



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY**

**A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

**ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE**

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

## VYUŽITÍ BEZPEČNOSTNÍHO PLC PRO ŘÍZENÍ PLYNOVÝCH HOŘÁKŮ

USE OF A SAFETY PLC FOR GAS BURNERS

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Vojtěch Petr**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Helena Polsterová, CSc.**

**BRNO 2016**



# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Elektrotechnická výroba a materiálové inženýrství**  
Ústav elektrotechnologie

**Student:** Bc. Vojtěch Petr

**ID:** 129707

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2015/16

## NÁZEV TÉMATU:

### Využití bezpečnostního PLC pro řízení plynových hořáků

#### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s problematikou bezpečnosti řídicích systémů v průmyslové automatizaci.

Popište rozdělení bezpečnostních rizik podle úrovně integrity bezpečnosti (SIL).

Popište HW a SW prostředky, jakými je dosaženo požadovaného omezení rizika.

Navrhněte bezpečnostní řídicí systém pro řízení plynových hořáků s použitím Fail-safe PLC SIMATIC firmy Siemens.

Vytvořte aplikační software pro navržený systém a jeho funkčnost ověřte ve spolupráci s firmou Elektro MAR a. s.

#### DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle doporučení vedoucího práce.

**Termín zadání:** 8.2.2016

**Termín odevzdání:** 26.5.2016

**Vedoucí práce:** Ing. Helena Polsterová, CSc.

**Konzultant diplomové práce:** Ing. Petr Galgonek, Elektro MAR a. s.

**doc. Ing. Petr Bača, Ph.D., předseda oborové rady**

#### UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Tématem této diplomové práce je bezpečnost při řízení plynových hořáků. Cílem je plně automatizovat systém plynových hořáků pomocí bezpečnostního řídicího systému (Fail-Safe PLC) tak, aby se rizika snížila na minimum. Jelikož je kladen velký důraz na bezpečnost, v úvodní části jsou probírané české normy a to, co je spojeno s bezpečností pro řídicí systémy. Tento projekt je realizován ve spolupráci s firmou ElektroMAR a. s., zabývající se průmyslovou automatizací.

## **Klíčová slova**

Plynové hořáky, řídicí systém, bezpečnost, SIL, PL, funkční bezpečnost.

## **Abstract**

The topic of this diploma thesis is the safety of a gas burner control. The aim is to fully automate the system by using a gas burner safety control system (Fail-Safe PLC) so as to reduce to minimum the risks. Because great emphasis is placed on safety, so Czech standards and what is connected with safety control systems are discussed. This project is implemented in cooperation with industrial automation company ElektroMAR a. s.

## **Keywords**

Gas burner, control system, safety, SIL, PL, functional safety.

### **Bibliografická citace:**

PETR, V. *Využití bezpečnostního PLC pro řízení plynových hořáků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 76s. Vedoucí diplomové práce byla Ing. Helena Polsterová, CSc.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma Využití bezpečnostního PLC pro řízení plynových hořáků vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **26. května 2016**

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucí diplomové práce Ing. Heleně Polsterové, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat firmě Elektro MAR a. s. a mému nadřízenému Ing. Petru Galgonkovi za poskytnutí podkladů a cenných rad při zpracovávání teoretické i praktické části mé diplomové práci.

V Brně dne: **26. května 2016**

.....  
podpis autora

# Obsah

Úvod.....	9
1 Technické normy a předpisy.....	10
1.1 Normy a předpisy.....	10
1.1.1 Instituce tvořící normy.....	10
1.1.2 Evropa.....	10
1.1.3 USA a Kanada .....	11
1.1.4 Japonsko a Austrálie .....	11
1.2 Rozdělení norem.....	11
1.2.1 Mezinárodní a regionální normy.....	11
1.2.2 Normy národní.....	12
1.2.3 Normy asociací, sdružení, apod.....	13
1.2.4 Normy oborové, odvětvové .....	13
1.2.5 Podnikové normy.....	13
1.3 České technické normy ČSN.....	13
1.3.1 Technické normalizační informace.....	14
1.4 Směrnice EU.....	14
1.5 Harmonizované normy .....	15
1.6 Struktura bezpečnostních norem EN .....	16
1.6.1 Normy typu A .....	16
1.6.2 Normy typu B .....	16
1.6.3 Normy typu C .....	16
1.7 Definice pojmů .....	18
2 Rizika.....	19
2.1 Analýza rizik.....	19
2.2 Hodnocení rizika.....	21
2.2.1 Úroveň rizika dle ČSN EN ISO 13849 (PL).....	21
2.2.2 Úroveň rizika dle ČSN EN 62061 (SIL).....	22
2.3 Omezení rizika.....	25
2.3.1 Stop kategorie ČSN EN 60204 .....	26
2.4 Funkční bezpečnost ČSN EN 61508 .....	27

3	Řešení.....	29
3.1	Popis systému .....	30
3.2	Součásti.....	31
3.2.1	Manostaty.....	31
3.2.2	Ventily .....	31
3.2.3	Zapalovací transformátor .....	34
3.2.4	Snímač plamene.....	35
3.2.5	Klapky.....	35
3.3	Startovací sekvence.....	36
3.4	Odstavení hořáku .....	37
3.5	Výskyt poruchy a její odblokování.....	37
3.5.1	Poruchy a jejich příčiny .....	37
3.6	Regulace výkonu hořáku .....	38
3.7	Údržba systému.....	38
3.8	Popis ochrany před nebezpečným dotykem a druh prostředí .....	38
3.8.1	Napěťové soustavy .....	38
3.8.2	Ochrana před dotykem neživých částí dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2.....	39
3.8.3	Prostředí.....	39
3.8.4	Elektromontáže a revize.....	39
3.9	PLC Simatic.....	39
3.10	Moduly.....	40
3.10.1	CPU 315F – 2PN/DP .....	40
3.10.2	Interface module IM 365 .....	41
3.10.3	Vstupní digitální bezpečnostní karty .....	41
3.10.4	Výstupní digitální bezpečnostní karty .....	41
3.10.5	Vstupní analogové karty .....	41
3.10.6	Výstupní analogové karty .....	41
3.11	Popis vstupů a výstupů .....	42
3.12	Ovládací panel .....	45
3.12.1	Úvodní obrazovka.....	45
3.12.2	Ovládání hořáku.....	47
3.12.3	Alarmy .....	48



3.12.4	Nastavení parametrů .....	50
4	Bezpečnostní řídicí systém .....	52
4.1	Postup vytváření bezpečnostního programu .....	52
4.2	Nejdůležitější části bezpečnostního programu .....	56
	Závěr .....	71

## Seznam obrázků

Obrázek 2.1 Vývojový diagram pro posuzování rizik [13] .....	20
Obrázek 2.2 Vývojový diagram pro stanovení úrovně vlastnosti [13].....	22
Obrázek 2.3 Porovnání úrovně bezpečností PL a SIL [18] .....	25
Obrázek 2.4 Způsob omezení rizika (ČSN EN ISO 12100:2010) [11] .....	26
Obrázek 2.5 Postup bezpečnostní funkce [11].....	27
Obrázek 2.6 Postup určení úrovně SIL [15] .....	28
Obrázek 3.1 Dispozice systému.....	29
Obrázek 3.2 Technologické schéma hořáku [21] .....	30
Obrázek 3.3 Elektrické schéma manostatu [30] .....	31
Obrázek 3.4 Ventily IGV a VV .....	32
Obrázek 3.5 Elektrické schéma ventilu IGV [29].....	32
Obrázek 3.6 Ventily SSV1 a SSV2 .....	33
Obrázek 3.7 Zapalovací hořák .....	34
Obrázek 3.8 Snímač plamene .....	35
Obrázek 3.9 Dispozice PLC Simatic v rozvaděči.....	40
Obrázek 3.10 Úvodní obrazovka OP .....	45
Obrázek 3.11 Obrazovka ovládání hořáku .....	47
Obrázek 3.12 Obrazovka aktivních alarmů .....	49
Obrázek 3.13 Obrazovka historie alarmů .....	49
Obrázek 3.14 Obrazovka nastavení parametrů hořáku.....	50
Obrázek 3.15 Obrazovka parametry .....	51
Obrázek 4.2 Obrazovka konfigurace CPU .....	53
Obrázek 4.3 Organizační blok OB35.....	54
Obrázek 4.4 Nastavení bloku.....	54
Obrázek 4.5 Obrazovka nastavení runtime.....	55
Obrázek 4.6 Kvitace hořáků .....	56
Obrázek 4.7 FB 215 TLSTOP1 – nouzové vypnutí.....	57
Obrázek 4.8 Vyhodnocení startu alespoň jednoho hořáku .....	58
Obrázek 4.9 Časový diagram F_AIRD_GAS [32] .....	59
Obrázek 4.10 Funkce F_AIRD_GAS .....	60
Obrázek 4.11 Časový diagram F_PRE_PURGE [32] .....	61

Obrázek 4.12 Funkce F_PRE_PURGE .....	63
Obrázek 4.13 Časový diagram F_TIGHTN [32] .....	64
Obrázek 4.14 Funkce F_TIGHTN .....	65
Obrázek 4.15 Časový diagram F_IGNTR [32] .....	66
Obrázek 4.16 Funkce F_IGNTR .....	67
Obrázek 4.17 Funkce F_GAS_BU [32] .....	68
Obrázek 4.18 Funkce F_GAS_BU .....	70

## Seznam tabulek

Tabulka 1.1 Návaznost převzaté národní normy na normy EN a ISO [7].....	12
Tabulka 1.2 Návaznost právních a normativních podkladů [7].....	15
Tabulka 1.3 Struktura bezpečnostních norem 1 [11].....	17
Tabulka 1.4 Struktura bezpečnostních norem 2 [11].....	17
Tabulka 2.1 Popis úrovně vlastnosti [13] .....	21
Tabulka 2.2 Úrovně závažnosti zranění Se [17].....	23
Tabulka 2.3 Frekvence a doba vystavení rizika Fr [17] .....	23
Tabulka 2.4 Pravděpodobnost nebezpečné události Pr [17].....	24
Tabulka 2.5 Pravděpodobnost vyloučení nebo omezení škod Av [17] .....	24
Tabulka 2.6 Odhad úrovně SIL [17].....	24
Tabulka 3.1 Popis digitálních bezpečnostních vstupů .....	42
Tabulka 3.2 Popis digitálních bezpečnostních výstupů .....	43
Tabulka 3.3 Popis digitálních vstupů.....	43
Tabulka 3.4 Popis digitálních výstupů.....	44
Tabulka 3.5 Popis analogových vstupů .....	44
Tabulka 3.6 Popis analogových výstupů .....	44

# ÚVOD

Jedna z nejdůležitějších částí při projektování automatizovaného procesu je jeho funkční bezpečnost. Problematika bezpečnosti (safety) je téma, na které je při vývoji průmyslové automatizace v poslední době kladen největší důraz. Řeší se především přímá ochrana osob, ochrana majetku a ochrana stroje při obsluze a provozu.

Úkolem této diplomové práce je prostudovat a navrhnout bezpečnostní řídicí systém, který se bude starat o řízení plynových hořáků. Tento projekt je vytvářen společně s firmou ElektroMAR a. s., která se od roku 1991 zabývá měřením, automatizací a regulací. Cílem je automatizovat proces a tím zvýšit bezpečnost při hoření hořáků. Aby bylo možné správně pochopit podstatu problematiky, jsou popsána bezpečnostní rizika podle úrovně integrity bezpečnosti (SIL), je popsáno jakými hardwarovými a softwarovými prostředky je toto omezení rizika dosaženo a nakonec je navržen bezpečnostní řídicí systém pro plynové hořáky tak, aby splňoval všechny bezpečnostní normy.

Práce je rozdělena do tří částí. V první části je popsána problematika bezpečnosti a jsou rozebrané normy s tím související. V druhé části je popis řídicího systému, jeho komponenty a jakým způsobem lze splňovat požadavky pro bezpečnost. Třetí část je spíše praktická a je zde implementována konstrukce automatizovaného systému.

# 1 TECHNICKÉ NORMY A PŘEDPISY

Při rozhodování, které normy a předpisy udržovat při realizaci zakázky, záleží na kontinentu, do kterého se bude daný výrobek dodávat. Lze říci, že bezpečné výrobky splňující nařízení EU převážně splňují rovněž požadavky ostatních zemí.

## 1.1 Normy a předpisy

Technické normy nebo standardy jsou předpisy, které stanoví důležité parametry či vlastnosti materiálu, výrobku, součásti nebo pracovní postup, který vede ke standardizaci.

Normy stanovují požadavky na kvalitu, bezpečnost, slučitelnost, zaměnitelnost, ochranu zdraví a životního prostředí. Zjednodušují volný pohyb zboží mezi státy, udržují ochranu životního prostředí a konkurenceschopnost na přijatelné úrovni. Dále se snaží, aby výroba byla racionální a chrání spotřebitele na národním trhu. V současné době je technická norma kvalifikované doporučení, což znamená, že není závazná. Její používání je dobrovolné, avšak všestranně výhodné. Normy lze stanovit závazným právním předpisem nebo uvedením ve smlouvě. Norma je veřejně dostupný dokument založený na souhlasu všech, jichž se týká.

Druhy norem se liší podle obsahu, který je určující pro účel jejich použití (terminologické, základní, zkušební, normy výrobků, bezpečnostní předpisy, normy postupů/služeb, řízení jakosti, rozhraní). [1]

### 1.1.1 Instituce tvořící normy

Institucí, které vydávají normy, je po celém světě mnoho. Zde jsou popsány ty hlavní mezinárodní, evropské a české.

- ISO – Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization), Ženeva.
- IEC – Mezinárodní elektrotechnická komise (International Electrotechnical Commission), Ženeva.
- CEN – Evropský výbor pro normalizaci (Comité Européen de Normalisation), Brusel
- CENELEC – Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique), Brusel
- ČNI – Český normalizační institut

### 1.1.2 Evropa

Mezi evropské normy patří IEC a EN. IEC, jinak také CEI (Commission electrotechnique internationale). Jedná se o mezinárodní organizaci založenou v roce 1906, která vydává a spravuje odsouhlasené mezinárodní normy pro elektrické a

elektronické výrobky, systémy a služeb, kolektivně známe pod pojmem elektrotechnika. [2]  
Evropské normy (EN) vydávají instituce CEN a CENELEC, o kterých se píše v kapitole 1.1.1.

### **1.1.3 USA a Kanada**

K severní Americe se řadí normy UL, ANSI a CSA.

- UL (Underwriters Laboratories Inc.) je mezinárodní společnost založená v roce 1894, která vydává bezpečnostní certifikáty a bezpečnostní normy pro produkty, materiály a komponenty s ohledem na životní prostředí. [3]
- ANSI (American National Standards Institute) je standardizační instituce založena v roce 1918, která vytváří průmyslové standardy. [4]
- CSA (Canadian Standards Association) je kanadská asociace založená v roce 1919, která vydává normy a poskytuje školení a poradenské služby. [5]

### **1.1.4 Japonsko a Austrálie**

Pro japonský trh jsou používány normy JIS (Japanese Industrial Standards), o které se stará výbor JISC.

Pro australský trh jsou používány normy A-Tick a C-Tick

## **1.2 Rozdělení norem**

Technické normy lze rozdělit podle více kritérií. Pro přehlednost jsou normy v následujících kapitolách rozděleny podle rozsahu platnosti, který je vyjádřen jejich rozšířením a tím taky jejich použitelností v obchodních vztazích.

### **1.2.1 Mezinárodní a regionální normy**

Mezinárodní normy jsou značené ISO a vydává je organizace ISO (International Organization for Standardization). Mezi mezinárodní normy patří i normy EN a IEC, jak je popsáno v kapitole 1.1.1.

Normy ISO se týkají každé oblasti průmyslu, hlavně zkušebních metod, značení a terminologie. Jelikož je Česká republika členem CEN, jsou evropské normy zavedené do soustavy českých norem ČSN. [6]

## 1.2.2 Normy národní

Jedná se o normy vydané jednotlivými státy, jako například slovenské normy STN, německé normy DIN, britské normy BS, české normy ČSN, ruské normy GOST nebo rakouské normy ÖNORM. Národní normy se zabývají problematikou, která se v technických normách uvádí. V poslední době je snaha co nejvíc sjednotit technické normy evropských států. Proto má CEN povinnost přebírat do soustavy národních norem normy evropské, které pak označujeme zkratkami ČSN EN, DIN EN, apod. Podobný postup platí i pro evropské normy, kde to sice není povinností, ale je uplatňován postup přebírání normy ISO do soustavy EN. Tím dochází ke globálnímu sjednocování technických norem. Tyto normy se pak značí zkratkami ČSN EN ISO, DIN EN ISO, apod. [6]

Původní české technické normy s označením ČSN, které se vytváří pouze v oblastech, ve kterých neexistují normy evropské nebo mezinárodní, tvoří zhruba 10 % z celkové roční produkce technických norem v České republice. Zhruba 90 % českých technických norem je převzato z evropských nebo mezinárodních norem. [1]

Mezinárodní norma	Norma Evropské unie	Národní normy (příklady)	Vysvětlení
ISO 1234		ČSN ISO 1204 DIN ISO 1204 BS ISO 1204	Vydána pouze mezinárodní norma ISO, která je identicky převzata do národní soustavy ČSN, německé, britské soustavy norem apod.
	EN 5678	ČSN EN 5678 DIN EN 5678 BS EN 5678 apod.	Vydána pouze Evropská norma EN, která je převzata do národní soustavy ČSN. Stejně identicky jsou převzaty normy EN do jiných soustav členských zemí, např. DIN EN 5678 apod.
ISO 2729	EN ISO 2729	ČSN EN ISO 2729 DIN EN ISO 2729 BS EN ISO 2729	Vydána jako společná norma mezinárodní a evropská, která je převzata do národní soustavy ČSN. Stejně identicky jsou převzaty normy EN ISO do jiných soustav členských zemí, např. DIN EN ISO 2729 apod.
		ČSN 01 3112	Vydána pouze jako národní norma ČSN *)
*) Jde převážně o starší normy. Po vstupu ČR do normalizačních orgánů (CEN, CENELEC) Evropské unie se vydávají jen výjimečně, po souhlasu EU.			

**Tabulka 1.1** Návaznost převzaté národní normy na normy EN a ISO [7]



### **1.2.3 Normy asociací, sdružení, apod.**

Zpravidla se jedná o normy, které se uplatňují pro danou oblast výrobků a jsou mezinárodně uznávané. Mezi tyto normy patří normativní dokumenty obchodních řetězců a technické normy vojenských sdružení, na které navazují normy armádní. Např. pro dohodu NATO se jedná o normy AQAP (norma zajišťující kvality systému - Allied Quality Assurance Publications), které jsou pro ČR převedeny do ČOS (České Obranné Standardy). [6]

### **1.2.4 Normy oborové, odvětvové**

Normy značené zkratkou ON platné pro daný obor. Tyto normy byly velmi používané v Československu a k 31. 12. 1993 byly zrušeny. V praxi se mohou ještě ojediněle vyskytovat a mohou se používat, ale většina byla zapracovaná do podnikových norem. [6]

### **1.2.5 Podnikové normy**

Podnikové normy vypracovávají jednotlivé organizace a označují se zkratkou PN, TPD (Technické Podmínkové Dodávky), TP (Technické Podmínky), PNs (Podniková Norma sdružená) a nebo pak v podobě materiálových listů atd. Tyto normy lze rozdělit do dvou skupin:

- Normy vnitropodnikové (normy, které se uplatňují uvnitř podniku, řeší vstupní kontroly a mezioperační kontroly výrobků).
- Podnikové normy platné pro více organizací a využívají se při jednání mezi výrobcí a dodavateli. [6]

## **1.3 České technické normy ČSN**

V dnešní době se považují technické normy za dokumentované dohody, které poskytují pravidla, směrnice, pokyny nebo charakteristiky činností nebo jejich výsledků. Tyto normy zajišťují, aby produkt, postup a služby vyhovovaly danému účelu. V minulosti byly normy závazným podkladem, zatímco dnes jsou „pouze“ kvalifikovaným doporučením. Novela zákona č. 22/1997 Sb. (provedená zákonem č. 71/2000 Sb.) uvádí, že česká technická norma není obecně závazná. Z tohoto tvrzení lze říci, že ČSN nejsou považovány za právní předpisy a není stanovena povinnost jejich dodržování.

Používání TN je dobrovolné, avšak jsou nezbytnými:

- Podmínkami pro volný oběh zboží a služeb v rámci trhu EU (prioritně) a ostatních lokalit.
- Kritérii referenční úrovně výrobků a služeb, výsledků zkoušek, apod.
- Kritérii bezpečnosti výrobků, postupů, atd.
- Kritérii konkurenčních podmínek apod.

Při používání technických norem existují případy, kdy povinnost dodržování norem vyplývají z právního aktu, jako je například právní předpis nebo vzniká rozhodnutím správních orgánů.

Při obchodních smlouvách mezi dodavateli a odběrateli se obvykle technické normy stávají závazným předpokladem. Povinné jsou i při veřejných zakázkách a stávají se závazným pokynem nadřízeného, firemními směrnicemi, apod.

Rozdělení ČSN podle tříd je uvedeno v příloze č. 1. [7]

### **1.3.1 Technické normalizační informace**

Jedná se o dokumenty informativního charakteru, které se označují zkratkou TNI a šestimístným číslem podle zásad shodných s tříděním českých technických norem.

TNI obsahuje technické požadavky, které:

- Nemají předpoklad zpracování na úrovni norem.
- Obsahují osvědčené údaje ze zrušených ČSN, jejichž obsah lze využít účelně.
- Obsahují jiné normativní dokumenty, které nelze vydat jako normu.
- Jsou komentářem k některým složitějším normám. [7]

## **1.4 Směrnice EU**

Směrnice vydává Evropská unie a některé z nich mají technický obsah. Jedná se o jeden ze tří základních normativních orgánů Evropské unie. Tyto směrnice jsou určeny přímo členským státům, jež je musí zavést do svého právního řádu. V České republice se zavádí formou nařízení vlády. Cílem směrnic je, aby členské státy dosáhly konkrétního cíle, aniž by určovaly jak a pomocí kterých prostředků těchto cílů dosáhnout. Obsahují obecné bezpečnostní cíle a definují základní požadavky. Technické požadavky jsou uvedené až v normách. Značka CE, která značí volný pohyb zboží po Evropské unii, zajišťuje shodu výrobku s jednou nebo více směrnicemi EU. [7] [9]

## 1.5 Harmonizované normy

Harmonizované normy jsou technické normy, které obsahují požadavky stanovené evropskou normou, harmonizačním dokumentem nebo evropskou směrnicí, již uznaly orgány Evropského společenství. Tyto normy jsou stanovené v souladu s právem Evropských společenství společnou dohodou notifikovaných osob. Při splnění požadavků harmonizovaných norem na konkrétní produkt se považují za splněné i požadavky příslušné směrnice. Harmonizované normy tvoří v České republice 1/6 současně platných ČSN. Jsou-li splněné harmonizované normy, předpokládá se, že je vyhověno i bezpečnostním směrnicím EU. [8]

Evropská unie		Převod	Česká republika	
<b>Evropské směrnice ES</b>	- závazný právní dokument EU	→	<b>Nařízení vlády (NV)</b>	- závazný právní dokument ČR
↓			↓	
- normotvorné práce na podpoře ES			- normotvorné práce na podpoře NV	
<b>EN</b> Evropské harmonizované normy související s ES	- nezávazné normy, ale předurčené a uznávané pro splnění Evropské směrnice	→	<b>ČSN EN</b> převzaté Evropské harmonizované normy do soustavy ČSN	- nezávazné normy, ale přeúčtené a uznávané pro splnění Nařízení vlády

**Tabulka 1.2** Návaznost právních a normativních podkladů [7]

## **1.6 Struktura bezpečnostních norem EN**

Při ohodnocení rizika se berou v potaz dva faktory: závažnost zranění a pravděpodobnost, že nastane nebezpečná situace. Pravidla pro bezpečnou technologii jsou vyjádřena formou norem. Každá firma, která vyrábí stroje nebo zařízení, musí provádět analýzu a posouzení možných rizik. Do provozu lze uvést pouze stroje s akceptovatelným rizikem, tzv. „bezpečné stroje“. Proces posouzení a snižování rizik je popsán v normách EN ISO 12100 a 14121. Nejvyšší prioritu má skupina C, tzn. že pokud existuje harmonizovaná norma typu C pro daný stroj, tak má prioritu před normami typu A a B. Bezpečnostní normy jsou rozděleny do tří skupin. [9] [12]

### **1.6.1 Normy typu A**

Normy typu A jsou základní bezpečnostní normy a stanovují základní pokyny, konstrukční principy, terminologii a obecné faktory, které se vztahují na všechna strojní zařízení. Normy typu A jsou např. EN ISO 12100 a EN ISO 14121, IEC 61508 aj. [10] [11]

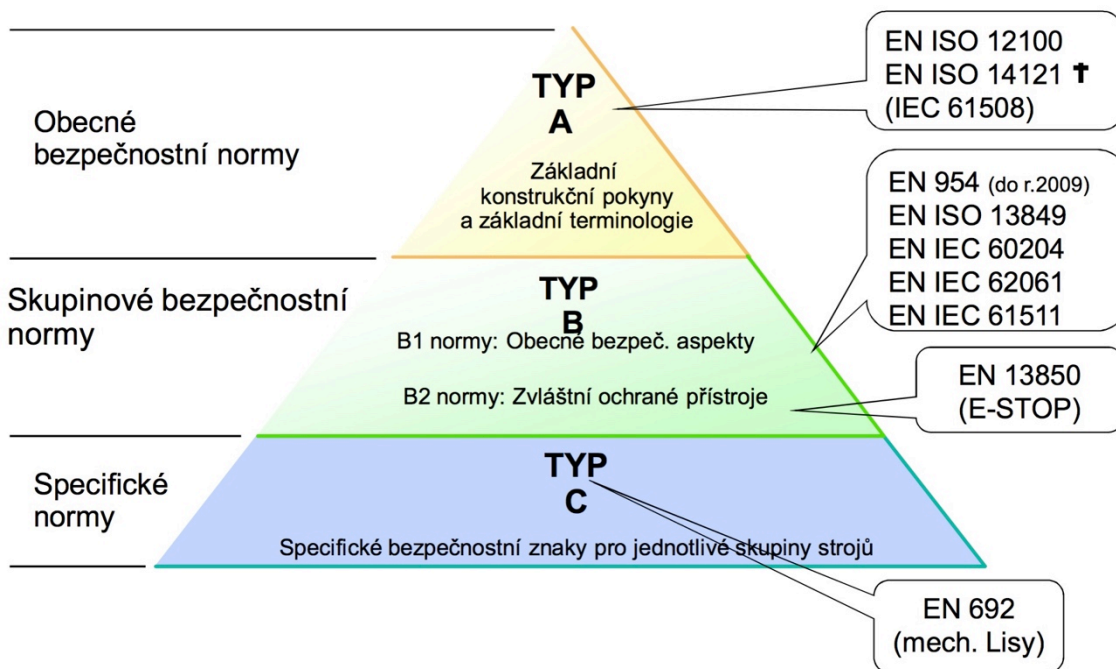
### **1.6.2 Normy typu B**

Normy typu B jsou normy, které řeší bezpečnost stroje z určitého hlediska nebo se zabývají jedním typem bezpečnostního zařízení, které lze pak použít pro větší počet strojů. Normy typu B se dělí na:

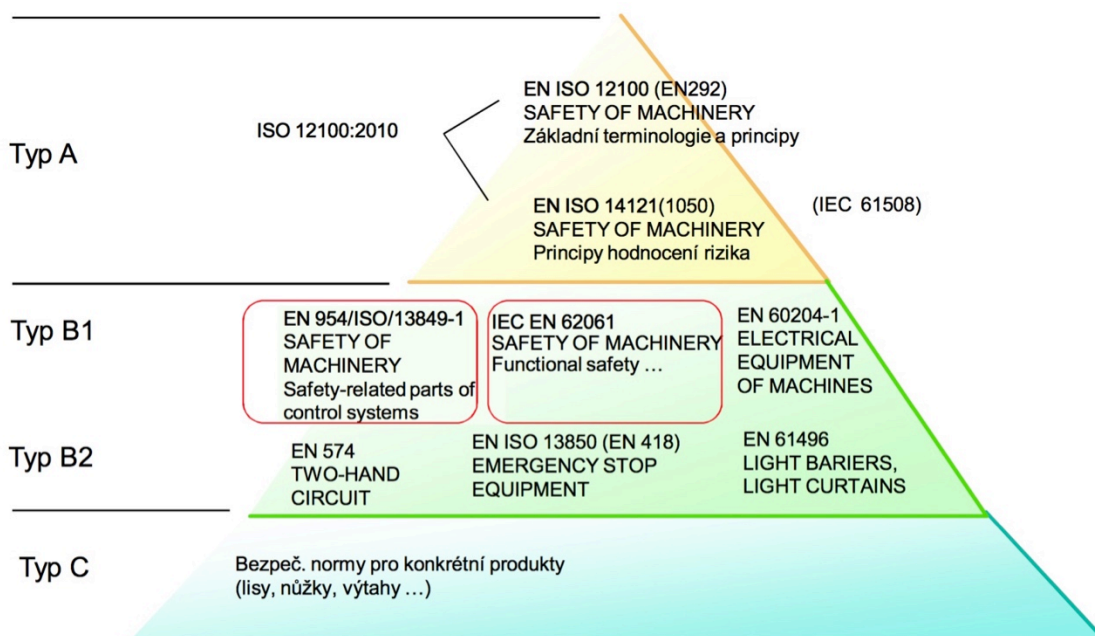
- Normy typu B1, které řeší konkrétní bezpečnostní faktor, jako např. bezpečnostní vzdálenost, teploty povrchu, hluk apod.
- Normy typu B2, které řeší konkrétní bezpečnostní prvky, jako např. dvouruční ovládací zařízení, blokovací zařízení, tlakově citlivé zařízení, kryty apod. [10] [11]

### **1.6.3 Normy typu C**

Normy typu C se zabývají detailními bezpečnostními požadavky pro konkrétní stroj nebo skupinu strojů, jako např. lisy, nůžky, výtahy atd. [10]



**Tabulka 1.3** Struktura bezpečnostních norem 1 [11]



**Tabulka 1.4** Struktura bezpečnostních norem 2 [11]

## 1.7 Definice pojmů

V této kapitole jsou uvedeny definice některých pojmů.

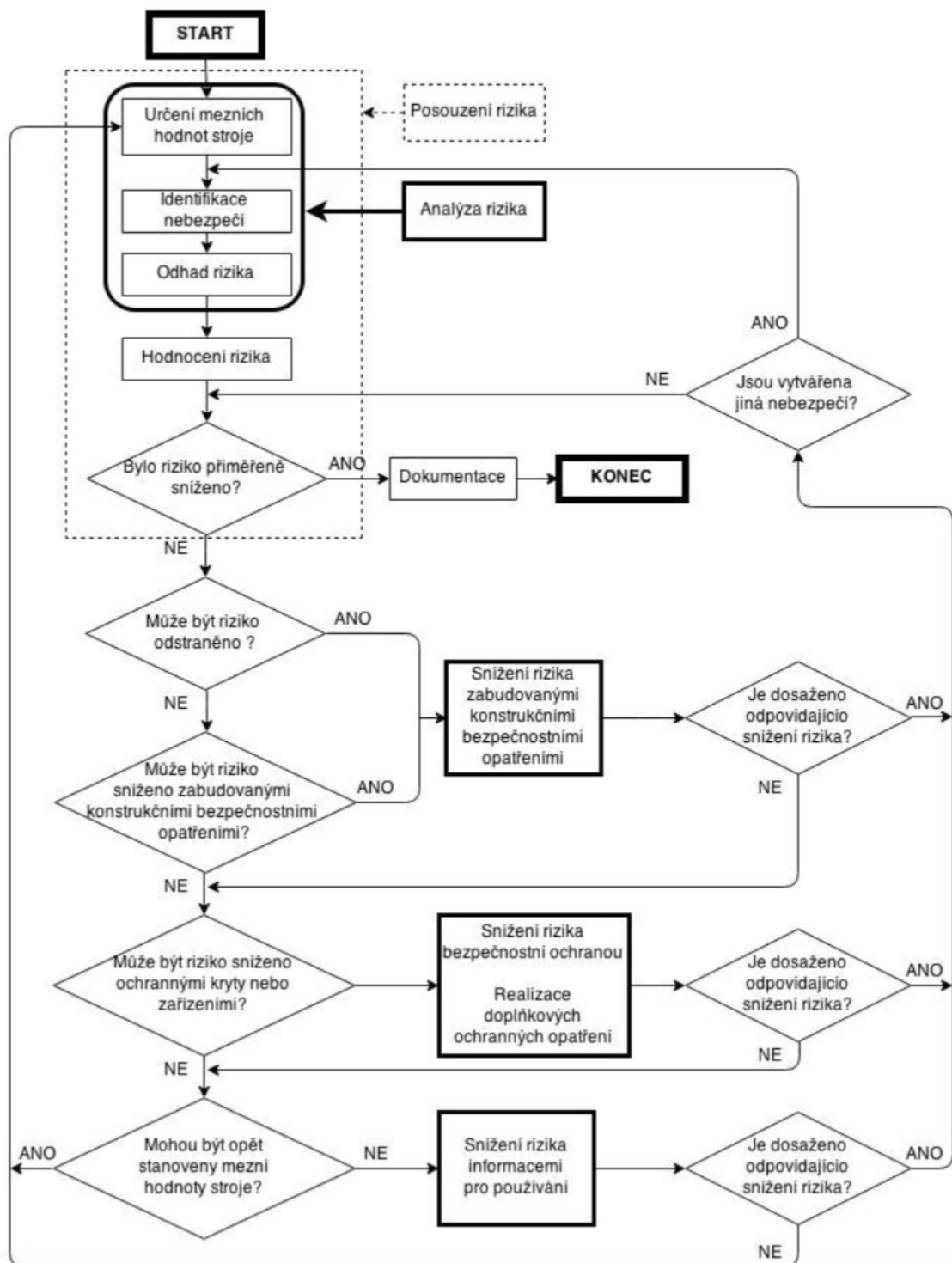
- Bezpečnost – odstranění nepřijatelného rizika, dělíme ji podle zdroje nebezpečí (elektrický proud, žár nebo oheň, nebezpečné záření, nesprávná funkce).
- Primární bezpečnost – bezpečnost, která se zabývá riziky s újmou na zdraví (např. úrazy elektrickým proudem, šoky, popálení způsobené zařízením).
- Nepřímá bezpečnost – bezpečnost, která se zabývá riziky bez újmy na zdraví.
- Riziko – existuje tam, kde může chybná funkce způsobit újmu na zdraví nebo na stroji (riziko hodnotíme podle závažností zranění a podle pravděpodobnosti, že nastane nebezpečná událost).
- Nebezpečí – potenciální zdroj úrazu nebo poškození.
- Elektrická bezpečnost – vyžaduje ochranu proti úrazu elektrickým proudem.
- Funkční bezpečnost – vyžaduje ochranu proti nebezpečí generovanou nesprávnou funkcí bezpečnostního (řídícího) systému.
- Chyba – ukončení schopnosti zařízení vykonávat požadovanou funkci.
- Nebezpečná chyba (definice dle IEC 61508-4) – chyba, při které může dojít k nebezpečné situaci a újmě na zdraví nebo na stroji.
- Bezpečná chyba (definice dle IEC 61508-4) – jsou to chyby, při kterých nedojde k nebezpečné situaci pro člověka nebo stroje a jsou např. ekonomického charakteru.
- Integrita bezpečnosti – pravděpodobnost bezpečnostního systému souvisejícího s uspokojivým provedením požadovaných bezpečnostních funkcí při plnění všech uvedených podmínek ve stanoveném čase.
- Nouzové zastavení – zastavení části stroje (pohyblivé části) pro předcházení nebezpečí úrazu v důsledku pohyblivého mechanismu.
- Nouzové vypnutí – odpojení stroje od elektrického proudu pro předcházení nebezpečí úrazu vlivem elektrického proudu. [15]

## 2 RIZIKA

Tato kapitola je věnována postupu návrhu stroje a obsahuje postup, jak se určí bezpečnostní třída stroje. Bezpečná konstrukce je prvním a nejdůležitějším krokem procesu minimalizace rizika. Tímto krokem se sníží vznik nebezpečí na minimum při návrhu a konstrukci stroje. Efektivita těchto opatření je prokazatelně nejvyšší a není tak nákladná. Požadavky pro bezpečný stroj ovlivňují jeho konstrukci (např. mechanická konstrukce, koncept obsluhy a údržby, elektrická bezpečnost, elektromagnetická kompatibilita, koncepty pro odstavení stroje v případě nouze, mechanika tekutin, použité materiály a pohonné hmoty, funkce stroje a výrobní procesy) a vzájemné působení mezi ohroženými osobami a strojem. Každý stroj, který je uveden na trh v EU, musí mít značku CE, která prokazuje, že bylo vyhověno všem normám při jeho výrobě. [13] [14]

### 2.1 Analýza rizik

Analýza rizik je prováděna, aby došlo k identifikaci různých druhů nebezpečí a jejich možných následků. Aby byla tato rizika omezena, jsou zavedeny různé druhy ochranných opatření, dokud není riziko menší, než požadovaná úroveň. Stroj je třeba navrhnout a zkonstruovat tak, aby nedošlo k jinému používání, než pro které byl určen. Je potřeba stanovit způsob použití zařízení. Způsob využití musí být uveden v dokumentu o posouzení rizik zařízení a v návodu k použití. V následujícím obrázku je pomocí vývojového diagramu znázorněno, jak probíhá analýza, posouzení a řešení rizika. [13]



Obrázek 2.1 Vývojový diagram pro posuzování rizik [13]



## 2.2 Hodnocení rizika

Při posuzování rizika na stroji jsou brány v potaz mezní hodnoty stroje, které zahrnují omezení v prostoru, čase, použití, podmínky prostředí, životnost a druh provozů. Pro všechny tyto podmínky je potřeba, aby bylo identifikováno a zdokumentováno nebezpečí. Při posuzování nebezpečí lze využít normu ČSN EN ISO 12100 (Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci - Posouzení rizika a snižování rizika), která poskytuje seznam možných nebezpečí. Při dodržování tohoto postupu lze snadno stanovit úrovně rizika podle požadované SIL (Safety Integrity Level) nebo hodnoty PL (Performance Level), které jsou popsány v následujících dvou kapitolách. Pro každé nebezpečí je potřeba posoudit parametry S (závažnost zranění), F (četnost zranění/doba vystavení nebezpečí), P (pravděpodobnost vyhnutí se nebezpečí) a pro normu IEC 62061 je ještě přídatný parametr W (pravděpodobnost vzniku nebezpečí). [16]

### 2.2.1 Úroveň rizika dle ČSN EN ISO 13849 (PL)

Norma ČSN EN ISO 13849 (Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Všeobecné zásady pro konstrukci), která nahrazuje starou normu ČSN EN 954 (Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části řídicích systémů – Všeobecné zásady pro konstrukci). Úroveň vlastností (Performance Level) lze využít na různé části ovládacích systémů.

- Ochranné zařízení (např. dvouruční ovládání, blokovací zařízení), elektrické ochranné zařízení (např. Fotoelektrické clony), ochranné zařízení citlivé na tlak.
- Řídicí jednotky (např. PLC, vizualizace, zpracovávání dat, apod.)
- Silové regulační prvky (např. relé, ventily, apod.)

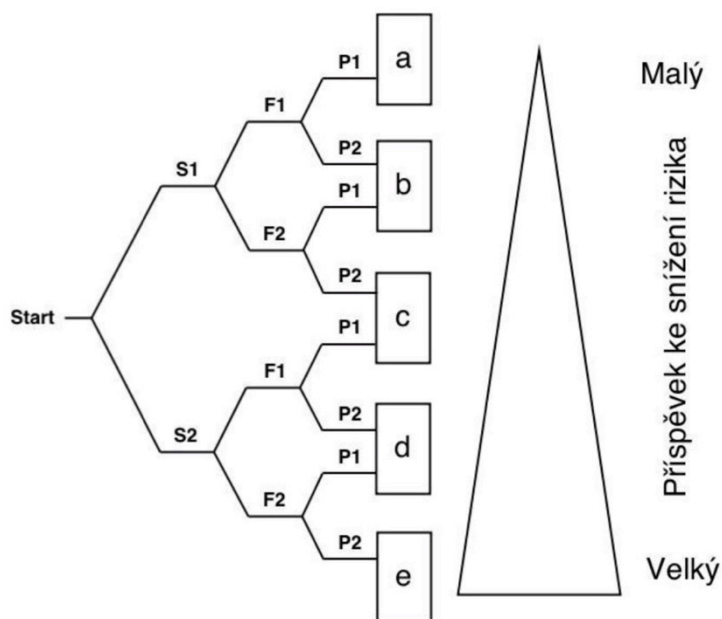
Úrovně vlastností dělíme podle pravděpodobnosti průměrné nebezpečné poruchy za hodinu do pěti skupin (a, b, c, d, e), kde každá úroveň má určitý rozsah pravděpodobností. V následující tabulce jsou tyto úrovně popsány. [13]

PL	Průměrná pravděpodobnost nebezpečné poruchy za hodinu	Poznámka
a	$\geq 10^{-5}$ až $< 10^{-4}$	odpovídá době do cca 2 let
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ až $< 10^{-5}$	odpovídá době od cca 2 let do cca 30 let
c	$\geq 10^{-6}$ až $< 3 \times 10^{-6}$	odpovídá době od cca 30 let do cca 100 let
d	$\geq 10^{-7}$ až $< 10^{-6}$	odpovídá době od cca 100 let do cca 1000 let
e	$\geq 10^{-8}$ až $< 10^{-7}$	odpovídá době cca nad 1000 let

**Tabulka 2.1** Popis úrovně vlastností [13]

Postup stanovení úrovně vlastností je znázorněn v následujícím vývojovém diagramu, kde:

- S je závažnost zranění (S1 - lehké zranění a S2 - vážné, trvalé zranění nebo smrt jedné nebo více osob).
- F je četnost/doba v nebezpečné zóně (F1 – zřídka až občas a F2 často až trvale)
- P je možnost vyhnout se nebezpečí (P1 – možné za určitých podmínek a P2 – sotva možné). [11]



**Obrázek 2.2** Vývojový diagram pro stanovení úrovně vlastnosti [13]

## 2.2.2 Úroveň rizika dle ČSN EN 62061 (SIL)

IEC EN 62061 (Bezpečnost strojních zařízení - Funkční bezpečnost elektrických, elektronických a programovatelných elektronických řídicích systémů souvisejících s bezpečností). Tato norma stanovuje požadavky, které jsou aplikovatelné na návrh systémové úrovně všech typů elektrických řídicích systémů strojních zařízení souvisejících s bezpečností a také pro návrh nepříliš složitých subsystémů nebo zařízení. Výsledky hodnocení rizik při jejich omezování identifikují potřebu spojenou s bezpečnostními funkcemi. Tyto funkce musí být zdokumentovány a musí obsahovat: [17]

- Specifikaci funkčních požadavků.
- Specifikace požadavku na bezpečnostní integritu.
- Strukturovaný a zdokumentovaný proces návrhu pro elektrický řídicí systém.
- Správu a údržbu systému s ohledem na organizaci účtu a oprávnění pracovníků.
- Ověřovací plán a validace.

Funkční požadavky zahrnují údaje jako frekvence provozu, požadované doby odezvy, provozní režimy a cykly a bezpečnostní funkce.

Požadavky na bezpečnostní integritu jsou vyjádřeny v úrovních zvaných úroveň bezpečnosti integrity (SIL – Safety Integrity Level).

SIL (Safety Integrity Level) je měrnou jednotkou kvantifikující omezení rizika. Jak už bylo zmíněno v předchozích kapitolách, je nutné, aby nebezpečí bylo sníženo na minimum a tím vyhověno požadavkům bezpečného provozu.

Největší výhodou této metody je, že dokáže poskytnout úroveň rizika, jež obsahuje všechny parametry, které dokážou ovlivnit spolehlivý chod zařízení bez ohledu na používanou technologii. [17]

Tato metoda přiděluje úroveň SIL ke každé funkci s ohledem na tyto parametry:

- Pravděpodobnost nebezpečné poruchy komponentů (PFHd).
- Typ architektury: s nebo bez diagnostiky a s nebo bez redundance.
- Příčina běžných výpadků (výpadky elektrického proudu, přepětí, ztráta komunikace, apod.), (CCF).
- Pravděpodobnost nebezpečného přenosu chyby tam, kde je používaná digitální komunikace.
- Elektromagnetické rušení (EMC).

Pro stanovení úrovně SIL je zapotřebí stanovit různé parametry (vždy pro nejnepríznivější případ), které jsou následovně uvedeny:

- Závažnost (Se – Severity): Závažnost zranění nebo poškození se stanovuje podle rozsahu zranění a dělí se do čtyř úrovní:

Následky	Se
Těžká zranění: smrt, ztráta oka nebo ruky	4
Těžká zranění: ztráta prstu nebo zlomenina končetiny	3
Lehká zranění: vyžádaná přítomnost lékaře	2
Lehká zranění: vyžádaná první pomoc	1

**Tabulka 2.2** Úrovně závažnosti zranění Se [17]

- Frekvence a doba vystavení rizika (Fr - Frequency): úroveň vystavení je spojená s přístupem do nebezpečných zón (údržba, denní operace, apod.) a s typem přístupu (nastavení, ruční přívod, apod.). Pak lze stanovit frekvence a dobu vystavení rizika dle následující tabulky:

Frekvence nebezpečné expozice	Fr
Do hodiny	5
Hodina až den	5
Den až 2 týdny	4
2 týdny až rok	3
Víc jak rok	2

**Tabulka 2.3** Frekvence a doba vystavení rizika Fr [17]

- Pravděpodobnost nebezpečné události (Pr - Probability): při stanovení parametru Pr je zapotřebí brát v potaz předvídatelnost nebezpečných složek v různých

částech stroje v různých provozních režimech (normální, údržba, řešení problémů), zvláště při neočekávaném restartu a chování osob při interakci se strojem (stres, únava, nezkušenost, apod.). Tento parametr je rozdělen do pěti úrovní:

Pravděpodobnost nebezpečné události	Pr
Velmi vysoká	5
Vysoká	4
Střední	3
Nízká	2
Zanedbatelná	1

**Tabulka 2.4** Pravděpodobnost nebezpečné události Pr [17]

- Pravděpodobnost vyloučení nebo omezení škod (Av – Avoiding): tento parametr je spojen s konstrukcí zařízení. Bere v úvahu náhlost výskytu nebezpečných událostí, povahu nebezpečných složek (řezání, teplota, elektřina, apod.) a možnost identifikace nebezpečných jevů. Tento parametr se dělí do tří úrovní:

Pravděpodobnost vyloučení nebo omezení škod	Se
Nemožné	5
Téměř nemožné	3
Pravděpodobné	1

**Tabulka 2.5** Pravděpodobnost vyloučení nebo omezení škod Av [17]

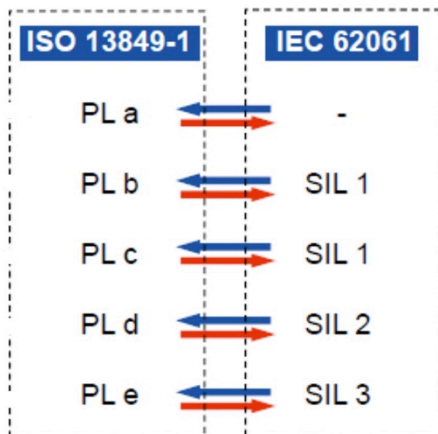
Pro přidělování úrovně SIL používáme tabulku 2.6. Výsledkem součtu parametrů „Fr“, „Pr“ a „Av“ je třída CI. Pomocí parametru „Se“ a třídy CI se potom určí úroveň SIL.

Závažnost Se	Třída CI				
	3-4	5-7	8-10	11-13	14-15
4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
3		OM	SIL 1	SIL 2	SIL 3
2			OM	SIL 1	SIL 2
1				OM	SIL 1

**Tabulka 2.6** Odhad úrovně SIL [17]

Kde: Černá oblast – bezpečnostní opatření vyžadována

Oranžová oblast – bezpečnostní opatření doporučena



**Obrázek 2.3** Porovnání úrovně bezpečností PL a SIL [18]

## 2.3 Omezení rizika

V normě ČSN EN ISO 12100:2010 (Základní terminologie a principy – Principy hodnocení rizika) jsou uvedené postupy, jak analyzovat riziko a jakým způsobem jej lze omezit.

Omezení snižující riziko je potřeba řešit v následujícím prioritním pořadí: [18]

- Opatření zabudované v konstrukci stroje:

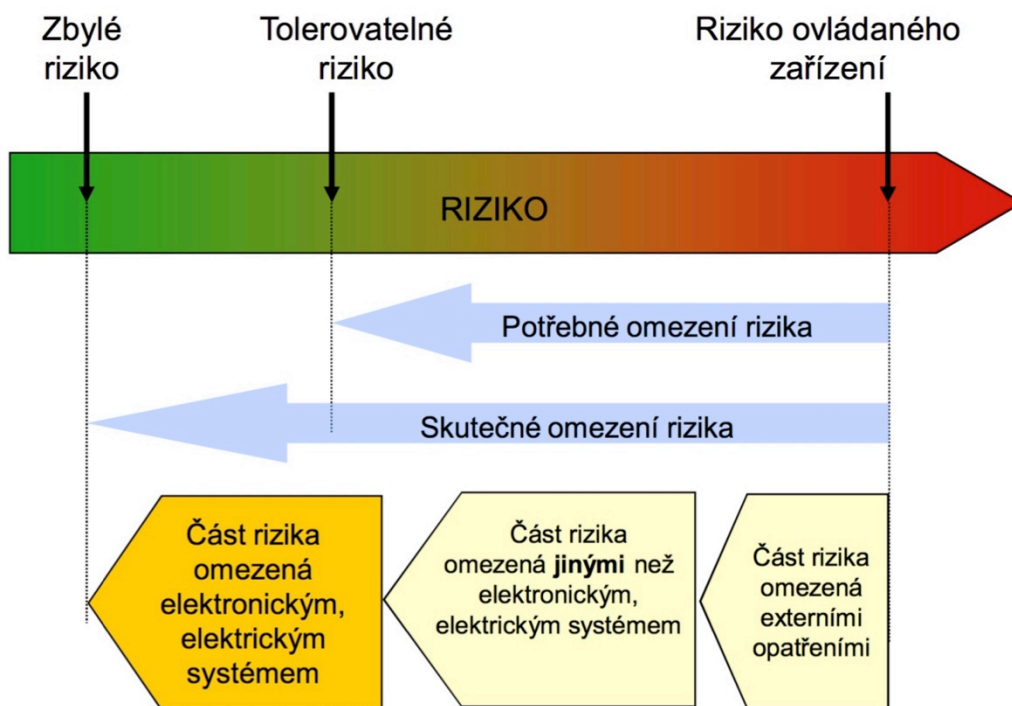
Toto opatření zahrnuje volbu materiálů stroje, konstrukční uspořádání, použité tekutiny (maziva, oleje, vody, apod.), napájení (elektrické, hydraulické, apod.) nebo instalace pevných krytů, zábran, atd.

- Bezpečnostní ochrana:

Příkladem bezpečnostní ochrany jsou kryty, optické závory, spínače polohy, obvody nouzového vypnutí a nouzového zastavení, dvouruční ovládaní, atd. Tato opatření jsou součástí funkční bezpečnosti a pro zajištění bezporuchového chodu zařízení je zapotřebí správná činnost řídicího a ovládacího systému, na kterém jsou bezpečnostní prvky připojeny. Pro bezpečný chod zařízení bývá uplatněna norma ČSN EN ISO 13849, která zajišťuje, aby každá bezpečnostní funkce splňovala požadovanou úroveň PL. Na úrovni PL mají vliv všechny HW prvky tvořící bezpečnostní obvody. Z toho vyplývá, že nelze libovolně vyměnit žádný z těchto prvků a je zapotřebí držet se prvků určených od výrobce nebo zvolit prvky se stejnými parametry. V opačném případě by mohlo dojít ke snížení bezpečnosti stroje. V případě použití řídicího systému je pak zapotřebí aplikovat normu ČSN EN 62061, která stanoví, jaké vlastnosti musí řídicí systém splňovat.

- Informace pro uživatele:

Zahrnují bezpečnostní sdělení, piktogramy, pracovní postupy, postup údržby stroje, upozornění pro obsluhu, varování, seznam zbytkových rizik a jak jim předejít, atd.



Obrázek 2.4 Způsob omezení rizika (ČSN EN ISO 12100:2010) [11]

### 2.3.1 Stop kategorie ČSN EN 60204

Mezi bezpečnostní funkce patří i funkce zastavení stroje, kterou dělíme do tří kategorií:

- Kategorie 0: neřízené zastavení stroje odpojením přívodu elektrické energie, přičemž brzdy a další mechanické součásti určené k zastavení stroje jsou aktivní.
- Kategorie 1: řízené zastavení; postupné zastavování stroje a odpojení od napětí až po zastavení, přičemž výkonové části zařízení zůstanou při procesu zastavení pod napětím.
- Kategorie 2: řízené zastavení; postupné zastavování stroje bez následovného odpojení od přívodu energie (pouze tam, kde může dojít k pohybu).

U každého zařízení musí být zavedená funkce STOP kategorie 0. Při vyšší bezpečnosti nebo je-li požadována vyšší funkční bezpečnost zařízení, musí zařízení splňovat kategorie 1 nebo 2. [19]

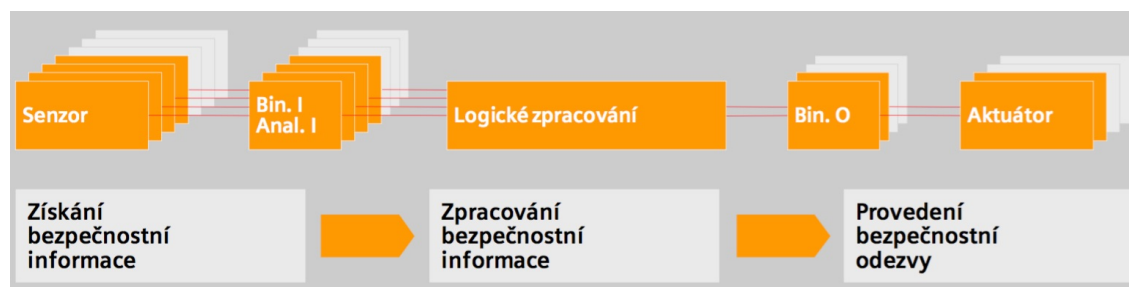
## 2.4 Funkční bezpečnost ČSN EN 61508

Funkční bezpečnost je součástí celkové bezpečnosti zařízení, závisí na správných reakcích řídicího systému a zařízení na příslušné vstupy bezpečnostních prvků, včetně možných chyb operátora, selhání hardwaru/software a změny prostředí. Příkladem funkční bezpečnosti je optoelektrická clona pro monitorování vstupu do nebezpečného prostoru. Je-li místo optoelektrické clony použit zákaz vstupu do nebezpečného prostoru kompletním zakrytím tohoto prostoru, pak už se nejedná o funkční bezpečnost (není to závislé na bezpečnostní funkci a jeho vstupu). Funkční bezpečnost zahrnuje mnohá zařízení, aby byl zajištěn bezpečný chod stroje, jako např. blokovací spínače, světelné clony, ochranné relé, bezpečnostní PLC, ochranné stykače, atd. Funkční bezpečnost je zajištěna při dodržování normy ČSN EN 61508 (Funkční bezpečnost elektrických/elektronických/programovatelných elektronických systémů souvisejících s bezpečností). Aby bylo dosaženo funkční bezpečnosti, jsou nezbytné dva požadavky: [20]

- bezpečnostní funkce,
- bezpečnostní integrita.

Analýza rizik vede k požadavkům na funkční bezpečnost, zatímco vyčíslení rizik vede k požadavkům na bezpečnostní integritu.

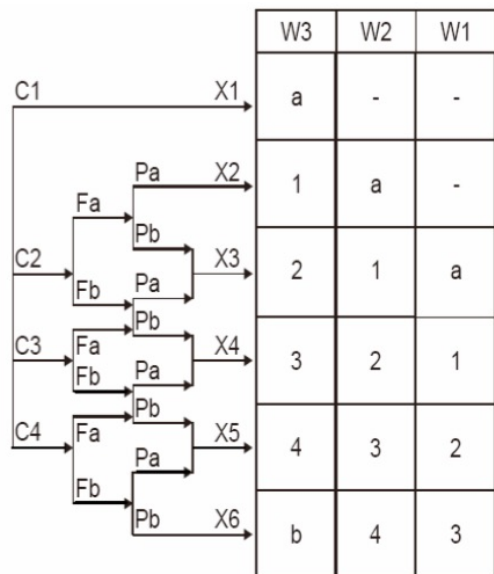
Funkční bezpečnost vždy obsahuje celý řetězec od sběru a zpracování informací až k příslušné akci. Viz obrázek 2.5.



Obrázek 2.5 Postup bezpečnostní funkce [11]

Postup určování úrovně SIL u normy ČSN EN 61508 je odlišný od postupu pro normu IEC EN 62061. V tomto případě postupujeme podle obrázku 2.6.

<p><b>Rozsah poškození</b>  <b>C1</b> - lehké zranění jedné osoby, lehké poškození prostředí  <b>C2</b> - těžké zranění jedné nebo více osob, nebo smrt jedné osoby, větší poškození prostředí  <b>C3</b> - smrt více osob, těžké poškození prostředí  <b>C4</b> - katastrofa, smrt mnoha osob</p>
<p><b>Frekvence &amp; Ohrožení</b>  <b>Fa</b> - zřídka  <b>Fb</b> - častý nebo trvalý</p>
<p><b>Možnosti vyhnout se</b>  <b>Pa</b> - možné v definovaných situacích  <b>Pb</b> - zřídka možné</p>
<p><b>Pravděpodobnost poruchy</b>  <b>W1</b> - velmi malá  <b>W2</b> - malá  <b>W3</b> - relativně velká</p>



a - není požadováno zabezpečení  
b - nelze zabezpečit jedním bezpečným systémem

**Obrázek 2.6** Postup určení úrovně SIL [15]

Popis SIL úrovně pro standard ČSN EN 61508: [11]

- **SIL1:** Ne více než jedna nebezpečná chyba v bezpečnostní funkci za **10 let**
- **SIL2:** Ne více než jedna nebezpečná chyba v bezpečnostní funkci za **100 let**
- **SIL3:** Ne více než jedna nebezpečná chyba v bezpečnostní funkci za **1000 let**
- **SIL4:** Ne více než jedna nebezpečná chyba v bezpečnostní funkci za **10000 let**



### 3 ŘEŠENÍ

Kotle na uhelný prach slouží pro vytápění obce Karviné a části obce Dětmarovice. Pro zapálení a stabilizaci plamene kotlů jsou použity čtyři stabilizační hořáky na degazační plyn, viz obrázek 3.1. Tyto plynové hořáky jsou umístěné okolo hlavního uhelného hořáku.

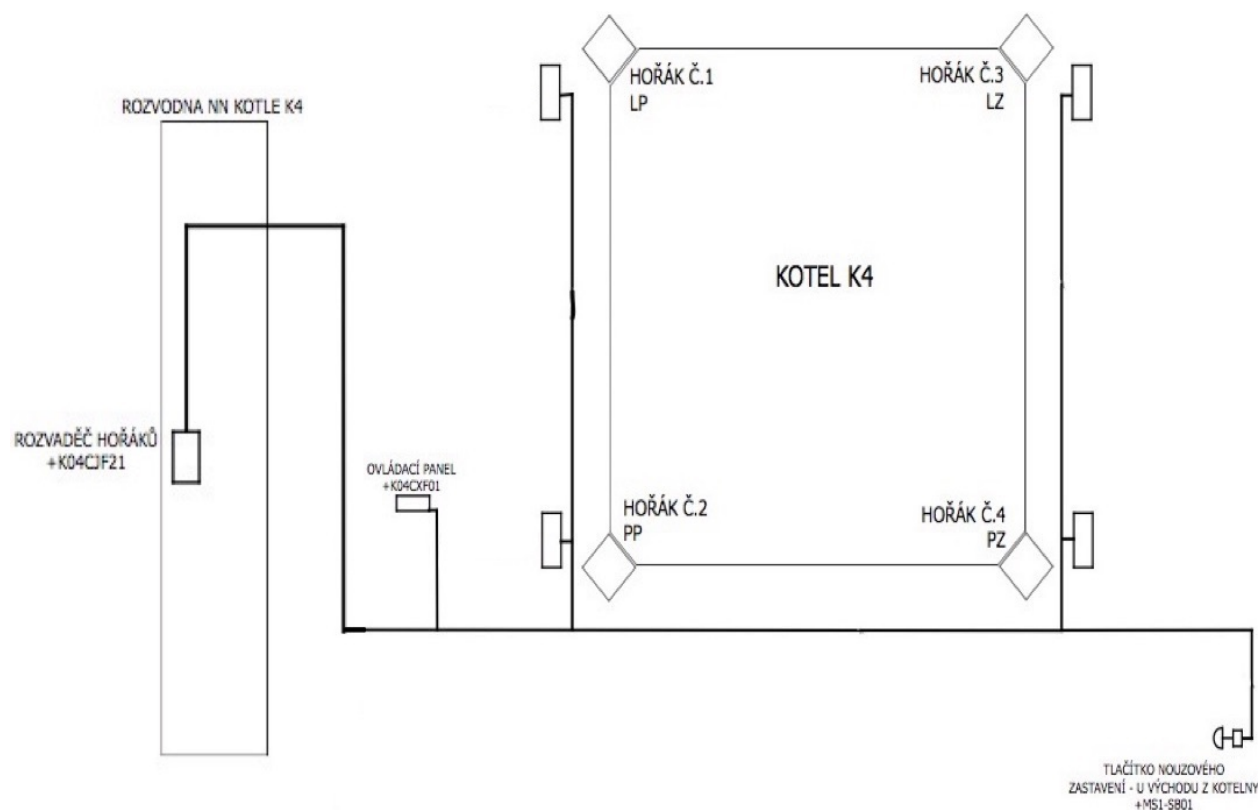
Hořáky jsou vybavené zapalovacími hořáky HEGWEIN a snímači plamene LAMTEC F200K.

Hořáky jsou řízené pomocí řídicího systému Simatics S7-300F, který obsahuje různé vstupní a výstupní karty. Řízení výkonu hořáků je provedeno pomocí klapky na vzduch a na plyn (optimální poměr vzduch – plyn). Tyto klapky jsou řízeny prostřednictvím analogových výstupu z PLC 4 (0) – 20 mA. Plamen je hlídán pomocí Fail Safe hlídače plamene viz kapitola 3.2.4. Plynové potrubí je osazeno solenoidovými ventily, které jsou řízeny pomocí Fail Safe výstupů.

Na plynovém potrubí je hlídán minimální a maximální tlak plynu, zatímco na vzduchovém potrubí pouze minimální tlak vzduchu. Ovládání hořáku lze provést z řídicího centra nadřazeného systému nebo místně z operačního dotykového panelu, který je umístěn v blízkosti kotle.

Ovládání, požadavky a komunikace s řídicím systémem kotle jsou provedeny pomocí komunikační sběrnice PROFIBUS-DP.

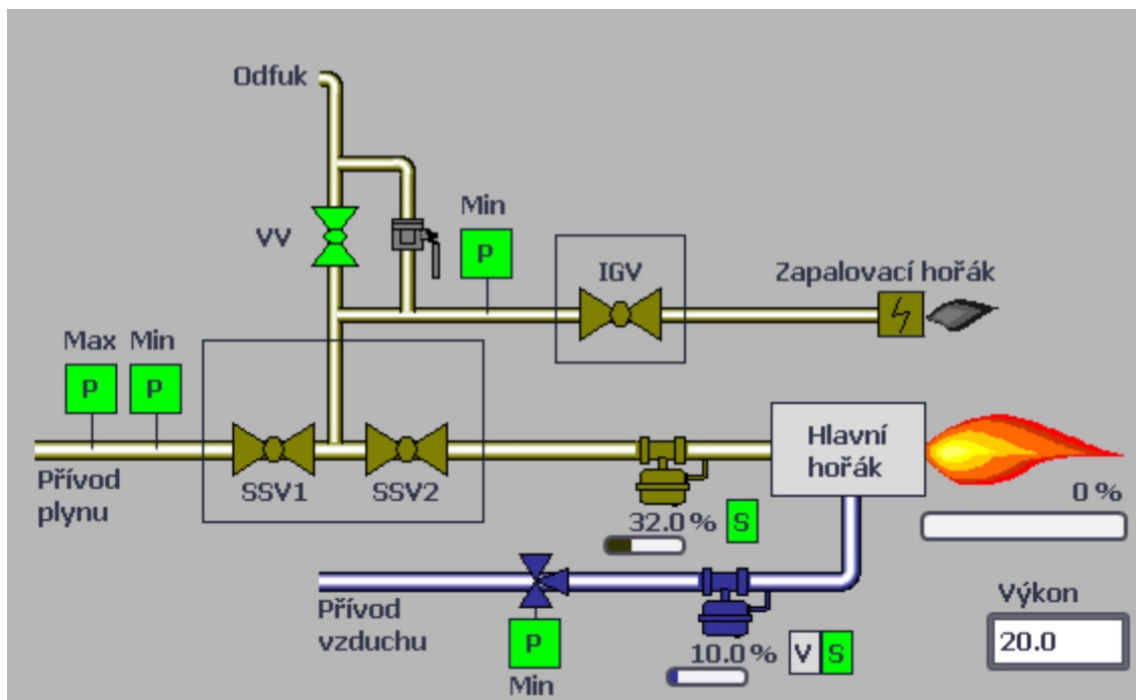
Pro nouzové zastavení stabilizačních hořáků kotle jsou určeny bezpečnostní tlačítka, která jsou umístěna : na dveřích rozvaděče, na místním ovládacím panelu a u dveří do strojovny. [21]



Obrázek 3.1 Dispozice systému

### 3.1 Popis systému

Jak lze vidět na obrázku 3.2, systém je složen z více částí. Na přívod plynu jsou instalovány dva manostaty na kontrolu maximálního a minimálního tlaku plynu. Potrubí pak vede ke dvěma bezpečnostním plynovým ventilům SSV1 a SSV2. Potrubí dále vede přes klapku, která řídí poměr plynu, k hlavnímu hořáku. Plynové potrubí vede rovněž k zapalovacímu hořáku přes ventil IGV, kde je manostat na hlídání minimálního tlaku plynu, ruční uzávěr a plynový ventil pro odfuk VV. U přívodu vzduchu je instalován třícestný ventil pro kontrolu minimálního tlaku vzduchu a klapka pro řízení poměru vzduchu.



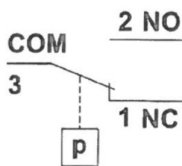
Obrázek 3.2 Technologické schéma hořáku [21]

## 3.2 Součásti

V následující kapitole jsou popsány součásti celého systému.

### 3.2.1 Manostaty

Na přívodu plynu jsou namontované dva manostaty na kontrolu minimálního a maximálního tlaku plynu. Pro kontrolu těsnosti ventilů SSV1 a SSV2 je instalován manostat před ventilem IGV. Minimální tlak vzduchu kontrolujeme před klapkou na vzduch. Jedna se o mechanické manostaty, které při nárůstu či poklesu tlaku sepnou daný kontakt.



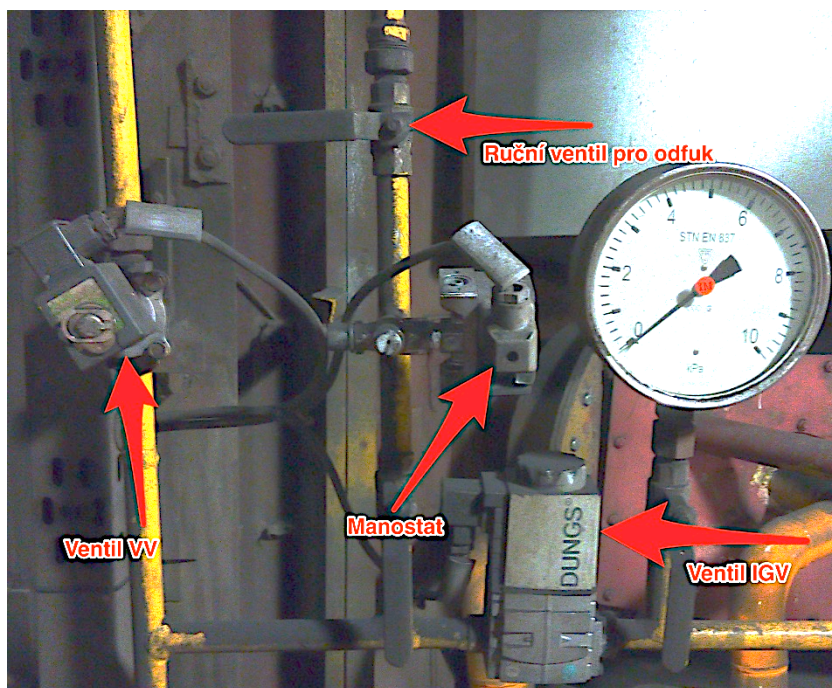
**Obrázek 3.3** Elektrické schéma manostatu [30]

Spínací funkce [30]:

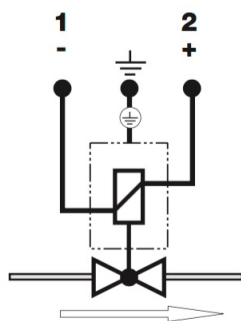
- Při nárůstu tlaků: NC se rozezne a sepne se NO.
- Při poklesu tlaku: NC se sepne a rozezne se NO.

### 3.2.2 Ventily

Ventil IGV byl zvolen magnetický s jednostupňovým provozem od firmy Dungs. Tzn. že ventil je permanentně uzavřen a otevře se v případě, pokud dostane signál z řídicí jednotky. Na obrázku 3.5 je znázorněno elektrické schéma (na svorce 2 je přiveden signál z PLC pomocí kterého řídíme ventil a na svorce 1 je přiveden nulový vodič). Odfukový ventil VV pracuje na stejném principu.

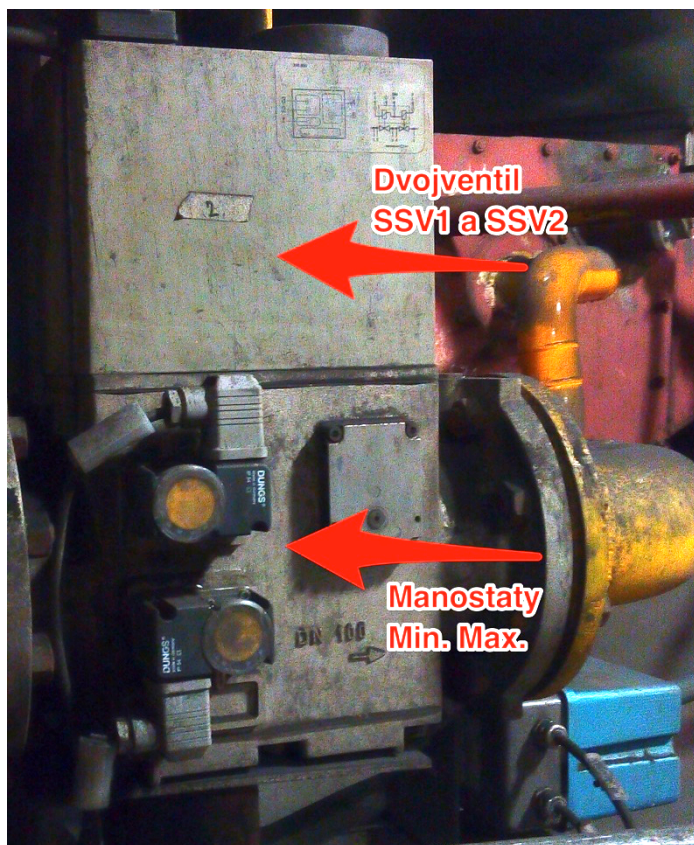


Obrázek 3.4 Ventily IGV a VV



Obrázek 3.5 Elektrické schéma ventilu IGV [29]

Pro bezpečnostní ventily SSV1 a SSV2 byla použita magnetická ventilová sada (dvojventil) firmy Dungs. Jako u předchozích ventilů jde o jednostupňový provoz. Ventil je permanentně zavřený a otevře se tehdy, když sepne vstupní kontakt daného ventilu. Ventilovou sada lze vidět na obrázku 3.6.

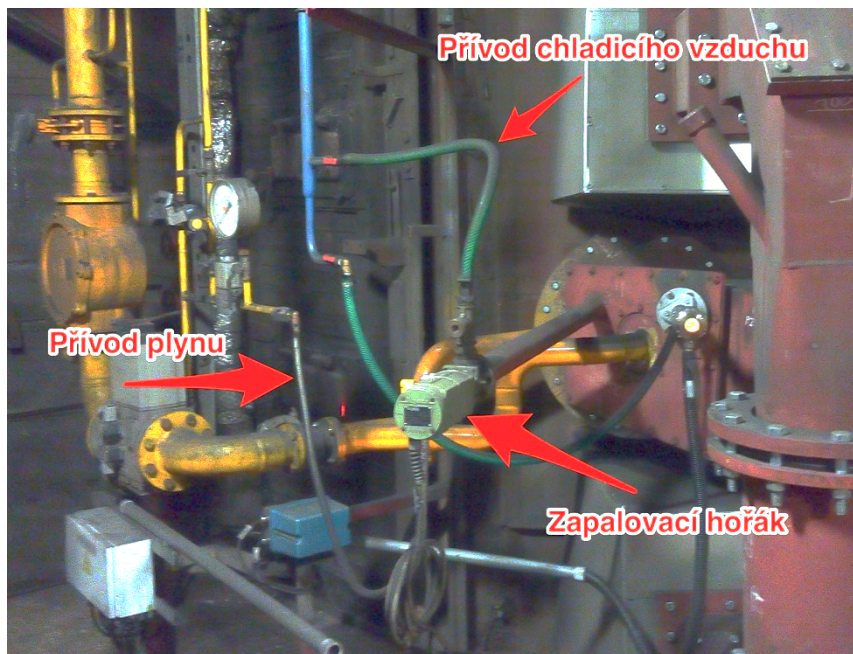


**Obrázek 3.6** Ventily SSV1 a SSV2

Jako třicestný ventil na vzduch byl instalován elektromagnetický kompaktní solenoidní ventil firmy Burkert. Jedná se o ventil 3/2, který je permanentně uzavřen a při sepnutí kontaktu se otevře.

### 3.2.3 Zapalovací transformátor

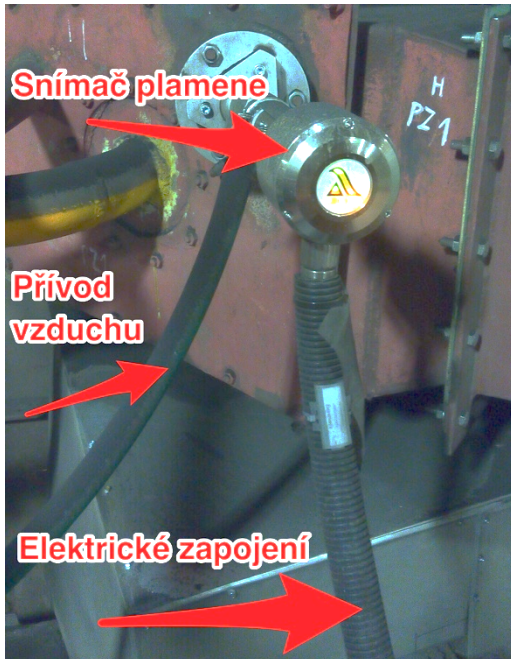
Na kotli jsou instalované plynové výkonné zapalovací hořáky firmy Hegwein s vestavěným zapalovacím transformátorem a ionizačním hlídáním plamene. Jak je popsáno v kapitole 3.3, při startovací sekvenci v bodě 5 je spuštěn zapalovací transformátor, který začne jiskřit. Následně se pustí plyn do zapalovacího hořáku a pokud ionizační snímač plamene detekuje plamen, jiskření se vypne. Maximální výkon zapalovacího hořáku je 120 kW a spaluje zemní plyn. Plamen je hlídán ionizační elektrodou. Jako signál plamene slouží stejnosměrný proud vyvolaný ionizačním účinkem plamene. Tento signál je veden z ionizační elektrody do usměrňovače a zesilovače v hlavě hořáku. Aby byl zajištěn správný chod zapalovacího hořáku, je potřeba udržovat čistotu a zabránit přístupu vlhkosti. To je důležité zejména z důvodu udržení vysokého vnitřního odporu ionizačního úseku ( $M\Omega$ ). Teplota na keramické izolaci ionizační elektrody nesmí překročit teplotu 500 °C, nebo dojde k poruše. Z toho důvodu je potřeba tuto část chladit vzduchem.



Obrázek 3.7 Zapalovací hořák

### 3.2.4 Snímač plamene

Jako snímač plamene byl zvolen kompaktní snímač plamene F200K firmy Lamtec, který pracuje na optickém principu (snímání vlnové délky plamene). Provádí vysokobezpečnostní monitorování plamene a splňuje úroveň SIL 3. V případě uhasnutí plamene je nahlášen bezpečnostní stav „Plamen nehoří“. Ve snímači je zabudován senzor plamene a spínací zesilovač. Obsahuje dvoukanálový systém pro bezpečnostní operace a supervizi. Výstupní analogové proudy pro určení velikosti plamene jsou 4 (0) ... 20 mA.



Obrázek 3.8 Snímač plamene

### 3.2.5 Klapky

Pomocí klapky se reguluje optimální poměr vzduch – plyn na spalování. Tento poměr se řídí podle požadovaného plamene. Klapky jsou mechanicky spřaženy přes táhlo spojené se servomotorem. Motor je následně řízen pomocí analogového výstupu z řídicího systému.

### 3.3 Startovací sekvence

Aby mohly hořáky startovat, musí nejdřív projít startovací sekvencí. Dále jsou popsány všechny kroky.

1. Provětrávání: kvůli bezpečnosti jsou komíny a všechny prostory před zapálením hořáků provětrávány. Tento krok je proveden před startem nebo po odstavení všech hořáků. Přívod plynu je uzavřen, zatímco přívod vzduchu a klapka na vzduch jsou po určitou dobu otevřeny na 100 %. Po celou dobu větrání musí být snímán tlak vzduchu. V případě, že při větrání tlak vzduchu klesne na minimum, je nahlášena chyba.
2. Zkouška těsnosti plynového ventilu SSV1: před každým startem je prováděna zkouška těsnosti plynových ventilů. Ventily SSV1 a SSV2 jsou v uzavřené poloze. Následně se otevře ventil VV a čeká se na pokles tlaku plynu v potrubí na minimální hodnotu (značí, že v potrubí už není skoro žádný plyn). Zavře se ventil VV a čeká se definovanou dobu. Pokud za definovanou dobu nenaroste tlak, je ventil SSV1 považován za funkční. V opačném případě je nahlášena chyba.
3. Zkouška těsnosti plynového ventilu SSV2: plynový ventil SSV2 a VV jsou zavřeny. Jakmile se otevře se plynový ventil SSV1, natlakuje se plynový okruh, jež je snímán čidlem. Následně se uzavře plynový ventil SSV1 a čeká se definovanou dobu. Pokud za definovanou dobu neklesne tlak, je ventil SSV2 považován za funkční. V opačném případě je nahlášena chyba.
4. Zkouška tlaku vzduchu: všechny ventily jsou v uzavřené poloze. Na vzduchovém potrubí je instalován třicestný ventil. Potrubí je trvale natlakované a porovnává se tlak v potrubí s okolním tlakem. Pokud není zjištěn tlak vzduchu, je nahlášena chyba. Klapky se nastaví do startovací polohy.
5. Startování zapalovacího hořáku: spustí se transformátor na zapalovacím hořáku tak, aby jiskřil. Otevřou se ventily SSV1 a IGV a tím se spustí plyn do zapalovacího hořáku. Jakmile se hořák zapálí, snímač plamene nahlásí do řídicího systému, že hořák hoří a vypne se zapalovací transformátor.
6. Startování hlavního hořáku: otevře se ventil SSV2 a tím se dostane plyn k hlavnímu hořáku (klapky vzduchu a plynu jsou ve startovací poloze). Čeká se na signál od snímače plamene hlavního hořáku. Po definované době, co hoří hlavní hořák, se zapalovací hořák vypne (zavře se ventil IGV). Dále klapky řídí výkon hlavního hořáku dle požadavku.

Aby bylo možno hořáky co nejrychleji zapálit, je startovací sekvence prováděná až k bodu 4 ihned po odstavení hořáku. Test těsnosti ventilu vyžaduje určitý čas a z tohoto důvodu je startovací sekvence prováděná ihned po odstavení hořáků. Pokud hořák není během 8 hodin zapálen, z bezpečnostních důvodů je sekvence provedena znovu do bodu 4.



V případě, že kvůli jakémukoliv důvodu dojde k uhasnutí plamene na hlavním hořáku, dojde k hlášení chyby o nehořícím hořáku a k jeho odstavení.

### 3.4 Odstavení hořáku

Plynové hořáky se odstavují tlačítkem „stop“ na ovládacím panelu nebo signálem z nadřazeného systému. Pokud je to možné, hořáky by se měly odstavit při minimálním výkonu. Při odstavení hořáku se uzavřou hlavní ventily SSV1 a SSV2. Poté se automaticky provede startovací sekvence až po bod 4, viz kapitola 3.3. Hořáky lze odstavit také nouzově pomocí bezpečnostních tlačítek „total stop“ umístěných na ovládací skříni OP u dveří při vstupu do strojovny a na hlavním rozvaděči automatiky hořáku. [21]

### 3.5 Výskyt poruchy a její odblokování

V případě havarijního odstavení automatiky hořáku přejde hořák do poruchy. Na panelu je signalizována „Porucha“. Automatiku hořáku odblokuje pracovník obsluhy stiskem tlačítka „Kvitace“. Pro opětovné spuštění hořáku je nutné splnění všech blokačních podmínek. Je tedy nutné identifikovat závadu a provést její odstranění. Při poruše se zobrazuje druh poruchy. [21]

#### 3.5.1 Poruchy a jejich příčiny

Hlášení poruchy může nastat v následujících případech:

- Ztráta plamene.
- Ztráta tlaku v plynovém a vzduchovém potrubí (manostaty musí stále ukazovat nějakou hodnotu).
- Porucha klapek (testuje se, zdali je zadaná poloha totožná s reálnou polohou klapek).
- Ztráta komunikace PLC s jakýmkoli HW nebo s nadřazeným systémem (přestřižený drát, apod.).
- Porucha bezpečnostních obvodů.
- Porucha PLC.
- Nouzové zastavení (stisk stop tlačítka).

Příčina poruchy může být [21]:

- Ztráta média (degazační plyn na přívodu, vzduch na přívodu) → zkontrolovat, zda jsou média přítomna v požadovaném tlaku a zda jsou patřičně uzávěry ve správných polohách.
- Blokační prvky kotle → zkontrolovat okno alarmů.
- Blokační prvky hořáku → zkontrolovat, zda jsou přítomna média a zda je nastaven uzávěr pod blokačním prvkem správným směrem.
- Zapalovací hořák → zkontrolovat, zda jsou přítomna média. V případě absence plynu zkontrolovat polohu ručních uzávěrů zapalovací větve.

- Snímač plamene → zkontrolovat, zda není ušpiněné sklíčko držáku snímače – případně očistit.
- Hlavní plynové ventily → v případě nefunkčnosti ventilů zkontrolovat požadavek fyzicky na těle ventilů (z vrchní strany ventilu u přívodního kabelu), kam jsou přivedeny signály pro ventil 1 a 2.

### 3.6 Regulace výkonu hořáku

Regulace výkonu je prováděná zadáváním požadavku 0 – 100 % výkonu, kdy 0 % je minimální výkon a 100 % je maximální výkon hořáku. Po zadání požadavku na výkon hořáku (automaticky nebo ručně operátorem) provede automatika hořáku nastavení jednotlivých regulačních klapek do polohy, která požadovanému výkonu odpovídá. Nastavení polohy klapek podle požadavku výkonu jsou seřízena servisním technikem. Operátor nemá přístup k přímému ovládaní klapek. [21]

### 3.7 Údržba systému

Aby celý systém správně fungoval a předcházelo se nečekaným chybám, je zapotřebí provést jeho pravidelnou údržbu a to v následujících krocích [21]:

- Pravidelné čištění celého zařízení, zejména od prachu (nestříkat vodou) – jednou měsíčně.
- Čištění filtrů plynu – jednou za 6 měsíců.
- Pravidelné kontroly těsnosti všech spojů na všech potrubích, v případě netěsnosti ihned opravit – jednou měsíčně.
- Čištění a kontrola zapalovacího hořáku – jednou za 6 měsíců.
- Pravidelné kontroly případně čištění průzoru do spalovací komory pro snímače plamene – dvakrát měsíčně.
- Pravidelné zkoušky předepsané ČSN 07 0703 (plynové kotelny), ČSN 38 6420 (průmyslové plynovody) – četnost dle norem
- Pravidelné servisní práce na hořácích odbornou firmou – minimálně jednou za rok.

## 3.8 Popis ochrany před nebezpečným dotykem a druh prostředí

### 3.8.1 Napěťové soustavy

Elektrické zařízení napájené z těchto soustav [22]:

- PE + N 230 V / 50 Hz
  - 24 VDC / SELV
  - 24 VDC / PELV
- TN-S dle ČSN 33 2000-3

### **3.8.2 Ochrana před dotykem neživých částí dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2.**

V soustavě 1 PE+N 230 V / 50 Hz TN-S základní: automatické odpojení od zdroje v sítích TN-S zvýšená: pospojováním.

V soustavě 2 24 VDC / SELV základní: malým napětím.

V soustavě 2 24 VDC / PELV základní: malým napětím. [22]

### **3.8.3 Prostředí**

Dle protokolu č. 14/2-2003 z 06/2003 je prostředí kvalifikováno jako:

Prostory hlavní výrobní budovy – strojovna.

Z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem podle 320.N4 ČSN 33 2000-3 jde o prostory nebezpečné. [22]

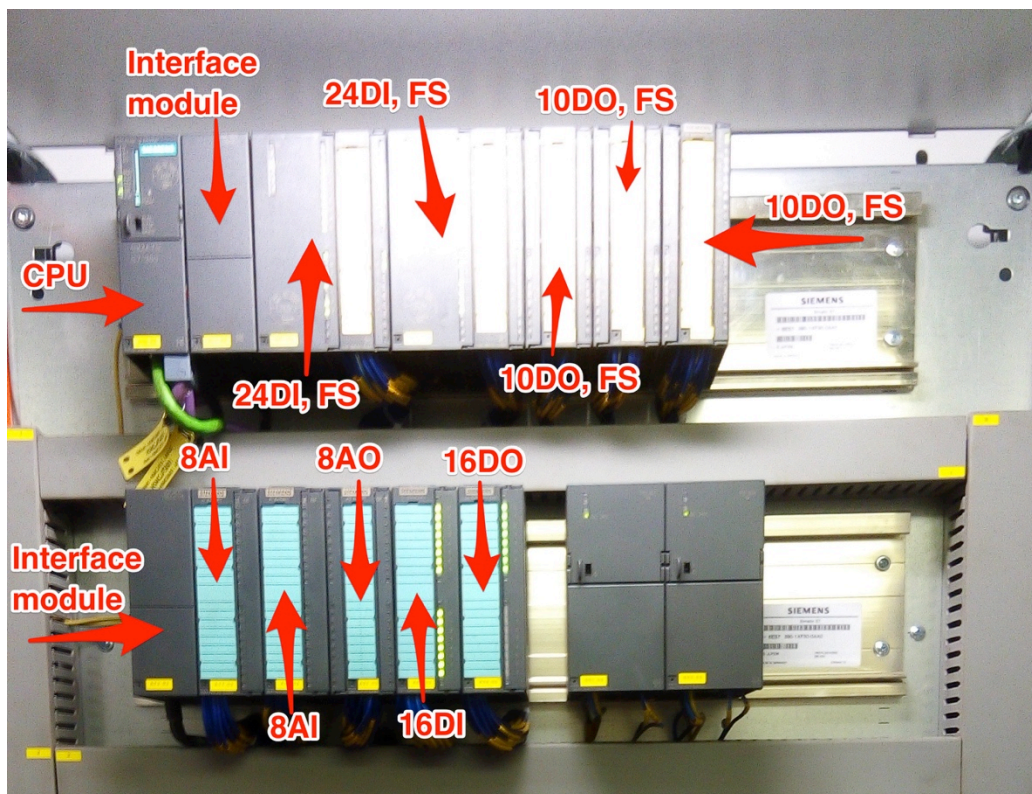
### **3.8.4 Elektromontáže a revize**

Elektrická instalace musí být provedena podle platných ČSN a při práci je nutné dodržovat bezpečnost podle ČSN EN 50110-1 ed. 2.

Před uvedením do provozu je nutné provést výchozí revizi a obnovovat ji v platných termínech. [22]

## **3.9 PLC Simatic**

Pro řízení systému byl použit PLC Simatic řady S7-300F. Jedná se o programovatelný automat firmy Siemens. Hlavní výhodou je spojení bezpečnosti se standardní automatizací. Hlavní CPU lze rozšířit pomocí I/O (Input/Output) modulů a bezpečnostních modulů, stejně jako to bylo provedeno v tomto případě. Na obrázku 3.9 je znázorněna dispozice řídicí jednotky a jejích modulů. „Běžná“ a bezpečnostní komunikace s CPU probíhá pomocí Profibus DP a není proto zapotřebí žádná bezpečnostní linka. Pro tyto bezpečnostní systémy jsou kladeny vyšší nároky na elektromagnetickou kompatibilitu, odolnost vůči rušení a celkový bezchybný chod programu.



Obrázek 3.9 Dispozice PLC Simatic v rozvaděči

## 3.10 Moduly

Dále jsou popsány použité moduly.

### 3.10.1 CPU 315F – 2PN/DP

Tato řídicí jednotka umožňuje implementaci bezpečnostních automatizovaných systémů pro místa se zvýšenou bezpečností a zejména pro výrobní automatizaci. Bezpečnostně orientovaná komunikace mezi F-CPU a moduly je prováděná pomocí PROFIsafe profilu. Řídicí jednotka obsahuje [23]:

- Mikroprocesor: procesor dosahuje času provedení 50 ns pro binární instrukce a 450 ns pro instrukce s plovoucí desetinnou čárkou.
- Paměť: 512 kB vysokorychlostní RAM pro bezpečnostní sekci a standardní program. Je nutno počítat se zvýšenými požadavky na paměť v případě implementace bezpečnostní sekce. Pro ukládání projektu (včetně symbolů a komentů) lze využít slot pro Simatic micro memory card (do 8 MB).
- Flexibilní rozšíření: až do 32 modulů.

- Rozhraní: integrované rozhraní MPI/DP může vytvořit až 16 propojení současně s S7-300/400 nebo propojení s PG, PC nebo OP. Mezi těmito propojeními je jedno vždy vyhrazené pro programovaná zařízení a další pro OP. Jednoduchá síť s až 32 procesory může být nakonfigurována s rozhraním MPI. Rozhraní MPI může být nakonfigurováno na DP rozhraní. Rozhraní DP může být použito jako master nebo jako slave. Druhé integrované rozhraní je PROFINET na základě ethernetu TCP/IP.

### **3.10.2 Interface module IM 365**

Modul IM 365 umožňuje konfiguraci řídicího systému S7-300 (s CPU 314 nebo vyšší), skládající se z centrální jednotky a jedné rozšiřovací jednotky s maximálně 8 moduly. [24]

### **3.10.3 Vstupní digitální bezpečnostní karty**

SM 326F je bezpečnostní modul se 24 digitálními vstupy (při dodržení SIL2, pouze 12 vstupů v případě SIL3). Vstupní napětí 24 V DC. Pro naši aplikaci jsou použity dva tyto moduly. [25]

### **3.10.4 Výstupní digitální bezpečnostní karty**

SM 326F je bezpečnostní modul s 10 digitálními výstupy. Výstupní napětí 24 V DC a proud 2 A pro každý výstup. Pro naši aplikaci jsou použity tři tyto moduly. [26]

### **3.10.5 Vstupní analogové karty**

Pro zpracování analogových signálů byly použity dvě karty SM 331, které obsahují 8 analogových vstupů. Vstupní napětí:  $\pm 10$  V. Vstupní proud:  $\pm 20$  mA. Maximální odpor čidel na vstupu 600  $\Omega$ . [27]

### **3.10.6 Výstupní analogové karty**

Pro řízení analogových signálů byla použita jedna karta SM 332, která obsahuje 8 analogových výstupů. Výstupní napětí:  $\pm 10$  V. Výstupní proud:  $\pm 20$  mA. [28]

### 3.11 Popis vstupů a výstupů

V tabulkách níže jsou popsány fyzické vstupy a výstupy z řídicího systému SIMATIC a příslušné moduly.

Modul	Adresa	Popis
24DI 24V/DC FS	I100.0	H1 – snímač plamene
24DI 24V/DC FS	I100.1	H2 – snímač plamene
24DI 24V/DC FS	I100.2	H3 – snímač plamene
24DI 24V/DC FS	I100.3	H4 – snímač plamene
24DI 24V/DC FS	I100.4	H1 – min. tlak plynu – zkouška těsnosti
24DI 24V/DC FS	I100.5	H1 – min. tlak vzduchu
24DI 24V/DC FS	I100.6	H1 – hořák – zapalovací plamen
24DI 24V/DC FS	I100.7	H2 – min. tlak plynu – zkouška těsnosti
24DI 24V/DC FS	I101.0	H2 – min. tlak vzduchu
24DI 24V/DC FS	I101.1	H2 – hořák – zapalovací plamen
24DI 24V/DC FS	I101.2	H3 – min. tlak plynu – zkouška těsnosti
24DI 24V/DC FS	I101.3	H3 – min. tlak vzduchu
24DI 24V/DC FS	I101.4	H3 – hořák – zapalovací plamen
24DI 24V/DC FS	I101.5	H4 – min. tlak plynu – zkouška těsnosti
24DI 24V/DC FS	I101.6	H4 – min. tlak vzduchu
24DI 24V/DC FS	I101.7	H4 – hořák – zapalovací plamen
24DI 24V/DC FS	I102.0	H1 – poloha klapky vzduchu pro zapalování
24DI 24V/DC FS	I102.1	H1 – poloha klapky vzduchu pro profuk
24DI 24V/DC FS	I102.2	H1 – poloha klapky plynu pro zapalování
24DI 24V/DC FS	I102.3	H2 – poloha klapky vzduchu pro zapalování
24DI 24V/DC FS	I102.4	H2 – poloha klapky vzduchu pro profuk
24DI 24V/DC FS	I102.5	H2 – poloha klapky plynu pro zapalování
24DI 24V/DC FS	I102.6	H3 – poloha klapky vzduchu pro zapalování
24DI 24V/DC FS	I102.7	H3 – poloha klapky vzduchu pro profuk
24DI 24V/DC FS	I110.0	H3 – poloha klapky plynu pro zapalování
24DI 24V/DC FS	I110.1	H4 – poloha klapky vzduchu pro zapalování
24DI 24V/DC FS	I110.2	H4 – poloha klapky vzduchu pro profuk
24DI 24V/DC FS	I110.3	H4 – poloha klapky plynu pro zapalování
24DI 24V/DC FS	I110.4	Tlačítko bezpečnostní vypnutí (total stop) – rozvaděče
24DI 24V/DC FS	I110.5	-
24DI 24V/DC FS	I110.6	Tlačítko bezpečnostní vypnutí (total stop) – vstupní dveře
24DI 24V/DC FS	I110.7	-
24DI 24V/DC FS	I111.0	H1 – tlak plynu min.
24DI 24V/DC FS	I111.1	H1 – tlak plynu max.
24DI 24V/DC FS	I111.2	H2 – tlak plynu min.
24DI 24V/DC FS	I111.3	H2 – tlak plynu max.
24DI 24V/DC FS	I111.4	H3 – tlak plynu min.
24DI 24V/DC FS	I111.5	H3 – tlak plynu max.
24DI 24V/DC FS	I111.6	H4 – tlak plynu min.
24DI 24V/DC FS	I111.7	H4 – tlak plynu max.

**Tabulka 3.1** Popis digitálních bezpečnostních vstupů

<b>Modul</b>	<b>Adresa</b>	<b>Popis</b>
10DO 24V/DC FS	Q200.0	H1 – vypnutí hořáku
10DO 24V/DC FS	Q200.1	H1 – SSV1 otevřít
10DO 24V/DC FS	Q200.2	H1 – SSV2 otevřít
10DO 24V/DC FS	Q200.3	H1 – VV otevřít
10DO 24V/DC FS	Q200.4	H1 – IGV otevřít
10DO 24V/DC FS	Q200.5	H2 – vypnutí hořáku
10DO 24V/DC FS	Q200.6	H2 – SSV1 otevřít
10DO 24V/DC FS	Q200.7	H2 – SSV2 otevřít
10DO 24V/DC FS	Q201.0	H2 – VV otevřít
10DO 24V/DC FS	Q201.1	H2 – IGV otevřít
10DO 24V/DC FS	Q208.0	H3 – vypnutí hořáku
10DO 24V/DC FS	Q208.1	H3 – SSV1 otevřít
10DO 24V/DC FS	Q208.2	H3 – SSV2 otevřít
10DO 24V/DC FS	Q208.3	H3 – VV otevřít
10DO 24V/DC FS	Q208.4	H3 – IGV otevřít
10DO 24V/DC FS	Q208.5	H4 – vypnutí hořáku
10DO 24V/DC FS	Q208.6	H4 – SSV1 otevřít
10DO 24V/DC FS	Q208.7	H4 – SSV2 otevřít
10DO 24V/DC FS	Q209.0	H4 – VV otevřít
10DO 24V/DC FS	Q209.1	H4 – IGV otevřít
10DO 24V/DC FS	Q216.0	H1 – zapalovač
10DO 24V/DC FS	Q216.1	H2 – zapalovač
10DO 24V/DC FS	Q216.2	H3 – zapalovač
10DO 24V/DC FS	Q216.3	H4 – zapalovač

**Tabulka 3.2** Popis digitálních bezpečnostních výstupů

<b>Modul</b>	<b>Adresa</b>	<b>Popis</b>
16DI 24V/DC	I0.0	H1 – snímač plamene
16DI 24V/DC	I0.1	H2 – snímač plamene
16DI 24V/DC	I0.2	H3 – snímač plamene
16DI 24V/DC	I0.3	H4 – snímač plamene
16DI 24V/DC	I0.4	H1 – napájení ok
16DI 24V/DC	I0.5	H1 – napájení servopohonů ok
16DI 24V/DC	I0.6	H1 – stykače bezp. vypnutí rozepnuty (připravené)
16DI 24V/DC	I0.7	H2 – napájení ok
16DI 24V/DC	I1.0	H2 – napájení servopohonů ok
16DI 24V/DC	I1.1	H2 – stykače bezp. vypnutí rozepnuty (připravené)
16DI 24V/DC	I1.2	H3 – napájení ok
16DI 24V/DC	I1.3	H3 – napájení servopohonů ok
16DI 24V/DC	I1.4	H3 – stykače bezp. vypnutí rozepnuty (připravené)
16DI 24V/DC	I1.5	H4 – napájení ok
16DI 24V/DC	I1.6	H4 – napájení servopohonů ok
16DI 24V/DC	I1.7	H4 – stykače bezp. vypnutí rozepnuty (připravené)

**Tabulka 3.3** Popis digitálních vstupů

Modul	Adresa	Popis
16DO 24V/DC	Q0.0	H1 – uvolnění snímače plamene
16DO 24V/DC	Q0.1	H1 – otevřít třícestný vzduchový ventil
16DO 24V/DC	Q0.2	H2 – uvolnění snímače plamene
16DO 24V/DC	Q0.3	H2 – otevřít třícestný vzduchový ventil
16DO 24V/DC	Q0.4	H3 – uvolnění snímače plamene
16DO 24V/DC	Q0.5	H3 – otevřít třícestný vzduchový ventil
16DO 24V/DC	Q0.6	H4 – uvolnění snímače plamene
16DO 24V/DC	Q0.7	H4 – otevřít třícestný vzduchový ventil
16DO 24V/DC	Q1.7	Porucha – signalizace dveře rozvaděče

**Tabulka 3.4** Popis digitálních výstupů

Modul	Adresa	Popis
8AI 24V/DC	PIW512	H1 – velikost plamene 4-20 mA
8AI 24V/DC	PIW514	H2 – velikost plamene 4-20 mA
8AI 24V/DC	PIW516	H3 – velikost plamene 4-20 mA
8AI 24V/DC	PIW518	H4 – velikost plamene 4-20 mA
8AI 24V/DC	PIW520	H1 – poloha klapky plynu
8AI 24V/DC	PIW522	H1 – poloha klapky vzduchu
8AI 24V/DC	PIW524	H2 – poloha klapky plynu
8AI 24V/DC	PIW526	H2 – poloha klapky vzduchu
8AI 24V/DC	PIW528	H3 – poloha klapky plynu
8AI 24V/DC	PIW530	H3 – poloha klapky vzduchu
8AI 24V/DC	PIW532	H4 – poloha klapky plynu
8AI 24V/DC	PIW534	H4 – poloha klapky vzduchu

**Tabulka 3.5** Popis analogových vstupů

Modul	Adresa	Popis
8AO 24V/DC	PQW512	H1 – žádaná poloha klapky plynu
8AO 24V/DC	PQW514	H1 – žádaná poloha klapky vzduchu
8AO 24V/DC	PQW516	H2 – žádaná poloha klapky plynu
8AO 24V/DC	PQW518	H2 – žádaná poloha klapky vzduchu
8AO 24V/DC	PQW520	H3 – žádaná poloha klapky plynu
8AO 24V/DC	PQW522	H3 – žádaná poloha klapky vzduchu
8AO 24V/DC	PQW524	H4 – žádaná poloha klapky plynu
8AO 24V/DC	PQW526	H4 – žádaná poloha klapky vzduchu

**Tabulka 3.6** Popis analogových výstupů

Kde:

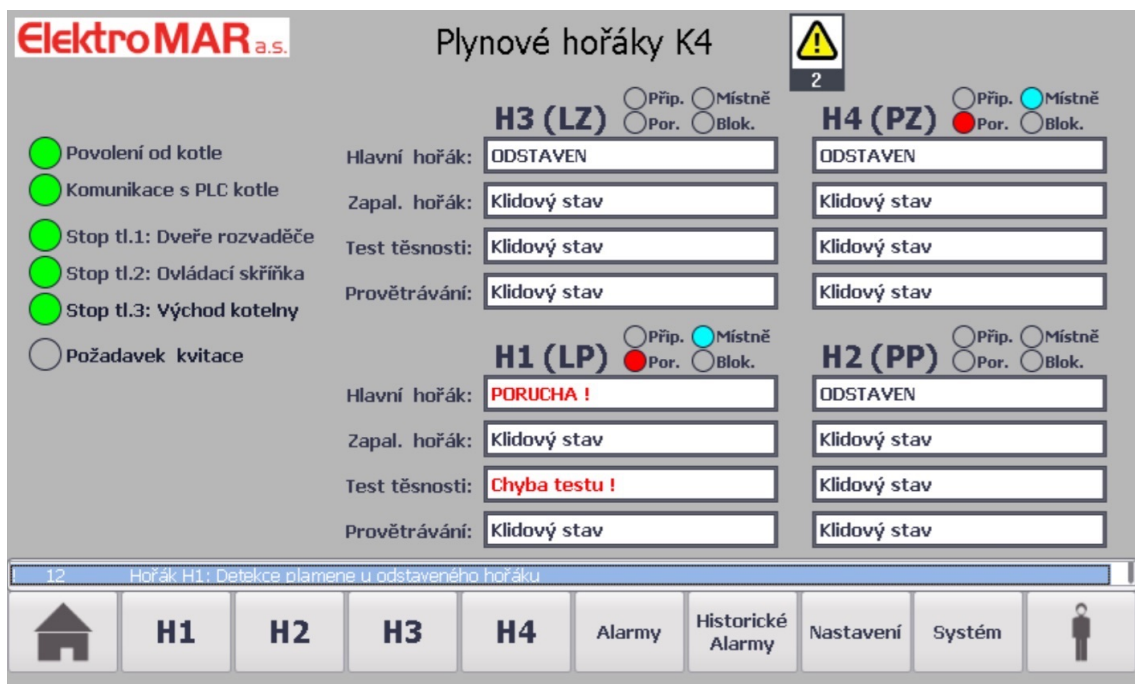
- „FS“ jsou bezpečnostní karty (Fail-Safe)
- „DI“, „DO“, „AI“, „AO“ značí typ karty (např. Digital Input nebo Analog Output)
- „HX“ je číslo hořáku



## 3.12 Ovládací panel

Jak lze vidět z obrázku 3.1, poblíž hořáků je nainstalovaný dotykový panel na místní ovládaní (OP). OP je zabezpečen ochranným krytem proti neoprávněné manipulaci a zároveň chrání dotykovou obrazovku před prachem a mechanickým poškozením. V následujících kapitolách jsou popsány všechny obrazovky vždy jen pro jeden hořák, pro další hořáky jsou obrazovky stejné.




### 3.12.1 Úvodní obrazovka


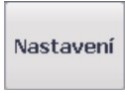
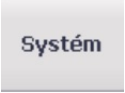
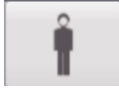



Obrázek 3.10 Úvodní obrazovka OP

NA úvodní obrazovce je zobrazen celkový přehled o stavu plynových hořáků. Pomocí tlačítek na spodní straně obrazovky lze přepínat mezi dalšími obrazovkami obsahujícími podrobnější informace.

Popis tlačítek:

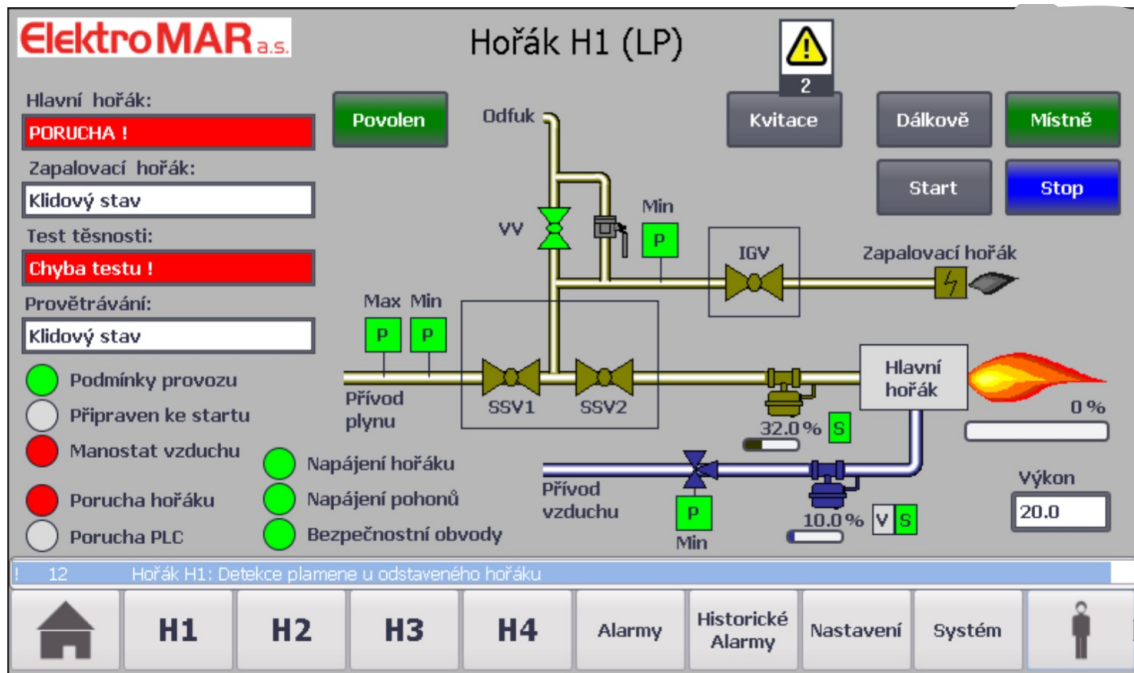
-  Úvodní obrazovka (přehled).
-  Ovládací obrazovka hořáku H1 (LP), stejné pro H2, H3 a H4.
-  Přehled aktivních alarmů.

-  Historie všech hlášených alarmů.
-  Nastavení parametrů řízení hořáku.
-  Systémové nastavení OP.
-  Přihlášení uživatele (nutné pouze pro obrazovky „Nastavení“ a „Systém“).
-  Informační panel aktivních alarmů, číslo ukazuje počet aktivních alarmů. Poslední alarm je zobrazen v dolní liště nad tlačítky přepínání obrazovky.

#### Popis LED kontrolky:

- **„Povolení od kotle“** – Povolení z nadřazeného systému ke startu plynových hořáků.
- **„Komunikace s PLC kotle“** – Stav komunikace mezi nadřazeným systémem a řídicím systémem plynových hořáků. V případě ztráty komunikace jsou hořáky odstavené.
- **„Stop tl. 1-3“** – Stav nouzových STOP tlačítek
- **„Požadavek kvitace“** – LED signalizuje požadavek na kvitaci předchozí poruchy (pokud byla její příčina odstraněna).
- **„Příp.“** – Hořák má splněné všechny podmínky a je připraven ke startu.
- **„Por.“** – Porucha hořáku (popis v záložce alarmy).
- **„Místně“** – Hořák je přepnutý do místního ovládaní z OP.
- **„Blok“** – Stav režimu blokace hořáku Povolen/Blokován.

### 3.12.2 Ovládání hořáku



Obrázek 3.11 Obrazovka ovládání hořáku

Na této obrazovce je vykresleno technologické schéma hořáku včetně hodnot a stavů sledovaných při zapálení a provozu hořáku.

V levé části jsou zobrazené stavy sekvencí rozděleny na hlavní hořák, zapalovací hořák, test těsnosti a stav provětrávání hořáku. Kroky sekvencí jsou odlišené textově a barevně.

Význam barev:




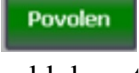

- **Bílá** – klidový stav.
- **Zelená** – chod (přechod mezi kroky je doplněn blikáním).
- **Červená** – porucha (příčina poruchy je zobrazena v alarmech).

Popis LED kontrolky:

- **„Podmínky provozu“** – Všechny podmínky nutné k provozu hořáku jsou splněny.
- **„Připraven ke startu“** – Hořák má splněné všechny podmínky a je připraven ke startu (včetně testu těsnosti a provětrávání).
- **„Manostat vzduchu“** – Stav manostatu spalovacího vzduchu. V případě špatné funkce nelze zapálit hořák.
- **„Porucha hořáku“** – Porucha hořáku, bližší informace o poruchy lze najít v okně alarmů
- **„Porucha PLC“** – Porucha na vstupu/výstupu bezpečnostní karty, vstup/výstup je tzv. „pasivován“ (převeden do bezpečného stavu). Přechod zpět do provozního stavu je možný po odstranění příčiny a kvitace poruchy. Číslo pasivovaného vstupu je uvedeno v alarmech.

- „**Napájení hořáku**“ – Stav napájení elektroniky hořáku (snímač plamene, uzavírací ventily, zapalovací hořák, atd.).
- „**Napájení pohonů**“ – Stav napájení servopohonů klapky na vzduch a na plyn.
- „**Bezpečnostní obvody**“ – Stav bezpečnostních obvodů (vypínají přívody napájení při stisku nouzových STOP tlačítek).

Popis grafických prvků:

-  Přepínání místa ovládání (Dálkově – z operátorské stanice kotle, Místně – lokální ovládání z OP).
-  Zapálení a odstavení hořáku z OP v režimu „Místně“.
-  Kvitace poruch, kvitovat lze pouze v navolením režimu „Místně“.
-  Povolení/Blokace chodu hořáku. Pro servisní účely lze každý hořák zablokovat. V režimu blokace jsou všechny části hořáku odstaveny. Hořák není schopen zapálení a neprovádí testy těsnosti ani provětrávání. Blokaci hořáku je možno provést pouze v režimu „Místně“ při odstaveném hořáku: provádí se stiskem tlačítka „Povolen“, následně se změní na „Blokován“. Povolení je možno provést opětovným stiskem tlačítka nebo automaticky při přepnutí na ovládací režim „Dálkově“.
-  Změna žádané hodnoty výkonu v režimu „Místně“.

### 3.12.3 Alarmy

Zobrazení alarmů lze provést několika způsoby.

Text posledního aktivního alarmu je zobrazen v dolní liště nad tlačítka přepínání obrazovek.

Zároveň se při aktivitě alespoň jednoho alarmu zobrazí informační ikona udávající počet aktivních alarmů. Klepnutím na symbol výstražného trojúhelníku zobrazí okno přehledu aktivních alarmů.



Dále lze pro zobrazení alarmů využít tlačítka přepínání obrazovek.

Tlačítka „Alarmy“ zobrazí přehled aktivních alarmů.

Čís.	Čas	Datum	Stav	Text	Potvrdit skupinu
12	23:34:51	17.11.2015	I	Hořák H1: Detekce plamene u odstaveného hořáku	0
54	23:34:22	17.11.2015	I	Hořák H1: Netěsnost ventilu SSV1	0

Obrázek 3.12 Obrazovka aktivních alarmů

Tlačítko „Historické alarmy“ zobrazí přehled historie alarmů:

Čís.	Čas	Datum	Stav	Text	Potvrdit skupinu
12	23:34:51	17.11.2015	I	Hořák H1: Detekce plamene u odstaveného hořáku	0
54	23:34:22	17.11.2015	I	Hořák H1: Netěsnost ventilu SSV1	0
55	23:32:33	17.11.2015	(I)O	Hořák H1: Netěsnost ventilu SSV2 nebo VV	0
55	23:32:26	17.11.2015	I	Hořák H1: Netěsnost ventilu SSV2 nebo VV	0
55	23:31:54	17.11.2015	(I)O	Hořák H1: Netěsnost ventilu SSV2 nebo VV	0
55	23:31:46	17.11.2015	I	Hořák H1: Netěsnost ventilu SSV2 nebo VV	0
54	23:31:13	17.11.2015	(I)O	Hořák H1: Netěsnost ventilu SSV1	0
54	23:16:23	17.11.2015	I	Hořák H1: Netěsnost ventilu SSV1	0
83	23:15:12	17.11.2015	(I)O	Hořák H1: Časová chyba startu zap.hořáku	0
82	23:15:12	17.11.2015	(I)O	Hořák H1: Detekce plamene u odstaveného zap.h...	0
71	23:15:12	17.11.2015	(I)O	Hořák H1: Aktivace zap.hořáku při existující nepot...	0
2	23:15:12	17.11.2015	(I)O	Hořák H1: Aktivace startu bez splněných podmíne...	0
82	23:14:59	17.11.2015	I	Hořák H1: Detekce plamene u odstaveného zap.h...	0
83	23:14:52	17.11.2015	I	Hořák H1: Časová chyba startu zap.hořáku	0
71	23:14:52	17.11.2015	I	Hořák H1: Aktivace zap.hořáku při existující nepot...	0
2	23:14:52	17.11.2015	I	Hořák H1: Aktivace startu bez splněných podmíne...	0
54	23:13:37	17.11.2015	(I)O	Hořák H1: Netěsnost ventilu SSV1	0
54	23:13:20	17.11.2015	I	Hořák H1: Netěsnost ventilu SSV1	0
135	23:11:29	17.11.2015	(I)O	Větrání H1: Klapa vzduchu neotevřela	0
135	23:10:31	17.11.2015	I	Větrání H1: Klapa vzduchu neotevřela	0
236	23:08:43	17.11.2015	(I)O	Tlačítko STOP 3 - Uteveří	0

Obrázek 3.13 Obrazovka historie alarmů

### 3.12.4 Nastavení parametrů



**Obrázek 3.14** Obrazovka nastavení parametrů hořáku

Obrazovka „Nastavení“ slouží pro servisní účely a umožňuje následující funkce:

- Ruční nastavení polohy klapky plynu a vzduchu (v režimu servis).
- Test funkce zapalovacího hořáku (v režimu servis).
- Nastavení parametrů otevření klapky plynu a vzduchu v závislosti na výkonu hořáku, nastavení poloh a uložení nastavených hodnot do trvalé paměti PLC hořáku.

Režim „Servis“ se volí stiskem tlačítka „Provoz“. Tlačítko změní nápis na „Servis“ a barvu na výstražnou oranžovou. Pro přechod do režimu „Servis“ je nutno splnit několik podmínek:

- Daný hořák musí být navolen do lokálního režimu „Místně“.
- Uživatel se musí přihlásit servisním přihlašovacím jménem a heslem.

Stiskem tlačítka „Parametry“ se zobrazí obrazovka změny parametrů hořáku.

**ElektroMAR a.s.**

### Parametry

#### Hořák H1

Startovací poloha plyn:  %

Startovací poloha vzduch:  %

Poloha provětrání:  %

**Uložení do paměti ...**

Klapka plynu		Počet bodů	Klapka vzduchu		Počet bodů
Výkon[%]	Poloha[%]		Výkon[%]	Poloha[%]	
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="32.0"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="10.0"/>	<input type="text" value="3"/>
<input type="text" value="50.0"/>	<input type="text" value="51.0"/>		<input type="text" value="50.0"/>	<input type="text" value="35.0"/>	
<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="85.0"/>		<input type="text" value="100.0"/>	<input type="text" value="65.0"/>	
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	
<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>	

12 Hořák H1: Detekce plamene u odstaveného hořáku

Home H1 H2 H3 H4 Alarmy Historické Alarmy Nastavení Systém

**Obrázek 3.15** Obrazovka parametry

Parametry se mění klepnutím na daný parametr a zadáním nové hodnoty pomocí alfanumerické klávesnice.

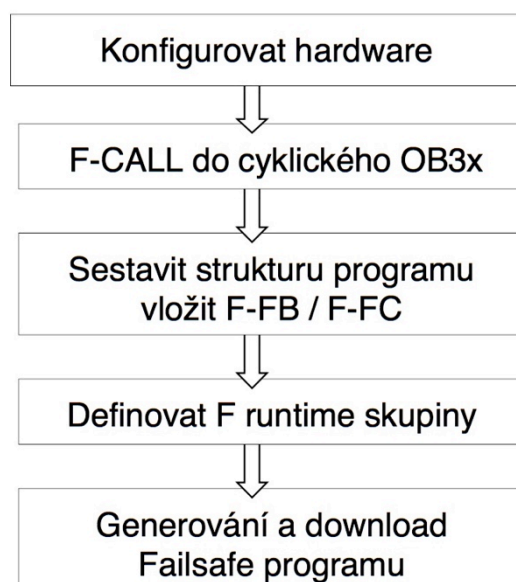
## 4 BEZPEČNOSTNÍ ŘÍDICÍ SYSTÉM

Abychom splnili bezpečnostní podmínky, byl použit PLC Simatic S7 - 300F. Jak bylo zmíněno v kapitole 3.9, jedná se o bezpečnostní řídicí systém obsahující bezpečnostní funkce a knihovny certifikovaných TÜV (Technischer Überwachungs-Verein). Jedná se o technické kontrolní sdružení, které testuje výrobky všeho druhu za účelem ochrany lidí a životního prostředí proti různým nebezpečím.

Tento řídicí systém je v souladu s podstatnými bezpečnostními standardy, jako např. EN 954 (do kat. 4), IEC 61508 (do SIL 3), EN 62012 (do SIL 3) a EN ISO 13849-1:2006 (do PL e).

### 4.1 Postup vytváření bezpečnostního programu

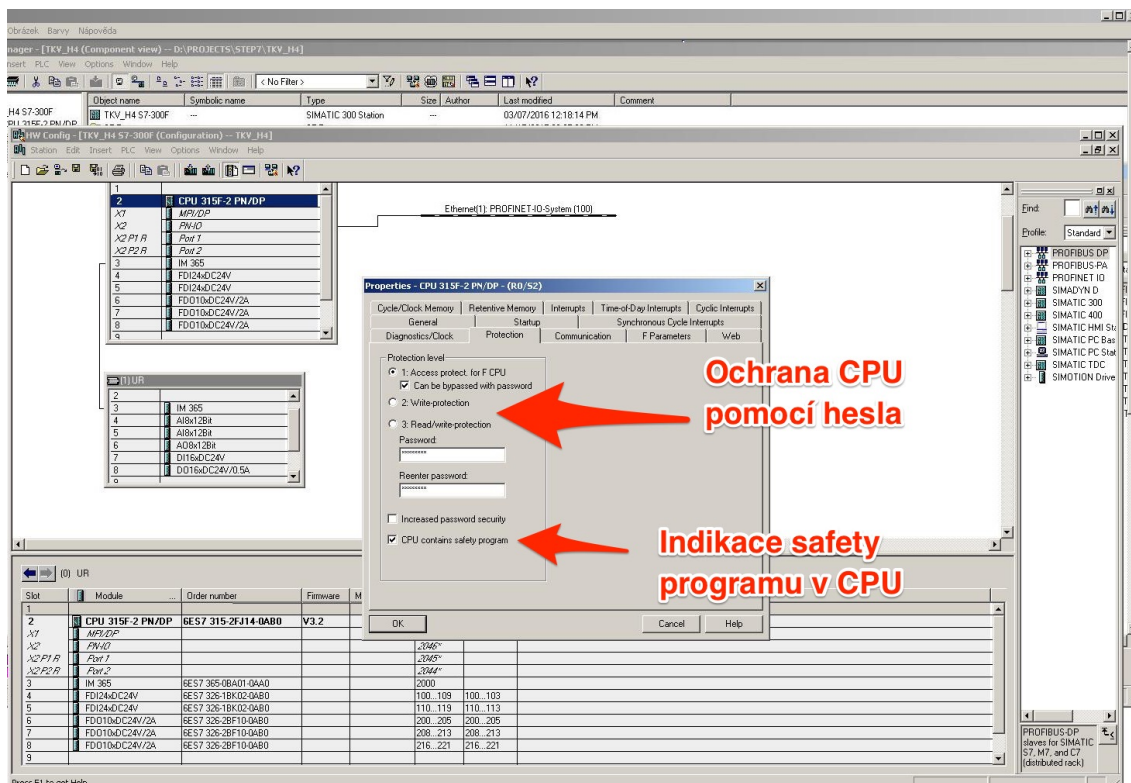
Pro tvorbu řídicího systému je použit postup, který je popsán v následujícím obrázku:



**Obrázek 4.1** Postup tvorby řídicího systému [31]

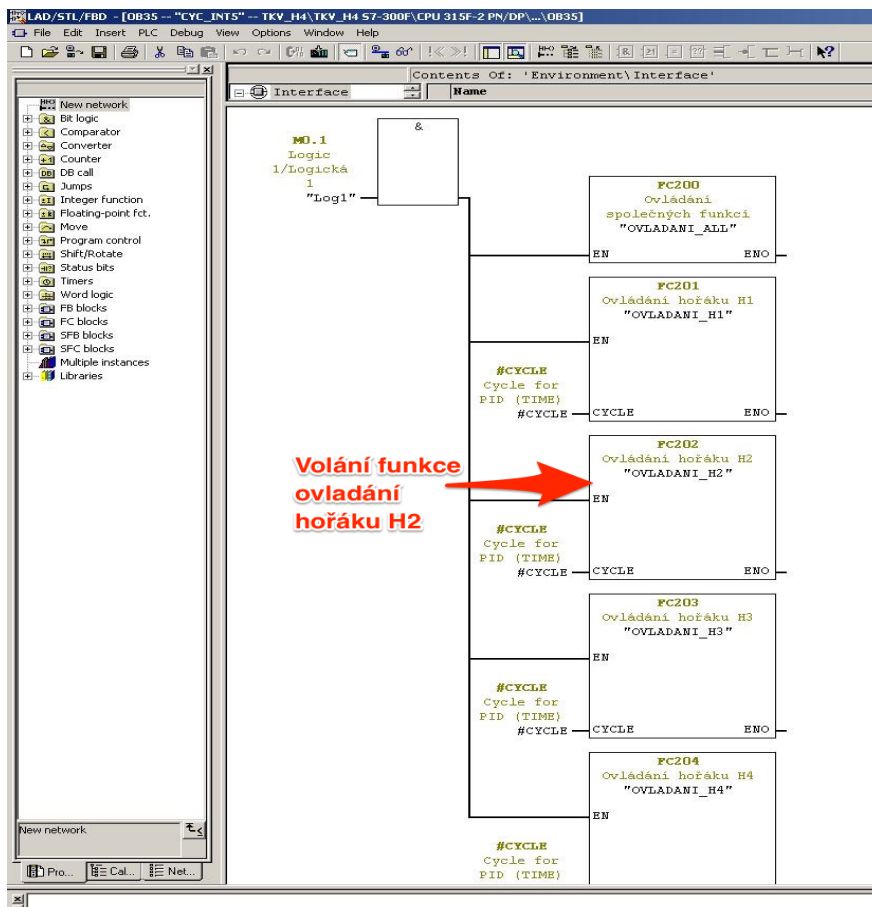
Při konfiguraci modulů je zapotřebí dbát na různé nastavovací parametry. Zejména z hlediska bezpečnosti je zapotřebí uzamknout heslem bezpečnostní části programu, aby se předešlo nechtěnému přepisování programu od cizích osob. Zabezpečení heslem se nastavuje při hardwareové konfiguraci CPU, jak lze vidět v obrázku 4.2.





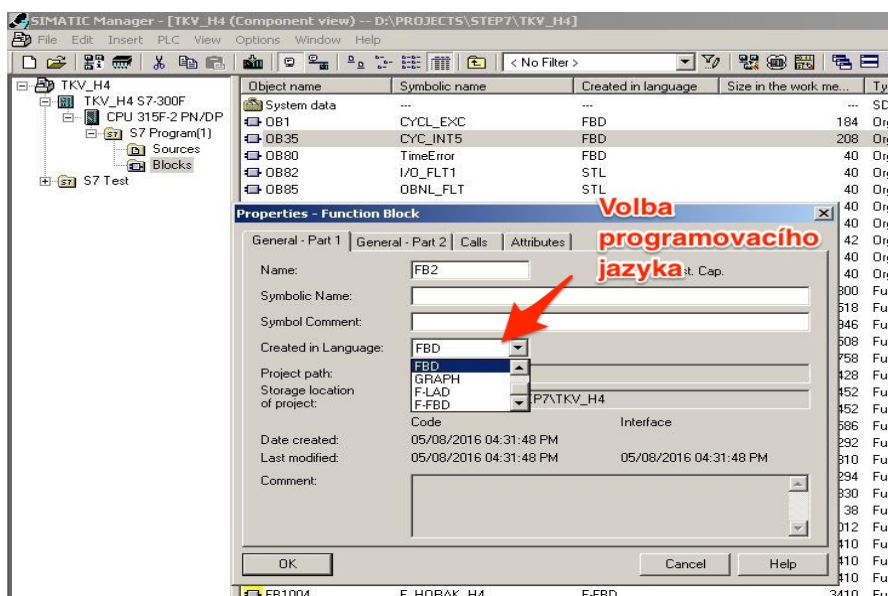
**Obrázek 4.2** Obrazovka konfigurace CPU

Dále v záložce „F – parameters“ nastavujeme oblasti pro kompilaci failsafe bloků. U přídatných I/O modulů je pak důležité deaktivovat nepoužité failsafe kanály, nastavení PROFIsafe adresy na modulech a upravit PROFIsafe monitoring. Po nastavení modulů je potřeba vytvořit organizační blok OB35, ve kterém se spouští funkce na provoz hořáku. Část tohoto bloku lze vidět na obrázku 4.3.



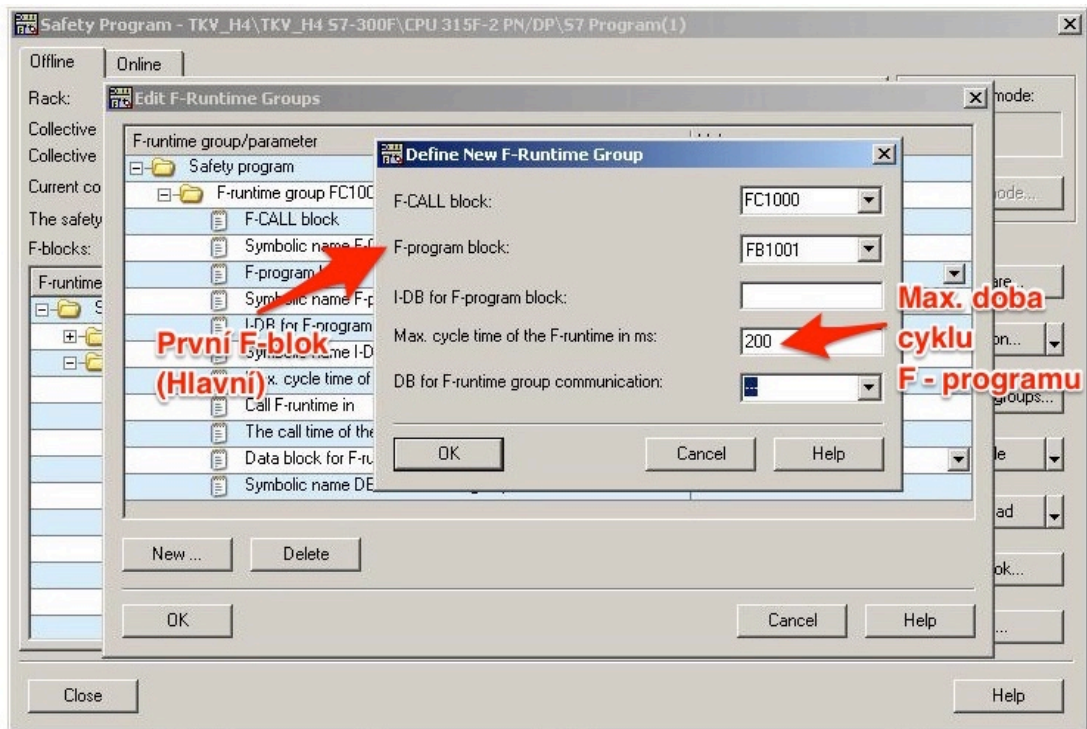
Obrázek 4.3 Organizační blok OB35

Při vytvoření programu se otevře dialogové okno „nastavení bloků“, kde zvolíme jméno bloku a v jakém programovacím jazyku budeme programovat. V tomto případě to bude v F-FBD (Function Block Diagram), kde „F“ značí, že se jedná o bezpečnostní program.



Obrázek 4.4 Nastavení bloku

Následovně je ještě zapotřebí definovat F runtime skupinu. V programu Simatic Manager, v záložce options vybereme Edit Safety program, dále v dialogovém okně F-runtime groups a New. Zde už můžeme definovat runtime pravidla. Viz obrázek 4.5.



Obrázek 4.5 Obrazovka nastavení runtime

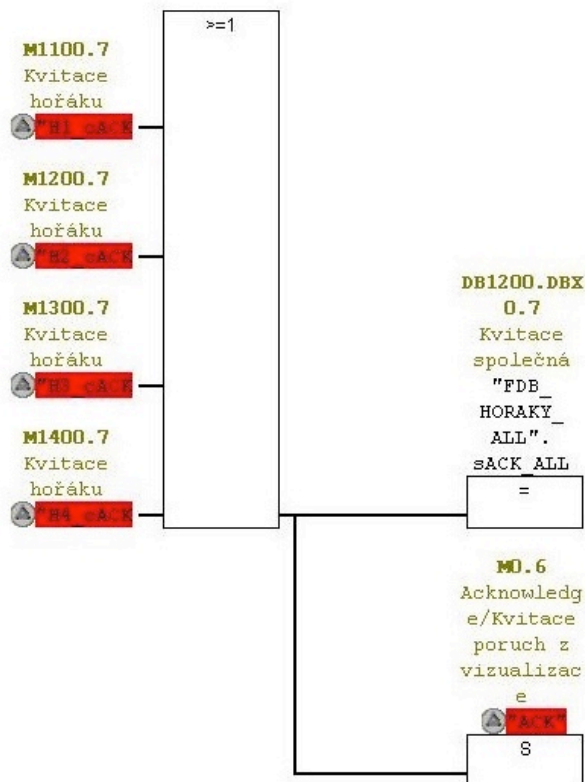
## 4.2 Nejdůležitější části bezpečnostního programu

Program je rozdělen do pěti hlavních funkčních bloků. FB1000 je funkční blok obsahující společné funkce hořáků. Bloky FB1001, FB1002, FB1003 a FB1004 obsahují funkce pro daný hořák (FB1001 pro H1, FB1002 pro H2, atd.).

Ve společném bloku FB1000 je řešená kvitace společných částí. Při kvitaci jakéhokoliv hořáku se kvitují všechny. Červeně označené vstupy nejsou napojeny na bezpečnostní kartu (pouze na „obyčejnou“ bez bezpečnostních funkcí).

☐ **Network 1**: Kvitace společných částí

Kvituje se při kvitaci kteréhokoliv hořáku.

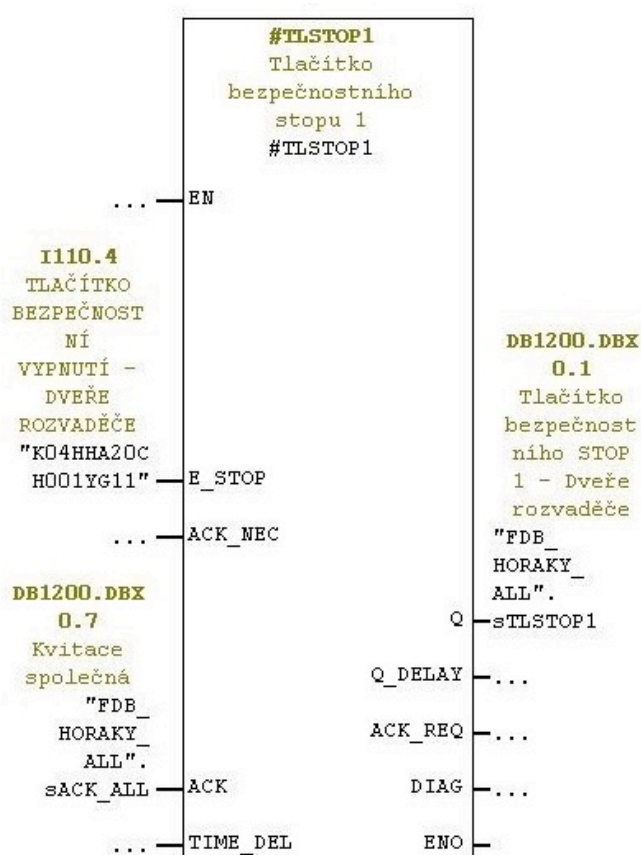


Obrázek 4.6 Kvitace hořáků

Ve společné části programu je také řešena funkce nouzového vypnutí skrz STOP tlačítka. Jak lze vidět z obrázku 4.7, byl použit funkční blok 215 **TLSTOP1** z knihovny. Tento bezpečnostní blok plní funkci nouzového vypnutí s potvrzením pro stop kategorie 0 a 1. V našem případě budeme používat nastavení pro kategorii 0 (není použita žádná časová prodleva).

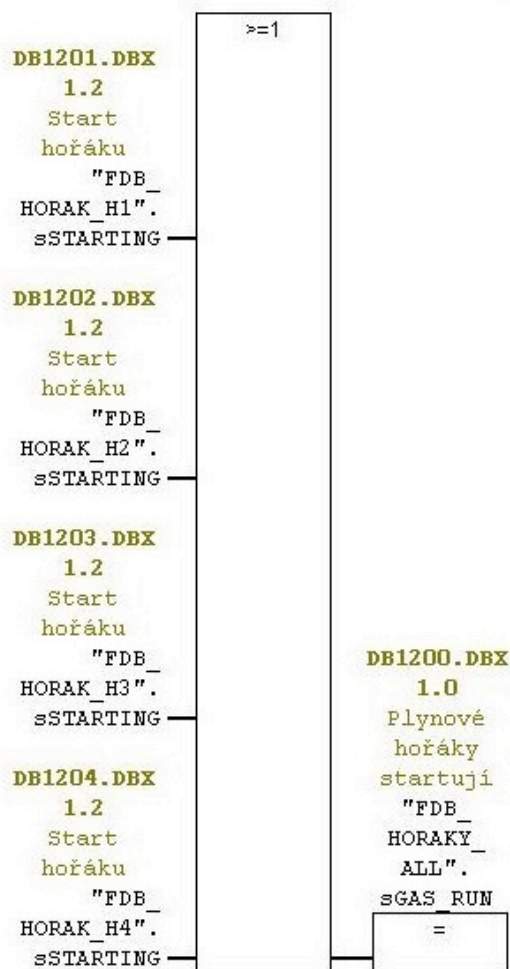
Na vstupu „E\_STOP“ jsou napojena proměnná tlačítka pro nouzové zastavení. Na vstupu „ACK“ je napojená proměnná, která kvituje chyby. Na výstupu „Q“ je napojená proměnná značící stav nouzového vypnutí (0 - off, 1 – on). Výstup „Q“ se setuje při zjištění vstupu „E\_STOP“ a resetuje se, když je vstup „E\_STOP“ v nule a přijde signál na „ACK“.

Stejným způsobem je to řešeno pro všechna stop tlačítka.



**Obrázek 4.7** FB 215 TLSTOP1 – nouzové vypnutí

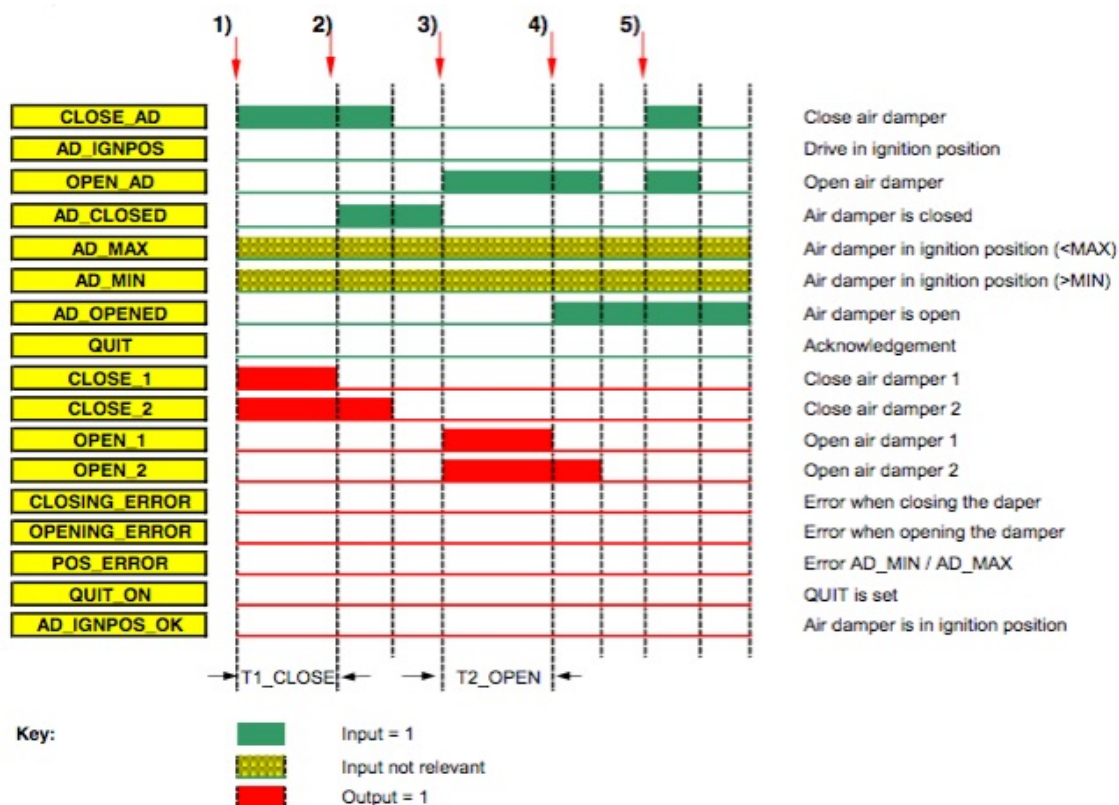
V další části programu je znázorněno, jakým způsobem je vyhodnocován start hořáku. K bloku „or“ jsou napojené čtyři proměnné značící, zda je právě prováděn start hořáku. Pokud alespoň jeden hořák zrovna startuje, je setována proměnná oznamující, že minimálně jeden hořák startuje.



Obrázek 4.8 Vyhodnocení startu alespoň jednoho hořáku

Následující části programu jsou z funkčního bloku pro daný hořák. Funkční bloky pro daný hořák jsou stejné kromě adresy vstupu a výstupu.

Pomocí bezpečnostní funkce pro kontrolu klapky **F\_AIRD** z knihovny řídíme klapky pro vzduch a pro plyn. Tato bezpečnostní funkce ovládá klapky pomocí koncových čidel instalovaných na klapkách. Princip funkce je znázorněn v následujícím časovém diagramu.



**Obrázek 4.9** Časový diagram F\_AIRD\_GAS [32]

Na vstup „CLOSE\_AD“ je napojena instance z funkce F\_AIRD\_GAS značící chybu polohy ventilu a požadavek na zavření klapky plynu.

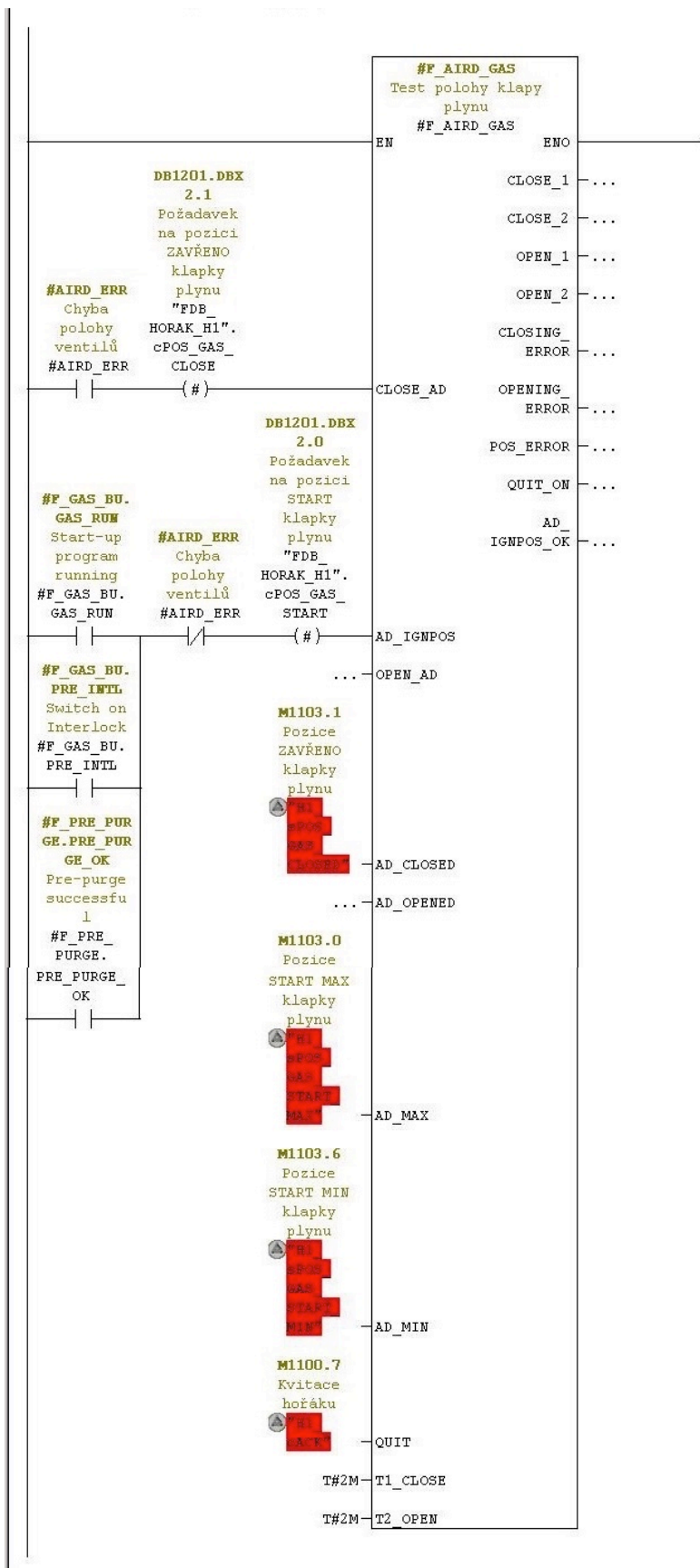
Tyto startovací vstupy jsou povoleny pouze v případě splnění blokad.

Když je vstup „AD\_IGNPOS“ setován, klapky se posunou do pozice připraveno k zapálení hořáku. Tenhle stav nastane, pokud provětrávání proběhlo úspěšně, pokud je interlock setován nebo pokud hořák hoří a není nahlášena chyba polohy ventilů.

Na vstupech „AD\_CLOSED“, „AD\_MAX“ a „AD\_MIN“ jsou připojená koncová čidla značící polohu klapky.

Pokud nastane porucha, lze ji kvitovat na vstupu „QUIT“. Časy T1 a T2 jsou maximální časy potřebné k otevírání (T1) a zavírání (T2) klapky. Pokud změna pozic klapky nenastane do této definované doby, je nahlášena porucha.

Výstupy nejsou na tento blok napojeny z důvodu následného používání jejich instancí.



Obrázek 4.10 Funkce F\_AIRD\_GAS



Další bezpečnostní funkce **F\_PRE\_PURGE** ovládá a monitoruje provětrávání systému. Provětrává se vždy před startem nebo po odstavení všech hořáků. Náběžnou hranou na vstupu „PRE\_PURGE\_ON“ se spouští provětrávání, pokud jsou splněny všechny podmínky. Podmínky jsou: plynové klapky uzavřené, žádný detekovaný plamen na hořácích ani na zapalovacích hořácích a přítomnost vzduchu s vyšším tlakem než požadované minimum. Dokud provětrávání neproběhne v pořádku (oznámeno proměnnou „Pre\_purge succesful“), není možné startovat hořáky.

Na vstupech „PRE\_PURGE\_ON“ jsou přiřazeny další instance funkce jako např. „F\_AIR\_OK.Q“ ( Q značí výstup této funkce).

Když je vstup „MAIN\_INTL“ setován, nejsou nahlášeny žádné blokády.

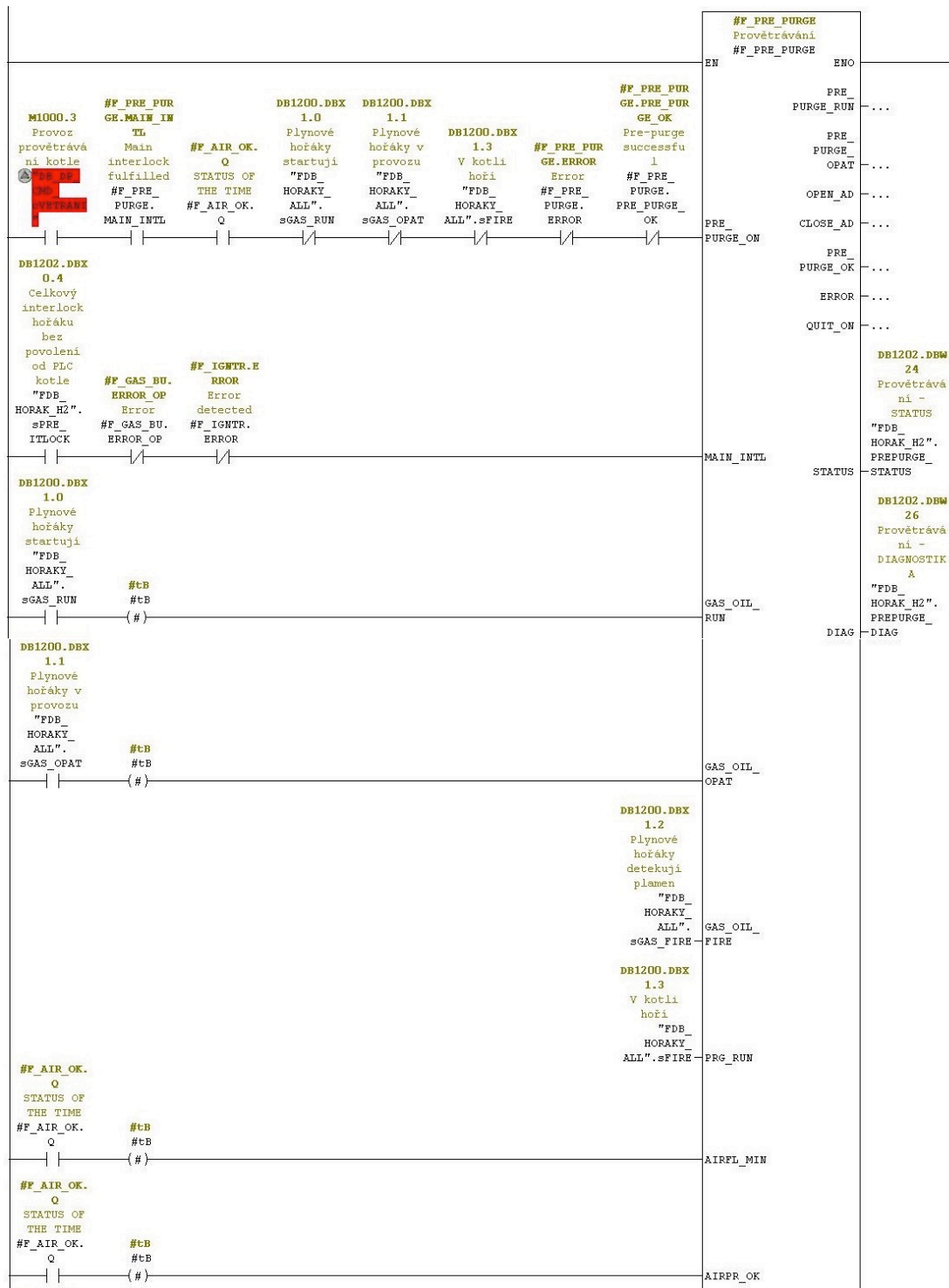
Pomocí dalších vstupů, jako např. „GAS\_OIL\_RUN“ nebo „V\_CLOSED“, oznamujeme, v jaké fázi se zrovna systém nachází. Zda je detekován plamen, Zda zrovna běží jiná funkce, apod.

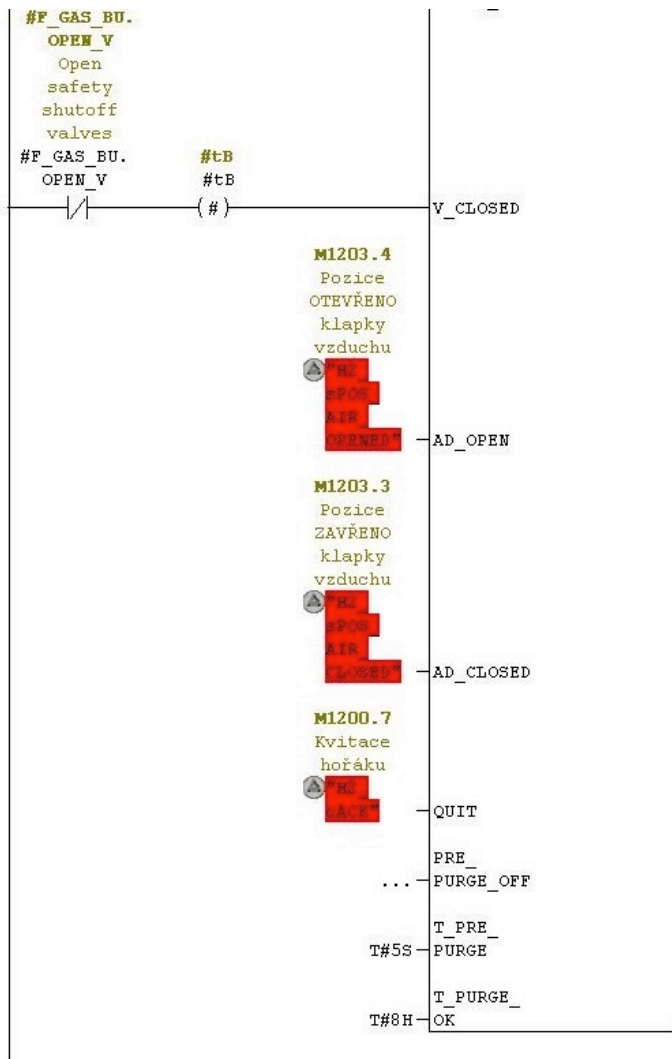
Opět zadáváme maximální čas, do kterého se musí vykonat provětrávání (5 s, jinak je vyhodnocena chyba) a čas, do kterého se musí zapálit hořáky (8 h, jinak je opět provedeno provětrávání).

V následujícím časovém diagramu lze vidět, jak funkce „F\_PRE\_PURGE“ pracuje.



Obrázek 4.11 Časový diagram F\_PRE\_PURGE [32]

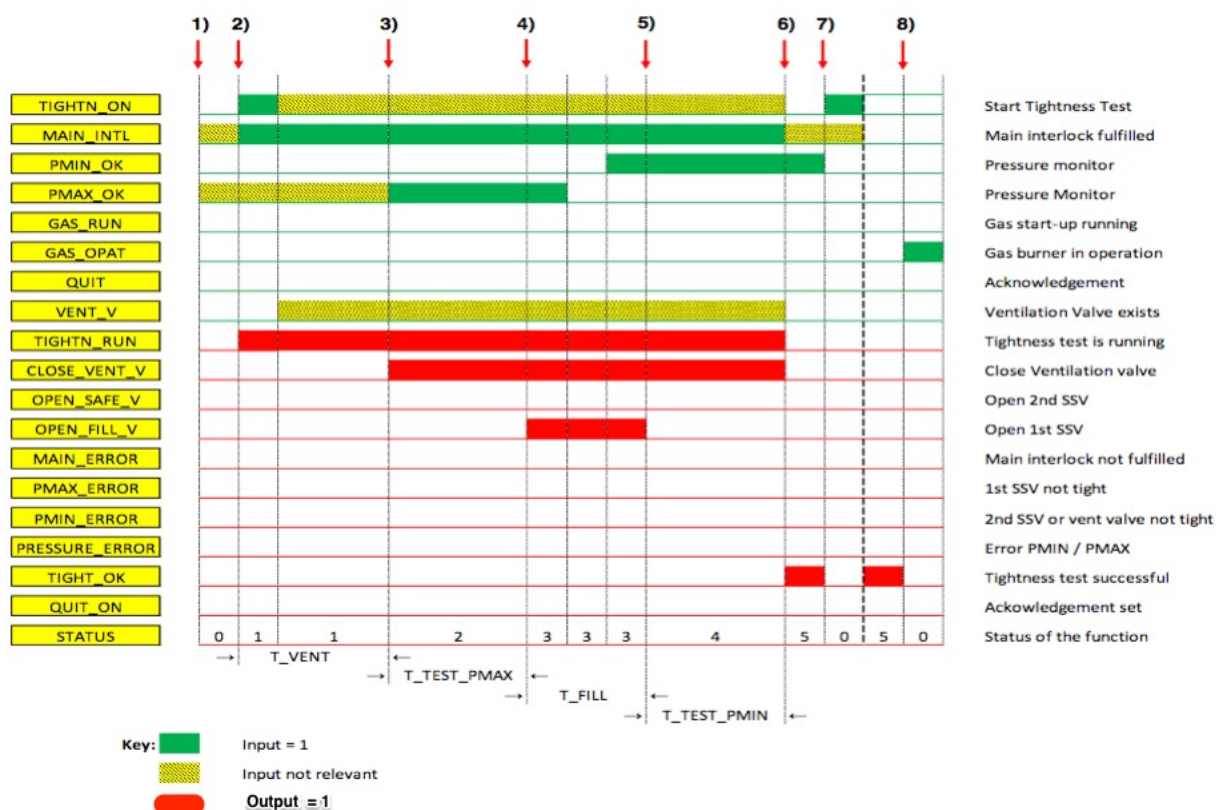




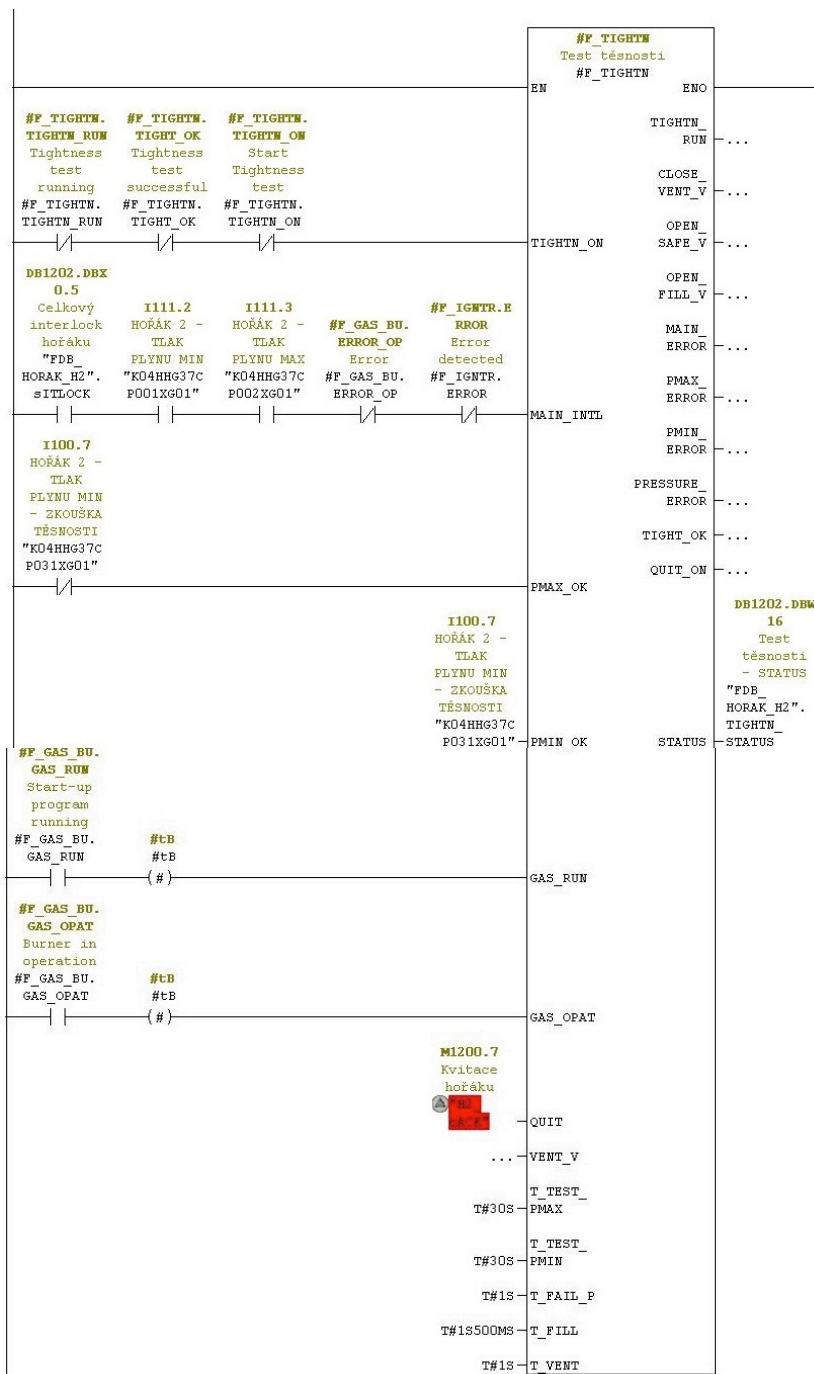
Obrázek 4.12 Funkce F\_PRE\_PURGE

Bezpečnostní funkce **F\_TIGHTN** ovládá test těsnosti plynových bezpečnostních ventilů SSV1 a SSV2. Tento test je prováděn vždy před startem hořáku (bod 1 a 2 startovací sekvence, viz kapitola 3.3). Dokud test těsnosti není úspěšně ukončen, není povolen start hořáku.

Pomocí vstupu „TIGHTN\_ON“ je spuštěn test těsnosti. Toto nastane v případě, že test těsnosti neběží, že test těsnosti nebyl zrovna úspěšně proveden a že není vstup sám setován. Další vstupy až po „GAS\_OPAT“ udávají různé parametry nutné pro provoz této funkce, např. jestli hořák hoří nebo jestli ještě nebyl proveden test těsnosti. Opět definujeme minimální a maximální čas pro provedení test těsnosti (30 s pro první ventil a 30 s pro druhý ventil) a různé bezpečnostní časy, jako např. „T\_FAIL\_P“, který nám nahlásí chybu v případě, že signály „PMIN\_OK“ (minimální tlak plynu ok) a „PMAX\_OK“ (maximální tlak plynu ok) jsou společně setovány déle než 1 s. Princip funkce je znázorněn v následujícím časovém diagramu.



Obrázek 4.13 Časový diagram F\_TIGHTN [32]



Obrázek 4.14 Funkce F\_TIGHTN

O ovládaní zapalovacího hořáku se stará bezpečnostní funkce **F\_IGNTR**. Tato funkce ovládá zapalovací transformátor a ventily pro přívod plynu do zapalovacího hořáku. V případě, že nastane chyba, funkce přejde do bezpečného stavu.

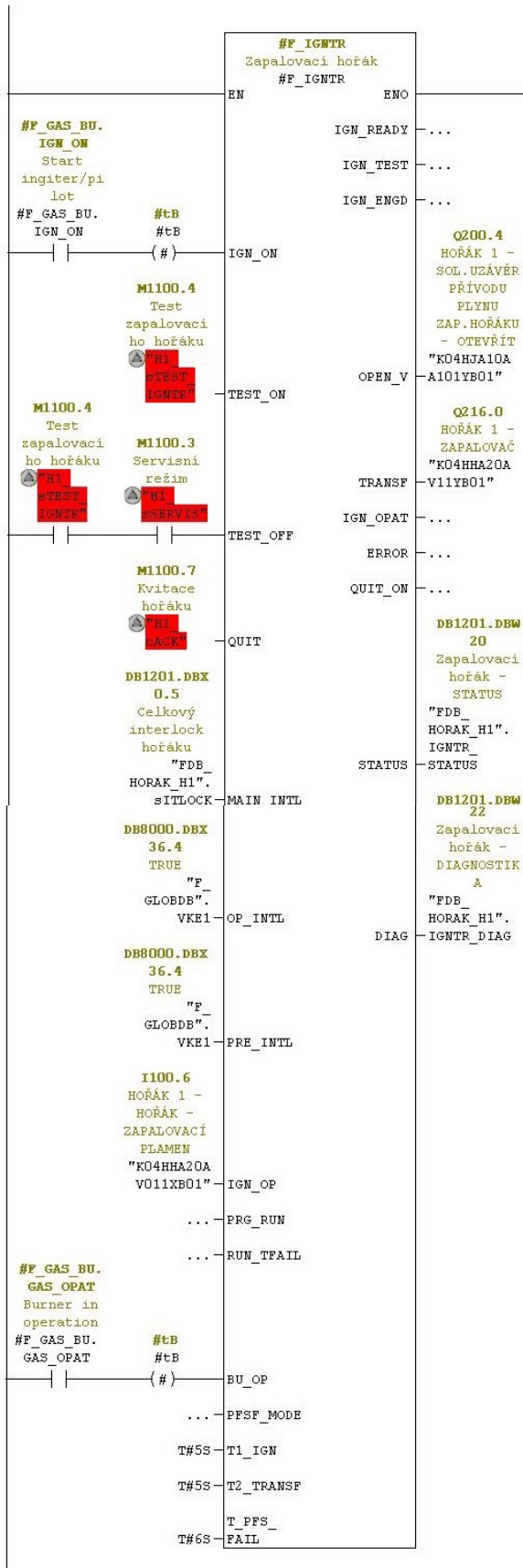
Na vstupu „IGN\_ON“ je přivedena instance z funkce F\_GAS\_BU, která spouští zapalování zapalovacího hořáku. Na vstupech „TEST\_ON“ a „TEST\_OFF“ jsou napojeny proměnné, které spouští a zastavují test zapalovacího hořáku.

Opět jsou požadovány vstupní proměnné informující o aktuálním stavu systému a časové údaje, viz obrázek 4.16. Zde je na výstupu „OPEN\_V“ napojen otevírací kontakt plynového ventilu pro zapalovací hořák. Stejně tak pro „TRANSF“, na kterém je napojen zapalovací transformátor.

Princip funkce je znázorněn v následujícím časovém diagramu.

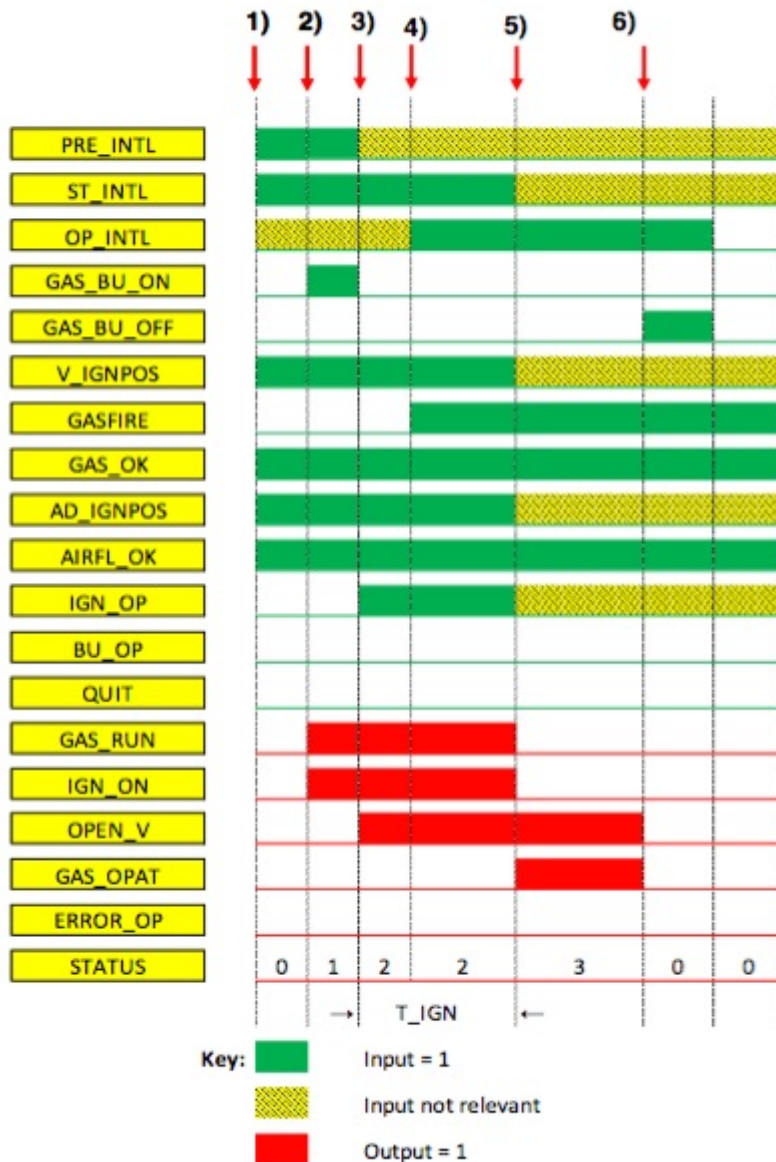


Obrázek 4.15 Časový diagram F\_IGNTR [32]



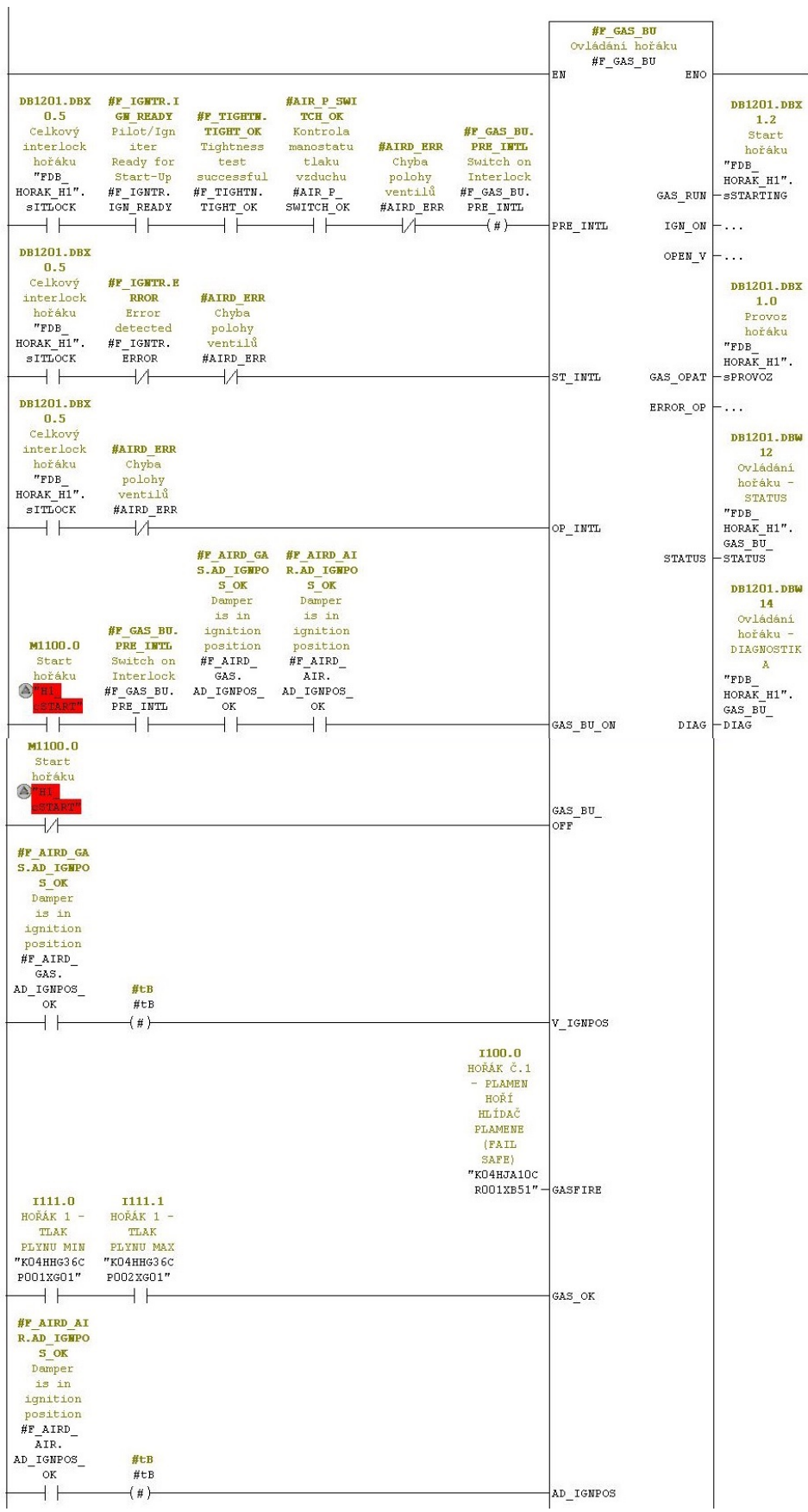
Obrázek 4.16 Funkce F\_IGNTR

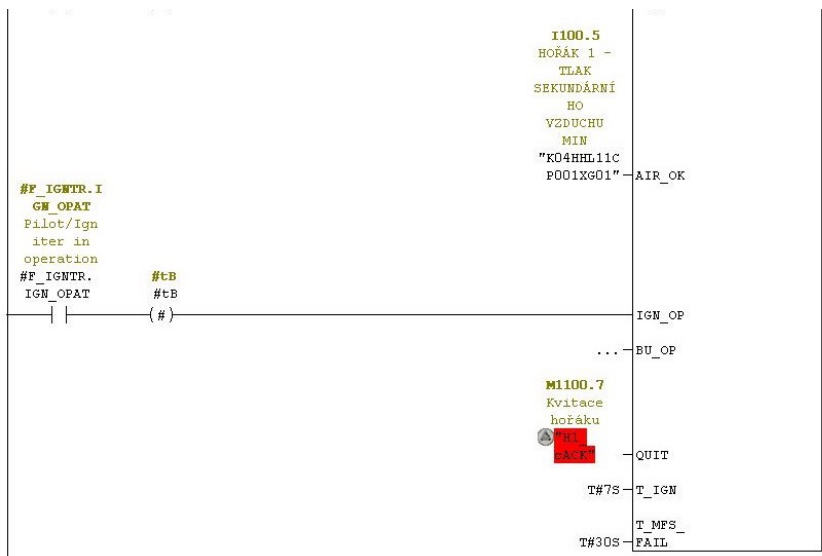
Bezpečnostní funkce **F\_GAS\_BU** ovládá hlavní hořák. Tato funkce je spojena i s funkcí **F\_IGNTR**, která ovládá zapalovací hořák. Po zapálení zapalovacího hořáku a vypnutí transformátoru funkce otevře bezpečnostní ventil na přívod plynu k hlavnímu hořáku a sleduje zapalování hlavního hořáku po definovanou dobu. Tato funkce ventily a klapky sama o sobě neovládá. O ně se stará funkce **F\_AIRD**, která je popsána výše. Vstupy se zkratkou „INT“ značí různé blokády, které musí být splněny, aby bylo možné spouštět a provozovat hlavní hořák. Na vstupech „GAS\_BU\_ON“ a „GAS\_BU\_OFF“ jsou napojeny proměnné pro start a stop hlavního hořáku. Následují vstupy, na kterých jsou přivedeny proměnné informující o aktuálním stavu systému, jako např. jestli je tlak plynu v pořádku (udržuje se mezi minimální a maximální povolenou hodnotou) nebo jestli se klapky nachází v zapalovací pozici. Poslední vstupy jsou kvitace chyb na „QUIT“ a časové konstanty. První (7 s) je maximální čas, do kterého musí být zjištěn plamen na hlavním hořáku. Pokud funkce po 30 sekundách dostane informace o tom, že je snímán plamen v případě, že by neměl být, nahlásí chybu. Princip funkce je znázorněn v následujícím časovém diagramu.



Obrázek 4.17 Funkce **F\_GAS\_BU** [32]







Obrázek 4.18 Funkce F\_GAS\_BU

## ZÁVĚR

Tato diplomová práce obsahuje přehled norem a předpisů, nejdříve celosvětový, dále zaměřený na Evropskou unii a Českou republiku. Dále je popsáno rozdělení norem, směrnic, harmonizovaných norem a struktura bezpečnostních norem. Je uvedeno rozdělení bezpečnostních norem „A“, „B“ a „C“ a popis různých pojmů využívaných pro bezpečnost zařízení. Následuje kapitola, kde je popsáno co je riziko, jakým způsobem jej analyzovat, jaké jsou jeho příčiny a jak rizikům předejít. Dále je popsán postup ohodnocování úrovně rizika pomocí dvou norem ČSN EN ISO 13849 (vyhodnocování úrovně rizika pomocí PL) a ČSN EN 62061 (vyhodnocování úrovně rizika pomocí SIL). Tyto normy se vztahují na elektrická, elektrotechnická, elektronická zařízení a řídicí systémy. Dále je popsána problematika omezení rizik a STOP kategorií, které jsou součástí funkční bezpečnosti. V následující části je uvedena funkční bezpečnost dle normy ČSN EN 61508 a její využití.

Ve třetí kapitole je popsáno řešení celého systému. V první řadě je objasněno, jak by měl systém pracovat a také popsány jeho komponenty. Dále jsou zpracovány všechny kroky, kterými musí systém projít před zapálením. Jsou zde také vysvětleny veškeré poruchy, které mohou nastat, jejich příčiny a jejich odblokování. Následuje popis řídicího systému, jeho bezpečnostních komponentů a jeho vstupy a výstupy. Dále je popsána funkce ovládacího panelu, který je namontován poblíž hořáků a pomocí kterého lze hořáky ovládat. Součástí této kapitoly je také popis obrazovek, jejich význam způsob, jakým s nimi pracovat. V poslední kapitole se zabývám praktickou částí, a sice bezpečnostním řídicím systémem, postupem jeho tvorby a popisem jeho nejdůležitějších částí.

# Literatura

- [1] Co je to technická norma? *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví* [online]. Praha 1, 2015 [cit. 2015-11-27]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/co-je-to-technicka-norma->
- [2] What we do. *International Electrotechnical Commission* [online]. Ženeva, 2015 [cit. 2015-11-27]. Dostupné z: <http://www.iec.ch/about/activities/?ref=menu>
- [3] About. *UL Standards* [online]. USA, 2015 [cit. 2015-11-27]. Dostupné z: <http://ulstandards.ul.com/about/>
- [4] About ANSI. *ANSI American National Standards Institute* [online]. USA, 2015 [cit. 2015-11-27]. Dostupné z: [http://www.ansi.org/about\\_ansi/overview/overview.aspx?menuid=1](http://www.ansi.org/about_ansi/overview/overview.aspx?menuid=1)
- [5] Accreditation - Standards Development. *CSA Group* [online]. Kanada, 2015 [cit. 2015-11-27]. Dostupné z: <http://www.csagroup.org/global/en/about-csa-group/why-csa-group/accreditation-standards-development>
- [6] PLÍŠTILOVÁ, P. *Jsou technické normy přínosem pro kvalitu?* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 35 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Alois Fiala, CSc.
- [7] PEŠIČKA, Ladislav. *Uplatnění technických norem v malých a středních strojírenských firmách: Technické normy pro strojírenství z hlediska evropské, mezinárodní a národní normalizace. Návod k obsluze jako nedílná součást dodávky* [online]. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, : 32 [cit. 2015-11-28]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/prilohyarchiv/198/Př%C3%ADručka%201%20CSTN.pdf>
- [8] Harmonizované normy. *Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví* [online]. Praha 1 [cit. 2015-11-29]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/harmonizovane-normy>
- [9] Směrnice Evropské unie. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 20. 5. 2015 [cit. 2015-11-29]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Směrnice\\_Evropské\\_unie](https://cs.wikipedia.org/wiki/Směrnice_Evropské_unie)
- [10] Normy bezpečnostní techniky Safety Integrated. *Www.siemens.cz* [online]. Praha, 2015 [cit. 2015-11-29]. Dostupné z: <http://www1.siemens.cz/ad/current/?ctxnh=eb7ee126be&ctxp=home>

- [11] SIEMENS. Funkční bezpečnost: *Předpisy a normy* [online]. Praha, 2015 [cit. 2015-11-29]. Dostupné z: [https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty\\_a\\_sluzby/IADT/tia\\_na\\_dosah/Documents/2015\\_letni\\_akademie/01\\_Letn%C3%AD%20akademie%202015\\_Funkčn%C3%AD\\_bezpečnost\\_NORMY.pdf](https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IADT/tia_na_dosah/Documents/2015_letni_akademie/01_Letn%C3%AD%20akademie%202015_Funkčn%C3%AD_bezpečnost_NORMY.pdf)
- [12] Bezpečnost strojů - Preventa: Harmonizované standardy. *Preventa Schneider-electric* [online]. Praha, 2015 [cit. 2015-11-29]. Dostupné z: <http://preventa.schneider-electric.cz/skoleni-a-seminare/harmonizovane-standardy>
- [13] JELÍNEK, V. *Řídicí systém výroby s řešením bezpečnostních rizik*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. Ústav automatizace a měřicí techniky, 76s. Vedoucí bakalářské práce byl Ing. Jan Pásek, CSc.
- [14] VOJÁČEK, Antonín. *Bezpečnost strojů - 1. díl - úvod, normy, posouzení rizika* [online]. Praha, 2015-10-09 [cit. 2015-11-30]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-1-dil-normy-rizika.html>
- [15] ZEZULKA, F., P. FIDLER a Z. BRADAČ. *Studijní materiál LAUP: Funkční bezpečnost* [online]. UAMT, FEKT, VUT v Brně, 2008 [cit. 2015-11-29]. Dostupné z: <http://www.uamt.feec.vutbr.cz/~zezulka/download/LAUP/bezp.pdf>
- [16] KRAMER WOLF, Thomas. *Pět kroků k bezpečnému stroji: Automatizace, řízení a regulace* [online]. Praha, 2014 [cit. 2015-12-02]. Dostupné z: <http://www.systemotronic.cz/userstorage/files/novinky/pilz-140310.pdf>
- [17] *Safety Legislation and Standards* [online]. Schneider electric, 2015 [cit. 2015-12-05]. Dostupné z: [http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER\\_ELECTRIC/content/live/FAQS/225000/FA225416/en\\_US/Difference%20between%20EN\\_ISO%2013849%20and%20EN\\_IEC%2062061.pdf](http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/225000/FA225416/en_US/Difference%20between%20EN_ISO%2013849%20and%20EN_IEC%2062061.pdf)
- [18] *Analýza rizik, posouzení*. ŽĎAS [online]. Žďár nad Sázavou [cit. 2015-12-05]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?catid=196>

- [19] VRÁNA, Václav. *Bezpečnostní obvody* [online]. Ostrava, 2006, 2007-10-10 [cit. 2015-12-06]. Dostupné z: [http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/BC\\_FBI/Prednasky/Bezpecnostni%20obvody\\_061.pdf](http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/BC_FBI/Prednasky/Bezpecnostni%20obvody_061.pdf)
- [20] Bezpečnostní řídicí systémy pro strojní zařízení: Zásady, normy a implementace [online]. Praha, 2011 [cit. 2015-12-06]. Dostupné z: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/saf\\_ebk-rm002\\_-cs-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/saf_ebk-rm002_-cs-p.pdf)
- [21] ElektroMAR a.s. *Provozní předpis plynových hořáků K4*. Ostrava, 2016, [cit. 2016-04-12].
- [22] ElektroMAR a.s. Technická zpráva: TKV – Modernizace SKŘ plynových hořáků K4. Ostrava, 2016, [cit. 2016-04-12].
- [23] SIEMENS. CPU 315F-2 PN/DP: Přehled [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10041972?tree=CatalogTree>
- [24] SIEMENS. SIPLUS S7-300 IM 365 interface modules: Přehled [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10020973>
- [25] SM 326 F digital input modules - Safety Integrated. Siemens [online]. [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/5000923>
- [26] SM 326 F digital output modules - Safety Integrated. Siemens [online]. [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/5000924?tree=CatalogTree>
- [27] SIEMENS. S7-300 SM331; AI 8x12 Bit Getting Started [online]. Německo, 2008, 73 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/828/17473828/att\\_110487/v1/s7300\\_sm331\\_ai\\_8x12\\_bit\\_getting\\_started\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/828/17473828/att_110487/v1/s7300_sm331_ai_8x12_bit_getting_started_en-US_en-US.pdf)
- [28] SM 332 analog output modules. Siemens [online]. [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/5000059>

- [29] DUNGS. Magnetický ventil jednostupňový provoz: Návod k montáži a provozu. [online]. Německo, 2010 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: [https://www.dungs.com/fileadmin/media/Downloads/DBs\\_BMAs/242668.pdf?1290009060](https://www.dungs.com/fileadmin/media/Downloads/DBs_BMAs/242668.pdf?1290009060)
- [30] DUNGS. Compact pressure switches for gas and air: GW...A6/1. Německo, 2006.
- [31] SIEMENS. Distributed Safety: Koncepce [online]. Německo, 2009, 40 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: [http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data\\_files/reseni/safety\\_integrated/presentation/prez\\_tia-si-distributed-safety\\_2009-09\\_cz.pdf](http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data_files/reseni/safety_integrated/presentation/prez_tia-si-distributed-safety_2009-09_cz.pdf)
- [32] SIEMENS. Burner application example for TIA Portal (Burner library): Safety Basic / Safety Advanced [online]. 3. Německo, 2015 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: [https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109477036/109477036\\_Burner\\_Application\\_Example\\_TIAP\\_DOC\\_v102\\_en.pdf](https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109477036/109477036_Burner_Application_Example_TIAP_DOC_v102_en.pdf)

# **Seznam příloh**

Příloha 1. Rozdělení tříd ČSN

Příloha 2. CD (Software)