

**Universita Pardubice**  
**Dopravní fakulta Jana Pernera**

**Rozbor technických řešení instalace čerpadla  
v prostoru s nebezpečím výbuchu**

**Jaroslav Burda**

**Bakalářská práce**

**2011**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jaroslav BURDA**  
Osobní číslo: **D08390**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní infrastruktura-Elektrotechnická zařízení v dopravě**  
Název tématu: **Rozbor technických řešení instalace čerpadla v prostoru s nebezpečím výbuchu**  
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě**

### Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :

1. Úvod do problematiky snížení rizika výbuchu hořlavých látek.
2. Způsob ochrany elektrického zařízení do prostorů s nebezpečím výbuchu.
3. Určování prostorů s nebezpečím výbuchu.
4. Analýza prostoru pro umístění elektrického čerpadla.
5. Analýza technického provedení elektrického čerpadla v definovaných prostorech.
6. Technické provedení jednotlivých variant.
7. Rozbor navržených variant.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

ČSN EN 60079-10 Elektrická zařízení pro výbušnou plynnou atmosféru -  
Část 10: Určování nebezpečných prostorů.

ČSN EN 60079-14 Elektrická zařízení pro výbušnou plynnou atmosféru  
- Část 14: Elektrická instalace v nebezpečných prostorech (jiných než  
důlních).

ČSN EN 60079-0 ed.3:2010 Výbušné atmosféry - Část 0: Zařízení - Vše-  
obecné požadavky.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jiří Srb**  
Ateliér Z

Datum zadání bakalářské práce: **1. března 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2011**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Radovan Doležek, Ph.D.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 11. března 2011

## **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 18.5.2011

Jaroslav Burda

## **Anotace**

Práce se zabývá problematikou elektroinstalací v prostředí s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par.

V úvodu zahrnuje přehled legislativních požadavků pro tyto instalace. V druhé části aplikuje tyto požadavky na instalaci čerpadla v prostředí s nebezpečím výbuchu v porovnání s instalací v prostředí bez nebezpečí výbuchu.

## **Klíčová slova**

ATEX, nebezpečí výbuchu hořlavých plynů a par, zóna, elektrické zařízení, elektrický závěr.

**Title**

Analysis of technical solutions for pump installation in potentially explosive atmosphere

**Abstract**

The publication deals with problems of electrical installations in potentially explosive atmospheres of flammable gases and vapors.

The introduction includes an overview of legislative requirements for these installations. In the second part these requirements are applied to pump installation in potentially explosive atmospheres in comparison with the installation in non-explosive atmosphere.

**Keywords**

ATEX, Explosive atmosphere of flammable gases and vapors, Zone, Electrical apparatus, Enclosure.

## OBSAH

ÚVOD .....	- 10 -
<b>1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY SNÍŽENÍ RIZIKA VÝBUCHU HOŘLAVÝCH LÁTEK .....</b>	<b>- 11 -</b>
1.1. INICIAČNÍ ZDROJE VÝBUCHU .....	- 11 -
1.2. LEGISLATIVA .....	- 13 -
1.3. ROZDĚLENÍ OCHRAN .....	- 14 -
<b>2. OCHRANY ELEKTRICKÉHO ZAŘÍZENÍ DO PROSTORŮ S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU .....</b>	<b>- 16 -</b>
2.1. ROZDĚLENÍ ZAŘÍZENÍ DO SKUPIN A KATEGORIÍ .....	- 16 -
2.2. OZNAČENÍ NEVÝBUŠNÝCH ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ .....	- 17 -
2.3. TEPLOTNÍ TŘÍDA .....	- 19 -
2.4. POUŽITÍ ELEKTRICKÉHO ZAŘÍZENÍ DLE ŠTÍTKOVÝCH ÚDAJŮ.....	- 19 -
2.4.1. <i>Typy ochran pro elektrická zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu plynů a par „G“</i> .....	- 22 -
2.4.2. <i>Pevný závěr „d“</i> .....	- 22 -
2.4.3. <i>Zajištěné provedení „e“</i> .....	- 23 -
2.4.4. <i>Závěr s vnitřním přetlakem „p“</i> .....	- 23 -
2.4.5. <i>Jiskrová bezpečnost „i“</i> .....	- 24 -
2.4.6. <i>Olejový závěr „o“</i> .....	- 25 -
2.4.7. <i>Pískový závěr „q“</i> .....	- 25 -
2.4.8. <i>Zalítí zalévací hmotou „m“</i> .....	- 26 -
2.4.9. <i>Ochrana typu „n“</i> .....	- 27 -
2.5. TYPY OCHRAN PRO ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ DO PROSTŘEDÍ S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU PRACHU „D“ .....	- 28 -
2.5.1. <i>Ochrana závěrem „tD“</i> .....	- 28 -
2.5.2. <i>Ochrana závěrem s vnitřním přetlakem „pD“</i> .....	- 28 -
2.5.3. <i>Jiskrově bezpečná zařízení „iD“</i> .....	- 28 -
2.5.4. <i>Ochrana zalítím zalévací hmotou „mD“</i> .....	- 29 -
2.6. TYPY OCHRAN PRO NEELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ .....	- 29 -
2.6.1. <i>Ochrana závěrem omezujícím průtok „fr“</i> .....	- 29 -

2.6.2.	<i>Ochrana pevným závěrem „d“</i> .....	- 29 -
2.6.3.	<i>Ochrana bezpečnou konstrukcí „c“</i> .....	- 29 -
2.6.4.	<i>Ochrana hlídáním iniciačních zdrojů „b“</i> .....	- 30 -
2.6.5.	<i>Ochrana kapalinovým závěrem „k“</i> .....	- 30 -
<b>3.</b>	<b>URČOVÁNÍ PROSTORŮ S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU</b> .....	<b>- 31 -</b>
3.1.	ROZDĚLENÍ PROSTORŮ S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU DO ZÓN .....	- 32 -
3.1.1.	<i>Bezpečnost</i> .....	- 32 -
3.1.2.	<i>Zdroje úniku</i> .....	- 32 -
3.1.3.	<i>Rozdělení prostorů s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par.</i> -	33 -
3.1.4.	<i>Rozdělení prostorů s nebezpečím výbuchu hořlavých prachů</i> .....	- 34 -
3.1.5.	<i>Větrání</i> .....	- 35 -
3.1.6.	<i>Dokumentace</i> .....	- 36 -
<b>4.</b>	<b>ANALÝZA PROSTORU PRO UMÍSTĚNÍ ELEKTRICKÉHO ČERPADLA...</b> -	<b>37 -</b>
<b>5.</b>	<b>ANALÝZA TECHNICKÉHO PROVEDENÍ ELEKTRICKÉHO ČERPADLA V DEFINOVANÝCH PROSTORECH</b> .....	<b>- 40 -</b>
5.1.	DEFINOVANÉ PROSTORY .....	- 40 -
5.2.	ROZDĚLENÍ PROSTORŮ S MOŽNÝM UMÍSTĚNÍM ČERPADLA .....	- 40 -
5.3.	PROVEDENÍ MOTORŮ DO PROSTŘEDÍ S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU .....	- 42 -
<b>6.</b>	<b>TECHNICKÉ PROVEDENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT</b> .....	<b>- 44 -</b>
6.1.	UMÍSTĚNÍ ČERPADLA DO PROSTŘEDÍ BEZ NEBEZPEČÍ VÝBUCHU .....	- 44 -
6.2.	NÁVRH UMÍSTĚNÍ ČERPADLA DO PROSTŘEDÍ S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU .....	- 46 -
6.2.1.	<i>Popis a výběr zařízení</i> .....	- 46 -
6.2.2.	<i>Návrh jištění motoru v zajištěném provedení</i> .....	- 46 -
6.2.3.	<i>Hlídání čerpadla proti chodu na sucho</i> .....	- 50 -
6.2.4.	<i>Návrh JB obvodu</i> .....	- 52 -
6.2.5.	<i>Napájecí kabely</i> .....	- 56 -
6.2.6.	<i>Kabelové vývodky</i> .....	- 56 -
6.2.7.	<i>Elektrické pospojení čerpadla</i> .....	- 58 -
6.2.8.	<i>Ovládání čerpadla pomocí frekvenčního měniče</i> .....	- 59 -



<b>7. ROZBOR NAVRŽENÝCH VARIANT .....</b>	<b>- 60 -</b>
7.1.    TECHNICKÉ ŘEŠENÍ S UMÍSTĚNÍM ČERPADLA V PROSTORU BNV .....	- 60 -
7.2.    TECHNICKÉ ŘEŠENÍ S UMÍSTĚNÍM ČERPADLA V NEBEZPEČNÉM PROSTŘEDÍ .....	- 60 -
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>- 63 -</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>- 64 -</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>- 68 -</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>- 69 -</b>
<b>SEZNAM SCHÉMAT ZAPOJENÍ.....</b>	<b>- 70 -</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK A NÁZVOSLOVÍ .....</b>	<b>- 71 -</b>

## Úvod

S nebezpečím výbuchu se setkáváme zejména v chemickém průmyslu, petrochemické průmyslu a dolech. Doly z hlediska bezpečnosti mají jistá specifika, tedy platí i jiné předpisy a normy pro zařízení do důlních prostorů.

V běžném životě s nebezpečím výbuchu se setkáváme např. u plynových spotřebičů (plynový kotel, karma, sporák), při práci s nátěrovými hmotami založených na syntetických rozpouštědlech, tak při čerpání pohonných hmot aj.

Téma pro zpracování bakalářské práce jsem si vybral na základě profese, kterou vykonávám ve svém občanském povolání. Jednou z činností je návrh elektrické instalace v prostorech s nebezpečím výbuchu. Jedná se o speciální kategorii elektrického zařízení, které pro uživatele představují potenciální nebezpečí. Samotný návrh elektrické instalace musí zahrnovat jak ochranu proti úrazu elektrickým proudem, tak zejména ochranu takovou, aby zařízení umístěné v prostředí s nebezpečím výbuchu nebo umístěné mimo prostředí s nebezpečím výbuchu s ním související, nezpůsobilo nebezpečný zdroj iniciace výbuchu.

Ve vlastním popisu práce se zaměřuji na související legislativu, přehled používaných typů ochrany a návrh zapojení motoru v prostřední s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par.

## 1. Úvod do problematiky snížení rizika výbuchu hořlavých látek

### 1.1. Iniciační zdroje výbuchu

Nebezpečí výbuchu vzniká v prostorách, kde se vyskytují hořlavé plyny nebo páry, prachy eventuelně výbušniny. Možný vznik výbuchu vzniká za předpokladu splnění tří současných podmínek takzvaného výbuchového trojúhelníka, graficky znázorněného na obrázku č. 1.

Tři podmínky pro splnění vzniku výbuchu:

- hořlavá látka
- kyslík
- iniciační zdroj.

Výbušná atmosféra je považována směs vzduchu a hořlavých látek ve formě plynů, par, prachu aj. za atmosférických podmínek. Vzniku výbuchu (hoření) je podmíněn iniciačním zdrojem.



Obr. 1: Princip výbuchového trojúhelníku pro možný vznik exploze

Zdrojem iniciace mohou být: horké povrchy, plameny a horké plyny, elektrostatické výboje, elektrické jiskry, elektromagnetické vlny, elektrické oblouky a průrazy, ionizující záření, mechanicky generované jiskry, optické záření, chemicky iniciovaný plamen, stlačení.

Minimální iniciační energie je různá pro každou látku, která je závislá od směsi konkrétní hořlavé látky s optimální koncentrací kyslíku. Obecně lze tvrdit, že pro vznícení plynů a par je zapotřebí mnohem menší iniciační energie než pro prach.

Při návrhu vlastního zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu postupujeme takovým způsobem, abychom vhodným návrhem úplně zrušili prostředí s nebezpečím výbuchu (pokud je to technicky možné), nebo minimálně eliminovali jednu z podmínek takzvaného výbuchového trojúhelníka a zamezili tak iniciaci výbuchu.

Ve výjimečných případech může dojít k výbuchu i bez splnění výše uvedených podmínek takzvaného výbuchového trojúhelníka. Je to způsobeno reakcí některých chemických látek i bez přítomnosti kyslíku, např. reakce vodík – chlór.

## 1.2.        **Legislativa**

Z pohledu legislativy se na elektrická zařízení vztahují poměrně přísné zákonné předpisy. Jedná se jak o konstrukční předpisy, tak i někdy opomíjené předpisy zřizovací.

Historicky základní typy ochran byly vyvinuty cca před 50 lety a zdokonalovaly se jen dle konkrétních národohospodářských požadavků. V současné době s rostoucí globalizací společností a s tím i spojená ekonomická nezávislost a konkurence schopnosti výrobců, Evropa rozhodla o omezení vývoje vlastních norem v rámci jednotlivých států a začala spolupracovat v rámci IEC (*International Electrotechnical Commission*). Výsledkem spolupráce vznikly převzaté normy paralelním hlasováním jako normy označené EN. Sjednocené normy EN umožnily vzniku nového certifikačního nepovinného systému, který se pomalu uplatňovat po celém světě, zejména Japonska, Číny, USA, Indie aj.

Na elektrická zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu se vztahuje evropská směrnice 94/9/EC, pracovníě známá pod označením ATEX 100a (*Atmospheres Explosibles*) [1], v členských zemích povinná od 20.06.2003.

Cílem směrnice 94/9/ES je zajistit volný pohyb výrobců, na které se vztahuje, po území EU. Směrnice ATEX je v české legislativě zakotvena v zákoně č. 22/1997 Sbírky, o technických požadavcích na výrobky [2] a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především nařízením vlády č. 23/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky ochranné systémy určené pro použití do prostředí s nebezpečím výbuchu [3].

V praxi to znamená, že každý výrobek určený pro prostředí s nebezpečím výbuchu musí být prověřen notifikovaným (oprávněným) orgánem, který na zařízení vystaví EC Certifikát o přezkoušení konkrétního zařízení. V České republice oprávněným orgánem pro certifikaci výrobců je FTZÚ, Ostrava-Radvanice [6]. Vystavené certifikáty od jednotlivých orgánů mající oprávnění jsou navzájem uznávány v rámci států Evropské unie.

Povinností každého výrobce zařízení je vystavení ES Prohlášení o shodě, kterým se stvrzuje provedení Ex zařízení dle směrnice 94/9/EC. S Prohlášením o shodě je povinností výrobce dodávat s každým Ex zařízením Uživatelský návod.

V rámci předcházení výskytu nebezpečí výbuchů a výbuchového hoření při práci platí pro provozovatele směrnice 1999/92/EC, o minimálních požadavcích z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví pracovníků, kteří jsou ohrožováni prostředím s nebezpečím výbuchu, pracovně známá pod názvem ATEX 137 [4]. Základním požadavkem této směrnice je zpracování písemné analýzy koncepce ochrany a prevence proti výbuchu v dotčených provozech.

Pro provozovatele Ex zařízení to znamená zpracovat dokument o ochraně proti výbuchům. Tento dokument musí být vypracován před zahájením práce a musí být průběžně revidován při změnách. Prvním krokem je zpracování organizační směrnice, která zohledňuje způsob školení personálu, pracovní postupy příslušného technologického zařízení nebo celých ucelených provozů, podmínky povolování prací aj. Druhým krokem je zpracování analýzy provozů zaměřující se na hodnocení technologie a možnost záměny hořlavých látek za látky méně nebezpečné, kontrola a omezení zdrojů možné iniciace, kontrolu správnosti zařazení prostorů do zón aj.

V České republice byla směrnice zakotvena v nařízení vlády č. 406/2004 Sb., o bližších požadavcích na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu [5].

### 1.3. Rozdělení ochran

Dle účelu užití se typy ochran do prostředí s nebezpečím výbuchu rozdělují na skupiny:

- typy ochran proti výbuchu pro elektrická zařízení
- typy ochran proti výbuchu pro neelektrická zařízení
- speciální ochrany proti výbuchu (např. ochrana proti iniciaci světelným zářením).

Výše uvedené typy ochran mají společné principy:

- založené na zabránění přenosu výbuchu, představitel ochrany např. pevný závěr
- založené na vyloučení vniknutí výbušné atmosféry ke zdroji iniciace, představitel ochrany např. závěr s vnitřním přetlakem, olejový závěr aj.
- založené na vzniku vyloučení vzniku iniciačního zdroje, představitel pro elektrické zařízení např. zajištěné provedení, jiskrová bezpečnost; neelektrické zařízení ochrana bezpečnou konstrukcí, ochrana hlídáním zdrojů iniciace aj.

Rozsah ochran pro elektrická zařízení dle charakteru prostředí a možného použití lze rozdělit do několika základních skupin:

- Prostory s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par
- Prostory s nebezpečím výbuchu hořlavých prachů
- Prostředí s nebezpečím požáru nebo výbuchu výbušnin
- Prostory s nebezpečím výbuchu uhelného prachu a metanu v podzemních dolech.

Vzhledem k rozsahu a možnostem typů ochran do prostředí s nebezpečím výbuchu jsem práci zaměřil na elektrická zařízení určená do prostředí s nebezpečím výbuchu pro výbušnou atmosféru plynů a par, a to v prostorech jiných než důlních.

## 2. Ochrany elektrického zařízení do prostorů s nebezpečím výbuchu

### 2.1. Rozdělení zařízení do skupin a kategorií

Zařízení do prostorů s nebezpečím výbuchu se rozděluje do dvou skupin:

- Skupina zařízení I – zařízení určená pro doly
- Skupina zařízení II – zařízení pro ostatní prostory s nebezpečím výbuchu jiných než důlních.

#### Rozdělení skupiny zařízení I:

- Kategorie M1 – u zařízení se vyžaduje, aby z bezpečnostních důvodů zůstalo funkční i v případě vzniku výbušné atmosféry.
- Kategorie M2 - u zařízení se vyžaduje, aby z bezpečnostních důvodů v případě vzniku výbušné atmosféry bylo vypnuto.

#### Rozdělení skupiny zařízení II:

- Kategorie 1 - zahrnuje zařízení, které je konstruováno tak, aby bylo schopno provozu ve shodě s provozními parametry stanovenými výrobcem a zajišťovalo velmi vysokou úroveň ochrany. V případě poruchy jednoho z použitých prostředků ochrany zajišťuje požadovanou úroveň bezpečnosti alespoň jeden další nezávislý prostředek ochrany, v případě vzniku dvou vzájemně nezávislých poruch musí být zajištěna dostatečná úroveň bezpečnosti. Zařízení určené pro zónu 0 / zóna 20.
- Kategorie 2 - zařízení, které je konstruováno tak, aby bylo schopno provozu ve shodě s provozními parametry stanovenými výrobcem a zajišťovalo vysokou úroveň ochrany. Úroveň konstrukční bezpečnosti této kategorie zajišťují dostatečnou úroveň ochrany i v případě poruchy nebo selhání zařízení, se kterými se musí počítat. Zařízení určené pro zónu 1 / zóna 21.
- Kategorie 3 - zařízení, které je konstruováno tak, aby bylo schopno provozu ve shodě s provozními parametry stanovenými výrobcem a zajišťovalo běžnou úroveň ochrany.

Konstrukce zařízení této kategorie musí zajistit požadovanou úroveň bezpečnosti při běžném provozu. Zařízení určené pro zónu 2 / zóna 22 [1, 3].



## 2.2. Označení nevýbušných elektrických zařízení

Všechna zařízení, ochranné systémy musí mít čitelné a trvanlivé označení [3]. Minimální požadavek na označení: název a adresa výrobce, označení CE, označení série nebo typu, sériové číslo, rok výroby a specifické označení ochrany proti výbuchu doplněné o symbol a kategorie zařízení.

Příklad evropského označení zařízení dle nařízení vlády č. 286/2000 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 176/1997 Sb. [26], [7].

	⊕	II	2	G	Ex	d	II	B	T4	•
	⊕	II	1	D	Ex	ia	III	C	T120	
									°C	
Pořadové číslo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

1 – Evropský symbol zařízení určený do prostředí s nebezpečím výbuchu

2 – skupina zařízení

- I – zařízení určená pro doly
- II – zařízení pro ostatní prostory s nebezpečím výbuchu jiných než důlních

3 – kategorie zařízení podle úrovně ochrany

- kategorie 1
- kategorie 2
- kategorie 3

4 – druh výbušné atmosféry

- M – důlní zařízení
- G – výbušná atmosféra tvořená hořlavým plynem, parami nebo aerosoly (*G = Gas*)
- D – nebezpečí výbuchu hořlavým prachem (*D = Dust*)

(pro důlní zařízení se pořadí píše obráceně – M 1, M 2, kategorie 3 není uvažovaná)

5 – „Ex“ označuje, že zařízení je navrženo, vyrobeno a ověřeno dle evropských norem

6 – typ ochrany (závěru)

7 – základní skupina plynů

- I – důlní plyn (metan)
- II – ostatní plyny
- III – výbušná atmosféra s prachem jiným, než doly s výskytem metanu

8 – skupina plynů II (skupina, skupina + specifický plyn)

- A – propanová nebo metanová skupina (typickým plynem je propan)
- B – svítiplynová nebo ethylenová skupina (typickým plynem je etylén)
- C – vodíková skupina (typickým plynem je vodík)

8 – skupina III (pro prachy D)

Elektrická zařízení skupiny III jsou rozdělena podle vlastností výbušné atmosféry s prachem, pro kterou jsou určena [7]. Skupina III je rozdělena:

- IIIA – hořlavé polétavé částice
- IIIB – nevodivé prachy
- IIIC – vodivé prachy

Poznámka: Zařízení označené IIIB lze použít tam, kde je požadováno zařízení skupiny IIIA; zařízení skupiny IIIC lze použít tam, kde je požadováno zařízení skupiny IIIA, IIIB.

9 – teplotní třída T1 až T6 nebo max. povrchová teplota udávaná v °C

(teplotní třída - udává se pouze pro zařízení skupiny II)

10 – doplňující symbol

- X – zařízení má zvláštní podmínky užití, musí být uvedeno v certifikátu a v návodu na použití.

Např. je-li zařízení určeno pro jinou teplotu okolí než v rozsahu -20 až +40 °C.

- U – certifikát Ex součástí (dílčí certifikát), určené pouze pro zabudování do zařízení, které je součástí celkové certifikace zkompletovaného finálního zařízení.

Např. vývodky určené pro vstup do pevného závěru za předpokladu, je-li závěr

přímo certifikován s daným typem vývodky. Musí být tento údaj uveden v certifikátu a v návodu na použití zařízení.

Teplota okolí  $T_a$  (nebo  $T_{amb}$ ), pro kterou je zařízení určeno se neuvádí, pokud je v rozmezí  $-20\text{ °C} \leq T_a \leq +40\text{ °C}$ .

Na štítku elektrického zařízení se uvádí doplňující údaje: číslo autorizované osoby vydávající certifikát, číslo certifikátu notifikované osoby, stupeň ochrany krytem IP, jmenovité napětí, jmenovitý proud aj.

### 2.3. Teplotní třída

Teplotní třída je uvedena u zařízení skupiny II určené pro plyn G. Jedná se o max. teplotu elektrického zařízení, která by mohla způsobit vznícení okolní atmosféry. Přehled teplotních tříd je uveden v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1: Teplotní třídy [9]

Teplotní třída	Maximální povrchová teplota el. zařízení	Zařazení hořlavých nebo výbušných látek dle teploty vznícení do teplotních tříd
T1	450 °C	$T1 > 450\text{ °C}$
T2	300 °C	$300\text{ °C} < T2 \leq 450\text{ °C}$
T3	200 °C	$200\text{ °C} < T3 \leq 300\text{ °C}$
T4	135 °C	$135\text{ °C} < T4 \leq 200\text{ °C}$
T5	100 °C	$100\text{ °C} < T5 \leq 135\text{ °C}$
T6	85 °C	$85\text{ °C} < T6 \leq 100\text{ °C}$

### 2.4. Použití elektrického zařízení dle štítkových údajů

Někdy se dostaneme do situace, kdy máme stávající elektrické zařízení, které požadujeme umístit do příslušného prostoru s nebezpečím výbuchu. Tabulka č. 2 stanovuje, do jaké zóny můžeme umístit zařízení dle skupiny a kategorie zařízení. Tabulka č. 3 určuje označení teplotní třídy elektrického zařízení ve vztahu teplotní třídě hořlavých plynů a par. Tabulka č. 4 určuje základní skupinu plynů včetně skupiny plynů elektrického zařízení ve vztahu ke skupině hořlavých plynů a par.

Tabulka č. 2: Nebezpečný prostor [9]

Nebezpečný prostor						
Kategorie		Označení zařízení	Použití zařízení v prostorech [Zóna]			Pravděpodobnost výskytu výbušné atmosféry
Plyny GAS	1	II 1G (Zóna 0)	0	1	2	Nepřetržitě nebo po dlouhé období (více než 1000 h/rok)
	2	II 2G (Zóna 1)	-	1	2	Příležitostně v normálním provozu (10 až 1000 h/rok)
	3	II 3G (Zóna 2)	-	-	2	Zřídka při neobvyklých provozních podmínkách (0,1 až 10 h/rok)
Prachy DUST	1	II 1D (Zóna 0)	20	21	22	Nepřetržitě nebo po dlouhé období (více než 1000 h/rok)
	2	II 2D (Zóna 1)	-	21	22	Příležitostně v normálním provozu (10 až 1000 h/rok)
	3	II 3D (Zóna 2)	-	-	22*	Zřídka při neobvyklých provozních podmínkách (0,1 až 10 h/rok)

\* Zařízení kat. 3 nelze použít v prostorech zóny 22 s přítomností vodivého typu prachu.

Tabulka č. 3: Teplotní třída zařízení [9]

Teplotní třída zařízení						
Označení el. zařízení	Zařazení dle hořlavých plynů a par					
T1 ( $\leq 450$ °C)	T1	<del>T2</del>	<del>T3</del>	<del>T4</del>	<del>T5</del>	<del>T6</del>
T2 ( $\leq 300$ °C)	T1	T2	<del>T3</del>	<del>T4</del>	<del>T5</del>	<del>T6</del>
T3 ( $\leq 200$ °C)	T1	T2	T3	<del>T4</del>	<del>T5</del>	<del>T6</del>
T4 ( $\leq 135$ °C)	T1	T2	T3	T4	<del>T5</del>	<del>T6</del>
T5 ( $\leq 100$ °C)	T1	T2	T3	T4	T5	<del>T6</del>
T6 ( $\leq 85$ °C)	T1	T2	T3	T4	T5	T6

Tabulka č. 4: Skupina výbušnosti [9]

Skupina výbušnosti			
Označení el. zařízení	Zařízení hořlavých plynů a par		
IIA	IIA	<del>IIB</del>	<del>IIC</del>
IIB	IIA	IIB	<del>IIC</del>
IIC	IIA	IIB	IIC

Rozdělení skupin do podskupin IIA, IIB, IIC je založeno na maximální experimentální bezpečnostní spáře (*MESG – maximum experimental safe gap*) nebo na minimálním zápalném proudu (*MIC – minimum ignition current*), ve kterých může být zařízení instalováno [7].

Rozdělení skupin do podskupin A, B, C dle bezpečnostní spáry se používá u elektrického zařízení s ochranou typu „d“, nebo na minimálním zápalném proudu u elektrického zařízení s ochranou typu „i“ a některá provedení typu „n“. Pro jiné elektrické závěry (ochrany) se označení nevýbušného provedení podskupiny plynů A, B, C nepoužívají.

Poznámka: Zařízení označené pro specifický plyn nebo označené pro skupinu zařízení a specifický plyn, které je použito v této specifické plynné atmosféře musí být instalováno v souladu s požadavky na skupinu zařízení, do které tento specifický plyn patří. Např. zařízení označení IIB + H<sub>2</sub>, které je použito ve vodíkové atmosféře má být instalováno jako zařízení IIC [9].

#### 2.4.1. Typy ochran pro elektrická zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu plynů a par „G“

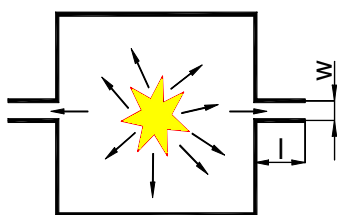
K zamezení nežádoucím vlivům elektrického zařízení v prostorách s nebezpečím výbuchu plynů a par G (prachu D) se používají typy ochran, označované také jako „závěry“.

#### 2.4.2. Pevný závěr „d“

Pevný závěr „d“ (flameproof enclosure „d“) [10]. U pevného závěru jsou veškeré části schopné vznítit výbušnou atmosféru umístěny uvnitř tohoto závěru. Konstrukce závěru předpokládá s vniknutím výbušné atmosféry do vnitřního prostoru závěru, případně může dojít i k iniciaci výbušné atmosféry uvnitř závěru. Při iniciaci výbušné atmosféry musí závěr odolat výbuchovému tlaku a zabránit přenesení výbuchu do vnějšího prostředí výbušné atmosféry obklopující závěr. Zamezení přenesení výbuchu do vnějšího prostředí je zajištěno ochlazováním výbuchových zplodin spárami pevného závěru.

Limitujícím faktorem je vnější povrchová teplota závěru (teplotní třída).

Na obrázku č. 2 je znázorněn princip pevného závěru s vyznačením délky spáry závěru  $l$  a šířky spáry  $w$ .

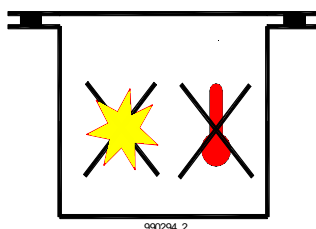


Obr. 2: Pevný závěr Ex d [10, 32]

Konstrukce pevného závěru se používá pro všechny druhy elektrického zařízení, vlastní konstrukce se odlišuje délkou a šířkou spáry, a to pro jakou třídu výbušnosti je závěr určen (IIA, IIB, IIC; kategorie 2).

### 2.4.3. Zajištěné provedení „e“

Zajištěné provedení „e“ (*increased safety „e“*) [14]. Konstrukce závěru předpokládá s vniknutí výbušné atmosféry do vnitřního prostoru závěru. Provedení závěru neodolává výbuchovému tlaku, jako u závěru „d“. Uvnitř závěru se nesmí umísťovat potenciální zdroje iniciace, znázorněno na obrázku č. 3. U jiskřícího zařízení nelze tento typ závěru použít.

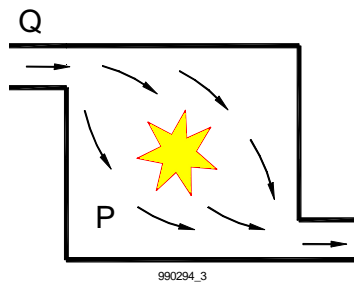


Obr. 3: Zajištěné provedení Ex e [14, 32]

Závěr je navrhován a konstruován s vysokým stupněm bezpečnosti tak, že v něm nedochází k nedovolenému zvýšení teploty, k jiskrám nebo obloukům. Dosažená úroveň ochrany závěru je kategorie 2. Závěr lze využít pro všechny třídy výbušnosti plynů a par, limitující je teplota povrchu závěru.

### 2.4.4. Závěr s vnitřním přetlakem „p“

Závěr s vnitřním přetlakem „p“ (*pressurized enclosure „p“*) [11]. Ochrana závěrem vnitřním přetlakem je navržena způsobem, aby ke zdroji iniciace se nedostala nebezpečná atmosféra z vnějšího prostředí závěru. Uvnitř závěru musí být trvale za provozu udržován přetlak zajištěn vzduchem nebo inertním plynem. Přetlak je zajištěn trvalým průtokem ochranné atmosféry nebo bez trvalého průtoku. Princip závěru je znázorněn na obrázku č. 4.

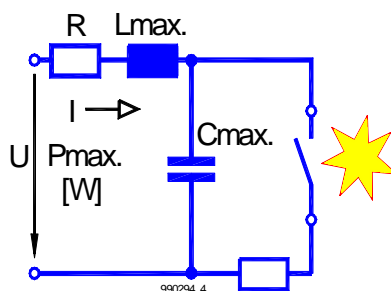


Obr. 4: Závěr s vnitřním přetlakem Ex p [11, 32]

Na základě způsobu provětrávání, úrovně monitorování vnitřního tlaku se dělí závěr na tři podskupiny  $p_x$ ,  $p_y$ ,  $p_z$ . Závěrem typu „p“ lze docílit stupně ochrany kategorie 3. U tohoto závěru se nerozlišují třídy výbušnosti plynů. Využití zejména u rozváděčů nebo vysokonapěťových motorů.

#### 2.4.5. Jiskrová bezpečnost „i“

Jiskrová bezpečnost „i“ (*intrinsic safety „i“*) [15]. Princip jiskrové bezpečnosti je založen na omezení energie v zařízení na takovou úroveň, která již není schopna iniciovat výbušnou atmosféru, a to ani jiskrou, ani teplotou součástí. Jedná se o jiskrově bezpečná zařízení, jiskrově bezpečný obvod, nebo návazná jiskrově bezpečná zařízení. Návazná zařízení jsou tvořena zařízením umístěným mimo prostor s nebezpečím výbuchu (např. rozváděč) – zdroj s omezenou energií a vlastní napájená část zařízení je umístěna v prostoru s nebezpečím výbuchu.



Obr. 5: Jiskrová bezpečnost Ex i [15, 32]

U ochrany jiskrová bezpečnost se uvažuje s přímým kontaktem zařízení s výbušnou atmosférou. Při návrhu jiskrové bezpečnosti musíme obvod posuzovat jako ucelenou část, tedy nejenom zařízení umístěné v prostředí s nebezpečnou atmosférou, ale i mimo něj. Výsledná energie je složena z činné energie, tak i z energie nahromaděné v kapacitě či indukčnosti elektrického obvodu (obrázek č. 5). Jiskrová zařízení musí být bezpečná nejen za normálního provozu, ale i v případě poruch jednotlivých komponent.

Dle možného vzniku poruch rozdělujeme zařízení na tři úrovně bezpečnosti:

- úroveň  $i_a$  – zařízení je bezpečné při dvou nezávislých poruchách
- úroveň  $i_b$  – zařízení je bezpečné při jedné poruše
- úroveň  $i_c$  – zařízení je bezpečné pouze za normálního provozu.

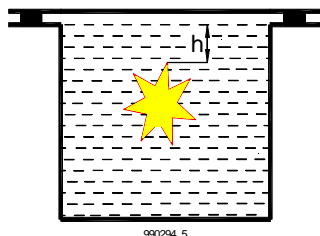


Z pohledu úrovně bezpečnosti lze v závislosti na počtu poruch, při kterých je zařízení bezpečné, použít zařízení pro všechny kategorie 1, 2 a 3. Maximální úrovně energií se odlišují na základě třídy výbušnosti plynů – IIA, IIB, IIC.

Nejrozšířenější uplatnění tohoto typu ochrany se využívá u zařízení s nízkou úrovní energie, jedná se o elektronická zařízení, obvody měření a regulace aj.

#### 2.4.6. Olejový závěr „o“

Ochrana olejovým závěrem „o“ (*oil immersion „o“*) [13]. U olejového závěru je možný zdroj iniciace ponořen pod hladinu ochranné kapaliny. Minimální hloubka ponoru zdroje iniciace je definovaná, výbušná atmosféra, která může vzniknout nad hladinou nebo mimo závěr nesmí být tímto zdrojem vznícena – princip obrázek č. 6.

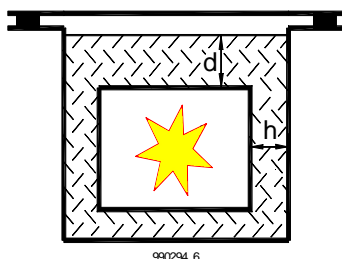


Obr. 6: Olejový závěr Ex o [13, 32]

Olejový závěr je v dnešní době na ústupu, původně byl vyvinutý pro důlní vypínače. V současné době jako ochranná kapalina se již nepoužívá olej, nahrazen nehořlavou kapalinou. Olejovým závěrem lze dosáhnout úrovně bezpečnosti kategorie 2.

#### 2.4.7. Pískový závěr „q“

Ochrana pískovým závěrem „q“ (*powder filling „q“*) [12].



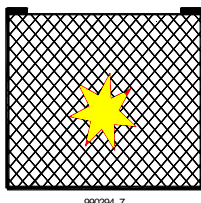
Obr. 7: Pískový závěr Ex q [12, 32]

U pískového závěru je potenciální zdroj iniciace výbušné atmosféry zaplněn plnicím materiálem na bázi křemene o určité zrnitosti. Vnitřní objem závěru plně vyplňuje vrstva písku, která zajistí spolehlivé uhašení výbuchu a zamezí přenesení výbuchu do okolní atmosféry. Princip znázorněn na obrázku č. 7. Využití pískového závěru je omezeno výkonem, proudem a napětím. V současné době se písek nahrazuje sklem nebo keramikou. Použití závěru, například elektronické předřadníky. Některá elektrická zařízení mohou být uvnitř umístěna v samostatném prostoru, který je však omezen co do objemu.

Ochrana lze využít pro plyny všech tříd výbušnosti, úroveň konstrukční bezpečnosti zařízení kategorie 2.

#### 2.4.8. Zalítí zalévací hmotou „m“

Závěr zalítí zalévací hmotou „m“ (*encapsulation „m“*) [17]. Zdroje potenciální iniciační energie jsou uzavřeny v zalévací hmotě takový způsobem, aby nemohly za provozních a instalačních podmínek vznítit výbušnou atmosféru, viz obrázek č 8.



Obr. 8: Závěr zalévací hmotou Ex m [17, 32]

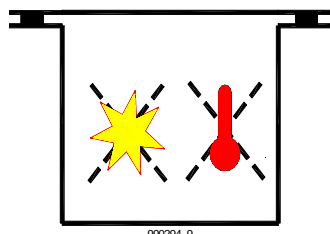
Ochrana typu „m“ má dvě úrovně bezpečnosti:

- úroveň *ma* vysoké úrovně – umožňuje dosažení úrovně bezpečnosti kategorie 1.
- úroveň *mb* – umožňuje dosažení úrovně bezpečnosti kategorie 2.

Závěr nerozlišuje třídy výbušnosti plynů. Využití jako ochrana elektronických obvodů, bezkontaktních spínačů.

#### 2.4.9. Ochrana typu „n“

Typ ochrany proti výbuchu „n“ (*type of protection „n“*) [16]. Typ ochrany elektrického zařízení, které při normálních podmínkách zajišťuje, že zařízení není schopno vznítit okolní atmosféru, obrázek č. 9.



Obr. 9: Závěr zalévací hmotou Ex n [16, 32]

Podle dosaženého způsobu vyloučení zdroje iniciace energie je závěr rozdělen:

- ochrana *nA* – nejsou přítomny žádné jiskřící zdroje
- ochrana *nC* – jiskřící část nebo zdroj teplého povrchu je chráněn hermetickým krytem
- ochrana *nL* – nízká energetická úroveň elektrických komponentů
- ochrana *nR* – ochrana s omezeným dýcháním, zajištěno vysokým stupněm krytí IP

Ochrana splňuje za normálního provozu bezpečnostní kategorii 3. Použití: svítidla, měření a regulace aj.

## 2.5. Typy ochran pro elektrická zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu prachu „D“

Pro přehlednost uvádím ochrany pro nebezpečí výbuchu hořlavých prachů D a typy ochran pro neelektrická zařízení.

### 2.5.1. Ochrana závěrem „tD“

Ochrana závěrem „tD“ [18] (ochrana krytem) je založena na principu zabránění vnikání prachu dovnitř závěru po celou dobu životnosti zařízení. Ochrana je tvořena zvýšeným krytím IP a zajištěním maximálních přípustných povrchových teplot povrchu závěru.

Jedná se o rozšířený typ ochrany, který lze docílit úroveň ochrany zařízení kategorie 1, 2 a 3.

Teplota povrchu se odlišuje od zvolené praxe A nebo B. Praxe A nepřekročí vrstva prachu tloušťku 5 mm, praxe B uvažuje, že zařízení může být v prachu zasypáno celé. Z pohledu úrovně ochrany se rozdílné praxe považují za ekvivalentní.

### 2.5.2. Ochrana závěrem s vnitřním přetlakem „pD“

Závěr s vnitřním přetlakem [19] používá v závěru ochranný plyn pro udržování přetlaku oproti okolní atmosféře, aby bylo uvnitř závěru zabráněno vzniku výbušné prachové. Princip závěru je shodný se závěrem s vnitřním přetlakem pro plyny a páry.

S tímto závěrem lze dosáhnout úroveň bezpečnosti kategorie 2 a 3. Využití závěru především u rozváděčových skříní.

### 2.5.3. Jiskrově bezpečná zařízení „iD“

Ochrana jiskrovou bezpečností „iD“ je obdobná s jiskrovou bezpečností pro plyny a páry založená na principu omezené energie [15]. Limitujícím faktorem je teplota povrchu jednotlivých součástí, a tedy neplatí, že zařízení určená pro jiskrovou bezpečnost plynů a par vyhoví pro prostředí s nebezpečím výbuchu prachů. Ochranou jiskrově bezpečností bezpečných obvodů lze dosáhnout úroveň bezpečnosti kategorie 1, 2, 3.

#### 2.5.4. **Ochrana zalitím zalévací hmotou „mD“**

Princip ochrany zalévací hmotou (požadavky IEC 61241-18 zařazeny do IEC 60079-18) [17] je obdobný s principem ochrany zalévací hmoty u závěrů do prostředí s nebezpečím výbuchu plynů a par.

Jedná se o typ ochrany proti výbuchu, u kterého jsou části, schopné jiskřením nebo teplotou způsobit vznícení výbušné atmosféry, uzavřeny v zalévací hmotě tak, aby nemohly za provozních a instalačních podmínek vznítit vrstvu prachu nebo rozvířený prach.

Ochranu lze použít pro úroveň zabezpečení kategoriím zařízení 1, 2, 3.

#### 2.6. **Typy ochran pro neelektrická zařízení**

Pro úplnost uvádím typy ochran pro neelektrická zařízení. Vycházejí ze všeobecných požadavků na neelektrická zařízení uvedených [20] včetně příslušných norem, zákonů aj. dle navrhovaných oblastí (např. lakovny, benzínové čerpací stanice, různé ochranné systémy pro odlehčení výbuchu aj.).

##### 2.6.1. **Ochrana závěrem omezujícím průtok „fr“**

Typ ochrany proti vznícení [21], který pomocí závěru snižuje pravděpodobnost vnikání okolní výbušné atmosféry do závěru na přijatelně nízkou úroveň tak, že koncentrace uvnitř závěru zůstane pod dolní mezí výbušnosti.

##### 2.6.2. **Ochrana pevným závěrem „d“**

Založeno na stejných principech jako pro elektrická zařízení [22].

##### 2.6.3. **Ochrana bezpečnou konstrukcí „c“**

Typ ochrany proti vznícení [23], který používá takové konstrukční prostředky, aby byla vyloučena možnost iniciace od horkých povrchů, jisker a adiabatické komprese v důsledku pohybujících se částí strojního zařízení.

#### 2.6.4. **Ochrana hlídáním iniciačních zdrojů „b”**

Umístěný přístroj v neelektrickém zařízení, jehož zabudované snímače detekují vznikající provozní podmínky, které by mohly způsobit vznícení okolního prostředí a aktivují, automaticky nebo ručně, prostředky ovlivňující vznícení dřívě, než se potenciální iniciační zdroj stane účinným (schopným způsobit iniciaci) [24].

#### 2.6.5. **Ochrana kapalinovým závěrem „k“**

Typ ochrany, který vylučuje vznik účinných zdrojů iniciace nebo je odděluje od výbušné atmosféry tím, že jsou zcela ponořeny v ochranné kapalině nebo jsou ponořeny částečně a jejich aktivní povrchy jsou trvale pokrývány ochrannou kapalinou tak, že výbušná atmosféra, která může být nad kapalinou nebo uvnitř zařízení nemůže být vznícena [25].

### 3. Určování prostorů s nebezpečím výbuchu

Stanovení prostorů je jedním ze základních předpokladů pro úspěšný návrh zařízení. Smyslem určování prostorů je zamezení nebo úplného vyloučení možného vzniku nebezpečných situací vlivem pravděpodobné přítomné výbušné atmosféry.

Určování prostorů je metoda analýzy a klasifikace prostředí, ve kterém může vznikat výbušná plynná atmosféra a provádí se z důvodu umožnění správného výběru a instalace zařízení tak, aby mohlo být používáno v tomto prostředí s ohledem na skupiny plynů a teplotní třídy [8].

Určování prostorů s nebezpečím výbuchu je nedílnou součástí „Protokolu o určení vnějších vlivů“. Protokol o určení vnějších vlivů musí být vypracován písemně v souladu ČSN 33 2000-3 [29] včetně souvisejících norem, zákonů, vyhlášek aj.

Protokol je považován jedním ze základních dokumentů pro provoz elektrického a neelektrického zařízení. Zpracování protokolu je zajišťováno odbornou komisí, složení komise nemá být formální. Komise má být složena ze zástupců specialistů všech odborností se znalostmi o provozu a instalovaných technologiích, zástupce nositele technologie aj.

Z vlastní praxe vím, že když je komise pouze formální a proces určování vnějších vlivů je založen pouze na jednom člověku, není tento výsledek příznivý pro nikoho ze zainteresovaných.

Nedílnou součástí Protokolu o určení vnějších vlivů jsou přílohy. Jedná se seznam hořlavých látek a charakteristik technologie výroby a seznam zdrojů úniků nebezpečných látek (hořlavých plynů a par aj).

Protokol o určení vnějších vlivů musí být součástí dokumentace, která musí být po celou dobu životnosti technologie provozu (elektroinstalace) nebo stavebního objektu revidována dle případných změn a archivována.

Vzorový dokument „Protokolu o určení vnějších vlivů“ je uveden v národní příloze NB normy ČSN 33 2000-5-51 ed.3 [30].

### 3.1. **Rozdělení prostorů s nebezpečím výbuchu do zón**

Prostory s nebezpečím výbuchu rozdělujeme do zón pro zjednodušení výběru zařízení při návrhu instalace.

Při určování prostorů s nebezpečím výbuchu je vhodné zmínit nejčastěji používané termíny a definice [7, 8], které jsem vypsál do „Seznamu zkratk a názvosloví“.

#### 3.1.1. **Bezpečnost**

Určování prostorů je metoda analýza a klasifikace prostředí, ve kterém může vznikat výbušná plynná atmosféra se provádí z důvodu umožnění správného výběru a instalace zařízení tak, aby mohlo být bezpečně používáno v tomto prostředí s ohledem na vyskytující se skupiny plynů a teplotní třídy.

Provozy, ve kterých jsou zpracovány nebo skladovány hořlavé látky mají být navrženy, provozovány a udržovány tak, aby nevznikly žádné úniky látek a aby tak mohl být v normálním provozu i v jiných situacích udržován rozsah nebezpečných prostorů na minimální míře, s ohledem na četnost, dobu trvání a množství.

Při údržbářských činnostech jiných než těch, které jsou součástí normálního provozu, může být ovlivněn rozsah zón. Předpokládá se však, že tato skutečnost bude vyřešena provozním předpisem pro provádění těchto prací [8].

#### 3.1.2. **Zdroje úniku**

Základním prvkem potřebným pro stanovení typu nebezpečné zóny je identifikace zdrojů úniku a stanovení zdroje úniku.

Výbušná plynná atmosféra může existovat, jen pokud je ve vzduchu přítomný hořlavý plyn nebo pára, je tedy nutné rozhodnout, zda v uzavřeném prostoru může být přítomná jakákoliv z těchto látek. Obecně řečeno, zda takovéto plyny a páry jsou obsaženy uvnitř technologického zařízení, které může nebo nemůže být úplně uzavřeno. Je nutné určit, kde uvnitř technologického zařízení může existovat výbušná atmosféra nebo kde může únik hořlavých látek vytvořit výbušnou atmosféru v okolí technologického zařízení. Každá část technologického zařízení jako například



nádrž, čerpadlo, příruba aj., mají být považovány za možné zdroje úniku hořlavých látek [8].

Zdroje úniku lze rozdělit do tří základních skupin tak, aby vyhovovaly danému technologickému zařízení a provozní situaci.

- Zdroje vytvářející trvalý stupeň úniku – např. povrch hořlavé kapaliny v nádrži s pevnou stěchou odvětranou do volné atmosféry aj.
- Zdroje vytvářející primární stupeň úniku – těsnění čerpadel, kompresorů, ventilů, příruby, spoje, armatury aj., u kterých se předpokládá unikání hořlavé látky.
- Zdroje vytvářející sekundární stupeň úniku – příruby, spoje, armatury aj., u kterých se nepředpokládá unikání hořlavé látky.

Příklady zdrojů úniků jsou uvedeny v ČSN EN 60079-10 [8].

### Otvory

Otvory mohou být považovány jako možný zdroj úniku. Stupeň úniku závisí na:

- Typu zóny sousedního prostoru.
- Četnosti a době, po kterou je otvor otevřen.
- Účinnost utěsnění nebo spojení.
- Rozdílu tlaku mezi těmito prostory.

Otvory jsou klasifikovány jako typ A, B, C nebo D. Jednotlivé typy představují určitou charakteristiku, kde otvor A má nejméně příznivou charakteristiku, otvor D má nejpříznivější charakteristiku (bez úniku, těsný).

Charakteristika otvorů, vliv otvorů na stupeň úniku k zóně umístěné před otvorem je uvedeno v [8].

#### **3.1.3. Rozdělení prostorů s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par**

Prostory s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par se rozdělují podle pravděpodobnosti výskytu výbušné atmosféry a doby její trvání [8].

- Zóna 0 – zahrnuje prostor, ve kterém je výbušná atmosféra tvořená směsí hořlavých látek ve formě plynu, páry nebo mlhy a se vzduchem, vyskytuje se

nepřetržitě nebo dlouho případně často. Kritériem četnosti je více než 1000 hodin za rok při nepřetržitém provozu nebo více než 10 % provozní doby.

- Zóna 1 – zahrnuje prostor, ve kterém je příležitostný vznik výbušné plynné atmosféry, tvořené směsí hořlavých látek ve formě plynu, par nebo mlhy se vzduchem, pravděpodobný za normálního provozu. Kritériem četnosti je více než 10 hodin a méně než 1000 hodin za rok při nepřetržitém provozu nebo od 0,1 % do 10 % provozní doby.
- Zóna 2 – zahrnuje prostor, ve kterém není vznik výbušné plynné atmosféry, tvořené směsí hořlavých láteře formě plynu, par nebo mlhy se vzduchem, pravděpodobný za normálního provozu, avšak pokud tato atmosféra vznikne, bude přetrvávat pouze po krátké časové období. Kritériem četnosti je méně než 10 hodin za rok při nepřetržitém provozu nebo méně než 0,1 % provozní doby.

#### 3.1.4. **Rozdělení prostorů s nebezpečím výbuchu hořlavých prachů**

Prostory s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par se rozdělují podle pravděpodobnosti výskytu výbušné atmosféry a doby její trvání [27].

- Zóna 20 - zahrnuje prostor, ve kterém je výbušná atmosféra tvořená směsí zvířeného hořlavého prachu se vzduchem vyskytuje při běžném provozu trvale, dlouhodobě nebo často. Kritérium četnosti je více než 1000 hod za rok při nepřetržitém provozu nebo více než 10 % z provozní doby.
- Zóna 21: zahrnuje prostor, ve kterém je výbušná atmosféra tvořená směsí zvířeného hořlavého prachu se vzduchem vyskytuje při normálním provozu příležitostně. Kritérium četnosti je více než 10 hodin a méně než 1000 hodin ročně při nepřetržitém provozu nebo od 0,1 % do 10 % provozní doby.
- Zóna 22: zahrnuje prostor, ve kterém není nutno počítat s výskytem výbušné atmosféry tvořené směsí zvířeného hořlavého prachu se vzduchem při běžném provozu, a pokud ano, tak pouze výjimečně a po krátkou dobu. Kritérium četnosti je více než 0,1 hodin a méně než 10 hodin za rok při nepřetržitém provozu nebo méně než 0,1% provozní doby.

### 3.1.5. Větrání

Větrání lze rozdělit do základních skupin.

- Přírozené větrání – venkovní prostory, otevřené budovy, objekty s trvalými otvory.
- Nucené větrání – slouží k snížení rozsahu zón, zkrácení doby přítomnosti výbušné atmosféry, prevence.

Nucené větrání je zajištěno centrálními systémy větrání (přetlakové, podtlakové) nebo místními odtahovými ventilátory aj.

Větrání prostorů je pohyb vzduchu a jeho výměna v hypotetickém objemu za čerstvý vzduch v místě nebo okolí zdroje úniku. Plyny nebo páry unikající do atmosféry mohou být rozředovány rozptylováním nebo difúzí do vzduchu tak dlouho, až jejich koncentrace poklesne pod spodní mez výbušnosti. Vhodným návrhem větrání lze docílit omezení vzniku výbušné plynné atmosféry.

Hypotetický objem  $V_z$  představuje objem, ve kterém je střední koncentrace hořlavých plynů nebo par rovna 0,25násobku nebo 0,5násobku LEL (dolní meze výbušnosti), v závislosti na hodnotě bezpečnostního koeficientu  $k$ . To znamená, že v mezních oblastech odhadnutého hypotetického objemu bude koncentrace plynů nebo par významně pod LEL, což znamená, že objem, ve kterém je koncentrace nad LEL, bude menší než  $V_z$  [8].

Odhad hypotetického objemu  $V_z$ , vztah mezi hypotetickým objemem a rozměry nebezpečného prostoru jsou vysvětleny [8].

Na základě spolehlivosti větrání se odvíjí klasifikace typu zón.

Uvažuje se třemi úrovněmi spolehlivosti:

- Výborná spolehlivost – větrání je zajištěno prakticky trvale.
- Dobrá spolehlivost – větrání je zajištěno za normálního provozu.
- Nízká spolehlivost – větrání nesplňuje výbornou nebo dobrou spolehlivost, ale nepředpokládá se přerušování větrání pro delší časové období.

Při návrhu větrání zohledňujeme relativní hustota plynů a par při jejich úniku. Plyny nebo páry lehčí než vzduch mají snahu pohybovat se vzhůru, těžší než vzduch klesají k zemi, kde se mohou hromadit a vytvořit nebezpečnou atmosféru [8].

### 3.1.6. Dokumentace

Výsledná dokumentace se stanovením prostorů s nebezpečím výbuchu je součástí „Protokolu o určení vnějších vlivů“.

Nedílnou součástí protokolu je dokumentace, která obsahuje odkaz na odpovídající normy předpisy, popis stanovených zón, charakteristiky rozptylů s výpočty, tabulky s hořlavými látkami s uvedením základních vlastností a charakteristik uvažovaných látek, tabulka se zdroji úniku. Nezbytné údaje u charakteristik hořlavých plynů a par jsou teplotní třída, teplota vznícení, skupina plynů, doplňující údaje bod vzplanutí, dolní a horní mez výbušnosti aj.

Dalším důležitým dokumentem je výkresová dokumentace. Do výkresové dokumentace jsou graficky vyznačeny jednotlivé zóny, zdroje úniku aj. Zpracování výkresů se provádí do technologických výkresů, a to jak do půdorysů, tak i řezů. U jednoduchých prostorů, kde lze stanovení zóny jednoznačně provést popisem, nemusíme výkresovou dokumentaci provádět.

Na základě praktických zkušeností mohu potvrdit, že postup při stanovení jednotlivých zón s nebezpečím výbuchu, a to i průběžných kroků, archivujeme jako nepředávanou dokumentaci. Tento způsob archivace se již mnohokrát osvědčil při zpětném dohledávání vstupních údajů, např. při novém požadavku na rozšíření technologie, při změnách zařízení apod.

#### 4. **Analýza prostoru pro umístění elektrického čerpadla**

Prostor pro umístění čerpadla je odvozen od charakteru čerpaného média. Pod pojmem čerpané medium si v běžném životě každý představí domácí vodárnu nebo zahradní čerpadlo pro zavlažování zahrádky v letních měsících. Ale v průmyslovém odvětví se pod čerpaným médiem skrývají kyseliny, louhy, alkoholy, ropné produkty v podobě surové ropy nebo produkty z ropy jako jsou oleje, benzín, nafta aj. Dále to mohou být různé zkapalněné plyny. Rovněž teplotní škála čerpaného média se pohybuje od hlubokých minusových teplot do cca 300°C.

Při návrhu umístění čerpadla nemůžeme opomenout provozní podmínky vlastního zařízení, jelikož každá konstrukce čerpadla má rozdílné provozní požadavky, jako je sací dolní hladina, přípustná geodetická sací výška, ztráty v sacím potrubí, délka výtlačného potrubí, teplota media aj.

Z pohledu využití můžu čerpadla rozdělit na přečerpávací, stáčecí, dávkovací, posilovací, dopravní, cirkulační aj. Dle konstrukce na čerpadla membránová a rotační, která mohou být odstředivá, zubová, pístová. Z pohledu napájení nejčastěji elektrická nebo vzduchová. Dle umístění na ponorná, venkovní aj. čerpadla.

V uvažované analýze se zaměřuji na obecnou ucelenou část v chemickém průmyslu. Na základě praktických zkušeností je návrh na umístění čerpadla zpravidla řešen strojařem a technologem výroby. Já sám za část elektro koordinuji požadavky z pohledu prostorového uspořádání za účelem proveditelnosti kabelových tras, zajištění uzemnění pro přizemnění elektrického zařízení a uvažované technologie a možnost provedení umělého osvětlení. Při návrhu nesmím zapomenout na dostupnost zařízení pro potřeby údržby zařízení. U čerpadla se jedná o opravu elektrického motoru nebo případnou jeho výměnu.

V poslední době došlo k významným změnám na požadavky stavebních objektů a technologických celků z pohledu požární ochrany. Zpřísnění se dotýká zejména stavebních částí, kdy objekt (objekty, provoz) je rozdělen do samostatných požárních úseků s požadavky odstupových vzdáleností za účelem zvýšení požární bezpečnosti, přísnější náhled na posouzení stávajících konstrukcí aj.. Požární posouzení objektu s následným rozdělením prostorů do jednotlivých požárních úseků je řešeno v samostatné projektové části „Požární bezpečnostní řešení stavby“ (dále PBŘ).

Na základě zpracování PBR musím od samého začátku směřovat návrh pro umístění čerpadla nebo čerpací stanice. Jedná se zejména o eliminaci kabelových postupů mezi jednotlivými požárními úseky s následním protipožárním utěsněním, minimalizovat kabelové systémy (kabelové trasy) s funkční odolností při požáru.

Pro představu název funkční odolnost kabelového systému při požáru znamená kabelovou trasu, která je odolná a plně funkční při požáru po stanovený čas, zpravidla 30 – 90 min. Rozumí se tím kabelová látka a v ní uložené kabely s funkční odolností při požáru, tzv. nehořlavé kabely. Funkční odolnost kabelové trasy je požadovaná například při zapojení čerpadel, která slouží pro zajištění dodávky požární vody při požáru. Systém kabelových tras s funkční odolností při požáru podléhá certifikaci.

Dle zkušeností mohu potvrdit, že provedení návrhu kabelové trasy s funkční odolností při požáru bývá náročná záležitost, zejména na koordinaci s ostatními profesemi a nezanedbatelné jsou i finanční požadavky na zhotovení při vlastní realizaci. U stávajících objektů, zejména kdy jsou kabelové trasy uloženy na stávajících kabelových nebo potrubních venkovních mostech, bývá za určitých okolností návrh kabelové trasy téměř neproveditelný při dodržení veškerých platných legislativních nařízení.

Umístění čerpadel se zpravidla provádí v blízkosti skladovaného media, např. skladovacího tanku. V případě situačně samostatně umístěného skladovacího tanku bývá čerpadlo umístěno v bezprostřední blízkosti tanku. Při vyšším nároku na spolehlivost dodávky čerpaného média bývá čerpadlo zdvojeno, nejčastější označení zdvojených čerpadel se označuje indexem „A/B“.

Častější variantou u velkých chemických provozů bývá centrální skladovací prostor s různým počtem tanků a s vyhrazeným prostorem pro umístění čerpadel.

Čerpací stanice pro umístění čerpadel bývá zastřešená betonová plocha, dle charakteru čerpaného media může být čerpací stanice opláštěná (zateplená) nebo otevřená. Čerpací stanice může být samostatně stojící objekt, nebo může být nedílnou součástí uceleného technologického objektu.

Umístění čerpadel s přihlédnutím k charakteru čerpaného media musí být řešeno nositelem technologie nebo požárním specialistou, a to už při prvním návrhu

vlastního řešení čerpací stanice. Jedná se zejména o zamezení možných důsledků v případě nežádoucí havárie. Vlastnosti chemických látek jsou specifikovány v bezpečnostních listech, které jsou volně dostupné na internetu nebo u příslušného výrobce, který na vyžádání poskytne tyto bezpečnostní listy.

S přihlédnutím ke konstrukci čerpadla se dá obecně tvrdit, že čerpadlo je primárním zdrojem úniku čerpaného média. Jedná se zpravidla o únik způsobený na ucpávce čerpadla, eventuelně na přírubových nebo závitových spojích v místě napojení na potrubí. Čerpáním hořlavého media a následným únikem do okolí vlastního čerpadla vzniká nebezpečná atmosféra.

Tyto negativní vlastnosti čerpadla musím zohlednit při vlastním stanovení vnějších vlivů – tzv. „prostředí“. Na základě letitých zkušeností mohu potvrdit, že v chemickém průmyslu převládají čerpací stanice s prostředím s nebezpečím výbuchu. Čerpací stanice bývají z hlediska životního prostředí zdrojem znečištění, především lehkých těkavých složek a potenciálním zdrojem znečištění spodních vod, např. ropnými látkami.

## 5. **Analýza technického provedení elektrického čerpadla v definovaných prostorech**

### 5.1. **Definované prostory**

Vnější vlivy pro definované prostory s umístěním čerpadla jsou stanoveny na základě „Protokolu o určení vnějších vlivů“, který je zpracován odbornou komisí na základě technologického procesu výroby.

Definované prostory z pohledu vnějších vlivů můžeme rozdělit na dvě základní skupiny, a to prostředí bez nebezpečí výbuchu a prostředí s nebezpečím výbuchu.

Prostředí s nebezpečím výbuchu se dělí na:

- Prostory s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par
- Prostory s nebezpečím výbuchu hořlavých prachů
- Prostředí s nebezpečím požáru nebo výbuchu výbušnin
- Prostory s nebezpečím výbuchu uhelného prachu a metanu v podzemních dolech.

Vzhledem k možnému rozsahu technického řešení uvažovaných prostorů je níže uvedený popis zaměřen na prostory s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par.

Obecně mohu tvrdit, že při návrhu určitého strojního zařízení je upřednostňován technický návrh, který minimalizuje přítomnost prostorů s nebezpečím výbuchu. Dříve se prosazovalo technické řešení bez nebezpečí výbuchu i za cenu zvýšení investičních nákladů. Tento postup však není vždy schůdný v souvislosti ke složitosti a stále se zvyšujícím nárokům technologických procesů, a je nutné přistoupit k umístěním technologických celků do nebezpečných prostorů.

### 5.2. **Rozdělení prostorů s možným umístěním čerpadla**

Obecně lze čerpadlo umístit do těchto prostorů:

- Prostory s nebezpečím výbuchu – zóna 1
- Prostory s nebezpečím výbuchu – zóna 2
- Prostory bez nebezpečí výbuchu (dále BNV)



Pro návrh vlastního čerpadla je nezbytný údaj, kterým je „Protokol o určení vnějších vlivů“ [30]. Na základě tohoto dokumentu se odvíjí postup pro stanovení návrhu typu čerpadla a související následné elektroinstalace. Dle zkušeností z dříve zajišťovaných akcí jsou vnější vlivy v prostorech čerpacích stanic zpravidla stanoveny:

- AB5 Teplota okolí +5 °C až +40 °C (pro vnitřní prostory)
- AB7\*\* Teplota okolí -25 °C až +55 °C (pro venkovní prostory)
- AF3 Korozivní působení – občasné
- BC3\* Dotyk s potenciálem země – častý
- BE2N3 Nebezpečí požáru hořlavých kapalin
- BE3N2 Nebezpečí výbuchu hořlavých plynů a par

Dle ČSN EN 60079-10 – zóna 2; IIB/T4 v celém prostoru čerpací stanice  
– zóna 1; IIB/T4 1,5 m okolo přírub čerpadel

Působení ostatních vnějších vlivů ve smyslu ČSN 33 2000-5-51 – normální

\* prostor nebezpečný dle ČSN 33 2000-3, tabulka 32-NM2

\*\* Dle ČSN IEC 721-2-1 se ČR nachází v mírném klimatu (WT), kde střední hodnoty ročních extrémů naměřených teplot jsou min. -20 °C, max. +35 °C, je doporučeno použít elektrické zařízení v třídě 4K1, tj. do teploty -20 °C.

Pro názornost uvádím stručné vysvětlení výše uvedených kódů vnějších vlivů:

- AB5, AB7 – teplota okolí slouží při výběru zařízení z pohledu umístění k teplotě okolí. Pro někoho to může být bezvýznamný údaj, ale v prostředí s nebezpečím výbuchu může tento údaj zásadně ovlivnit specifikaci zařízení. Aby se předešlo možným komplikacím, uvádí se poznámka o mírném klimatu WT, do kterého spadá území ČR a který upravuje rozsah teploty okolí.
- AF3 – tento údaj slouží k výběru vhodného elektroinstalačního materiálu z pohledu odolnosti proti korozi k vyskytujícím se látkám.
- BC3 – u tohoto údaje provádím doplňující pospojení neživých částí elektrického zařízení a technologického zařízení na stejný potenciál.
- BE2N3 – minimální krytí elektrického zařízení musí být IP43, povrchová teplota elektrického zařízení nemá přesáhnout 120 °C.

- BE3N2 – při této charakteristice vnějších vlivů provedu návrh elektrické instalace zejména v souladu s ČSN EN 60079-14 ed.3 [9].

Kód označující charakteristiku vnějších vlivů (např. AB5) je uveden v normě ČSN 33 2000-3 [29], vysvětlení charakteristiky s popisem pro výběr instalace zařízení je uvedeno v normě ČSN 33 2000-5-51 [30].

Prostory z hlediska úrazu elektrické energie se posuzují:

- normální prostory
- nebezpečné prostory
- zvlášť nebezpečné prostory

### 5.3. Provedení motorů do prostředí s nebezpečím výbuchu

Pro názornost z pohledu elektrického závěru uvádím přehled dostupných motorů. Níže uvedené motory jsou určeny pro zónu 1 a zónu 2. Existuje i možnost provedení motoru do zóny 0, ale jedná se o speciální aplikace, které se navrhnou na konkrétní zadání. Pokud je to možné, nedoporučuje se umísťovat žádné elektrické zařízení do zóny 0, natož elektrický motor.

Nejčastěji používaný závěr elektrického motoru je závěr v provedení „d“ nebo „e“ (pevný závěr nebo zajištěné provedení).

#### **Motory v pevném provedení**

Motory v pevném závěru jsou zařazeny do kategorie č. 2, čímž jsou určeny pro možnost použití v zóně 1 a zóně 2. Motory v pevném závěru jsou konstrukčně náročné, jejich výroba je limitovaná velikostí, nejčastěji se vyrábí do velikosti osové výšky 400 mm pro třídu IIB. Pro třídu IIC jsou osové výšky menší a závisí od výrobce, jaké rozměry je schopný zajistit.

Pro ochranu motoru je plně dostačující nadproudová ochrana, tepelné relé nebo ochrana pomocí termistorů umístěných ve vinutí motoru. Převážná většina motorů je dodávána v provedení pevný závěr motor, svorkovnice v zajištěném provedení.

Příklad označení:  II 2 G Ex de IIC T4

### **Motory v zajištěném provedení**

Motory v zajištěném provedení jsou zařazeny do kategorie č. 2, čímž jsou určeny pro možnost použití v zóně 1 a zóně 2. Od normálních motorů se na první pohled nijak zvlášť neodlišují, odlišují se nadstandardními úpravami při konstrukci motoru, robustnosti, izolací, snížení provozní teploty aj, které zajišťují zvýšenou provozní spolehlivost.

Motory v zajištěném provedení se od motorů v pevném závěru odlišují způsobem jištění. Motory v zajištěném provedení mohou být provozovány pouze ve spojení s certifikovaným typem ochrany proti tepelnému přetížení. Teplotní třída motoru je uvedena v závislosti na oteplovací konstantě  $t_E$  udávaná výrobcem motoru. Vypnutí nadproudovou ochranou musí být zajištěno v kratším čase (včetně časové rezervy – stanoveno normou), než uvedená oteplovací konstanta pro teplotní třídu.

Příklad označení:  $\text{Ex}$  II 2 G Ex e II T3

### **Motory s vnitřním přetlakem**

Motory s vnitřním přetlakem jsou zařazeny do kategorie č. 2, čímž jsou určeny pro možnost použití v zóně 1 a zóně 2. Jsou založeny na vnitřním přetlaku zajištěný pomocí provětrávaná nekontaminovaným vzduchem. Využívají se pro větší výkony, zejména pro skupinu IIC.

Příklad označení:  $\text{Ex}$  II 2 G Ex p II T4

S těmito motory za dobu mé praxe jsem neměl možnost poznat.

### **Motory s ochranou typu n**

Motory s ochranou typu n jsou zařazeny do kategorie č. 3, čímž jsou určeny pro možnost použití v zóně 2.

Jedná se o lacinější variantu motoru, dle zkušeností se jedná o neopravitelné motory, tzv. na jedno použití.

Příklad označení:  $\text{Ex}$  II 3 G Ex n A II T4.

## 6. **Technické provedení jednotlivých variant**

### 6.1. **Umístění čerpadla do prostředí bez nebezpečí výbuchu**

Při návrhu připojení čerpadla, které je umístěno v prostředí bez nebezpečí výbuchu, postupují standardním způsobem jako u zcela běžné domovní elektroinstalace.

Zpravidla umístění motoru se nachází v blízkosti technologického zařízení, zajištění napájení čerpadla se provádí ze souvisejícího technologického rozváděče. Ovládání čerpadla se provádí pomocí stykačového vývodu, vlastní ovládání pomocí ovladače umístěným v místě elektrického čerpadla.

Krytí elektrického zařízení je odvozeno od protokolu o určení vnějších vlivů, při stanovení prostředí BE2N3 – nebezpečí požáru hořlavých kapalin je požadované krytí elektrického zařízení IP43.

Běžně dodávané motory a ovládací tlačítka mají krytí IP54, což převyšuje požadovanou hodnotu uvedenou v normě. Při této aplikaci musím rovněž provést pospojení elektrického a strojního zařízení na společný potenciál.

Kabelové trasy se navrhují pomocí kabelových lávek nebo žlabů, elektroinstalačních trubek apod. Nosný materiál navrhují na základě působení korozivních látek v místě elektroinstalace.

Za roky působení v praxi jsem se setkal s nejhoršími vnějšími vlivy na jedné akci, kde součástí technologického procesu byla zředěná kyselina chlorovodíková. V takovémto prostředí odolává pouze dřevo, ostatní materiály mají limitovanou životnost cca 2 roky.

Na schématu č.1 uvádím nejčastěji používané zapojení čerpadla. Jedná se o stykačové zapojení ovládané pomocí dvoutlačítka – ZAP / VYP + signalizace CHOD bez možnosti dálkového ovládání. Signalizace chodu čerpadla je zajištěna pomocí kontrolky umístěné ve společné ovládací skřínce s ovládacími tlačítky. Ovládací skříňka čerpadla je umístěna v místě čerpadla.

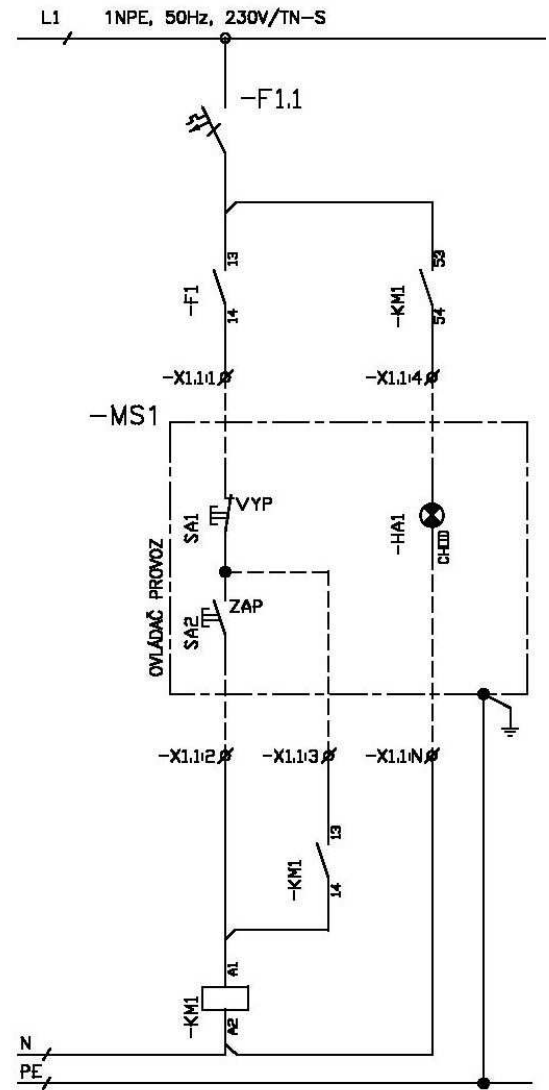
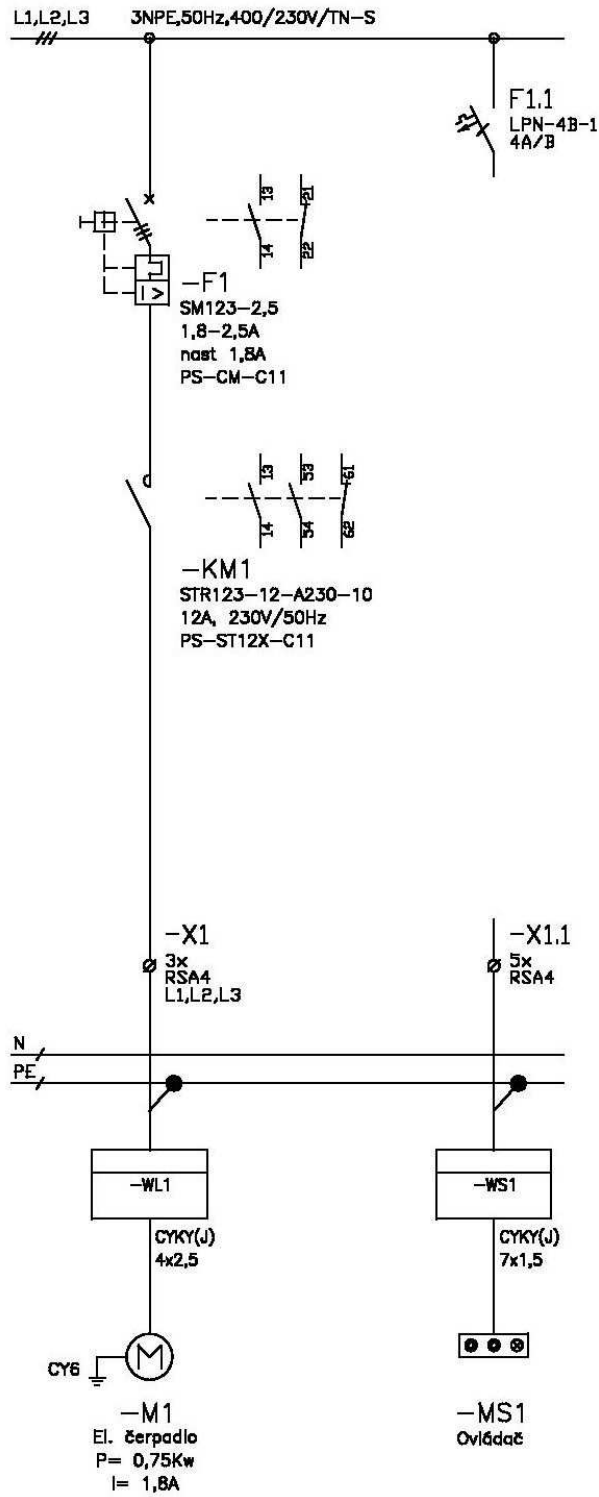


Schéma zapojení č. 1

## 6.2. **Návrh umístění čerpadla do prostředí s nebezpečím výbuchu**

Umístění a zapojení čerpadla uvažuji v prostředí s nebezpečím výbuchu BE3N2 – nebezpečí výbuchu hořlavých plynů a par, zóna 1 a zóna 2.

### 6.2.1. **Popis a výběr zařízení**

Po porovnání jsem zvolil stejné zapojení jako pro čerpadlo do prostoru bez nebezpečí výbuchu. Zapojení je doplněno o vypínání pracovního vodiče N v ovládacích obvodech a snímání teploty vinutí motoru. Snímač teploty vinutí odstaví motor při překročení nebezpečné teploty. Zapojení uvažuji pomocí termistoru PTC umístěným ve vinutí motoru a pomocný relé v rozváděči elektro. Zapojení motoru je uvedeno viz schéma zapojení č. 2.

Při návrhu elektroinstalace do prostředí s nebezpečím výbuchu postupuji obdobným způsobem jako u elektroinstalace do prostředí BNV. Některé parametry, které není nutné v návrhu BNV zahrnout nebo uvažovat, tak v návrhu v prostředí s nebezpečím výbuchu se musí respektovat.

Pro výběr vlastního zařízení jsou nezbytné informace od charakteristik hořlavých látek. Bývají zpravidla uvedeny v protokolu o určení vnějších vlivů. Na základě těchto charakteristik jsou určeny kategorie zařízení, druh výbušné atmosféry, základní skupina plynu, skupina plynů a teplotních tříd. Bere se v úvahu nejhorší případ. Příklad označení: např. 2 G IIB T3. Význam jednotlivých kódů označení jsem uvedl v kapitole 2.2.

Na základě označení se provede výběr elektrického zařízení, jako jsou např. elektroinstalační krabice, svítidla, ovládače, vypínače aj. Při výběru zařízení lze použít jako vodítko tabulky uvedené v kapitole 2.3 a 2.4, tabulka č. 1 až č. 4.

### 6.2.2. **Návrh jištění motoru v zajištěném provedení**

Návrh jištění uvažuji dle schématu zapojení č. 2. Pro názornost uvažuji motor v zajištěném provedení, umístění motoru v prostředí s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par, zóna 1. Dle protokolu o určení vnějších vlivů je požadováno zařízení do prostředí 2 G IIB T3.

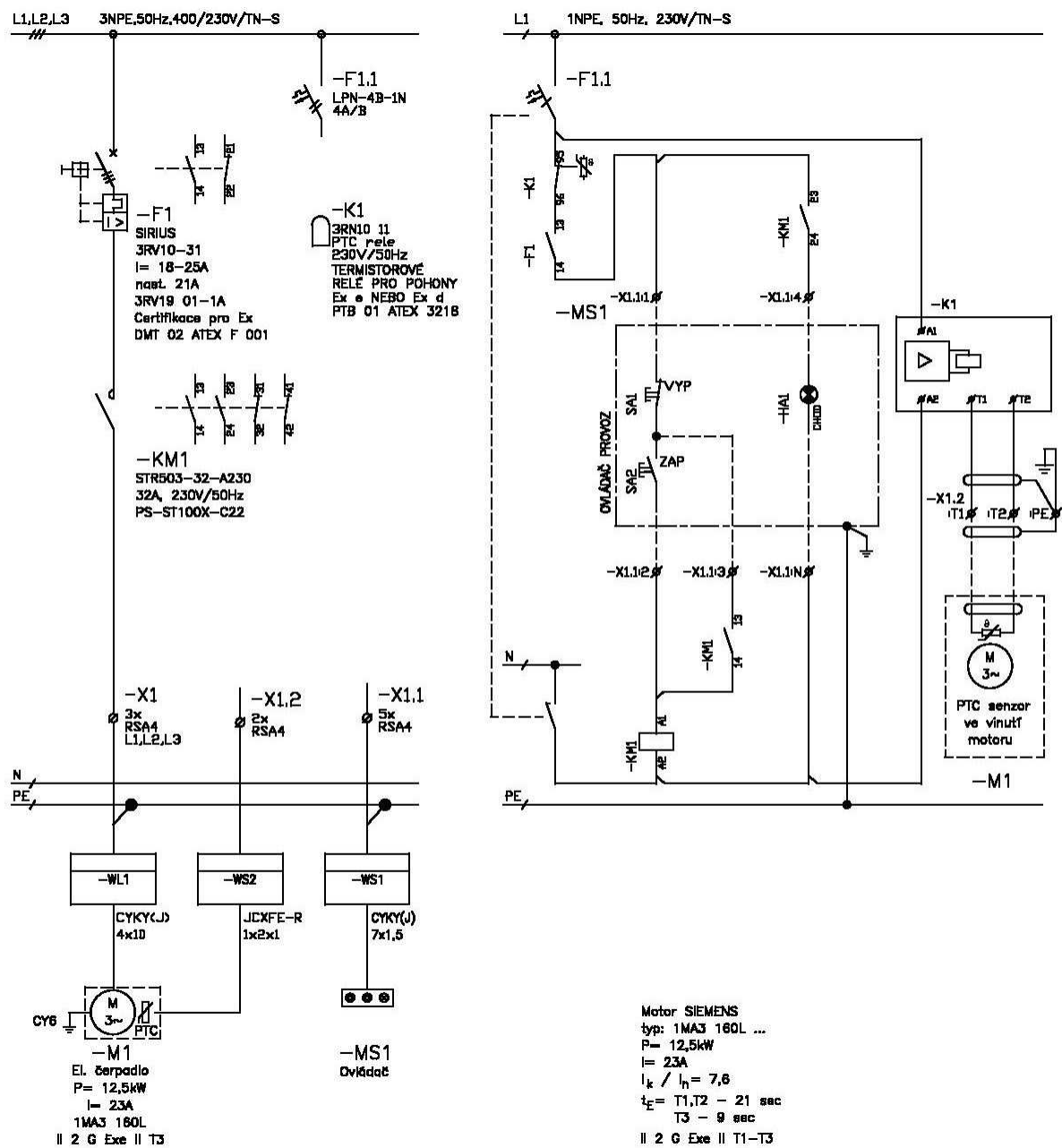


Schéma zapojení č. 2

Při vlastním návrhu postupuji tak, abych dodržel stanovené podmínky [9] jistění motorů v zajištěném provedení „e“. Jeden z požadavků, který musím při jistění zaručit, je dodržení požadované teplotní třídy motoru. Motory v zajištěném provedení mohou být provozovány pouze se schváleným typem ochrany proti tepelnému přetížení během provozu nebo při chodu nakrátko (zabrzdný stav). Tento požadavek je splněn, je-li čas reakce proudově závislé spouště kratší (v mém případě motorový spouštěč), než oteplovací konstanta motoru  $t_E$  pro požadovanou

teplotní třídu udávanou výrobcem motoru. Teplotní třída se zpravidla pohybuje v rozmezí T3 až T1.

Při ověření teplotní třídy v závislosti na časové závislosti vypínacího proudu pro motory v zajištěném provedení postupují následovně.

Údaje z katalogu výrobce pro příslušný typ motoru:

- $t_E$  – oteplovací konstanta motoru pro teplotní třídu, tento čas se odlišuje dle teplotní třídy, pohybuje se v rozmezí 5 až 25 sekund
- Poměrný záběrový proud  $I_Z / I_N$ .

Dle schématu zapojení č. 2 je uveden jako vzor motor, který má tyto údaje:

- Typ motoru 1MA3 160L ...
- Elektrický závěr II 2 G Ex e II
- $I_Z / I_N = 7,6$
- $t_E$  pro T1, T2 – 21 sekund
- $t_E$  pro T3 – 9 sekund

Na obrázku č. 10 je uvedena vypínací charakteristika spouště motorového spouštěče. Z této charakteristiky odečtu příslušný čas vypnutí spouště v závislosti na procházejícím proudu. V mém případě je odečtený vypínací čas cca 7 sekund, odpovídá průsečíku poměrného záběrového proudu 7,6 s vypínací charakteristikou spouště pro třífázovou zátěž, rozběh „Třída 10“. S 20 % rezervou je čas vypnutí 8,4 sekund.

Odečtený čas vypnutí spouště je tedy menší než oteplovací konstanta motoru  $t_E$  pro teplotní třídu T3, takže lze teoreticky motor provozovat pro teplotní třídu T3. Vzhledem k tomu, že samotný způsob odečtení času z vypínací charakteristiky vnáší do výsledného času pravděpodobnou chybu a výsledná hodnota času vypnutí je těsně pod hranicí oteplovací konstanty motoru  $t_E$ , nedoporučuji tento motor s tímto typem jistění provozovat v prostředí s nebezpečím výbuchu, kde je vyžadována teplotní třída T3.

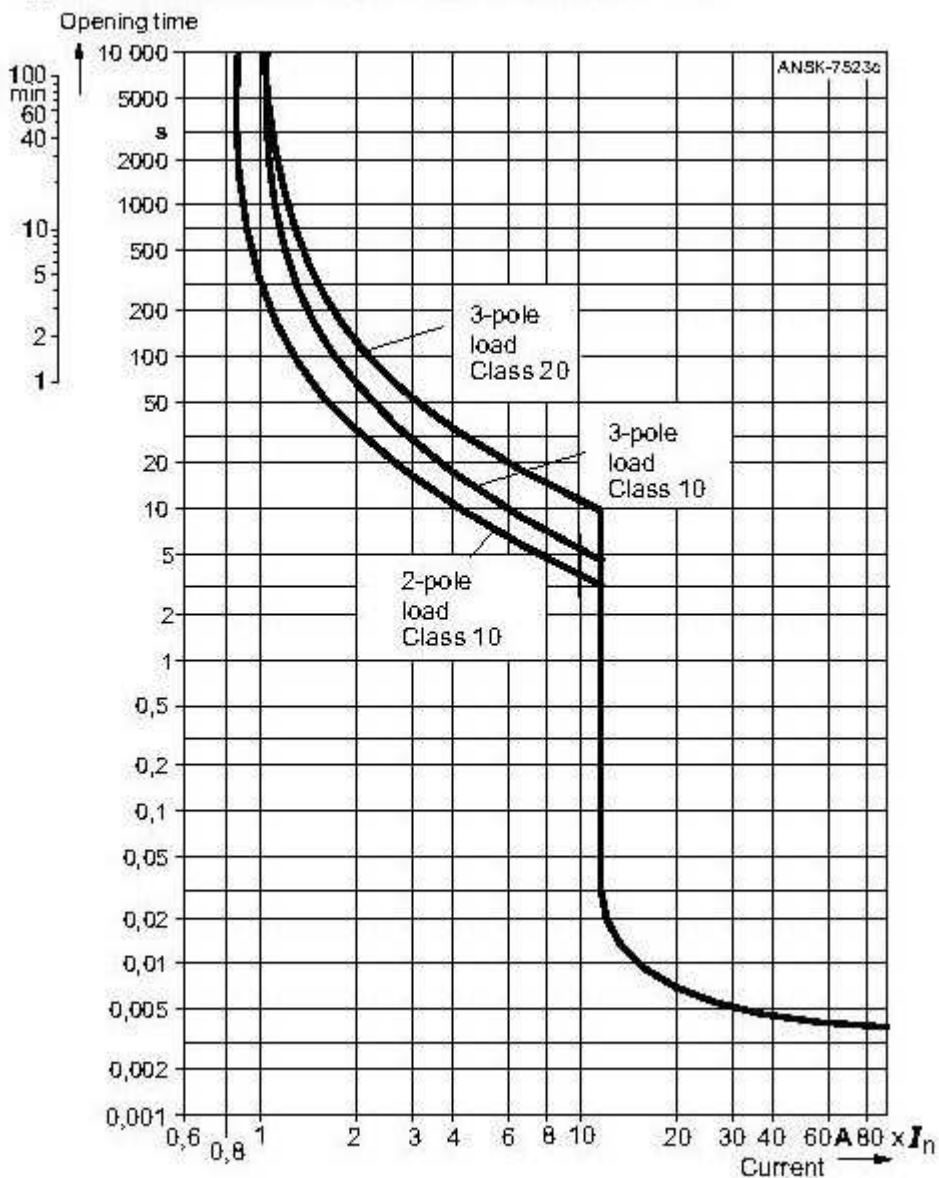
Pokud není možné zajistit jiný způsob ochrany, lze ochranu pro požadovanou teplotní třídu zajistit pomocí senzoru umístěným ve vinutí motoru, např. pomocí PTC senzoru. Tento senzor musí být požadován už při vlastním objednání motoru,



dodatečná výměna na stavbě není možná. Standardní dodávka PTC senzoru bez bližší specifikace je uvažovaná pro ochranu vinutí motoru v celém pracovním pásmu teplotních tříd (T1), nikoliv pro teplotní třídu T3.

Veškeré ochranné jisticí zařízení motorů v zajištěném provedení má být certifikováno autorizovanou zkušebnou.

Typical time/current characteristic of 3RV10 11-.....



Obr. č. 10: Vypínací charakteristika motorového spouštěče [31]

Návrh jištění pro motory v pevném závěru je obdobné. U motorů s pevným závěrem se nemusí kontrolovat oteplovací konstanta  $t_E$  a není požadované certifikované jistící zařízení. Z pohledu návrhu elektroinstalace je tedy jednodušší cesta s motory v pevném provedení, závěr typu „d“.

### 6.2.3. Hlídní čerpadla proti chodu na sucho

Jeden z častých požadavků strojního zařízení, s kterým se setkávám, je zajištění ochrany čerpadla proti chodu na sucho. Pro názornost pod pojmem chod na sucho si můžeme představit situaci, kdy máme na zahrádce studnu, která je v letních měsících omezena množstvím vody a při zalévání vyčerpáme veškerou vodu. V tomto okamžiku, kdy čerpadlo nemá co čerpat, ochrana proti chodu na sucho vypíná motor čerpadla, aby nedošlo k jeho poškození, např. zadření ložiska, spálení ucpávky apod.

Vlastní způsob návrhu ochrany se odlišuje od navržené aplikace a čerpaného média. Vypnutí čerpadla může být odvozeno od výšky hladiny čerpaného média v zásobníku, zaplavení sacího potrubí, účinník motoru dle jeho zatížení na hřídeli, tlakovou diferencí v potrubí aj.

Jednou z možných variant ochrany proti chodu na sucho je hlídání tlaku čerpaného média na výtlačném potrubí z čerpadla. Zapojení, které uvádím na schématu zapojení č. 3, je vhodné například při čerpání olejů, asfaltu apod.

Na výtlačném potrubí je umístěn elektronický tlakový spínač s analogovým výstupem. Ochrana tlakového spínače je zajištěna na principu jiskrové bezpečnosti (dále JB). Jedná se o jednoduchý obvod tvořený napájecím JB zdrojem (v mém případě komparátor) umístěným v rozváděči v prostředí BNV a návazným zařízením JB tlakovým spínačem umístěným v prostoru s nebezpečím výbuchu. Vlastní propojení jsem navrhl pomocí JB kabelu (se světle modrou barvou pláště), přenášená úroveň analogového signálu 4 – 20 mA. Nastavení komparátoru: 4 mA – tlak 0,6 bar, 20 mA – 0,8 bar. Zapojení je uvedeno na schématu č. 4. Zapojení s využitím JB obvodu uvádím pro názornost bez následných vazeb ovládacích obvodů. Signál od výstupního relé může být zapojen v hardwaru ovládní motoru nebo zaveden do systému měření a regulace.

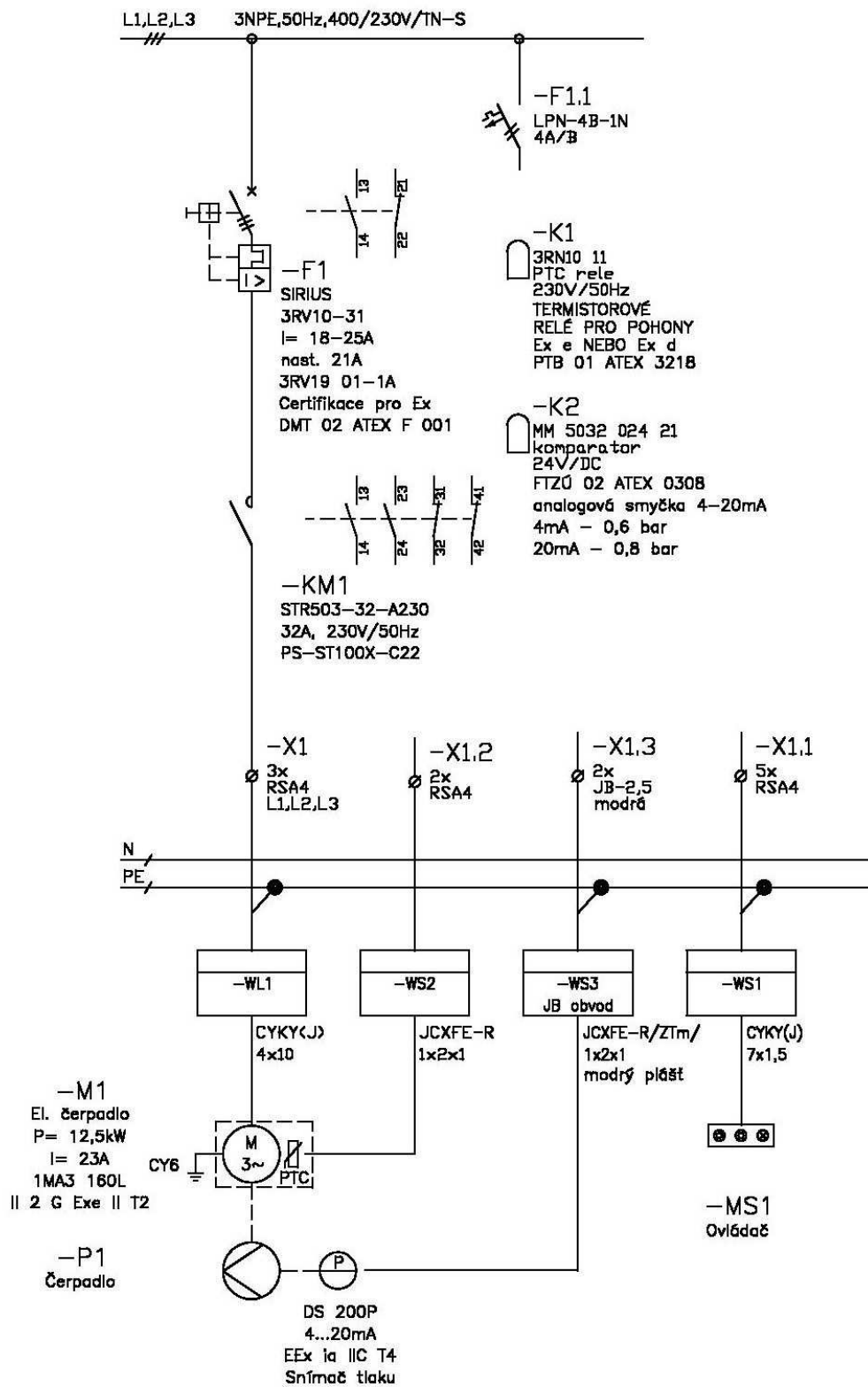


Schéma zapojení č. 3

Vlastní nastavení sepnutí relé je provedeno zkusmo na stavbě na základě skutečného tlaku čerpaného média. Výstupní binární signál komparátoru musí být časově zpožděn, aby nedošlo k nežádoucímu odstavení čerpadla během vlastního rozběhu čerpadla.

#### 6.2.4. Návrh JB obvodu

Princip JB spočívá v omezení množství elektrické energie dodávané do elektrického obvodu z napájecího zdroje a zamezení přepětí v obvodu JB. Uplatnění JB obvodů je výhodné u měřících přístrojů v průmyslu, zabezpečovací technice aj.

Při návrhu postupují tak, aby JB obvody byly uloženy odděleně od ostatní elektroinstalace. Znamená to navrhnout samostatné, oddělené kabelové trasy pro kabely JB, oddělení obvodů JB v rozváděči elektro, dodržovat principy uzemnění stínění kabel (zamezení zemnicí smyčky).

Pro rychlou orientaci a identifikaci JB obvodů od ostatních instalací elektrického zařízení bylo sjednoceno barevné označení JB obvodů, a to pomocí světle modré barvy. Barevné odlišení JB obvodů modrou barvou je požadováno pro barvu pláště kabelu, kabelové vývodky, svorkovnice určené pro JB obvody, kabelové žlábký v rozváděči apod.

U elektrického zařízení (rozdávěč, svorkovnicová skříň aj.), kde jsou společné prostory elektroinstalace s JB obvody, je nutné dodržet min. bezpečnou vzdálenost mezi obvody pro zajištění oddělení obvodů. Vzdálenost mezi JB obvody a ostatní elektroinstalací je min. 50 mm, vzájemná vzdálenost obvodů JB (svorek) je min. 6 mm, vzdálenost svorek JB od uzemnění je min. 3 mm. Zapojení JB obvodu s naznačením minimální vzdálenosti 50 mm jsem uvedl v zapojení na schématu č. 4.

Pro správnou funkci navrženého JB obvodu provádím ověření zapojení. Maximální bezpečné hodnoty oddělovacího zařízení  $U_0$ ,  $I_0$ ,  $P_0$ , byly menší než hodnoty elektrického JB zařízení  $U_i$ ,  $I_i$ ,  $P_i$ . Zároveň hodnoty  $L_0$  a  $C_0$  musí být větší, než maximální přípustné hodnoty  $L_i$  a  $C_i$ .

$U_0$  – max. výstupní napětí naprázdno JB obvodu (na svorkách návazného zařízení)  
 $I_0$  – max. výstupní proud JB obvodu (na svorkách návazného zařízení, např. zdroj)  
 $P_0$  – max. výkon JB obvodu (na svorkách návazného zařízení, např. zdroj)  
 $C_0$  – max. vnější kapacita JB obvodu (na svorkách návazného zařízení, např. zdroj)  
 $L_0$  – max. vnější indukčnost JB obvodu (na svorkách návazného zařízení, např. zdroj)  
 $U_i$  – max. napětí, které může být připojeno na svorky JB zařízení bez porušení jiskrové bezpečnosti  
 $I_i$  – max. vstupní proud, který může být připojen ke svorkám JB zařízení bez porušení jiskrové bezpečnosti  
 $P_i$  – max. příkon  
 $C_i$  – max. vnitřní kapacita  
 $L_i$  – max. vnitřní indukčnost  
 $R_v$  – odpor JB vedení (dle výrobce kabelu)  
 $C_v$  – kapacita JB vedení (dle výrobce kabelu)  
 $L_v$  – indukčnost JB vedení (dle výrobce kabelu)

### **Příklad ověření JB obvodu dle požadavku [15]**

Požadované hodnoty přístrojů najdeme v návodu nebo certifikátu příslušného zařízení. Uvedené zařízení je uvažováno pro prostředí, kde je vyžadována skupina výbušnosti – 2 G IIC T3.

*Technická data zařízení:*

<u>Snímač tlaku</u>	<u>Návazné zařízení</u>	<u>Ovládací kabel</u>
II 2 G EEx ia IIC T4	II 2 G EEx ia IIC	JCXFE-R/ZTm/ 1x2x1 modrý plášť
$U_i = 28 \text{ V}$	$U_0 = 28 \text{ V}$	$R_v = 18 \text{ } \Omega/\text{km}$
$I_i = 93 \text{ mA}$	$I_0 = 82 \text{ mA}$	$l_v = 160 \text{ m}$
$P_i = 660 \text{ mW}$	$P_0 = 570 \text{ mW}$	$C_v = 120 \text{ nF/km}$
$C_i = 80 \text{ nF}$	$C_0 = 150 \text{ nF}$	$L_v = 0,95 \text{ mH/km}$
$L_i = 4,7 \text{ mH}$	$L_0 = 10 \text{ mH}$	

Ověřit, zda vstupní parametry  $U_i$ ,  $I_i$  a  $P_i$  JB obvodu jsou větší než  $U_0$ ,  $I_0$  a  $P_0$  napájecího zdroje

$$U_i \geq U_0 ; I_i \geq I_0 ; P_i \geq P_0$$

$$U_i \geq U_0 \rightarrow 28 \geq 28 \rightarrow \textit{splněno}$$

$$I_i \geq I_0 \rightarrow 93 \geq 82 \rightarrow \textit{splněno}$$

$$P_i \geq P_0 \rightarrow 660 \geq 570 \rightarrow \textit{splněno}$$

Maximální vnější indukčnost návazného zařízení  $L_0$  musí být větší než součet  $L_i + L_v$

$$L_0 \geq L_i + L_v$$

$$L_0 \geq L_i + L_v \rightarrow 10 \geq 4,7095 \rightarrow \textit{splněno}$$

Maximální vnější kapacita návazného zařízení  $C_0$  musí být větší než součet  $C_i + C_v$

$$C_0 \geq C_i + C_v$$

$$C_0 \geq C_i + C_v \rightarrow 150 \geq 99,2 \rightarrow \textit{splněno}$$

Na základě provedeného výpočtu JB obvodu mám potvrzeno, že obvod vyhovuje zadaným požadavkům.

V praxi jsem se setkal s případem, kdy JB zařízení bylo určeno pro jinou kategorii úrovně ochrany zařízení (zóna 0) než návazné zařízení v rozváděči (zóna 1). Zařízení lze provozovat, ale je degradováno na nižší kategorie úrovně ochrany (zóna 1).

# PŘÍKLAD ZAPOJENÍ JISKROVĚ BEZPEČNÉHO OBVODU (JB)

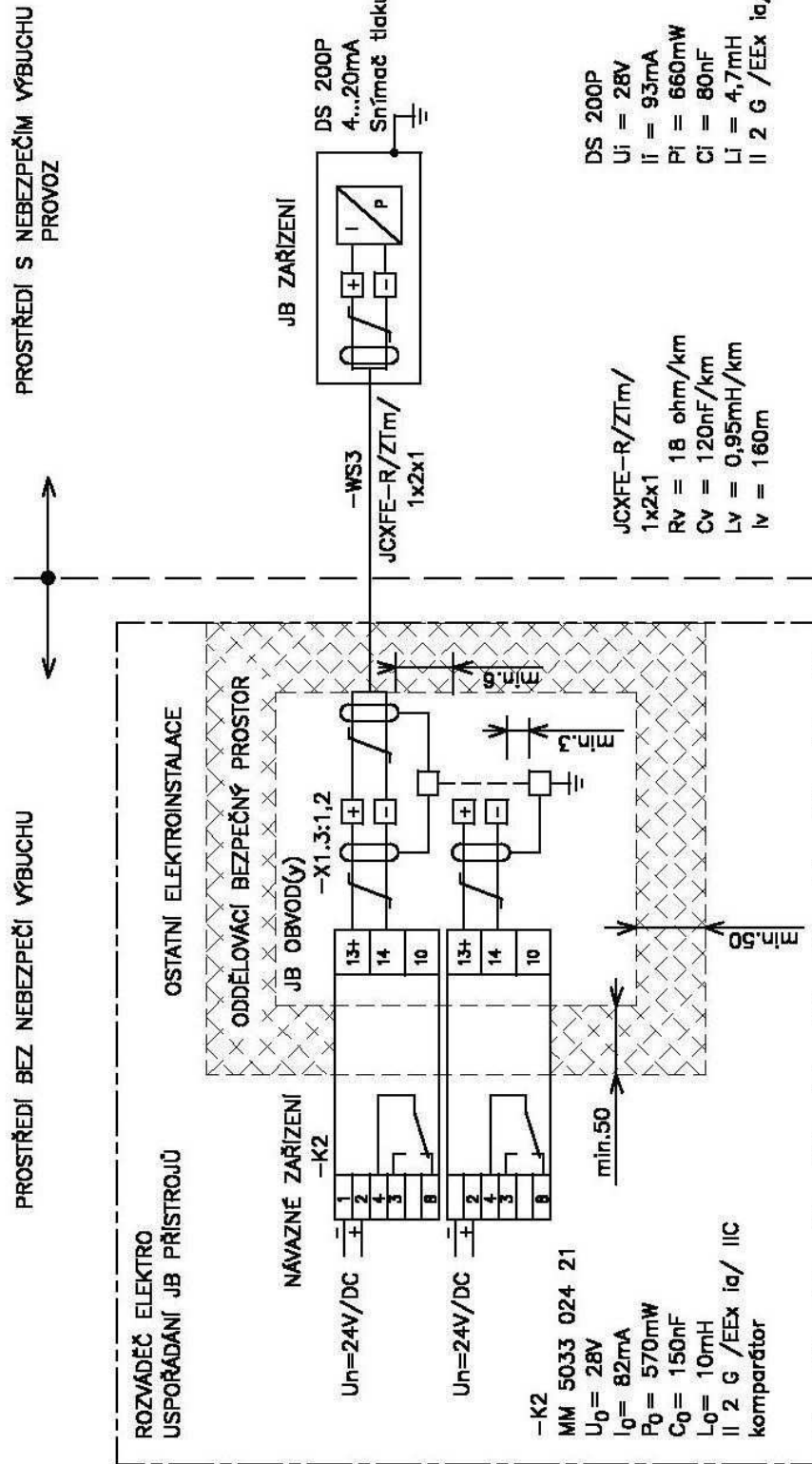


Schéma zapojení č. 4

#### 6.2.5. **Napájecí kabely**

Napájecí kabely k motorům v prostředí s nebezpečím výbuchu navrhuji obdobným způsobem jako u motorů umístěných v prostředí BNV. Z praktických zkušeností mám ověřeno, že vzdálenosti mezi rozvaděčem a motorem jsou mnohem delší v prostředí s nebezpečím výbuchu. Je to způsobeno tím, že prostory s nebezpečím výbuchu jsou zpravidla velice rozsáhlé a rozvodny elektro se situačně umísťují mimo nebezpečné prostory. Při návrhu kabelu se někdy dostanu do situace, kdy navržená dimenze kabelu vzhledem k vlastní délce a úbytkům napětí není technicky za normálních okolností připojitelná do svorkovnice motoru. Lze to řešit v předstihu před vlastním objednáním motoru a specifikovat větší připojovací krabici na motoru (konstrukčně omezeno) nebo v místě motoru umístit přechodovou svorkovnicovou skříň, v které zredukuji dimenzi napájecího kabelu. Není výjimkou, kdy vzdálenost napájecího kabelu mezi rozvodnou a motorem přesahuje délku přes 400 m.

Páteřní kabelové trasy zpravidla navrhuji pomocí kabelových lávek nebo kabelových žlabů. V místě samotného čerpadla navrhuji trasu zhotovenou z pomocné OK nebo z drátěných kabelových lávek. Méně vhodné jsou elektroinstalační trubky, které používám ve výjimečných případech. Trubka má být utěsněna na každém konci proti vniknutí nebezpečné atmosféry do vnitřního prostoru, což je někdy obtížně zajistitelné.

#### 6.2.6. **Kabelové vývodky**

Na kabelové vývodky musíme nahlížet jako na každé jiné zařízení určené do prostředí s nebezpečím výbuchu. Plastové kabelové vývodky určené do prostředí Ex vypadají na první pohled zcela identicky jako kabelové vývodky určené pro ostatní instalace BNV. Ex vývodky jsou vyrobeny z jiného materiálu a každá vývodka tedy musí mít svůj vlastní certifikát dle směrnice ATEX.

Téměř na každé stavbě se setkávám s problémem kabelových vývodek. Dodávka motoru, pokud není specifikováno při objednání, nezahrnuje dodávku kabelové vývodky. Výjimkou bývají motory v pevném závěru, které jsou konstrukčně navrženy s přírubovou vývodkou.



Do každého návrhu předepisují vývodky. Specifikace vývodky se odvíjí od konstrukčního provedení elektrického závěru elektrického zařízení, dle velikosti montážního závitu ve svorkovnicový skříni, dle typu a průměru kabelu, a na základě skupiny výbušnosti hořlavých plynů a par.

U staršího zařízení nebo u zařízení dovezené mimo zónu EU musíme dát pozor na provedení závitu. S přechodem na nové normy došlo k sjednocení závitů a u vývodek se začal používat metrický závit. Dříve se hojně používal závit pancéřový pro elektrotechniku PG, který je stále nabízen jako alternativa k metrickému závitu pro stávající zařízení. Pro informaci uvádím další typy závitů, se kterými se můžeme setkat, zejména u zařízení ze zámoří. Jedná se o trubkový kuželový těsnící na závitech, trubkový závitový netěsnící na závitech, NPT kuželový, Withworthův závit.

V případě, že nemám k dispozici měřky závitů, tak jsou na první pohled některé závity mezi sebou téměř nerozeznatelné. Z pohledu certifikace při záměně závitů, například nevhodně navrženou kabelovou vývodkou se jedná o porušení certifikace zařízení a výrobce negarantuje technické parametry zařízení.

Při montáži vývodky v prostředí s nebezpečím výbuchu musí být zajištěno utěsnění kabelu. Tedy už při objednání vývodky musím specifikovat průměr kabelu, u některých aplikací celý typ a dimenzi kabelu.

Dodatečné vymezení vůle mezi kabelem a těsnícím kroužkem za pomoci izolační pásky nepřichází v úvahu. Takto utěsněná vývodky nemá certifikát, tím pádem celé zařízení je degradováno, a nelze toto zařízení provozovat v prostředí s nebezpečím výbuchu.

Pozornost musím věnovat u vývodek pro přímý vstup do zařízení v pevném závěru. Zde se můžeme setkat s vývodkami, které mají za číslem certifikátu dodatečný symbol. Jedná se o symbol „U“ a symbol „X“.

Symbol „U“ – uveden u vývodky, která je certifikovaná s konkrétním typem elektrického závěru. Tuto vývodku nelze použít pro jiné zařízení, než je navrženo.

Symbol „X“ – vývodky mají samostatný certifikát s tím, že mají určitá omezení, která jsou uvedena v certifikátu (omezené použití), např. použití pouze pro pevně uložené instalace.

Vývodky bez symbolu jsou samostatně certifikované bez omezení na typ elektrického závěru v pevném provedení.

Pro vývodky uvádím ještě jednu důležitou informaci, která se týká vztahu mezi nebezpečným prostorem a zařízením v provedení „d“ s přiřazením vývodek.

Pevný závěr je konstrukčně navržen pro různé zóny a skupiny plynů a par. Například motor v pevném závěru certifikovaný do prostředí s podskupinou plynu IIC a při použití vývodky v provedení podskupiny plynu IIB, je celé zařízení degradováno na podskupinu nevýbušného zařízení závěru IIB. Takto provozované zařízení má být viditelně přeznačeno na sníženou úroveň podskupiny, v uvedeném příkladu na zařízení IIB.

Druhý příklad, který uvádím, je motor určený pro nevýbušnou podskupinu IIB+H<sub>2</sub>. K tomuto motoru přiřadím kabelovou vývodku pro podskupinu plynu IIC, jelikož je navíc v označení uveden konkrétní typ plynu, který je zařazen do podskupiny plynu IIC. Při použití vývodky určenou pro podskupinu IIB – zařízení degradováno na IIB.

Nevýbušné zařízení určené pro podskupinu IIC lze použít pro podskupiny IIC, IIB a IIA, zařízení určené pro podskupinu IIB lze použít pro podskupinu IIB a IIA. Požadavky na kabelové vývodky jsou uvedeny v normě [9].

#### 6.2.7. Elektrické pospojení čerpadla

Při návrhu nového objektu postupuji komplexně od zadání stavby až po vlastní návrh bleskosvodů. Jedná se zejména o návrh vodivého pospojení stavebních částí objektů a pospojení veškerého technologického zařízení na jeden společný zemnicí potenciál. Pospojení se provádí z důvodu zamezení vzniku elektrostatického náboje a z důvodu ochrany elektrického zařízení proti nebezpečnému dotyku neživých částí.

Vlastní pospojení čerpadla navrhuji měděným vodičem typu CY propojeným na společnou ekvipotenciální přípojnicí. Detailní požadavky na pospojení jsou stanoveny normou [7].

Obdobným způsobem zajišťuji pospojení strojní části. Každé strojní zařízení je dodáváno s uzemňovací svorkou, šroubové spoje se opatřují vějířovými podložkami, potrubí se vybavuje propojovacími praporty pro možnost připojení na společnou

zemnicí síť. U plastového nebo skleněného potrubí se předepisují do potrubí vodivé uzemněné díly, které mají za úkol odvádět elektrostatický náboj hromaděný uvnitř potrubí vznikající vlivem tření čerpaného média.

Ochranu proti elektrostatické elektřině prostorů čerpacích stanic navrhuji v souladu s požadavky normy na vyloučení elektrostatické elektřiny [33]. Smyslem návrhu ochrany proti elektrostatické elektřině je zamezení jiskření, které může vzniknout vlivem rozdílných potenciálů na zařízení. Základní ochrana proti elektrostatické elektřině je uvedení veškerého zařízení na jeden společný potenciál propojený se zemnicí soustavou. U technologického zařízení, které je citlivé na antistatickou elektřinu navrhujeme elektrostaticky vodivé podlahy. Tato podlaha svojí konstrukcí zajišťuje svedení vzniklého elektrostatického náboje z podlahy. Připojení podlahy se provádí na společnou zemnicí síť samostatnými měděnými vodiči, které jsou součástí dodávky podlahy.

#### 6.2.8. Ovládání čerpadla pomocí frekvenčního měniče

Zapojení čerpadla ve spojení s frekvenčním měničem (dále FM) se provádí obdobným způsobem jako je tomu u zařízení BNV. Zapojení je možné provádět s různými typy elektrických závěrů motorů.

Nejčastěji používám zapojení ve spojení FM s motorem provedený v pevném závěru. U tohoto zapojení nehrozí komplikace vzniklé s uvedením zařízením do provozu. Vyplývá to z požadavků na jištění motorů v provedení „d“.

U motorů v zajištěném provedení „e“ je složitější postup s uvedením zařízení do provozu. Je to dané požadavkem, kdy motor má mít certifikovanou ochranu jištění proti přetížení. U zapojení FM a motor typu „e“ je nezbytná certifikace celého zařízení: FM – motor – čerpadlo. Certifikace se provádí ve státní zkušebně, u nás FTZU Radvanice [6]. Osobně se přikláním k variantě zapojení FM a motor typu „d“, který je však v porovnání s motorem v provedení „e“ dražší u větších osových výšek motoru.

## 7. **Rozbor navržených variant**

Návrh zapojení čerpadla mohu rozdělit na dvě základní technická řešení. Technické řešení, kdy je čerpadlo navrženo do prostředí bez nebezpečí výbuchu a technické řešení s umístěním čerpadla v prostředí s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par.

### 7.1. **Technické řešení s umístěním čerpadla v prostoru BNV**

Technické řešení s umístěním čerpadla v prostředí BNV je zcela běžné zapojení, kdy pohon čerpadla je ovládán z místa čerpadla pomocí dvoutlačítka. Navržené zapojení je pro názornost provedeno bez dalších návazných obvodů ovládání, jako např. ochrana proti chodu čerpadla na sucho a vnějších vazeb na řídicí systém apod. Tuto variantu není nutné dále rozebírat, jelikož se jedná o zcela běžnou aplikaci. Uvažované zapojení aplikace je uvedeno na schématu č. 1.

### 7.2. **Technické řešení s umístěním čerpadla v nebezpečném prostředí**

Technické řešení s umístěním čerpadla v prostředí s nebezpečím výbuchu jsem pro názornost odvodil od technického řešení s umístěním čerpadla v prostředí BNV.

Návrh zapojení v nebezpečném prostředí je uvedeno na schématu č. 2. Uvažované zapojení je zcela funkční se schématem č. 1. Ve schématu jsem již zohlednil nezbytné požadavky související s umístěním elektrického zařízení v prostředí s nebezpečím výbuchu. Na první pohled je viditelná změna ve způsobu zapojení ovládacích obvodů, kdy je splněna podmínky vypínání všech pracovních vodičů, tedy vodiče neutrálního N.

Další krokem je výběr vhodného jistícího ochranného zařízení motoru, zejména při aplikaci s motory v zajištěném provedení „e“. U motorů v zajištěném provedení je nezbytné provést ověření časové závislosti vypínacího proudu., který má dopad na stanovení teplotní třídy motoru. Vhodný výběr ochranného jistícího zařízení je omezeno sortimentem na trhu. Není vhodná každá ochrana a výběr je ještě omezen na požadovanou certifikaci jistícího zařízení v souladu se směrnicí ATEX.

Na schématu č. 3 doplňuji zapojení o hlídání chodu čerpadla na sucho. Ochrana čerpadla proti chodu na sucho je navržena pomocí elektronického tlakového spínače. Zapojení tlakového spínače je navrženo pomocí jiskrově bezpečného obvodu (JB).

Na schématu zapojení č. 4 pro názornost uvádím zapojení JB obvodu s uvedením specifických požadavků, které vyžadují JB obvody.

Na závěr rozboru se věnuji popisu návrhu kabelových vývodků, uzemnění a možnosti zapojení čerpadla ve spojení s frekvenčním měničem.

Vzhledem k výše uvedenému popisu už od samého začátku si musím stanovit požadavky, co všechno se bude očekávat od navrženého zařízení. Jakékoliv úpravy, např. v průběhu realizace jsou dosti těžce proveditelné bez navýšení finančních požadavků. Každá změna, zásah do konstrukce zařízení znamená výrobek demontovat a zaslat k výrobcí na úpravu. Pod úpravou se rozumí například doplnění chybějících svorek, doplnění kabelové vývodky u svorkovnicové skříně aj.

Dodatečné úpravy na stavbě jsou nemožné, jelikož každý výrobek má svoji výrobní dokumentaci a je evidovaný pod svým jedinečným číslem. Tedy zásah do konstrukce zařízení, např. montážní firma doplní chybějící svorky, je výrobek po tomto zásahu degradován na normální zařízení pro instalaci BNV – výrobek ztrácí certifikaci dle směrnice ATEX.

Obdobný problém nastává u elektrických motorů, kdy v průběhu zpracování projektu se zvažuje, zda se bude motor ovládat pomocí FM nebo nikoliv. Pokud se dostanu do této situace, upřednostňuji řešení specifikovat motor pro možnost ovládání s frekvenčním měničem (FM). Upřednostňovaný postup je v počátku dražší řešení, které nakonec nemusí být ani aplikováno. Ale obrácený způsob řešení při dodatečném požadavku na řízení motoru pomocí FM zpravidla znamená kompletní výměnu celého motoru.

Další rozvahu při návržení elektrického čerpadla provádím v koordinaci s ostatními profesemi, která spočívá ve výběru vhodného elektrického závěru. Nejběžněji používané motory se dodávají v provedení s elektrickým závěrem typu pevné provedení nebo zajištěné provedení. Každý závěr má své pro a proti. Zařízení v pevném závěru se vyznačuje svojí konstrukční robustností, jednodušším návrhem elektrických ochranných, ale vyšší pořizovací cenou a omezené konstrukční možnosti

velikosti motorů. Zařízení v zajištěném provedení bývá lacinější variantou proti pevnému provedení, má určitá omezení ve volbě teplotních tříd, náročnější požadavky na jištění elektrického motoru.

Návrh a umístění elektrického čerpadla do prostředí s nebezpečím výbuchu je dle výše uvedeného popisu mnohem náročnější než je u návrhu instalace do prostředí BNV.

Obecně tedy mohu potvrdit na základě získaných zkušeností, že návrh instalací určených do nebezpečných prostorů je mnohem náročnější, zejména na nezbytný čas související se zpracováním projektové dokumentace, technický dozor na stavbě a nezanedbatelné jsou i vyšší investiční náklady.

Nezanedbatelné jsou provozní náklady na údržbu elektrického zařízení. Veškeré náhradní díly musí být certifikované výrobcem konkrétního zařízení. Instalace určená do prostředí s nebezpečím výbuchu podléhají pravidelné periodické revizi v intervalu jeden rok. Provozovatel je povinen zpracovat dokument koncepce ochrany a prevence proti výbuchu v dotčených provozech a udržovat tento dokument v aktuálním stavu v souladu s nařízením vlády č. 406/2004 Sb. [5].

Na závěr bych měl poznamenat, že při zpracování práce jsem některé obecné informace čerpal z materiálů firem zabývajících se problematikou zařízení do prostředí s nebezpečím výbuchu, dostupné na webových stránkách [32, 34].

## Závěr

V této práci jsem se snažil poskytnout náhled na problematiku s umístěním čerpadla do prostředí s nebezpečím výbuchu.

V omezené míře se věnuji iniciačním zdrojům, popisuji podmínky vzniku výbuchu, které znázorňuji za pomoci výbuchového trojúhelníku, kde každá strana představuje jednu z podmínek vzniku exploze: hořlavý materiál, iniciační zdroj a kyslík.

Stručně jsem se zaměřil na dnešní legislativní požadavky známé pod obchodním názvem ATEX. Popisuji rozdělení a typy ochran do prostředí s nebezpečím výbuchu dle konstrukce a použití, uvádím přehled používaných typů. Uvádím značení elektrického a neelektrického zařízení v souladu s platnou legislativou. Obecně se zaměřuji na stanovení vnějších vlivů, popisuji typy zón, způsoby větrání, stanovení vnějších vlivů aj. Kroky uvedené v popisu korespondují s průběhem při zpracování konkrétního návrhu elektroinstalace.

Náplní práce je rozbor technického řešení pro umístění čerpadla v prostředí s nebezpečím výbuchu. Jako vodítko a pro možnost porovnání jsem zvolil klasické zapojení používané do prostředí BNV. Na tomto zapojení jsem uvedl příklady, které je nutné zohlednit při umístění čerpadla v prostředí s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par.

Pro náročnost a rozsah problematiky prostředí s nebezpečím výbuchu je práce zaměřena jenom na úzkou oblast. Je zaměřena na umístění čerpadla a návrh elektroinstalace v prostředí s nebezpečím výbuchu hořlavých plynů a par, a to v prostorech jiných než důlních.

## Seznam použité literatury

- [1] *Sborníky technické normalizace 2006, Příručka ke směrnici ATEX (druhé vydání – překlad)* [Online]. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha 2006. Dostupné na URL [http://www.unmz.cz/sborniky\\_th/sb2006/atex\\_Master.pdf](http://www.unmz.cz/sborniky_th/sb2006/atex_Master.pdf) [cit. 15.5.2011]
- [2] *Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky* [Online]. Sbírka zákonů České republiky, Praha 1997. Dostupné na URL <http://www.unmz.cz/urad/pravni-predpisy-r27> [cit. 15.5.2011]
- [3] *Nařízení vlády č. 23/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na zařízení a ochranné systémy určené pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu (94/9/EHS)* [Online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu, Praha 2002. Dostupné na URL <http://www.mpo.cz/dokument71218.html> [cit. 15.5.2011]
- [4] *Směrnice 99/92/EC, o minimálních požadavcích na zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců vystavených prostředí s nebezpečím výbuchu (patnáctá dílčí směrnice ve smyslu čl. 16 odst. 1 směrnice Rady 89/391/EHS)*. 1999. Dostupné na URL [http://www.ftzu.cz/cz/uzitecne\\_odkazy/](http://www.ftzu.cz/cz/uzitecne_odkazy/) [cit. 15.5.2011]
- [5] *Nařízení vlády 406/2004 Sb., o bližších požadavcích na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu* [Online]. Ministerstvo práce a sociálních věcí, Praha 2004. Dostupné na URL <http://portal.gov.cz/wps/portal/s.155/701?number1=406%2F2004> [cit. 15.5.2011]
- [6] Fyzikálně technický zkušební ústav, s.p, Ostrava-Radvanice, Notifikovaný orgán č. 1026. Web <http://www.ftzu.cz/cz/> [cit. 15.5.2011]
- [7] ČSN EN 60079-0 ed.3. *Výbušné atmosféry – Část 0: Zařízení – Všeobecné požadavky*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha 2010, 92 stran.
- [8] ČSN EN 60079-10. *Elektrické zařízení pro výbušnou plynnou atmosféru – Část 10: Určování nebezpečných prostorů*. Český normalizační institut, Praha 2003, 56 stran.



- [9] ČSN EN 60079-14 ed.3. *Elektrické zařízení pro výbušnou plynnou atmosféru – Část 14: Elektrická instalace v nebezpečných prostorech (jiných než důlních)*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha 2009, 88 stran. [cit. 15.5.2011]
- [10] ČSN EN 60079-1 ed.2. *Výbušné atmosféry – Část 1: Ochrana zařízení s pevným závěrem „d“*. Český normalizační institut, Praha 2008, 68 stran. [cit. 15.5.2011]
- [11] ČSN EN 60079-2 ed.2. *Výbušné atmosféry – Část 2: Ochrana zařízení závěrem s vnitřním přetlakem „p“*. Český normalizační institut, Praha 2008, 52 stran. [cit. 15.5.2011]
- [12] ČSN EN 60079-5. *Výbušné atmosféry – Část 5: Ochrana zařízení pískovým závěrem „q“*. Český normalizační institut, Praha 2008, 24 stran. [cit. 15.5.2011]
- [13] ČSN EN 60079-6. *Výbušné atmosféry – Část 6: Zařízení chráněné olejovým závěrem „o“*. Český normalizační institut, Praha 2008, 20 stran. [cit. 15.5.2011]
- [14] ČSN EN 60079-7 ed.2. *Výbušné atmosféry – Část 7: Ochrana zařízení zajištěným provedením „e“*. Český normalizační institut, Praha 2007, 72 stran. [cit. 15.5.2011]
- [15] ČSN EN 60079-11. *Výbušné atmosféry – Část 11: Ochrana zařízení jiskrovou bezpečností „i“*. Český normalizační institut, Praha 2007, 112 stran. [cit. 15.5.2011]
- [16] ČSN EN 60079-15 ed.3. *Výbušné atmosféry – Část 15: Zařízení chráněné typem ochrany „n“*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha 2010, 68 stran. [cit. 15.5.2011]
- [17] ČSN EN 60079-18 ed.2. *Výbušné atmosféry – Část 18: Zařízení chráněné zalitím zalévací hmotou „m“*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha 2010, 32 stran. [cit. 15.5.2011]

- [18] ČSN EN 61241-1. *Elektrická zařízení pro prostory s hořlavým prachem - Část 1: Ochrana závěrem "tD"*. Český normalizační institut, Praha 2005, 20 stran. [cit. 15.5.2011]
- [19] ČSN EN 61241-4. *Elektrická zařízení pro prostory s hořlavým prachem - Část 4: Typ ochrany „pD"*. Český normalizační institut, Praha 2007, 24 stran. [cit. 15.5.2011]
- [20] ČSN EN 13463-1. *Neelektrická zařízení pro prostředí s nebezpečím výbuchu - Část 1: Základní metody a požadavky*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha 2009, 64 stran. [cit. 15.5.2011]
- [21] ČSN EN 13463-2. *Neelektrická zařízení pro prostředí s nebezpečím výbuchu - Část 2: Ochrana závěrem omezujícím průtok "fr"*. Český normalizační institut, Praha 2005, 12 stran. [cit. 15.5.2011]
- [22] ČSN EN 13463-3. *Neelektrická zařízení pro prostředí s nebezpečím výbuchu - Část 3: Ochrana pevným závěrem "d"*. Český normalizační institut, Praha 2005, 20 stran. [cit. 15.5.2011]
- [23] ČSN EN 13463-5. *Neelektrická zařízení pro prostředí s nebezpečím výbuchu - Část 5: Ochrana bezpečnou konstrukcí "c"*. Český normalizační institut, Praha 2005, 28 stran. [cit. 15.5.2011]
- [24] ČSN EN 13463-6. *Neelektrická zařízení pro prostředí s nebezpečím výbuchu - Část 6: Ochrana hlídáním iniciačních zdrojů "b"*. Český normalizační institut, Praha 2005, 24 stran. [cit. 15.5.2011]
- [25] ČSN EN 13463-8. *Neelektrická zařízení pro prostředí s nebezpečím výbuchu - Část 8: Ochrana kapalinovým závěrem "k"*. Český normalizační institut, Praha 2005, 16 stran. [cit. 15.5.2011]

- [26] *Nařízení vlády č. 286/2000 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 176/1997 Sb., kterým se mění technické požadavky na zařízení a ochranné systémy určené pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu.* [Online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu, Praha 2000. Dostupné na URL <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2000/sb082-00.pdf> [cit. 15.5.2011]
- [27] ČSN EN 61241-10. *Elektrická zařízení pro prostory s hořlavým prachem – Část 10: Zařazování prostorů, kde jsou nebo mohou být hořlavé prachy.* Český normalizační institut, Praha 2005, 28 stran. [cit. 15.5.2011]
- [28] ČSN EN 61241-14. *Elektrická zařízení pro prostory s hořlavým prachem – Část 14: Výběr a instalace.* Český normalizační institut, Praha 2005, 40 stran. [cit. 15.5.2011]
- [29] ČSN 33 2000-3. *Elektrické předpisy. Elektrická zařízení. Část 3: Stanovení základních charakteristik.* Český normalizační institut, Praha 1995, 56 stran.
- [30] ČSN 33 2000-5-51 ed.3. *Elektrická instalace nízkého napětí – Část 5-51: Výběr a stavba elektrického zařízení – Všeobecné předpisy.* Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha 2010, 60 stran. [cit. 18.5.2011]
- [31] *Katalog LV 1 T – kapitola 5, Jištění motorů.* [Online]. Siemens 2009. Dostupné na URL [http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=c2c9ba7702&ctxp=doc\\_katalogy&cpage=3](http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=c2c9ba7702&ctxp=doc_katalogy&cpage=3)
- [32] GENERI, s.r.o. [Online]. Dostupné na URL <http://www.generi.cz/>
- [33] ČSN 33 2030. *Elektrostatika – Směrnice pro vyloučení nebezpečí od statické elektřiny.* Český normalizační institut, Praha 2004, 72 stran.
- [34] BARTEC, s.r.o. [Online]. Dostupné na URL <http://www.bartec.cz/>

## Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Teplotní třídy [9].....	- 19 -
Tabulka č. 2: Nebezpečný prostor [9].....	- 20 -
Tabulka č. 3: Teplotní třída zařízení [9] .....	- 20 -
Tabulka č. 4: Skupina výbušnosti [9] .....	- 21 -

## Seznam obrázků

Obr. 1: Princip výbuchového trojúhelníku pro možný vznik exploze .....	- 11 -
Obr. 2: Pevný závěr Ex d [10, 32] .....	- 22 -
Obr. 3: Zajištěné provedení Ex e [14, 32] .....	- 23 -
Obr. 4: Závěr s vnitřním přetlakem Ex p [11, 32] .....	- 23 -
Obr. 5: Jiskrová bezpečnost Ex i [15, 32] .....	- 24 -
Obr. 6: Olejový závěr Ex o [13, 32] .....	- 25 -
Obr. 7: Pískový závěr Ex q [12, 32].....	- 25 -
Obr. 8: Závěr zalévací hmotou Ex m [17, 32] .....	- 26 -
Obr. 9: Závěr zalévací hmotou Ex n [16, 32] .....	- 27 -
Obr. č. 10: Vypínací charakteristika motorového spouštěče [31].....	- 49 -

## Seznam schémat zapojení

Schéma zapojení č. 1 .....	- 45 -
Schéma zapojení č. 2 .....	- 47 -
Schéma zapojení č. 3 .....	- 51 -
Schéma zapojení č. 4 .....	- 55 -

## Seznam zkratek a názvosloví

- *Výbušná plynná atmosféra* – směs hořlavých látek ve formě plynů nebo par se vzduchem za atmosférických podmínek, ve které se po vznícení šíří hoření do nespotřebované směsi.
- *Hořlavý prach* – jemné dělené částice, které mohou být rozvířeny ve vzduchu a mohou se z atmosféry usazovat vlastní vahou, hořet plamenem nebo žhnout ve vzduchu a mohou tvořit ve směsi se vzduchem výbušnou směs za atmosférického tlaku a normální teploty.
- *Nebezpečný prostor* – prostor, ve kterém je nebo může být přítomna výbušná plynná atmosféra v takovém množství, že jsou nutná speciální opatření pro konstrukci, instalaci a použitá zařízení.
- *Prostor bez nebezpečí výbuchu (BNV)* – prostor, ve kterém se neočekává výskyt výbušné plynné atmosféry v takovém množství, aby byla nutná speciální opatření pro konstrukci, instalaci a používání v těchto prostorech.
- *Bod vzplanutí* – nejnižší teplota kapaliny, při které kapalina za určitých standardních podmínek, uvolňuje páry v takovém množství, že jsou schopny vytvořit zápalnou směs par se vzduchem.
- *Teplota vznícení výbušné plynné atmosféry* – nejnižší teplota povrchu, při které se za stanovených podmínek vznítí hořlavá látka ve formě směsi plynů nebo par se vzduchem.
- *Dolní mez výbušnosti LEL* – koncentrace hořlavého plynu nebo par se vzduchem, pod kterou již není plynná atmosféra výbušná.
- *Horní mez výbušnosti UEL* – koncentrace hořlavého plynu nebo par se vzduchem, nad kterou již není plynná atmosféra výbušná.
- *Zdroj úniku* – bod nebo místo, ze kterého mohou unikat do atmosféry hořlavé plyny, páry nebo kapaliny a může tak vznikat výbušná atmosféra.
- *Stupeň úniku* – existují tři základní stupně úniků, které se v pořadí snižují s pravděpodobností přítomnosti výbušné plynné atmosféra:
  - a) trvalý stupeň úniku
  - b) primární stupeň úniku
  - c) sekundární stupeň úniku.

- *Trvalý stupeň úniku* – únik, který je trvalý nebo jehož vznik je očekáván často nebo po dlouhá časová období.
- *Primární stupeň úniku* – únik, jehož vznik může být očekáván periodicky nebo příležitostně během normálního provozu.
- *Sekundární stupeň úniku* – únik, jehož vznik se za normálního provozu neočekává, a pokud vznikne, je jeho vznik pravděpodobný pouze zřídka a pouze po krátká časová období.
- *EU* – Evropská unie
- *ČSN* – česká technická norma
- *EN* – evropská norma
- *ATEX* – zkratka výbušná atmosféra (*Atmospheres Explosibles*) *AT*mosphere *EX*plosive
- *Ex* – obecná zkratka označující nebezpečí výbuchu (zařízení, prostředí)