

**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**

**NÁVRH PŘEPĚŤOVÉ OCHRANY PRO OBJEKT S  
NEBEZPEČÍM VÝBUCHU**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

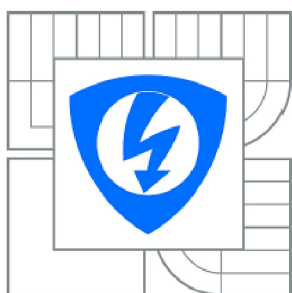
**Bc. ROMAN POLÁŠEK**

**BRNO 2014**



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

## NÁVRH PŘEPĚŤOVÉ OCHRANY PRO OBJEKT S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU

DESIGN OF OVERVOLTAGE PROTECTION FOR THE OBJECT WITH EXPLOSIVE RISK

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

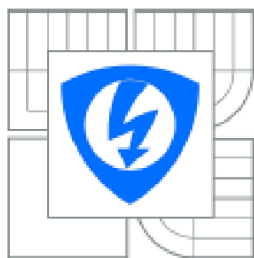
Bc. ROMAN POLÁŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. BRANISLAV BÁTORA

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor  
**Elektroenergetika**

**Student:** Bc. Roman Polášek

**ID:** 119579

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2013/2014

## NÁZEV TÉMATU:

**Návrh přepětové ochrany pro objekt s nebezpečím výbuchu**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Přepětí v ES NN
2. Návrh přepětových ochran dle ČSN EN 62305
3. Projektování elektrických rozvodů v prostorách s nebezpečím výbuchu
4. Zpracování konkrétní projektové dokumentace pro provedení stavby

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 10.2.2014

**Termín odevzdání:** 23.5.2014

**Vedoucí práce:** Ing. Branislav Bětora

**Konzultanti diplomové práce:**

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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 části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Návrh přepětové ochrany pro objekt s nebezpečím výbuchu” jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si 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.

V Brně dne ..... Podpis autora .....

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Branislavu Bátorovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Dále děkuji Rostislavu Poláškovvi za cenné rady z pozice revizního technika s praxí v prostorách s nebezpečím výbuchu.

V Brně dne ..... Podpis autora .....

Bibliografická citace práce:

Bc. POLÁŠEK, R. *Návrh přepětové ochrany pro objekt s nebezpečím výbuchu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2014. 83 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Branislav Bátora.

## **ABSTRAKT**

Tento diplomová práce se zabývá postupem projektováním přepětových ochran pro objekt s nebezpečím výbuchu a to dle souboru norem ČSN EN 62305 a 60079. Tato práce se skládá ze čtyř hlavních částí. První část se zabývá teorií vzniku blesku a přepětí. Následně ve druhé části je věnována pozornost teorii ochrany proti těmto jevům a návrhem vnější a vnitřní ochrany proti blesku a přepětí. Tato kapitola se ještě věnuje i požadavkům na elektrické instalace v prostorách s nebezpečím výbuchu. Ve třetí části je zpracována analýza rizika pro zvolený objekt Lakovny a to dle ČSN EN 62305-2 ed.2 a v závěru práce je zpracován návrh vnější ochrany proti blesku a vnitřní ochrana proti přepětí.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** Atmosférická přepětí, Analýza rizika, Blesk, Hromosvod, Prostory Ex, Přepětová ochrana, Spínací přepětí, Svodiče přepětí.

## **ABSTRACT**

This master's thesis deals with the designing process of surge protection for the object potentially explosive atmospheres and according to a set of standards ČEN EN 62305 and ČSN EN 60079. This work consists of four main parts. The first part deals with the theory of lightning and surges. Subsequently, in the second part is devoted to the theory of protection against these phenomena and proposals for external and internal lightning protection and surge. This chapter also deals with more demands on electrical installations in hazardous areas. The third part deals with the analysis of the risks to the subject plant and according to ČSN EN 62305-2 ed.2 and at the conclusion of the study is a proposal for external lightning protection and internal surge protection.

**KEY WORDS:** Atmospheric overvoltages, Hazardous Areas, Lightning, Lightning rod, Risk management, Switching overvoltages, Surge arresters, Surge protection.

# OBSAH

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>9</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>11</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>12</b>
<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>12</b>
<b>2 CÍLE PRÁCE .....</b>	<b>13</b>
<b>3 TEORIE BLESKU A PŘEPĚTÍ.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 ZÁKLADNÍ POJMY .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 LEMP ATMOSFÉRICKÁ PŘEPĚTÍ.....</b>	<b>14</b>
3.2.1 PŘÍMÝ ÚDER BLESKU .....	15
3.2.2 VZDÁLENÝ ÚDER BLESKU (NEPŘÍMÝ).....	17
3.2.3 ÚČEL OCHRANY PŘED BLESKEM .....	17
<b>3.3 SEMP SPÍNACÍ PŘEPĚTÍ.....</b>	<b>18</b>
<b>3.4 OSTATNÍ PŘEPĚTÍ.....</b>	<b>18</b>
<b>3.5 HLADINY OCHRANY PŘED BLESKEM (LPL) .....</b>	<b>19</b>
<b>4 NÁVRH OCHRANY PŘED BLESKEM .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1 VÝPOČET RIZIKA.....</b>	<b>20</b>
4.1.1 ŠKODY A ZTRÁTY .....	20
4.1.2 RIZIKA.....	21
4.1.3 SKLÁDÁNÍ RIZIK.....	22
4.1.4 ZÁKLADNÍ ROVNICE.....	23
<b>4.2 VNĚJŠÍ OCHRANA PROTI BLESKU (VNĚJŠÍ LPS).....</b>	<b>26</b>
4.2.1 BLESKOSVOD (HROMOSVOD).....	26
4.2.2 JÍMACÍ SOUSTAVA .....	27
4.2.3 SVODY.....	30
4.2.4 DOSTATEČNÁ VZDÁLENOST.....	31
4.2.5 UZEMNĚNÍ.....	31
4.2.6 MATERIÁLY .....	33
<b>4.3 VNITŘNÍ OCHRANA PROTI BLESKU (VNITŘNÍ LPS).....</b>	<b>35</b>
4.3.1 ZÓNY BLESKOVÉ OCHRANY (LPZ) .....	35
4.3.2 EKVIPOTENCIONÁLNÍ POSPOJOVÁNÍ (EB) .....	36
4.3.3 SPD TYP 1 (B).....	37
4.3.4 SPD TYP 2 (C).....	37
4.3.5 SPD TYP 3 (D).....	37
4.3.6 PROVEDENÍ SPD .....	38
4.3.7 VARISTORY .....	39
4.3.8 POLOVODIČOVÉ PŘECHODY .....	40
4.3.9 KOMBINOVANÉ SPD .....	40
4.3.10 JIŠTĚNÍ ZAŘÍZENÍ OCHRANY PŘED PŘEPĚTÍM.....	40
4.3.11 OCHRANA POMOCÍ KOORDINOVANÝCH SPD OCHRAN .....	41



<b>5 OCHRANA PROSTOR S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU (EX).....</b>	<b>42</b>
<b>5.1 TERMÍNY A DEFINICE EX PROSTOR .....</b>	<b>42</b>
5.1.1 ZÁKLADNÍ DĚLENÍ PROSTOR S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU .....	42
5.1.2 ZAŘÍZENÍ URČENÁ DO PROSTORŮ EX.....	43
<b>5.2 ELEKTRICKÁ INSTALACE V PROSTORÁCH EX .....</b>	<b>45</b>
5.2.1 PROVEDENÍ INSTALACE EX.....	45
5.2.2 OCHRANA PŘED NEBEZPEČNÝM (ZÁPALNÝM) JISKŘENÍM .....	46
5.2.3 ELEKTRICKÁ OCHRANA .....	48
5.2.4 INSTALAČNÍ POŽADAVKY NA ELEKTROINSTALACI V PROSTORÁCH EX.....	49
5.2.5 JISKROVĚ BEZPEČNÉ OBVODY .....	49
<b>5.3 OCHRANA PŘED BLESKEM A PŘEPĚTÍM V EX PROSTORÁCH.....</b>	<b>49</b>
5.3.1 VNITŘNÍ OCHRANA PROTI BLESKU V PROSTORÁCH EX .....	50
<b>6 PŘEDSTAVENÍ OBJEKTU LAKOVNY .....</b>	<b>51</b>
<b>7 ANALÝZA RIZIKA PRO OBJEKT LAKOVNY.....</b>	<b>52</b>
<b>7.1 VÝPOČET RIZIKA.....</b>	<b>52</b>
7.1.1 STANOVENÍ SOUČÁSTÍ RIZIKA ZPŮSOBENÝCH ÚDEREM DO STAVBY (S1) .....	52
7.1.2 STANOVENÍ SOUČÁSTÍ RIZIKA ZPŮSOBENÉHO ÚDERY V BLÍZKOSTI STAVBY (S2).....	54
7.1.3 STANOVENÍ SOUČÁSTÍ RIZIKA ZPŮSOBENÉHO ÚDERY DO VEDENÍ PŘIPOJENÉHO KE STAVBĚ (S3) .....	55
7.1.4 STANOVENÍ SOUČÁSTÍ RIZIKA ZPŮSOBENÉHO ÚDERY V BLÍZKOSTI VEDENÍ PŘIPOJENÉHO KE STAVBĚ (S4).....	57
7.1.5 ZÁVĚR VÝPOČTU RIZIKA .....	58
<b>7.2 VÝPOČET RIZIKA POMOCÍ SOFTWARE PROZIK .....</b>	<b>59</b>
7.2.1 PROVEDENÍ VÝPOČTU .....	59
7.2.2 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ RUČNÍHO VÝPOČTU RIZIK SE SOFTWAREM PROZIK .....	64
<b>7.3 VÝPOČET RIZIKA POMOCÍ SOFTWARE KLIMŠA.....</b>	<b>64</b>
7.3.1 PROVEDENÍ VÝPOČTU .....	64
7.3.2 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY RIZIKA S RUČNÍM VÝPOČTEM .....	68
<b>7.4 SROVNÁNÍ SOFTWARE PROZIK A KLIMŠA URČENÝCH PRO ANALÝZU RIZIKA .....</b>	<b>68</b>
<b>8 NÁVRH VNĚJŠÍ OCHRANY LPS .....</b>	<b>69</b>
<b>8.1 NÁVRH POČTU SVODŮ A JEJICH ROZMÍSTĚNÍ .....</b>	<b>70</b>
<b>8.2 NÁVRH JÍMACÍ SOUSTAVY .....</b>	<b>70</b>
8.2.1 VÝPOČET DOSTATEČNÉ VZDÁLENOSTI „S“ .....	71
8.2.2 NÁVRH POMOCNÝCH JÍMAČŮ .....	72
<b>8.3 PROVEDENÍ JÍMACÍ SOUSTAVY A SVODŮ .....</b>	<b>73</b>
<b>8.4 NÁVRH UZEMNĚNÍ.....</b>	<b>74</b>
<b>9 NÁVRH VNITŘNÍ OCHRANY LPS.....</b>	<b>75</b>
<b>9.1 NÁVRH PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN .....</b>	<b>75</b>
9.1.1 PRVNÍ STUPEŇ OCHRANY PROTI BLESKOVÝM PROUDŮM .....	76
9.1.2 DRUHÝ STUPEŇ OCHRANY PROTI PŘEPĚTÍ .....	76
9.1.3 TŘETÍ STUPEŇ OCHRANY PROTI PŘEPĚTÍ.....	77
<b>9.2 SLABOPROUDÁ INSTALACE.....</b>	<b>78</b>
<b>9.3 NÁVRH OCHRANNÉHO POSPOJOVÁNÍ V OBJEKTU.....</b>	<b>80</b>

<b>10 ZÁVĚR.....</b>	<b>81</b>
<b>10.1 ZÁVĚRY PRÁCE A JEJÍ PŘÍNOS.....</b>	<b>81</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>82</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 3-1: Přímý úder blesku; převzato z [17].....</i>	15
<i>Obr. 3-2: Přímý úder blesku do vedení; převzato z [17]..</i>	16
<i>Obr. 3-3: Vzdálený (nepřímý) úder blesku; převzato z [17]...</i>	17
<i>Obr. 4-1: Izokeraunická mapa ČR; převzato z [17]..</i>	25
<i>Obr. 4-2: Princip metody valící se koule; převzato z [13].....</i>	28
<i>Obr. 4-3: Princip metody ochranného úhlu; převzato z [13]...</i>	28
<i>Obr. 4-4: Metoda ochranného úhlu v závislosti na LPS; převzato z [25]...</i>	29
<i>Obr. 4-5: Princip metody mřížové sítě; převzato z [13]...</i>	29
<i>Obr. 4-6: Provedení základového zemniče; převzato z [20].....</i>	32
<i>Obr. 4-7: Zóny bleskové ochrany; převzato z [21]....</i>	35
<i>Obr. 4-8: Princip zapojení vstupujících vedení do objektu na EB; převzato z [22]....</i>	36
<i>Obr. 4-9: Příklad umístění SPD; převzato z [23]....</i>	37
<i>Obr. 4-10: Principiální uspořádání jednoduchého jiskřiště; převzato z [3]....</i>	38
<i>Obr. 4-11: Řez strukturou varistoru; převzato z [3]....</i>	39
<i>Obr. 4-12: Příklad koordinace SPD mezi sebou a s proudovými chrániči RCD; převzato z [13]....</i>	41
<i>Obr.5-1: Značení elektrických zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu pro plyny a páry; převzato z [12].....</i>	44
<i>Obr. 5-2: Značení elektrických zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu prachu; převzato z [12].....</i>	45
<i>Obr. 5-3: Příklad ochranného pospojování; převzato z [24].....</i>	48
<i>Obr. 7-1: Vytvoření projektu v programu Prozik.....</i>	59
<i>Obr. 7-2: Zadávání hodnot do programu Prozik .....</i>	60
<i>Obr. 7-3: Parametry chráněného objektu .....</i>	60
<i>Obr. 7-4: Parametry připojených vedení k objektu.....</i>	61
<i>Obr. 7-5: Parametry vnitřních systémů.....</i>	61
<i>Obr. 7-6: Parametry ztrát....</i>	62
<i>Obr. 7-7: Parametry zón....</i>	62
<i>Obr. 7-8: Výsledné pravděpodobnosti škod a následné ztráty sloužící jako částečná kontrola mezivýsledků.....</i>	63
<i>Obr. 7-9: Výsledná rizika pro objekt Lakovny.....</i>	63
<i>Obr. 7-10: Vytvoření projektu analýzy rizika v programu Klimša.....</i>	65
<i>Obr. 7-11: Zadávání parametrů do programu Klimša.....</i>	65

## Seznam obrázků

---

<i>Obr. 7-12: Vložení parametrů objektu Lakovny.....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 7-13: Parametry vnitřní instalace a ochranných opatření... ..</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 7-14: Parametry připojených vedení .....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 7-15: Výsledek analýzy rizika v programu Klimša.....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 8-1: Pohled na objekt Lakovny bez instalace vnější ochrany (hromosvodu).....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 8-2: Rozměry objektu Lakovny a rozmístění zařízení na střeše.....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 8-3: Návrh počtu a rozdělení svodů po obvodu objektu Lakovny.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 8-4: Návrh jímací soustavy pro objekt Lakovny - celkový pohled na střechu .....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 8-5: Zobrazení jímáče typu A.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 8-6: Zobrazení jímáče typu B.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 8-7: Zobrazení jímáče typu C .....</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 8-8: Ukázka podobné situace se střešní vzduchotechnikou .....</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 8-9: Návrh uzemnění objektu Lakovny .....</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 8-10: Objekt Lakovny s instalovanou jímací soustavou .....</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 9-1: Silové rozvody objektu Lakovny .....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 9-2: Svodič bleskových proudů DEHNBloc 3 255 H; převzato z [25].....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 9-3: Svodič přepětí DEHNGuard M TNS 275; převzato z [26] .....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 9-4: Svodič přepětí DEHNrail M 4P 255; převzato z [27].....</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 9-5: Svodič přepětí BLITZDUCTOR XTU s modulem BXT ML 4 BD 180; převzato z [28].</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 9-6: Ochranná hladina svodiče BLITZDUCTOR modulu BXT ML 4 BD; převzato z [28] ..</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 9-7: Svodič přepětí BLITZDUCTOR XT EX s modulem BXT ML 4 BD EX; převzato z [29]</i>	<i>79</i>
<i>.....</i>	<i>79</i>

## SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 3-1: Maximální hodnoty parametrů blesku v závislosti na LPL [4]..</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 4-1: Typické hodnoty přípustného rizika <math>R_T</math> [5].....</i>	<i>23</i>
<i>Tab. 4-2: Rozdělení tříd LPS [5].....</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 4-3: Typické hodnoty vzdáleností mezi svody [6]..</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 4-4: Minimální tloušťky oplechování nebo kovových potrubí jímací soustavy [13].....</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 4-5: Materiály, tvary a min. průřezy ploch jímací soustavy, jímacích tyčí a svodů některých materiálů [13].</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 4-6: Materiály, tvary a minimální rozměry zemničů [13].....</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 4-7: Jmenovité impulzní výdržné napětí podle impulzní výdržné kategorie [13]..</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 5-1: Vztah EPL k zónám Ex [8]..</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 5-2: Vztah mezi teplotou vznícení plynu nebo páry a teplotní třídou zařízení [18].....</i>	<i>44</i>

## SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

*Dostatečná vzdálenost „s“* – vzdálenost vnějšího LPS od vodivých částí stavby či zařízení, a nebo mezi vodivými částmi, na nichž je při úderu blesku rozdílný potenciál,

*EB* – ekvipotencionální pospojování,

*ČSN* – česká technická norma,

*EPL* – (*equipment protection level*) úroveň ochrany zařízení,

*HOP* – hlavní ochranná přípojnice,

*LPS* – (*lightning protection system*) systém ochrany před bleskem,

*LPL* – (*lightning protection level*) hladina ochrany před bleskem,

*LPZ 0, 1, 2 a 3* – (*lightning protection zone*) zóny ochrany před bleskem,

*LPS* – (*lightning protection system*) systém ochrany před bleskem:

– vnější LPS – jímače, svody, uzemnění,

– vnitřní LPS – ekvipotenciální pospojování (EB), stínění atd.

*LEMP* – (*lightning electromagnetic impulse*) atmosférická přepětí,

*SEMP* – (*switch electromagnetic impulse*) spínací přepětí,

*RCD* – (*residual protective device*) proudový chránič,

*SPD* – (*surge protective device*) – přepět'ové ochranné zařízení,

*SPD typ 1* – svodič bleskových proudů,

*SPD typ 2 a 3* – svodič přepětí,

*Prostory Ex* – prostory s nebezpečím výbuchu.

# 1 ÚVOD

Tato diplomová práce nese název „Návrh přepětové ochrany pro objekt s nebezpečím výbuchu.“ Cílem této diplomové práce bylo seznámit se s teorií ochrany proti blesku skládající, která se skládá z instalace vnější a vnitřní ochrany a to na objektu s nebezpečím výbuchu. Bylo přistoupeno na realizaci projektu provedení návrhu systému ochrany proti blesku na zvoleném objektu Lakovny, který bude splňovat potřebu ochrany proti blesku a přepětí, a zároveň bude mít ve svých místnostech nebezpečné výbušné atmosféry.

Obsahem této práce je seznámení se s problematikou teorie účinků blesku a následných nežádoucích jevů, proti kterým se bráníme instalací vnější a vnitřní ochrany proti blesku. V dalších částech diplomové práce je věnován důraz na metody návrhu vnější ochrany, uzemnění a systému koordinované SPD ochrany. Součástí práce je také popis metod ochrany prostor s nebezpečím výbuchu a porovnání takovýchto instalací s prostory normálními.

Problematikou ochrany proti blesku se zabývá soubor norem ČSN 62305 a v práci bylo nutno dbát také na soubor norem týkající se instalací v prostorách s nebezpečím výbuchu a to ČSN EN 60079.

Normy týkající se této práce:

A) *Soubor norem ČSN EN 62305* je rozdělen do 4 samostatných částí:

1. **ČSN EN 62305-1 ed.2 Obecné principy** – obecné principy, kterými se má řídit ochrana před bleskem. Informuje o nebezpečí blesku a jeho parametrech.
2. **ČSN EN 62305-2 ed.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 ed.2 Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života** – Tento svazek se zabývá návrhem vnější ochrany před bleskem.
4. **ČSN EN 62305-4 ed.2 Elektrické a elektronické systémy ve stavbách** – Obsahuje ochranná opatření ke snížení počtu selhání elektrických a elektronických systémů uvnitř staveb.

B) *Soubor norem ČSN 60079* - prostory Ex

1. **ČSN EN 60079-0 Všeobecné požadavky**
2. **ČSN EN 60079-10-1 a 2 Určování nebezpečných prostorů- Výbušné plynné atmosféry  
prachové atmosféry**
3. **ČSN EN 60079-14 ed.3 Návrh, výběr a zřizování elektrických instalací**

## 2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je seznámení se, se soubory norem týkajících se ochrany objektů proti blesku a přepětím se zaměřením se na objekty s nebezpečím výbuchu. Provedení návrhu vnější a vnitřní ochrany proti blesku u modelového příkladu výrobní haly - Lakovny podle souboru norem ČSN EN 62305 a ČSN 60079. Součástí diplomové práce jsou body, které budou dále vypracovány:

### Hlavní cíle:

- seznámení se soubory norem ČSN EN 62305 a ČSN EN 60079 a vytvoření teoretického základu k této problematice
- provedení ručního výpočtu analýzy rizika, na základě jehož se stanoví ochranná opatření pro objekt Lakovny
- provedení kontrolního výpočtu analýzy rizika ve vybraných softwarových programech Prozik a program Klimša a porovnání těchto dosažených výsledků s ručním výpočtem
- zpracování návrhu vnější ochrany LPS pro objekt Lakovny
- zpracování návrhu vnitřní ochrany LPS v objektu Lakovny

### Vedlejší cíle:

- srovnání vybraných softwarů pro analýzu rizika



## 3 TEORIE BLESKU A PŘEPĚTÍ

### 3.1 Základní pojmy

*Blesk* - jedná se v podstatě o silný elektrostatický výboj vzniklý za bouřky. Bleskový výboj je provázen emisí světla a zvukový projev blesku je projevem rychle se zahřívajícího okolního vzduchu, který díky expanzi produkuje charakteristický zvuk, hrom. [2]

*Bleskosvod* - jinak také nazývaný hromosvod je zařízení určené k ochraně objektů a živých bytostí v nich před účinky blesku. Toto zařízení slouží k vytvoření umělé vodivé cesty k přijetí a svedení bleskového výboje do země. [13]

*Přepětí* - je to jakékoliv napětí, které svou vrcholovou hodnotou přesahuje odpovídající vrcholovou hodnotu největšího pracovního napětí rozvodu sítě nn. Přepětí je většinou náhodný jev, jehož parametry jako například časový průběh nebo místo vzniku liší případ od případu. Jeho další parametry jsou určeny nejen příčinou (atmosférickým výbojem či spínáním v silnoproudé síti atd.), ale také vlastnostmi postiženého vedení (odpor, impedance, vybíjecí schopnost, dielektrická schopnost izolace atd.). [3]

### 3.2 LEMP atmosférická přepětí

Jsou to nejnebezpečnější přepětí způsobené především bouřkovou činností (výbojem blesku). Blesk je v podstatě elektrický výboj uskutečněný mezi elektricky nabitým mrakem a zemí (blesk do země), mezi dvěma a více mraky nebo mezi částmi jednoho mraku. Blesky vznikají v bouřkových buňkách, kde tyto buňky dosahují průměru až několika kilometrů. Takováto bouřková buňka je aktivní nejvýše po dobu 30 minut a generuje přibližně 2 - 3 blesky za minutu, které vznikají při intenzitě elektrického pole v řádech stovek kV/m. Ve středu takovéto bouřkové buňky existuje silný vzestupný proud, který způsobuje oddělení pozitivních a negativních nábojů. Pozitivní náboj bývá většinou umístěn v horní části buňky, zatímco negativní bývá v dolní části. V blízkosti země dochází k nabíjení bouřkových buněk pozitivním nábojem a to bývá často způsobeno tzv. sršivými výboji především pak z lesních porostů. Takovéto bouřkové buňky často vznikají za letních veder, nebo při pohybu velkých vzdušných mas. [14]

#### Rozlišení bouřek podle vzniku:

- *bouřky z horka* - intenzivní sluneční záření nám zahřeje vrstvu atmosféry (vzduch), který nám poté stoupá směrem vzhůru,
- *bouřky způsobené frontálním prouděním vzduchu* - postup studené fronty má za následek vytlačování teplého vzduchu vzhůru,
- *bouřky orografické* - teplý vzduch je vytlačován vzhůru díky terénním vyvýšením.

Důležitým parametrem je tzv. intenzita bouřkové činnosti, neboli četnost úderů blesku na km<sup>2</sup> za rok (důležitý parametr pro výpočet rizika). Na našem území se tato hodnota pohybuje od 2 do 8 úderů na km<sup>2</sup> za rok. Hodnoty je možné zjistit pomocí izokeraunické mapy obr. 4-1, na straně č.25 a vzorců popsaných v normě ČSN 62305. [14]

### 3.2.1 Přímý úder blesku

Je to úder přímo do objektu, do bezprostředního okolí, do kovových konstrukcí budov, či do inženýrských sítí. Takovýto úder je nebezpečný hlavně proto, že veškerá energie blesku prochází přímo chráněným objektem. Takovýto bleskový proud vyvolá:

- a) Úbytkem napětí na zemním odporu dojde ke zvýšení potenciálu objektu oproti okolí. Tímto jevem vznikne na objektu rozdílový proud, který má za následek největší zatěžování elektrických zařízení v objektu.
- b) Smyčkovým indukovaným napětím vzniklým indukcí elektromagnetického pole atmosférického výboje, které se indukuje do elektroinstalace nebo do zařízení. [14]

Obr. 3-1: Přímý úder blesku; převzato z [17].



#### 3.2.1.1 Účinky přímého úderu blesku do objektu bez vnější ochrany před bleskem

U takového objektu není jasně definována vodivá dráha mezi jejím povrchem a zemí. Díky tomu případný výboj nebo jeho dílčí části procházejí nekontrolovatelně nejrůznějšími prvky nosných i nenosných konstrukcí, rozvodů a vnitřního vybavení, které svým průchodem může narušit anebo také zničit. Při takovémto případě může vzniknout ohrožení života a zdraví osob značnými rozdíly potenciálu, může dojít ke vzniku lokálního oteplování a následnému požáru. [13]

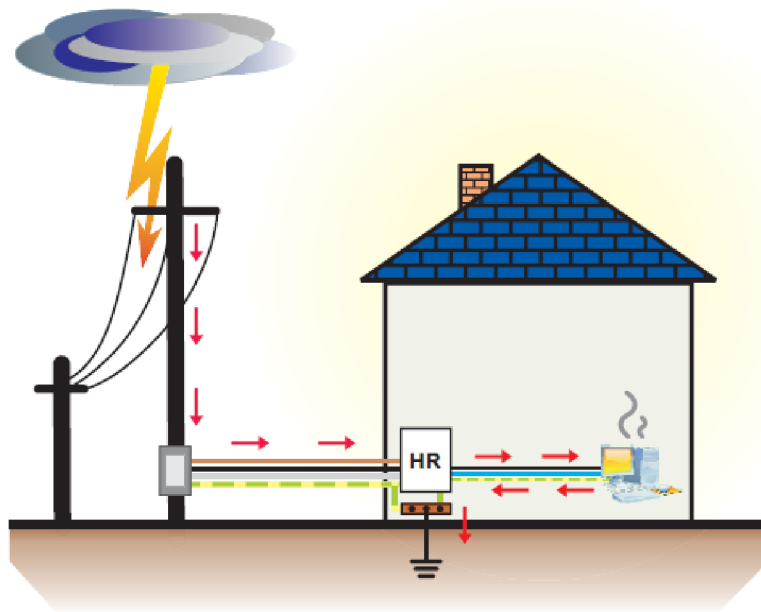
### 3.2.1.2 Účinky přímého úderu blesku do stavby s vnější ochranou před bleskem

Objekt s vnější ochranou před bleskem má pro případ zásahu bleskovým výbojem provedenu vodivou dráhu pro jeho svedení do země. Tím je objekt chráněn proti požáru způsobenému přímým zásahem blesku do něj. Problém ovšem nastává, když je tento výboj sveden do uzemnění a vlivem nenulového odporu uzemnění se nám zvýší potenciál celé uzemňovací soustavy. Pokud je v objektu provedeno hlavní a doplňkové pospojování, zvýší se současně s potenciálem uzemnění také potenciál všech kovových částí připojených k pospojování. Rozdíl potenciálů mezi uvažovaným objektem a okolím pak může dosahovat až milionu voltů. Důsledkem pak bývá zničení izolace nebo vznik velkých vyrovnávacích proudů mezi uzemněnými částmi přístrojů a nejrůznějšími napájecími vedeními přicházejícími z vnějšího prostředí. Proto je důležité provést pospojování všech vstupujících kovových potrubí do objektu a provést vnitřní ochranu LPS. [13]

### 3.2.1.3 Přímý úder blesku do nadzemního vedení NN a VN

V tomto případě se jedná o velice nepříjemný jev, kdy se po silovém vedení začnou úderem blesku do vedení šířit přepět'ové vlny se značnou energií. Pro spotřebitele elektrické energie to znamená, že mu hrozí zavlečení podstatných částí bleskových proudů na vstupy připojených budov a v nich instalovaných zařízení. Dostatečnou ochranou proti tomuto typu zavlečení bleskových proudů do objektů je funkční uzemňovací systém se správně umístěnými svodiči bleskových proudů. U přímého úderu blesku do vedení VN je riziko škod na zařízení menší než bylo v předchozím případě. Toto riziko je zmenšeno díky vlivu oddělení vedení vn/nn pomocí transformátoru. Ovšem i v tomto případě se mohou objevit různé nežádoucí komplikace. [13]

Obr. 3-2: Přímý úder blesku do vedení; převzato z [17].



### 3.2.2 Vzdálený úder blesku (nepřímý)

Vzdálenými údery se rozumí údery blesku do vzdálených objektů, anebo poblíž chráněných objektů. Může se jednat i o výboj blesku mrak - mrak v blízkosti chráněného objektu. Jedná se tedy o nepřímé údery blesku, ovšem i tyto výboje jsou schopny napáchat škodu v nechráněném objektu. Mohou vznikat i přepětí, která se indukují až na vzdálenost 2 kilometrů vzduchem anebo několik kilometrů pokud se šíří po vedení. [3]

Obr. 3-3: Vzdálený (nepřímý) úder blesku; převzato z [17].



### 3.2.3 Účel ochrany před bleskem

Jelikož blesk samotný je ve své podstatě elektrický výboj o vysoké teplotě, je nutné mu zabránit, aby jakýmkoliv způsobem procházel instalací uvnitř objektu nebo samotným objektem. Proto se snažíme vytvořit blesku cestu, kterou sami chceme, a snažíme se ji vytvořit takovým způsobem, aby byl tento proud bezpečně sveden do země. Jelikož proud blesku dosahuje stovek kA, což způsobuje zahřívání vodičů, jimiž prochází, je nutné brát v úvahu celou řadu informací a to o okolní instalaci ať už elektrické, sdělovací nebo o prostředí, ve kterém se může takovýto vodič nacházet.

Vnější ochrana proti blesku má v podstatě funkci ochrany proti požáru při přímém úderu blesku a to tím, že svede bleskový proud bezpečně do uzemnění a tudíž neprochází skrz stavbu, kde by mohl napáchat škodu. Ovšem za předpokladu, že tento systém vnější ochrany je správně navrhnut. Naproti tomu vnitřní ochrana proti blesku chrání náš objekt proti přepětím jak při přímém úderu blesku, tak při nepřímém úderu blesku. Problém totiž nastane i ve chvíli, kdy máme instalovanou vnější ochranu proti blesku a to proto, že část bleskového proudu se do objektu dostane přes síť vstupující do něj, a proto je kompletní ochrana proti blesku vždy složena z vnější i vnitřní ochrany. [13]

### 3.3 SEMP spínací přepětí

Jedná se o velmi častá přepětí, která jsou důsledkem nejčastěji průmyslových činností:

- a) zapínání a vypínání velkých zátěží
- b) zapálením nebo přerušením elektrického oblouku (sváření)
- c) zkraty v rozvodné soustavě

Tato přepět působí častokrát přímo na další součásti a zařízení připojená ke stejné rozvodné síti. Prostřednictvím indukčních a kapacitních vazeb mezi systémy, se mohou přenášet i do zdánlivě samostatných soustav. Jejich vrcholová hodnota v některých případech přesahuje až 10kV.

Mezi nejvýraznější zdroje těchto přepětí patří:

- *odpinání nezatížených zařízení s indukčností připojených paralelně ke zdrojům napětí,*
- *odpinání sériově připojených zařízení s indukčností od velkých proudových zdrojů, kondenzátorů nebo z vodivých smyček,*
- *zařízení řízená frekvenčně nebo fázově,*
- *jiskření sběračů na komutátorech a sběracích kroužcích točivých strojů,*
- *rázové tlumivky a transformátory při spínání kapacitní zátěže,*
- *zkraty v napájecí síti.*

[3] [13]

### 3.4 Ostatní přepětí

*Elektrostatický výboj* - vznik při mechanickém tření dvou izolantů a je téměř vždy lokálního charakteru. I přes svou malou energii dokáže poškodit elektrostaticky citlivých elektronických součástek. Tato přepětí jsou především záležitostí výrobců elektronických zařízení, kteří by se při návrhu zařízení měli zabývat ochranou proti těmto přepětím. Dá se mu předcházet vhodnými úpravami povrchů, ionizací a podobně. [13]

*Přepětí způsobená nukleárními výbuchy (NEMP)* - vznik tohoto přepětí je spojován s výbuchem jaderné bomby.

### 3.5 Hladiny ochrany před bleskem (LPL)

Pro účely svazku norem ČSN EN 62305 jsou zavedeny čtyři hladiny ochrany před bleskem (I až IV). Pro každou LPL je stanoven soubor maximálních a minimálních parametrů blesku. Maximální hodnoty parametrů bleskového proudu, které odpovídají hladině LPL I nebudou překročeny s pravděpodobností 99%. Hodnoty jsou uvedené v tab.3-1 a jsou používány pro návrh komponentů ochrany před bleskem (např. průřez vodičů, tloušťka kovového stínění, SPD, dostatečné vzdálenosti proti nebezpečnému jiskření). [4]

Tab. 3-1: Maximální hodnoty parametrů blesku v závislosti na LPL [4].

První krátký výboj		LPL			
Parametry proudu	Označení	I	II	III	IV
Vrcholový proud	I (kA)	200	150	100	
Náboj krátkého výboje	$Q_{\text{short}}$ (C)	100	75	50	
Specif. energie	W/R (MJ/ $\Omega$ )	10	5,6	2,5	
Čas. parametry	$T_1/T_2$ ( $\mu\text{s}/\mu\text{s}$ )	10/350			
Následný krátký výboj		LPL			
Parametry proudu	Označení	I	II	III	IV
Vrcholový proud	I (kA)	50	37,5	25	
Střední strmost	$di/dt$ (kA/ $\mu\text{s}$ )	200	150	100	
Čas. parametry	$T_1/T_2$ ( $\mu\text{s}/\mu\text{s}$ )	0,25/100			
Dlouhý výboj		LPL			
Parametry proudu	Označení	I	II	III	IV
Náboj dlouhého výboje	$Q_{\text{long}}$ (C)	200	150	100	
Čas. parametry	$T_{\text{long}}$ (s)	0,5			
Výboj		LPL			
Parametry proudu	Označení	I	II	III	IV
Náboj výboje	$Q_{\text{flash}}$ (C)	300	225	150	

## 4 NÁVRH OCHRANY PŘED BLESKEM

Začátku návrhu ochrany před bleskem předchází výpočet rizika. Smyslem tohoto výpočtu je vytvořit ochranu objektu tak, aby byl pro dané podmínky kvalitní. Norma ČSN EN 62305-2 ed.2 popisuje výpočet rizika, jehož výsledek se porovná se stanoveným limitem uvedeným v normě. Pokud je takto vypočtené riziko menší než stanovená limitní hodnota, ochrana objektu před bleskem je dostatečná pro dané podmínky. Je-li hodnota rizika větší než mez uvedená v normě, je nutné přistoupit k takovým opatřením, která nám zmenší vypočtené riziko pod mez danou normou.

Po výpočtech rizika s námi již určenými opatřeními pro zajištění ochrany objektu před bleskem, následuje samotný návrh způsobu řešení těchto opatření, čili návrh řešení vnější a vnitřní ochrany proti blesku (vnější a vnitřní LPS) případně ještě návrh uzemnění.

### 4.1 Výpočet rizika

Výpočet rizika má celou řadu vstupních informací, na základě kterých je počítání prováděno. Smyslem tohoto výpočtu je vytvořit systém ochrany před bleskem dostatečně kvalitní pro dané podmínky. Pro výpočet rizika musí být použit následující postup:

- identifikace chráněného objektu a jeho charakteristiky;
- určení všech typů ztrát v objektu a příslušných odpovídajících rizik  $R$  ( $R_1$  až  $R_4$ );
- stanovení rizika  $R$  pro každý typ ztrát ( $R_1$  až  $R_4$ );
- ocenění potřeby ochrany, porovnání rizika  $R_1$ ,  $R_2$  a  $R_3$  pro stavbu a ( $R_2'$  pro inženýrskou síť) s přípustným rizikem  $R_T$ ;
- ocenění efektivnosti nákladů na ochranu porovnáním nákladů na celkové ztráty s ochrannými opatřeními a bez nich. Pro ocenění těchto nákladů musí být v tomto případě proveden odhad součástí rizika  $R_4$  pro stavbu ( $R_4'$  pro inženýrskou síť). [5]

#### 4.1.1 Škody a ztráty

##### Příčiny poškození:

Příčinou poškození je bleskový proud a z hlediska polohy místa zachycení výboje se dělí na:

**S1** - údery do stavby;

**S2** - údery v blízkosti stavby;

**S3** - údery do inženýrských sítí;

**S4** - údery v blízkosti inženýrských sítí.

**Typy škod:**

Vývoj blesku může způsobit škody v závislosti na vlastnostech chráněné budovy. Pro praktické použití těchto ocenění rizika je dáno rozdělení do základních typů škod, které mohou nastat jako následek po úderu blesku.

**D1** - úraz živých bytostí;

**D2** - hmotná škoda;

**D3** - porucha elektrických a elektronických systémů

**Typy ztrát:**

Každý typ škody, samotný nebo v kombinaci s dalšími, může vyvolat následné ztráty v chráněném objektu, kdy tyto typy jsou uvedeny níže.

**L1** - ztráty na lidských životech;

**L2** - ztráty na veřejných službách;

**L3** - ztráty na kulturním dědictví;

**L4** - ztráty ekonomické hodnoty.

**4.1.2 Rizika**

Riziko R je poměrná hodnota pravděpodobnosti průměrných ročních ztrát. A pro každý typ ztrát, které mohou v objektu nastat, musí být vypočteno odpovídající riziko.

**R1** - riziko ztrát na lidských životech;

**R2** - riziko ztrát na veřejných službách;

**R3** - riziko ztrát na kulturním dědictví;

**R4** - riziko ztrát ekonomických hodnot;

**Součásti rizika pro stavbu následkem úderu do stavby (S1)**

**R<sub>A</sub>** - Součást vztahující se k úrazu živých bytostí dotykovým a krokovým napětím na ploše až do 3m vně od stavby. Mohou nastat ztráty L1 a v případě staveb obsahujících dobytek ztráty L4.

**R<sub>B</sub>** - Součást vztahující se k hmotné škodě způsobené nebezpečným jiskřením uvnitř stavby, které má za následek požár nebo výbuch a mohou ohrozit prostředí. Mohou nastat všechny typy ztrát.

**R<sub>C</sub>** - Součást vztahující se k poruše vnitřních systémů způsobené LEMP. Mohou nastat ve všech případech ztráty L2 a L4 společně s typem L1 v případě staveb s rizikem výbuchu, nemocnic nebo jiných staveb, kde porucha vnitřních systémů bezprostředně ohrožuje lidské životy.

**Součásti rizika pro stavbu následkem úderu v blízkosti stavby (S2)**

**R<sub>M</sub>** - Součást vztahující se k úrazu živých bytostí způsobenému úrazem el. proudem v důsledku dotykových a krokových napětí v objektu i mimo. Mohou nastat všechny případy ztrát.



**Součásti rizika pro stavbu následkem úderu do inženýrské sítě připojené ke stavbě (S3)**

- $R_U$  - Součást vztahující se k úrazu živých bytostí dotykovým a krokovým napětím uvnitř stavby, jejichž příčinou jsou bleskové proudy způsobené úderem do vedení vstupujícího do stavby. Mohou nastat ztráty L1 a v případě staveb obsahujících dobytek ztráty L4.
- $R_V$  - Součást vztahující se k hmotné škodě (požár nebo výbuch způsobený nebezpečným jiskřením mezi venkovní instalací a kovovými částmi, obvykle na vstupu vedení do stavby), způsobené blesk. proudem přeneseným přes nebo podél vstupujících inženýrských sítí. Ztráty L1, L2, L3 a L4.
- $R_W$  - Součást vztahující se k poruše vnitřních systémů způsobené přepětími indukovanými do vstupních vedení a přenesenými do stavby. Mohou nastat všechny případy ztrát L2 a L4 společně s typem L1 v případě staveb s rizikem výbuchu, nemocnic nebo jiných staveb, kde porucha vnitřních systémů bezprostředně ohrožuje lidské životy.

**Součásti rizika pro stavbu následkem úderu v blízkosti inženýrské sítě připojené ke stavbě (S4)**

- $R_Z$  - Součást vztahující se k poruše vnitřních systémů způsobené přepětími indukovanými do vstupních vedení a přenesenými do stavby. Mohou nastat všechny případy ztrát L2 a L4 společně s typem L1 v případě staveb s rizikem výbuchu, nemocnic nebo jiných staveb, kde porucha vnitřních systémů bezprostředně ohrožuje lidské životy.

[5]

**4.1.3 Skládání rizik**

Níže je uveden postup při skládání rizika vztahující se k objektům pro každý typ ztrát.

**R1 - Riziko ztrát na lidských životech:**

$$R_1 = R_A + R_B + R_C^{1)} + R_M^{1)} + R_U + R_V + R_W^{1)} + R_Z^{1)} \quad (4.1)$$

<sup>1)</sup> Pouze pro stavby s rizikem výbuchu a nemocnice s elektrickým zařízením pro záchranu životů nebo jiné stavy, když porucha vnitřních systémů bezprostředně ohrožuje lidské životy.

**R2 - Riziko ztrát na veřejných službách:**

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z \quad (4.2)$$

**R3 - Riziko ztrát na kulturním dědictví:**

$$R_3 = R_B + R_V \quad (4.3)$$

**R4 - Riziko ztrát ekonomických hodnot:**

$$R_4 = R_A^{2)} + R_B + R_C + R_M + R_U^{2)} + R_V + R_W + R_Z \quad (4.4)$$

<sup>2)</sup> Pouze pro nemovitosti, kde mohou být hospodářská zvířata.

Výsledkem výpočtu rizika jsou pak hodnoty R1, R2, R3 a R4, které následně porovnáváme s hodnotou přípustného rizika R<sub>T</sub> pro každý typ ztrát. Tímto porovnáním si uděláme představu o vhodnosti opatření námi navrhovanými. V normě ČSN 62305-2 ed.2 je stanoveno, že za určení hodnoty přípustného rizika R<sub>T</sub> zodpovídá orgán, který pro to má kompetenci, ovšem nikde není stanoveno, který orgán má pro stanovení přípustného rizika kompetenci má, proto bereme v potaz tabulku z této normy, která tyto hodnoty udává. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tab.4-1.

Tab.4-1: Typické hodnoty přípustného rizika R<sub>T</sub> [5].

Typy ztrát	R <sub>T</sub> (y <sup>-1</sup> )
Ztráty na lidských životech R <sub>1</sub>	10 <sup>-5</sup>
Ztráta veřejné služby	10 <sup>-3</sup>
Ztráta na kulturním dědictví	10 <sup>-4</sup>

#### 4.1.4 Základní rovnice

Každé součásti rizika R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub>, R<sub>M</sub>, R<sub>U</sub>, R<sub>V</sub>, R<sub>W</sub> a R<sub>Z</sub> mohou být popsány následující obecnou rovnicí:

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X \quad (4.5)$$

kdy N<sub>X</sub> je počet nebezpečných událostí za rok (Příloha A normy ČSN 62305-2 ed.2)

P<sub>X</sub> pravděpodobnost poškození stavby (Příloha B normy ČSN 62305-2 ed.2)

L<sub>X</sub> následné ztráty (Příloha C normy ČSN 62305-2 ed.2)

Počet N<sub>X</sub> událostí je ovlivněn hustotou úderů blesku do země a fyzickými charakteristikami chráněného objektu (okolí, půda). Pravděpodobnost poškození P<sub>X</sub> je ovlivňována vlastnostmi chráněného objektu a použitými ochrannými opatřeními. Následné ztráty L<sub>X</sub> jsou ovlivňovány použitím, pro které je chráněný objekt určen, přítomností osob, typem služeb poskytovaných veřejnosti, hodnotou zboží postiženého, a opatřeními učiněnými pro omezení velikosti ztrát. [5]

**Stanovení součástí rizika způsobených úderem do stavby (S1)**

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \quad (4.6)$$

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \quad (4.7)$$

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C \quad (4.8)$$

**Stanovení součástí rizika způsobených úderem v blízkosti stavby (S2)**

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M \quad (4.9)$$

**Stanovení součástí rizika způsobených úderem do vedení připojeného ke stavbě (S3)**

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U \quad (4.10)$$

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V \quad (4.11)$$

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W \quad (4.12)$$

Pokud má vedení více než jednu sekci, jsou hodnoty  $R_U$ ,  $R_V$  a  $R_W$  součtem hodnot  $R_U$ ,  $R_V$  a  $R_W$  odpovídajících každé sekci vedení. Uvažují se sekce mezi stavbou a prvním distribučním uzlem. V případě, že je objekt připojen na více než jedno vedení s různou trasou, musí se výpočet provést pro každé vedení.

**Stanovení součástí rizika způsobených úderem v blízkosti vedení připojeného ke stavbě (S4)**

$$R_Z = (N_I + N_L) \times P_Z \times L_Z \quad (4.13)$$

Pokud má vedení více než jednu sekci, postupuje se obdobně jako v případě  $R_U$ ,  $R_V$  a  $R_W$  s tím rozdílem, že počítáme pouze  $R_Z$ .

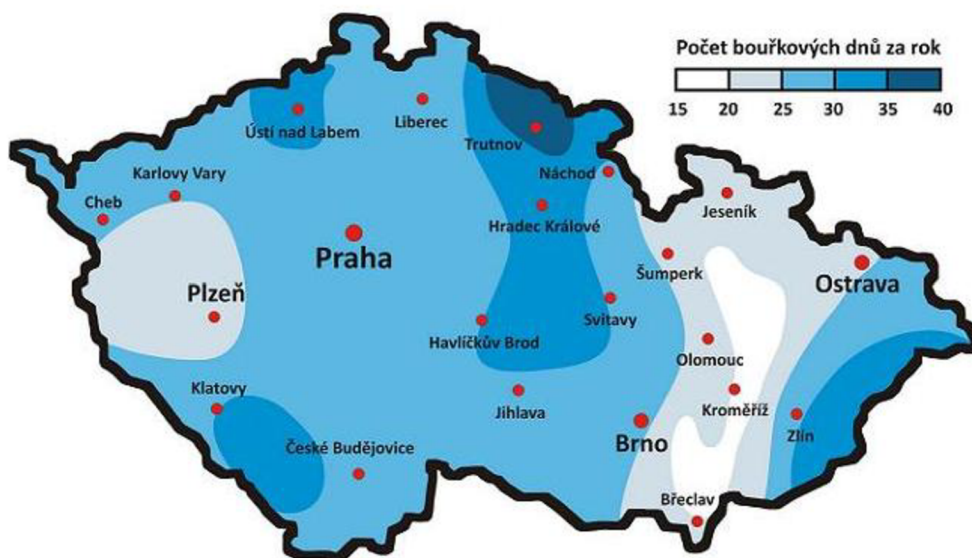
### Stavba s více zónami

V tomto případě je objekt rozdělen na více zón  $Z_s$ . Riziko pro objekt je pak součtem všech rizik příslušných zón stavby. V každé zóně je riziko součtem všech příslušných součástí rizika v dané zóně. Takovéto rozdělení pak projektantovi umožňuje posoudit charakteristiky objektu podle částí, kde jsou nutná určitá opatření a oddělit je od částí, kde tyto opatření nejsou nutná. [5]

### Stanovení hodnot počtu nebezpečných událostí za rok $N_x$

Ke stanovení počtu nebezpečných událostí za rok je nutné znát sběrnou oblast pro úderu bleskových výbojů (obsah plochy), činitel polohy chráněného objektu (pokud je obklopen vyššími nebo nižšími objekty apod.) a hustotu úderů blesku do země ( $1/\text{km}^2/\text{rok}$ ), kterou můžeme zjistit z izokeraunické mapy ČR uvedené na obr.4-1.

Obr. 4-1: Izokeraunická mapa ČR; převzato z [17].



### Stanovení hodnoty pravděpodobnosti poškození stavby $P_x$

Pravděpodobnost poškození stavby se v určitých případech určuje z tabulek pro danou příčinu poškození ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  a  $S_4$ ) anebo v některých případech pomocí výpočtu činitele  $K$ , na základě něhož pak určíme pravděpodobnost škody. Tato pravděpodobnost zohledňuje ochranná opatření použitá na objektu. Příkladem může být použitá třída LPS. Pokud máme třídu LPS I, pak pravděpodobnost škody na objektu se nám snižuje oproti použití třídy LPS III. To samé platí při použití koordinované SPD ochraně na objektu, zohledňuje se dále účinnost stínění stavby, charakteristiky vnitřního zapojení (kabeláže) a zohledňuje také impulzní výdržné napětí chráněného systému apod.. [5]

### Stanovení odhadu následných ztrát na stavbě $L_x$

Následné ztráty na stavbě jsou ovlivněny především určením stavby (nemocnice, průmyslový objekt, kostel ostatní), osobami uvnitř a vně objektu, typem povrchu podlahy nebo okolní půdy objektu, opatřeními na zmenšení následků požáru, riziko požáru objektu, úroveň zvláštních rizik (panika, riziko znečištění okolí apod.). Nepříjemné ztráty veřejné služby jako voda, plyn atd. jsou v tomto členu také zohledněny společně jako ztráty nenahraditelného kulturního dědictví a ekonomické ztráty. [5]

## 4.2 Vnější ochrana proti blesku (vnější LPS)

Vnější ochrana proti blesku neboli „hromosvod či bleskosvod“ je určen k:

- zachycení úderu do stavby (pomocí jímačů),
- svedení bleskového proudu bezpečně směrem do země (použitím soustavy svodů),
- rozptýlení bleskového proudu v zemi (použitím uzemňovací soustavy) bez toho, aby vznikly tepelné a mechanické škody,
- zamezení vzniku nebezpečného jiskření, která mohou vyvolat požár nebo explozi.

Pro účely výpočtu rizika je provedeno rozdělení objektů do tříd LPS. Tyto třídy jsou uvedeny v tab. 4-2.

Tab.4-2: Rozdělení tříd LPS [5].

Třída LPS	Příklady objektů	poloměr valící se koule $r$ (m)	velikost ok mřížové sítě (m)
I	Nemocnice, automobilky, plynárny, vodárny, banky, stanice mob. operátorů, chemičky, budovy s nebezpečím výbuchu	20	5 x 5
II	Supermarkety, muzea, RD s nadstandardní výbavou, školy, výškové stavby, hasiči a policie, prostory s nebezp. požáru	30	10 x 10
III	Rodinné domy (RD) administr. budovy, zemědělské stavby	45	15 x 15
IV	Budovy stojící v ochr. prostoru jiných objektů, sklady, haly	60	20 x 20

### 4.2.1 Bleskosvod (hromosvod)

#### 1) Izolovaný (oddálený) hromosvod (vnější LPS)

Použití takového typu hromosvodu je v případě, že tepelné a výbušné účinky v místě úderu nebo ve vodičích, které vedou bleskový proud, mohou způsobit škody na stavbě, nebo na jejím vybavení (zařízení, zboží atd.). Příkladem také mohou být stavby s hořlavou střechou nebo stěnami, či s prostředím s nebezpečím výbuchu a požáru. [13]

## 2) Hromosvod (vnější LPS) upevněný na stavbě

Toto provedení obsahuje dvě provedení:

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

[13]

**Elektricky izolovaný hromosvod** je takový, který je spojen s vodivými částmi stavby až (a jen) na úrovni terénu. Od jímačů až po zemi je dodržena dostatečná vzdálenost s mezi hromosvodem a vodivými částmi stavby.

**Hromosvod spojený s vodivými částmi stavby** je jednoduchého provedení s možností využití náhodných součástí a konstrukcí stavby jako jímačů a svodů. Jeho nevýhodou je pak pronikání dílčích bleskových proudů do stavby a z toho vyplývající nutnosti důslednější instalace přepětových ochran.

V praxi je dostačující u izolovaného typu hromosvodu instalovat přepětovou ochranu typu II (C) pro eliminování přepětové vlny, která vnikne do stavby přes vedení vstupující do ní. U hromosvodů vodivě spojených s částmi stavby je pak nutnost instalovat i svodiče bleskových proudů typu I (B). Tato varianta je náročnější a nákladnější díky nutnosti instalace většího průřezu zemního vodiče, tak i vzhledem k umístění svodičů a jejich koordinaci s dalšími stupni ochrany. Ovšem výhodou takového provedení může být slabší elektromagnetické pole než v případě izolovaného typu hromosvodu a možnost vzniku tzv. efektu Faradayovy klece.

Při návrhu je nutno dbát na prvotní záměr. Jelikož při použití izolovaného hromosvodu od stavby musíme dodržet všechny předpoklady jako dostatečná vzdálenost atd., jejich porušení byt jen v jediném místě má za následek znehodnocení celého systému ochrany proti blesku. [13]

### 4.2.2 Jímací soustava

Jímací soustava má za úkol bez následků zachytit bleskový výboj. Pravděpodobnost, že bleskový proud vnikne do stavby, bude podstatně snížena, jestliže bude správně navržena jímací soustava. Jímací soustavu tvoří:

- tyče nebo soustava tyčí (včetně samostatně stojících stožárů);
- podélná vedení nebo závěsná lana;
- mřížová síť.

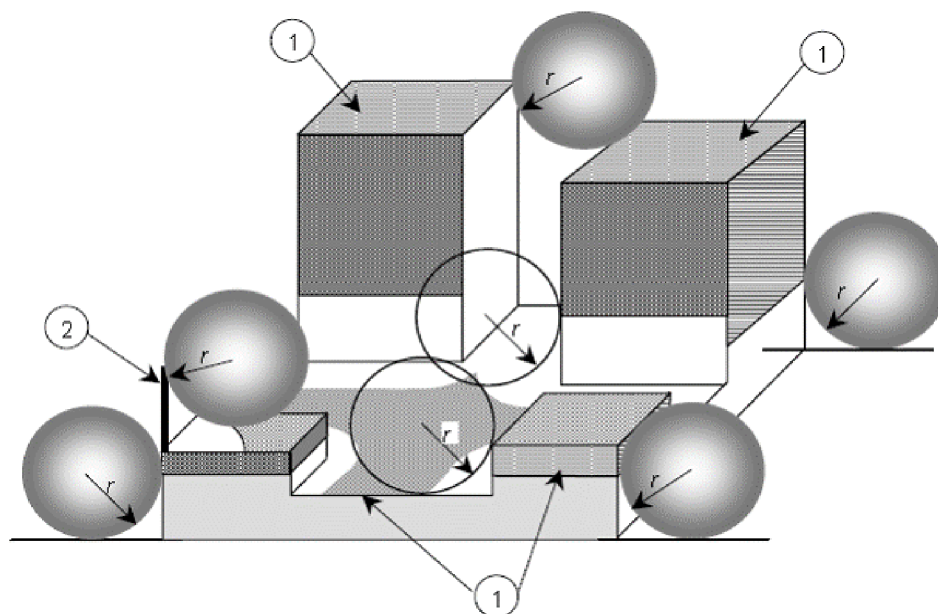
Jímače musí být umístěny na střeše objektu tak, aby ochranný prostor jimi vytvořený zajistil pokrytí celého objektu a případná zařízení umístěná na střeše. Ochranný prostor vytvořený jímači lze určit pomocí tří metod:

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

### 4.2.2.1 Metoda valící se koule

Je to univerzální metoda, která je platná vždy. Je to základ, od kterého se odvíjí ostatní metody. Její nevýhodou je menší těžkopádnost při použití v praxi bez výpočetních programů. Její princip je patrný z obr.4-2.

Obr. 4-2:Princip metody valící se koule; převzato z [13].

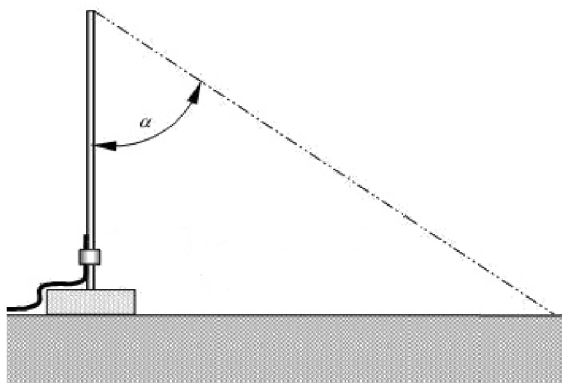


- 1) Šrafované plochy jsou vystaveny úderu blesku a jsou potřeba chránit dle tab.4-2;
  - 2) Jímací tyč umístěná na stavbě;
- $r$  je poloměr valící se koule dle tab.4-2.

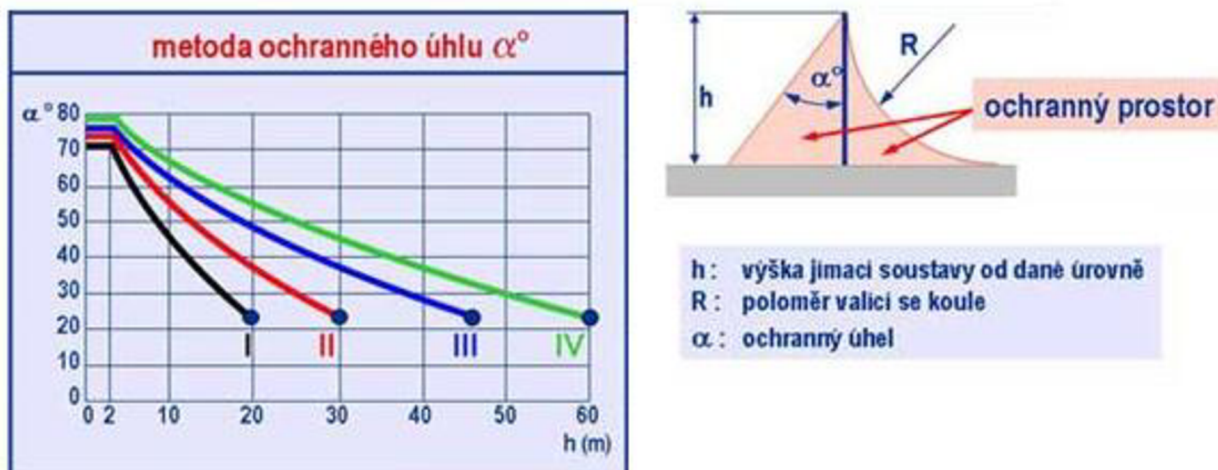
### 4.2.2.2 Metoda ochranného úhlu

Tato metoda vychází z metody valící se koule, ale pro praxi je zjednodušená. Je snadné ji zakreslit jak do výkresů, tak ji aplikovat na střechy. Její nevýhodou je její uplatnění na vyšších stavbách. Pro stavby LPS I je to do výšky 20m, LPS II - 30m, LPS III - 45m a LPSIV - 60m. Princip je zobrazen na obr. 4-3.

Obr. 4-3:Princip metody ochranného úhlu; převzato z [13].



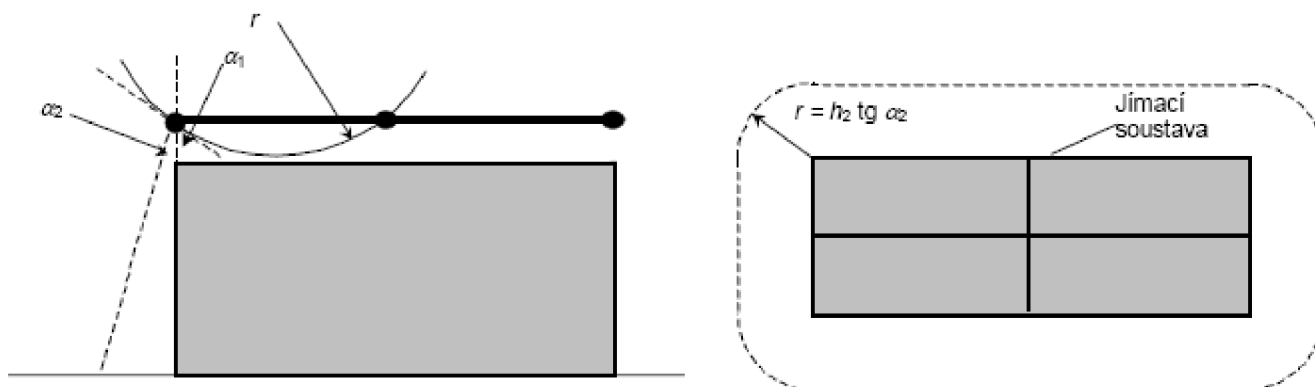
Obr. 4-4: Metoda ochranného úhlu v závislosti na LPS; převzato z [25].



#### 4.2.2.3 Metoda mřížové sítě

Tato metoda se používá pro ochranu rovinných ploch (střech objektů). Tato metoda opět vychází z metody valící se koule a to tím principem, že zamezí jakémukoliv dotknutí se valící se koule chráněného objektu tím, že vytvoří jímací síť. Velikost ok mřížové sítě jsou závislé na třídě LPS. Pro LPS I je velikost ok 5x5m, LPS II - 10x10m, LPS III - 15x15m a LPS IV - 20x20m. Metoda je zobrazena na obr.4-4.

Obr. 4-5: Princip metody mřížové sítě; převzato z [13].





### 4.2.3 Svody

Role svodů spočívá v bezpečném svedení bleskového proudu od jímače až k uzemnění. V normě ČSN je dáno, že minimální počet svodů pro objekt jsou dva. Aby se snížila pravděpodobnost škod způsobených bleskem, který poteče hromosvodem, je nutno svody navrhnout tak, aby mezi místem úderu a zemí:

- bylo více paralelních drah (kvůli rozdělení bleskového proudu),
- byla délka dráhy proudu co možná nejkratší,
- bylo provedeno ekvipotencionální pospojování k vodivým částem (kovové části stavby, kovové instalace, vnitřní systémy atd.).

#### 1) Svody izolovaného (oddáleného) hromosvodu (vnějšího LPS)

- a) Je-li jímací soustava tvořena z jímacích tyčí na oddáleně stojících stožárech, které nejsou z kovu nebo vzájemně propojeného armování, je potřebný minimálně jeden svod pro každý stožár. Pokud jsou kovové stožáry se vzájemně propojeným armováním nepotřebují žádné dodatečné svody.
- b) Je-li jímací soustava tvořena ze zavěšených drátů nebo lan, je nutné pro každou nosnou konstrukci instalovat jeden svod.
- c) Tvoří-li jímací soustavu síť vodičů, je nutný minimálně jeden svod na každou konstrukci k uchycení drátu nebo lana.

#### 2) Svody neizolovaného hromosvodu (vnějšího LPS)

Pro každý neizolovaný hromosvod musí být použity v každém případě minimálně dva svody. Tyto svody by měly být rozmístěny po obvodu chráněné stavby s přihlédnutím na architektonické a praktické požadavky. Svody by měly být rozmístěny po obvodu ve stejných rozestupech. Typické hodnoty vzdáleností mezi svody jsou uvedeny v tabulce 4-2.

Tab. 4-3: Typické hodnoty vzdáleností mezi svody [6].

Třída LPS	Obvyklé vzdálenosti (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

#### 4.2.4 Dostatečná vzdálenost

Dostatečná vzdálenost je parametr, který je nutné znát k provedení vnější ochrany před bleskem. Je to v podstatě dostatečná vzdálenost, která zabraňuje bleskovému proudu procházejícímu vnější ochranou (hromosvodem) proniknout do vnitřní elektroinstalace a systémů. Při nedodržení této vzdálenosti může vzniknout vnitřní jiskření a také může dojít až k vniknutí částí bleskového proudu do chráněného objektu a jeho instalace. Důvodem je silné elektromagnetické pole blesku, které by se prostřednictvím těchto elektromagnetických polí indukovalo do vedení uvnitř objektu. Dostatečnou vzdáleností „s“ dosáhneme v podstatě elektrické izolace částí hromosvodu od částí vnitřní instalace.

$$s = k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot L \quad (4.14)$$

kde:  $k_i$  - koeficient závisující na zvolené třídě LPS  
 $k_c$  - koeficient, který závisí na hodnotě bleskového proudu procházející vedením  
 $k_m$  - koeficient, který závisí na materiálu el. izolace  
 $L$  - je to délka jímací soustavy nebo svodů, která začíná v bodě, pro kterou počítáme dostatečnou vzdálenost a končí v nejbližším bodě ekvipotencionálního pospojování. [6]

V současné době se začínají používat tzv. vodiče HVI. Tyto vodiče jsou vyrobeny tak, že vodič je vyroben z mědi (Cu) a na sobě má nanесenu izolační vrstvu z PVC. Díky vlastnostem této izolace docílíme zmenšení dostatečné vzdálenosti v některých případech natolik, že můžeme vést svod v místech, kde to předtím nebylo možné. Tyto vodiče pak velice usnadňují použití izolovaných typů hromosvodů na chráněných objektech. U instalace těchto HVI vodičů je ale nutno dbát na dostatečné vzdálenosti a provedení koncovek těchto vodičů.

#### 4.2.5 Uzemnění

K uzemnění se používají náhodné a strojené zemniče. Náhodné zemniče jsou takové, které neslouží primárně k účelu zemnění a mohou jimi být například kovové instalace, ocelové armování a to za předpokladu, že jejich spojení jsou el. vodivá a trvanlivá. Naproti tomu strojené zemniče, jsou použity primárně jen na funkci uzemnění.

Strojené zemniče se dají rozdělit na několik typů :

**Uspořádání typu A** - hlubkový zemnič instalovaný pro každý svod (zpravidla tyč, nebo tyče).  
 U takového typu zemniče je požadován odpor uzemnění menší než 10  $\Omega$ .

**Uspořádání typu B** - tvoří jej obvodový nebo základový zemnič.

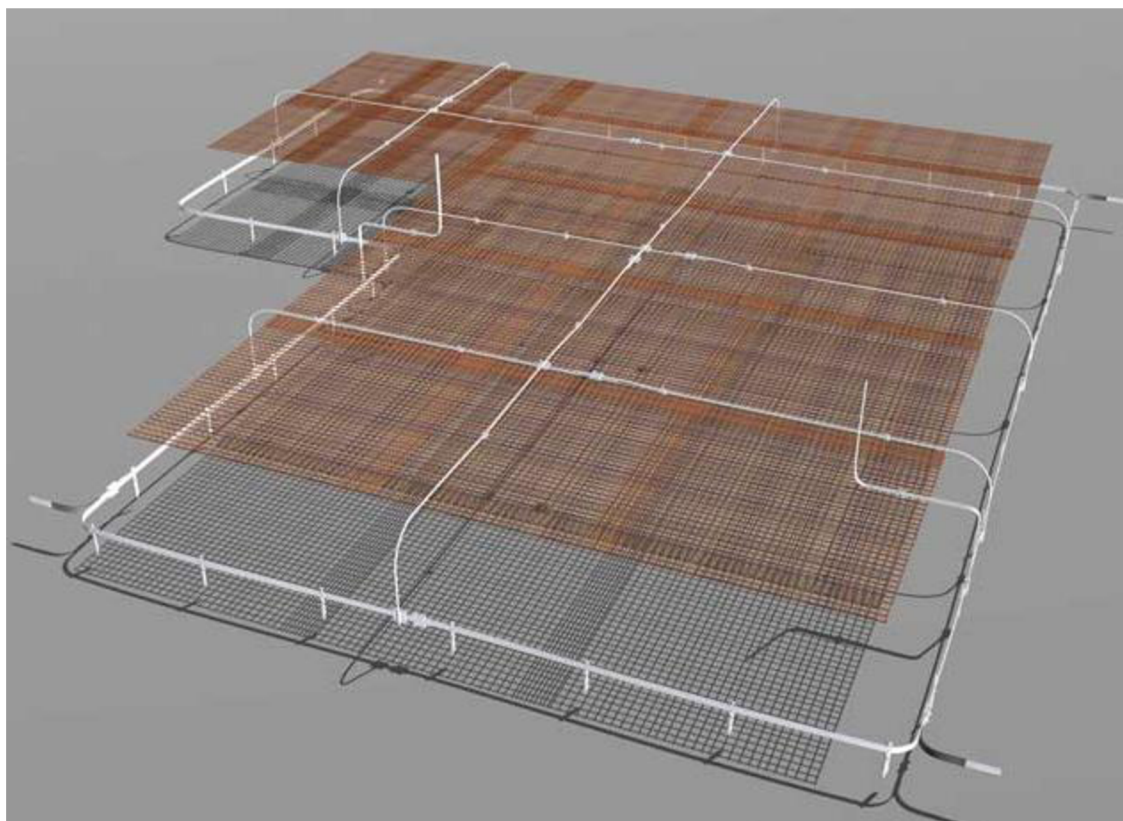
*Obvodový zemnič* - musí být alespoň z 80% své délky v kontaktu se zemí. Jeho provedení je jako uzavřený prstenec ve vzdálenosti 1m a hloubce 0,5m kolem vnějšího základu objektu.

*Základový zemnič* - tento zemnič je proveden jako obvod základu objektu, nebo jako mříž s oky maximálně 10m pod celým základem, vždy alespoň 50mm v betonu (na spodní vnější straně a mezi zemničem v betonu a půdou nesmí být izolace).

Uzemňovací soustava musí být spojena s ekvipotencionálním pospojováním (EB) !

Provedení jakéhokoliv uzemnění řeší příslušné ČSN 62305-3 ed.2, ale zabývá se jím také ČSN 33 2000-5-54 ed.3. V místech se zvýšeným rizikem koroze, což jsou místa průchodů ze země do vzduchu, ze země do betonu apod. se musí zemnič chránit antikorozivními nátěry, plastovými antikorozivními ochrannými pásky, anebo se dá těmto problémům předejít použitím nerezové oceli. Použití nerezové oceli je rozšířeno např. v Německu, v České Republice je nejběžnějším materiálem pro uzemnění slitina FeZn. Příklad takového systému uzemnění je uveden na obr.4-6.

*Obr. 4-6: Provedení základového zemniče; převzato z [20].*



## 4.2.6 Materiály

### Jímače a svody

Pokud je to možné, je vhodné a někdy i výhodné na jakékoliv části hromosvodu, tedy i jímače, využívat vodivé konstrukce stavby. Jde to, pokud tyto vodivé části splňují určité podmínky, a to že nenaruší celkovou koncepci hromosvodu, jsou dostatečně dimenzované, jsou vzájemně kvalitně vodivě spojené. Celkovou koncepcí se myslí principy popsané výše a to např. izolovaný hromosvod, nedodržení dostatečné vzdálenosti. Tab.4-4 popisuje dostatečné tloušťky materiálů pro náhodné jímače a tab. 4-5 materiály pro svody a jímače. [13]

Tab. 4-4: Minimální tloušťky oplechování nebo kovových potrubí jímací soustavy [13].

Třída LPS	Materiál	Tloušťka, která zabrání propálení (mm)	Tloušťka, pokud není nutné zabránit propálení (mm)
I až IV	olovo	-	2,0
	ocel (pozinková)	4	0,5
	titan	4	0,5
	měď	5	0,5
	hliník	7	0,7
	zinek	-	0,7

Použití strojených vodičů pro jímací a svodové vedení je také omezeno minimálními průřezy a průměry vodičů zobrazených v tab.4-5. Materiály vhodné k provedení svodového a jímacího vedení jsou dnes hlavně měď, hliník, pozinkovaná ocel, ale dnes se jeví jako zajímavá slitina AlMgSi, která postupně vytlačuje všechny ostatní. Tato slitina se začíná široce používat pro svou jednoduchou mechanickou tvárnost, dobré vodivé vlastnosti a hlavně pro svou antikorozi odolnost např. oproti slitině FeZn dříve používané. [13]

Tab. 4-5: Materiály, tvary a min. průřezy ploch jímací soustavy, jímacích tyčí a svodů některých materiálů [13].

Materiál	tvary	min. průřez (mm <sup>2</sup> )	Poznámky
Měď	tuhý pásek	50	2 mm min. tloušťka
	tuhý drát	50	8 mm průměr
	lano	50	1,7 mm min. průměr každ. pramenu
Hliník	tuhý pásek	70	3 mm min. tloušťka
	tuhý drát	50	8 mm průměr
	lano	50	1,7 mm min. průměr každ. pramenu
Pozinkovaná ocel	tuhý pásek	50	2 mm min. tloušťka
	tuhý drát	50	8 mm průměr
	lano	50	1,7 mm min. průměr každ. pramenu

### Uzemnění

Materiály zemničů se musí volit tak, aby nedocházelo ke korozi, vzniku makročlánků apod.. Proto je velmi důležité vybrat správný materiál, a typ zemnění. Materiály, tvary a minimální rozměry zemničů jsou uvedeny v tab.4-6. Nejčastějším materiálem používaným v praxi je FeZn pásy a zemničí tyče FeZn, ale také nerezová ocel. [13]

Tab. 4-6: Materiály, tvary a minimální rozměry zemničů [13].

Materiál	Tvary	Minimální rozměry			Poznámky
		Zemničí tyč (mm)	Zemničí vodič	Zemničí deska (mm)	
Měď	lano	15	50mm <sup>2</sup>	500 x 500 600 x 600	průměr každého pramenu min. 1,7 mm průměr 8 mm min. tloušťka 2 mm  min. tloušťka stěny 2 mm min. tloušťka 2 mm průřez 25 mm x 2 mm, minimální délka vodiče tvořícího mříž 4,8 m
	tuhý drát (cín)		50mm <sup>2</sup>		
	pásek		50mm <sup>2</sup>		
	tuhý drát		20		
	trubka				
	tuhá deska				
	mřížová deska				
Ocel	pozink. tuhý drát	16	průměr 10 mm	500 x 500 600 x 600	min. tloušťka stěny 2 mm min. tloušťka 3 mm min. tloušťka 3 mm průřez 30 mm x 3 mm  250 μm silná vrstva mědi  min. tloušťka 3 mm
	pozink. trubka	25			
	pozink. tuhý pásek		90 mm <sup>2</sup>		
	pozink. tuhá deska				
	pozink. mříž.deska				
	tuhý drát s měď. pokrytím	14			
	čistý tuhý drát		průměr 10 mm		
	čistý nebo pozink. tuhý pásek		75 mm <sup>2</sup>		
pozinkové lano		70 mm <sup>2</sup>		průměr každého pramenu min. 1,7 mm	
	pozink. kříž. profil	50 x 50 x 3			
Nerez. Ocel	tuhý drát tuhá pásek				min. 2mm silný

### 4.3 Vnitřní ochrana proti blesku (vnitřní LPS)

Vnitřní ochrana proti blesku má za úkol eliminovat následky úderu blesku do objektu, doprovázející jevy blízkých, ale i vzdálených úderů. V podstatě jde o vyrovnání potencionálu mezi částmi instalace, které jsou ovlivněny bleskovým proudem.

Způsoby dosažení požadovaných výsledků jsou založeny vždy na stejném principu, a to zkrácení dráhy bleskového proudu přes instalaci. Jednou z metod je zřízení ekvipotenciálního pospojování proti blesku (EB) v objektu. Další možností je instalace SPD ochran. Této problematice se detailně věnuje norma ČSN EN 62305-4 ed.2. Celá vnitřní ochrana proti blesku slouží k jedinému účelu, a to snížení přepětí na úroveň dovolených napěťových hladin pro jednotlivé části el. instalace. Tyto hladiny jsou uvedeny v tab.4-7.

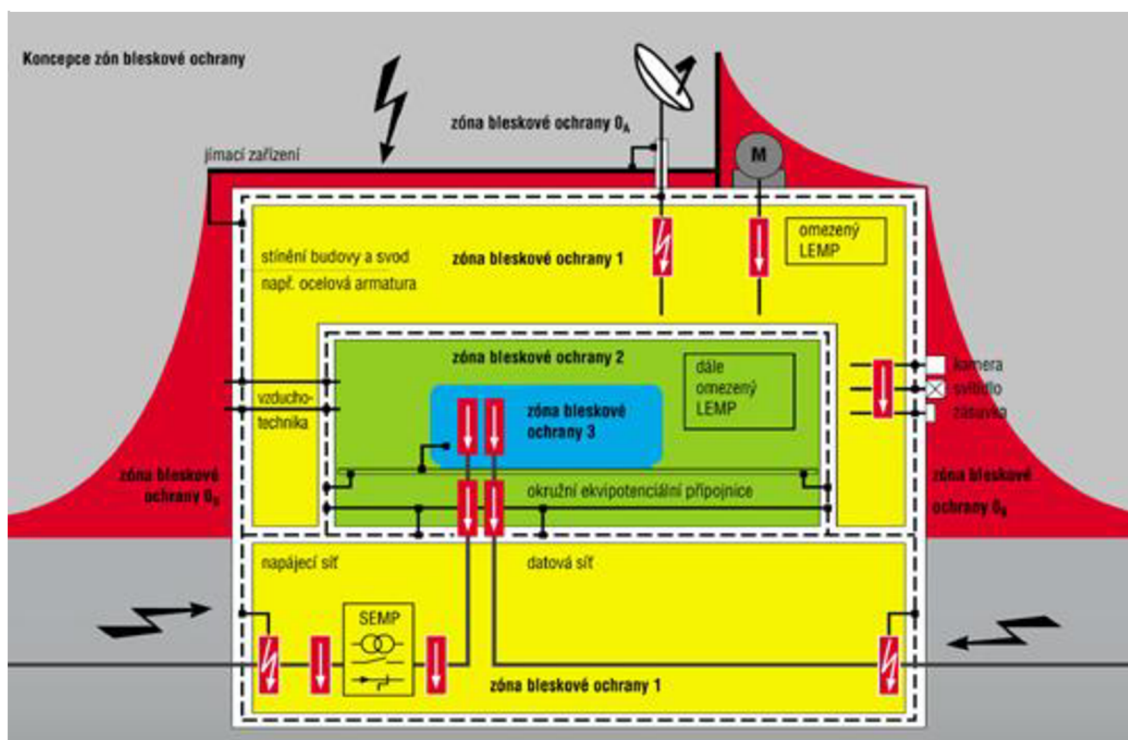
Tab. 4-7: Jmenovité impulzní výdržné napětí podle impulzní výdržné kategorie [13].

Jmenovité napětí instalace	Jmenovité impulzní výdržné napětí			
Třífázové systémy	Zařízení na začátku instalace <b>Kategorie IV</b>	Zařízení, které je částí pevné instalace <b>Kategorie III</b>	Zařízení určené pro připojení k pevné instalaci <b>Kategorie II</b>	Speciálně chráněné zařízení <b>Kategorie I</b>
230/400V	6 kV	4 kV	2,5 kV	1,5 kV

#### 4.3.1 Zóny bleskové ochrany (LPZ)

Zóny bleskové ochrany jsou přepětiovými ochranami ohraničené prostory, v nichž je dána úroveň maximálního přepětí a elektromagnetického pole.

Obr. 4-7: Zóny bleskové ochrany; převzato z [21].

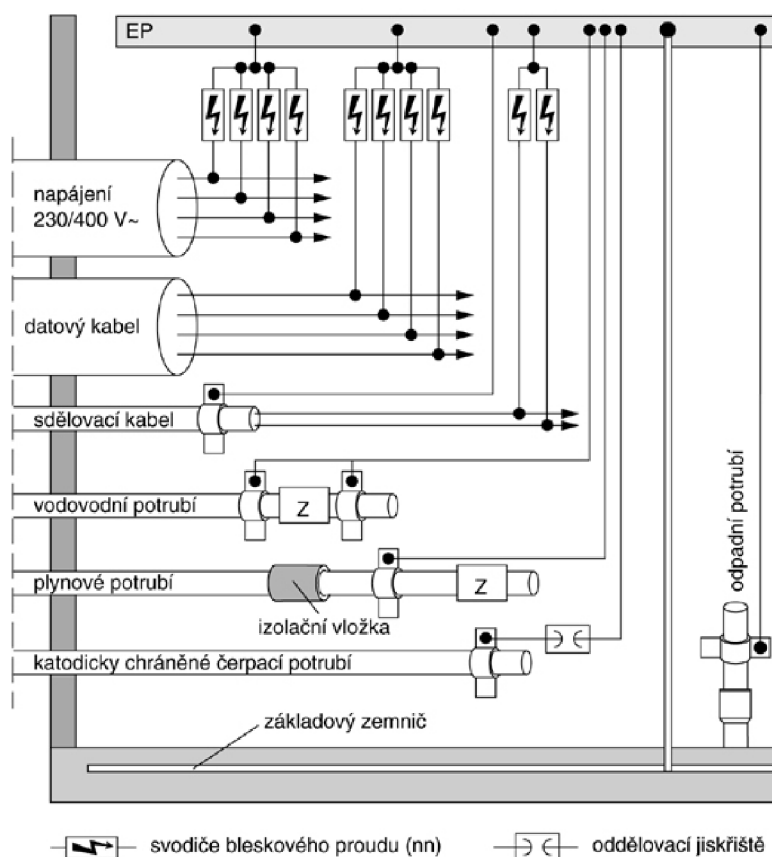


### 4.3.2 Ekvipotencionální pospojování (EB)

Každý systém ochrany před bleskem je za všech okolností vždy spojený s vodivými částmi stavby na úrovni terénu. Smyslem EB je to, že bez proudu tekoucí stavbou a svody po úderu blesku do objektu utvoří různé napěťové hladiny, které mají za následek vznik nebezpečného jiskření a instalaci EB tomuto jevu zabráníme. Tento jev se snažíme zamezit zkracováním drah proudu a tím dosáhnout vyrovnání potenciálu. Na ekvipotenciální přípojnicí se v objektech připojují přímo vstupující kovová potrubí vody, plynu atd. Co se ale týká vstupujících el. sítí, datových a telekomunikačních sítí, je nutno tyto sítě připojit na EB pomocí jiného mechanismu, protože je nelze připojit napřímou. Tento mechanismus funguje na principu jiskřišť, která nám propojí EB se sítí, až v případě přesáhnutí hodnoty průrazu jiskřiště. Tento a další principy jsou dále popsány v následujících kapitolách.

Všechny inženýrské sítě se připojují na EB pokud možno co nejbližší místa jejich vstupu do objektu. K EB se připojují také vnitřní vodivé systémy, jako jsou např. topení, vzduchotechnika, armování stavby atd. Připojují se i vnitřní elektrická vedení, a to stínění vodičů, vodiče PE či PEN, ale také fázové vodiče a to přes svodiče bleskových proudů typu 1. EB nebo také EP je ve své podstatě totožná s hlavní domovní přípojnici tzv. HOP, kterou musí mít dle pokynů ČSN 33 2000-4-41 ed.2 každý objekt nainstalován (Ochrana před úrazem elektrickým proudem). Princip zapojení vstupujících vedení na EB je uveden na obr.4-8. [13]

Obr. 4-8: Princip zapojení vstupujících vedení do objektu na EB; převzato z [22].



### 4.3.3 SPD typ 1 (B)

#### Svodiče bleskového proudu:

- jsou schopné svádět dílčí bleskové proudy i při přímých úderech blesku do chráněného objektu,
- slouží k tomu, aby vyrovnaly potenciál v objektu a k rozložení bleskového proudu rovnoměrně mezi všechny vodiče vedení,
- používají se zásadně svodiče s jiskřištěm (ten funguje na principu, kdy do určitého napětí se svodič chová jako izolant a při dosažení určitého napětí se mezi elektrodami zapálí oblouk a svodič se začne chovat jako vodič),
- jsou zkoušeny impulsním proudem odpovídající tvaru vlny 10/350 $\mu$ s,
- umísťují se na všechny možné cesty, kudy by mohl být zavlečen do objektu bleskový proud (na hranici zón LPZ 0 a 1).

### 4.3.4 SPD typ 2 (C)

#### Svodiče přepětí pro rozvody a pevné instalace:

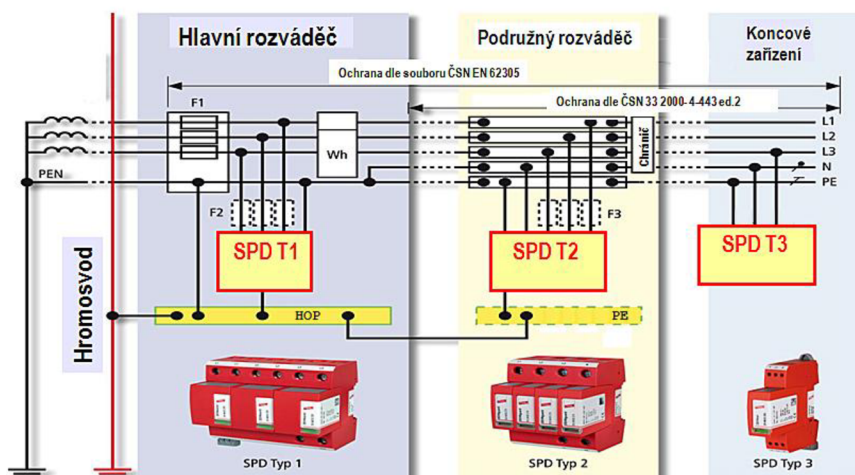
- jsou schopné svádět přepětí vzniklá úderech blesku nebo spínací pochody,
- slouží k ochraně před přepětím v pevně uložených instalacích,
- používají se jiskřiště i varistory (dle výrobce),
- jsou zkoušeny impulsním proudem odpovídající tvaru vlny 8/20 $\mu$ s,
- umísťují se na hranici zón LPZ 1 a 2.

### 4.3.5 SPD typ 3 (D)

#### Svodiče přepětí pro zásuvky/koncová zařízení:

- jsou schopné svádět spínací a atmosférická přepětí,
- slouží k ochraně spotřebičů a obvykle jsou konstruovány pro instalaci do zásuvek.
- jsou zkoušeny impulsním proudem odpovídající tvaru vlny 8/20 $\mu$ s,
- umísťují před spotřebiče.

Obr. 4-9: Příklad umístění SPD; převzato z [23].





### 4.3.6 Provedení SPD

Existuje několik jednotlivých fyzikálních principů, na jejichž základě SPD pracují. Jedná se o prvky pracující na principu:

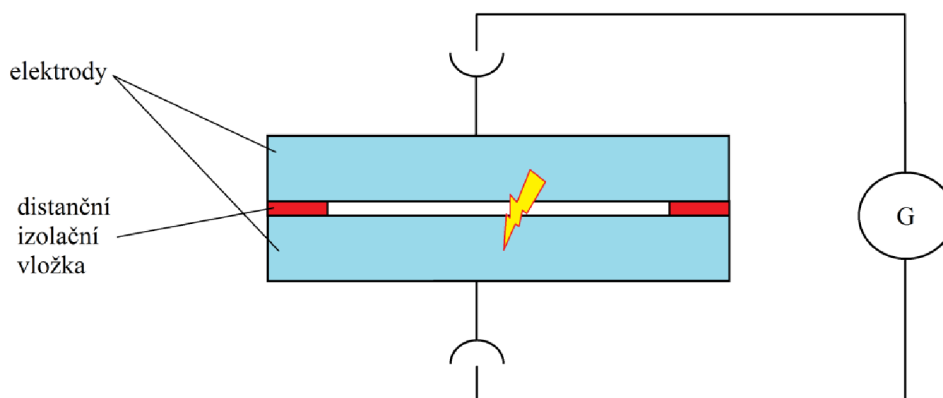
- jiskřišť,
- bleskojistek,
- varistorů,
- polovodičových přechodů.

#### 4.3.6.1 Jiskřiště a výkonové pojistky

Základní částí jiskřišť a výkonových bleskojistek je v podstatě komora se dvěma či více kovovými nebo uhlíkovými elektrodami. Vzdálenost elektrod a vlastnosti okolního prostředí určují zásadním způsobem hodnotu zapalovacího napětí, při kterém dojde k žádané funkci SPD a to vyrovnání potenciálů mezi elektrodami prostřednictvím elektrického výboje. U jiskřišť tvoří okolní prostředí vzduch a u bleskojistek je to zpravidla technický plyn. Princip je vyjádřen na obr.4-10. Používají se zpravidla jako svodiče třídy I (B).

Výhodnou a ceněnou vlastností jiskřišť je značně velký vnitřní odpor v klidovém stavu, který zabraňuje vzniku nežádoucích stavů, které se mohou projevit například unikajícími proudy apod. Jeho předností je i schopnost svedení velikých impulsních proudů při malém svorkovém napětí, a díky těmto vlastnostem jsou SPD s jiskřišti předurčeny pro svod bleskových proudů. Nevýhodou tohoto typu ochrany je, že mohou v podstatě pracovat pouze ve střídavých sítích. Další nevýhodou tohoto typu je, že jejich odezva na velmi strmé vstupní přepětíové impulsy je relativně pomalá, a proto může vést až k překročení hodnoty ochranné úrovně udávané výrobcem. Poslední problematiku vlastností se týká otevřených jiskřišť je, že při své činnosti vyfukují žhavé plyny, které pak mohou poničit zařízení, která jsou v jeho blízkosti, proto je potřeba s touto vlastností počítat při návrhu rozmístění přístrojů a el. zařízení. [3]

Obr. 4-10:Principiální uspořádání jednoduchého jiskřiště; převzato z [3].

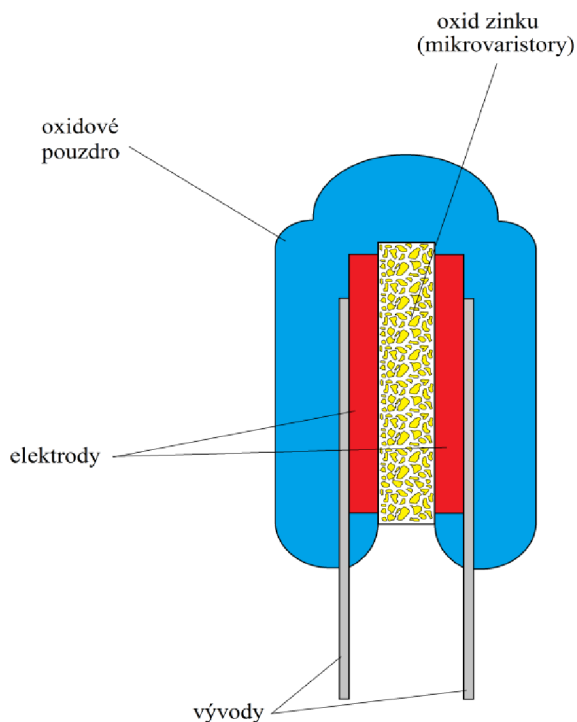


### 4.3.7 Varistory

Varistor je v podstatě napěťově závislý rezistor, který je vyrobený lisováním a spékáním práškové směsi složené z oxidu kovů. Jeho voltampérová charakteristika je nelineární. Jeho specifické vlastnosti vyplývají z jeho konstrukce, ta je složena z velkého množství mikrovaristorů v sériovém i paralelním zapojení. Jejich přechodový elektrický odpor se mění v závislosti na velikosti přiloženého napětí. Pro malá napětí je odpor značně velký, ale při nárůstu napětí se tento odpor zmenšuje. Takže tento typ SPD v podstatě pracuje na principu, že při zvyšujícím se svorkovém napětí mnohonásobně roste i procházející proud, a pokles svorkového napětí způsobí opět samovolný nárůst vnitřního odporu a tím snížení procházejícího proudu procházejícího přes SPD, a pokud se toto napětí dostane pod ohyb voltampérové charakteristiky, tak dojde k úplnému přerušení procházejícího svodového proudu. Řez varistoru je vyjádřen na obr.4-11. V silových sítích se zpravidla používají v zařízeních ochrany před přepětím třídy II a III (C a D)

Varistory se vyznačují spojitou odezvou na přepětový impuls a nevyvolávají žádné následné proudy. Mohou pracovat bez problémů ve stejnosměrných sítích. Nevýhodou je však, že nezkracují dobu trvání přepětové vlny a oproti jiskřištím mají podstatně menší schopnost svodu bleskových proudů. Ve slaboproudých instalacích jsou užívány v obvodech s nižší mezní frekvencí. Jejich použití ve vysokorychlostních datových přenosech brání poměrně velká kapacita připojovacích elektrod. Při často opakovaném svodu přepětových impulsů s větší energií, může dojít k destruktivním změnám jejich struktury, což má za následek zvyšování tepelných ztrát v ochranném prvku. Varistory musí být vybaveny tepelným odpojovacím zařízením a také optickou nebo akustickou kontrolou stavu implantovaného bezpečnostního prvku. [3]

Obr. 4-11: Řez strukturou varistoru; převzato z [3].



### 4.3.8 Polovodičové přechody

V ochraně proti přepětí se používají součástky, jejichž voltampérová charakteristika je podobná závěrné části charakteristiky Zenerovy diody, avšak tato potřebná charakteristika zařízení SPD je symetrická. Jedná se obvykle o tzv. transily nebo supresorové diody, jejichž žádoucí vlastností je velká strmost a spínací časy v řádu jednotek pikosekund. Díky těmto vlastnostem se hodí k použití především v zařízeních ochrany před přepětím rychlých datových přenosů. Jejich nedostatkem je menší přípustná hodnota průchozího proudu, tudíž se nehodí ke svodům dílčích částí bleskových proudů. Z tohoto důvodu jsou vhodné pouze k ochraně před energeticky méně náročnými přepětíovými impulsy, jejichž vrcholová hodnota je v řádu stovek ampérů. Díky tomu se polovodičové přechody používají ve spojení s bleskojistkami nebo varistory v paralelním zapojení přes oddělovací impedance. [3]

### 4.3.9 Kombinované SPD

Kombinované SPD představují zařízení slučující třídy I+II (B+C), které je sloučené do jednoho pouzdra (el. zařízení). Jeho funkce je rozdělena tak, že svod bleskových proudů zajišťuje jiskřiště s cizím buzením. Toto jiskřiště pracuje tak, že objeví-li se na svorkách přístroje strmý nárůst svorkového napětí o dostatečně velké vrcholové hodnotě, zapalovací obvod vytvoří v komoře jiskřiště slabý pomocný výboj, kterým je porušena izolační pevnost vzduchové dielektrické vrstvy mezi elektrodami a v důsledku tohoto mezi nimi vznikne elektrický oblouk. Varistor v tomto zařízení slouží k odvození odpovídajícího aktivačního impulsu a současně může také plnit funkci ochranného prvku třídy II. Jelikož je jiskřiště doplněno o pomocný zapalovací obvod, je nutné zajistit podmínky jeho bezpečného provozu, což se zajišťuje instalací tepelného odpínacího zařízení do přívodu napájení pomocného zapalovacího obvodu. Jiskřiště s cizím buzením mohou být součástí kombinovaných SPD, ale mohou být také použitelné samostatně. [3]

### 4.3.10 Jištění zařízení ochrany před přepětím

Jelikož je každé el. zařízení konstruováno na určitou velikost energie tj. procházejícího elektrického proudu, je nutné jej jistit proti přetížení nebo poruše. V případě zařízení na ochranu proti přepětí, je to tak, že toto zařízení je připojeno k obvodům schopným přenášet větší proudy, a proto je potřeba zajistit jeho bezpečnou činnost a to samostatným jištěním, které jej odepne od zdroje energie v případě přetížení nebo poruchy. Použití jištění zařízení na ochranu před přepětím je nutné v případě, kdy jmenovitá proudová hodnota jistícího prvku (hl. jistič, hl. pojistky) překračuje hodnotu udávanou výrobcem pro použité SPD nebo kdy má příliš pomalou vypínací charakteristiku. Důvodem pro instalaci jištění těchto zařízení mohou být také extrémní zkratové proudy v místě instalace SPD.

U jiskřišť je v této souvislosti důležitá především maximální hodnota samočinně zhaseného následného proudu sítě. Při překročení této hodnoty je nutno vždy počítat se samostatným jištěním. U varistorových SPD závisí použití vlastního předjištění na katalogových hodnotách předjištění udávaných výrobcem obvykle v rozsahu 63 až 125A gL/gG. To není velká hodnota, a tak se v případě předjištění sestav kombinovaných SPD ochrany třídy I+II (B+C) stává limitující faktor právě jištění varistorů.

U předjištění je nutné dodržet princip selektivity. Tato zásada je problematická v případě, kdy (hl. jistič, hl. pojistky) na přívodu jsou menší 100A a z důvodu selektivity je nutno použití malých hodnot předjištění. Díky tomu pak může docházet k vybavení předjištění, zejména na prvním ochranném stupni, při svodu téměř každého většího přepětového impulsu. Příslušný obvod pak zůstává zcela bez ochrany. Dnes už existují i přístroje s vlastním zabudovaným předjištěním. [3]

### 4.3.11 Ochrana pomocí koordinovaných SPD ochran

Koordinace ochrany SPD souvisí s jejich umístěním v objektu a s rozdělením objektu do zón LPZ, které je znázorněno na straně 34 na obr.4-7. Aby přepětové ochrany fungovaly správně, je potřeba, aby mezi jednotlivými stupni ochrany byly dodrženy alespoň minimální délky vedení. Tyto vedení mezi ochranami mohou být nahrazeny omezovacími impedancemi (tlumivkami). V principu je problém v tom, že ochranný přístroj třídy I pracuje na jiném fyzikálním principu, než přístroj třídy II, a proto je potřeba zajistit správnou koordinaci mezi těmito stupni. Je nutné zamezit, aby přístroj s nižší ochranou úrovní reagoval na přepětí, které měl svést přístroj vyšší úrovně, protože by hrozilo jeho přetížení. Tomuto jde předejít právě vzdálenostmi, anebo instalací impedancí mezi jednotlivými stupni. [3]

Délky vedením mezi jednotlivými impedancemi jsou:

- mezi *SPD typu 1* a *SPD typu 2* musí být alespoň 10m a nebo se musí toto vedení nahradit omezovací impedancí,
- mezi *SPD typu 2* a *SPD typu 3* má být vedení délky alespoň 5m,
- *spotřebič* má být od *SPD typu 3* maximálně 5m.

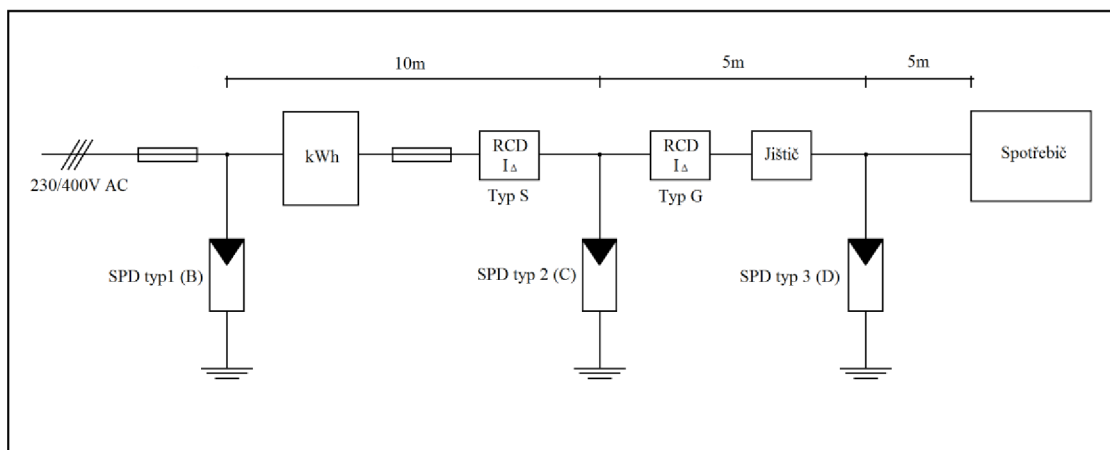
Výhodné je použití již vyrobených speciálních setů (kombinovaných SPD), kdy je spojen SPD typ I a II v jednom pouzdru a tvoří tak jeden celek.

#### Důležité je také použití proudových chráničů v instalaci s SPD ochranami.

- proudový chránič před *SPD typu 3* musí být typu **G** (zpožděný),
- proudový chránič před *SPD typu 2* musí být typu **S** (selektivní).

Koordinace mezi typy SPD a proudovými chrániči RCD je na obr. 4-12.

Obr. 4-12: Příklad koordinace SPD mezi sebou a s proudovými chrániči RCD; převzato z [13].



## 5 OCHRANA PROSTOR S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU (EX)

Elektrické instalace v prostorech s nebezpečím výbuchu musejí mít speciální vlastnosti a provedení navržené tak, aby tyto celky byly vhodné pro provoz v takto nebezpečných atmosférách. Hlavně z důvodu bezpečnosti je důležité, aby elektrická instalace v těchto prostorech zůstala zachována s funkčními navrženými ochrannými opatřeními po celou dobu života těchto instalací. [18]

### 5.1 Termíny a definice Ex prostor

*Prostor* - třírozměrná oblast nebo prostor

*Výbušná atmosféra* - směs hořlavých látek ve formě plynů, par, mlhy, prachů vláken nebo poletujících částic vzduchem za atmosférických podmínek, ve které se po vznícení samovolně šíří hoření,

*Výbušná plynná atmosféra* - směs hořlavých látek ve formě plynů nebo par se vzduchem za atmosférických podmínek, ve které se po vznícení samovolně šíří hoření,

*Výbušná prostředí s prachem* - směs hořlavých látek ve formě prachu nebo poletujících částic vzduchem za atmosférických podmínek, ve které se po vznícení samovolně šíří hoření,

*Nebezpečný prostor* - prostor, ve kterém je nebo může být přítomna výbušná atmosféra v takovém množství, že jsou nutné speciální opatření na instalaci,

*Prostor bez nebezpečí* - prostor, ve kterém se nepředpokládá přítomnost výbušné atmosféry v takovém množství, aby byly nutné speciální opatření na instalaci,

*Nebezpečný prostor(prach)* - prostor, ve kterém je nebo může očekáván prach v rozvířeném stavu v takovém množství, že jsou nutné speciální opatření na instalaci,

*Iniciační zdroj* - zdroj zapálení výbušné atmosféry,

*EPL* - úroveň ochrany zařízení.

[12]

#### 5.1.1 Základní dělení prostor s nebezpečím výbuchu

Základním dělením prostor s nebezpečím výbuchu je na prostory s nebezpečnou plynnou atmosférou a s atmosférou s hořlavých prachů. Dále se nebezpečné prostory dělí na zóny. Zóny jsou nebezpečné prostory, které se rozdělují na základě četnosti vzniku a doby přítomnosti výbušné atmosféry:

*Zóna 0* - prostor, ve kterém je výbušná atmosféra přítomna trvale nebo dlouhá období nebo často,

*Zóna 1* - prostor, kde je při normálním provozu příležitostný vznik výbušné atmosféry,

*Zóna 2* - prostor, ve kterém není pravděpodobný vznik výbušné atmosféry za normálních provozních stavů, avšak pokud tato atmosféra vznikne, bude přetrvávat na krátké časové období.

Obdobně pro zóny s prachem : *Zóna 20, Zóna 21, Zóna 22*

Účelem určování prostorů z hlediska nebezpečnosti je umožnění správného výběru a instalace zařízení tak, aby mohly být bezpečně používány v tomto prostředí. Ve většině praktických situací v místech, kde je pracováno s látkami, které mají za následek vznik výbušných atmosfér, těžké zajistit nevzniknutí této atmosféry. Může být rovněž těžké zajistit, aby zařízení nezpůsobilo vznik iniciačního zdroje. Proto je nutné, aby v prostorách, kde je pravděpodobnost vzniku výbušné atmosféry bylo použito zařízení, která mají nízkou pravděpodobnost vytváření iniciačních zdrojů. [8] [12]

### 5.1.2 Zařízení určená do prostorů Ex

Zařízení se dělí do tří základních skupin a to skupiny I (určena pro doly s výskytem metanu), skupina II (určena pro prostory s nebezpečím výbuchu plynů, ale jiná než doly), skupina III (určena pro prostory s nebezpečím výbuchu prachů, ale jiná než doly).

#### Zařízení skupiny II (do výbušné plynné atmosféry)

EPL Ga - zařízení, které má „velmi vysokou“ úroveň ochrany, není zdrojem iniciace v normálním provozu, v očekávaných poruchách ani při vzniku výjimečných poruch.

EPL Gb - zařízení, které má „vysokou“ úroveň ochrany, není zdrojem iniciace v normálním provozu a v očekávaných poruchách.

EPL Gc - zařízení, které má „zvýšenou“ úroveň ochrany, není zdrojem iniciace v normálním provozu a které může mít některé dodatečné ochrany pro zajištění, že zařízení zůstane pasivní jako zdroj iniciace, při očekávaných událostech (např. poškození žárovky).

#### Zařízení skupiny III (do výbušné prašné atmosféry)

EPL Da - zařízení, které má „velmi vysokou“ úroveň ochrany, není zdrojem iniciace v normálním provozu, v očekávaných poruchách ani při vzniku výjimečných poruch.

EPL Db - zařízení, které má „vysokou“ úroveň ochrany, není zdrojem iniciace v normálním provozu a v očekávaných poruchách.

EPL Dc - zařízení, které má „zvýšenou“ úroveň ochrany, není zdrojem iniciace v normálním provozu a které může mít některé dodatečné ochrany pro zajištění, že zařízení zůstane pasivní jako zdroj iniciace, při očekávaných událostech (např. poškození žárovky).

[8]

V tab. 5-1 je zobrazeno typické použití zařízení do zón Ex, bez dalšího hodnocení rizik. Symboly teplotních tříd elektrických zařízení a jejich význam je zobrazen v tab. 5-2.

Tab. 5-1: Vztah EPL k zónám Ex [8].

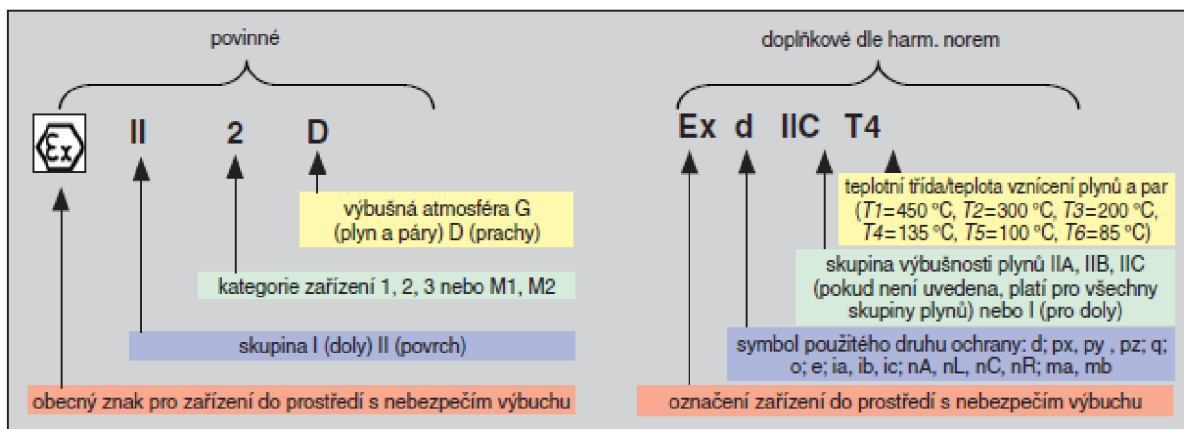
Úroveň ochrany zařízení	Zóny
Ga	0
Ga nebo Gb	1
Ga, Gb a Gc	2
Da	20
Da nebo Db	21
Da, Db a Dc	22

Tab. 5-2: Vztah mezi teplotou vznícení plynu nebo páry a teplotní třídou zařízení [18].

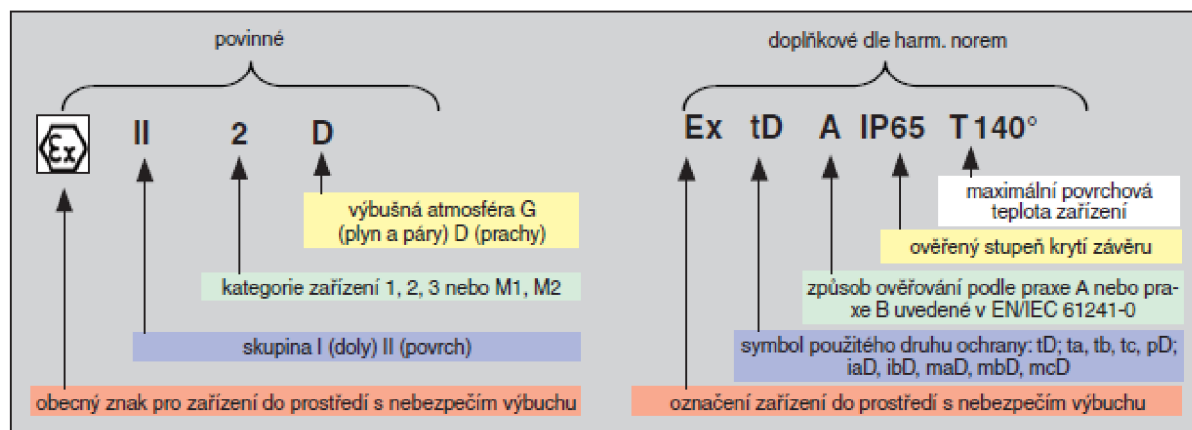
Teplotní třída požadovaná klasifikací prostoru	Teplota vznícení plynu nebo páry ve °C	Dovolená teplotní třída zařízení
T1	> 450	T1 až T6
T2	> 300	T2 až T6
T3	> 200	T3 až T6
T4	> 135	T4 až T6
T5	> 100	T5 až T6
T6	> 85	T6

Elektrická zařízení použitelná v prostorách s nebezpečím výbuchu mají své značení založené na podobném principu jako je značení kabelů atd. Příklad takového značení je zobrazeno na obr. 5-1 a obr. 5-2.

Obr. 5-1: Značení elektrických zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu pro plyny a páry; převzato z [12].



Obr. 5-2: Značení elektrických zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu prachu; převzato z [12].



## 5.2 Elektrická instalace v prostorách Ex

Tato instalace má svá specifika, která jsou podrobněji popsány v normě ČSN 60079-14. Základní přehled je rozpracován v kapitolách níže.

### 5.2.1 Provedení instalace Ex

Elektrické zařízení by mělo být, pokud je to prakticky možné, instalováno v prostorách bez nebezpečí výbuchu. Tam, kde to není možné, by mělo být zařízení umístěno v co nejméně nebezpečném prostoru. Elektrická instalace v nebezpečných prostorách musí samozřejmě splňovat příslušné požadavky na el. instalaci v prostorách bez nebezpečí výbuchu. Tyto požadavky jsou však nedostatečné pro prostory s nebezpečím výbuchu. Elektrická zařízení a jejich materiály musí být používány v rozsahu jejich jmenovitých elektrických podmínek jako je výkon, napětí, proud, frekvence, druh zatížení a ostatních vlastností, jejichž nedodržení může ohrozit bezpečnost instalace. Všechna el. zařízení v prostorách s nebezpečím výbuchu musí být instalována v souladu s normou ČSN EN 60079-14 ed.3 a doplňkovými požadavky pro daný typ ochrany. zařízení musí být instalována v souladu se svou technickou dokumentací.

Pro správnou instalaci a její úpravy se vyžadují dokumenty o klasifikaci prostoru, s plány, ve kterých je zobrazeno zařazení do zón a rozsahy nebezpečných prostorů, včetně typu zón, výběrové hodnocení následků výbuchu, instrukce pro instalaci a připojení, dokumentace od el. zařízení, dokumentace popisující systém u jiskrově bezpečných systémů, prohlášení výrobce, informace nezbytné pro revize (seznam rozmístění zařízení apod.), vnější vlivy, podrobnosti o plynu nebo prachu vyskytujícího se v nebezpečném prostoru atd..

Elektrické zařízení musí být voleno tak, aby jeho maximální povrchová teplota nedosáhla teploty vznícení kteréhokoliv plynu, páry, mlhy nebo prachu, které mohou být přítomny. Zařízení se třídí do teplotních tříd zařízení (T1 až T6).

Kabelové vedení musí být provedeno pro daný typ instalace. Povrchová teplota kabelů nesmí překročit teplotní třídu instalace. Kabely pro vnější pevné vedení vně zařízení musí mít vlastnosti proti šíření plamene. [9]



### **Přemístitelná, přenosná a osobní zařízení**

V důsledku požadavku na aplikaci a zvýšenou flexibilitu používání přemístitelných, přenosných nebo osobních zařízení může být jejich používání v různých zařízeních. Zařízení s nižší EPL nesmí být přenášeno do prostoru, který vyžaduje vyšší EPL, pokud není jinak chráněno. (Mezi takováto zařízení mohou patřit havarijní generátory, kompresory, el. obloukové svářečky, vysokozdvizné vozíky atd.). Někdy obsluha bere do Ex prostor osobní přístroje, které jsou na baterie nebo solární články. (Jedná se o nízkonapěťové elektronické zařízení příkladem mohou být náramkové hodinky). [9]

### **Točivé elektrické stroje**

Při výběru točivých elektrických strojů musí být zohledněny druh zatížení, napájecí napětí a frekvence, přenos tepla od poháněného zařízení, izolační třída. Při instalaci motorů napájených proměnnou frekvencí a napětím z měniče musí být uvažovány prvky, které mohou snižovat napětí na svorkách motoru. Dále musí být zohledněny ostatní rizika. [9]

### **Svítilna**

Výběr zařízení musí respektovat EPL, skupinu zařízení a možnost změny teplotní třídy, je-li použitý zdroj s jiným výkonem. [9]

### **Zásuvky a vidlice pro prach**

Zásuvky a vidlice nejsou povoleny použít do prostor vyžadující EPL „Da“. V prostorách vyžadující EPL „Db“ a „Dc“ musí splňovat požadavky IEC 61241-0. [9]

## **5.2.2 Ochrana před nebezpečným (zápalným) jiskřením**

Má za úkol zabránit vzniku nebezpečných jisker schopných zapálit výbušnou atmosféru.

### **Nebezpečí od živých částí**

K zabránění vzniku jisker schopných iniciovat zapálení výbušné atmosféry, musí být vyloučen jakýkoliv kontakt mezi holými živými částmi jinými než jiskrově bezpečnými nebo s omezenou energií a výbušným prostředím. [18]

### **Nebezpečí od přístupných a vnějších vodivých částí**

Základním principem pro bezpečnost je omezení zemních poruchových proudů v nosné konstrukci nebo závěrech a zabránění zvýšení potenciálu na vodičích pro vzájemné pospojování. A toto platí pro systémy jiné než jiskrově bezpečné obvody, nebo obvody s omezenou energií. [18]

### **Sít' TN**

Je-li použito sítě TN jako napájecí sítě, musí být v nebezpečném prostoru použita sít' TN-S (s odděleným středním vodičem N a ochranným vodičem PE). V každém bodě přechodu sítě TN-C na sít' TN-S musí být ochranný vodič připojen na systém pospojování v prostoru bez nebezpečí výbuchu. [9]

### **Sít' TT**

Je-li použita sít' TT (samostatné uzemnění pro napájecí sít' a přístupné neživé vodivé části) pro napájení, je nutno, aby byla chráněna proudovým chráničem. (Pokud je zemní odpor vysoký, nemusí být tento systém použitelný). [9]

### **Sít' IT**

Je-li použita pro napájení sít' IT (střed izolován od země nebo uzemněn přes dostatečně velkou impedanci), musí být použito zařízení pro hlídání izolace, které signalizuje první zemní spojení. (Nedojde-li k odstranění první poruchy, nebude další porucha na stejné fázi detekována a to může vést k nebezpečné situaci). [9]

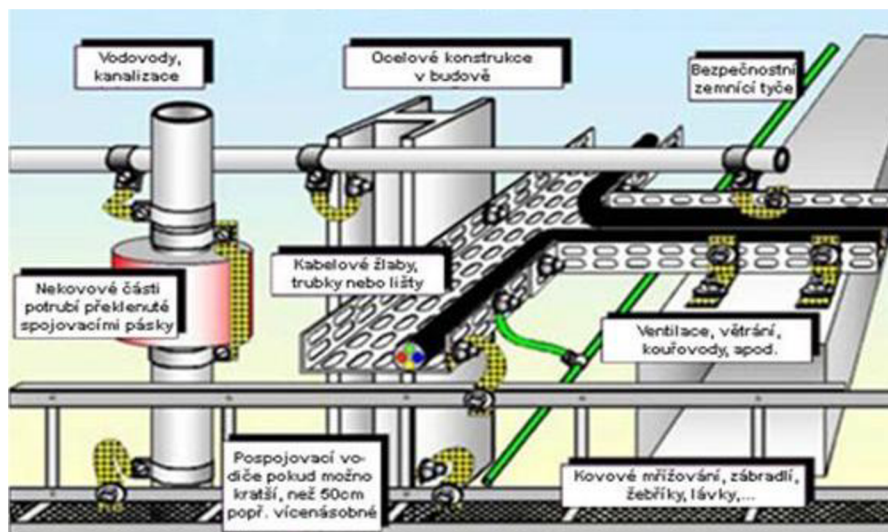
### **SELV a PELV sítě**

Mohou být použity, ale živé části SELV obvodů nesmí být spojeny se zemí nebo živými vodiči nebo ochrannými vodiči jiných obvodů. PELV obvody se uzemňují a všechny přístupné neživé části obvodů musí být připojeny nespolečný zemnicí systém. Bezpečnostní oddělovací transformátory pro SELV a PELV musí splňovat IEC 61558-2-6. [9]

### **Ochranné pospojování**

Pro instalace v nebezpečném prostoru se vyžaduje ochranné pospojování. Pro sítě TN, TT a IT musí být všechny přístupné a vnější neživé vodivé části propojeny na systém pospojování. Tento systém pospojování může zahrnovat ochranné vodiče, kovová potrubní vedení, kovové pláště kabelů, kovové části staveb apod. avšak nesmí zahrnovat střední vodiče. Propojení musí být zajištěno proti samovolnosti a korozi, čili musí jej minimalizovat, jelikož koroze může snižovat účinnost spojení. Do systému vzájemného pospojování v nebezpečném prostoru musí být zahrnuto také armování nebo stínění kabelů, které je uzemněno, ale mimo nebezpečný prostor. Přísné neživé vodivé části nemusí být samostatně připojeny k systému pospojování, pokud jsou pevně uchyceny a kovově propojeny s konstrukčními částmi zařízení, které je již propojeno na systém pospojování. Vnější vodivé části, které nejsou součástí konstrukce nebo elektrické instalace nemusí být propojeny na systém pospojování, pokud neexistuje nebezpečí přenosu potenciálu na něj (např. u rámu dveří či oken). Kabelové vývodky, které mají uchycovací zařízení, které uchycuje opletení nebo armování kabelu, mohou být použity jako prostředek pro vzájemné pospojování. [18]

Obr. 5-3: Příklad ochranného pospojování; převzato z [24].



### Dočasné pospojování

Dočasné pospojování zahrnuje uzemňovací spoje mezi pohyblivými předměty jako jsou sudy, vozidla a přenosná zařízení a slouží pro omezení statické elektřiny. V prostorách s nebezpečným plynem musí být odpor mezi kovovými částmi menší než  $1\text{M}\Omega$ . U prostor s nebezpečným prachem tento odpor může být větší než odpovídá měděnému vodiči o průřezu  $10\text{mm}^2$ . [18]

### 5.2.3 Elektrická ochrana

Vedení a všechna elektrická zařízení musí být chráněna proti přetížení a nebezpečným účinkům zkratu a zemního spojení. Musí být zabráněno provozu vícefázových zařízení, pokud ztráta jedné fáze má za následek přehřívání zařízení. V podmínkách, kdy automatické odpojení elektrického zařízení může představovat mnohem větší riziko, než samotné nebezpečí iniciace, smí být použito výstražného zařízení, které upozorní na poruchu a to tak, že je toto upozornění viditelné a je možné provést okamžitou nápravu.

Točivé elektrické stroje se chrání proti přetížení proudově závislými ochranami, pomocí teplotních čidel apod.. To samé platí pro transformátory.

Odporová topná zařízení musí mít navíc k nadproudové ochraně použity ještě ochrany teplotní, v sítích TT proudový chránič, v sítích IT hlídač izolace a musí být chráněno proti nadměrné povrchové teplotě. [9]

### 5.2.4 Instalační požadavky na elektroinstalaci v prostorách Ex

Obvody procházející z jednoho prostoru bez nebezpečí výbuchu do druhého takového prostoru a to přes prostor s nebezpečím výbuchu, musí takovýto propojovací systém splňovat odpovídající požadavky na EPL daného prostoru. U mnohrátových vodičů musí být provedena ochrana proti roztržení konců a to pomocí ok, koncovek apod. Konce všech nevyužitých vodičů musí být spojeny s uzemněním nebo musí být odpovídajícím způsobem zaizolovány vhodnou koncovkou pro daný typ ochrany a není dovoleno použití pouze izolační pásky. Nepoužité otvory v elektrických zařízeních musí být zaslepeny zátkami vhodnými pro odpovídající typ ochrany. Kabelové trasy v nebezpečných prostorách mají být pokud možno nepřerušované, a pokud jsou použity nějaké spojky, musí být uloženy v závěru s typem ochrany odpovídajícím požadavku EPL nebo pokud nejsou vystaveny mechanickému namáhání mohou být zality epoxidem, zalévací hmotou apod. Provedení spojek je dále stanoveno normou. [18]

### 5.2.5 Jiskrově bezpečné obvody

Při instalaci jiskrově bezpečnostních obvodů je přijata odlišná filosofie. Ve srovnání s ostatní instalací, kde je hlavní pozornost věnována tomu, aby byla izolována elektrická energie v instalovaném systému tak, aby nemohlo dojít k vznícení okolí. Naproti tomu jiskrově bezpečný obvod musí být chráněn před proniknutím energie z jiných elektrických zdrojů tak, aby bezpečná energie v tomto obvodu nebyla překročena ani při přerušení, zkratování nebo zemním spojení v obvodu. Jiskrová bezpečnost je zjednodušeně řečeno technika malého příkonu, kterou sice nelze použít pro výkonové zařízení, ale je vhodná pro použití v přístrojové technice. [18]

Jiskrově bezpečné obvody se od navazujících elektrických zařízení oddělují tzv. Zenerovými bariérami (často označovanými pouze „bariéry“), anebo také galvanickými oddělovači. [19]

V Evropské unii musejí zařízení s jiskrově bezpečnými obvody odpovídat směrnici ATEX 94/9/EC. V České republice pak dále pro konstrukci a provoz jiskrově bezpečných zařízení platí harmonizované normy ČSN EN 50014 a ČSN EN 50020. [12]

## 5.3 Ochrana před bleskem a přepětím v Ex prostorách

Dle norem ČSN je blesk popsán jako zdroj iniciace. Což v podstatě znamená, že udeří-li blesk do výbušné atmosféry, dojde k jejímu zapálení. Vedle toho také může vzniknout zapálení oteplením vodičů při svádění bleskových proudů. Od místa úderu tečou bleskové proudy a ty mohou způsobit, že i ve větších vzdálenostech na všechny směry od místa úderu mohou vznikat nebezpečná jiskření a požár.

Výboje mohou vznikat při bouřkách, aniž by nastal přímý úder blesku a mohou být příčinou indukovaných přepětí v instalačních smyčkách budov, přístrojů a součástí. Směrnice a normy týkající se prostor s nebezpečím výbuchu vyžadují při nebezpečí úderu blesku, aby byla instalována ochranná opatření před bleskem. Provozovatel má povinnost vypracovat dokumentaci o ochraně před výbuchem. Přitom je také stanoveno posouzení rizik, kde jsou vyhodnocena potenciální nebezpečí podle rozdělení do zón (Ex) na základě existence a expanze potenciálních výbušných směsí. Toto rozdělení do zón navazuje na identifikaci možných nebezpečných účinků blesku, které vyplývají z provozních požadavků, ale i z výběru odpovídajících provozních zařízení.

Nebezpečné účinky blesku mohou vzniknout:

- tavením v místě úderu blesku,
- oteplením v místech svodů,
- nekontrolovanými přeskoky při nedodržení dostatečné vzdálenosti,
- indukovanými přepětími v kabelech a vedeních,
- údery vstupních napájecích vedení v prostředích s nebezpečím výbuchu.

Pokud budou zjištěny nebezpečné účinky blesku, musí se chránit všechny přístroje, ochranné systémy a všechny součásti vhodnými ochrannými opatřeními před bleskem a přepětím. V zónách (Ex) nesmí vzniknout žádné škodlivé účinky vlivem úderu blesku. Z těchto důvodů musí být instalovány přepětíové ochrany na vhodných místech tak, aby byly omezeny rozdíly potenciálů mezi částmi instalace. Není-li stanoveno jinak, je minimální třída LPS II pro stavby s prostředím s nebezpečím výbuchu dle normy ČSN EN 62305-2 ed.2. Systém LPS by měl být navržen tak, aby kromě místa úderu blesku do objektu nevzniklo žádné tavení a rozstříknutí materiálu. [23]

### 5.3.1 Vnitřní ochrana proti blesku v prostorách Ex

Blesková a přepětíová ochrana pro objekty s nebezpečím výbuchu se provádí jako ochrana objektů bez nebezpečí výbuchu ovšem s kladením důrazu na eliminaci jevů jako je oteplení vodičů a zařízení a zamezení vzniku zdroje iniciace v těchto prostorách. Všeobecně se těmto jevům předchází vhodným jištěním obvodů, použitím zařízení, která jsou vhodná k použití do těchto prostor anebo instalací těchto zařízení do prostor bez nebezpečí výbuchu. Takovým příkladem může být instalace přepětíových ochrany do rozvaděčů o vhodném IP apod.. Instalace se řeší dle ČSN EN 60079-14. [14]

Další částí vnitřní ochrany proti blesku uzemnění a pospojování. Elektrické pospojování musí být provedeno u všech kovových konstrukcí a el. zařízení. Musí být dodržena dostatečná vzdálenost s. Měl by se brát ohled na provedení kovového stínění a stanoveny vhodné trasy vedení. [18]

## 6 PŘEDSTAVENÍ OBJEKTU LAKOVNY

Tento projekt se zaměřuje na kompletní instalaci ochrany proti blesku na námi zvoleném objektu, ve kterém se nachází prostory s nebezpečím výbuchu. Pro potřeby diplomové práce bylo přistoupeno k realizovanému objektu haly lakovny v Kroměříži, který má skutečně prostory s nebezpečím výbuchu, ale pro potřeby diplomové práce byly tyto prostory upravovány dle potřeb DP. V příloze **A** je uvedena Technická zpráva objektu, dále v Příloze **B** protokol o určení prostředí a v příloze **C** jsou stavební plány objektu.

### **Souhrn známých parametrů potřebných k výpočtu rizika:**

- stavba je umístěna v Kroměříži (městské prostředí),
- objekt je obklopen objekty nebo stromy stejné výšky nebo nižší,
- provedeno účinné potencionální pospojování v půdě,
- vnitřní povrch je linoleum a beton,
- průmyslová stavba s rizikem výbuchu,
- instalace v objektu je provedena nestíněnými kabely s opatřením při trasování, pro vyloučení smyček,
- v objektu jsou rozmístěny hasící přístroje,
- stavba je zařazena do třídy LPS II,
- v objektu se nacházejí zóny 1, 21,
- přírodní NN vedení je s vícenásobně uzemněnou nulou,
- osoby uvnitř objektu 1920h/rok (odpovídá cca 8h/den),
- jmenovité impulsní výdržné napětí vnitřních zařízení je 2,5kV,
- koordinovaná SPD ochrana,
- není zde žádné zvláštní riziko paniky ani pro okolní prostředí.

### **Další parametry objektu:**

Rozměry objektu jsou výška 6,13 m, délka objektu 23 m a šířka 15 m. Objekt má plochou střechu pokrytou fatrafólií. Administrativní část objektu má po svém obvodu zvýšenou atiku. Na střeše jsou umístěny pouze zařízení vzduchotechniky, jako jsou výdechy a nasávací otvory VZT a klimatizace. Prostor kolem objektu je zaplněn zatravněnou zemínou a z části asfaltovou komunikací využívanou jako manipulační plocha. V okolí objektu jsou další průmyslové stavby a stromy stejné výšky nebo nižší.

Na základě těchto parametrů, umístění stavby, a znalostí o objektu je dalším bodem vypracování výpočet rizika pro stavbu.

## 7 ANALÝZA RIZIKA PRO OBJEKT LAKOVNY

### 7.1 Výpočet rizika

Jelikož se jedná o výrobní halu (lakovnu) bude součástí výpočtu pouze riziko ztrát na lidských životech R<sub>1</sub>. Riziko R<sub>2</sub> (ztráty na veřejných službách), R<sub>3</sub> (ztráty na kulturním dědictví) u tohoto objektu nezohledňujeme. Součástí rizika R<sub>1</sub> budou všechny další rizika a to riziko R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub>, R<sub>M</sub>, R<sub>U</sub>, R<sub>V</sub> a R<sub>W</sub>. Všechny hodnoty uvedeny ve vysvětlivkách u výpočtu jsou použity z normy ČSN EN 62305-2 ed.2.

Výpočet je proveden níže:

$$R_1 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W$$

#### 7.1.1 Stanovení součástí rizika způsobených úderem do stavby (S1)

##### Součást rizika R<sub>A</sub>

$$R_A = N_D \cdot P_A \cdot L_A = 2,984 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-8} = \underline{\underline{2,984 \cdot 10^{-14}}}$$

Odhad ročního počtu  $N_D$  nebezpečných událostí:

$$N_D = N_G \cdot A_D \cdot C_D \cdot 10^{-6} = 1,5 \cdot 3978,56 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} = 2,984 \cdot 10^{-3}$$

Hustota úderů blesku do země:

$$N_G = 0,1 \cdot T_D = 0,1 \cdot 15 = 1,5 \quad T_D \text{ zjištěno z izokeraunické mapy jako } 15$$

Určení sběrné plochy:

rozměry objektu jsou  $L = 23\text{m}$ ,  $W = 15\text{m}$ ,  $H = 8\text{m}$

$$A_D = L \cdot W + 2 \cdot (3 \cdot H) \cdot (L + W) + \pi \cdot (3 \cdot H)^2 = 23 \cdot 15 + 2 \cdot (3 \cdot 8) \cdot (23 + 15) + \pi \cdot (3 \cdot 8)^2 = 3978,56\text{m}^2$$

Činitel polohy stavby vzhledem k dalším objektům:

$C_D = 0,5$  určeno z tabulky A.1 - objekt obklopen objekty nebo stromy stejné výšky nebo nižší

Pravděpodobnost, že úder do stavby způsobí úraz živých bytostí elektrickým proudem:

$$P_A = P_{TA} \cdot P_B = 10^{-2} \cdot 0,05 = 0,5 \cdot 10^{-3}$$

$P_{TA} = 10^{-2}$  určeno z tabulky B.1 - účinné potencionální pospojování v půdě

$P_B = 0,05$  určeno z tabulky B.2 - třída LPS II

Hodnota ztráty lidského života:

$$L_A = r_t \cdot L_T \cdot \frac{n_z}{n_t} \cdot \frac{t_z}{8760} = 10^{-5} \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot \frac{1920}{8760} = 2 \cdot 10^{-8}$$

$r_t = 10^{-5}$  určeno z tabulky C.3 - asfalt, linoleum, dřevo

$L_T = 10^{-2}$  určeno z tabulky C.2 - všechny typy ztrát

$n_z/n_t = 1$  stavba je považována za jednu zónu

$t_z = 1920\text{h}$  - určeno jako 8h každý pracovní den za rok

*Součást, která se vztahuje k úrazu živých bytostí způsobenému dotykovými a krokovými napětími na ploše až do 3 m vně od stavby. Součásti rizika způsobená dotykovými a krokovými napětími uvnitř stavby vyvolanými úderem do stavby se v normě ČSN EN 62305-2 ed.2 neuvažuje.*  
[5]

### **Součást rizika $R_B$**

$$R_B = N_D \cdot P_B \cdot L_B = 2,984 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05 \cdot 0,001 = \underline{1,49 \cdot 10^{-7}}$$

Odhad ročního počtu  $N_D$  nebezpečných událostí:

$N_D$  je stejné jako v předchozím případě  $N_D = 2,984 \cdot 10^{-3}$

Pravděpodobnost, že úder do stavby způsobí hmotnou škodu:

$P_B = 0,05$  určeno z tabulky B.2 - LPS třída II

Hodnota ztráty lidského života:

$$L_B = r_p \cdot r_f \cdot h_z \cdot L_f \cdot \frac{n_z}{n_t} \cdot \frac{t_z}{8760} = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot \frac{1920}{8760} = 0,001$$

$r_p = 0,5$  určeno z tabulky C.4 - hasicí přístroje, pevná ručně ovládaná hasicí instalace

$r_f = 10^{-1}$  určeno z tabulky C.5 - zóny 1, 21

$h_z = 1$  určeno z tabulky C.6 - žádné zvláštní riziko

$L_f = 10^{-1}$  určeno z tabulky C.2 - riziko výbuchu

$n_z/n_t = 1$  stavba je považována za jednu zónu

$t_z = 1920\text{h}$  - určeno jako 8h každý pracovní den za rok



**Součást rizika  $R_C$** 

$$R_C = N_D \cdot P_C \cdot L_C = 2,984 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 \cdot 0,02 = \underline{5,96 \cdot 10^{-7}}$$

Odhad ročního počtu  $N_D$  nebezpečných událostí:

$N_D$  je stejné jako v předchozím případě  $N_D = 2,984 \cdot 10^{-3}$

Pravděpodobnost, že úder do stavby způsobí poruchu vnitřních systémů:

$$P_C = P_{SPD} \cdot C_{LD} = 0,01 \cdot 1 = 0,01$$

$P_{SPD} = 0,01$  určeno z tabulky B.3 - LPL I

$C_{LD} = 1$  určeno z tabulky B.4 - silové vedení s vícenásobně uzemněnou nulou

Hodnota ztráty lidského života:

$$L_C = L_O \cdot \frac{n_z}{n_t} \cdot \frac{t_z}{8760} = 10^{-1} \cdot 1 \cdot \frac{1920}{8760} = 0,02$$

$L_O = 10^{-1}$  určeno z tabulky C.2 - riziko výbuchu

$n_z/n_t = 1$  stavba je považována za jednu zónu

$t_z = 1920\text{h}$  - určeno jako 8h každý pracovní den za rok

**7.1.2 Stanovení součástí rizika způsobeného úderem v blízkosti stavby (S2)****Součást rizika  $R_M$** 

$$R_M = N_M \cdot P_M \cdot L_M = 1,2351 \cdot 6,4 \cdot 10^{-5} \cdot 0,02 = \underline{1,58 \cdot 10^{-6}}$$

Odhad ročního počtu  $N_M$  nebezpečných událostí způsobených úderem v blízkosti stavby:

$$N_M = N_G \cdot A_M \cdot 10^{-6} = 1,5 \cdot 823398,2 \cdot 10^{-6} = 1,2351$$

$N_G = 1,5$  určeno v předchozích výpočtech

Určení sběrné plochy:

rozměry objektu jsou  $L = 23\text{m}$ ,  $W = 15\text{m}$

$$A_M = 2 \cdot 500 \cdot (L + W) + \pi \cdot 500^2 = 2 \cdot 500 \cdot (23 + 15) + \pi \cdot 500^2 = 823398,2\text{m}^2$$

Pravděpodobnost, že úder v blízkosti stavby způsobí poruchu vnitřních systémů:

$$P_M = P_{SPD} \cdot P_{MS} = 0,01 \cdot 0,0064 = 6,4 \cdot 10^{-5}$$

$P_{SPD} = 0,01$  určeno z tabulky B.3 - LPL I

$$P_{MS} = (K_{S1} \cdot K_{S2} \cdot K_{S3} \cdot K_{S4})^2 = (1 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 0,4)^2 = 0,0064$$

$$K_{S1} = K_{S2} = 1$$

$K_{S3} = 0,2$  určeno z tabulky B.5 - nestíněné kabely, opatření při trasování, pro vyloučení velkých smyček

$$K_{S4} = \frac{1}{U_w} = \frac{1}{2,5} = 0,4 \quad \text{kde, } U_w \text{ je jmenovité impulsní výdržné napětí systému 2,5kV}$$

Hodnota ztráty lidského života:

$L_M = L_C = 0,02$  hodnota je stejná jako v případě rizika  $R_C$

### 7.1.3 Stanovení součástí rizika způsobeného úderem do vedení připojeného ke stavbě (S3)

#### Součást rizika $R_U$

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \cdot P_U \cdot L_U = (3 \cdot 10^{-3} \cdot 1) \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-8} = \underline{6 \cdot 10^{-14}}$$

Odhad ročního počtu  $N_L$  nebezpečných událostí způsobených úderem do vedení:

$$N_L = N_G \cdot A_L \cdot C_I \cdot C_E \cdot C_T \cdot 10^{-6} = 1,5 \cdot 40000 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} = 3 \cdot 10^{-3}$$

$N_G = 1,5$  určeno v předchozích výpočtech

Sběrná oblast:

$$A_L = 40 \cdot L_L = 40 \cdot 1000 = 40000 m^2 \quad L_L \text{ není známo, proto se předpokládá } 1000m$$

$C_I = 0,5$  určeno z tabulky A.2 - vedení vedeno v zemi

$C_T = 1$  určeno z tabulky A.3 - vedení NN, telekomunikační nebo datové vedení

$C_E = 0,1$  určeno z tabulky A.4 - městské prostředí

Odhad ročního počtu  $N_{DJ}$  nebezpečných událostí pro sousední stavbu:

$N_{DJ} = 1$  jelikož není známá stavba na konci vedení (trafostanice apod.) je rovno 1

Pravděpodobnost, že úder do vedení způsobí živým bytostem úraz elektrickým proudem:

$$P_U = P_{TU} \cdot P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} = 0,1 \cdot 0,01 \cdot 1 \cdot 1 = 1 \cdot 10^{-3}$$

$P_{TU} = 0,1$  určeno z tabulky B.6 - výstražné nápisy

$P_{EB} = 0,01$  určeno z tabulky B.7 - LPL I

$P_{LD} = 1$  určeno z tabulky B.8 - nestíněné kabely, výdržné napětí 2,5kV

$C_{LD} = 1$  určeno z tabulky B.4 - silové vedení s vícenásobně uzemněnou nulou

Hodnota ztráty lidského života:

$$L_U = r_t \cdot L_T \cdot \frac{n_z}{n_t} \cdot \frac{t_z}{8760} = 10^{-5} \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot \frac{1920}{8760} = 2 \cdot 10^{-8}$$

$r_t = 10^{-5}$  určeno z tabulky C.3 - asfalt, linoleum, dřevo

$L_T = 10^{-2}$  určeno z tabulky C.2 - všechny typy ztrát

$n_z/n_t = 1$  stavba je považována za jednu zónu

$t_z = 1920\text{h}$  - určeno jako 8h každý pracovní den za rok

### **Součást rizika $R_V$**

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \cdot P_V \cdot L_V = (3 \cdot 10^{-3} \cdot 1) \cdot 0,01 \cdot 0,001 = 3 \cdot 10^{-8}$$

$N_L$  je stejné jako v předchozím případě  $N_L = 3 \cdot 10^{-3}$

$N_{DJ} = 1$  jelikož není známá stavba na konci vedení (trafostanice apod.) je rovno 1

Pravděpodobnost, že úder do vedení způsobí hmotnou škodu:

$$P_V = P_{EB} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} = 0,01 \cdot 1 \cdot 1 = 0,01$$

$P_{EB} = 0,01$  určeno z tabulky B.7 - LPL I

$P_{LD} = 1$  určeno z tabulky B.8 - nestíněné kabely, výdržné napětí 2,5kV

$C_{LD} = 1$  určeno z tabulky B.4 - silové vedení s vícenásobně uzemněnou nulou

Hodnota ztráty lidského života:

$L_V = L_B = 0,001$  hodnota je stejná jako v případě rizika  $R_B$

### **Součást rizika $R_W$**

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \cdot P_W \cdot L_W = (3 \cdot 10^{-3} \cdot 1) \cdot 0,01 \cdot 0,02 = 6 \cdot 10^{-7}$$

$N_L$  je stejné jako v předchozím případě  $N_L = 3 \cdot 10^{-3}$

$N_{DJ} = 1$  jelikož není známá stavba na konci vedení (trafostanice apod.) je rovno 1

Pravděpodobnost, že úder do vedení způsobí poruchu vnitřních systémů:

$$P_W = P_{SPD} \cdot P_{LD} \cdot C_{LD} = 0,01 \cdot 1 \cdot 1 = 0,01$$

$P_{SPD} = 0,01$  určeno z tabulky B.3 - LPL I

$P_{LD} = 1$  určeno z tabulky B.8 - nestíněné kabely, výdržné napětí 2,5kV

$C_{LD} = 1$  určeno z tabulky B.4 - silové vedení s vícenásobně uzemněnou nulou

Hodnota ztráty lidského života:

$L_W = L_C = 0,02$  hodnota je stejná jako v případě rizika  $R_C$

#### 7.1.4 Stanovení součástí rizika způsobeného úderem v blízkosti vedení připojeného ke stavbě (S4)

##### Součást rizika $R_Z$

$$R_Z = N_I \cdot P_Z \cdot L_Z = (0,3 \cdot 1) \cdot 0,0006 \cdot 0,02 = \underline{\underline{3,6 \cdot 10^{-6}}}$$

Odhad ročního počtu  $N_I$  nebezpečných událostí způsobených úderem v blízkosti vedení:

$$N_I = N_G \cdot A_I \cdot C_I \cdot C_E \cdot C_T \cdot 10^{-6} = 1,5 \cdot 4 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} = 0,3$$

$N_G = 1,5$  určeno v předchozích výpočtech

Sběrná oblast:

$$A_I = 4000 \cdot L_L = 4000 \cdot 1000 = 4 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \quad L_L \text{ není známo, proto se předpokládá } 1000\text{m}$$

$C_I = 0,5$  určeno z tabulky A.2 - vedení vedeno v zemi

$C_T = 1$  určeno z tabulky A.3 - vedení NN, telekomunikační nebo datové vedení

$C_E = 0,1$  určeno z tabulky A.4 - městské prostředí

Pravděpodobnost, že úder do vedení způsobí poruchu vnitřních systémů:

$$P_Z = P_{SPD} \cdot P_{LI} \cdot C_{LI} = 0,01 \cdot 0,3 \cdot 0,2 = 0,0006$$

$P_{SPD} = 0,01$  určeno z tabulky B.3 - LPL I

$P_{LI} = 0,3$  určeno z tabulky B.9 - silová vedení, výdržné napětí 2,5kV

$C_{LI} = 0,2$  určeno z tabulky B.4 - silové vedení s vícenásobně uzemněnou nulou

Hodnota ztráty lidského života:

$L_Z = L_C = 0,02$  hodnota je stejná jako v případě rizika  $R_C$

### 7.1.5 Závěr výpočtu rizika

Stanovením celkového rizika dostaneme celkový výsledek analýzy rizika pro objekt lakovny.

#### Riziko ztrát na lidských životech R<sub>1</sub>:

$$R_1 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$$

$$R_1 = 2,984 \cdot 10^{-14} + 1,49 \cdot 10^{-7} + 5,96 \cdot 10^{-7} + 1,58 \cdot 10^{-6} + 6 \cdot 10^{-14} + 3 \cdot 10^{-8} + 6 \cdot 10^{-7} + 3,6 \cdot 10^{-6}$$

$$R_1 = \underline{\underline{6,555 \cdot 10^{-6}}}$$

Přípustné riziko  $R_T = 10^{-5}$  udáváno normou ČSN 62305-2 ed.2.

Vypočítané riziko pro objekt Lakovny je  $R_1 = 6,555 \cdot 10^{-6}$  a je tudíž menší než riziko  $R_T$ .

$$10^{-5} \geq 6,555 \cdot 10^{-6}$$

$$R_T \geq R_1$$

Tento výsledek znamená, že zvolená opatření pro ochranu objektu proti blesku a přepětí jsou dostatečná a není nutné provádět další úpravy projektu.

## 7.2 Výpočet rizika pomocí softwaru Prozik

Jako součást diplomové práce je proveden také výpočet pomocí programu PROZIK od firmy OEZ s.r.o. Letohrad, který v DP slouží k ověření dosažených výsledků z početní části práce. Výpočet byl proveden ve verzi Prozik 2.0X, která odpovídá výpočtům dle nové normy ČSN 62305 ed.2.

### 7.2.1 Provedení výpočtu

Prvním krokem je vytvoření nového projektu, dále je nutné postupovat dle nápovědy pro program, která slouží také jako vysvětlivky ke všem parametrům.

Obr. 7-1: Vytvoření projektu v programu Prozik

The screenshot shows the 'Projekt' (Project) creation screen in the Prozik software. At the top, there is a navigation bar with 'Projekt', 'Jazyk / Language', 'Nastavení' (Settings), and 'Nápověda' (Help). The main area is titled 'Projekt' and contains the following fields:

- Investor:** Text input field containing 'VUT'.
- Název projektu:** Text input field containing 'Objekt Lakovny Kroměříž'.
- Datum zpracování:** Date picker showing '20. 3.2014'.
- Zpracoval:** A section for the processor's details with the following fields:
  - Jméno a příjmení:** Text input field containing 'Bc. Roman Polásek'.
  - Společnost:** Text input field containing 'Diplomová práce'.
  - Telefon:** Empty text input field.
  - E-mail:** Empty text input field.

Below the processor details, there are three buttons: 'Načíst profil zpracovatele' (Load processor profile), 'Uložit profil zpracovatele' (Save processor profile), and 'Vymazat data' (Clear data). At the bottom of the form, there is a 'Pokračovat >>' (Continue >>) button. A navigation bar at the very bottom shows the current step 'Projekt' and other steps: 'Chráněná stavba', 'Inženýrské sítě', 'Zóny', 'Výsledky', 'Přístroje', and 'Výstupy'.

Program pracuje na principu záložek a vyplňujících polí, do kterých se je možné vracet a měnit je v závislosti na námi požadovaných výsledcích. Příklad zadávání parametrů je v obr.7-2 na straně č.60. Jelikož výpočet v tomto softwaru slouží jako ověření ručního výpočtu, zadané hodnoty jsou totožné s hodnotami použitými při tomto ručním výpočtu.

Obr. 7-2: Zadávání hodnot do programu Prozik

Projekt Jazyk / Language Nastavení Nápověda

**OEZA** **Chráněná stavba**

**Sběrná plocha stavby**

Výpočet z rozměrů stavby  Přímým zadáním sběrné plochy

délka L = 23 m  $A_D = 3978.56 \text{ m}^2$  (pro údery do stavby)

šířka W = 15 m  $A_M = 823398.16 \text{ m}^2$  (pro údery v blízkosti stavby)

výška H = 8 m

**Typ stavby**

průmyslová budova

nemocnice  
hotel  
škola  
kancelářská budova  
kostel  
muzeum  
budova občanské výstavby  
průmyslová budova  
komerční budova  
ekonomická budova  
veřejná kulturní budova  
zemědělská budova  
úřad  
ostatní

kovová střeška nebo jímací soustava s kompletní ochranou jakýchkoli střešních instalací proti přímým zásahům blesku

SPD pro ekvipotenciální pospojování LPL I

**Bouřková činnost**

počet bouřkových dnů  $T_D = 15$  za rok

hustota úderů do země  $N_G = 1.18$  na  $\text{km}^2$  za rok

Projekt Chráněná stavba Inženýrské sítě Zóny Výsledky Přístroje Výstupy

<< Zpět Pokračovat >>

Obr. 7-3: Parametry chráněného objektu

Projekt Jazyk / Language Nastavení Nápověda

**OEZA** **Chráněná stavba**

**Sběrná plocha stavby**

Výpočet z rozměrů stavby  Přímým zadáním sběrné plochy

délka L = 23 m  $A_D = 3978.56 \text{ m}^2$  (pro údery do stavby)

šířka W = 15 m  $A_M = 823398.16 \text{ m}^2$  (pro údery v blízkosti stavby)

výška H = 8 m

**Typ stavby**

průmyslová budova

stavba s rizikem výbuchu

**Poloha stavby**

stavba obklopena objekty stejné výšky nebo nižšími

ke stavbě je připojena síť alespoň jedna sousední budova

**Použitý LPS (systém ochrany před bleskem)**

stavba je chráněná pomocí LPS II

souvislá kovová nosná konstrukce nebo nosná konstrukce z armovaného betonu působící jako náhodná soustava svodů

kovová střeška nebo jímací soustava s kompletní ochranou jakýchkoli střešních instalací proti přímým zásahům blesku

SPD pro ekvipotenciální pospojování LPL I

**Bouřková činnost**

počet bouřkových dnů  $T_D = 15$  za rok

hustota úderů do země  $N_G = 1.18$  na  $\text{km}^2$  za rok

Projekt Chráněná stavba Inženýrské sítě Zóny Výsledky Přístroje Výstupy

<< Zpět Pokračovat >>

Obr. 7-4: Parametry připojených vedení k objektu

Projekt Jazyk / Language Nastavení Nápověda

**OEZA** Inženýrské sítě

silnoproudá elektrická vedení

**Inženýrská síť**

Přidat síť Odebrat síť Přejmenovat síť

Silnoproudé vedení

**Sekce**

Přidat sekci Odebrat sekci Přejmenovat sekci

Sekce 1

**Sekce „Sekce 1“ vedení „Silnoproudé vedení“ (silnoproudá elektrická vedení)**

**Typ vnějšího vedení**

Silové vedení s vícenásobně uzemněnou nulou

**Spojení na vstupu**

žádné

délka sekce vedení  $L_L = 1000$  m

**Ukončeno sousední budovou**

není ukončeno sousední budovou

**Sběrná oblast pro připojenou síť (Sekce 1)**

Výpočet  Zadání vlastních hodnot

úderů zasahující síť  $A_L = 40000$  m<sup>2</sup>

úderů do země v blízkosti sítě  $A_T = 4000000$  m<sup>2</sup>

**Činitel instalace vedení** v zemi

**Činitel prostředí pro vedení** městské

**Činitel typu vedení** Silové NN, telekomunikační nebo datové vedení

Projekt Chráněná stavba Inženýrské sítě Vnitřní zařízení Zóny Výsledky Přístroje Výstupy

<< Zpět Pokračovat >>

Obr. 7-5: Parametry vnitřních systémů

Projekt Jazyk / Language Nastavení Nápověda

**OEZA** Vnitřní zařízení

**Vnitřní zařízení**

Zařízení 1

Přidat zařízení Odebrat zařízení Přejmenovat zařízení

**Zařízení 1**

**Zařízení je připojeno k** Silnoproudé vedení - (silnoproudá elektrická vedení)

**Vnitřní zařízení**

$U_w = 2,5$  kV impulzní výdržné napětí chráněného systému

oddělovací rozhraní nebo vazební členy vyloučují poruchu

**Vnitřní vedení**

nestíněný kabel

opatření při trasování, pro vyloučení velkých smyček (plocha smyčky řádu 10 m<sup>2</sup>)

**Použitá koordinovaná ochrana** LPLI

jiná hodnota parametru

**Vnitřní systémy**

vnitřní systémy vyhovují odolnosti a hladinou výdržných napětí uvedenou v příslušných předmetových normách

byla provedena koordinovaná ochrana splňující IEC 62305-4

pro ekvipotenciální pospojování byla použita SPD podle IEC 62305-3

Projekt Chráněná stavba Inženýrské sítě Vnitřní zařízení Zóny Výsledky Přístroje Výstupy

<< Zpět Pokračovat >>



Obr. 7-6: Parametry ztrát

Projekt Jazyk / Language Nastavení Nápvěda

**OEZA** **Zóny**

Zóna: Zóna 1

Umístění zóny: uvnitř stavby

V zóně: .....

**Zóna 1**

Charakteristiky vnitřních systémů Další charakteristiky zóny Ztráty

**Nastavení uvažovaných ztrát** Ztráta lidského života (L1)

Úraz dotykovým a krokovým napětím (D1) Hmotná škoda (D2) Porucha vnitřních systémů (D3)

Typická střední hodnota

Ztráta vypočtena ze zadaných hodnot

počet možných ohrožených osob (obětí)  $n_z =$

očekávaný celkový počet osob (ve stavbě)  $n_t =$

doba v hodinách za rok, po kterou jsou osoby přítomné na nebezpečném místě  $t_z =$   hodin/rok

Hodnota ztráty zadána přímo  $L_T =$

Ztráta se neuvažuje

<b>Úraz dotykovým a krokovým napětím</b>	$L_T =$	<b>0.0021917808</b>
<b>Hmotná škoda</b>	$L_F =$	<b>0.0219178082</b>
<b>Porucha vnitřních systémů</b>	$L_O =$	<b>0.0219178082</b>

Projekt Chráněná stavba Inženýrská síť Vnitřní zařízení Zóny Výsledky Přístroje Výstupy

Obr. 7-7: Parametry zón

Charakteristiky vnitřních systémů Další charakteristiky zóny Ztráty

**Typ povrchu půdy nebo podlahy** asfalt, linoleum, dřevo

**Riziko požáru** výbuch - zóny 1, 21

**Opatření ke zmenšení následků požáru**

žádné

jedno z: hasicí přístroje, pevná ručně ovládaná hasicí instalace, ruční poplachové instalace, hydranty, ohnivzdorné úseky, chráněné únikové cesty

jedno z: pevná automaticky ovládaná hasicí instalace, automatická poplachové instalace + ochrana proti přepětím a hasiči do 10 minut

**Zvláštní rizika** žádné

**Použitá ochranná opatření - kroková a dotyková napětí - úderů do stavby**

varovné nápisy

elektrická izolace (např. 3 mm tlustým síťovaným polyetylénem) nechráněných částí (např. svodů)

účinné ekvipotenciální propojení v půdě

fyzická omezení nebo konstrukce budovy použita jako soustava svodů

**Použitá ochranná opatření - kroková a dotyková napětí - úderů do vedení**

výstražné nápisy

elektrická izolace

fyzické zábrany

Obr. 7-8: Výsledné pravděpodobnosti škod a následné ztráty sloužící jako částečná kontrola mezivýsledků

Projekt Jazyk / Language Nastavení Nápověda

**OEZA** Vypočtené hodnoty

Součásti rizika Počet nebezpečných událostí Pravděpodobnost škody a následné ztráty

**Pravděpodobnost škody a následné ztráty**

Uvažovaná zóna

Uvažované vedení

Pravděpodobnost škody	P <sub>A</sub>	P <sub>B</sub>	P <sub>C</sub>	P <sub>M</sub>	P <sub>U</sub>	P <sub>V</sub>	P <sub>W</sub>	P <sub>Z</sub>
	0.0005	0.05	0.01	0.0001	0.001	0.01	0.01	0.0006

Následné ztráty	L <sub>A</sub>	L <sub>B</sub>	L <sub>C</sub>	L <sub>M</sub>	L <sub>U</sub>	L <sub>V</sub>	L <sub>W</sub>	L <sub>Z</sub>
Ztráta lidského života	2.192E-8	2.192E-3	2.192E-2	2.192E-2	2.192E-8	2.192E-3	2.192E-2	2.192E-2
Nepřijatelná ztráta veřejné služby	—	0	0	0	—	0	0	0
Ztráta nenahraditelného kulturního dědictví	—	0	—	—	—	0	—	—
Ekonomická ztráta	0	1.0E-1	1.0E-1	1.0E-1	0	1.0E-1	1.0E-1	1.0E-1

Projekt Chráněná stavba Inženýrské sítě Vnitřní zařízení Zóny Výsledky Přístroje Výstupy

Obr. 7-9: Výsledná rizika pro objekt Lakovny

Projekt Jazyk / Language Nastavení Nápověda

**OEZA** Vypočtené hodnoty

Součásti rizika Počet nebezpečných událostí Pravděpodobnost škody a následné ztráty

Počet nebezpečných událostí  
 Pravděpodobnost škody a následné ztráty

Uvažovaná zóna

Součásti rizika  ( $10^{-5}$ )

	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>	Celk. riziko	Příp. h.
R <sub>1</sub>	0	0.02570	0.05140	0.21300	0	0.00520	0.05170	0.31040	0.65740	1
R <sub>2</sub>	—	0	0	0	—	0	0	0	0	100
R <sub>3</sub>	—	0	—	—	—	0	—	—	0	10
R <sub>4</sub>	0	1.17370	0.23470	0.97160	0	0.23600	0.23600	1.41600	4.26800	100
R <sub>D</sub>	0	0.02570	0.05140	—	—	—	—	—	0.07720	
R <sub>1</sub>	—	—	—	0.21300	0	0.00520	0.05170	0.31040	0.58020	
R <sub>S</sub>	0	—	—	—	0	—	—	—	0	
R <sub>F</sub>	—	0.02570	—	—	—	0.00520	—	—	0.03090	
R <sub>O</sub>	—	—	0.05140	0.21300	—	—	0.05170	0.31040	0.626486547	

Přípustné hodnoty rizika R<sub>t</sub>

Projekt Chráněná stavba Inženýrské sítě Vnitřní zařízení Zóny Výsledky Přístroje Výstupy

### 7.2.2 Porovnání výsledků ručního výpočtu rizik se softwarem Prozik

V části diplomové práce 7.1. Výpočet rizika je proveden ruční výpočet analýzy rizika jehož výsledkem je riziko  $R_1 = 6,555 \cdot 10^{-6}$ . V části 7.2 Výpočet rizika pomocí softwaru Prozik je proveden pomocí softwaru, jehož výsledkem je riziko  $R_1 = 6,574 \cdot 10^{-6}$ . Obě vypočtená rizika  $R_1$  splňují podmínku stanovenou v normě ČSN EN 62305-2 ed.2 a tudíž, že mají být menší než je hodnota  $R_T$ , která je stanovena jako  $10^{-5}$ .

Rozdíl mezi ručním výpočtem a výpočtem provedeným pomocí softwaru Prozik, je pravděpodobně způsoben, objeveným nesouhlasem části hodnot následných ztrát  $L$  použitých při výpočtu a také možným zaokrouhlováním v průběhu ručního výpočtu. Nicméně výsledný rozdíl není tak velký, aby zásadním způsobem změnil výsledek analýzy rizika, a proto je možné pokládat ruční výpočet za správný.

Výsledkem kontroly výpočtu pomocí softwaru je, že chráněný objekt splňuje podmínky kladené v ČSN EN 62305-2 ed.2 a je tudíž možno přistoupit k samotnému návrhu ochrany před bleskem a přepětím.

## 7.3 Výpočet rizika pomocí softwaru Klimša

Jako součást diplomové práce je proveden třetí výpočet rizika pro zvolený objekt Lakovny a to v programu od p. Davida Klimši. Přístupeno k tomu kroku bylo, z důvodu kontroly ručního výpočtu provedeného v části 7.1 Výpočet rizika a dále také možného porovnání dvou rozlišných přístupů uplatněných v použitých programech. Program p. Klimši pracuje na principu MS excel se zadanými vzorci pracujícími s poli, do kterých zadáváme parametry objektu. Výpočet se řídí postupem popsaným v nové normě ČSN 62305-2 ed.2.

### 7.3.1 Provedení výpočtu

Prvním krokem je opět vytvoření nového projektu, dále je postup intuitivní, kdy se v programu pohybujeme stále směrem dolů a vyplňujeme parametry objektu, připojených vedení, ochranná opatření apod. Průběžné výsledky  $P_{LI}$ ,  $P_Z$ ,  $P_U$ ,  $L_A$  apod. si může kontrolovat postupně, tím, že se nám zobrazují přímo na boku stránky. Program postrádá nápovědu podobnou minulému případu, která by najetím kurzoru na zadaný parametr zobrazila mezivýsledky, které tento parametr ovlivňuje a opačně. Díky tomu program vyžaduje po projektantech znalost všech vazeb mezi zadávanými parametry a výsledky.

Obr. 7-10: Vytvoření projektu analýzy rizika v programu Klimša

VYHODNOCENÍ		OBJEKT				PŘÍVODNÍ VEDENÍ nn			
Riziko $R_1$ - ztráty na lidských životech	$R_r$ (limit) = 0,00001 $R_1 = 1,07511E-05$	$R_A$ 3,289E-14	$R_{R1}$ 1,63465E-07	$R_{C1}$ 1,31E-08	$R_{M1}$ 8,88E-09	$R_U$ 1,32E-12	$R_{V1}$ 6,58E-08	$R_{W1}$ 1,32E-08	$R_{Z1}$ 7,89E-08
Riziko $R_2$ - ztráty na veřejných službách	$R_r$ (limit) = 0,001 $R_2 = 0$		$R_{R2}$ 0	$R_{C2}$ 0	$R_{M2}$ 0		$R_{V2}$ 0	$R_{W2}$ 0	$R_{Z2}$ 0
Riziko $R_3$ - ztráty na kulturním dědictví	$R_r$ (limit) = 0,0001 $R_3 = 0$		$R_{R3}$ 0				$R_{V3}$ 0		
		$N_D$ 0,0029832	$N_C$ 0,00298323	$N_U$ 0,002983	$N_M$ 1,2345	$N_U$ 0	$N_C$ 0	$N_U$ 0	$N_I$ 0,3
		$P_A$ 0,00050	$P_R$ 0,05	$P_C$ 0,02	$P_M$ 3,2E-07	$P_U$ 0,02	$P_V$ 0,02	$P_W$ 0,02	$P_Z$ 0,0012
		$L_A$ 2,19E-08	$L_{R1}$ 0,00109589	$L_{C1}$ 0,021918	$L_{M1}$ 0,021918	$L_U$ 2,19E-08	$L_{V1}$ 0,001098	$L_{W1}$ 0,021918	$L_{Z1}$ 0,021918
			$L_{R2}$ 0	$L_{C2}$ 0	$L_{M2}$ 0		$L_{V2}$ 0	$L_{W2}$ 0	$L_{Z2}$ 0
			$L_{R3}$ 0				$L_{V3}$ 0		

Obr. 7-11: Zadávání parametrů do programu Klimša

Rozměry objektu		A <sub>OV</sub> = 3977,64		** Pokud vložíte A <sub>OR</sub> ručně, bude ručně vloženo A <sub>OR</sub> upřednostněno před A <sub>OV</sub> vypočteným. Stejně tak i A <sub>M</sub> .	
L =	23 m	A <sub>OR</sub> = **			
W =	15 m	A <sub>O</sub> = 3977,64			
H =	8 m				
Poloha objektu:	Objekt obklopen objekty nebo stromy stejné výšky nebo nižšími	C <sub>0</sub> =	0,5		
	Objekt obklopen vyššími objekty nebo stromy	N <sub>0</sub> =	0,002983		
	Objekt obklopen objekty nebo stromy stejné výšky nebo nižšími	N <sub>M</sub> =	1,2345		
Přítomnost osob:	Osamocený objekt - žádné jiné objekty v sousedství				
	Osamocený objekt na vrcholu kopce nebo pahorku				
Ochrana svodů před dotykovým a krokovým napětím:		P <sub>TA</sub> =	0,01		
NE	Lidé se běžně nevyskytují do 3 metrů kolem žádného ze svodů				
NE	Konstrukce budovy použita jako soustava svodů				
NE	Izolace do výše 2,5 metrů				
NE	Varovné nápisy				
ANO	Ekvipotenciální vyrovnání mřížovou uzemňovací soustavou				
NE	Je provedena fyzická zábrana min. 3 metry kolem svodů, kde se mohou vyskytovat lidé				
Elektrický odpor povrchu - typ povrchu:	linoleum	r <sub>i</sub> =	0,00001		
		L <sub>A</sub> =	2,19E-08		
LPS:	NE Objekt je chráněn LPS třídy IV	P <sub>B</sub> =	0,05		
	NE Objekt je chráněn LPS třídy III				
	ANO Objekt je chráněn LPS třídy II				
	NE Objekt je chráněn LPS třídy I				
	NE Jímač vyhovující LPS I, kovová nebo armovaná konstrukce využita jako náhodná soustava svodů				
	NE Kovová střeška a kovová nebo armovaná konstrukce využita jako náhodná soustava svodů				

Obr. 7-12: Vložení parametrů objektu Lakovny

Zadáni pro objekt			
Počet úderů blesku (na 1 km <sup>2</sup> / rok)	$N_B =$	1,5	
Rozměry objektu	L =	23	m
	W =	15	m
	H =	8	m
	$A_{OV} =$	3977,64	
	$A_{OZ} =$	**	
	$A_O =$	3977,64	
** Pokud vložíte $A_{OZ}$ ručně, bude ručně vložené $A_{OZ}$ upřednostněno před $A_{OV}$ vypočteným. Stejně tak i $A_{OZ}$ .			
Poloha objektu:	Objekt obklopen objekty nebo stromy stejné výšky nebo nižšími		$C_D =$ 0,5
Přítomnost osob:	1920	hod/rok	$N_D =$ 0,002983
	Osob v zóně/osob v celém objektu:	1	$N_{IV} =$ 1,2345
Ochrana svodů před dotykovým a krokovým napětím:			$P_{TA} =$ 0,01
NE	Lidé se běžně nevyskytují do 3 metrů kolem žádného ze svodů		
NE	Konstrukce budovy použita jako soustava svodů		
NE	Izolace do výše 2,5 metrů		
NE	Varovné nápisy		
ANO	Ekvipotenciální vyrovnání mřížovou uzemňovací soustavou		
NE	Je provedena fyzická zbrana min. 3 metry kolem svodů, kde se mohou vyskytovat lidé		
Elektrický odpor povrchu - typ povrchu:	linoleum		$r_i =$ 0,00001
			$L_A =$ 2,19E-08
LPS:	NE	Objekt je chráněn LPS třídy IV	$P_B =$ 0,05
	NE	Objekt je chráněn LPS třídy III	
	ANO	Objekt je chráněn LPS třídy II	
	NE	Objekt je chráněn LPS třídy I	
	NE	Jímač vyhovující LPS I, kovová nebo armovaná konstrukce využita jako náhodná soustava svodů	
	NE	Kovová střecha a kovová nebo armovaná konstrukce využita jako náhodná soustava svodů	

Obr. 7-13: Parametry vnitřní instalace a ochranných opatření

Typ stavby:	Průmyslové	Riziko požáru:	Nizké	$r_1 =$ 0,1
Hodnota kult. dědictví v zóně/celk. hodnota:	1	Riziko výbuchu:	Zóna 1 a 21	$r_2 =$ 0,3
Protipožární opatření:	ANO	Hasicí přístroje nebo hydranty		
	NE	Požární úseky nebo únikové cesty		
	NE	SHZ nebo automatické poplachové instalace		
Zvláštní riziko:	Panika:	Zanedbetelné	$r_3 =$ 1	
			$L_{G1} =$ 0,001096	$L_{G2} =$ 0
			$L_{G3} =$ 0	$L_{G4} =$ 0
			$L_{C1} =$ 0,021918	$L_{C2} =$ 0
SPD:	Je použita koordinovaná ochrana SPD		$P_{G20} =$ 0,02	
Služby veřejnosti:	NE	Dodávka plynu, vody, el. energie	$L_{P1} =$ 0,1	$L_{P2} =$ 0
	NE	TV signál, telekom. vedení apod.	$L_{P3} =$ 0	$L_{P4} =$ 0
	Obsluhovaných ze zóny/odjinad:	1	$L_{O1} =$ 0,1	$L_{O2} =$ 0
Ochrana před magnetickým polem:			$P_{M2} =$ 0,000016	$P_{M3} =$ 3,2E-07
Stínění při LPZ 0/1	NE	Šířka ok (m)		
	NE	Souvislé kovové stínění		
Stínění při LPZ 1/2	NE	Šířka ok (m)	1	
	NE	Souvislé kovové stínění		
Stínění při LPZ 2/3	NE	Šířka ok (m)	1	
	NE	Souvislé kovové stínění		
NE	Je provedena mřížová soustava pospojování			
NE	Vedení tvoří indukční smyčky v těsné blízkosti svodů			
Provedení vedení:	Nestíněné kabely s vytvořením indukčních smyček			
NE	Vedení jsou v kovovém kanálu nebo trubkách připojeném na pospojování			
Výdržné impulsní napětí zařízení $U_w$ (V):	2500			

Obr. 7-14: Parametry připojených vedení

**Zadání pro přívodní vedení nn**

Sít':	zemní kabely															
Vedení je nestíněné																
	Délka vedení (k prvnímu uzlu)	1000	m**      ** 1000 m, pokud délka není známá													
Prostředí: Městské																
NE	Transformátor															
AND	Vedení má vícenásobně uzemněný PE, PEN vodič															
Objekt, ze kterého vedení přichází:		Není žádný objekt														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Rozměry:</td> <td style="width: 15%;">L = 0</td> <td style="width: 10%;">m</td> <td style="width: 15%;">A<sub>DVV</sub> = 0</td> <td rowspan="3" style="width: 45%; vertical-align: top;">           * Pokud vložíte A<sub>DVV</sub> ručně, bude ručně vloženo A<sub>DVR</sub> upřednostněno před A<sub>DVV</sub> vypočteným.         </td> </tr> <tr> <td></td> <td>W = 0</td> <td>m</td> <td>A<sub>DVR</sub> = *</td> </tr> <tr> <td></td> <td>H = 0</td> <td>m</td> <td>A<sub>DV</sub> = 0</td> </tr> </table>				Rozměry:	L = 0	m	A <sub>DVV</sub> = 0	* Pokud vložíte A <sub>DVV</sub> ručně, bude ručně vloženo A <sub>DVR</sub> upřednostněno před A <sub>DVV</sub> vypočteným.		W = 0	m	A <sub>DVR</sub> = *		H = 0	m	A <sub>DV</sub> = 0
Rozměry:	L = 0	m	A <sub>DVV</sub> = 0	* Pokud vložíte A <sub>DVV</sub> ručně, bude ručně vloženo A <sub>DVR</sub> upřednostněno před A <sub>DVV</sub> vypočteným.												
	W = 0	m	A <sub>DVR</sub> = *													
	H = 0	m	A <sub>DV</sub> = 0													
Poloha objektu:		Objekt obklopen vyššími objekty nebo stromy														

C <sub>T</sub> =	1
C <sub>E</sub> =	0,1
N <sub>L</sub> =	0,003
N <sub>I</sub> =	0,3
C <sub>U</sub> =	0,2
P <sub>LO</sub> =	1
P <sub>L1</sub> =	0,3
P <sub>U</sub> =	0,02
P <sub>V</sub> =	0,02
P <sub>W</sub> =	0,02
P <sub>Z</sub> =	0,0012
N <sub>DV</sub> =	0
C <sub>DV</sub> =	0,25

Obr. 7-15: Výsledek analýzy rizika v programu Klimša

### Výpočet rizika dle ČSN EN 62305-2 ed. 2

Objekt:	Objekt Lakovny Kroměříž - DP práce	
Výpočet provedl:	Bc. Roman Polášek	Dne: 28.3.2014

#### Sumář rizik z jednotlivých částí (sekcí) objektu.

VYHODNOCENÍ		
<b>Riziko R<sub>1</sub> - ztráty na lidských životech</b>	<b>R<sub>T</sub> (limit) =</b>	<b>0,00001</b>
	<b>R<sub>1</sub> =</b>	<b>1,07511E-05</b>
<b>Riziko R<sub>2</sub> - ztráty na veřejných službách</b>	<b>R<sub>T</sub> (limit) =</b>	<b>0,001</b>
	<b>R<sub>2</sub> =</b>	<b>0</b>
<b>Riziko R<sub>3</sub> - ztráty na kulturním dědictví</b>	<b>R<sub>T</sub> (limit) =</b>	<b>0,0001</b>
	<b>R<sub>3</sub> =</b>	<b>0</b>

### 7.3.2 Porovnání výsledků analýzy rizika s ručním výpočtem

V části diplomové práce 7.1. Výpočet rizika je proveden ruční výpočet analýzy rizika jehož výsledkem je riziko  $R_1 = 6,555 \cdot 10^{-6}$ . V části 7.3 je výsledkem výpočtu rizika pomocí softwaru Klimša riziko  $R_1 = 1,0751 \cdot 10^{-5}$ . Vypočtené riziko  $R_1$  v programu Klimša **nesplňuje** podmínku stanovenou v normě ČSN EN 62305-2 ed.2 a to, že má být menší než je hodnota  $R_T$ , která je stanovena jako  $10^{-5}$  a to i za situace, kdy předešlé výpočty splňovaly tuto podmínku.

Rozdíl mezi ručním výpočtem a výpočtem provedeným pomocí softwaru Klimša, je pravděpodobně způsoben, objeveným nesouhlasem části hodnot konkrétně  $P_{SPD}$ ,  $P_M$ ,  $P_{MS}$ ,  $P_U$ ,  $P_V$ ,  $P_W$ ,  $N_{DJ}$  a  $C_{DJ}$  při výpočtu a také možným zaokrouhlováním v průběhu ručního výpočtu. Nesouhlas výše jmenovaných hodnot je pravděpodobně způsoben nemožností zadat bližší parametry týkajících se hladiny LPL a zadání parametru objektu na konci vedení (trafostanice apod.), který je v případě ručního výpočtu stanoven jako neznámý s příslušnou konstantou.

Výsledkem kontroly výpočtu pomocí programu Klimša je, že chráněný objekt nesplňuje podmínky kladené v ČSN EN 62305-2 ed.2. Tento výsledek nekoresponduje s předcházejícími výpočty, a proto existuje předpoklad, že tento výsledek bude chybný z již výše uvedených důvodů.

### 7.4 Srovnání softwarů Prozik a Klimša určených pro analýzu rizika

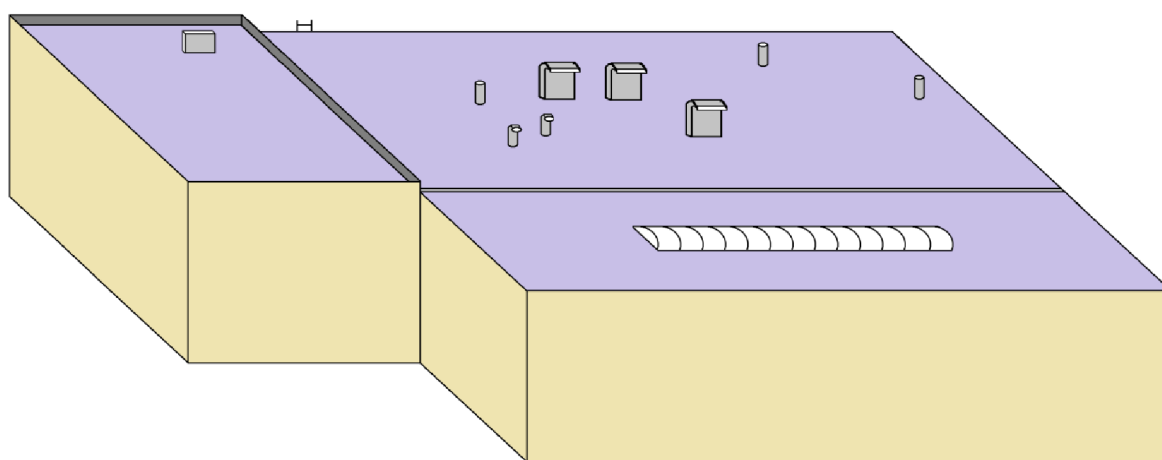
Ke srovnání slouží dva programy pracující na podobném principu využívající postupu analýzy rizika nastíněném v normě ČSN EN 62305-2 ed.2. Program Prozik provedl výpočet s přibližně stejnou výslednou hodnotou jako v případě početní části diplomové práce. Naproti tomu program Klimša zpracoval výsledek, který neodpovídá výsledkům z předcházejících výpočtů.

Na základě srovnání programů mezi sebou a mezi ručním výpočtem, vychází program Prozik jako vhodný k návrhu složitějších objektů typu průmyslových objektů a nemocnic, naproti tomu program Klimša bude pravděpodobně určen spíše pro provádění analýzy rizika na objektech typu rodinného domu apod., kde není potřeba pracovat s přesným zadáváním hodnot, kvůli ovlivňování následných výsledků a mezivýsledků.

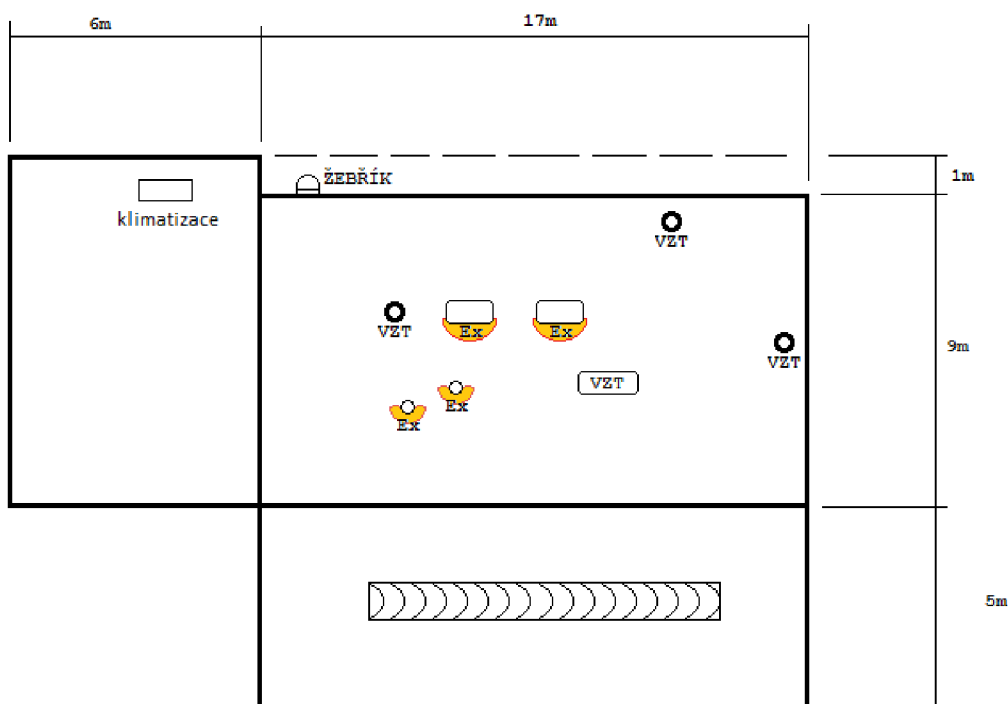
## 8 NÁVRH VNĚJŠÍ OCHRANY LPS

Samotný návrh vnější ochrany před bleskem bude spočívat v dimenzování počtu svodů rozložených po obvodu objektu v závislosti na třídě LPS, určení typu hromosvodu, čili jestli bude použito izolovaného hromosvodu nebo vodivě spojeného se stavbou dále určení dostatečných vzdáleností mezi vedením hromosvodu a vnitřní instalací, návrh jímačů podle metod určených v ČSN a dále použitý materiál pro vedení, uchycení a spojování hromosvodu. V návrhu vnější ochrany také bude přistoupeno k návrhu uzemnění objektu.

Obr. 8-1: Pohled na objekt Lakovny bez instalace vnější ochrany (hromosvodu)



Obr. 8-2: Rozměry objektu Lakovny a rozmístění zařízení na střeše



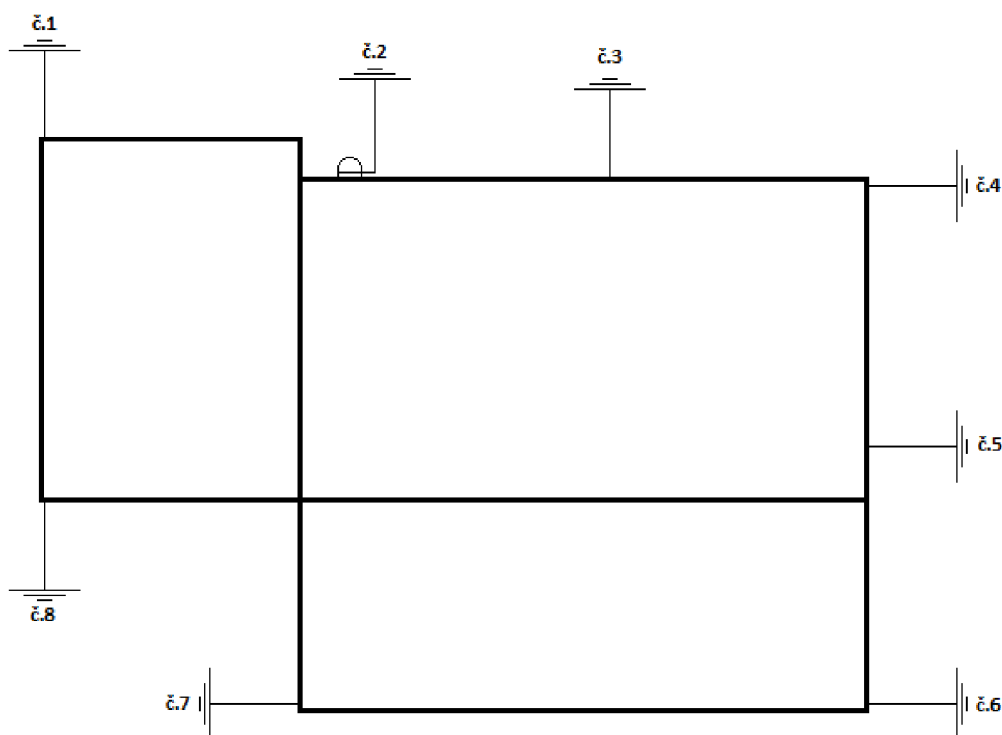


## 8.1 Návrh počtu svodů a jejich rozmístění

Dle rozměrů objektu z obr.8-2 je obvod objektu 76m. Dle tab. 4-3 v části teorie je určena typická vzdálenost mezi svody pro třídu LPS II jako 10m. Na základě toho, je potřeba pro objekt lakovny použít 8ks svodů, které budou rozmístěny po obvodu objektu dle obr.8-3.

Svody byly následovně umístěny s ohledem na vstupy a manipulační plochy okolo objektu, kdy např. mezi svody č.6 a č.7 je mezera delší než 10m proto, že se mezi nimi nachází manipulační plocha a nákladní vjezd do budovy (čili je zde zvýšený výskyt osob a vozidel), proto bylo upuštěno od instalace svodu v této části objektu. U svodu č.2 bylo využito ocelového žebříku jako vedení svodu. Při rozložení svodů je brán zřetel na snahu o rovnoměrné rozložení svodů po obvodu objektu a to z důvodu rovnoměrného rozložení bleskového proudu jednotlivými svody.

Obr. 8-3: Návrh počtu a rozdělení svodů po obvodu objektu Lakovny

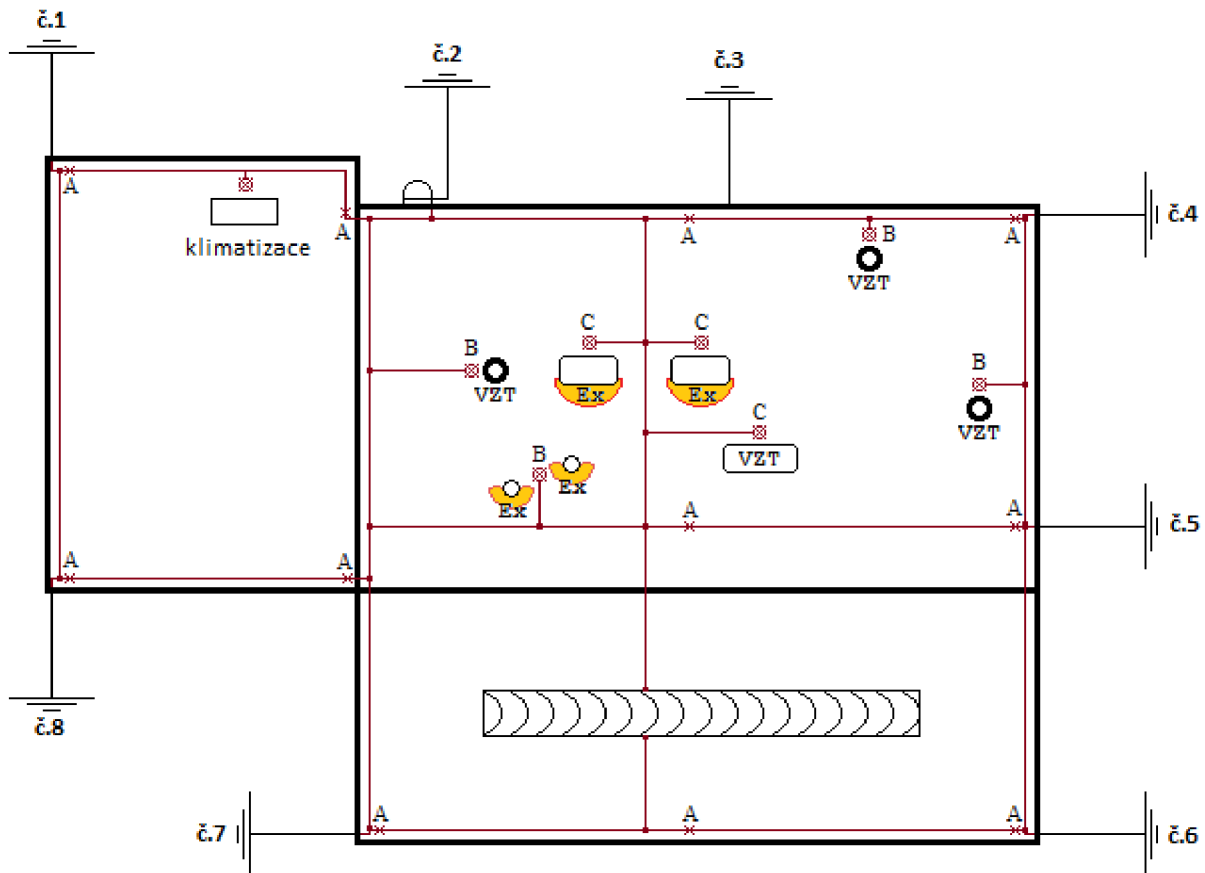


## 8.2 Návrh jímací soustavy

Hromosvod je navržen jako izolovaný (oddálený) od stavby. Jímací soustava bude navržena jako mřížová soustava doplněná a pomocné jímače v krajích objektu a u výdechů vzduchotechniky s prostorem EX a bez tohoto prostoru. Velikost ok mřížové soustavy je stanovena jako 10x10m, opět s přihlédnutím na instalované zařízení na střeše. Na střeše bude rozmístěno celkem 11ks jímačů 1,2m (typ A) zobrazen na obr.8-5 umístěných v rozích objektu, dále 5ks pomocných jímačů 1,5m (typ B) obr.8-6 umístěných u výdechů vzduchotechniky a klimatizace a nakonec 3ks pomocných jímačů 2m (typ C) obr.8-7 umístěných u vzduchotechniky.

Jímací soustava v žádném místě nezasahuje do zón EX u vzduchotechniky. Návrh jímací soustavy je zobrazen na obr.8-4. Bližší pohledy na pomocné jímače jsou zobrazeny na obr.8-5, 8-6 a 8-7 podle typů. V místě stropního okna haly je provedeno napojení jímacího vedení na rám okna, který splňuje svou tloušťkou možnost použití jako náhodné součásti. Ochranný prostor okolo pomocných jímačů je vymezen ochranným úhlem určeným dle třídy LPS a to jako  $\alpha = 70^\circ$ .

Obr. 8-4: Návrh jímací soustavy pro objekt Lakovny - celkový pohled na střechu



### 8.2.1 Výpočet dostatečné vzdálenosti „s“

Pro návrh pomocných jímačů byl proveden výpočet dostatečné vzdálenosti „s“ od výdechů vzduchotechniky a dále pak pro jímací soustavu se svody, který je proveden níže. Jelikož pomocné jímače jsou vždy připojeny k mřížové soustavě, je možné pokládat délku  $l$  ve výpočtu jako výšku jímače v závislosti na typu jímače, plus 2m jako přibližnou délku s rezervou k nejbližšímu spojení na mřížovou jímací soustavu. Ve výpočtu dostatečné vzdálenosti pro jímací soustavu a svody byla brána jako délka vzdálenost jímací soustavy a uzemnění.

Dostatečná vzdálenost  $S_a$  (jímače typu A):

$$k_i = 0,06 ; k_c = 0,125 ; k_m = 1 ; l = 3,2m$$

$$S_a = k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot l = 0,06 \cdot \frac{0,125}{1} \cdot 3,2 = 0,024 = 2,4 \text{ cm}$$

Dostatečná vzdálenost  $S_b$  (jímače typu B):

$$k_i = 0,06 ; k_c = 0,125 ; k_m = 1 ; l = 3,2 \text{ m}$$

$$S_b = k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot l = 0,06 \cdot \frac{0,125}{1} \cdot 3,5 = 0,0263 = 2,63 \text{ cm}$$

Dostatečná vzdálenost  $S_c$  (jímače typu C):

$$k_i = 0,06 ; k_c = 0,125 ; k_m = 1 ; l = 4 \text{ m}$$

$$S_b = k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot l = 0,06 \cdot \frac{0,125}{1} \cdot 4 = 0,03 = 3 \text{ cm}$$

Dostatečná vzdálenost  $S$  (jímací vedení a svody):

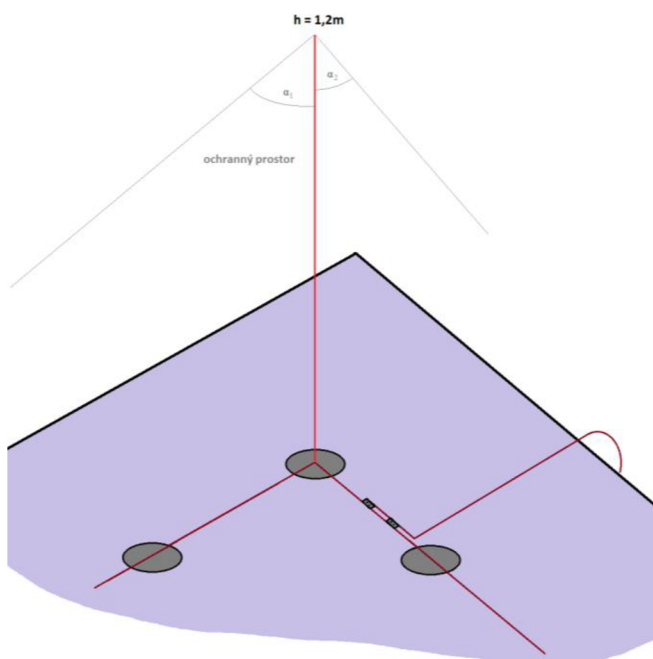
$$k_i = 0,06 ; k_c = 0,125 ; k_m = 1 ; l = 8 \text{ m}$$

$$S_b = k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot l = 0,06 \cdot \frac{0,125}{1} \cdot 8 = 0,06 = 6 \text{ cm}$$

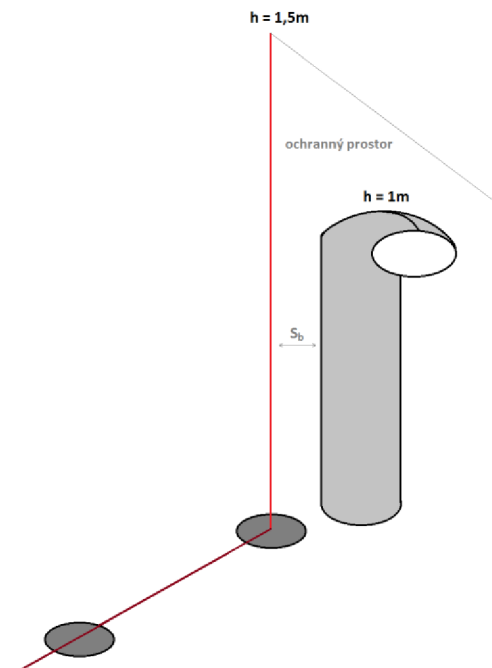
## 8.2.2 Návrh pomocných jímačů

Pomocné jímače slouží ke zvětšení ochranného prostoru jímací soustavy, v našem případě mřížové jímací soustavy. Další pomocné jímače jsou umístěny u zařízení nacházejícího se na střeše objektu a slouží právě ke zvýšení ochranného prostoru právě nad tyto zařízení. Na střeše Lakovny jsou navrženy tři typy pomocných jímačů a to typ A, B a C.

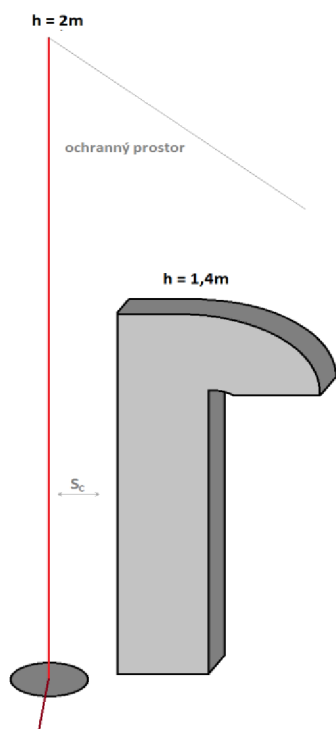
Obr. 8-5: Zobrazení jímače typu A



Obr. 8-6: Zobrazení jímače typu B



Obr. 8-7: Zobrazení jímáče typu C



Obr. 8-8: Ukázka podobné situace se střešní vzduchotechnikou



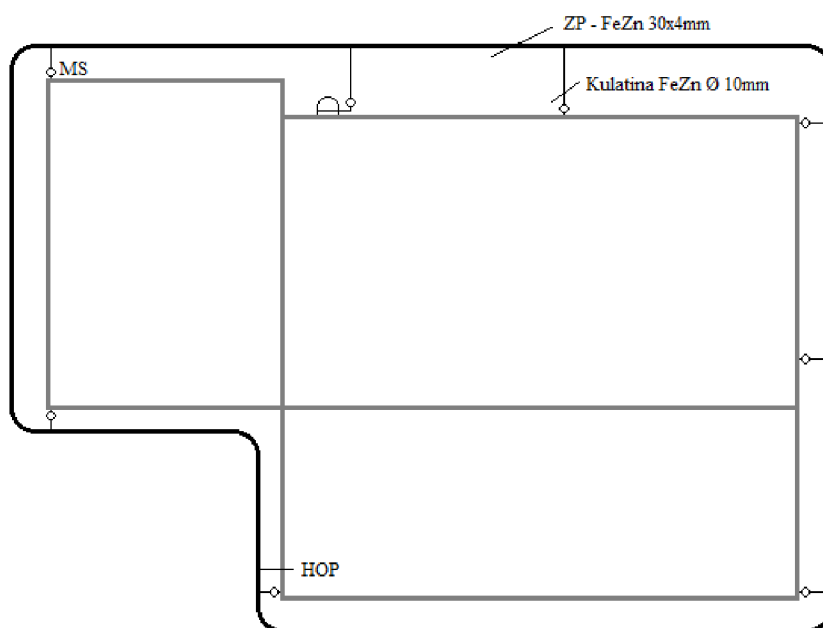
### 8.3 Provedení jímací soustavy a svodů

Pro jímací vedení a svody je navržena kulatina (drát) AlMgSi Ø8mm. Pomocné jímáče typu A a B jsou provedeny vodičem AlMgSi Ø8mm a jímáče typu C jsou navrženy jako jímací tyče Al-2m nespécifikovaného výrobce. Vedení je vedeno po rovné střeše pomocí podpěr vedení FB (betonové provedení). Spojení vedení jsou navrženy v každém místě pomocí 2ks SS svorek, nebo podobným spojovacím materiálem určeným na hromosvody. Svody jsou navrženy jako povrchové vedení upevněné pomocí plastových držáků s dodržení dostatečné vzdálenosti „s“. Svody by měly být ukončeny na měřících svorkách, odkud dále pokračují napojením kulatiny (drátu) FeZn Ø10mm na uzemnění a od měřících svorek by měly být kryty ochrannými úhelníky. Výška měřících svorek je 1,8m nad terénem.

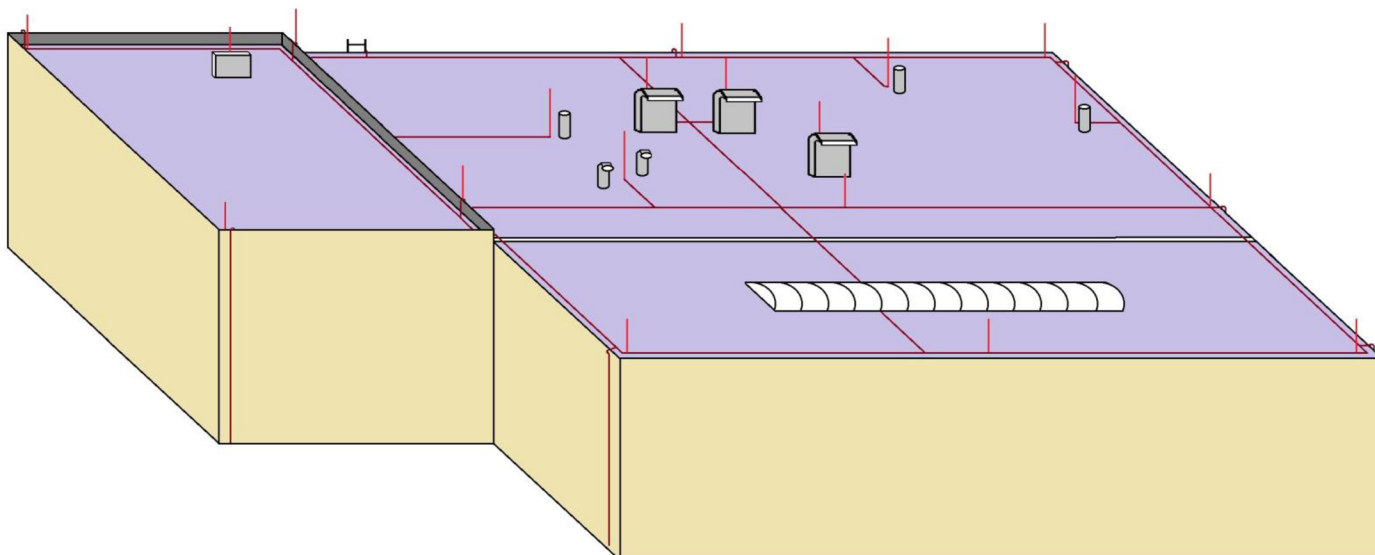
## 8.4 Návrh uzemnění

Navrhnuté uzemnění je typu B, jako obvodový zemnič. Uložení zemniče je provedeno ve výkopu po obvodu objektu v hloubce minimálně 0,5m a vzdálenosti 1m od vnější zdi objektu. Uzemnění je tvořeno zemnicím páskem FeZn 30x4mm s napojenými vývody kulatinou (drátem) FeZn Ø10mm na jednotlivé měřicí svorky každého svodu. Spojený vývodů z uzemnění a zemnicího pásku je provedeno svorkami pásek/kulatina a spoje ve výkopu a průchod ze zeminy na vzduch musí být ošetřeny antikorozním nátěrem, aby byla zaručena určitá minimální životnost uzemnění.

Obr. 8-9: Návrh uzemnění objektu Lakovny



Obr. 8-10: Objekt Lakovny s instalovanou jímací soustavou



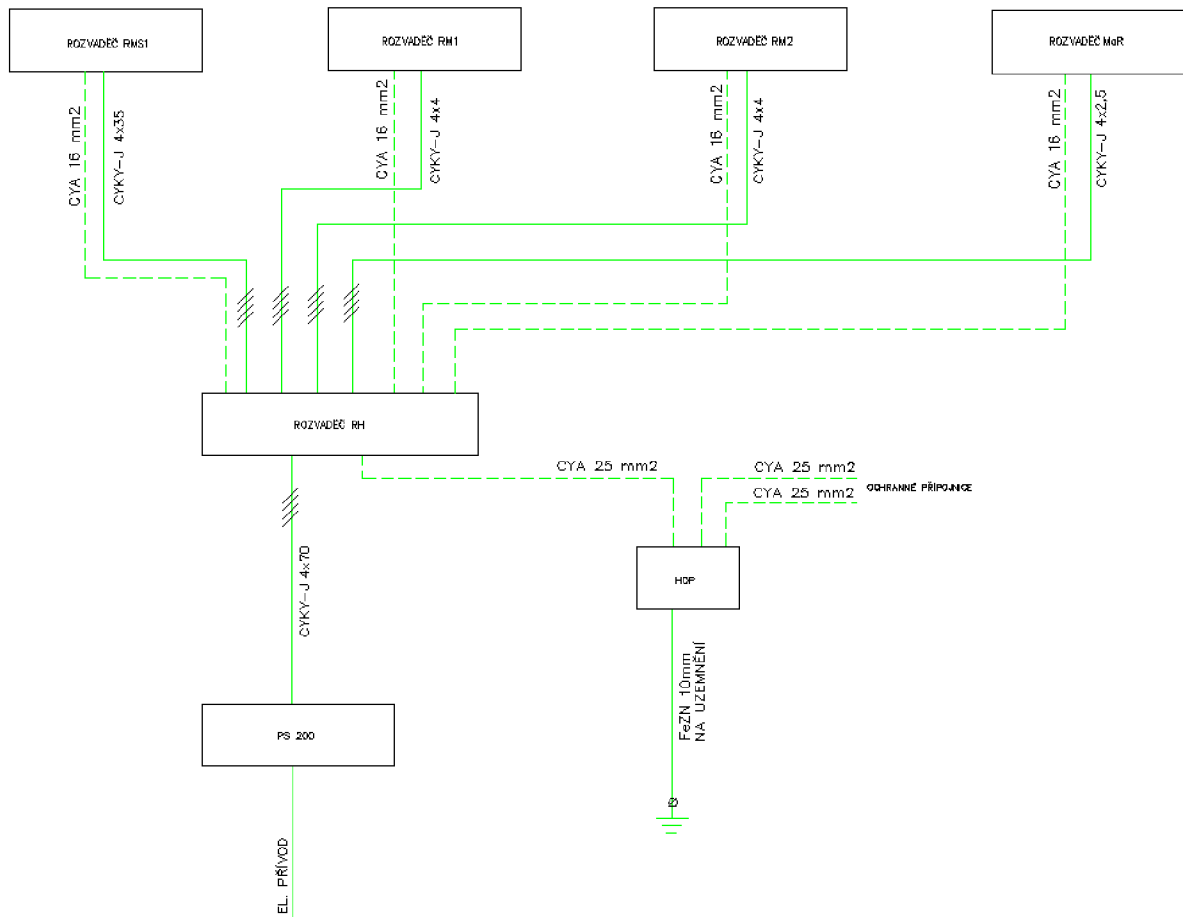
## 9 NÁVRH VNITŘNÍ OCHRANY LPS

Z hlediska ochrany objektu a zařízení v něm je nutné doplnit vnější ochranu LPS o ochranu vnitřní instalace. V objektech s nebezpečím výbuchu jsou kladeny požadavky na zamezení vzniku iniciačního jevu, který by mohl způsobit vznícení těchto nebezpečných atmosfér. Takovýto jev by mohl nastat právě při přepětích způsobených bleskovým proudem, ale i spínacími procesy v síti NN a způsobit tak na zařízeních umístěných v nebezpečných prostorech vznik zvýšení teploty, které pak může mít za následek vzplanutí. Je proto nutné tomuto jevu zabránit instalací přepět'ových ochran.

### 9.1 Návrh přepět'ových ochran

Objekt Lakovny je připojen k síti NN, a silové rozvody objektu jsou znázorněny na obr.9.1.

Obr. 9-1: Silové rozvody objektu Lakovny



### 9.1.1 První stupeň ochrany proti bleskovým proudům

První stupeň ochrany bude umístěn v rozvaděči RH. Vzhledem ke zvolené úrovni ochrany chráněného objektu LPL I a návazné hodnotě impulzního proudu, byl zvolen svodič bleskových proudů DEHNbloc 3 255 H. Jedná se o přepětovou ochranu typ 1 (B) se zapouzdřeným jiskřištěm, jehož funkce je popsána v teoretické části. Tato ochrana je schopna svést bleskový proud 100kA pro rázovou vlnu 10/350 $\mu$ s a zabezpečuje ochranou úroveň napětí 4kV. Tato ochrana vytváří ochranou zónu LPZ 1 v objektu a je zobrazena na obr.9-2.

Obr. 9-2: Svodič bleskových proudů DEHNbloc 3 255 H; převzato z [25]



Zapojení této ochrany je možné provést jako „T“ a nebo „V“. Vzhledem k hodnotě maximálního předjištění bylo zvoleno zapojení „V“ (max předjištění 125A). Aby byla dodržena selektivita jištění byla hodnota předjištění provedena pojistkami OEZ 100A Gg v instalovaném pojistkovém odpojovači. Z důvodu omezení možného vzniknutí rušení, by délky připojovacích vodičů neměly přesáhnout délku 0,5m. Tato ochrana není přímo zkoordinovaná na následující přepětové ochrany DEHN a proto je potřeba dodržení minimální délky 15m mezi ní a dalšími stupni přepětových ochrany, což je vzhledem k rozmístění podružných rozvaděčů dodrženo. Zapojení ochrany je zakresleno ve schématu rozvaděče RH v příloze B.

### 9.1.2 Druhý stupeň ochrany proti přepětí

Druhý stupeň ochrany bude umístěn v podružných rozvaděčích RMS1, RM1, RM2 a rozvaděči MaR. Vzhledem k celkové koncepci ochrany proti přepětí byl použit první stupeň v rozvaděči RH, a jelikož z podružných rozvaděčů nejsou napojeny žádné venkovní instalace a tudíž veškerá elektroinstalace z nich napojená se nachází již v zóně 1, jsou v podružných rozvaděčích použity pouze ochrany druhého stupně. Byla zvolena ochrana DEHNguard M TNS 275. Jedná se o přepětovou ochranu typu 2 (C) se zapouzdřenou kombinací výkonových varistorů a jiskřišť, jejichž princip ochrany je popsán v teoretické části. Tato ochrana je schopna svést přepětí o hodnotě proudu 20kA s rázovou vlnou 8/20 $\mu$ s a zabezpečuje ochranou úroveň závislou na rázovém proudu pro 20kA 1,25kV a pro 5kA už je tato ochranná úroveň 1kV. Tato ochrana je znázorněna na obr.9-3 a vytváří ochranou zónu LPZ 2.

Obr. 9-3: Svodič přepětí DEHNguard M TNS 275; převzato z [26]



V rozvaděči RMS1 je z důvodu dodržení selektivity provedeno předjištění přepětové ochrany pomocí pojistek OEZ 80A Gg v instalovaném pojistkovém odpojovači. V dalších podružných rozvaděčích RM1, RM2 a MaR není instalováno předjištění, vzhledem k již předřazenému jištění pomocí jističů. Z důvodu omezení možného vzniknutí rušení, by délky přípojovacích vodičů neměly přesáhnout délku 0,5m. Zapojení ochrany je zakresleno ve schématu rozvaděče RMS1 v příloze B.

Pro většinu elektrické instalace v objektu Lakovny je ochranná úroveň 1,25kV dostatečná, protože se nenacházejí v prostoru s nebezpečím výbuchu a to jelikož při návrhu elektroinstalace se snažíme, aby v těchto prostorách bylo minimální množství těchto zařízení. V praxi jsou v prostorách Ex pouze zařízení, která tam nutně musí být a ostatní jsou instalována mimo tyto prostory.

### 9.1.3 Třetí stupeň ochrany proti přepětí

Třetí stupeň ochrany proti přepětí řeší jemné filtrování přepětových pulzů a v objektu Lakovny je jí využito v rozvaděči RMS1, konkrétně u vývodů EH01 a EH02, jež napájí vzduchotechniku. Toto zařízení má za úkol udržovat bezpečnou atmosféru v prostoru lakovny a tudíž je důležitá jeho správná funkčnost i z důvodu, že zařízení vzduchotechniky je umístěno a pracuje v prostředí s nebezpečím výbuchu. Pro toto zařízení byla instalována přepětová ochrana DEHNrail M 4P 255. Jedná se o přepětovou ochranu typu 3 (D) se zapouzdřenou kombinací výkonových varistorů a jiskřišť, jejichž princip ochrany je popsán v teoretické části. Tato ochrana je schopna svést přepětí o hodnotě impulzního proudu 3kA a součtový impulzní proud 5kA (L+N-PE) s rázovou vlnou 8/20 $\mu$ s a zabezpečuje ochranou úroveň 1kV. Tato ochrana je znázorněna na obr.9-4 a vytváří ochranou zónu LPZ 3.



Obr. 9-4: Svodič přepětí DEHNrail M 4P 255; převzato z [27]



Přepětíová ochrana DEHNrail nemá řešení předjištění pomocí pojistek, protože předřazené jištění vývodů EH01 a EH02 je již vyhovující hodnotou 3x 20A. Zapojení ochrany je provedeno v rozvaděči RMS1. Jelikož není dodržena minimální délka vedení 5m mezi druhým a třetím stupněm ochrany je nutné zapojit v rozvaděči před třetí stupeň oddělovací impedanci, aby byla přepětíová ochrana zkoordinovaná. Zapojení ochrany je zakresleno ve schématu rozvaděče RMS1 v příloze B.

## 9.2 Slaboproudá instalace

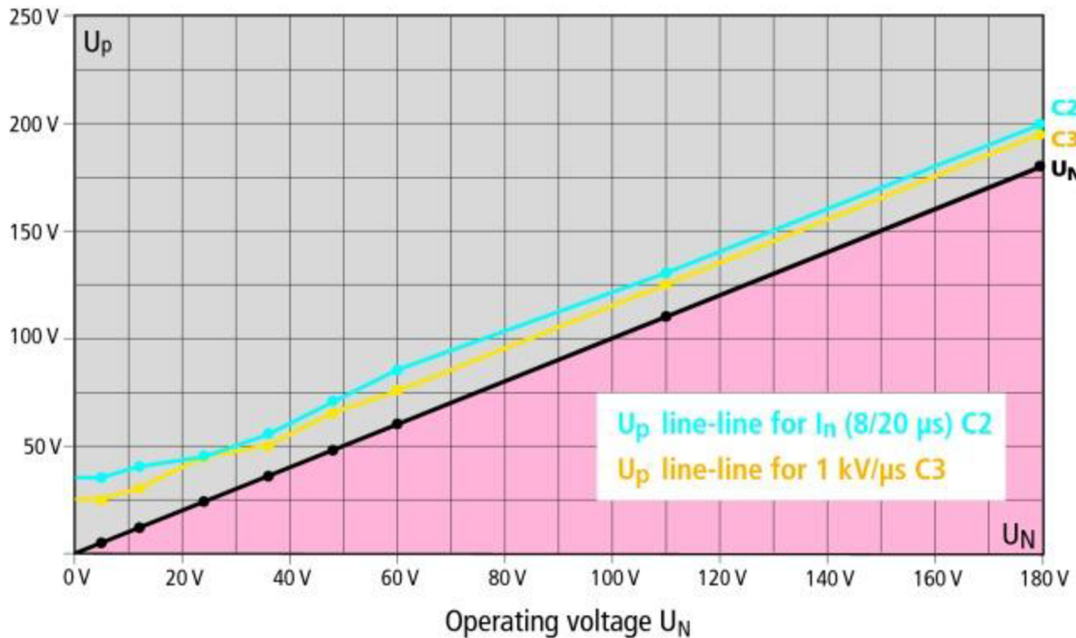
Instalace slaboproudých obvodů provedených v rozvaděči MaR je umístěna v zóně LPZ 2 se zabezpečenou ochrannou úrovní 1,25Kv, která je pro tyto obvody dostatečná. Obvody jsou rozděleny na normální a jiskrově bezpečné obvody. Obvody MaR bez jiskrové bezpečnosti jsou chráněny kombinovaným svodičem bleskových proudů a přepětí BLITZDUCTOR XTU, jež nemá specifikované jmenovité napětí. Tento přístroj je vybaven automatickou diagnostikou provozního napětí daného signálu a to od 0 - 180V DC a od 0 - 127V AC. Tento svodič je konstruován ze dvou dílů, kdy základní část je BXT BAS a námi zvolený modul BXT ML 4 BD 180 a je zobrazen na obr.9-5. Tento svodič je použit také pro přívodní telekomunikační vedení v administrativní části objektu a osazen v rozvaděči RTEL pod rozvaděčem RM1.

Obr. 9-5: Svodič přepětí BLITZDUCTOR XTU s modulem BXT ML 4 BD 180; převzato z [28]



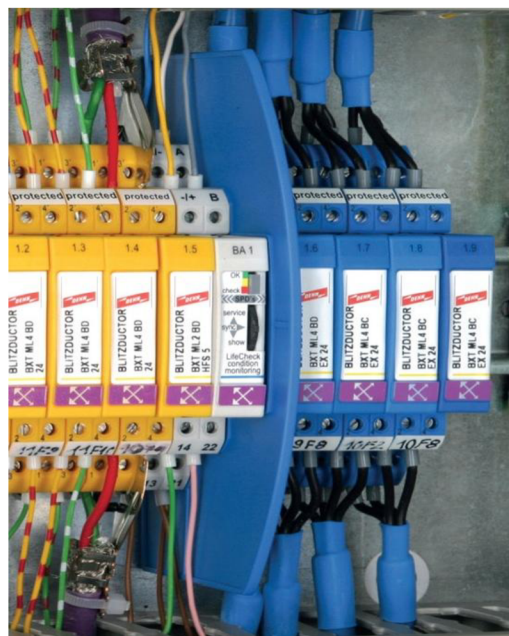
Tento kombinovaný svodič je schopný svést bleskové proudy o hodnotě 10kA rázové vlny 10/350 $\mu$ s a přepětí 20kA rázové vlny 8/20 $\mu$ s. Tento přístroj zabezpečuje nízkou hladinu ochranné úrovně v závislosti na napětí příslušného obvodu. Tato závislost je znázorněna na obr.9-6.

Obr. 9-6: Ochranná hladina svodiče BLITZDUCTOR modulu BXT ML 4 BD; převzato z [28]



Jiskrově bezpečné obvody mají specifické nároky na provedení a musejí také splňovat certifikaci (ATEX IECEx, FISCO apod.), aby mohly být použity pro obvody Ex. Pro jiskrově bezpečné obvody systému MaR je použito svodičů bleskových proudů a přepětí BLITZDUCTOR XT EX. Tento svodič je opět konstruován ze dvou dílů, kdy základní část je BXT BAS EX, která je osazena námi zvoleným modulem BXT ML 4 BD EX. Tento svodič je zobrazen na obr.9-7.

Obr. 9-7: Svodič přepětí BLITZDUCTOR XT EX s modulem BXT ML 4 BD EX; převzato z [29]



### 9.3 Návrh ochranného pospojování v objektu

V rámci elektrické instalace v objektu je provedena ochrana před úrazem el. proudem dle ČSN 33 2000-4-41 ed.2 a v rámci toho, že objekt je s nebezpečím výbuchu tak i dle ČSN EN 60079-14 ed.3, použitím doplňujícího pospojování (uvedení na stejný potenciál) el. zařízení strojů, krytů motorů, vzduchotechniky, kovových kabelových kanálů a hadice stříkacích pistolí apod. V objektu se nenachází zařízení s katodickou ochranou, a proto je vše propojeno na stejný potenciál. V objektu je zřízena HOP u rozvaděče RH, ze které jsou napojeny ochranné přípojnice jednotlivých rozvaděčů a ochranné přípojnice rozmístěné v prostoru lakovny, do kterých jsou připojeny všechny kovové součásti objektu a el. zařízení a je zde možné připojit i dočasné kovové předměty (barely) aby bylo možné předejít elektrostatickým výbojům.

## 10 ZÁVĚR

Cílem práce bylo seznámit se, se soubory norem týkajících se ochrany objektů proti blesku a přepětí se zaměřením se na objekty s nebezpečím výbuchu. To obnášelo seznámení se ČSN EN 62305-1 až 4 ed.2, ze které je možno brát poznatky týkající se ochrany proti blesku a přepětí, od přípravy až k návrhu jednotlivých řešení. A za další souborem norem ČSN 60079, které popisují teoretické poznatky týkající se problematiky elektrických instalací v prostorách s nebezpečím výbuchu. Jednotlivé poznatky a principy byly posloupně zpracovány v teoretické části práce. Na základě takto zpracovaných teoretických poznatků bylo možné přistoupit k návrhu vnější a vnitřní ochrany proti blesku na objektu Lakovny.

V první fázi bylo cílem provést výpočet rizika, na jehož základě jsme dostali minimální požadavky kladené na ochranná opatření, která daný objekt musí splňovat, aby jeho riziko odpovídalo přípustnému riziku určenému v normě ČSN. Na základě tohoto výpočtu, byly tyto minimální požadavky nalezeny a zapracovány do návrhu ochrany proti blesku. V rámci práce byl tento výpočet kontrolován pomocí dvou softwarových produktů a tyto výsledky porovnány s provedeným výpočtem. Jako vedlejší cíl bylo provedeno porovnání výsledků těchto softwarových aplikací a jejich použitelnost.

Ve druhé fázi byl zpracován návrh vnější ochrany proti blesku, který byl díky rozměrům objektu a typu střechy proveden pomocí metody mřížové sítě s doplněním o pomocné jímače, u kterých byla použita metoda ochranného úhlu a dále se návrh postupně zabýval svody až uzemněním.

Ve třetím kroku byl rozpracován návrh vnitřní ochrany proti blesku a přepětí a to instalací přepěťových ochran do rozvaděčů objektu. Navrhnutá ochrana respektuje analýzu rizika a byla řešena ve třech stupních, kdy první stupeň byl instalován v rozvaděči RH a za dodržení požadavku minimální délky 15m byly instalovány do podružných rozvaděčů druhé stupně ochrany. Pro vybrané el. zařízení byly dále použity ochrany třetího stupně. Pro slaboproudou instalaci a systém MaR jsou navrhnuté kombinované ochrany proti přepětí typu 1+2 (B+C) a je brán ohled i na jiskrově bezpečné obvody. V rámci návrhu vnitřní ochrany, byl brán zřetel také na provedení ochranného pospojování u provozovaného el. zařízení v objektu.

### 10.1 Závěry práce a její přínos

Práce měla hlavní úkol poukázat na hlavní teoretické poznatky, které se používají a musí být dodrženy při návrhu ochrany proti blesku a to v objektech s nebezpečím výbuchu a jejich aplikování do následného postupu při realizaci návrhu ochrany pro objekty.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Bleskosvody: Hromosvody. BLESKOSVODY.COM. [online]. [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://www.bleskosvody.com/hromosvod.htm>
- [2] Blesk. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 26. 12. 2013 [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Blesk>
- [3] BURANT, Jiří. Blesk a přepětí: Systémové řešení ochran. Praha: FCC Public, 2006, 252 s. ISBN 80-865-3410-3.
- [4] ČSN EN 62305-1 ed.2. Ochrana před bleskem: Obecné principy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [5] ČSN EN 62305-2 ed.2. Ochrana před bleskem: Řízení rizika. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [6] ČSN EN 62305-3 ed.2. Ochrana před bleskem: Hmotné škody na stavbách a nebezpečí života. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [7] ČSN EN 62305-4 ed.2. Ochrana před bleskem: Elektrické a elektronické systémy ve stavbách. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [8] ČSN EN 60079-0 ed.3. Výbušné atmosféry: Zařízení - všeobecné požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [9] ČSN EN 60079-10-1. Výbušné atmosféry: Určování nebezpečných prostorů - Výbušné plynné atmosféry. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [10] ČSN EN 60079-10-2. Výbušné atmosféry: Určování nebezpečných prostorů- Výbušné atmosféry s hořlavým prachem. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [11] ČSN EN 60079-4 ed.3. Výbušné atmosféry: Návrh, výběr a zřizování elektrických instalací. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [12] HRUBÝ, Jaromír. Elektrická zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu. Elektro [online]. 2010, č. 5, s. 6-12 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=41113](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=41113)
- [13] Klimša, D. (2009). *Vnější a vnitřní ochrana před bleskem*. Praha: IN-EL spol. s r.o.
- [14] KOUDELKA, Ing. Ctirad. Ochrana před bleskem. Ostrava, 2007. Dostupné z: [http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/prednasky/pred\\_ZEP/Ochrana%20pred%20bles-ble-CSN.pdf](http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/prednasky/pred_ZEP/Ochrana%20pred%20bles-ble-CSN.pdf)
- [15] KUTÁČ, Jiří a Ján MERA VÝ. Ochrana před bleskem a přepětím z pohledu soudních znalců: Ochrana před bleskem a přepětím z pohledu soudních znalců. Vyd. 1. Praha, Trenčín [i.e. Ostrava]: SPBI, 2010, 186 s. ISBN 978-80-7385-081-4.
- [16] Názvosloví: Termíny, pojmy a definice. HAKEL – TRADE S.R.O. [online]. [cit. 2014-02-16]. Dostupné z: <http://www.hakel.cz/terminy-pojmy-a-definice.html>
- [17] OEZ S.R.O. Aplikační příručka: Přepětíové ochrany. 1. vyd. Hradec Králové, 2012, 32 s. Dostupné z: [www.oez.cz](http://www.oez.cz)
- [18] SATINSKÝ, Alexej. AGENTURA IRIS. Soubor nových elektrotechnických českých norem: Ex. Havířov: IRIS, 2009. ISBN 978-80-904180-1-1.

- [19] VAVERA, Dušan. Principy jiskrově bezpečných zařízení. MM GROUP, s.r.o. [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://www.jiskrovebezpecne.cz/principy.htm>
- [20] Typy a triky - Jak uzemnit hromosvod. ElektriKa.cz [online]. 2008 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <http://www.dehn.sk/dehn.sk/DEHNventil/nor/iec61312.htm>
- [21] Ochrana budov před bleskem - obecné principy. Dehn.sk [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: [http://www.dehn.sk/dehn.sk/DEHNventil/nor/iec61024\\_1.htm](http://www.dehn.sk/dehn.sk/DEHNventil/nor/iec61024_1.htm)
- [22] Svodič přepětí SPD typu 1 – vlnolam bleskových proudů. ElektriKa.cz [online]. 2008 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <http://elektriKa.cz/data/clanky/dehn-svodice-prepeti-spd-typu-1-2013-vlnolam-bleskovych-proudu>
- [23] Pevné instalace a základní přístupy k realizaci stavebních objektů z hlediska EMC. access.feld.cvut.cz [online]. 2004 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cislocclanku=2010100002>
- [24] Nové evropské normy v oblasti ochrany před bleskem (4. část). ElektriKa.cz [online]. 2008 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <http://elektriKa.cz/data/clanky/clanek.2006-01-24.6162030844>
- [25] DEHNbloc® [online]. 2014 [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <https://www.dehn-international.com/en/675/31170/Familie-html/31170/DEHNbloc®.html>
- [26] DEHNguard® modular [online]. 2014 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.dehn-international.com/en/680/33274/Familie-html/33274/DEHNguard®%20modular.html>
- [27] DEHNrail modular, multipole [online]. 2014 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.dehn-international.com/en/683/31693/Familie-html/31693/DEHNrail%20modular,%20multipole.html>
- [28] BLITZDUCTOR® XTU – Universal Lightning Current / Surge Arrester Modules [online]. 2014 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.dehn-international.com/en/641/33097/Familie-html/33097/BLITZDUCTOR®%20XTU%20-%20Universal%20Lightning%20Current%20%20Surge%20Arrester%20Modules.html>
- [29] BLITZDUCTOR® XT Ex (i) – Protection Modules for Use in Hazardous Areas [online]. 2014 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: [http://www.dehn-international.com/en/641/32905/Familie-html/32905/BLITZDUCTOR®%20XT%20Ex%20\(i\)%20-%20Protection%20Modules%20for%20Use%20in%20Hazardous%20Areas.html](http://www.dehn-international.com/en/641/32905/Familie-html/32905/BLITZDUCTOR®%20XT%20Ex%20(i)%20-%20Protection%20Modules%20for%20Use%20in%20Hazardous%20Areas.html)

## Příloha A

Obr. 1 : Hodnoty přístroje DEHNbloc 3 255 H udávané výrobcem; převzato z [25]



### DEHNbloc 3 255 H

#### Specifications

Type	DB 1 255 H	DB 3 255 H
Part No.	900 222	900 120
SPD according to EN 61643-11	type 1 *	type 1
SPD according to IEC 61643-1/-11	class I *	class I
Nominal a.c. voltage (U <sub>N</sub> )	230 V	230 / 400 V
Max. continuous operating a.c. voltage (U <sub>C</sub> )	255 V	255 V
Lightning impulse current (10/350 μs) (I <sub>imp</sub> )	50 kA	
Specific energy (W/R)	625.00 kJ/ohms	
Lightning impulse current (10/350 μs) [L-N/PEN] (I <sub>imp</sub> )		50 kA
Specific energy [L-N/PEN] (W/R)		625.00 kJ/ohms
Lightning impulse current (10/350 μs) [L1+L2+L3-N/PEN] (I <sub>total</sub> )		100 kA
Specific energy [L1+L2+L3-N/PEN] (W/R)		2.50 MJ/ohms
Voltage protection level (U <sub>p</sub> )	≤ 4 kV	≤ 4 kV
Follow current extinguishing capability a.c. (I <sub>f</sub> )	50 kA <sub>rms</sub>	50 kA <sub>rms</sub>
Follow current limitation / Selectivity	no tripping of a 32 A gL/gG fuse up to 50 kA	no tripping of a 32 A gL/gG fuse up to 50 kA
Response time (t <sub>A</sub> )	≤ 100 ns	≤ 100 ns
Max. backup fuse up to I <sub>K</sub> = 50 kA <sub>rms</sub> (t <sub>a</sub> ≤ 0.2 s)	500 A gL/gG	500 A gL/gG
Max. backup fuse up to I <sub>K</sub> = 50 kA <sub>rms</sub> (t <sub>a</sub> ≤ 5 s)	315 A gL/gG	315 A gL/gG
Max. backup fuse for I <sub>K</sub> > 50 kA <sub>rms</sub>	200 A gL/gG	200 A gL/gG
Max. backup fuse (L-L')	125 A gL/gG	125 A gL/gG
Temporary overvoltage (TOV) (U <sub>T</sub> )	335 V / 5 sec.	335 V / 5 sec.
TOV characteristic	withstand	withstand
Operating temperature range (parallel connection) (T <sub>UP</sub> )	-40 °C ... +80 °C	-40 °C ... +80 °C
Operating temperature range (series connection) (T <sub>US</sub> )	-40 °C ... +60 °C	-40 °C ... +60 °C
Number of ports	1	1
Cross-sectional area (L, L', N/PEN, N'/PEN) (min.)	10 mm <sup>2</sup> solid / flexible	
Cross-sectional area (L, N/PEN) (max.)	50 mm <sup>2</sup> stranded / 35 mm <sup>2</sup> flexible	
Cross-sectional area (L', N'/PEN) (max.)	35 mm <sup>2</sup> stranded / 25 mm <sup>2</sup> flexible	
Cross-sectional area (L1, L1', L2, L2', L3, L3', N/PEN, N'/PEN)		10 mm <sup>2</sup> solid / flexible
Cross-sectional area (L1, L2, L3, N/PEN)		50 mm <sup>2</sup> stranded / 35 mm <sup>2</sup> flexible
Cross-sectional area (L1', L2', L3', N'/PEN)		35 mm <sup>2</sup> stranded / 25 mm <sup>2</sup> flexible
For mounting on	35 mm DIN rails acc. to EN 60715	35 mm DIN rails acc. to EN 60715
Enclosure material	thermoplastic, red, UL 94 V-0	thermoplastic, red, UL 94 V-0
Place of installation	indoor installation	indoor installation
Degree of protection	IP 20	IP 20
Capacity	2 module(s), DIN 43880	6 module(s), DIN 43880
GTIN	4013364102521	4013364109377
PU	1 pc(s)	1 pc(s)

Obr.2: Hodnoty přístroje DEHNguard M TNS 275 udávané výrobcem; převzato z [26]



## DEHNguard M TNS 275

### Specifications

Type	DG M TNS 150	DG M TNS 275	DG M TNS 385
Part No.	952 403	952 400	952 404
SPD according to EN 61643-11	Type 2	Type 2	Type 2
SPD according to IEC 61643-1/-11	Class II	Class II	Class II
Nominal a.c. voltage ( $U_N$ )	120/240 V	230/400 V	230/400 V
Max. continuous operating a.c. voltage ( $U_C$ )	150 V	275 V	385 V
Nominal discharge current (8/20 $\mu$ s) ( $I_n$ )	15 kA	20 kA	20 kA
Max. discharge current (8/20 $\mu$ s) ( $I_{max}$ )	40 kA	40 kA	40 kA
Voltage protection level ( $U_p$ )	$\leq 0.7$ kV	$\leq 1.25$ kV	$\leq 1.75$ kV
Voltage protection level at 5 kA ( $U_p$ )	$\leq 0.55$ kV	$\leq 1$ kV	$\leq 1.35$ kV
Response time ( $t_A$ )	$\leq 25$ ns	$\leq 25$ ns	$\leq 25$ ns
Max. mains-side overcurrent protection	125 A gL/gG	125 A gL/gG	125 A gL/gG
Short-circuit withstand capability for max. mains-side overcurrent protection	50 kA <sub>rms</sub>	50 kA <sub>rms</sub>	25 kA <sub>rms</sub>
Temporary overvoltage (TOV) ( $U_T$ )	175 V / 5 sec.	335 V / 5 sec.	385 V / 5 sec.
TOV characteristic	withstand	withstand	withstand
Operating temperature range ( $T_U$ )	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C
Operating state/fault indication	green / red	green / red	green / red
Number of ports	1	1	1
Cross-sectional area (min.)	1.5 mm <sup>2</sup> solid/flexible	1.5 mm <sup>2</sup> solid/flexible	1.5 mm <sup>2</sup> solid/flexible
Cross-sectional area (max.)	35 mm <sup>2</sup> stranded/25 m	35 mm <sup>2</sup> stranded/25 m	35 mm <sup>2</sup> stranded/25 m
For mounting on	35 mm DIN rails acc. to	35 mm DIN rails acc. to	35 mm DIN rails acc. to
Enclosure material	thermoplastic, red, UL	thermoplastic, red, UL	thermoplastic, red, UL
Place of installation	indoor installation	indoor installation	indoor installation
Degree of protection	IP 20	IP 20	IP 20
Capacity	4 module(s), DIN 4388C	4 module(s), DIN 4388C	4 module(s), DIN 4388C
Approvals	KEMA, UL	KEMA, VDE, UL, Vd5	KEMA, UL
Weight	417 g	443 g	474 g
GTIN	4013364128569	4013364108455	4013364128545
PU	1 pc(s)	1 pc(s)	1 pc(s)



Obr. 3: Hodnoty přístroje DEHNrail M 4P 255 udávané výrobcem; převzato z [27]



## DEHNrail M 4P 255

### Specifications

Type	DR M 4P 255	DR M 4P 255 FM
Part No.	953 400	953 405
SPD according to EN 61643-11	Type 3	Type 3
SPD according to 61643-1/-11	Class III	Class III
Nominal a.c. voltage (U <sub>N</sub> )	230/400 V	230/400 V
Max. continuous operating a.c. voltage (U <sub>C</sub> )	255/440 V	255/440 V
Nominal load current a.c. (I <sub>N</sub> )	25 A	25 A
Nominal discharge current (8/20 μs) (I <sub>n</sub> )	3 kA	3 kA
Total discharge current (8/20 μs) [L1+L2+L3+N-PE] (I <sub>total</sub> )	8 kA	8 kA
Combined impulse (U <sub>OC</sub> )	6 kV	6 kV
Combined impulse [L1+L2+L3+N-PE] (U <sub>OC total</sub> )	16 kV	16 kV
Voltage protection level [L-N] (U <sub>p</sub> )	≤ 1000 V	≤ 1000 V
Voltage protection level [L/N-PE] (U <sub>p</sub> )	≤ 1500 V	≤ 1500 V
Response time [L-N] (t <sub>A</sub> )	≤ 25 ns	≤ 25 ns
Response time [L/N-PE] (t <sub>A</sub> )	≤ 100 ns	≤ 100 ns
Max. mains-side overcurrent protection	25 A gL/gG or B 25 A	25 A gL/gG or B 25 A
Short-circuit withstand capability for mains-side overcurrent protection with 25 A gL/gG	6 kA <sub>rms</sub>	6 kA <sub>rms</sub>
Temporary overvoltage (TOV) [L-N] (U <sub>T</sub> )	335 V / 5 sec.	335 V / 5 sec.
Temporary overvoltage (TOV) [L/N-PE] (U <sub>T</sub> )	400 V / 5 sec.	400 V / 5 sec.
Temporary overvoltage (TOV) [N-PE] (U <sub>T</sub> )	1200 V / 200 ms	1200 V / 200 ms
TOV characteristic [L-N]	withstand	withstand
TOV characteristic [L/N-PE]	withstand	withstand
TOV characteristic [L+N-PE]	safe	safe
Operating temperature range (T <sub>U</sub> )	-40°C...+80°C	-40°C...+80°C
Operating state/fault indication	green / red	green / red
Number of ports	1	1
Cross-sectional area (min.)	0.5 mm <sup>2</sup> solid/flexible	0.5 mm <sup>2</sup> solid/flexible
Cross-sectional area (max.)	4 mm <sup>2</sup> stranded/2.5 mm <sup>2</sup> fl	4 mm <sup>2</sup> solid/2.5 mm <sup>2</sup> flexib
For mounting on	35 mm DIN rails acc. to EN 60715	35 mm DIN rails acc. to EN 60715
Enclosure material	thermoplastic, red, UL 94 V-0	thermoplastic, red, UL 94 V-0
Place of installation	indoor installation	indoor installation
Degree of protection	IP 20	IP 20
Capacity	2 modules, DIN 43880	2 modules, DIN 43880
Approvals, Certifications	KEMA, VDE, UL	KEMA, VDE, UL
Type of remote signalling contact		changeover contact
a.c. switching capacity		250 V/0.5 A
d.c. switching capacity		250 V/0.1 A; 125 V/0.2 A; 75 V/0.5 A
Cross-sectional area for remote signalling terminals		max. 1.5 mm <sup>2</sup> solid/flexible
Weight	138 g	141 g
GTIN	4013364115767	4013364115774
PU	1 pc(s)	1 pc(s)

Obr. 4: Hodnoty přístroje BLITZDUCTOR XTU a modulu BXT ML4 BD 180 udávané výrobcem; převzato z [28]



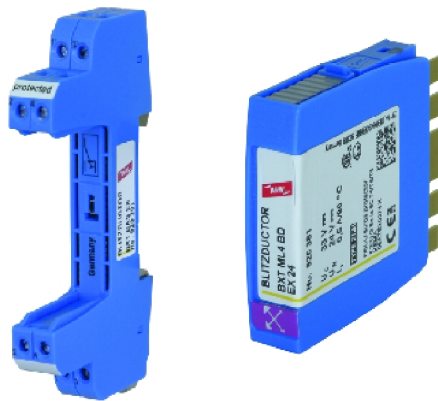
## BLITZDUCTOR XTU S MODULEM BXT ML4 BD 180



### Specifications

Type	BXTU ML4 BD 0-180
Part No.	920 349
SPD class	
SPD monitoring system	LifeCheck
Operating voltage ( $U_N$ )	0-180 V
Frequency of the operating voltage ( $f_{UN}$ )	0-400 Hz
Max. continuous operating d.c. voltage ( $U_C$ )	180 V
Max. continuous operating a.c. voltage ( $U_C$ )	127 V
Permissible superimposed signal voltage ( $U_{signal}$ )	$\leq \pm 5$ V
Cut-off frequency line-line ( $U_{signal}$ , balanced 100 ohms) ( $f_C$ )	50 MHz
Nominal current at 80 °C (equal to max. short-circuit current) ( $I_N$ )	100 mA
D1 Total lightning impulse current (10/350 $\mu$ s) ( $I_{imp}$ )	10 kA
D1 Lightning impulse current (10/350 $\mu$ s) per line ( $I_{imp}$ )	2.5 kA
C2 Total nominal discharge current (8/20 $\mu$ s) ( $I_n$ )	20 kA
C2 Nominal discharge current (8/20 $\mu$ s) per line ( $I_n$ )	10 kA
Voltage protection level line-line for $I_n$ C2 ( $U_p$ )	see diagram, line C2
Voltage protection level line-line at 1 kV/ $\mu$ s C3 ( $U_p$ )	see diagram, line C3
Voltage protection level line-line for $I_{imp}$ D1 ( $U_p$ )	$\leq U_N + 53$ V
Voltage protection level line-PG for C2/C3/D1	$\leq 550$ V
Series resistance per line	$\leq 10$ ohms; typically 7.5 ohms
Capacitance line-line (C)	$\leq 80$ pF
Capacitance line-PG (C)	$\leq 16$ pF
Operating temperature range ( $T_U$ )	-40 °C ... +80 °C
Degree of protection (plugged-in)	IP 20
Pluggable into	BXT BAS / BSP BAS 4 base part
Earthing via	BXT BAS / BSP BAS 4 base part
Enclosure material	polyamide PA 6.6
Colour	yellow
Test standards	IEC 61643-21 / EN 61643-21, UL 4978
SIL classification	up to SIL3 <sup>*)</sup>
Approvals	CSA, UL, GOST
Weight	25 g
GTIN	4013364126404
PU	1 pc(s)

Obr. 5: Hodnoty přístroje BLITZDUCTOR XT EX a modulu BXT ML4 BD EX udávané výrobcem; převzato z [29]



## BLITZDUCTOR XT EX S MODULEM BXT ML 4 BD EX



### Specifications

Type	BXT ML4 BD EX 24
Part No.	920 381
SPD class	
SPD monitoring	LifeCheck
Nominal voltage (U <sub>N</sub> )	24 V
Max. continuous operating d.c. voltage (U <sub>c</sub> )	33 V
Max. continuous operating a.c. voltage (U <sub>c</sub> )	23 V
Max. input voltage acc. to EN 60079-11 (U <sub>i</sub> )	30 V
Max. input current acc. to EN 60079-11 (I <sub>i</sub> )	0.5 A
D1 Total lightning impulse current (10/350 μs) (I <sub>imp</sub> )	4 kA
D1 Lightning impulse current (10/350 μs) per line (I <sub>imp</sub> )	1 kA
C2 Total nominal discharge current (8/20 μs) (I <sub>n</sub> )	20 kA
C2 Nominal discharge current (8/20 μs) per line (I <sub>n</sub> )	5 kA
Voltage protection level line-line for I <sub>imp</sub> D1 (U <sub>p</sub> )	≤ 50 V
Voltage protection level line-PG for I <sub>imp</sub> D1 (U <sub>p</sub> )	≤ 1300 V
Voltage protection level line-line for I <sub>n</sub> C2 (U <sub>p</sub> )	≤ 52 V
Voltage protection level line-PG for I <sub>n</sub> C2 (U <sub>p</sub> )	≤ 1400 V
Voltage protection level line-line at 1 kV/μs C3 (U <sub>p</sub> )	≤ 45 V
Voltage protection level line-PG at 1 kV/μs C3 (U <sub>p</sub> )	≤ 1100 V
Series resistance per line	1.0 ohm
Cut-off frequency line-line (f <sub>c</sub> )	7.7 MHz
Capacitance line-line (C)	≤ 0.8 nF
Capacitance line-PG (C)	≤ 16 pF
Operating temperature range (T <sub>u</sub> )	-40 °C ... +80 °C
Degree of protection (plugged-in)	IP 20
Plugs into	base part
Earthing via	base part
Enclosure material	polyamide PA 6.6
Colour	blue
Test standards	IEC 61643-21 / EN 61643-21, UL 497B
SIL classification	up to SIL3 <sup>*)</sup>
ATEX approvals (1)	KEMA 06ATEX0274 X: II 2 (1) G Ex ia [ia Ga] IIC T4 ... T6 Gb
ATEX approvals (2)	KEMA 06ATEX0274 X: II 2 G Ex ib IIC T4 ... T6 Gb
IECEX approvals (1)	DEK 11.0078X: Ex ia [ia Ga] IIC T4 ... T6 Gb
IECEX approvals (2)	DEK 11.0078X: Ex ib IIC T4 ... T6 Gb
Approvals	CSA, GOST
Weight	23 g
GTIN	4013364109025
PU	1 pc(s)