené a pozinkované časti nemajú priamy kontakt.

Hliníkové časti nesmú byť priamo pripevnené na vápenaté povrchy budov ako napr. na betón alebo omietku. Hliníkové časti sa nesmú používať v zemi.

Ak nie je možné zabezpečiť použitie kompatibilných materiálov, miesto spoja musí byť dobre chránené.

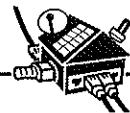
Kovové materiály v pôde a vo vzduchu

Korózia materiálu vzniká v dôsledku vplyvov prostredia. Je ich niekoľko, vzájomne sa kombinujú a tvoria tak ucelený komplexný problém. Ide o tieto vplyvy: vlhkosť, rozpustené soli (tvoriace elektrolyt), miera prístupu vzduchu, teplota, miera pohybu elektrolytu, lokálne a regionálne environmentálne vplyvy prirodzených a priemyselných znečisťujúcich látok (zloženie ovzdušia, smog).

Korózia bleskozvodu v pôde a vo vzduchu sa dá znížiť týmito prístupmi:

- treba sa vyhýbať použitiu nevhodných kovov v agresívnom prostredí
- treba sa vyhýbať dotyku a spájaniu rôznych druhov kovov s podstatne odlišnými elektrochemickými alebo galvanickými vlastnosťami
- dostatočné dimenzovanie vodičov, spojok, svoriek
- ak sa vodiče nespájajú zvaraním ale spojkami, na vylúčenie vlhkosti sa odporúča zalievať spojky vhodným izolačným materiálom
- kovy citlivé na koróziu sa odporúča zapúzdriť alebo izolovať obdobným spôsobom
- treba zvážiť galvanické vlastnosti kovových častí, ktoré sa spájajú s uzemňovačom





Na zabezpečenie vyššie uvedených požiadaviek sa v norme uvádzajú tieto konkrétne odporúčania:

- hrúbka alebo priemer kovového materiálu (oceľ, hliník, meď, zliatiny medi a zliatina nikel/chróm/oceľ) má byť aspoň 1,5 mm
- v miestach, kde kontakt rôznych druhov kovov (dotýkajúcich sa alebo inštalovaných v malej vzdialenosti od seba) môže spôsobiť koróziu, pričom sa nevyžaduje elektrický kontakt týchto materiálov, odporúča sa vložiť medzi tieto materiály rozperky alebo iné dištančné prvky
- oceľové vodiče majú byť v žiari pozinkované do hĺbky 50 μm , ak nie sú chránené iným spôsobom
- hliníkové vodiče nesmú byť priamo vložené do zeme ani do betónu alebo pripevnené na betón, ak nie sú úplne pokryté tvanlivým a dostatočne odolným izolačným materiálom
- treba sa vyvarovať spájaniu medi s hliníkom; ak to nie je možné, spoje sa majú zvariť alebo prekryť bezprostrednou vrstvou AlCu plechu
- upevňovacie prvky a ochranné púzdro hliníkových vodičov majú byť z podobných kovov a majú mať dostatočný prierez, aby dokázali odolávať nepriaznivým vplyvom počasia
- meď je vhodným materiálom pre vašinu uzemňovacích elektród okrem prípadov, keď sa elektródy umiestňujú do kyslých, amoniakových alebo sírových prostredí
- treba pamätať na to, že meď spôsobuje v miestach spojov koróziu materiálov na báze železa; v týchto prípadoch sa vyžaduje konzultácia s odborníkom na koróziu, najmä v prípade použitia katodickej ochrany
- špeciálnu pozornosť treba venovať vodičom na streche a zvodom, ktoré sú vystavené pôsobeniu agresívnych dymových exhalátov z komínov – riešením je napr. použitie špeciálnej zliatiny ocele (> 16,5 % chrómu, > 2 % molybdénu, 0,2 % titánu a 0,12 až 0,22 % N)
- nerez alebo zliatiny niklu sa dajú použiť pri rovnakých podmienkach odolnosti voči korózii; v prostrediach bez prístupu vzduchu (napr. ílovité pôdy) však tieto materiály korodujú rovnako rýchlo ako mäkká oceľ
- ak spoje medzi oceľovými a medenými vodičmi alebo vodičmi zo zliatin medi sú vo vzduchu a nie sú zvárané, musia byť buď plne pocínované alebo pokryté trvanlivou vrstvou odolnou voči vlhkosti
- časti z medi a zliatin medi sa poškodzujú koróziou v amoniakových výparoch, preto sa nemajú používať v takýchto prostrediach

Uzemňovacie sústavy z nereze alebo medi sa dajú priamo spájať s armovaním betónu. Uzemňovacie elektródy z pozinkovanej ocele v zemi sa s armovaním betónu majú spájať cez izolačné iskrište schopné zvieŕť do zeme podstatnú časť bleskového prúdu. Na tento účel sú vhodné iskrištia s ochrannou úrovňou $U_p = 2,5 \text{ kV}$ a s impulzným prúdom vyšším ako $I_{\text{imp}} = 50 \text{ kA}$ (10/350 μs). Priame spojenie v zemi značne zvýši riziko vzniku korózie. Pozinkovaná oceľ sa však na elektródy uzemňovačov v zemi má používať len v tom prípade, ak žiadna oceľová časť v betóne nie je spojená s uzemňovacou elektródou v zemi.

Ak sa neizolované kovové potrubia nachádzajú v zemi a spájajú sa so systémom ekvipotenciálového vyrovnania a súčasne s uzemňovacou sústavou, materiál potrubí a vodičov uzemňovacej sústavy musí byť rovnaký. Potrubia s ochranným náterom alebo asfaltom sa nepovažujú za neizolované. Ak sa nedá zabezpečiť použitie rovnakých





materiálov, potrubná sústava sa musí izolovať od ekvipotenciálového vyrovnania pomocou izolačných vložiek, ktoré je potrebné premostiť iskrišťami. Iskrištia je potrebné použiť aj v miestach, kde sú inštalované izolačné časti za účelom katódovej ochrany potrubí.

Vodiče s oloveným pancierom nemajú byť nikdy uložené priamo v betóne. Takéto vodiče treba chrániť proti korózii napr. ochrannou vrstvou z PVC.

Oceľové uzemňovacie vodiče vychádzajúce z pôdy alebo betónu do vzduchu treba v mieste výstupu chrániť proti korózii aspoň na dĺžke 0,3 m pomocou antikorozyneho pokrytia. Pre medené alebo nerezové vodiče toto opatrenie nie je potrebné.

Materiály pre spojky medzi vodičmi v pôde majú mať rovnaké vlastnosti ohľadne korózie ako vodiče uzemnenia. Použitie svoriek vo všeobecnosti nie je dovolené. Výnimkou sú prípady, ak sú spoje chránené účinným spôsobom.

Aj zvarané spoje je potrebné chrániť proti korózii.

Praktické skúsenosti ukázali, že:

- hliník sa nikdy nemá používať ako uzemňovacia elektróda
- oceľové vodiče s oloveným pancierom nie sú vhodné ako vodiče uzemnenia
- medené vodiče s oloveným pancierom sa nemajú používať v zemi alebo betóne s vysokým obsahom vápnika

Kovové materiály v betóne

Zapustenie ocele alebo pozinkovanej ocele do betónu spôsobí stabilizáciu prirodzeného potenciálu daného kovu, a to vďaka rovnomerne alkalickému prostrediu. Betón má navyše rovnomernú a relatívne vysokú rezistivitu – 200 Ωm a viac. Výstuž armovania je preto výrazne odolnejšia voči korózii, dokonca aj keď je zvonka spojená s materiálmi s vyššou elektronegativitou.

Použitie oceľovej výstuže vo funkcii zvodu nespôsobuje výraznejšie problémy s koróziou, ak sú vstupné miesta od zberačov dobre zaizolované, napríklad epoxidovou živou patričnej hrúbky.

Pásky z pozinkovanej ocele sa dajú využiť ako základový uzemňovač zapustený v betóne a dajú sa priamo spojiť s oceľovou výstužou betónu. Aj meď a nerez zapustené do betónu sa dajú priamo spájať s oceľovou výstužou a môžu slúžiť ako základový uzemňovač. Kvôli prirodzenému potenciálu ocele v betóne sa doplnkové uzemňovacie elektródy mimo betónu majú vyhotoviť z medi alebo nereze.

VODIČE

Zberače a zvody

Požiadavky na materiál, spôsob vyhotovenia a minimálny prierez súčastí pre zberače a zvody sú uvedené v nasledovnej tabuľke. Rozmerové požiadavky sú s toleranciou 10 %.



Minimálna hrúbka vrstvy plátovanej medi je 1 μm , pri pozinkovanej oceli 50 μm (pozri vyššie požiadavky na odolnosť voči korózii). Povrch pozinkovanej ocele musí byť hladký, rovnomerný a bez zjavných škvŕn. Pri nehrdzavejúcej oceli (nerez) sa požaduje minimálny obsah chrómu 16 %, niklu 8 % a najvyšší obsah uhlíka je 0,07 %.

Pevný kruhový prierez min. 200 mm^2 sa používa len pre zberné tyče a uzemňovacie tyče (pri zliatine hliníka len pre zberné tyče). Ak nie sú zvláštne požiadavky na mechanické zaťaženie (napr. od vetra), dá sa použiť zberná tyč \varnothing 10 mm dĺžky 1 m s vhodným upevnením.

V prípade nerezu v betóne a/alebo v priamom kontakte s horľavým materiálom je potrebné zvýšiť minimálny prierez vodiča s pevným kruhovým prierezom na 78 mm^2 (\varnothing 10 mm) a s pevným pásikom na 75 mm^2 (min. hrúbka 3 mm).

Ak sa spájajú kovové dosky alebo plechy (napr. opláštenie budovy), spoje musia byť z kompatibilných materiálov vo vzťahu k spájaným materiálom. Minimálna styčná plocha je 50 mm^2 . Spoje musia vydržať elektrodynamické účinky bleskového prúdu a korozívne vplyvy prostredia.

V určitých prípadoch sa môžu použiť aj menšie prierezy vodičov, v iných prípadoch sa naopak vyžaduje zvýšenie prierezu. Podrobnejšie informácie sa dajú nájsť v predmetnej norme.



Materiálové požiadavky na zberače a zvody

Materiál	Spôsob vyhotovenia	Minimálny prierez (mm^2)	Iné požiadavky
Med'	Pevný pásik	50	Hrúbka min. 2 mm
	Pevný kruhový prierez	50	\varnothing 8 mm
	Lano	50	Min. \varnothing 1,7 mm na každý drôt
	Pevný kruhový prierez	200	\varnothing 16 mm
Med' plátovaná cínom	Pevný pásik	50	Hrúbka min. 3 mm
	Pevný kruhový prierez	50	\varnothing 8 mm
	Lano	50	Min. \varnothing 1,7 mm na každý drôt
Hliník	Pevný pásik	70	Hrúbka min. 2 mm
	Pevný kruhový prierez	50	\varnothing 8 mm
	Lano	50	Min. \varnothing 1,7 mm na každý drôt
Zliatiny hliníka	Pevný pásik	50	Hrúbka min. 2,5 mm
	Pevný kruhový prierez	50	\varnothing 8 mm
	Lano	50	Min. \varnothing 1,7 mm na každý drôt
	Pevný kruhový prierez	200	\varnothing 16 mm





Materiál	Spôsob vyhotovenia	Minimálny prierez (mm ²)	Iné požiadavky
V žiari pozinkovaná ocel'	Pevný pásik	50	Hrúbka min. 2,5 mm
	Pevný kruhový prierez	50	Ø 8 mm
	Lano	50	Min. Ø 1,7 mm na každý drôt
	Pevný kruhový prierez	200	Ø 16 mm
Nerez	Pevný pásik	50	Hrúbka min. 2 mm
	Pevný kruhový prierez	50	Ø 8 mm
	Lano	70	Min. Ø 1,7 mm na každý drôt
	Pevný kruhový prierez	200	Ø 16 mm

Uzemňovače

Požiadavky na materiál, spôsob vyhotovenia a minimálny prierez súčastí pre uzemňovače sú uvedené v nasledovnej tabuľke.



Materiálové požiadavky na uzemňovače

Materiál	Spôsob vyhotovenia	Tyč	Drôt	Doska	Iné požiadavky
Med'	Lano		50 mm ²		Min. Ø 1,7 mm na drôt
	Pevný kruhový prierez		50 mm ²		Ø 8 mm
	Pevný pásik		50 mm ²		
	Pevný kruhový prierez	Ø 15 mm			Hrúbka min. 2 mm
	Potrubié	Ø 20 mm			Hrúbka min. 2 mm
	Pevná doštička			500 x 500	Hrúbka min. 2 mm
	Mriežková doštička			600 x 600	25 x 2 mm na sekciu
Ocel'	Pozinkovaný pevný kruhový prierez	Ø 16 mm	Ø 10 mm		
	Pozinkované potrubie	Ø 25 mm			Hrúbka min. 2 mm
	Pozinkovaný pevný pásik		90 mm ²		Hrúbka min. 3 mm
	Pozinkovaná pevná doštička			500 x 500	Hrúbka min. 3 mm
	Pozinkovaná mriežková doštička			600 x 600	30 x 3 mm na sekciu
	Pevný kruhový prierez s povrstvením medi	Ø 14 mm			Min. hrúbka vrstvy 250 µm
	Nepozinkovaný pevný kruhový prierez			Ø 10 mm	
	Pozinkovaný alebo nepozinkovaný pevný pásik			75 mm ²	Hrúbka min. 3 mm
	Pozinkované lano			70 mm ²	Min. Ø 1,7 mm na drôt
	Pozinkovaný profil	50 x 50 x 3			
Nerez	Pevný kruhový prierez	Ø 15 mm	Ø 10 mm		
	Pevný pásik		100 mm ²		Hrúbka min. 2 mm



Minimálna hrúbka vrstvy pozinkovanej ocele je 50 μm pri kruhovom priereze a 70 μm pri plochom tvare. Povrch pozinkovanej ocele musí byť hladký, rovnomerný a bez zjavných škvŕn. Pri nehrdzavejúcej oceli (nerez) sa požaduje minimálny obsah chrómu 16 %, niklu 5 %, molybdénu 2 % a najvyšší obsah uhlíka je 0,08 %. Pozinkované lano alebo nepozinkovaná oceľ sa môže používať iba pri plnom zapustení do betónu. Ďalšie požiadavky sú uvedené v norme.





9/8

Vnútoraná ochrana pred bleskom

9/8.1

Budovy a ich súčasti

Hlavným účelom vnútornej ochrany pred bleskom v chránených budovách je brániť vzniku nebezpečného iskrenia od bleskového prúdu tečúceho cez systém vonkajšej ochrany alebo cez iné vodivé časti budovy. Iskrenie môže vzniknúť medzi vonkajšou ochranou pred bleskom a časťami ako sú

- kovové časti budovy
- kovové inštalácie
- vnútorné systémy
- vonkajšie vodivé časti a vedenia vstupujúce do budovy

Nebezpečné iskrenie, ktoré je predmetom normy **STN EN 62305-3**. Ochrana vnútorných systémov pred prepätiami LEMP vychádza z normy **STN EN 62305-4**. Požiadavky na ochranu prípojok vstupujúcich do budovy sa v súčasnosti pripravujú a budú zakotvené v norme **STN EN 62305-5**. Ešte spomeňme, že v budovách s nebezpečenstvom výbuchu platia zvláštne požiadavky.



Potreba vybudovania vnútorného systému ochrany pred bleskom do značnej miery závisí od vzťahu vonkajšieho bleskozvodu k vodivým častiam a inštaláciám v budove. Vnútoraná ochrana pred bleskom predstavuje komplexný problém, aj preto je pri návrhu vhodných opatrení nevyhnutná konzultácia všetkých zainteresovaných strán. To sa týka najmä ochranného pospájania kovových inštalácií (vodovody, plynovody, ústredné kúrenie, klimatizácia, telekomunikačné vedenia, silová elektroinštalácia, informačné systémy). Je pravda, že ochranné pospájanie sa v rámci elektroinštalácie budovy vyhotovuje aj za účelom ochrany pred nebezpečným dotykom. Požiadavky na ekvipotenciálové pospájanie v rámci vnútornej ochrany pred bleskom sú však prísnejšie, čo vyplýva z veľkosti pretekajúceho prúdu a z rýchleho nárastu prúdového impulzu.

Nebezpečnému iskreniu medzi rôznymi časťami sa dá zabrániť ekvipotenciálovým vyrovnaním a elektrickou izoláciou. Požiadavky na tieto opatrenia sú popísané ďalej.

BEZPEČNÉ VZDIALENOSTI A ELEKTRICKÁ IZOLÁCIA BLESKOZVODU

Vnútoraná ochrana pred bleskom sa navrhuje rovnako pre všetky triedy ochrany objektu, rozdiely sú však v požiadavkách na bezpečné vzdialenosti (vzdialenosť bezpečného oddelenia) medzi vonkajším bleskozvodom a všetkými vodivými časťami pospájanými v rámci ekvipotenciálového vyrovnania budovy.



Bezpečná vzdialenosť sa vypočíta pomocou vzťahu uvedeného v kapitole 9.4.2 Zvody alebo podľa modifikovaného vzťahu uvažujúceho s elektrickou izoláciou vonkajšieho bleskozvodu:

VZOREC	
$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$	k_i koeficient závislý od triedy ochrany (-)
	k_c koeficient rozdelenia prúdu medzi zvody (-)
	k_m koeficient závislý od použitého izolačného materiálu (-)
	l vzdialenosť bleskozvodu od ekvipotenciálového vyrovnania (m)

Koeficient k_i je v závislosti od triedy ochrany (resp. triedy bleskozvodu) uvedený v nasledovnej tabuľke. Koeficient rozdelenia k_c závisí od počtu a umiestnenia zvodov, typu zberača, typu uzemnenia a geometrie bleskozvodnej sústavy, vzťahy pre výpočet k_c v rôznych usporiadaniach bleskozvodnej sústavy sa dajú nájsť v kapitole 9/4.2 Zvody.



Hodnoty koeficienta k_i

Trieda ochrany	k_i
I	0,08
II	0,06
III a IV	0,04

Elektrická izolácia vonkajšieho bleskozvodu je jedným zo spôsobov ochrany pred vznikom iskrenia. Izoláciou sa oddeľujú zberače a zvody od vodivých častí budovy, ktorými sú kovové inštalácie, vnútorné systémy a pod. Elektrická izolácia (oddelenie) sa zabezpečuje oddialením uvedených vodivých častí na vzdialenosť d , ktorá je väčšia ako bezpečná vzdialenosť s . Najlepším izolantom je, prirodzene, vzduch. V prípade iných materiálov je bezpečná vzdialenosť s väčšia (obyčajne dvojnásobná). Hodnoty koeficienta k_m vyjadrujúceho izolačnú schopnosť najčastejšie používaných stavebných materiálov uvádza nasledovná tabuľka.



Hodnoty koeficienta k_m

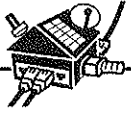
Materiál	k_m
vzduch	1,0
betón, tehly	0,5



Pre iné materiály hodnota koeficienta k_m zatiaľ nie je stanovená, pripravuje sa však rozšírenie tejto tabuľky v prípadných ďalších vydaniach normy STN EN 62305-3.

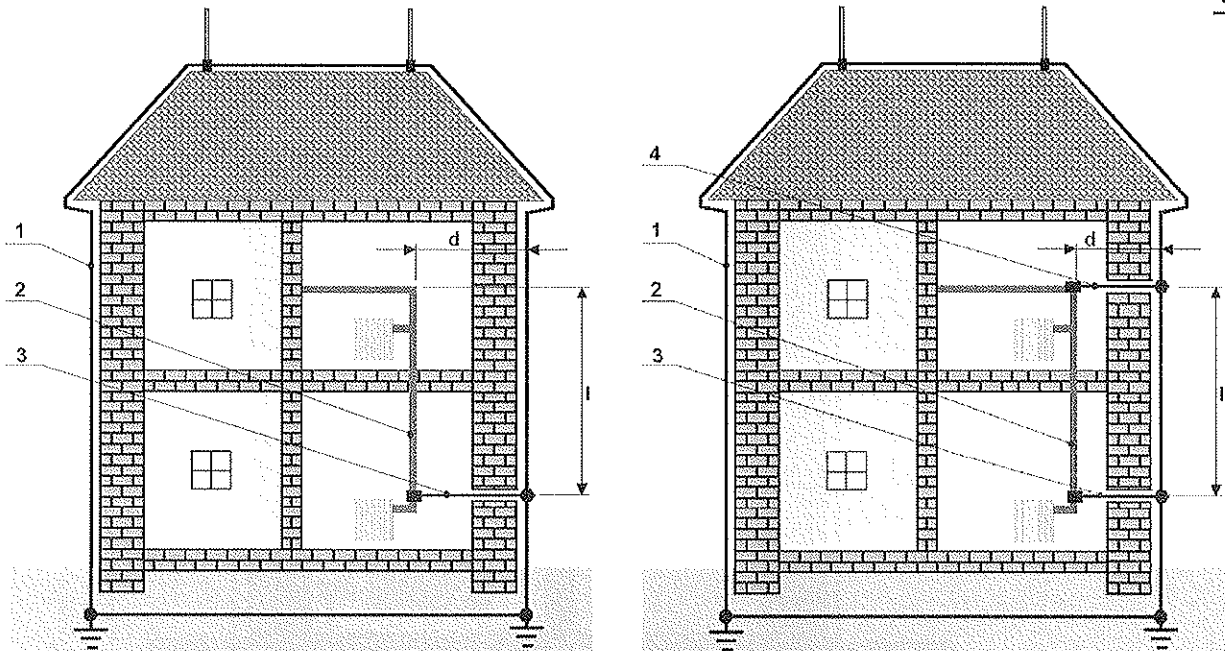
Ak cesta pre bezpečnú vzdialenosť pozostáva z viacerých izolantov, odporúča sa uvažovať vždy s nižšou hodnotou koeficienta k_m .

l je referenčná vzdialenosť od zberača alebo zvodu v mieste uvažovania bezpečnej vzdialenosti po najbližšie miesto pripojenia ekvipotenciálového vyrovnania. Aby bola bezpečná vzdialenosť čo najmenšia, vodiče zberačov a zvodov majú byť čo najpriamejšie.



Situáciu pre výpočet bezpečnej vzdialenosti s s vyznačením vzdialeností l a d ilustrujú nasledovné obrázky.

Bezpečná vzdialenosť medzi vonkajším bleskozvodom a kovovým potrubím vnútornej inštalácie



- 1 – vonkajší bleskozvod (zvod), 2 – kovové potrubie inštalácie,
- 3 – ekvipotenciálové vyrovnanie medzi vonkajším bleskozvodom a vnútornou inštaláciou,
- 4 – doplnkové miesto ekvipotenciálového pripojenia

V budovách s prirodzenými zvodmi (napr. výstužou železobetónu) je referenčným miestom miesto pripojenia prirodzeného zvodu. V budovách, ktorých vonkajší povrch nemá vodivé časti (napr. tehlové stavby alebo drevené chaty), sa pri výpočte bezpečnej vzdialenosti za celkovú vzdialenosť vonkajšieho bleskozvodu l berie vzdialenosť medzi najnepriaznivejším miestom zásahu blesku a miestom pripojenia ekvipotenciálového vyrovnania systému vnútornej ochrany pred bleskom k zvodu a k uzemňovacej sústave.

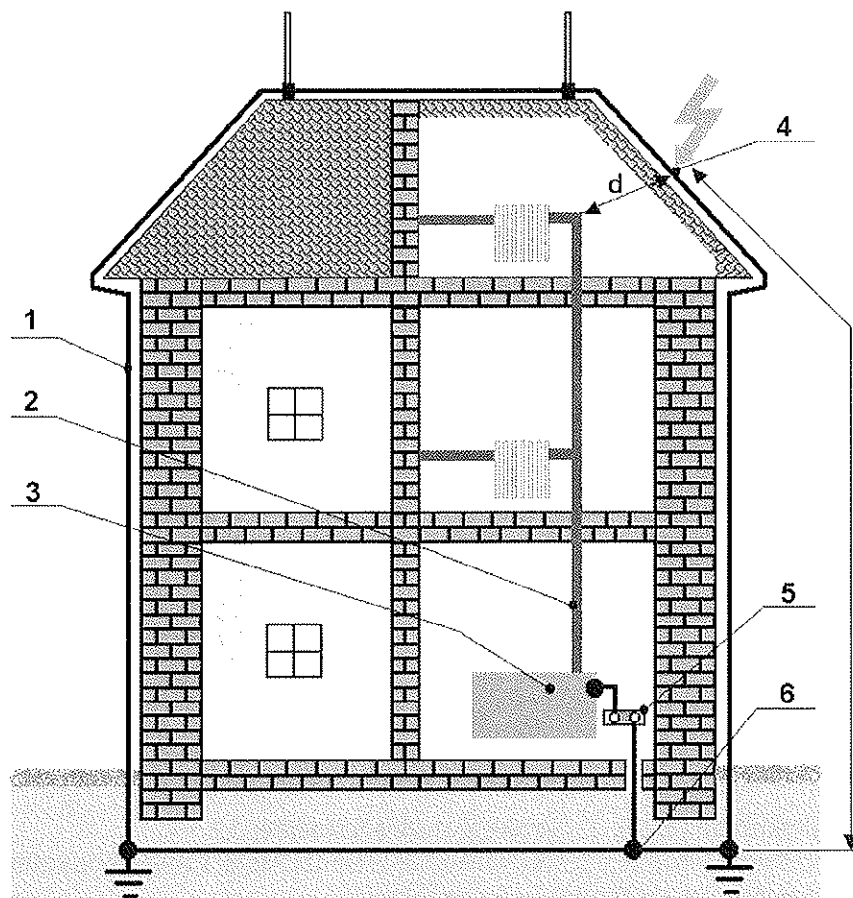
Ak nie je možné dodržať vzdialenosť väčšiu ako je bezpečná vzdialenosť s pozdĺž celej trasy uvažovanej inštalácie, okrem referenčného miesta pripojenia systému ekvipotenciálového vyrovnania je potrebné inštaláciu pripojiť k bleskozvodu aj v ďalšom – najvzdialenejšom mieste (na obrázku vyššie). Tým sa zabezpečí splnenie podmienok pre bezpečnú vzdialenosť pozdĺž celej trasy inštalácie.

Okrem bežných situácií však existujú aj zvláštne prípady, ktoré vyžadujú samostatný prístup. Napríklad v prípade väčších budov je bezpečná vzdialenosť s medzi vodičmi bleskozvodu a kovovými inštaláciami taká veľká, že sa prakticky nedá uplatniť. Dôsledkom toho sa vyžaduje pospájanie bleskozvodu a kovových inštalácií na viacerých miestach. Potom, ale po zásahu blesku časť bleskového prúdu tečie aj cez tieto kovové časti smerom k uzemňovacej sústave objektu. Vplyvom tečenia bleskového prúdu cez tieto kovové časti vzniká elektromagnetické pole, ktoré treba vziať do úvahy pri návrhu ochrany vnútorných systémov budovy. Vplyv elektromagnetického poľa je však podstatne menší ako účinok elektrického iskrenia, ktoré by v tomto mieste mohlo vzniknúť.





Príklad situácie pre výpočet bezpečnej vzdialenosti s pre najhorší prípad



- 1 – vonkajší bleskozvod (zvod), 2 – kovové potrubie inštalácie,
 3 – kotol ústredného kúrenia, 4 – miesto najnepriaznivejšieho zásahu blesku (najbližšie k vnútorným kovovým častiam), 5 – ekvipotenciálna prípojnica,
 6 – pripojenie kovových častí vnútornej inštalácie na zvod alebo uzemnenie

Na streche budovy môže byť vzdialenosť bleskozvodu od elektroinštalácie kratšia ako bezpečná vzdialenosť s . Vtedy je potrebné vodiče bleskozvodu alebo elektroinštalácie umiestniť iným spôsobom. Ak sa z rôznych dôvodov nedá zmeniť konfigurácia bleskozvodu, projektant bleskozvodu musí s projektantom elektroinštalácie (ak to nie je rovnaká osoba) prekonzultovať možné zmeny usporiadania elektroinštalácie. Ak sa ani usporiadanie elektroinštalácie nedá zmeniť, musí sa vykonať ekvipotenciálne vyrovnanie (pospájanie) medzi bleskozvodom a príslušnou časťou elektroinštalácie.

V niektorých budovách sa napriek snahe nedá nijako splniť požiadavky na bezpečné vzdialenosti. Brániť tomu môže napr. konštrukcia budovy a pod. V takom prípade treba upovedomiť majiteľa budovy.

V prípade vedení alebo cudzích vodivých častí vstupujúcich do budovy sa vždy vyžaduje zabezpečiť ekvipotenciálové vyrovnanie na vnútornú ochranu pred bleskom priamym pripojením vedenia alebo vodivej časti alebo pripojením cez zvodič prepätia v mieste vstupu do budovy. V železobetónových budovách s ocelovou výstužou patrične elektricky pospájanou sa nevyžaduje dodržať bezpečné vzdialenosti.



Vodivé časti mimo budovy môžu byť takisto ohrozené vplyvom bleskového prúdu pretekajúceho vonkajším bleskozvodom. V určitých prípadoch sa preto môže vyžadovať pripojenie týchto častí na systém ekvipotenciálového vyrovnania.

EKVIPOTENCIÁLOVÉ VYROVNANIE

Ekvipotenciálové vyrovnanie sa realizuje:

- pospájaním pomocou vodičov tých častí, ktoré nie sú prirodzene spojené s dostatočnou elektrickou vodivosťou
- prepäťovými ochranami SPD (zvodičmi prepätia), ak sa nedá uskutočniť priame pospájanie vodičmi

Vodiče ekvipotenciálového pospájania musia vydržať zaťaženie tej časti bleskového prúdu, ktorá nimi môže pretekať. Vodiče spájajúce vnútorné vodivé (kovové) inštalácie zvyčajne nie sú zaťažené podstatnou časťou bleskového prúdu, bleskový prúd odvádza vonkajší bleskozvod. To však neplatí pre vodiče spájajúce vonkajšie kovové inštalácie, ktoré sú za hranicou vonkajšieho bleskozvodu.

Zvodiče prepätia SPD musia bez poškodenia vydržať predpokladanú časť bleskového prúdu, ktorá nimi môže pretekať. Mimoriadne dôležitou požiadavkou pri vnútornej ochrane budov pred bleskom je táto:

Ak sa v budove požaduje ochrana proti prepätiam LEMP, prepäťové ochrany musia byť koordinované.



Ekvipotenciálové vyrovnanie pre kovové inštalácie

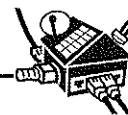
Pre izolovaný vonkajší bleskozvod sa ekvipotenciálové vyrovnanie realizuje len na úrovni zeme. Pre neizolovaný bleskozvod sa ekvipotenciálové vyrovnanie vykonáva v týchto miestach:

- **Na prízemí alebo približne na úrovni zeme:** Vodiče pospájania sa pripájajú na ekvipotenciálnu prípojnicu takým spôsobom, aby bol umožnený ľahký prístup k prípojnici za účelom údržby a vykonania OpaOS. Ekvipotenciálna prípojnica musí byť priamo pripojená na uzemňovaciu sústavu. Pre veľké budovy, ktorých dlhšia strana má obyčajne viac ako 20 m, sa dovoľuje inštalovať viac ekvipotenciálnych prípojnic, tieto však musia byť navzájom dobre spojené.
- **V miestach, kde sa nedajú splniť podmienky na elektrické oddelenie** (elektrickú izoláciu).

Vodiče ekvipotenciálového pospájania musia byť čo najpriamejšie a najrovnejšie.



Minimálne prierezy vodičov ekvipotenciálového pospájania medzi ekvipotenciálnymi prípojnicami (EP), uzemňovacou sústavou a vnútornými vodivými časťami sú uvedené v nasledovnej tabuľke. Tabuľka platí pre všetky triedy ochrany pred bleskom I až IV.



Minimálne prierezy vodičov ekvipotenciálového vyrovnania (mm²)



Materiál	EP – EP EP – uzemňovacia sústava	EP – kovové inštalácie
Oceľ	50	16
Hliník	22	8
Med'	14	5

Ak sú v plynovodoch a vodovodoch vnútri budovy vložené izolačné prvky, so súhlasom dodávateľa plynu, resp. vody musia byť tieto prvky premostené z vodičmi prepätia s týmito vlastnosťami:

- trieda I
- $I_{imp} \geq k_c I$, kde $k_c I$ predstavuje časť bleskového prúdu tečúceho cez príslušné časti vonkajšieho bleskozvodu
- ochranná úroveň U_p musí byť nižšia ako impulzné výdržné napätie izolácie medzi príslušnými časťami

Ekvipotenciálové vyrovnanie pre vnútorné vodivé časti

Ekvipotenciálové pospájanie treba vyhotoviť takým spôsobom, aby sa vonkajšie vodivé časti, vnútorné vodivé časti, silové elektrické vedenia a telekomunikačné vedenia (napríklad aj počítačové a bezpečnostné inštalácie) dali spájať čo najkratšími vodičmi. Ak je to potrebné, inštalujú sa z vodiče prepätia SPD.

Kovové inštalácie ako vodovody, plynovody, vzduchovody, výťahové šachty, kovové konštrukcie atď. sa musia vzájomne pospájať a pripojiť na bleskozvodnú sústavu na úrovni zeme.

Na kovových častiach nepatriacich budove, ale nachádzajúcich sa v blízkosti zvodov, sa môže objaviť nebezpečné iskrenie. Aj tieto časti je preto potrebné pripojiť na systém ekvipotenciálového vyrovnania.

Ekvipotenciálna prípojnice sa prednostne inštaluje z vnútornej strany obvodovej steny nevysoko nad úroveň zeme, blízko hlavnému (elektromerovému) rozvádzaču a uzemňovačom.

Ekvipotenciálové vyrovnanie pre vonkajšie vodivé časti

Pre vonkajšie vodivé časti sa ekvipotenciálové vyrovnanie musí vyhotoviť čo najbližšie k miestu vstupu do chránenej budovy. Vodiče ekvipotenciálového pospájania musia byť schopné vydržať časť bleskového prúdu I_f , ktorý nimi môže pretekať. Ak nie je možné (alebo prijateľné) vyhotoviť priame pripojenie na systém ekvipotenciálového vyrovnania, cudzie vodivé časti sa musia pripojiť cez z vodiče prepätia SPD s týmito vlastnosťami:

- trieda I
- $I_{imp} \geq I_f$, kde I_f predstavuje bleskový prúd tečúci cez uvažované cudzie vodivé časti
- ochranná úroveň U_p musí byť nižšia ako impulzné výdržné napätie izolácie medzi príslušnými časťami





Ak sa vyžaduje ekvipotenciálové vyrovnanie pre budovy bez bleskozvodu (t. j. ak pre tieto budovy nie je vyžadovaný bleskozvod), na uzemnenie sa dá využiť uzemňovacia sústava elektroinštalácie.

Ekvipotenciálové vyrovnanie pre vnútorné systémy

Na ochranu vnútorných systémov sa musí vykonať ekvipotenciálové vyrovnanie v tých miestach ako pre kovové inštalácie.

Ak sú vodiče vnútorných systémov tienené alebo sú umiestnené dovnútra kovových žlabov (rúrok, pancierov a pod.), považuje sa za dostatočné pripojiť na ekvipotenciálové vyrovnanie len toto tienenie resp. kovové žľaby. Treba si však uvedomiť, že pripojenie tienenia alebo žlabov nie je dostatočným opatrením na ochranu samotných vnútorných systémov (elektrických a elektronických zariadení) pripojených na tieto vedenia. Požiadavky na ochranu vnútorných systémov sú predmetom kapitoly 9.8.2.

Ak vodiče vnútorných systémov nie sú tienené ani umiestnené vnútri kovových žlabov, musia sa pripojiť na systém ekvipotenciálového vyrovnania cez zvodiče prepätia SPD. V sústavách TN musia byť vodiče PE a PEN pripojené na bleskozvodnú sústavu priamo alebo cez zvodiče prepätia. Požiadavky na vlastnosti zvodičov prepätia SPD sú identické ako pre kovové inštalácie.

Ekvipotenciálové vyrovnanie pre prípojky

Na ochranu prípojok sa musí vykonať ekvipotenciálové vyrovnanie ako pre vonkajšie vodivé časti, požiadavky sú totožné. Všetky vodiče všetkých vedení (prípojok) sa musia pripojiť na systém ekvipotenciálového vyrovnania priamo alebo cez zvodiče prepätia SPD. Prírodné, živé časti sa smú pripojiť len cez zvodiče prepätia. V sústavách TN musia byť vodiče PE a PEN pripojené na ekvipotenciálnu prípojnicu priamo alebo cez zvodiče prepätia. Požiadavky na vlastnosti zvodičov prepätia SPD sú identické ako pre cudzie vodivé časti.

Ak sú vedenia tienené alebo sú umiestnené dovnútra kovových žlabov, toto tienenie resp. kovové žľaby musia byť pospájané. Pospájanie na vnútornú ochranu pred bleskom nie je potrebné, ak prierez tienenia alebo kovových žlabov nie je menšie ako minimálna hodnota S_{cmin} (mm²), ktorá sa vypočíta pomocou nasledovného vzťahu:

VZOREC	
$S_{cmin} = \frac{I_f \rho_c L_c \cdot 10^6}{U_w}$	I_f prúd tečúci tienením (kA)
	ρ_c dĺžkový merný odpor tienenia (Ω m)
	L_c dĺžka kábla s tienením (m)
	U_w impulzné výdžné napätie vnútorných elektrických alebo elektronických systémov napájaných daným káblom (kV)

Ak je tienenie vo vzduchu alebo ak je izolované od pôdy, za dĺžku L_c sa berie vzdialenosť najbližšieho miesta uzemnenia tienenia od budovy. Ak je tienenie v kontakte s pôdou, dĺžka L_c sa vypočíta pomocou vzťahu



VZOREC	
$L_c = 8\sqrt{\rho_z}$	ρ_z dĺžkový merný odpor pôdy ($\Omega \cdot m$)

Treba sa uistiť, že pri pretekaní bleskového prúdu tienením nevznikne taký nárast teploty, ktorý by mohol poškodiť izoláciu kábla. Prúdové limity pre káble uvádza nasledovná tabuľka.



Výpočet prúdových limitov pre káble

Druh kábla	Vzťah pre výpočet	Význam veličín
Káble s tienením	$I_f = 8S_{CV}$	I_f prúd tečúci tienením (kA) S_c prierez tienenia (mm^2)
Káble bez tienenia	$I_f = 8n'S'_c$	n' počet zvodov (-) S'_c prierez jednotlivých zvodov (mm^2)

Pospájanie tienení a kovových žlabov na účely vnútornej ochrany pred bleskom sa musí vykonať v blízkosti miesta ich vstupu do budovy. Podľa možnosti by silové a telekomunikačné prípojky mali vstupovať do budovy na úrovni zeme, najlepšie vo vzájomnej blízkosti. Ekvipotenciálna prípojnicia na tomto spoločnom mieste má byť spojená s uzemňovacou sústavou čo najkratším vodičom. Ak silové a telekomunikačné vedenia vstupujú do budovy na rôznych miestach, môže vzniknúť potreba inštalovať niekoľko ekvipotenciálnych prípojnic EP. Tieto by podľa možnosti mali byť umiestnené čo najbližšie k uzemňovacej sústave – kruhovému uzemňovaču, základovému uzemňovaču a pod.



Za miesto vstupu silovej elektrickej prípojky sa zvyčajne považuje elektromerový rozvádzač alebo prípojková skriňa (podľa situácie). Vzhľadom na požiadavky na umiestnenie elektromerového rozvádzača sa dá predpokladať splnenie podmienky pre vstup na úrovni zeme.

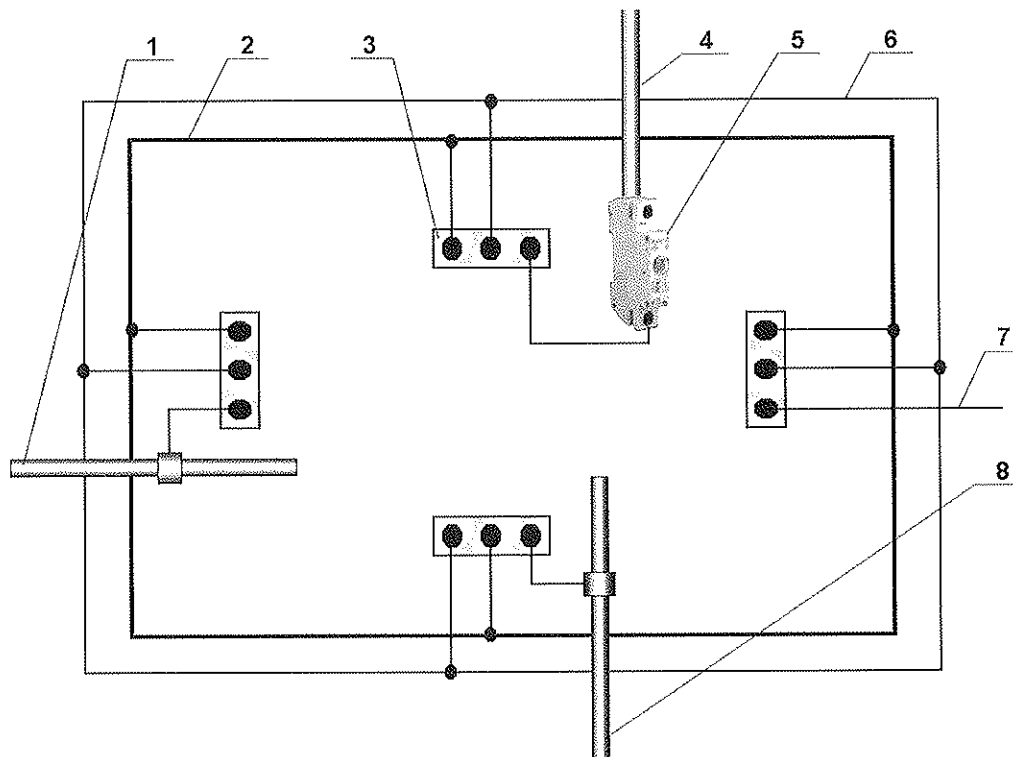
Ak je súčasťou bleskozvodu uzemňovacia sústava typu A, ekvipotenciálne prípojnice treba pripájať na jednotlivé uzemňovače samostatne, pričom prípojnice treba vzájomne pospájať skruhovaným vodičom. Kruhový vodič má byť spojený s armovaním železobetónu a s vodivými časťami budovy v pravidelných rozstupoch medzi jednotlivými zvodmi. V budovách určených na prevádzkovanie počítačových stredísk, telekomunikačných služieb a pod. s prísnyimi požiadavkami na indukované impulzy LEMP, by sa kruhový vodič mal spájať s armovaním železobetónu každých 5 m. V železobetónových budovách s rozsiahlymi počítačovými a telekomunikačnými inštaláciami a v budovách s premenlivými požiadavkami na elektromagnetickú kompatibilitu môžu pri spájaní ekvipotenciálnych prípojnic kruhovým vodičom vznikáť veľké slučky s veľkými indukovanými napätiami a prúdmi. Tu je preto vhodnejšie vytvoriť namiesto kruhového vodiča ekvipotenciálnu sieť s pripojením na uzemňovaciu sústavu, kovovú výstuž železobetónu alebo iné kovové časti budovy.



Príklad usporiadania niekoľkých ekvipotenciálnych prípojnic EP pospájaných kruhovým vodičom, s prípojkami vstupujúcimi do budovy na viacerých miestach, je znázornený na nasledovnom obrázku.



Príklad usporiadania ekvipotenciálnych prípojok EP v budove s prípojkami vstupujúcimi na viacerých miestach



1 – vonkajšia vodivá časť, napr. vodovod, 2 – ocelová výstuž v železobetóne stien a základov, 3 – ekvipotenciálna prípojnica, 4 – elektrická alebo telekomunikačná prípojka, 5 – prepäťová ochrana (zvodič prepätia) SPD, 7 – pripojenie doplnkového uzemňovača, 8 – vonkajšia vodivá časť

Aj v prípade prípojok sa v budovách bez bleskozvodu dá využiť uzemňovacia sústava elektroinštalácie.







9/9

Špeciálne prípady a požiadavky

9/9.1

Opatrenia na ochranu pred dotykovým a krokovým napätím

Aj keď je bleskozvod navrhnutý v súlade s normami, bleskozvod sa môže stať nebezpečným a môže ohroziť život ľudí alebo zvierat. Kritickým miestom sú zvody, pretože sa nachádzajú v dosahu ľudskej činnosti. Zvody sú zdrojom ohrozenia pri dotyku (dotykové napätie) a kroku (krokové napätie) v čase zásahu blesku do bleskozvodnej sústavy.

Aj z tohto hľadiska (popri estetických dôvodoch) sú skryté zvody veľmi výhodné.



Riziko ohrozenia života sa dá znížiť na prijateľnú mieru splnením jednej z nasledovných podmienok:

- pravdepodobnosť priblíženia osôb k zvodom je veľmi nízka a ich pobyt v blízkosti zvodov je veľmi krátky
- sústava prirodzených zvodov pozostáva z mnohých paralelných ciest s dostatočne veľkým prierezom a so zaručenou elektrickou spojitosťou
- odpor uzemnenia vrchných vrstiev pôdy do vzdialenosti 3 m od zvodov nie je menší ako 5 k Ω m

Orientačne sa pre splnenie podmienky minimálneho zemného odporu vrchnej izolačnej vrstvy pôdy dá uvažovať asfalt hrúbky 5 cm alebo vrstva štrku hrúbky 15 cm.



Ak sa nedajú dodržať vyššie uvedené podmienky, musia sa prijať doplnkové opatrenia na zníženie ohrozenia ľudských životov. Zníženie ohrozenia **dotykovým napätím** sa dá dosiahnuť týmito opatreniami:

- exponované časti zvodov je potrebné opatriť izolačným materiálom, ktorý je schopný vydržať skúšobný napätový impulz 100 kV, 1,2/50 μ s
- inštalujú sa fyzické obmedzenia (zábrany) a/alebo výstražné tabule na minimalizáciu pravdepodobnosti dotyku zvodov

Dostatočnou izoláciou zvodu je materiál zo sieťovaného polyetylénu hrúbky 3 mm. Zníženie ohrozenia **krokovým napätím** sa dá dosiahnuť týmito opatreniami:

- ekvipotenciálnym vyrovnaním okolia zvodov mrežovou uzemňovacou sústavou
- fyzickými obmedzeniami (zábranami) a/alebo výstražnými tabuľami na minimalizáciu pravdepodobnosti vstupu do okolia zvodov – do vzdialenosti 3 m



Ekvipotenciálové vyrovnanie sa dá vybudovať kovovou sieťou inštalovanou v nevelkej hĺbke pod povrchom zeme. Táto sieť sa musí pripojiť na uzemňovaciu sústavu.







9/9.2

Ochrana pred bleskom v priestoroch s nebezpečenstvom výbuchu

Pre návrh a výstavbu bleskozvodu v budovách s nebezpečenstvom výbuchu norma STN EN 62305-3 uvádza doplnkové návody a odporúčania (príslušná príloha normy má informatívny charakter). Uvádzané informácie vychádzajú z praktických skúseností pri návrhu a výstavbe bleskozvodov.



Ak sa pre danú budovu s nebezpečenstvom výbuchu požaduje bleskozvod na legislatívnom základe alebo na základe posúdenia rizík podľa normy STN EN 62305-2 (Manažérstvo rizík), vždy sa uvažuje minimálne s triedou ochrany II. Výnimky sú prípustné len vtedy, ak sú podložené technickým zdôvodnením a potvrdené príslušnou zodpovednou inštitúciou. Trieda ochrany I je dovolená vo všetkých prípadoch. Zvlášť vhodné je použitie triedy ochrany I pre objekty, v ktorých sa nachádzajú predmety, prístroje alebo zariadenia zvlášť citlivé na účinky zásahu blesku. Zodpovedná inštitúcia však môže, naopak, povoliť aj použitie triedy ochrany III, ak je v danej lokalite veľmi nízka búrková činnosť alebo ak je zaručené, že predmety, prístroje a zariadenia nachádzajúce sa v budove sú málo citlivé na účinky zásahu blesku.

KLASIFIKÁCIA ZÓN S NEBEZPEČENSTVOM VÝBUCHU

Prehľad zón s nebezpečenstvom výbuchu



	Horľavé plyny/výpary/aerosóly vo vzduchu	Rozvírený horľavý prach vo vzduchu
Permanentný, dlhý alebo častý výskyt v normálnej prevádzke	0	20
Príležitostný výskyt v normálnej prevádzke	1	21
Výskyt v mimoriadnej prevádzke alebo veľmi krátky výskyt v normálnej prevádzke	2	22

V budovách s nebezpečenstvom výbuchu sa rozlišujú tieto zóny (pozri tiež prehľadovú tabuľku):

Zóna 0: priestor, v ktorom je výbušné prostredie tvorené zmesou vzduchu a horľavej látky vo forme plynu, výparov alebo aerosólu prítomné permanentne, veľmi často alebo počas dlhých časových intervalov



Zóna 1: priestor, v ktorom sa výbušné prostredie tvorené zmesou vzduchu a horľavej látky vo forme plynu, výparov alebo aerosólu príležitostne vyskytuje počas normálnej prevádzky

Zóna 2: priestor, v ktorom sa výbušné prostredie tvorené zmesou vzduchu a horľavej látky vo forme plynu, výparov alebo aerosólu počas normálnej prevádzky bežne nevyskytuje a keď sa vyskytne, má iba krátke časové trvanie

Zóna 20: priestor, v ktorom je výbušné prostredie tvorené rozvíreným horľavým prachom vo vzduchu prítomné permanentne, veľmi často alebo počas dlhých časových intervalov

Zóna 21: priestor, v ktorom sa výbušné prostredie tvorené rozvíreným horľavým prachom vo vzduchu príležitostne vyskytuje počas normálnej prevádzky

Zóna 22: priestor, v ktorom sa výbušné prostredie tvorené rozvíreným horľavým prachom vo vzduchu počas normálnej prevádzky bežne nevyskytuje a keď sa vyskytne, má iba krátke časové trvanie

Časovým výskytom trvania sa rozumie celkový čas trvania výbušného prostredia, ktorý zahŕňa čas uvoľňovania horľavej látky a čas potrebný na rozptýlenie horľavej látky v ovzduší po ukončení uvoľňovania.

Pri stanovení frekvencie a dĺžky trvania výskytu výbušného prostredia sa posudzuje charakter danej priemyselnej prevádzky a príslušných výrobných postupov.

ZÁKLADNÉ POŽIADAVKY

Projektant bleskozvodnej sústavy potrebuje pre návrh bleskozvodu výkresy chránených priestorov, v ktorých sa spracúvajú, manipulujú a skladujú výbušniny. Nebezpečné priestory musia byť v týchto výkresoch označené patričným spôsobom.

Bleskozvod musí byť navrhutý a skonštruovaný takým spôsobom, aby pri zásahu blesku nevzniklo tavenie materiálu alebo iskrenie. Tomu sa však nedá vyhnúť v mieste zásahu blesku, čo treba vziať do úvahy pri návrhu umiestnenia zberačov. Zvody, ktoré nie je možné inštalovať mimo oblastí s nebezpečenstvom výbuchu, musia byť inštalované tak, aby sa neprekročila teplota samovznietenia látok nachádzajúcich sa v týchto oblastiach.

Pre budovy s nebezpečenstvom výbuchu sa uprednostňuje uzemňovacia sústava typu B. Niekedy už samotná budova svojou konštrukciou predstavuje pomerne účinný ekvivalent kruhového uzemňovača typu B. Odpor uzemnenia uzemňovacej sústavy pre budovy obsahujúce pevné výbušniny a výbušné zmesi musí byť čo najmenší, nie byť však väčší ako 10Ω .

Medzi jednotlivými časťami bleskozvodnej sústavy a cudzími vodivými časťami musí byť vyhotovené ekvipotenciálové vyrovnanie vnútri oblastí s nebezpečenstvom výbuchu a v miestach s možným výskytom pevných výbušnín na úrovni zeme a tam, kde vzdialenosť medzi vodivými časťami je menšia ako bezpečná (vzdušná) vzdialenosť s vypočítanou pre $k_c = 1$.



Kvôli nebezpečným čiastkovým výbojom sa bezpečná vzdialenosť s dá uvažovať iba v priestoroch bez výbušných zmesí. V priestoroch, kde iskrenie môže spôsobiť vzniknutie prostredia, treba vyhotoviť doplnkové ekvipotenciálové vyrovnanie. V zónach s nebezpečenstvom výbuchu 0 a 20 nie je dovolené žiadne iskrenie.

BUDOVY S PEVNÝMI VÝBUŠNINAMI

Pevná výbušnina je chemická látka v pevnom skupenstve, zmes, predmet alebo prístroj, ktorého primárnym alebo všeobecným účelom je spôsobiť výbuch.

Pri návrhu bleskozvodu pre budovy s pevnými výbušninami treba zohľadniť citlivosť výbušnín v konfigurácii, v akej sa skladujú alebo používajú. Napríklad pre niektoré druhy necitlivých výbušnín skladovaných alebo spracúvaných vo veľkom množstve nie sú potrebné žiadne špeciálne prístupy (nad rámec požiadaviek uvedených v tejto kapitole). Existujú však špecifické konfigurácie citlivých výbušných materiálov, ktoré môžu byť citlivé na rýchle zmeny elektrického poľa a poľa vyžarovaného elektromagnetickým bleskovým impulzom. V týchto prípadoch sa vyžaduje doplnkové pospájanie alebo tienenie.

Pre budovy s pevnými výbušninami sa navrhuje izolovaný bleskozvod. Budovy úplne pokryté kovovým obložením hrúbky 5 mm pre oceľ, 7 mm pre hliník alebo ekvivalentnej hrúbky pre iné kovové materiály, sa dajú považovať za budovy chránené prirodzeným zberačom.

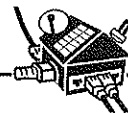
V miestach s výskytom výbušnín má sústava ochrany pred bleskom a prepätiami zahŕňať tiež prepäťové ochrany SPD. Samotné SPD prístroje majú byť podľa možnosti inštalované mimo miest s výskytom výbušnín. Ak to nie je možné zabezpečiť, prístroje musia byť v nevýbušnom vyhotovení alebo majú byť umiestnené pod nevýbušnými krytmi (napr. v rozvádzačoch).

BUDOVY S PRIESTORMI S NEBEZPEČENSTVOM VÝBUCHU

Ak je to možné, všetky časti vonkajšej ochrany pred bleskom (zberače a zvody) majú byť inštalované aspoň 1 m od zóny s nebezpečenstvom výbuchu. Ak to nie je možné, vodiče prechádzajúce do 0,5 m od zóny s nebezpečenstvom výbuchu majú byť neprerušené (bez spojov), nevyhnutné spoje majú byť vyhotovené zváraním alebo iným spôsobom s obdobnými vlastnosťami.

Ak sa nebezpečný priestor nachádza bezprostredne pod kovovým plechom, ktorý sa dá považovať za prirodzený zberač a ktorý môže byť pri zásahu prederavený bleskom, musí byť inštalovaný samostatný strojený zberač.

Prepäťové ochrany majú byť podľa možnosti inštalované mimo zón s nebezpečenstvom výbuchu. Ak sa to nedá zabezpečiť a SPD prístroje sa inštalujú v rámci týchto zón, prístroje musia byť schválené na použitie v danej zóne alebo ich treba umiestniť pod kryty (napr. do rozvádzačov, rozvodných skriniek atď.) schválené na použitie v tejto zóne.



Pre budovy s nebezpečenstvom výbuchu sa nad rámec bežných požiadaviek na ekvipotenciálové vyrovnanie (uvedených vyššie) požaduje aj vytvorenie spoločného ekvipotenciálového vyrovnania. Pripojenie systému ekvipotenciálového pospájania na potrubia má byť vyhotovené takým spôsobom, aby pri prechode bleskového prúdu v žiadnom prípade nevzniklo iskrenie. K vhodným spôsobom spájania patrí zváranie a skrutkovanie s pevnými skrutkovými spojmi, napr. na prírubách potrubí. Spoje vyhotovené pomocou klipsov nie sú vhodné a sú dovolené len v tom prípade, ak skúšky preukázali spoľahlivosť takýchto spojov (vzhľadom na požadované vlastnosti) pri prechode bleskového prúdu.

Budovy so zónami 1 a 21

Pre budovy so zónami 1 a 21 platia všetky požiadavky ako pre zóny 2 a 22. Okrem toho sa vyžaduje nasledovné:

- Ak sú súčasťou potrubia aj izolačné časti, treba stanoviť vhodné ochranné opatrenia. Deštruktívnemu výboju sa dá zabrániť napr. použitím nevýbušného iskrišťa.
- Izolačné časti a iskrišťa majú byť umiestnené mimo priestoru s nebezpečenstvom výbuchu.



Izolačné iskrište je prístroj, ktorý v normálnom stave elektricky izoluje dve rôzne vodivé časti inštalácie. V prípade zásahu blesku vznikne medzi elektródami výboj a iskrište dočasne vodivo spojí tieto časti inštalácie. Iskrište je zvyčajne tvorené dvomi elektródami v rúrke s vnútorným plynným prostredím. V normálnom stave je medzi elektródami veľmi vysoký elektrický odpor. Po zásahu blesku sa zvýši napätie na elektródach, dôjde k prierezu prostredia a vzniku výboja, odpor sa zníži a je nelineárne závislý od veľkosti napätia. Hovoríme, že iskrište sa „otvorí“. Po zvedení bleskového prúdu sa napätie na elektródach zníži, výboj zanikne a iskrište sa vráti do pôvodného stavu.

Budovy so zónami 0 a 20

Pre budovy so zónami 0 a 20 platia všetky požiadavky ako pre zóny 1 a 21. Okrem toho sa podľa možnosti odporúča nasledovné:

- ekvipotenciálové vyrovnanie medzi sústavou ochrany pred bleskom a cudzími vodivými časťami potrubí, inštalácií, zariadení a pod. má byť vyhotovené len so súhlasom prevádzkovateľa daného systému
- pospájanie s využitím iskrišťa nesmie byť vyhotovené bez súhlasu prevádzkovateľa
- iskrišťa musia byť vhodné pre podmienky prostredia, v ktorom sa majú inštalovať.

Pre vonkajšie priestory klasifikované do zón 0 a 20 platia všetky požiadavky ako pre zóny 1, 2, 21 a 22. Okrem toho sa vyžaduje nasledovné:

- elektrické zariadenia inštalované vnútri nádrží s obsahom horľavých kvapalín musia byť vhodné pre daný účel použitia
- uzatvorené ocelové nádoby s vnútorným priestorom klasifikovaným do zón 0 a 20 majú mať hrúbku steny min. 5 mm v miestach pravdepodobného zásahu blesku; ak má nádoba menšiu hrúbku steny, treba inštalovať samostatný zberač.



ZVLÁŠTNE PRÍPADY PRIESTOROV S NEBEZPEČENSTVOM VÝBUCHU

Čerpace stanice

V čerpacích staniciach pre automobily, vlaky, lode atď. s priestormi klasifikovanými do zón s nebezpečenstvom výbuchu 2 a 22 je potrebné uzemniť kovové potrubia. Potrubia treba pospájať s ocelovými konštrukciami, koľajnicami a pod., pričom treba zohľadniť prípadné trakčné prúdy, bludné prúdy, poistky elektrických trakčných vozidiel, systémy katódovej ochrany proti korózii a pod. Ak je to potrebné, pospájanie sa vyhotoví cez iskrištia vhodné pre daný účel použitia.

Cisterny

Niektoré typy objektov určených na skladovanie horľavých plynov alebo kvapalín schopných produkovať horľavé výpary sú celé kovové a ako také sa dajú považovať sa dostatočne chránené, nevyžaduje sa pre ne žiadna doplnková ochrana. Podmienkou je, že celý priestor je súvisle uzavretý do neprerušeneho kovového obalu hrúbky min. 5 mm pre oceľ resp. 7 mm pre hliník. Cisterny a potrubia zakryté zeminou takisto nevyžadujú samostatný zberač.

Samostatné cisterny, nádrže a nádoby je potrebné uzemniť. V závislosti od veľkosti najväčšieho horizontálneho rozmeru (priemer alebo dĺžka) sa vyžaduje jedno uzemnenie do 20 m a uzemnenie v dvoch miestach nad 20 m. V areáloch s viacerými cisternami a nádržmi, aké sa nachádzajú napr. v rafinériách, stačí uzemnenie v jednom bode bez ohľadu na najväčší horizontálny rozmer. Cisterny je potrebné navzájom pospájať.

Potrubia

Nadzemné kovové potrubia mimo výrobných závodov treba pripojiť na uzemňovaciu sústavu každých 30 m. Alternatívne sa dá vyhotoviť uzemnenie povrchovým uzemňovačom alebo uzemňovacími tyčami.

Pre diaľkové potrubia na prepravu horľavých kvapalín platia nasledovné požiadavky:

- v prečerpávacích úsekoch a na podobných miestach treba premosťiť všetky vstupujúce potrubia vodičom s prierezom min. 50 mm²
- premosťujúce vodiče sa pripájajú na špeciálne privarené návlečky alebo sa upevňujú skrutkami na príruby vstupujúcich potrubí
- izolačné časti je potrebné premosťiť iskrišťami.





9/10

Návrh a výstavba bleskozvodných zariadení

Návrh a realizácia bleskozvodných zariadení podľa nových noriem prináša vysoké nároky na odbornosť projektantov aj realizátorov. Dá sa povedať, že v praxi vzniká nová odbornosť resp. špecializácia na bleskozvody, podobne ako napr. existuje špecializácia na svetelnú techniku. Návrh bleskozvodov bude proces podstatne komplikovanejší a zdĺhavejší, než to bolo doposiaľ. Pri projektovaní sa bude dokonca vyžadovať spolupráca viacerých odborníkov.

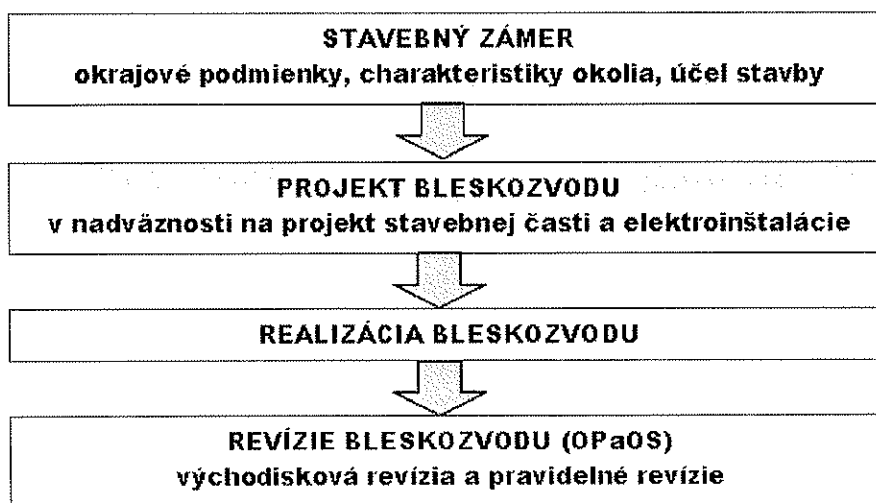
Dôležitou časťou návrhu bleskozvodu bude dôkladné posúdenie rizík, s ohľadom na okrajové podmienky stavby a jeho okolia. Tomu treba prispôbiť výber zariadení, voľbu opatrení a celkové dimenzovanie bleskozvodu. Aby sa dosiahol optimálny výsledok (z hľadiska bezpečnosti aj hospodárnosti), proces návrhu a výstavbu bleskozvodu musí byť koordinovaný s návrhom a výstavbou celej budovy, najmä ohľadne viacúčelového využitia kovových častí budovy.

9/10.1

Všeobecný postup návrhu a výstavby bleskozvodného zariadenia

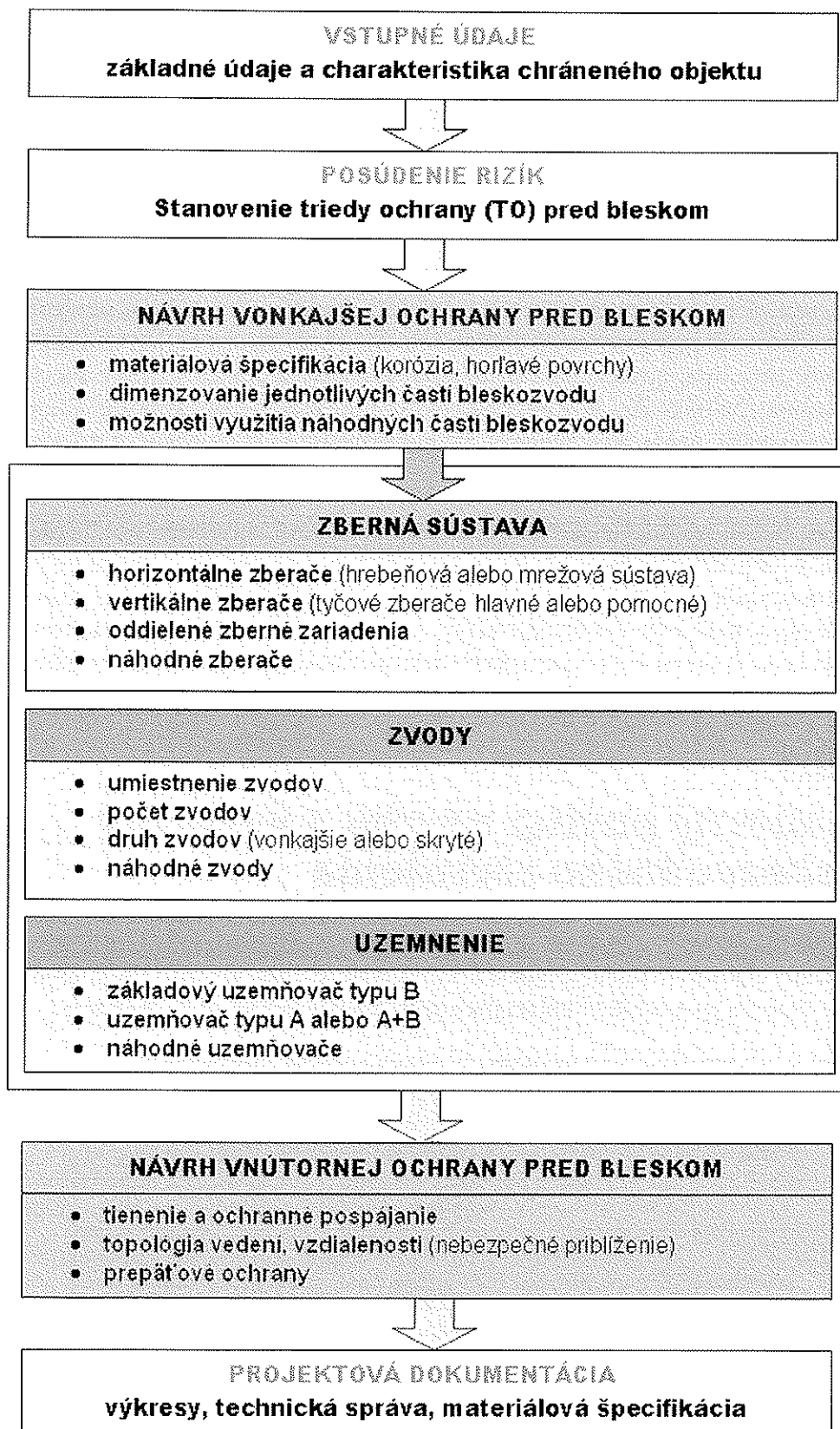
Proces návrhu a výstavby bleskozvodného zariadenia je schematicky znázornený v organizačnom diagrame. Najdôležitejšou a najzložitejšou fázou je návrh bleskozvodnej sústavy, ktorý je po procedurálnej stránke podrobnejšie rozčlenený v diagrame.

Všeobecná schéma návrhu a výstavby bleskozvodného zariadenia





Všeobecná schéma projektovania bleskozvodného zariadenia

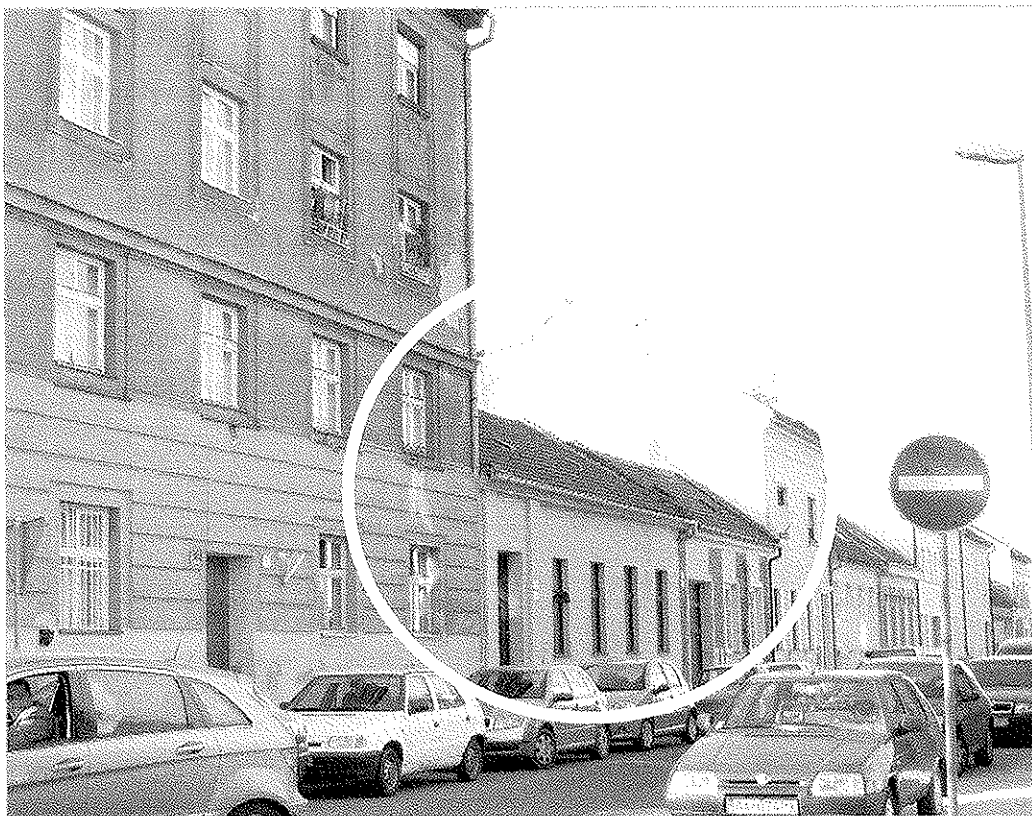




1. Projekt bleskozvodu

Ešte pred samotným návrhom bleskozvodu by mal projektant obdržať (alebo získať) všetky potrebné podkladové materiály od investora alebo generálneho dodávateľa projektových prác. K podkladom patria napríklad aj informácie o funkčnom využití budovy, základné koncepčné riešenie stavby, lokalita, podmienky dané okolím budovy. Na základe nich je potrebné vykonať dôkladné posúdenie rizík a to v úzkej spolupráci ďalších dotknutých strán. Až potom sa môže pristúpiť k samotnému technickému návrhu častí bleskozvodu.

Ak je predmetnou stavbou menšia budova v blízkom okolí alebo susedstve vysokých budov s adekvátne navrhnutým vonkajším bleskozvodom, budova sa môže nachádzať v ochrannej zóne týchto budov a vo všeobecnosti nemusí vyžadovať inštalovanie vonkajšej ochrany pred bleskom. Musia sa však pritom zväžiť aj ďalšie okolnosti (kvalitu bleskozvodných sústav na okolitých budovách) a požiadavky (priestory s nebezpečenstvom výbuchu).



2. Realizácia bleskozvodu

Realizácia (inštalácia) bleskozvodu sa vykonáva podľa overenej projektovej dokumentácie a v súlade s montážnymi zvyklosťami. Ak sa pri realizácii vyskytnú problémy brániace úplnému dodržaniu projektu, odchýlky sa musia realizovať tak, aby boli v súlade s príslušnými normami. Zmeny sa musia zaznačiť do projektovej dokumentácie. Ak sa pri realizácii preukáže, že navrhnutý stupeň ochrany nebude dostatočný, musí sa neodkladne vykonať adekvátna náprava. Realizáciu bleskozvodu obyčajne zabezpečuje montážna firma.





3. Revízie bleskozvodu

Už v procese montážnych prác je nevyhnutné vykonávať priebežné kontroly vyhotovenia bleskozvodu. Je potrebné si uvedomiť, že v súčasnosti silnejú požiadavky na skryté riešenie jednotlivých častí bleskozvodu, čo vychádza z architektonicko-dizajnových požiadaviek, ale má výrazné opodstatnenie aj po technickej stránke vo forme zvýšenej mechanickej ochrany a možnosti realizácie dokonalejších vedení bleskozvodu (väčšie prierezy, lepšie presieťovanie, kompaktnosť vyhotovenia). Mnohé z týchto častí už po dokončení nie sú prístupné a môžu vykazovať skryté závady. V procese inštalácie sa môže vyskytnúť aj potreba na vykonanie niektorých skúšok a meraní.



Skryté zvody zaliate v betóne môžu (v závislosti od použitého materiálu) vykazovať koróziu, čo je problém najmä z dlhodobého hľadiska.



Ak sa využíva armovanie v železobetóne ako časť bleskozvodnej sústavy, musia byť splnené požiadavky na prierezy armovania, ale najmä na elektrické spájanie tohto armovania (zvarovaním alebo spojkami). Ešte pred definitívnym zaliatím je potrebné preskúšať elektrickú vodivosť celej sústavy.

Po dokončení realizácie a pred uvedením do prevádzky (užívania) sa vykonáva prvá odborná prehliadka a odborná skúška (OPaOS) bleskozvodného zariadenia v súlade s príslušnou legislatívou a technickými normami. Overujú sa tým predpokladané projektové vlastnosti bleskozvodu, vrátane kvality samotného vyhotovenia. V predpísaných intervaloch sa ďalej vykonávajú periodické OPaOS, aby sa zistili prípadné odchýlky a zmeny od úvodného stavu (degradácia materiálu, mechanické a korozívne vplyvy atď.)





9/10.2 Spolupráca zainteresovaných osôb v procese návrhu a výstavby bleskozvodu

Základnými subjektmi pri návrhu a výstavbe bleskozvodu sú **projektant**, **inštalatér** a osoby zodpovedné za výstavbu a používanie budovy – najmä **investor** a **architekt**. Tieto subjekty musia byť v úzkom kontakte a v prípade potreby prejednávajú sporné alebo problematické časti návrhu. Do celého procesu vstupujú ešte úrady (stavebný, pamiatkový), poisťovne, majitelia okolitých budov a pod. Konzultácie zvyčajne zabezpečuje investor (majiteľ) budovy, prípadne hlavný inžinier projektu (architekt). Pokiaľ sa jedná o existujúcu budovu, konzultácie sa týkajú aj prevádzkovateľa budovy a organizácií spravujúcich jednotlivé prípojky do budovy (elektrina, plyn, telekomunikácie).

Hlavným cieľom koordinovania projektových prác je dospieť k efektívnemu a hospodárnemu bleskozvodu. Preto sa táto spolupráca musí prelínať počas celej fázy návrhu a výstavby. Akékoľvek zmeny v jednej oblasti projektu musia byť okamžite posúdené aj s ohľadom na iné oblasti a v prípade potreby musia byť premietnuté do modifikácií projektu či realizácie.

Kompetencie všetkých zainteresovaných strán musia byť jasne definované, aby sa predišlo možným problémom. V nasledovných častiach sú uvedené oblasti pôsobenia špecifické tomuktorému subjektu.

PROJEKTANT BLESKOZVODU

Projektant musí byť oboznámený so základnými princípmi elektromagnetickej kompatibility (EMC), musí byť schopný posúdiť elektrické aj mechanické účinky bleskového výboja a musí byť schopný posúdiť problematiku korózie jednotlivých častí bleskozvodu. Okrem toho musí poznať dostupnú materiálovú základňu a bleskozvodný materiál dostupný na trhu. Činnosť projektanta bleskozvodov vyžaduje viacročné odborné skúsenosti a prax.

Projektant je zodpovedný za projektový návrh bleskozvodu. V rámci jednotlivých krokov tvorby projektovej dokumentácie konzultuje problematické pasáže s architektom, inštalatérom, stavebnou firmou príp. ďalšími subjektmi. Styčné body tvorby projektovej dokumentácie sú popísané ďalej pri jednotlivých partneroch projektanta zúčastňujúcich sa na návrhu a realizácii stavby.

ARCHITEKT, HLAVNÝ INŽINIER PROJEKTU

V procese projektového návrhu je potrebné konzultovať s architektom resp. hlavným inžinierom projektu najmä tieto problémy:

- celkový vizuálny vzhľad bleskozvodu



- vplyv bleskozvodu na budovu
- umiestnenie všetkých častí bleskozvodu
- voľbu materiálu pre všetky súčasti bleskozvodnej sústavy
- požiadavky na prístroje a zariadenia, ktoré sa majú inštalovať na budove, v budove alebo v blízkosti budovy a vyžadujú zmeny inštalácie alebo ochranné pospájanie (napríklad poplašné a zabezpečovacie zariadenia, vnútorné telekomunikačné systémy, systémy spracovania údajov, anténne systémy a pod.)
- rozsah a umiestnenie všetkých podzemných vodivých prípojok do budovy, ktoré môžu mať vplyv na návrh uzemnenia bleskozvodu a kde sa vyžaduje ich bezpečná vzdialenosť od bleskozvodu
- rozsah a umiestnenie všetkých ostatných kovových častí budovy (najmä priebežných) a nadzemných kovových prípojok (vchádzajúcich, prechádzajúcich a vychádzajúcich z budovy), ktoré je potrebné pospájať so sústavou bleskozvodu
- miesta a časti budovy vhodné pre vyhotovenie systému uzemnenia
- rozsah a charakter montážnych prác pri inštalácii bleskozvodu, vrátane rozdelenia kompetencie a zodpovednosti
- možnosti spájania bleskozvodu predmetnej budovy s bleskozvodmi príľahlých budov



Na streche budovy s eternitovou sedlovou strechou a drevenou strešnou konštrukciou sa má inštalovať hrebeňová zberná sústava bleskozvodu. Na tento účel sa môžu použiť podpory vedenia so samoreznými skrutkami do dreva hrebene. Zavedenie skrutky však prederavením narúša vodotesnosť pokrytia strechy. A vodotesnosť strechy patrí medzi priority alebo v tomto smere existujú špeciálne požiadavky, uchytenie podpier je potrebné riešiť iným spôsobom.

ELEKTROINŠTALATÉR A REALIZÁTOR STAVBY

Elektroinštalatér (s pôsobnosťou v oblasti bleskozvodov) musí poznať ustanovenia príslušných noriem a inštaláciu vykonávať v súlade s normatívnymi požiadavkami a národnou legislatívou pre oblasť bleskozvodov. Činnosť inštalatéra bleskozvodov vyžaduje viacročné odborné skúsenosti a prax. Úloha projektanta a elektroinštalatéra môže byť zlúčená v jednej osobe (fyzickej alebo právnickej), v podmienkach SR sa však dá skôr predpokladať oddelená pôsobnosť (okrem väčších firiem zabezpečujúcich komplexné dodávky na kľúč).

Medzi projektantom, elektroinštalatérom a realizátorom stavebnej časti je potrebné dosiahnuť dohodu v týchto bodoch:

- spôsob uchytenia bleskozvodnej sústavy na budove, vrátane počtu a umiestnenia podpier na streche aj na stenách (najmä s ohľadom na vodotesnosť obalu budovy), detailnejšia špecifikácia podpier bleskozvodu
- umiestnenie skrytých vedení bleskozvodu
- požiadavky na inštalovanie častí bleskozvodnej sústavy ešte vo fáze vyhotovenia stavby
- požiadavky na realizáciu spojov pri budovách s ocelovým rámom (počet a umiestnenie nosníkov, miesta pripojenia uzemňovacej sústavy atď.)





- či sú kovové pokrytia (ak sú použité) vhodné ako časti bleskozvodu; ak áno, akým spôsobom sa zabezpečí vodivosť a spojitosť jednotlivých častí pokrytia a ako sa tieto časti spoja s bleskozvodnou sústavou
- umiestnenie a charakter všetkých podzemných aj nadzemných prípojkov vstupujúcich do budovy, vrátane televíznych a rozhlasových vedení a ich kovových podperných častí (anténový stožiar)
- umiestnenie, vlastnosti a počet iných kovových častí budovy, napr. dopravníkov, komínových prieduchov, vlajkových stožiarov, technických miestností na streche (výťahový motor), klimatizačných zariadení, vodných nádrží, výčnelkov atď.



- spojenie uzemnenia bleskozvodu s uzemnením, resp. ochranným pospájaním silnoprádovej a telekomunikačnej elektroinštalácie (ekvipotenciálna prípojnica)
- vyhotovenie dutín v stavebnej konštrukcii za účelom voľného umiestnenia skrytých zvodov
- voľba najvhodnejších materiálov pre jednotlivé časti bleskozvodu s dôrazom na spájané časti, ktoré pri nerovnakých materiáloch môžu byť vystavené elektrochemickej korózii
- prístup ku skúšobným svorkám na účely revízie
- termíny priebežných revízií bleskozvodu vo fáze výstavby kvôli prehliadke častí nedostupných po dokončení stavby (napríklad výstuž armovania zaliateho v betóne)

INŠTALATÉR SLABOPRÚDOVÝCH SYSTÉMOV

Spolupráca s inštalatérom elektronických a telekomunikačných systémov sa týka týchto styčných bodov:

- izolácia a pripojenie podperných častí televíznej a rozhlasovej antény (stožiar), ako aj tienenia káblových vedení k bleskozvodnej sústave
- topológia anténnych vedení a vnútorných slabopráúdových rozvodov
- umiestnenie a spôsob zapojenia zabezpečovacieho zariadenia objektu
- spôsob použitia prepäťových ochrán





PROTIPOŽIARNA OCHRANA OBJEKTU

So subjektom zodpovedným za protipožiarnu ochranu objektu je potrebné prekonzultovať tieto záležitosti:

- celková koncepcia riešenia protipožiarného systému vrátane snímačov, hlásičov aj automatických hasiacich systémov
- topológia rozvodov hasiva, použité materiály a tesnenia
- riešenie ochrany objektov s horľavou strechou

VEREJNÉ ROZVODY

Koncepciu ochrany pred bleskom a prepätiami je potrebné konzultovať aj s príslušnými rozvodnými závodmi, ktoré spravujú jednotlivé prípojky do objektu a dodávajú energiu či služby. Predmetom riešenia je: elektrická prípojka (ZSE, SSE, VSE), plynovodná prípojka (SPP), vodovodná prípojka (VaK), integrované telekomunikačné prípojky (telefón, internet, digitálna alebo káblová televízia). Ak sa dá a ak s tým príslušní dodávatelia súhlasia, tieto prípojky sa pripájajú na bleskozvodnú sústavu priamo. Ak to nie je možné, treba prekonzultovať možnosť pripojenia prípojok na bleskozvod cez iskrište alebo prepäťovú ochranu. Styčným miestom je ekvipotenciálna prípojnica.





9/10.3

Využitie ocelového armovania betónových častí budovy pri výstavbe bleskozvodu

Pri návrhu a výstavbe bleskozvodu má nezameniteľné miesto ocelová výstuž železobetónového skeletu budovy. Ak je vyhotovené kvalitne a v súlade s normami pre bleskozvody, okrem nosnej funkcie dokáže plniť aj funkciu časti bleskozvodu, resp. ochrany pred bleskom a prepätiami. Výsledkom je vysoká účinnosť a hospodárnosť bleskozvodu. Jedinou podmienkou je zabezpečiť príslušné spoje a vykonať celkové vyhotovenie tak, aby spĺňalo podmienky normy pre dané funkčné využitie.

Armovanie sa na bleskozvody najvýhodnejšie využíva pri nových budovách, kde sa už v procese výstavby zabezpečujú potrebné požiadavky, najmä dimenzovanie vodičov a spoje. Nie je však vylúčené ani využitie armovania existujúcej budovy (napríklad pri rekonštrukcii).

V niektorých krajinách nie je dovolené využívať armovanie železobetónu ako časti bleskozvodnej sústavy.



Druhy železobetónového armovania

Medzi základné druhy armovania patrí:

- ocelová výstuž realizovaná na mieste v procese výstavby
- skelet zostavený zo železobetónových prefabrikovaných dielov alebo z kovových nosníkov

Pri použití predpätého železobetónu (prefabrikované diely) sa elektrické spoje realizujú medzi nadväzujúcimi dielmi.



Funkcie železobetónového armovania

Armovanie železobetónu sa dá využiť na tieto funkcie, pričom pre každú funkciu musia byť splnené príslušné normatívne podmienky:

- zvody
- uzemňovacia sústava
- potenciálové vyrovnanie vnútri budovy
- tienenie budovy

Možnosti vyhotovenia spojov armovania

Spoje sa dajú realizovať zvarom, spojkami, svorkami alebo ekvivalentným spôsobom s dobrým mechanickým a elektrickým kontaktom.





1. ZVÁRANIE

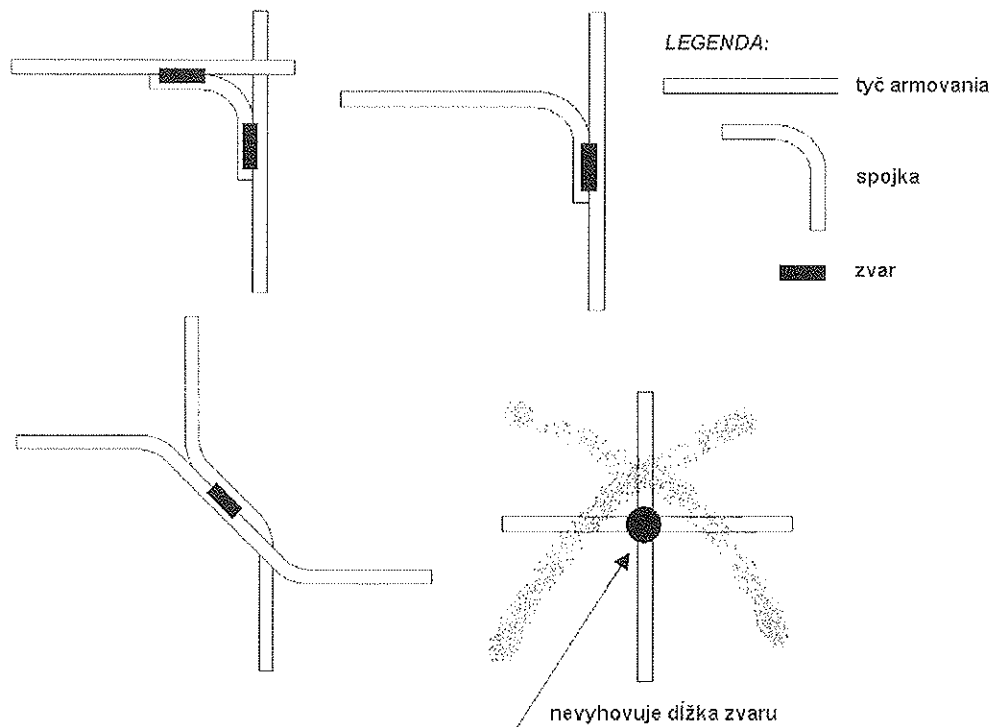
Za najvhodnejší spoj z hľadiska mechanickej pevnosti a elektrickej vodivosti sa dá považovať zváranie.



Vyhotovenie spojov zváraním musí byť odsúhlasené projektantom stavebnej časti, lebo môže mať vplyv na statiku budovy.

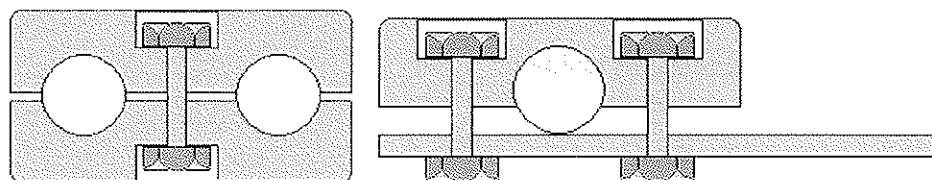
Výstuže sa dajú zvärať buď priamo alebo pomocou spojok. Križujúce tyče nie je možné zvariť priamo, lebo v tomto prípade sa nedá dodržať požiadavka na dĺžku zvaru. Po zaliatí betónom by takéto zvary nemuseli vydržať a zlomili by sa. Ak sa majú zvariť priamo, musia sa vyhnúť, aby aspoň 50 mm ich dĺžky boli uložené súbežne.

Minimálna dĺžka zvaru: **30 mm**



2. SVORKOVANIE

Svorky musia byť schopné zabezpečiť trvalé a vyhovujúce spojenie. Podľa druhu spájaných vodičov (dva tyče s kruhovým prierezom, tyč s pásovinou) sa použijú vhodné typy svoriek.



LEGENDA:



svorka



skrutkový spoj



kruhovú tyč



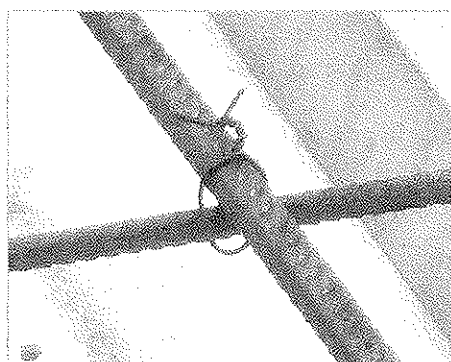
pásovina





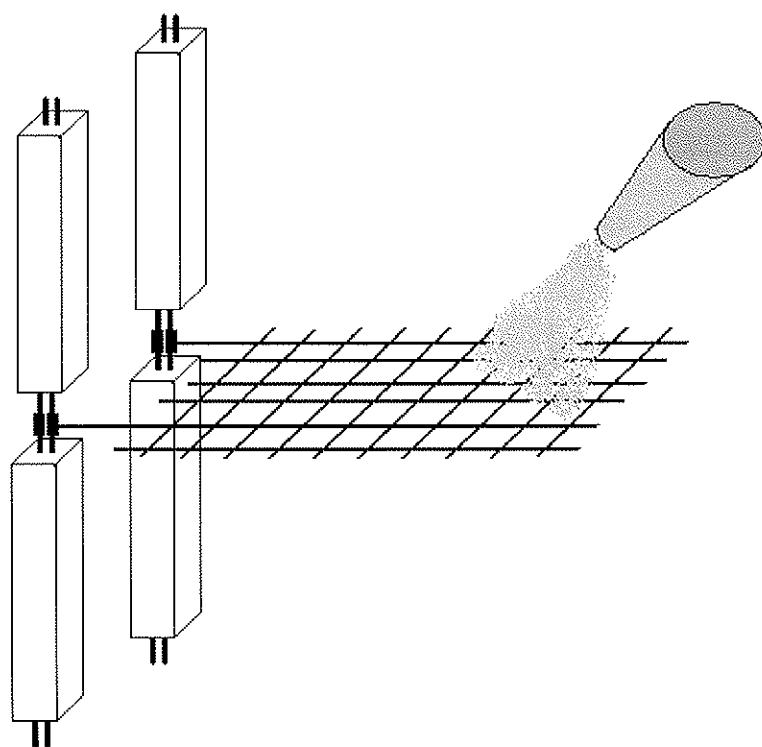
3. VIAZANIE

Viazanie je bežný spôsob spájania výstuže v železobetóne. Norma STN 62305-3 uvádza možnosť využitia tohto spôsobu spájania na základe skúseností, keď veľký počet spojov (pričom podľa citovanej normy vodivý spoj vytvára štatisticky každý tretí vodič) v konečnom dôsledku vytvára dostatočne vodivú klieťku vhodnú na potenciálové vyrovnanie a doplnkové vedenia, nie celkom vhodnú na zvedenie bleskového prúdu. Skutočne, ako spôsob spájania treba uprednostniť zváranie a svorkovanie, viazaniu sa treba vyhýbať. V súčasnosti sa nevyužitie armovania na zvody dá považovať za neekonomické.



Požiadavky na spájanie ocelevej výstuže a kovového obloženia

Skelet budovy sa vo všeobecnosti môže skladať z rôznych typov železobetónu a kovových konštrukcií. Napríklad na nosné stĺpy sa môžu použiť prefabrikované diely. Na podlahy a stropy sa môže použiť zaliatie armovania betónovou hmotou pripravenou na mieste. Steny môžu byť tiež z prefabrikovaných dielov. Vonkajší plášť budovy môže byť z kovového obloženia (plechy). Všetky tieto časti sa môžu využiť ako súčasť bleskozvodnej sústavy.

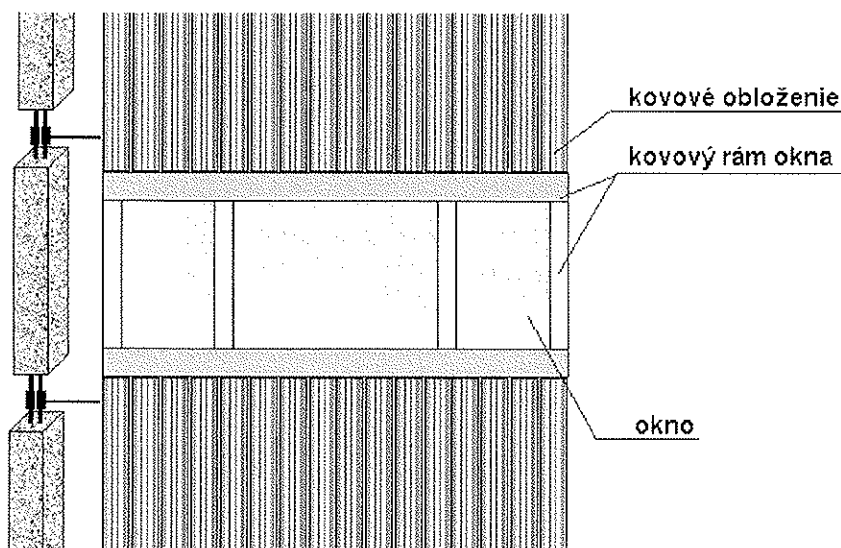




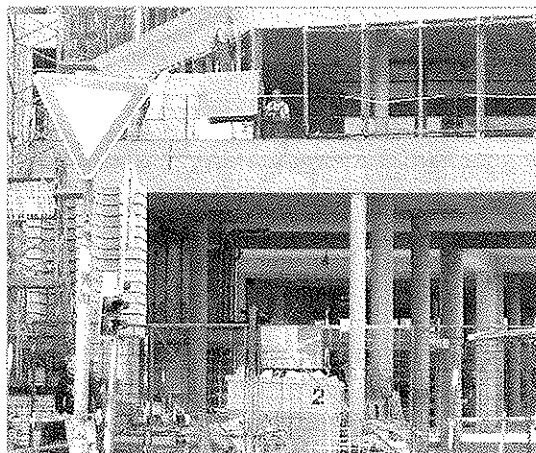
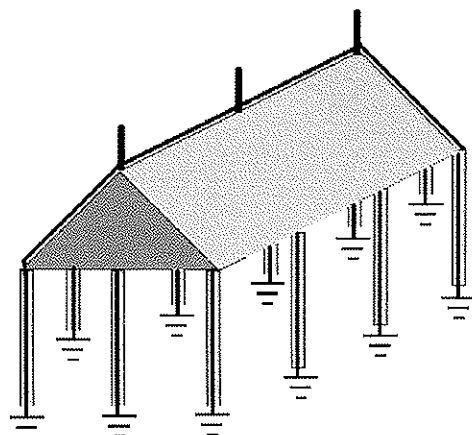
Najväčšie problémy sú s použitím hotových dielcov, pretože nemajú pripravené časti na dobrú realizáciu spojov. Tieto spoje sa však dajú realizovať aj dodatočne pomocou rôznych prípravkov. Treba pospájať navzájom všetky uvedené časti – nosné stĺpy so železobetónovými stenami, podlahami a pod. Spojenie treba realizovať ešte predtým, ako sa podlahy zalejú betónom.

Aj vonkajší obal budovy z kovových častí treba účinne spojiť s armovaním nosných častí skeletu. Môže sa tým dosiahnuť efektívna ochrana, lebo kovové obloženie predstavuje dobré tienenie vnútorných priestorov. Zvlášť dobre sa to hodí pre administratívne budovy s rozsiahlym využitím počítačov a zariadení na spracovanie dát. Snahou je, aby čo najväčšia časť bleskového prúdu v rámci zvodu tiekla vonkajšou časťou budovy a nevnašala sa dovnútra, kde sú inštalované citlivé zariadenia.

Na nižšie uvedenom obrázku je príklad kovového obloženia fasády. Na každom podlaží je potrebné realizovať spojenie týchto častí s armovaním v nosných stĺpoch alebo stenách, odporúča sa však realizovať aj priebežné vzájomné spoje kovových platin obloženia.



Ak je budova nižšia a rozľahlejšia (typické výrobné haly a sklady hangárového typu), strechu zvyčajne podopiera niekoľko nosných stĺpov. Tieto sa v hornej časti pripájajú na zbernú sústavu a v spodnej časti na uzemnenie objektu, čím prirodzene vytvárajú niekoľko paralelných zvodov.





Požiadavky na kontinuitu a vodivosť sústavy armovania

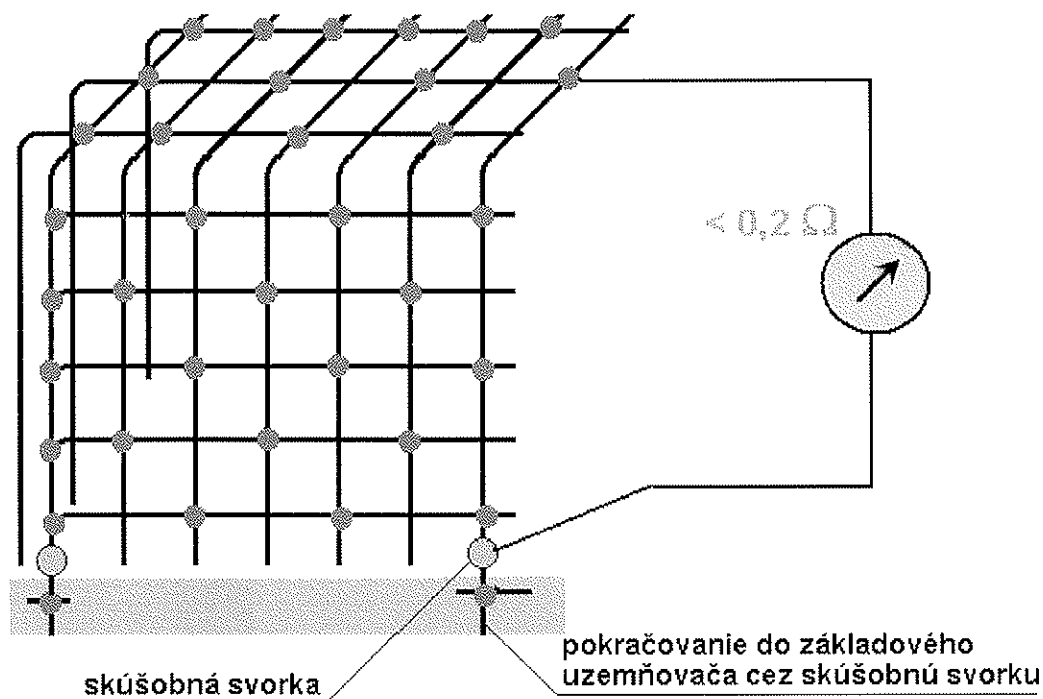
Armovanie je z hľadiska elektrickej vodivosti vyhovujúce, ak je zabezpečené pospájanie horizontálnych a vertikálnych kovových tyčí dostatočným počtom spojov dostatočnej kvality. Pri nových budovách určuje požiadavky na spoje projektant.

Kvalita spojov sa po realizácii dá overiť meraním. Meranie vodivosti sa uskutočňuje medzi najvrchnejším a najspodnejším miestom skeletu s armovaním. Pri dobre stanovenom počte a mieste spojov je skelet presieťovaný (mrežová sústava) a aj pri porušení niektorého spoja či prerušení niektorej trasy, paralelné vedenia zabezpečia nepretržitú a spoľahlivú funkčnosť celej sústavy. Celkový odpor medzi uvedenými miestami má spĺňať podmienku

PODMIENKA

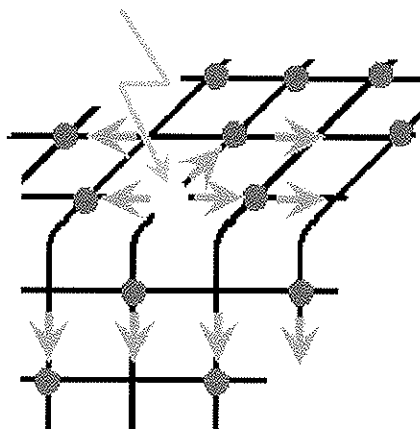
$$R \leq 0,2 \Omega$$

Mrežovou sústavou s dostatočnými prierezmi vodičov armovania túto podmienku nie je ťažké splniť. Ak však túto podmienku nie je možné splniť, armovanie sa nesmie použiť ako náhodný zvod a potrebné je inštalovať vonkajšie zvody. To platí aj vtedy, ak sa nedá uvedená podmienka overiť meraním.



Princíp funkčného využitia armovania

Vďaka množstvu navzájom pospájaných paralelných vedení vzniká mrežová sústava s veľmi nízkou impedanciou. V prípade zásahu blesku sa bleskový prúd rozdelí do veľkého počtu paralelných vetiev, dôsledkom je nízky úbytok napätia. Malá prúdová hustota vyvoláva iba slabé indukované elektromagnetické pole a pri paralelných vetvách sa toto pole aj vzájomne (do určitej miery) ruší.

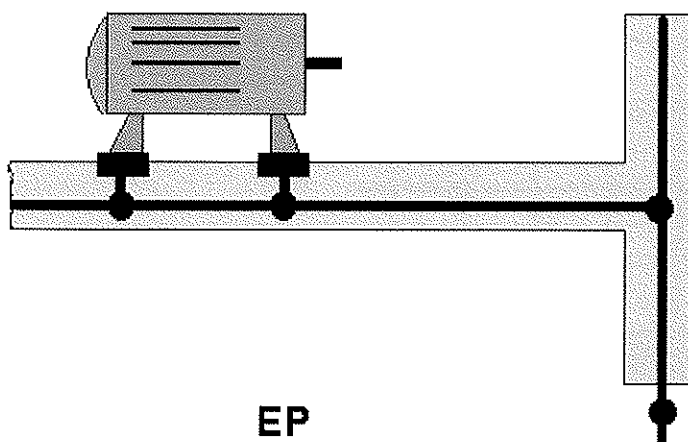


Predpokladáme, že armovanie je realizované nielen v obale budovy (obvodových múroch), ale aj vo všetkých nosných priečkach. Takto sú tienené aj jednotlivé miestnosti alebo väčšie celky budovy. Stupeň ochrany proti zlyhaniu vnútorných systémov je adekvátne vyšší v porovnaní s bežnými zvodmi.

Využitie armovania na ekvipotenciálové vyrovnanie

Prírodné armovanie v železobetónovom skelete sa dá využiť na ekvipotenciálové vyrovnanie elektrických zariadení, ktoré by ináč bolo treba realizovať strojenými vodičmi. Na armovanie sa takto dá pripojiť ukotvenie elektrických strojov, kovové kryty elektrických zariadení, základové koľajnice strojov a pod.

Pripojenie ukotvenia elektrického stroja na armovanie budovy v priemyselnej prevádzke.



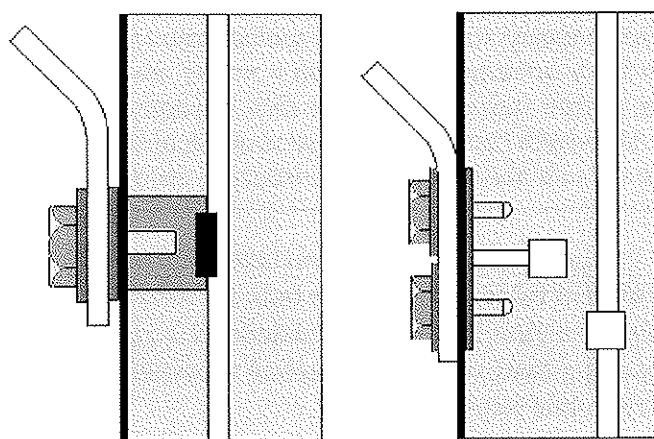
Spôsob pripojenia je potrebné konzultovať s projektantom stavebnej časti, ktorý rozhodne, či je dovolené dostupné časti armovania spájať zvaraním (napr. s ohľadom na použité materiály), či sa dajú použiť svorky alebo či je potrebné inštalovať doplnkové vedenia ochranného pospájania. Všetky spoje musia byť realizované a odskúšané ešte pred zaliatím armovania betónom.





Prípojenie vonkajších častí bleskozvodnej sústavy na armovanie

Vonkajšie časti bleskozvodu (napr. zberná sústava) sa na sústavu armovania môžu pripojiť zváraním alebo svorkami (požiadavky na možnosti spájania uvedené vyššie). Prípojenie sa realizuje na vopred stanovenom mieste, kde z betónovej konštrukcie vychádza na to určená tyč alebo pásovina. Ak sa spoj vyhotovuje svorkami, z bezpečnostných dôvodov treba použiť aspoň dva spoje alebo jeden spoj aspoň s dvoma svorkami pripojenými na rôzne tyče armovania. Ak sú armovanie a pripájaný vodič z rôznych materiálov, treba vykonať opatrenia proti vzniku elektrochemickej korózie – spoj dokonale utesniť a zabezpečiť.



LEGENDA:

	stena
	skrutkový spoj
	zvar
	matica
	samorezný spoj
	podložka
	medený lankový vodič
	vodič / armovanie



Materiály doplnkových vodičov v železobetóne

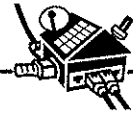
Okrem základnej výstuže železobetónu sa na účely ochrany pred bleskom a prepätiami používajú aj doplnkové vodiče. Môžu byť z týchto materiálov:

- oceľ
- mäkká oceľ (s nízkym obsahom uhlíka)
- pozinkovaná oceľ
- nerez
- meď

Aby sa doplnkové vodiče odlišili od základných vodičov výstuže, odporúča sa na tento účel používať kruhové prierezy vodičov s hladkým povrchom (na armovanie výstuže sa používajú tyče s vrúbkovaným povrchom).

Zvláštnu pozornosť je potrebné venovať prestupu vodičov železobetónovými stenami, najmä čo sa týka korózie. Tomu treba prispôbiť aj voľbu materiálov. Pri použití nerez ako materiálu pre vodiče nie je potrebné vykonať žiadne opatrenia proti korózii; naopak, tento materiál sa odporúča aj v prípade zvlášť agresívnych prostredí. V prípade iných materiálov je potrebné zabrániť korózii pri výstupe zo steny. Najjednoduchším riešením je použitie silikónového tesnenia v dĺžke 50 mm v stene a ďalších 50 mm po výstupe zo steny.





Ak zo železobetónu vystupuje vodič z pozinkovanej ocele, ktorý sa vo vnútri betónu dotýka častí armovania z ocele, za určitých okolností môže spôsobiť poškodenie betónu. Z tohto dôvodu niekedy projektanti stavebnej časti neumožňujú použitie pozinkovanej ocele ako doplnkového vodiča v betóne.

Armovanie vo funkcii ZVODOV

Je veľmi výhodné využiť vo funkcii prirodzených (náhodných) zvodov armovanie vo zvislých železobetónových stenách alebo nosníkoch skeletu budovy.



Zo starších noriem sme zvyknutí na pojem „náhodné zvody“, keď sa na účely zvodov využívajú prirodzene dostupné kovové časti budovy vyhovujúcich vlastností. Nové normy však vyžadujú komplexné riešenie projektu stavby s úzkou spolupracou rôznych odborníkov. Armovanie budovy sa na účely ochrany pred bleskom v zmysle nových postupov a požiadaviek využíva zámerne, pričom vlastnosti vodivých častí sa vopred koordinujú. Nemôže sa tu už teda hovoriť o náhodných častiach, sú to časti strojené, aj keď majú duálnu funkciu. Preto v ďalšom texte sa bude používať pojem „prírodné zvody“.

Prírodné zvody sa v hornej časti pripájajú k zbernej sústave bleskozvodu pomocou vhodných spojok. V spodnej časti môže armovanie (a teda aj zvody ním tvorené) prirodzene pokračovať do základov a plniť tam funkciu základového zemniča. Ak je zemnič strojený oddelene, v spodnej časti zvodov je potrebné zabezpečiť pripojenie na uzemňovaciu sústavu (cez skúšobné svorky).

Aj keď armovanie tvorí mrežovú sústavu zvodu a pri zvädzaní bleskového prúdu sa tento rozdelí na množstvo paralelných ciest, vyžaduje sa zabezpečiť aj (čo najkratšiu) priamu vertikálnu trasu od zberného zariadenia k uzemňovaču. Ak to nie je možné, armovanie sa doplní o špeciálny vodič, ktorý bude plniť výlučne funkciu základného zvodu s priamou elektrickou kontinuitou. Tento vodič musí byť na niekoľkých miestach pospájaný so systémom armovania. Pri existujúcich budovách môžu vzniknúť pochybnosti, lebo vodiče sú skryté a nie sú o nich zvyčajne žiadne záznamy. V takomto prípade je potrebné inštalovať aj klasický vonkajší zvod.

Armovanie vo funkcii UZEMNENIA

Pri rozsiahlych budovách a priemyselných halách sú základy obyčajne vystužené armovaním. Vodiče armovania v základoch budov a v stenách pod povrchom zeme sú vynikajúcim uzemňovačom a spĺňajú príslušné normatívne požiadavky na tento účel. Využitím armovania na vytvorenie základového zemniča sa získa kvalitné uzemnenie pri optimálnych investičných nákladoch. Kovová výstuž navyše poskytuje dobrý potenciálový základ (referenčná zem) pre silnoprúdové, slaboprúdové a telekomunikačné elektroinštalácie. Vo všeobecnosti sa armovanie základu považuje za elektricky vodivé, okrem prípadov, keď sú v základoch z určitých dôvodov zámerne vytvárané medzery. V takýchto prípadoch je potrebné medzery premostiť vhodnými vodičmi a svorkami.





Skúšobná svorka a skúšanie bleskozvodov s armovaním

Armovanie v stenách sa dá oddeliť od armovania v základoch cez skúšobné svorky. Nie je to však také prirodzené ako pri klasických bleskozvodoch. Buď je situácia taká, že armovanie stien plynule prechádza do základov budovy, alebo je potrebné zriadiť veľký počet rozpojovateľných skúšobných svoriek (mechanické spojenie armovania sa pritom nevylučuje). Otázny je však význam skúšobných svoriek, keď po pripojení množstva prípojok je meranie zemného odporu značne komplikované. Preto ak je to možné, pripojenie všetkých častí treba realizovať na ekvipotenciálnej prípojnici.

Ak je z nejakého dôvodu komplikované merať zemný odpor uzemnenia v priebehu užívania stavby, odporúča sa zriadiť pomocné meracie (zemné) elektródy na monitorovanie časových zmien vlastností pôdy.

Hlavnou výhodou základového uzemňovača je výborné ekvipotenciálové vyrovnanie. Kvalita zemného odporu je v takomto prípade druhoradá.



Dokumentácia

Umiestnenie vodičov a spojov armovania by nemalo byť náhodné, ale vopred stanovené a zadokumentované. Podobne aj všetky požiadavky na spojenie armovania s ukotvením strojov a miesta pripojenia iných elektrických zariadení alebo kovových častí bleskozvodu či elektroinštalácie je potrebné zdefinovať a informácie poskytnúť realizátorovi stavby.

Keďže po dokončení stavby už prakticky nie je možné zistiť rozloženie a konštrukciu armovania, pri realizácii je potrebné dokumentovať skutočné vyhotovenie vo forme náčrtkov, výkresov a najlepšie aj vo forme fotografií z realizácie.

