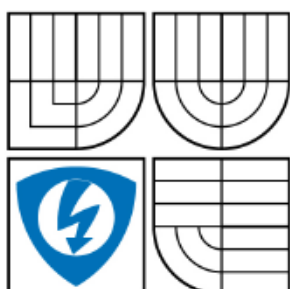


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

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

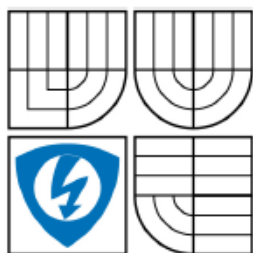
MICHAL MARCOL

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. BRANISLAV BÁTORA

BRNO 2009



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:** 2008/2009

## 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:** 9.2.2009

**Termín odevzdání:** 1.6.2009

**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 přepěťových ochran v domovní elektroinstalaci*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. XY 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 Bátor**

**Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2009**



**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 Batora**

**Brno University of Technology, 2009**

**Brno**

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá ochranou objektů před nebezpečným úderem blesků a následného proudu. Zabývat se bude také možnostmi ochrany nejenom vnější částí objektu ale i vnitřní ochraně proti přepětí a poškození přístrojů.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

bleskosvody; ochrana před úderem blesků; přepět'ová ochrana, vnitřní ochrana objektů před přepětím; vnější ochrana objektů před bleskem.

## **ABSTRACT**

This master's thesis deals with protecting of objects from dangerous thunder-stroke and resulting power. Will be also putting mind to possibility of protection not only outside part of object but also inside protection from overvoltage and damage of equipment.

## **KEY WORDS**

lightning conductor; protection from thunder-strokes; overvoltage protection; objects inside protection from overvoltage; objects outside protection from lightning.

## Obsah

Seznam zkratek.....	13
Úvod.....	14
1. Historie.....	15
2. Přepětí v ES.....	16
2.1 Provozní přepětí.....	16
2.2 Atmosférická přepětí.....	16
2.3 Dočasná přepětí.....	16
3. Norma ČSN 62305 „Ochrana před bleskem“.....	18
3.1 ČSN 62305 „Obecné principy“.....	18
3.2 ČSN 62305 „Řízení rizika“.....	21
3.2.1 Rizika a jejich zdroje:.....	21
3.3 ČSN 62305 „Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života“.....	21
3.3.1 Jímače.....	22
3.3.2 Svody.....	25
3.3.3 Uzemnění.....	26
3.3.4 Ekvipotenciální pospojení v ochraně před bleskem.....	27
3.4 ČSN 62305 „Elektrické a elektronické systémy ve stavbách“.....	28
3.4.1 Principy funkce ochrany proti pulznímu přepětí.....	28
4. Bleskosvody.....	30
4.1 Bleskosvod Franklinova typu.....	30
4.2 Aktivní bleskosvod.....	31
5. Volba přepěťových ochran.....	32
5.1 Výpočet parametrů pro navrhování bleskosvodů.....	32
5.2 Provedení hromosvodu.....	33
5.3 Návrh hromosvodu.....	34
6. Technická zpráva.....	36
7. Aplikace přepěťových ochran v domácí elektroinstalaci.....	37
7.1 Vzájemné vztahy pro silové a sdělovací zařízení.....	38
7.2 Zemnění.....	39
7.3 Přístroje pro ochranu proti přepětí.....	39
7.3.1 Jiskřiště.....	39
7.3.2 Plynem plněné bleskojistky.....	39

7.4	Rozvod nízkého napětí v bytu.....	40
7.5	Návrh vnitřní ochrany .....	42
8.	Závěr.....	43
9.	Použitá literatura .....	44

## Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Tvar bleskového proudu .....	19
Obrázek č. 2 : Metoda valící se koule. ....	24
Obrázek č. 3: Hromosvod Franklinova typu .....	31
Obrázek č. 4: Půdorys střechy .....	32
Obrázek č. 5: Ochranný úhel .....	33
Obrázek č. 6: Umístění hromosvodu .....	34
Obrázek č. 7: Proudový chránič .....	41

## Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Četnost úderů blesků na km <sup>2</sup> .....	17
Tabulka č. 2.: Parametry blesku .....	19
Tabulka č. 3: Účinky blesku .....	20
Tabulka č. 4: Minimální průřezy ploch jímací soustavy .....	22
Tabulka č. 5. : Povolené kombinace materiálu.....	27

## Seznam zkratek

- ČSN – Česká státní norma
- RA – riziko úrazu živých bytostí při přímém úderu blesku do objektu
- RB – riziko vzniku hmotných škod při přímém úderu blesku do objektu
- RC – riziko poruchy vnitřního systému při přímém úderu blesku do objektu
- RM – riziko poruchy vnitřního systému při nepřímém úderu blesku do objektu
- RU – riziko úrazu živých bytostí při úderu do vedení
- RV – riziko vzniku hmotných škod při úderu do vedení
- RW – riziko poruchy vnitřního systému při úderu do vedení
- RZ – riziko poruchy vnitřního systému při nepřímém úderu blesku v blízkosti vedení
- LPS – systém ochrany před bleskem
- SPD – systém přepět'ových ochran
- LPL – požadovaná úroveň ochrany
- LPZ – úroveň bleskové ochrany
- P. D. A. – jímač se včasnou emisí výboje

## Seznam příloh

- Příloha č. 1: Umístění hromosvodů
- Příloha č. 2: Zapojení proudových chráničů

## Úvod

V mé práci by jsem se chtěl zabývat návrh hromosvodů pro konkrétní objekt, který jsi vyberu a ukázat na něm možnosti ochrany objektů před úderem blesků. Nejednalo by se jenom o vnější ochranu ale hlavně i o tu vnitřní, která je stejně důležitá jako ta vnější, jelikož přístroje, které používáme v domácnostech, jsou vůči takovýmto jevům velmi málo odolné.

V dnešní době již je pro nově stavěné objekty povinné mít ochranu proti úderům blesků. Tato vyhláška platí od začátku roku 2009 a mnozí o ní ani neví, ale na starší objekty se nestahuje. Záleží pouze na majiteli objektů, jestli se chce nebo nechce chránit proti takovémuto nebezpečí.

U vybraného objektu budu pomocí různých metod zjišťovat, která metoda bude pro návrh hromosvodů nejlepší a nejúčelnější. Tu poté použiju při konkrétní realizaci a úplného návrhu hromosvodu.

## 1. Historie

První výzkum elektřiny pomocí tzv. leydenských lahví vytvořil dojem, že přírodní blesky mají s tímto něco společného. Benjamin Franklin chtěl tuto domněnku testovat za pomoci dlouhé tyče. Před dokončením tohohle pokusu dostal však nápad, že by mohl použít nějaký létající objekt (létajícího papírového draka). Draka vznesl do výšky a na jeho konec lanka přivázal klíč, uvázaný na kolík s hedvábnou nití. Padající déšť způsobil, že se lanko namočilo a učinilo ho vodivý. Franklinův pokus vyvolal velké spekulace, a proto se ho snažilo napodobit spoustu dalších. Bylo to však velmi nebezpečné a pro několik lidí i smrtelné. Nejznámější obětí byl profesor Richman z Petrohradu, u kterého se během pokusu objevil velký kulový blesk, který mu spálil celou hlavu, jeho boty zůstaly roztrhané, oděv měl připáleny na těle, dveřní rám se roztrhl a dveře vypadly na zem.

Nešťastný experiment pana profesora Richmana inspiroval k výrobě bleskosvodu pana Franklina. V různých zdrojích se ovšem můžeme dovědět jako prvního vynálezce bleskosvodu Prokopa Diviše, jeho bleskosvod byl sestaven 15. 6. 1754. Bleskosvod se od té doby zapsal nesmazatelně do hlav lidí jako věc, která chrání jak jejich zdraví tak majetek před následky bouřek. Pojmenování ovšem bleskosvod převzal po panu Franklinovi a klasický bleskosvod se nazývá bleskosvod Franklinova typu.

## 2. 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), atmosférická (vnější) a dočasná přepětí.

### 2.1 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.

### 2.2 Atmosférická přepětí

Atmosférická přepětí vznikají při přímým úderu blesku do vedení nebo indukci 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.

### 2.3 Dočasná přepětí

Dočasná přepětí vznikají pouze v sítích nn a mají stejný kmitočet jako vlastní síť. Jejich doba trvání je několik málo period až několik sekund. Příčina jejich vzniku je v přenosu z vyšších napětí. V našich sítích se vyskytují taková přepětí v místech zemního spojení a zkratu fáze na jiném místě. V případě odporového uzemněného uzlu sítě vn, kde jsou uzemnění oddělena, přenáší do sítě

nn jen část napětí připadající velikosti krokového napětí na vzdálenost obou uzemnění. V případě průrazu v půdě přenáší se celý úbytek napětí z uzemnění vn. Vzhledem k podstatně vyšším hodnotám zkratových proudů sítí s odporovým uzemněním, jsou velikosti dočasných přepětích v sítích nn napájených ze sítě vn s odporovým uzemněným uzlem podstatě vyšší, za to však s výrazně kratším trváním do několika sekund.

Oblast	Četnost úderů blesků na km <sup>2</sup> /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 km<sup>2</sup>**

### 3. 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 pod bodů 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.

#### 3.1 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.

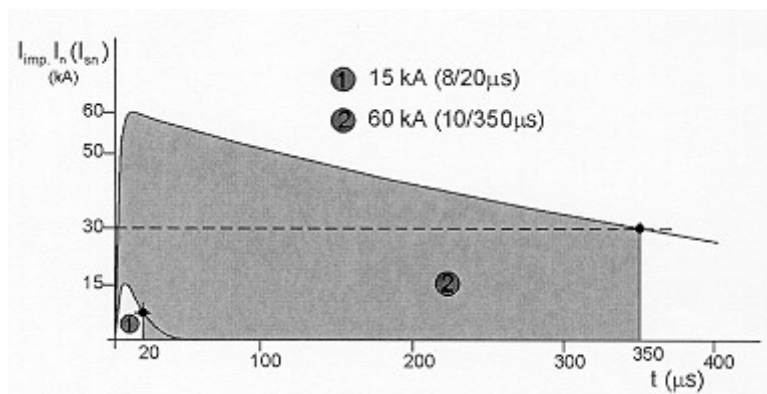
Blesk se vyvine jako atmosférický výboj vyrovnávající elektrické potenciály různě nabitých mraků a země. Rozlišujeme několik typů bleskového výboje :  
- sestupný blesk mrak-země, kde výboj směřuje z mraku do země  
- vzestupný, kdy výboj směřuje ze země směrem k mraku

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 (< 2ms) a dlouhé (> 2ms). 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 $\mu$ s a půltýlem 350 $\mu$ s s amplitudou až 200 kA. Následné krátké výboje mají tvar 0.2/200 $\mu$ 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. 1: Tvar bleskového proudu

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

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 exponované 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 krmicích systému.
Divadlo, Hotel, Škola	Poškození elektrických instalací, které může způsobit paniku. Porucha požární signalizace, která vede k opožděným požárním opatřením.
Banka, Pojišťovací a obchodní společnost	Jako již zmíněno výše a navíc problémy vyvolané ztrátou komunikace, poruchami počítačů a ztrátou dat.
Nemocnice, Sanatorium	Jako uvedeno výše a navíc problémy z lidí s intenzivní péčí a potíže se záchranou nepohyblivých 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, kostel	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**

### 3.2 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. Prvním důležitým hlediskem je místo určení objektu kde se bude nacházet, z tohohle 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.

#### 3.2.1 Rizika a jejich zdroje:

*Zdroj – přímý úder do objektu:*

RA, RB, RC

*Zdroj – nepřímý úder do blízkosti:*

RM

*Zdroj – úder do vedení:*

RU, RV, RW

*Zdroj – nepřímý úder v blízkosti vedení:*

RZ

### 3.3 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 jímače, 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 jímačů 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.

### 3.3.1 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	Poznámky <sup>10)</sup>
		(mm <sup>2</sup> )	
měď	tuhý pásek	50 <sup>8)</sup>	minimální tloušťka 2 mm
	tuhý drát <sup>7)</sup>	50 <sup>8)</sup>	průměr 8 mm
	lano	50 <sup>8)</sup>	min. průměr každého pramenu 1,7 mm
	tuhý drát <sup>3),4)</sup>	200 <sup>8)</sup>	průměr 16 mm
pocínovaná měď <sup>1)</sup>	tuhý pásek	50 <sup>8)</sup>	minimální tloušťka 2 mm
	tuhý drát <sup>7)</sup>	50 <sup>8)</sup>	průměr 8 mm
	lano	50 <sup>8)</sup>	min. průměr každého pramenu 1,7 mm
hliník	tuhý pásek	70	minimální tloušťka 3 mm
	tuhý drát	50 <sup>8)</sup>	průměr 8 mm
	lano	50 <sup>8)</sup>	min. průměr každého pramenu 1,7 mm
legovaný hliník	tuhý pásek	50 <sup>8)</sup>	minimální tloušťka 2,5 mm
	tuhý drát	50	průměr 8 mm
	lano	50 <sup>8)</sup>	min. průměr každého pramenu 1,7 mm
	tuhý drát <sup>3)</sup>	200 <sup>8)</sup>	průměr 16 mm
pozinkovaná ocel <sup>2)</sup>	tuhý pásek	50 <sup>8)</sup>	minimální tloušťka 2,5 mm
	tuhý drát <sup>9)</sup>	50	průměr 8 mm
	lano	50 <sup>8)</sup>	min. průměr každého pramenu 1,7 mm
	tuhý drát <sup>3),4),9)</sup>	200 <sup>8)</sup>	průměr 16 mm
nerezová ocel <sup>5)</sup>	tuhý pásek <sup>6)</sup>	50 <sup>8)</sup>	minimální tloušťka 2 mm
	tuhý drát <sup>6)</sup>	50	průměr 8 mm
	lano	70 <sup>8)</sup>	min. průměr každého pramenu 1,7 mm
	tuhý drát <sup>3),4)</sup>	200 <sup>8)</sup>	průměr 16 mm

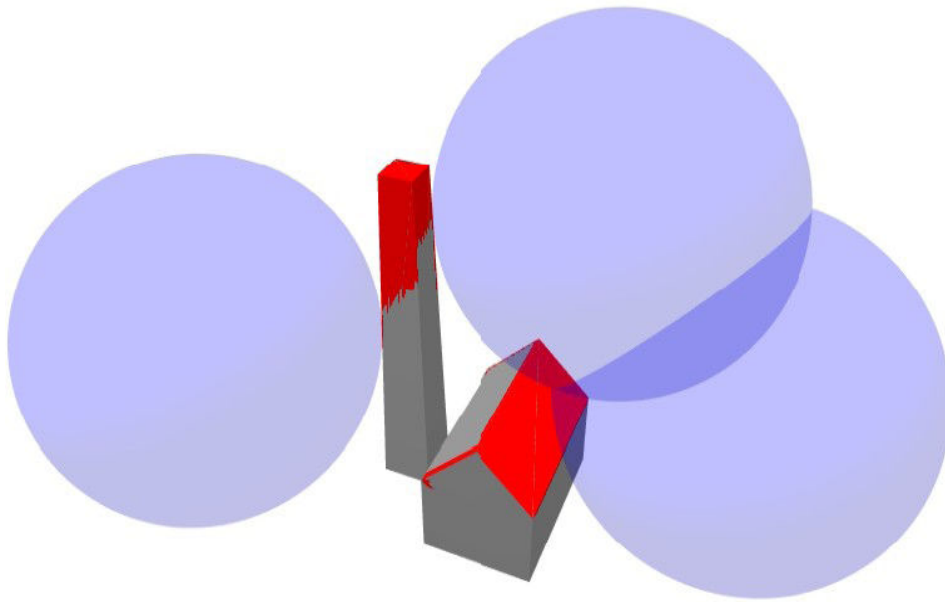
Tabulka č. 4: Minimální průřezy ploch jímací soustavy

Vysvětlivky k tabulce č. 4:

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



**Obrázek č. 2 : Metoda valící se koule.**

*Metoda ochranného úhlu*

Tato metoda je vhodná pro jednoduché objekty a omezena maximální výškou jímače. Chráněný prostor vymezuje kužel s úhlem  $\alpha$  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.

*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 proděravěna při úderu blesku. Pokud tomu chceme zabránit, navrhne 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 směsí, pokud nemají dostatečně vodivě propojené příruby v místě spojů.

### 3.3.2 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 vyrovnání 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 mm<sup>2</sup>.

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.

### 3.3.3 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 11 a pro vertikální 0,5 11. 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 zasypaní 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 11. 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.

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

### 3.3.4 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.

### 3.4 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 indukci 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 přepět'ových pulzů 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 zdivem a paradoxně někdy i lokálně zesílen nedokonale 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.

#### 3.4.1 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 přerušování 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 přípojnicí. 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 přepětového pulzu vytvoří galvanické pospojování pracovního vodiče s ekvipotenciální přípojnici, dalo by se obrazně říci, že vytvoří krátkodobý řízený zkrat a zabrání tak průniku přepětí na vstup do chráněného zařízení.

## 4. Bleskosvody

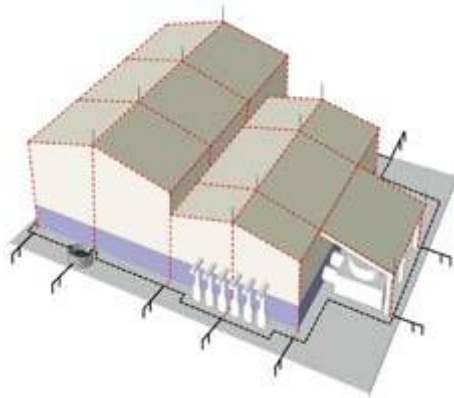
Bleskosvod (častěji spíše řečeno jako hromosvod) je zařízení, které chrání budovy a živých bytostí před ničivým účinkem blesku. Bleskosvod je uměle vytvořená cesta k svádění a přijímání blesku do země. Bleskosvod je vlastně ochranný štít, který převážně zachytí část energie blesku, poskytne mu co nejpřirozenější 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 navrhí. 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.

### 4.1 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 známa 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 části 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. 3: Hromosvod Franklinova typu

## 4.2 Aktivní bleskosvod

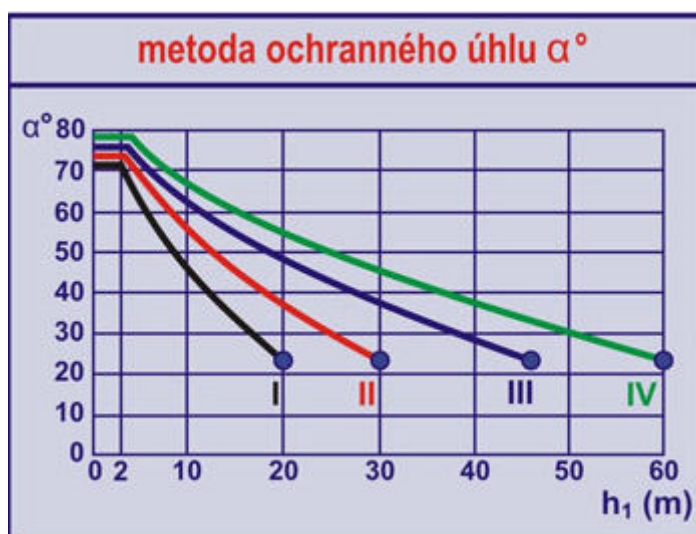
Bleskosvod využívající jímače se včasnou emisí výboje P. D. A.

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.



přesně tato vzdálenost dodržena. Konkrétní umístění svodů jsou uvedeny v příloze na výkresové dokumentaci.

Na sedlovou část střechy jsme si pomoci metody ochranného úhlu vypočetli, jak musí být vysoký jímač, aby nám dostatečně chránil celý objekt před bleskem. Z grafu jsme si zjistili úhel, který nám délka jímače uchrání před bleskem. Délku jímače jsme zvolili dva metry, pro náš konkrétní objekt taková délka jímače stačí a ochrání nám objekt dostatečně před bleskem. Ochranný úhel, jak jde vidět z grafu, bude asi  $75^\circ$ . Jímač umístíme na hraně střechy k vývodu kouřových zplodin, abychom zabránili možného úderu do tohoto kouřového vývodu.



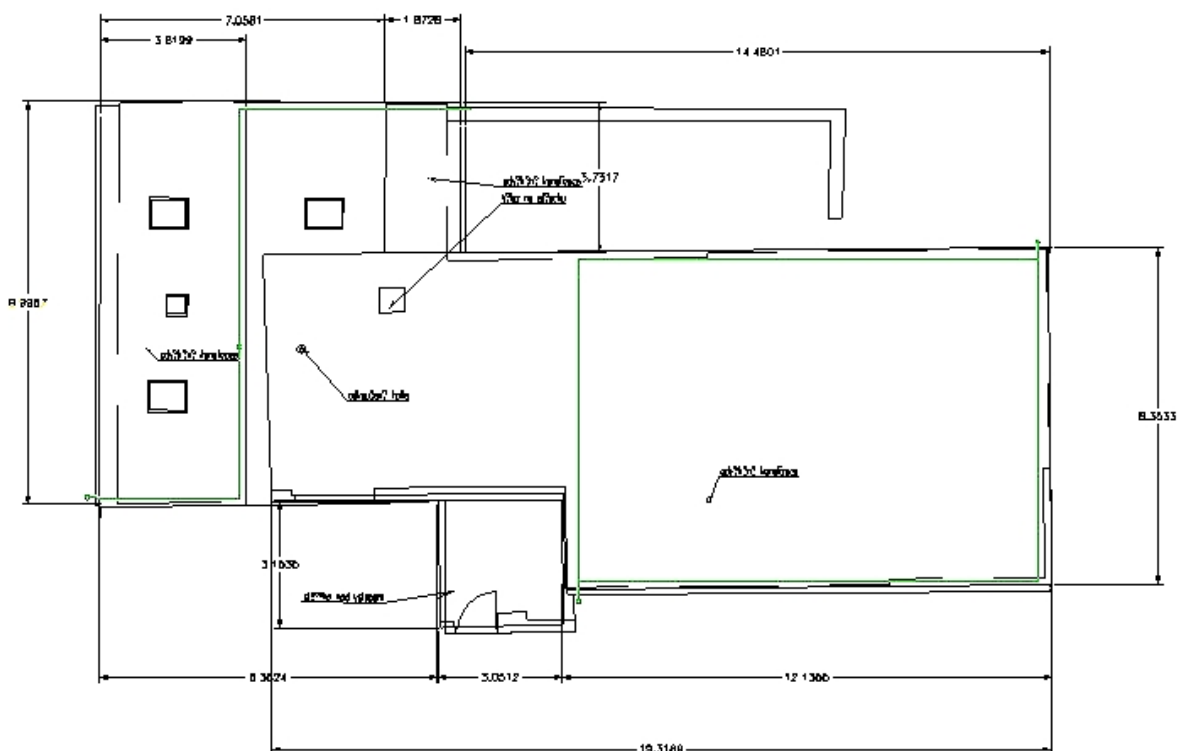
Obrázek č. 5: Ochranný úhel

Pro část střechy, která je rovná jsme zvolili metodu mřížového jímače. Tato metoda se nejlépe hodí pro ochranu rovných částí střechy a dostatečně nám tuto část střechy ochrání. Pro třídu ochrany III, do které spadá tento objekt, by měl být u metody mřížového jímače rozměr takového jímače maximálně 15 x 15 metrů. U našeho objektu sice takto velkou část střechy nemáme, náš rozměr je 12 x 8 metrů, ale to nemá na funkci vůbec žádný vliv.

## 5.2 Provedení hromosvodu

Veškerý rozvod hromosvodů bude proveden pomocí měděného lana, který je na takovéto provedení dostatečně vhodný a je lepší než doposud dávané pozinkované lano. Průměr lana bude minimálně 8 mm. Lano bude upevněno na střeše pomocí podpěr, které budou od sebe vzdáleny jeden metr, aby se lano nemohl prověsit a způsobit tak škody na střeše. Na stěnách domu bude lano připevněno taky pomocí podpěr. Vzdálenost svodu od objektu musí být minimálně 0,1 metrů kvůli bezpečnosti. Na každém svodu bude umístěna jedna zkušební svorka, které bude umístěna v minimální výšce dvou metrů od země kvůli bezpečnosti. Tato zkušební svorka musí být na každém svodu, aby se mohla

zkontrolovat impedance každého svodu, která nesmí přesáhnout dovolenou míru. Konkrétní umístění svodičů a vedení hromosvodného lana vidíme na obrázku. Hromosvodné lano je na obrázku vyznačené zelenou barvou.



Obrázek č. 6: Umístění hromosvodu

### 5.3 Návrh hromosvodu

Při postupu návrhu hromosvodů jsme si jako první zjistili, kolik musíme mít svodů přepětí na tak rozsáhlou stavbu, jakou máme. Pro tudle informaci jsme si zjistili v normě ČSN 62 305, že na každých 15 metrů obvodů stavby by měl být jeden svod přepětí. Pro náš případ kdy máme obvod stavby cca 70 metrů je proto třeba minimálně 4 svody přepětí. K našemu objektu jsme si ještě v normě našli do jaké třídy ochrany patří abychom mohli pokračovat dále v našem návrhu. Pro rodinné objekty platí třída ochrany III.

K třídě ochrany III. jsme si zjistili z tabulky č. 5 ochranný úhel jaký úhel nám bude chránit příslušně dlouhý jímač. K našemu objektu jsme poté navrhli jímač dlouhý dva metry a umístěný na horní hranu střechy co nejblíže k vývodu kouřových splodin. Kdybychom totiž jímač umístili jinde tak by jsme již museli použít delší jímač jelikož by nám tenhle náš zvolený nevyhověl a nechránil by nám dostatečně celé tento vývod. Jímač nám takto dlouhý dostatečně vyhovuje,

protože jeho úhel krytí, který jsme odečetli v tabulce č. 5 a je asi 75° nám dostatečně pokryje celou stavbu.

Abychom dostatečně zaručili ochranu objektu tak jsme ještě pomocí metody válivé koule prověřili, jestli takto zvolený jímač bude dostatečně vyhovovat. Pro výpočet poloměru válivé koule jsme použili vzorec

$$R = 10 * I^{0,65} (m; kA)$$

$$R = 10 * 10^{0,65} (m; kA)$$

$$R = 45 \text{ metrů}$$

kde: R – poloměr valící se koule

I – vrcholová hodnota bleskového proudu v kA

Tímto jsme si ověřili, že námi umístěný jímač je dobře umístěn a chrání nám celý objekt.

Pro rovnou část střechy jsme museli použít jinou metodu návrhu bleskosvodů, jelikož metoda ochranného úhlu pro rovné střechy není vhodná. Použili jsme metodu mřížového jímače, který dostatečně ochrání celý blok objektů s rovnou střechou. K této metodě jsme si museli podle normy zjistit, jaké jsou maximální rozměry objektů, které můžeme tímto způsobem, pro naší zvolenou třídu ochrany, použít. Maximální rozměry, které můžeme pro třídu ochrany III. touto metodou chránit jsou 15 x 15 metrů. Naše rozměry jsou 12 x 8 metrů což normě vyhovuje.

## 6. Technická zpráva

Hromosvod jsme navrhli podle příslušné normy ČSN 62305. Při určování třídy ochrany pro konkrétní náš případ jsme si v normě našli, že by takovýto objekt měl mít třídu ochrany LPS III, z téhle informace jsme pak dále vycházeli. Vypočetli jsme si příslušné údaje, které nám zaručí ochranu před úderem blesků do stavby. Pro navrhování pomocí metody mřížové soustavy by neměly oka mříže přesahovat velikosti 15x15m tato metoda se využívá hlavně pro ochranu rovinných ploch, což náš dům obsahuje. Při návrhu jímače pomocí metody ochranného úhlu jsme si z grafu určili, jak vysoký jímač by byl pro nás optimální a jakou část střechy by nám ochránil před úderem blesků.

Na sedlovou střechu jsme tudíž použili pouze jeden jímač, který nám dostatečně tuto část střechy před úderem blesků dostatečně ochrání. Jímač bude vysoký 2m a bude umístěn na hraně střechy naproti vývodu kouřových zplodin, aby nám tento objekt dostatečně chránil a zabránil tak úderu blesků do tohoto objektu. Na rovnou část střechy jsme použili mřížovou soustavu, která je na takovéto objekty nejvhodnější. Mřížovou soustavu jsme umístili podél celé rovné střešní konstrukce, aby nám dostatečně ochránila stavbu. Takto zvolená soustava dostatečně ochrání i stříšku nad vstupními dveřmi, na kterou již nemusíme žádné bleskosvodu umisťovat.

Veškerý rozvod hromosvodu bude proveden pomocí měděného drátu o minimálním průřezu 8mm. Hromosvodní lano bude na střeše upevněn pomocí podpěr, které budou od sebe vzdáleny 1m a to z důvodu aby nedošlo k prověšení lana a případného kontaktu se střešní krytinou, to také platí pro upevnění na stěnách domu. Vzdálenost svodu od objektu musí být minimálně 0,1m. Na objektu budou umístěny 4 zemniče, které budou od sebe vzdáleny minimálně 12m tak, jak nám to norma dovoluje. Rozvod hromosvodů bude připojen přes zkušební svorku dále k zemniči. Toto připojení musí být minimálně ve výšce dvou metrů od země kvůli bezpečnosti. Přesné vedení hromosvodního lana a umístění podpěr viz výkresová dokumentace.

## 7. Aplikace přepětových ochran v domácí elektroinstalaci

Každým rokem dochází k nárůstu škod způsobené přepětím v síti. Především díky bleskového výboje, který vzniká hlavně v letním období, ale některé přístroje mohou být zničeny i přepětím vzniklým při běžném spínání obvodů v síti. Takto se mohou zničit především přístroje, které obsahují elektronické součástky jako je například počítač, DVD přehrávače, Hi – Fi technika atd. Jestliže bylo možné relové vstupy u přístrojů minulé „generace“ krátkodobě přetěžít až stovky voltů, u polovodičových přístrojů už to není možné a takové to přetížení aji velmi krátkodobé by způsobilo celkové poškození přístroje.

Použití přepětových ochran proto nabývá stále většího významu hlavně z těchto důvodů:

- s pokročilou technizací bude stále více docházet k aplikacím, které budou vyžadovat absolutní provozní bezpečnost.

- elektronika pomáhá stále více řešit problém v neelektrických oblastech

- vojenská hrozba elektromagnetického impulsu při nukleárním výbuchu.

Důsledkem blesku mohou mít velmi ničující a nepředstavitelné konce. V souvislostech s přímým úderem blesku a nebo jeho indukci při úderu blízko vodičů rozvodných, sdělovacích nebo datových sítí může dojít k zničení nebo poškození zařízení, které jsou k těmto sítím připojeny. Při opakování i malých úrovní přepětí způsobených úderem blesků dochází k narušení izolačních vlastních jak vodičů, tak i veškerých zařízení.

Nebezpečí přepětí je především v jeho každodenní přítomnosti ve všech elektrických a datových systémech. Není viditelné, proto se ho lidé tak obávají, protože nás před tímto poškozením nebude nikdo varovat. Přepětí, i když mívá obvykle menší amplitudu než přepětí způsobené úderem blesku, způsobuje stejné škody na zařízeních a v některých případech i mnohem větší škody než bleskové přepětí. Svodiče bleskových proudů jsou určeny pro ochranu přírodního vedení před přepětí při přímém úderu blesků. Vysoká kvalita výkonového varistoru představuje velmi rychlou reakci svedení bleskového proudu do zemnicí soustavy. Ochrana citlivých zařízení je provedena soustavou správně zvolených přepětových ochran. Komplexnost výrobků umožňuje všem uživatelům využití ochrany i v těch nejnáročnějších případech.

Pravděpodobnost vystavení nežádoucím efektům, způsobených bleskem a přepětím, je v dnešní době velmi značná a má za následek velké ekonomické ztráty pro uživatele, který tuto elektroniku používal a potřebuje jí ke každodenní práci.

Následky pulzního přepětí, jaké bude mít na přístroj, závisí na jeho amplitudě a energii jako přepětí má. Rozdělujeme je do těchto možných následků:

**Zničení-** Při překročení určité velikosti amplitudy dojde k napětovému průrazu, což způsobí zničení části přístroje, a nebo zničení celého přístroje. Stejně důsledky mohou nastat při mnohem menších amplitudách několika jednotek nebo stovek voltů, kdy dochází k průrazu polovodičových součástek a k poškození

integrovaných obvodů. Tato poškození uživatel pouhým prohlednutím přístroje nezjistí, ale projevuje se jako závada na obvodu elektronického přístroje.

Nesprávná činnost:

- náhodné selhání tyristoru
- částečné zničení datových souborů
- chyby v programech pro zpracování dat
- chyby v datech nebo v jejich přenosu

Rychlé stárnutí:

- přepětí způsobí velmi rychlé snižování životností přístroje

## 7.1 Vzájemné vztahy pro silové a sdělovací zařízení

Nejmenší vzdálenost mezi uzemněním sdělovacího zařízení, které není napájeno z vlastního transformátoru má být alespoň 20metrů od uzemnění silového zařízení do 1000V a 40 metrů od části uzemnění silového zařízení nad 1000V.

Není-li možné dodržet ani polovinu těchto vzdáleností musíme provést jedno z těchto opatření:

Výpočtem nebo měřením si ověřit, že napětí na sdělovacím zařízení způsobené maximálním proudem v uzemněném silovém zařízení nepřesáhne dovolenou mez.

Obě uzemnění se propojí, pokud to ovšem nevytvoří nežádoucí přímé vazby.

Uzemnění hromosvodů a silového zařízení se nemusí spojovat, jsou li vzdálenosti v zemním spojení mezi oběma body větší než 5 metrů. Uzemnění sdělovacích obvodů má být co nejdál od uzemnění hromosvodů. Je-li vzdálenost mezi uzemněním sdělovacího zařízení a hromosvodného zařízení menší jak 5 metrů, musí být obě uzemnění propojeny. Společná uzemnění musí vyhovovat normě ČSN 341390 a předpisům pro sdělovací zařízení. Pracovní uzemnění svodičů přepětí se spojuje s ochranným uzemněním zařízení, která jsou svodičem přepětí chráněná. V kapitole uzemnění je dáno, že ochranný vodič PE nemusí být izolován, ale musí být veden společně s krajními vodiči. Uzemňovací přívod musí být izolován, aby se zabránilo jeho dotyku s ochranným vodičem nebo jakoukoliv částí spojenou s tímto vodičem nebo s neživou částí. Neživé části musí být připojeny k ochrannému vodiči při splnění podmínek stanovených způsobem uzemnění sítě. V každé budově musí být navzájem spojeny ochranný vodič, uzemňovací přívod nebo hlavní ochranná svorka, rozvod potrubí v budově. Vodiče hlavního pospojování musí vyhovovat průřezům. Hlavní pospojování musí být provedena u všech kovových plášťů sdělovacích kabelů, je však nutnost mít souhlas majitele budovy nebo provozovatele těchto vodičů.

## 7.2 Zemnění

Podmínkou správné funkce přepětových ochran je jejich přizemnění, která je tvořena ochranným vodičem PE. Vodič PE je standardně veden v síti TN – S, kterou nám norma nařizuje pro všechny domácnosti, kanceláře a průmysl. Všechny nainstalované přepětové ochrany jsou pomocí vodiče PE spojeny s ekvipotenciální přípojnici. V soustavách tvořených sítí TN – C se přepětové ochranný připevňují na vodič PEN, kterým v klidu prochází rozdílové proudy, tudíž nemůže tak dobře plnit funkci přepětových ochran jako vodič PE.

## 7.3 Přístroje pro ochranu proti přepětí

Přístroje a zařízení pro ochranu proti přepětí jsou vždy založeny na stejném principu funkce – udržet stav izolace až do přípustné meze napětí. Po překročení určité úrovně, na kterou je přístroj dimenzován, dochází ke zkratovému přepětí, čímž je velmi vysoký rozdíl potenciálu mezi dvěma vodivými částmi přístroje. Elektronické spínače používané pro tento účel se nazývají svodiče přepětí. Pro ochranu proti blesku a přepětí se používají otevřená jiskřiště, plynem plněnébleskojistky, varistory nebo kombinace uvedených prvků.

### 7.3.1 Jiskřiště

Nejčastějšími aplikacemi svodičů na principu jiskřiště jsou svodiče třídy I určené pro první stupeň přepětové ochrany. Podle konstrukčního provedení je možné rozdělit na otevřená nebo uzavřená jiskřiště. Tvar elektrod, materiál nebo vzduchová mezera mezi elektrodami určují ochrannou úroveň, svodovou schopnost a vlastnosti charakterizující chování jiskřiště při zhášení následných proudů. Otevřená jiskřiště vynikají velmi vysokou svodovou schopností při vysokých úrovních samočinně zhašeného následného proudu. Jejich základní nedostatek je však ve vyšlehování horkého plazmatu z pouzdra při jejich aktivaci. Konstrukce uzavřeného jiskřiště má menší parametry zhášecího následného proudu. Některé uzavřené jiskřiště mají velkou svodovou schopnost, ale velikost samočinně zhašeného následného proudu je nízká, takže jejich aplikace jsou srovnatelné sbleskojistkami.

### 7.3.2 Plynem plněnébleskojistky

V klidovém stavu se takovétobleskojistky chovají jako izolátory díky použité keramice. Obvykle jsou konstruovány ve tvaru válcového keramického pouzdra, oboustranně uzavřeného kovovými elektrodami. Většinou jsou plněny směsí plynu pod malým tlakem. Vynikají krátkou dobou reakce a velkou svodovou schopností. Aplikační možnosti jsou omezeny vzhledem k jejich obecně nízkým hodnotám samočinně zhášecího následného proudu. Pro výrobu moderních výkonovýchbleskojistek se používá speciální dilatační slitiny, které zajišťují jejich odolnost proti vysokým teplotám až 2000°C a extrémním tlakům při výboji v plynech. Plynem plněnébleskojistky se vyznačují vysokou životností a stabilitou parametrů. Splňují tak základní předpoklady pro jejich použití při

konstrukci bezúdržbových svodičů bleskových proudů a přepětí s dlouhou životností.

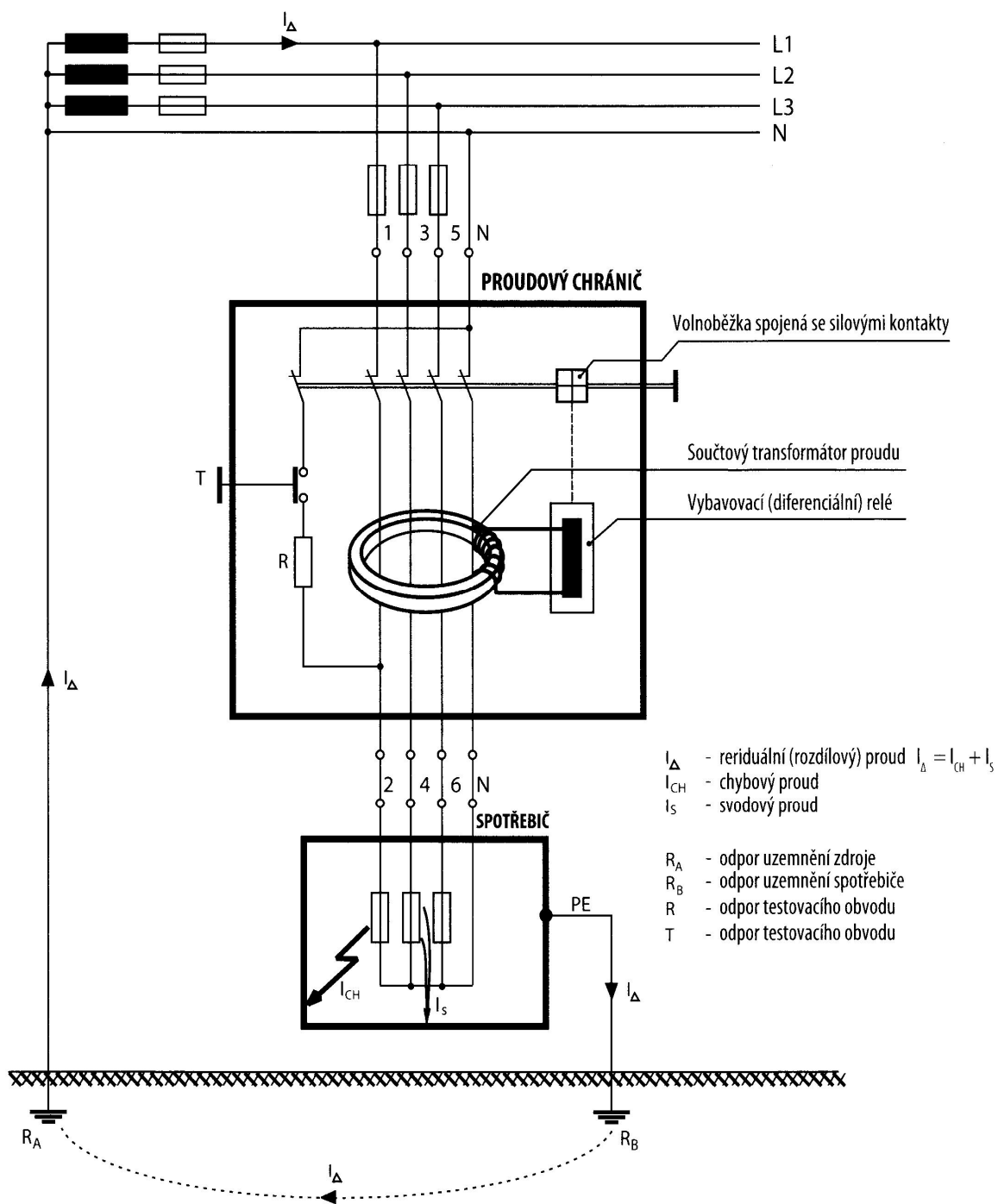
#### **7.4 Rozvod nízkého napětí v bytu**

Základními předpisy pro elektrickou instalaci v bytové výstavbě je uvedeno v normě ČSN 33 2130 a také v ČSN 33 2000 – 7- 701 vztahující se na elektrické rozvody v prostorách s vanou nebo sprchou.

V srpnu roku 2007 byla vydána norma ČSN 33 2000–4-41 ed. 2. S platností od 1.2.2009 nahrazuje starší normu ČSN 33 2000-4-41 z února roku 2000. Do února roku 2009 platí obě normy společně. Nová edice známé normy, je již plně základní normou pro řešení této problematiky.

Významnou novinkou je požadavek na doplňkové ochrany zásuvek a mobilních zařízení, které mohou být umístovány venku, použití proudovými chrániči s jmenovitým proudem menším jak 30mA. Proudový chránič musíme umístit v zásuvkách, jejich jmenovitý proud nepřekračuje 20 A, které užívají laici a u mobilních zařízení určených pro venkovní použití, jejichž jmenovitý proud nepřesahuje 32 A.

Tímto požadavkem se významně rozšiřuje okruh obvodů, které musí být chráněny proudovým chráničem. V bytových instalacích to doposud byly jen obvody v prostorách, na které se vztahuje norma ČSN 33 2000-7-701 a obvody podlahového a stropního vytápění, na které se vztahuje norma ČSN 33 2000-7-753 a venkovní zásuvky. Proudový chránič zajišťuje doplňkovou ochranu, může současně zajišťovat i ochranu při poruše, vzhledem ke své citlivosti ji může zajišťovat výrazně dokonaleji.



Obrázek č. 7: Proudový chránič

## 7.5 Návrh vnitřní ochrany

V této kapitole se budeme zabývat konkrétním návrhem vnitřní ochrany proti přepětí. Při návrhu vnitřní ochrany musí dbát na určitá stanovení, které musí být splněny, což je selektivita našeho zařízení. Aby byla zajištěna selektivita mezi dvěma za sebou zapojenými proudovými chrániči, musí být splněny dvě podmínky:

Doby nepůsobení předřazeného proudového chrániče musí být delší než celkové vypínací časy přiřazeného proudového chrániče, a to pro všechny hodnoty vypínacích proudů. Je zřejmé, že tuto podmínku může jako předřazený chránič splnit jen selektivní proudový chránič, a to ještě při splnění i druhé podmínky.

Proudové chrániče mohou podle normy vypínat již při dosažení 50 % svého jmenovitého reziduálního proudu. Vyrábí se obvykle v řadě jmenovitých reziduálních proudů 10,30, 100, 300 atd. mA.

Pokud bude mít rodinný dům, který má dvě podlaží a v každém podlaží má sociální zařízení plus nějaká spotřebiče umístěné venku na volném prostranství musí počítat s tím, že všechny tyto prostory musíme chránit proudovým chráničem a nesmíme ani zapomenout, jak je uvedeno v teoretickém rozboru, že také všechny zásuvkové obvody již musí být chráněny.

Při návrhu postupujeme od rozvaděče směrem dále, abychom nezapomněli na žádný obvod, který musí být chráněn. K našemu konkrétnímu návrhu by jsme mohli zvolit jako hlavní proudový chránič na kterém bude mít zapojeny všechny zásuvkové obvody v domě například proudový chránič od společnosti OEZ typ OFI 10kA. Tento chránič je typu A což znamená že je vhodný pro ochranu v elektrických rozvodnách, v kterých se může vyskytnout jak střídavé, tak i pulzní stejnosměrné proudy, dále je také selektivní což se nám velmi hodí jelikož bude umístěn v rozvodně a musí spolupracovat z dalšími proudovými chrániči, které budeme dále umísťovat. Dále bychom měli umístit chránič pro ochranu venkovních prostor z důvodu toho, že tento chránič musí být sylnější než chrániče do koupelnových rozvodů. Opět by jsme mohli použít chránič od společnosti OEZ typ OFE 6kA, který je vhodný na ochranu v elektrických rozvodnách, v kterých se mohou vyskytovat pouze střídavé reziduální proudy.

Pro ochranu koupelnových prostor můžeme použít slabší proudové chrániče, které nás budou lépe chránit, jelikož budou mít menší rozdílový proud, u kterého již vypnou. U obou koupelen jak v přízemí tak v prvním patře by jsme mohli použít proudový chránič typu OLFE od společnosti OEZ, které má vlastnosti stejné jako proudový chránič, jaká jsme použili na venkovní provedení, ale je konstruován na menší protékající proudy, které nám ale postačí.

Pro zásuvkové obvody bychom mohli použít chránič typu OFI, který je konstruován na vypínání jak střídavých, tak i pulzních stejnosměrných reziduálních proudů. Je konstruován na maximální proud 125A což pro naše konkrétní zapojení bude stačit.

Konkrétní zapojení proudových chráničů nalezneme v příloze č. 2, kterou vytvoříme v programu SICHR od firmy OEZ, který je volně dostupný na stránkách firmy.

## 8. Závěr

Cílem mé práce bylo seznámit se s novou českou normou ČSN 62305, která nám popisuje, jak a kde se mají umisťovat jímače a svody bleskových přepětí. Dozvěděli jsme se o určitých možnostech a stylech umístění jímačů, optimální použití každé metody pro jiný typ budovy.

V další části mé práce jsem si vybral určitou budovu, na které jsem si prakticky vyzkoušel návrh hromosvodů. Musel jsem si vypočítat všechny potřebné parametry, které potřebujeme, abychom správně vypočetli parametry, jaké musí hromosvod mít, aby dostatečně chránil tento objekt.

Jak již jsme se zmínil v mé práci na sedlový typ střechy jsem použil metodu ochranného úhlu, která se na taky typ střechy velmi hodí a pokryje tak celý objekt, aniž by jsme museli mít obavu že by se mohlo stát, že nám blesk uhoří, do některé nekryté části objektu. Hromosvod jsme umístili u vývodu kouřových splodin, jelikož zde je největší možnost úderů blesku do našeho objektu. Jímací tyč musí být vysoká minimálně dva metry vysoká, aby ochranný uhel by dostatečně velký a nemohlo tak dojít k tomu že by nějaká část objektu nebyla chráněna.

Na rovný typ střechy jsme použili metodu návrhu hromosvodu pomocí mřížového jímače. Střecha má dostatečné rozměry, abychom mohli takový návrh použít, jelikož tuto metoda můžeme použít pouze na střechy do maximálních rozměrů 15 x 15 metrů, jelikož náš objekt spadá do III. třídy ochrany.

## 9. 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 přepět'ová 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. Přepět'ové ochrany Aktivní bleskosvody helita Optické převodníky Záložní zdroje. 3.vyd. Praha: SELTEKO. 1995. 128 s.

### Internetové zdroje:

- [5] [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=22832](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22832)
- [6] <http://www.oez.cz/BluePlanetLogin.asp?thema=2551>
- [7] <http://www.digizone.cz/clanky/>
- [8] <http://www.oez.cz>
- [9] <http://www.hakel.cz>
- [10] <http://hromosvody.indelec.cz>

### Norma:

- [11] ČSN 62305 Ochrana před bleskem

### Časopisy:

- [12] Odborné semináře 2008, OEZ
- [13] Svodiče přepětí – katalog 2002, Hakel

### Software:

- [14] OEZ SICHR 8.00