

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra elektroenergetiky**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Požadavky na elektrická zařízení a instalace ve  
výbušných atmosférách**

**vedoucí práce: Doc. Ing. Zbyněk Martínek, CSc.**

**2021**

**autor: Bc. Michal Dvořák**

# ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal DVOŘÁK**  
Osobní číslo: **E19N0003K**  
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**  
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**  
Téma práce: **Požadavky na elektrická zařízení a instalace ve výbušných atmosférách**  
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky**

### Zásady pro vypracování

1. Specifikujte způsob určení zón v prostorách s výbušnou plynnou atmosférou a s výbušnou atmosférou s hořlavým prachem.
2. Uvedte požadavky na elektrické instalace v prostorách s výbušnou plynnou atmosférou a s výbušnou atmosférou s hořlavým prachem.
3. Uvedte požadavky na zařízení určená do prostorů s výbušnou plynnou atmosférou a s výbušnou atmosférou s hořlavým prachem.
4. Navrhněte základní typy ochrany zařízení v prostorách s výbušnou plynnou atmosférou a s výbušnou atmosférou s hořlavým prachem.
5. Navrhněte základní typy uzávěrů pro zařízení určená do prostor s výbušnou plynnou atmosférou a s výbušnou atmosférou s hořlavým prachem.

Rozsah diplomové práce: **40 – 60 stran**  
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce a odborného konzultanta
2. ČSN EN 60079

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Zbyněk Martínek, CSc.**  
Katedra elektroenergetiky

Datum zadání diplomové práce: **9. října 2020**  
Termín odevzdání diplomové práce: **27. května 2021**



**Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.**  
děkan



**Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.**  
vedoucí katedry

## **Anotace**

Předkládaná diplomová práce se zabývá problematikou návrhu elektrických zařízení a instalací v prostorách s nebezpečím výbuchu plynů, par a prachů. Práce ukazuje základní postupy při určování zón výbuchu a ukazuje požadavky na zařízení a instalace umístěných v těchto zónách. Dále popisuje základní druhy ochran před vznikem iniciace.

## **Klíčová slova**

Výbušné atmosféry, zóny výbuchu, EPL, větrání výbušných atmosfér, typy ochran, skupiny výbušných zařízení, teplotní třídy

## **Abstract**

The submitted diploma thesis deals with the design of electrical equipment and installations in areas with a risk of explosion of gases, vapors and dusts. The thesis shows the basic procedures for determining the zones of explosion and shows the requirements for equipment and installations located in these zones. It also describes the basic types of protection against initiation.

## **Key words**

Explosive atmospheres, explosion zones, EPL, ventilation of explosive atmospheres, types of protection, groups of explosive devices, temperature classes

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 23.5.2021

Bc. Michal Dvořák

.....

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Zbyňku Martínkovi, CSc. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu. A hlavně bych chtěl poděkovat své partnerce, která při mně stála za každé situace, bez které si nedokážu představit, že bych zvládl tuto těžkou dobu.

## Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ</b> .....	<b>11</b>
<b>1 ZÁKLADNÍ POJMY</b> .....	<b>13</b>
1.1 SKUPINY ZAŘÍZENÍ .....	13
1.2 TEPLOTNÍ TŘÍDY .....	14
1.3 ÚROVEŇ EPL .....	15
1.4 TYPY OCHRAN .....	16
1.5 VZTAH MEZI EPL A TYPY OCHRANY .....	17
1.6 ZÓNY .....	18
1.7 VZTAH MEZI SKUPINAMI ZAŘÍZENÍ, EPL A ZÓNAMI.....	18
1.8 POUŽITÁ LITERATURA V KAPITOLE 1 .....	18
<b>2 URČOVÁNÍ ZÓN</b> .....	<b>19</b>
2.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O ZAŘÍZENÍCH NEBO PROVOZECH .....	19
2.2 URČENÍ VLASTNOSTÍ PLYNŮ NEBO PRACHŮ.....	19
2.3 ÚNIKY .....	23
2.4 MNOŽSTVÍ UNIKLÉ HOŘLAVÉ LÁTKY A RYCHLOST ÚNIKU HOŘLAVÉ LÁTKY ....	23
2.5 VĚTRÁNÍ .....	27
2.6 ROZŘEĐOVÁNÍ .....	30
2.7 DOBA DO VYTVOŘENÍ A PŘETRVÁNÍ VÝBUŠNÉ ATMOSFÉRY .....	32
2.8 ÚROVEŇ ÚKLIDU .....	33
2.9 ZAŘAZENÍ ZÓN .....	34
2.10 ROZSAH ZÓN .....	35
2.11 POUŽITÁ LITERATURA V KAPITOLE 2.....	37
<b>3 POŽADAVKY NA INSTALACE</b> .....	<b>37</b>
3.1 VŠEOBECNĚ.....	37
3.2 PŘIPOJOVÁNÍ ZAŘÍZENÍ, POSPOJOVÁNÍ .....	37
3.3 ODPOJOVAČE, POJISTKY .....	38
3.4 DVEŘE, KRYTY .....	39
3.5 KABELY .....	39
3.6 TRUBKOVÉ SYSTÉMY .....	40



---

3.7	KABELOVÉ VÝVODKY .....	41
3.8	ZÁSUVKY, VIDLICE.....	42
3.9	SVÍTIDLA.....	42
3.10	TOČIVÉ STROJE.....	43
3.11	ZAŘÍZENÍ S ČLÁNKY A BATERIEMI.....	44
3.12	POUŽITÁ LITERATURA V KAPITOLE 3.....	45
<b>4</b>	<b>TYPY OCHRAN.....</b>	<b>45</b>
4.1	PEVNÝ ZÁVĚR TYPU „D“ .....	45
4.2	ZÁVĚR S VNITŘNÍM PŘETLAKEM „P“ .....	50
4.3	PÍSKOVÝ ZÁVĚR „Q“ .....	54
4.4	OLEJOVÝ ZÁVĚR „O“ .....	57
4.5	ZAJIŠTĚNÉ PROVEDENÍ „E“ .....	60
4.6	JISKROVĚ BEZPEČNÉ OBVODY „I“ .....	71
4.7	ZAŘÍZENÍ S TYPEM OCHRANY „N“ .....	71
4.8	OCHRANA ZALITÍM ZALÉVACÍ HMOTOU „M“ .....	79
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>84</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>85</b>
	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>87</b>

## Úvod

Předkládaná diplomová práce se zaměřuje na problematiku elektrických zařízení a instalací v prostorách s nebezpečím výbuchu plynů, par a hořlavých prachů.

Diplomová práce by měla sloužit jako manuál pro projekční činnost při návrzích silnoproudých elektrických zařízení a instalací ve výbušných atmosférách.

První část diplomové práce je věnována základním pojmům souvisejících s návrhem elektrických zařízení a instalací v prostorách s nebezpečím výbuchu a způsobům náhledu na problematiku z pohledu zařízení, úrovně ochrany EPL, zón a jejich vzájemné propojení.

V následující části je ukázán postup při určování typu a velikosti zón, jsou zde ukázány postupy pro určení množství unikající látky a vlivy ovlivňující určení zón, především větrání, rozředování a úklid.

Dále jsou uvedeny dodatečné požadavky na instalace umístěných v prostorách s nebezpečím výbuchu.

Poslední část práce je věnována jednotlivým typům ochran. Jsou zde popsány typy ochran používaných pro zabránění vzniku iniciace výbušných atmosfér včetně základních požadavků na jednotlivé ochrany.

## Seznam symbolů

T	°C resp. K	teplota
T <sub>prac</sub>	°C resp. K	pracovní teplota
LEL	% resp. g.m <sup>-3</sup>	dolní mez výbušnosti
UEL	% resp. g.m <sup>-3</sup>	horní mez výbušnosti
c <sub>skut</sub>	% resp. g.m <sup>-3</sup>	skutečná objemová koncentrace plynu
V	m <sup>3</sup>	objem plynu při dané teplotě a tlaku
V <sub>plynu</sub>	m <sup>3</sup>	objem hořlavého plynu
V <sub>míst</sub>	m <sup>3</sup>	objem místnosti
V <sub>hyp</sub>	m <sup>3</sup>	odhadovaný hypotetický objem
ρ	g.m <sup>-3</sup>	hustota plynu
R	Pa.m <sup>3</sup> .K <sup>-1</sup> .mol <sup>-1</sup> .g	molární plynová konstanta
n	mol	látkové množství
p	Pa	tlak plynu
p <sub>krit</sub>	Pa	kritický tlak plynu nebo přehřáté páry
p <sub>prac</sub>	Pa	pracovní tlak
p <sub>okolí</sub>	Pa	tlak okolní atmosféry
p <sub>vak</sub>	Pa	velikost podtlaku
κ	-	adiabatický koeficient
m	kg	hmotnost plynu/prachu
m <sub>HAV</sub>	kg	množství uniklé hořlavé látky
M	kg.mol <sup>-1</sup>	molární hmotnost plynu
φ	-	výtokový součinitel
r	J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	individuální plynová konstanta
k <sub>b1</sub> , k <sub>b2</sub> , k	-	bezpečnostní koeficienty
f	-	účinnost rozředování výbušné atmosféry
h <sub>kap</sub>	m	výška hladiny kapaliny
x	m	rozsah velikosti zóny
š, v, h	m	rozměrové vzdálenosti
S, S <sub>neb</sub>	m	tloušťka usazené prachové vrstvy
S	m <sup>2</sup>	plocha průřezu výtokového otvoru/potrubí
A <sub>p</sub>	m <sup>2</sup>	plocha povrchu kaluže

$t_1$	s	doba do vytvoření nebezpečné koncentrace
$t_2$	s	doba přetrvání nebezpečné koncentrace
$\tau$	s	doba úniku
w	m.s <sup>-1</sup>	výtoková rychlost
$Q_g$	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	intenzita úniku plynů a par
$Q_{vmin}$	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	teoretická minimální rychlost proudění vzduchu
$Q_1$	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	objemová rychlost průtoku plynu vstupujícího do prostoru
$Q_2$	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	objemová rychlost průtoku směsi plynů opouštějící prostor
$Q_p$	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	množství proudícího vzduchu
$M_p$	g.s <sup>-1</sup>	množství přepravovaného prachu
$X_b$	-	koncentrace plynu na pozadí
C	s <sup>-1</sup>	počet výměn vzduchu
g	m.s <sup>-2</sup>	gravitační zrychlení
$v_v$	m.s <sup>-2</sup>	rychlost větru
$v_p$	m.s <sup>-2</sup>	rychlost přepravovaného prachu

## 1 Základní pojmy

Při řešení problematiky návrhů elektrických zařízení a instalací v prostorách s nebezpečím výbuchu se vychází z několika základních požadavků na zařízení, instalace a prostory, do kterých jsou umísťovány. Pro specifikaci zařízení a prostorů se používají některé metody, které budou popsány v této kapitole.

### 1.1 Skupiny zařízení

Elektrická zařízení, používaná v prostorách s nebezpečím výbuchu, se dělí do skupin v závislosti na výskytu typu výbušné atmosféry. Existují následující tři skupiny:

#### 1.1.1 Skupina I

Elektrická zařízení této skupiny jsou určena pro použití v dolech s výskytem methanu. Typy ochran pro tuto skupinu zohledňují nejen vznícení methanu a uhelného prachu, ale také zvýšenou fyzickou ochranu. Při použití zařízení v dolech s významným výskytem jiných hořlavých plynů je nutné toto zařízení konstruovat nejen jako zařízení skupiny I, ale zároveň zařízení skupiny II s odpovídajícím plynem.

#### 1.1.2 Skupina II

Elektrická zařízení této skupiny jsou určena pro použití v prostorách s výbušnou plynnou atmosférou. Tato skupina se dále dělí do podskupin podle plynné atmosféry:

- 1) IIA – typickým plynem je propan
- 2) IIB – typickým plynem je ethylen
- 3) IIC – typickým plynem je vodík

#### 1.1.3 Skupina III

Elektrická zařízení této skupiny jsou určena pro použití v prostorách s výbušnou atmosférou tvořenou prachem. Tato skupina se dále dělí do podskupin podle druhu atmosféry:

- 1) IIIA – atmosféra obsahující hořlavé poletavé částice
- 2) IIIB – atmosféra obsahující nevodivé prachy
- 3) IIIC – atmosféra tvořena vodivými prachy

Zařízení spadající do podskupiny IIC (resp. IIIC) lze použít v prostorách, kde je nutné zařízení IIA a IIB (resp. IIIA a IIIB). Taktéž zařízení podskupiny IIB (resp. IIIB) lze použít v prostorách vyžadující zařízení IIA (resp. IIIA).

## 1.2 Teplotní třídy

Při návrhu zařízení a instalací do prostor s výbušnou atmosférou je nutné dbát na maximální povrchovou teplotu. Pro jednotlivé skupiny jsou meze povrchové teploty stanoveny:

- 1) Elektrická zařízení skupiny I
  - a) Povrch, kde uhelný prach může tvořit vrstvy – 150°C
  - b) Povrch, kde se nepředpokládá vytváření vrstvy uhelného prachu – 450°C
- 2) Elektrická zařízení skupiny II
  - a) Přiřazenou maximální povrchovou teplotou
  - b) Je-li vhodné, teplotou vznícení daného plynu
  - c) Přiřazenou teplotní třídou dle Tabulka 1.1

Tabulka 1.1 Maximální povrchové teploty pro el. zařízení skupiny II

Teplotní třída	Maximální povrchová teplota (°C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

- 3) Elektrická zařízení skupiny III – maximální povrchová teplota je stanovena odečtením bezpečnostního koeficientu od minimální teploty vznícení vrstvy prachu.
  - a) Omezení teploty v důsledku rozvířeného prachu – pro maximální povrchovou teplotu platí:

$$T_{max} \leq \frac{2}{3} T_{CL} \text{ (°C)} \quad (1.1)$$

kde  $T_{CL}$  je minimální teplota vznícení rozvířeného prachu

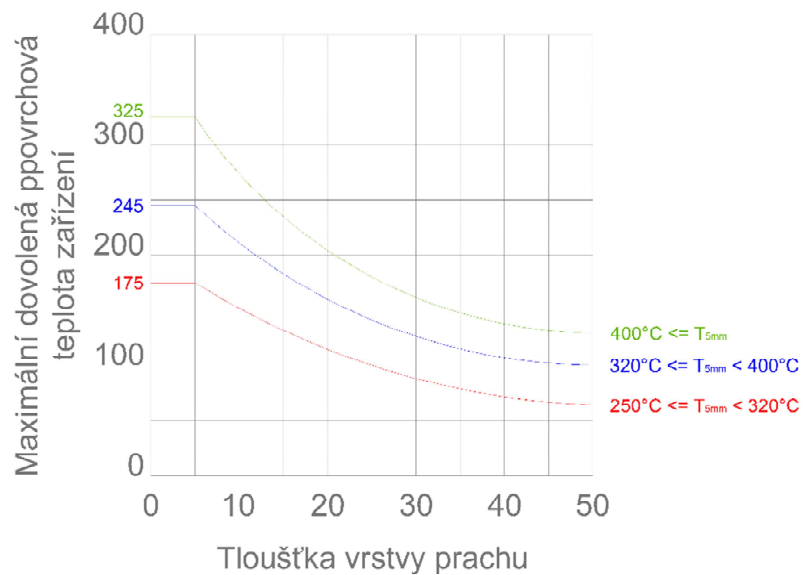
- b) Omezení teploty v důsledku vrstvy prachu:

- i) Pro vrstvy do 5 mm tloušťky prachu platí:

$$T_{max} \leq T_{5mm} - 75 \text{ (°C)} \quad (1.2)$$

kde  $T_{5mm}$  je minimální teplota vznícení vrstvy prachu o tloušťce 5 mm

- ii) Pro vrstvy mezi 5mm a 50mm prachu je možné použít graf na Obrázek 1.1 Závislost max. dovolené povrchové teploty na tloušťce vrstvy prachu, kde je znázorněna závislost snížení maximální povrchové teploty s velikostí tloušťky vrstvy prachu.



Obrázek 1.1 Závislost max. dovolené povrchové teploty na tloušťce vrstvy prachu [12]

iii) Pro vrstvy větší než 50mm prachu je maximální povrchová teplota ( $T_L$ ) vztažena k maximální dovolené tloušťce prachu. Dále platí vzorec 2.2 kde se teplota  $T_{5mm}$  nahradí teplotou  $T_L$ .

### 1.3 Úroveň EPL

Dalším klasifikačním systémem výbušných zařízení je úroveň ochrany zařízení EPL (Equipment Protection Level). Jedná se o úroveň ochrany dosažené na zařízení v závislosti na pravděpodobnosti iniciace vznícení.

EPL se dělí dle prostoru, do kterého je určeno, a podle úrovně ochrany:

- 1) M (mine) - zařízení určena pro užití v uhelných dolech
  - a) EPL Ma – zařízení s dostatečnou ochranou proti vzniku iniciace jak za normálního provozu, tak za očekávaných i výjimečných poruch a to i v případě, že zařízení zůstane pod napětím i při výronu plynu.
  - b) EPL Mb – zařízení s dostatečnou ochranou proti vzniku iniciace za normálního provozu a za očekávaných poruch v době mezi vznikem výronu plynu a vypnutím zařízení.
- 2) G (gas) – zařízení určené do výbušných atmosfér tvořených plynem
  - a) EPL Ga – zařízení, které není zdrojem iniciace jak za normálního provozu, tak za očekávaných i výjimečných poruch.
  - b) EPL Gb – zařízení, které není zdrojem iniciace jak za normálního provozu, tak za očekávaných poruch.

- c) EPL Gc – zařízení, které není zdrojem iniciace za normálního provozu. Zařízení může mít dodatečné ochrany pro zabránění iniciace při pravidelně očekávaných událostech (např. poškození žárovky).
- 3) D (dust) – zařízení určené do výbušné atmosféry tvořené prachem
- a) EPL Da - zařízení, které není zdrojem iniciace jak za normálního provozu, tak za očekávaných i výjimečných poruch
- b) EPL Db – zařízení, které není zdrojem iniciace jak za normálního provozu, tak za očekávaných poruch
- c) EPL Dc – zařízení, které není zdrojem iniciace za normálního provozu. Zařízení může mít dodatečné ochrany pro zabránění iniciace při pravidelně očekávaných událostech (např. poškození žárovky).

## 1.4 Typy ochran

EPL závisí na použitých typech ochran, která jsou klasifikovány podle evropské směrnice ATEX. Typy ochran jsou označovány malými písmeny abecedy. Výpis jednotlivých typů ochran je v Tabulka 1.2. Jednotlivé typy ochran budou podrobněji popsány v dalších kapitolách.

Tabulka 1.2 Seznam typů ochran

Název	Kód	Popis	Standard
<b>Pevný závěr</b>	d	Při výbuchu směsi uvnitř závěru se výbuch nerozšíří do okolní atmosféry	IEC/EN 60079-1
<b>Zajištěné provedení</b>	e	Elektrické zařízení zabraňuje vzniku jisker v obvodu	IEC/EN 60079-7
<b>Olejový závěr</b>	o	Elektrické zařízení je trvale ponořeno do oleje	IEC/EN 60079-6
<b>Pískový závěr</b>	q	Elektrické zařízení je trvale zasypáno do jemného písku	IEC/EN 60079-5
<b>Zalévací hmota</b>	m	Elektrické zařízení je trvale zalité zalévací hmotou a zabraňuje tak jiskření	IEC/EN 60079-18
<b>Závěr s vnitřním přetlakem</b>	p	Závěr s vnitřním přetlakem pro neelektrická zařízení	IEC/EN 60079-2
<b>Jiskrově bezpečné zařízení</b>	i	Zařízení má omezený přísun elektrické energie z napájecích zdrojů	IEC/EN 60079-25 IEC/EN 60079-11 IEC/EN 60079-27
<b>Ochrana typu n</b>	n	Zařízení není schopno způsobit vznícení okolní výbušné atmosféry	IEC/EN 60079-15 IEC/EN 60079-27
<b>Speciální závěr</b>	s	Další typy ochrany odpovídající národním normám a standardům	IEC/EN 60079-33



## 1.5 Vztah mezi EPL a typy ochrany

Jak již bylo popsáno, tak EPL je závislé na typech ochran, jejich vzájemné vztahy jsou uvedeny v Tabulka 1.3

Tabulka 1.3 Vztah mezi EPL a typy ochrany [12]

EPL	Typ ochrany	Kód
Ga	Jiskrová bezpečnost	ia
	Zalítí zalévací hmotou	ma
	Dva nezávislé typy ochrany, každý splňuje Gb	
	Ochrana zařízení a přenosových systémů s optickým zářením	op is
	Speciální typ ochrany	sa
Gb	Pevný závěr	d
	Zajištěné provedení	e
	Jiskrová bezpečnost	ib
	Zalítí zalévací hmotou	m; mb
	Olejový závěr	op is
	Závěr s vnitřním přetlakem	p; px; py; pxb; pyb
	Pískový závěr	q
	Jiskrově bezpečný sběrníkový systém	
	Ochrana zařízení a přenosových systémů používající optické záření	op is; op sh; op pr
	Speciální typ ochrany	sb
Gc	Jiskrová bezpečnost	ic
	Zalítí zalévací hmotou	mc
	Závěr s vnitřním přetlakem	n; nA
	Nejiskřící	nR
	Omezené dýchání	nL
	Omezená energie	nC
	Jiskřící zařízení	pz; pzc
	Ochrana zařízení a přenosových systémů používající optické záření	op is; op sh; op pr
	Speciální typ ochrany	sc
Da	Zalítí zalévací hmotou	ma
	Ochrana závěrem	ta
	Jiskrová bezpečnost	ia; iaD
	Speciální typ ochrany	sa
Db	Zalítí zalévací hmotou	mb
	Ochrana závěrem	tb; tD
	Závěr s vnitřním přetlakem	pD
	Jiskrová bezpečnost	ib; ibD
	Speciální typ ochrany	sb
Dc	Zalítí zalévací hmotou	mc
	Ochrana závěrem	tc; tD
	Závěr s vnitřním přetlakem	pD
	Jiskrová bezpečnost	ic
	Speciální typ ochrany	sc

## 1.6 Zóny

Dalším důležitým kritériem je zařazení prostorů do zón v závislosti na typu, četnosti vzniku a doby přítomnosti výbušné atmosféry.

### 1) Výbušná plynná atmosféra

- a) Zóna 0 – zde jsou zařazeny prostory s výskytem výbušné atmosféry po dobu delší než 1000h ročně u nepřetržitě pracujících zařízení. U přerušovaně pracujících zařízení je tato doba větší než 1/10 provozní doby zařízení.
- b) Zóna 1 - zde jsou zařazeny prostory s výskytem výbušné atmosféry po dobu delší než 10 hodin ročně ale nižší než 1000 hodin ročně u nepřetržitě pracujících zařízení. U přerušovaně pracujících zařízení je tato doba v rozmezí od 1/1000 po 1/10 provozní doby zařízení.
- c) Zóna 2 - zde jsou zařazeny prostory s výskytem výbušné atmosféry po dobu kratší než 10 hodin ročně u nepřetržitě pracujících zařízení. U přerušovaně pracujících zařízení je tato doba menší než 1/1000 provozní doby zařízení.

### 2) Výbušná atmosféra tvořená prachem

- a) Zóna 20 – prostor, ve kterém se výbušná atmosféra vyskytuje trvale nebo po dlouhou dobu nebo často
- b) Zóna 21 – prostor, ve kterém se výbušná atmosféra vyskytuje příležitostně za normálního provozu
- c) Zóna 22 – prostor, ve kterém je výskyt výbušné atmosféry nepravděpodobný, nebo je přítomen jen po velmi krátkou dobu.

## 1.7 Vztah mezi skupinami zařízení, EPL a zónami

Vztah mezi skupinami elektrických zařízení, EPL a zónami je uvedený v Tabulka 1.4.

Tabulka 1.4 Vztah mezi skupinami zařízení, EPL a zónami

Zóna	EPL	Skupina
-	Ma	Skupina I
-	Mb	Skupina I
0	Ga	Skupina II
1	Ga; Gb	Skupina II
2	Ga; Gb; Gc	Skupina II
20	Da	Skupina III
21	Da; Db	Skupina III
22	Da; Db; Dc	Skupina III

## 1.8 Použitá literatura v kapitole 1

Při tvorbě této kapitoly se vycházelo z [3], [9], [10], [12][15], [16].

## 2 Určování zón

Při zařazování a určování velikosti zón je možné postupovat následujícím způsobem:

- 1) Získání základních informací o zařízeních nebo provozech, pro které se dělá projektová dokumentace
- 2) Určení vlastností plynu nebo prachu a jeho chování vůči okolí, ve kterém je používán
- 3) Určení míst možných úniků, ohodnocení rychlosti úniku a určení stupně úniku pro každý druh úniku.
- 4) Určení kvality větrání, rozředování nebo úklidu v prostoru úniku
- 5) Určení typu zóny na základě předchozích bodů
- 6) Určení rozsahu zóny

### 2.1 Základní informace o zařízeních nebo provozech

Před návrhem elektroinstalace v prostorách s nebezpečím výbuchu a s tím související určování zón je nutné získat některé základní informace o prostorech a zařízeních, které by měly vzejít od technologa nebo provozovatele zařízení. Nezbytné informace pro následné výpočty jsou:

- 1) Druh plynu nebo prachu
- 2) Množství používaného nebo uskladňovaného plynu nebo prachu
- 3) Pracovní tlaky
- 4) Pracovní teploty
- 5) Umístění zařízení, jeho fyzické rozmístění, místa spojů, otvorů a uzávěrů

### 2.2 Určení vlastností plynů nebo prachů

#### 2.2.1 Určení základních vlastností plynů

Pro výpočty budeme potřebovat některé požárně technické charakteristiky plynů, které lze získat z chemických tabulek. Pro některé základní plyny jsou technické charakteristiky také uvedeny v příloze B normy [15]. Pro určení typu a velikosti zón jsou klíčové tyto vlastnosti:

- 1) Relativní hustota vztažená ke vzduchu (vzduch = 1)
- 2) Dolní mez výbušnosti LEL (% resp.  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )
- 3) Horní mez výbušnosti UEL (% resp.  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )

Z těchto vlastností a rovnice (2.1) zjistíme, zda plyn je vůbec schopen vytvořit výbušnou koncentraci.

$$k_{b1} * LEL < c_{SKUT} < c_{neb,H} = 100 - \frac{100 - UEL}{k_{b2}} \quad (2.1)$$

Kde koeficienty  $k_{b1}$  a  $k_{b2}$  jsou bezpečnostní koeficienty, které se volí  $k_{b1}=0,5$  a  $k_{b2}=1,04$  až 1,1 pro nízké hodnoty UEL a  $k_{b2}=1,32$  až 2,52 pro vysoké hodnoty UEL.

Hodnotu skutečné objemové koncentrace plynu  $c_{skut}$  lze získat buď v objemovém tvaru ze vztahu

$$c_{skut} = \frac{V_{plynu}}{V_{míst}} * 100 (\%) \quad (2.2)$$

nebo ve tvaru hmotnostním

$$c_{skut} = \frac{V_{plynu}}{V_{míst}} * \rho \text{ (g. m}^3\text{)} \quad (2.3)$$

kde:

$V_{plynu}$  je objem hořlavého plynu ( $m^3$ )

$V_{míst}$  je objem místnosti ( $m^3$ )

$\rho$  je hustota plynu ( $g.m^{-3}$ )

Hodnotu  $V_{plynu}$  můžeme již znát od technologa nebo provozovatele zařízení (např. v případě skladování lahví s výbušným plynem) nebo tuto hodnotu můžeme získat ze stavové rovnice ideálního plynu.

$$p * V = n * R * T \quad (2.4)$$

kde

$p$  je tlak plynu (Pa)

$V$  je objem plynu při dané teplotě a tlaku ( $m^3$ )

$R$  je molární plynová konstanta 8,314 ( $Pa.m^3.K^{-1}.mol^{-1}g$ )

$T$  je termodynamická teplota plynu (K)

$n$  je látkové množství (mol)

Následně lze látkové množství  $n$  určit vztahem:

$$n = \frac{m}{M} \text{ (mol)} \quad (2.5)$$

kde:

$m$  je hmotnost plynu (kg)

$M$  molární hmotnost plynu ( $kg.mol^{-1}$ )

Následně jednoduchou matematickou úpravou dostaneme:

$$V_{\text{plynu}} = \frac{m * R * T}{M * p} \quad (m^3) \quad (2.6)$$

Hmotnost plynu závisí na velikosti úniku a její výpočet bude popsán v kapitole 2.2.4.

Za předpokladu, že v projektovaném prostoru může vzniknout dostatečně velká koncentrace výbušného plynu, je dobré o plynu ještě zjistit informace o tom, zda je plyn těžší či lehčí než vzduch (případně atmosféra, do které bude plyn unikat). Tuto informaci můžeme zjistit z relativní hustoty plynu (v případě, že relativní hustota plynu je větší než 1, tak je plyn těžší než vzduch, pokud je menší než 1, tak je lehčí). Výrazně těžší plyny budou v případě úniku klesat k zemi, a tudíž se bude výbušná atmosféra tvořit od země (např. butan). V případě výrazně lehčích plynů se výbušná atmosféra bude tvořit u stropu místností (např. vodík). U plynů s hodnotou relativní hustoty blízké 1 dochází k mísení plynu se vzduchem.

Další možností, jak získat hodnotu relativní hustoty plynu, je z rovnice (2.7) získat hustotu plynu a tu následně porovnat s hustotou vzduchu (1,2 -1,3 kg.m<sup>3</sup>).

$$\rho = \frac{M * p}{R * T} \quad (2.7)$$

### 2.2.2 Určení základních vlastností prachů

Pro výpočty budeme potřebovat některé základní požárně technické charakteristiky prachů. Tyto charakteristiky se dají získat například v on-line databázi GESTIS-DUST-EX. Dále je nutné si uvědomit, že prachy se mohou vyskytovat ve dvou stavech. A to v usazeném stavu (aerogel) nebo rozvířeném stavu (aerosol). Mezi těmito stavy může prach velmi snadno přecházet.

Prachy v rozvířeném stavu jsou schopny výbuchu, který může přejít za určitých podmínek až do detonace. Zato prachy v usazeném stavu mohou hořet těmito způsoby:

- Hořet plamenem
- Žhnout
- Doutnat

Hoření pak probíhá s různou rychlostí. Tam kde se usazuje prach ve vrstvách vzniká nebezpečí požáru a každý požár může snadno přejít ve výbuch. K šíření požáru stačí vrstva o tloušťce již 1mm.

Pro vznik výbuchu v prostoru je nutné, aby v prostoru byla dostatečně velká koncentrace prachu, a tudíž musí platit vztah (2.8). Dále je nutné si uvědomit, že u rozvířeného oblaku dochází k nehomogenitě a koncentrace se může v oblaku měnit.

$$c_{skut} \geq k_b * LEL \quad (2.8)$$

kde

LEL je dolní mez výbušnosti ( $g \cdot m^{-3}$ )

$k_b$  je bezpečnostní koeficient (-)

Koeficient  $k_b$  je uvažován pro vnitřní prostory 0,5).

Hodnota  $c_{skut}$  je závislá na tom, zda je prach uvnitř nebo vně výrobního zařízení.

### 2.2.3 Stanovení hodnoty skutečné koncentrace uvnitř výrobního zařízení

Pokud bude hodnocena skutečná koncentrace uvnitř výrobního zařízení lze skutečnou koncentraci pro statická zařízení získat ze vztahu (2.9). V případě, že se jedná o zařízení, kde prach proudí potrubím, lze použít vztah (2.10).

$$c_{skut} = \frac{m}{V} \quad (g/m^3) \quad (2.9)$$

kde

$m$  je hmotnost prachu (g)

$V$  je objem zařízení ( $m^3$ )

$$c_{skut} = \frac{M_p}{Q_p} = \frac{M_p}{S * w} \quad (g/m^3) \quad (2.10)$$

kde

$M_p$  je množství přepravovaného prachu ( $g \cdot s^{-1}$ )

$Q_p$  je množství proudícího vzduchu ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )

$S$  je průřez potrubím ( $m^2$ )

$w$  je rychlost proudícího vzduchu ( $m \cdot s^{-1}$ )

### 2.2.4 Stanovení hodnoty skutečné koncentrace vně výrobního zařízení

Pokud bude hodnocena skutečná koncentrace vně výrobního zařízení, tj. v hale nebo místnosti výrobního objektu, bude hodnota koncentrace závislá na velikosti usazené vrstvy a dá se získat ze vztahu (2.11).

$$c_{skut} = \frac{m}{V_{míst}} = \frac{s * \check{s} * h * \rho}{\check{s} * h * v} = \frac{s * \rho}{h} \quad (g/m^3) \quad (2.11)$$

kde

$m$  je hmotnost usazeného prachu (g)

$V_{míst}$  je objem místnosti ( $m^3$ )

$v$ ,  $\check{s}$ ,  $h$  jsou rozměry místnosti

$s$  je tloušťka prachové vrstvy (m)

$\rho$  je sypná hustota prachu ( $\text{g.m}^{-3}$ )

Nyní lze ze vztahu získat tzv. tloušťku nebezpečné vrstvy usazeného prachu, která vychází z hodnoty dolní meze výbušnosti.

$$s_{neb} = \frac{k_b * LEL * v}{\rho} \quad (\text{m}) \quad (2.12)$$

kde

LEL je dolní mez výbušnosti ( $\text{g.m}^{-3}$ )

v je výška místnosti

$\rho$  je sypná hustota prachu ( $\text{g.m}^{-3}$ )

$k_b$  je bezpečnostní koeficient (-)

Koeficient  $k_b$  je uvažován pro vnitřní prostory 0,5).

## 2.3 Úniky

Při navrhování zón výbuchu a jejich velikosti je nutné nejprve určit možné zdroje úniku. Následně těmto zdrojům stanovit stupně úniku podle pravděpodobné četnosti a doby trvání úniku. Stupně zdroje úniku se dělí na:

- 1) trvalý stupeň úniku – únik je trvalý nebo jeho vznik je častý nebo po dlouhá časová období
- 2) primární stupeň úniku – vznik úniku za normálního provozu který může být periodický nebo příležitostní
- 3) sekundární stupeň úniku – únik se za normálního provozu neočekává, vzniká jen zřídka a po krátká časová období

Dále je nutné stanovit množství uniklé hořlavé látky, resp. rychlost úniku (viz 2.4), větrání (viz 2.5), rozředování (viz 2.6), případně u úniku prachu úklid (viz 2.8).

## 2.4 Množství uniklé hořlavé látky a rychlost úniku hořlavé látky

Jedním z nejdůležitějších faktorů určujících typy a velikosti zón je množství uniklé hořlavé látky ze zařízení a s tím související rychlost úniku hořlavých látek. Tato rychlost se určuje různě pro únik kapalin, plynů a přehřátých par, nebo odpaření z hladiny kapaliny.

Množství uniklé hořlavé látky lze získat ze vztahu:

$$m_{HAV} = \varphi * S * w * \rho * \tau \quad (\text{kg}) \quad (2.13)$$

kde:

$\varphi$  je výtokový součinitel (-)

S je plocha průřezu výtokového otvoru ( $\text{m}^2$ )

$\rho$  je hustota unikající látky ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )

$\tau$  je doba úniku (s)

$w$  je výtoková rychlost ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

Hodnota odtokového součinitele  $\varphi$  je závislá na pravidelnosti otvoru, kterým kapalina odtéká. Pro otvory se zaoblenými hranami je tato hodnota v rozmezí od 0,95 do 0,99. Pro otvory s hranami se jedná o hodnotu v rozmezí od 0,5 do 0,75.

Z tohoto vztahu je jasně patrné, že hlavní veličiny ovlivňující množství uniklé hořlavé látky a tím i velikost zón je doba úniku, plocha unikajícího otvoru a rychlost výtoku. Dobu úniku jsme schopni snížit například pravidelnými kontrolami zařízení nebo čidly daného unikajícího plynu. Velikost plochy průřezu výtokového otvoru jsme schopni ovlivnit u havarijních úniků například zvýšením počtu šroubu na přírubách a tím snížení maximální možné škvíry pro únik plynu. Ovšem rychlost úniku hořlavé látky omezit nemůžeme, a tudíž tento parametr má významný vliv na velikosti zón. Její určení pro různé varianty úniků jsou uvedeny v kapitolách 2.4.1; 2.4.2; 2.4.3; 2.4.4.

Pro následující výpočty velikosti zón budeme namísto množství uniklé látky používat intenzitu úniku látky, kterou lze získat ze vztahu (2.14) nebo (2.15).

$$Q_g = \varphi * S * w \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (2.14)$$

$$Q_g = \frac{m_{HAV}}{\rho * \tau} \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (2.15)$$

kde

$\varphi$  je výtokový součinitel (-)

$S$  je plocha průřezu otvoru ( $\text{m}^2$ )

$w$  je výtoková rychlost ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

$\rho$  je hustota unikající látky ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )

$\tau$  je doba úniku (s)

$m_{HAV}$  je hmotnost uniklé hořlavé látky (kg)

#### 2.4.1 Určení rychlosti úniku u plynů a přehřátých par

Při určování rychlosti úniku plynů a přehřátých par musíme nejprve určit velikost kritického tlaku daného plynu ze vztahu

$$p_{krit} = p_{prac} * \left(\frac{2}{\kappa + 1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \text{ (Pa)} \quad (2.16)$$



kde

$p_{krit}$  je kritický tlak daného plynu nebo přehřáté páry (Pa)

$p_{prac}$  je pracovní tlak nad kapalinou (Pa)

$\kappa$  je adiabatický koeficient

Hodnoty adiabatického koeficientu některých běžných vybraných látek jsou uvedeny v Příloha č. 1.

Hodnota kritického tlaku se následně porovná s hodnotou tlaku okolní atmosféry. Na základě tohoto porovnání dojde ke zvolení výpočtu dle vztahu pro kritický režim, pokud  $p_{okolí} > p_{krit}$ , případně pro podkritický režim pokud  $p_{okolí} < p_{krit}$ .

Vztah pro podkritický režim je:

$$w_{pod} = \sqrt{\frac{2 * \kappa}{\kappa - 1} * r * T_{prac} * \left[ 1 - \left( \frac{p_{okolí}}{p_{prac}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]} \quad (m/s) \quad (2.17)$$

kde

$\kappa$  je adiabatický koeficient

$T_{prac}$  je pracovní teplota [K]

$p_{prac}$  je pracovní tlak nad kapalinou [Pa]

$p_{okolí}$  je tlak okolí (většinou atmosférický = 101325 Pa) [Pa]

$r$  individuální plynová konstanta

V případě kritického režimu se jedná o vztah:

$$w_{pod} = \sqrt{\frac{2 * \kappa}{\kappa - 1} * r * T_{prac}} \quad (m/s) \quad (2.18)$$

kde

$\kappa$  je adiabatický koeficient

$T_{prac}$  je pracovní teplota (K)

$p_{prac}$  je pracovní tlak nad kapalinou (Pa)

$p_{okolí}$  je tlak okolí (většinou atmosférický = 101325 Pa) (Pa)

$r$  individuální plynová konstanta ( $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ )

Individuální plynová konstanta lze vyjádřit ze vztahu

$$r = \frac{8314,31}{M} \quad (j/kg.K) \quad (2.19)$$

kde

$M$  je molární hmotnost plynu ( $kg \cdot mol^{-1}$ )

## 2.4.2 Určení rychlosti úniku kapaliny

Rychlost úniku kapalin lze zjistit ze vztahu

$$w = \varphi * S * \sqrt{2 * \rho * (p_{prac} - p_{okolí})} \quad (m/s) \quad (2.20)$$

kde

$\varphi$  je odtokový součinitel (-)

$S$  je plocha průřezu výtokového otvoru ( $m^2$ )

$\rho$  je hustota unikající kapaliny ( $kg/m^3$ )

$p_{prac}$  je pracovní tlak nad kapalinou (Pa)

$p_{okolí}$  je tlak okolí (většinou atmosférický = 101325 Pa) (Pa)

V případě, že v zařízení nebo potrubí je předpokládán stálý tlak, tak výše uvedený vztah můžeme upravit na vztah:

$$w = \sqrt{2 * \left( \frac{p_{prac} - p_{okolí}}{\rho} + g * h_{kap} \right)} \quad (m/s) \quad (2.21)$$

kde

$h_{KAP}$  je výška hladiny kapaliny

$g$  je gravitační zrychlení ( $g=9,81 \text{ m.s}^{-2}$ )

$p_{prac}$  je pracovní tlak nad kapalinou (Pa)

$p_{okolí}$  je tlak okolí (většinou atmosférický = 101325 Pa) (Pa)

$\rho$  je hustota unikající kapaliny ( $kg.m^3$ )

V případě tohoto úniku musíme počítat s tvorbou kaluže, která bude také zdrojem úniku.

## 2.4.3 Určení rychlosti úniku z odpařované hladiny kapaliny

Pro odhad rychlosti odpařování musíme nejprve provést několik základních předpokladů:

- 1) kapalina se rozlije v jediném okamžiku na vodorovný povrch
- 2) kapalina vytvoří kaluž o hloubce 1cm
- 3) kapalina se odpařuje při teplotě okolí
- 4) nejsou brány v potaz trvalé úniky při katastrofických rozlití
- 5) hořlavá látka je neutrální z hlediska hustoty (páry těžší než vzduch se hodnotí jako páry s neutrální hustotou)
- 6) nedochází ke změně fáze

Nyní lze provést odhad rychlosti odpařování na základě rovnice:

$$w = \frac{6,55 * v_v^{0,78} * A_p * p_{prac} * M^{0,667}}{r * T} \quad (m/s) \quad (2.22)$$

kde

$v_v$  je rychlost větru nad povrchem hladiny kaluže ( $ms^{-1}$ )

$A_p$  je povrchová plocha kaluže ( $m^2$ )

$p_{prac}$  je pracovní tlak nad kapalinou (Pa)

$M$  je molární hmotnost par ( $kg \cdot mol^{-1}$ )

$r$  je individuální plynová konstanta ( $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ )

$T$  je absolutní teplota okolí (K)

„Poznámka: Zdrojem této rovnice je U.S. Environmental Protection Agency, Federal Emergency Management Agency, U.S. Department of Transportation, Technical Guidance for Hazard Analysis – Emergency planning for Extremely Hazardous Substances, prosinec 1987.“  
[9]

#### 2.4.4 Zařízení pracující s podtlakem

U zařízení pracujících s podtlakem nehrozí riziko úniku hořlavé látky do okolí, je zde ale možnost přísávání okolní atmosféry do zařízení a vzniku výbušné atmosféry uvnitř zařízení. Intenzita nasávání lze zjistit ze vztahu:

$$Q_g = \varphi * S * \frac{T_{prac}}{T_{vzd}} * \sqrt{\frac{2 * p_{vak}}{\rho_{vzd}}} \quad (2.23)$$

kde

$Q_g$  je množství vzduchu nasávaného do zařízení ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )

$\varphi$  je odtokový součinitel (-)

$S$  je plocha průřezu otvoru ( $m^2$ )

$p_{vak}$  je velikost podtlaku (Pa)

$\rho_{vzd}$  je hustota nasávaného vzduchu ( $kg \cdot m^{-3}$ )

$T_{vzd}$  je teplota nasávaného vzduchu (K)

## 2.5 Větrání

Zásadní pro určování velikosti zón pro výbušné atmosféry je schopnost rozředování plynu turbulentním mícháním vzduchu a difúzí způsobenou rozdílnou koncentrací. Je snaha o úplné rozptýlení unikajícího plynu v okolní atmosféře. Zásadní vliv na rozředování unikajícího plynu

může mít větrání daného prostoru. Zvolením vhodné rychlosti větrání můžeme ovlivňovat velikosti a typy zón.

Větrání má tyto základní funkce a s tím související dopady na zóny:

- 1) Zvýšení rychlosti rozředování – ovlivňuje rozsah zóny
- 2) Zabránění přetrvání výbušné směsi – ovlivňuje typ zóny

## **2.5.1 Typy větrání**

### **2.5.1.1 Přirozené větrání**

Přirozené větrání vzniká rozdílem tlaků a/nebo rozdílem teplot. Jelikož je tento typ větrání velmi proměnný, je nutné při návrhu počítat s nejnepříznivějšími podmínkami, díky čemuž zajistíme velký stupeň spolehlivosti, avšak na úkor stupně větrání.

### **2.5.1.2 Nucené větrání**

Nucené větrání je zajišťováno umělými prostředky jako jsou například ventilátory nebo odsavače. Ve většině případů se používá ve vnitřních prostorách.

Nucené větrání lze použít buď místně (např. nad určitým místem ve výrobě,...) nebo celoplošně (např. v celé místnosti, hale, ...).

Nuceným větráním můžeme zajistit snížení typu nebo rozsahu zóny, zkrácení doby výskytu výbušné plynné atmosféry nebo prevence vzniku výbušné plynné atmosféry.

## **2.5.2 Hodnocení spolehlivosti větrání**

Větrání z pohledu spolehlivosti dělíme na:

- 1) Nucené
  - a) Výborně spolehlivé – větrání je zajištěno prakticky trvale, a je zajištěno i při výpadech napájení z hlavního zdroje napájení. Také je zajištěno automatické spuštění záložního větrání při selhání primárního větrání nebo je zabráněno úniku hořlavého materiálu
  - b) Dobrá spolehlivost – větrání je zajištěno pouze za normálního provozu, a k jeho přerušení dochází zřídka a po krátké časové období
  - c) Nízká spolehlivost – nesplňuje požadavky bodu a) ani b) ale nepředpokládá se jeho přerušení na dlouhé časové období
- 2) Přirozené
  - a) Výborná spolehlivost – předpokládá se minimální rychlost větru 0,5m/s. Toto je zajištěno prakticky vždy
  - b) Nízká spolehlivost

### 2.5.3 Hodnocení stupně větrání

Větrání z pohledu stupně větrání dělíme na:

- 1) Vysoký stupeň – větrání může snížit zdroj úniku téměř okamžitě, a to až pod LEL. Výsledkem je velmi malá až zanedbatelná zóna
- 2) Střední stupeň – zdroj větrání ovlivní koncentraci v okolí úniku tak, že za hranicí zóny je koncentrace pod LEL a v zóně je stabilní. Po zastavení úniku koncentrace nepřetrvává po delší dobu
- 3) Nízký stupeň – zdroj větrání neovlivní koncentraci a ani nezabrání nepřístupnému přetrvání výbušné atmosféry po zastavení úniku

Venkovní větrání v otevřených venkovních prostorech se posuzuje jako vysoký stupeň větrání, jelikož rychlost větru 0,5m/s (tato hodnota se dá předpokládat prakticky trvale) zaručuje výměnu vzduchu 100/h (0,03/s).

Při hodnocení větrání se vychází z hodnoty odhadovaného hypotetického objemu  $V_{hyp}$ . Jedná se o objem výbušné atmosféry v okolí zdroje úniku. Tuto hodnotu získáme ze vztahu (2.27).

$$V_{hyp} = \frac{f * Q_{vmin}}{k * C} (m^3) \quad (2.24)$$

kde

$Q_{vmin}$  je teoretická minimální rychlost proudění větracího vzduchu potřebná pro rozředění úniku hořlavé látky pod LEL ( $m^3/s$ )

$C$  je počet výměn vzduchu za jednotku času (1/s)

$k$  je bezpečnostní koeficient vztahovaný k LEL(-)

$f$  je účinnost rozředování výbušné atmosféry (-)

Hodnota koeficientu  $k$  je udávána pro trvalý a primární stupeň úniku 0,25 a pro sekundární stupeň 0,5.

Hodnota koeficientu  $f$  se pro ideální stav stanovuje 1. Tento stav v reálném řešení nikdy nenastane. Typickou hodnotou  $f$  je 5 pro přirozený průtok vzduchu s překážkami.

Pro venkovní prostor platí, že hodnota  $C$  je rovna 0,03/s

Teoretickou minimální rychlost proudění větraného vzduchu  $Q_{vmin}$  můžeme získat například z:

$$Q_{vmin} = \frac{\rho * Q_g}{LEL} * \frac{T}{293} (m^3/s) \quad (2.25)$$

kde

$\rho$  je hustota unikající kapaliny ( $\text{kg/m}^3$ )

$Q_g$  je intenzita úniku plynů nebo par do prostoru ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

LEL je dolní mez výbušnosti ( $\text{kg/m}^3$ )

T je okolní teplota (K)

Pro výpočet počtu výměn vzduchu C použijeme:

$$C = \frac{Q_1}{V_{\text{míst}}} \quad (2.26)$$

kde

$Q_1$  je objemová rychlost průtoku plynu vstupujícího do prostoru přes otvory ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$V_{\text{míst}}$  objem místnosti ( $\text{m}^3$ )

Nyní můžeme na základě hodnoty  $V_{\text{hyp}}$  hodnotit stupeň větrání tak, že

- 1) Vysoký stupeň větrání nastává, pokud  $V_{\text{hyp}} \ll V_{\text{míst}}$
- 2) Střední stupeň větrání nastává, pokud  $V_{\text{hyp}} < V_{\text{míst}}$
- 3) Nízký stupeň větrání nastává, pokud  $V_{\text{hyp}} \geq V_{\text{míst}}$

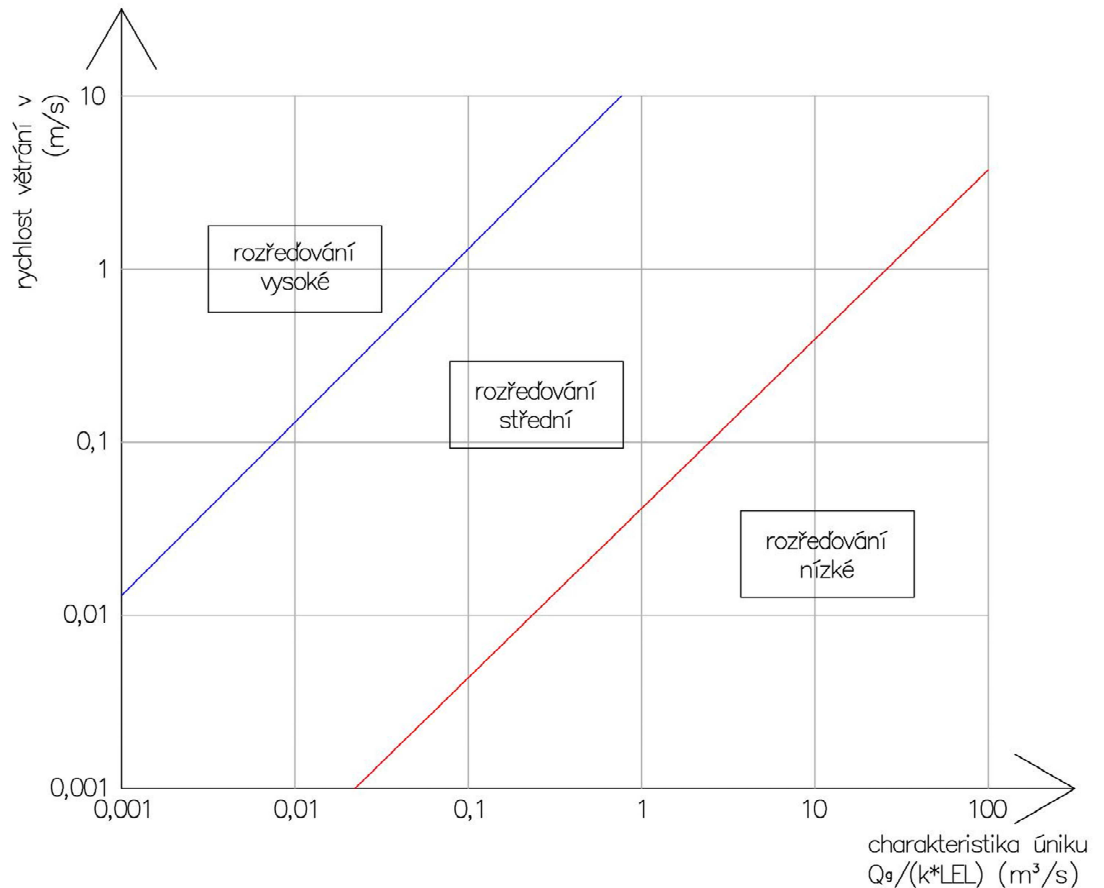
## 2.6 Rozředování

Rozředování je schopnost větrání, ať už umělého nebo přirozeného, rozředit únik výbušné plynné atmosféry pod hodnotu LEL. Rozředování dělíme dle rychlosti snižování koncentrace úniku a doby přetrvání koncentrace po odstranění úniku na tři stupně viz Tabulka 2.1.

Tabulka 2.1 Stupně rozředování

Stupeň rozředování	Rychlost rozředování v blízkosti úniku	Doba přetrvání koncentrace po zastavení úniku
Vysoký	Rychlé snižování v blízkosti úniku	Bez přetrvání
Střední	Řízení koncentrace vedoucí ke stabilní hranici zóny	Krátké
Nízký	Významná koncentrace při pokračujícím úniku	Významné

Pro hodnocení stupně rozředování lze použít několik metod, jednou z nich je použití grafu rozředování znázorněného na Obrázek 2.1.



Obrázek 2.1 Graf hodnocení stupně rozředování [9]

Charakteristiku úniku lze získat jako:

$$\frac{Q_g}{k * \frac{LEL}{100}} \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (2.27)$$

kde

w je rychlost úniku plynů (m<sup>3</sup>/s)

ρ je hustota plynu (kg/m<sup>3</sup>)

k je bezpečnostní koeficient vztažený k LEL(-)

LEL je dolní mez výbuchu (%)

Hodnota koeficientu *k* je udávána pro trvalý a primární stupeň úniku 0,25 a pro sekundární stupeň 0,5.

Tento graf předpokládá na počátku nulovou koncentraci na pozadí.

### 2.6.1 Koncentrace na pozadí

Pro hodnocení stupně rozředování a kvality větrání lze použít také koncentraci na pozadí (*X<sub>b</sub>*). Jedná se o poměr mezi rychlostí úniku hořlavé plynné látky k rychlosti větrání.

Jako nulovou koncentraci na pozadí můžeme považovat venkovní prostory a prostory s místním odsáváním u zdrojů úniku. Jako zanedbatelnou koncentraci na pozadí lze považovat prostory s dobrým větráním, kde je splněna podmínka  $X_b \ll X_{crit}$ , kde  $X_{crit}$  je smluvená hodnota pod LEL (například se může jednat o hodnotu, na kterou jsou nastaveny detektory plynu).

Hodnotu koncentrace na pozadí lze získat z

$$X_b = \frac{f * Q_g}{Q_g + Q_1} = \frac{f * Q_g}{Q_2} \quad (-) \quad (2.28)$$

kde

$Q_g$  je objemová rychlost proudění plynu ze zdroje ( $m^3/s$ )

$Q_1$  je objemová rychlost průtoku plynu vstupujícího do prostoru přes otvory ( $m^3/s$ )

$Q_2$  objemová rychlost průtoku směsi plynů opouštějící prostor ( $m^3/s$ )

$f$  je bezpečnostní koeficient účinnosti míchání

Hodnota koeficientu  $f$  se pro ideální stav stanovuje 1. Tento stav v reálném řešení nikdy nenastane. Typickou hodnotou  $f$  je 5 pro přirozený průtok vzduchu s překážkami.

Hodnotu objemové rychlosti průtoku směsi plynů opouštějící prostor lze také získat z

$$Q_2 = C * V_{míst} \quad (m^3/s) \quad (2.29)$$

kde

$C$  je počet výměn vzduchu v prostoru (1/s)

$V_{míst}$  objem místnosti ( $m^3$ )

## 2.7 Doba do vytvoření a přetrvání výbušné atmosféry

Z výše získané hodnoty odhadovaného hypotetického objemu  $V_{hyp}$  ani z intenzity úniku plynů a par však nezískáme žádné relevantní informace o době do vytvoření výbušné atmosféry ani o době, po kterou tato atmosféra v prostoru zůstane. Proto si stanovíme hodnoty  $t_1$  pro odhad doby do vytvoření nebezpečné koncentrace, pro prostor bez větrání použijeme vztah (2.30) a pro prostor s větráním vztah (2.31). Dále ze vztahu (2.32) získáme hodnotu  $t_2$  jako odhad doby přetrvání výbušné atmosféry.

$$t_1 = \frac{LEL * k_b * V_{míst}}{100 * Q_g} \quad (s) \quad (2.30)$$

$$t_1 = \frac{V_{míst}}{Q_1} * \left( \frac{Q_g}{Q_g - Q_1 * \frac{LEL}{100} * k_b} \right) \quad (s) \quad (2.31)$$



kde

LEL je dolní mez výbušnosti (%)

$k_b$  je bezpečností koeficient vztažený k LEL (-)

$V_{míst}$  objem místnosti ( $m^3$ )

$Q_g$  je objemová rychlost proudění plynu ze zdroje ( $m^3/s$ )

$Q_1$  je objemová rychlost průtoku plynu vstupujícího do prostoru přes otvory ( $m^3/s$ )

$$t_2 = \frac{f}{C} * \ln \frac{LEL * k_b}{X_b} (s) \quad (2.32)$$

kde

$C$  je počet výměn vzduchu v prostoru (1/s)

LEL je dolní mez výbušnosti (%)

$K_b$  je bezpečností koeficient vztažený k LEL(-)

$f$  je účinnost rozředování výbušné atmosféry (-)

$X_b$  je koncentrace na pozadí (%)

Hodnota koeficientu  $k$  je udávána pro trvalý a primární stupeň úniku 0,25 a pro sekundární stupeň 0,5.

Hodnota koeficientu  $f$  se pro ideální stav stanovuje 1. Tento stav v reálném řešení nikdy nenastane. Typickou hodnotou  $f$  je 5 pro přirozený průtok vzduchu s překážkami.

## 2.8 Úroveň úklidu

Zatímco v prostorách s nebezpečím výbuchu plyných atmosfér je hodnocena kvalita větrání, v prostorách s nebezpečím výbuchu prachů se hodnotí kvalita úrovně úklidu, a s tím související zabránění vzniku vrstev prachu. Při tvoření vrstev prachu mohou vzniknout následující nebezpečí:

- 1) Po prvotním výbuchu dochází ke zvěření vrstvy prachu a dochází k druhému, nebezpečnějšímu výbuchu.
- 2) Vrstva prachu může být vznícena teplem, které vyzařují okolní zařízení (může se jednat o velmi pomalý proces).
- 3) Vrstva prachu je zvěřena do oblaku a následně vznícena horkým povrchem.

Z těchto důvodů se v prostorách s nebezpečím výbuchu prachů stanovuje úroveň úklidu, v závislosti na stupni úniku ze zdroje prachu, rychlosti usazování prachu a účinnosti úklidu.

Úrovně úklidu jsou děleny na:

- 1) Výborná úroveň úklidu – vrstva prachu má zanedbatelnou tloušťku nebo neexistuje. Stupeň úniku nemá na tloušťku vrstvy prachu vliv.
- 2) Dobrá úroveň úklidu – vrstva prachu není zanedbatelná, je však přítomna jen velmi krátce a je odstraněna dříve, než by mohla způsobit požár nebo výbuch
- 3) Špatná úroveň úklidu – vrstva prachu není zanedbatelná a je přítomna po delší dobu. Je zde možnost vzniku požáru a následného výbuchu.

## 2.9 Zařazení zón

### 2.9.1 Zařazení zón v prostorách s nebezpečím výbuchu plynů a par

Pro prostory s nebezpečím výbuchu plynů a par je možné stanovit typ zóny na základě:

- Stupně úniku viz kapitola 2.2.4
- Spolehlivosti větrání viz kapitola 2.5.2
- Stupně větrání viz kapitola 2.5.3
- Stupně rozředování viz kapitola 2.6

Postup pro určení zóny je znázorněn v Tabulka 2.2.

Tabulka 2.2 Zóny pro stupeň úniku a účinnost větrání [9]

Stupeň úniku	Účinnost větrání						
	Vysoké rozředování			Střední rozředování			Nízké rozředování
	Spolehlivost větrání						
	Výborná	Dobrá	Nízká	Výborná	Dobrá	Nízká	Výborní, dobrá, nízká
Trvalý	Bez neb. Zóna 0 NE <sup>a</sup>	Zóna 2 Zóna 0 NE <sup>a</sup>	Zóna 1 Zóna 0 NE <sup>a</sup>	Zóna 0	Zóna 0 + Zóna 2	Zóna 0 + Zóna 1	Zóna 0
Primární	Bez neb. Zóna 1 NE <sup>a</sup>	Zóna 2 Zóna 1 NE <sup>a</sup>	Zóna 2 Zóna 1 NE <sup>a</sup>	Zóna 1	Zóna 1 + Zóna 2	Zóna 1 + Zóna 2	Zóna 1 nebo Zóna 0 <sup>c</sup>
Sekundární <sup>b</sup>	Bez neb. Zóna 2 NE <sup>a</sup>	Zóna 2 Zóna 2 NE <sup>a</sup>	Zóna 2	Zóna 2	Zóna 2	Zóna 2	Zóna 1 + Zóna 0 <sup>c</sup>

*Poznámky: <sup>a</sup> Zóny 0 NE, 1 NE nebo 2 NE označují teoretickou zónu, která má za normálních podmínek zanedbatelný rozsah*

*<sup>b</sup> Rozsah zóny 2 vytvářené sekundárním zdrojem úniku může přesahovat rozsah, který vytváří primární nebo trvalý stupeň úniku, v tomto případě volíme větší vzdálenost*

*<sup>c</sup> Zóna 0 bude existovat v případě, že je větrání slabé a úniky takové, že v praxi existuje výbušná plynná atmosféra prakticky trvale*

## 2.9.2 Zařazení zón v prostorách s nebezpečím výbuchu prachů

Pro prostory s nebezpečím výbuchu prachů je možné stanovit typ zóny na základě Tabulka 2.3.

Tabulka 2.3 Zařazení do zón v závislosti na úniku [10]

Stupeň úniku	Typ zóny
trvalý	20
primární	21
sekundární	22

*Poznámka: Typ zóny může být ještě změněn při přihlédnutí k úklidu v daném prostoru.*

## 2.10 Rozsah zón

### 2.10.1 Velikost zóny v prostorách s nebezpečím výbuchu plynů a par

Pro určení hrubého rozsahu velikosti zóny ( $x$ ) v prostoru s výbušnou atmosférou tvořenou plynem nebo párou je důležité znát, kde přesně k úniku dochází. Zde si ukážeme několik základních postupů pro určení velikosti zóny:

1) Únik vysoko nad podlahou

$$x = \left( \frac{920 * Q_g}{LEL} \right)^{0,55} \quad (m) \quad (2.33)$$

kde

$Q_g$  je objemová rychlost proudění plynu ze zdroje ( $m^3/s$ )

LEL je dolní mez výbušnosti (%)

2) Únik na úrovni podlahy

$$x = \left( \frac{1840 * Q_g}{LEL} \right)^{0,55} \quad (m) \quad (2.34)$$

kde

$Q_g$  je objemová rychlost proudění plynu ze zdroje ( $m^3/s$ )

LEL je dolní mez výbušnosti (%)

3) Únik z vystřikujícího proudu plynů

$$x = \frac{2050}{LEL} * \left( \frac{Q_g * \rho}{M^{1,5} * T^{0,5}} \right)^{0,5} \quad (m) \quad (2.35)$$

kde

$\rho$  je hustota plynu ( $kg/m^3$ )

$Q_g$  je objemová rychlost proudění plynu ze zdroje ( $m^3/s$ )

LEL je dolní mez výbušnosti (%)

M je molární hmotnost páry ( $kg/mol$ )

T je absolutní teplota před místem úniku (K)

4) Únik z vystřikujícího proudu kapaliny

$$x = 0,607 \left( \frac{(P - 1 * 10^5) * h}{\rho} \right)^{0,5} \quad (m) \quad (2.36)$$

kde

$\rho$  je hustota kapaliny ( $kg/m^3$ )

P je absolutní tlak před místem úniku (Pa)

h je výška zdroje (m)

5) Únik z povrchu kaluže kapaliny pod bodem varu

$$x = \left( \frac{0,698 * 10^{-9} * A * T * P_v}{d} \right) * \left[ \left( \frac{100}{LEL} \right)^{1,14} - \left( \frac{1}{P_v * 10^{-5}} \right)^{1,14} \right] \quad (m) \quad (2.37)$$

kde

A je povrch kaluže ( $m^2$ )

$P_v$  je tlak nasycených par při teplotě T (Pa)

d je průměr kaluže ve směru větrání (m)

LEL je dolní mez výbušnosti (%)

T je teplota kaluže (K)

### 2.10.2 Velikost zón v prostorách s nebezpečím výbuchu prachů

U určení velikosti zón v prostorách s nebezpečím výbuchu prachů je stanoven pro jednotlivé zóny takto:

- 1) Zóna 20 – zahrnuje vnitřek potrubí, výrobní a manipulační zařízení, kde je výbušná atmosféra trvale nebo po dlouhou dobu.
- 2) Zóna 21 – uvnitř zařízení na zpracování prachu, kde výbušné atmosféry vznikají pravidelně. Dále v blízkosti primárních zdrojů úniku. V případě, že je rozšiřování prachu omezené mechanickou zábranou, považuje se tato zábrana za hranici zóny.

- 3) Zóna 22 - V blízkosti sekundárních zdrojů úniku. V případě, že je rozšiřování prachu omezené mechanickou zábranou, považuje se tato zábrana za hranici zóny.

## 2.11 Použitá literatura v kapitole 2

Při tvorbě této kapitoly se vycházelo z [1], [2], [9], [10], [15], [16].

## 3 Požadavky na instalace

Pro provedení elektroinstalace v prostorách s nebezpečím výbuch platí některé dodatečné požadavky. V této kapitole budou pro běžnou elektroinstalaci tyto požadavky popsány.

### 3.1 Všeobecně

Veškerá elektrická vedení a zařízení v prostoru s nebezpečím výbuchu musí být chráněna proti přetížení, zkratu i zemnímu spojení. Pokud by automatické odpojení od zdroje mohlo způsobit větší nebezpečí než iniciace plynu, je povoleno využít výstražného zařízení. Instalace musí být dále vybavena prostředkem pro vypnutí elektrického napájení do nebezpečného prostoru (s výjimkou zařízení, která musí dále pokračovat v provozu z důvodu dodatečného nebezpečí). Tento prostředek musí odpojit všechny silové vodiče včetně vodiče středního. V těsné blízkosti každého vypínacího prostředku musí být štítek pro snadnou identifikaci vypínaných obvodů. Také musí být zabráněno provozu vícefázových zařízení při ztrátě jedné nebo více fází, pokud by to mělo znamenat přehřátí.

Při instalaci kabelů žlabů, potrubí nebo kanálů, se musí zabránit pronikání výbušné atmosféry mezi prostory. Dále se musí zabránit hromadění plynů a prachů v kanálech.

Speciální pozornost je nutné věnovat zařízením, která nejsou nevýbušná a jsou umístěna nad nebezpečným prostorem. Tato zařízení musí být vybavena ochrannými nebo stínícími kryty případně musí být zcela uzavřena, aby nedošlo k pádu zdroje iniciace do nebezpečného prostoru. Sodíkové nízkotlaké výbojky nad nebezpečný prostor nesmí být instalovány za žádných okolností.

### 3.2 Připojování zařízení, pospojování

V prostorách s nebezpečím výbuchu je nutné pro sítě TN použít síť TN-S (oddělený PE a N vodič). V sítích TT je vyžadována ochrana proudovými chrániči. Pro síť IT musí být použito zařízení pro hlídání izolace. Toto zařízení hlídá a signalizuje první zemní spojení.

Připojovací prostor pro zařízení musí splňovat požadavky na některý typ ochrany z kapitoly 4. Pokud je nutné zabránit přenosu tahových nebo kroutících sil z kabelu na připojení vodičů, musí být provedeno uchycení na kabelu co možná nejbližší vývodce. Kabely mají být vyvedeny z kabelové vývodky přímým směrem

V připojovacím prostoru musí být kromě připojovacích svorek pro pracovní a monitorovací vodiče, i svorka pro uzemnění. Tato svorka musí umožnit připojení vodiče o průřezu dle Tabulka 3.1

Tabulka 3.1 Minimální průřez PE vodiče pro nebezpečné prostory [3]

Průřez fázového vodiče S [mm <sup>2</sup> ]	Minimální průřez PE vodiče S <sub>PE</sub> [mm <sup>2</sup> ]
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	0,5xS

U elektrických zařízení s kovovým závěrem musí tento závěr být osazen svorkou pro vodič pospojování, umožňující připojit vodič o průřezu alespoň 4 mm. V případě, že tato svorka má sloužit jako místo připojení PE vodiče, musí splňovat požadavky **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Veškerá elektrická zařízení a přístupné vnější neživé vodivé části v nebezpečných prostorách je nutné pospojit. Toto pospojení nesmí zahrnovat střední vodič. Průřez hlavního pospojování k ochranné liště vyžaduje minimální průřez 6 mm, u doplňkového pospojení stačí průřez 4 mm.

### 3.3 Odpojovače, pojistky

Odpojovače musí rozpojovat všechny póly, dále musí být zřetelně viditelná poloha kontaktů nebo musí být spolehlivě signalizována vypnutá poloha. Je nutné buď zajistit, aby dveře krytu nebo spínače šly otevřít pouze při rozpojení kontaktů odpojovače nebo na zařízení musí být nápis „POZOR – NEOTVÍRAT POD NAPĚTÍM“.

Odpojovače, které neslouží pro manipulaci pod napětím, musí být elektricky nebo mechanicky blokovány výkonovým vypínacím zařízením. Odpojovače pro skupinu II mohou být pouze označeny nápisem „POZOR – NEMANIPULOVAT POD ZÁTĚŽÍ“.

Spínače s odpojovačem skupiny I musí mít zamykatelný ovládací mechanismus. Dále spínač musí obsahovat zkratové relé a ochranné relé zemního spojení západkového typu.

Pro zařízení s pojistkami je nutné zajistit blokování proti manipulaci s pojistkami při napětí a zajistit, že při nesprávném zavření závěru nebudou pojistky připojeny pod napětím,

případně může být zařízení označeno nápisem „POZOR – NEOTVÍRAT POD NAPĚTÍM“.

### 3.4 Dveře, kryty

Závěry s dálkově ovládanými obvody, které lze ovládat jinak, než ručně musí při otevírání dveří nebo krytu automaticky odpojit nechráněné vnitřní obvody nebo musí být označeny nápisem „POZOR – NEOTVÍRAT POD NAPĚTÍM“. V případě, že některé vnitřní části mají po otevření dveří nebo krytu zůstat pod napětím, musí tyto části být chráněny jedním z typů ochrany podle kapitoly 4 nebo splňovat všechny tyto požadavky:

- 1) Vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty mezi fázemi a zemí musí splňovat požadavky kapitoly 4.5.2.
- 2) Části pod napětím jsou chráněny vnitřním doplňkovým krytem s IP alespoň 20
- 3) Na vnitřním doplňkovém krytu je nápis „POZOR – ŽIVÁ ČÁSTI POD KRYTEM – NEDOTÝKAT SE“.

### 3.5 Kabely

Kabely musí být odolné proti vnějším vlivům, kterým mohou být vystaveny v prostoru, ve kterém budou použity. Jako živé vodiče nelze použít vodiče s jedním jádrem bez pláště s výjimkou použití uvnitř trubkového systému, rozvaděče nebo závěru. Teplota vnější izolace kabelu nesmí překročit teplotní třídu prostoru, ve kterém je kabel veden. Kabely procházející skrz nebezpečný prostor musí v nebezpečném prostoru splňovat požadavek na EPL daného prostoru.

Pro ukončení vícepramenných vodičů je nutné konec kabelu zabezpečit proti třepení. Zabezpečení pouze měkkou pájkou není však dostačující prostředek.

Nevyužité žíly vícežilových kabelů musí být spojeny s uzemněním nebo adekvátně zaizolovány koncovkou určenou pro použitý typ ochrany. Zaizolování pouze izolační páskou není povoleno.

Vzdušná vedení musí být ukončena před vstupem do nebezpečného prostoru a do nebezpečného prostoru musí být vedena kabelem nebo trubkovým systémem.

V prostorách s nebezpečím výbuchu mohou být použity tyto typy kabelů:

- 1) Hliníkové kabely – musí být použity s vhodnými spoji. Minimální průřez kabelu je 16mm.
- 2) Měděné kabely – pevnost v tahu vnitřního i vnějšího pláště musí být alespoň 8,5 MPa. Pro různé druhy instalací lze použít kabely s různou izolací:
  - a) Pevné instalace:

- i) S pláštěm z termoplastických, termosetových nebo elastomerových materiálů – musí být kruhové a kompaktní.
  - ii) S minerální izolací a kovovým pláštěm – musí být utěsněny.
  - iii) Speciální.
- b) Pružné kabely pro pevné instalace:
- i) S běžně houževnatým pryžovým pláštěm.
  - ii) S běžným polychloroprenovým pláštěm.
  - iii) S těžkým houževnatým pryžovým pláštěm.
  - iv) S těžkým polychloroprenovým pláštěm.
  - v) S plastovou izolací s konstrukcí podobnou jako ohebné kabely s těžkým houževnatým pryžovým pláštěm.
- c) Pružné kabely pro přenosná zařízení – vodiče musí být vícepramenné s průřezem minimálně 1mm<sup>2</sup>. PE vodič musí být samostatně izolován a musí být součástí pláště napájecího kabelu:
- i) S těžkým polychloroprenovým pláštěm.
  - ii) S těžkým houževnatým pryžovým pláštěm.
  - iii) Kabely s robustností odpovídající bodu I) nebo II).
- d) Pružné kabely pro přenosná zařízení do fázového napětí 250V a jmenovitého proudu 6A – nevhodné pro těžce mechanicky namáhaná zařízení:
- i) S běžným polychloroprenovým pláštěm.
  - ii) S běžným houževnatým pryžovým pláštěm.
  - iii) Kabel s robustností odpovídající bodu I) nebo II).

Kabely dále musí splňovat jeden z níže uvedených požadavků na odolnost proti šíření plamene:

- 1) Musí vyhovět zkouškám podle IEC 60332-1-2 nebo IEC 60332-3-22.
- 2) Být chráněn proti šíření plamene (uložení do kanálu zasypaného pískem).
- 3) U kabelů vstupujících do nebezpečného prostoru instalovat bariéru proti šíření plamene z prostoru bez nebezpečí výbuchu do výbušného prostoru.

### 3.6 Trubkové systémy

Tyto systémy musí být opatřeny utěsňujícími mezikusy všude tam, kde trubkový systém vstupuje/vystupuje do/z nebezpečného prostoru. Těsnící kus musí utěsnit prostor kolem kabelů (vodičů, pokud kabel není účinně vyplněn). Tento těsnící kus musí být i v blízkosti závěru,



pokud je nutné u závěru zachovat požadované IP (např. IP54). V případě, že je trubkové vedení připojeno k zařízení pro vstup trubek do závěru musí toto zařízení i trubkový systém zajišťovat neporušenost připojení.

V případě, že je trubkový systém použit jak ochranný uzemňovací vodič, musí být závitové spoje schopné přenášet poruchový proud a zároveň utěsnění těchto spojů nesmí snížit účinnost tohoto uzemnění.

Pokud trubkový systém slouží pouze jako mechanická ochrana vedení, není nutné plnit výše uvedené požadavky, je však nutné zajistit utěsnění proti přenosu výbušné atmosféry přes trubkové vedení z nebezpečného prostoru do prostoru bez nebezpečí.

### 3.7 Kabelové vývodky

K uvolnění nebo odstranění vývodky po její instalaci musí být zapotřebí použití nástrojů.

Kabelové vývodky musí odpovídat průřezu kabelu, který vývodkou prochází. Je zakázáno používat těsnící pásky, teplem smršťované folie nebo jiného materiálu pro navýšení průřezu kabelu. Kabel musí být v kabelové vývodce zajištěn proti přenosu krutu a tahu na připojovací spoje. Tohoto lze dosáhnout:

- 1) Uchycením zařízení.
- 2) Těsnícím kroužkem.
- 3) Zalévací hmotou.

Prostor mezi kabelem a tělem vývodky musí být utěsněn jedním z níže uvedených materiálů:

- 1) Elastomerový těsnící kroužek.
- 2) Těsnící kroužek z kovu nebo kompozitu.
- 3) Zalévací hmotou.

Musí být zajištěno, že hrany vývodky budou zaobleny a to tak, že hrana musí být zaoblena alespoň pod úhlem  $75^\circ$ , s poloměrem zaoblení alespoň  $\frac{1}{4}$  průměru největšího kabelu (není však nutné víc než 3mm).

Stupeň krytí musí odpovídat stupni krytí závěru. Minimální stupně krytí pro zkoušky vývodek jsou uvedeny v Tabulka 3.2

Tabulka 3.2 Závislost stupně krytí kabelové vývodky na skupině a EPL

Skupina	EPL	Minimální IP
Skupina I	-	IP54
Skupina II	-	IP54

Skupina III	EPL Da	IP6X
Skupina III	EPL Db	IP6X
Skupina IIIC	EPL Dc	IP6X
Skupina IIIA nebo IIIB	EPL Dc	IP5X

Kabelové vývodky mohou být nedílnou součástí závěru. V takovém případě je nutné provádět zkoušky společně se zařízením.

### 3.8 Zásuvky, vidlice

Zásuvky a vidlice musí být mechanicky nebo jinak blokovány proti rozpojení pod napětím a musí být zajištěno, že v rozpojeném stavu zůstanou zásuvky bez napětí. Zásuvky dále musí být spojeny zvláštním zámkem a opatřeny nápisem „POZOR – NEROZPOJOVAT POD NAPĚTÍM“. V případě, že nelze zajistit rozpojení bez napětí (např. pokud je zařízení připojeno k baterii), musí být zařízení opatřeno nápisem „POZOR – ROZPOJOVAT POUZE V PROSTORU BEZ NEBEZPEČÍ VÝBUCHU“.

Tyto požadavky nemusí splňovat zařízení s EPL „Gb“ a „Db“ jsou-li splněny všechny tyto požadavky:

- 1) Pod napětím zůstává zásuvka
- 2) Rozpojení spoje je zpožděno za přerušením jmenovitého proudu
- 3) Vidlice se zásuvkou tvoří pevný závěr typu „d“ po dobu zhasnutí oblouku při rozpojování obvodu
- 4) Kontakty po rozpojení jsou chráněny jedním z typů ochrany dle kapitoly 4

Vidlice zůstávající pod napětím v okamžicích, kdy nejsou zapojeny do zásuvky, nejsou povoleny.

V prostorách s EPL „Ga“ a „Da“ jsou zásuvky a vidlice zakázány.

V prostorách s „Db“ resp. „Dc“ se musí zajistit, aby nemohl prach vnikat do zásuvky. Zásuvky v těchto prostorách musí být montovány pod úhlem alespoň 60° od svislice.

### 3.9 Svítidla

Vybrané svítidlo musí splňovat požadavky na teplotní třídu po celou dobu životnosti svítidla i světelného zdroje. Výměnné světelné zdroje musí být nemodifikované standardní zdroje bez dodatečných úprav. Pro teplotní třídy T5 a T6 a pro okolní teplotu vyšší než 60°C se nesmí použít zářivková svítidla se startérem a typem ochrany „e“ nebo „nA“. Dále nejsou dovoleny světelné zdroje s obsahem volného kovového sodíku (nízkotlaké sodíkové výbojky). Montáž svítidel nesmí být závislá na jediném šroubu, pokud tento šroub není nedílnou součástí

svítidla nebo pokud není zašroubován a zajištěn proti uvolnění při namáhání krutem.

V prostorách vyžadujících EPL „Mb“, „Gb“ a „Db“ musí být buď při zahájení otevírání krytu, který umožňuje přístup k vnitřním částem svítidla, automaticky odpojeny všechny póly v objímce světelného zdroje, nebo musí být kryt opatřen nápisem „POZOR – NEOTEVÍRAT POD NAPĚTÍM“. V případě, že některé jiné části, než objímka, mají při automatickém odpojení pólů zůstat pod napětím, musí být tyto části buď chráněny jedním z typů ochran podle kapitoly 4 nebo musí splnit všechny tyto požadavky:

- 1) Odpínací zařízení nesmí být možno ovládat ručně.
- 2) Vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty mezi fázemi a zemí splňují požadavky kapitoly 4.5.2.
- 3) Části pod napětím jsou chráněny vnitřním doplňkovým krytem s IP alespoň 20.
- 4) Na vnitřním doplňkovém krytu je nápis „POZOR – ŽIVÁ ČÁSTI POD KRYTEM – NEDOTÝKAT SE“.

V prostorách vyžadující EPL „Gc“ a „Dc“ musí svítidla splňovat stejné požadavky jako svítidla do EPL „MB“, „Gb“ a „Db“. Liší se však požadavky pro části jiné než objímky, které zůstanou pod napětím při automatickém odpojení pólů. Zde musí tyto části splňovat všechny tyto požadavky:

- 1) Vzdušná vzdálenost a povrchové cesty mezi fázemi a zemí splňují požadavek pro přepěťovou kategorii II a úroveň znečištění 3 podle IEC 60664-1
- 2) Části pod napětím jsou chráněny vnitřním doplňkovým krytem s IP alespoň 20
- 3) Na vnitřním doplňkovém krytu je nápis „POZOR – ŽIVÁ ČÁSTI POD KRYTEM – NEDOTÝKAT SE“

### 3.10 Točivé stroje

Veškerá točivá zařízení musí být chráněna proti přetížení (s výjimkou zařízení, která vydrží trvale pracovat se svým záběrným proudem u motorů nebo zkratovým proudem u generátorů). Tato ochrana lze provést jedním z následujících prostředků:

- 1) Proudově závislá časově zpožděná ochranná zařízení – zařízení musí hlídat všechny fáze. Nastavený proud ochranného prvku je maximálně jmenovitý proud točivého zařízení. Zařízení musí odstavit motor při dvouhodinovém zatížení motoru zatíženého 1,2 násobkem nastaveného proudu, ale neodstaví ho při dvouhodinovém zatížení 1,05 násobkem nastaveného proudu.
- 2) Ochrana pomocí vestavných teplotních čidel.
- 3) Jiné odpovídající zařízení

Větrací mřížky a otvory musí splňovat odolnost proti nárazu a jejich stupeň krytí musí být alespoň IP20 u sacích otvorů a IP10 u výstupních otvorů. V případě, že je chladicí ventilátor namontovaný na hřídeli, musí být vzdálenost mezi krytem motoru a oběžným kolem minimálně 1/100 maximálního průměru kola. Nemusí však být větší než 5mm, případně 1mm u oběžných kol s hlídanou rozměrovou soustředností a stabilitou rozměrů. Pokud má motor pomocný chladicí ventilátor s minimálním protitlakem, musí tento ventilátor být zkoušen zároveň s motorem, nebo označen „X“ a musí být použity zvláštní podmínky použití.

Větrací ventilátory pro skupinu I musí splnit EN 1710, pro skupinu II a III pak všechny požadavky EN 14986.

Další požadavky pro točivé stroje jsou uvedeny vždy pro typ ochrany použitý u daného točivého stroje v:

- 1) Motory s typem ochrany „d“ – v kapitolách 4.1.2 a 4.1.8
- 2) Motory s typem ochrany „e“ – v kapitolách 4.5.5 a 4.5.6
- 3) Motory s typem ochrany „p“ a „pD“ – v kapitole 4.2.4
- 4) Motory s typem ochrany „nA“ – v kapitolách 4.7.3 a 4.7.8

### **3.11 Zařízení s články a bateriemi**

Baterie používané v zařízeních do prostorů s nebezpečím výbuchu musí být tvořeny články se stejným elektrochemickým systémem, stejnou konstrukcí, jmenovitou kapacitou, od stejného výrobce a jsou v seznamu primárních a sekundární článků viz Příloha č. 2. Baterie mohou být tvořeny pouze články zapojenými do série. Články nebo umístění článků musí být provedeno tak, aby nemohlo dojít k úniku elektrolytu tak, aby způsobil narušení typu ochrany.

V případě zaměnitelnosti primárního a sekundárního bateriového svazku nesmí být tyto svazky v jednom závěru.

Pokud je nutná výměna bateriového svazku, tak tento svazek musí být čitelně a trvanlivě označen, a to buď výrobcem a typem článku nebo jmenovitým napětím, kapacitou a elektrochemickým systémem. Dále tento svazek musí splňovat jednu z těchto podmínek:

- 1) Svazek musí být kompletně umístěn uvnitř závěru
- 2) Svazky za připojeného a odpojeného stavu splňují
  - a) Připojený stav – svazek splňuje požadavky některých z typů ochrany v kapitole 4
  - b) Odpojený stav – označen nápisem „POZOR – NEOTVÍREJTE, JE-LI PŘÍTOMNA VÝBUŠNÁ ATMOSFÉRA“
- 3) Svazek je připojen k zařízení a musí mít prostředky pro odpojení stejné jako jsou uvedené v kapitole 3.8.

---

Primární i sekundární články a baterií musí být nabíjeny mimo nebezpečný prostor.

### 3.12 Použitá literatura v kapitole 3

Při tvorbě této kapitoly se vycházelo z [3], [12]

## 4 Typy ochran

V následujících podkapitolách budou popsány základní typy ochran používaných v prostorách s nebezpečím výbuchu. U jednotlivých typů bude vždy uveden základní princip ochrany, a následně budou uvedeny dodatečné požadavky.

### 4.1 Pevný závěr typu „d“

Ochrana pevným závěrem typu „d“ je zajištěna tím, že zařízení schopná provést iniciaci výbušné atmosféry jsou umístěna uvnitř závěru. Tento závěr je schopen vydržet vnitřní výbuch a zabrání úniku výbuchu a tedy i iniciace do okolní atmosféry.

Závěry se dělí do následujících úrovní ochrany:

- „da“ pro EPL „Ma“ nebo „Ga“ – tuto úroveň je možné použít POUZE pro katalytická čidla přenosných detektorů hořlavých plynů
- „db“ pro EPL „Mb“ nebo „Gb“
- „dc“ pro EPL „Gc“

Zařízení s úrovní ochrany „dc“ musí oproti dále uvedeným požadavkům splňovat:

- 1) Volný vnitřní objem může být maximálně 20 cm<sup>3</sup>
- 2) Trvalé provozní teploty litých těsnění a zalévacích hmot musí být:
  - a) Minimální teplota musí být nižší nebo rovna minimální provozní teplotě
  - b) Maximální teplota je alespoň o 10K vyšší než provozní teplota
- 3) Jmenovité provozní teploty musí splňovat:
  - a) Jmenovité napětí (AC i DC) – max. 690V
  - b) Jmenovitý proud – max. 16A

#### 4.1.1 Spáry

##### 4.1.1.1 Minimální délka a maximální šířka spáry

V této kapitole budou uvedeny požadavky na minimální délku spáry (L) a maximální šířku spáry (i) pro skupiny zařízení I, IIA a IIB pro spáry bez závitů. A dále zde budou uvedeny požadavky pro závitové spáry. Požadavky na spáry bez závitů skupiny zařízení IIC jsou závislé

na přesném mechanickém provedení, které je nad rámec této práce. Podrobné informace jsou uvedeny v [4] kapitole 5, kde jsou ukázány i jednotlivé konstrukční provedení pro ostatní skupiny zařízení.

Minimální požadavky na délku spáry a maximální šířku spáry pro spáry bez závitů jsou uvedeny v Tabulka 4.1, požadavky na závitové spáry jsou v Tabulka 4.2.

Tabulka 4.1 Minimální délka a maximální šířka spáry pro závěry skupiny I, IIA a IIB

Převzato z [4] odstavec 5.2.9

Typ spáry	L <sub>ř</sub> (mm)	i (mm)														
		V ≤ 100 <sup>3</sup>			100 < V ≤ 500 <sup>3</sup>			500 < V ≤ 2000 <sup>3</sup>			2000 < V ≤ 5750 <sup>3</sup>			V > 5750 <sup>3</sup>		
		I <sub>o</sub>	IIA <sub>o</sub>	IIB <sub>o</sub>	I <sub>o</sub>	IIA <sub>o</sub>	IIB <sub>o</sub>	I <sub>o</sub>	IIA <sub>o</sub>	IIB <sub>o</sub>	I <sub>o</sub>	IIA <sub>o</sub>	IIB <sub>o</sub>	I <sub>o</sub>	IIA <sub>o</sub>	IIB <sub>o</sub>
Rovinná	6	0,30	0,30	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
válcová	9,5	0,35	0,30	0,20	0,35	0,30	0,20	0,08	0,08	0,08	-	0,08	0,08	-	0,08	-
rovině	12,5	0,40	0,30	0,20	0,40	0,30	0,20	0,40	0,30	0,20	0,40	0,20	0,15	0,40	0,20	0,15
válcová	25	0,50	0,40	0,20	0,50	0,40	0,20	0,50	0,40	0,20	0,50	0,40	0,20	0,50	0,40	0,20
Válcová spára pro ucpávky točivých elektrických strojů s:																
Kluznými ložisky	6	0,30	0,30	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9,5	0,35	0,30	0,20	0,35	0,30	0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12,5	0,40	0,35	0,25	0,40	0,30	0,20	0,40	0,30	0,20	0,40	0,20	-	0,40	0,20	-
	25	0,50	0,40	0,30	0,50	0,40	0,25	0,50	0,40	0,25	0,50	0,40	0,20	0,50	0,40	0,20
	40	0,60	0,50	0,40	0,60	0,50	0,30	0,60	0,50	0,30	0,60	0,50	0,25	0,60	0,50	0,25
Valivými ložisky	6	0,45	0,45	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9,5	0,50	0,45	0,35	0,50	0,40	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12,5	0,60	0,50	0,40	0,60	0,45	0,30	0,60	0,45	0,30	0,60	0,30	0,20	0,60	0,30	0,20
	25	0,75	0,60	0,45	0,75	0,60	0,40	0,75	0,60	0,40	0,75	0,60	0,30	0,75	0,60	0,30
	40	0,80	0,75	0,60	0,80	0,75	0,45	0,80	0,75	0,45	0,80	0,75	0,40	0,80	0,75	0,40

kde V je objem závěru (cm<sup>3</sup>)

Tabulka 4.2 Požadavky na závitové spáry

Válcové závitové spáry	Stoupání závitu		≥ 0,7 mm
	Tvar závitu a přesnost uložení		Střední nebo jemná tolerance jakosti (ISO 965-1 a ISO 965-3)
	Počet závitů tvořící páru		≥ 5
	Délka zašroubování	Objem ≤ 100 cm <sup>3</sup>	≥ 5 mm
		Objem > 100 cm <sup>3</sup>	≥ 8 mm
Kuželové závitové spáry	Počet závitů na každé části		≥ 5

#### 4.1.1.2 Utěsněné spáry

Utěsnění spáry je možné provést tmelením nebo zatavením sklem. Pro tyto metody je nutné dodržet následující požadavky:

- 1) Tmelení:
  - a) Části závěru mohou být zatmeleny:
    - i) Přímo do stěny závěru – tvoří nerozebíratelnou sestavu
    - ii) Do kovového rámu – sestava může být vyměněna jako celek bez poškození zatmelení
  - b) Mechanická pevnost sestavy nesmí být závislá pouze na tmelení
  - c) Délka tmelené spáry musí být
    - i) Pro  $V \leq 10 \text{ cm}^3$  větší nebo rovna 3 mm
    - ii) Pro  $10 \text{ cm}^3 \leq V \leq 100 \text{ cm}^3$  větší nebo rovna 6 mm
    - iii) Pro  $V > 100 \text{ cm}^3$  větší nebo rovna 10 mm
- 2) Zatavení sklem – jedná se o spoj kovu a skla tvořený aplikací roztaveného skla do kovového rámu.
  - Délka spáry sklem musí být větší nebo rovna 3mm

#### 4.1.2 Dodatečné požadavky na hřídele a ložiska

Spáry u hřídele mohou být tvořeny následujícími možnostmi:

- 1) Válcové spáry – minimální radiální vůle  $k$  u točivých el. strojů musí být menší než 0,05 mm
- 2) Labyrintové spáry - minimální radiální vůle  $k$  u točivých el. strojů musí být menší než 0,05mm
- 3) Spáry s plavně uloženými ucpávkami – ucpávka se může volně pohybovat s hřídelí radiálně a axiálně na hřídeli, musí ale zůstat soustředná s hřídelí a musí být zabráněno otáčení ucpávky. Tento typ ucpávky není povolen pro skupinu zařízení IIC.

Na točivých elektrických strojích mohou být použita následující ložiska, která musí splňovat uvedené požadavky:

- 1) Kluzná ložiska – Ucpávka hřídele musí, navíc ke spáře tvořené samotným ložiskem, mít i spáru o délce alespoň průměru hřídele (není nutné mít spáru větší než 25 mm). Tento typ ložisek nesmí být použit pro skupinu zařízení IIC.

Valivá ložiska – maximální radiální vůle hřídele nesmí být větší než  $2/3$  maximální dovolené šířky spáry dle Tabulka 4.2

#### **4.1.3 Dodatečné požadavky na dýchací a odvodňovací zařízení (součást závěru)**

Dýchací a odvodňovací zařízení musí být konstruováno tak, aby vydrželo dynamické účinky vnitřního výbuchu, a aby propustné části zařízení zabránily přenosu vnitřního výbuchu do okolní atmosféry. Pokud je zařízení navrženo tak, že ho lze rozebrat, musí být zabráněno změně otvorů při zpětné montáži. Upevnění zařízení musí být provedeno sintrováním nebo jinou vhodnou metodou a montáž musí být provedena buď přímo do závěru, kde zařízení tvoří nedílnou součást závěru, nebo do montážního rámu, kde zařízení tvoří výměnou jednotku.

#### **4.1.4 Dodatečné požadavky na upevňovací části a otvory**

Upevňovací části přístupné z vnější strany závěru musí splňovat:

- Pro skupinu zařízení I tvoří upevňovací části zvláštní zámky s ochrannými miskami, zahloubenými otvory pro šrouby nebo musí být chráněny samotnou konstrukcí
- Pro skupinu zařízení II stačí, aby upevňovací části tvořily zvláštní zámky

Upevňovací části nesmí procházet stěnou závěru. Výjimku tvoří případy, kdy upevňovací část je neoddělitelnou součástí stěny závěru a tvoří s ní spáru závěru.

Tloušťka stěny pod šrouby a svorníky musí být minimálně  $1/3$  jmenovitého průměru šroubu a zároveň nesmí klesnout pod 3 mm. Dále musí zůstat minimálně jeden volný závit pod šroubem po jeho dotažení. Pro šroubované dveře a kryty musí být použit šroub s vnitřním šestihranem.

Upevňovací součásti nesmí být provedeny z plastů nebo slitin lehkých kovů.

#### **4.1.5 Dodatečné požadavky na materiály**

Pevný závěr typu „d“ musí být vyroben z materiálů, které zajistí správnou funkci zařízení a zabrání přenosu vnitřního výbuchu do okolní atmosféry. Pro některé materiály je nutné dodržet:

- 1) Litina - musí být použit materiál s kvalitou alespoň 150 dle ISO 185
- 2) Zinek – pevné závěry nesmí být vyrobeny ze zinku nebo zinkových slitin s obsahem zinku vyšším než 80%
- 3) Měď a měděné slitiny – pokud plynná atmosféry obsahuje acetylém musí být dodrženo jedno z následujících opatření:



- a) Pokrytí cínem, niklem nebo jiným povlakem
- b) Obsah mědi ve slitině je menší než 60%

Pokud namáháme izolační materiál u zařízení třídy skupiny I proudem větším než 16A tam, kde může vzniknout elektrický oblouk ve vzduchu, musí tento materiál mít odolnost proti plazivým proudům větší než 400M.

#### 4.1.6 Dodatečné požadavky pro kabelové vstupy

Pro vstupy do závěru typu „d“ musí být splněn alespoň jeden z následujících požadavků:

- 1) Vnitřní metrický závit musí mít uložení 6H nebo lepší (dle ISO 965-1 a ISO 965-3)
- 2) Vnější metrický závit musí být alespoň 8mm dlouhý a musí mít minimálně 8 závitů
- 3) Vnitřní a vnější NPT závit musí splňovat požadavky dle Tabulka 4.2
- 4) Pouze pro skupinu I lze použít bezzávitové spojení, které musí splnit Tabulka 4.1

Dále musí závitové otvory být opatřeny označením typu závitu, velikosti závitu a musí být vyznačena místa vstupů do závěru a počet těchto vstupů.

V případě, že jsou v pevném závěru použity zásuvky, vidlice nebo rychlospojky, musí být zaručeno, že tyto zařízení zachovávají nevybušnost závěru, a to i v rozpojeném stavu, nebo při rozpojování.

#### 4.1.7 Dodatečné požadavky na spínací přístroje skupiny zařízení I

Před otevřením závěru musí být možné všechny vodiče uvnitř závěru odpojit od napájecího napětí (výjimku tvoří jiskrově bezpečné obvody a vodiče pro uzemnění a pospojení). Odpojovací zařízení musí být uvnitř závěru a části, které zůstávají pod napětím i při odpojení odpojovacího zařízení, musí splňovat některou z následujících podmínek:

- 1) Být chráněny některým z typů ochrany pro EPL Mb.
- 2) Být chráněny krytem s IP alespoň 20 a se splněním vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty mezi fázemi a zemí pro typ ochrany „i“.
- 3) Odpojovací zařízení musí být umístěno uvnitř dalšího krytu, který splňuje požadavky na některý typ ochrany pro EPL Mb.
- 4) Odpojovací zařízení musí být zásuvky a vidlice nebo rychlospojka splňující požadavky kapitoly 4.1.6.
- 5) Kryt chránící obvody, které zůstanou pod napětím, musí být opatřen nápisem „VÝSTRAHA – NEODPOJOVAT POD NAPĚTÍM“.

Dále jsou udány požadavky na dveře nebo kryty pro zařízení skupiny I, takto:

- 1) Dveře nebo kryty s rychlouzávěrem
  - a) Při sepnutém odpojovači si závěr zachová nevýbušné vlastnosti
  - b) Odpojovač může být sepnut pouze, pokud dveře nebo kryty zaručují nevýbušné provedení
- 2) Zašroubované nebo šrouby upevněné dveře nebo kryty – dveře nebo kryty musí být opatřeny nápisem „VÝSTRAHA – NEOTEVÍRAT POD NAPĚTÍM“

#### 4.1.8 Dodatečné požadavky na motory

- 1) Motor napájený z frekvenčního měniče – musí splňovat jednu z podmínek:
  - a) Motor musí být odzkoušen společně s frekvenčním měničem.
  - b) Motor musí být kontrolován přímými teplotními čidly nebo jiným způsobem kontroly povrchové teploty závěru motoru. Tato ochrana musí, v případě vybavení, elektricky vypnout motor.
- 2) Motory spouštěné Soft startem – musí splňovat jednu z podmínek:
  - a) Motor musí být odzkoušen společně se Soft startérem.
  - b) Motor musí být kontrolován přímými teplotními čidly, jiným způsobem kontroly povrchové teploty závěru motoru nebo zařízením pro hlídání rychlosti otáčení. Tato ochrana musí, v případě vybavení, elektricky vypnout motor.

#### 4.1.9 Použitá literatura v kapitole 4.1

Při tvorbě této kapitoly bylo vycházeno z [4], [12]

### 4.2 Závěr s vnitřním přetlakem „p“

Ochrana vnitřním přetlakem „p“ spočívá v udržování vyššího tlaku, než je tlak okolí, ochranného plynu v závěru a tím zabránění vzniku výbušné atmosféry.

Ochrana vnitřním přetlakem je v závislosti na EPL, možnosti vnitřního vzniku úniku a schopnosti vnitřního zařízení způsobit iniciaci dělena na úrovně:

- 1) „pxb“ – závěr s typem ochrany „p“ zajišťující EPL Mb, Gb nebo Db
- 2) „pyb“ – závěr s typem ochrany „p“ zajišťující EPL Mb, Gb nebo Db pro zařízení s EPL Gc nebo Dc nebo vyšší umístěná uvnitř tohoto závěru
- 3) „pzc“ – závěr s typem ochrany „p“ zajišťující EPL Gc nebo Dc

## 4.2.1 Všeobecné požadavky

### 4.2.1.1 Stupeň ochrany krytem

Stupeň ochrany krytem musí být minimálně IP4X. Pro zařízení s ochranou „pzc“ s výstražnou signalizací stačí IP3X

### 4.2.1.2 Lapač jisker a částic

Lapač jisker a částic je vyžadován. Výjimku tvoří:

- 1) Výfukové otvory do prostorů vyžadující EPL Gc, za předpokladu, že jiskry a částice nevznikají za normálního provozu.
- 2) Normálně uzavřené výfukové otvory do prostorů vyžadující Mb nebo Gb, za předpokladu, že jiskry a části nevznikají za normální provozu.
- 3) V případě, že spínací kontakty pracují s proudem nižším než 10A a pracovním napětím menší než ~275V nebo =60V, zároveň jsou všechny kontakty pod krytem.

### 4.2.1.3 Teplotní třídy

Pro zařízení s EPL „pxb“ a „pyb“ je nutné stanovit teplotní třídu podle vyšší z následujících teplot:

- 1) Nejteplejšího vnějšího povrchu.
- 2) Nejteplejšího vnitřního povrchu. Tuto teplotu mohou přesáhnout:
  - a) „Malé součásti“ dle 60079-0 kapitola 5.3.3.
  - b) Závěr s EPL „pxb“ pokud při zastavení průtoku ochranného plynu je zajištěna otevírací doba pro dochlazení vnitřních horkých povrchů.

Pro zařízení s EPL „pzc“ se teplotní třída stanovuje dle nejteplejšího místa na vnějším povrchu závěru.

### 4.2.1.4 Minimální přetlak

Minimální přetlak uvnitř závěru je 50Pa pro EPL „pxb“ a „pyb“ a 25Pa pro „pzc“.

### 4.2.1.5 Materiály a mechanická pevnost

Ochranný plyn nesmí nepříznivě ovlivňovat materiály použité pro závěr. Závěr musí být schopný vydržet tlak minimálně 1,5 násobku maximálního přetlaku, minimálně však tato hodnota musí být 200Pa.

Isolační materiály pro skupinu I, použité pro spínací zařízení (místa s možností vzniku elektrického oblouku), namáhané elektrickým jmenovitým proudem vyšším, než 16A musí

splnit alespoň jednu z následujících možností:

- 1) Splnit odolnost proti plazivým proudům CTI 400M nebo vyšší
- 2) Mít povrchové cesty mezi živými částmi, splňující hodnoty pro dané napětí dle skupiny materiálu III při stupni znečištění 3 podle IEC 60664-1
- 3) Být vybaven zařízením pro detekci rozkladu a automatickým odpojením od zdroje

#### 4.2.1.6 Dveře a kryty

Dveře a kryty skupiny I musí splňovat jednu z následujících možností:

- 1) Musí mít zvláštní zámek
- 2) Musí být blokováno proti otevření pod napětím a zapnutí napájení při otevřeném závěru. Pod napětím mohou být zařízení, která jsou uvnitř závěru chráněna EPL Ma nebo Mb pro závěr s EPL „pxb“ nebo „pyb“.

Bod dva neplatí pro závěry skupiny I, kde je použit statický přetlak.

Pro závěry ve skupině II a III je nutné u dveří a krytu s EPL „pxb“, které lze odstranit bez použití nástroje nebo krytu, zajistit, že nebude možné otevření pod napětím a zapnutí napájení při otevření závěru. U EPL „pyb“ a „pzc“ není vyžadováno použití nástroje nebo klíče. Pokud závěr s EPL „pxb“ vyžaduje čekací dobu z důvodu vnitřních horkých částí, pak nesmí být snadné tento závěr otevřít bez klíče nebo nástroje. Dveře a kryty těchto skupin musí být opatřeny nápisem „POZOR – NEOTEVÍRAT, JE-LI PŘÍTOMNA VÝBUŠNÁ ATMOSFÉRA“.

#### 4.2.2 Bezpečnostní opatření (kromě statického přetlaku)

Veškerá bezpečnostní zařízení pro závěry s typem ochrany „p“ musí být sama nevýbušná nebo musí být instalována mimo výbušný prostor.

Závěry s typem ochrany „pxb“ musí být vybaveny následujícími bezpečnostními zařízeními:

- Tlakovým čidlem pro detekci ztráty minimálního tlaku.
- Časovým zařízením, tlakovým snímačem a snímačem průtoku pro ověření doby provětrávání pro skupinu I a II.
- Výstražná signalizace a zařízení pro zastavení průtoku hořlavé látky pro horké vnitřní částí u zařízení s uzavřeným vnitřním systémem.
- Prostředek pro řízení minimálního přetlaku a prostředek pro ověření minimálního přetlaku a automatické řídicí systémy zabraňující uvedení zařízení pod napětím bez dokončení provětrání.

Závěr s typem ochrany „pyb“ musí být vybaven:

- Tlakovým čidlem pro detekci ztráty minimálního tlaku.
- Vyznačení doby a průtoku pro zařízení s provětráním skupiny I a II.
- Prostředek pro řízení minimálního přetlaku a prostředek pro ověření minimálního přetlaku a automatické bezpečnosti zařízení.

Závěr s typem ochrany „pzc“ vyžaduje:

- Indikátor nebo tlakové čidlo pro detekci ztráty minimálního tlaku.
- Vyznačení doby a průtoku pro zařízení s provětráním skupiny I a II.
- Výstražná signalizace pro horké vnitřní částí u zařízení s uzavřeným vnitřním systémem.
- Prostředek pro řízení minimálního přetlaku a prostředek pro ověření minimálního přetlaku.

V případě požadavku na minimální průtok je nutné vybavit závěr automatickým bezpečnostním zařízením, zajišťujícím minimální stanovenou hodnotu.

#### **4.2.3 Bezpečností ochranná opatření pro statický přetlak**

U statického přetlaku musí být ochranný plyn inertní. Nejsou zde také povoleny vnitřní úniky hořlavých látek do závěru. Závěr musí být vybaven dvěma (jedním pro „pzc“) automatickými bezpečnostními zařízením, která zapůsobí při poklesu tlaku pod předem definovanou minimální hodnotu. Minimální přetlak musí být alespoň 50Pa nad vnější tlak, a to za nejnepríznivějších podmínek.

#### **4.2.4 Dodatečné požadavky na motory s typem ochrany „p“ a „pD“**

- 1) Motor napájený z frekvenčního měniče – musí splňovat jednu z podmínek:
  - a) Motor musí být odzkoušen společně s frekvenčním měničem.
  - b) Motor musí být kontrolován přímými teplotními čidly nebo jiným způsobem kontroly povrchové teploty závěru motoru. Tato ochrana musí, v případě vybavení, elektricky vypnout motor.
- 2) Motory spouštěné Soft startem – musí splňovat jednu z podmínek:
  - a) Motor musí být odzkoušen společně se Soft startérem.
  - b) Motor musí být kontrolován přímými teplotními čidly, jiným způsobem kontroly povrchové teploty závěru motoru nebo zařízením pro hlídání rychlosti otáčení. Tato ochrana musí, v případě vybavení, elektricky vypnout motor.

## 4.2.5 Použitá literatura v kapitole 4.2

Při tvorbě této kapitoly bylo vycházeno z [5],[12].

## 4.3 Pískový závěr „q“

U typu ochrany pískovým závěrem „q“ je stupeň ochrany zajištěn obklopením částí schopných iniciace výbušné atmosféry plnicím materiálem. Tyto části jsou v závěru pevně uchyceny, aby se zabránilo jejich posunu při manipulaci nebo výrobě.

Plnění závěru se provádí setřásáním nebo jinou plnicí metodou, kdy se docílí úplného vyplnění prostoru závěru. Jako plnicí materiál se používá:

- 1) Křemenný písek.
- 2) Pevné částice skla.

Materiál musí splňovat jednu z následujících velikostí částic pro suchý materiál:

- 1) Jmenovitá velikost ok síta 1mm dle ISO 3310-1 nebo ISO 3310-2.
- 2) Jmenovitá velikost ok síta 0,5mm dle ISO 3310-1.

### 4.3.1 Skříně

Pro typ ochrany pevným závěrem „q“ se používají dva způsoby uzavření:

- 1) Trvale utěsněná skříň – Při výrobě je skříň naplněna plnicím materiálem a je trvale utěsněna. Skříň nesmí být možné rozebrat bez jasně viditelného poškození. Dále je nutné skříň opatřit označením „TATO SKŘÍŇ BYLA TRVALE UTĚSNĚNA A NELZE JI OPRAVOVAT“.
- 2) Skříň otevíratelná při opravě – Skříň je vybavena obnovitelnými těsnícími metodami pro opravy, které nezpůsobí poškození skříně. Dále je skříň opatřena označením „TATO SKŘÍŇ BYLA TOVÁRNĚ UTĚSNĚNA – PŘI OPRAVÁCH PROSTUDUJ NÁVOD VÝROBCE“.

Stupeň krytí skříní musí splňovat IP54. Výjimku tvoří skříně určené pro použití v čistých, suchých prostorách. Tyto skříně mohou mít IP43. Dále zařízení, která jsou součástí větších celků, které mají ochranu krytem alespoň IP54, nemusí mít IP určeno. Pokud je IP55 nebo vyšší, a zároveň není skříň hermeticky utěsněna, potom musí být tato skříň vybavena dýchacím zařízením.

Velikost spár musí být vždy alespoň o 0,1mm menší než je velikost plnicího materiálu.

### 4.3.2 Připojení a ochrana

Připojení zařízení musí být provedeno kabely, které jsou nedílnou součástí zařízení. Tyto kabely nesmí být možné odstranit bez jasně viditelného poškození skříně.

Pro omezení teploty může být použito buď vnější nebo vnitřní ochranné zařízení. Toto zařízení se po odbavení nesmí samovolně uvést do provozu. Pokud je jako ochranné opatření použita pojistka, pak musí být její pojistný člen uzavřeného typu.

#### 4.3.3 Kondenzátory, články a baterie

Pro použití kondenzátorů v zařízení s použitou ochranou typu „q“ platí, že nahromaděná energie VŠECH kondenzátorů zařízení nesmí překročit za normálního provozu hodnotu energie 20 J.

V případě použití článků nebo baterií musí být zařízení vybaveno dýchacím zařízením. Toto nemusí být splněno v případě, že baterie nebo články mají maximální kapacitu 1,5Ah nebo za normálního provozu neuvolňují plyn a splňují požadavky na zařízení zajištěným provedením úrovně „eb“.

#### 4.3.4 Vzdálenosti přes plnicí materiál

Pro ochranu před iniciací vnější výbušné atmosféry je nutné dodržet minimální vzdálenost přes plnicí materiál  $l$  (mm), která určuje minimální vzdálenost vodivých částí od stěny závěru. V případě, že stěna závěru je z nevodivého materiálu, může tato hodnota být ponížena o tloušťku stěny závěru.

Dále je možné použít hodnoty redukované vzdálenosti  $l_{red}$  tam, kde v blízkosti vodivé části zařízení není žádná spára (toto platí z důvodu zamezení prošlehnutí plamene zevnitř uzávěru do venkovní atmosféry).

V případě, že je vodivá část připevněna k vodivé stěně přes pevnou izolaci (např. přes nátěr), je nutné dodržet délku povrchové cesty  $d$  (mm), případně hodnotu  $d_2$  (mm) udávající délku povrchové cesty pod nátěrem. Tato délka se vztahuje k hodnotě CTI (odolnost materiálu proti plazivým proudům podle ČSN EN 60112). V případě, že hodnota CTI materiálu je vyšší, než je hodnota uvedená v Tabulka 4.3, tak je možné použít hodnoty pro zařízení se zajištěným provedením s typem ochrany „eb“ viz kapitola 4.5.

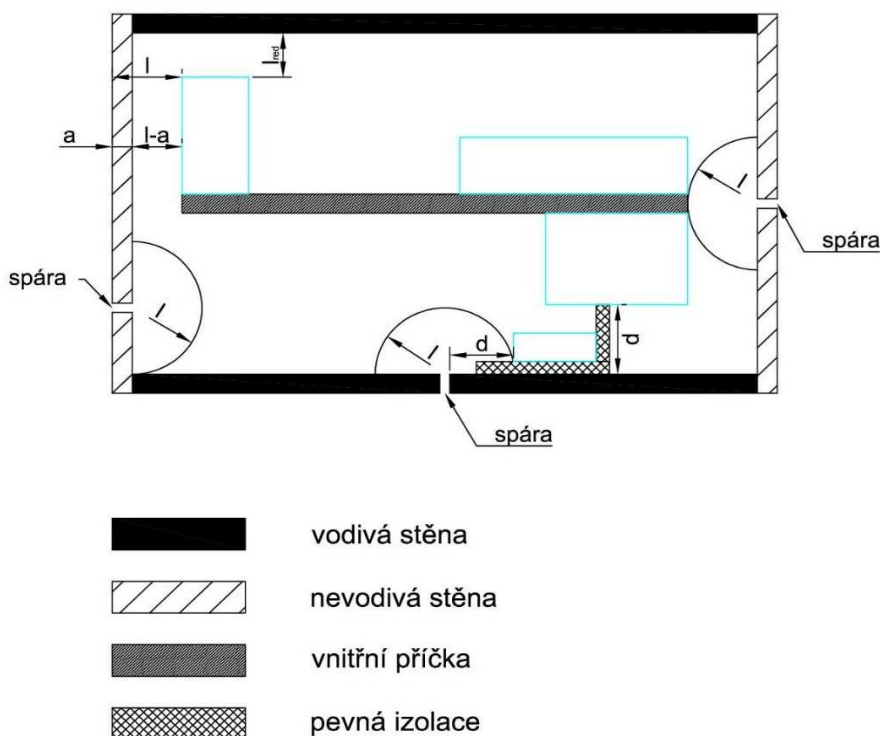
Na Obrázek 4.1 jsou ukázány jednotlivé druhy použití minimálních vzdáleností. V Tabulka 4.3 jsou pak stanoveny minimální vzdálenosti pro některé běžně používané hodnoty napětí.

Tabulka 4.3 Vzdálenosti přes plnicí materiál a povrchové cesty

$U_{ACef}/U_{DC}$ (V)	$l$ (mm)	$l_{red}$ (mm)	CTI	$d$ (mm)	$d_2$ (mm)
$\leq 10$	5	1,5	- <sup>1)</sup>	1,6	0,6
$\leq 25$	5	1,5	100	1,7	0,6
$\leq 100$	5	2	100	3,8	1,3
$\leq 250$	5	3	175	8	2,6
$\leq 400$	6,3	3	175	12,5	3,3
$\leq 1000$	14	5	175	32	8,3
$\leq 2500$	25	10	175	40	13,3

Poznámky – 1) hodnota CTI pro napětí do 10V nehraje při určování vzdáleností žádnou roli.

2) Zařízení s typem ochrany „q“ jsou použitelná pro zařízení do 1000V. V tabulce jsou však uvedeny i hodnoty pro napětí do 2500V. Toto napětí může vzniknout uvnitř zařízení. Příkladem takového zařízení je tlumivka zářivkových svítidel, kde zapalovací napětí má i 2000V.



Obrázek 4.1 Vzdálenosti přes plnicí materiál

#### 4.3.5 Použitá literatura v kapitole 4.2

Při tvorbě této kapitoly bylo vycházeno z [6].



## 4.4 Olejový závěr „o“

Pro zajištění ochrany olejovým závěrem „o“ se používá zalití možných zdrojů iniciace ochrannou kapalinou tak, že není možné vznícení výbušné atmosféry v okolí olejového závěru nebo nad kapalinou.

Jako ochranná kapalina musí být použita jedna z následujících možností:

- 1) Minerální olej vyhovující ČSN EN 60296 – tyto oleje nelze použít pro zařízení skupiny I.
- 2) Silikonová kapalina vyhovující ČSN EN 60836.
- 3) Syntetická organická esterová kapalina typu T1 vyhovující ČSN EN 61099.
- 4) Alternativní kapalina vyhovující požadavkům dle [7] kapitola 5.2.

Ochrana olejovým závěrem lze použít v následujících případech:

- 1) Pro EPL „Mb“ nebo „Gb“ – takový typ ochrany je označován „ob“. Tyto zařízení musí splňovat následující dodatečné požadavky:
  - a) Je nutné zařízení opatřit indikací kapaliny, která automaticky odpojí napájení při poklesu kapaliny pod minimální hladinu. Spínací zařízení splňuje jeden z požadavků:
    - i) Spínací prvek splňuje hloubku ponoření dle Tabulka 4.4 od minimální hladiny.
    - ii) Spínací prvek je chráněn vhodným typem ochrany pro danou aplikaci.
  - b) Ruční voliče odboček a odpojovače nad 1000V musí být možno uzamknout a musí být vybaveny nápisem „UPOZORNĚNÍ – MANIPULACE POUZE BEZ ZÁTĚŽE“.
  - c) Spínací přístroje musí splňovat:
    - i) Utěsněný závěr musí splnit zkoušku přetlakem s čtyřnásobkem předepsaného tlaku.
    - ii) Přístroje s jmenovitým výkonem větším než 2 kVA na kontakt nesmí svojí činností způsobit zvýšení tlaku nebo rozklad kapaliny tak, že by narušil typ ochrany.
    - iii) Zkratový výkon musí být minimálně 32 kVA.
    - iv) Pracovní střídavé efektivní napětí je do 1kV.
    - v) Pro stejnosměrné obvody nejsou spínače povoleny.
- 2) Pro EPL „Gc“ – takový typ ochrany je označován „oc“. Tato zařízení musí splňovat následující požadavky:
  - a) Spínací přístroje musí splňovat:
    - i) Přístroje s jmenovitým výkonem větším než 10 kVA na kontakt nesmí svojí činností způsobit zvýšení tlaku nebo rozklad kapaliny tak, že by narušil typ ochrany.
    - ii) Pracovní střídavé efektivní napětí je do 6,6kV.
    - iii) Pro stejnosměrné obvody nejsou spínače povoleny.

#### 4.4.1 Druhy závěrů typu „o“

Závěry mohou mít následující provedení:

- 1) Utěsněné závěry – jedná se o závěry, které nelze otevřít bez viditelného poškození. Toho lze dosáhnout například souvislým přivařením. Tyto závěry musí být opatřeny nápisem „TENTO ZÁVĚR BYL TRVALE UTĚSNĚN A NELZE HO OPRAVOVAT“. Závěr musí být vybaven zařízením pro vyrovnávání roztahování kapaliny (např. expanzní nádobou) a zařízením pro odlehčení tlaku reagující min. při tlaku 10 kPa. Pojistný ventil musí směřovat dolů a musí mít minimálně IP66.
- 2) Neutěsněné závěry – tento typ zařízení musí být vybaven dýchacím zařízením směřujícím dolů s minimálním krytím IP66. Přes toto zařízení unikají plyny nebo páry, které mohou vznikat v kapalině za normálního provozu. Toto dýchací zařízení musí být vybaveno vhodnou sušící látkou.

V případě, že je závěr navržen pro provádění oprav, a tedy i pro otevření a následné opětovné uzavření, naplnění a utěsnění, tak tento závěr musí být vybaven vhodnou těsnící metodou a musí být opatřen nápisem „TENTO ZÁVĚR BYL TOVÁRNĚ UTĚSNĚN – PŘI OPRAVÁCH PROSTUDOvat NÁVOD VÝROBCE“.

Závěr musí být chemicky odolný proti použité ochranné kapalině.

#### 4.4.2 Připojení

Závěr musí být vybaven průchodkou pro průchod připojovacích vodičů. Průchodka musí mít náležitý typ ochrany. Přímé připojení není dovoleno. V případě připojení vodičů v provozu musí být závěr vybaven průchodkou s patřičným typem ochrany, typ ochrany „o“ není povolen.

#### 4.4.3 Parametry závěru

Pro závěr s typem ochrany „o“ musí být stanoveny následující parametry:

- 1) Maximální povrchová teplota – jedná se o maximální teplotu povrchu ochranné kapaliny nebo jakékoliv části zařízení, kde se může vyskytovat výbušná plynná atmosféra. Tato hodnota nesmí překročit žádnou z následujících možností:
  - a) Meze teplotní třídy.
  - b) Maximální povrchovou teplotu.
  - c) 200°C.

- 2) Bod vzplanutí ochranné kapaliny – bod vzplanutí musí být minimálně o 25K větší než:
  - a) Teplota volného povrchu kapaliny.
  - b) Teplota zalitých částí.
- 3) Maximální dovolená teplota – musí být nižší nebo rovna menší z hodnot v bodech 1) a 2).
- 4) Maximální úroveň ochranné kapaliny – jedná se o maximální výšku hladiny ochranné kapaliny za nejnepříznivějších normálních podmínek.
- 5) Minimální úroveň ochranné kapaliny – jedná se o minimální výšku hladiny ochranné kapaliny za nejnepříznivějších normálních podmínek.
- 6) Maximální pracovní úhel zařízení od vodorovné osy.
- 7) Celkový objem ochranné kapaliny.
- 8) Hloubka ponoření – jedná se o minimální hloubku ponoření živých částí elektrického zařízení. Tato hloubka je vztažena k minimální úrovni ochranné kapaliny. V Tabulka 4.4 jsou uvedeny hodnoty hloubky ponoření v závislosti na napětí.

Tabulka 4.4 – Hodnoty hloubky ponoření [7]

U (V)	Hloubka ponoření (mm)	
	Bez spínacího přístroje AC i DC napětí	Se spínacím přístrojem Pouze AC napětí
≤50	3	10
≤250	5	15
≤1000	10	20
≤6000	25	50
≤10 000	25	Nelze použít
≤13 640	50	Nelze použít

#### 4.4.4 Indikace hladiny ochranné kapaliny

Olejový závěr musí být vybaven indikátorem hladiny ochranné kapaliny. Tento indikátor musí splňovat následující požadavky:

- 1) Každá sekce musí mít vlastní indikátor
- 2) Na indikátoru musí být vyznačeny tyto hladiny:
  - a) Maximální úroveň ochranné kapaliny
  - b) Minimální úroveň ochranné kapaliny
  - c) Úroveň ochranné kapaliny při teplotě plnění
- 3) Minimální úroveň, která lze indikovat, nesmí být menší, než minimální úroveň – hloubka ponoření

V případě použití dálkové indikace, musí spínací prvky tohoto indikátoru splňovat hloubku ponoření dle Tabulka 4.4 nebo musí být chráněny jiným vhodným typem ochrany.

#### 4.4.5 Použitá literatura v kapitole 4.4

Při tvorbě této kapitoly bylo vycházeno z [7]

### 4.5 Zajištěné provedení „e“

Ochrana zajištěným provedením „e“ se provádí použitím dodatečných zabezpečení zařízení nebo součásti tak, aby zamezily iniciace zvýšením teploty nebo vznikem oblouku či jisker.

Existují následující úrovně ochran:

- 1) Pro EPL „Mb“ nebo „Gb“ – značení této úrovně ochrany je „eb“.
- 2) Pro EPL „Gc“ – značení této úrovně ochrany je „ec“.

#### 4.5.1 Elektrické spoje

Základní požadavky na spoje v zajištěném provedení „e“ jsou:

- 1) Konstrukce musí
  - a) Zabraňovat vyklouznutí vodiče při montáži.
  - b) Zabránit uvolnění spoje v provozu.
  - c) Zajisti kontaktní tlak při provozu (nezávislý na neporušenosti struktury izolačního materiálu) – toto je nutné zajistit i pro vícepramenné vodiče.
  - d) Zabránit nepříznivému ovlivnění vodiče teplotními změnami za normálního provozu.
  - e) Zamezit vkládání více vodičů (s výjimkou spojů k tomuto účelu určenému).
- 2) Šroubové spoje musí mít výrobcem stanovené hodnoty kroutících momentů.
- 3) Bezšroubové spoje třídy 5 resp. 6 (dle ČSN EN 60228) pro vícepramenné vodiče - zde musí být vodič vybaven dutinkou nebo spoj musí mít mechanismus pro uvolnění bez poškození vodiče.

Elektrické spoje lze z pohledu výroby dělit na:

- 1) Spoje vyráběné v provozu – tyto spoje musí být navrženy tak, aby k nim bylo možné připojit vodiče schopné přenést minimálně jmenovitý proud, taktéž tyto spoje musí být přístupné alespoň tam, kde je nutná kontrola spojů za provozu. Spoje lze realizovat některým z následujících způsobů:
  - a) Svorky dle ČSN EN 60947-7-1, ČSN EN 60947-7-2, ČSN EN 60947-7-4, ČSN EN 60999-1 nebo ČSN EN 60999-2 – jedná se o svorky pro připojení měděných

vodičů bez použití dalších vložek (vyjma dutinek pro slané vodiče). Zařízení musí být navrženo pro montáž těchto svorek. Dále pro úroveň ochrany „eb“ musí splňovat zkoušky izolačního materiálu a při oteplovací zkoušce nesmí při 110% zkušebního proudu překročit oteplení 40K.

- b) Integrované zařízení pro připojení vodičů.
  - c) Spoje pro použití s kabelovými oky – při použití tohoto typu uchycení je nutné zajistit spoj proti protočení, aby se zabránilo uvolnění kabelu či vodiče, případně se zabránilo porušení povrchových cest či vzdušných vzdáleností. Dále pro úroveň ochrany „eb“ musí splňovat zkoušky izolačního materiálu.
  - d) Trvale sestavené spoje – zpravidla se jedná o samostatné vodiče, které jsou během instalace připojeny vhodnou metodou. Metoda je volena vzhledem k základním požadavkům na spoje, které byly popsány výše. V případě, že je pro připojení použito pájení, je nutné tento spoj dodatečně doplnit o mechanické uchycení spoje. Pájení se nepovažuje za spolehlivý spoj.
- 2) Továrně vyráběné spoje –
- a) pro tyto spoje lze použít jakoukoli metodu jako v 1). Zde však není požadavek na provádění zkoušky izolačního materiálu.
  - b) Trvalé spoje – sem patří spoje provedené:
    - i) Pájením:
      - (1) Tvrdou pájkou.
      - (2) Měkkou pájkou společně s dodatečným mechanickým uchycením.
    - ii) Svařováním.
    - iii) Zalisováním.
    - iv) Součástky montované na desky plošných spojů – pouze pro úroveň ochrany „ec“.
  - c) Zásuvkové spoje
    - i) Pro úroveň ochrany „eb“ – tyto spoje musí splňovat následující podmínky:
      - (1) Spoj má minimálně dvě nezávislé kontaktní cesty
      - (2) Bude zajištěno blokování proti rozpojení pod napětím nebo nápisem „POZOR – NEPŘIPOJOVAT NEBO ODPOJOVAT POD NAPĚTÍM“
      - (3) Spoj nebo skupina spojů bude vybaven mechanickým zařízením, které zajistí, že pro rozpojení spoje bude nutné použít sílu minimálně 30 N. Nebo pokud zajištění spoje závisí pouze na tření, je nutné, aby síla potřebná k rozpojení spoje byla alespoň 200x větší, než je hmotnost součástky. Kde síla je určena v Newtonech a hmotnost v kilogramech.

- 
- ii) Úroveň ochrany „ec“ – tyto spoje musí splňovat následující podmínky:
- (1) Spoj nebo skupina spojů bude vybavena mechanickým zařízením, které zajistí, že pro rozpojení spoje bude nutné použít sílu minimálně 15 N. Nebo pokud zajištění spoje závisí pouze na tření, je nutné, aby síla potřebná k rozpojení spoje byla alespoň 100x větší, než je hmotnost součástky. Kde síla je určena v Newtonech a hmotnost v kilogramech.
  - d) Nasunovací konektory – lze použít pouze u úrovně ochrany „ec“. Tyto konektory musí splňovat ČSN EN 60998-2-4.
  - e) Zásuvné propojky svorek – jedná se pouze o jednorázové propojení. Neslouží k manipulaci během údržby nebo oprav. Kontakty musí splňovat, že síla potřebná pro rozpojení je 200x větší než hmotnost propojky pro úroveň ochrany „eb“, resp. 100x větší pro úroveň ochrany „ec“.
- 3) Spojení pomocí zásuvky a zástrčky – tento způsob spoje se považuje za spoj prováděný v provozu za předpokladu, že zasouvaná část je dodávána jako neukončená. Dále toto spojení musí splňovat jeden z následujících požadavků:
- a) Je provedena mechanická nebo elektrická blokáce proti manipulaci s kontakty pod napětím. Dále nesmí být možné přivést jakoukoliv část pod napětí, pokud je rozpojena.
  - b) Spoj je vybaven nápisem „POZOR – NEPŘIPOJOVAT NEBO ODPOJOVAT POD NAPĚTÍM“ a dále pro úroveň ochrany „eb“ je spoj vybaven zvláštním zámekem.
  - c) Za předpokladu, že nelze spoj odpojit od napětí (např. spoj je napájen z baterie), musí tento spoj být označen nápisem „POZOR – PŘIPOJOVAT A ODPOJOVAT POUZE V PROSTORU BEZ NEBEZPEČÍ VÝBUCHU“.

#### 4.5.2 Vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty

Níže uvedené požadavky na vzdušné vzdálenosti a povrchové cesty neplatí pro plošné spoje úrovně ochrany „ec“.

Pro určení parametrů na svorkovnicích je nutné tyto svorkovnice hodnotit jak s připojeným vodičem, tak bez něj. Pro určení parametrů se počítá s horší variantou.

Parametry se určují mezi vodivými částmi s různým potenciálem. Hodnoty povrchové cesty kromě napětí závisí také na CTI (odolnosti materiálu proti plazivým proudům). Hodnoty parametrů pro běžná napětí jsou uvedeny v Tabulka 4.5.

Pro připojení vodičů v provozu platí, že pro úroveň ochrany „eb“ jsou oba parametry minimálně 3 mm, zatímco pro úroveň ochrany „ec“ 1,5mm. Pro úroveň ochrany „ec“ lze také použít alternativní parametry v případě splnění specifických požadavků. Tyto požadavky a

alternativní parametry lze nalézt v příloze H v [8].

Tabulka 4.5 Minimální hodnoty povrchových cest, vzdušných a izolačních vzdáleností  
[8]

U <sub>ACef</sub> /U <sub>DC</sub> (V)	Povrchové cesty								Vzdálenosti		
	CTI								Vzdušné		Pod nátěrem
	600≤CTI		400≤CTI≤600		175≤CTI≤400		100≤CTI≤175				
„eb“	„ec“	„eb“	„ec“	„eb“	„ec“	„eb“	„ec“	„eb“	„ec“	„ec“	
≤10	1,6	1,0	1,6	1,0	1,6	1,0	-	1,0	1,6	0,4	0,3
≤25	1,7	1,25	1,7	1,25	1,7	1,25	-	1,25	1,7	0,8	0,3
≤100	2,4	1,8	3,0	2,0	3,8	2,2	-	2,2	2,4	0,8	0,8
≤250	5,0	3,2	6,3	3,6	8,0	4,0	-	4,0	5,0	2,5	1,7
≤1 000	20,0	11,0	25,0	11,0	32,0	13,0	-	-	14,0	8,0	5,8
≤2 500	32,0	18,0	36,0	18,0	40,0	25,0	-	-	29,0	18,0	-
≤10 000	125,0	71,0	140,0	71,0	160,0	100,0	-	-	100	70,0	

*Poznámka: Hodnoty pod nátěrem jsou hodnoty pro plošné spoje s úrovní ochrany „ec“.*

*Nátěr musí fungovat jako těsnící materiál a izolační materiál proti vnikání vlhkosti.*

### 4.5.3 Izolační materiály

U izolačních materiálů pro úroveň ochrany „e“ je nutné udávat následující hodnoty:

- 1) Jméno resp. registrovaná značka výrobce.
- 2) Identifikace materiálu.
- 3) Použitelné povrchové úpravy.
- 4) Index odolnosti plazivých proudů (CTI) – pokud je to použitelné (u materiálů, které neumožňují vznik plazivých proudů, toto není nutné udávat).
- 5) Teplotní index TI pro bod 20 000 h v grafu tepelné odolnosti bez ztráty pevnosti v ohybu větší než 50% pro izolační materiály, které jsou součástí vnějšího pláště závěru.
- 6) Dlouhodobá tepelná stabilita materiálu (TI podle sbírky norem ČSN EN 60216) – tato stabilita musí být:
  - a) Maximální provozní teplota + 20K (min však 80°C) pro úroveň ochrany „eb“
  - b) Maximální provozní teplota pro úroveň ochrany „ec“ kromě izolovaných vinutí
  - c) Pro izolovaná vinutí s úrovní ochrany „ec“ musí splňovat hodnoty v Tabulka 4.6

Tabulka 4.6 Maximální teploty pro izolovaná vinutí [8]

	Metoda měření teploty	Tepelná třída dle ČSN EN 60085									
		105 (A)		120 (E)		130 (B)		155 (F)		180 (H)	
		eb	ec	eb	ec	eb	ec	eb	ec	eb	ec
Maximální provozní teplota (°C) za normálního provozu izolovaná jednovrstvá vinutí	Odporová nebo teploměrná	95	105	110	120	120	130	130	150	155	175
Maximální provozní teplota (°C) za normálního provozu Ostatní izolovaná vinutí	Odporová	90	100	105	105	110	120	130	145	155	165
	Teploměrná	80	-	95	-	100	-	115	-	135	-
	Zabudované čidlo Výkon >5kW (resp. 5kVA)	95	105	110	120	120	135	135	155	160	175
	Zabudované čidlo 200kW (resp. 200kVA) ≤ výkon ≤ 5kW (resp. 5kVA)	95	105	110	120	120	130	135	155	160	175
Maximální teplota vinutí motoru (°C) na konci oteplovací doby $t_E$ nebo v okamžiku vypnutí zabudovanými tepelnými čidly	Odporová	160	-	175	-	185	-	210	-	235	-

#### 4.5.4 Stupeň ochrany krytem

Závěry pro typ ochrany „e“ musí splňovat některý z následujících požadavků na stupeň ochrany krytem:

- 1) Alespoň IP 54 v případě, že závěr obsahuje holé živé vodiče.
- 2) Alespoň IP 44 v případě, že závěr obsahuje pouze izolované vodiče.
- 3) V případě, že je zabráněno vertikálnímu vpádu jakéhokoliv cizího tělesa do závěru, lze požadavek na stupeň ochrany krytem snížit:
  - a) Pro skupinu I na IP23.
  - b) Pro skupinu II na IP20.
- 4) V případě, že je závěr vybaven odvodňovacím nebo větracím otvorem, může u skupiny II být stupeň ochrany krytem snížen:
  - a) Na IP44 pro závěry obsahující holé živé vodiče.
  - b) Na IP24 pro závěry obsahující pouze izolované vodiče.



V případě, že závěr obsahuje obvody zajištěné typem ochrany „i“, na kterých je možno dělat údržbu pod napětím, tak je nutné, aby závěr splňoval jednu z následujících vlastností:

- 1) Obvody, které nejsou určeny k údržbě pod napětím (nejsou jiskrově bezpečné) musí mít vlastní vnitřní kryt s ochranou krytem alespoň IP30. Tento kryt musí být opatřen nápisem „POZOR – NEOTEVÍRAT POD NAPĚTÍM“. Vnější kryt pak musí být opatřen nápisem „POZOR – OBVODY JINÉ NEŽ JISKROVĚ BEZPEČNÉ JSOU CHRÁNĚNY VNITŘNÍM KRYTEM IP30“.
- 2) Kryt závěru, pod kterým jsou obvody, které nejsou jiskrově bezpečné, bude vybaven nápisem „POZOR – NEOTEVÍRAT, POKUD JSOU JINÉ NEŽ JISKROVĚ BEZPEČNÉ OBVODY POD NAPĚTÍM“.

#### 4.5.5 Vinutí

Veškeré požadavky uvedené v této kapitole platí pouze pro stupeň ochrany „eb“. Pro stupeň ochrany „ec“ nejsou žádné dodatečné požadavky na vinutí.

##### 4.5.5.1 Impregnace

Před impregnací musí být vedení zbaveno vlhkosti a následně impregnováno vhodnou impregnační látkou. Pro impregnaci je použita některá z následujících metod:

- 1) Máčení.
- 2) Napouštění.
- 3) Vakuová impregnace (VPI).

Pro body 1) a 2) je nutné provést impregnaci a vysoušení minimálně 2x, pokud impregnační látka obsahuje rozpouštědla.

##### 4.5.5.2 Vodiče vinutí

Jmenovitý minimální rozměr drátu pro vinutí musí být 0,25mm.

Izolované vodiče musí splňovat alespoň jeden z následujících požadavků:

- 1) Vodič má dvojitou izolaci (smalt je maximálně jedna vrstva).
- 2) Kruhové vodiče, které jsou smaltované splňují požadavky skupiny 1, 2 nebo 3 dle ČSN EN 60317-3, ČSN EN 60317-8, ČSN EN 60317-13 nebo ČSN EN 60317-46.

#### 4.5.6 Dodatečné požadavky na motory

Pro motory se stupněm ochrany „e“ je nutné dodržet některá další opatření, aby se zabránilo vzniku iniciace výbušné atmosféry.

#### 4.5.6.1 Požadavky na satorové vinutí

Pro stator s jmenovitým napětím vyšším než 1kV, musí být zajištěna topidla proti kondenzaci. Dále se doporučuje použít u vinutí se jmenovitým napětím vyšším než 6,6kV izolační materiály potlačující částečné výboje.

Pro stroje s úrovní ochrany „ec“ a s jmenovitým napětím vyšším 1kV pro zařízení skupiny IIB, IIC a IIA (s vsypávaným vinutím rotoru), resp. 6,6kV pro zařízení skupiny IIA (s vkládaným vinutím statoru), je nutné provést pro satorové izolační systémy typovou zkoušku vznícení v klidu.

Stroje s úrovní ochrany „eb“ musí splňovat následující požadavky:

- 1) Pro stroje s jmenovitým napětím větším než 1kV, musí satorové izolační systémy být podrobeny typovým zkouškám:
  - a) Zkoušce vznícení pulzy.
  - b) Zkoušce vznícení v klidu.
- 2) Vzdušná vzdálenost mezi závěrem a přesahujícími částmi satorového vinutí musí být minimálně 3 mm.
- 3) Pro satorová vinutí s jmenovitým napětím vyšším než 1kV, musí být použito vkládané vinutí a použit jeden z těchto způsobů impregnace:
  - a) Vakuová impregnace (VPI).
  - b) Prysčičí napuštěný izolační systém.
- 4) Pro satorová vinutí s jmenovitým napětím nižší než 1kV musí být použit jeden z těchto způsobů impregnace:
  - a) Izolace provedena podle bodu 3).
  - b) Izolace provedena podle požadavků na impregnaci na vinutí uvedenou v kapitole 4.5.5.

#### 4.5.6.2 Minimální radiální vzduchová mezera

Vzduchová mezera mezi statorem a rotorem musí být dostatečně velká, aby se zabránilo styku statoru a rotoru, a tím případné iniciaci výbušné atmosféry. Tato dostatečná vzdálenost musí být prokázána jednou z možností:

- 1) Typovou zkouškou – měřením vzduchové mezery.
- 2) Výpočtem.
- 3) U strojů s radiální cestou magnetického toku lze provést konstrukci tak, že vzduchová mezera ( $\delta$  (mm)) splňuje následující vzorec:

$$\delta = \left[ 0,15 + \frac{D - 50}{780} * \left( 0,25 + \frac{0,75 * n}{1000} \right) \right] * r * b \text{ (mm)} \quad (4.1)$$

kde

D je průměr rotoru (mm) – hodnota se pohybuje v intervalu od 75 mm do 750 mm

n je maximální jmenovitá rychlost (ot/min) – minimální hodnota je 1000 ot/min

b je koeficient ložisek – pro valivá ložiska je 1, pro kluzná 1,5

l je délka jádra (mm)

r je minimálně 1 a získáme jej z:

$$r = \frac{l}{1,75 * D} \text{ (mm)} \quad (4.2)$$

#### 4.5.6.3 Požadavky na motory s rotorem nakrátko

Tyto požadavky se vztahují jak na asynchronní motory, tak na synchronní motory s asynchronním rozběhem.

Zde je kladen důraz na kvalitní provedení rotorové klece. V případě výroby rotorové klece litím je nutné použít jednu z následujících metod:

- 1) Tlakové lití.
- 2) Odstředivé lití.
- 3) Ekvivalentně zajistit přiléhání v drážkách.

V případě použití rotorové klece vyrobené z tyčí spojených ke zkratovacím kruhům, musí tyto tyče být těsně uloženy v drážkách. Spojení tyčí a zkratovacích kruhů musí být provedeno metodou, zajišťující kvalitní spojení (např. svařováním).

Maximální dovolená teplota rotoru nesmí překročit 300°C pro rotor s neizolovanými tyčemi nebo hodnotu stanovenou dle teplotní třídy pro izolované tyče. Tyto hodnoty platí i pro spouštění motorů s výjimkou motorů s úrovní ochrany „ec“ a zatížením S1, S2, S6 nebo S9.

Pro ochranu před překročením maximální dovolené teploty lze použít tyto způsoby:

- 1) Použití proudově závislého bezpečnostního zařízení – pro typ ochrany „eb“ musí být stanoveny a vyznačeny hodnoty poměrného záběrného proudu  $I_A/I_N$  (-) a oteplovací doby  $t_E$  (s). Kde hodnota poměrného záběrného proudu v žádném případě nesmí překročit hodnotu 10 a hodnota oteplovací doby nesmí být větší než 5.
- 2) Použití teplotních nebo jiných čidel – pro typ ochrany „eb“ jsou použita čidla ve vinutí (pro každé vinutí alespoň jedno čidlo), spojená s ochranným zařízením. Pro stroj musí být stanovena a vyznačena hodnota poměrného záběrného proudu  $I_A/I_N$ . Tato hodnota nesmí být za žádných okolností vyšší než 10. Pro ochranu mohou být použity i jiné druhy snímačů např. snímače rychlosti.

#### 4.5.6.4 Rizikové faktory jiskření

Pro všechny točivé stroje s výjimkou strojů s typem ochrany „ec“, které mají jmenovitý výkon menší než 100kW s druhem zatížení S1; S2, S6 nebo S9, je nutné provést hodnocení rizika jiskření ve vzduchové mezeře podle Příloha č. 3. V případě, že hodnota koeficientu je vyšší než 6 je nutné, aby stroj splňoval jednu z následujících ochranných opatření:

- 1) Stroj musí být zkoušen podle zkoušek uvedených v [8] kapitola 6.2.3.2.
- 2) Konstrukce stroje musí umožnit dodatečné opatření proti přítomnosti výbušné atmosféry při spouštění stroje.
- 3) Záběrný proud musí být omezen hodnotou  $3xI_n$ .

Dále je u strojů s jmenovitým napětím větším než 1kV nutné provést hodnocení rizik statorového vinutí dle Příloha č. 4. V případě, že hodnota koeficientu je větší než 6 je nutné, aby stroj splňoval všechny z následujících ochranných opatření:

- a) Stroj má mít vytápění prostoru proti kondenzaci.
- b) Stroj musí mít speciální opatření pro zajištění proti výbušné atmosféře v době spouštění.

#### 4.5.6.5 Požadavky na způsoby připojení

- 1) Přímé připojené motory – časově zpožděné nepřímé závislé ochranné zařízení proti přetížení musí hlídat nejen proud motoru podle kapitoly 3.10, ale také musí zajistit odstavení zabrzděného motoru do času  $t_E$ . Ochranné relé musí monitorovat proud v každé fázi a zajišťovat přesnou ochranu proti přetížení při plném zatížení. Tyto ochrany může také plnit teplotní čidlo ve spojení s ochranným zařízením. Motory s vinutím do trojúhelníku musí mít zajištěno hlídání proti nevyváženosti fází. Doporučuje se, aby doba přímého spuštění nepřekročila hodnotu  $t_E$ . Také se nedoporučuje automatický start. V případě, že je nutné motor spouštět automaticky, je nutné provést dodatečná ochranná opatření.
- 2) Motory napájené frekvenčním měničem – Motory musí být odzkoušeny společně s frekvenčním měničem. Frekvenční měnič musí umožňovat nastavení parametrů. Pro potvrzení nepřekročení maximální dovolené teploty je možné použít, buď typovou zkoušku nebo lze ověřit výpočtem na základě dříve provedených reprezentativních zkoušek.
- 3) Motory spouštěné Soft startérem – musí splňovat jednu z podmínek:
  - a) Motor musí být odzkoušen společně se Soft startérem.
  - b) Motor musí být kontrolován přímými teplotními čidly, jiným způsobem kontroly povrchové teploty závěru motoru nebo zařízením pro hlídání rychlosti otáčení. Tato ochrana musí, v případě vybavení, elektricky vypnout motor.

#### 4.5.7 Svítidla

Svítidla s typem ochrany „e“ musí splňovat následující požadavky:

- 1) Součástí svítidla je světlo přenášející kryt, zakrývající celý světelný zdroj.
- 2) Svítidla lze zapojit do smyčky pouze, pokud jsou k tomuto účelu uzpůsobena.
- 3) Svítidla musí být odolná proti vibracím.
- 4) Svítidla se světelnými zdroji se zabudovanými zapalovači nejsou povolena.
- 5) Všechna svítidla pro pevnou instalaci musí splňovat zkoušku na odolnost proti nárazu.
- 6) Svítidlo musí splňovat jednu z následujících možností:
  - a) Být vybaveno nápisem „POZOR – NEOTEVÍRAT POD NAPĚTÍM“.
  - b) Být vybaveno blokovacím vypínačem, který automaticky vypne všechny póly – tento spínač se musí rozpojit při odstranění krytu svítidla.

##### 4.5.7.1 Světelné zdroje

Jako světelné zdroje pro typ ochrany „e“ jsou povoleny:

- 1) Pro úroveň ochrany „eb“ a „ec“:
  - a) Žárovky se studeným startérem s jedno kolíkovou patičí Fa6.
  - b) Trubicové žárovky T8, T10 nebo T12 (T5 pouze do 8W) s dvoukolíkovou patičí nebo s G5 nebo G13 patičí z mosaze. Zapojené v obvodu, kde světelné zdroje startují i svítí bez přehřátí katod.
  - c) Vláknové wolframové žárovky.
  - d) Světelné zdroje s jmenovitým napětím do 50V
    - i) Wolframo-halogenové žárovky s dodatečnou vnější baňkou se závitovou patičí E14 nebo vyšší.
    - ii) Wolframo-halogenové žárovky bez dodatečné vnější baňky se závitovou patičí E10 nebo vyšší.
  - e) Světelné zdroje s jmenovitým napětím do 12V
    - i) Vláknové wolframové žárovky se závitovou patičí E10 nebo větší.
    - ii) Vláknové wolframové žárovky s bajonetovou patičí B15d/BA15d.
    - iii) Wolframo-halogenové žárovky s dodatečnou vnější baňkou s bajonetovou patičí B15d/BA15d.
- 2) Pro úroveň ochrany „eb“:
  - a) Wolframo-halogenové žárovky s omezením maximálního výkonu na 100W.

3) Pro úroveň ochrany „ec“:

- a) Trubicové zářivky T5 typ HE, T8, T10 nebo T12 s dvoukolíkovou patičí nebo s G5 nebo G13 patičí z mosaze. Zapojené v obvodu, kde světelné zdroje mohou startovat i svítit s přehřátím katod.
- b) Wolframo-halogenové žárovky.
- c) Výbojkové žárovky.
- d) LED diody, LED sady, LED moduly.

Pro úroveň ochrany „ec“ jsou jako zdroje startovacího napětí povoleny tato zařízení:

- 1) Doutnavkové startéry s kontakty v hermeticky utěsněném závěr.
- 2) Elektrické startéry a zapalovače s maximálním startovacím napětím 5kV – v případě, že kryt zapalovače je zapouzdřen, zalit nebo utěsněn, musí tento kryt splňovat požadavky na úroveň ochrany „mc“.

Mezi světelným zdrojem a krytem musí být dodrženy min. vzdálenosti dle Tabulka 4.7.

Tabulka 4.7 Minimální vzdálenosti mezi ochranným krytem a světelným zdrojem [8]

Světelný zdroj	Minimální vzdálenost	
	„eb“	„ec“
Zářivková trubice	5	5
Zářivková trubice – kryt tvoří vnější koncentrickou trubici	2	2
Světelný zdroj s výkonem $P \leq 10V$	1	1
Světelný zdroj s výkonem $10 < P \leq 60$	3	3
Světelný zdroj s výkonem $60 < P \leq 100$	5	5
Světelný zdroj s výkonem $100 < P \leq 200$	10	7,5
Světelný zdroj s výkonem $200 < P \leq 500$	20	10
Světelný zdroj s výkonem $500 < P$	30	20

Při určování povrchových cest dle Tabulka 4.5 pro zapalovací napětí světelných zdrojů, které používají pro zapálení zvýšené napětí, se musí stanovit efektivní hodnota napětí dle Tabulka 4.8

Tabulka 4.8 Maximální efektivní hodnoty napětí pro určení povrchových cest

Zařízení	„eb“	„ec“
Zařízení se zvýšeným zapalovacím napětím	$U_{max}/\sqrt{2}$	$U_{max}/2$
El. předřadník s maximální dobou startovacích impulzů = 5s a resetováním při vypnutí napájení svítidla	$U_{max}/2,3$	$U_{max}/3$

#### **4.5.7.2 Maximální povrchové teploty svítidel a jejich částí**

Maximální povrchová teplota nesmí překročit vyznačenou teplotní třídu a to jak za normálního provozu, tak za očekávaných poruch při ochraně „eb“ nebo pravidelně očekávaných událostech při ochraně „ec“. Teplota nesmí být překročena ani při stárnutí světelného zdroje. Povrchové teploty světelných zdrojů musí být nižší, než je vyznačená teplotní třída nebo musí být provedena opatření pro vypnutí napájení před překročením této třídy.

U světelných zdrojů platí, že vyznačená maximální povrchová teplota může být překročena pokud:

- 1) Světelný zdroj splňuje požadavky na malé součástky dle [3].
- 2) Nejvyšší povrchová teplota světelného zdroje uvnitř zařízení je alespoň o 50°C nižší, než minimální teplota vznícení výbušné atmosféry uvnitř svítidla.

#### **4.5.8 Použitá literatura v kapitole 4.5**

Při tvorbě této kapitoly bylo vycházeno z [8], [12].

### **4.6 Jiskrově bezpečné obvody „i“**

Ochrana jiskrově bezpečnými obvody je zaručena omezením elektrické energie v zařízení nebo vedení pod hodnotu, která by mohla způsobit iniciaci výbušné atmosféry, ve kterém jsou obvody použity.

Jiskrově bezpečné obvody jsou velmi rozsáhlá oblast, která je nad rámec této práce. Informace k této problematice lze nalézt v IEC 60079-11 ed.2, IEC 60079-14 ed.4 příloha I, IEC 60079-25 ed.2, IEC 60079-27 ed.2 a IEC/TS 60079-39.

### **4.7 Zařízení s typem ochrany „n“**

Tento typ ochrany zajišťuje ochranu před iniciací výbušné atmosféry u zařízení při jejichž činnosti vznikají oblouky, jiskry nebo horké povrchy. Ochrana je zajištěna za normálního provozu nebo za pravidelně se opakující činnosti. Tato zařízení se používají pouze ve skupině II. Typ ochrany se dělí na:

- 1) Nejiskřící zařízení „nA“ – ochrana spočívá v minimalizaci nebezpečí vzniku oblouku nebo jisker za normálního provozu.
- 2) Uzavřené spínací zařízení „nC“ – ochrana spočívá v použití spínacích kontaktů, které vydrží výbuch uvnitř závěru a zabrání jeho rozšíření do okolní atmosféry.

- 3) Hermeticky utěsněné zařízení „nC“ – ochrana spočívá v zabránění vniknutí výbušné atmosféry do závěru.
- 4) Nezápalná část „nC“ – část s kontakty konstruovaná tak, že za provozních podmínek je vyloučena iniciace.
- 5) Utěsněné zařízení „nC“ – ochrana spočívá v utěsnění závěru proti vnikání výbušné atmosféry a zabránění otevření za normálního provozu.
- 6) Závěr s omezeným dýcháním „nR“ – ochrana spočívá v omezení vnikání plynů, par a mlh.

#### **4.7.1 Všeobecné požadavky**

##### **4.7.1.1 Stupeň ochrany krytem**

Zařízení s typem ochrany „n“ musí splňovat ochranu krytem minimálně IP54 pro holé živé části a IP44 pro izolované živé části. IP může být sníženo na IP4X pro holé živé části a IP2X pro izolované živé části v případě, že je zařízení určeno do prostoru, který sám o sobě zamezuje vnikání tuhých těles a kapalin do závěru.

##### **4.7.1.2 Povrchové cesty, vzdušné a izolační vzdálenosti**

Je nutné zachovat minimální vzdálenosti mezi vodivými částmi o různém potenciálu. Tyto hodnoty jsou vždy závislé na pracovním napětí. V případě, že je zařízení určeno pro více než jedno jmenovité napětí, musí být vzdálenosti určeny pro nejvyšší jmenovité napětí. Dále jsou povrchové cesty závislé na odolnosti proti plazivým proudům (CTI). Hodnoty podpovrchových cest a vzdušných a izolačních vzdáleností jsou pro některá běžná napětí ukázány v Tabulka 4.9.



Tabulka 4.9 Minimální hodnoty povrchových cest, vzdušných a izolačních vzdáleností

[13]

U <sub>ACef</sub> /U <sub>DC</sub> (V)	Povrchové cesty				Vzdušné a izolační vzdálenosti		
	CTI				Vzdušné	Pod nátěrem	Zalité nebo pevná izolace
	600≤ CTI	400≤ CTI ≤600	175≤ CTI≤ 400	100≤ CTI ≤175			
≤10	1	1	1	1	0,4	0,3	0,2
≤25	1,25	1,25	1,25	1,25	0,8	0,3	0,2
≤100	1,8	2	2,2	2,2	0,8	0,8	0,6
≤250	3,2	3,6	4	4	2,5	1,7	0,6
≤1 000	11	11	13	-	7	4	1,1
≤2 500	18	18	25	-	18	-	-
≤10 000	71	71	100	-	70	-	-

*Poznámka: Povrchové cesty a vzdušné vzdálenosti pro vnější spoje musí mít minimální hodnotu 1,5mm.*

#### 4.7.1.3 Elektrická pevnost

Pokud proudový obvod není spojen s krytem zařízení a ani se toto nepředpokládá, tak je nutné provést zkoušku izolační pevnosti po dobu (60 +5%, 0%) s se zkušebním napětím 500V +5%, 0% pro zařízení s napájecím napětím <90V, případně pro napájecí napětí >90V (2U+1000) V nebo 1500V s odchylkami 5%, 0% (použije se větší z těchto hodnot). Je možné použít namísto DC napětí s hodnotou 170% AC zkušebního napětí pro izolovaná vinutí nebo 140% AC zkušebního napětí pro vzduchové nebo povrchové cesty.

#### 4.7.2 Požadavky na připojovací zařízení a připojovací prostory

Veškeré elektrické spoje, pokud je to možné, musí splňovat následující požadavky:

- 1) Být opatřen prostředkem proti vyklouznutí vodiče během provozu.
- 2) Zajištění vodiče proti vyklouznutí při utahování.
- 3) Zajistit kontaktní tlak bez poškození vodiče, a zajištění aby tento tlak nebyl ovlivněn teplotními změnami.
- 4) Kontaktní tlak nesmí být vyvíjen přes izolaci.
- 5) Spoj může uchytit pouze jeden samostatný vodič (pokud není speciálně určen pro více vodičů).

- 6) Pro více pramenné vodiče zajistit rovnoměrné rozložení kontaktního tlaku a vytvarování vodiče do účinně zpevněného neměnného tvaru.
- 7) Pro šroubové spoje mít hodnotu utahovacího momentu.
- 8) Pro šroubové spoje určené pro vícepramenné vodiče, musí být vodič opatřen dutinkou nebo musí uchycovací mechanismus být takový, aby vodič nepoškodil.

#### **4.7.2.1 Připojovací zařízení pro instalaci v provozu**

V případě, že se vyžaduje kontrola za provozu, je nutné umístit spoje tak, aby byly snadno přístupné. Jako spoje instalované v provozu lze použít následující:

- 1) Spoje vyrobené pomocí svorek.
- 2) Připojovací zařízení pro připojení v provozu, které je částí „n“ zařízení.
- 3) Připojovací zařízení navržené pro použití s kabelovými oky.
- 4) Spoje používající pevné uspořádání – sem nepaří pájený spoj (pájený spoj musí být opatřen další metodou pro mechanické upevnění).

#### **4.7.2.2 Tovární spojení**

Tovární spoje musí být mechanicky uchyceny na určeném místě nebo musí být zajištěny povrchové a vzdušné cesty. Jako tovární spoje lze použít:

- 1) Veškeré spoje používané v provozu uvedené v kapitole 4.7.2.2.
- 2) Použití ovíjených spojovacích zařízení.

#### **4.7.2.3 Trvalé spoje**

Jako trvalé spoje lze použít pouze následující:

- 1) Zamačkávání.
- 2) Pájení tvrdou pájkou.
- 3) Svařování.
- 4) Pájení – vodič nesmí být uchycen pouze pájkou.

#### **4.7.2.4 Konektorové spoje**

Konektorové spoje slouží pro snadné spojování nebo rozpojování během instalace, údržby a oprav. Pokud se jedná o zásuvný spoj, tak musí tento spoj být, buď vybaven mechanickým záchytným zařízením, zajišťujícím kromě třecí síly ještě sílu 15N potřebnou pro rozpojení spoje, nebo musí spoj vykazovat sílu (v N) pro oddělení alespoň 100násobek hmotnosti odpojovaných součástí. V případě, že by spoj mohl zůstat pod napětím po rozpojení, je nutné vybavit spoj výstražným nápisem „POZOR – NEROZPOJOVAT POD NAPĚTÍM“.

### 4.7.3 Doplnující požadavky pro nejiskřící točivé elektrické stroje

#### 4.7.3.1 Všeobecné požadavky

Kryty stroje musí mít minimální krytí IP20, v případě, že kryjí holé živé části tak musí být ochrana krytem alespoň IP54. IP54 musí mít také svorkovnice připojené k točivému stroji.

Dále musí být zajištěna dostatečná radiální vzduchová mezera, aby nedošlo ke styku mezi statorem a rotorem. Tato dostatečná vzdálenost musí být demonstrována jednou z následujících možností:

- 1) Měřením radiální vzduchové mezery na zkušebním vzorku.
- 2) Výpočtem minimální radiální vzduchové mezery.
- 3) Provedením konstrukce v závislosti na vzorci:

$$\delta = \left[ 0,15 + \frac{D - 50}{780} * \left( 0,25 + \frac{0,75 * n}{1000} \right) \right] * r * b \text{ (mm)} \quad (4.3)$$

kde

D je průměr rotoru (mm) – hodnota se pohybuje v intervalu od 75 mm do 750 mm

n je maximální jmenovitá rychlost (ot/min) – minimální hodnota je 1000 ot/min

b je koeficient ložisek – pro valivá ložiska je 1, pro kluzná 1,5

l je délka jádra (mm)

r je minimálně 1 a získáme jej z:

$$r = \frac{l}{1,75 * D} \text{ (mm)} \quad (4.4)$$

Pro zabránění jiskření ve vzduchové mezeře, je nutné provést u motorů s výkonem větší než 100kW, který má jiné zatížení než S1 nebo S2, hodnocení rizika jiskření ve vzduchových mezerách podle tabulky v Příloha č. 5. V případě, že koeficient je vyšší než 6, je nutné provést jedno z následujících dodatečných opatření:

- 1) Musí být provedena zkouška procesu stárnutí rotorové klece a zkouška vznícení.
- 2) Konstrukce stroje musí být provedena tak, aby bylo možné provést speciální opatření při spouštění stroje (je nutné zamezit vzniku výbušné atmosféry v závěru při spuštění).
- 3) Je provedeno omezení spouštěcího proudu na hodnotu  $3xI_{n,0}$ .

Pro zamezení iniciace teplem je nutné, aby žádná část stroje, která je ve styku s výbušnou atmosférou nepřekročila stanovenou teplotní třídu. Tato podmínka platí i pro spouštění strojů s výjimkou strojů pracujících v zatížení S1 nebo S2.

Pokud je motor napájen z měniče, musí tento motor být zkoušen společně s tímto měničem nebo měničem s podobnými parametry.

#### 4.7.3.2 Požadavky na rotorové klece

U rotorových klecí z tyčí spojených zkratovacími kruhy, musí být spojení provedeno, buď tvrdou pájkou nebo svařováním. Lité rotorové klece musí být vyrobeny tlakovým nebo odstředivým litím.

#### 4.7.4 Požadavky na pojistky

Pokud je pojistka neopravitelná bez signalizace přerušení nebo se signalizací přerušení zásuvného typu, pak se takováto pojistka považuje za nejiskřící. Pojistka musí být uložena v závěru, který zabraňuje vyjmutí pod napětím, nebo tento závěr musí být opatřen výstražným nápisem „POZOR – NEVYJÍMAT A NEVYMĚNOVAT POJISTKY POD NAPĚTÍM“.

#### 4.7.5 Požadavky na vidlice a zásuvky

Aby bylo možné zásuvky a vidlice považovat za nejiskřící, je nutné, aby splňovaly alespoň jeden z dále uvedených požadavků:

- 1) Jsou blokovány (mechanicky, elektricky,...) proti rozpojení pod napětím a přivedení napětí na kteroukoliv část v rozpojeném stavu.
- 2) Pokud je určeno připojení pouze k jednomu zařízení, musí být provedeno mechanické zabezpečení proti náhodnému rozpojení a spoj musí být opatřen nápisem „POZOR – NEROZPOJOVAT POD NAPĚTÍM“.
- 3) Spoj má při rozpojování zpožděné uvolnění. Při hašení oblouku je spoj pevný závěr typ „d“. Část, která zůstává po rozpojení pod napětím, je zásuvka a je chráněna příslušným EPL.

#### 4.7.6 Požadavky na svítidla

Je nutné zajistit minimální vzdálenosti mezi ochranným krytem a světelným zdrojem podle Tabulka 4.10. Světelný zdroj musí být celý uzavřen v ochranném krytu.

Tabulka 4.10 Minimální vzdálenosti mezi krytem a světelným zdrojem [13]

Výkon světelného zdroje P (W)	Minimální vzdálenost (mm)
$P \leq 60$	3
$60 < P \leq 100$	5
$10 < P \leq 500$	10
$500 < P$	20
Zářivková trubice	5
Zářivková trubice s koncentrickým ochranným krytem	2

Jako zdroj startovacího napětí mohou být použity následující zařízení:

- 1) Doutnavkové startéry s kontakty hermeticky utěsněnými v závěru.
- 2) Elektronické startéry a zapalovače musí splňovat:
  - a) Maximální startovací impulzní napětí je 5kV.
  - b) Splňovat bezpečností a funkční požadavky dle IEC 61347-2-1 nebo IEC 60927.
  - c) Musí být nejiskřící zařízení.
  - d) V případě obalu z kovu musí být uzemněny.

Předřadníky, světelné zdroje ani objímky nesmí překročit stanovenou mezní teplotu, a to ani při stárnutí zdroje. Stabilizovaná teplota musí být nižší, než je stanovená mezní teplota, nebo musí být zajištěno, že dojde k odpojení zařízení od zdroje před dosažením této teploty. K odpojení musí být použita tepelná ochrana.

V případě, že jsou použita svítidla, která využívají jako světelný zdroj zářivkové trubice s dvoukolíkovou patičkou s elektronickým předřadníkem, musí být splněny následující dodatečné požadavky:

- 1) Maximální teplota okolí nepřekročí 60°C.
- 2) Nejsou povoleny teplotní třídy T5 a T6.

Svítidla s více než jednou kabelovou průchodkou nebo svítidla určená pro průchod napájecích a uzemňovacích vodičů, musí být vybavena svorkami pro vytvoření smyčky.

#### **4.7.7 Dodatečné požadavky na zařízení vytvářející oblouky, jiskry nebo horké povrchy**

##### **4.7.7.1 Uzavřená spínací zařízení**

Uzavřená spínací zařízení musí splňovat následující dodatečné požadavky:

- 1)  $U_{fAC}$  nebo  $U_{DC} \leq 690V$ .
- 2)  $I_{fAC}$  nebo  $I_{DC} \leq 16A$ .
- 3) Volný vnitřní objem je menší než 20cm<sup>3</sup>.
- 4) Trvalá pracovní teplota zalévací hmoty a litého těsnění je minimálně o 10K vyšší, než maximální provozní teplota. Těsnění musí být odolná proti poškození za normální manipulace a montáže.

##### **4.7.7.2 Nezápalné součásti**

Nezápalné součásti musí splňovat následující dodatečné požadavky:

- 1)  $U_{fAC}$  nebo  $U_{DC} \leq 254V$ .
- 2)  $I_{fAC}$  nebo  $I_{DC} \leq 16A$ .

#### 4.7.7.3 Utěsněná nebo zalitá zařízení

Utěsněná nebo zalitá zařízení musí splňovat následující dodatečné požadavky:

- 1) Konstrukce musí zabránit otevření zařízení za normálního provozu.
- 2) Maximální vnitřní objem je 100cm<sup>3</sup>.
- 3) Zařízení musí být vybaveno vnějším připojovacím zařízením (kabel, vnější svorkovnice).
- 4) Trvalá pracovní teplota musí být minimálně o 10K (u svítidel 20K) vyšší, než je provozní teplota zařízení.

Hermeticky utěsněná zařízení se považují za utěsněná zalitá bez nutnosti zkoušek.

#### 4.7.7.4 Závěr s omezeným dýcháním

Zařízení s omezeným dýcháním musí splňovat následující dodatečné požadavky:

- 1) Musí dojít k omezení zkratového výkonu tak, aby teplota na vnějším závěru nepřekročila stanovenou teplotní třídu pro zařízení neobsahující normálně oblouky, jiskřící zařízení, ale mohou obsahovat zařízení s horkými povrchy v normálním provozu.
- 2) Musí dojít k omezení zkratového výkonu tak, aby teplota na vnějším závěru nepřekročila teplotu okolí +20K pro zařízení obsahující normálně oblouky, jiskřící zařízení nebo zařízení s horkými povrchy s častými teplotními cykly.
- 3) Zařízení musí být vybaveno zkušební svorkou pro kontrolu vlastností omezeného dýchání.
- 4) Při použití vnitřních ventilátorů, nesmí tyto ventilátory vytvářet podtlak v místech možných netěsností.

#### 4.7.8 Dodatečné požadavky na motory s typem ochrany „nA“

- 1) Motor napájený z frekvenčního měniče – musí splňovat jednu z podmínek:
  - a) Motor byl typově ozkoušen s určitým frekvenčním měničem nebo srovnatelným měničem.
  - b) Motor musí být kontrolován přímými teplotními čidly nebo jiným způsobem kontroly povrchové teploty závěru motoru. Tato ochrana musí, v případě vybavení, elektricky vypnout motor. Případně musí mít motor stanovenou svou teplotní třídu.
- 2) Motory spouštěné Soft startérem – musí splňovat jednu z podmínek:
  - a) Motor musí být odzkoušen společně se Soft startérem.
  - b) Motor musí být kontrolován přímými teplotními čidly, jiným způsobem kontroly povrchové teploty závěru motoru nebo zařízením pro hlídání rychlosti otáčení. Tato ochrana musí, v případě vybavení, elektricky vypnout motor.

- 3) Stroj se  $U_n > 1\text{kV}$  – je nutné provést odhad rizik podle přílohy č.4. Pokud je faktor rizika větší než 6 musí se provést vše níže uvedené:
- Stroj má mít vytápění prostoru proti kondenzaci.
  - Stroj musí mít speciální opatření pro zajištění, proti výbušné atmosféře v době spouštění.

#### 4.7.9 Použitá literatura v kapitole 4.7

Při tvorbě této kapitoly bylo vycházeno z [13], [12].

### 4.8 Ochrana zalitím zalévací hmotou „m“

Ochrana zalitím zalévací hmotou spočívá v uzavření částí elektrického zařízení, které může být zdrojem iniciace výbuchu, do zalévací hmoty nebo jiného nekovového přilnavého materiálu.

Úroveň ochrany EPL se pro ochranu typu „m“ dělí na:

- Úroveň ochrany „ma“ pro zařízení s požadovaným EPL Ma, Ga nebo Da.
- Úroveň ochrany „mb“ pro zařízení s požadovaným EPL Mb, Gb nebo Db.
- Úroveň ochrany „mc“ pro zařízení s požadovaným EPL Mc, Gc nebo Dc.

#### 4.8.1 Zalévací hmota

Každá zalévací hmota musí být specifikována. Tato specifikace musí obsahovat následující informace:

- Jméno a adresu výrobce.
- Úplné údaje o materiálu.
- Jakékoliv povrchové úpravy.
- Požadavky na přípravu materiálu, pokud je to nutné (např. leptání).
- Dielektrická pevnost při maximální teplotě (pokud není známa, musí být provedena zkouška dielektrické pevnosti.)
- Teplotní rozsah materiálu.
- Teplotní index TI (případně relativní teplotní index RTI) – udává se pouze, pokud je zalévací hmota součástí vnějšího závěru.
- Barva – pokud je specifikace zalévací hmoty závislá na barvě.
- Tepelná vodivost.

#### 4.8.2 Určení bezporuchovosti zařízení

Při zkouškách musí být zachováno zalití zalévací hmotou při nejnepríznivějším zatížení a pro jednotlivé typy ochran platí:

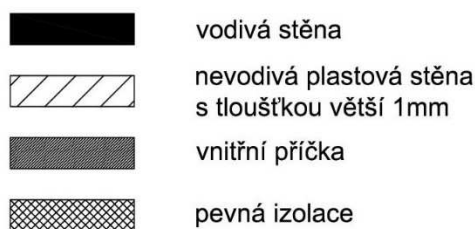
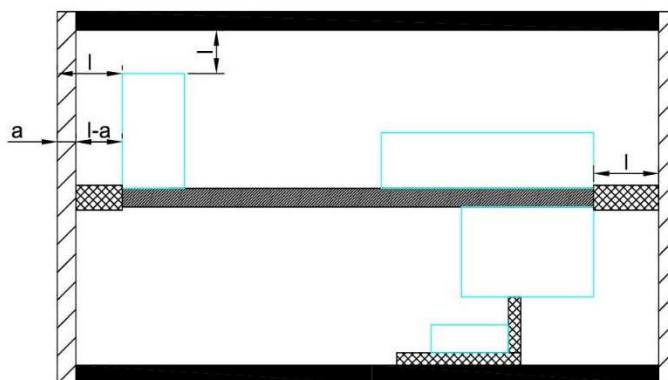
- 1) Pro „ma“ musí být zalití zachováno pro až dvě vnitřní započitatelné poruchy.
- 2) Pro „mb“ musí být zalití zachováno pro až jednu vnitřní započitatelnou poruchu.
- 3) Pro „mc“ se žádné poruchy neberou v potaz.

Pokud vzdálenosti přes zalévací hmotu mezi proudovými částmi stejného obvodu, obvodu a uzemněnými kovovými částmi nebo dvou samostatných obvodů, jsou v souladu s Tabulka 4.11, tak se tato zařízení považují za bezporuchová a není nutné je zkoušet. Toto platí, pokud byly součástky mechanicky zajištěny proti pohybu před zalitím.

Tabulka 4.11 Vzdálenosti přes zalévací hmotu [14]

Napětí U	Minimální vzdálenost „l“ (mm)		
	„ma“	„mb“	„mc“
$\leq 32$	0,5	0,5	0,2
$\leq 400$	1	1	0,6
$\leq 1000$	2,5	2,5	1,7

Minimální tloušťka přes zalévací hmoty je znázorněna na Obrázek 4.2



Obrázek 4.2 Vzdálenosti přes zalévací hmoty



#### 4.8.2.1 Skupina I a II

Suma volných prostorů nesmí být větší než  $100\text{cm}^3$  pro úroveň ochrany „mb“ a „mc“ nebo větší než  $10\text{cm}^3$  pro úroveň ochrany „ma“. Minimální tloušťka zalévací hmoty musí být v souladu s Tabulka 4.12.

Tabulka 4.12 Minimální tloušťka zalévací hmoty pro zařízení skupiny I a II [14]

Úroveň ochrany	Min. tloušťka mezi volným prostorem a	Volný prostor		
		$\leq 1\text{cm}^3$	$\leq 10\text{cm}^3$	$\leq 100\text{cm}^3$
„ma“	volným prostorem	3 mm	3 mm	-
	kovovým nebo nekovovým přilnavým závěrem	3 mm (závěr + zál. hmota)	3 mm (závěr + zál. hmota)	-
	kovovým nebo nekovovým nepřilnavým závěrem	3 mm	3 mm	-
„mb“	volným prostorem	1 mm	3 mm	3 mm
	kovovým nebo nekovovým přilnavým závěrem	1 mm (závěr + zál. hmota)	3 mm (závěr + zál. hmota)	3 mm (závěr + zál. hmota)
	kovovým nebo nekovovým nepřilnavým závěrem	1 mm	3 mm	3 mm
„mc“	volným prostorem	1 mm	1 mm	3 mm
	kovovým nebo nekovovým přilnavým závěrem	1 mm (závěr + zál. hmota)	1 mm (závěr + zál. hmota)	3 mm (závěr + zál. hmota)
	kovovým nebo nekovovým nepřilnavým závěrem	1 mm	1 mm	3 mm

### 4.8.2.2 Skupina III

Zde není brán zřetel na celkový součet volných prostorů, ale každý z volných prostorů nesmí být větší než  $100\text{cm}^3$ . Minimální vzdálenosti musí být v souladu s Tabulka 4.13.

Tabulka 4.13 Minimální tloušťka zalévací hmoty pro zařízení skupiny III [14]

Úroveň ochrany	Min. tloušťka mezi volným prostorem a	Volný prostor	
		$\leq 1\text{cm}^3$	$> 1\text{cm}^3$ $\leq 100\text{cm}^3$
„ma“	volným prostorem	3 mm	3 mm
	kovovým nebo nekovovým přilnavým závěrem	3 mm (závěr + zál. hmota)	3 mm (závěr + zál. hmota)
	kovovým nebo nekovovým nepřilnavým závěrem	3 mm	3 mm
„mb“	volným prostorem	1 mm	3 mm
	kovovým nebo nekovovým přilnavým závěrem	1 mm (závěr + zál. hmota)	3 mm (závěr + zál. hmota)
	kovovým nebo nekovovým nepřilnavým závěrem	1 mm	3 mm
„mc“	volným prostorem	1 mm	1 mm
	kovovým nebo nekovovým přilnavým závěrem	1 mm (závěr + zál. hmota)	1 mm (závěr + zál. hmota)
	kovovým nebo nekovovým nepřilnavým závěrem	1 mm	1 mm

### 4.8.3 Spínací kontakty

Veškeré spínací kontakty musí být opatřeny dodatečným krytem. Pro jednotlivé typy ochrany musí tyto kryty splňovat:

- 1) „ma“ – kryt musí být hermeticky utěsněné zařízení s typem ochrany „nC“.
- 2) „mb“ – dodatečný závěr musí být vyroben z anorganického materiálu, pokud spínací proud je větší než 6A, nebo překročí 2/3 jmenovitého proudu spínacího kontaktu.
- 3) „mc“ – dodatečný závěr musí být vyroben z anorganického materiálu, pokud spínací proud překročí 6A.

#### 4.8.4 Připojení napájecího vedení

Pokud je napájecí vedení trvale připojeno k závěru pomocí zalévací hmoty, je nutné, aby toto vedení bylo chráněno proti ohýbání a bylo podrobeno tahové zkoušce. Pokud skrz zalévací hmotu prochází holé živé části, musí tyto části být chráněny jiným typem ochrany. Zabudovaná ochranná zařízení musí být uzavřeného typu.

#### 4.8.5 Ochranná zařízení

Ochranné zařízení může být buď zařízení vnitřní nebo vnější. Ochranné zařízení musí vypínat maximální poruchové proudy v obvodu, musí mít minimálně stejné jmenovité napětí jako vypínaný obvod. Vnější ochranné zařízení musí být kompatibilní s typem ochrany. Pro jednotlivé typy ochran platí následující dodatečné požadavky:

- 1) „ma“
  - a) Jsou požadována dvě shodná elektrická a tepelná ochranná zařízení zapojená v sérii.
  - b) Ochranné zařízení musí být nenávratné.
- 2) „mb“
  - a) Je požadováno jedno elektrické ochranné zařízení.
  - b) Je požadováno jedno nenávratné tepelné ochranné zařízení nebo jsou požadována dvě shodná návratná tepelná ochranná zařízení, zapojená v sérii.
- 3) „mc“
  - a) Nepožadují se žádná elektrická ochranná zařízení.
  - b) Je požadováno jedno tepelné ochranné zařízení.

#### 4.8.6 Použitá literatura v kapitole 4.8

Při tvorbě této kapitoly bylo vycházeno z [14].

## Závěr

Tato diplomová práce byla rozdělena do čtyř hlavních částí. V první části byly vysvětleny základní pojmy v problematice elektrických zařízení v prostorách s nebezpečím výbuchu. Byly zde popsány metody dělení elektrických zařízení určených do výbušných prostorů, jak z pohledu zařízení, tak z pohledu prostorů. Bylo zde vysvětleno zařazování zařízení do skupin v závislosti na typu výbušné atmosféry, do které jsou určeny, a s tím související určování teplotních tříd. Dále zde byla ukázána klasifikace zařízení podle EPL v závislosti na použitých typech ochran. V neposlední řadě bylo popsáno dělení prostorů s nebezpečím výskytu výbušných atmosfér do zón výbuchu, a následně byly ukázány vzájemné vztahy mezi jednotlivými metodami.

Druhá část byla věnována postupu pro určení velikosti a typu zón. Nejprve byly vyjádřeny základní předpoklady potřebné pro samotný návrh a stanoveny podmínky, které musí být splněny, aby bylo vůbec nutné návrh provádět. Následně byly ukázány postupy pro stanovení velikosti úniků, určení kvality větrání a rozřed'ování, případně úklidu. Na základě těchto znalostí byly nejprve popsány způsoby zařazení prostorů do typů zón, a následně byl stanoven možný postup pro výpočet velikosti zón.

V třetí části byly rozepsány základní požadavky na instalace v prostorách s nebezpečím výbuchu. Byly zde ukázány minimální požadavky, které musí každá instalace ve výbušném prostoru splňovat navíc k běžným standardům.

Poslední část této diplomové práce se věnovala jednotlivým typům ochran zařízení v prostorách s nebezpečím výbuchu. Byly zde vyjmenované a stručně popsány základní používané typy ochran. Taktéž zde byly ukázány dodatečné požadavky na nejčastěji používaných zařízeních s těmito ochranami.

## Použitá literatura

- [1] Hrubý Jaromír, Melen Jaroslav, Pohludka Jan: Doporučení pro omezení rizik nebezpečných prostorů ve kterých se uplatňují vnější vlivy BE3N1 a BE3N2 s příklady ochranných opatření a stanovení zón, Nakladatelství a vydavatelství Lada Meletová Propag team – Trutnov, Trutnov 2003
- [2] Protivýbuchová prevence – Sbíрка příkladů, VŠB Technická Univerzita Ostrava v Ostravě 2014
- [3] ČSN EN 60079-0 ed.4 Výbušné atmosféry – Část 0: Zařízení – Obecné požadavky, Březen 2013
- [4] ČSN EN 60079-1 ed.3 Výbušné atmosféry – Část 1: Ochrana zařízení pevným závěrem „d“, Duben 2015
- [5] ČSN EN 60079-2 ed.3 Výbušné atmosféry – Část 2: Ochrana zařízení závěrem s vnitřním přetlakem „p“, Květen 2015
- [6] ČSN EN 60079-5 ed.2 Výbušné atmosféry – Část 5: Zařízení chráněné pískovým závěrem „q“, Listopad 2015
- [7] ČSN EN 60079-6 ed.2 Výbušné atmosféry – Část 6: Zařízení chráněné kapalinovým závěrem „o“, Červen 2016
- [8] ČSN EN 60079-7 ed.3 Výbušné atmosféry – Část 7: Ochrana zařízení zajištěným provedením „e“, Červen 2017
- [9] ČSN EN 60079-10-1 ed.2 Výbušné atmosféry – Část 10-1: Určování nebezpečných prostorů – Výbušné plynné atmosféry, Květen 2016
- [10] ČSN EN 60079-10-2 ed.2 Výbušné atmosféry – Část 10-2: Určování nebezpečných prostorů – Výbušné atmosféry s hořlavým prachem, Květen 2018
- [11] ČSN EN 60079-11 ed.2 Výbušné atmosféry – Část 11: Ochrana zařízení jiskrovou bezpečností „i“, Červen 2012
- [12] ČSN EN 60079-14 ed.3 Výbušné atmosféry – Část 14: Návrh, výběr a zřizování elektrických instalací, Září 2014
- [13] ČSN EN 60079-15 ed.3 Výbušné atmosféry – Část 15: Zařízení chráněné typem ochrany „n“, Prosinec 2010
- [14] ČSN EN 60079-18 ed.3 Výbušné atmosféry – Část 18: Zařízení chráněné zalitím zalévací hmotou „m“, Srpen 2015
- [15] ČSN EN 60079-20-1 ed.3 Výbušné atmosféry – Část 20-1: Materiálové vlastnosti pro klasifikaci plynů a par – Zkušební metody a data, Listopad 2010

- [16] TNI 33 2320 Elektrická zařízení pro výbušnou plynou atmosféru – určování nebezpečných prostorů – Komentář k ČSN EN 60079-10, Prosinec 2004

## **Přílohy**

**Příloha č. 1- Hodnoty adiabatického koeficientu běžných látek**

**Příloha č. 2 - Požadavky na primární a sekundární články**

**Příloha č. 3 - Rizikové faktory pro hodnocení rizika jiskření ve vzduchové mezeře pro rotorové klece**

**Příloha č. 4 - Hodnocení možnosti vznícení zápalných výbojů ze statorového vinutí**

**Příloha č. 5- Hodnocení nebezpečí jiskření na vzduchových mezerách na rotorové kleci**

**Příloha č. 1 Hodnoty adiabatického koeficientu běžných látek**

Tabulka příloha č.1.1 Hodnoty adiabatického koeficientu běžných látek [1]

Látka	Teplota (°C)	$\kappa$
amoniak	15	1,31
	100	1,28
	300	1,32
acetylén	15	1,26
benzén	15	1,26
vodík	-20	1,42
	15	1,42
	200	1,40
	800	1,38
metanol	77	1,20
	100	1,26
vzduch	0	1,40
	100	1,40
	1000	1,36
CH <sub>4</sub>	15	1,31
H <sub>2</sub>	15	1,32
	300	1,38
etanol	90	1,13
etan	15	1,22
	50	1,21
etylén	15	1,25
	100	1,18



**Příloha č. 2 Požadavky na primární a sekundární články**

Tabulka příloha č.2.1 Primární články

Typ podle IEC 60086-1	Kladná elektroda	Elektrolyt	Záporná elektroda	Jmenovité napětí	Max. napětí naprázdno
-	oxid mangančitý (MnO <sub>2</sub> )	chlorid amonný (NH <sub>4</sub> Cl) chlorid zinečnatý (ZnCl <sub>2</sub> )	zinek (Zn)	1,5	1,725
A	kyslík (O <sub>2</sub> )	chlorid amonný (NH <sub>4</sub> Cl) chlorid zinečnatý (ZnCl <sub>2</sub> )	zinek (Zn)	1,4	1,55
B	fluorid uhlíku (CF) <sub>x</sub>	organický elektrolyt	lithium (Li)	3	3,7
C	oxid mangančitý (MnO <sub>2</sub> )	organický elektrolyt	lithium (Li)	3	3,7
E	thionylchlorid (SOCl <sub>2</sub> )	bezvodý anorganický	lithium (Li)	3,6	3,9
F	síran železnatý (FeS <sub>2</sub> )	organický elektrolyt	lithium (Li)	1,5	1,83
G	oxid měďnatý (CuO)	organický elektrolyt	lithium (Li)	1,5	2,3
L	oxid mangančitý (MnO <sub>2</sub> )	hadroxid alkalických kovů	zinek (Zn)	1,5	1,65
P	kyslík (O <sub>2</sub> )	hadroxid alkalických kovů	zinek (Zn)	1,4	1,68
S	oxid stříbrný (Ag <sub>2</sub> O)	hadroxid alkalických kovů	zinek (Zn)	1,55	1,63
<sup>a</sup>	oxid siřičitý (SO <sub>2</sub> )	bezvodá organická sůl	lithium (Li)	3	3
<sup>a</sup>	rtuť (Hg)	hadroxid alkalických kovů	zinek (Zn)	připravuje se	připravuje se

<sup>a</sup> tyto typy článků smí být použity, až pro ně budou vydány normy IEC

Tabulka příloha č.2.2 Sekundární články

Typ podle IEC 60086-1	Typ	Elektrolyt	Max. nabíjecí napětí	Jmen. napětí	Vrcholné napětí naprázdno
IEC 60896-11 IEC 60254 IEC 60095-1 IEC 60896-21 IEC 60952 IEC 61427 IEC 61056	olovo-kyselina pro pevné instalace (mokrý) olovo-kyselina pohonné pro výkonové apl. olovo-kyselina pro startování a zapalování olovo-kyselina pro pevné instalace (VRLA) olovo-kyselina pro letectví olovo-kyselina pro fotovoltaickou energii olovo-kyselina pro obecné účely	kyselina sýrová (SG 1,25 až 1,32)	do 2,7	2,2	2,67 (mokrý články) 2,35 (suchý články)
Typ K IEC 61951-1 IEC 60623 IEC 60622	nikl-kadmiové	hydroxid draselný (SG 1,3)	1,6	1,3	1,55
<sup>a</sup>	nikl-železo	hydroxid draselný (SG 1,3)	1,6	1,3	1,6
IEC 61960	lithium	bezvodá organická sůl	do 4,2	3,8	4,2
IEC 61951-2	nikl methal hydrid	hydroxid draselný	1,5	1,3	1,6
<sup>a</sup> tyto typy článků smí být použity až pro ně budou vydány normy IEC					

Tabulky byly převzaty z [3] odstavec 23.3 Tabulka 11 a Tabulka 12.

**Příloha č. 3 Rizikové faktory pro hodnocení rizika jiskření ve vzduchové mezeře pro rotorové klece**

Tabulka příloha č.3.1 Rizikové faktory pro hodnocení rizika jiskření ve vzduchové mezeře pro rotorové klece.

Vlastnost	Hodnota	Faktor
konstrukce klece rotoru	vkładaná rotorová klec z neizolovaných tyčí	3
	odlévaná klec rotoru v otevřených drážkách $\geq 200\text{kW}$ na pól	2
	odlévaná klec rotoru v otevřených drážkách $< 200\text{kW}$ na pól	1
	odlévaná klec rotoru v uzavřených drážkách	0
	izolované tyče klece rotoru	0
počet pólů	2	2
	4-8	1
	$< 8$	0
jmenovitý výkon	$> 500\text{ kW}$ na pól	2
	$> 200\text{ kW}$ a $\leq 500\text{kW}$ na pól	1
	$\leq 200\text{ kW}$ na pól	0
radiální chladící kanály v rotoru	ano s délkou mezi okraji paketu jádra $< 200\text{ mm}$	2
	ano s délkou mezi okraji paketu jádra $\geq 200\text{ mm}$	1
	ne	0
šikmé drážky v rotoru nebo statoru	ano, $> 200\text{kW}$ na pól	2
	ano $\leq 200\text{kW}$ na pól	1
	ne	0
přesahující části na rozoru	neshoda (viz poznámka)	2
	shoda (viz poznámka)	0
maximální dovolená teplota	$> 200^\circ\text{C}$	2
	$135^\circ\text{C} < T \leq 200^\circ\text{C}$	1
	$\leq 135^\circ\text{C}$	0
<i>Poznámka: Přesahující části rotoru mají být navrženy tak, aby se vyloučily nedokonalé kontakty a aby pracoval v teplotní třídě.</i>		

Tabulka byla převzata z [8] odstavec 5.2.7.3 Tabulka 5.

**Příloha č. 4 Hodnocení možnosti vznícení zápalných výbojů ze satorového vinutí**

Tabulka příloha č.4.1 Hodnocení možnosti vznícení zápalných výbojů ze satorového vinutí

Vlastnost	Hodnota	Faktor
Jmenovité napětí	$U > 11\text{kV}$	6
	$6,6\text{kV} < U \leq 11\text{kV}$	4
	$3,3\text{kV} < U \leq 6,6\text{kV}$	2
	$1\text{kV} < U \leq 3,3\text{kV}$	0
Průměrná četnost spouštění v provozu	$>1/\text{h}$	3
	$>1/\text{den}$	2
	$>1/\text{týden}$	1
	$\leq 1/\text{týden}$	0
Doba mezi demontáží, čištěním a prohlídkou vinutí	$T > 10\text{ let}$	3
	$5\text{ let} < T \leq 10\text{ let}$	2
	$2\text{ roky} < T \leq 5\text{ let}$	1
	$T < 2\text{ roky}$	0
Stupeň ochrany krytem	$< \text{IP44}$ (pouze čisté prostředí a vyškolená obsluha)	3
	IP44 a IP54	2
	IP55	1
	$> \text{IP55}$	0
Okolní prostředí	velmi špinavé nebo mokré (např. plošiny na moři)	4
	venkovní přímořské	3
	venkovní	1
	čisté a suché vnitřní	0

Tabulka byla převzata z [12] příloha G Tabulka G.1.

**Příloha č. 5 Hodnocení nebezpečí jiskření na vzduchových mezerách na rotorové kleci**

Tabulka příloha č.5.1 Hodnocení nebezpečí jiskření na vzduchových mezerách na rotorové kleci

Vlastnost	Hodnota	Faktor
konstrukce klece rotoru	vkładaná rotorová klec z neizolovaných tyčí	3
	hliníková tlakově odlévaná klec rotoru s otevřenou drážkou ≥ 200kW na pól	2
	hliníková tlakově odlévaná klec rotoru s otevřenou drážkou < 200kW na pól	1
	hliníková tlakově odlévaná klec rotoru s uzavřenou drážkou	0
	izolované tyče klece rotoru	0
počet pólů	2	2
	4-8	1
	<8	0
jmenovitý výkon	>500 kW na pól	2
	> 200 kW a ≤ 500kW na pól	1
	≤ 200 kW na pól	0
radiální chladicí kanály v rotoru	ano s délkou mezi okraji paketu jádra < 200 mm	2
	ano s délkou mezi okraji paketu jádra ≥ 200 mm	1
	ne	0
šikmé drážky v rotoru nebo statoru	ano, > 200kW na pól	2
	ano ≤ 200kW na pól	1
	ne	0
přesahující části na rozoru	neshoda (viz poznámka)	2
	shoda (viz poznámka)	0
teplotní třída	T1/T2	2
	T3	1
	≥T4	0
<i>Poznámka: Přesahující části rotoru mají být navrženy tak, aby se vyloučily nedokonalé kontakty a aby pracoval v teplotní třídě.</i>		

Tabulka byla převzata z [13] odstavec 8.10.1 Tabulka 6.