



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

POUŽITÍ PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN V DOMOVNÍ ELEKTROINSTALACI

OVER-VOLTAGE PROTECTIONS USED FOR HOUSE WIRING SYSTEM

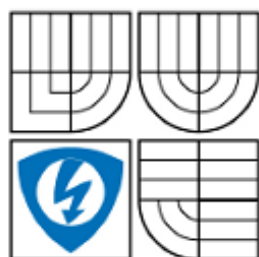
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAL MARCOL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. BRANISLAV BÁTORA



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Michal Marcol

ID: 98431

Ročník: 3

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Použití přepětových ochran v domovní elektroinstalaci

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Přepětí v ES, Vznik přepětí a jeho klasifikace, ochrana před bleskem podle souboru norem ČSN EN 62305
2. Svodiče bleskových proudů a přepětové ochrany
3. Postup a způsob navrhování svodičů bleskových proudů a svodičů přepětí
4. Řešení konkrétního projektu návrhu bleskozvodů a aplikace přepětových ochran v domovní elektroinstalaci

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle pokynů vedoucího

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 26.5.2011

Vedoucí práce: Ing. Branislav Bátora

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení:

Bytem:

Narozen/a (datum a místo):

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta

se sídlem

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

.....

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1
Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
 - ☐ diplomová práce
 - ☐ bakalářská práce
 - ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP:

Vedoucí/ školitel VŠKP:

Ústav:

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v*:

- ☐ tištěné formě – počet exemplářů
- ☐ elektronické formě – počet exemplářů

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☐ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Bibliografická citace práce:

MARCOL, M. *Použití přepětových ochran v domovní elektroinstalaci*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 56 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Branislav Bátora.

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky**

Bakalářská práce

POUŽITÍ PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN V DOMOVNÍ ELEKTROINSTALACI

Michal Marcol

vedoucí: Ing. Branislav Bátora

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2011

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering**

Master's Thesis

**OVER-VOLTAGE PROTECTIONS USED FOR
HOUSE WIRING SYSTEM**

by

Michal Marcol

Supervisor: Ing. Branislav Bátor

Brno University of Technology, 2011

Brno

Abstrakt

Z názvu práce lze jednoznačně vydedukovat její hlavní cíl, kterým je seznámení se s novou normou ČSN EN 62 305, jenž v České republice platí krátce a díky které je v této práci navržena ochrana objektu proti blesku a bleskovému přepětí. Norma ČSN EN 62 305 je u nás platná od konce roku 2006 a je podrobně popsána v teoretické části této bakalářské práce. Z platnosti uváděné normy vyplývá nutnost a zároveň taktéž povinnost tuto normu dodržovat u všech nových staveb. Praktická část práce se zaměřuje na vlastní návrh bleskosvodu pro vybraný objekt a tento návrh bude sestaven za použití zmiňované normy ČSN EN 62 305. Daný návrh obsahuje přesné umístění jak jímací soustavy, tak také svodů a všech jímačů na objektu. Celkový projekt je zhotoven pomocí metody ochranného úhlu a následně zkontrolován metodou válivé koule tak, aby byla zaručena správnost umístění každého jímače. Na základě takto provedené kontroly by měla být zaručena dostatečná ochrana objektů proti případnému úderu blesku do stavby. Další část práce se zabývá vnitřní ochranou před nebezpečným přepětím zapříčiněným úderem blesku do objektu. V této části se práce zabývá, jak správně navrhnout a umístit přepěťovou ochranu, aby byla zaručena dostatečná ochrana elektronických přístrojů umístěných v objektu.

Klíčová slova: Bleskosvod, hromosvod, přepěťová ochrana, svodič, jímač, zemnič, jímací soustava, SPD.

Abstract:

From the name of bachelor's thesis it is easily possible to deduce its purpose, which is to familiarize with new norm ČSN EN 62 305, which is in Czech republic applied shortly and thanks to it, is in this labour projected protection from flash and thunder over-voltage. The norm ČSN EN 62 305 is valid in Czech Republic from the end of year 2006 and is in detail described in theoretic part of this bachelor's thesis. From validity of introduced norm follows on necessity and simultaneously duty to keep this norm by all new buildings. Practice part of this work is focused on own proposal of lightning conductor for choosen object and this proposal will be make up by using mentioned norm ČSN EN 62 305. Existing proposal includes exact position both air-termination network and also down lead and all air terminal on an object. General project is made by method protective angel and consequently checked by method of rolling ball so that rightness of placement of each trap is guaranteed. Based on this way made check, it should be warranted sufficiently provided protection of object against pertinent stroke of the thunder to building. Another part of work is considered in inside protection of danger over-voltage caused by stroke of the thunder into the building. In this part is work targeted how to correctly project and place overvoltage protection, in order to guarantee sufficient protection electronic equipments placed in an object.

Key words: lightning conductor, conductor, overvoltage protection, diverter, trap, grounding electrode, air-termination network, SPD

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	11
SEZNAM TABULEK	12
SEZNAM ZKRATEK	13
1. ÚVOD	14
2. HISTORIE	15
3. PŘEPĚTÍ V ES	17
3.1 PROVOZNÍ PŘEPĚTÍ	17
3.2 ATMOSFÉRICKÁ PŘEPĚTÍ	17
4. NORMA ČSN 62305 „OCHRANA PŘED BLESKEM“	19
4.1 ČSN 62305 „OBECNÉ PRINCIPY“	19
4.2 ČSN 62305 „ŘÍZENÍ RIZIKA“	22
4.2.1 Rizika a jejich zdroje:.....	22
4.3 ČSN 62305 „HMOTNÉ ŠKODY NA STAVBÁCH A NEBEZPEČÍ ŽIVOTA“	23
4.3.1 Jímače.....	24
4.3.2 Svody	27
4.3.3 Uzemnění.....	28
4.3.4 Ekvipotenciální pospojení v ochraně před bleskem	29
4.4 ČSN 62305 „ELEKTRICKÉ A ELEKTRONICKÉ SYSTÉMY VE STAVBÁCH“	30
4.4.1 Principy funkce ochrany proti pulznímu přepětí.....	30
5. BLESKOSVODY	32
5.1 BLESKOSVOD FRANKLINOVA TYPU	32
5.2 AKTIVNÍ BLESKOSVOD	33
6. NÁVRH BLESKOSVODU	34
6.1 VNĚJŠÍ OCHRANA OBJEKTU	35
6.1.1 Určení počtu svodů.....	35
6.1.2 Metoda ochranného úhlu	36
6.1.3 Provedení bleskosvodu	42
6.1.4 Svody	42
6.2 VNITŘNÍ OCHRANA OBJEKTU	45
6.2.1 Rozdělení chráněného prostoru do zón	45
6.2.2 Popis SPD	47
6.2.3 Návrh přepětíové ochrany.....	49
6.2.4 Parametry přepětíových ochran.....	52
6.2.5 Chyby při instalaci přepětíových ochran	52
6.2.6 Údržba a revize přepětíových ochran	53
7. ZÁVĚR	54
8. POUŽITÁ LITERATURA	55
9. PŘÍLOHA	56

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: První návrh bleskosvodů.....	15
Obrázek č. 2: Nejrozšířenější typy bleskosvodů	16
Obrázek č. 3: Bouřková mapa	18
Obrázek č. 4: Tvar bleskového proudu	20
Obrázek č. 5: Metoda valící se koule	26
Obrázek č. 6: Hromosvod Franklinova typu	33
Obrázek č. 7: Reálná stavba	34
Obrázek č. 8: Graf ochranného úhlu	36
Obrázek č. 9: Použití metody válivé koule	38
Obrázek č. 10: Použité podpěry	42
Obrázek č. 11: Rozmístění podpěr pro svodiče.....	43
Obrázek č. 12: Rozměry pro umístění jímače	43
Obrázek č. 13: Rozdělení bleskového proudu.....	45
Obrázek č. 14: Rozdělení objektů do zón	46
Obrázek č. 15: Rozdělení objektu dle napěťových hladin	47
Obrázek č. 16: Koordinace mezi SPD.....	48
Obrázek č. 17: Zapojení svodičů v síti TN-C.....	48
Obrázek č. 18: Umístění přepětových ochran v rozvodnici	49
Obrázek č. 19: Použité přepětové ochrany	51

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Četnost úderů blesků na km ²	17
Tabulka č. 2: Parametry blesku	20
Tabulka č. 3: Účinky blesku.....	21
Tabulka č. 4: Minimální průřezy ploch jímací soustavy	24
Tabulka č. 5: Povolené kombinace materiálu	29
Tabulka č. 6: Rozdělení objektu do tříd	35
Tabulka č. 7: Vzdálenosti mezi svodiči	36
Tabulka č. 8: Hodnota ochranného úhlu v závislosti na výšce jímače.....	37
Tabulka č. 9: Přibližná cena navrhovaného hromosvodu	44
Tabulka č. 10: Velikost proudu [kA] ve vodičích za SPD	52
Tabulka č. 11: Maximální interval mezi revizemi	53

Seznam zkratk

LPS	system ochrany před bleskem • vnější LPS – jímače, svody, uzemnění • vnitřní LPS – ekvipotenciální pospojování, magnetické a prostorové stínění • izolovaný LPS – „oddálený hromosvod“ • neizolovaný LPS – jímací soustava a svody umístěné na stavbě • třída LPS I, II, III a IV – třída spolehlivosti • hladina LPS I, II, III a IV – hladina ochrany před bleskem
LPZ 0, 1, 2 a 3	zóna ochrany před bleskem
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
I_{imp}	zkušební zkratový proud- hodnota proudu pocházejícího z přepětíové vlny
I_f	schopnost zhaset následné síťové proudy – efektivní hodnota následného síťového proudu při napětí U_c , který svodič samostatně dokáže přerušit.

1. Úvod

Tato práce se zabývá návrhem bleskosvodné soustavy a přepětové ochrany pro daný objekt pomocí normy ČSN EN 62 305. Tato norma popisuje, jak se má řešit problém týkající se ochrany objektu před nebezpečným přepětím vzniklým úderem blesku jak do objektu, tak případně do elektrického vedení. Taktéž popisuje metody, jak postupovat při návrhu, umístění a realizaci bleskosvodů a celé jímací soustavy. Norma platí v České republice již od konce roku 2006. Veškeré nové projekty, které jsou zrealizovány po tomto datu, se již touto normou musí řídit. První část práce se zabývá podrobným rozebráním této normy a to proto, že vlastní návrh práce z této normy vychází.

Norma je složena z pěti částí:

1. Obecné principy,
2. Řízení rizika,
3. Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života,
4. Elektrické a elektronické systémy ve stavbách,
5. Inženýrské sítě.

Hlavním cílem práce je navrhnout celkovou jímací soustavu na určitý objekt, kterým byl zvolen Domov pro seniory v Bílovci. Pro vlastní návrh jímací soustavy byla vybrána metoda ochranného úhlu a pro kontrolu použita metoda válivé koule. Metoda mřížové soustavy, kterou norma taky uvádí, nebyla v tomto případě využita, jelikož je vhodné ji použít pouze na objekty s rovnou střechou, což náš zvolený objekt nemá. Vlastní návrh je rozdělen do několika částí. Za prvé je nutné určit, do jaké třídy ochrany budova spadá, z čehož se pak odvíjí následující návrh. Dále je potřebné vypočítat, kolik svodů bude potřeba na daný objekt, aby byla dodržena normou stanovena vzdálenost svodu od sebe. Následně pak pomocí metody ochranného úhlu je důležité určit, kde a jak vysoko musí být jímače umístěny, aby dostatečně ochránily celou budovu před případným úderem blesku. Pomocí metody valivé koule dojde k ujištění, že navrhovaný systém jímačů je správný a bude dostatečně chránit celý objekt.

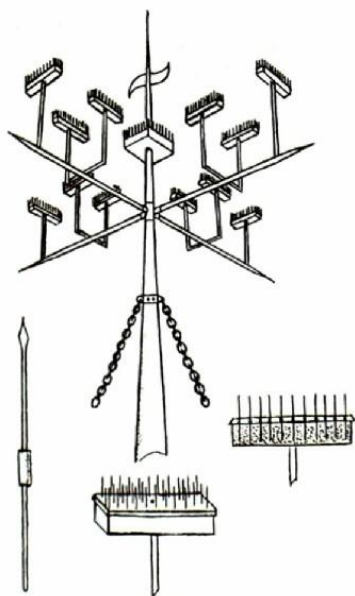
Dalším cílem práce je navrhnout pro zvolený objekt vnitřní ochranu před nebezpečným proudem vzniklým úderem blesku. Aby byl tento cíl splněn, musí dojít nejprve k rozdělení budovy do příslušných zón, pro které pak je potřeba navrhnout příslušnou přepětovou ochranu. Při návrhu by měla být dodržena veškerá pravidla, která norma ČSN EN 62 305 uvádí a to tak, aby byla splněna správná funkčnost celé přepětové ochrany jako celku a aby objekt byl dostatečně chráněn před případným nebezpečným proudem, který vzniká při úderu blesku do budovy.

2. Historie

Jako první kdo se začal zajímat o problematiku ochrany objektů před bleskem je Prokop Diviš (1696 – 1765) a Benjamin Franklin (1706 – 1790).

Prokop Diviš předpokládal, že pomocí několika set železných hrotů umístěných na koruně hromosvodů bude z mraků „vysávat“ elektřinu a tím zabrání výbojům. Benjamin Franklin s tímto vynálezem souhlasil (1749), jen jej trošku pozměnil ve smyslu, že tyč musí být železná minimální délky 2,6 – 3,4 metrů zaostřenou do špičky, pozlacenou aby nepodléhala korozi. V konečném popisu pan Franklin uvádí, nutnost zabránění uderu do objektu a bezpečné svedení bleskového proudu do země.

Jako první stavba, kterou Benjamin Franklin zrealizoval, byl maják v roce 1766, vzhledem k tomu že maják byl umístěn na rušné obchodní cestě, díky lidem se tudíž tato ochrana velmi rychle rozšířila i dál do světa.[7]



Obrázek č. 1: První návrh bleskosvodů [7]

Přehled prvně umístěných bleskosvodů a jejich autoři:

1754 – Přímětice Znojmo – Kostel, Václav Prokop Diviš

1760 – Philadelphia – obytný dům pana Westa, Benjamin Franklin

1766 – Plymouth – Maják, Benjamin Franklin

1769 – Žagaň – Kostel, Johann Ignatz von Felbinger

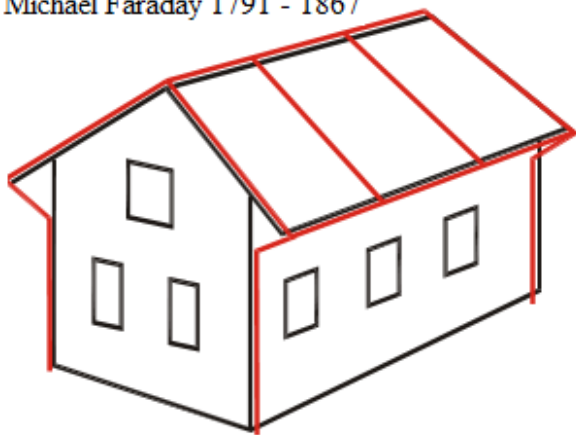
1779 – Hamburg – St. Petri Kirchen, Johann Jakob Hemmer

1782 – Wideň – nemocnice, Johann Jakob Hemmer

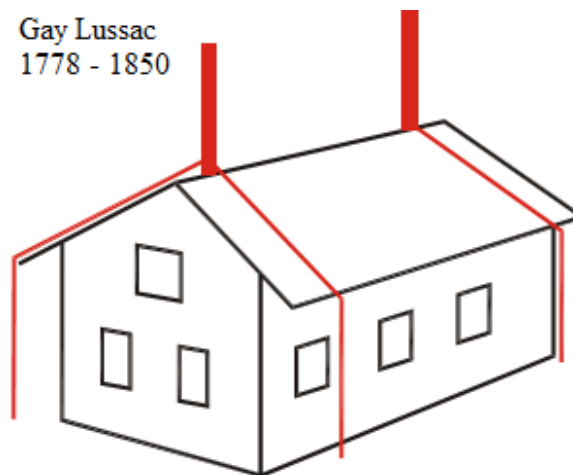
Nejrozšířenější typy hromosvodů:

- Gay-Lussacův hromosvod – několik jímacích tyčí vzájemně pospojovány s několika svody.
- Faradayův hromosvod – utvoření sítě z jímacích vodičů nad chráněným objektem.
- Findeisenův hromosvod – netřeba použít jímacích tyčí, kovové část střechy jsou pospojeny na svody.
- Radioaktiv hromosvod – zaváděno ve Francii, poslední zrušen cca v roce 2004.

Michael Faraday 1791 - 1867



Gay Lussac
1778 - 1850



Obrázek č. 2: Nejrozšířenější typy bleskosvodů [7]

3. Přepětí v ES

Přepětí je náhodný jev, který se liší podle místa, času a tvaru. Jeho parametry nejsou určeny pouze jeho příčinou ale i elektrickými vlastnostmi vedení na, kterém se objeví. Neexistují dvě naprosto shodná přepětí, každé se v něčem liší.

Přepětí je jakékoliv zvýšení napětí sítě nad maximální povolenou hranici, která je u sítí do 230V 10% nad jmenovitou hodnotu a u sítí vyšších 20% nad svou jmenovitou hodnotu.

Přepětí mohou být buď provozní (vnitřní) nebo atmosférická (vnější).

3.1 Provozní přepětí

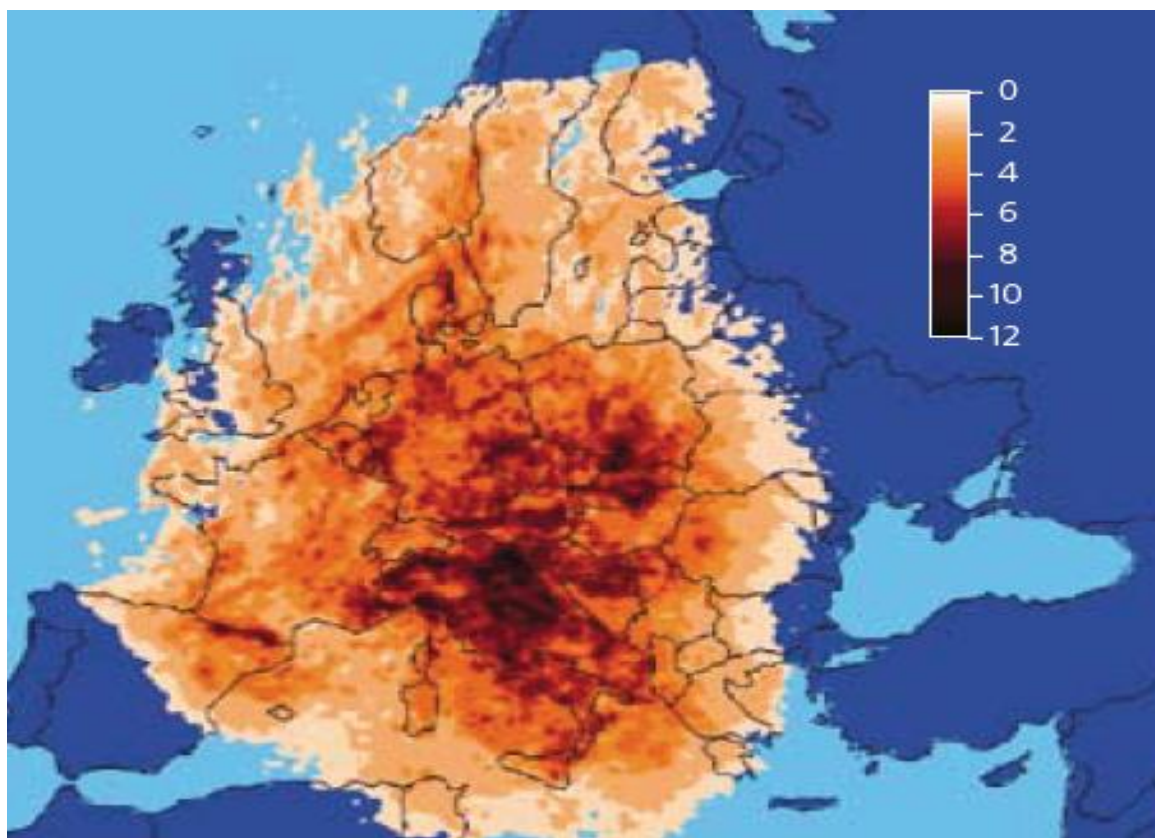
Provozní přepětí vzniká náhlým vypnutím nebo zapnutím sítě. Při vypnutí se nahromaděná elektrická energie rázem změní na energii elektrostatickou a tím může dojít ke vzniku přepětí. Jestli přepětí ovšem vznikne nebo nevznikne, záleží na více aspektech, jako je například na době vypnutí, na tekoucím proudu atd. Dorazí-li napěťová vlna na konec prázdného vedení jeho amplituda se důsledkem odrazu zdvojnásobí.

3.2 Atmosférická přepětí

Atmosférická přepětí vznikají při přímým úderu blesku do vedení nebo indukcí napětí při úderu blesku blízko vedení. Tímto jsou ohroženy hlavně vedení s nižší izolační vrstvou jako vedení do 15kV. Atmosférické přepětí může vzniknout při přechodu nabitého mraku nad vedením. Takto nabitý mrak váže na vedení stejně velký náboj ale opačného směru. Dojde-li k vybití tohoto výboje, náboj vázaný na vedení se uvolní a pokračuje po vedení jako přepěťová vlna. Tato vlna ohrožuje izolaci celého vedení a dojde-li přepěťová vlna do elektrické stanice, přestupuje do prostředí s jinou impedancí, tudíž se napětí zvětší a ohrožuje izolaci zařízení.

Oblast	Četnost úderů blesků na km ² /měsíc
Severní Německo a Skandinávie	0,3 - 3,0
Předalpská oblast	3,0 - 7,0
Subtropické a tropické oblasti	30 - 70
Česká republika	2,0 - 8,0

Tabulka č. 1: Četnost úderů blesků na km²[13]



Obrázek č. 3: Bouřková mapa [11]

4. Norma ČSN 62305 „Ochrana před bleskem“

Tato norma je u nás v republice jen velmi krátkou dobu, byla schválena 1. 11. 2006 a od té doby se musí stavby prováděny po tomhle datu už jí řídit. Nahrazuje starou normu ČSN 34 1390 z roku 1969. Již z jejího roku vydání téhle normy bylo zapotřebí jí obnovit. Tato nová norma je převzata z mezinárodní normy IEC 62305. Do roku 2009 platí jak stará norma ČSN 34 1390 tak i nová norma ČSN 62305, od 1. 2. 2009 bude platit pouze nová norma. Důležitým aspektem je, že se tato norma nezabývá jenom ochranou před bleskem, ale řeší i přepětí vzniklé činností člověka jako je rychlé spínací procesy. Norma se skládá z pěti podbodů lišící se svým hlavním okruhem. Soubor norem platí jak pro projektování, revizi a údržbu ochrany staveb před bleskem, instalaci tak i pro opatření před nebezpečným dotykovým napětím jak pro osoby, tak pro zvířata.

4.1 ČSN 62305 „Obecné principy“

Atmosférické výboje - blesky působí od dávných dob škody, způsobují požáry a škody na elektrických zařízeních, zraňují a zabíjí zvířata i lidi. Lidé se blesků bojí a vždy se před nimi snaží chránit. Abychom pochopili principy ochrany proti blesku, uvedu vám nejčastější typy výbojů a jejich vlastnosti.

Blesk se vyvine jako atmosférický výboj vyrovnávající elektrické potenciály různě nabitých mraků a země. Rozlišujeme několik typů bleskového výboje :

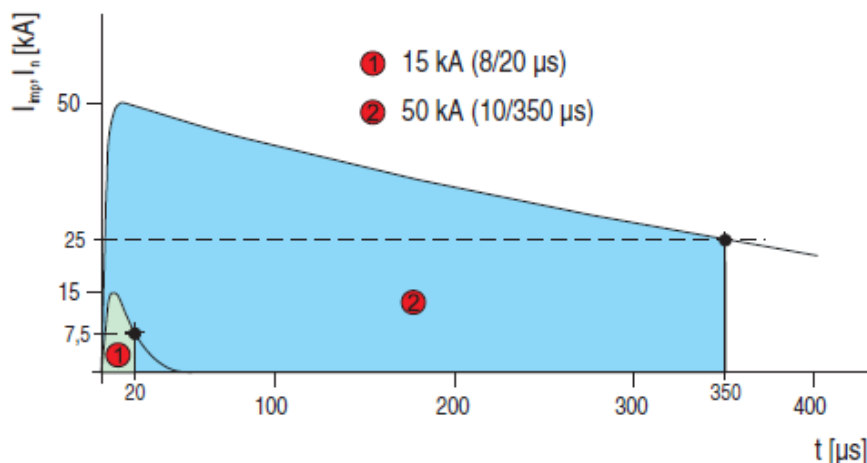
- sestupný blesk mrak-země, kde výboj směřuje z mraku do země
- vzestupný, kdy výboj směřuje ze země směrem k mraku

V ploché krajině převažují sestupné blesky. Ve výškově členitých krajinách převažují naopak vzestupné blesky. Sestupné blesky mají statisticky vyšší energii.

Podle doby trvání dělíme výboje na krátké ($< 2\text{ms}$) a dlouhé ($> 2\text{ms}$). Každý bleskový výboj má poměrně složitou časovou strukturu. Po hlavním výboji přicházejí následné výboje – krátké nebo dlouhé. Často jsou krátké i dlouhé výboje spolu provázané tj. během dlouhého výboje se vyvine několik intenzivních krátkých výbojů.

Z hlediska polarity rozlišujeme pozitivní a negativní výboje.

Tvar hlavního krátkého výboje je popsán průběhem tak že čelo trvá přibližně $10\mu\text{s}$ a půltýlem $350\mu\text{s}$ s amplitudou až 200 kA . Následné krátké výboje mají tvar $0.2/200\mu\text{s}$. Amplituda následných krátkých výbojů dosahuje hodnot do 50kA . Dlouhý výboj s amplitudami do 80A trvá až 0.5 s . Amplituda výboje záleží na místě, kde se výboj uskuteční (na poušti a velmi suchých místech bude větší než na místech kde je velká vlhkost).



Obrázek č. 4: Tvar bleskového proudu [12]

Tvar vlny bleskového výboje určuje jeho frekvenční charakteristika a tím jeho indukční účinky neboli vliv vzdáleného úderu blesku na elektrické a sdělovací rozvody a zařízení. Dlouhý výboj má frekvenční charakteristiku ohraničenou 100 kHz s nízkým podílem vysokých frekvencí. Hlavní krátký výboj má mnohem vyšší počet vysokých frekvencí až do hodnot 0,2MHz. Krátké následné výboje obsahují frekvence až 40MHz.

Parametry blesku	Ochranná hladina		
	I	II	III - IV
Vrcholová hladina proudu I (kA)	200	150	100
Celkový náboj Q úplný (C)	300	225	150
Celkový náboj Q impuls (C)	100	75	50
Specifická energie W R (kJ Ω)	10000	5600	2500
Průměrná strmost dI dt 30 90 (kA μs)	200	150	100

Tabulka č. 2: Parametry blesku [13]

Účinky blesku na stavby a technické sítě se liší podle amplitudy a průběhu bleskového výboje a podle vzdálenosti úderu blesku. Přímý úder blesku je takový, když proud bleskového výboje prochází přímo zasaženým objektem nebo lidským tělem, způsobí poškození přímým průchodem elektrického proudu včetně ohřátí až zapálení tak i mechanickými účinky elektromagnetických sil. Nepřímý úder blesku způsobí především elektromagnetickou indukci do vzdálenosti i několika kilometrů poruchy případná poškození elektrických a elektronických zařízení, především těch, která jsou zapojena do rozlehlých sítí.

Typ stavby	Účinek blesku
Obytný dům	Průraz elektrických instalací, požár a materiální škoda. Škoda je omezena na objekt umístěný v místě úderu nebo na cestě bleskového proudu. Porucha elektrického a elektronického zařízení a instalovaných systémů.
Zemědělská stavba	Prvotní riziko požáru a nebezpečná kroková napětí stejně jako hmotné škody. Následné riziko v důsledku ztráty elektrické energie a nebezpečí života pro dobytek v důsledku poruchy elektronického řízení větracích a krmících systému.
Divadlo, Hotel, Škola	Poškození elektrických instalací, které může způsobit paniku. Porucha požární signalizace, která vede k opožděným požárním opatřením.
Banka, Pojišťovací a obchodní společnosti	Jako již zmíněno výše a navíc problémy vyvolané ztrátou komunikace, poruchami PC a ztrátou dat.
Nemocnice, Sanatorium	Jako uvedeno výše a navíc problém s intenzivní péčí a potíže se záchranou nepohybujících se lidí.
Průmysl	Přídavné účinky závisející na výrobní náplni továren, v rozsahu od malých až po nepřijatelné škody a ztráty na výrobě.
Muzeum a archeologická naleziště, kostely	Ztráta nenahraditelného kulturního dědictví.
Elektrárny	Nepřijatelné ztráty služeb veřejnosti.
Pyrotechnická továrna, Muniční závod	Následky požáru a výbuchu na podnik a jeho okolí.

Tabulka č. 3: Účinky blesku [14]

4.2 ČSN 62305 „Řízení rizika“

Řízení rizika je určeno ke stanovení odhadu rizika pro stavby nebo inženýrské sítě. Účelem tohoto dílu normy je stanovit metody pro odhad rizika. Je třeba rozlišovat stavby s veřejným a soukromým charakterem. Pro stavby s veřejným charakterem (místa shromažďování většího množství osob, veřejné služby, kulturní památky) platí závazné hodnoty přípustného rizika, které nesmí být překročeny.

V dnešní době už výpočet rizika nepočítají projektanti ručně, ale mají na tohle různé softwary, které usnadňují práci tak i minimalizují chybu při ručním počítání. První důležitým hlediskem je místo určení objektu kde se bude nacházet, z tohoto se určí počet bouřkových dní v této oblasti. Poté potřebujeme znát rozměry objektu, délku přívodního vedení a rozměry okolních objektů. Poté určíme zástavbu objektu a charakteristiku prostředí. Na základě těchto údajů software vypočte efektivní hodnoty pro přímé a nepřímé údery blesku do objektu i do vedení. Projektant tak získá počet jednotlivých typů nebezpečných událostí.

4.2.1 Rizika a jejich zdroje:

Riziko R_A – Ohrožení zdraví člověka nebo zvířete po přímém úderu blesku do budovy

Riziko R_A nám udává vliv dotykových a krokových napětí, které vznikají při přímém úderu blesku do stavby a následné svedení bleskového proudu do země.

Riziko R_B – Možnosti vzniku požáru nebo mechanického poškození budovy při přímém úderu blesku do budovy

Toto riziko zahrnuje vlivy tepelné, mechanické a elektrické na objektech na niž není umístěna hromosvodní soustava.

Riziko R_C – Ohrožení elektronických zařízení ve stavbách při přímém úderu blesku do stavby

Souvisí s citlivostí elektronických nebo elektronickými zařízeními uvnitř budovy, které jsou ovlivněny velkým elektromagnetickým polem vznikajícím při úderu blesku do budovy

Riziko R_M – Riziko pro elektronické zařízení ve stavbách vzniklé po úderu blesku v blízkosti budovy

Riziko, které vzniká při úderu blesku v blízkosti budovy a to do vzdálenosti 500m od budovy, určuje se účinkem elektromagnetického pole a hlavně vrcholovou hodnotou bleskového proudu a vzdálenosti od budovy.

Riziko R_U – Ohrožení zdraví člověka nebo zvířete při nepřímém úderu blesku do inženýrské sítě

Riziko R_U souvisí s přeskokem impulzního proudu ze sítě na člověka, který vznikne při přímém úderu do sítě.

Riziko R_V – Možnosti vzniku požáru nebo mechanického poškození budovy následkem úderu blesku do sítě

Zde jsou zahrnuty veškeré rizika, které by mohly vzniknout při úderu blesku do inženýrské sítě

Riziko R_W - Ohrožení elektronických zařízení ve stavbách při přímém úderu blesku do inženýrské sítě

Riziko R_W obsahuje škody, které mohou vzniknout uvnitř objektu vlivem zavlečení bleskového proudu přes vstupující sítě.

Riziko R_Z – Ohrožení elektronických zařízení ve stavbách vzniklé přímým úderem blesku v blízkosti sítě

Je dáno působením elektromagnetického pole bleskového výboje v blízkosti sítě a to až do vzdálenosti 1,5 až 2 km od sítě.[6]

4.3 ČSN 62305 „Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života“

LPS – systém ochrany před bleskem (Lightning Protection System) snižuje škody způsobené danému objektu úderem blesku. Obsahuje vnější a vnitřní část:

vnější část: ochrana před bleskem zahrnuje jímáče, svody a uzemnění,

vnitřní část: ochrany před bleskem zahrnuje systém vyrovnání potenciálů včetně přepětových ochran SPD.

Při návrhu ochrany před bleskem musíme určit požadovanou úroveň ochrany před bleskem. Podle požadované úrovně ochrany LPL navrhujeme rozsah a parametry systému ochrany před bleskem. Norma ČSN EN 62305-3 definuje čtyři třídy systémů ochrany před bleskem LPS třída I až IV odpovídající čtyřem úrovním ochrany LPL I až IV. Určité parametry systému jsou nezávislé na třídě LPS – zejména parametry použitých prvků ochrany. Na zvolené úrovni ochrany je závislé jaké parametry blesku budeme předpokládat, stanovíme počty a umístění jímáčů a svodů, bezpečné vzdálenosti a minimální délka zemnicích elektrod.

Účelem vnější ochrany před bleskem je zachytit a odvést bleskový výboj směřující na objekt bez toho, aby byly způsobeny tepelné či mechanické škody, a bez toho, aby vzniklo škodlivé jiskření způsobující požár. Vnější LPS je většinou spojený přímo s chráněným objektem. Pouze v případech velkého nebezpečí požáru a výbuchu je LPS budován jako izolovaný. Nebezpečnému přeskoku jisker mezi LPS a vodivými částmi objektu se zabrání dostatečnou vzdáleností, dodatečnou izolací, nebo pospojením vodivých částí s LPS.

4.3.1 Jímače

Jako jímače bleskových výbojů používáme tyče, zavěšená lana, mříže. Jímače se umísťují na exponovaná místa na rohy a hrany v nejvyšších úrovních objektu podle kritérií některé z akceptovaných metod:

Materiál	Tvary	Minimální průřez	Poznámka ¹⁰⁾
		(mm ²)	
Měď	tuhý pásek	50 ⁸⁾	minimální tloušťka 2mm
	tuhý drát ⁷⁾	50 ⁸⁾	průměr 8mm
	lano	50 ⁸⁾	min. průměr každého pramenu 1,7mm
	tuhý drát ^{3),4)}	200 ⁸⁾	průměr 16mm
pocínovaná měď ¹⁾	tuhý pásek	50 ⁸⁾	minimální tloušťka 2mm
	tuhý drát ⁷⁾	50 ⁸⁾	průměr 8mm
	lano	50 ⁸⁾	min. průměr každého pramenu 1,7mm
hliník	tuhý pásek	70	minimální tloušťka 3mm
	tuhý drát	50 ⁸⁾	průměr 8mm
	lano	50 ⁸⁾	min. průměr každého pramenu 1,7mm
legovaný hliník	tuhý pásek	50 ⁸⁾	minimální tloušťka 2,5mm
	tuhý drát	50	průměr 8mm
	lano	50 ⁸⁾	min. průměr každého pramenu 1,7mm
	tuhý drát ³⁾	200 ⁸⁾	průměr 16mm
pozinkovaná ocel ²⁾	tuhý pásek	50 ⁸⁾	minimální tloušťka 2,5mm
	tuhý drát ⁹⁾	50	průměr 8mm
	lano	50 ⁸⁾	min. průměr každého pramenu 1,7mm
	tuhý drát ^{3),4),9)}	200 ⁸⁾	průměr 16mm
nerezová ocel ⁵⁾	tuhý pásek ⁶⁾	50 ⁸⁾	minimální tloušťka 2mm
	tuhý drát ⁶⁾	50	průměr 8mm
	lano	70 ⁸⁾	min. průměr každého pramenu 1,7mm

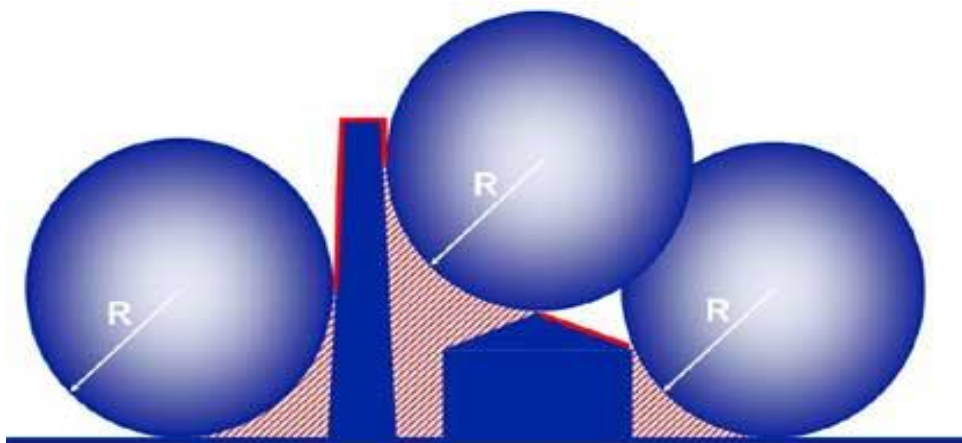
Tabulka č. 4: Minimální průřezy ploch jímací soustavy [15]

Vysvětlivky k tabulce č. 4:

- 1) Žárově nebo galvanicky pokrytá, minimální tloušťka vrstvy 1 μm .
- 2) Vrstva by měla být hladká, souvislá a bez natavenin, min. tloušťka vrstvy 50 μm .
- 3) Použití jen pro jímací tyče. Pro aplikace, kde není kritický mechanický tlak.
- 4) Použití jen pro zaváděcí zemnicí tyče.
- 5) Chrom $\geq 16\%$, nikl $\geq 8\%$, karbon $\geq 0,07\%$.
- 6) Pro nerezovou ocel v betonu nebo v přímém kontaktu s hořlavým materiálem, min. velikost průřezu by měla být zvětšena na 78 mm^2 pro tuhý drát a 75 mm^2 pro tuhý pásek.
- 7) 50 mm^2 může být snížen na 28 mm^2 v určitých aplikacích, kde mechanická síla není základní požadavek.
- 8) Jsou li důležité tepelné a mechanické požadavky, měly by být zvýšeny rozměry na 60 mm^2 pro tuhý pásek a na 78 mm^2 pro tuhý drát.
- 9) Min. průřez pro zabránění protavení je 16 mm^2 měď, 25 mm^2 hliník, 50 mm^2 ocel a 50 mm^2 nerezová ocel, pro specifickou energii 10000 kJ/Ω.
- 10) Tloušťka, šířka a průměr jsou definovány v toleranci $\pm 10\%$.

Metoda valící se koule

Je vhodná pro všechny typy objektů. Metoda vychází z obecně přijatého mechanismu šíření čela bleskového výboje. Chráněný prostor vymezuje objem mezi koulí a jímačem, o který se koule opírá (obrázek č. 2). Valící se koule přes objekt ve všech směrech nakonec vymezí místa, kde se koule dotýká přímo objektu a zde je potřeba vhodný jímač doplnit. Mezi koulí, zemí a jímači se vytvoří zóna bleskové ochrany LPZ 0B, ve které je přímý úder blesku nepravděpodobný. Všechna zařízení umístěná v tomto prostoru jsou tedy chráněná před přímým úderem blesku, nejsou však chráněná před vlivem elektromagnetických účinků blesku. Proti elektromagnetickým účinkům musíme tedy přijmout jiná dodatečná opatření. Metoda valící se koule nám umožní optimalizovat náklady na stavbu LPS, protože odhalí chráněné prostory na objektu a v jeho okolí, kde není potřebné jímače instalovat. Jde s výhodou použít i pro LPS využívající jímače s izolovanými svody, používané zejména k vymezení ochranného prostoru kolem zařízení umístěných na střeše, kde je problém se stavbou klasického oddáleného hromosvodu a zejména s vedením svodů tak, aby byla dodržena dostatečná vzdálenost mezi svodem a chráněným zařízením.[15]



Obrázek č. 5: Metoda valící se koule [8]

Metoda ochranného úhlu

Tato metoda je vhodná pro jednoduché objekty a omezena maximální výškou jímače. Chráněný prostor vymezuje kužel s úhlem α u vrcholu, úhel je závislý na výšce jímače. V případě použití zavěšeného lana můžeme použít metodu ochranného úhlu. Předpokládáme, že v místě lana je umístěna špička virtuálního tyčového jímače. U sítě vytvořené soustavou zavěšených vodičů je chráněný prostor vymezený kombinací chráněných prostorů jednotlivých vodičů tvořících síť. Lze říci, že metoda ochranného úhlu je zjednodušením metody valící se koule.[15]

Metoda mřížového jímače

Je vhodná pro ploché povrchy. Mříž s maximální velikostí oka určeného úrovní ochrany LPL musí být zhotovena tak, že každý horizontální vodič má pokračování ve svodu, který vede, co nejkratší cestou do země. Jednotlivé vodiče jímací mříže jdou po vnější vrchní hraně objektu, po převisech a po hřebenu střechy s malým sklonem. U střech s větším sklonem se používají rovnoběžné vodiče vedoucí od hřebene ke svodům ve vzdálenostech odpovídajícím oku mříže.

Účelem LPS je vytvořit chráněný prostor tak, aby v něm byl krytý celý objekt. Jak vyplývá názorně z metody valící se koule, může dojít u objektů s výškou nad 60 m (u LPL IV, resp. 20 m u LPL I) k úderům blesku ze strany. I když parametry těchto blesků bývají nižší, je potřeba daný objekt před nimi chránit, a umístit jímače nejenom na vrcholu objektu, ale i po stranách. Ze statistického hlediska je nejvíce ohrožených 20% výšky objektu od jeho vrcholu.

Vodiče neizolovaného LPS mohou být u střech z nehořlavého materiálu vedeny přímo po jejich povrchu. U doškových a jiných lehce zápalných střech musí být vzdálenost vodiče od povrchu minimálně 30 cm, u jiných hořlavých materiálu postačí vzdálenost 10 cm. Lehce zápalné materiály obecně nemají být v přímém kontaktu s vodiči LPS, ani nemají být přímo pod střešní krytinou, která může být proděravěná při úderu blesku. Pokud tomu chceme zabránit, navrhujeme jímací soustavu tak, aby se valící koule nedotkla krytiny, ale pouze strojených jímacích prvků.

Jako přirozené jímače mohou být použity kovové krytiny za předpokladu, že jsou jednotlivé části pospojovány trvanlivými spoji. Podle podkladu pod krytinou určíme potřebnou tloušťku krytiny. Jako přirozené jímače mohou být použity i ty kovové prvky, které jsou pokryty nemetalickou krytinou, pokud tato krytina může být vyloučena z ochrany před bleskem. Všechny kovové konstrukční prvky, potrubí, pokrytí a parapety mohou být použity, pokud jejich tloušťka (průřez) není menší, než jaká je požadovaná pro strojené jímače. Výjimku tvoří potrubí s hořlavými a výbušnými směsi, pokud nemají dostatečně vodivě propojené příruby v místě spojů. [15]

4.3.2 Svody

Svody mají za úkol nejkratší možnou cestou odvést náboj bleskového výboje do země. Děje se tak pokaždé v několika paralelních trasách. Na úrovni země mají být spojeny okružním vedením vyrovnaní potenciálů. Čím je větší počet svodů tím menší dostatečná vzdálenost a proto i jednodušší montáž vnitřních systémů.

U izolovaných LPS s jímači umístěnými na stožárech, má každý jímač jeden svod. V případě, že je stožár kovový, není strojený svod potřebný. U lanových a mřížových izolovaných jímačů je potřebný jeden svod na každý konec použitého vodiče. U neizolovaných LPS jsou požadovány nejméně dva svody na každý objekt, rozmístěné rovnoměrně po obvodu objektu. Svody mají být umístěny na každém rohu, kde je to možné. Jednotlivé jímače musí být na úrovni střechy spojeny okružním vodičem pro co nejrovnoměrnější rozdělení proudu.

Svody míří nejkratší možnou cestou k zemi tak, aby netvořily smyčky. V případě, že se tomu nemůžeme vyhnout, musí být vzdálenost každých dvou bodů na svodu bezpečná vzhledem k délce smyčky, která je propojuje. Svody nemají být vedeny okapovými žlaby a rourami. Svod může být umístěn přímo na zdi z nehořlavého materiálu, stejně může být umístěn na zdi z hořlavého materiálu, pokud je vzrůst jeho teploty zanedbatelný. V opačném případě se musí upevnit na držák ve vzdálenosti minimálně 0,1 m od zdi. V případě, že to není proveditelné, musí se zvětšit průřez svodu nad 100 mm².

Jako náhodné svody se mohou použít kovové konstrukční a instalační prvky, pokud je jejich spojení trvalé a jejich průřez splňuje hodnoty požadované a tloušťka kovových trubek nebo plechů je minimálně 0,5 mm. Potrubí s hořlavým a výbušným obsahem lze použít pouze v případě, že těsnění přírub je kovové, nebo je jinak zajištěné trvalé vodivé spojení přírub.

Na každém svodu musí být umístěna zkušební svorka, která je rozpojitelná pouze s použitím nářadí.

4.3.3 Uzemnění

Uzemnění slouží k rozvedení bleskového proudu v zemi a přitom se redukuje nebezpečné přepětí. Obecně se doporučuje co nejnižší zemní odpor (menší než 10 ohmů). Z hlediska ochrany před bleskem se upřednostňuje integrované uzemnění objektu, které je vhodné pro všechny účely. Uzemnění musí být vhodně spojeno se systémem potenciálového vyrovnání. Problémy spojené s korozí lze odstranit, když uzemnění z různých materiálů bude mezi sebou spojené.

V praxi se používají dva typy uzemnění:

typ A – zemniče spojené s jednotlivými svody,

typ B – obvodový zemnič vně objektu, nebo základový zemnič.

U zemniče typu A jde o horizontální nebo vertikální zemniče, které jsou spojené s každým svodem, minimální celkový počet zemničů jsou tudíž dva. Minimální délka každého zemniče měřená na patě svodu je pro horizontální zemnič 1l a pro vertikální 0,5 1l. U kombinovaného zemniče vertikálního a horizontálního se musí brát v úvahu celková délka. Minimální délka se nemusí dodržet, pokud zemní odpor zemniče je menší než 10 Ohmů. Snížení zemního odporu je možné prodloužením zemniče nebo použitím speciálních směsí pro zasypání zemniče. Zemnič (typu A) musí být veden vně chráněného objektu vrchním koncem v hloubce nejméně 0,5m a podle možnosti pravidelně, aby redukoval v zemi elektrické vazební efekty.

Typ zemniče B je buď obvodový zemnič vně objektu, který má nejméně 80% své celkové délky v zemi, nebo je to základový zemnič, který může mít formu mříže, nebo klece. U obvodového nebo základového zemniče střední poloměr r plochy uzavírané zemničem nesmí být menší než 1l. Pokud obvodový zemnič uzavírá nedostatečnou plochu, instalují se přídatné zemniče. Počet přídatných zemničů nesmí být menší než počet svodů, nejméně však dva. Musí být spojeny s obvodovým zemničem na svorce svodu a rozmístěny v rovnoměrných vzdálenostech. Vnější obvodový zemnič (typ B) musí být položen v zemi v hloubce nejméně 0,5 m a ve vzdálenosti asi 1 m od vnější zdi. Zemnič typu B se doporučuje mimo jiné do kamenitých půd i v objektech s elektronickými systémy nebo s vysokým stupněm nebezpečí požáru.

Zemniče musí být vedeny tak, že přeskoky mezi zařízeními nejsou možné. Hloubka vedení a typ zemniče musí být vybrán tak, aby vlivy koroze, vysychání půdy a zamrznání půdy byly malé a tím odpovídající zemní odpor zůstal stabilní. Jako zemnič lze využít zejména ocelovou armaturu v betonových základech nebo jiné příslušenství z kovu. Pokud se jako zemniče využije betonová armatura, je třeba velmi pečlivě spojit jednotlivé části armatury.

Součásti LPS musí odolat elektrodynamickému působení bleskového proudu a bez poškození čelit předvídatelnému náhodnému namáhání. Prvky LPS musí být vyrobeny z materiálů uvedených v tabulce č. 5 nebo z materiálů s podobnými mechanickými, elektrickými a chemickými charakteristikami. K upevnění se mohou použít též nekovové

prvky. Počet spojů podél svodu má být minimální. Spoje se provádějí pájením natvrdo, svorkami, tlakem, drážkami, šrouby nebo nýty. Propojení ocelových armatur v objektu ze železobetonu musí být dostatečně odolné a celkový odpor takového svodu nesmí překročit 0,2 Ohmu. Materiál se vybírá s ohledem na korozní chování jak chráněného objektu, tak také LPS. Povolené kombinace materiálu, které můžeme spolu spojit, jsou uvedené v tabulce níže.[16]

Materiál	pozink. ocel	hliník	měď	nerez. ocel	titan	cín
pozink. ocel	ano	ano	ne	ano	ano	ano
hliník	ano	ano	ne	ano	ano	ano
měď	ne	ne	ano	ano	ne	ano
nerez. ocel	ano	ano	ano	ano	ano	ano
titan	ano	ano	ne	ano	ano	ano
cín	ano	ano	ano	ano	ano	ano

Tabulka č. 5: Povolené kombinace materiálu [15]

4.3.4 Ekvipotenciální pospojení v ochraně před bleskem

Vyrovnaní rozdílných potenciálů vytvořených průtokem bleskového proudu zabrání nebezpečným přeskokům jisker a vzniku požáru. Dosáhne se tím, že LPS se spojí s kovovou konstrukcí objektu, s kovovými instalacemi, s vnějšími vodivými částmi a vedením, které je spojeno s objektem a s elektrickými a elektronickými systémy uvnitř chráněného objektu. Je potřeba si uvědomit, že pokud se provede vyrovnaní potenciálů LPS s vnitřním systémem, může část bleskového proudu téct dovnitř systému a na tuto skutečnost je třeba brát zřetel. Kovové části objektu a instalace bez vlastního potenciálu se spojují s přípojnici vyrovnaní potenciálu přímo, vodiče přenášející energii, nebo signál se spojují pomocí svodičů SPD. Způsob, jak se dosáhne vyrovnaní potenciálu bleskového proudu, je důležitý a musí brát v úvahu podmínky provozu telekomunikační sítě a dalších datových a slaboproudých rozvodů a rozvodů nn. SPD se musí instalovat tak, aby mohly být přezkoušeny.

Vodiče vyrovnaní potenciálu jsou spojeny s přípojnici vyrovnaní potenciálu, která musí být konstruována a instalována tak, aby bylo možné její přezkoušení. Přípojnice musí být připojena k zemniči. U velkých objektů lze instalovat více přípojníc za předpokladu, že jsou mezi sebou propojeny. Propojení vyrovnaní potenciálu bleskového proudu musí být co nejkratší a přímé. [15]

4.4 ČSN 62305 „Elektrické a elektronické systémy ve stavbách“

Vnitřní ochranu proti blesku tvoří soustava galvanického pospojení neživých vodivých částí a svodičů na živých metalických rozvodech spojených s uzemněním. Tato soustava zabrání vzniku nebezpečných rozdílových potenciálů na jednotlivých strukturách i uvnitř jednotlivých zařízení, na jejich napájecích a datových rozhraních, kde nebezpečným rozdílovým potenciálům říkáme přepětí.

Pulzní přepětí vzniká přirozenou cestou při úderu blesku, přímo nebo vazbou kapacitní, induktivní a galvanickou a elektromagnetickou indukcí do metalických vedení až do vzdálenosti několika kilometrů při elektrostatickém výboji a při spínacích jevech v sítích vvn, vn a nn. Principy ochrany proti přepětí musí zohlednit způsoby pronikání přepětí do zařízení a systémů a interakce jednotlivých částí systému. Přepětí má vysokofrekvenční charakter a proniká do systémů: napájecím vedením nn, přes napájecí transformátory a obvody zařízení, přes řídicí, měřicí, datové a telekomunikační vedení a linky čidel, zejména jsou-li umístěny vně budovy nebo na potrubí, kolejišti, na hromosvodných a na uzemňovací soustavě přes obvody zařízení do vedení opouštějícími budovu.

Je nutné si uvědomit, že vliv indukce a vazeb se projevuje i na vedeních uvnitř budov, pouze je nepatrně zeslaben zdívkou a paradoxně někdy i lokálně zesílen nedokonalou pospojovanou armaturou železobetonových budov. Všude tam, kde na rádiových a televizních přijímačích můžeme přijímat signál na vnitřní pokojovou anténu, může se indukovat přepětí od vzdáleného úderu blesku. Jedná se o přechodové jevy při zapínání a vypínání velkých, zejména induktivních zátěží transformátory, velké motory, indukční ohřevy, při zkratech v rozvodné síti apod. Zdrojem přepětí zejména v datových kabelech může být i indukce při souběhu se silovými kabely zejména pokud v silových rozvodech dochází k častému spínání spotřebičů.

Amplitudy přepětí u přímého úderu blesku dosahují až MV, u nepřímých úderů stovky kV. U přepínání v sítích vn a vvn byla naměřena na nn výstupu transformátoru přepětí téměř 15 kV. Ze spínání v síti nn vznikají běžně přepětí o amplitudě od desítek až do několika tisíc voltů.

4.4.1 Principy funkce ochrany proti pulznímu přepětí

Různá elektrická a elektronická zařízení mají různou odolnost proti přepětí. Jakmile však jde o zařízení obsahující mikroelektroniku, pohybuje se mez odolnosti pouze na úrovni desítek nebo jednotek voltů. Proto je nezbytné takové systémy chránit proti přepětí. Můžeme tak udělat dvěma způsoby: při příchodu přepětí zařízení odpojit, nebo vstup zkratovat. V praxi se používá druhý způsob, který je technicky jednodušší a nezpůsobuje přerušení provozu chráněného zařízení.

Princip ochrany proti přepětí vychází z koncepce pospojování na stejný potenciál. Neživé části pospojujeme přímo, živé části pracovní napájecí a datové vodiče pospojujeme přes svodiče do jednoho bodu na hlavní ochrannou svorku nebo přípojnici. Tyto svodiče mají při pracovním napětí velmi velký odpor srovnatelný s odporem izolantu. Při zvýšení napětí nad hranici maximálního pracovního napětí jejich odpor prudce klesne a svodiče tak po dobu trvání přepětíového pulzu vytvoří galvanické pospojování pracovního vodiče s ekvipotenciální přípojnicí, dalo by se obrazně říci, že vytvoří krátkodobý řízený zkrat a zabrání tak průniku přepětí na vstup do chráněného zařízení.[16]

5. Bleskosvody

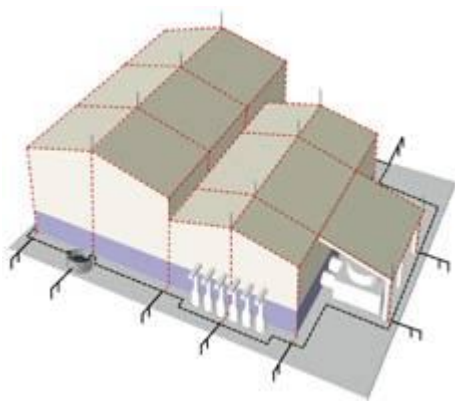
Bleskosvod (častěji spíše řečeno jako hromosvod) je zařízení, které chrání budovy a živých bytostí před ničivým účinkem blesku. Bleskosvod je uměle vytvořená cesta k svádění a přijímání blesku do země. Bleskosvod je vlastně ochranný štít, který převážně zachytí část energie blesku, poskytne mu co nejpřirozenější cestu k zemi, kde se blesk vybije. Bleskosvodné soustavy se liší podle typu objektu na ochranné hladině. Na konkrétní ochranné hladině pak závisí i samotné provedení bleskosvodu.

V České republice se sice použití bleskosvodu nemusí, ale experti a pojišťovny je však doporučují. Významné je kromě ochrany osob riziko vzniku požáru či riziko poškození věcí uvnitř objektu. Bleskosvod nezbytně patří například k činžovním domům, zdravotním zařízením, školám a budovám umístěných na navrší. U novostaveb je bleskosvod již povinnost, bez které nemůže být dům řádně zkolaudovaný. Někteří lidé si ovšem můžou říct, proč by jsi měli bleskosvod pořizovat, když je bouřka jenom několikrát za rok a to je přece nemůže ohrozit, ale pokud někdo je tak lhostejný ke svým věcem a majetku měl by vědět, že až si jednou blesk vybere jeho dům už asi bude pozdě a příště si investici, která u normálního rodinného domu není zas tak velká (desítky tisíc korun), protože blesk dovede zničit jak celou elektroinstalaci v domě tak i přístroje, které zrovna budou připojené k síti a to nemusí být ani zapnutý a to už je poté větší investice a více práce.

5.1 Bleskosvod Franklinova typu

Tento typ bleskosvodu patří mezi nejrozšířenější typ ochrany proti blesku, spočívá ve vytvoření vodivé překážky, která způsobí vniknutí bleskového výboje k chráněnému objektu a svede převáděnou část energie blesku do zemnicí soustavy.

Takto navržený hromosvod musí být sestaven z materiálu, který dobře odolává korozním vlivům okolního prostředí. U nás je nejrozšířenější materiál žárově pozinkovaná ocel, bohužel její vlastnosti nejsou úplně ideální, její životnost totiž kvůli nepříznivému prostředí neustále klesá. Z tohoto důvodu i životnost bleskosvodné soustavy stále klesá. Proto se na našem trhu objevují i jiné materiály jako je třeba ocel, hliník a jeho slitiny, odolné plastické hmoty a samozřejmě dobře známá měď. Je sice pravda, že pořizovací cena takového bleskosvodu je o něco vyšší než u pozinkované oceli ale tato nevýhoda je okamžitě vyvážena téměř bezúdržbovým provozem a několika násobnou životností. Použití kvalitnějších materiálu nepřímo zabraňuje škodám, které vznikají při výměně zkorodovaných částí pozinkovaných hromosvodu a jejich náteru v rámci údržby. Kromě vyšší životnosti lepších materiálu přináší tyto materiály i výraznou úsporu času při montáži bleskosvodu ale i minimální zatížení objektu jak po stránce mechanické tak i estetické.



Obrázek č. 6: Hromosvod Franklinova typu (zdroj: <http://hromosvody.indelec.cz/?id=2>)

5.2 Aktivní bleskosvod

Bleskosvod využívající jímače se včasnou emisí výboje P. D. A.

Při ochraně objektu s členitou střechou nebo u historických budov vzniká problém instalaci velkého množství vodičů a svodu. Z tohoto důvodu byl vyvinut jímač s včasnou emisí výboje P. D. A.. Princip jeho činnosti vyplývá v předstihu, se kterým reaguje na přítomnost sestupné větve bleskového výboje. Elektronické zařízení ukryté uvnitř hlavice vytváří na horních elektrodách těsně před samotným úderem blesku sérii pulsů, která ionizuje okolí hrotu středové jímací tyče. Tato ionizace způsobí emisi výboje a po jeho spojení se sestupnou větví i samotným úderem blesku s předstihem oproti Franklinově jímací tyči 25 – 60mS. Tento efekt má za následek mnohonásobně větší ochranný prostor.

6. Návrh bleskosvodu

V této kapitole se již budu zabývat konkrétním návrhem vnější i vnitřní ochrany před bleskem na zvoleném objektu. Pro návrh budu používat různé metody abych prověřil, že je zvolený objekt dostatečně chráněn a není žádné místo, kde by mohl blesk udeřit do objektu. Návrh budu provádět na domu pro seniory, viz obrázek níže.



Obrázek č. 7: Reálná stavba

6.1 Vnější ochrana objektu

Pro zvolený objekt jsem jako základní umístění jímačů použil metodu ochranného úhlu, který je pro takto členitý objekt vhodný a dá se tak určit místo kde by mohl blesk proniknout do objektu. Pro větší kontrolu jsem použil i metodu válivé koule pomocí níž se ujistím že umístění jímačů pomocí metody ochranného úhlu je dostatečné.

Jako první si musím určit, do jaké třídy ochrany chráněný objekt patří, abych mohl určit další parametry pro vlastní návrh.

Třída LPS	Druh objektu
I	Budovy s vysoce náročnou výrobou, energetické zdroje, budovy s prostředím s nebezpečím výbuchu, provozovny s chemickou výrobou, nemocnice, jaderné elektrárny, automobilky, plynárny, vodárny, elektrárny, banky, stanice mobilních operátorů, řídicí věže letišť, výpočetní centra
II	Supermarkety, muzea, rodinné domy s nadstandardní výbavou, školy, katedrály, prostory s nebezpečím požáru, výškové stavby > 100m, operační a provozní pracoviště hasičů a policie, spediční sklady, akvaparky
III	Rodinné domy, administrativní budovy, obytné budovy, zemědělské stavby
IV	Budovy stojící v ochranném prostoru jiných objektů, obyčejné sklady, stavby a haly bez výskytu osob a vnitřního vybavení

Tabulka č. 6: Rozdělení objektu do tříd [13]

6.1.1 Určení počtu svodů

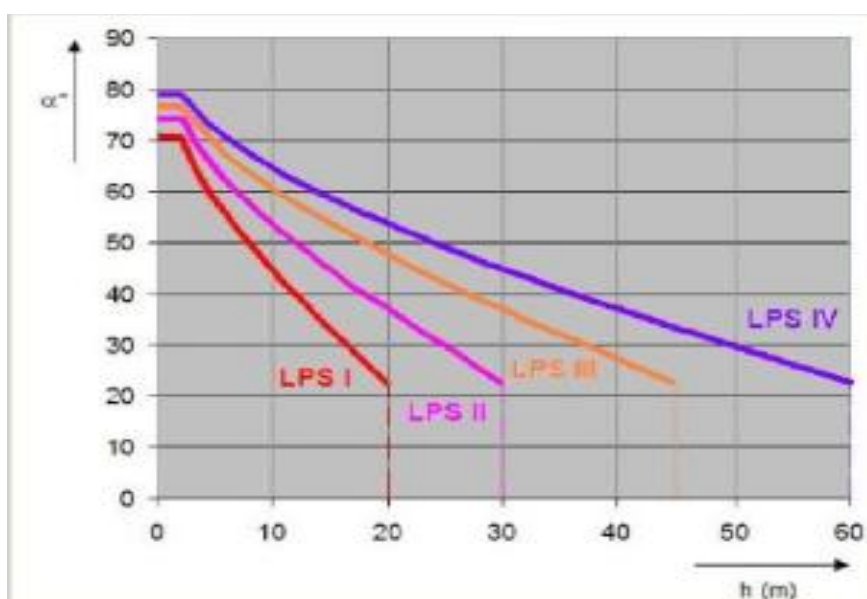
Další co musím určit, je kolik svodů bude potřeba umístit na chráněný objekt, aby byly dodrženy všechny kritéria, které norma určuje. Náš objekt má celkový obvod 130 metrů, dle tabulky níže vidíme, že pro třídu LPS II je nutno umístit svod co 10 metrů, norma nám dovoluje odchylku od této hodnoty $\pm 20\%$. Svody by měly být umístěny tak aby od jímače vedly co nejkratší cestou rovnou k zemi, aby případný bleskový proud měl co nejkratší a nejpřímější cestu k zemi a nemohlo dojít k přeskoku na objekt.

Třída LPS	Obvyklé vzdálenost [m]
I	10
II	10
III	15
IV	20

Tabulka č. 7: Vzdálenosti mezi svodiči [14]

6.1.2 Metoda ochranného úhlu

Podle grafu jsem určil, jaký ochranný úhel nám vymezuje umístění jímač. Z grafu vyplývá, že ochranný úhel pro třídu LPS II je dle výšky umístění od 75 do 22 stupňů. Obrázek č. 10 nám určuje, jaký ochranný úhel jímač chrání na závislosti umístění jímače od země, jelikož pro každou výšku od země je ochranný úhel jiný na což musíme brát ohled při vlastním návrhu.

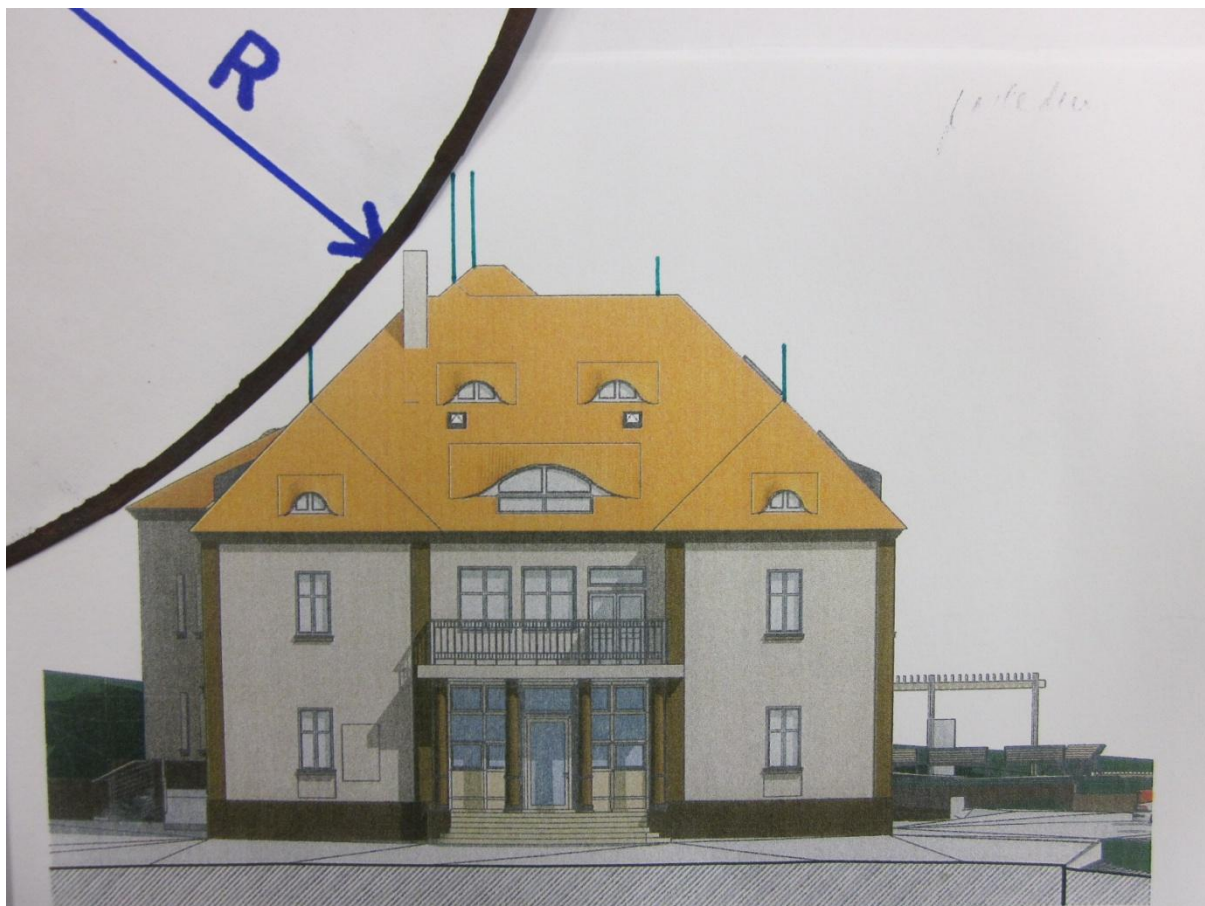


Obrázek č. 8: Graf ochranného úhlu [7]

Hodnoty ochranného úhlu a vzdáleností v závislosti na třídě LPS a výšce jímače								
výška ** jímače nad zemí h [m]	třída LPS I		třída LPS II		třída LPS III		třída LPS IV	
	r = 20 m		r = 30 m		r = 45 m		r = 60 m	
	ochranný úhel α [°]	délka * chráněného pásma a [m]	ochranný úhel α [°]	délka * chráněného pásma a [m]	ochranný úhel α [°]	délka * chráněného pásma a [m]	ochranný úhel α [°]	délka * chráněného pásma a [m]
1 m	67°	2,36 m	71°	2,90 m	74°	3,49 m	78°	4,70 m
2 m	67°	4,71 m	71°	5,81 m	74°	6,97 m	78°	9,41 m
3 m	67°	7,07 m	71°	8,71 m	74°	10,46 m	78°	14,11 m
4 m	65°	6,43 m	69°	10,42 m	72°	12,31 m	76°	16,04 m
5 m	59°	6,66 m	65°	10,72 m	70°	13,74 m	73°	16,35 m
6 m	57°	7,70 m	62°	11,28 m	68°	14,85 m	71°	17,43 m
7 m	54°	8,26 m	60°	12,12 m	66°	15,72 m	69°	18,24 m
8 m	52°	8,96 m	58°	12,80 m	64°	16,40 m	68°	19,80 m
9 m	49°	9,20 m	56°	13,34 m	62°	16,93 m	66°	20,21 m
10 m	47°	9,65 m	54°	13,76 m	61°	18,04 m	65°	21,45 m
11 m	45°	10,00 m	52°	14,08 m	59°	18,31 m	64°	22,55 m
12 m	42°	9,90 m	50°	14,30 m	58°	19,20 m	62°	22,57 m
13 m	40°	10,07 m	49°	14,95 m	57°	20,02 m	61°	23,45 m
14 m	37°	9,80 m	47°	15,01 m	55°	19,99 m	60°	24,25 m
15 m	35°	9,80 m	45°	15,00 m	54°	20,65 m	59°	24,96 m
16 m	33°	9,74 m	44°	15,45 m	53°	21,23 m	58°	25,61 m
17 m	30°	9,24 m	42°	15,31 m	52°	21,76 m	57°	26,18 m
18 m	28°	9,04 m	40°	15,10 m	50°	21,45 m	56°	26,69 m
19 m	25°	8,39 m	39°	15,39 m	49°	21,86 m	55°	27,13 m
20 m	23°	8,07 m	37°	15,07 m	48°	22,21 m	54°	27,53 m

Tabulka č. 8: Hodnota ochranného úhlu v závislosti na výšce jímače [10]

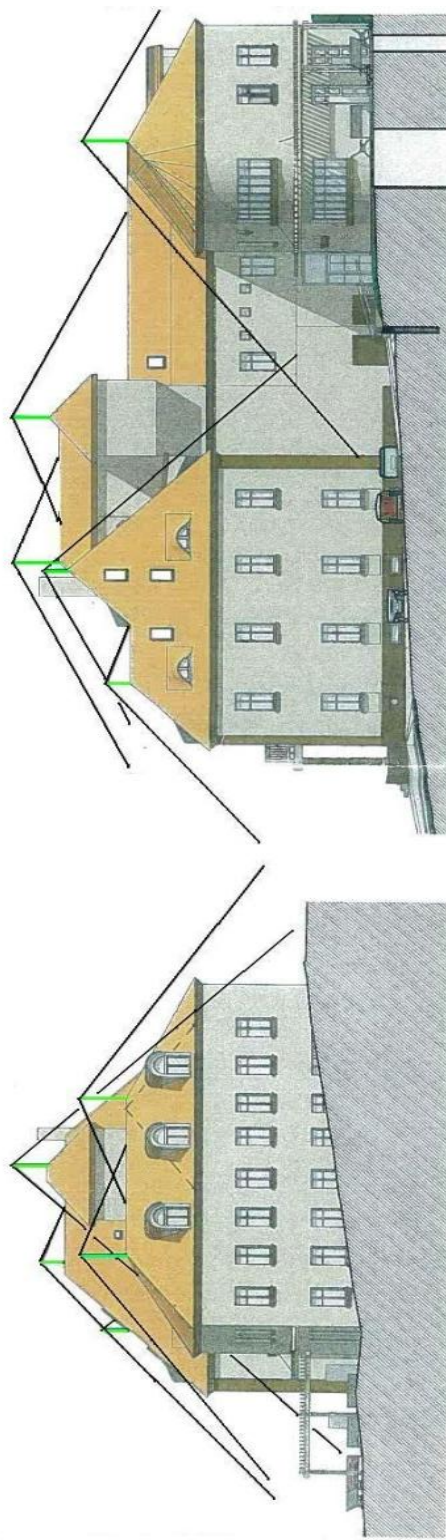
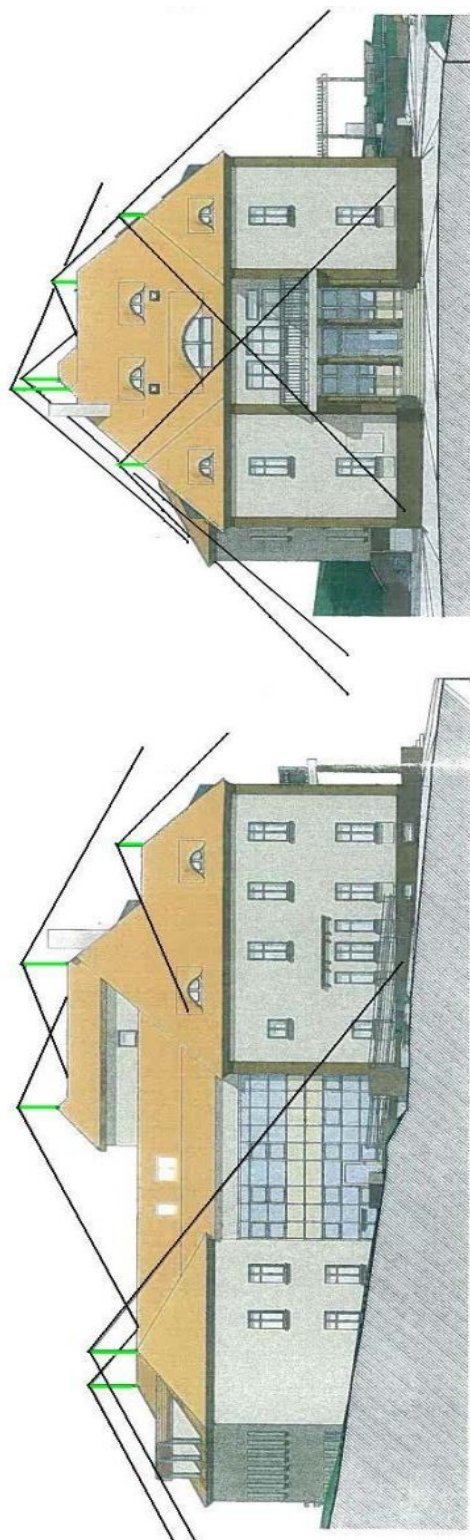
Pro kontrolu jsem využil i metodu válivé koule abych zjistil, jestli umístění jímačů je opravdu správné a ochrání nám celý objekt. Poloměr válivé koule pro objekt spadající do třídy LPS II je 30 metrů. Jak jde vidět z obrázku umístění jímače u komína je dostatečné a ochrání nám objekt před případným bleskem. Jímač musí splňovat podmínku, kterou nám určuje norma, a to že obvod válivé koule musí být minimálně 20cm od chráněné stavby což zvolené umístění a výška jímačů splňuje.



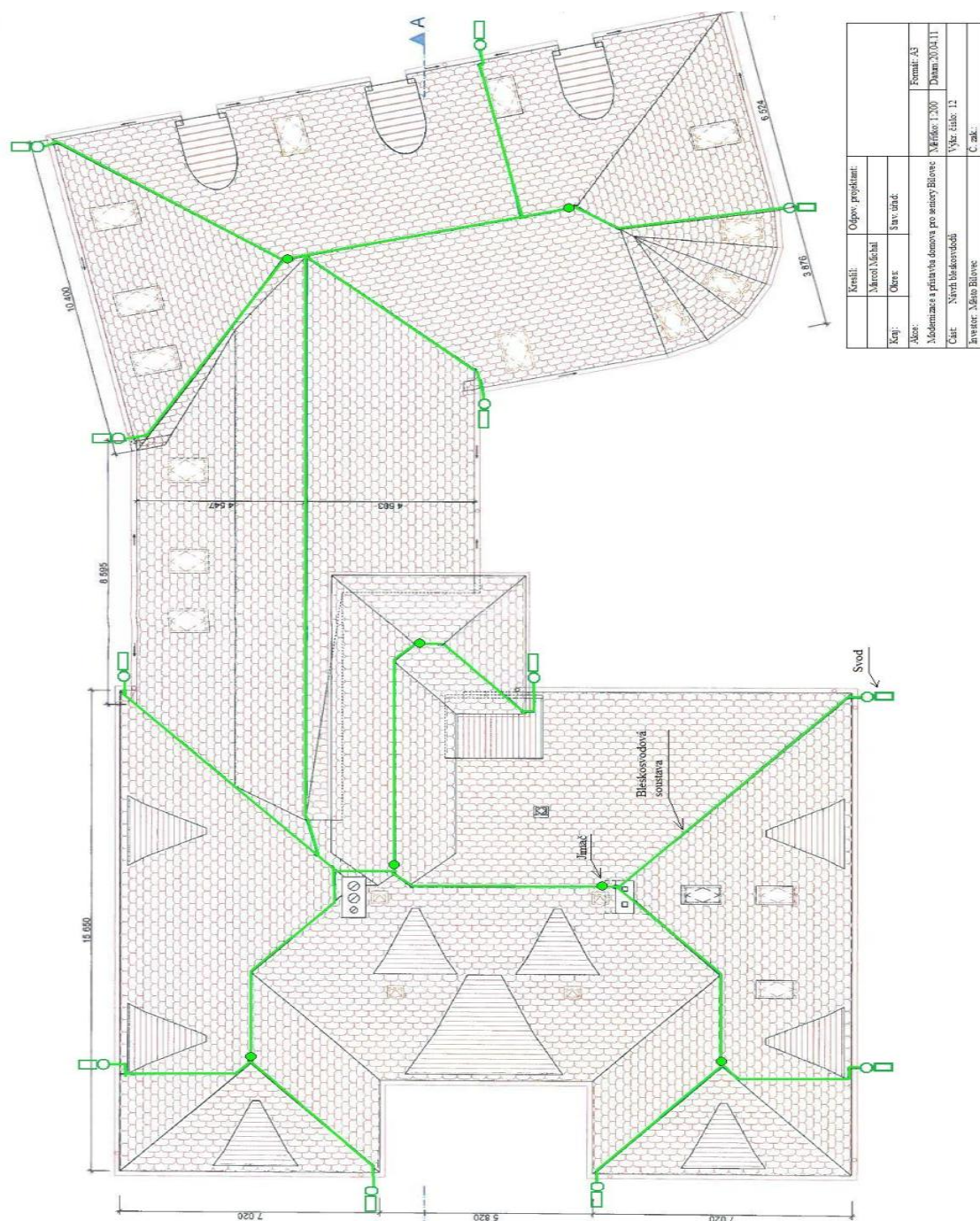
Obrázek č. 9: Použití metody válivé koule

Každý jímač jsem musel navrhovat tak aby co nejefektivněji chránil objekt a nemusel tak umisťovat na objekt velký počet jímačů. Výšku každého jímače jsem navrhoval tak aby chránil požadovanou část střechy. Při umístění jímače u komína jsem musel spočítat dostatečnou vzdálenost s , kterou norma určuje.

Konkrétní umístění svodů, jímačů i celého vedení bleskové soustavy můžeme vidět na obrázcích níže.



Kreslí:	Odpov. projektant:		Formát: A3
	Marcel Mětal		
Krej:	Olores:	Star. úřad:	
Alce:			
Modernizace a přestavba domova pro seniory Blatovce			
Měřítko: 1:200			
Datum: 20.04.11			
Cest:			
Návrh bláskovodů			
Výkř. číslo: 12			
Investor: Město Blatovce			
C. zak.:			



Příklad výpočtu „dostatečné vzdálenosti s“

$$s = k_i * \frac{k_c}{k_m} * l \quad (6.1)$$

s – dostatečná vzdálenost

k_i – koeficient závislý na třídě LPS

k_c – koeficient závislý na bleskovém proudu tekoucím svody

k_m – koeficient závislý na materiálu elektrické izolace

l – vzdálenost jímací soustavy nebo svodu od bodu kde je zjišťovaná dostatečná vzdálenost

$$k_c = \frac{1}{2^{*n}} + 0,1 + 0,2 * \sqrt[3]{\frac{c}{h}} \quad (6.2)$$

n-celkový počet svodu

c – vzdálenost mezi svody

h – výška mezi obvodovými vodiči

$$k_c = \frac{1}{2^{*12}} + 0,1 + 0,2 * \sqrt[3]{\frac{10}{9}} = \frac{1}{24} + 0,1 + 0,2 * 1,035 = 0,35 \quad (6.3)$$

$$l = 9 + \sqrt[2]{7^2 + 7^2} = 9 + 9,89 = 18,89m \quad (6.4)$$

$$s = 0,06 * \frac{0,35}{1} * 18,89 = 0,39m \quad (6.5)$$

Tato vzdálenost určuje, kde nejbližše můžu umístit jímač ke komínu, svod který chrání komín je umístěn ve vzdálenosti 1 metrů od komínu, což dostatečně splňuje podmínku, kterou jsem vypočetl.[15]

6.1.3 Provedení bleskosvodu

Materiál na vlastní bleskosvodnou soustavu jsem zvolil nerez (V2A), tento materiál je pro provedení bleskosvodu je velmi vhodný a dobře snáší vnější vlivy, jeho dlouhá životnost je velmi vhodná pro použití i když je dražší než stále dost používána pozinková ocel jenže ta nemá tak dobré vlastnosti jako nerez. Pro vlastní soustavu bude použit průměr drátu 10mm jelikož hodnota bleskového proudu pro třídu LPS II je až 150kA tak menší průměr by se mohl časem propálit. Veškeré příchytné a zabezpečovací svorky a držáky budou taky v provedení nerez, aby se zachovala koncepce celého návrhu a nekombinovaly se různé druhy materiálu, i když norma dovoluje různé kombinace materiálu.

Jímací soustava musí být každý jeden metr upevněna pomocí podpěry vedení, aby nemohlo dojít ke kontaktu svodové soustavy se střechou objektu. Takováto podpěra musí být umístěna nejen na střeše ale i na zdi stavby. Svodová soustava musí být minimálně 0,1m od stavby aby se nemohla dotknout stavby, což nám také zajišťují tyto podpěry.

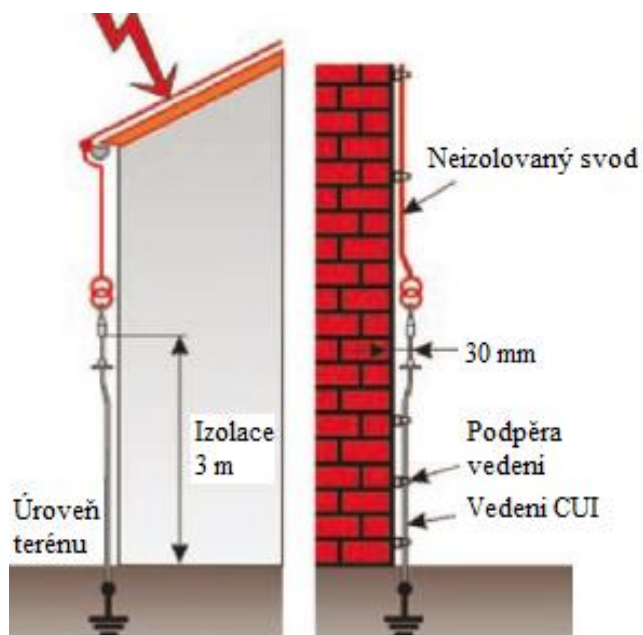
Ukázka použitých podpěr, které jsem zvolil na stavbu.



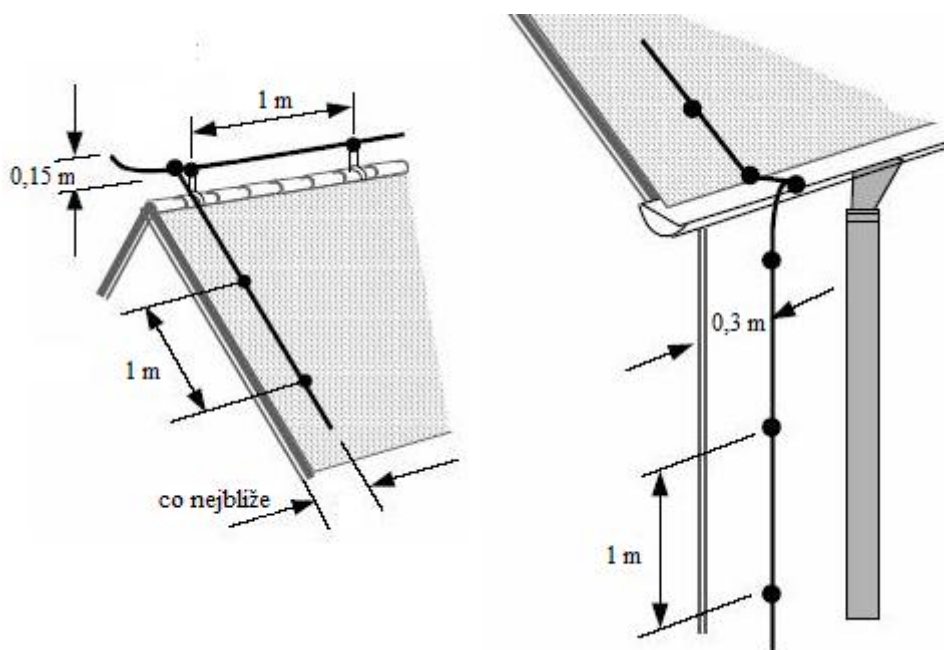
Obrázek č. 10: Použité podpěry [10]

6.1.4 Svody

Každý svod bude opatřen zkušební svorkou pro případné revize a případnou kontrolu soustavy jestli její parametry vyhovují a splňují dané normy. Svody budou provedeny pomocí izolovaného CUI vodiče, jelikož ke každému svodu se může kdokoli přiblížit a může tak dojít k případnému přeskoku bleskového proudu na osobu pohybující se v blízkosti svodu. Svod pak bude přes uzemňovací svorku připojen na společný zemnicí pásek, který již bude umístěn v základech objektů a zajistí nám dostatečné svedení případného bleskového proudu spolehlivě do země. Jelikož jako uzemnění bude použit pásek, který bude po celém obvodu objektu musíme veškeré uzemnění brát jako uspořádání typu B viz norma.



Obrázek č. 11: Rozmístění podpěr pro svodiče [7]



Obrázek č. 12: Rozměry pro umístění jímáče [7]

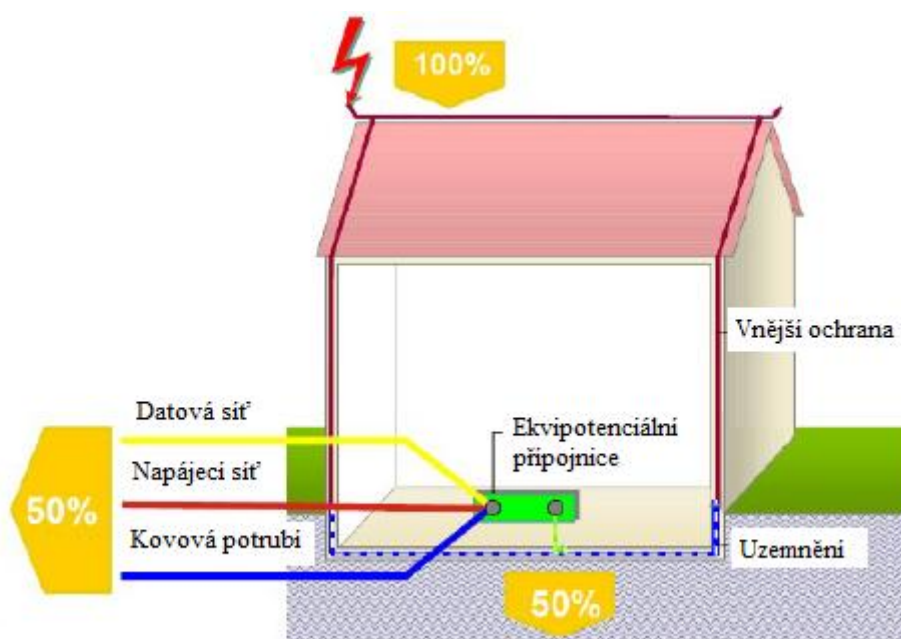
Kat. č.	Název produktu	Počet	Cena za kus (m)	Celková cena
860910	Drát nerez ϕ 10 mm (V2A) – 80 m	3	349,30 Kč	1 047,90 Kč
104906	Jímací tyč 2 m ϕ 16 mm	6	2499,00 Kč	14 994,00 Kč
104903	Jímací tyč 1 m ϕ 16 mm	2	1224,00 Kč	2 448,00 Kč
106228	Izolovaný držák Rd 16 mm	1	1122,00 Kč	1 122, 00 Kč
202900	PV hřeben	88	214,20 Kč	18 849,60 Kč
206399	PV střecha	15	86,70 Kč	1 300,50 Kč
260109	PV na zeď	49	131,30 Kč	6 433,70 Kč
423029	PV na okapovou rouru	35	96,90 Kč	3 391,50 Kč
301009	KS svorka	47	151,70 Kč	7 129,90 Kč
339059	PV na okap	12	128,80 Kč	1 545,60 Kč
390059	MV svorka	3	114,80 Kč	344,40 Kč
315115	Univerzální svorka	10	102,00 Kč	1 020, 00 Kč
830208	Vodič CUI 3,5 m	12	4 131,00 Kč	49 572,00 Kč
275229	PV pro CUI	36	125,00 Kč	4 500,00 Kč
459129	Zkušební svorka	12	121,10 Kč	1 453,20 Kč
480113	Štítek	12	59,90 Kč	718,80 Kč
276056	Manžeta	12	16,80 Kč	201,60 Kč
			Materiál celkem	116 072,70 Kč

Tabulka č. 9: Přibližná cena navrhovaného hromosvodu [10]

6.2 Vnitřní ochrana objektu

Zatím co úkolem vnější LPS je zabránit aby případný blesk nemohl poškodit vnější část stavby nebo i celou stavbu, vnitřní LPS brání následky vzniklé při zásahu blesku, aby se nemohl dostat do chráněného objektu a na spotřebiče uvnitř objektů.

Po úderu blesku do stavby nebo v blízkosti stavby se indukují zhruba 50% z celkového bleskového proudu do inženýrské sítě, která vstupuje do objektů. Při kabelovém vedení se navíc toto přepětí rovnoměrně dělí na všechny vodiče. Do objektu tudíž vstupuje nebezpečné přepětí po všech sítích i po společné přípojnici. Přepětí vzniklé rozdílným potenciálem na jednotlivých částech vedení je třeba omezit pomocí správně navržených SPD.



Obrázek č. 13: Rozdělení bleskového proudu [7]

6.2.1 Rozdělení chráněného prostoru do zón

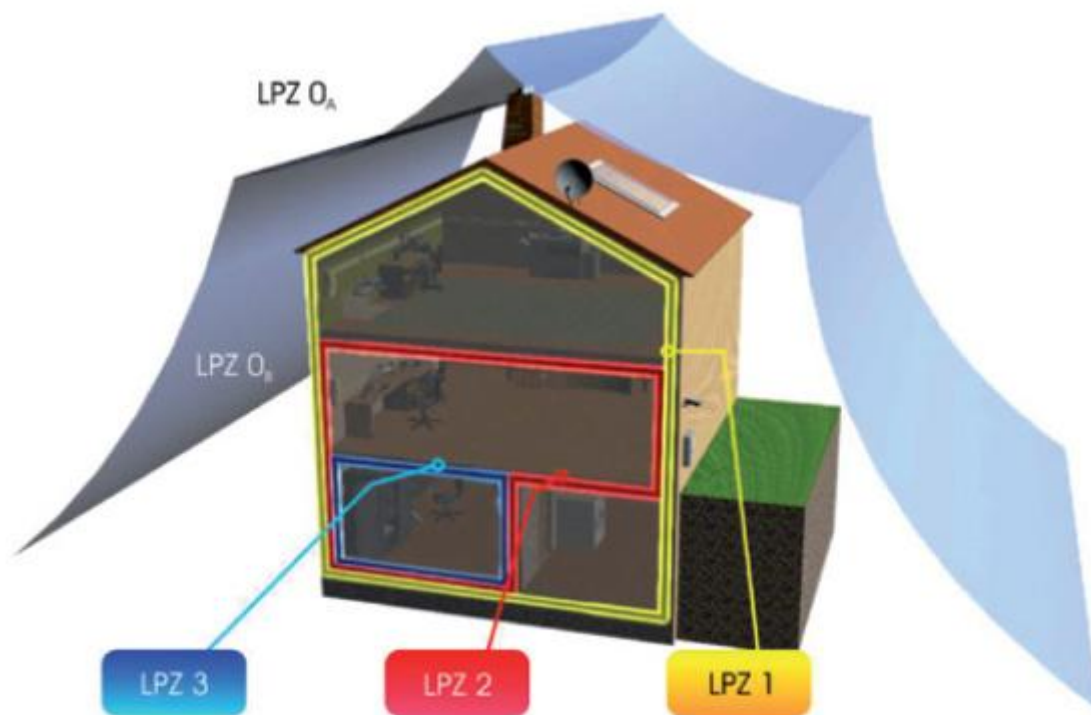
Norma ČSN EN 62 305 definuje několik ochranných zón, které nám objekt rozdělí na části a ke každé části by měl být samostatný SPD, jelikož jen tak zaručíme dostatečnou ochranu proti případnému bleskovému proudu.

LPZ 0_A: Zóna do které blesk může uhodit a není nijak chráněna, a proto by jí mohl být přenášén celý bleskový proud.

LPZ 0_B: Zóna s ochranou před přímým úderem blesků, jedná se o prostory chráněny jímačem.

LPZ 1: Zóna, která nemůže být zasažena přímým úderem blesků a kde jsou bleskové proudy ve srovnání se zónami LPZ0_A a LPZ0_B o hodně menší. Tato zóna je již za prvním stíněním proti elektromagnetickému poli.

- LPZ 2: Zóna obsahující další přepětový prvek a elektromagnetické pole je sníženo druhým stíněním nebo je od prvního již dostatečně daleko.
- LPZ 3: Zóna určena pro zvlášť citlivá zařízení.



Obrázek č. 14: Rozdělení objektů do zón [9]

Norma rozděluje elektrickou instalaci podobně jako třídu ochran taky do čtyř stupňů:

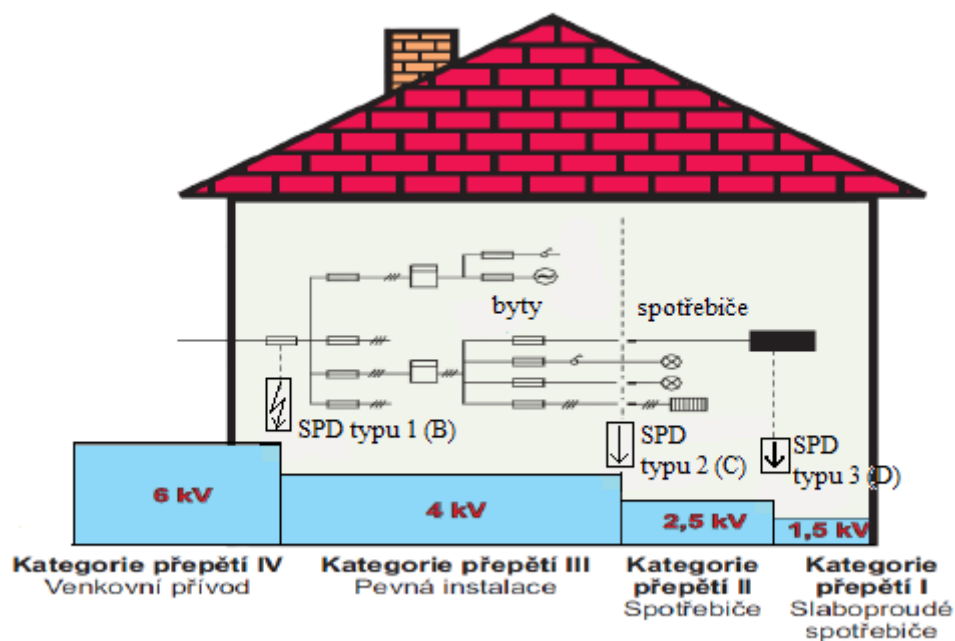
Kategorie IV – maximální přepětí 6kV

Kategorie III – maximální přepětí 4kV

Kategorie II – maximální přepětí 2,5kV

Kategorie I – maximální přepětí 1,5kV

Všechny cesty, kterými by se mohl do objektu dostat bleskový proud, musí být na hranici zóny ochrany 0 a 1 a musí být opatřeny svodičem bleskového proudu SPD typ 1. SPD typ 2 musí být na hranici zón 1 a 2 a SPD typu 3 chrání pouze koncové zařízení. SPD typu 1 se proto instaluje na přívod v hlavním rozvaděči a na vývody vedoucích do zóny LPZ 0. Zařízení umístěna na střeše a jsou v ochranném pásmu jímače a zároveň jsou dostatečně vzdálena od hromosvodu, stačí chránit pomocí SPD typu 2.



Obrázek č. 15: Rozdělení objektu dle napěťových hladin [12]

6.2.2 Popis SPD

SPD typ 1 (B) – svodiče bleskových proudů:

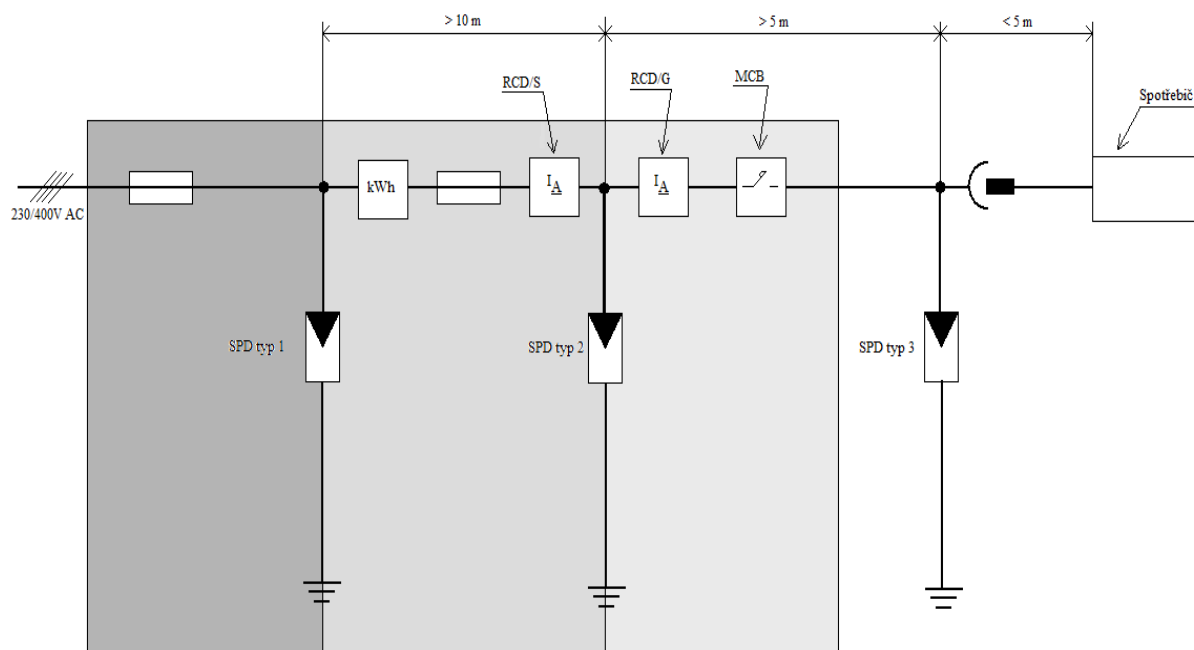
- Jsou schopné svádět jak dílčí tak i proudy vzniklé při přímém úderu blesku
- Slouží k vyrovnání potenciálu v objektu a k rozložení bleskového proudu rovnoměrně mezi všechny vodiče
- Používají se pro tento typ zásadně jiskřiště.

SPD typ 2 (C) – svodiče přepětí pro rozvody a pevné instalace:

- Jsou schopné svádět přepětí vzniklé údery blesku nebo spínáním
- Slouží k ochraně před přepětím v uložené instalaci
- Používají se varistory
- Umisťují se v podružných rozvaděcích

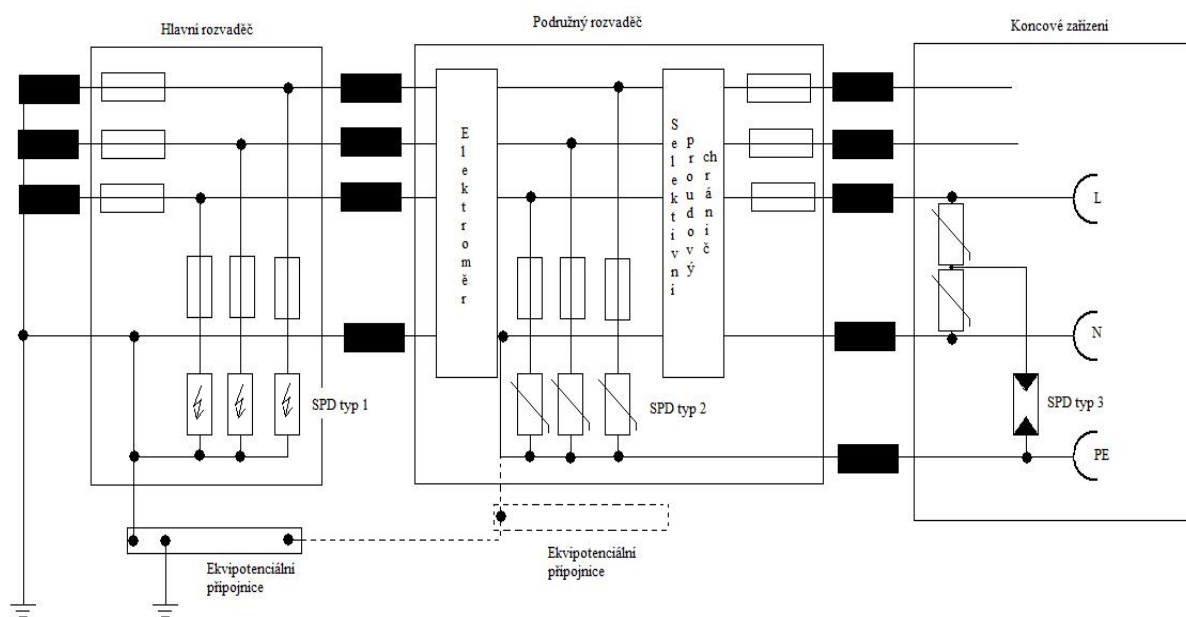
SPD typ 3 (D) – svodiče přepětí pro koncová zařízení:

- Jsou schopné svádět spínací a atmosférická přepětí
- Slouží k ochraně spotřebičů, jsou instalovány do zásuvkových krabic.



Obrázek č. 16: Koordinace mezi SPD [5]

Aby přepětová ochrana dobře fungovala, musí být mezi jednotlivými stupni ochrany dodrženy minimální délky vedení. Tato vedení mezi ochranami mohou být nahrazeny omezovacími impedancemi. Pokud výrobce neudává jinak tak mezi SPD typu 1 a SPD typu 2 musí být minimální délka vedení alespoň 10 m (Dehn uvádí 15 m) nebo se toto vedení musí nahradit omezovací impedancí, mezi SPD typu 2 a SPD typu 3 musí být délka minimálně 5 m nebo zase umístěna omezovací impedance a spotřebič má být umístěn maximálně od SPD typu 3 5 m. Před SPD typu 3 musí být umístěn proudový chránič typu G (zpožděný) a před SPD typu 2 musí být proudový chránič typu S (sektivní).



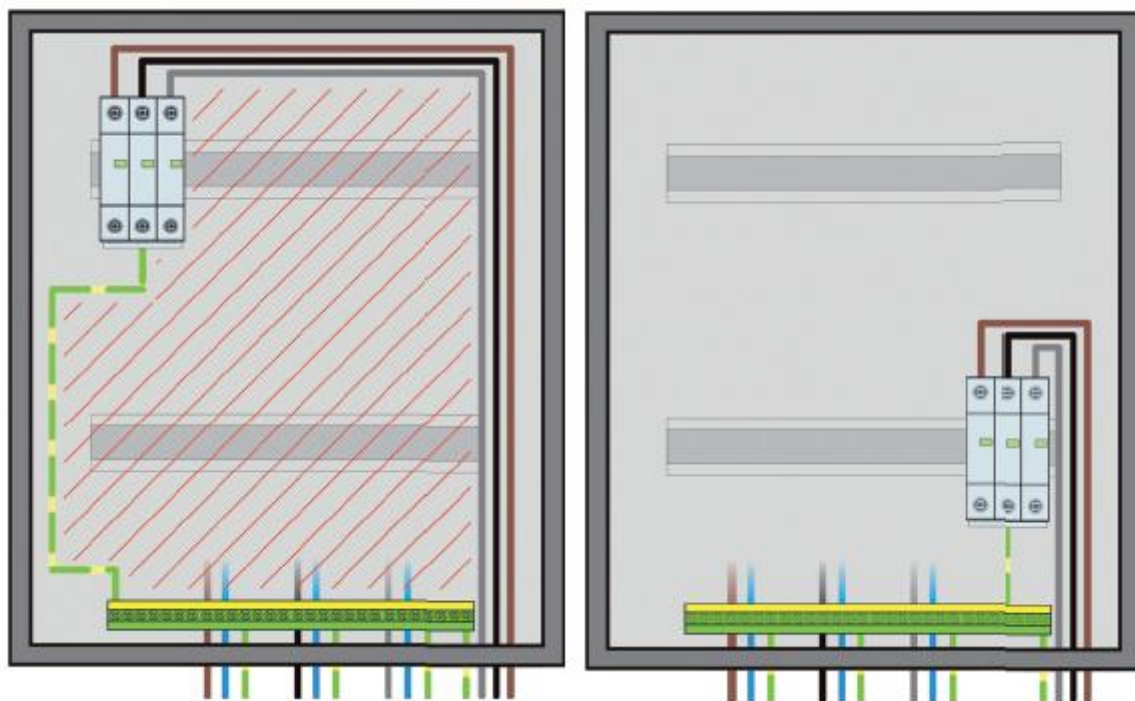
Obrázek č. 17: Zapojení svodičů v síti TN-C [5]

6.2.3 Návrh přepět'ové ochrany

Při návrhu přepět'ové ochrany je důležité správně vybrat vhodný přístroj k danému objektu a použitých zařízení uvnitř objektu. Stejně důležité je i správné umístění přístroje v rozvaděči a vhodné nadimenzování připojovacích vodičů. Jelikož při přepětí vznikají velké proudy, které mohou dosáhnout za velmi krátký čas až několik desítek kiloampér, dochází k úbytku napětí na přívodních vodičích o velikosti několika kilovoltů. Při návrhu rozvaděče je třeba dbát i na trasy vodičů, u kterých předpokládáme možné zatížení bleskovým nebo impulzním proudem. Každá proudová smyčka indukuje elektromagnetické pole úměrné její ploše, toto pole poté zpětně indukuje napětí do všech vodičů v okolí a tím ohrožuje další přístroje.

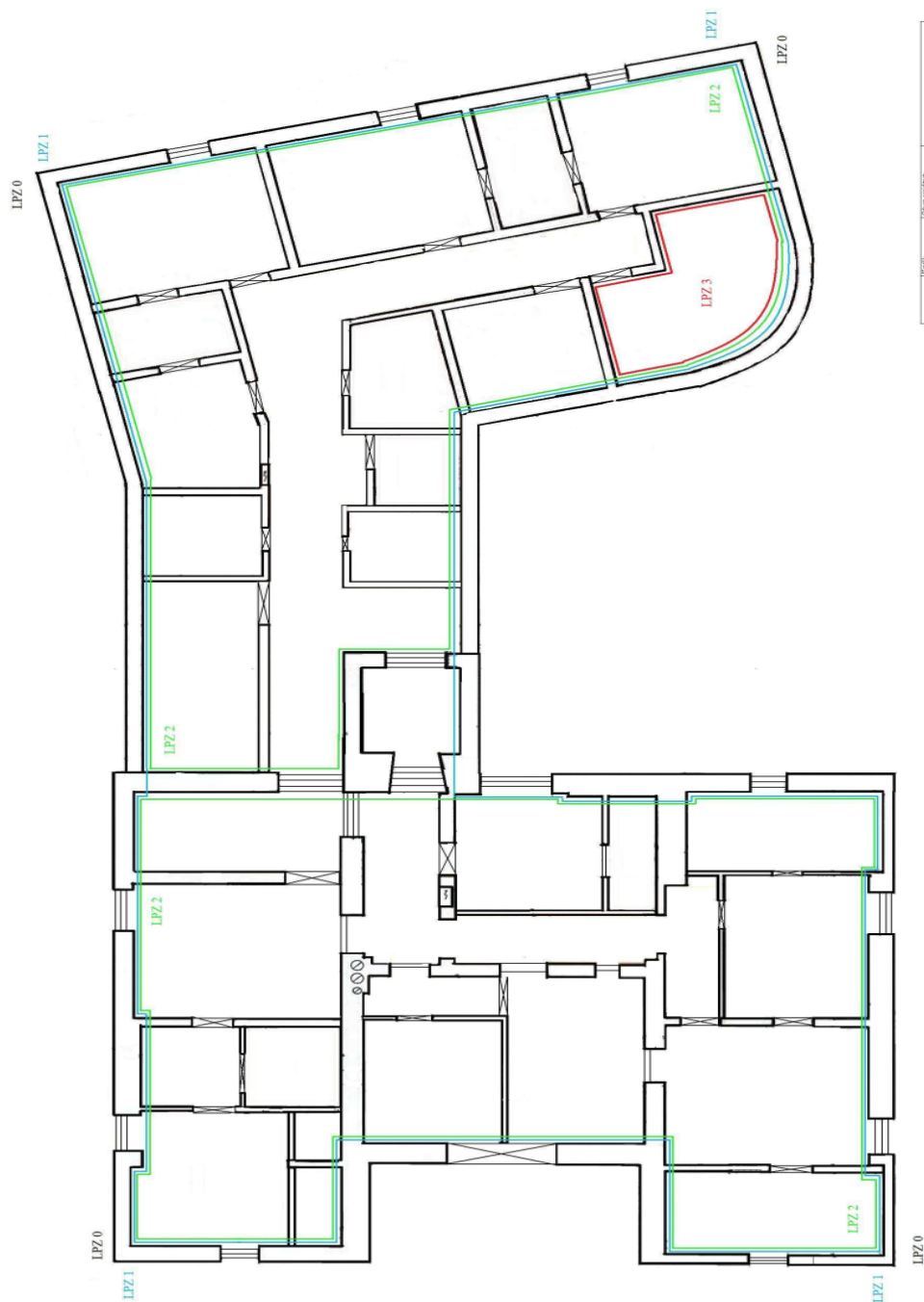
Nejhorší případ umístění přepět'ové ochrany je na obrázku č. 20 vlevo, smyčka je vedena kolem celé rozvodnice, případná elektromagnetická indukce tak ohrožuje veškeré přístroje umístěné v rozvodnici. Ideálním řešením je přemístit přepět'ovou ochranu co nejbližší k přívodu, obrázek č. 20 vpravo.

Další problém, který musíme hned ze začátku řešit je správné nadimenzování přívodních vodičů. Vodiče vedoucí do přepět'ové ochrany typu 1 musí mít minimální průřez 16mm^2 . Pro vodiče vedoucí do přepět'ové ochrany typu 2 a 3 jsou průřezy vodičů závislé na průřezu vodiče vedení, jsou-li průřezy vodičů vedení větší nebo rovny 4mm^2 musí být průřezy uzemňovacích vodičů minimálně 4mm^2 , je-li průřez vedení menší jak 4mm^2 musí být uzemňovací vodiče stejného průřezu jako vodiče vedení.



Obrázek č. 18: Umístění přepět'ových ochran v rozvodnici [12]

Jako první sem si musel rozdělit objekt do příslušných ochranných zón, ke kterým sem pak musel navrhnout dostatečné SPD tak aby nemohlo dojít k tomu, aby se případný bleskový proud dostal jak do objektu, tak na nějaká zařízení uvnitř.



Jméno	Úroveň projektant:			Pracovní číslo
	Architekt	Stavba	Stavba	
Meno	Množství jednotek instalace pro každý objekt			Datum 20.11.11
	Typ	Stavba	Stavba	
Stav	Množství jednotek instalace pro každý objekt			Datum 20.11.11
	Typ	Stavba	Stavba	
Podpis: Miroslav Kříž				Pracovní číslo

Celý vnitřní prostor objektu je minimálně v zóně 1, jelikož v hlavním rozvaděči bude umístěn SPD typu 1, poté na každém patře v podružném rozvaděči bude umístěn SPD typu 2, tím máme zajištěnou ochranu každého patra zvlášť. Vodič PEN musí být rozdělen až v podružném rozvaděči aby byla zajištěna správná činnost přepětových ochran. Veškeré SPD bude od firmy Dehn, je doporučeno všechny použité SPD všech typů mít od jednoho výrobce, jelikož tyto přístroje jsou konstruovány, tak aby se doplňovaly a byly selektivní.

Pro SPD typu 1 byl použit DEHNventil DV M TNC 255, který je určen na maximální trvale napětí 255 V, zkušební impulzní proud 100kA (10/350 μ s), ochranná úroveň < 1,5kV, maximální následný proud I_f při 255 V je 75kA ef.

SPD typu 2 – DEHNgard DG MTNC 275, maximální trvale napětí 275 V, zkušební impulzní proud 20kA (8/20 μ s).

SPD typu 3 – DEHNflex DFL M 255, určeno pro umístění v elektroinstalačních krabicích, trvale maximální napětí 255 V, zkušební impulzní proud 3kA (2/20 μ s)

TV signál – DEHNgate DGA GFF TV, maximální napětí 24 V, zkušební impulzní proud 10kA (8/20 μ s), type 1 + type 3, frekvenční rozsah 5 – 2400MHz



Obrázek č. 19: Použité přepětové ochrany [10]

6.2.4 Parametry přepět'ových ochran

Technické parametry požadované po SPD jsou určeny z toho co se děje při úderu blesku do objektu. Při vniknutí bleskového proudu do objektu je přepět'ová ochrana typu 1 vystavena impulsním proudem I_{imp} a po jeho doznění také následným zkratovým proudem I_f sítě.

Při zásahu blesku do objektu se 50% bleskového proudu odvede do země a zbylých 50% se rovnoměrně rozloží na všechny vodiče. Pro dimenzování I_{imp} se udává velikost bleskového proudu podle tabulky č.

Třída LPS	Bleskový proud	Do instalace vstupuje	Svodič (4 vodiče)	Svodič (5 vodičů)
I	200	100	25	20
II	150	75	20	15
III a IV	100	50	15	10

Tabulka č. 10: Velikost proudu [kA] ve vodičích za SPD [5]

Výrobci někdy udávají I_{imp} pro jeden pól a někdy pro celek, na což si musíme dát pozor, proto:

SPD typu 1 musí mít uvedenou hodnotu I_{imp} větší než je uvedeno v tabulce č. 10.

SPD musí mít maximální následný síťový proud (I_f) vyšší než je předpokládaná hodnota zkratového proudu sítě v místě instalace SPD, svodič je schopen takovýto proud nejen vydržet aniž by došlo k poškození přístroje ale i sám odpojit.

SPD musí mít dostatečnou zkratovou pevnost v místě kde je instalován, tento parametr a předchozí se od sebe liší tím, že tento parametr nám udává pouze, jaký maximální proud může přístrojem téci, aniž by se přístroj poškodil.

6.2.5 Chyby při instalaci přepět'ových ochran

Vynechání některého stupně ochrany:

- Vynechaný SPD typu 3 před spotřebičem obsahující citlivou elektroniku
- Použití jen SPD typu 3 bez předchozích stupňů
- Vynechání SPD typu 1 na přechodu mezi zónami 0 a 1. Jde o přívod vedení do objektu nebo o vedení vedoucí k zařízením umístěným na střeše, která jsou vystavena možným přímým zásahem blesku.

SPD typu 1 pro zařízení umístěna v zóně LPZ 0_A ale jsou umístěna na přívodu rozvaděče a přitom jsou z daného rozvaděče napojeny další obvody instalace.

Vodič k zemniči od SPD 1 neexistuje nebo je nevyhovující.

Nejsou dodrženy minimální vzdálenosti mezi SPD a nejsou použity omezovače impedancí.

Neexistující hlavní pospojování v objektu.

Malá kontrola stavu SPD (vybavené varistory nejsou vyměněny).

Nevyhovující dimenzování vodičů nebo jištění před SPD.

[5]

6.2.6 Údržba a revize přepět'ových ochran

Účelem revize je ověření a kontrola, že umístěný LPS je pořád funkční a nedošlo k žádnému poškození během doby jeho funkčnosti, že nedošlo ke změnám, které by způsobily problém v systému ochrany. Termíny kontrol a revizí je uvedeno v tabulce níže.

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

Tabulka č. 11: Maximální interval mezi revizemi [5]

Systém ochrany před bleskem pro prostředí s nebezpečím výbuchu by se měl kontrolovat vizuálně aspoň co 6 měsíců, elektrická měření instalace by se měla provádět jednou za rok.[5]

7. Závěr

Před vlastní tvorbou práce bylo nutné nejprve se seznámit s teorií návrhů a výpočtu parametrů pro správné umístění a nadimenzování bleskosvodné soustavy. Veškerou teorii jsem načerpal s mezinárodní normy ČSN 62 305 v jejích čtyřech oblastech, které se postupně zabývají veškerými problematikami, které při vlastním návrhu budu muset řešit, aby byl vlastní návrh dostatečný a dostatečně ochraňoval navržený objekt.

Nejprve je zapotřebí si určit do které třídy ochrany daný objekt spadá, jelikož se jedná o objekt, ve kterém se bude pohybovat více osob je nutné tento objekt zařadit do třídy ochrany LPS II. S této podmínky je potřeba dále vycházet v dalším navrhování jak vnější tak i vnitřní ochrany objektu před nebezpečím vzniklým případným úderem blesků do chráněného objektu.

Pro třídu LPS II je nutné umístit svod každých 10 metrů $\pm$ 2 metry od sebe, aby bylo zajištěno dostatečné svedení bleskového proudu do zemnicí soustavy.

Vnější ochrana objektu je navrhována pomocí metody ochranného úhlu a pro kontrolu je použita i metoda válivé koule pomocí, které dojde k ujištění, že navrhovaná blesková soustava je navržena správně. Přesné umístění jímací soustavy je uvedeno v příloze č. 1 a 2.

Při umísťování bleskosvodů na střeše v blízkosti antén nebo komínů je zapotřebí dodržovat minimálních vzdáleností, která se pomocí vzorců uvedených v normě ČSN EN 62 305 musí při každém takovém to umístění jímáče vypočítat a dodržovat.

Vlastní provedení jímací soustavy, umístění jímáčů, použitý materiál na jímací soustavu je uvedeno v kapitole 6.1.3. Materiál na celou jímací soustavu je použit nerez, tento materiál bude při vlastním pořizování dražší než nejpoužívanější pozinkovaná ocel ale vlastnosti materiálu jsou nesrovnatelně lepší a tudíž i déle bude bezproblémově fungovat.

Každý svod bude zhotoven z CUI vodiče jelikož ke každému svodu je volný přístup a je potřeba zabránit případnému přeskoku bleskového proudu na osobu, která by se mohla přiblížit ke svodu.

Při návrhu vnitřní ochrany je zapotřebí si objekt rozdělit do příslušných zón a ke každé zóně navrhnout dostatečnou přepětovou ochranu tak aby byla zajištěna správná funkčnost každého stupně ochrany. Konkrétní rozdělení objektů do zón je v příloze č. 3.

8. Použitá literatura

Knihy:

- [1] HUDEC, J. *Přepětí a elektromagnetická kompatibilita*. 1. vyd. Hradec Králové: HAKEL. 1996. 229 s. ISBN 80-902201-0-X
- [2] HUDEC, J. *Třístupňová přepěťová ochrana pro elektrické napájecí sítě do 1000V*. 1. vyd. Hradec Králové: HAKEL. 2001. 204 s. ISBN- 80-902201-2-6
- [3] HASSE, P. , ROUS, Z. , POPOLANSKÝ, F. a kol. *Vnitřní a vnější ochrana zařízení před účinky blesku a přepětí*. 15. vyd. Brno: ELEKTROMANAGEMENT. 1994. 86 s.
- [4] DUDÁŠ, J. *Přepěťové ochrany Aktivní bleskosvody helita Optické převodníky Záložní zdroje*. 3.vyd. Praha: SELTEKO. 1995. 128 s.
- [5] KLIMŠA, D. *Vnější a vnitřní ochrana před bleskem*. 1. vyd. Praha: IN-EL, spol. s r.o. 2009. 119 s. ISBN 978-80-86230-48-1.
- [6] KUTAČ, J., MERAUVÝ, J. *Ochrana před bleskem a přepětím s pohledu soudních znalců*. 1. vyd. Ostrava: SPBI. 2010. 186 s. ISBN 978-80-7385-081-4.
- [7] HÁJEK, J., ŠALANSKÝ, D. *První elektronická kníška o ochraně před bleskem*. Verze 2.0. Ampér 2008. 220 s.
- [8] HÁJEK, J., ŠALANSKÝ, D. *První elektronická kníška o ochraně před bleskem*. Verze 2.1. 220 s.

Katalogy:

- [9] HAKEL – TRADE s.r.o.. *Svodiče přepětí – katalog 2010 – 2011*. 176 s.
- [10] DEHN+SÖHNE. *Přepěťové ochrany, hromosvody a uzemnění – Zkrácený katalog 2009*. 144 s.
- [11] SHCRACK TECHNIK. *Svodiče bleskových proudů a přepětí – katalog 2010*. 26 s.
- [12] OEZ s.r.o.. *Zpravodaj 1/2011*. 12 s.

Normy:

- [13] ČSN EN 62305: 2006. 1. Obecné principy
- [14] ČSN EN 62305: 2006. 2. Řízení rizika
- [15] ČSN EN 62305: 2006. 3. Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života
- [16] ČSN EN 62305: 2006. 4. Elektrické a elektronické systémy ve stavbách
- [17] ČSN EN 62305: 2006. 5. Inženýrské sítě

9. Příloha

Příloha č. 1 – Umístění jímačů na objektu

Příloha č. 2 – Celkový pohled na jímací soustavu

Příloha č. 3 – Rozdělení objektu do zón

Příloha č. 4 – Liniové schéma rozvaděče