

Izolované bleskozvody a ochrana živých bytostí pred dotykovým a krokovým napätím podľa STN EN 62305-3

Ing. Jozef DAŇO, OBO Bettermann s.r.o., Pezinok

Elektrická izolácia vonkajšieho LPS

Elektrická izolácia medzi zachytávacím zariadením alebo zvodom a kovovými stavebnými inštaláciami, kovovými stavebnými dielmi a vnútornými systémami stavebného objektu by mala byť zabezpečená tým, že skutočná vzdialenosť „d“ medzi týmito dielmi a zberným zariadením alebo zvodom bude väčšia ako oddeľovacia vzdialenosť „s“, definovaná výrazom:

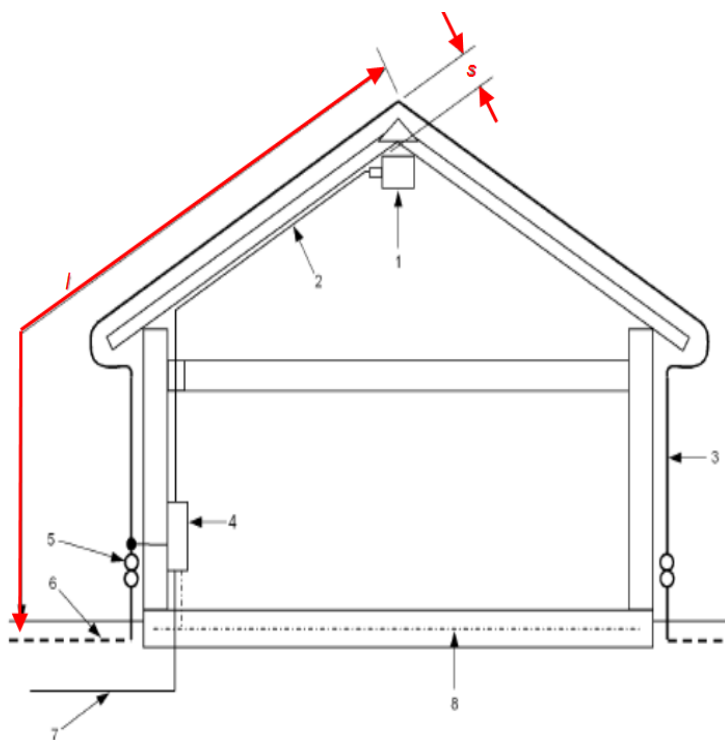
$$s = k_i \times \frac{k_c}{k_m} \times L \quad (1)$$

k_i - koeficient závislý na triede ochrany LPS. Pozn.: STN EN 62305-3, tab. 10.

k_c - koeficient závislý na zvodovom prúde (počte zvodov). Pozn. STN EN 62305-3, tab. 11.

k_m - koeficient závislý na materiály dielektrika. Pozn.: STN EN 62305-3, tab. 12.

L - celková dĺžka záchytného zariadenia alebo zvodov v metroch medzi bodom, v ktorom sa oddeľovacia vzdialenosť počíta a najbližším bodom potenciálového vyrovnania



- 1) Elektrické zariadenie
 - 2) Elektrické vedenie
 - 3) LPS – zvod
 - 4) Hlavný rozvádzač s SPD
 - 5) Meracia svorka
 - 6) Uzemnenie
 - 7) Silová prípojka
 - 8) Základový uzemňovač
- „s“ dostatočná vzdialenosť podľa STN EN 62305-3, čl. 6.3.
 - „L“ dĺžka pre výpočet dostatočnej vzdialenosti „s“

Obr. 1 Znáznornenie bezpečnej oddialenej vzdialenosti „s“

Vplyvom nedodržania bezpečnej oddialenej vzdialenosti môže dochádzať k preskokom pri súbehu a križovaní medzi zachytávacími zariadeniami alebo zvodmi a vnútornými elektrickými alebo technologickými rozvodmi. K rovnakej situácii dochádza aj pri nedodržaní bezpečnej vzdialenosti medzi zachytávacou sústavou a rôznymi strešným nadstavbami.

Stanovenie činiteľa k_i nie je obvykle nejako problematické. Jeho veľkosť závisí na úrovni ochrany LPL uvažovaného stavebného objektu alebo na jeho zatriedení do systému ochrany pred bleskom LPS.

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

Tab. 1 Hodnoty koeficientov k_i v závislosti na triede ochrany pred bleskom

Veľkosť koeficientu k_c závisí na veľkosti bleskového prúdu prechádzajúceho uvažovanou časťou vonkajšej ochrany pred bleskom. Vychádza z počtu paralelných prúdových dráh v ceste bleskového prúdu od zachytávacieho zariadenia k zemi, takže základným kritériom k jeho stanoveniu je počet zvodov.

Počet zvodov (n)	k_c
1	1
2	0,66
3 a viac	0,44

Tab. 2 Izolácia vonkajšieho LPS, približné hodnoty koeficientu k_c

V súčasnosti neexistuje žiadny relevantný zdroj, ktorý poskytuje bližšie vysvetlenie, alebo návod na výber koeficientov k_m . V najnovšej edícii normy IEC 62305-3 sa v kapitole 6.3 nachádza tabuľka 12, v našom texte ju zobrazuje tab. 3. V edícii tejto normy z roku 2007 bolo uvedené v poznámke, že na ďalších koeficientoch sa pracuje. V edícii z roku 2012 už autor uviedol v poznámke, že pri použití iných izolačných materiálov má návod na zostavenie a hodnotu k_m poskytnúť výrobca.

Materiál	k_m
Vzduch	1
Betón, tehla, drevo	0,5

POZNÁMKA 1 – ak je použitých niekoľko izolačných materiálov v sérii, je osvedčenou praxou použiť nižšie hodnoty k_m

POZNÁMKA 2 – pri použití iných izolačných materiálov má návod na zostavenie a hodnotu k_m poskytnúť výrobca

Tab. 3 Izolácia vonkajšieho LPS, hodnoty koeficientu k_m

Tento stav je však nereálny a prakticky nerealizovateľný, pretože neexistuje žiadny legislatívny predpoklad, ktorý by výrobcovi napr. stavebného materiálu prikazoval zmerať izolačné pevnosti jeho výrobkov a poskytnúť údaje pre projektanta ochrany pred bleskom. Keby aj dokázal výrobca poskytnúť relevantný údaj o izolačnej pevnosti, neexistuje systematika prevodu medzi izolačnou pevnosťou a koeficientom k_m .

Prístup stanovený podľa vzorca (1) je v praxi vo väčšine stavieb často nerealizovateľný. Príkladom nám môže byť jednoduchá jednopodlažná hala, ktorej výška sa pohybuje niekde od 10 do 30 metrov no problémom sú jej rozmery (š x d). Nakoľko uvedené typy stavieb sú často rozsiahle a miesto vyrovnania potenciálov je až v zemi, dosahujeme obrovské hodnoty „L“ z čoho následne vyplývajú hodnoty „s“, ktoré na stavbách nie je možné dodržať (pozn.: 2 m a viac). Uvedený fakt nás vedie k prístupu číslo 2, ktorý je popísaný v norme STN EN 62305-3 v prílohe C.

$$k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2x^3 \sqrt{\frac{c}{h}} \quad (2)$$

kde:

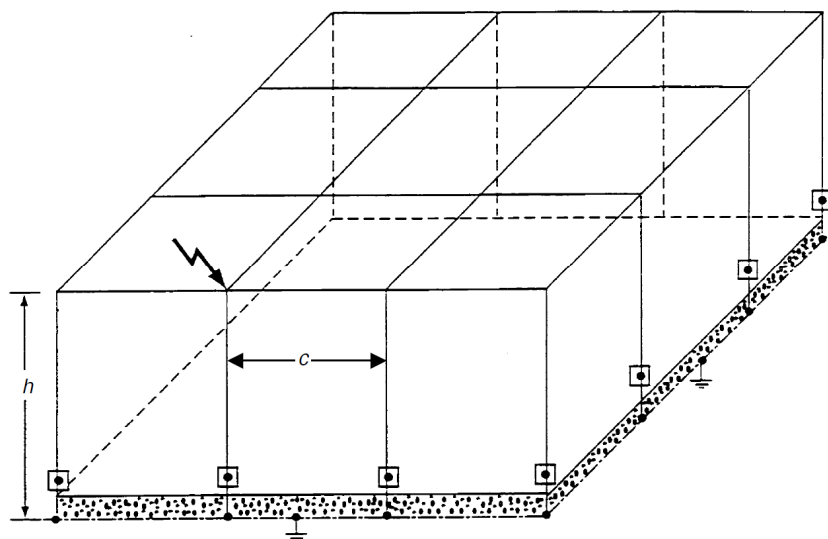
n – je celkový počet zvodov

c – vzdialenosť medzi zvodmi

h – vzdialenosť alebo výška medzi obvodovými vodičmi

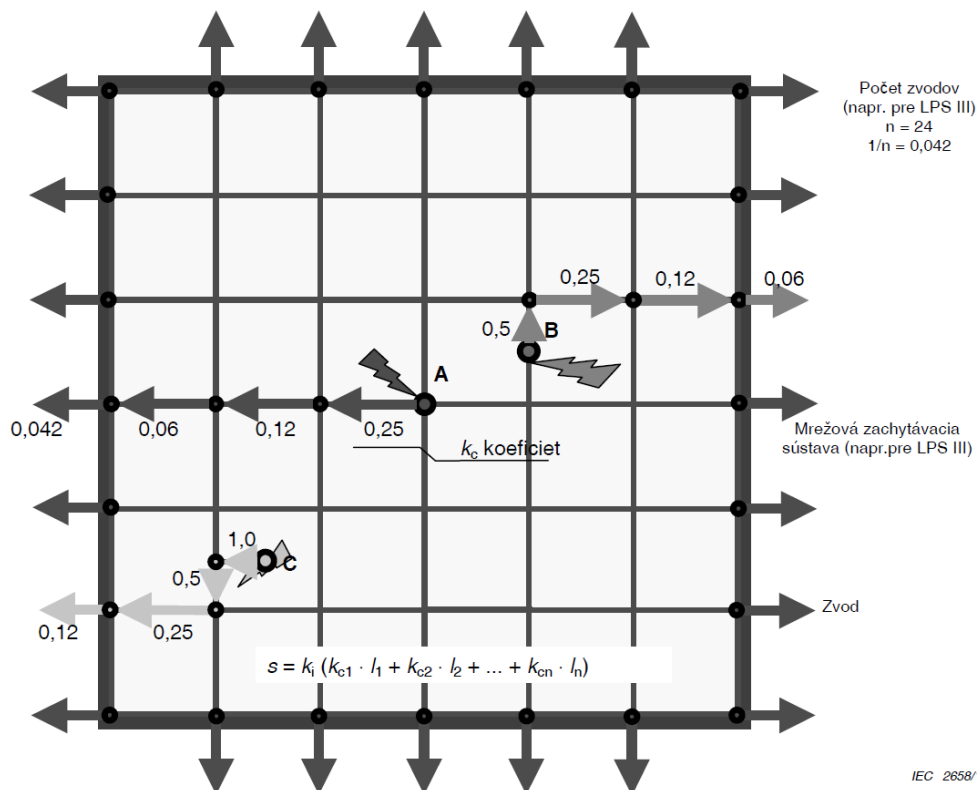
POZNÁMKA 1 – rovnica pre „ k_c “ je hrubým odhadom pre stavby tvaru kocky a pre $n \geq 4$. O hodnotách h a c sa predpokladá, že sú v rozmedzí od 3 do 20 metrov.

POZNÁMKA 2 – ak existujú vnútorné zvodov, majú sa v celkovom počte zvodov n vziať do úvahy.



Obr. 2 Výpočet podľa vzťahu 2, hlavné rozmery

Najkomplexnejší prístup je v norme popísaný na obrázku C.5. Bohužiaľ na komplikovaných a rozľahlých strechách je náročný na čas. No najviac vystihuje skutočnú deľbu bleskového prúdu pri údere blesku do objektu.



Obr. 3 Výpočet pomocou pomerného rozdelenia bleskového prúdu v jednotlivých vodičoch.

Legenda:

A, B, C sú body úderu blesku.

Pravidlá pri výpočte:

- 1) Prúd je v bodoch zásahu rozdelený počtom možných prúdových ciest do mrežovej zachytávacej sústavy.
- 2) Prúd sa znižuje na každom ďalšom spoji mrežovej sústavy o 50 %.
- 3) Prúd sa opäť znižuje o 50 %, ale hodnota k_c nesmie byť menšia ako $1/n$ (n – celkový počet zvodov).

Ak existujú vnútorné zvody, tak sa majú zobrať do úvahy. Hodnoty k_c sa majú brať do úvahy od bodu zásahu až po okraj strechy.

Výpočet v praxi:

Uvedený systém výpočtu si ale vieme zjednodušiť a komplexnejšie počítať pomocou matic alebo zmenou vysokonapäťového systému na nízkonapäťové systémy. Riešením je taktiež výpočet pomocou voľne šíriteľných programov pre výpočet slaboprúdových obvodov. Ukážkou je namodelovanie systému ochrany strechy v programe LT SPICE.

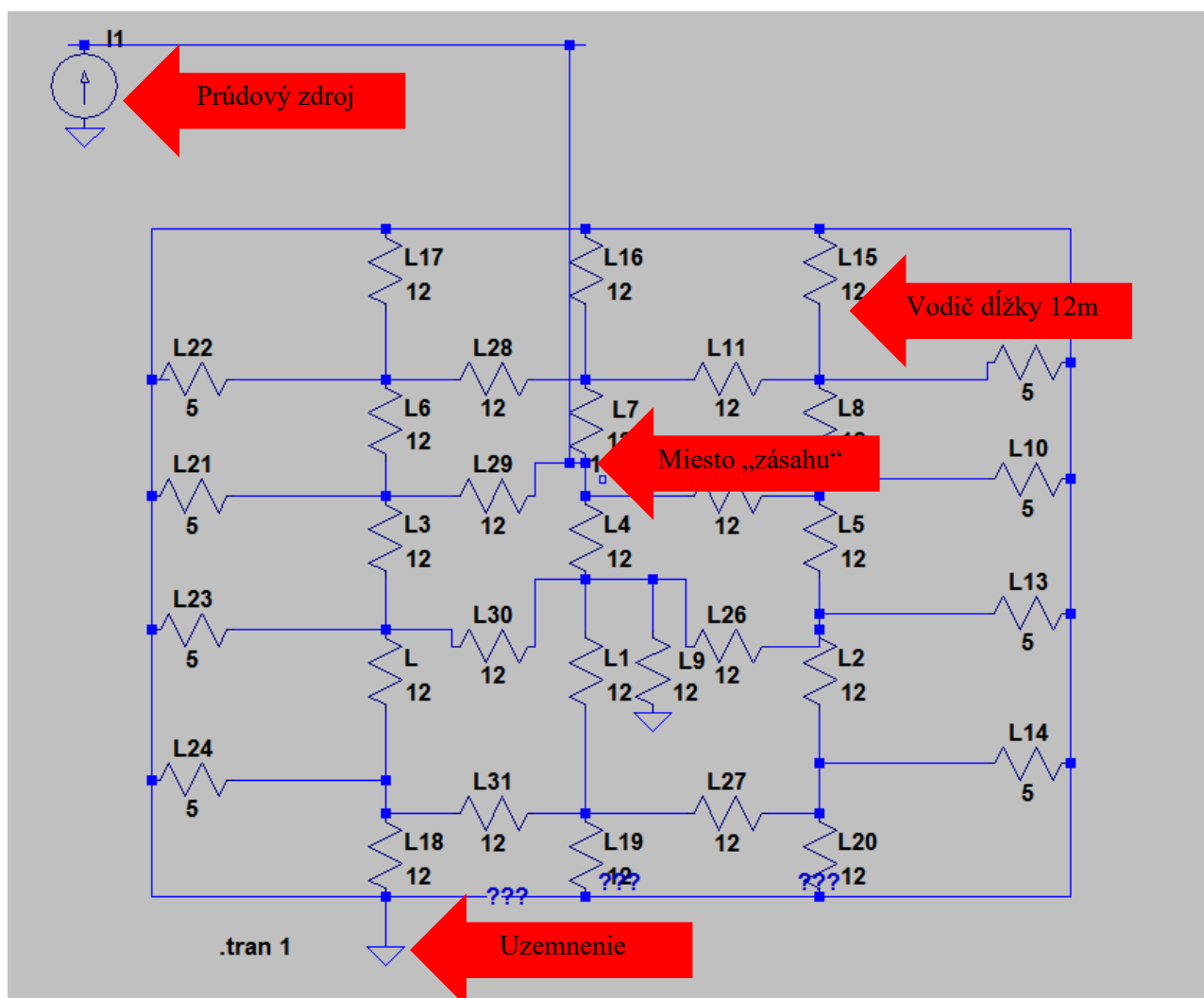
Dĺžka vodičov zachytávacej sústavy sa nahradí odporom vodiča v pomere 1 m vodiča = 1 Ω . Následne sa k obvodu pripája prúdový zdroj a meria sa napätie dosiahnuté na jednotlivých uzloch. Dané napätie vyjadruje „s“ pre preskok vo vzduchu.

Platia hodnoty DC prúdu zdroja pre jednotlivé LPL:

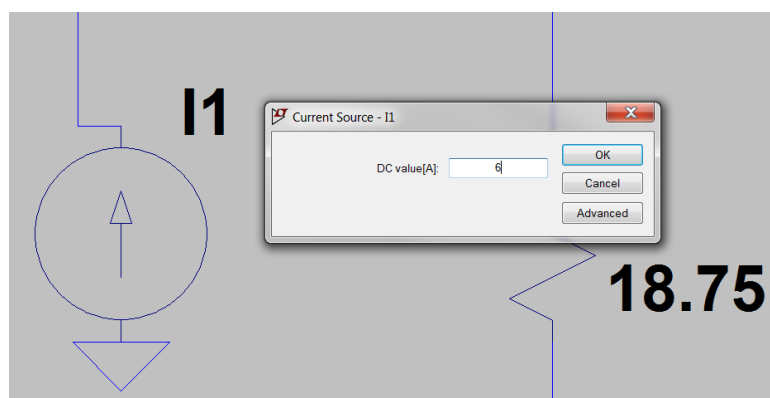
LPL I – 8 [A]

LPL II – 6 [A]

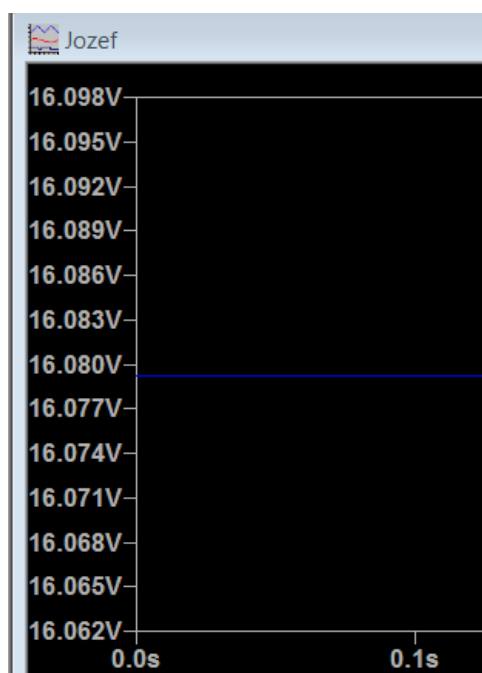
LPL III a IV - 4 [A]



Obr. 4 Príklad simulácie zachytávacej sústavy



Obr. 5 Nastavenie hodnoty prúdu prúdového zdroja



Obr. 6 simulovaná hodnota „s“ v mieste pripojenia zdroja vyjadrená vo [V].

OBO isCon® – dokonalé riešenie pre izolované bleskozvody

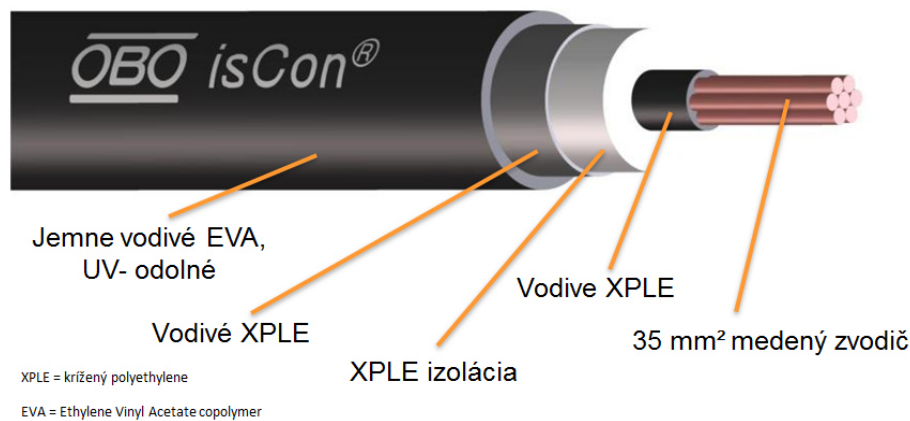
Stále komplexnejšie požiadavky architektov a stavebníkov vyžadujú od projektanta systému ochrany pred bleskom k jeho zhotoveniu v súlade s predpismi fundované odborné znalosti. Systém ochrany pred bleskom musí byť prispôsobený štruktúre budovy. Súčasne musí byť pri údere blesku zaručená jeho plná funkčnosť a tiež musí byť zaistená elektromagnetická kompatibilita inštalovaných elektrických zariadení. Významnú úlohu vo vonkajšej ochrane pred bleskom pritom zohráva oddiaľovacia vzdialenosť. Pre dodržanie bezpečnej oddiaľovacej vzdialenosti existuje celý rad zásad, na ktoré je treba dávať pozor. Vedenie OBO isCon® bolo vyvinuté pre jednoduché a bezpečné dodržanie oddiaľovacej vzdialenosti, a to aj v budovách so zložitou štruktúrou.



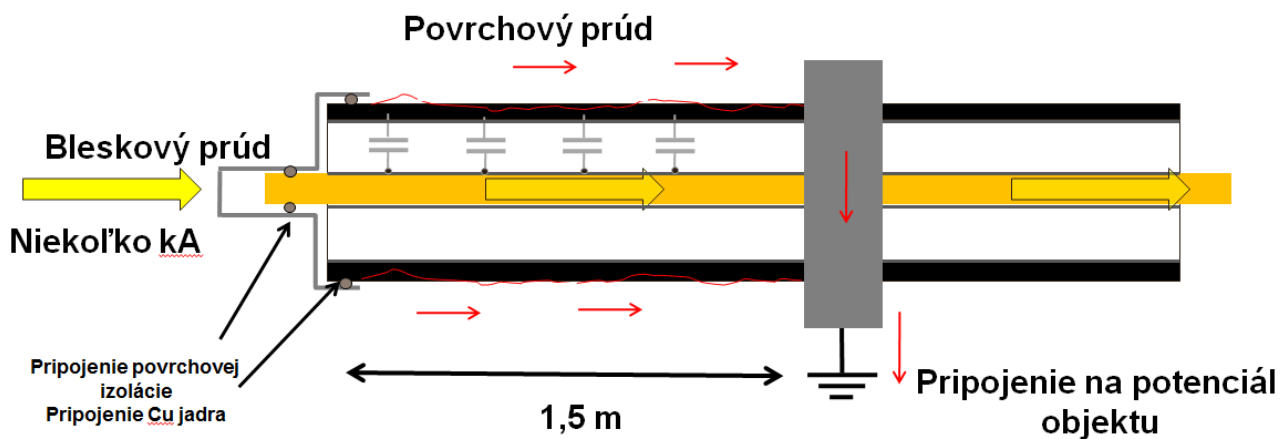
Obr.7 Príklad zachovania bezpečnej oddialenej vzdialenosti použitím izolačných tyčí z GFK

Pri udržaní bezpečnej oddialenej vzdialenosti nedochádza k preskoku bleskového výboja zo zachytávacej sústavy na chránenú časť stavby. Takýto systém ochrany sa nazýva ochrana oddialeným bleskozvodom. Pri zložitých konštrukciách sa používa na upevnenie zachytávacej tyče izolačná tyč z plastu zosilnená skleným vláknom GFK. Vzdialenosť „s“ je daná vzťahom (1).

Dodržanie bezpečnej oddialovacej vzdialenosti nie je možné u všetkých systémov (napr. plochá strecha s veľkou hustotou uloženia FV panelov na malom priestore). V takomto prípade je možné použiť napríklad vysokonapäťový vodič špeciálne skonštruovaný na zvedenie bleskových prúdov. Medzi takéto vodiče patrí aj **isCon® PRO+ 75 SW**, ktorý je špeciálne skonštruovaný na zvládanie vysokých prúdových zaťažení. Takýto vodič nahrádza oddialovaciu vzdialenosť vo vzduchu až na 750 mm a v pevných stavebných materiáloch až na 1500 mm. Konštrukcia tohto vodiča je na obr. 8.

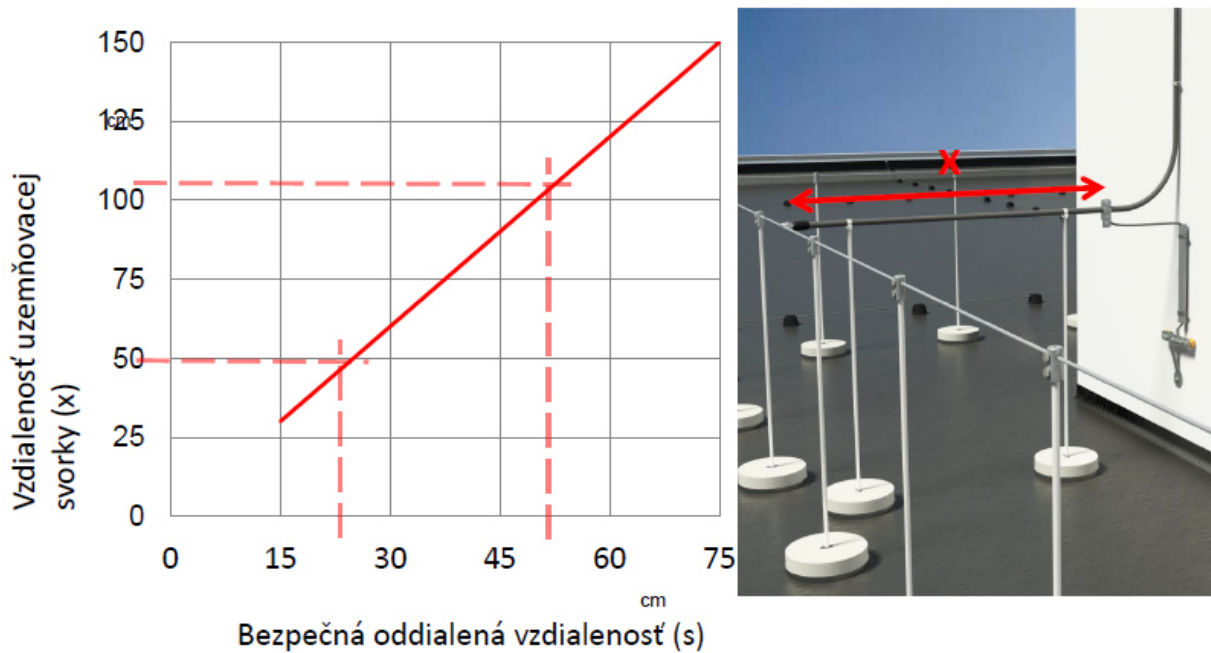


Obr.8 Konštrukcia vodiča isCon® PRO+ 75 SW



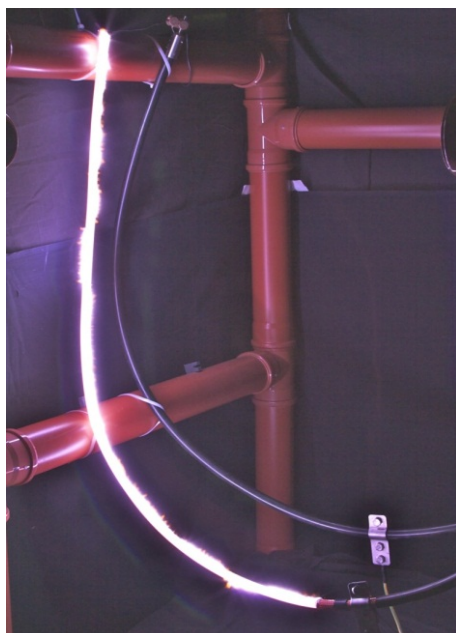
Obr. 9 Princíp fungovania isCon® PRO+ 75 SW

Na obr. 9 vidíme principiálne znázornenie fungovania vodiča pri zaťažení bleskovým prúdom. Pri údere blesku začne vodičom prechádzať bleskový prúd o veľkosti niekoľko desiatok kA a hrozí preskok na chránenú časť stavby. Štruktúra vodiča isCon® zabraňuje tomuto javu. Na obr. 8 vidíme, že vnútorné jadro tvorené z Cu drôtov je obalené hladkou vrstvou vodivého XPLE, ktorá vlastne vytvára skoro dokonalé hladké jadro, z čoho vyplýva, že sa znižuje gradient prúdu v jeho okolí. Nasledovná izolácia tvorená sieteným polyetylénom XPLE dokonale izoluje pretekajúci prúd vo vnútri vodiča. Podpovrchová a povrchová jemne vodivá vrstva izolácie má za úlohu zviest' povrchové prúdy, ktoré pretekajú od koncovky vodiča až po uzemnenie, ktoré musí byť vytvorené od konca tohto vodiča pre dosiahnutie maximálnych parametrov 1,5 m. Vzďialenosť pripojenia potenciálovej svorkovnice od konca vodiča je na obr. 10.



Obr. 10 Umiestnenie svorky pre pripojenie na potenciál

Ak by bol povrch kábla dokonale izolačný, tak by prúd nepreteká povrchom, ale tvorili by sa pri spoji koncovka – kábel výboje, keďže izolačná pevnosť vzduchu by bola menšia ako izolačná pevnosť povrchu kábla. Spomínané uzemnenie od koncov vodiča je vždy vzdialené maximálne 1,5 m a je pripojené k ekvipotenciálnemu vyrovnaniu stavby. Ekvipotenciálnou svorkou nesmie pretekať bleskový prúd a musí sa nachádzať v ochrannom uhle systému ochrany pred bleskom. Už po prvom pripojení potenciálu za pripojovacím prvkom nahrádza vedenie isCon® ekvivalentnú oddiaľovaciu vzdialenosť až 0,75 m vo vzduchu, čiže je možná inštalácia bezprostredne na kovové a elektrické nadstavby. Nedochádza k priamemu preskoku medzi zvodom a chráneným objektom. Pri skúške za pomoci Marxovho generátora s tvarom vlny 1,2/50 μ s sa porovnávalo správanie koaxiálneho kábla s tienením z Cu materiálu a špeciálneho vysokonapäťového vodiča isCon®. Na obr. 11 je znázornený prechod prúdov cez dané vodiče. Je jasne vidieť, že isCon® (čierny vodič) nejaví známky povrchových prúdov zatiaľ čo klasický koaxiálny kábel má na celom povrchu plazivý výboj.



Obr. 11 Testovanie vodičov bleskovým prúdom (OBO isCon® vs. Koaxiálny kábel)

Technické údaje:

Typ	isCon® BA 45 SW	isCon® PRO 75 SW	isCon® PRO+ 75 SW	isCon® PRO+ 75 GR	isCon® PR 90 SW
farba	čierna	čierna	čierna	šedá	čierna
ekvivalentná vzdialenosť pre vzduch (cm)	≤ 45	≤ 75	≤ 75	≤ 75	≤ 90
ekvivalentná vzdialenosť pre pevný materiál (cm)	≤ 90	≤ 150	≤ 150	≤ 150	≤ 180
priemer (mm)	~ 20	~ 20	~ 23	~ 26	~ 23
prierez Cu jadra	35 mm ²				
hmotnosť	~ 0,570 kg/m	~ 0,570 kg/m	~ 0,694 kg/m	~ 0,868 kg/m	~ 0,666 kg/m
inštalačná teplota	min. -5 °C, max. 40 °C				
prevádzkové teploty	min. -30 °C, max. 70 °C				
polomer ohybu	min. 200 mm	min. 200 mm	min. 230 mm	min. 260 mm	min. 230 mm
skúška bleskovým prúdom 10/350 μs	H1/150 kA	H1/150 kA	H1/150 kA	H1/150 kA	H2/200 kA

V súlade s normami

Prierez medeného jadra je 35 mm², čím je dodržaná normatívna podmienka na minimálny prierez medených zvodov podľa normy STN EN 62305, kde je definovaný minimálny prierez na 28 mm². Skúšaný podľa IEC TS 62561-8.

Ochrana živých bytostí pred dotykovým a krokovým napätím podľa STN EN 62305-3

Za určitých okolností, aj keď je ochrana pred bleskom vykonaná správne, dochádza k ohrozeniu živých bytostí krokovým alebo dotykovým napätím. Takýto druh nebezpečenstva ale vieme eliminovať aplikovaním nasledujúcich podmienok už v projekčnej fáze, alebo úpravou existujúceho projektu.

(POZNÁMKA 1: Krokové napätie vzniká preklenutím dvoch miest s rozdielnym potenciálom ľudským krokom o dĺžke 1 m. Elektrický prúd pritom preteká telom z jednej nohy do druhej.)

(POZNÁMKA 2: Dotykové napätie vzniká dotykom medzi súčasťou bleskozvodu (napr. zvod) a zemným potenciálom. Elektrický prúd pritom preteká telom z ruky do nohy.)

Podmienky na odstránenie / zmiernenie nebezpečenstva dotykového alebo krokového napätia:

1) Je potrebné zabezpečiť, aby sa do vzdialenosti 3 m od zvodu nepohybovali živé bytosti

túto podmienku si môžeme vyložiť viacerými spôsobmi:

- a) Architektonické alebo stavebné riešenie nedovoľuje osobám priblížiť sa k zvodu bližšie ako na 3 m
- b) Medzi zvomom a prístupom k nemu je umiestnená fyzická zábrana, ktorá zabraňuje priblíženiu sa
- c) Pri zvode je umiestnený výstražný štítok s varovaním (napr. s textom: „Pozor súčasť bleskozvodu, počas búrky sa nepribližovať do vzdialenosti 3 m.“

2) Stavba je navrhnutá tak, že je použitá sústava aspoň 10 zvodov vyhovujúca nasledujúcim podmienkam z normy STN EN 62305-3 časť 5.3.5 (uvedená časť pojednáva o náhodných súčiastkach stavby, ktoré sú použité ako zvody)

3) Rezistivita povrchovej vrstvy pôdy v okruhu do 3 m od zvodu nie je menšia ako 100 kΩ

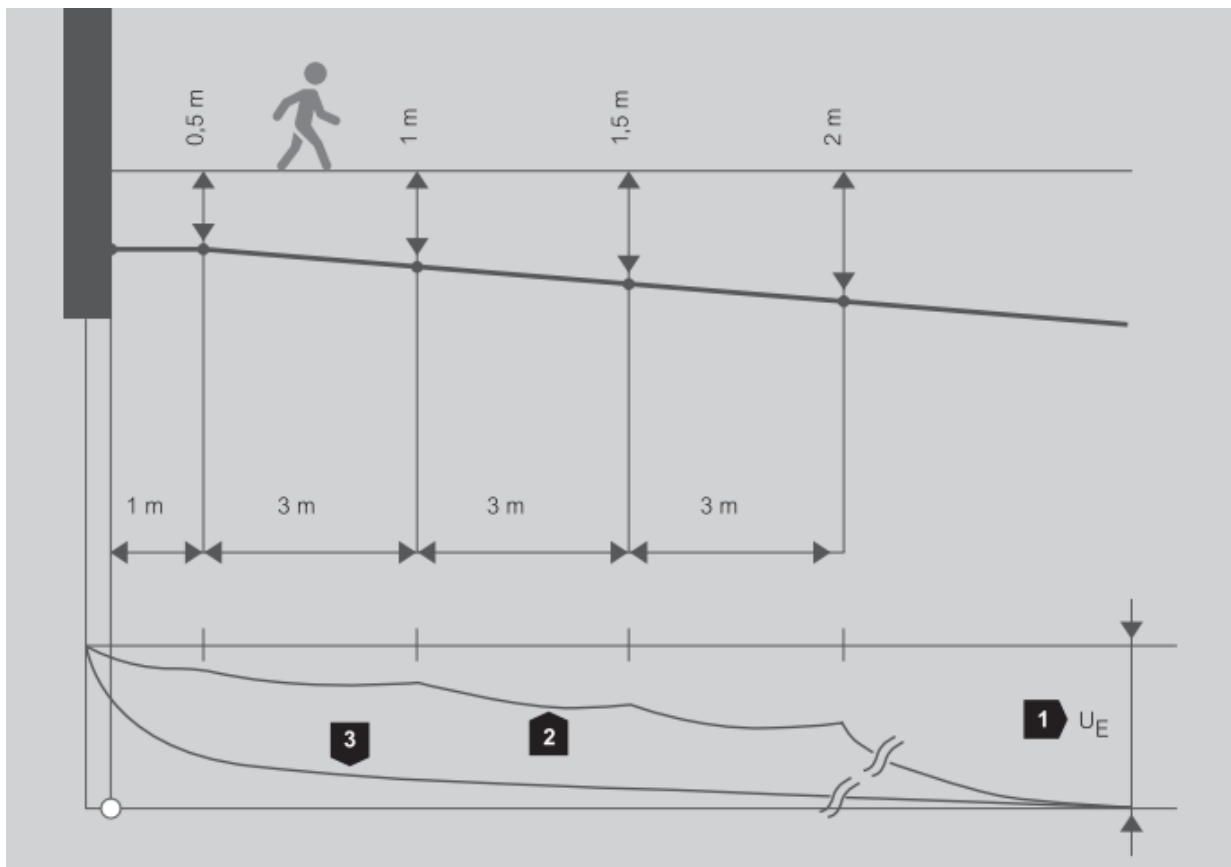
Uvedené hodnoty dokážeme dosiahnuť napríklad použitím izolačného materiálu:

- a) Asfalt s hrúbkou 5 cm
- b) Vrstva štrku s hrúbkou 15 cm

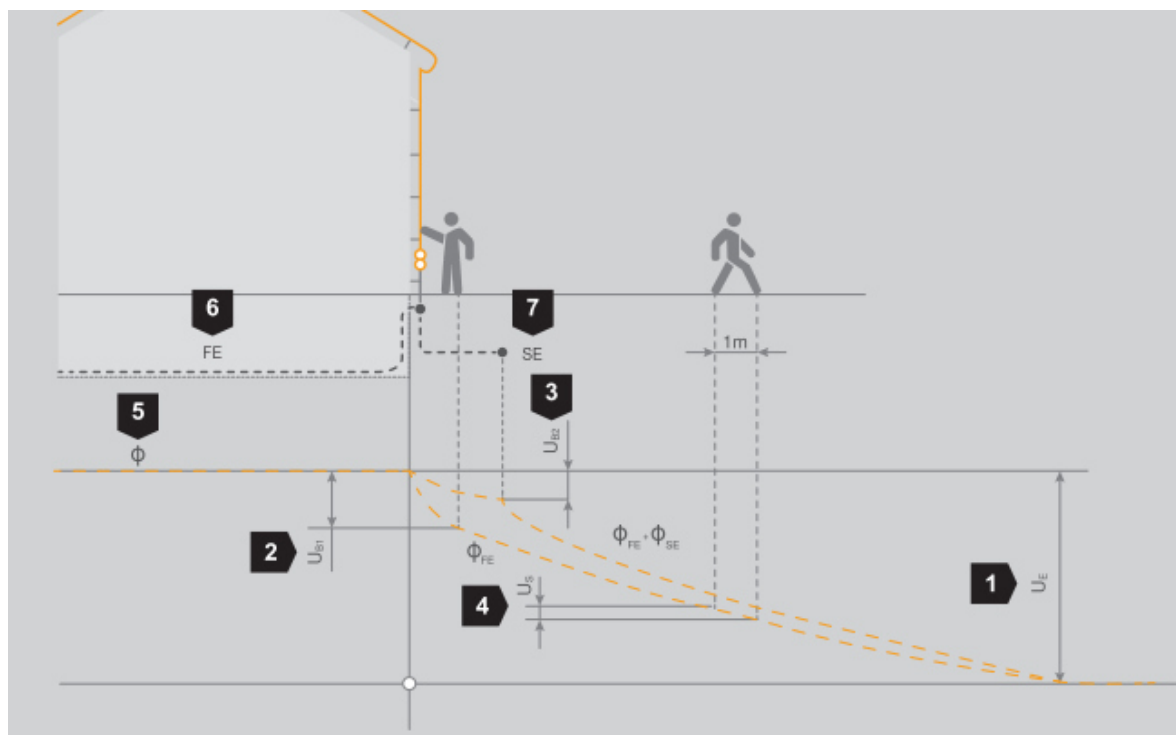
Ak nie sú dodržané uvedené podmienky je nutné pristúpiť k zavedeniu iných opatrení, alebo použijeme prostriedky uvedené v bode 1b, 1c.

Krokové napätie – vytvorenie ekvipotenciálneho vyrovnania mrežovou uzemňovacou sústavou:

Riadenie potenciálov znižuje krokové napätie v blízkosti stĺpov (stĺp vonkajšieho osvetlenia) alebo zvodov na budove. Do zeme sa ukladajú dodatočné uzemňovacie vedenia, ktoré sa navzájom prepoja tak, aby vytvorili mrežu (ekvipotenciálne vyrovnanie mrežovou uzemňovacou sústavou). V kovovej mreži sa rozkladá bleskový prúd a mreža zároveň redukuje pokles napätia a výsledné krokové napätia. S odstupom od stĺpu alebo zvodu sa uzemňovacie vedenie ukladá vždy o 0,5 m hlbšie s typickým rozstupom 3 m.



Obr. 12: Príklad riadenia potenciálov na stožiaroch osvetlenia (1 – zemniace napätie U_E , 2 – riadený potenciál, 3 – neriadený potenciál)



Obr. 13: Potenciál zemskeho povrchu a napätie pri prietoku prúdu základovým uzemňovačom a riadiacim uzemňovačom.

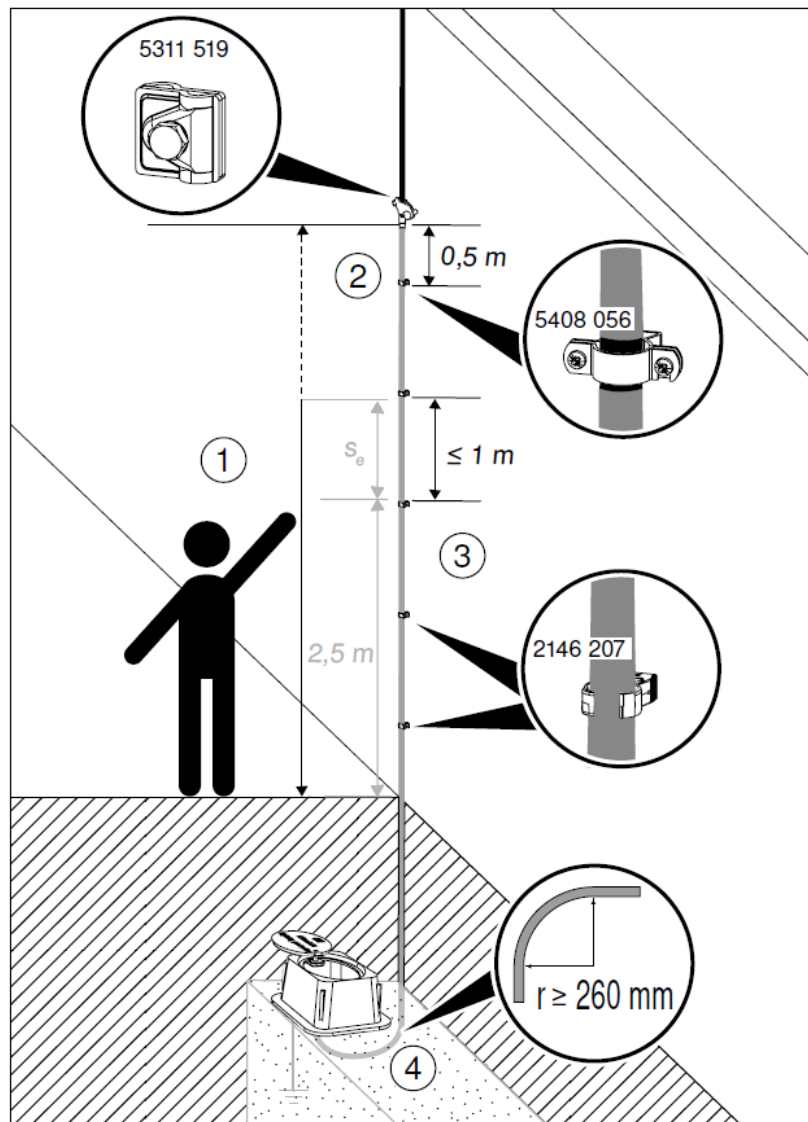
1	U_E : zemniace napätie
2	U_{B1} : dotykové napätie bez riadenia potenciálov (na základovom uzemňovači)
3	U_{B2} : dotykové napätia s riadením potenciálov (základový a riadiaci uzemňovač)
4	U_S : krokové napätie (bez riadiaceho uzemňovača)
5	Φ : potenciál zemskeho povrchu
6	FE: základový uzemňovač
7	SE: riadiaci uzemňovač (obvodový uzemňovač)

Dotykové napätie – izolácia odkrytého zvodu vyhovujúca impulznému výdržnému napätiu 100 kV, 1,2/50 μ s (napr. izolácia min. 3 mm zosieťovaným polyetylénom)

Uvedená podmienka je splnená napr. použitím vysokonapäťového zvodu s pridanou izoláciou. Aby sme docielili žiadaný efekt ochrany voči dotykovému napätiu v mieste zvodu, je nutné dodržať nasledujúce podmienky:

1. Zabezpečiť odstránenie všetkých nečistôt z dodatočnej izolácie.
2. Minimálna požadovaná dĺžka izolačného vysokonapäťového zvodu v mieste neželaného dotyku je minimálne 2,5 m + minimálna dostatočná vzdialenosť „s“ (v typických príkladoch je nutné vytvoriť zvod od 3 do 5 m).

3. V hornej časti napojenia klasického vedenia a vysokonapäťového izolovaného zvodu sa požaduje vytvoriť potenciálové pripojenie polovodivého plášťa (čierna vrstva) daného vodiča priamym uchytením o murivo. Pripojenie čiernej časti o murivo dosiahneme odstránením izolačnej šedej vrstvy vodiča isCon® pomocou kovovej podpery. Ak nie je možné priame potenciálové pripojenie o murivo, je nutné isCon® pripojiť o uzemnený parapet alebo dažďový zvod.



Obr. 14: Ochrana voči dotykovému napätiu isCon® Pro+75 GR

Ing. Jozef Daňo, obchodno-technický manažér
OBO Bettermann s.r.o.
www.obo.sk