

Systemové řešení ochrany před bleskem

Vladimír Pavelka

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav krizového řízení
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vladimír Pavelka**
Osobní číslo: **L15236**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Ovládání rizik**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Systémové řešení ochrany před bleskem**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte teoretickou rešerši v oblasti ochrany před bleskem.
2. Analyzujte a aplikujte systém ochrany před bleskem na konkrétní objekt.
3. Navrhněte opatření na minimalizaci rizik ve vybraném objektu.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] **Nový lexikon revizního technika. Havířov: IRIS, c2009. ISBN 978-80-904180-2-8.**

[2] **KLIMŠA, David. Vnější a vnitřní ochrana před bleskem. Praha: IN-EL, 2009. Elektro (IN-EL). ISBN 978-80-86230-48-1.**

[3] **BURANT, Jiří. Blesk a přepětí: systémová řešení ochran. Praha: FCC Public, 2006. ISBN 978-80-86534-10-3.**

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Slavomíra Vargová, Ph.D.

Ústav krizového řízení

Datum zadání bakalářské práce:

4. září 2018

Termín odevzdání bakalářské práce:

21. září 2018

V Uherském Hradišti dne 4. září 2018

doc. RNDr. Jiří Dostál, CSc.
děkan



Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 autorského zákona mohou užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se bakalářská práce skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

V Uherském Hradišti 17. září 2018

.....
podpis studenta

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy. Vysoká škola disertační práce nezveřejňuje, byla-li již zveřejněna jiným způsobem.

(2) Bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

(4) Vysoká škola může odložit zveřejnění bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce nebo jejich částí, a to po dobu trvání překážky pro zveřejnění, nejdéle však na dobu 3 let. Informace o odložení zveřejnění musí být spolu s odůvodněním zveřejněna na stejném místě, kde jsou zveřejňovány bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, již se týká odklad zveřejnění podle věty první, jeden výstik práce k uchování ministerstvu.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlížde k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Práce pojednává o důležitém bezpečnostním prvku, ochraně před bleskem. S tím spojené je v teoretické části vymezení základních pojmů včetně historie, současnosti a aktuálně platné legislativy. Následně je vysvětlen praktický postup při výběru vhodné ochrany před bleskem. Výstupem práce je návrh vhodné ochrany (ve spolupráci s projektantem) před bleskem konkrétního průmyslového objektu, včetně jeho montáže a posouzení aktuálního stavu objektu s návrhem opatření na minimalizaci rizik v průmyslovém objektu.

Klíčová slova:

Hromosvod, jiskření, proud, elektromagnetické pole, výchozí revizní zpráva, prostředí, české státní normy, Technická inspekce České republiky.

ABSTRACT

The work deals with an important security feature, protection from lightning. In the theoretical part, it is related to the definition of basic concepts including history, present and current legislation. Subsequently, the practical procedure for selecting the appropriate protection against lightning is explained. The output of the work is to design a suitable protection (in cooperation with the designer) against the lightning of a particular industrial object, including its installation and assessment of the current state of the building with a proposal for measures to minimize the risks in an industrial building.

Keywords:

Lightning, spark, current, electromagnetic field, initial inspection report, environment, Czech state standards, Technical Inspection of the Czech Republic.

Tímto děkuji vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Slavomíře Vargové PhD., za svědomité vedení a poskytnutí cenných odborných rad a připomínek, které přispěly ke zdárnému dokončení této bakalářské práce.

Velké díky patří také mé rodině za vzornou podporu a trpělivost v průběhu celého studia.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HISTORIE A SOUČASNOST OCHRANY PŘED BLESKEM	12
1.1 OCHRANA PŘED BLESKOVÝM PROUDEM A PŘEPĚTÍM PRO NAPÁJECÍ SOUSTAVU	20
1.2 BLESK – AKTUALITY A ZAJÍMAVOSTI Z TISKU.....	21
1.3 AKTUÁLNÍ PŘEHLED SOUVISEJÍCÍCH PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ A NOREM SOUVISEJÍCÍCH S OCHRANOU PŘED BLESKEM.....	30
1.4 NÁZVOSLOVÍ DLE ČSN EN 62305-3	33
1.5 STÁTNÍ ODBORNÝ DOZOR, VYHLÁŠKA Č. 73/2010.....	34
1.6 ÚRAZ ELEKTRICKÝM PROUDEM.....	35
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
2 PROTI ČEMU SE BRÁNÍME STAVBOU HROMOSVODU	40
2.1 JISKŘENÍ.....	40
2.2 PROUD.....	40
2.3 ELEKTROMAGNETICKÉ POLE	40
2.4 NAPĚTÍ.....	41
2.5 DYNAMICKÉ ÚČINKY	42
3 VÝPOČET RIZIKA A STANOVENÍ TŘÍDY LPS	43
4 VNĚJŠÍ LPS	46
4.1 TYP HROMOSVODU	46
4.1.1 Izolovaný (oddálený) hromosvod	46
4.1.2 Hromosvod upevněný na stavbě	46
4.2 JÍMACÍ SOUSTAVA	48
4.2.1 Metoda valící se koule	48
4.2.2 Metoda ochranného úhlu.....	50
4.2.3 Metoda mřížové sítě.....	50
4.3 SVODY.....	51
4.4 UZEMNĚNÍ.....	51
5 VNITŘNÍ LPS	52
6 ZONY OCHRANY PŘED BLESKEM LPZ, REVIZE LPS	54
REVIZE HROMOSVODŮ, LHŮTY DLE ČSN EN 62305	54
7 AKTIVNÍ HROMOSVOD	56
8 SYSTÉMOVÉ ŘEŠENÍ OCHRANY PŘED BLESKEM VE VYBRANÉM PRŮMYSLOVÉM OBJEKTU	59
ZÁVĚR	71

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	72
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	74
SEZNAM OBRÁZKŮ	76

ÚVOD

Hromosvod lze chápat jako jistý druh zabezpečovacího zařízení. Chrání životy a zdraví lidí, zvířat i náš majetek před destrukcí. Mnohdy totální. K těmto škodám může dojít buď přímým zásahem blesku, ale také nepřímým. Správně instalovaný hromosvod nás ochrání před oběma typy zásahu.

Blesk je mimořádně silný elektrický výboj, který si podobně jako jiné přírodní živly hledá nejkratší cestu, v tomto případě k zemi. Ta jediná jej bezpečně absorbuje. Při zásahu domu bleskem dochází k dramatické situaci. Jednoduše řečeno: při úderu blesku se v celém domě a v jeho okolí zvýší na kratičký čas napětí na všech vodivých předmětech (jde nejen o kovové části, ale třeba i o **vlhké zdi**) na velmi vysokou hodnotu. Není-li tato hladina vyrovnána propojením všech vodivých předmětů v objektu do jednoho uzemněného obvodu, poničí se některé součástky v zasažených elektrických zařízeních.

Lidé a zvířata mohou být poraněni nebo dokonce zabiti. Ať již při kontaktu právě s vodivým předmětem nebo jen vlhkým místem, ale i pouhým propojením dvou míst s různou hladinou napětí (k tomu **stačí udělat delší krok**). Zvýšením napětí vznikne proud, jehož účinky odborníci přirovnávají k obrovskému prásknutí bičem. Kam se dostane, tam všechno spálí a roztrhá. Bleskový proud je schopen vyrvat celé elektroinstalace ze zdi, za určitých okolností i rozbořit celý dům.

Stejně následky může mít i blesk, který udeří do sousedního objektu. V okolí zasaženého domu se totiž v elektricky vodivých předmětech indukují proudy o stejné intenzitě, jako jsou původní bleskové. Správně provedený hromosvodní systém náš dům odstíní i před nimi a svede je k uzemnění dříve, než se dostanou k nám domů.

Každý **hromosvodní systém tvoří tři části: Jímací zařízení,** které bezpečně a spolehlivě zachytí blesk. **Svody,** jež dopravují zachycený blesk k uzemnění. **Uzemnění,** zajišťující svod blesku (výboje) do země, je tvořeno zemniči různého tvaru, zapuštěnými v zemi.

Důležitým doplňkem hromosvodního systému je **pospojování** všech kovových a jinak vodivých součástí v celém domě. Jsou to např. kovové části všech instalací (voda, plyn atd.), nejruznější železné výztuže či jiné kovové součásti stavby.

Všechny tyto prvky musejí být pospojovány tak, aby eventuální proud z nich byl bezpečně odveden k uzemnění.

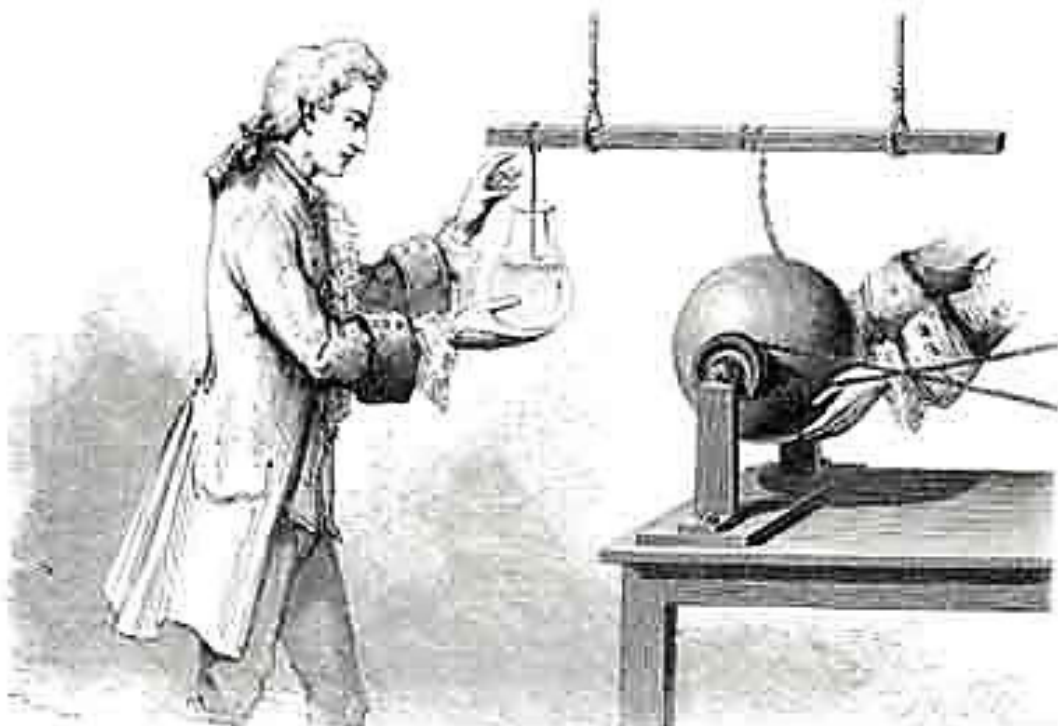
Uvedený bezpečnostní prvek hromosvod bude implementován v praktické části této bakalářské práce montáží na konkrétním vybraném průmyslovém objektu ve Zlínském kraji.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE A SOUČASNOST OCHRANY PŘED BLESKEM

Dříve, než lidstvo zjistilo fyzikální vlastnosti blesku jako elektrického jevu, snažili se lidé na základě praktických zkušeností a spíše metodou pokusů a omylů chránit svá obydlí před tímto elektrickým jevem. Jako nejzajímavější zkušeností se jeví Josefem Flaviem zmiňovaná stavba v jeho „Historii židovského národa“ Šalamounova chrámu.

Šalamounův chrám byl pokryt zlatými deskami a dešťová voda byla zachycována ze střechy velkým množstvím kovových rour a sváděna do zásobních cisteren. I když se tento chrám nacházel na blesky velmi exponovaném místě, po dobu jeho existence od r. 925 do 587 před n. l. nebyly na něm zaznamenány žádné škody způsobené bleskem. Teprve v 17. století, kdy bylo objeveno, že blesk je elektrický jev a po půl století později, kdy anglický chemik **Stephen Gray** (1670 - 1736) (Obr. 1) jako první rozlišil vodivé materiály od nevodivých, netrvalo dlouho a byly realizovány první hromosvody na základě fyzikálních principů blesku. [1]



Obr. 1 Britský chemik Stephen Gray při svých pokusech [1]

Zcela na začátku oboru ochrany před bleskem jsou dvě velmi důležitá jména:

Prokop Diviš (1696 - 1765) (Obr. 2) a **Benjamin Franklin** (1706 - 1790) (Obr. 4). Diviš předpokládal, že několik set hrotů na koruně hromosvodu bude vysávat elektřinu z mraků, a tím zabrání výbojům blesků. [1]



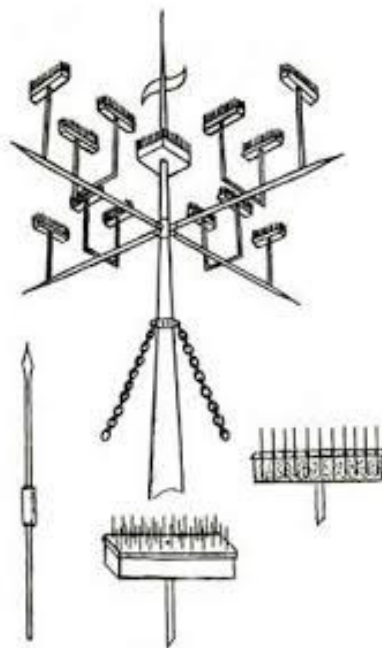
Obr. 2 Český kněz, vynálezce Prokop Diviš [1]

Prokop Diviš (vlastním jménem Václav Divíšek) se narodil 26. 3. 1698 v Helvíkovicích u Žamberka. Některé prameny uvádí jako datum narození 1. 8. 1696. O místu narození Prokopa Divíše jsou také rozporuplné informace - uvádí se obec Pěčín. [1]

Prokop Diviš zasvětil svůj vědecký život především elektřině, známý je především jeho vynález bleskosvodu. Diviš studoval vliv elektřiny na rostliny. Elektřina mu posloužila i při léčení nemocných. [1]

Přímětický hromosvod (Obr. 3) plnil dle dnešních znalostí blesku funkci jímače se svody, které byly zakončeny na zemní soustavě, tvořené zakopanými kovovými kužely.

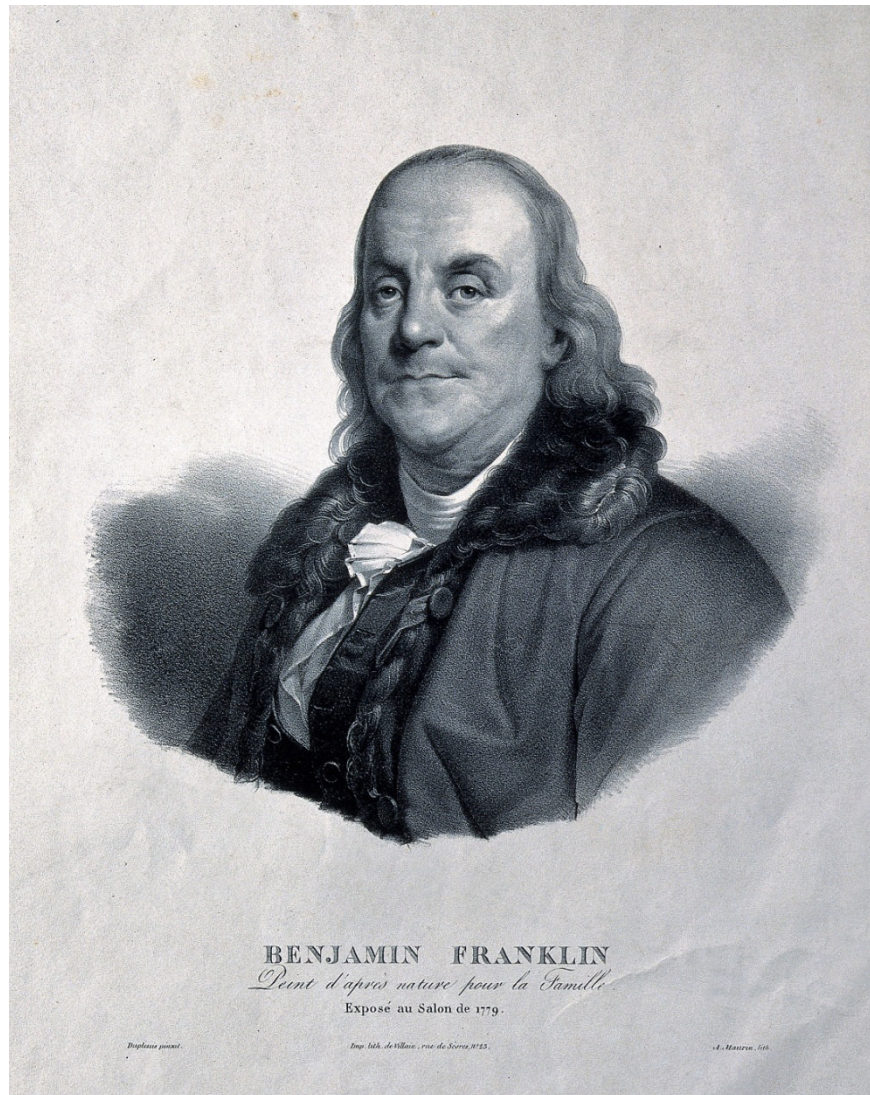
Železná konstrukce na dřevěném stožáru, „**machina meteorologica – povětrnostní mašina**“, byla 42 m vysoká a byla spojena řetězy s železnými kužely zakopanými do země, byl to první uzemněný hromosvod. [1]



Obr. 3 Přímětický hromosvod, „machina meteorologica – povětrnostní mašina“ [2]

Benjamin Franklin (Obr. 4), uznávaný vynálezce hromosvodu, zastával zpočátku podobný názor jako Prokop Diviš, jak vyplývá z dopisu obchodníkovi Collinsonovi roku 1749: „Na základě svých pokusů jsem dospěl k přesvědčení, že hroty mohou zajistit bezpečnost domů, lodí, věží, kostelů apod. před údery blesku. Jestliže budou dřevěné nebo kovové koule umístěné na špičce korouhvice, na tyčích a stožárech, nahrazeny železnou tyčí 8 nebo 10 stop dlouhou, zaostřenou v hrot, pozlacenou proti zrezivění a budou elektrický oheň odvádět z mraků klidně, aniž by se mohl přiblížit natolik, aby udeřil“. [1]

V roce 1753, již Franklin přidával k první vlastnosti i druhou, „chránit budovu před škodou, jestliže nastane do tyče úder blesku“. [1]



Obr. 4 Benjamin Franklin, americký vědec a politik [1]

I v konečném popisu hromosvodu píše Franklin v roce 1767: „Tedy jímač buď zabrání úderu z mraku, nebo když nastane úder, odvede jej bezpečně z budovy.“

Druhý Franklinův požadavek, kladený na hromosvod, se stal rozhodující pro praktickou ochranu běžných objektů s dnešním provedením hromosvodu. Jako klíčová stavba se jeví ochrana před bleskem od Benjamina Franklina, kterou byl maják v roce 1766. [1]

Byl tak jednou z prvních referenčních staveb hromosvodu a vzhledem k tomu, že se nacházel na velice frekventované obchodní cestě, tak díky veřejné prezentaci své funkce ochrany tohoto majáku došlo také k rychlému rozšíření tohoto konceptu. [1]

První předpisy pro ochranu před bleskem **J. A. H. Reimarus** zveřejnil v r. 1769 – „**Popisy škod způsobených bleskem**“.

Na základě zadání Chur – Bayernischen - Akademie der Wissenschaften v Mnichově sestavil Ph. P. Guden pravidla pro ochranu před bleskem a za tuto práci byl vyznamenán zlatou medailí. V r. 1778 zveřejnil filozof a experimentální fyzik **G. CH. Lichtenberg** svou publikaci „Pravidla chování při blízké bouři“. V ní doporučoval jímací tyče ze železa nebo mědi s pozlacenými jímacími špičkami se svody, které mají být vedeny do země co nejbližší k úrovni hladiny spodní vody, nebo do blízkosti nějakého vodního zdroje. [3]

J. A. H. Reimarus po té v r. 1797 vydal první „**Předpisy pro hromosvody**“. V nich bylo např. uvedeno toto: chránit krov střechy až po jeho konec, jakož i na střeše se nacházející nástavby, komíny a věžičky nebo altány a pokrýt je kovovými navzájem pospojovanými součástmi tak, že když blesk udeří do jakéhokoliv z těchto míst, nalezne jistou cestu na svody. Ty byly realizovány hlavně olovenými pásy, které měly mít šířku 3 - 6 coulů. Celá cesta svodů měla být, jak jen to bylo možné, vedena shora dolů těmito pruhy olova nebo mědi. Tyto pásy byly spojovány jednoduchými falci a u měděné varianty bylo doporučeno tyto jednoduché falce nýtovat nebo provést jako dvojité. **Svody** měly být vedeny nejenom na kamenných stěnách, ale i na dřevě, pokud nebyla jiná možnost a měly být upevněny hřeby. Bylo odpozorováno, že pokud je vnější plocha pásu nezakrytá, blesk putuje bez poškození svodů na zemnicí soustavu. Také v těchto předpisech byla už zavedena podmínka připojování kovových součástí budovy na systém svodů, pokud nebylo možno svod od nich oddálit. Pro systém svodů byly předepsány druhy spojování jako jsou nýty a falce provedené tak, aby měly co největší pevnost.

Také byla **pro hromosvod předepsána vizuální kontrola minimálně každé jaro**. I pro zemnicí soustavu bylo důležité umístit ji co nejbližší nějakému vodnímu zdroji nebo zavést co nejhlouběji do země. Tyto předpisy byly vydány hlavně pro ochranu kostelů, skladišť střelného prachu, pro slámové střechy, větrné mlýny, jeřáby, cestovní vozy a lodě.

Počátkem 19. století, kdy začala vznikat síť pojišťovacích ústavů, které pojišťovaly i proti požáru, počalo velké rozšiřování tohoto systému ochrany před bleskem získávat na popularitě. [3]

Skutečností je, že již v roce **1827** bylo v **Bavorském království** chráněno **1253 budov** hromosvodem, z čehož bylo 392 aplikací ve Stuttgartu. Jako ochranný prostor, který vytvořila jakákoliv jímací tyč, byl brán poloměr zhruba 40 stop (ca 12,5 m) od paty každého jímače. Jako zemnič se používala železná tyč, dlouhá 4 - 5 stop (ca 1,3 - 1,7 m) zapuštěná v zemi. Již belgický fyzik **Melsens** doporučoval svody na všech stranách objektu a tento princip byl dále rozvíjen. [3]

Stručný přehled prvních realizací hromosvodu jejich autorů:

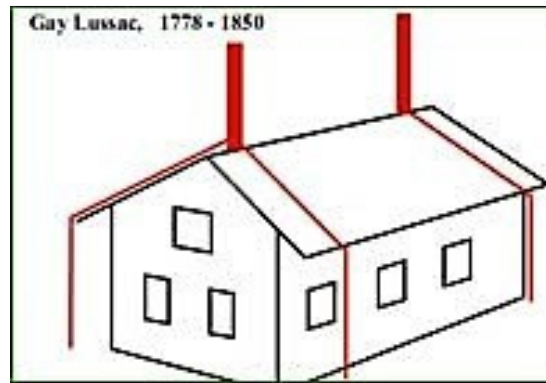
- 1754 Přímětice Znojmo, Kostel **Václav Prokop Diviš**
- 1760 Philadelphia, obytný dům pana Westa, **Benjamin Franklin**
- 1733-1763 Dresden, **Dresdner Schloss**
- 1765 Newbury(Berkshire), Kostel
- 1766 Plymouth, Maják
- 1769 Žagaň, Kostel, **Johann Ignatz von Felbinger**
- 1769 Hamburg, **Johann Albert Heinrich Reimarus**
- 1770 Wien, Kostel
- 1782 Wien, Narrentrum im alten Allgemeinen Krankenhaus [2]

Hromosvody v Československu

V československém prostředí se považuje za klíčovou publikaci knihu **Hromosvody od Ing. Ladislava Vojtěcha Řihánka** z roku **1951** (druhé rozšířené vydání), jejíž **první vydání** bylo v roce **1940** prakticky ihned rozebráno. Každé její další vydání bylo vždy aktualizováno o nejnovější poznatky v oboru. Vyšla v roce 1950 jako doplněk předpisů **ESČ** (Elektrotechnický standart československý). V této publikaci autor zmiňuje v té době několik nejrozšířenějších typů staveb hromosvodů.

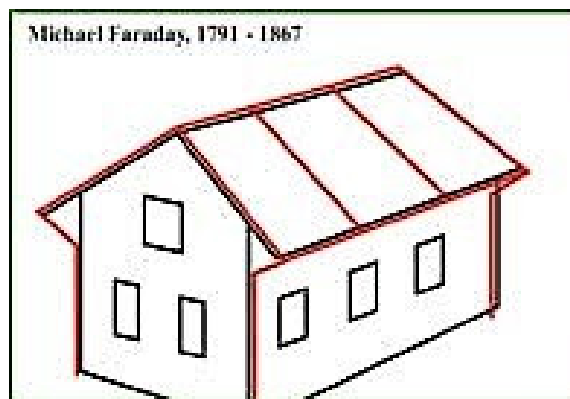
Na níže uvedených schématech jsou znázorněny nejčastější používané typy hromosvodů.

Gay-Lussacův hromosvod (Obr. 5) - několik jímacích tyčí vzájemně pospojovaných s několika svody, hlavně v rozích budov. [1]



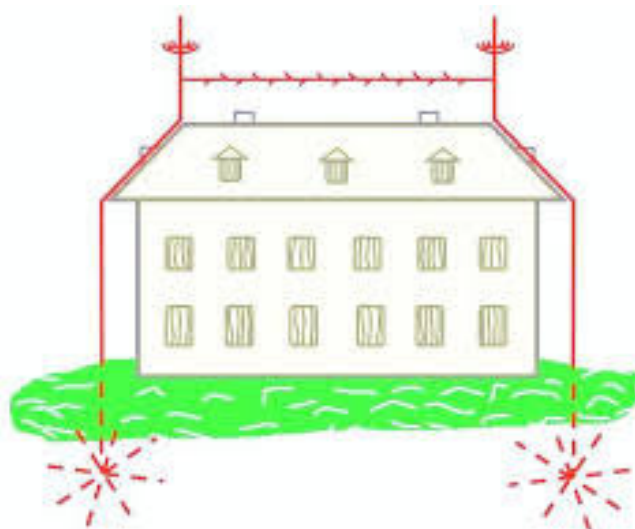
Obr. 5 Gay-Lussacův hromosvod – schéma [2]

Faradayův způsob (Obr. 6) - vytvořená síť z jímacích vodičů nad chráněným objektem.



Obr. 6 Faradyův způsob hromosvodu – schéma [2]

Findeisenův hromosvod (Obr. 7) - nepoužití jímacích tyčí, kovové části střech jsou vodičově pospojeny na svody (v padesátých letech nejvíce doporučovaný způsob).



Obr. 7 Findeisenův hromosvod – schéma [2]

Radioaktivní hromosvody - zaváděné například ve Francii (zrušeno v poslední zemi EU: Velká Británie v roce 2004). Radioaktivní hromosvod **užívá na jímacích radioaktivních solí**, které **způsobují ionisaci ovzduší** a do určité míry zvyšují účinnost hromosvodu. Tento druh se užíval hlavně ve Francii, ale v praxi se skoro nevyskytuje. Dnes je tato ochrana zakázána a byla nahrazena systémem jímacích tyčí pod názvem **ESE** (Early Streamer Emission – s urychleným vysláním vstřícného výboje). [10]

Při navrhování hromosvodů musíme vždy uvážit, jak dokonalý hromosvod objekt vyžaduje, a to nejen **po stránce technické, bezpečnostní**, ale i **hospodářské**. Víme, že **nejdokonalejší ochranou je Faradayova klec**, ale nebudeme ji dělat například u nějakého malého skladiště cementu, kdy by to nebylo hospodářsky odůvodněno, ale zcela jistě ji uděláme pro skladiště výbušnin. Je samozřejmé, že lépe chráníme např. obyčejnou budovu, použijeme-li místo jediného jímače jímačů více, místo jediného jímacího vedení po hřebenu střechy i dalších jímacích vedení po jejích okrajích, když uděláme více svodů, lepší uzemnění, nebo dokonce vytvoříme z jímacích vedení a svodů Faradayovu klec.

Je věcí navrhovatele, aby uvážil, do jaké míry je třeba důkladné ochrany po stránce bezpečnostní, technické i hospodářské.

V současné době tento obtížný úkol byl z projektantů naštěstí zavedením ČSN EN 62305-2 Řízení rizika sňat a ulehčen.

Ve své publikaci v roce 1951 autor také bojuje proti nebezpečnému mýtu: V normě ČSN ESČ 113 je uvedeno, že jímače (nemusí to být jen tyče) mají být umístěny hlavně na těch místech budov, která jsou nejvíce vystavena úderu hromu. Dá se těžko říci, kolik musí být jímacích zařízení na budově, ale zásadně pochybený názor je, že např. hromosvod na vysokém továrním komíně chrání též okolní tovární objekty. Podle Dr. Ing. Willeho nevzrůstá s rostoucí výškou umístěného jímače ochranný prostor, takže např. jímač na továrním komíně 60 m vysokém chrání prostor as o poloměru 16 m, stejně jako jímač na komíně pouze 30 m vysokém. Proto se musí hromosvody zřídit i na okolních továrních objektech, třeba nižších. [8]

Také další doporučení pro konstrukci hromosvodní ochrany nejsou rozdílné vůči tomu, co nám dnes doporučuje nový soubor norem **ČSN EN 62305**.

- Vedení na střechách. Všechny jímače na střeše se mají spojit do jedné soustavy. [8]

- Hromosvodové vedení a jímače se mají umístit podél obrysů budov, jako podél hřebenu, zábradlí a hran plochých střech a kde je to možné, přes ploché střechy tak, že se spojí každý jímač s ostatními.
- Vedení na plochých střechách má jít kolem hran střech, aby vytvořilo uzavřenou smyčku. Nejlepší ochranou jsou střechy kovem úplně pokryté, z nichž se vedou svody do země. Jímacích tyčí pak není třeba. Má-li se budova úplně bezpečně chránit před bleskem, musí se obložit sítí z drátů, jako klecí (Faradayova klec), neboť hrom může do budovy udeřit ze všech stran.

Tím končí stručný „průlet“ historií ochrany před bleskem, který je důležitý pro zjištění, že za čímkoliv novým jsou skryty celé generace lidí, kteří svou nezištnou prací vytvořili podmínky pro to, čemu dnes říkáme technický pokrok. [11]

1.1 Ochrana před bleskovým proudem a přepětím pro napájecí soustavu

Základní požadavek na vybavení elektrické instalace svodiči přepětí je obsažen v normě ČSN 33 2000: „Elektrická instalace budov“- Část 1. **Je vždy na projektantovi, aby dle analýzy rizika dle ČSN EN 62305-2 zhodnotil, jestli a jak kvalitně v objektu zřídí ochranu před bleskem a přepětím.** Toto je důležité z důvodu určení výsledné LPL (Lightning Protection Level) **hladiny ochrany před bleskem.** V podstatě se jedná o to, že dle charakteru využití budovy, určí analýzou, jak velkému bleskovému proudu má být elektrická instalace odolná. Tyto hodnoty jsou klíčové pro výběr vhodného **svodiče bleskových proudů SPD (Surge Protective Device)** typ 1, aby si dokázal s takovou hodnotou bez problému poradit. Tabulka z ČSN EN 62305-1. [6]

Tab. 1 LPL, Kritérium pro dimenzování LPS, kritérium zachycení výboje [6]

Úroveň ohrožení Hladina ochrany před bleskem LPL	Maximální parametry bleskového výboje Kritérium pro dimenzování LPS		Minimální parametry bleskového výboje Kritérium zachycení výboje		
	Maximální vrcholová hodnota bleskového proudu I_{max}	Pravděpodobnost, že vrcholová hodnota proudu skutečného výboje bude nižší než maximální	Minimální vrcholová hodnota bleskového proudu I_{min}	Pravděpodobnost, že vrcholová hodnota proudu skutečného výboje bude vyšší než minimální	Poloměr bleskové koule r
I	200 kA	99 %	3 kA	99 %	20 m
II	150 kA	98 %	5 kA	97 %	30 m
III	100 kA	97 %	10 kA	91 %	45 m
IV	100 kA	97 %	16 kA	84 %	60 m

Z této tabulky je důležitý parametr maximálního bleskového proudu tvaru vlny 10/350 pro každou ze čtyř úrovní LPL (hladiny ochrany před bleskem). Ochrana před bleskovým proudem se zřizuje pro extrémní případ přímého zásahu blesku do chráněného objektu. Daleko častějším ohrožením z hlediska bleskového proudu, jsou všechny údery blesku v okolí chráněné aplikace do vzdálenosti cca 2 km, kdy se bleskový proud šíří všemi vodičnými cestami do okolí. Těmito vodičnými cestami jsou hlavně vodiče distribuční soustavy, kovová potrubí, ale i všechny telefonní a datové vodičové spoje. Díky hustému zasíťování obytných oblastí, je ohrožení z této strany téměř samozřejmostí. [14]

Bleskový proud, je definován normami tvarem vlny 10/350 μs , který se nejvíce podobá přírodnímu průběhu tvaru vlny bleskového proudu.

Plocha křivky, která je určena tímto tvarem vlny je energií, která za tento čas aplikací proteče. (10/350 μs = 10 μs do doby 90 % hodnoty impulsu a 350 μs je doba půltýlu vlny). Tvar vlny 8/20 μs se impuls, který odpovídá přepětí, které vzniká elektromagnetickou indukci, nebo spínacími jevy.

V případě přímého zásahu blesku do chráněného objektu, se díky jímací soustavě a jejím svodům dostane bleskový proud k vyrovnání potenciálu, spoji mezi vnitřním pospojováním a zemnicí soustavou hromosvodu, která převezme 50% jeho energie (ČSN EN 62305-4), zbývající část bleskového proudu se má pak snažit vyrovnávat se zavlčeným potenciálem na druhé straně přivedených vodičových systémů. [14]

1.2 Blesk – aktuality a zajímavosti z tisku

Níže vypsání aktuality a zajímavosti se týkají blesku všeobecně, tzn. popisují jak úder blesku do lidí a zvířat, tak úder blesků do budov. Všechny níže vypsání příspěvky byly publikovány v letech 2017 – 2018.

- **Za rok 2017 v ČR vlivem úderu blesků celkem 115 požárů**

Na základě získaných informací ze Statistické ročenky 2017, kterou vydalo Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky, došlo vlivem úderu blesku v roce 2017 ke 115 požárům s celkovou přímou škodou 12 567 000 Kč. Z toho 24 požárů bylo v objektech bez hromosvodu a 7 požárů v objektech, kde hromosvod nebyl zcela v pořádku. [15]

- **Fakta o blescích a hromech**

1. Co dělat před bouří?

Odpojte všechny nepodstatné zařízení včetně televizoru. Pokud je to možné, vyhledejte přístřeší. Když slyšíte hrom, už jste v dosahu, kde se může vyskytnout další pozemský blesk.

2. Počítáním času mezi bleskem a hromem můžeme říct, jak daleko je bouřka.

Každých pět vteřin, když vidíte blesk a slyšíte hrom, je bouře vzdálená jen přes kilometr. Je to kvůli rozdílu mezi rychlostí světla a rychlostí zvuku.

3. Blesk může udeřit na stejné místo dvakrát.

Pravděpodobně jste slyšeli lidi, kteří říkají, že "blesk nikdy neudeří na totéž místo dvakrát", což však vůbec není pravda. Podle britské meteorologické služby blesky zasahují všude, kde je nejlepší vodič, bez ohledu na to, kolikrát bylo dané místo předtím zasaženo.

4. Co dělat, pokud jsme uvnitř?

Vyhnete se používání pevné sítě, protože telefonní linky mohou provádět elektrickou energii. Je také nejlépe vyhnout se používání kohoutků a umyvadel s kovovými trubkami.

5. Gumové pneumatiky nebo boty před bleskem neochrání.

Před bleskem budete ochráněni v autě a je to doporučené místo na útočiště, ale na rozdíl od oblíbeného názoru, to nejsou gumové pneumatiky, které vám pomohou, ale kovové tělo auta. Britská meteorologická služba říká, že jedním z nejlepších míst, kde se dá skrýt v bouři, je v autě se zavřenými okny.

6. Co dělat, pokud jste venku?

Pokud jste během bouřky venku, vyhýbejte se vodě, najděte si nízko položené místo, které je v bezpečné vzdálenosti od stromů, sloupů nebo kovových předmětů. Dejte se do podřepu s rukama na nohou a hlavou schovanou mezi nimi. Pokuste se dotýkat co nejmenší plochy a nelehejte si na zem.

Snažte se udržet všechny kovové a elektrické objekty asi 20 metrů od vás, vyhýbejte se předmětem, které mohou přilákat blesk, včetně golfových holí, deštníků, motocyklů a jízdních kol, drátěných ploch a kolejnic. [16]

7. Bez blesku nemůže být hrom.

Kdekoliv je hrom, tam je i blesk. Ten může udeřit i více než jeden kilometr od centra bouře a někdy dokonce i od 16 do 24 kilometrů dál.

8. Blesk může vytvořit fosílie.

Nazývají se **fulgurity** nebo i zkamenělé blesky.

9. Blesk má dostatek elektřiny na to, aby rozsvítil 100 W žárovku po dobu 3 měsíců.

Přestože úder blesku trvá méně než sekundu, mohl by napájet 100 wattovou žárovku a ohřívá vzduch kolem úderu na pětkrát teplejší než je povrch Slunce.

10. Co dělat po bouři?

Vyhýbejte se rozbitým elektrickým vedením nebo zlomeným kabelům. Pokud někoho zasáhne blesk, často trpí těžkými popáleninami. Úder blesku také ovlivňuje srdce, proto zkontrolujte, zda má puls. [16]

- **Nejméně 16 lidí zabil blesk během bohoslužby v kostele**

Nejméně 16 lidí zemřelo a desítky dalších byly zraněny po úderu blesku, který zasáhl kostel Adventistů sedmého dne na jihu Rwandy. Většina obětí zemřela okamžitě, dvě zranění podlely později a 140 lidí bylo převezeno do nemocnic a zdravotnických zařízení, uvedl server BBC. [17]

- **Ve Francii bylo během silné bouře zaznamenáno více 100 tisíc úderů blesku**

Za necelých dvanáct hodin se jihozápadní Francií prohnala silná bouře, při které uhodilo přes 100 tisíc blesků. Meteorologové vydali včasné varování, aby lidé v jedenácti departmentech včetně Dordogne zůstali po čas bouře doma a zavřeli všechna okna. Bouře nadále pokračuje a místy už spadlo za jedinou hodinu 40 milimetrů srážek. Mimořádně silnou bouří, která v tuto chvíli řádí nad jihozápadní částí Francie, doprovází větry vanoucí rychlostí až 120 kilometrů za hodinu. Francie patří mezi země, kde ročně zemře na následky úderu blesku průměrně 15 osob a dalších 150 jich je vážně zraněno. [18]

- **Tragédie v Nitře: 36-letého muže zabil před kostelem blesk**

V stredu 23. mája podvečer zasiahla Nitru búrka, ktorá sa nezaobišla bez bleskov. Práve jeden z nich sa stal osudným 36-ročnému mužovi. Ako informuje portál noviny.sk : „Svedkovia opisujú, ako osamoteného muža, stojaceho pod stromom, zasiahol úder blesku.“ Ani napriek snahe záchranárov sa už mužovi nepodarilo pomôcť. [19]

- **Do 9- letého kluka při fotbale udeřil blesk! Přežil to!**

Před silnou bouřkou se neschoval devítiletý chlapec z Klenčí pod Čerchovem a dál hrál fotbal. Jenže do něj nebo blízko něj udeřil blesk. Chlapec zůstal v bezvědomí ležet a musel pro něj přiletět vrtulník. [20]

- **Úder blesku zničil domácí elektroniku za 50 tisíc. Jak se chránit?**

Údery blesku způsobí v Česku ročně majetkové škody za 127 milionů korun, jak vyplývá ze statistik pojišťoven. Vedle jiného majetku jsou ohrožené také veškeré domácí spotřebiče – od počítačů, televizorů až po zabezpečovací systémy či pračky. I jediný výboj v blízkosti systému elektrického napájení může zničit veškerou domácí elektroniku. Rozhodně se vyplatí investovat pár korun a koupit přepětovou ochranu, instalace je rychlá a snadná a provede ji každý elektrikář. Je to jediné existující řešení, které může zabránit obrovským škodám na domácí elektronice. Hromosvod sice ochrání váš domov před požárem v důsledku přímého úderu, ale nezastaví průchod škodlivého nárazového proudu vaším domovem, který je schopen v okamžiku zlikvidovat elektroniku na desítky tisíc korun. [21]

- **Jediný úder blesku zabil v Srbsku desítky ovcí**

Jediný úder blesku zabil v Srbsku při silné bouřce několik desítek ovcí. Stádo se před prudkým deštěm uchýlilo pod strom, do něhož podle všeho blesk udeřil. [22]

- **Co udělá s lidským tělem úder blesku?**

Šance, že nás zasáhne blesk v jakémkoliv roce, je přibližně 1:300 000. Přibližně 90 % lidí, kteří přežili úder blesku, jsou do konce života poznamenáni jakýmsi „elektrickým tetováním“ známým, jako Lichtenbergův obrazec.

Lichtenbergovy obrazce jsou pojmenovány na počest německého fyzika George Christopha Lichtenberga. Blesk dokáže ohřát okolní vzduch na teplotu až **27 760 stupňů Celsia**, což je pětkrát více, než teplota na povrchu slunce. Úder blesku navíc dokáže generovat elektrický výboj o síle až **jedné miliardy voltů**. Je to strašné představit si, co takové enormní množství energie dokáže udělat člověku. Když blesk vstoupí do tvého těla, zkratuje malé elektrické signály, které vedou k srdci, plicím a vlastně do celého nervového systému. To může vést k zástavě srdce, záchvatům, nenávratnému poškození mozku, míchy nebo dokonce k amnézií. Extrémní teplo, světlo a obrovská elektrická energie také mohou navždy poškodit tvé oči. [23]

Úder blesku například dokáže vypálit malé otvory v sítnici a způsobit šedý zákal. Naneštěstí pro muže, blesk také dokáže vyvolat impotenci a snížit libido obecně. [23]

- **Blesk vletěl v Košicích do komína rodinného domu. Zdemoloval celé podlaží.**

O tom, že je dobré mít na domě hromosvod, se při nedávné bouři přesvědčili obyvatelé rodinného domu ve slovenských Košicích. Blesk jim vletěl do bytu komínem, roztrhl zeď a zdemoloval celé podlaží, uvedla televize Markíza. Paní Terézie, která v domě bydlí, má celý život respekt před bouřemi. „Když začala bouře, všechno jsem odpojila, seděla jsem a modlila jsem se,“ řekla. Už se zdálo, že živel končí, když ženu vystrašila obrovská rána. „Hrozně jsem se lekla. Třásla jsem se na celém těle,“ dodala vystrašená žena. Blesk měl takovou sílu, že poškodil několik pokojů a posunul nábytek. „Bylo velké štěstí, že nezačalo hořet,“ konstatovala paní Terézie, která přiznala, že **na domě nemá hromosvod**. Odborníci konstatovali, že další chybou bylo, že **komín měl kovovou vložku**. [24]

- **Nikdo neví, kde se kulový blesk objeví a co udělá.**

Zařízení imitující atmosférická přepětí má k dispozici Fakulta elektrotechniky a informatiky Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. Díky němu lze ověřit, zda je navržena ochrana před bleskem dostatečná. „Například elektrické vedení je izolací velké délky a nelze dávat hromosvod ke každému stožáru. U vedení nad 110 kV se používá zemnicí lano, které chrání fázové vodiče pod sebou. Pokud dojde k úderu blesku, prvotně by měl zasáhnout zemnicí lano, případně stožár, ale ne fázový vodič. Odtud se výboj stáhne do země. U nižších napěťových hladin by při ochraně zemnicím lanem nastal takzvaný zpětný přeskok, a proto se u něj používají jen svodiče přepětí neboli bleskojistky,“ vysvětluje zdánlivě nevysvětlitelné akademický pracovník fakulty Veleoslav Mach. Právě pomocí zařízení v hale je možno zkoušet například přeskoková napětí různých zařízení, ale také ověřovat vlastnosti svodičů přepětí generováním proudového impulsu.

Viník bouřek a tornád? Nejčastěji kumulonimbus.

„Přepětí v budovách svede do země hromosvod. Není však stoprocentní. Existuje celá řada opatření a je to docela věda, jak chránit objekty před zásahem blesku, a to od obvodových konstrukcí přes různé jímače a podobně,“ doplňuje Mach, který s problematikou atmosférických jevů pravidelně seznamuje studenty. Většinu bouřek i tornád způsobuje mrak zvaný kumulonimbus. Roste do velkých výšek kolem pěti až patnácti tisíc metrů. „Jedna hypotéza říká, že vzniká třením. Pára stoupá vzhůru a tře se o vzduch. Lehké částice se nabíjejí kladně a ty těžké, které zůstávají dole, jsou nabity záporně. [25]

Proto má **pětadevadesát procent blesků zápornou polaritu**. Když dojde k výboji, jeho část, vůdčí výboj – lídr, se pohybuje stupňovitě od mraku dolů k vyšším bodům, různě se větví a proti němu se ze země šíří vstřícný výboj. Když se oba propojí, následuje blesk, který svede náboj mraku do země. To vše se stane v řádech mikrosekund,“ popisuje vysokoškolský odborník.

Existují **různé druhy blesků**. Při bouřkách lze na stěžních lodí nebo na vysokých horách ve tmě pozorovat modrofialové světélkování a současně slyšet intenzivní šum – takzvaný **Eliášův oheň**. Ačkoliv je sám neškodný, může připravit cestu pro úder blesku. Proto když člověku třeba na horách začnou elektrizovat vlasy, měl by místo, kde stojí, urychleně opustit. Plošné blesky jsou jen výboje mezi mraky. **Nejnebezpečnější** bývá **čárový blesk**. Ten **míří přímo do země**.

Je pozorován i **perlový blesk**, nebo dokonce **růžencový blesk**. „Pro studenty i ostatní je však asi nejzajímavější kulový blesk, o kterém píše například Ivan Štoll v Tajemství kulového blesku,“ přibližuje akademik.

Auto je při bouřce velmi bezpečné místo.

Právě **kulový blesk** obklopuje spousta nejasností. „Možná že Nobelova cena čeká na toho, kdo ho jednou dokáže objasnit. Jedna z hypotéz tvrdí, že by mohlo jít o nějakou formu plazmatu. Bohužel se na jeho záznam nelze připravit, protože nikdo neví, kdy vznikne a jak se bude chovat,“ povzdychl si Mach. **Kvůli měnícímu se klimatu** si podle odborníků budeme muset zvykat i u nás na **častější bouřky** a časem možná i na tornáda. Horko, vlhko, zvýšený odpar, to všechno je živí.

„Určitě nejbezpečnějším místem mimo budovu, kam se schovat při bouřce, je **auto**. **Funguje jako Faradayova klec**. Ve volném terénu mohou lidé na ulici působit jako malé hromosvody i mezi vysokými domy. Lepší je schovat se do nízkého porostu, protože nelze předvídat, kudy všude proud blesku poteče a jak se blesk rozvětví. Není ani dobré se opírat o různé objekty, jelikož pak může mezi místem dotyku a zemí protéct část proudu,“ doporučuje Mach.

O nevhodnosti úkrytu pod vysokým stromem by už měl vědět asi každý. „Tady platí varování z několika důvodů. Jednak je vyšší pravděpodobnost, že do něj udeří blesk a část proudu může zasáhnout i člověka. Voda obsažená v kmeni stromu se při průchodu bleskového proudu prudce odpaří a může dojít i k odlomení větve či rozštípnutí kmene, který na vás spadne. Velký proud případně i strom zapálí,“ vypočítává pedagog. [25]

Doplňuje, že ve většině případů lze přicházející bouřku poznat. Tmavě šedá obloha, silný vítr i déšť provázejí formování kumulonimbů, výjimečně pak udeří blesk i z jediného mra-ku, proto ostatně existuje rčení o blesku z čistého nebe. [25]

- **Co dělat, když přijde silná bouřka? Zásady, kterých je třeba se v domácnosti držet.**

Stačí, aby blesk udeřil do elektrického vedení nebo datových kabelů, a přepětový impulz může poškodit nebo zničit spotřebiče až v okruhu několika kilometrů. A nepomůže ani hromosvod, ani pojistky, varují odborníci. Jak se tedy doma chovat, když začne bouřka? Pokud zrovna nejste lovcem bouřek, jako většina z ní asi máte respekt. Zatímco malým dětem vadí zvuk hromů a blesky, které osvěcují byt, dospělí se bojí škod. Blesk má totiž vliv na všechna elektrická zařízení v domácnosti. Nejohroženější jsou přitom přístroje s obrazovkou – televize a počítač, ale také pračka.

Na co při bouřce pamatovat?

Přestože bydlíte v budově s hromosvodem, zavřete všechny dveře a okna v domě. Kochat se pohledem na bouřku není zrovna bezpečné. Většinou je s ní navíc spojený také silný vítr. Ostatně **hromosvodní soustava** by měla procházet **pravidelnou revizí**, a to **každých pět let u většiny běžných domů**.

Při silné bouřce automaticky **vypněte všechny elektrické spotřebiče zapojené do sítě**, které nemusí být aktuálně v provozu. Nestačí je však pouze vytáhnout ze zásuvky, důležité je odpojit všechny přívody – u televize například anténu, u počítače modem.

Dobrým nápadem je pořídit si tzv. **přepětovou ochranu**. Chrání totiž elektrický obvod proti prudkým výkyvům v elektrické síti. Zdálo by se vám, že jste vystaveni vyššímu riziku, pokud máte doma spotřebiče staršího data? Není to tak úplně pravda. Moderní přístroje jsou kvůli své větší sofistikovanosti naopak méně odolné proti náhlým výkyvům napětí. V případě dobré ochrany stačí spotřebiče pouze klasicky vypnout.

Pokud začala bouřka a vy máte zrovna v provozu pračku nebo myčku, pochopitelně je nechte dojet. Moderní přístroje si i při výpadku proudu pamatují, v jaké fázi programu se nacházejí, a po obnovení proudu pokračují v provozu tam, kde skončily. Vyvarujte se těchto pěti chyb, kterými zkracujete život vaší pračky. [26]

Držte se dál od vody! Tedy nespřichujte se, nečistěte si zuby, neumývejte nádobí. Výboj totiž může vniknout do domu potrubím a proletět člověkem. I takové případy se už staly a skončily tragicky.

Doporučuje se také **netelefonovat**. Elektrina z blesku se totiž podle odborníků může šířit i po telefonních linkách. Jisté riziko prý nesou také mobily, které nejsou k ničemu připojené.

Při odjezdu na dovolenou odpojte od elektrické sítě rovněž veškeré spotřebiče, které nemusí být nutně v provozu. Vězte, že nestačí jen vypnout vypínač či jistič.

Co dělat při nehodě?

První pomoc je podle záchranářů stejná jako při ostatních úrazech způsobených elektrickým proudem a při popáleninách. Podle stavu zraněného můžete použít protišoková opatření, umělé dýchání i srdeční masáž. [26]

- **Je povinnost mít hromosvod?**

Nepřehlednou situaci v této stavební problematice nevyjasnila ani aktualizace vyhlášky. Pro kolaudaci stavby je instalace hromosvodu nezbytná, jinak jde hlavně o naše klidné spaní.

Pro neznalého věci by mohla znít nutnost instalace hromosvodu daná vyhláškou 268/2009 Sb. poněkud bizarně. Přesnější označení bleskosvod se neujal, a tak i odborníci mluví o zařízení, které vytváří umělou vodivou cestu k přijetí a svedení bleskového výboje do země, podle historického názvosloví jako o hromosvodu, přestože hrom je pouze doprovodným zvukovým efektem.

Bez hromosvodu kolaudace nebude.

Předmětná vyhláška o technických požadavcích na stavby pracuje s termínem „ochrana před bleskem“. V § 36 pak doslovně hovoří o povinnosti jejího zřízení na stavbách a zařízeních tam, kde by blesk mohl způsobit ohrožení života nebo zdraví osob, zejména ve stavbě pro bydlení, stavbě s vnitřním shromažďovacím prostorem, stavbě pro obchod, zdravotnictví a školství, stavbě ubytovacích zařízení nebo stavbě pro větší počet zvířat. Z toho vyplývá, že hromosvod neboli **ochranu před bleskem by měl mít každý obytný dům**, tzn. činžák, panelák i chaloupka. Realita je poněkud jiná. Stavební zákon č. 183/2006 Sb. a jeho prováděcí vyhlášku č. 268/2009 Sb. musí respektovat každý stavebník nového nebo rekonstruovaného objektu. [13]

V souladu s vyhláškou je povinen nechat provést výpočet řízeného rizika zásahu bleskem dle ČSN EN 62305-2 a na jeho základě opatřit stavbu adekvátní ochranou. Vzhledem k tomu, že stavební zákony a normy se vztahují ke dni kolaudace objektu, nelze vymáhat dodatečné instalování hromosvodu na stavbách postavených před tím, než vyšla vyhláška v platnost. Máme-li tedy historickou chalupu nebo chatu zděděnou po rodičích, která hromosvodem nedisponuje, je pouze na nás, jak vyhodnotíme nebo si necháme vyhodnotit rizika možného zásahu bleskem v souvislosti s umístěním stavby. [13]

Stará ochrana, žádná ochrana.

Velký pozor bychom si měli dát v případě, že námi nabytý objekt hromosvod již instalovaný má. V takovém případě je víc než žádoucí nechat co nejdříve udělat revizi, která nás vyjde zhruba na 500 až 1 000 korun. Špatně řešený či poškozený systém ochrany před bleskem je prokazatelně horší než žádný. Průměrný blesk nese proud 30 kA a má potenciálový rozdíl asi 100 MV až 1 GV. Jen si to představme, miliarda voltů! Když výboj narazí na přerušovaný či špatně navržený úsek svodu, je nabíledni, že pokud při nás nebude stát skutečné štěstí a blesk nesjede do země po nějakém kovovém prvku fasády, najde si cestu přes vnitřní konstrukci. Přitom může dojít například k roztavení a odhoření části konstrukcí, elektrického vedení atd. V některých případech může vést k vážným statickým poruchám vynucujícím si demolici objektu. Co je ale nejhorší, také může zasáhnout obyvatele domu elektrickým proudem.

Kdy se investice vyplatí.

Analýza rizik zásahu bleskem by nám měla dát jasnou odpověď, zda se investice okolo 20 tisíc korun do systému ochrany před bleskem vyplatí, zda stojí za pocit klidu, že my a naši nejbližší, ale i náš majetek budeme před blesky v bezpečí. Skutečnost, že máme funkční hromosvod, však ještě neznamená, že jsme zažehnali všechna rizika. Další nebezpečí totiž hrozí při úderu blesku do sousedního i vzdálenějšího objektu či vedení elektrického proudu, kdy se může vzniklý přepětový impuls přenést na elektrické vedení a poškodit vnitřní elektroinstalaci, zapojené spotřebiče a při katastrofickém scénáři i celou stavbu. Před tím vším se můžeme ochránit zařazením svodičů bleskového proudu do vstupní instalace objektu. [12]

Pasivní, nebo aktivní?

Nejběžnějším jímacím zařízením, které najdeme na českých střeších je hromosvod Franklinova typu, jenž se skládá z jímací neboli bleskosvodné tyče, která se umísťuje na

nevyšším bodě objektu, kde má za cíl zachycení blesků a všech elektrických výbojů. Pro větší objekty se užívá těchto tyčí více, vzdálenost mezi nimi by neměla překročit 30 m. To vše za předpokladu, že střecha nemá větší úhel než 45°, neboť tyčový jímač má ochranné pásmo ve tvaru kužele o vrcholovém úhlu 90°. Na rodinných domech se nejčastěji využívá tzv. **hřebenové vedení**, jež tvoří sestava nižších jímacích tyčí a svodů vedených po nejvýše položených místech budovy. Jímací soustavu s uzemněním spojují svody vedoucí přes střešní krytinu a fasádu nebo skrytě k místu uzemnění, kde se napojují na zemnicí tyče, pásy či desky, jež umožňují bezpečný rozptyl výboje do země. Svody se vyrábějí především z pozinkované oceli. Kromě klasických hromosvodů se v poslední době prosazují i takzvané **aktivní hromosvody (PDA)**. Ty kolem sebe vytvářejí elektrický potenciál umožňující snazší cestu bleskovému výboji, systém PDA tak pokrývá větší prostor chráněného objektu. Je tu však jeden háček. Současné normy s aktivními jímači počítají, avšak legislativa je vnímá jako čistě mechanický bod, takže pro větší pokrytí nebo složitější topografii stejně nařizuje instalaci většího počtu jímačů. [12]

1.3 Aktuální přehled souvisejících právních předpisů a norem souvisejících s ochranou před bleskem

Hierarchie právních předpisů v oblasti technických zařízení je následující:

- Zákon
- Nařízení vlády
- Vyhláška
- Norma

Z praktického hlediska je norma, jakožto technické bezpečnostní minimum, pro každého provozovatele a majitele zařízení nejjednodušší a z pohledu nákladů nejoptimálnější. Pokud vlastník nedodržuje a nenaplňuje požadavky norem, je povinen dodržovat požadavky nadřazených předpisů, které jsou sice obecnější, ale v konečném důsledku mnohem tvrdší, přísnější a jejich plnění výrazně dražší.

ČSN EN 62305-1, ed. 2, 2011-09: Ochrana před bleskem – Část 1: Obecné principy

ČSN EN 62305-2, ed. 2, 2013-02: Ochrana před bleskem – Část 2: Řízení rizika

ČSN EN 62305-3, ed. 2, 2012-01: Ochrana před bleskem – Část 3: Hmotné škody na stavbách a ohrožení života [10]

ČSN EN 62305-3, ed. 2/Z1, 2013-07: Hmotné škody na stavbách a ohrožení života, včetně všech alternativních ochran před bleskem, např. jímače ESE

ČSN EN 62305-4, ed. 2, 2011-09: Ochrana před bleskem – Část 4: Elektrické a elektronické systémy ve stavbách

ČSN EN 62561-1, 2012: Součásti systémů ochrany před bleskem (LPSC) – Část 1: Požadavky na spojovací součásti

ČSN EN 62561-2, 2012: Součásti systémů ochrany před bleskem (LPSC) – Část 2: Požadavky na vodiče a zemniče

ČSN EN 62561-3, 2012: Součásti systémů ochrany před bleskem (LPSC) – Část 3: Požadavky na oddělovací jiskřiště

ČSN EN 62561-4, 2012: Součásti systémů ochrany před bleskem (LPSC) – Část 4: Požadavky na podpěry vodičů

ČSN EN 62561-5, 2011: Součásti systémů ochrany před bleskem (LPSC) – Část 5: Požadavky na revizní skříně a provedení zemničů

ČSN EN 62561-6, 2012: Součásti systémů ochrany před bleskem (LPSC) – Část 6: Požadavky na čítače úderů blesků (LSC)

ČSN EN 62561-7, 2012: Součásti systémů ochrany před bleskem (LPSC) – Část 7: Požadavky na směsi zlepšující uzemnění

ČSN EN 61643-11 ed. 2, 2013: Ochrany před přepětím nízkého napětí – Část 11: Ochrany před přepětím zapojené v sítích nízkého napětí – Požadavky a zkušební metody

ČSN CLC/TS 61643-12 (341392), 2013-06: Ochrany před přepětím nízkého napětí – Část 12: Ochrany před přepětím zapojené v sítích nízkého napětí – Zásady pro výběr a instalaci

ČSN EN 61643-21, 2002: Ochrany před přepětím nízkého napětí – Část 21: Ochrany před přepětím zapojené v telekomunikačních a signalizačních sítích – Požadavky na funkci a zkušební metody

CLC/TS 61643-22, 2005-09: Ochrany před přepětím nízkého napětí – Část 22: Ochrany před přepětím zapojené v telekomunikačních a signalizačních sítích – Výběr a zásady instalace (nezavedena) [10]

ČSN EN 60664-1 ed. 2, 2008: Koordinace izolace zařízení nízkého napětí – Část 1: Zásady, požadavky a zkoušky

ČSN EN 61000-4-5 ed. 3, 2015: Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-5: Zkušební a měřicí technika – Rázový impulz – Zkouška odolnosti

ČSN EN 61000-4-9, 1996: Elektromagnetická kompatibilita (EMC). Část 4: Zkušební a měřicí techniky. Díl 9: Pulsy magnetického pole – zkouška odolnosti. Základní norma EMC (IEC 1000-4-9:1993)

ČSN EN 6100-4-10 ed. 2, 2017-07: Elektromagnetická kompatibilita (EMC). Část 4: Zkušební a měřicí technika. Oddíl 10: Tlumené kmity magnetického pole – zkouška odolnosti. Základní norma EMC.

ČSN CLC/TS 50539-11 (341394), 2013-10: Ochrany před přepětím nízkého napětí – Ochrany před přepětím pro zvláštní použití zahrnující DC – Část 11: Požadavky a zkoušky pro SPD ve fotovoltaických instalacích

ČSN CLC/TS 50539-12 (341394), 2013-05: Ochrany před přepětím nízkého napětí – Ochrany před přepětím pro zvláštní použití zahrnující DC – Část 12: Zásady výběru a použití – SPD připojená do fotovoltaických instalací

ČSN EN 60079-11 ed. 2, 2012: Výbušné atmosféry – Část 11: Ochrana zařízení jiskrovou bezpečností „i“

ČSN EN 60079-14 ed. 4, 2014: Výbušné atmosféry – Část 14: Návrh, výběr a zřizování elektrických instalací

ČSN EN 60079-25 ed. 2, 2011: Výbušné atmosféry – Část 25: Jiskrově bezpečné elektrické systémy

ČSN EN 50310 ed. 3, 2011: Použití společné soustavy pospojování a zemnění v budovách vybavených zařízeními informační technologie

ČSN EN 50130-4 ed. 2, 2012: Poplachové systémy – Část 4: Elektromagnetická kompatibilita – Norma skupiny výrobků: Požadavky na odolnost komponentů požárních systémů, poplachových zabezpečovacích a tísňových systémů a systémů CCTV, kontroly vstupu a přivolání pomoci [10]

ČSN 33 2000-1 ed. 2, 2009: Elektrické instalace nízkého napětí – Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice

ČSN 33 2000-4-41 ed.2, 2007: Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem

ČSN 33 2000-4-443 ed. 3, 2016-11: Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-44: Bezpečnost – Ochrana před rušivým napětím a elektromagnetickým rušením – Kapitola 443: Ochrana před atmosférickým nebo spínacím přepětím

ČSN 33 2000-5-534 ed. 2, 2016-11: Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-53: Výběr a stavba elektrických zařízení – Odpojování, spínání a řízení – Oddíl 534: Přepět'ová ochranná zařízení

ČSN 33 2000-5-54 ed. 3, 2012: Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení – Uzemnění a ochranné vodiče

ČSN 33 2000-7-704 ed. 2, 2007: Elektrické instalace nízkého napětí – Část 7-704: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Elektrická zařízení na staveništích a demolicích

ČSN 33 20000-7-705 ed. 2, 2007: Elektrické instalace nízkého napětí – Část 7-705: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Zemědělská a zahradnická zařízení

ČSN 33 1500/Z4, 2007: Elektrotechnické předpisy. Revize elektrických zařízení

ČSN 33 2000-6 ed. 2, 2017-03: Elektrické instalace nízkého napětí – Část 6: Revize [10]

1.4 Názvosloví dle ČSN EN 62305-3

- LPS – systém ochrany před bleskem,
 - vnější LPS – jímáče, svody, uzemnění,
 - vnitřní LPS – ekvipotencionální pospojování (EB), magn. a prostorové stínění atd.
 - izolovaný LPS – podle dnes již neplatné ČSN 34 1390 „oddálený hromosvod“,
 - neizolovaný LPS – jímací soustava a svody upevněné na stavbě,
 - třída LPS I, II, III a IV – třída spolehlivosti (kvality),
 - hladina LPL I, II, III a IV – hladina ochrany před bleskem, [2]

- **LPZ 0, 1, 2 a 3** – zóna ochrany před bleskem, ve které je dodržena hladina přepětí a elektromagnetického pole,
- **dostatečná vzdálenost s** – vzdálenost vnějšího LPS od vodivých částí stavby nebo zařízení, nebo mezi vodivými částmi, na nichž je při úderu blesku rozdílný potenciál,
- **SPD typ 1** – svodič bleskových proudů,
- **SPD typ 2 a 3** – svodič přepětí,
- **LEMP** – elektromagnetický impulz vyvolaný bleskem,
- **SEMP** – elektromagnetický impulz vyvolaný spínáním,
- **LPMS** – kompletní systém ochranných opatření pro vnitřní systém ochrany před LEMP. [2]

1.5 Státní odborný dozor, vyhláška č. 73/2010

Technická inspekce České republiky (TIČR) jako organizace státního odborného dozoru (SOD) provádějí základní činnosti podle § 6 a) zákona 174/1968 Sb. v platném znění, a to následovně:

- a) Podávají odborná a závazná stanoviska o tom, zda jsou při projektování, konstrukci, výrobě, montáži, provozu, obsluze, opravách, údržbě a revizi vyhrazených technických zařízení splněny požadavky bezpečnosti technických zařízení,
- b) Ve stanovených případech provádějí prohlídky, řídí a vyhodnocují zkoušky, kterými osvědčují, zda vyhrazená technická zařízení a materiály použité k jejich zhotovení splňují požadavky předpisů o zajištění bezpečnosti technických zařízení, ve stanovených případech potvrzují úspěšné výsledky zkoušek,
- c) Ve stanovených případech prověřují odbornou způsobilost organizací a podnikajících fyzických osob k výrobě, montáži, opravám, revizím, zkouškám vyhrazených technických zařízení a k plnění nádob plyny a vydávají jim k tomu oprávnění,
- d) Prověřují odbornou způsobilost fyzických osob ke zkouškám, revizím, opravám, montážím nebo obsluze vyhrazených technických zařízení a vydávají jim o tom osvědčení.

TIČR pracuje i v systému tzv. „Jiné činnosti“, kdy může provádět školení, činnost technických poradců, ale také přezkušování kvalifikace dle **Vyhlášky č. 50/1978 Sb.**, určování vnějších vlivů, tvorba dokumentace k ochraně před výbuchem apod. [9]

V současnosti probíhají jednání k zákonu o VTZ, který má nahradit Zákon 174/1968 Sb. O státním odborném dozoru.

S platností zákona č. **251/2005 Sb. (zákon o inspekci práce)** došlo mimo jiné ke změně zákona č. **174/1968 Sb. (zákon o státním odborném dozoru)**, když již oblastní inspekto-ráty práce (dříve IPB) a státní úřad inspekce (dříve ČÚBP) státní odborný dozor nevyko-návají.

SÚIP a OIP vykonávají činnost pouze podle „Zákona o inspekci práce“ (251/2005 Sb.).

Z hlediska provozu technických zařízení jsou v zákonu důležité zejména §20 a §32- správ-ní delikty na úseku vyhrazených technických zařízení fyzických a právnických osob.

Fyzická osoba se dopustí přestupku na úseku bezpečnosti vyhrazených technických zaříze-ní tím, že: v rozsahu oprávnění nebo osvědčení vydaného organizací státního odborného dozoru na provádění prohlídek, revizí nebo zkoušek při provozování vyhrazených technic-kých zařízení nezajistí provedení prohlídek, revizí nebo zkoušek ve stanoveném rozsahu. Za nedodržení lze udělit pokutu až do výše 2 000 000 Kč, jakož i zákaz činnosti odnětí oprávnění nebo osvědčení vydaného organizací státního odborného dozoru.

Rovněž se fyzická osoba dopustí přestupku na úseku bezpečnosti vyhrazených technických zařízení tím, že: bez oprávnění nebo osvědčení vydaného organizací státního odborného dozoru na provádění prohlídek, revizí nebo zkoušek při provozování vyhrazených technic-kých zařízení provádí ve stanovených případech prohlídky, revize nebo zkoušky (za nedo-držení lze udělit pokutu až do výše 2 000 000 Kč).

Fyzická osoba se dopustí přestupku na úseku bezpečnosti vyhrazených technických zaříze-ní tím, že nedodrží určenou lhůtu pro odstranění závad zjištěných při kontrole.

V podstatě to samé se týká i právnických osob podle §32 zákona 251/2005 Sb. [9]

1.6 Úraz elektrickým proudem

Vzniká přímým spojením těla se dvěma body, mezi kterými je elektrické napětí. K průcho-du proudu tělem stačí také jen neuzemněná fáze. U vysokého napětí může dojít k zasažení elektrickým obloukem, a to i bez kontaktu s vodičem. Zhruba **80% všech úrazů** elektric-kým proudem je způsobeno nízkým napětím (**do 1000 V**), z nich jsou potom asi **3% smr-telné**. [4]

Úrazy vysokým napětím (**přes 1000 V**) jsou **vzácnější**, probíhají však **z 30% smrtelně**. **Zástava srdce a oběhu** při úrazu elektrickým proudem bývá častou příčinou náhlé smrti. Vzhledem k tomu, že většina obětí jsou mladí lidé bez předchozího onemocnění srdce, mají výraznou naději na přežití. Podmínkou je ovšem včasná a správná první pomoc a odborná péče.

Účinek elektrického proudu na organismus závisí zejména na jeho typu (střídavý nebo stejnosměrný), napětí, trvání průchodu proudu, odporu těla, který vytváří především pokožka (odpor se významně sníží při kontaktu s vlhkou kůží) a na dráze, kterou proud prochází.

Při působení elektrického proudu se mohou uplatňovat jeho účinky dráždivé a tepelné, u stejnosměrného proudu také účinky elektrolytické. Dráždivé účinky jsou vázány na frekvenci – maximum mají při frekvenci přibližně 100 Hz (tedy blízké rozvodové síti nízkého napětí). Od této hranice klesají a zcela se přestávají uplatňovat při frekvencích nad 100 kHz. U těchto vysokofrekvenčních proudů se již uplatňují pouze účinky tepelné.

Při úrazu elektrickým proudem nízkého napětí (horní hranice nízkého napětí je podle ČSN 1 000 V, v domácnostech v třífázovém rozvodu však obvykle nejvýše 380 V) převažují dráždivé účinky, které mohou způsobit svalové křeče, arytmie a neurologické příznaky. Při úrazu proudem vysokého napětí se začínají ve větší míře uplatňovat popáleniny a poškození vnitřních orgánů (projevují se obvykle od napětí 500 V).

Většina poranění je způsobena kontaktem se střídavým proudem rozvodové sítě nízkého napětí (230 V, 50 Hz).

Klinické projevy sahají od zcela nezávažných až po úmrtí. Hlavními příčinami smrti jsou v těchto případech fibrilace komor nebo zástava dechu při křečích dýchacích svalů.

- **Kardiovaskulární systém:** Asi v polovině případů nacházíme nespecifické změny EKG křivky – u mnoha těchto nálezů však nelze určit, zda skutečně souvisejí s úrazem. Méně časté jsou přechodné síňokomorové blokády různého stupně. Nejzávažnějším důsledkem úrazu elektrickým proudem je oběhová zástava při fibrilaci komor.

- **Nervový systém:** Může být přítomna ztráta vědomí, častá je amnézie. Trvalým následkem může být encefalopatie, progresivní svalová atrofie a periferní neuropatie. [4]

- **Kosterní svalovina:** Při průchodu elektrického proudu vznikají křeče kosterního svalstva (postižený nemůže odtrhnout např. končetinu od zdroje), může dojít ke křečovitému spazmu bránice se zástavou dýchání.

- V důsledku křečí kosterního svalstva mohou vzniknout zlomeniny dlouhých kostí.

Při úrazu proudem o vysokém napětí navíc nacházíme různé projevy tepelného poškození, které může způsobit:

- Poškození a nekrózy dalších orgánů,

- Popáleniny kůže v důsledku přímého působení elektrického proudu nebo zažehnutím oblečení. [4]

- **Účinek proudu na lidský organismus:**

- 0 - 0,9 mA nepostřehnutelný

- 0,9 - 1,2 mA postřehnutelný v místě dotyku

- 1,6 mA křečovitý pocit až ke kloubu končetiny

- 13 - 15 mA těžce snesitelné bolesti, předmět pod proudem m pustíme s námahou

- 10 - 30 mA procházející proud způsobuje křeče a potíže při dýchání

- nad 30 mA trvale procházející proud může být smrtelný, když není postižený rychle odpojen

- 500 mA způsobí smrt, prochází-li 0,5s a déle

- nad 500 mA způsobí smrt i při krátkodobém průchodu [7]

Léčba

- Zamezíme dalšímu působení elektrického proudu. Pokud je nemocný v kontaktu se zdrojem proudu, je prvním krokem vypnutí elektrického proudu. Pokud proud nelze vypnout, oddělíme postiženého pokud možno od zdroje proudu. Manipulujeme s ním však velmi obezřetně, vždy za pomoci nevodivého materiálu. Při úrazu proudem vysokého napětí je zcela nezbytné vyčkat jeho vypnutí v dostatečné vzdálenosti.

- V případě oběhové zástavy zahájíme kardiopulmonální resuscitaci.

- Při jakýchkoliv závažnějších obtížích nebo známkách traumatu je vždy nezbytná hospitalizace, s léčbou podle charakteru postižení. [4]

Hospitalizace nebývá potřebná u osob, které jsou bez obtíží a které nemají na EKG křivce nežádoucí změny. [4]

V následující, praktické části mé bakalářské práce budou popsány jednotlivé formy ochrany před bleskem, výpočet rizika a stanovení třídy LPS (Lightning Protection System, systém ochrany před bleskem – mezinárodní technické označení pro hromosvod). Dále budou popsány jednotlivé zóny ochrany před bleskem, princip, výhody a nevýhody aktivního hromosvodu a v neposlední řadě bude popsáno zhotovení ochrany před bleskem ve vybraném průmyslovém objektu ve Zlínském kraji (nově postavená průmyslová, výrobní hala).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 PROTI ČEMU SE BRÁNÍME STAVBOU HROMOSVODU

Pokud chápeme, co se děje při úderu blesku, můžete se jeho následkům bránit na základě logického úsudku. [2]

2.1 Jiskření

Blesk samotný je elektrický výboj dosahující **vysokých teplot**. Při úderu do stavby nebo do jímače hrozí vznícení okolních materiálů.

K zajiskření může dojít také mezi částmi s rozdílným napětím proti zemi. [2]

2.2 Proud

Proud blesku dosahuje řádově stovek kA.

Průchodem proudu vodiči nebo částí stavby dochází k jejich **zahřívání**.

Kolem proudových cest se dále vytváří **elektromagnetické pole** a vzniká úbytek **napětí**. [2]

2.3 Elektromagnetické pole

Problém je v tom, že proud blesku je sice stejnosměrný, ale má prudký počáteční nárůst a navíc se nejedná pouze o jeden impulz, ale jde jich několik za sebou.

Z elektrotechniky střední školy víme, že proud vyvolá magnetické pole. Změna velikosti proudu vyvolá změnu velikosti magnetického pole. Změna magnetického pole vyvolá ve smyčce napětí a při uzavření proudu. Velikost napětí je úměrná ploše smyčky a rychlosti změny magnetického pole. Takže logicky: **čím blíže bude smyčka proudové cestě nebo čím bude větší, tím hůř.**

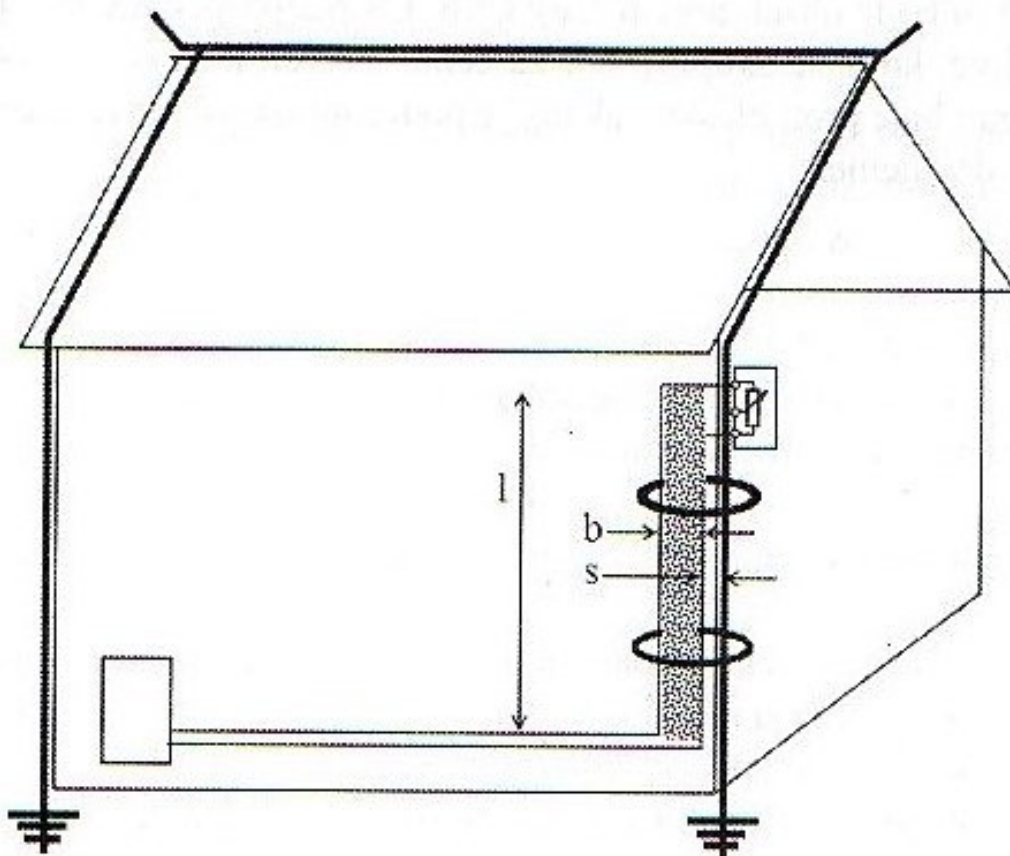
Příklad je uveden níže na obrázku č. 8, kde:

$$l=10\text{m}$$

$$s= 1\text{m}$$

$$b= 3\text{mm}$$

V tomto případě se při proudu ve svodu 100 kA bude indukovat napětí 600 V. [2]



Obr. 8 Napětí naindukované proudem ve svodu [5]

2.4 Napětí

Na vodiči, kterým prochází proud, se vytvořil úbytek napětí. Stačí. Jen aby to bylo komplikovanější: vzhledem k tomu, že proud blesku nemá konstantní velikost, ale jedná se o pulzy, jeho chování a účinky jsou obdobné jako u střídavého proudu vysoké frekvence.

Proto neplatí jen jednoduchý **Ohmův zákon** (vyjadřuje vztah mezi elektrickým odporem, napětím a proudem), ale záleží také na délce a tvaru vodiče. To ovlivní jeho výslednou indukčnost při zdánlivé frekvenci blesku a tím i velikost proudu při daném napětí. Neboli: pokud budou dva podobně dlouhé vodiče ze stejného materiálu, neznamená to, že se proud rozdělí na dvě poloviny, ale například jedním vodičem poteče 90% a druhým jen 10% proudu, a to proto, že se blesku nelíbí jeho tvar. Tím také končí naše iluze a představy o rozdělení bleskového proudu. Náděrná je jen jistota, že v praxi bude při skutečném úderu blesku všechno jinak, než jsme „teoreticky“ předpokládali. [2]

Pokud jsou dvě proudové cesty blízko sebe, může rozdílný proud a tím i rozdílné napětí proti zemi způsobit přeskok proudu z jedné cesty na jinou. To je ono výše zmíněné zajiskření mezi částmi stavby. [2]

2.5 Dynamické účinky

Proud, elektromagnetické pole a teplota způsobují rozpínání. Jednotlivé proudové cesty se mohou odpuzovat nebo naopak přitahovat. Vodič protékaný proudem má také snahu se narovnat, stejně jako požární hadice. V každém případě, ať je příčina jakákoliv, náhodné i strojené části namáhané bleskem se všelijak škubou, kříví, narovávají atd.

Pak se nemůžeme divit, že při úderu blesku létá i to, co by létat nemělo.

Proto, pokud ČSN EN 62305-3 stanoví, že nějaká část hromosvodu bud tak a tak velká, masivní nebo dimenzovaná, je nutné toto pravidlo dodržet a doufat, že to bude stačit.

Střílet od pasu a udělat si to po svém je hodně krátkozraké.

Občas se používá výraz „proudová cesta“ místo „vodič“. Je to proto, že bleskový proud si klidně dovolí téci mimo cesty, které jsme mu určili a běží po čemkoliv vodivém i zdánlivě nevodivém. Proto o kusu zdi nebo o nějaké konstrukci nechceme mluvit jako o vodiči.

Závěr z poznání nepřítele je ten, že víme **JAK**, ale nevíme přesně **KDE** a **KOLIK**. Proto musíme touto cestou ocenit firmy a lidi, kteří se výzkumem blesku do hloubky zabývají a vyvodili určitá pravidla, která budou dobrou zbraní proti většině výše popsaných nešvarů.

Z naší strany to chce jednak uvědomit si a také respektovat taková pravidla. [2]

3 VÝPOČET RIZIKA A STANOVENÍ TŘÍDY LPS

Smyslem výpočtu rizika je vytvořit hromosvod dostatečně kvalitní pro dané podmínky.

Již dříve existovalo **Doporučení ESČ** předkládající **výpočet**, na jehož konci byl **výsledek, třída LPS**.

ČSN EN 62305-2 předkládá výpočet rizika, které se porovná se stanoveným limitem.

Pokud je vypočítané riziko menší než limitní hodnota, hromosvod je dostatečně kvalitní pro dané podmínky.

Bleskem můžeme být poškozeni v několika směrech:

- Újma na zdraví nebo na životě,
- Ztráta služeb (plynárenský podnik, energetika, tv signál apod.),
- Ztráta na kulturním dědictví (kostely, památky),
- Finanční ztráta.

První tři zmíněná rizika se **musí** před stavbou hromosvodu vyhodnotit. Finanční ztrátu vyhodnotit nemůžeme.

Škodit může úder do stavby a v jejím okolí, úder do připojených vedení a jejich okolí a rovněž do staveb sousedících a v jejich okolí.

Samotný výpočet je založen na správné volbě možností, které ČSN EN 62305-2 předkládá. Volby se týkají rozměrů stavby, okolí, staveb a vedení připojených k oceňované stavbě, množství lidí nacházející se uvnitř a vně stavby, provedení vnějšího a vnitřního LPS, nasazení protipožárních opatření atd.

Existuje několik programů řešících tento výpočet.

Postup výpočtu (ocenění rizika) spočívá v označení těch nabídek, které odpovídají skutečnosti. Musíme se například vyjádřit k materiálu podlah. Program nám nabízí beton, mramor, keramika, mozaika, koberec, linoleum, dřevo. V programu je označen materiál použitý na podlahy ve stavbě. Program po provedení výběru z nabídky přepočítá výsledné riziko a srovná je se stanoveným limitem. Stejně to funguje u určení všech dalších charakteristik stavby. Pokud se do limitu nevejdeme, je nutné některá opatření nebo podmínky změnit. Zdánlivým paradoxem je, že **třída LPS není výsledkem, ale pouze jedním z mnoha vstupních zadání**. Pokud však vypočítané riziko nevychází, můžeme v zadání zvolit přísnější třídu LPS nebo zlepšit jiné opatření, které povede ke snížení rizika. [2]

Norma nám opravdu nepředepisuje, že nemocnice musí být v LPS I a chata stačí v LPS IV. Pokud se rozhodneme nemocnici provést v LPS IV a rizika nám vyjdou, pak nám v tom nic nebrání. Rovněž např. horší hromosvod, ale více hasicích přístrojů může mít za následek stejný počet mrtvých jako pouze lépe provedený hromosvod.

Celý výpočet má logiku a při používání sami uvidíme, jaká opatření ovlivňují jaká rizika.

Faktem je, že samotnému postupu nemusíme rozumět, a přesto se můžeme za pomoci některého počítačového programu snadno dopracovat k cíli. [2]

Celý postup je obsažen v ČSN EN 62305-2 na několika desítkách stran. Je to v podstatě velké množství hodnot a koeficientů, které se různě sčítají, násobí, porovnávají atd.

Vzhledem k rozsahu není možné jednoduše popsat tento výpočet a stejně tak si nedovedeme představit, že by jej někdo prováděl pomocí tužky a papíru.

Norma dále předkládá poměrně jednoduchý postup výpočtu ekonomických ztrát. Smyslem je, **aby hromosvod nebyl dražší, než chráněný objekt**. Celou záležitost je ale možné vidět z několika pohledů.

Pokud bude 100 stejných domů a shoří zrovna ten můj, pak mi bude malou útěchou, že v průměru je to ok. Jiný pohled na věc bude mít majitel jednoho domu, který je mu vším a jiné to bude z pohledu nadnárodní firmy, pro níž je jeden objekt pouze další částí celkového majetku.

Zjednodušeně lze vidět třídy LPS jako různé druhy oblečení.

Žádné oblečení nás úplně neochrání před zimou nebo deštěm. Proto nosíme jen typ oblečení v zimě, jiný při mírném počasí a jiný v létě. Někomu nezbude, než se i v zimě choulit v nevhodném oblečení a jiný si může dovolit kvalitní oděv.

Bylo by rozumné, aby třída LPS odpovídala důležitosti a citlivosti stavby a lidí na ní závislých. Proto doporučujeme řídit se tab. č. 2 Doporučené třídy LPS. [2]

Tab. 2 Doporučené třídy LPS, vztah mezi hladinou ochrany LPL a třídou LPS [5]

Třída LPS	Hladina LPL	Druh objektu
I	I	Budovy s vysoce náročnou výrobou, energetické zdroje, budovy s nebezpečím výbuchu, provozovny s chemickou výrobou, nemocnice, jaderné elektrárny (+ předpisy KTA), automobilky, plynárny, vodárny, elektrárny, banky, stanice mobilních operátorů
II	II	Supermarkety, muzea, domy s nadstandardní výbavou, školy, katedrály, prostory s nebezpečím požáru, výškové stavby (nad 100 m), operační a provozní pracoviště hasičů a policie, akvaparky
II	III	Rodinné domy, administrativní budovy, obytné budovy, zemědělské stavby
IV	IV	Budovy stojící v ochranném prostoru jiných objektů (bez vlastního hromosvodu), obyčejné sklady apod., stavby a haly bez výskytu osob a vnitřního vybavení

Ve výpočtu vybraného počítačového programu zadáme věci, které nelze měnit (např. rozměry stavby, její polohu, typ stavby), pak dosadíme vhodnou třídu LPS a potom teprve volíme ostatní podmínky tak, aby se nám vypočítané riziko vešlo do limitu. Do něčeho budou hodně mluvit hasiči (např. typ použitých hasicích zařízení). Na prosazení některých věcí máme velký vliv sami (typ použitých kabelů, jejich trasy atd.).

Jak vyřešit, když jsou dva nebo více různě důležité (citlivé) úseky v jedné stavbě (např. ordinace v domě služeb)?

Pokud nelze provést kvalitní ochranu pro celou stavbu, což je obvyklé, pak nezbude než vylepšit to, co lze vylepšit samostatně pro daný úsek. Asi to nebude vnější hromosvod (jímač, svody, uzemnění), ale bude to třeba lepší stínění, kvalitnější ochrana proti přepětí, lepší vybavenost prostředky požární ochrany apod. [2]

4 VNĚJŠÍ LPS

Jak již bylo zmíněno v části věnující se historii ochrany před bleskem (kapitola 1), základní princip ochrany před bleskem zůstává neměnný.

4.1 Typ hromosvodu

Dešti se můžeme bránit deštníkem nebo nepromokavým oblečením, nebo můžeme jet autem. I hromosvod může mít několik podob. [2]

4.1.1 Izolovaný (oddálený) hromosvod

Výhodou je, že bleskový proud je sveden do země, aniž by pronikl do stavby.

Nevýhodou je náročná, popřípadě neestetická konstrukce. Také elektromagnetické pole může být silnější, než v případě běžného typu.

Oddálený hromosvod se zřizuje v případě, že teplo v místě úderu může způsobit požár nebo výbuch (stavby s hořlavou střechou nebo stěnami a s prostředím s nebezpečím výbuchu a požáru).

Izolovaný (oddálený) hromosvod může být tvořen buď jednou nebo více tyčemi na stožárech, nebo jedním nebo více zavěšenými lany. Co se týče stožárů nebo jiné nosné konstrukce – každý stožár a každá konstrukce musí být spolehlivě spojena se zemí alespoň jedním svodem. V případě kovových stožárů nebo stožárů a konstrukcí se železobetonu lze využít jejich vodivé části. [2]

4.1.2 Hromosvod upevněný na stavbě

I tento směr nám nabízí dvě varianty:

- hromosvod elektricky izolovaný od stavby,
- hromosvod spojený s vodivými částmi stavby.

Výhodou elektricky izolovaného typu hromosvodu je opět zamezení průniku bleskového proudu do stavby. Elektricky oddělený znamená, že je **spojený s vodivými částmi stavby až (a jen) na úrovni terénu. Od střechy až po zem je dodržena dostatečná vzdálenost s mezi hromosvodem a vodivými částmi stavby.** [2]

Výhodou hromosvodu spojeného se stavbou je jednoduché provedení, možnost využití náhodných součástí a konstrukcí jako jímačů a svodů.

Nevýhodou je pronikání dílčích bleskových proudů do stavby a z toho vyplývající nutnost nasazení masivnější ochrany proti přepětí.

V případě **izolovaného typu hromosvodu** stačí přepětovými ochranami typu 2(C) eliminovat přepětové vlny, které se „překulí“ kapacitními vazbami do vedení, jež vstupují do stavby ze střechy nebo stěn.

V případě **hromosvodu spojeného se stavbou** je nutné na vedení vstupující do stavby ze střechy nebo stěn použít svodiče bleskových proudů typu 1(B). Tato varianta je nákladnější a také instalace svodičů bleskových proudů typu 1(B) je náročnější, a to jak kvůli nutnosti přivedení masivního uzemňovacího vodiče, tak vzhledem k umístění svodičů a jejich koordinaci s dalšími stupni ochrany.

Na druhé straně výhodou hromosvodu spojeného se stavbou může být slabší elektromagnetické pole. Blesk tekoucí do země se rozdělí a vytvoří slabší elektromagnetické pole nebo může dokonce dojít k efektu kvalitní Faradayovy klece. Zcela ideální jsou pak kovové opláštěné stavby, kde souvislý kovový plášť vytvoří ideální bariéru bránící vstupu elektromagnetických polí do stavby.

Na projektantovi je, aby zvážil, co bude ekonomicky, esteticky i jinak výhodnější. Zda zachytit blesk a vést ho kolem stavby nebo od této varianty upustit a řešit problém vstupujících dílčích bleskových proudů do stavby. Před rozhodnutím je nutné orientačně spočítat dostatečnou vzdálenost s a posoudit, kolik zařízení na střeše může do stavby vést dílčí bleskové proudy. Pokud je vypočítaná dostatečná vzdálenost s značná a zařízení na střeše je hodně, pak nezbude, než hromosvod spojit se stavbou.

Takto se budou pravděpodobně řešit všechny větší stavby, stavby z kovových konstrukcí, s kovovými střechami nebo stavby ze železobetonu. Důležité je, že pokud se projektant rozhodne jít cestou izolovaného hromosvodu, pak porušení dostatečné vzdálenosti, byť v jediném místě, znehodnotí celý záměr.

Někdy se montážní firmy uchylují k jakémusi hybridu. Na střeše se snaží dodržet dostatečnou vzdálenost mezi jímači a zařízeními, ale na kraji střechy hromosvod propojí na vodivé části stavby a tyto jsou samozřejmě se zařízeními někde ve vnitř propojeny. [2]

Tato varianta může mít logiku v tom, že čím dále ke spojení dojde, tím menší část bleskového proudu po vedení od zařízení na střeše poteče. Faktem zůstává, že tuto variantu v normě nenajdeme a jen těžko lze vypočítat nebo změřit jak velká část proudu blesku se nakonec na vedení od zařízení dostane. Proto i rozhodnutí, zda na vedení od zařízení použijeme v případě takového hybridu svodiče přepětí typu 1 nebo bude stačit přepětíová ochrana typu 2, je opravdu diskutabilní. [2]

4.2 Jímací soustava

Jímací soustava musí bez následků zachytit blesk. Musí být tedy dostatečně masivní (dostatečně dimenzována) a musí být umístěna tak, aby blesk neuhodil do částí, které mají být chráněny.

Jímací soustavu mohou tvořit:

- tyče nebo soustava tyčí,
- podélné vedení nebo zavěšená lana,
- mřížová síť.

Radioaktivní jímače nejsou přípustné.

Jímače musí být umístěny v rozích, exponovaných a vyvýšených místech a na hranách.

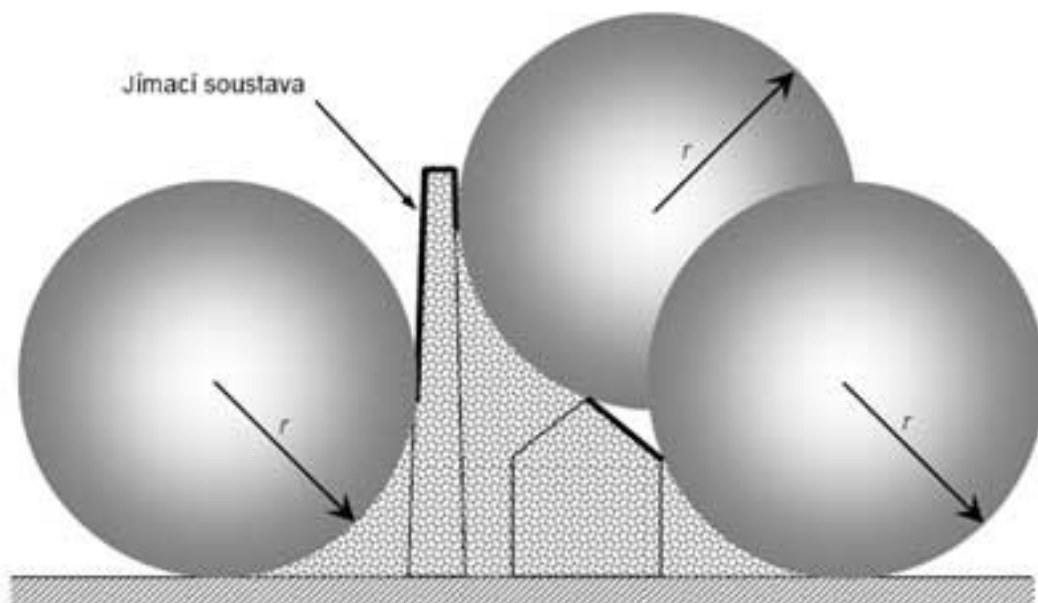
Každý jímač vytváří pod sebou ochranný prostor. Ten lze určit pomocí tří metod:

- **metoda valící se koule,**
- **metoda ochranného úhlu,**
- **metoda mřížové sítě.**

4.2.1 Metoda valící se koule

Je to **východí metoda**, od které jsou odvozeny metody další. **Ochranný prostor je všude tam, kam se pomyslná koule valící se přes objekty nedostane.** Jedná se o novou metodu, která je vhodná pro všechny případy. Metoda valivé koule je opravdu teprve cca 1/4 století nová. První zmínky v češtině jsou až v knize Vnitřní a vnější ochrana zařízení před účinky blesku a přepětí z roku 1994.

Principem této metody je, aby se koule dotýkala pouze jímačů (jímací soustavy). Poloměr valící se koule se liší dle třídy LPS, jak je uvedeno v ČSN EN 62305-3. [2]



Obr. 9 Metoda valící se koule [2]

Poloměry valících se bleskových koulí pro jednotlivé třídy LPS jsou uvedeny níže v tab. 3
Rozměry bleskové koule.

Tab. 3 Rozměry bleskové koule [2]

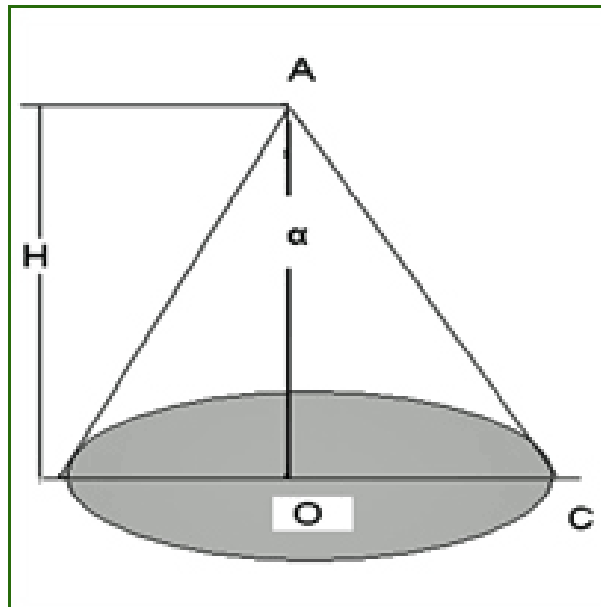
metoda	ochranný úhel [°]				valící se koule	mřížová soustava	
	výška objektu h [m]					poloměr koule r [m]	velikost oka mříže [m]
třída LPS (úroveň ochrany)	20 m	30 m	45 m	60 m			
I	25°	*	*	*	20	5 × 5	10
II	35°	25°	*	*	30	10 × 10	10
III	45°	35°	25°	*	45	15 × 15	15
IV	55°	45°	35°	25°	60	20 × 20	20

Problémy u metody valící se koule jsou dva:

- Za prvé, koule je proti běžným stavbám příliš velká. Pro třídu LPS IV je průměr koule 120 m. Velmi často jsou obrázky zobrazující kouli valící se přes stavby v nepoměru oproti reálu. V měřítku, které by zachytilo stavbu i kouli, by nebyly vidět nejen detaily stavby, ale ani její podstatné části.
- Za druhé, přenést rozměry stavby se všemi detaily do některého softwaru umožňujícího zobrazení 3 D, který by vymežil ochranný prostor pod převalující se koulí, je, když ne nemožné, tak určitě problematické.
- Navíc se rozměry a umístění zařízení na střeše během stavby přizpůsobují okolnostem a různě se pozměňují. Po každé změně provést přesné vymezení nového ochranného prostoru je nad reálné možnosti. [14]

4.2.2 Metoda ochranného úhlu

Tato metoda kopíruje metodu valící se koule jen s tím rozdílem, že se k vymezení ochranného prostoru používají běžné stupně, potažmo metry.



Obr. 10 Ochranný prostor vymezený ochranným úhlem α [2]

Metoda ochranného úhlu: je vhodná pro jednoduché tvary budov, používá se zejména tyčových a oddálených hromosvodů, ale využití je možné i v případě hřebenové soustavy, nevýhodou je ohraničení použití této metody v závislosti na výšce, která se vztahuje ke třídě LPS (k poloměru valící se koule), ochranné prostory tyčového jímače mají zcela pokrývat chráněný objekt. [2]

4.2.3 Metoda mřížové sítě

Metoda mřížové soustavy: Je určena pro ochranu rovinných střech tak, aby vodiče jímací soustavy byly umístěny na okrajích, převisech a na hřebenech střechy, když je sklon střechy větší než 1:10. Rozměry ok jsou uvedeny v ČSN EN 62 305-3 (viz tab. 4) a opět záleží na tom, o jakou třídu LPS se jedná.

Metoda mřížové soustavy je také vhodná pro rovinné boční plochy, které mají být chráněny před bočními údery, jedná se ale o střechy vyšší 60m. [2]

Tab. 4 Typické rozměry ok mřížové sítě [10]

Třída LPS	Velikost ok (m)
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20

4.3 Svody

Svody by měly být:

- Vedeny co nejpřímější cestou od jímače k zemi (nejlépe jako pokračování jímače),
- Rovnoměrně rozmístěny po obvodu stavby (obvodem je i nad 30m dlouhý obvod vnitřního dvora),
- Měl by jich být dostatečný počet a nikdy ne jen jeden. [11]

4.4 Uzemnění

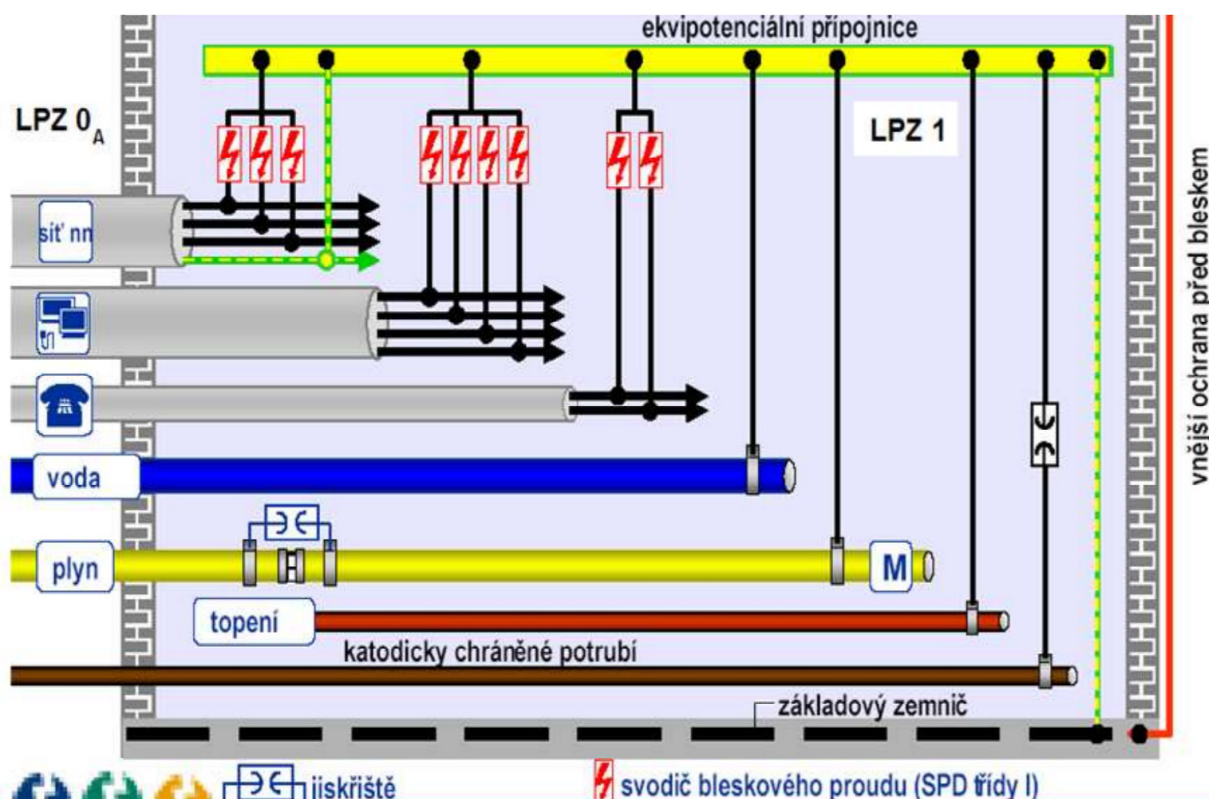
Zemnič je mostem, přes který běží blesk z „hromosvodu“ do země. Jestliže je blesk ohromný proud hnaný extrémním napětím a chová se jako vysokofrekvenční, musí být zemnič **dostatečně masivní, kvalitně spojovaný, musí mít vhodný tvar a doporučuje se zemní odpor do 10 Ω .**

Nevýhodou zemniče je nemožnost kontroly jednotlivých částí a spojení. [11]

5 VNITŘNÍ LPS

Základem pro realizaci vnitřní ochrany před účinky blesku a přepětí je vyrovnání potenciálů, tj. připojení veškerých kovových částí k ekvipotenciální přípojnici. Tím se omezí vznik napěťových rozdílů v elektrické instalaci nad příslušnou mez a následný ničivý výboj. Vnitřní ochranu před bleskem tvoří souhrn opatření ke snížení účinků elektromagnetických impulzů způsobených bleskovým proudem (LEMP, Lightning Electromagnetic Pulse, Elektromagnetický impulz bleskového proudu) uvnitř chráněného objektu, resp. zařízení. Mezi tato opatření vnitřní ochrany patří vyrovnání potenciálů, odstínění budov, místností a prostorů, odstranění nebezpečných přiblížení a souběhů a vyrovnání potenciálů, jehož nedílnou součástí je i účinná ochrana proti přepětí. Svodiče bleskových proudů a přepětí, jako prvky vnitřní ochrany, připojují silová elektrická zařízení k ekvipotenciální přípojnici nepřímo přes jiskřiště a varistory a omezují přepětí.

Vnitřní LPS musí zabránit nebezpečnému jiskření uvnitř chráněného objektu, která mohou být způsobena průchodem bleskového proudu nejen ve vnějším LPS, ale také v jiných vodivých částech objektu. Nebezpečným jiskřením mezi rozdílnými částmi může být zabráněno: - ekvipotencionálním pospojováním (vyrovnáním potenciálů) - elektrickým odizolováním mezi součástmi. [2]



Obr. 11 Systém vyrovnání potenciálů pro vstupující rozvody [3]

U neoddáleného hromosvodu LPS musí být vyrovnání potenciálů bleskového proudu provedeno ve sklepě nebo v úrovni terénu. Vodiče vyrovnání potenciálů jsou připojeny ke sběrnici vyrovnání potenciálů, která je konstruována a instalována tak, aby byla lehce přístupná. Sběrnice vyrovnání potenciálů musí být spojena s uzemňovací soustavou. Spoje vyrovnání potenciálů bleskového proudu musí být provedeny pokud možno co nejkratším a nejpřímějším způsobem. Jsou-li uvnitř chráněného objektu vloženy v potrubí plynu a vody izolační kusy, musí být přemostěny přepětovými ochranami na základě provozních předpisů distribučních firem. [3]

Tab. 5 Minimální rozměry vodičů, které spojují mezi sebou různé sběrnice vyrovnání potenciálů nebo uzemňovací soustavu [3]

třída LPS	materiál	průřez (mm ²)
I - IV	měď	14
	hliník	22
	ocel	50

Tab. 6 Minimální rozměry vodičů, které spojují mezi sebou vnitřní kovové instalace se sběrnici vyrovnání potenciálů [3]

třída LPS	materiál	průřez (mm ²)
I - IV	měď	5
	hliník	8
	ocel	16

6 ZONY OCHRANY PŘED BLESKEM LPZ, REVIZE LPS

LPZ (Lightning Protection Zone) (dříve zóna bleskové ochrany ZBO) je definována z hlediska přímého a nepřímého účinku blesku (atmosférického přepětí – LEMP). [13]

Tab. 7 Zóny ochrany před bleskem [13]

- LPZ 0 _A	Vnější nechráněný prostor mimo objekt. Zóna, ve které je ohrožení způsobeno přímým úderem blesku a plným elektromagnetickým polem. Vnitřní zóny jsou namáhány plným impulzním bleskovým proudem.
- LPZ 0 _B	Vnější prostor chráněný jímacím zařízením hromosvodu a prostor u vnějších zdí objektu, terasy a nižší střechy. Zóna chráněna před přímým úderem blesku, ale kde ohrožení je způsobeno plným elektromagnetickým polem. Vnitřní systémy mohou být namáhány dílčími impulsními bleskovými proudy.
- LPZ 1	Vnitřní prostor za vnějšími zdmi a pod střechou objektu. V zóně není možný přímý úder blesku, elektromagnetické pole bleskových výbojů je tlumené. Útlum je závislý na tloušťce a materiálu zdí, na materiálu a velikosti ok Faradayovy klece tvořené hromosvodem, uzemněním, vodiči potencionálního vyrovnání
- LPZ 2	Vnitřní prostor místností a chodeb u vnitřních stěn objektu. V zóně není možný přímý úder blesku, elektromagnetické pole je tlumené. Útlum je závislý na materiálu a stínění vnitřních stěn
- LPZ 3	Prostor uvnitř kovových skříní elektrických zařízení, prostor uvnitř odstíněných místností

Revize hromosvodů, lhůty dle ČSN EN 62305

Jako každé jiné elektrické zařízení je nutnost i na hromosvodech provádět dle příslušných platných norem pravidelné revize a kontroly. Zařízení k ochraně před bleskem slouží k ochraně budov, objektů a živých bytostí v nich před nebezpečnými účinky blesku. Hromosvod vytváří umělou vodivou cestu k přijetí a svedení bleskového výboje do země. Proto z hlediska bezpečnosti lidského zdraví a majetkových škod je nezbytné toto zařízení udržovat a důsledně dodržovat termíny kontrol a revizí.

Dříve se lhůty revizi hromosvodů řídily dnes již neplatnou normou ČSN 34 1390 – zařízení pro ochranu před účinky atmosférické a statické elektřiny.

Dnes se lhůty revizí hromosvodů řídí normou ČSN EN 62305 – systémy ochrany před bleskem a přepětím.

V níže uvedené tabulce je uveden aktuální přehled lhůt revizí hromosvodů. [9]

Tab. 8 Lhůty pravidelných revizí hromosvodů podle ČSN EN 62305 [9]

Lhůty pravidelných revizí hromosvodů		
Druh objektu	Revizní lhůty v rocích	Přiřazení dle ČSN 33 2000-3, ČSN 33 2000-5-51
objekty s prostory s prostředím s nebezpečím výbuchu nebo požáru, objekty konstruované ze stavebních hmot stupně hořlavosti C1, C2, C3	2	BE2, BE3, CA2
ostatní *	5	Všechny kromě BE2, BE3, CA2

*Platí i pro ochranné prostory, které nehraničí se žádným prostorem se stupněm nebezpečí výbuchu.

Maximální interval mezi revizemi LPS			
Hladina ochrany	Vizuální kontrola (rok)	Úplná revize (rok)	Kritické systémy úplná revize (rok)
I a II	1	2	1
III a IV	2	4	1

Klasifikace budov (LPL - LPS)		
Hladina LPL	Třída LPS	Druh objektu
I	I	Budovy s vysoce náročnou výrobou, el. zdroje, chemická výroba, budovy s neb.výbuchu, budovy se strategickým významem
II	II	Supermarkety, muzea, školy
III	III	administrativní budovy, obytné budovy, zemědělské stavby
IV	IV	rodinné domy, obyčejné sklady apod.

7 AKTIVNÍ HROMOSVOD

Již v roce 1914 navrhl maďarský fyzik L. Szallard **jímací tyč hromosvodu s radioaktivním hrotem** a různé varianty ionizujících hromosvodů byly za desítky let instalovány v mnoha zemích světa. Dnes jsou pod obchodními názvy Dynasphere, HELITA, Prevectron, PULSAR ad. instalace aktivního hromosvodu k vidění na nejrůznějších objektech jak u nás (katedrála sv. Víta, Národní muzeum, rezidence prezidenta ČR, Památník národního písemnictví v Praze... apod.), tak ve světě (katedrála Notre Dame v Paříži, mezinárodní letiště v Bangkoku, Thajsko, logistický areál Coca Cola v Petrohradě, Rusko, aj.).

Základní funkce jímačů **ESE** (*ESE – Early Streamer Emission, urychlené vyslání vstřícného výboje*) a jimi vybavených hromosvodních soustav spočívá v aktivní reakci na změnu elektrického pole v blízkosti chráněného objektu. Elektronické zařízení instalované uvnitř hlavice jímače emituje s předstihem před úderem blesku sadu pulzů v přesně určené a řízené frekvenci a amplitudě. Aktivní bleskosvod tak vytvoří ionizační kanál pro snadnější a především včasné svedení bleskového výboje. Předstih činí 25 až 60 ms. Dojde nejen k „**preventivnímu spuštění blesku**“, ale také k jeho řízenému svodu do země a k rozšíření ochranného prostoru o objem, ve kterém se pohybuje vstřícný výboj. Konečný efekt podle zastánců technologie ESE spočívá v tom, že obdobného efektu ochrany objektu je dosaženo s menším počtem jímačů a jednodušší hromosvodní soustavou oproti klasickému „franklinovskému“ provedení. To je údajně technicky i koncepčně zastaralé, nedostatečně účinné, z hlediska hromosvodní soustavy překombinované a co do životnosti omezené - životnost žárově pozinkované oceli se vlivem znečištěného ovzduší snižuje, zvláště nevhodná je proto v průmyslových oblastech a velkých městech.

Princip ochrany objektu aktivním hromosvodem spočívá v předstihu, se kterým reaguje přístroj na přítomnost sestupné větve bleskového výboje z atmosféry. Elektronické zařízení instalované uvnitř hlavice hromosvodu emituje na horních elektrodách těsně před samotným úderem sérii pulzů, které ionizují okolí hrotu jímací tyče. Tato ionizace způsobí emisi vstřícného trsového výboje a po jeho spojení se sestupnou větví i samotný úder blesku s určitým předstihem proti klasické Franklinově jímací tyči. Tento efekt, kromě „řízení“ úderu blesku, také údajně zajišťuje mnohem větší ochranný prostor.

Klasické provedení versus aktivní hromosvod je problém otevřený a zároveň posuzovatelný z několika hledisek – z technického, legislativního i fyzikálního. [1]

Pro aktivní hromosvod (emise vstřičného výboje):

- jednodušší technická konstrukce údajně s vyšší spolehlivostí,
- technické principiální řešení – předstih, emise výboje – zaručí „vyhledání“ blížícího se výboje blesku,
- není zapotřebí žádné napájecí zařízení – napájení elektronické části jímače funguje „nasátím náboje“ z elektrického pole bouřky,
- zvednutí bodu úderu blesku výše nad chráněnou stavbu, a tím zvětšení rádia ochranné plochy,
- řízený preventivní svod bleskového výboje do země,
- stavební technické vyjádření (STO), EZÚ Praha certifikáty v zahraničí: LCIE (Francie), BSI (Velká Británie), TU Ilmenau (Německo), IREQ (Kanada), KERI (Jižní Korea),
- materiály, které co nejlépe odolávají korozi – měď, slitiny hliníku, korozivzdorná ocel a nově i odolné plasty,
- nevýhoda pořizovací ceny je vyvážena téměř bezúdržbovým provozem a mnohonásobně větší životností,
- výrazná úspora času nezbytného pro montáž i minimální zatížení chráněné stavby jak po mechanické, tak i estetické stránce.

Proti aktivnímu hromosvodu:

- neexistuje žádná dostatečná teoretická analýza (rychlost šíření streamerů, časy a průběh výboje atd.), žádné konkrétně doložené výsledky výzkumu,
- ekonomická náročnost,
- technologie ESE není dostatečně ověřena praxí,
- jímače technologie ESE nejsou standardizovány v České republice, v Evropské unii ani v rámci IEC a nejsou pro použití v České republice homologovány. [1]

Účinnost

Stoprocentní účinnost nezajišťuje žádné technické zařízení. Ani v laboratorních podmínkách nelze vytvořit předpoklady pro dostatečnou analýzu intenzity elektrického pole za bouřkového počasí v parametrech odpovídajících přírodě. Proto u obou systémů existuje vždy určitá míra zbytkového rizika.

V laboratorních ani v přírodních podmínkách zatím nebyl prokázán rozdíl v efektivitě ochrany prostoru u klasického tyčového jímače a jímače ESE. Rozdíly mezi laboratorními a přírodními podmínkami, stejně jako odlišnost různých výbojů mohou díky nelinearitám ve výbojích znamenat podstatnou změnu chování výboje a v důsledku toho také podstatnou změnu charakteristiky jímače. Přesto vstřícná rychlost postupujícího výboje, stanovená pro technologii ESE, se jeví jako nadsazená oproti reálným podmínkám.

Od listopadu roku 2006 existuje soubor nových norem ČSN EN 62305-1 až 4 Ochrana před bleskem. Tyto normy v žádném bodě nezmiňují, a tedy neřeší aktivní ochranu proti blesku, není tedy pravda, že by ji nepřipouštěly, nebo dokonce zakazovaly! Samozřejmě, že jsou známy případy ze světa, kdy došlo k poškození objektu, který byl chráněn aktivním bleskosvodem. Na druhou stranu, je známa i celá řada případů, kdy selhal systém klasický.

Blesk je nevyzpytatelný jev a 100% ochrana proti němu dosud není známa. S ohledem na tisíce provedených instalací aktivních bleskosvodů v ČR a na jejich bezproblémové fungování na nejrůznějších typech objektů po dobu již 15 let musí i odpůrci aktivních bleskosvodů připustit, že ESE je systém, který má své opodstatnění.

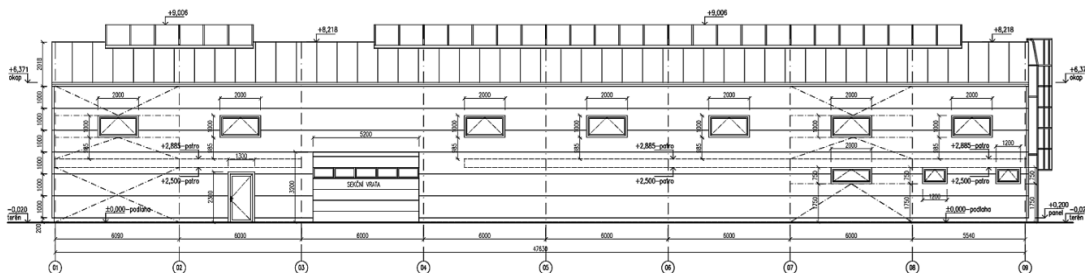
Aktivní hromosvody jsou v ČR projektovány asi od roku 1996 s českými i zahraničními investory na velkých stavbách i v centru měst (např. všechna obchodní centra AHOLD, výrobní závody a další). Zpravidla se projekt snaží počet svodů alespoň zdvojnásobit, aby došlo k rozdělení bleskových proudů na přijatelné hodnoty kolem 10 až 20 kA na svod, a mělo by být preferováno připojení ke kvalitní zemnicí soustavě. [3]

8 SYSTÉMOVÉ ŘEŠENÍ OCHRANY PŘED BLESKEM VE VYBRANÉM PRŮMYSLOVÉM OBJEKTU

V této kapitole praktické části mé bakalářské práce je zdokumentován a popsán postup při praktické aplikaci systémového řešení ochrany před bleskem ve vybraném průmyslovém objektu. Jedná se o novou, průmyslovou halu ve Zlínském kraji, která je předurčena jako výrobní prostory v oblasti strojírenské výroby. K získání zakázky na zhotovení ochrany před bleskem bylo zapotřebí přihlásit se do výběrového řízení. Ve finále se do výběrového řízení přihlásilo 11 montážních firem. Rozhodujícím kritériem ve výběrovém řízení byla finální cena díla. Díky rozumně nastavené ceně montážní firma XY zvítězila ve výběrovém řízení a získala zakázku na zhotovení ochrany před bleskem. Výběrové řízení probíhalo v měsíci srpen 2018 s tím, že vlastní montáž ochrany proti blesku na průmyslové hale ve Zlínském kraji proběhne v měsíci září 2018. Já sám osobně jsem se celé montáži zúčastnil jako jeden ze tří montážníků firmy, která ochranu před bleskem zhotovila.

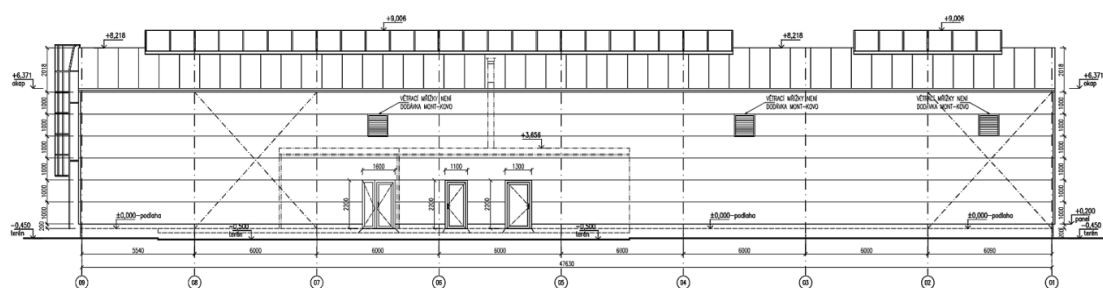
POHLED OSA E - OBJEKT H

M 1:100



POHLED OSA A - OBJEKT H

M 1:100

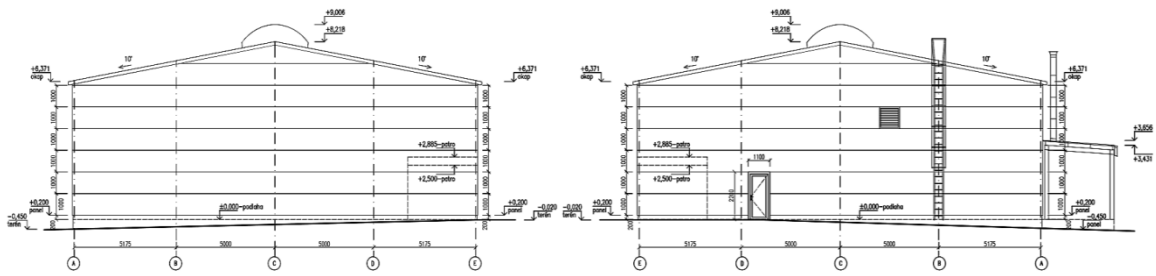


Obr. 12 Pohled 1 - objekt H včetně rozměrů [Vlastní]

Na výše uvedeném obr. 12 je zmenšený výkres předního a zadního pohledu na průmyslovou halu. Z tohoto obrázku pro nás (montážní firmu) jsou nejdůležitější rozměry haly, kde došlo k montáži ochrany proti blesku.

POHLED OSA 01 - OBJEKT H
M 1:100

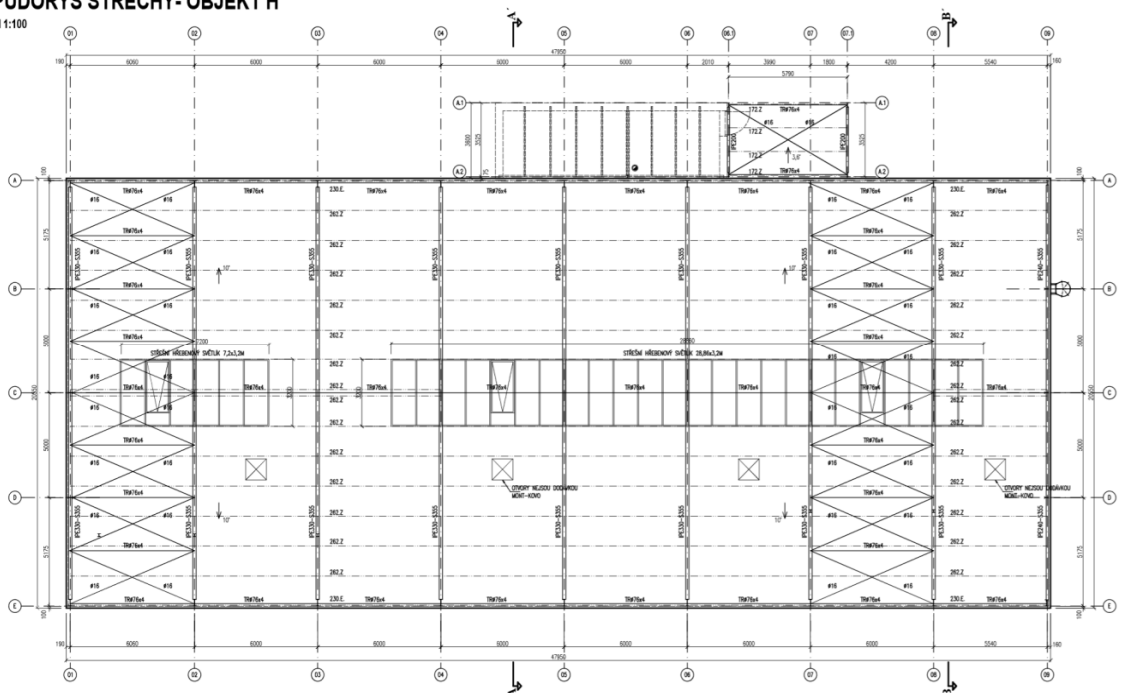
POHLED OSA 09 - OBJEKT H
M 1:100



Obr. 13 Pohled 2 – objekt H včetně rozměrů [Vlastní]

Na výše uvedeném obrázku jsou znázorněny boční pohledy výrobní haly. Na obrázku POHLED OSA 09 – OBJEKT H si dovoluji upozornit na kovový žebřík vedoucí na střechu, který se pospojováním stane součástí ochrany proti blesku.

PŮDORYS STŘECHY - OBJEKT H
M 1:100



Obr. 14 Půdorys střechy objektu H včetně rozměrů [Vlastní]

Položkový rozpočet stavby

Datum: XXXXXXX

Stavba : Výrobní hala SO 02 H XXXXXXXXXX

Objednatel : XXXX
XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXIČO : XXXXXXXXXX
DIČ : XXXXXXXXXXZhotovitel : XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXIČO : XXXXXXXXXX
DIČ : XXXXXXXXXX**Rekapitulace stavebních objektů a provozních souborů**

Číslo a název objektu / provozního souboru	Cena celkem bez DPH	
01 Materiál	20 068 Kč	
01 Práce	27 000 Kč	
02 Vícepráce materiál	2 472 Kč	
02 Vícepráce	2 800 Kč	
Celkem za stavbu	52 340 Kč	

XXXXXXXXXX

Za zhotoviteleXXXXXXXXXX

Za objednatele

Obr. 15 Položkový rozpočet stavby [Vlastní]

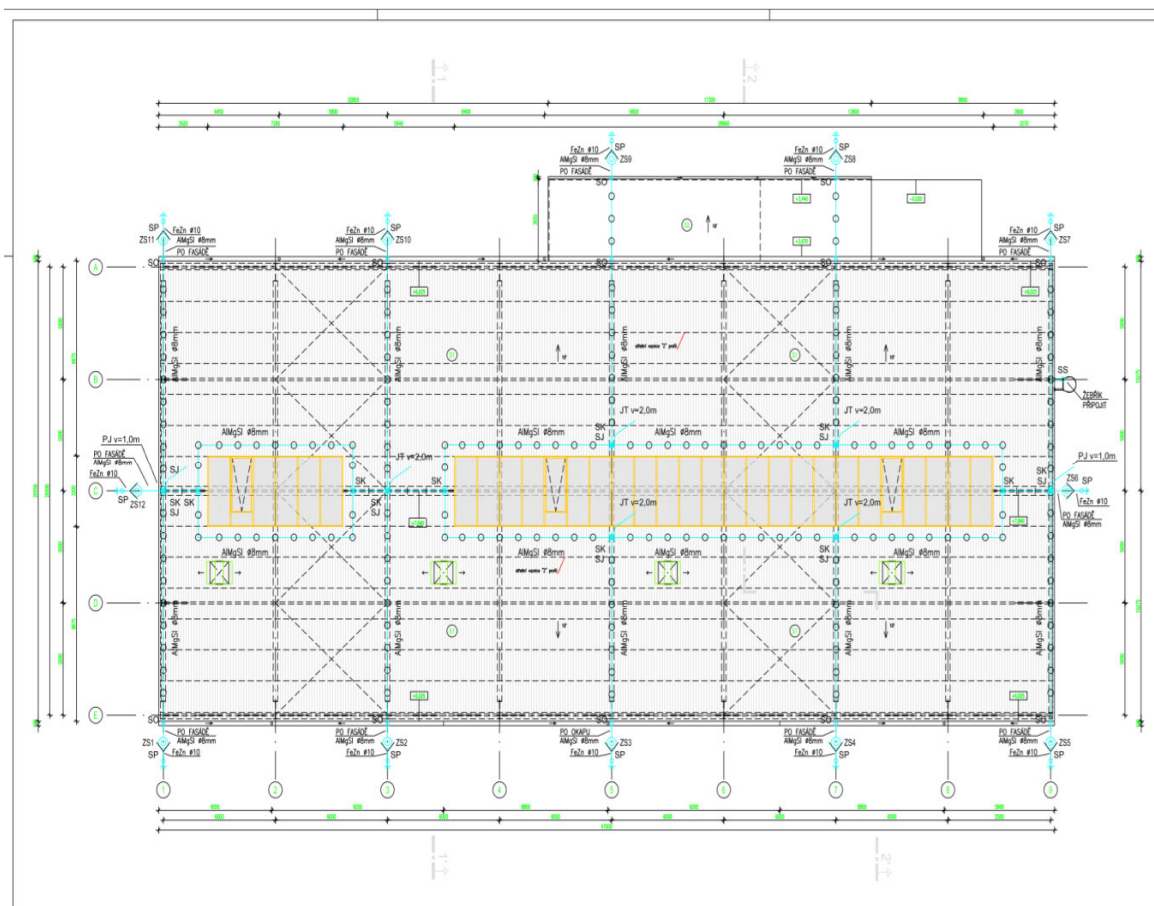
Nedílnou součástí zakázky je **Položkový rozpočet stavby**, ze kterého vyplývá celková cena díla, celková cena materiálu, potřebného ke zbudování ochrany před bleskem a celková cena za práci na tomto díle.

Součástí zadávací dokumentace je **Technická zpráva**, která obsahuje celkem 29 stránek textu s tím, že podstatné informace z Technické zprávy jsou níže popsány.

- **CHARAKTERISTIKA OBJEKTU A JEHO NÁPLNĚ**


Objekt haly má obdélníkový půdorys, má sedlovou střechu. K severovýchodní fasádě je přízemní přístavba s pultovou střechou. Hala je jednopodlažní, jen kolem jihovýchodní fasády je vloženo 2. NP a to v pruhu cca tří metrů. Objekt je nepodsklepený. Hala je osazena do terénu tak, aby výškově navazovala na zpevněnou plochu mezi novými halami G a H. Prostor haly je rozdělen na dvou hlavní prostor dle jednotlivých provozů výroby. Podél jihovýchodní fasády je vloženo podlaží. V tomto prostoru se v přízemí nacházejí sklady a sociální zařízení. Ve 2. NP jsou otevřené skladovací prostory, denní místnost a kancelář.

Stavební řešení: Základní konstrukční systém haly tvoří ocelové rámy. K nim jsou kotveny obvodové plechové panely, střešní panely vynášejí ocelové plechové vaznice. Objekt bude založen na monolitických patkách. Podlaha je z drátkobetonu. Vložený strop je ocelový, přes stropnice jsou uloženy trapézové plechy jako ztracené bednění a provedena armoovaná betonová deska. Parapety jsou z betonových prolévaných tvárnic. Vnitřní příčky vestavku jsou z pórobetonových tvárnic. Příčky v patře jsou montované opláštěné sádrovláknitými deskami. Příčky oddělující jednotlivé provozy jsou montované – ocelová konstrukce zaklopená cementotřískovými deskami (Cetris). Schodiště jsou ocelové. Podhled nad 2. NP je samonosný z ocelových profilů a SDK desek. Okna jsou plastová, dveře dřevěné – vestavba, ocelové plechové - provoz, vrata sekční a rolovací. Střešní pásové světlíky jsou z polykarbonátu v AL rámech a plastovou podsadou.



Obr. 16 Půdorys hromosvodu – objekt H [Vlastní]

LEGENDA:

- 
JIMACÍ VEDENÍ AlMgSi \varnothing 8mm VEDENO PO HŘEBENI STŘECHY NA HŘEBENOVÝCH PODPĚRÁCH (PV 15e N)
JIMACÍ VEDENÍ AlMgSi \varnothing 8mm VEDENO PO STŘEŠE NA PODPĚRÁCH NA PLECHOVÉ STŘEŠE (PV 23 N NEBO PV 17)
PRÍZNANÝ SVOD VODIČEM AlMgSi \varnothing 8mm ŘEŠENÝ PŘIPOJENÍM OKAPU POMOCÍ OKAPOVÉ SVORKY (SO) A DÁLE VEDEN PO OKAPOVÉ ROUŘE POMOCÍ PODPĚR VEDENÍ NA OKAPOVÉ ROURY S NASTAVITELNÝM UPÍNACÍM PÁSKEM (např. PPS). SVOD DÁLE VEDEN PŘES ZKUŠEBNÍ SVORKY (SZa) UMÍSTĚNÉ VE $v=1,8$ m NAD DEFINITIVNÍM TERÉNEM. ZKUŠEBNÍ SVORKY OBSAHUJÍ I OZNAČOVACÍ ŠTÍTKY. K UZEMNĚNÍ SVOD POKRACUJE VODIČEM FeZn \varnothing 10mm KE SPOJOVACÍ SVORCE (SR 3b+1).
PRÍZNANÝ SVOD VODIČEM AlMgSi \varnothing 8mm PŘIPOJENÍM OKAPU POMOCÍ OKAPOVÉ SVORKY (SO) A DÁLE VEDEN PO FASÁDĚ DOMU NA PODPĚRÁCH VEDENÍ FASÁDY, KTERÉ BUDOU UCHYCENY DO STĚNY POMOCÍ SAMOŘEZNÉHO VRUTU (PV 1s). SVOD DÁLE VEDEN PŘES ZKUŠEBNÍ SVORKY (SZa) UMÍSTĚNÉ VE $v=1,8$ m NAD DEFINITIVNÍM TERÉNEM. ZKUŠEBNÍ SVORKY OBSAHUJÍ I OZNAČOVACÍ ŠTÍTKY. K UZEMNĚNÍ SVOD POKRACUJE VODIČEM FeZn \varnothing 10mm KE SPOJOVACÍ SVORCE (SR 3b+1). V EXPOZOVANÝCH MÍSTĚCH CHRÁNIT SVOD POMOCÍ OCHRANNÉHO GHELNIKU MIN. DO VÝŠKY 1,5 m
PJ POMOČNÝ JIMACÍ Z DRÁTU AlMgSi \varnothing 8 mm, $v=$ dle výkresu UPEVNĚNÝ KE HŘEBENI POMOCÍ SVOREK SS
JT JIMACÍ TYČ Z DRÁTU AlMgSi \varnothing 16 mm, $v=$ dle výkresu UPEVNĚNÁ KE KONSTRUKCI STŘEŠNIKU POMOCÍ TYPOVÝCH DISTANČNÍCH VZPĚR $d=0,43$ m
SO SVORKA NA OKAPOVÉ ŽLABY S PŘÍCHYTKOU SE 2 ŠROUBY K PODÉLNÉMU ULOŽENÍ VEDENÍ
SS SVORKA UNIVERZÁLNÍ, SPOJOVACÍ SE 2 ŠROUBY K PŘIPOJENÍ VODIVÝCH ČÁSTÍ K HROMOSVODU
SP SVORKA PRO SPOJ V ZEMI, UNIVERZÁLNÍ SVORKA PRO KŘÍŽOVÉ SPOJENÍ KRUHOVÝCH A PÁSKOVÝCH V ZEMI SE 2 ŠROUBY M10
SK KŘÍŽOVÁ SVORKA Z FeZn MATERIÁLU PRO NADZEMNÍ SPOJE SE STŘEDOVOU DESTIČKOU

HROMOSVOD PŘEVEDEN DLE ČSN EN 62305-3 (TŘÍDA LPS III.)
 NEDÍLNOU SOUČÁSTÍ PROJEKTU JE TECHNICKÁ ZPRÁVA A VÝPOČET
 ŘÍZENÍ RIZIKA DLE ČSN EN 62305-2 ed. 2

Obr. 17 Legenda k Obr. 15 Půdorys hromosvodu – objekt H [Vlastní]

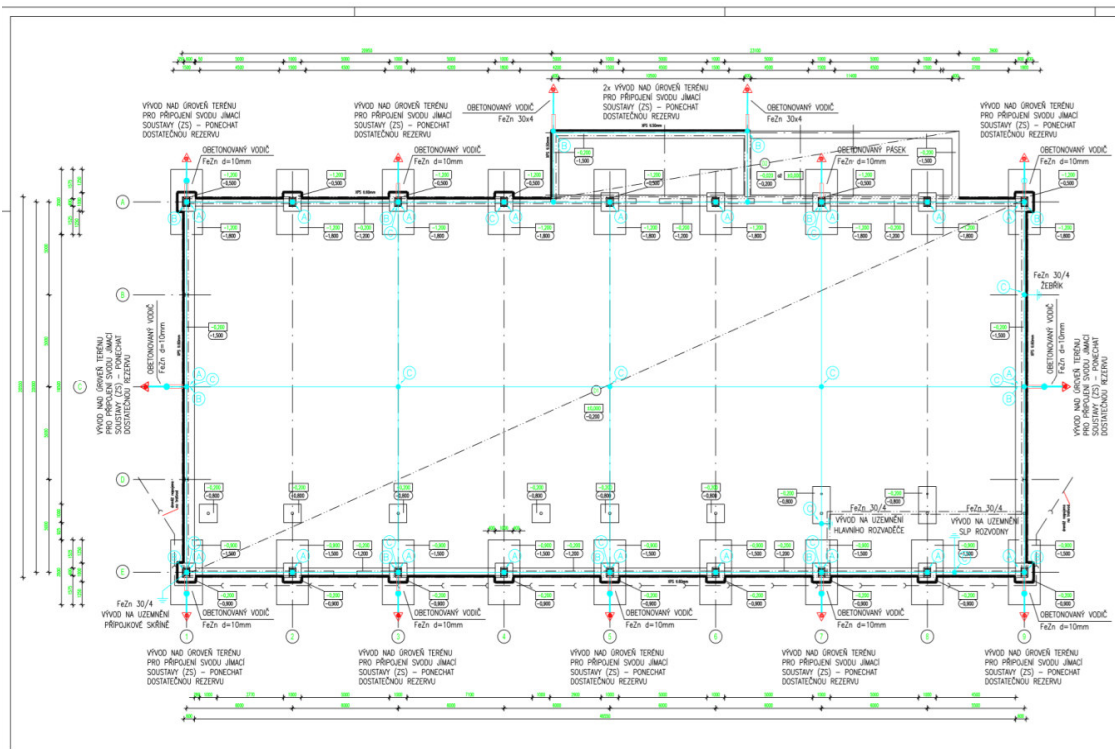
- **SYSTÉM OCHRANY PŘED BLESKEM (LPS)**

Hlavní a nejúčinnější ochranné opatření staveb před hmotnými škodami tvoří systém ochrany před bleskem (LPS). Obvykle je složen ze dvou systémů: vnějšího a vnitřního systému ochrany před bleskem.

Zařazení objektu do třídy LPS:

Dle souboru norem ČSN EN 62 305 jsou stanoveny čtyři ochranné úrovně I, II, III, IV pro systém ochrany před bleskem (LPS) a tyto jsou závislé na sadě konstrukčních pravidel. Tato pravidla odpovídají ochranným úrovním. Každá sada obsahuje konstrukční zásady nejen závislé (poloměr valící se koule, šířka ok mřížové soustavy), ale také nezávislé (průřez, materiál) na třídě ochrany. Při stanovení jímáčů v systému LPS byla věnována pozornost ochraně rohů a hran chráněného objektu. Pro návrh jímací soustavy byla použita metoda valící se koule. Řešený objekt byl pro potřeby této dokumentace zařazen do třídy LPS III, pro kterou platí následující konstrukční pravidla ochrany před bleskem:

- poloměr valící se koule $r = 45$ m
- oka mřížové soustavy $W = 15 \times 15$ m



Obr. 18 Půdorys uzemnění - objekt H [Vlastní]

LEGENDA:

- SWAŘENÁ ZEMNÍČÍ SOUSTAVA SESTAVĚNÁ Z Fezn VE ZÁKLADĚCH OBJEKTU NEBO SESTAVĚNÁ Z OBVODOVÉHO ARMOVÁNÍ ZÁKLADOVÉ DESKY DO SPOLEČNÉ OKRUŽNÍ UZEMŇOVACÍ SOUSTAVY. PROPOJENÍ PROVĚŠT SWAŘEM DLE ČSN EN 62305 – DÉLKA SWARU MIN. 2x40mm nebo 100mm. ARMOVÁNÍ BUDE VEDENO V BETONOVÉ DESCE NEBO OBETONOVÁNO 50mm VRSTVOU BETONU PROTI ZEMĚNĚ.
- (A)** MÍSTA KDE BUDE PROVEDENO VZÁJEMNÉ VODNÉ PROPOJENÍ PRŮTŮ PILOTY A UZEMŇOVACÍ SOUSTAVY SESTAVĚNÉ Z PÁSKU Fezn NEBO Z ARMOVACÍ SOUSTAVY UZEMŇENÍ V JEDNOM BODĚ. PROPOJENÍ BUDE PROVEDENO DRÁTEM PRŮMĚR 10mm MEZI DEFINOVANOU VÝŽTUŽÍ PILOTY (EV. PATKY) S ARMATUROU ZÁKLADOVÉ DESKY. PROPOJENÍ BUDE ZAJIŠTĚNO SWAŘEM DLE ČSN EN 62305 – MIN. DÉLKA 2x40mm nebo 100mm. ARMOVÁNÍ BUDE VEDENO V BETONOVÉ DESCE NEBO OBETONOVÁNO 50mm VRSTVOU BETONU PROTI ZEMĚNĚ.
- (B)** MÍSTA KDE BUDE PROVEDENO VZÁJEMNÉ VODNÉ PROPOJENÍ UZEMŇOVACÍ SOUSTAVY Z PÁSKU Fezn NEBO ARMATURY ZÁKLADOVÉ DESKY S VÝVODEM Fezn d=10mm PRO HROMOSVOD. PROPOJENÍ BUDE ZAJIŠTĚNO SWAŘEM DLE ČSN EN 62305 – MIN. DÉLKA 100mm. ARMOVÁNÍ BUDE VEDENO V BETONOVÉ DESCE NEBO OBETONOVÁNO 50mm VRSTVOU BETONU PROTI ZEMĚNĚ A VÝVOD BUDE OBETONOVÁN 50mm VRSTVOU BETONU. VÝVOD BUDE UKONČEN VE ZKUŠEBNÍ SVORCE.
- (C)** MÍSTA DEFINOVANÉHO PROPOJENÍ ZEMNÍČE Fezn (ARMOVÁNÍ). PROPOJENÍ BUDE ZAJIŠTĚNO SWAŘEM DLE ČSN EN 62305 – MIN. DÉLKA 2x40mm nebo 100mm. ARMOVÁNÍ BUDE VEDENO V BETONOVÉ DESCE NEBO OBETONOVÁNO 50mm VRSTVOU BETONU PROTI ZEMĚNĚ.

POZNÁMKA KE ZPŮSOBU PROVEDENÍ ZEMNÍČÍ SOUSTAVY:

- PŘED ZAPOČETÍM BETONÁŘSKÝCH PRACÍ ZAJIŠTÍ DODAVATEL KONTROLU PRACÍ U PROJEKTANTA PROFESE BETON + ELEKTRO
- V RÁMCI ŘEŠENÍ ARMOVÁNÍ ZÁKLADOVÉ DESKY ZAJIŠTÍ PROFESE BETON PŘÍPRAVU NA PROPOJENÍ ARMATUR ZÁKLADOVÝCH DESEK
- PŘIPOJENÍ VYZNAČENÝCH VÝVODŮ PRO PŘIPOJENÍ DALŠÍCH ZAŘÍZENÍ (NAPŘ. RH, SLP, TECHNOLOGIE) PÁSKEM Fezn 30x4mm
- ZEMNÍČÍ BODY VE ZKUŠEBNÍCH SVORKÁCH BUDOU STANOVENY V NÁSLEDUJÍCÍM VÝKRESU JÍMACÍ SOUSTAVY
- MAX. ODPOR VODNÉ CESTY NA CELÉ DÉLCE 0,2 OHM PROVĚŘIT MĚŘENÍM V RÁMCI KONTROLY PRACÍ PŘED ZAKRYTÍM.

Obr. 19 Legenda k Obr. 17 Půdorys uzemnění - objekt H [Vlastní]

Jímací soustava:

Jímací vedení je navrženo ve smyslu ČSN EN 62305 jako mřížová jímací soustava, provedená vodičem AlMgSI D8 mm na podpěrách FeZn PV15 nebo PV23. Jímací soustava je dále doplněna jímači z drátu AlMgSI D8 mm, pro zajištění ochranného prostoru střechy. Kovové předměty, vyčnívající nad střechu, budou rovněž připojeny příslušnými svorkami na vedení hromosvodu a stanou se tak nedílnou součástí jímací soustavy. Jednotlivé spoje vedení budou provedeny pomocí typových hromosvodových svorek FeZn a budou opatřeny ochranným nátěrem.

Soustava svodů:

Svodové vedení bude provedeno vodičem AlMgSI D8 mm, vnější neskryté v počtu 12 ks, jako přirozené pokračování jímacího vedení. Svody budou připojeny na okap a dále vedeny po fasádě pomocí držáku vedení do fasády nebo budou připojeny na okap a budou pokračovat pomocí svorek pro připevnění ke svodům okapů. Číslování jednotlivých svodů bude provedeno označovacími štítky podle výkresu. Od zkušební svorky pokračuje dále svodový vodič FeZn D10 mm pod terén a navazuje na strojený základový zemnič uzemňovací soustavy. Svody při přechodu pod terén budou chráněny antikoročním nátěrem podle ČSN 332000-5-54 (tj. 20 cm nad terénem a 30 cm pod terénem). Při přechodu pod terén se nedoporučuje se kombinace dvou nebo více materiálů kvůli možnému působení koroze.

Uzemňovací soustava:

Zemnicí síť bude provedena při zakládání stavby jako strojený základový zemnič páskem FeZn 30/4 mm, propojeným s betonářskou ocelí armatury základových pasů a patek. Hodnota přechodového zemního odporu má být max. 10 ohmů. Veškeré spoje prováděné v zemi, musí být zdvojené a musí být opatřeny ochranným asfaltovým nátěrem proti korozi, případné spoje v zemi, prováděné svárem dl. 100 mm, musí být opatřeny ochranným nátěrem asfaltovým lakem, zabandážovány jutou a zality do asfaltového lože. Na zemnicí síť bude dále připojena přes zkušební svorku SZ vodičem FeZn D10 mm ochranná přípojnice (HOP) hlavního rozvaděče RH a dále proveden vývod pro rozvaděč SLP a technologická zařízení. Provedení uzemňovací soustavy musí splňovat požadavky normy ČSN 3320005-54, 332000-4-41, ČSN EN 62305 část 1-4 a Provozně technických pravidel č.26/82, které obsahují technické instrukce pro využívání betonových nebo železobetonových základů staveb k uzemňovacím účelům.

Ekvipotenciální pospojování:

Provedení musí splňovat požadavky normy ČSN 33 2000-4-41 ed.2 a ČSN 33 2000-5-54 ed.3.

Vodiče ochranného pospojování pro připojení k ekvipotenciální přípojnici budou typu H07V-K 6 nebo vyšší. Všechny nové kabelové rošty a žlaby budou pospojovány příslušenstvím, které zajistí vodivé propojení po celé délce a připojeny na uzemňovací soustavu objektu. Vodiče a spojovací součásti musí splňovat požadavky souboru norem ČSN EN 50164. Jejich montáž musí být prováděna v souladu s pokyny uváděnými výrobcem, aby byla jejich funkce spolehlivá, stálá a bezpečná pro osoby a okolní zařízení.

01 - Položkový rozpočet

STAVEBNÍ OBJEKT (SO)	01 Hromosvod
01 - Rozpočet (část objektu)	01 Hromosvod

P.č.	Číslo položky	Název položky	MJ	množství	cena / MJ	celkem (Kč)
M21		Elektromontáže				
1	10.577.458	Vedení uzemňovací na povrchu FeZn D 10 mm	kg	15,00	31,20	468,00
2	10.608.291	Drát uzem. AL pr.8 AlMgSi měkký	kg	60,00	119,50	7 170,00
3	10.940.720	Návlečka k číslování	ks	15,00	3,66	54,90
4	10.046.505	Uhelník ochranný OU 1,7L	ks	11,00	116,22	1 278,42
5	10.046.769	Svorka SS	ks	33,00	7,32	241,56
6	10.046.569	Svorka SO a	ks	14,00	23,79	333,06
7	10.046.659	Svorka SK	ks	12,00	19,67	236,04
8	10.065.439	Svorka ST s páskem N	ks	6,00	28,78	172,68
9	10.046.772	Svorka Sza	ks	12,00	26,54	318,48
10	10.046.498	Svorka SR 3b	ks	12,00	18,76	225,12
11	10.046.510	Podpěra PV 21c plast	ks	176,00	21,41	3 768,16
12	10.596.334	Držák OU na stěnu DUS	ks	22,00	18,03	396,66
13	10.046.714	Podpěra PV 23 N	ks	55,00	33,05	1 817,75
14	10.046.746	Tyč JR 2,o JP20 jímací	ks	6,00	219,03	1 314,18
15	10.046.613	Svorka SJ 1b N	ks	6,00	48,50	291,00
16	10.513.729	Podstavec PB 19 beton	ks	5,00	244,31	1 221,55
17	10.046.510	Podložka PB 19 gumová	ks	5,00	52,16	260,80
18		Ostatní spojovací materiál	ks	100,00	5,00	500,00
SUMA						20 068
Celkem bez DPH						20 068
Celkem s DPH 21%						24 283

Vedlejší rozpočtové náklady	Celkem
Ztížené pracovní podmínky	
Elektromontážní práce	25 000
Doprava	1 000
Práce s montážní plošinou	
Elektro revize	1 000
Rezerva rozpočtu	
PPV	
Celkem	27 000

Obr. 20 Položkový rozpočet [Vlastní]

Ochrana vnitřních systému proti přepětí:

Pro ochranu vnitřních systémů je navržena soustava přepět'ových ochran. V přívodním poli hlavního rozvaděče objektu bude umístěna přepět'ová ochrana T1+T2.

Zařízení, která požadují vyšší ochranu jako jsou například zásuvky pro PC budou vybaveny přepětovými ochranami typu T3.

Revize a údržba LPS:

Účelem revize je zajištění, že LPS v každém ohledu odpovídá požadavkům souboru norem ČSN EN 62305. Celý LPS bude revidován při následujících příležitostech: - během instalace LPS, obzvláště během instalace součástí, které jsou skryty ve stavbě a později budou nepřístupny - po dokončení instalace LPS - v pravidelných intervalech dle normy ČSN 62305-3 ed.2

Údržba LPS bude zahrnovat následující ustanovení: kontrolu všech vodičů LPS a součástí systému, kontrolu elektrického propojení instalace LPS, měření zemního odporu uzemňovací soustavy, kontrolu SPD, znovuupevnění součástí a vodičů, kontrolu, že nedošlo ke změně účinnosti LPS po rozšíření nebo změnách stavby nebo její instalace. O všech údržbářských pracích budou vedeny úplné záznamy, které budou obsahovat přijatá nebo požadovaná nápravná opatření. Záznamy o údržbě LPS budou archivovány s projektem a spolu s revizními zprávami LPS.



Obr. 21 Střecha – celkový pohled [Vlastní]



Obr. 22 Detail svodů [Vlastní]



Obr. 23 Detail jímače [Vlastní]



Obr. 24 Detail komínu [Vlastní]



Obr. 25 Detail svodů [Vlastní]



Obr. 26 Detail připojení kompresorovny [Vlastní]



Obr. 27 Detail připojení uzemnění [Vlastní]

ZÁVĚR

Moje bakalářská práce, **Systémové řešení ochrany před bleskem**, nás provedla stručnou historií ochrany před bleskem, aktuálně platnou legislativou, která se týká ochrany před bleskem. Z uvedeného aktuálního přehledu tisku jednoznačně vyplývá, **jak důležitá je ochrana před bleskem. Chrání naše životy, životy zvířat a majetky.**

V teoretické části práce je stručný průlet historií řešení ochrany před bleskem, dále je popsán aktuální legislativní rámec ochrany před bleskem, první pomoc při úrazu elektrickým proudem.

V části praktické je představen postup při analýze, výběru a postupu při montáži konkrétní ochrany před bleskem.

Hlavním cílem mé bakalářské práce byla analýza a praktická aplikace systémového řešení ochrany před bleskem na konkrétním objektu a návrh opatření na minimalizaci rizik v tomto objektu.

Vybraným objektem je nově postavená výrobní hala ve Zlínském kraji, u které bylo analyzováno a prakticky aplikováno systémové řešení ochrany před bleskem včetně vlastní montáže hromosvodu.

Díky montáži vhodné ochrany před bleskem došlo k minimalizaci rizik ve vybraném objektu a tím také ke splnění zadání mé bakalářské práce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŘÍHÁNEK, Ladislav V. *Hromosvody*. 2. vydání. Praha: Technické vydavatelství, 1951. Praktické příručky (Technické vydavatelství).
- [2] HÁJEK, Jan, ŠALANSKÝ, Dalibor, První elektrotechnická knížka o ochraně před bleskem. www.kniska.eu
- [3] BURANT, Jiří. Blesk a přepětí: systémová řešení ochran. Praha: FCC Public, 2006. ISBN 978-80-86534-10-3.
- [4] JETLEB, Daniel, Jiří DRAHORÁD a Václav HONYS. *Zkoušky pracovníků v elektrotechnice*. 2. vyd. Praha: Práce, 1987. Příručky Práce.
- [5] TRÍSKA, Jiří. *Měření při revizích elektrických zařízení*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1989. ISBN 80-03-00093-9.
- [6] VOZOBULE, Josef. Učební texty ze zákonů, vyhlášek, předpisů a ČSN. Praha: Technická inspekce České republiky 2017
- [7] ŠTURMA, Martin. *Provoz, revize a údržba technických zařízení: vyhrazená technická zařízení elektrická, plynová, tlaková, zdvihací*. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5121-4.
- [8] Nový lexikon revizního technika. Havířov: IRIS, c2009. ISBN 978-80-904180-2-8.
- [9] *Revize elektrických zařízení a instalací: chyby při revizích a psaní revizních zpráv: změny norem a jejich vliv na provádění revizí*. Brno: L. P. Elektro, 2017. Sborník prezentací. ISBN 978-80-87616-60-4.
- [10] KUTÁČ, Jiří, DEHN chrání. Bulletin IP ILPC 2018., DEHN+SOHNE
- [11] ŘÍHÁNEK, Ladislav V a Josef POSTRÁNECKÝ. *Bouřky a ochrana před bleskem*. Praha: Československá akademie věd, 1957.
- [12] HAGER, Příručka pro elektrikáře, Praha 2018, www.hager.cz
- [13] OEZ, Minia, Aplikační příručka Přepět'ové ochrany. www.oez.cz
- [14] KLIMŠA, David. Vnější a vnitřní ochrana před bleskem. Praha: INEL, 2009. Elektro

(INEL). ISBN 978-80-86230-48-1.

[15] Statistická ročenka Ministerstvo vnitra – gen. Ředitelství HZS ČR 2018

[16] <https://rungo.hnonline.sk/galeria/9420-fakty-o-bleskoch-a-hromoch/>

[17] <https://echo24.cz/a/SBUFv/nejmene-16-lidi-zabil-blesk-behem-bohosluzby-v-kostele>

[18] <http://www.slunecno.cz/clanky/ve-francii-bylo-behem-silne-boure-zaznamenano-vice-nej-100-tisic-uderu-blesku-1748>

[19] <https://nitra.dnes24.sk/tragedia-v-nitre-muza-36-zabil-pred-kostolom-blesk-299726>

[20] <https://www.bleskove.cz/krimi/11247-do-devitileteho-kluka-pri-fotbale-uhodil-blesk-prezil-to>

[21] <https://elektro.tzb-info.cz/123304-uder-blesku-mi-znicil-domaci-elektroniku-skodu-mam-za-50-tisic-jak-se-chronit>

[22] <https://www.novinky.cz/zahranicni/evropa/479668-jediny-uder-blesku-zabil-v-srbsku-desitky-ovci.html>

[23] <https://topdesat.sk/2018/08/11/uder-blesku-verzus-ludske-telo/>

[24] <https://www.novinky.cz/koktejl/482700-blesk-vletel-v-kosicich-do-komina-rodinneho-domu-zdemoloval-cele-podlazi.html>

[25] https://ostrava.idnes.cz/univerzita-vs-b-kulovy-blesk-atmosfericke-jevy-flx-/ostrava-zpravy.aspx?c=A180711_413886_ostrava-zpravy_jaga

[26] <https://bydleni.denikplus.cz/441-co-delat-kdyz-prijde-silna-bourka-zasady-kterych-je-treba-se-v-domacnosti-drzet.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Al	Pohled 1 - objekt H včetně rozměrů Aluminium, hliník.
BBC	Britská vysílací společnost.
CCTV	Closed Circuit Television, uzavřený televizní okruh.
ČSN	Česká technická norma.
ČÚBP	Český úřad bezpečnosti práce.
EKG	Elektrokardiogram.
ESČ	Elektrotechnický standart československý.
EMC	Electromagnetic Compatibility, elektromagnetická kompatibilita.
ESE	Early Streamer Emission, urychlené vyvolávání vstřícného výboje.
EU	Evropská unie.
Fe	Železo.
GV	Gigavolt, 1.000.000.000 voltů.
Hz	Hertz, jednotka frekvence.
IPB	Inspektorát bezpečnosti práce.
kA	Kiloampér, 1.000 ampér.
kHz	Kilohertz, 1.000 Hz.
kV	Kilovolt, 1.000 voltů.
LEMP	Elektromagnetický impulz vyvolaný bleskem.
LPL	Lightning Protection Level, hladina ochrany před bleskem.
LPS	Lightning Protection systém, systém ochrany před bleskem.
LPZ	Zóna ochrany před bleskem.
LPMZ	Kompletní systém ochranných opatření pro vnitřní systém ochrany před LEMP.
LSC	Čítač úderů blesků.
m	Metr, jednotka délky.

mA	Miliampér, 0,001 ampér.
MV	Megavolt, 1.000.000 voltů.
OIP	Oblastní inspektorát práce.
PDA	Aktivní hromosvod.
SEMP	Elektromagnetický impulz vyvolaný spínáním.
SOD	Státní odborný dozor.
SPD	Surge Protective Device, svodič bleskových proudů.
SÚIP	Státní úřad inspekce práce.
TIČR	Technická inspekce České republiky.
V	Volt, jednotka napětí.
VTZ	Vyhrazená technická zařízení.
W	Watt, jednotka výkonu.
ZBO	Zóna bleskové ochrany.
Zn	Zinek.
μs	Mikrosekunda, miliontina sekundy.
Ω	Ohm, jednotka odporu.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Britský chemik Stephen Gray při svých pokusech	10
Obr. 2 – Český kněz, vynálezce Prokop Diviš	11
Obr. 3 – Přímětický hromosvod, „machina meteorologica – povětrnostní mašina“	12
Obr. 4 – Benjamin Franklin, americký vědec a politik	13
Obr. 5 – Gay-Lussacův hromosvod – schéma	16
Obr. 6 – Faradyův způsob hromosvodu – schéma	16
Obr. 7 – Findeisenův hromosvod – schéma	16
Obr. 8 – Napětí naindukované proudem ve svodu	39
Obr. 9 – Metoda valící se koule	47
Obr. 10 – Ochranný prostor vymezený ochranným úhlem α	48
Obr. 11 – Systém vyrovnání potenciálů pro vstupující rozvody	50
Obr. 12 – Pohled 1 - objekt H včetně rozměrů	57
Obr. 13 – Pohled 2 – objekt H včetně rozměrů	58
Obr. 14 – Půdorys střechy objektu H včetně rozměrů	58
Obr. 15 – Položkový rozpočet stavby	59
Obr. 16 – Půdorys hromosvodu – objekt H	60
Obr. 17 – Legenda k Obr. 15 Půdorys hromosvodu – objekt H	61
Obr. 18 – Půdorys uzemnění - objekt H	62
Obr. 19 – Legenda k Obr. 17 Půdorys uzemnění	62
Obr. 20 – Položkový rozpočet	64
Obr. 21 – Střecha – celkový pohled	65
Obr. 22 – Detail svodů	66
Obr. 23 – Detail jímače	66
Obr. 24 – Detail komínu	67
Obr. 25 – Detail svodů	67

Obr. 26 – Detail připojení kompresorovny68

Obr. 27 – Detail připojení uzemnění68

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – LPL, Kritérium pro dimenzování LPS, kritérium zachycení výboje	18
Tab. 2 – Doporučené třídy LPS, vztah mezi hladinou ochrany LPL a třídou LPS	43
Tab. 3 – Rozměry bleskové koule	47
Tab. 4 – Typické rozměry ok mřížové sítě	49
Tab. 5 – Minimální rozměry vodičů, které spojují mezi sebou různé sběrnice vyrovnání potenciálů nebo uzemňovací soustavu	51
Tab. 6 – Minimální rozměry vodičů, které spojují mezi sebou vnitřní kovové instalace se sběrnici vyrovnání potenciálů	51
Tab. 7 – Zóny ochrany před bleskem	52
Tab. 8 – Lhůty pravidelných revizí hromosvodů podle ČSN EN 62305	53