

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**

**PROJEKTOVÁNÍ PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN DLE
ČSN EN 62305**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE
AUTHOR**

ZBYNĚK POCHOP

BRNO 2010

>>Vložit zadání práce<<

Bibliografická citace práce:

POCHOP, Z. Projektování přepětových ochran dle ČSN EN 62305. Bakalářská práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2010, 55 stran.

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

Projektování přepět'ových ochran dle ČSN EN 62305

Zbyněk Pochop

vedoucí: Ing. Branislav Bátora

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2010

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

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

Bachelors's Thesis

Design of overvoltage protections according to CSN EN 62305

by

Zbyněk Pochop

Supervisor: Ing. Branislav Bátora

Brno University of Technology, 2010

Brno

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá postupem projektováním přepět'ových ochran pro obyčejný rodinný dům podle nového souboru norem ČSN EN 62305. Práce se skládá ze tří hlavních částí. První část se zabývá metodou řízení rizika podle normy ČSN EN 62305-2. Kromě teoretického úvodu je zde celá analýza rizika provedena i číselně. Výsledek analýzy rizika má vliv na další postup návrhu přepět'ové ochrany celé budovy. Druhá část textu se zabývá vnější ochranou proti přepětí. Jsou v něm provedeny návrhy svodové a především jímací soustavy. Správnost návrhů je pak následně i ověřena metodami ochranného úhlu a metodou valící se koule. Dále je v práci řešena také problematika televizních antén na střeše v blízkosti jímací soustavy. Třetí část bakalářské práce se věnuje vnitřní ochraně proti přepětí, jenž se týká především návrhu a umístění svodičů přepětí a svodičů bleskových proudů.

KLÍČOVÁ SLOVA: přepětí, přepět'ová ochrana, hromosvod, bleskosvod, svodiče přepětí, řízení rizika,

ABSTRACT

This Bachelor's thesis deals with the procedure in designing overvoltage protections for an ordinary house according to a new set of standards CSN EN 62305. The work consists of three main parts. The first part deals with the method of risk management according to standard CSN EN 62305-2. Besides a theoretical introduction is made a risk analysis also numerically. Result of risk analysis has implications for the way forward surge protection design for the entire building. The second part deals with the external surge protection. In the second part of the text are suggestions down lead systems and primarily air terminals. Check over is subsequently verified by the methods of the protective angle method and the rolling ball. The study also addressed the issue of TV antennae on the roof near the air-termination network. The third part of this thesis deals with internal overvoltage protection, which mainly concerns the design and location of surge arresters and lightning arrester.

KEY WORDS: overvoltage, surge protection, lightning rod, surge arresters, risk management

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	9
SEZNAM TABULEK	11
1 ÚVOD	12
1.1 SOUBOR NOREM ČSN EN 62305	12
1.2 CÍLE PRÁCE	13
2 PŘEDSTAVENÍ CHRÁNĚNÉHO OBJEKTU	14
3 OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ	16
4 ANALÝZA RIZIKA	17
4.1 OBECNÉ ŘEŠENÍ ANALÝZY RIZIKA	18
4.2 ČÍSELNÉ ŘEŠENÍ ANALÝZY RIZIKA	21
4.2.1 ANALÝZA RIZIKA POMOCÍ POČÍTAČOVÉHO PROGRAMU	25
4.2.2 ZÁVĚR ANALÝZY RIZIKA:	26
5 VNĚJŠÍ OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ	27
5.1 HROMOSVODY	27
5.2 NÁVRH SVODOVÉ SOUSTAVY	28
5.3 NÁVRH HROMOSVODU	29
5.4 METODA OCHRANNÉHO ÚHLU	31
5.5 METODA VALIVÉ KOULE	35
5.6 UMÍSTĚNÍ ANTÉNY V BLÍZKOSTI JÍMACÍ SOUSTAVY	37
6 VNITŘNÍ OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ	41
6.1 KOORDINACE PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN	45
6.2 NÁVRH A VOLBA PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN	48
7 ZÁVĚR.....	54
POUŽITÁ LITERATURA	55

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 3-1 Tvar budovy ve 3D modelu.....	14
Obrázek 3-2 Rozměry chráněné budovy - Pohled z boku.....	15
Obrázek 3-3 Rozměry chráněné budovy pohled zepředu	15
5-1 Izokeraunická mapa ČR.....	20
Obrázek 5-2 Vyhodnocení analýzy rizika počítačovým programem	26
Obrázek 6-1 Návrh svodové soustavy pomocí PC programu.....	28
Obrázek 6-2 Minimální doporučené vzdálenosti mezi jímací soustavou a částmi budovy	29
Obrázek 6-3 Ochranný prostor	31
Obrázek 6-4 Graf znázorňující ochranný úhel v závislosti na výšce stavby	31
Obrázek 6-5 Ochranný úhel jímače a pomocného bočního jímače.....	32
Obrázek 6-6 Zvětšený detail předchozího obrázku 6-5.....	32
Obrázek 6-7 Ochranný úhel jímače - Pohled z boku.....	33
Obrázek 6-8 3D model s komínem a jímačem.....	34
Obrázek 6-9 Ochranný prostor ve tvaru kužele překrývá komín	34
Obrázek 6-10 Chráněný domek a valivá koule s poloměrem 45 metrů.....	35
Obrázek 6-11 Rodinný domek a valicí se koule v přesných rozměrech – Pohled z boku.....	36
Obrázek 6-12 Rodinný domek a valicí se koule v přesných rozměrech - Pohled zepředu	36
Obrázek 6-13 Připojení a umístění anteny podle staré normy.....	37
Obrázek 6-14 Připojení a umístění antény podle ČSN EN 62305	38
Obrázek 6-15 Umístění antény na střeše - Pohled zezhora.....	39
Obrázek 6-16 Výpočet dostatečné vzdálenosti pro 2 svody	40
Obrázek 6-17 Výpočet dostatečné vzdálenosti pro 4 svody.....	40
Obrázek 7-1 Obecné rozdělení zón LPZ	41
Obrázek 7-2 Obecné rozdělení pásem podle kategorie přepětí	42
Obrázek 7-3 Vnitřní zapojení svodiče bleskových proudů SPD 1.....	43
Obrázek 7-4 Vnitřní zapojení svodiče přepětí typu 3+1 a 4+0.....	44
Obrázek 7-5 Vnitřní zapojení svodiče přepětí typu SPD3.....	44
Obrázek 7-6 Účinky jednotlivých stupňů SPD na přepětíovou vlnu	45
Obrázek 7-7 Proudové a napětí při koordinaci přepětíových ochran	46
Obrázek 7-8 Obecný princip koordinace přepětí.....	46
Obrázek 7-9 Obecné zapojení jednotlivých stupňů SPD.....	47

<i>Obrázek 7-10 Technické údaje z manuálu DV M TNC 255</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 7-11 Manuál zapojení DV M TNC 255</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 7-12 DV M TNC 255</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 7-13 Manuál zapojení k SPD3</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 7-14 Vnitřní zapojení SPD3 a zásuvky</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 7-15 Koaxiální svodič bleskových proudů</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 7-16 Umístění DV M TNC v hlavním rozváděči</i>	<i>53</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 3-1 Rozměry chráněné budovy</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 4-1 Rozdělení budov do tříd LPS</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 5-1 Charakteristika stavby</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 5-2 Charakteristika silnoprůdné síť.....</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 5-3 Charakteristika telekomunikační síť.....</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 6-1 Vzdálenosti mezi svody pro různé třídy LPS.....</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 6-2 Rozměry k obrázku 6-2</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 6-3 Poloměr valící se koule pro různé třídy LPS.....</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 7-1 Zóny LPZ.....</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 7-2 Výrobce doporučené průřezy</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 7-3 Bleskový proud pro jednotlivá LPS</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 7-4 technické údaje koaxiálního svodiče bleskových proudů</i>	<i>52</i>

1 ÚVOD

1.1 Soubor norem ČSN EN 62305

ČSN EN 62305 je českou verzí evropské normy EN 62305, která řeší ochrany před bleskem. Pro členské státy CENELEC vyvstala povinnost zavést zmíněné normy do národních normalizačních soustav a postupně zrušit platnost dosud existujících národních norem ohledně ochrany před bleskem, které jsou v rozporu se souborem evropských norem EN 62305. Soubor norem ČSN EN 62305 nahradil předcházející normu ČSN 34 1390. Všechny nové projekty hromosvodu a vnitřní ochrany začaté po 1. prosinci 2006 by již měly být navrhovány podle nového souboru norem. Nový soubor vychází z dlouholetých pozorování a výzkumů chování bleskového proudu v přírodních podmínkách. Nová norma přinesla několik změn a ty hlavní jsou [30]:

- Analýza rizika pro vyhodnocení potřeby ochrany před bleskem
- Rozdělení ochrany systému staveb před bleskem do čtyř tříd, které odpovídají čtyřem hladinám ochrany před bleskem
- Zóny ochrany před bleskem
- Metodu valící se koule pro návrh jímací soustavy
- Ochranu elektrických a elektronických systémů ve stavbách proti přímým účinkům bleskového proudu i proti účinkům magnetických polí vyvolaných bleskem pomocí pospojování, vedení tras, magnetických stínění a přepětových ochranných zařízení

Soubor norem ČSN EN 62305 je rozdělena na 5 samostatných částí.

1. **ČSN EN 62305-1 Obecné principy** – Poskytuje informaci o obecných principech, kterými se má řídit ochrana před bleskem. Informuje o nebezpečí blesku a jeho parametrech.
2. **ČSN EN 62305-2 Řízení rizika** – Obsahuje přesný popis analýzy rizika včetně detailního postupu výpočtu jak pro stavby tak i pro inženýrské sítě.
3. **ČSN EN 62305-3 Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života** – se zabývá návrhem vnější ochrany před bleskem (hromosvodem)
4. **ČSN EN 62305-4 Elektrické a elektronické systémy ve stavbách** – obsahuje ochranná opatření ke snížení počtu selhání elektrických a elektronických systémů uvnitř staveb
5. **ČSN EN 62305-5 Inženýrské sítě** – Poskytuje informaci o návrhu a instalaci ochranných opatření inženýrských sítí

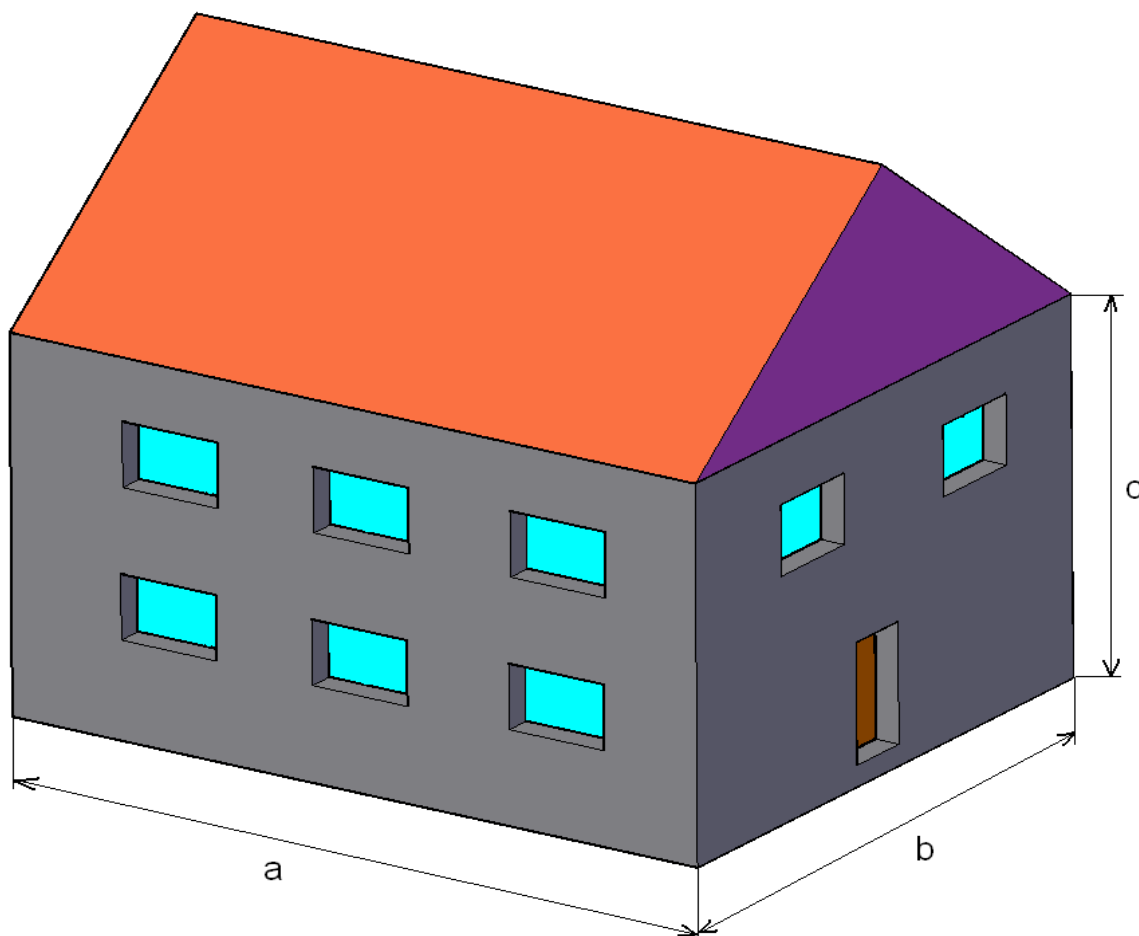
1.2 Cíle práce

Cílem práce je provést návrh ochrany proti přepětí u fiktivního rodinného domku podle souboru norem ČSN EN 62305. Celý návrh se skládá z těchto částí:

- **Návrh rozměrů a parametrů rodinného domku** – Zde se volí rozměry budovy, tvar budovy včetně střechy, charakter okolí atd...
- **Návrh svodové soustavy** – určení počtu svodů, materiál svodů, rozmístění svodů
- **Analýza rizik škod** – zvolení třídy LPS a následné ověření pomocí analýzy rizika
- **Návrh jímací soustavy** – výběr typu jímací soustavy, rozměrů, materiálu...
- **Vytvoření schéma hromosvodu** – půdorysové schéma střechy s jímací soustavou
- **Ověření správnosti návrhu jímací soustavy** – užití metody valivé koule a metody ochranného úhlu
- **Návrh správného umístění antény v blízkosti jímací soustavy**
- **Výběr vhodných svodičů přepětí a jejich rozmístění**

2 PŘEDSTAVENÍ CHRÁNĚNÉHO OBJEKTU

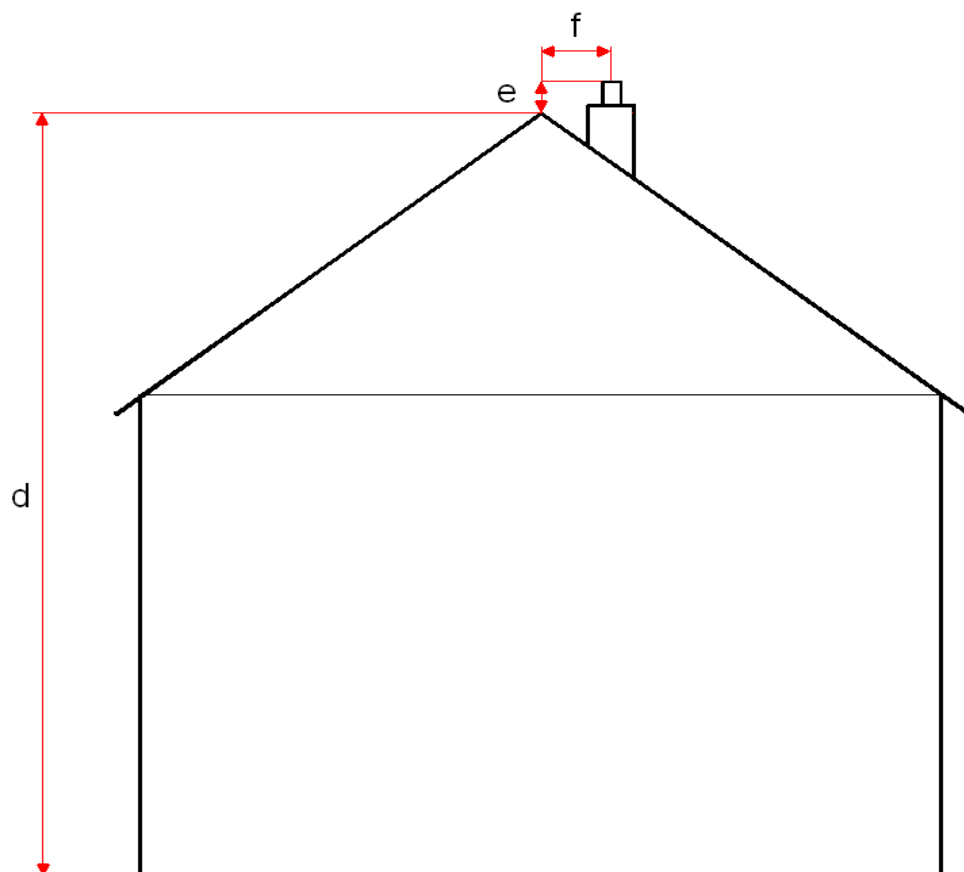
Proto abysme mohli navrhnout jímací soustavu a počet svodů musíme znát rozměry budovy, na kterou chceme jímací soustavu aplikovat. Budova je dvoupatrový rodinný domek se sedlovou střechou. Na obrázku 3-1 je znázorněn zjednodušený 3D model budovy. Okótované náčrtky budovy včetně komína jsou na obrázcích 3-2 a 3-3 a přesné rozměry jsou v tabulce 3-1.



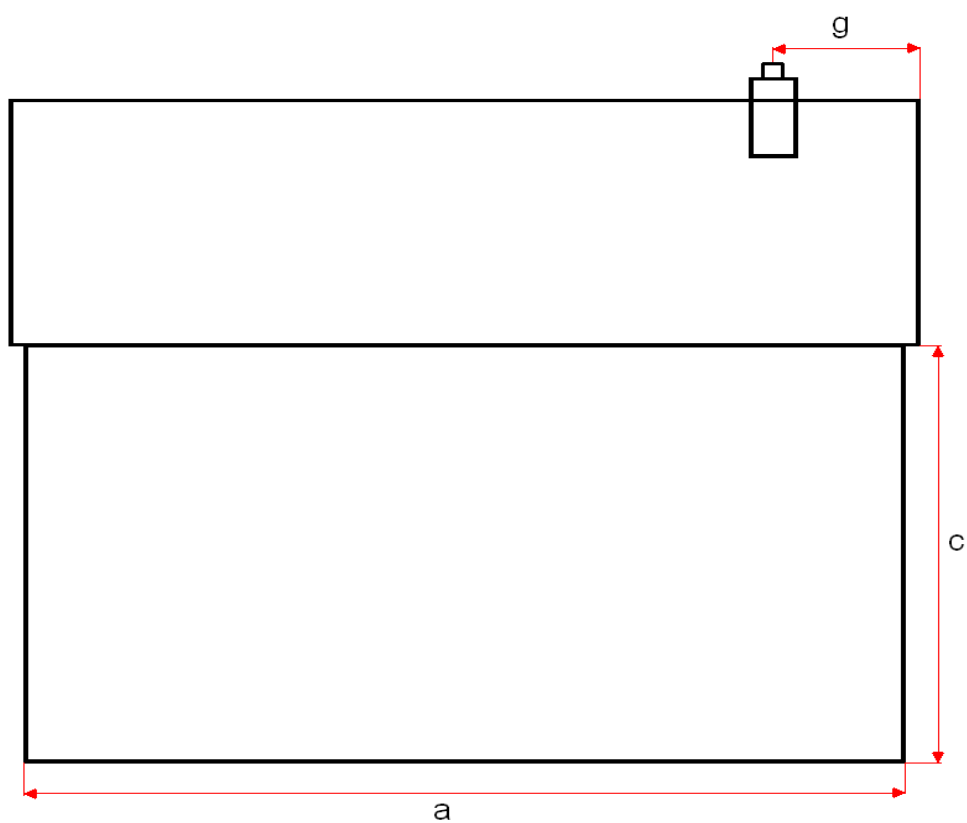
Obrázek 2-1 Tvar budovy ve 3D modelu

Tab. 2-1 Rozměry chráněné budovy

a	b	c	d	e	f	g
11 m	9 m	6 m	9,5 m	0,3 m	0,8 m	1 m



Obrázek 2-2 Rozměry chráněné budovy - Pohled z boku



Obrázek 2-3 Rozměry chráněné budovy pohled zepředu

3 OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ

Ochrana proti přepětí je systém opatření proti přímému úderu blesku nebo i přepětí v napájecí síti. Blesk je elektrický výboj, který se snaží vyrovnat rozdíl potenciálu mezi zemí a mrakem. Jeho dráha je dána cestou nejmenšího odporu, proto jsou vyšší objekty více ohroženy. Případný zásah blesku do budovy může mít vážné následky. Jako ochranu proti blesku se použijeme bleskosvod (hromosvod), což je vnější ochrana proti přepětí. Přepětí v síti jsou většinou krátkodobé impulsy, které několikanásobně převyšují jmenovité napětí v síti. Vzniká při spínání velkých kapacitních a induktivních zátěží. Nejvíce ohroženy jsou citlivé elektronické spotřebiče jako televize nebo počítač. Proti přepětí v napájecí síti se chráníme svodiči přepětí ty patří do kategorie vnitřní ochrana proti přepětí. Každá budova má jinou důležitost například úder blesku do prázdného skladu tolik nevádí jako úder do muničního skladu, proto se objekty dělí do čtyř skupin podle důležitosti. Třídy LPS (light protection system) vymezuje norma ČSN EN 62305. Nároky a požadavky na nižší třídy LPS jsou přísnější. Příklady rozdělení budov do skupiny ukazuje tabulka 4-1. Rodinný dům patří do LPS III a proto s tím budeme dále počítat. Rozdělení vypsané v tabulce je určeno podle zkušeností firem a odborníků, kteří se návrhu ochrany proti přepětí věnují. Přesné určení třídy LPS se vypočítá pomocí analýzy rizika, která je provedena v 5. kapitole. [11]

Tab. 3-1 Rozdělení budov do tříd LPS [1]

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 letiště, výpočetní centra
II	supermarkety, muzea, rodinné domy s nadstandardní výbavou, školy, katedrály, prostory s nebezpečím požáru, výškové budovy, operační a provozní pracoviště hasičů a policie, speciální sklady, akvaparky, supermarkety
III	rodinné domy , administrativní budovy, obytné domy, zemědělské stavby
IV	budovy stojící v ochranném prostoru jiných objektů, obyčejné sklady, stavby a haly bez výskytu osob.

4 ANALÝZA RIZIKA

Analýza rizika je metoda, podle které zjistíme, zda je stavba dostatečně chráněná nebo zda se budou muset provést další ochranná opatření. Princip spočívá v určení celkového rizika možných ztrát a porovnáním s maximální přípustnou hodnotou možných ztrát. Pro rodinný dům budeme počítat pouze riziko ztrát na lidských životech R_1 .

Obecný postup při analýze:

1. Charakteristika chráněné stavby
2. Určení typu ztrát chráněné stavby
3. Pro každý typ ztrát určit odpovídající součásti rizika
4. Pro každý typ ztrát určit přípustné riziko ztrát
5. Vypočítat celkové riziko ztrát
6. Porovnat celkové riziko ztrát s přípustným rizikem
7. Vyhodnocení analýzy

Tab. 4-1 Charakteristika stavby

Rozměry	délka 11 metrů, šířka 9 metrů, výška 9,5
činitel polohy	Stavba je osamocená rovinném terénu
LPS	třída ochrany budovy je LPS III
Stínění na hranici stavby	žádné stínění není provedeno
Stínění uvnitř stavby	žádné stínění není provedeno
Přítomnost lidí mimo dům	mimo dům se nevyskutují lidé
Počet bouřkových dnů za rok	25 dní/rok
Typ podlahy	linoleum
Riziko požáru	malé
protipožární opatření	žádné

Tab. 4-2 Charakteristika silnoproudé sítě

Délka vedení	doporučovaná hodnota 1000m
Výška vedení	8 metrů nad povrchem
Transformátor	žádný transformátor
Činitel polohy vedení	vedení je osamocené na rovinném terénu
Stínění vedení	žádné stínění není provedeno
Koordinovaná ochrana SPD	přepět'ová ochrana SPD 3

Tab. 4-3 Charakteristika telekomunikační sítě

Délka vedení	doporučovaná hodnota 1000m
typ vedení	kabelové vedení pod zemí
Činitel polohy vedení	vedení je osamocené na rovinném terénu
Stínění vedení	žádné stínění není provedeno
Koordinovaná ochrana SPD	přepět'ová ochrana SPD 3

4.1 Obecné řešení analýzy rizika

Součást rizika úrazu živých bytostí Ra:

$$Ra = Nd \times Pa \times La \quad (5.1)$$

- Nd průměrný roční počet úderů do budovy
- Pa pravděpodobnost vzniku úrazu el. šokem po úderu blesku do budovy
- La následné ztráty způsobené úrazem živých bytostí

Průměrný roční počet úderů do budovy:

$$Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6} \quad (5.2)$$

- Ng roční hustota bleskových výbojů na jednotku plochy (m^{-2})
- Ad ekvivalentní plocha zachycení (m^2)
- Cd činitel polohy stavby

Roční hustota bleskových výbojů na jednotku plochy:

$$Ng \approx 0,1 \times Td \quad (5.3)$$

- Td průměrný roční počet bouřkových dní

Ekvivalentní plocha zachycení:

$$Ad = L \times W + 6H \times (L + W) + 9\pi \times H^2 \quad (5.4)$$

- L délka stavby
- W šířka stavby
- H výška stavby

Následné ztráty způsobené úrazem živých bytostí:

$$La = ra \times Lt \quad (5.5)$$

- ra činitel snižující ztrátu lidského života v závislosti na typu půdy
- Lt Ztráta způsobená krokovým nebo dotykovým napětím

Součást rizika hmotných škod:

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb \quad (5.6)$$

- Nd průměrný roční počet úderů do budovy
- Pb pravděpodobnost vzniku hmotných škod po úderu blesku do stavby
- Lb následné ztráty způsobené hmotnými škodami

Následné ztráty způsobené hmotnými škodami:

$$L_b = r_p \times r_f \times h_z \times L_f \quad (5.7)$$

- r_p činitel snižující ztrátu hmotnou škodou (protipožární opatření)
- r_f činitel snižující ztrátu hmotnou škodou (riziko požáru)
- h_z činitel zvyšující ztrátu způsobenou hmotnou škodou
- L_f ztráta způsobená fyzickou škodou

Součást rizika úrazu živých bytostí způsobené úderem blesku do vedení R_u :

$$R_u = (NL - N_{da}) \times P_u \times L_u \quad (5.8)$$

- NL průměrný počet úderů blesku do vedení připojeného ke stavbě
- N_{da} průměrný počet úderů blesku do sousední budovy
- P_u pravděpodobnost úrazu živých bytostí po úderu blesku do vedení
- L_u následné ztráty způsobené úrazem živých bytostí

Průměrný počet úderů blesku do vedení připojeného ke stavbě:

$$NL = N_g \times A_l \times C_d \times C_t \times 10^{-6} \quad (5.9)$$

- N_g roční hustota bleskových výbojů na jednotku plochy (m^{-2})
- A_l sběrná oblast úderů zasahující síť (m^2)
- C_d činitel polohy stavby
- C_t korekční činitel na přítomnost transformátoru

Sběrná oblast úderů zasahující síť připojené ke stavbě:

$$\text{Venkovní:} \quad A_l = 6H_c \times (L_c - 3(H_b + H_a)) \quad (5.10)$$

$$\text{Kabelové:} \quad A_l = \sqrt{\rho} \times (L_c - 3(H_b + H_a)) \quad (5.11)$$

- H_c výška vodičů sítě nad zemí
- L_c délka sekce sítě od stavby k prvnímu uzlu
- H_a výška stavby připojené na začátku vedení
- H_b výška stavby připojené na konci vedení
- ρ rezistivita půdy

Následné ztráty způsobené úrazem živých bytostí:

$$L_u = r_u \times L_t \quad (5.12)$$

- r_u činitel snižující ztrátu lidského života v závislosti na typu podlahy
- L_t Ztráta způsobená krokovým nebo dotykovým napětím

Součást rizika hmotných škod způsobených úderem blesku do vedení R_v :

$$R_v = NL \times P_v \times L_v \quad (5.13)$$

- NL průměrný počet úderů blesku do vedení připojeného ke stavbě
- P_v pravděpodobnost vzniku hmotných škod po úderu blesku do vedení
- L_v následné ztráty způsobené hmotnými škodami

Následné ztráty způsobené hmotnými škodami:

$$Lv = rp \times rf \times hz \times Lf \quad (5.14)$$

- rp činitel snižující ztrátu hmotnou škodou (protipožární opatření)
- rf činitel snižující ztrátu hmotnou škodou (riziko požáru)
- hz činitel zvyšující ztrátu způsobenou hmotnou škodou
- Lf ztráta způsobená fyzickou škodou

Riziko vzniku škod z důvodu elektrického šoku u živých tvorů:

$$Rs = Ra + Ru \quad (5.15)$$

- Ra Součást rizika úrazu živých bytostí způsobené úderem blesku do stavby
- Ru Součást rizika úrazu živých bytostí způsobené úderem blesku do vedení

Riziko vzniku škod fyzikální povahy:

$$Rf = Rb + Rv \quad (5.16)$$

- Rb Součást rizika hmotných škod způsobené úderem blesku do stavby
- Rv Součást rizika hmotných škod způsobené úderem blesku do sítě

Celkové riziko ztrát na životech:

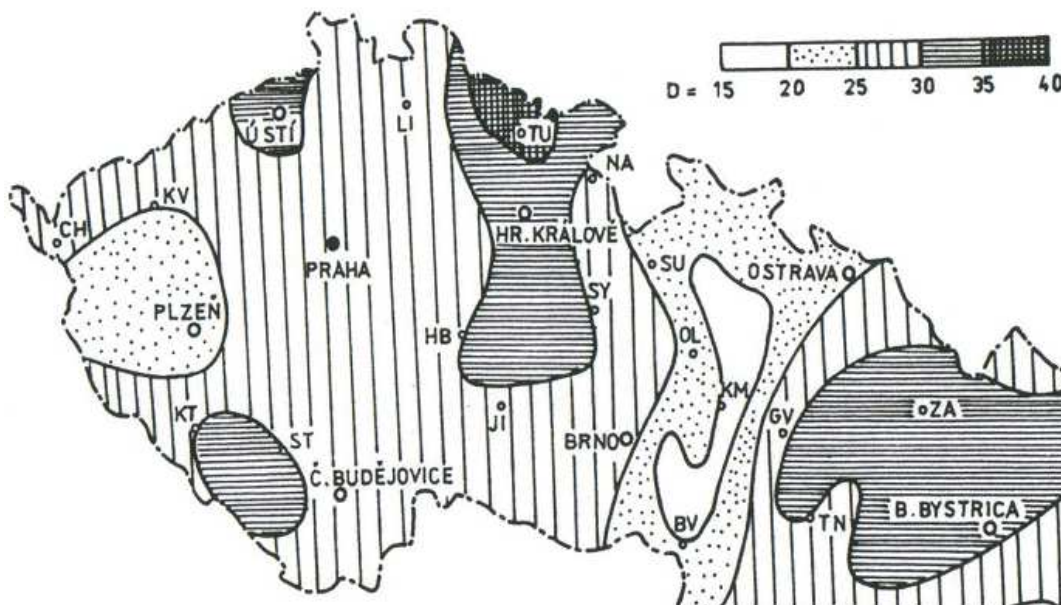
$$R1 = Rs + Rf \quad (5.17)$$

- Rs Riziko vzniku škod z důvodu elektrického šoku u živých tvorů
- Rf Riziko vzniku škod fyzikální povahy

Porovnání rizik:

$$R1 \leq RT \quad (5.18)$$

- $R1$ Celkové riziko ztrát na životech
- RT Přípustné riziko ztrát na životech



4-1 Izokeraunická mapa ČR [Milanův software – Řízení rizika dle ČSN EN 62305]

4.2 Číselné řešení analýzy rizika

Následné ztráty způsobené úrazem živých bytostí:

$ra = 10^{-5}$ hodnota z ČSN 62305-2 tabulka C.2 pro linoleum

$Lt = 10^{-4}$ hodnota z ČSN 62305-2 tabulka C.1 pro osoby uvnitř budovy

$$La = ra \times Lt = 10^{-5} \times 10^{-4} = \mathbf{10^{-9}} \quad (5.19)$$

Ekvivalentní plocha zachycení:

$L = 11 \text{ m}$ hodnota je dána rozměrem budovy (tabulka 5.1)

$W = 9 \text{ m}$ hodnota je dána rozměrem budovy (tabulka 5.1)

$H = 9,5 \text{ m}$ hodnota je dána rozměrem budovy (tabulka 5.1)

$$Ad = L \times W + 6H \times (L + W) + 9\pi \times H^2 =$$

$$\mathbf{Ad = 11 \times 9 + 6 \times 9,5 \times (11 + 9) + 9\pi \times 9,5^2 = 3790,758\text{m}^2} \quad (5.20)$$

Roční hustota bleskových výbojů na jednotku plochy:

$Td = 25$ z izokeraunické mapy obrázek 5-1

$$\mathbf{Ng \approx 0,1 \times Td = 0,1 \times 25 = 2,5\text{m}^{-2}} \quad (5.21)$$

Průměrný roční počet úderů do budovy:

$Ng = 2,5\text{m}^{-2}$ vypočteno ze vzorce (5.21)

$Ad = 3790,758\text{m}^2$ vypočteno ze vzorce (5.20)

$Cd = 1$ hodnota z ČSN 62305-2 tabulka A.2 pro osamocený objekt

$$\mathbf{Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6} = 2,5 \times 3790,758 \times 1 \times 10^{-6} = 0,009476897} \quad (5.22)$$

Součást rizika úrazu živých bytostí Ra :

$$\mathbf{Ra = 0} \quad (5.23)$$

Součást vztahující se k úrazu živých bytostí způsobenému dotykovými a krokovými napětími na ploše až do 3 m vně od stavby. Součástí rizika způsobené dotykovými a krokovými napětími uvnitř stavby vyvolanými úderů do stavby se v normě ČSN EN 62305-2 neuvažují. [26]

Následné ztráty způsobené hmotnými škodami:

$r_p = 1$	hodnota z ČSN 62305-2 tabulka C.3 pro žádná protipožární opatření
$r_f = 10^{-3}$	hodnota pro malé riziko požáru z ČSN 62305-2 tabulka C.4
$h_z = 1$	hodnota pro žádné další riziko z ČSN 62305-2 tabulka C.5
$L_f = 10^{-1}$	hodnota z ČSN 62305-2 tabulka C.1 pro občanské budovy

$$\mathbf{L_b} = r_p \times r_f \times h_z \times L_f = 1 \times 0,001 \times 1 \times 0,1 = \mathbf{10^{-4}} \quad (5.24)$$

Součást rizika hmotných škod:

$N_d = 0,009476897$	vypočteno ze vzorce (5.22)
$P_b = 0,1$	hodnota z ČSN 62305-2 tabulka B.2 pro třídu LPS III
$L_b = 10^{-4}$	vypočteno ze vzorce (5.24)

$$\mathbf{R_b} = N_d \times P_b \times L_b = 0,009476897 \times 0,1 \times 10^{-4} = \mathbf{9,5 \times 10^{-8}} \quad (5.25)$$

Následné ztráty způsobené úrazem živých bytostí:

$r_u = 10^{-5}$	hodnota z ČSN 62305-2 tabulka C.2 pro linoleum,asfalt
$L_t = 10^{-4}$	hodnota z ČSN 62305-2 tabulka C.1 pro osoby uvnitř budovy

$$\mathbf{L_u} = r_u \times L_t = 10^{-5} \times 10^{-4} = \mathbf{10^{-9}} \quad (5.26)$$

Sběrná oblast úderů zasahující silnoproudou sít' připojené ke stavbě:

$H_c = 8 \text{ m}$	hodnota je dána rozměry sítě (tabulka 5.2)
$L_c = 1000 \text{ m}$	doporučená hodnota při neznámé délce
$H_b = 9,5 \text{ m}$	hodnota je dána rozměry sítě a stavby (tabulka 5.1)

$$\mathbf{A_{ls}} = 6H_c \times (L_c - 3H_b) = 6 \times 8 \times (1000 - 3 \times 9,5) = \mathbf{46632m^2} \quad (5.27)$$

Průměrný počet úderů blesku do silnoproudého vedení připojeného ke stavbě:

$N_g = 2,5 \text{ m}^{-2}$	vypočteno ze vzorce (5.21)
$A_{ls} = 46632 \text{ m}^2$	vypočteno ze vzorce (5.27)
$C_d = 1$	hodnota z ČSN 62305-2 tabulka A.2 pro osamocený objekt
$C_t = 1$	hodnota z ČSN 62305-2 tabulka A.4 (bez transformátoru)

$$\mathbf{N_{Ls}} = N_g \times A_{ls} \times C_d \times C_t \times 10^{-6} = 2,5 \times 46632 \times 1 \times 1 \times 10^{-6} = \mathbf{0,11658} \quad (5.28)$$

Součást rizika úrazu živých bytostí způsobené úderem blesku do silnoprůvého vedení:

$NL_s = 0,11658$ vypočteno ze vzorce (5.28)

$P_u = 0,03$ hodnota z ČSN 62305-2 tabulka B.3 pro SPD 3

$L_u = 10^{-9}$ vypočteno ze vzorce (5.26)

$$R_{us} = NL_s \times P_u \times L_u = 0,11658 \times 0,03 \times 10^{-9} = 3,49 \times 10^{-12} \quad (5.29)$$

Sběrná oblast úderů zasahující telekomunikační síť připojené ke stavbě:

$\rho = 500 \text{ m}\Omega$ hodnota je dána parametry půdy

$L_c = 1000 \text{ m}$ doporučená hodnota pro neznámou délku sekce sítě

$H_b = 9,5 \text{ m}$ hodnota je dána rozměry budovy a sítě (Tabulka 5.1)

$$Alt = \sqrt{500} \times (L_c - 3 \times H_b) = \sqrt{500} \times (1000 - 3 \times 9,5) = 21723,4 \text{ m}^2 \quad (5.30)$$

Součást rizika úrazu živých bytostí způsobené úderem blesku do telekomunikační sítě:

$Ng = 2,5 \text{ m}^{-2}$ vypočteno ze vzorce (5.21)

$Alt = 21723,4 \text{ m}^2$ vypočteno ze vzorce (5.30)

$C_d = 1$ hodnota z ČSN 62305-2 tabulka A.2 pro osamocený objekt

$$N_{lt} = Ng \times Alt \times C_d \times 10^{-6} = 2,5 \times 21723,4 \times 1 \times 10^{-6} = 0,054301 \quad (5.31)$$

Součást rizika úrazu živých bytostí způsobené úderem blesku do telekomunikační sítě:

$N_{lt} = 0,054301$ vypočteno ze vzorce (5.31)

$P_u = 0,03$ hodnota z ČSN 62305-2 tabulka B.3 pro SPD 3

$L_u = 10^{-9}$ vypočteno ze vzorce (5.26)

$$R_{ut} = N_{lt} \times P_u \times L_u = 0,054301 \times 0,03 \times 10^{-9} = 1,629 \times 10^{-12} \quad (5.32)$$

Následné ztráty způsobené hmotnými škodami:

$r_p = 1$ hodnota z ČSN 62305-2 tabulka C.3 pro žádná protipožární opatření

$r_f = 10^{-3}$ hodnota pro malé riziko požáru z ČSN 62305-2 tabulka C.4

$h_z = 1$ hodnota pro žádné další riziko z ČSN 62305-2 tabulka C.5

$L_f = 10^{-1}$ hodnota z ČSN 62305-2 tabulka C.1 pro občanské budovy

$$L_v = r_p \times r_f \times h_z \times L_f = 1 \times 0,001 \times 1 \times 0,1 = 10^{-4} \quad (5.33)$$

Součást rizika hmotných škod způsobených úderem blesku do silnoprůdného vedení:

$NL_s = 0,11658$ vypočteno ze vzorce (5.28)

$P_v = 0,03$ hodnota z ČSN 62305-2 tabulka B.3 pro SPD 3

$L_v = 10^{-4}$ vypočteno ze vzorce (5.33)

$$R_{vs} = N L_s \times P_v \times L_v = 0,11658 \times 0,03 \times 10^{-4} = 3,497 \times 10^{-7} \quad (5.34)$$

Součást rizika hmotných škod způsobených úderem blesku do telekom. vedení:

$N L_t = 0,054308$ vypočteno ze vzorce (5.31)

$P_v = 0,03$ hodnota z ČSN 62305-2 tabulka B.3 pro SPD 3

$L_v = 10^{-4}$ vypočteno ze vzorce (5.33)

$$R_{vt} = N L_t \times P_v \times L_v = 0,054308 \times 0,03 \times 10^{-4} = 1,629 \times 10^{-7} \quad (5.35)$$

Součást rizika úrazu živých bytostí způsobené úderem blesku do do přírodních vedení:

$R_{us} = 3,49 \times 10^{-12}$ vypočteno ze vzorce (5.29)

$R_{ut} = 1,629 \times 10^{-12}$ vypočteno ze vzorce (5.32)

$$R_u = R_{us} + R_{ut} = 3,49 \times 10^{-12} + 1,629 \times 10^{-12} = 5,126 \times 10^{-12} \quad (5.36)$$

Součást rizika hmotných škod způsobených úderem blesku do přírodních vedení:

$R_{vs} = 3,497 \times 10^{-7}$ vypočteno ze vzorce (5.34)

$R_{vt} = 1,629 \times 10^{-7}$ vypočteno ze vzorce (5.35)

$$R_v = R_{vs} + R_{vt} = 3,497 \times 10^{-7} + 1,629 \times 10^{-7} = 5,126 \times 10^{-7} \quad (5.37)$$

Riziko vzniku škod z důvodu elektrického šoku u živých tvorů:

$R_a = 9,5 \times 10^{-14}$ vypočteno ze vzorce (5.23)

$R_u = 5,126 \times 10^{-12}$ vypočteno ze vzorce (5.36)

$$R_s = R_a + R_u = 0 + 5,126 \times 10^{-12} = 5,126 \times 10^{-12} \quad (5.38)$$

Riziko vzniku škod fyzikální povahy:

$R_b = 9,5 \times 10^{-8}$ vypočteno ze vzorce (5.25)

$R_v = 5,126 \times 10^{-7}$ vypočteno ze vzorce (5.37)

$$R_f = R_b + R_v = 9,5 \times 10^{-8} + 5,126 \times 10^{-7} = 6,074 \times 10^{-7} \quad (5.39)$$

Celkové riziko ztrát na životech:

$$R_s = 1,46 \times 10^{-11} \quad \text{vypočteno ze vzorce (5.38)}$$

$$R_f = 6,074 \times 10^{-7} \quad \text{vypočteno ze vzorce (5.39)}$$

$$\mathbf{R_1} = R_s + R_f = 5,126 \times 10^{-12} + 6,074 \times 10^{-7} = \mathbf{6,0744 \times 10^{-7}} \quad (5.40)$$

Přípustné riziko ztrát na lidských životech:

$$R_T = 10^{-5} \quad \text{hodnota z ČSN 62305-2 tabulka 7}$$

4.2.1 Analýza rizika pomocí počítačového programu

K analýze rizika použijeme freewarový program „Milanův software pro výpočet rizika dle ČSN EN 62305-2“

Postup při práci s programem:

Program je rozdělen do několika záložek, kde v každé záložce nastaví určité parametry. Postupně proto projdeme všechny záložky.

1. **Parametry přípustného rizika** – zde se nastaví přípustné riziko (R_T)
2. **Objekt (budova) a vnější LPS** – v této záložce zadáme parametry budovy a prostředí které budovu obklopuje. ($L, W, H, Cd, Nd, Pb, Td, Ad$)
3. **Vnější zóny** – tuto záložku nebudeme potřebovat, protože RD bude počítán jako jedna zóna. Záložku musíme zamknout.
4. **Okolní sousední objekty** – tato záložka není potřeba, jelikož RD je osamocená stavba
5. **Připojené inženýrské sítě** – zde zadáme parametry všech sítí připojených k budově a také parametry prostředí obklopující sítě. ($H_c, \rho, A_{ls}, A_{lt}, N_{ls}, N_{lt}, L_c, C_t$)
6. **Vnitřní prostor objektu** – tady se nastaví hodnoty pro popis vnitřní zóny objektu ($r_a, r_u, L_a, L_u, r_f, r_p, h_z$)
7. **Parametry zón** – zde se nastaví stínění a vnitřní LPS. (P_u, P_v)
8. **Ztráty ve vyšetřovaném objektu** – specifikace ztrát (L_f, L_t)

Nyní jsou nastaveny všechny potřebné hodnoty a program vypočítá všechny rizika.

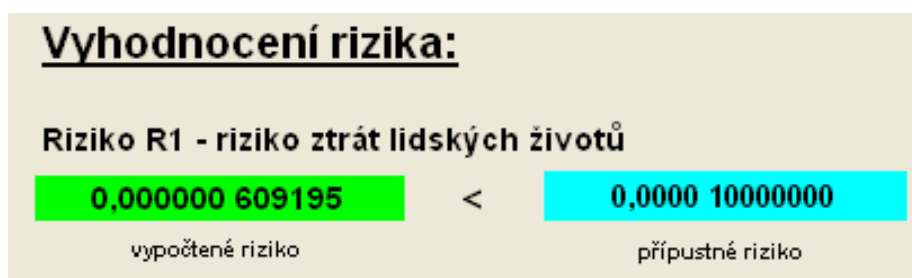
$$R_a = 0$$

$$R_b = 0,000000094768 = 9,4768 \times 10^{-8}$$

$$R_u = 0$$

$$R_v = 0,000000514426 = 5,14426 \times 10^{-7}$$

$$\mathbf{R_1} = 0,000000609195 = \mathbf{6,09195 \times 10^{-7}}$$



Obrázek 4-2 Vyhodnocení analýzy rizika počítačovým programem

4.2.2 Závěr analýzy rizika:

Vypočtené riziko ztrát na lidských životech $R_1 = 6,0744 \times 10^{-7}$ je menší než přípustné riziko $R_T = 10^{-5}$.

$$R_1 \leq R_T$$

To znamená, že zvolená ochrana proti přepětí je vhodná a lze ji použít pro tuto budovu a není nutné provádět další ochranná opatření.

Ručně vypočtené riziko $R_1 = 6,0744 \times 10^{-7}$ se téměř shoduje s rizikem vypočteným pomocí počítačového programu $R_1 = 6,09195 \times 10^{-7}$.

5 VNĚJŠÍ OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ

5.1 Hromosvody

Hromosvod je základní ochrana před úderem blesku do budovy. Jeho úkolem je zachytit bleskový výboj, který by jinak udeřil do budovy a svést ho bezpečně do země, kde ho rovnoměrně rozprostřít. Pro sedlovou střechu se používá hřebenová jímací soustava a pro plochou střechu se volí mřížová soustava. Další možností je oddálený hromosvod, který není součástí stavby, kterou chrání. Hromosvod se skládá z jímače, svodů a uzemnění.

Jímač je zpravidla nejvyšší bod budovy a slouží přímo k zachycení blesku. Norma ČSN EN 62305-3 dělí jímače na náhodné a strojené. Náhodné jímače jsou kovové části stavby na střeše, které lze využít jako jímač. Strojené jímače jsou montovány dodatečně jako součást hromosvodu. Nejčastěji jsou to tyče různé délky z pozinkovaného kovu, hliníku nebo mědi.

Svody slouží ke svedení bleskového proudu z jímače do zemnicí soustavy co nejkratší cestou. Je to v podstatě jen drát, který vede ze střechy do země. Musí mít dostatečný průřez, aby snesl tepelné i mechanické namáhání při průchodu bleskového proudu. Svody jsou umístěny symetricky u rohů budovy v dostatečné vzdálenosti od dveří, oken, anténního nebo napájecího vedení. Větší počet svodů způsobí zvětšení vodivosti svodové soustavy a rovnoměrné rozdělení bleskového proudu do zemnicí soustavy. Součástí svodu je i zkušební svorka, která umožňuje rozpojení svodu a měření správnosti uzemnění při revizi. Ve výšce 1,5 metrů nad zemí se svody před mechanickým poškozením chrání buď ochranou trubkou nebo úhelníkem. [1]

Nejčastěji používané materiály pro jímače a svody v ČR

- žárově zinkovaná ocel (železo a zinek)
- měď
- slitiny hliníku, např. dural (hliník, hořčík, křemík)
- nerezová ocel

Tab. 5-1 Vzdálenosti mezi svody pro různé třídy LPS [1]

Třída LPS	Vzdálenosti mezi svody
I	10
II	10
III	15
IV	20

5.2 Návrh svodové soustavy

Návrh svodové soustavy spočívá v určení počtu svodů, rozmístění svodů, výběr materiálu svodů a průměru. Materiál pro svody použijeme nejčastěji používaný pozinkovaný ocelový drát s průměrem 8 mm. Počet svodů můžeme určit podle tabulky 6-1 nebo pomocí jednoduchého programu Milanův software.

- 1) Zadáme třídu LPS III
- 2) Vybereme materiál vzduch
- 3) Zadáme rozměry budovy (a,b, h)
- 4) Klikneme na tlačítko navrhnout počet svodů dle ČSN EN 62305
- 5) Minimální počet svodů se zobrazí u položky „Počet svodů celkem“

The screenshot shows the 'Milanův výpočet dostatečné vzdálenosti - hřebenová soustava, vodivé žlaby, zemnič typu B' software interface. It includes a 3D model of a house with dimensions: width $a = 9.00$ m, length $b = 11.00$ m, and height $h = 6.00$ m. The software is configured for LPS III, material 'vzduch' (air), and 'svody ve stěně A' (down conductors on wall A). The calculated 'Počet svodů celkem' (total number of down conductors) is 2. The 'Dostatečná vzdálenost S' (adequate distance S) is 0.288572 m. A note indicates 'okap musí být vodivý! zemnič soustava typ B' (eave must be conductive! earthing system type B).

Obrázek 5-1 Návrh svodové soustavy pomocí PC programu

Program vypočítal, že minimální počet svodů pro dané rozměry je 2. Ověřit si to můžeme i výpočtem (6.1), který určí vzdálenost mezi dvěma svody.

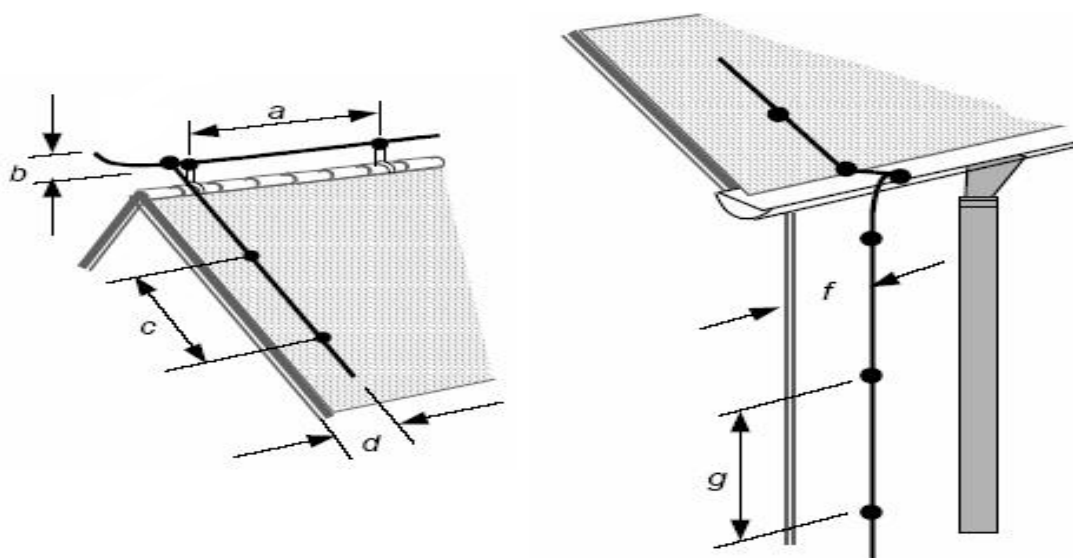
$$v = \sqrt{(a^2 + b^2)} = \sqrt{(9^2 + 11^2)} = \sqrt{202} = 14,21\text{ m} \leq 15\text{ m} \quad (6.1)$$

$$\text{počet svodů} = \frac{\text{obvod domu}}{\text{vzdálenost mezi svody}}$$

Vzdálenost mezi svody je 14,21 m, což je menší než hodnota 15 m, která je uvedena v tabulce 6-1 pro LPS III. Pokud by výsledek byl větší než 15 m dva svody by nestačily. Přestože stačí jen dva svody v protilehlých rozích budovy, zvolíme 4 svody, což má výhodu lepší vodivosti celé svodové soustavy a také menší dostatečné vzdálenosti S.

5.3 Návrh hromosvodu

Při návrhu hromosvodu nejprve musíme vzít v úvahu všechny charakteristiky chráněné stavby. V našem případě se jedná o sedlovou střechu bez složitých nástaveb, proto volíme hřebenovou soustavu, což je drát veden po hřebenu střechy uchycený v podpěrách pro hřebenáče. Dále musíme znát třídu LPS, tu jsme si určili na minulé stránce tedy LPS III. Před návrhem jímací soustavy je třeba vybrat vhodný materiál jímačů a svodů s ohledem na korozi kovových částí. My použijeme pozinkovaný ocelový drát s průměrem 8 mm nejen pro svody ale i pro jímací vedení na hřebenu střechy. Jímač bude pozinkovaná ocelová tyč s průměrem 16 mm, délku určíme s jistotou až po použití metody valivé koule nebo metody ochranného úhlu. Nyní už můžeme navrhnout jímací soustavu. K tomu potřebujeme nakreslit AutoCADu půdorys střechy. Po hřebenu střechy vedeme jímací vedení, které se uchytí speciální podpěrrou pro hřebenáče. Mezi podpěrma je vzdálenost 1 metr. Konce jímacího vedení se ukončí pomocnými bočními jímači. Svody se k jímacímu vedení připevní křížovou spojkou. U okapu je okapová spojka, která vodivě spojí svod a okap. Svod dále pokračuje podél zdi dolů a vede až do země, kde je napojen na zemní soustavu. Na další stránce je schéma půdorysu střechy s jímací soustavou. Je tam zakresleno jímací vedení, jímače, komín, zkušební svorka, uzemnění a svody.



Obrázek 5-2 Minimální doporučené vzdálenosti mezi jímací soustavou a dalšími částmi budovy [1]

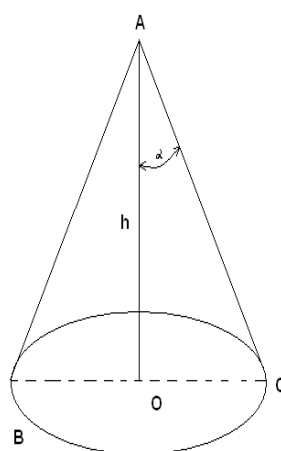
Tab. 5-2 Rozměry k obrázku 6-2

a	1 m
b	0,15 m
c	1 m
d	co nejbliže
f	0,3 m
g	1 m

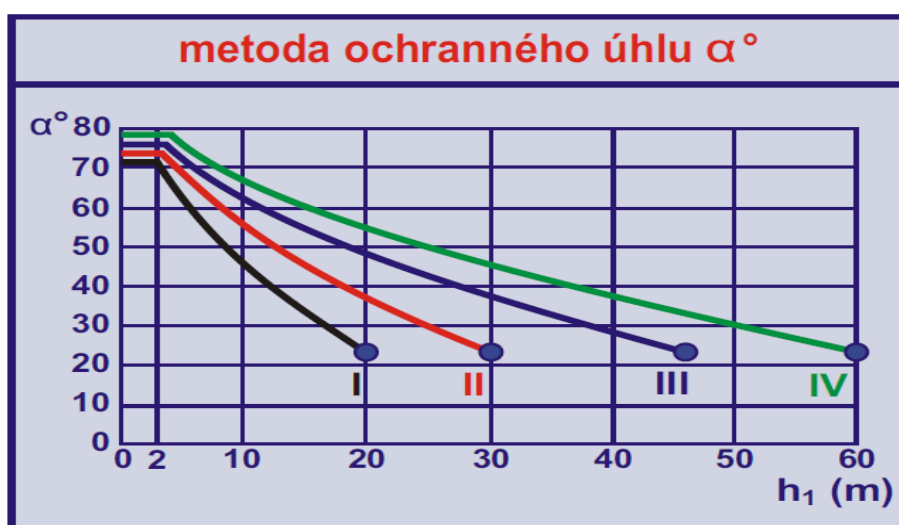
5.4 Metoda ochranného úhlu

Metoda ochranného úhlu je jednoduchý způsob, kterým kontrolujeme, zda jímací soustava chrání celou budovu. Každý jímáč chrání určitý prostor pod sebou. Obrázek 6-3 znázorňuje ochranný prostor osamoceného tyčového jímáče. Metoda ochranného úhlu vychází z obecnější metody valivé koule. Metoda ochranného úhlu je vhodná pro objekty jednoduchých tvarů. Její výhodou je její jednoduchost.

Princip metody spočívá v tom, aby se celý objekt nacházel v ochranném prostoru a aby z něj žádná část budovy nevyčnívala. Základním parametrem je úhel α , jehož hodnota není vždy stejná. Jeho velikost závisí na stupni ochrany LPS a na výšce nejvyššího bodu jímáče nad terénem. Přesná hodnota úhlu α se dá odečíst z grafu na obrázku 6-4.

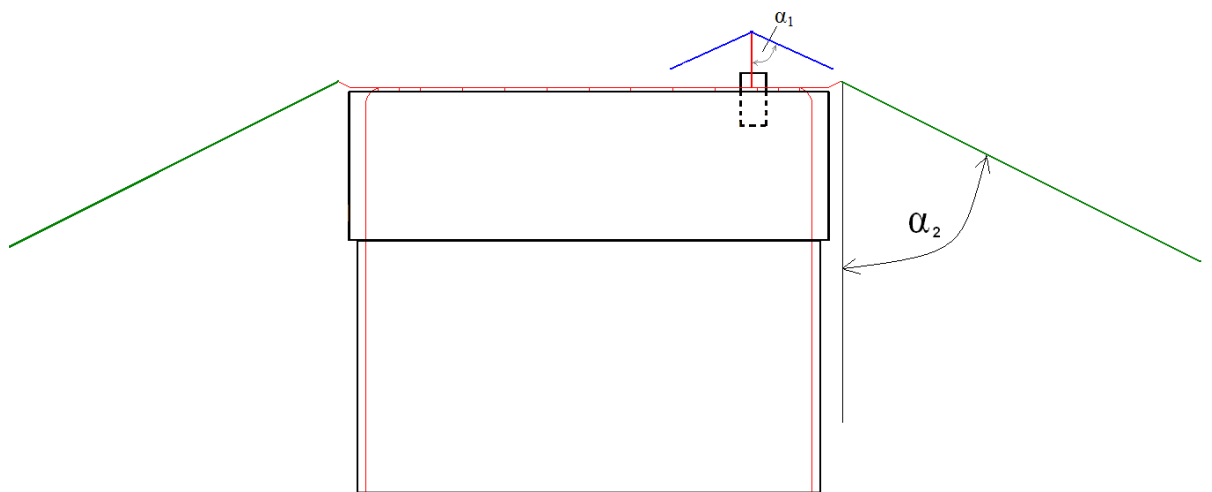


Obrázek 5-3 Ochranný prostor [1]

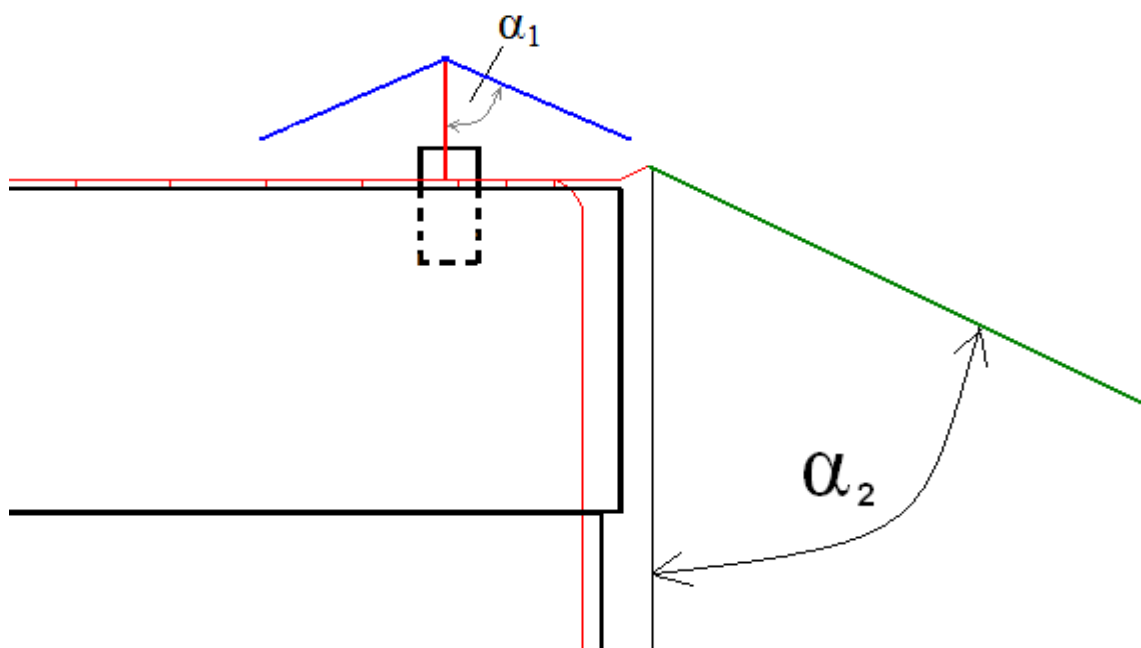


Obrázek 5-4 Graf znázorňující ochranný úhel v závislosti na výšce stavby [12]

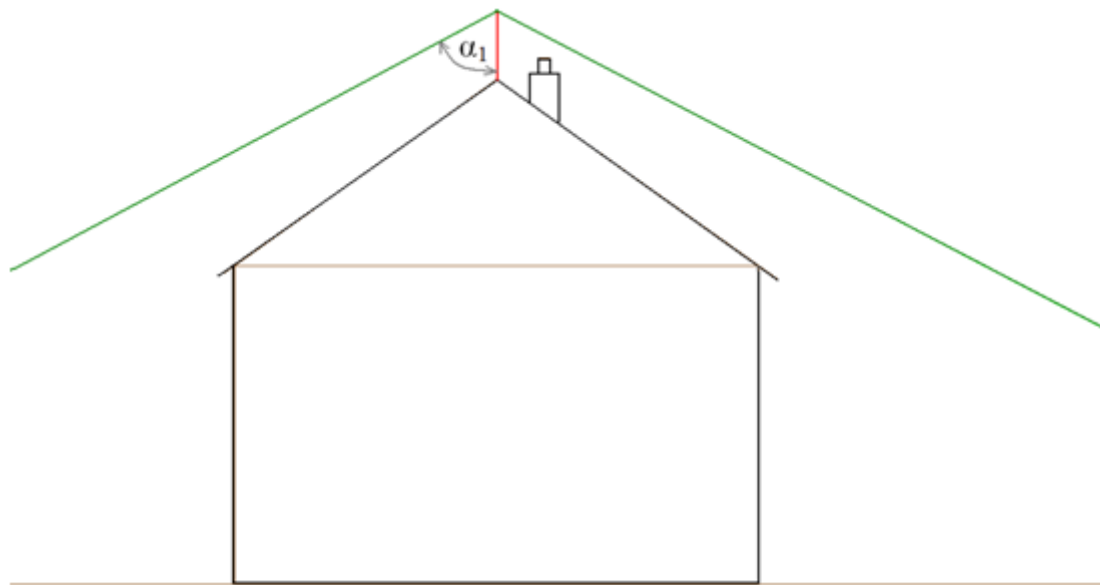
Nyní zkusíme použít metodu ochranného úhlu a ověřit, zda navržená hromosvodová soustava vyhovuje. Nejprve je třeba určit úhel α_1 a α_2 . Výška nejvyššího bodu jímače nad zemí je sice 10,8 m, ale my musíme počítat s výškou nad hřebenem. Výška jímače je zvolena 1,3m. Výška bočních pomocných jímačů nad zemí je 9,7 m. Z grafu na obrázku můžeme odečíst hodnoty $\alpha_1 = 75^\circ$ pro jímač a $\alpha_2 = 64^\circ$ pro boční jímače. Můžeme si nakreslit například v AutoCADu navrhnutý rodinný domek ve 2D pohledech. Rozměry budovy jsou 11x9 metrů. Výška od země po vrchol hřebene je 9,5 m, výška zdí po střechu je 6 metrů. Komín přesahuje hřeben o 30 centimetrů.



Obrázek 5-5 Ochranný úhel jímače a pomocného bočního jímače

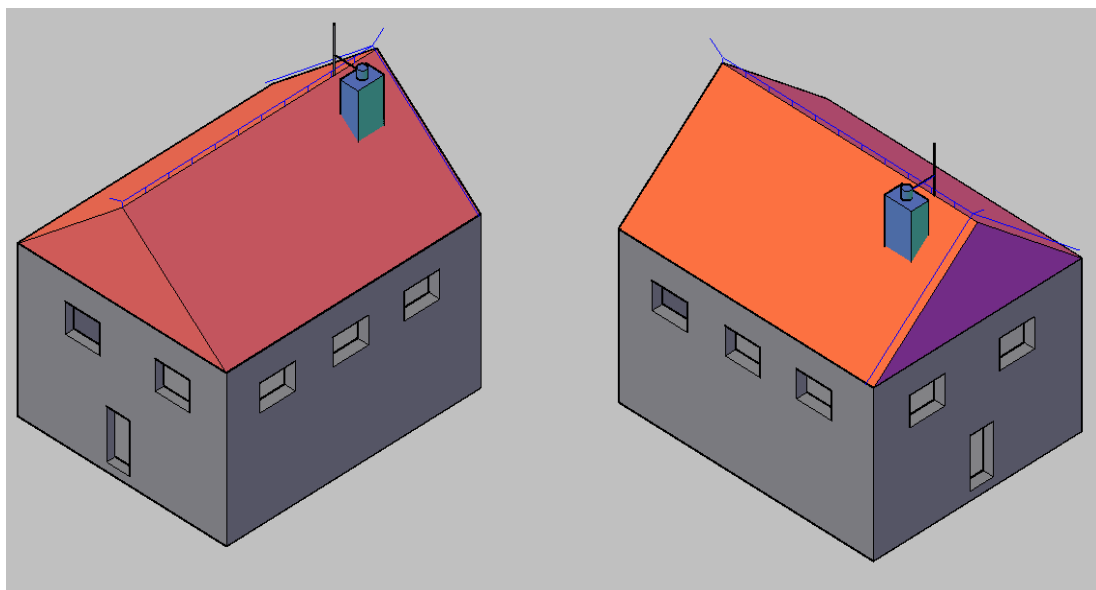


Obrázek 5-6 Zvětšený detail předchozího obrázku 6-5

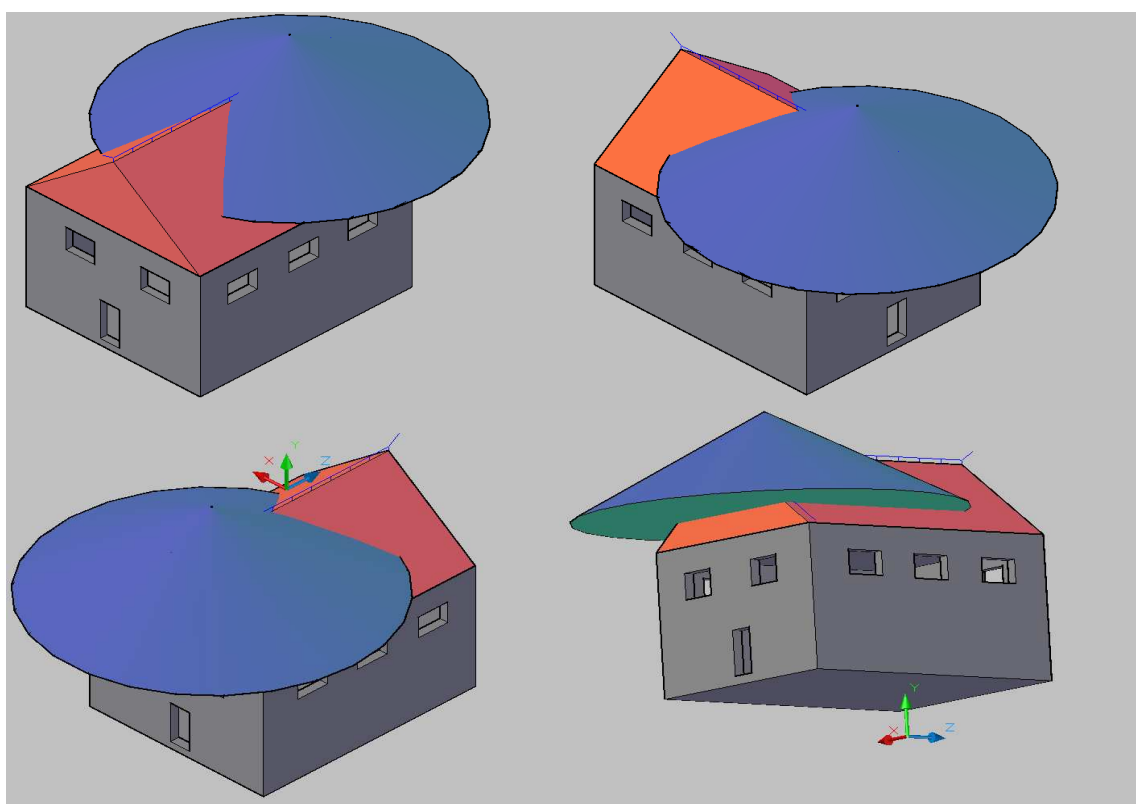


Obrázek 5-7 Ochranný úhel jímače - Pohled z boku

Z obrázků je zřejmé že podle metody ochranného úhlu jímací soustava vyhovuje, neboť celá budova včetně komína je pod zelenou (modrou) čarou, která značí hranici ochranného prostoru. Co když ale 2D pohled není úplně průkazný? Určitě bude celý komín v ochranném úhlu? Můžeme vyzkoušet 3D model v AutoCADu. Vložíme kužel, který bude mít vrchol ve stejném bodě jako jímač. Sklon strany kužele je stejný jako úhel α_1 . Na obrázku 6-8 je 3D model budovy se stejnými rozměry komínem a jímačem. Na dalším obrázku 6-9 je přidán kužel, který představuje ochranný prostor jímače. Vidíme, že komín nikde nevylézá ven z kužele. Zbylá část střechy je spolehlivě chráněna hřebenovou jímací soustavou. Jen tak pro zajímavost na délku jímače 1,3 m, jsme přišli postupem pokus-omyl, v AutoCADu jsme zvětšovali délku jímače tak dlouho dokud se valivé koule nepřestala dotýkat komína. Použití metody valivé koule pro tento návrh je v další podkapitole. Podle metody ochranného úhlu by bezproblemů stačil i jímací tyč délky 1 metr, podle valivé koule už ale nikoliv. Nevodivé části stavby sice podle normy ČSN EN 62305 mohou vylézat až 30 centimetrů z ochranného prostoru ale komín má uvnitř saze, které se dají považovat za vodivé.



Obrázek 5-8 3D model s komínem a jímačem



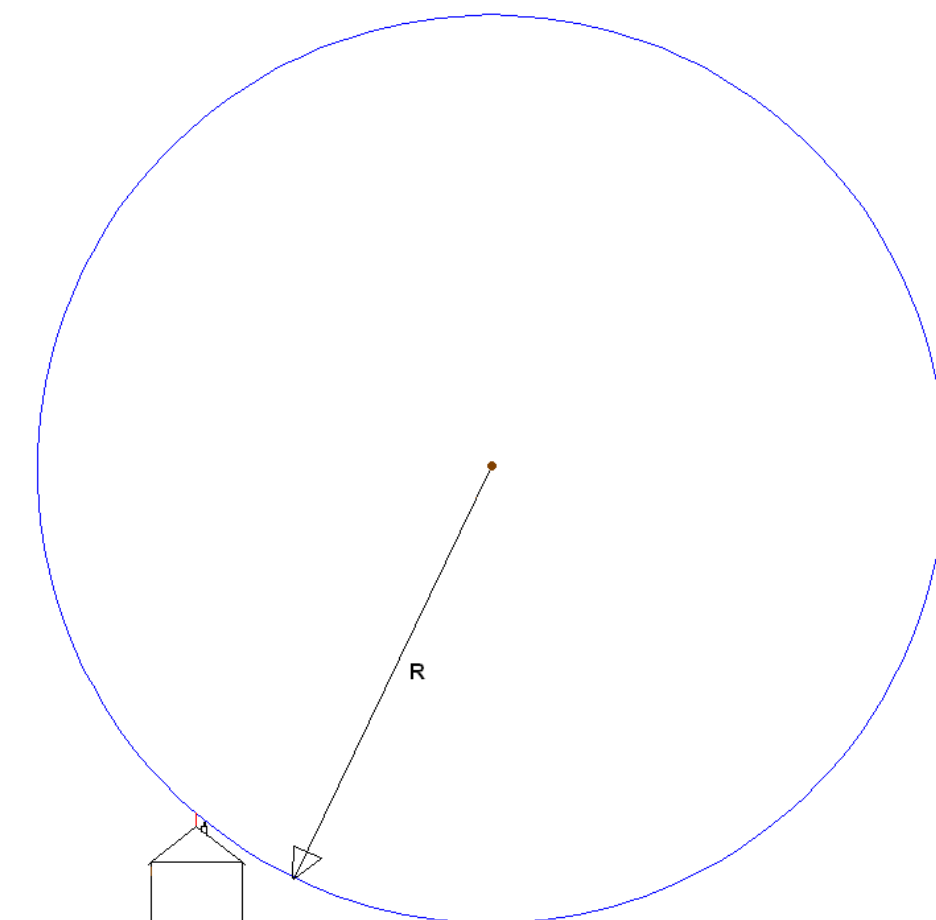
Obrázek 5-9 Ochranný prostor ve tvaru kužele překrývá komín

5.5 Metoda valivé koule

Metoda valivé (bleskové) koule je přesnější než metoda ochranného úhlu. Používá se pro kontrolu jímací soustavy u složitějších staveb. Tam kde metoda ochranného úhlu nestačí používá se metoda valivé koule. V předcházející metodě byl základní parametr úhel α , ale u metody valivé koule je to poloměr R . Velikost poloměru koule je dána pouze třídou LPS jak ukazuje tabulka 6-3. Tato metoda je sice lepší ale její nevýhodou je obtížná použitelnost v praxi, proto se k ní používají různé pomocné počítačové programy. Princip spočívá v představě obrovské koule o poloměru R , která se valí (padá) ze všech stran i směrů na budovu. Vždy se koule musí dotýkat pouze jímací soustavy případně i země, ale nikdy nesmí nastat taková situace, že se koule dotkne jakékoliv části budovy jako třeba střechy, zdi, komína apod.

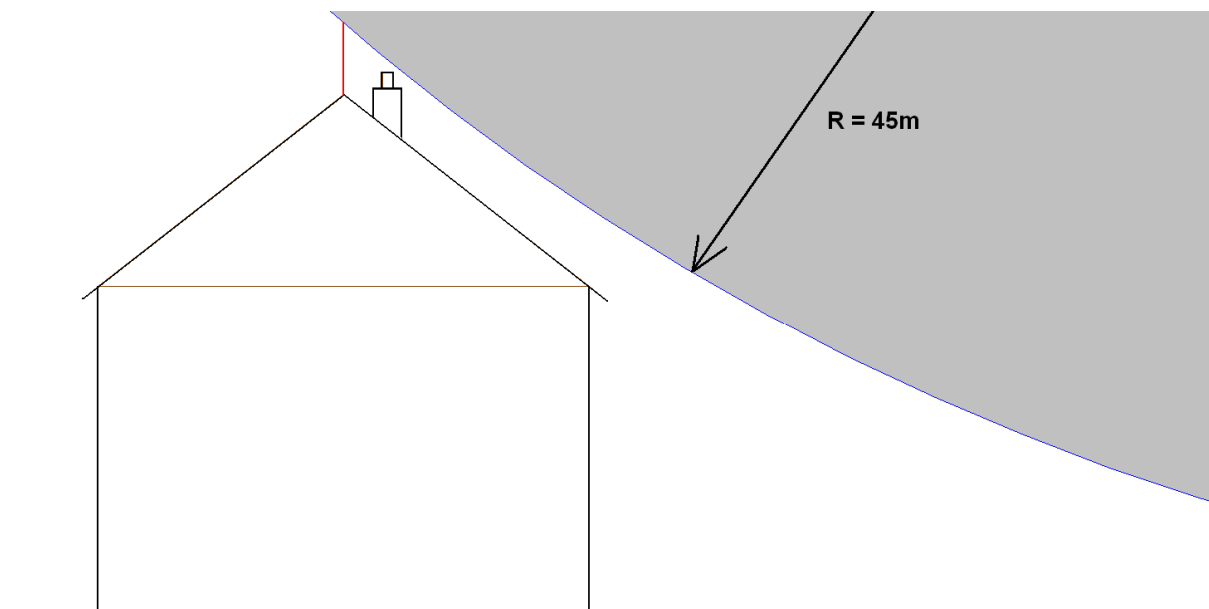
Tab. 5-3 Poloměr valící se koule pro různé třídy LPS [1]

Třída LPS	poloměr valící se koule
I	20
II	30
III	45
IV	60

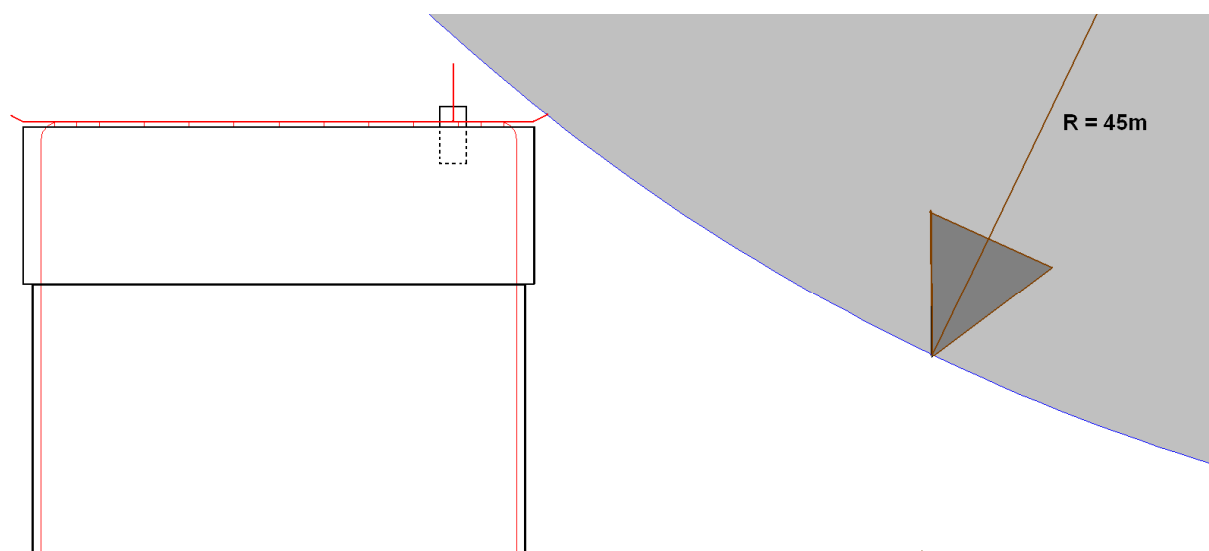


Obrázek 5-10 Chráněný domek a valivá koule s poloměrem 45 metrů

Nyní zkusme metodu valivé koule použít na ověření správnosti navržené jímací soustavy pro rodinný domek. Rozměry budovy jsou 11x9 metrů, výška od země ke hřebenu střechy je 9,5 metrů. Jímač sahá do výšky 10,8m. Poloměr R zvolíme 45 metrů, protože rodinný dům patří do LPS III. Pro ověření použijeme 2D model budovy a kružnici představující kouli.



Obrázek 5-11 Rodinný domek a valící se koule v přesných rozměrech – Pohled z boku

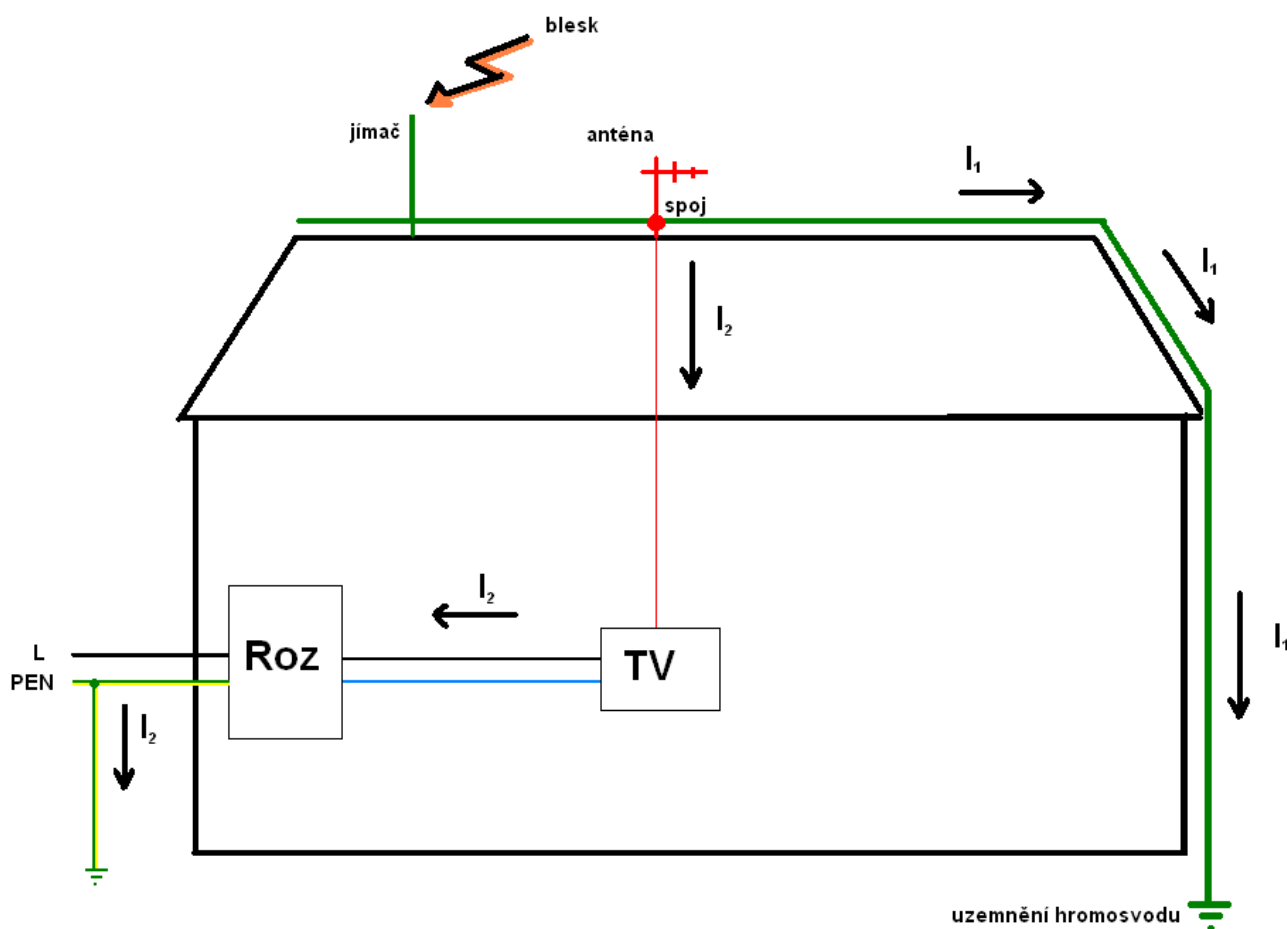


Obrázek 5-12 Rodinný domek a valící se koule v přesných rozměrech - Pohled zepředu

I metoda valivé koule potvrdila správnost jímací soustavy. Nikdy nemůže nastat, aby se koule dotkla jakékoliv části budovy.

5.6 Umístění antény v blízkosti jímací soustavy

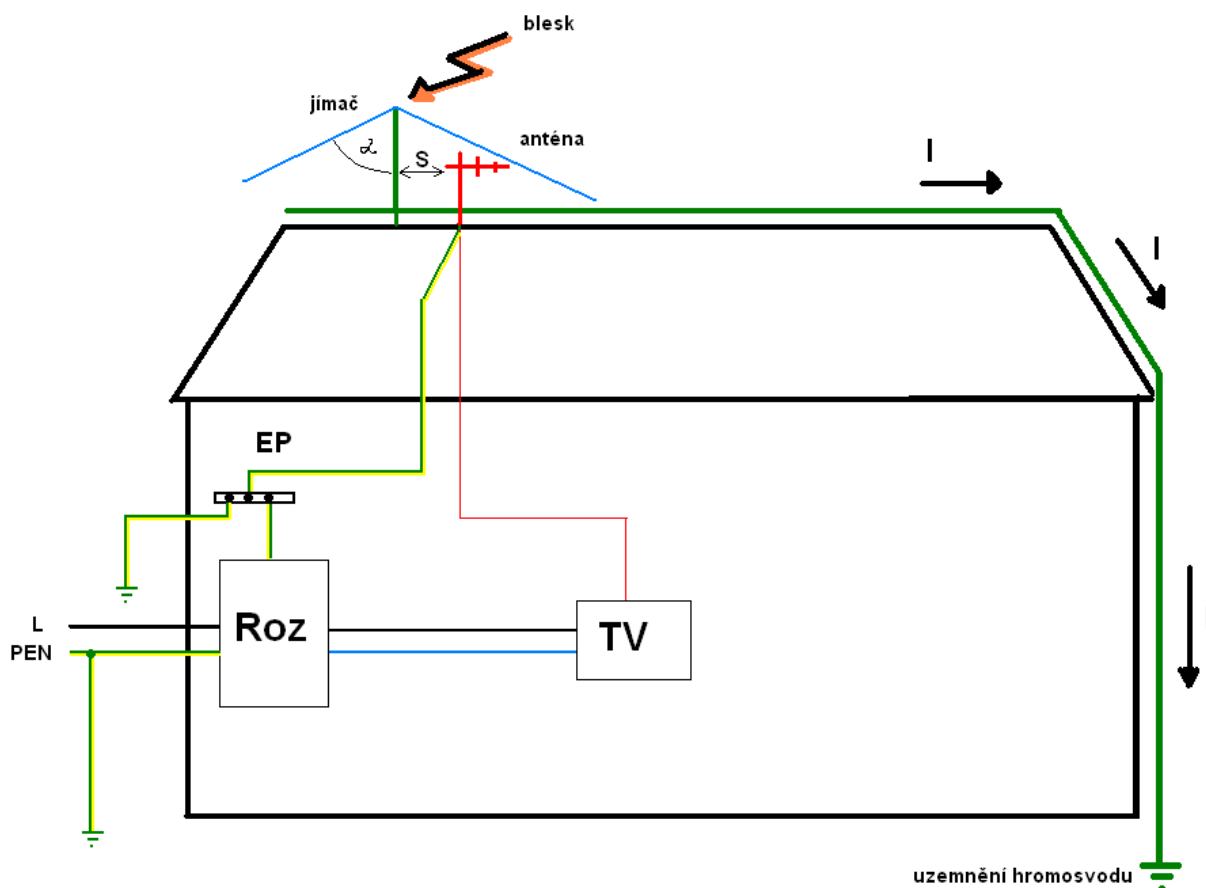
Při návrhu jímací soustavy musíme vědět co se všechno na střeše a v její blízkosti nachází. Nejčastějším problémem jsou antény, komíny a satelity na střeše. Správně navržená a namontovaná jímací soustava hromosvodu bude k ničemu, pokud si někdo namontuje na střechu špatně anténní soustavu. Taková anténa může být i vyšší než samotný jímač hromosvodu, pak se samotná anténa stává sama jímačem, což je docela problém. Podle staré dnes už neplatné normy ČSN 34 1390 se anténa jednoduše vodivě spojila s jímací soustavou hromosvodu a bylo vše vyřešeno. V takovém případě bylo jedno, jestli blesk udeří do jímače nebo do antény. V případě úderu blesku do takové soustavy, kdy je anténa spojena s jímací soustavou bleskový proud se rozdělí, jedna část půjde přes svod do země a druhá část přes anténní kabel, televizi, rozváděč, PEN vodič až do země. Jak velké budou jednotlivé části záleží vodivosti jednotlivých cest. Proto čím menší bude zemní odpor hromosvodové soustavy tím menší proud poteče přes anténní kabel do TV. Na obrázku je situace načrtnuta. Anténa je pomocí spoje vodivě spojena s jímací soustavou, blesk udeřil do antény. Bleskový proud se rozdělil na dvě části. Stínicí plášť anténního kabelu sice nemusí být přímo spojen v televizi s ochranným vodičem, ale i tak dojde pravděpodobně k přeskoku nebo průrazu uvnitř TV. Záleží na napětí a elektrické pevnosti.



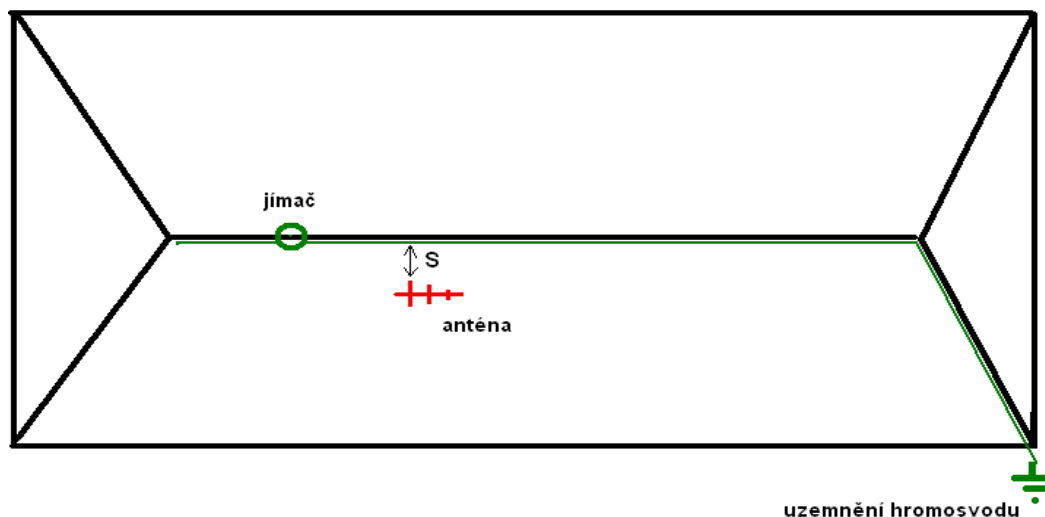
Obrázek 5-13 Připojení a umístění anteny podle staré normy

Tento systém určitě není dokonalý a ochrana televize není úplně zajištěna. Podle nové normy ČSN EN 62305 je problém s anténou vyřešen jednodušší a bezpečněji pro televizi a další podobné spotřebiče a proto tento způsob použijeme. Princip spočívá v tom, že se celá anténa schová do ochranného prostoru jímáče. V tomto případě se nesmí anténa spojit přímo na střeše s jímací soustavou. Ale spojit je nějak musíme, aby byli na stejném potenciálu. Řeší se to tak, že se anténa samostatně připojí na hlavní ekvipotenciální přípojnici budovy.

Důležité je aby anténa byla sice v ochraném úhlu jímáče, ale musí být dostatečně daleko od jímací soustavy, aby nedošlo k přeskoku bleskového proudu z jímací soustavy na anténu. Proto musí být dodržena vzdálenost S , která je dána třídou LPS, počtem svodů a výškou budovy. Vzdálenost S platí nejen mezi anténou a jímačem, ale i mezi částmi k nim připojenými. Nyní se nemůže stát, aby blesk „udeřil“ do antény. Jediná možnost kam může udeřit je jímací soustava. Veškerý bleskový proud se svede do země přes svody, protože na anténní kabel se nemá jak dostat. Jediná možnost ohrožení TV je indukované napětí v anténním kabelu, proti tomu se používají koaxiální přepět'ové ochrany. Mezi anténou a jímač umístíme izolační distanční držák, který zabráňuje přiblížení antény k jímači (třeba vlivem větru) na menší vzdálenost než je S .



Obrázek 5-14 Připojení a umístění antény podle ČSN EN 62305



Obrázek 5-15 Umístění antény na střeše - Pohled zezhora

Obrázek 6-15 představující půdorys střechy názorně ukazuje, že vzdálenost S musí být dodržena i mezi anténou a jímacím vedením. Vzhledem k tomu, že svod se běžně připojuje okapovou svorkou k okapům, nesmí se tak anténní kabel přiblížit ani k okapům na menší vzdálenost než je „ S “. Přesnou vzdálenost „ S “ můžeme vypočítat pomocí jednoho z programů k tomu určených například „Milanův software – výpočet dostatečné vzdálenosti“ nebo ručním výpočtem.

k_c – určeno z tabulek v ČSN EN 62305 nebo programu Milanův software

$k_c = 0,617$ pro dva svody a $0,4697$ pro 4 svody

k_i – je dáno třídou LPS. Pro LPS III je $k_i = 0,04$

L – je délka svodu bez smyček (výška zdi $6m$, výška střechy $3,5m$, polovina šířky domu $4,5m$)

$$L = 6 + \sqrt{(3,5^2 + 4,5^2)} = 11,7m \quad (6.2)$$

Výpočet dostatečné vzdálenosti „ S “ pro 4 svody:

$$S = k_i * k_c * L = 0,04 * 0,4697 * 11,7 = 0,219 m \quad (6.3)$$

Výpočet dostatečné vzdálenosti „ S “ pro 2 svody:

$$S = k_i * k_c * L = 0,04 * 0,616 * 11,7 = 0,288 m \quad (6.4)$$

- 1) Zvolíme třídu LPS III a materiál vzduch
- 2) Zadáme přesné rozměry budovy (a, b, h, L)
- 3) Zadáme počet svodů
- 4) Program vypočítá dostatečnou vzdálenost (0,288m pro 2 svody a 0,219m pro 4 svody)

Milanův výpočet dostatečné vzdálenosti - hřebenová soustava, vodivé žlaby, zemnič typu B

Vypočít **Konec**

Třída LPS: ☐ LPS I ☐ LPS II ☒ LPS III ☐ LPS IV

normová rozteč svodů = 15 m
koeficient $k_i = 0,04$ koeficient $k_m = 1$

Materiál: ☐ zdivo, beton ☒ vzduch ☐ izolační tyč

svody ve stěně A: ☒ ne ☐ ano

Počet svodů s zadává: ☐ přímo ☒ počtem polí

Rozměry budovy:
šířka a: 9,00 m
délka b: 11,00 m výška h: 6,00 m

Parametry hřebenové soustavy:
Navrhnout počet svodů dle ČSN EN 62305

počet polí mezi svody: strana B: 0

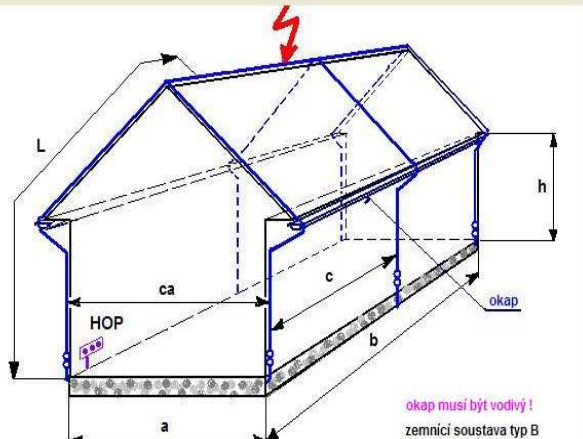
Počet svodů celkem: 2 koeficient $k_c = 0,616607$

rozteče: c: 14,21 m (úhlopříčně)

Vzdálenost L: 11,70 m **inkrement:** 0,10

Dostatečná vzdálenost S: 0,288572 m

Výpočetní program D 02 verze 2.60



okap musí být vodivý!
zemnič soustava typ B

Obrázek 5-16 Výpočet dostatečné vzdálenosti pro 2 svody

Milanův výpočet dostatečné vzdálenosti - hřebenová soustava, vodivé žlaby, zemnič typu B

Vypočít **Konec**

Třída LPS: ☐ LPS I ☐ LPS II ☒ LPS III ☐ LPS IV

normová rozteč svodů = 15 m
koeficient $k_i = 0,04$ koeficient $k_m = 1$

Materiál: ☐ zdivo, beton ☒ vzduch ☐ izolační tyč

svody ve stěně A: ☒ ne ☐ ano

Počet svodů s zadává: ☐ přímo ☒ počtem polí

Rozměry budovy:
šířka a: 9,00 m
délka b: 11,00 m výška h: 6,00 m

Parametry hřebenové soustavy:
Navrhnout počet svodů dle ČSN EN 62305

počet polí mezi svody: strana B: 1

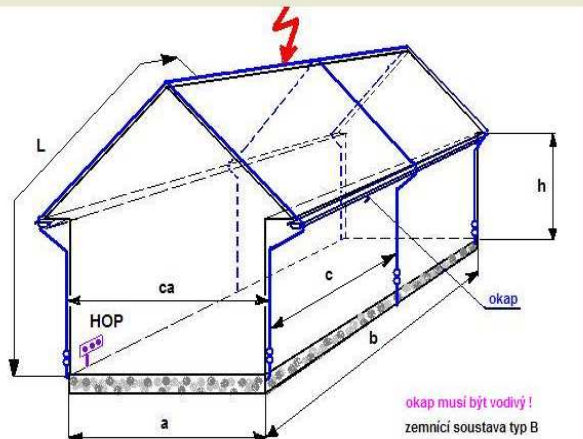
Počet svodů celkem: 4 koeficient $k_c = 0,4697807$

rozteče: c: 11,00 m (úhlopříčně)

Vzdálenost L: 11,70 m **inkrement:** 0,10

Dostatečná vzdálenost S: 0,2198573 m

Výpočetní program D 02 verze 2.60



okap musí být vodivý!
zemnič soustava typ B

Obrázek 5-17 Výpočet dostatečné vzdálenosti pro 4 svody

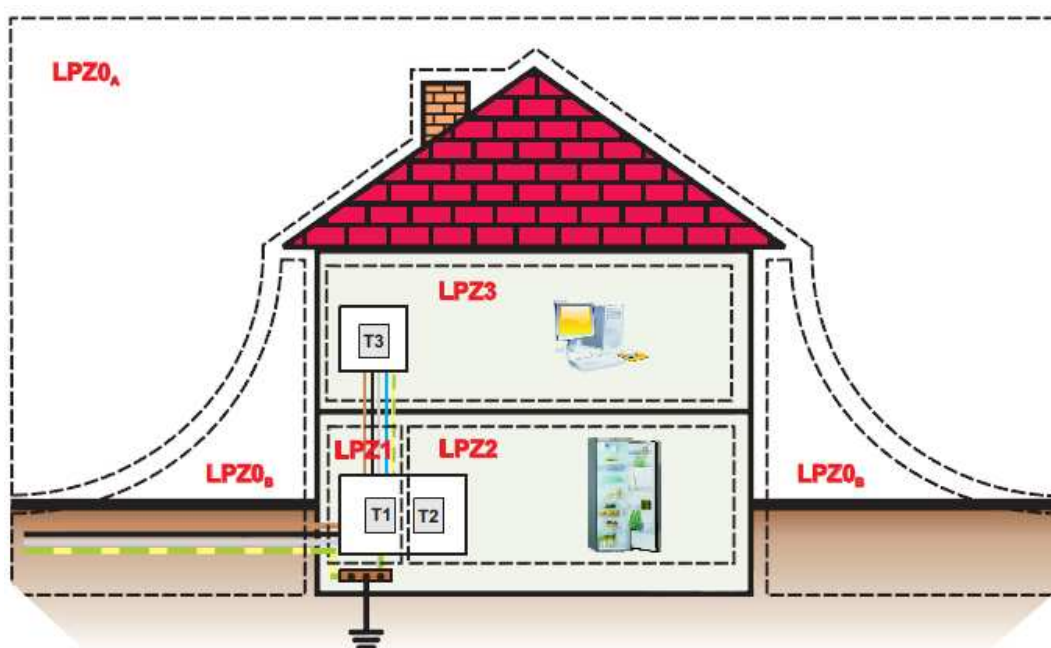
6 VNITŘNÍ OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ

Vnitřní ochrana proti přepětí chrání domovní elektroinstalaci i spotřebiče proti spínacímu přepětí nebo proti atmosférickému přepětí. Norma dělí oblast okolo budovy i v budově na zóny LPZ (lightning protection zone – zóna ochrany před bleskem).

Tab. 6-1 Zóny LPZ [21]

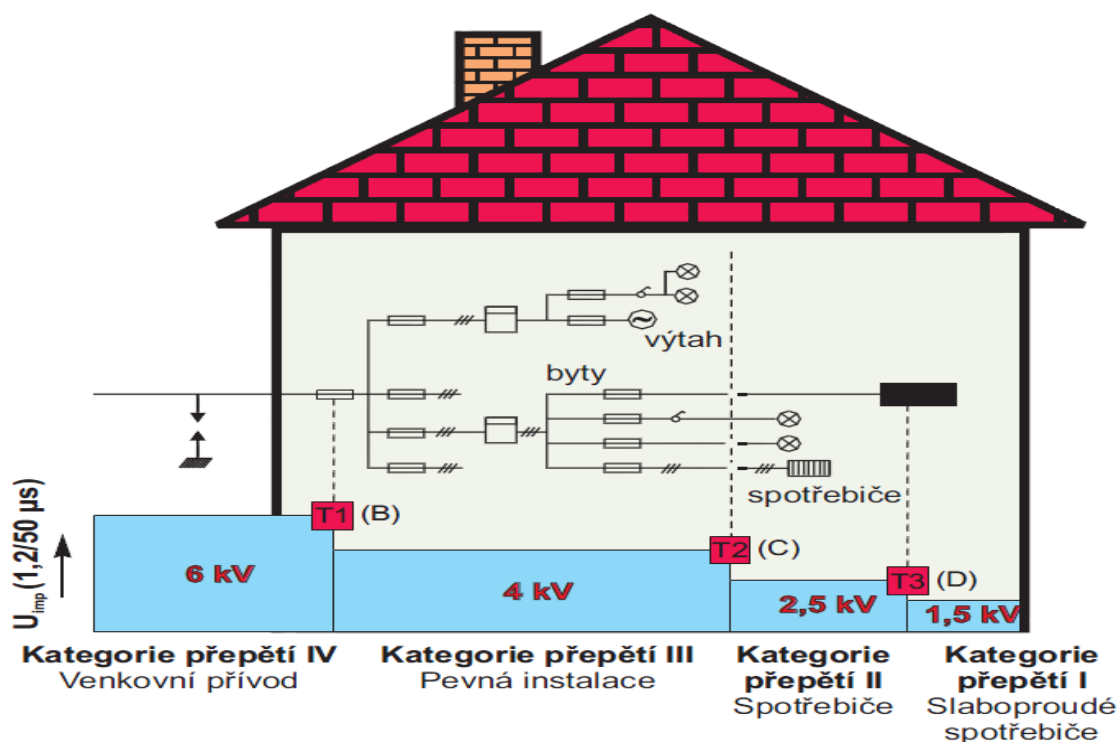
LPZ 0	Zóna ve které je ohrožení způsobeno netlumeným elektromagnetickým polem a ve které mohou být vnitřní systémy namáhány plným nebo dílčím impulsním bleskovým proudem
LPZ 0a	Zóna ve které je ohrožení způsobeno přímým úderem blesku a plným elektromagnetickým polem. Vnitřní systémy jsou namáhány plným impulsním bleskovým proudem
LPZ 0b	Zóna chráněná před přímým úderem blesku, ale kde je ohrožení způsobeno plným elektromagnetickým polem. Vnitřní systémy mohou být namáhány dílčími impulsními bleskovými proudy.
LPZ 1	Zóna ve které je omezen impulsní proud rozdělením proudu a SPD na rozhraních. Prostorové stínění může zeslabit elektromagnetické pole blesku.
LPZ 2...n	Zóna ve které může být impulsní proud dále omezen rozdělením proudu a na rozhraních dalším SPD. Další dodatečné prostorové stínění může dále zeslabit elektromagnetické pole blesku.

V podstatě zóna LPS 0 je obecná a dělí se na LPZ 0a a LPZ 0b. LPZ 0a je oblast, kam může udeřit blesk. Zóna LPS 0b je prostor, kam blesk udeřit nemůže (například anténa v ochranném prostoru jímáče). Zóny LPZ 1 a LPZ 2 a vyšší už jsou uvnitř budovy, kde jsou prostorově chráněny zdí a střechou, bleskový proud se tam, ale může dostat například po vedení nebo i přes uzemnění. Proto se na rozhraní zóny LPS 0 a LPS 1 umísťuje svodič bleskových proudů (svodič typu 1), který zabrání, aby se celý bleskový proud dostal do zóny LPS 1. I na rozhraní vnitřních zón LPS 1 a LPS 2 se umísťuje svodič přepětí (svodič typ 2), protože v zóně LPS 2 se nachází citlivé spotřebiče. A ty jsou ohroženy nejen atmosférickým přepětím ale i spínacími přepětími v napájecí síti, které dost malé na to aby je omezil svodič bleskových proudů (typ 1) na rozhraní předchozích zón, ale jsou dost velké na to, aby poškodili citlivé spotřebiče.



Obrázek 6-1 Obecné rozdělení zón LPZ [21]

I elektrická instalace se dělí dle normy do čtyř kategorií (I, II, III, IV). Každá kategorie má určeno maximální hodnotu přepětí, která se v ní může vyskytnout. Pro kategorii IV je to 6 kV znamená to, že venkovní vedení je dimenzováno tak, že snese přepětí 6 kV. Uvnitř budovy za rozváděčem je vše dimenzováno jen na 4 kV. Silové spotřebiče snesou krátkodobý přepětíový impuls 2,5 kV a citlivé spotřebiče jen 1,5 kV. A právě na rozmezí těchto zón se instalují svodiče bleskových proudů (typ 1) a svodiče přepětí (typ 2 a 3). Typ 1 sníží přepětí pod 6 kV, což je hladina, kterou už snese vnitřní silová instalace. Typ 2 sníží přepětí pod 2,5 kV na kterou je dimenzována většina spotřebičů a typ 3 redukuje přepětí až na 1,5 kV, jenž krátkodobě vydrží i nejcitlivější přístroje. Proto je dobré před návrhem rozmístění přepětíových ochran předem odhadnout do kategorie různé spotřebiče patří.



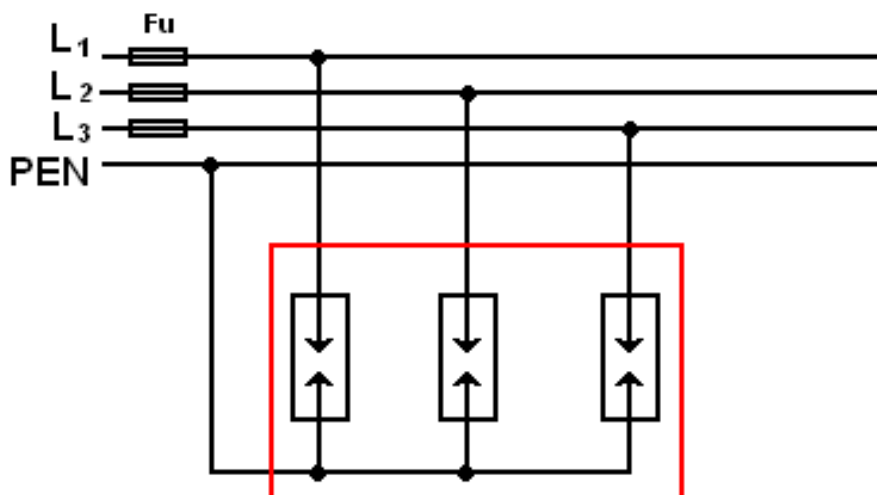
Obrázek 6-2 Obecné rozdělení pásem podle kategorie přepětí [21]

Svodič je ochranný přístroj, který při výskytu přepětí zkratuje fázi s ochranným případně nulovým vodičem. Zkrat trvá jen po dobu přepětí. Svodiče chrání jen před krátkodobými přepětíovými impulsy o malé energii. Dlouhotrvající přepětí by svodič zničilo. Svodiče přepětí typu II a III obsahují varistory s tepelnou pojistkou. Pokud by byl varistor přetížen, vzroste jeho teplota a je odpojen od napájení tepelnou pojistkou. Barva v okénku indikátoru se změní na červenou a modul s varistorem je třeba co nejdříve vyměnit. Svodiče pracují buď na principu jiskřiště, varistoru nebo supresové diody. Každé pracuje na úplně jiném principu, proto má každé úplně jiné parametry a různé použití.

Jiskřiště jsou v podstatě dvě oddálené kovové nebo uhlíkové elektrody. Jejich vzdálenost značně ovlivňuje hodnotu zapalovacího napětí. Při přepětí roste napětí mezi elektrodami tak dlouho, dokud nedojde k porušení izolační pevnosti vzduchu případně plynu a následně nastane krátkodobý zkrat, který omezí napětí za jiskřištěm. Výhoda jiskřišť je značný odpor v klidovém stavu, jednoduchá konstrukce, prakticky nulový unikající proud, zkracují dobu trvání vlny a mají schopnost přenést velkou energii. Nevýhodou jiskřišť je dlouhá doba odezvy až 100 ns. Jiskřiště se používají hlavně ve svodičích typu 1, především díky své odolnosti. Používají se ale také u typu 2 a 3 ale jen jako speciální vyrovnávací N-PE jiskřiště.

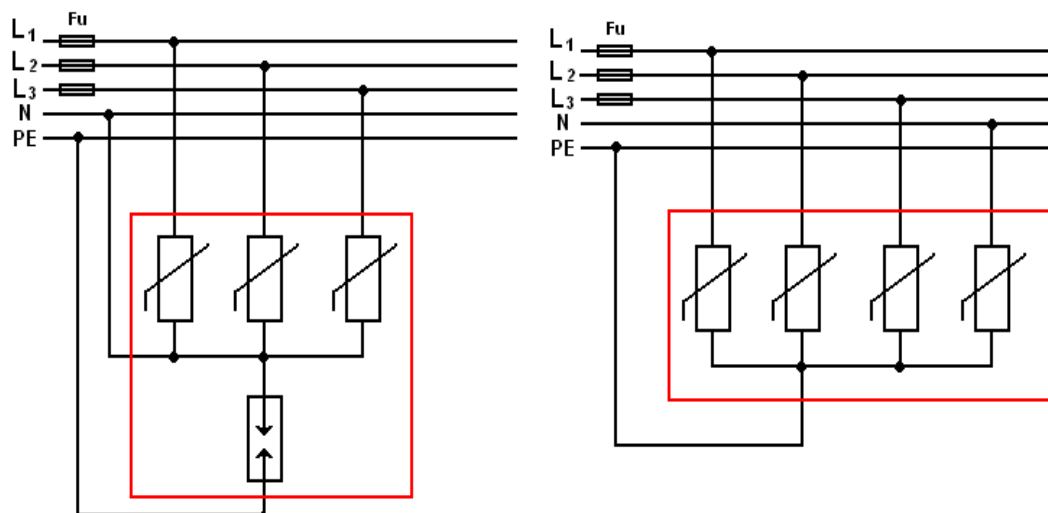
Varistor je napětově závislý odpor, což znamená že se odpor součástky mění podle velikosti přiloženého napětí. Právě této vlastnosti se využívá u svodičů. Při jmenovitém napětí se odpor varistoru blíží nekonečnu. Jakmile se objeví přepětí odpor plynule ale rychle klesne a tím se zkratuje krátkodobě obvod. Po odeznění impulsní přepětí vlny odpor varistoru zase naroste k nekonečnu. Hlavní výhodou varistorových svodičů je jejich velmi rychlá odezva pod 25 ns. Nevýhodou je, že nezkracuje dobu trvání vlny, nedokáže přenést tak velké energie jako jiskřiště a jeho odpor není nekonečný, proto malá část proudu uniká, ale neměla by překročit víc než několik desítek μA . Používá se pro svodiče typu 2 a 3.

Svodiče typu SPD 1 (surge protection device) jsou hrubá ochrana a instalují se na rozhraní zón LPZ 0 a LPZ 1 a jejich úkolem je omezit přepětí na hodnotu menší než 4 kV. SPD 1 se také nazývají svodiče bleskových proudů, což jasně naznačuje, že právě tento typ svodiče je dimenzován i proti atmosférickému přepětí, které dosahuje obrovských napětíových i proudových hodnot. SPD 1 pracuje na principu jiskřiště a zkouší se testovacím impulsem 10/350 μs . Na obrázku 7-3 je znázorněno vnitřní provedení svodiče typu 1 pro síť TN-C. Vidíme tři jiskřiště, každý pro jinou fázi a na výstupu jsou spojeny do hvězdy se středem vyvedeným na přípojnicí ochranného vodiče PEN.



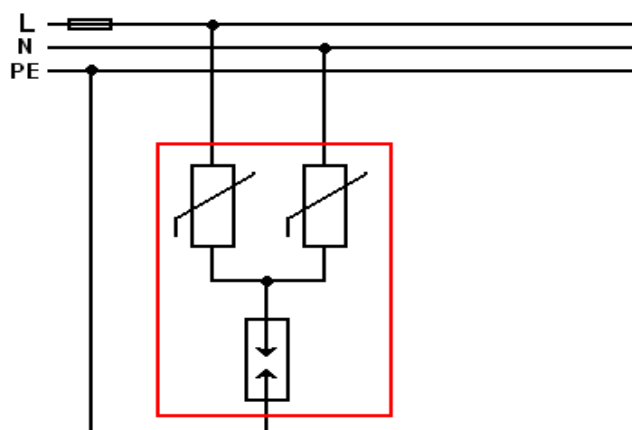
Obrázek 6-3 Vnitřní zapojení svodiče bleskových proudů SPD 1

Svodiče typu SPD 2 se umísťují mezi zóny LPZ 1 a LPZ 2. Většinou pracují na principu varistorů zapojených do hvězdy se speciálním vyrovnávacím jiskřištěm zapojeným na střed hvězdy. Tento typ svodiče omezuje přepětí pod hodnotu 2,5 kV. Zkouší se testovacím impulsem 8/20 μ s. Na obrázku 7-4 vlevo je vnitřní zapojení svodiče přepětí typu 2 v provedení 3+1, což znamená 3 varistory a jedno speciální vyrovnávací jiskřiště, které odděluje střední a ochranný vodič. Tato zapojení je pro část instalace, kde už je síť rozdělena na TN-S. Existuje i provedení 4+0 (obrázek 7-4 vpravo), kde není žádné vyrovnávací jiskřiště a jsou tam čtyři varistory.



Obrázek 6-4 Vnitřní zapojení svodiče přepětí typu 3+1 a 4+0

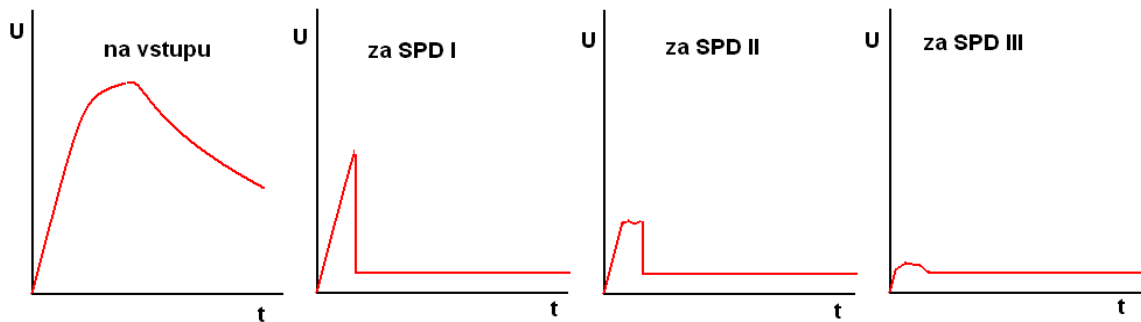
Svodiče typu SPD 3 jsou nazývány jemná ochrana a instalují se mezi zóny LPZ 2 a LPZ 3. Pracují na principu supresové diody nebo varistoru. Omezují přepětí pod 1,5 kV a jsou zkoušeny impulsní vlnou 1,2/50 μ s. Montují se nejčastěji do zásuvek, ze kterých napájíme citlivé spotřebiče jako televize nebo počítač. SPD 3 může být i ve formě zásuvkového adaptéru, který se může snadno přemísťovat společně se spotřebičem. Některé svodiče typu 3 mívají i zabudovaný vysokofrekvenční filtr. Kabel mezi zásuvkou s přepětíovou ochranou musí být co nejkratší jinak pozbývá účinku. Svodiče typu 3 se používají hlavně v provedení jednofázovém a obsahují vyrovnávací jiskřiště a dva varistory. [3]



Obrázek 6-5 Vnitřní zapojení svodiče přepětí typu SPD3

6.1 Koordinace přepět'ových ochran

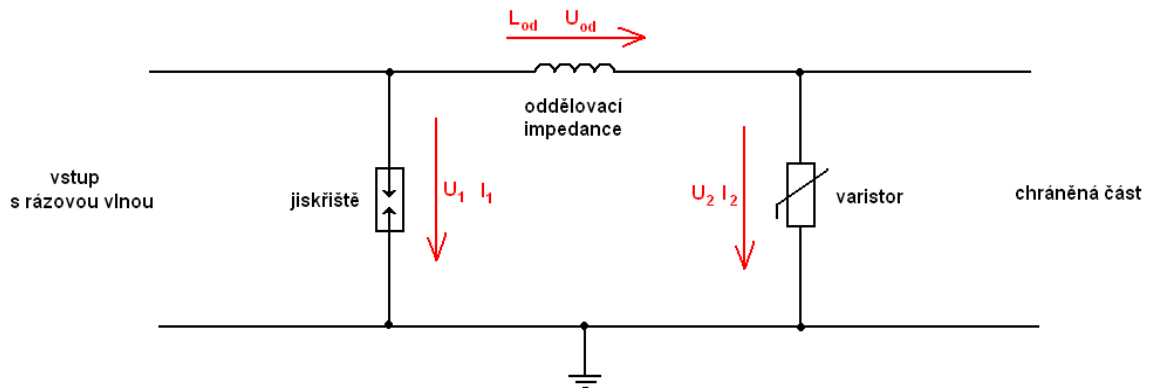
Bohužel neexistuje univerzální přepět'ový prvek, jenž by vyhovoval všem často protichůdným požadavkům. Na jedné straně rychlost odezvy a na straně druhé výkonové zatížení. Samotná přepět'ová ochrana typu 1 sice svede většinu bleskového proudu spolehlivě do země, jenže i tak vlna přepětí, která zůstane za svodičem může snadno zničit spotřebiče v další části instalace, především z toho důvodu, že zareaguje s časovým zpožděním. Stejně tak samotný svodič typu 3 je bezmocný proti atmosférickému přepětí, které je dost velké na to, aby tento svodič zničilo. Mezi parametry svodičů typu 1 a 3 je velký rozdíl a proto se mezi ně vkládá ještě stupeň 2. Vytvoří se tak kaskáda, která splňuje všechny požadavky.



Obrázek 6-6 Učinky jednotlivých stupňů SPD na přepět'ovou vlnu

Samotné rozmístění vhodných typů svodičů do kaskády neznamená, že budou pracovat správně, protože při velkém přepět'ovém impulsu, nejprve zareaguje nejrychlejší prvek, což je svodič SPD 3. Ten sice omezí přepětí, jenže právě kvůli tomu nezareaguje hrubá přepět'ová ochrana, protože napětí na mezi elektrodami jiskřiště bude menší, než je zápalné napětí jiskřiště. Energetická hodnota impulsu může být ale tak velká, že se SPD 3 zničí.

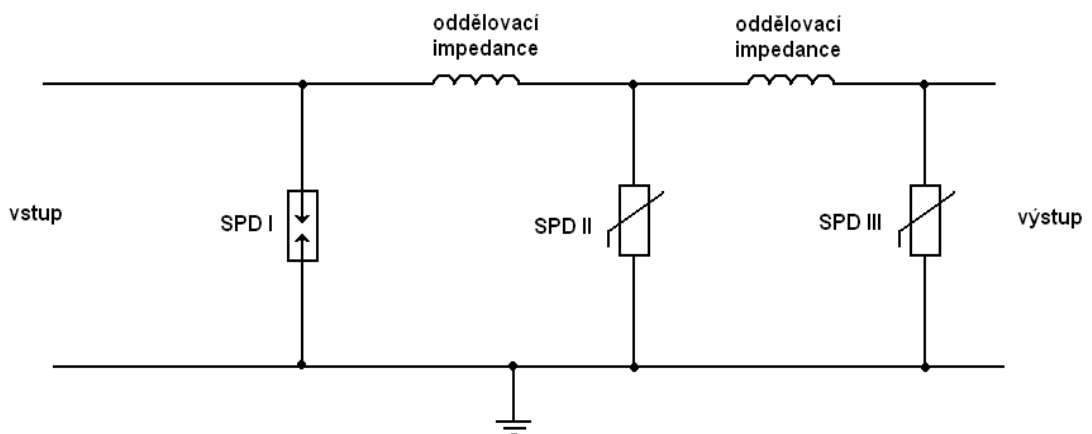
Z tohoto důvodu je třeba provést správnou koordinaci přepět'ových prvků. Základem ke správné funkci celé kaskády je oddělovací impedance, která je představována buď tlumivkou, rezistorem nebo dostatečnou délkou kabelu. Na následujícím obrázku 7-7 jsou definována napětí na svodičích i na oddělovací impedanci. Když se na vstupu objeví přepět'ový impuls, díky rychlejší odezvě nejprve zareaguje varistor. Napětí na varistoru U_2 začne prudce klesat stejně jako odpor. Naopak proud varistorem I_2 prudce poroste. Pokud ve schématu nebude oddělovací impedance bude $U_{od} = 0$, tak podle 2. Kirchhoffova zákona bude napětí na jiskřišti rovno napětí na varistoru $U_1 = U_2$. Napětí na varistoru jak bylo řečeno kleslo a proto i na jiskřišti bude malé napětí, které nestačí na zapálení jiskřiště. Varistor je sám, nic mu nepomůže. Pokud bude přepět'ový impuls menší než $8/20\mu s$ varistor i chráněné zařízení přežijí bez problémů v opačném případě se varistor zničí, protože je testován a dimenzován jen na vlnu $8/20\mu s$ a menší. Při správné koordinaci oddělovací impedance nechybí a napětí U_{od} nenulové. Proto napětí na jiskřišti je $U_1 = U_2 + U_{od}$ a tento součet pro správnou funkci přepět'ových ochran je větší než zapalovací napětí jiskřiště U_{ji} , proto se zapálí i jiskřiště, které svede většinu energie přepět'ové vlny a zachrání tak varistor před zničením.



Obrázek 6-7 Proudů a napětí při koordinaci přepětových ochran

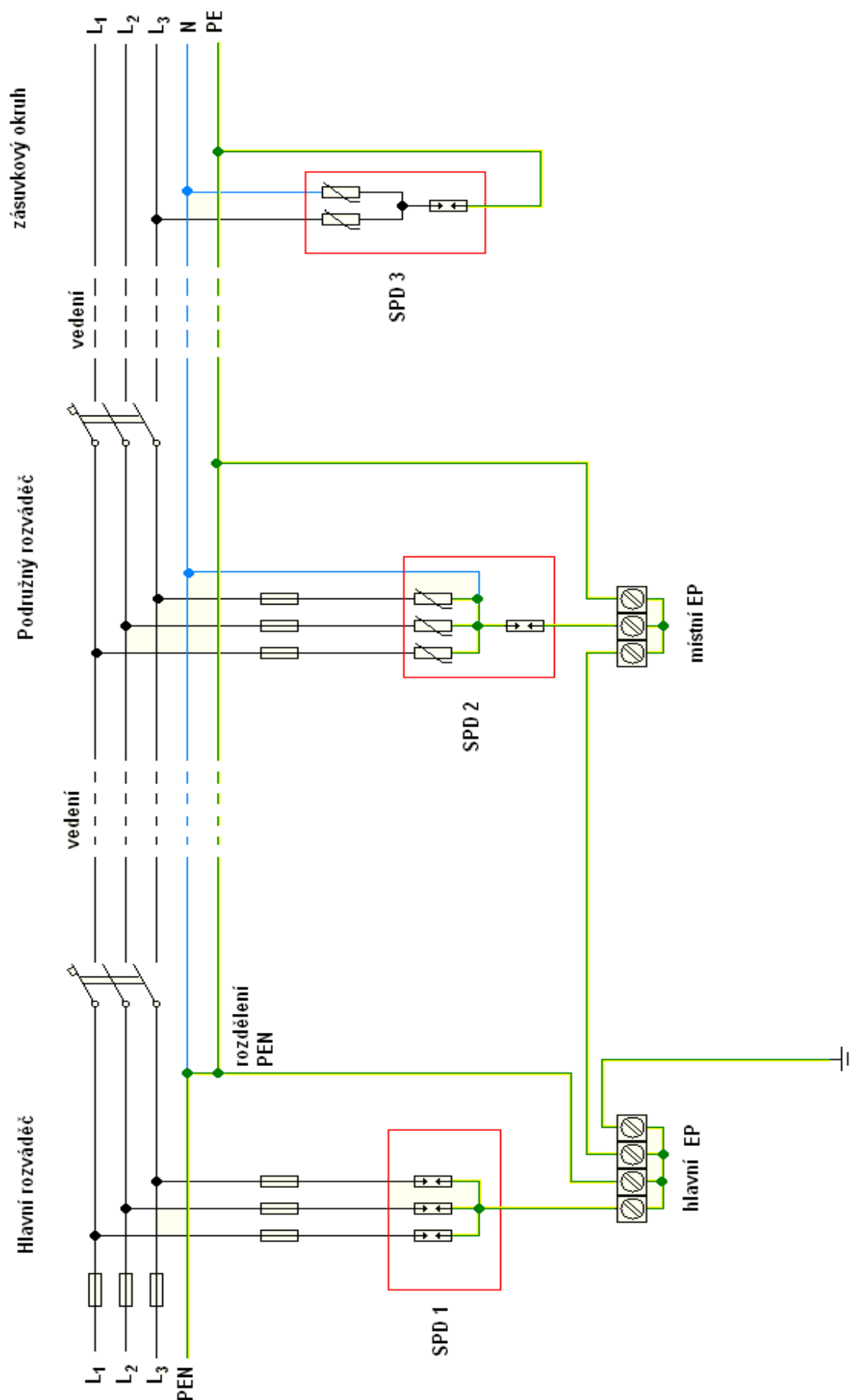
Princip je tedy zřejmý, stačí aby impedance mezi jednotlivými ochranami byla dost velká na to, aby byla splněna napěťová podmínka:

$$U_{ji} \leq U_1 = U_2 + U_{od} = U_2 + L * \frac{di}{dt} \quad (7.1)$$



Obrázek 6-8 Obecný princip koordinace přepětí

Při použití tlumivky jako oddělovací impedance závisí potřebné U_{do} jednak na indukčnosti ale také na strmosti přepětové vlny. Při použití rezistorů záleží kromě odporu na vrcholové hodnotě přepětové vlny. Mezi SPD typu 1 a 2 musí být vedení délky alespoň 10 metrů (pokud výrobce neurčí jinou vzdálenost), pokud vzdálenost nelze splnit použije se tlumivka s vhodnou indukčností. Mezi SPD 2 a 3 musí být vedení alespoň 5 metrů, pokud nelze splnit opět se použije tlumivka. Spotřebič, který chceme chránit typem 3 nesmí mít delší přívodní šňůru než 5 metrů. Dnes už se vyrábí i speciální typy svodičů přepětí například kombinovaný svodič a nebo koordinovaný svodič. Kombinovaný svodič jsou dva svodiče v jednom a koordinovaný svodič nepotřebuje oddělovací impedanci a smí se instalovat hned za předcházející prvek. [11]



Obrázek 6-9 Obecné zapojení jednotlivých stupňů SPD

6.2 Návrh a volba přepět'ových ochran

Je třeba připomenout, že nároky na přepět'ové ochrany obyčejného rodinného domku se standardním vybavením nejsou tak velké jako například u průmyslových nebo administrativních budov. Podle toho se taky volí konkrétní svodiče. Nejprve je třeba rozdělit spotřebiče v domě do kategorií úrovní napětí. Zvolíme PC, televizi, DVD přehrávač jako kategorii IV, kde přepět'ové ochrany musí zabránit vzniku napětí vyšší než 1,5 kV. Všechny ostatní spotřebiče budou patřit do kategorie III, kde je maximální hladina 2,5 kV. Další problematika je kompatibilita proudového chrániče s přepět'ovými ochranami, protože při zareagování svodiče přepětí se část proudu svede do ochranného vodiče. Na to zareaguje proudový chránič, který zaznamená na součtovém transformátoru problém a vypne obvod.

Tato problematika se řešila použitím selektivního nebo zpožděného proudového chrániče. My to vyřešíme tak, že se svodič bleskových proudů umístí před proudový chránič a další svodiče přepětí pracují na principu 3+1, kde problémy s proudovým chráničem nenastávají. Proto budeme umísťovat svodič bleskových proudů před proudový chránič a zbylé svodiče musí být v provedení 3+1. Další věc, kterou umíme určit je umístění svodiče bleskových proudů SPD 1. Můžeme ho dát před elektroměr do elektroměrového rozváděče nebo za něj do elektroměrového rozváděče případně ho můžeme dát až do hlavního rozváděče. Výrobce přepět'ových ochran Dehn ve svém katalogu pro rodinný domek doporučuje pro TN-C síť DV ZP TNC 255 nebo DV M TNC 255 a pro síť TN-S doporučuje DV ZP TNS 255 nebo DV M TNS 255. Všechny jsou kombinované svodiče bleskových proudů. Obsahují tedy SPD 1 i SPD 2 v jednom pouzdru.

DV M TNC 255 se montuje spíše do hlavního rozváděče. DV ZP TNC 255 je určen spíše do elektroměrového rozváděče. Jenže montáž do elektroměrového rozváděče vám musí povolit distributor elektrické energie, proto vybereme typ DV M TNC 255, který bude zapojen v hlavním rozváděči ještě před rozdělení PEN vodiče.

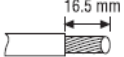
Údaje od výrobce Dehn Ventil M TNC 255:

Kombinované svodiče ve vícepólovém provedení. Chrání zařízení nn v občanských i průmyslových objektech před přepětím způsobeným atmosferickými výboji a spínáním. Jsou přizpůsobeny k montáži do rozváděčů na lištu TS 35, na rozhraní LPZ 0A – 2.

- *Kombinovaný energetický zkoordinovaný svodič typ 1, ČSN EN 61643-11, svodič bleskových proudů a přepětí v jednom pouzdře, s propustností pro vlny bleskového proudu až 100 kA (10/350 μ s).*
- *Kompletně zapojena jednotka s dvoudílnou konstrukcí, tvořenou základním dílem a ochrannými moduly s jiskřišti RADAX-Flow omezuje vlnu přepětí i vlnu bleskového proudu pod hodnoty odolnosti koncového zařízení na ochrannou úroveň $\leq 1,5$ kV.*
- *Technologie RADAX-Flow omezuje následné síťové proudy do hodnoty 50 kA_{ef}, předřazene pojistky od 35 A gL/gG výše nejsou tímto proudem přerušovány.*
- *Stav ochrany je signalizován signalizačním pólem.*
- *U provedení FM se vodiče dálkové signalizace připojují na bezpotencialovy přepínač pomocí třípólové svorkovnice.*

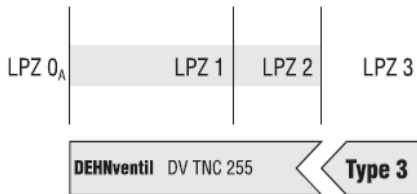
Technické údaje

U_c	255 V / 50 Hz
I_{fi}	50 kA _{ef}
I_{imp} (10/350μs)	25 kA (L ⇒ PEN); 75 kA (L1+L2+L3 ⇒ PEN)
max. 	125 A gL/gG (zapojení „V“)
max. 	315 A gL/gG (zapojení „T“)
θ °C	-40°C ... +80°C (... +60°C Viz zapojení)
IP-Code	20

			
min. ☐ L1, L1', L2, L2', L3, L3', PEN, ↓	10 mm ²		
max. ☐ L1, L2, L3, PEN	35 mm ²		50 mm ²
max. ☐ L1', L2', L3', ↓	25 mm ²		35 mm ²
☐ 	16 mm ² Cu	 ≥15,5 mm	

Energetická koordinace

DIN V VDE V 0185-4: ...
IEC 62305-4: ...



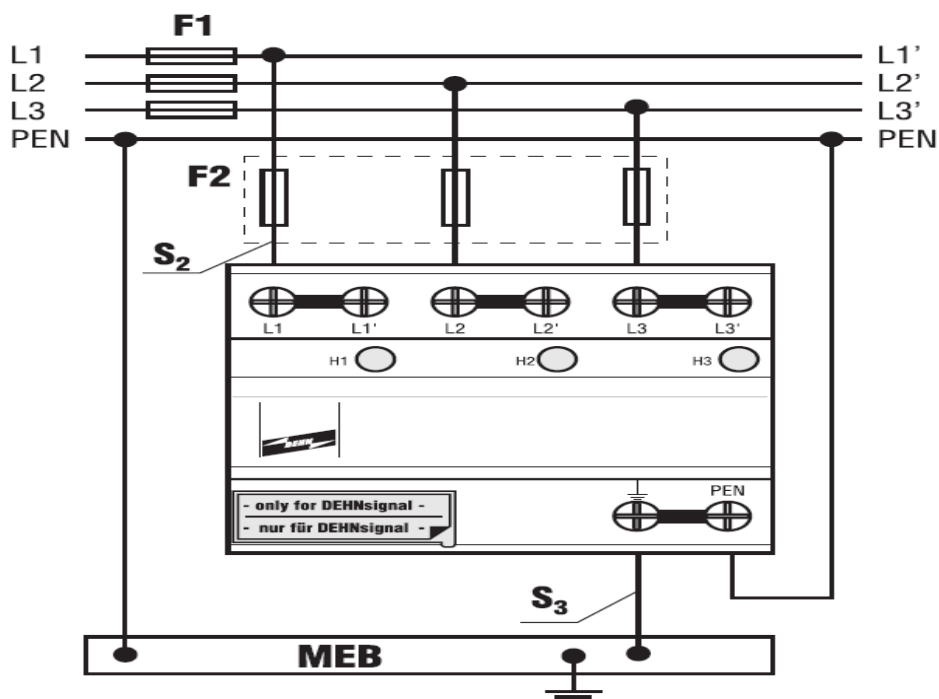
LPZ 0_A | LPZ 1 | LPZ 2 | LPZ 3

DEHNventil DV TNC 255

Type 3

SPD Type 3
acc. EN 61643-11: ...

Obrázek 6-10 Technické údaje z manuálu DV M TNC 255



(MEB = ekvipotenciální přípojnice)

Obrázek 6-11 Manuál zapojení DV M TNC 255



Obrázek 6-12 DV M TNC 255

Tab. 6-2 Výrobce doporučované průřezy

pojistka	S2	S3
A	mm ²	mm ²
25	10	16
35	10	16
40	10	16
50	10	16
63	10	16
80	10	16
100	16	16
125	16	16

Tabulka 7-2 ukazuje výrobcem doporučené průřezy připojených vodičů ke svodiči DehnVentil M TNC 255 při různých velikostech jištění. V našem případě pojistka v přípojkové skříni je dimenzována na 40A, takže průřez musí být 10 mm² pro připojené fázové vodiče a 16 mm² pro ochranný vodič.

Svodiče přepětí se musí jistit pojistkami gL/gG nikoliv jističi. Hlavním důvodem pro předjištění je zkratový proud, který svodičem po jeho zareagování teče. Jakmile svodič reaguje, začne se instalace chovat jako v případě zkratu. Čím vyšší zkratovou odolnost jiskřiště, tím větší pravděpodobnost nevybavení pojistek. Každý výrobce uvádí maximální hodnotu předřadného jištění. V našem případě je to 315A. V pojistkové skříni je jištění 40A, takže před svodič se nemusí montovat další předřadné jištění. Důležitým parametrem u svodičů je impulsní proud I_{mp} . Ten se určí dle normy jako polovina bleskového proudu. Přesnou hodnotu vidíme v tabulce 7-3. Nás zajímá I_{mp} na vstupu do budovy pro LPS III. Hodnota odečtená z tabulky 7-3 je tedy 50kA. V technických údajích k tomuto svodiči je napsáno, že svodič je dimenzován na 75kA (pro čtyřpól), což znamená že vyhovuje nejen pro LPS III ale dokonce i pro LPS II. Hlavní rozváděč v němž bude umístěn svodič přepětí SPD 1+2 musí být schválen výrobcem pro montáž SPD 1. Vodiče chráněné přepětíovou ochranou musí být odděleny od vodičů nechráněných, aby se v nich nenaindukovalo přepětí.

Tab. 6-3 Bleskový proud pro jednotlivá LPS [7]

třída LPS	bleskový proud	Do instalace vstupuje	Svodič (4 vodiče)	Svodič (5 vodičů)
I	200 kA	100 kA	25 kA	20 kA
II	150 kA	75 kA	20 kA	15 kA
III a IV	100 kA	50 kA	13 kA	10 kA

Dalším důležitým parametrem nacházejícím se v technických údajích je maximální následovný proud I_f , ten musí být větší než je předpokládaná hodnota zkratového proudu sítě v místě instalace. I_f je efektivní hodnota proudu, který dokáže svodič ještě přerušit.

Typy SPD 1 a SPD 2 už tak máme vyřešeny, zbývá ještě najít vhodný SPD 3 nejlépe jakou součást zásuvky. Při výběru si musíme dát pozor, aby zásuvkový adaptér odpovídal českým normám, protože se na trhu objevují i adaptéry Schuko (bez ochranného kolíku) podle německých norem, které jsou u nás zakázány. My potřebujeme chránit hlavně TV a PC a na ty bude nejlepší DEHNprotector TV/RADIO a DEHNprotector Ethernet. Oba jsou kombinované přepětíové ochrany typu SPD 3 jak pro silnoproudou tak i pro slaboproudou část.

Údaje od výrobce **DEHNprotector**

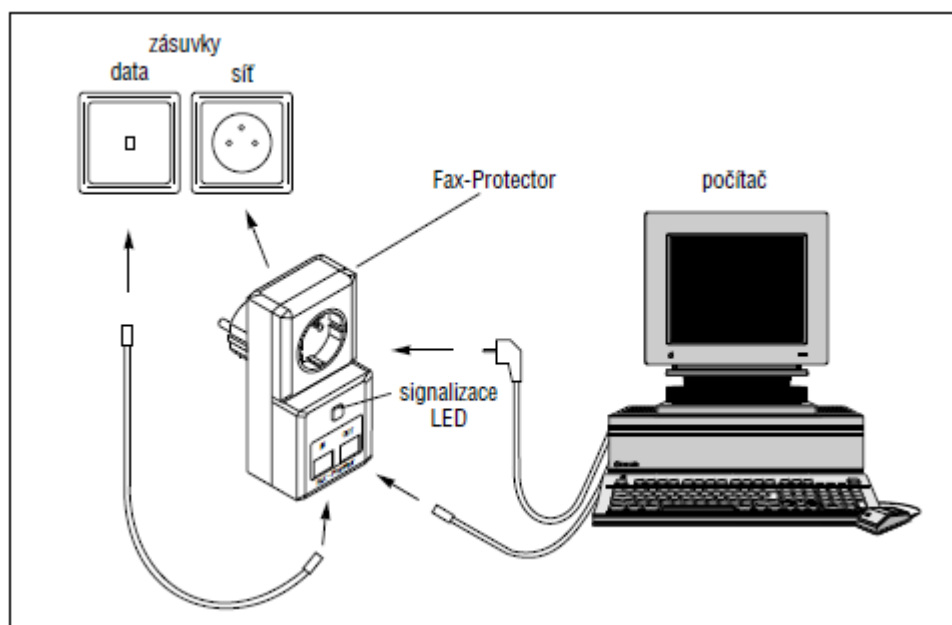
Kombinované adaptéry s chráněnou síťovou a datovou zásuvkou. Adaptéry chrání síťový zdroj a datový vstup připojeného elektronického zařízení. DEHNprotectors jsou vybaveny kontrolním a odpojovacím zařízením a optickou signalizací provozu (zelená) a poruchy (červená).

DEHNprotector TV/RADIO

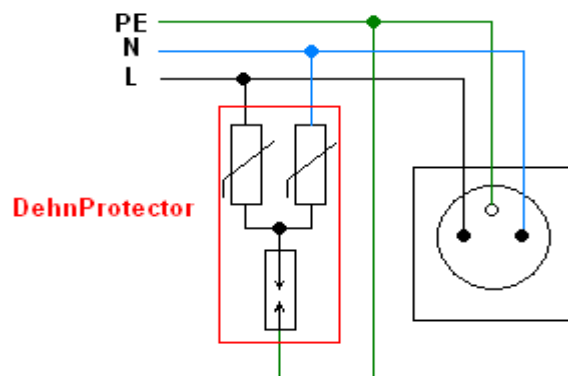
- Kombinovaný adaptér se zásuvkou chráněnou jemným svodičem přepětí typu 3 a 2 zásuvkami s F-konektory pro koaxiální vedení 75 Ohm chráněnými přepětíovou ochranou třídy TYPE2/P2.
- Adaptér chrání síťový zdroj a anténní vstup připojeného přijímače TV/RADIO/VIDEO nebo počítače s příslušnou kartou před impulsním přepětím.
- Adaptér je vybaven kontrolním a odpojovacím zařízením a optickou signalizací provozu (zelená) a poruchy (červená).
- vstup/výstup 75 Ohm F konektor/ 75 Ohm IEC zdířka
- rozsah dodávky 2 přechodky konektorů F/IEC

DEHNprotector Ethernet

- Kombinovaný adaptér se síťovou zásuvkou chráněnou jemným svodičem přepětí typu 3 a 2 zásuvkami s konektory RJ45 pro vedení LAN Ethernet 100 BaseT chráněného přepětíovou ochranou třídy TYPE2/P1.
- Adaptér chrání síťový zdroj a datový vstup IT zařízení zapojených do sítě Ethernet 100 BaseT.
- Adaptér je vybaven kontrolním a odpojovacím zařízením a optickou signalizací provozu (zelená) a poruchy (červená).



Obrázek 6-13 Manuál zapojení k SPD3



Obrázek 6-14 Vnitřní zapojení SPD3 a zásuvky

Tyto přepět'ové ochrany (DEHNprotector Ethernet a DEHNprotector TV/RADIO) mají sice i ochranu pro slaboproudé rozvody (kabel antény k televizi, telefonní kabel, síťový kabel...) ale to jsou ochrany typu SPD 3, které nejsou schopny ochránit před bleskovými proudy. Bleskové proudy se do budovy mohou dostat i po anténním či telefonním kabelu, proto je třeba použít i hrubou ochranu. Dá se použít například ZX-5 N50/SMA F/L/RF, který je na obrázku 7-15.



Obrázek 6-15 Koaxiální svodič bleskových proudů

Údaje od výrobce:

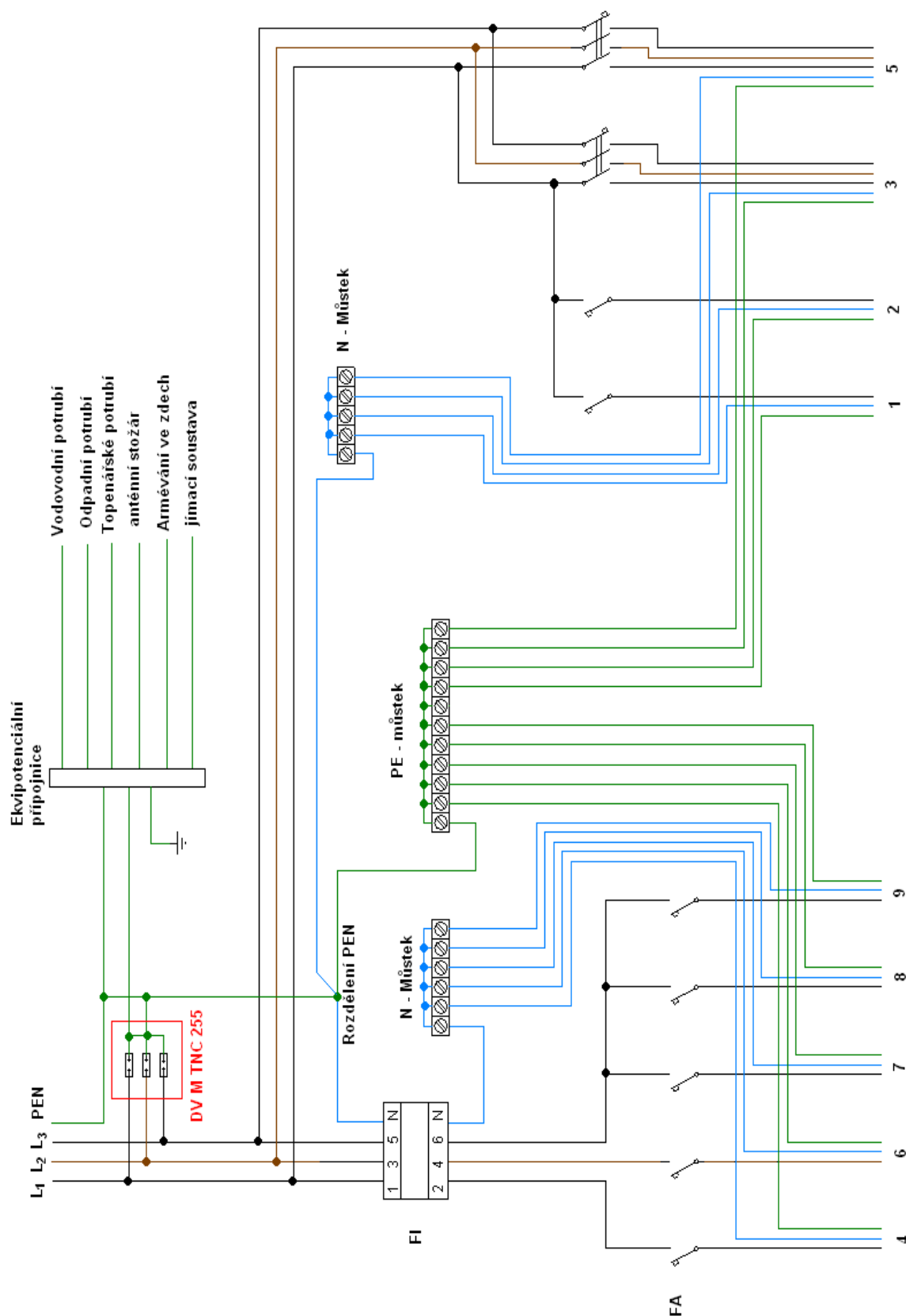
Svodič bleskových proudů pro koaxiální vedení

konektory N50/SMA, čtvrtvlnný zkrat

Určený k ochraně koaxiálních vedení a telekomunikačních zařízení. Instaluje se na rozhraní zón LPZ 0_A a LPZ 1 a vyšších na vstupu vedení do objektu. Nejsou vhodné pro kombinované rozvody signálu a napájecího napětí. Optimalizováno pro ochranu wi-fi routerů AirCA8-PRO.

Tab. 6-4 technické údaje koaxiálního svodiče bleskových proudů

bleskový impulzní proud (10/350 μ s) linka – PE I _{imp}	15 kA
jmenovitý výbojový proud (8/20 μ s) linka – PE I _n	20 kA
ochranná napěťová hladina linka – PE při 1 kV/ μ s C3 UP	25 V
vlnová impedance Z	50 Ω
pracovní kmitočet	5 - 5,8 GHz
vložný útlum	3 dB
krytí	IP 20
rozsah pracovních teplot	- 40°C ... + 80°C
připojení vstup - výstup	female N 50 / reverzní SMA
splňuje požadavky normy	ČSN EN 61 643-21



Obrázek 6-16 Umístění DV M TNC v hlavním rozváděči

7 ZÁVĚR

Přínosem celého projektu je fakt, že ukazuje celkový postup při problematice návrhu ochrany proti přepětí. Názorně ukazuje krok za krokem, co je nutné všechno udělat, aby ochrana proti přepětí chráněné budovy byla v souladu se souborem norem ČSN EN 62305.

Před začátkem tvorby této práce bylo nutné se seznámit se souborem norem ČSN EN 62305, především s částmi 1,2,3 a 4. S využitím těchto poznatků jsem si vyzkoušel, jak se postupuje při návrhu ochrany proti přepětí pro obyčejný rodinný dům. Nejprve bylo nutné vymyslet si nějaký dům, který měl dané rozměry, tvar, charakter okolí a další vlastnosti. (*kap. 2*)

Chráněnou budovu jsem zařadil do třídy ochrany LPS III a následně byla pro ověření provedena analýza rizika a to nejprve ručně podle normy ČSN EN 62305-2 a potom i pomocí počítačového programu. Oba výsledky byly téměř stejné a potvrdili vhodnost opatření proti přepětí pro třídu LPS III. Celá analýza rizika včetně obecného úvodu i celého postupu je provedena v kapitole 2.

K určení počtu svodů byl použit počítačový program. Kromě toho byl základní výpočet proveden i ručně. Celý návrh počtu svodů včetně, materiálu i průřezů vodičů se nachází v kapitole 5.1.

V kapitole 5.3 je navrhována jímací soustava, což obnáší konstrukční provedení, průměry vodičů, materiály vodičů a schéma jímací soustavy jako půdorys střechy. Správnost konstrukce jímací soustavy byla ověřena v AutoCADu pomocí metody ochranného úhlu a metody valicí se koule. Ověření je provedeno v kapitolách 5.4 a 5.5.

Práce se také zabývá problematikou antén a podobných zařízení, která se nachází na střeše chráněné budovy v blízkosti jímací soustavy. V práci je navrženo ideální řešení, které je v souladu s normou ČSN EN 62305-3. Této problematice včetně výpočtu bezpečné vzdálenosti se věnuje kapitola 5.6.

Práce dále pojednává i o vnitřní ochraně proti přepětí. Po úvodní teoretické části svodičů přepětí následuje samotný návrh vnitřní přepět'ové ochrany. To znamená, že byly vybrány konkrétní vhodné svodiče přepětí a svodiče bleskových proudů a taky bylo navrženo jejich přesné umístění a způsob zapojení. Návrh vnitřní přepět'ové ochrany je v kapitole 6.2.

Další postup práce by zahrnoval návrh zemnicí soustavy celého chráněného objektu a také návrh vyrovnaní potenciálu všech neživých vodivých částí. Zdokonalení práce by představovalo také použití profesionálních 3D počítačových programů k testování metody valicí se koule, což je daleko přesnější než s 2D náčrtem v AutoCADu, který byl použit v této práci. Projekt by se dal rozšířit i o přesné schéma zapojení svodičů ve všech slaboproudých obvodech.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Alexander Satinský, I. J. (2006). *Ochrana před bleskem a přepětím*. Iris
- [2] Berka, Š. (2008). *Elektrotechnická schémata a zapojení 1*. Praha: BEN - technická literatura
- [3] Burat, I. J. (2006). *Blesk a přepětí*. Praha: FCC public s.r.o.
- [4] Dvořáček, K. (2004). *Rekonstrukce elektroinstalace*. Brno: ERA, group, spol. s r.o
- [5] Dvořáček, K. (2008). *Správná a bezpečná elektroinstalace*. Brno: ERA, group, spol. s r.o.
- [6] Klaus Tkotz a kolektiv *Příručka pro elektrotechniku*, (2002) Praha: Europa-Sobotáles s.r.o.
- [7] Klimša, D. (2009). *Vnější a vnitřní ochrana před bleskem*. Praha: IN-EL spol. s r.o.
- [8] Kunc, J. (2003). *Elektroinstalace krok za krokem*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- [9] Ing. Michal Kříž. *Dimenzování a jištění elektrických zařízení - tabulky a příklady* (2008).. Praha: IN-EL spol. s r.o.
- [10] Štěch, K. (2000). *Elektroinstalace doma a na chatě*. Praha: Grada Publishing, spol. s r.o.
- [11] Doc. Ing. František Veselka, CSc. Ing. Rostislav Huzlík, *Inspekční a revizní činnost*, Akademické Nakladatelství CERM, s.r.o Brno, 2007
- [12] Jan Hájek, Dalibor Šalanský, *Kniška 2.0*
- [13] *Elektro v praxi 1*, solid elektro team, 2003
- [14] RNDr. Karel Černý, CSc. *Praktická elektrotechnika*, Europa-Sobotáles, Praha 2004
- [15] Katalog Dehn 2009, <http://www.dehn.cz/cz/pdf09/DehnKK2009CZ.pdf>
- [16] Odborný časopis ELEKTRO,
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22832
- [17] www.přepětí.cz
- [18] Návrh hromosvodní ochrany dle souboru norem ČSN EN 62305
http://www.dashofer.cz/download/pdf/tzb_ukazka.pdf?wa=WWW09I4+SK
- [19] Prof. Ing. Jiří Svačina, CSc., elektromagnetická kompatibilita, skripta- přednášky Brno 2002
- [20] *Ochrana před bleskem-ČSN.pdf*,
http://fei1.vsb.cz/kat452/VSB.CZ/Bakalarske/prednasky/pred_ZEP/Ochrana%20pred%20bleskem-CSN.pdf
- [21] http://www.oez.cz/file/279_1_1/ OEZ Přepět'ové ochrany - Aplikační příručka
- [22] Moeller svodiče přepětí, *svodiče.pdf*
- [23] Přepět'ové ochrany, http://www.proepster.cz/download/soub/prep_ochr.pdf
- [24] www.elektrika.cz
- [25] ČSN EN 62305-1 Obecné principy
- [26] ČSN EN 62305-2 Řízení rizika
- [27] ČSN EN 62305-3 Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života
- [28] ČSN EN 62305-4 Elektrické a elektronické systémy ve stavbách
- [29] ČSN EN 62305-5 Inženýrské sítě
- [30] http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36738