

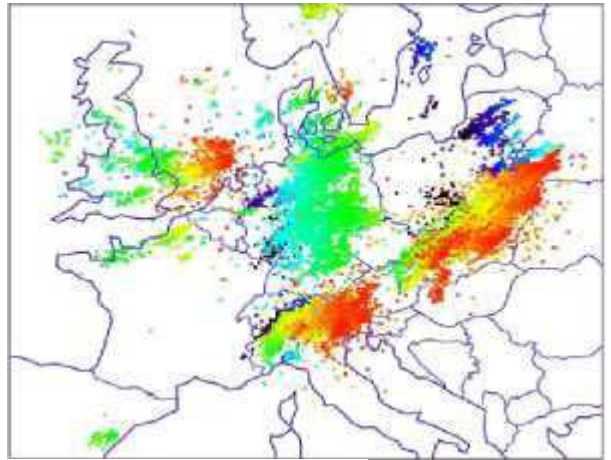
ÚČINNÁ VNĚJŠÍ OCHRANA POMOCÍ JÍMACÍHO SYSTÉMU nimbus

1. NÁSLEDKY BLESKU

Změny počasí v důsledku přírodních úkazů a činností člověka se stále více projevují v různých formách, jako je například zvýšená četnost a intenzita bouřek na celém světě. Podle statistik na zemi denně proběhne zhruba 44 tisíc bouřek a udeří asi 8 milionů blesků, které ohrožují osoby, budovy, různé stavby a materiály. Průměrné napětí blesku se odhaduje na 20 – 30 kA. Byly však zaznamenány i blesky o napětí až 200 – 300 kA.

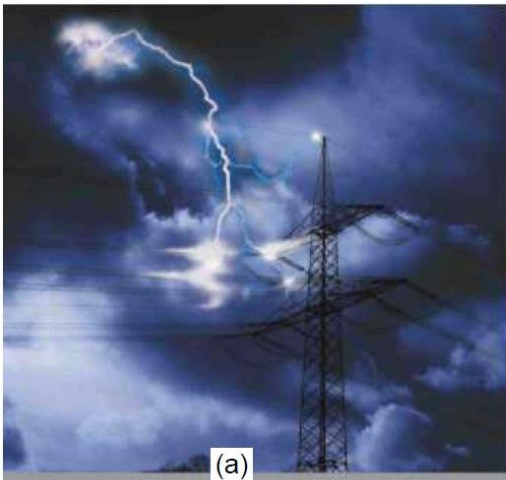
Hustota výskytu blesků se může v různých světových pásmech lišit, jak můžeme vidět například na Obr. 1, kde jsou znázorněny údery blesků zaznamenané dne 4.8.2001 Evropskou spoluprací pro zaznamenávání blesků (EUCLID) [1].

Na Iberském poloostrově každý rok udeří kolem dvou milionů blesků, které zabíjejí lidi či zvířata. Škody a poruchy způsobené bleskem bychom mohli vyčíslit v řádech mnoha milionů Eur ročně. Frekvenci a intenzitu bouřek v určité oblasti určuje charakteristika dané oblasti. Znalost oblastí s vysokým rizikem úderu blesku nám poskytuje důležité informace, abychom mohli účinně stanovit nejvhodnější typ ochrany před bleskem. Ničivé následky blesku může vyvolat jak přímý úder blesku tak nepřímá elektromagnetická indukce ve vodičích kabelech (Obr. 2). Přestože přímý úder může mít katastrofální následky pro osoby, zvířata a různé konstrukce, jako jsou budovy, průmyslové instalace, antény elektrárny (Obr. 2a), často jsou zaznamenávány i nepřímé následky blesku (Obr. 2b). Nepřímé následky blesku můžeme pozorovat, když blesk udeří do stavby nebo i do země a způsobí v elektrických vodičích a elektrických obvodech v rozsáhlé oblasti kolem bodu úderu rázové napětí, což může ovlivnit jak správný provoz průmyslových nebo domácích spotřebičů, tak způsobit nenapravitelné materiální ztráty a škody na připojeném zařízení.

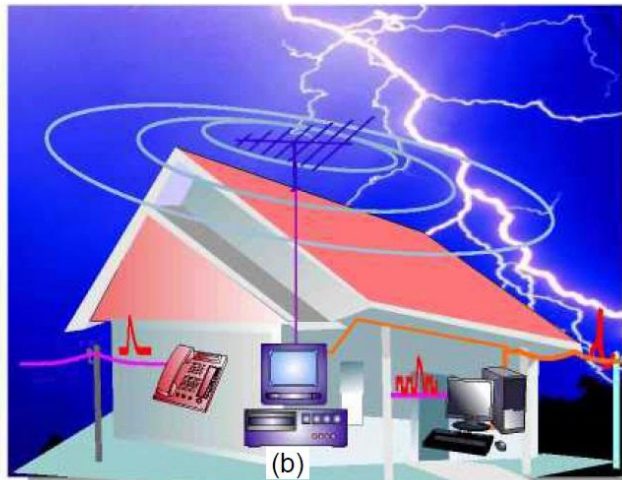


Obr. 1 Zaznamenání blesků nad Evropou 4.8.2001 (EUCLID)

Obr. 1 Zaznamenání blesků nad Evropou 4.8.2001 (EUCLID)



(a)



(b)

Obr.2 Údery blesku přímo (a) a nepřímo (b) ovlivňující elektrické rozvody a připojená zařízení

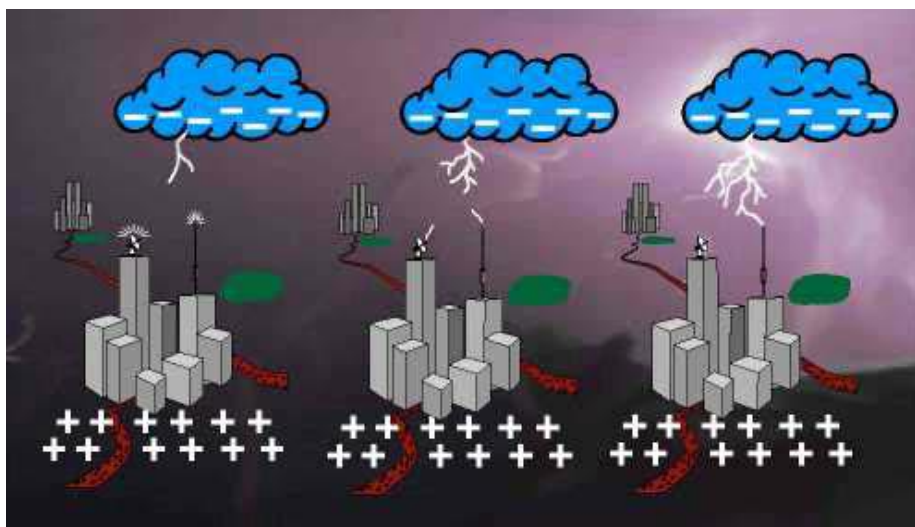
2. ŘEŠENÍ FIRMY CIRPROTEC PRO ÚČINNOU EXTERNÍ OCHRANU: HROMOSVOD nimbus

Rozhodnutí chránit instalaci proti blesku pomocí systému ochrany proti blesku se odvíjí od parametrů, jako je: pravděpodobnost výskytu blesků v oblasti, jejich intenzita a možné následky pro lidi, materiály a fungování instalací. Pro zajištění dostatečné ochrany musí být budovy opatřeny dvěma druhy ochrany: externí ochrana proti přímému dopadu úderu blesku (jímací systém s hromosvodem, drátový jímací systém, mřížový systém) a interní ochrana proti rázovému napětí způsobenému úderem blesku na vodičích elektrické sítě [2] a/nebo na signalizačních obvodech různých přístrojů a instalací.

Externí a interní ochrana vyžaduje dobrý uzemňovací systém pro rychlé odvádění vysokého napětí blesku a stejný potenciál v rámci uzemňovacího systému jak u systému ochrany, tak u elektrických obvodů, které se mají chránit. Pro snadnější pochopení systému externí ochrany, který nabízí firma CIRPROTEC, uvádíme stručný popis mechanismu výboje blesku.



2.1 MECHANISMUS VÝBOJE BLESKU



a) b) c)
Obr.3 Mechanismus výboje blesku na hromosvodu

Za bouřky dochází k rozdělení náboje v mraku v důsledku tření a srážek mezi kapkami různých rozměrů. Obecně se centrum záporného náboje přesunuje do spodní části mraku v důsledku přesunu náboje elektronu způsobeného těžkými kapkami a kroupami a vytváří na povrchu země opačný náboj, zatímco lehčí částice s kladným nábojem se mohou prouděním vzduchu dostat do vyšší části mraku. Elektrické napětí mezi mrakem a zemí může dosahovat řádově 10 – 15 milionů voltů a elektrické

pole může přesáhnout 5kV/m na zemi, čímž podnítl vznik koronových výbojů ze zemského povrchu či kovových částí.

Mezi spodní částí mraku a hromosvodem (Obr. 3)

může vzniknout tak silné elektrické pole, že dojde k emisi malých elektrických výbojů z mraku (sestupné výboje, Obr. 3a). Dielektrický odpor vzduchu proti výboji blesku je kolem 3kV/m, nicméně tato hodnota závisí na stupni kontaminace, teplotě, vlhkosti, tlaku a elektromagnetickém záření (místní podmínky) v dané oblasti.

Díky vysoké hodnotě indukovaného elektrického pole na zemi vytvoří špička hromosvodu příslušný stoupající výboj (Obr. 3b) a obvod se uzavře výbojovým proudem mezi 10 a 200 či více kA (Obr. 3c). Síla blesku může dosáhnout až 20 GW. Zhruba v 80 % případů směr výboje tvoří záporný sestupný výboj (z mraku k zemi), v opačném případě (záporný výboj ze země k mraku) je intenzita výboje větší. Kladný náboj na spodní části mraku v tomto případě zřejmě vytvářejí jemné kroupy, které jsou kladně nabitě při teplotě nad 15°C a záporně nabitě při nižších teplotách.

2.2 HROMOSVOD S NAPÁJECÍM ZAŘÍZENÍM: nimbus

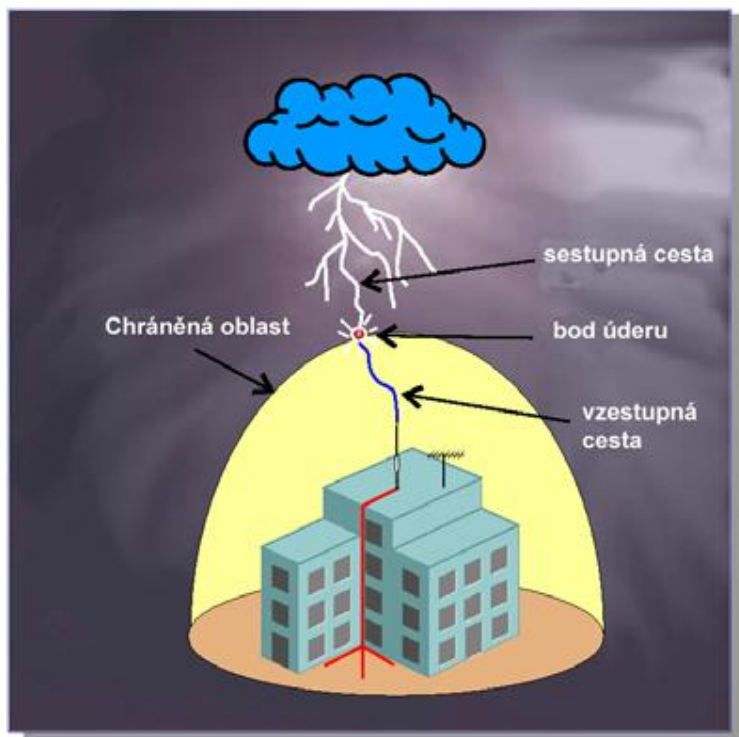
Firma CIRPROTEC má bohaté zkušenosti v oblasti ochrany proti blesku, díky kterým může poskytnout nejlepší řešení pro externí a interní ochranu. Co se týče externí ochrany, představuje produkt **nimbus** účinný hromosvod s napájecím zařízením, který umožňuje zvýšit chráněnou oblast oproti tradičním systémům.

PRINCIP FUNGOVÁNÍ

Pomocí napájecího zařízení systém vysílá vysokonapěťový signál s určitou frekvencí a amplitudou. Jeho účinnosti se dosáhne díky vytvoření vzestupné cesty k sestupné cestě úderu blesku, a tím se určí včasný výboj; od toho také název přístroj se včasným výbojem (Early Streamer Emission (E.S.E.) device). Tímto způsobem se bod úderu dostane nad chráněnou stavbu, čímž se zvětší rádius chráněné oblasti v porovnání se standardním hromosvodem (Obr. 4).

VÝHODY

Když se blesk řítí k zemi, může dojít k vytvoření výboje na jakékoli vyvýšené struktuře. Systémy pasivní ochrany, jako je hromosvod tvořený samostatnou tyčí, drátový nebo mřížový hromosvod (Obr. 5) zachytí jen výboje, které by chráněná stavba dostala v důsledku nedostatečnosti záchytného systému, který přitahuje blesky. Napájecí zařízení typu **nimbus** do vzduchu uvolňuje elektrické výboje, aby vznikla preferenční cesta výboje blesku. Tímto způsobem zajišťuje zvýšenou účinnost zachycení blesku. Ionizace vzduchu nevzniká kontaminací zdrojů jako v případě hromosvodů založených na radioaktivitě, a proto **nimbus** představuje čistý, ekologický systém.

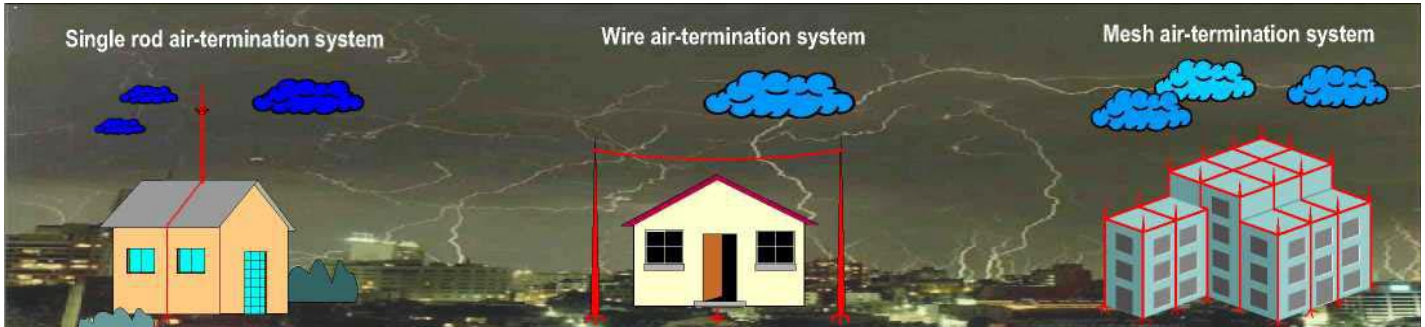


AUTONOMIE ENERGIE

Hromosvod **nimbus** nepotřebuje žádný přídavný zdroj energie jako jiné jímací systémy. Vysílací zařízení získává energii pro vytvoření vysokonapěťových signálů z elektromagnetického pole, které se při bouřkách vytváří automaticky. Toto je velmi důležitá vlastnost, která zaručuje ekonomické fungování systému aktivní ochrany **nimbus** díky vlastní schopnosti dodávat energii.

SROVNÁVACÍ ANALÝZA

Na obrázku 5 jsou zobrazeny běžné pasivní systémy a jejich hlavní vlastnosti. Obecná vlastnost ochranných systémů je na Obr. 5b a c a jedná se o zvýšenou spotřebu materiálu. Na Obr. 6 je znázorněno srovnání ochrany pomocí aktivního systému **nimbus** s mřížovým systémem. Je zde vidět malá spotřeba materiálu, která je typická pro systém zobrazený na Obr. 5a, a výrazně vyšší účinnost, jak je znázorněno níže.



Obr.5(a). Jímací systém využívající samostatného hromosvodu: hromosvod je umístěn výše než jakýkoli jiný bod oblasti nebo budovy, která se má chránit, a jeho účelem je zachytit výboj a odvést jej do země.

Hlavní vlastnosti

- zachycovací hromosvod s jímací tyčí.
- více svodů
- rozpojení na každém svodu za účelem testování měrného odporu stavby.
- ochranný prvek proti mechanickým silám v posledních dvou metrech svodu.
- uzemňovací elektroda pro každý svod.
- ekvipotenciální propojení uzemňovacích elektrod a běžný uzemňovací systém.

Obr.5(b). Drátový jímací systém: ochranu tvoří jeden nebo více drátů umístěných nad instalací nebo oblastí, která se má chránit. Svody jsou svedeny k zemi prostřednictvím jímacích tyčí na každé straně. Chráněnou oblast tvoří oblast mezi jímacími tyčemi nebo svody.

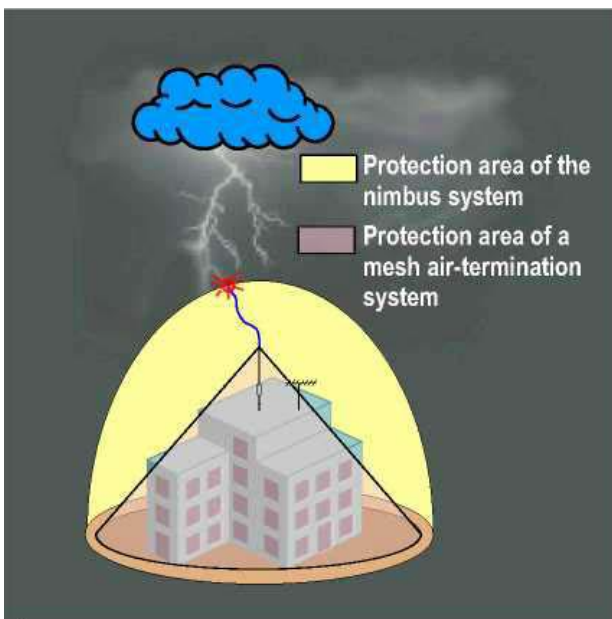
Hlavní vlastnosti

- více drátových svodů.
- jímací tyč na každém svodu.
- uzemňovací elektroda pro každý svod.
- ekvipotenciální propojení uzemňovacích elektrod a běžný uzemňovací systém.

Obr. 5 (c). Mřížový jímací systém: systém tvoří několik jímacích bodů vzájemně propojených svody. Tak se vytvoří síť, která je rozšířena o svody vedoucí k zemi.

Hlavní vlastnosti

- mnohočetné jímače.
- spojovací síť pro jímače.
- jeden svod pro každý jímač.
- jedna uzemňovací elektroda pro každý svod.
- ekvipotenciální propojení uzemňovacích elektrod a běžný uzemňovací systém.



Obr.6 Srovnání chráněné oblasti u systému **nimbus** s ochranným systémem mřížového typu.

nimbus je aktivní systém, který uvolňuje elektrické výboje s opačnou polaritou, než mají blesky. Tímto způsobem systém dokáže přitáhnout blesk a zvednout bod úderu výše nad stavbu, která se má chránit, čímž se vytvoří větší ochranná plocha, než jakou poskytují standardní hromosvody. Tato situace je znázorněna na Obr. 6, kde můžeme vidět, že ochranná oblast, kterou poskytuje tento systém, je větší, než oblast poskytovaná jinými ochrannými prostředky (mřížový jímací systém), takže s jediným ochranným prvkem je možné zajistit ochranu větších budov a/nebo různých staveb (viz také kap. 3.1).

Hromosvody **nimbus** se z tohoto hlediska nechovají jako jeden jímač mřížového jímacího systému, ale spíše jako všechny jímače, které by byly potřeba pro ochranu celé oblasti. Dá se tudíž velice ušetřit díky úsporám na materiálu, jako je počet svodů, zemničů, ekvipotenciálního propojení, atd. V porovnání s ostatními systémy tento systém rovněž nabízí výhody, co se týče ochrany otevřených prostranství, jako jsou hřiště pro volný čas a/nebo sportovní hřiště, skladové prostory, atd. Systém **nimbus** má tudíž jako aktivní operační systém důležité technické výhody a nižší náklady v porovnání s ostatními systémy pro pasivní jímání.

3. VÝBĚR HROMOSVODU nimbus

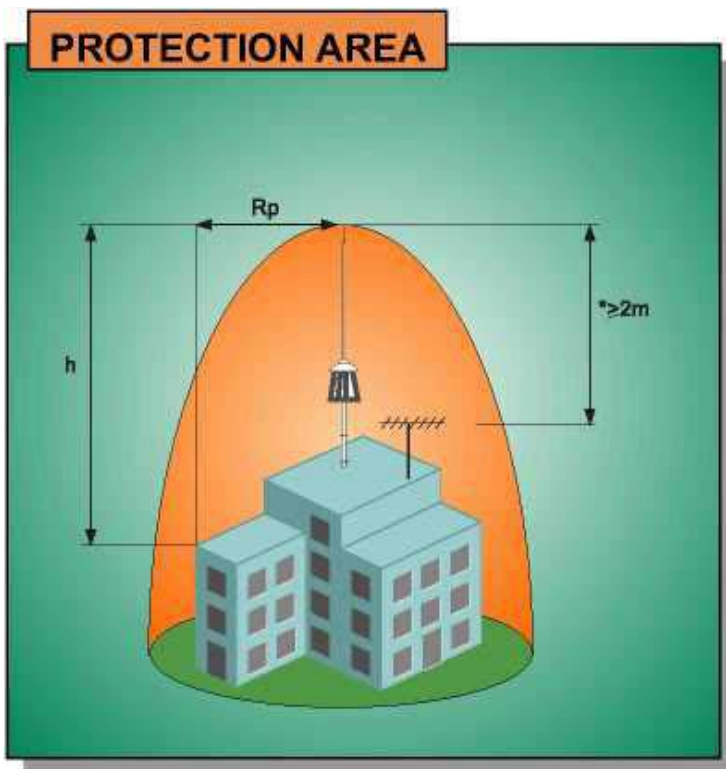
3.1 STUPNĚ OCHRANY

Podle norem UNE 21186:2011 a NFC 17-102:2011 představuje stupeň ochrany ohodnocení ochranného jímacího systému znázorňující jeho účinnost. Abychom mohli učinit správné rozhodnutí ohledně instalace hromosvodu na budovu, musíme posoudit několik faktorů, jako je:

1. pravděpodobnost rizika úderu blesku určená podle průměrné hustoty úderů blesků v dané oblasti vyjádřené v počtu blesků za rok na km² a;
2. hladina škody, kterou může vlastní blesk způsobit.

Firma CIPROTEC má dostatečné zkušenosti, díky kterým dokáže vybrat optimální řešení pro externí a interní ochranu proti úderům blesku a jejich nepřímých následkům [2]. Podle těchto zkušeností a podle doporučení norem UNE 21186:2011 a NFC 17-102:2011 se může jednat o následující případy, které vyžadují instalaci hromosvodu pro zamezení následkům úderů blesků a jejich nepřímým následkům:

- Veřejné budovy nebo otevřená prostranství s nepřetržitou přítomností velkého množství lidí.
- Vysoké budovy nebo osamocené stavby (komíny, majáky, telekomunikační antény...)
- Budovy obsahující nebezpečné materiály (výbušniny, hořlaviny, toxické zboží ...)



Podle norem UNE 21189:2011 a NFC 17-102:2011 je třeba posoudit čtyři stupně ochrany:

Stupeň I: maximální ochrana. Doporučuje se pro budovy a plochy s osobami, plochy s vysokým výskytem blesků za rok, izolované a nechráněné prostory, atd.

Stupeň II: velmi vysoká ochrana. Doporučuje se pro ochranu osob a konstrukcí v oblastech se středním výskytem blesků za rok.

Stupeň III: vysoká ochrana. Doporučuje se pro ochranu konstrukcí v oblastech s nižším výskytem blesků za rok, oblasti v urbanizační zóně atd.

Stupeň IV: standardní ochrana. Doporučuje se pro ochranu konstrukcí v oblastech s nízkým výskytem blesků za rok, konstrukce s omezenou výškou, atd.

Poznámka: z důvodů bezpečnosti je nutné zvážit stupeň I.

Hlavními parametry, které je třeba posoudit pro výběr hromosvodu, jsou stupeň ochrany a ochranný rádius (R_p) (Obr. 7), jak je popsáno v normách UNE 21189:2011 a NFC 17-102:2011 [3]. Pro výpočet ochranného rádiu je možné použít následující rovnici:

$$R_p = \sqrt{h(2D-h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \quad h \geq 5 \text{ (1)}$$

kde:

D je vzdálenost úderu, která určuje ochranný stupeň;

h je celková uvažovaná výška ochrany, od špičky hromosvodu k ploše, která má být chráněna;

ΔL je délka stoupajícího výboje získaná pomocí aktivního hromosvodu **nimbus** ve vztahu k tradičnímu pasivnímu systému.

Z rovnice (1) je vidět, že příspěvek k ochrannému rádiu dané členem $\Delta L(2D + \Delta L)$, které poskytuje hromosvod **nimbus**, je velmi důležité, jelikož se tak získají hodnoty více jak 2 krát větší než hodnoty odpovídající pasivním tradičním systémům.

R_p : ochranný rádius

h : Výška od špičky hromosvodu **nimbus** k exponovanému povrchu budovy

* Špička hromosvodu musí být alespoň 2m nad jakýmkoli dalším bodem konstrukce.

Obr.7. Průřez zobrazující ochranné parametry hromosvodu **nimbus**.

3.2 VÝBĚR HROMOSVODU nimbus

Tabulka 1: Parametry pro výběr hromosvodu nimbus

Ochranný poloměr R(m)																
Úroveň ochrany	Úroveň ochrany I (D=20m)				Úroveň ochrany II (D=30m)				Úroveň ochrany III (D=45m)				Úroveň ochrany IV (D=60m)			
h(m)	Typ 15	Typ 30	Typ 45	Typ 60	Typ 15	Typ 30	Typ 45	Typ 60	Typ 15	Typ 30	Typ 45	Typ 60	Typ 15	Typ 30	Typ 45	Typ 60
2	13	19	25	31	15	22	28	35	18	25	32	39	20	28	36	43
5	32	48	63	79	37	55	71	86	45	63	81	97	51	71	89	107
10	34	49	64	79	40	57	72	88	49	66	83	99	56	75	92	109
20	35	50	65	80	44	59	74	89	55	71	86	102	63	81	97	113
30	34	49	64	79	45	60	75	90	58	73	89	104	69	85	101	116
40	29	46	62	77	44	59	74	89	60	75	90	105	72	88	101	118
50	18	40	58	74	40	57	72	88	60	75	90	105	74	89	105	120
60	-	30	51	69	34	52	69	85	58	73	89	104	75	90	105	120

h: výška (v metrech) mezi špičkou bleskosvodu a nejvyšším povrchem, který má být chráněn

Tyto čtyři modely hromosvodu nimbus je možné použít pro ochranu konstrukcí podle ochranných stupňů I, II, III nebo IV. Jakmile se stanoví požadovaný stupeň ochrany a rádius chráněné oblasti, ve které se budova nebo předmět zájmu nachází, pak se z tabulky ochrany pomocí hromosvodu nimbus (Tabulka 1) zjistí vhodný model hromosvodu nimbus (NIMBUS 15, NIMBUS 30, NIMBUS 45 nebo NIMBUS 60), který se má v každém konkrétním případě použít. Údaje v této tabulce byly získány se zohledněním norem NF C 17-102:2011 a UNE 21186:2011 [3].

Na Obr. 8 jsou znázorněny čtyři základní modely nimbus: NIMBUS 15, NIMBUS 30, NIMBUS 45, NIMBUS 60.



NIMBUS 15

NIMBUS 30

NIMBUS 45

NIMBUS 60

Hromosvody nimbus řady CPT jsou vyrobeny v souladu s normami UNE 21186:2011 a NF C17-102:2011.

Modely hromosvodu nimbus řady CPT jsou vyrobeny z nerez oceli AISI-316 v souladu s předpisem systému jakosti ISO 9001-2000.

Jímací systém nimbus se snadno instaluje a vykazuje vysokou účinnost v porovnání s ostatními tradičními systémy.

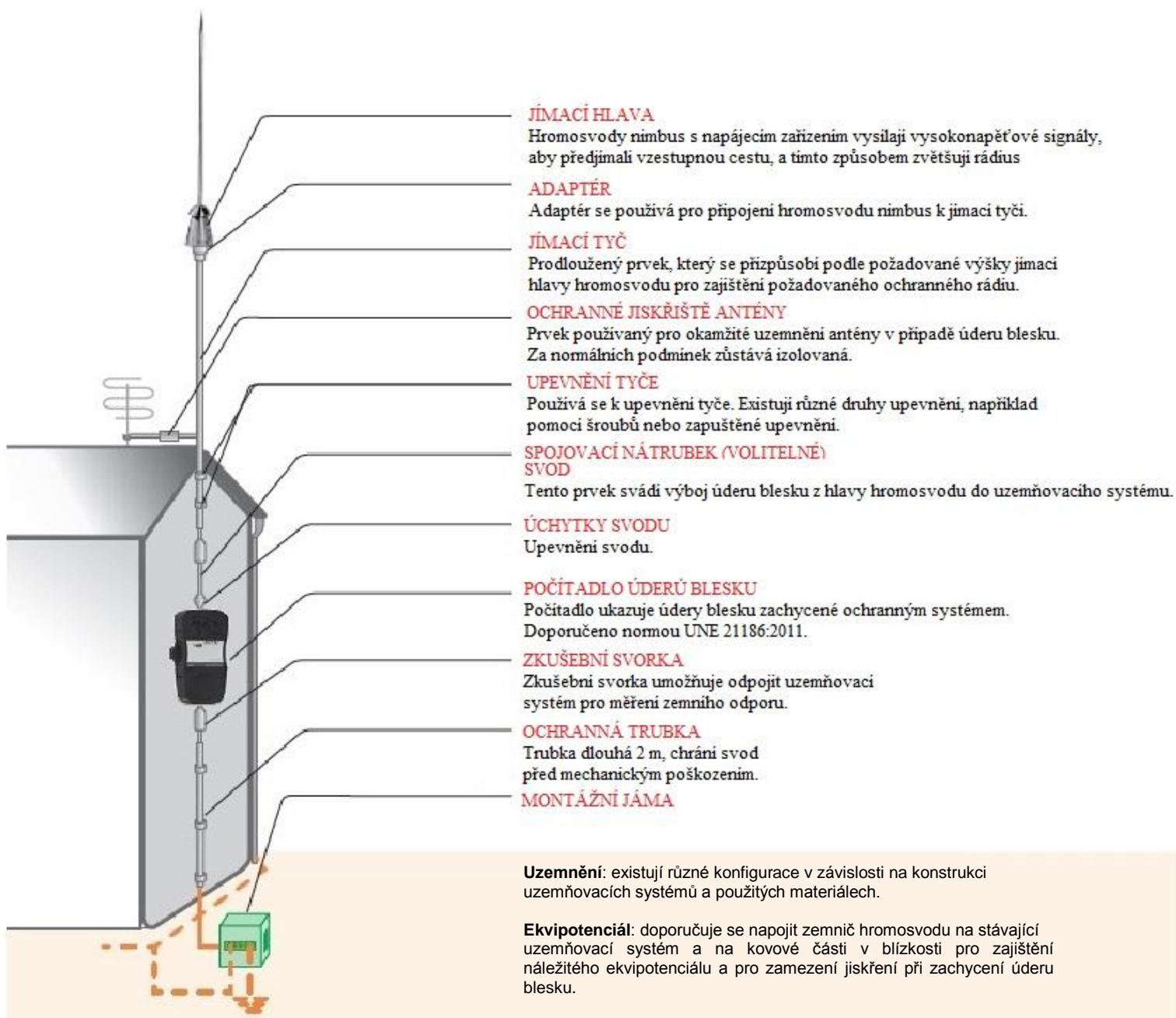
Jímací systém nimbus obsahuje všechny součásti nezbytné pro instalaci včetně počítače výbojů CDR-401, které je zobrazeno na obr. 9 a které je nezbytné pro kontrolu a údržbu ochranných hromosvodů.



Obr. 9
Počítadlo úderů blesku CDR-401

4. INSTALACE HROMOSVODŮ nimbus

Pro instalaci hromosvodu **nimbus** je nezbytné použít všechny součásti, ze kterých se systém skládá, jak je uvedeno níže.



Obr. 10 Instalace jímacího systému **nimbus**

5. Závěry

- Klimatické změny ve světě v důsledku přírodních úkazů a činností člověka vyžadují adekvátní ochranné systémy proti úderům blesků a jejich ničivým následkům.
- Hromosvod **nimbus** je aktivní ochranný systém s napájecím zařízením, což není okolní kontaminační činitel jako v případě systémů založených na radioaktivitě.
- Hromosvod **nimbus** zaručuje velice účinnou a efektivní ochranu proti úderům blesků díky napájecímu zařízení, které umožňuje zhruba dvakrát zvýšit ochranný rádius oproti tradičním pasivním systémům.
- Kromě účinné ochrany představují hromosvody **nimbus** řady CPT také ekonomické ochranné systémy v porovnání se systémy mířového typu a dalšími podobnými systémy díky nízké spotřebě materiálů a rychlé instalaci.
- Napájecí zařízení umožňuje zvětšit délku stoupajícího výboje a tím ochranný rádius, a to za ekonomických podmínek, jelikož není zapotřebí žádný přídavný zdroj energie jako u jiných jímacích systémů, protože tento elektronický přístroj získává energii pro vysílání vysokonapěťových signálů z elektromagnetického pole, které se za bouřky vytváří automaticky.
- Hromosvody **nimbus** řady CPT se vyrábějí v souladu s normami UNE 21 186:2011 a NF C17-102:2011, které požadují adekvátní ochranu odpovídající každému ze čtyř stanovených stupňů ochrany (stupeň I až stupeň IV).

- Hromosvody **nimbus** řady CPT zajišťují adekvátní ochranu, která pokrývá požadavky ochranných stupňů, jak jsou definovány v normách UNE 21 186:2011 a NF C17-102:2011, a podle konkrétních podmínek v každém případě použití.
- Pro usnadnění použití hromosvodů **nimbus** v každém projektu slouží tabulka udávající ochranný rádius, který se vypočte jako funkce ochranné výšky.
- Abychom vyhověli širokému spektru použití a podmínkám kvality, vyrábí se modely CPT hromosvodu **nimbus** v souladu s předpisy systému jakosti ISO 9001:2000 ve čtyřech různých modelech: NIMBUS 15, NIMBUS 30, NIMBUS 45, NIMBUS 60.
- Jímací systém **nimbus** se snadno instaluje a umožňuje využívat všechny nezbytné instalační součásti včetně počítadlo úderu blesků CDR-401, které je nepostradatelné pro adekvátní kontrolu a údržbu ochranného systému.

REFERENCE

1. U. Finke a O. Kreyer, Detect and Locate Lightning Events from Geostationary Satellite Observations (*Zaznamenání a lokalizace blesků z geostacionárních satelitních pozorování*; část 1), Institut meteorologie a klimatologie, Univerzita v Hannoveru (září, 2002), www.eumetsat.int/en/area4/pps/ExpertMeetings/Reports/Finke_part1.pdf
2. Základní katalog firmy CIRPROTEC a www.cirprotec.com
3. Ochrana staveb a volných ploch proti blesku s použitím jímačů se včasnou emisí výboje, NF C17 102:2011 a UNE 21 186:2011