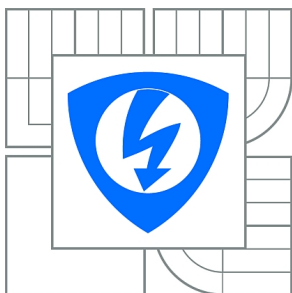


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

BEZPEČNOST MODELU MALÉHO LISU

SAFETY OF SMALL PRESS MODEL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

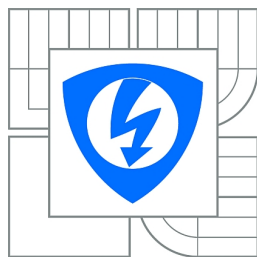
ONDŘEJ PEŇÁZ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. RADEK ŠTOHL, Ph.D.

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Ondřej Peňáz

ID: 106706

Ročník: 3

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Bezpečnost modelu malého lisu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s instrumentací firmy Rockwell Automation pro model lisu.
2. Na základě bezpečnostní analýzy stroje navrhnete a realizujete úpravy hardwaru modelu malého lisu.
3. Vytvořte příslušné softwarové vybavení pro GuardLogix
4. Vytvořte vizualizaci systému pomocí Factory Talk.
5. Ověřte funkčnost systému.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Logix5000 Controllers General Instructions (Reference Manual). Milwaukee: Rockwell Automation, Inc. 2008.

Dle vlastního literárního průzkumu a doporučení vedoucího práce.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 30.5.2011

Vedoucí práce: Ing. Radek Štohl, Ph.D.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské 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.

Abstract

Práce se zabývá bezpečností pneumatického modelu lisu. Po prozkoumání norem se provede posouzení rizika a následně proběhne realizace úprav pro splnění bezpečnostních požadavků. Kontrola bezpečnosti je provedena dle normy ČSN EN ISO 13489-1. Ke kontrole byl využit program SISTEMA. Součástí práce je popis softwarového vybavení modelu lisu od firmy Rockwell Automation a návrh ovládacího programu v RSLogix 5000 v žebříčkové logice. K ovládání slouží také vizualizace navržena v aplikaci FactoryTalk pro dotykový panel PanelView Plus 600.

Klíčová slova

Model lisu, PLC, bezpečnost, bezpečnostní prvky, posouzení rizika, bezpečnostní normy, SISTEMA, programy, vizualizace

Abstract

The work deals with the safety of an air press model. After examining the standards to carry out risk assessment, changes are implemented to compliance with safety requirements. Safety inspection is made according to standard ČSN EN ISO 13489-1. A software SISTEMA was used for the control of safety requirements. Description of a software equipment by Rockwell Automation and design of the control program in RSLogix 5000 in ladder diagram is the part of the work. The control is also proposed by the visualization application FactoryTalk for the touch panel PanelView Plus 600.

Keywords

Press model, PLC, safety, safety elements, risk assessment, safety standards, SISTEMA, programs, vizualization

Bibliografická citace

PEŇÁZ, O. *Bezpečnost modelu malého lisu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 56 s. Vedoucí bakalářské práce byl Ing. Radek Štohl, Ph.D.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Bezpečnost modelu malého lisu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské 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: **27. května 2011**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Radku Štohlovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc, cenné rady a vstřícnost při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: **27. května 2011**

.....
podpis autora

Obsah

1 ÚVOD.....	11
2 BEZPEČNOST A NORMY.....	13
2.1 Popis norem.....	14
2.1.1 ČSN EN ISO 13849-1.....	14
2.1.2 ČSN EN ISO 14121-1.....	14
2.1.3 ČSN EN 62061.....	15
2.1.4 ČSN EN 60204-1 ed. 2.....	15
2.1.5 ČSN EN ISO 12100.....	16
2.2 Posouzení rizika.....	16
2.3 ČSN EN ISO 13849-1 - podrobně.....	18
3 MODEL LISU.....	21
3.1 Pneumatická část.....	23
3.1.1 Regulační ventil	23
3.1.2 Tlakový snímač.....	24
3.1.3 Řídící bezpečnostní ventil.....	24
3.1.4 Pneumatický píst.....	25
3.2 Elektrická část.....	25
3.2.1 Standartní I/O moduly.....	25
3.3 Bezpečnostní část.....	26
3.3.1 PLC.....	27
3.3.2 Bezpečnostní I/O blok.....	28
3.3.3 Bezpečnostní vstupní/výstupní moduly.....	28
3.3.4 Ovládací tlačítka.....	29
3.3.5 Světelné závory.....	29
3.3.6 Modul CEDES.....	30
3.3.7 Bezpečnostní zámek.....	30
3.4 Zapojení a realizace modelu.....	31
3.4.1 Zapojení standartních I/O modulů.....	32
3.4.2 Zapojení bezpečnostních prvků.....	32
3.4.3 Modul CEDES a světelné závory.....	34
4 POUŽITÝ SOFTWARE.....	35
4.1 RSLinx.....	35
4.2 RSLogix 5000.....	36
4.2.1 Hardwarová konfigurace a nastavení.....	37
4.2.2 Programování a proměnné.....	39
4.3 FactoryTalk View Studio.....	42

4.4 SISTEMA.....	45
5 PROVEDENÉ ÚPRAVY.....	49
5.1 PLC.....	49
5.2 Výsledky programu SISTEMA.....	49
5.3 Správné zapojení.....	50
5.4 Servisní kryt.....	50
6 ZÁVĚR.....	52

Seznam obrázků

Obrázek 1: Proces posouzení rizika [1].....	16
Obrázek 2: Stanovené architektury[2].....	19
Obrázek 3: Určení PLr.....	20
Obrázek 4: Původní model lisu (bez PLC a kompresoru).....	22
Obrázek 5: Nový model lisu (bez kompresoru a dotykového panelu).....	22
Obrázek 6: Schematické zapojení pneumatické části lisu.....	23
Obrázek 7: Regulační ventil[3].....	23
Obrázek 8: Tlakový snímač [4].....	24
Obrázek 9: Bezpečnostní řídicí ventil 5/2 [5].....	24
Obrázek 10: Pneumatický píst [6].....	25
Obrázek 11: Standartní I/O modul a jeho parametry [8],[9].....	26
Obrázek 12: Nouzové tlačítko STOP - samostatně [11], společně se STARTem.....	26
Obrázek 13: Bezpečnostní PLC - CompactGuardLogix 1768-L43S [17].....	27
Obrázek 14: Zdroj 1768-PA3 (vlevo) [18] a modul 1768-ENBT (vpravo) [19].....	27
Obrázek 15: Bezpečnostní I/O blok [20].....	28
Obrázek 16: POINT I/O Adapter [21], bezpečnostní moduly OB8S a IB8S [22].....	28
Obrázek 17: Bezpečnostní dotyková tlačítka [23].....	29
Obrázek 18: Světelné závory (přijímač a vysílač) [24].....	29
Obrázek 19: Bezpečnostní modul CEDES [25].....	30
Obrázek 20: Bezpečnostní zámek GuardMaster [26].....	30
Obrázek 21: Schéma propojení ovládacích a bezpečnostních prvků.....	31
Obrázek 22: Připojení prvků na standartní I/O moduly 1769.....	32
Obrázek 23: Připojení prvků na bezpečnostního I/O moduly.....	33
Obrázek 24: Základní zapojení bezpečnostního modulu CEDES [25].....	34
Obrázek 25: Příklad zobrazení parametrů PLC.....	36
Obrázek 26: Prostředí programu RSLogix 5000.....	36
Obrázek 27: Vytváření nového projektu.....	37
Obrázek 28: Hardwarová konfigurace.....	37
Obrázek 29: Nastavení vstupů modulu 1734-IB8S.....	38
Obrázek 30: Nastavení cesty k PLC.....	38
Obrázek 31: Výpis standartních proměnných.....	40
Obrázek 32: dotykové panely PanelView Plus [27].....	42
Obrázek 33: Prostředí FactoryTalk View Studio + displeje (Main, Faults).....	43
Obrázek 34: Nastavení parametrů animace.....	44
Obrázek 35: Přenos aplikace do dotykového panelu.....	45
Obrázek 36: Program SISTEMA (zobrazena kategorie subsytému).....	46

Obrázek 37: Nastavení hodnoty MTTFd elementu.....	47
Obrázek 38: Subsystem obsahující vstupy a výstupy (1 kanál).....	47
Obrázek 39: Zobrazení stromové struktury programu SISTEMA.....	48
Obrázek 40: Stávající (vlevo) [5] a původní (vpravo) ventil [2].....	50
Obrázek 41: Vrchní kryt s bezpečnostním zámkem (vpravo).....	51

1 ÚVOD

Stroje a bezpečnost. Jak spolu tyto dvě věci souvisí? Stroje se dnes používají všude, kam se člověk podívá, jsou malé i velké, jednoduché i složité a odvádí za nás mnoho práce. Ovšem stroje mohou být také nebezpečné. Zabýváme se proto u strojů těchto bezpečností. Každý stroj má určité části nebezpečné pro člověka (elektrické, mechanické, pneumatické atd...). Jelikož člověk není neomylný a bezchybný, musí se tyto části ukrýt, odstranit nebo zamezit, aby se k nim člověk dostal. Pokud má stroj pracovní oblast, která musí být přístupná, tak se tato oblast musí správně zabezpečit pomocí určitých bezpečnostních prvků.

Všechny podmínky pro bezpečnost jsou obsaženy v různých normách. Stroje používané jak v domácnosti tak především v průmyslu, musí splňovat bezpečnostní normy. Při návrhu stroje se vychází z těchto norem. Hlavní norma použitá v této práci je ČSN EN ISO 13849-1: Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů - Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci.

Je zřejmé, že bezpečnost týkající se vodního čerpadla je úplně odlišná od bezpečnosti v případě elektrárny. V každém případě se postupuje podle platných norem a cílem je dosáhnout takového stavu, aby nedošlo k ujmě na zdraví a nejlépe žádné škodě na stroji.

V této práci bylo cílem seznámit se s normami týkající se bezpečnosti modelu pneumatického lisu. Provést analýzu rizika, navrhnout a realizovat hardwarové úpravy modelu lisu.

Práce je rozdělena do 4 základních kapitol.

Kapitola 2 se zabývá bezpečností a souvisejícími normami pro náš model lisu. Zabývat se obecnou bezpečností by bylo velmi obsáhlé, a proto jsou použity pouze některé bezpečnostní normy. Na konci kapitoly je provedena analýza rizika dle normy ČSN EN ISO 14121-1: Bezpečnost strojních zařízení - Posouzení rizika – Část 1: Zásady.

Kapitola 3 popisuje model pneumatického lisu, kterým se v této práci budeme zabývat. Jsou zde popsány nově použité i stavající prvky. Je rozdělena do 3 částí (pneumatická, elektrická a bezpečnostní). Každá tato část je dobře popsána, protože je důležité znát všechny prvky modelu, kvůli následnému vyhodnocení bezpečnosti. V poslední části kapitoly nalezneme zapojení těchto prvků a vzájemné propojení celých částí.

Kapitola 4 obsahuje informace o použitém softwaru. Jedná se především o programy od firmy Rockwell Automation, kterými jsou RSLogix 5000 a RSLinx pro komunikaci a programování PLC. V této části kapitoly je také popsán obslužný program pro řízení funkce lisu, navržený v RSLogix v jazyce žebříčkové logiky (LD). Následně byl využit software FactoryTalk View Studio rovněž od firmy Rockwell Automation, který slouží k vytváření vizualizací k dotykovým panelům. Opět následuje popis vytvořené

vizualizace pro dotykový panel PanelView Plus 600. Dalším důležitým nástrojem je bezesporu program SISTEMA, který slouží k vyhodnocení úrovně vlastností PL (Performance Level) a splnění bezpečnosti dle normy ČSN EN ISO 13849-1.

Poslední kapitola 5 popisuje provedené úpravy modelu lisu tak, aby splňoval bezpečnostní normy. Jedná se jak o výměnu některých řídicích součástí (PLC+moduly), tak o změnu zapojení. Důležitým prvkem je vytvoření krytu nad vrchní částí pracovního prostoru lisu.

2 BEZPEČNOST A NORMY

Jak bylo zmíněno v úvodu, bezpečnost je velmi důležitá a to nejen kvůli lidskému zdraví. Investovat do bezpečných zařízení nebo zabezpečit již používaný stroj se vyplatí a to hned z několika důvodů. Prvním a hlavním důvodem je lidský život a zdraví a s tím souvisí i pracovní nasazení. Pokud se někomu stane pracovní úraz, musí zaměstnavatel vynaložit určité finance na uzdravení zaměstnance a navíc musí najít dalšího pracovníka, který bude vykonávat jeho práci. Tento člověk stojí další peníze. Pokud se navíc při poruše nebo úrazu stane něco se strojem, jsou opět potřebné další finance na jeho opravu. Použitím správného zabezpečení se tyto faktory eliminují na minimum.

Pro značku o shodě s bezpečností je třeba splňovat bezpečnostní normy, kterých je mnoho. Pro náš model lisu jsou použité tyto normy:

- ČSN EN ISO 13849-1 Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů - Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci
- ČSN EN ISO 14121-1 Bezpečnost strojních zařízení - Posouzení rizika - Část 1: Zásady
- ČSN EN 62061 Bezpečnost strojních zařízení - Funkční bezpečnost elektrických, elektronických a programovatelných elektronických řídicích systémů souvisejících s bezpečností
- ČSN EN 60204-1 ed. 2 Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky
- ČSN EN ISO 12100 Bezpečnost strojních zařízení - Základní pojmy, všeobecné zásady pro konstrukci

Bezpečnostní normy v oblasti strojních zařízení se dělí do tří typů:

- Normy typu A (základní normy) uvádějí základní pojmy, zásady pro konstrukci a všeobecná hlediska, která mohou být aplikována na všechna strojní zařízení.
- Normy typu B (skupinové bezpečnostní normy) se zabývají jedním nebo více bezpečnostními hledisky nebo jedním nebo více typy ochranných zařízení, která mohou být použita pro větší počet strojních zařízení:
 - normy typu B1 se týkají jednotlivých bezpečnostních hledisek (např. bezpečných vzdáleností, teploty povrchu, hluku)
 - normy typu B2 se týkají příslušných bezpečnostních zařízení (např. dvouručního ovládání, blokovacích zařízení, zařízení citlivých na tlak, ochranných krytů).
- Normy typu C (bezpečnostní normy pro stroje) určují detailní bezpečnostní požadavky pro jednotlivý stroj nebo skupinu strojů.

2.1 Popis norem

Nyní bude následovat stručný popis každé použité normy v této práci. V další části kapitoly se budu podrobněji zabývat nejdůležitější normou ČSN EN ISO 13849-1. Tuto normu využívá již software SISTEMA k analýze bezpečnosti.

2.1.1 ČSN EN ISO 13849-1

Tato část ISO 13849 je určena jako návod pro ty, kteří se zabývají konstrukcí a posuzováním ovládacích systémů a dále pro technické komise připravující normy typu B2 a C, které jsou předpokladem pro splnění základních bezpečnostních požadavků přílohy I směrnice Rady 98/37/EC pro strojní zařízení. Norma neuvádí specifický návod pro shodu s jinými směrnici EC.

Jako součást strategie celkového snížení rizika u stroje bude konstruktér pro snížení rizika často volit některá opatření pomocí aplikace ochranných zařízení plnících jednu nebo více bezpečnostních funkcí. Části ovládacích systémů, které jsou určeny k plnění bezpečnostních funkcí, jsou nazývány bezpečnostní části ovládacích systémů (SRP/CS) a tyto části mohou obsahovat hardware a software a mohou být buď oddělené od ovládacího systému stroje nebo mohou být jeho integrální součástí. Kromě bezpečnostních funkcí mohou SRP/CS poskytovat také provozní funkce (např. dvouruční ovládání jako prostředek iniciace procesu).

Tato norma je určena k poskytnutí srozumitelných podkladů, na základě kterých může být posouzena konstrukce a vlastnosti každé aplikace bezpečnostních částí ovládacích systémů (SRP/CS) stroje například třetí stranou, samotnou firmou nebo nezávislou zkušebnou.

2.1.2 ČSN EN ISO 14121-1

Tato část ISO 14121 stanovuje všeobecné zásady určené k použití tak, aby byly splněny cíle snížení rizika stanovené v kapitole 5 v ISO 12100-1:2003. Tyto zásady posouzení rizika slučují znalosti a zkušenosti z konstrukce, používání, nehod, úrazů a škod u strojních zařízení tak, aby mohla být posouzena rizika v relevantních fázích životního cyklu stroje.

Norma uvádí pokyny a informace, které budou požadovány k umožnění provedení posouzení rizika. Jsou popsány postupy k identifikaci nebezpečí a odhadu a zhodnocení rizika.

Také uvádí pokyny, jaká provést rozhodnutí, která se týkají bezpečnosti strojních zařízení a jaký druh dokumentace je požadován k ověření provedení posouzení rizika.

2.1.3 ČSN EN 62061

Tato mezinárodní norma je určena pro konstruktéry strojního zařízení, výrobce řídicích systémů, montážní pracoviště a ostatní pracovníky, kteří se podílejí na specifikaci, návrhu a potvrzení platnosti (validace) SRECS. Stanovuje postupy a požadavky pro dosažení požadované funkce. Tato norma patří do oblasti norem strojního zařízení v rámci IEC 61508. Je určena pro usnadnění specifikace funkce řídicích systémů vztahujících se k bezpečnosti s ohledem na významná nebezpečí spojená se strojem (viz 3.8 z ISO 12100-1).

Norma je rámcovou normou z oblasti strojního zařízení týkající se funkční bezpečnosti SRECS strojů. Obsahuje pouze ta hlediska bezpečnostního životního cyklu, která se vztahují k určení bezpečnostních požadavků na základě potvrzení platnosti bezpečnosti. Uvedené požadavky o bezpečném používání SRECS (Safety-Related Electrical Control System) mohou také sloužit pro další fáze životního cyklu SRECS. Existuje mnoho situací u strojů s použitím SRECS, jako části bezpečnostních opatření, které byly použity pro dosažení snížení rizika. Typickým příkladem je použití ochranného krytu s blokováním, který v případě otevření pro umožnění přístupu do nebezpečného prostoru zajistí, aby řídicí systém zamezil vykonávání nebezpečné funkce stroje. Také v automatizaci přispívá elektrický řídicí systém použitý pro dosažení správné funkce stroje k bezpečnosti snížením rizik spojených s nebezpečími vznikajícími přímo v důsledku poruch řídicího systému.

Tato norma poskytuje metodiku a požadavky pro:

- stanovení požadované integrity bezpečnosti pro každou řídicí funkci související s bezpečností, která má být v rámci SRECS realizována
- umožnění návrhu SRECS odpovídajícího stanoveným řídicím bezpečnostním funkcím
- začlenění podsestav vztahujících se k bezpečnosti podle ISO 13849
- potvrzení platnosti (validace) SRECS

2.1.4 ČSN EN 60204-1 ed. 2

Část první normy ČSN EN 60204 platí pro používání elektrických, elektronických a programovatelných elektronických zařízení a systémů u strojů, které nejsou během činnosti přenosné rukou, včetně skupiny strojů, které pracují společně koordinovaným způsobem.

V této části normy termín elektrický zahrnuje elektrické, elektronické a programovatelné elektronické předměty (tj. elektrické zařízení znamená elektrické, elektronické a programovatelné elektronické zařízení).

Platí také pro elektrické zařízení nebo části elektrických zařízení, které pracují se jmenovitými napájecími napětími nepřesahujícími 1000 V v případě střídavého proudu

(AC) a 1500 V v případě stejnosměrného proudu (DC) a se jmenovitými napájecími kmitočky nepřesahujícími 200 Hz.

Zařízení, na které se vztahuje tato část ČSN EN 60204, začíná v místě připojení napájení k elektrickému zařízení stroje.

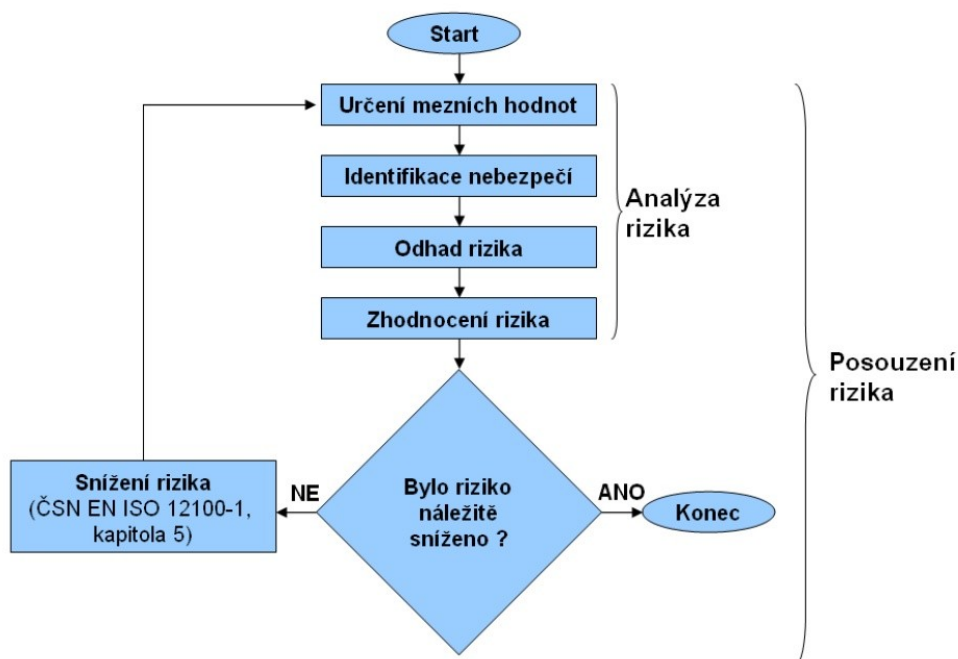
Norma nezahrnuje všechny požadavky (např. na ochranu, blokování nebo řízení), které jsou stanoveny jinými normami nebo předpisy kvůli ochraně osob před jinými než elektrickými nebezpečími. Každý typ stroje vyžaduje splnění specifických požadavků pro zajištění přiměřené bezpečnosti.

2.1.5 ČSN EN ISO 12100

Norma se zabývá základní terminologií a metodologií používanou k dosažení bezpečnosti strojního zařízení a zároveň definuje technické zásady, které pomohou konstruktérům dosáhnout bezpečné konstrukce strojního zařízení. Pojem bezpečnost strojního zařízení bere v úvahu schopnost stroje vykonávat jeho předpokládanou funkci během celé životnosti.

2.2 Posouzení rizika

Posouzení rizika je řadou logických kroků, které umožňují analyzovat a vyhodnotit rizika spojená s daným strojním zařízením. Pokud je nezbytné snížení rizika, postupujeme dle normy ČSN EN ISO 12100-1 kapitola 5. Tento postup můžeme opakovat, dokud nebude sníženo riziko dostatečným způsobem. Celý tento proces nám znázorňuje Obrázek 1.



Obrázek 1: Proces posouzení rizika [1]

Posouzení rizika se provádí ve všech fázích životního cyklu stroje (montáž, provoz, oprava, demontáž apod.). V našem případě se budeme zabývat pouze hlavní fází životního cyklu, kterou je provoz lisu. Montáž a demontáž vynecháme, protože v našem případě se jedná pouze o laboratorní model a v praxi by se toto posouzení nedalo využít. Částečně se můžeme zabývat i fází opravy (servisu), protože při poruše bude nutné do stroje určitým způsobem zasáhnout.

Analýzu provádíme dle dané normy. Příklady možných nebezpečí u různých typů strojů jsou uvedeny v přílohách normy ČSN EN ISO 14121-1. Následující Tabulka 1 uvádí příklady možných rizik při provozu lisu.

Druh nebezpečí	Zdroj	Možné následky
Mechanické	- hranaté části - padající předměty - vysoký tlak	- stlačení - pořezání - oddělení
Elektrické	- živé části - zkrat	- popálení - zasažení el. proudem
Hluk	- výrobní proces (ražení) - pohybující se části - pneumatické zařízení	- nepohodlí - stres - únava - bolest hlavy
Ergonomické	- přístup - umístění ovládacích a sdělovacích prvků - námaha (těžké obrobky) - osvětlení - opakovaná činnost - poloha těla	- nepohodlí - únava - stres - bolest zad a kloubů

Tabulka 1: Příklady možných nebezpečí

Základní metoda pro snížení rizika se provádí podle následujících 3 kroků:

1. Snížení rizik opatřeními zabudovanými v konstrukci stroje (např. oplocení, volba materiálu stroje, konstrukce...)
2. Snížení rizik bezpečnostní ochranou a doplňkovými ochrannými opatřeními
3. Snížení rizik informacemi pro používání strojního zařízení (obsluha, seřizování a servis, montáž a demontáž, ochranné pomůcky, zbytkové riziko...)

U laboratorního modelu lisu s kterým pracujeme, můžeme vyloučit skoro celou mechanickou skupinu nebezpečí. Jediným faktorem je zde vysoký tlak s následným rizikem stlačení pneumatickým pístem. Pro snížení tohoto nebezpečí používáme níže uvedené bezpečnostní prvky a systémy, které nám zabraňují zasáhnout do pracovní části lisu.

Elektrické nebezpečí v našem případě také nehrozí, protože všechny prvky jsou napájeny z nízkonapětového zdroje. Jednoduchou ochranou těchto prvků je plastový kryt, který v našem případě není použit, aby bylo vidět zapojení modelu lisu pro studijní účely.

Nebezpečí způsobené hlukem je pro náš model také bezvýznamné, ale v praxi je lepší použít ochranné pomůcky (sluchátka nebo špunty do uší).

Ergonomickému nebezpečí můžeme zamezit správnou konstrukcí lisu. Poloha lisu by měla být taková, aby se operátor při vkládání obrobku a při obsluze nemusel zbytečně ohýbat. Výška ovládacích a zobrazovacích prvků by měla být také přizpůsobena přirozené poloze člověka (ve stoje).

2.3 ČSN EN ISO 13849-1 - podrobně

Zkrácený popis normy je uveden výše, a tak se nyní budeme podrobněji zabývat obsahem této normy, protože jde o prioritní normu, která nám určuje správně navrženou bezpečnost modelu lisu.

Norma udává požadavky a zásady pro konstrukci stroje a integraci bezpečnostních ovládacích systémů. Platí pro všechny typy strojů (elektrika, hydraulika, pneumatika, mechanika). Nespecifikuje bezpečnostní funkce a úrovně vlastností pro jednotlivé případy a neuvádí konkrétní požadavky na konstrukci, ale uvádí specifické požadavky pro bezpečnostní části ovládacích systémů (SRP/CS), které používají programovatelný elektronický systém.

Definice vybraných termínů:

Bezpečnostní část ovládacího systému – část ovládacího systému, která reaguje na bezpečnostní vstupní signály a vytváří bezpečnostní výstupní signály

Kategorie – klasifikace bezpečnostních částí ovládacího systému vzhledem k odolnosti proti závadám a jejich následnému chování v podmínce závady, kterého je dosaženo konstrukčním uspořádáním částí a detekci závady

Nebezpečná porucha – porucha, která má potenciál uvést bezpečnostní části ovládacích systémů do stavu nebezpečí nebo selhání funkce

Porucha se společnou příčinou (CCF) – poruchy různých objektů, vyplývající z jedné události, kde tyto poruchy nejsou vzájemným důsledkem každé z nich

Škoda – fyzické zranění nebo poškození zdraví

Zbytkové riziko – riziko, které zůstává i po použití ochranných opatření

Bezpečnostní funkce – funkce stroje, jejíž porucha může vést k okamžitému zvýšení rizika

Úroveň vlastností (PL) – diskrétní úroveň používaná k určení schopnosti bezpečnostních částí ovládacího systému k vykonávání bezpečnostní funkce při předvídatelných podmínkách

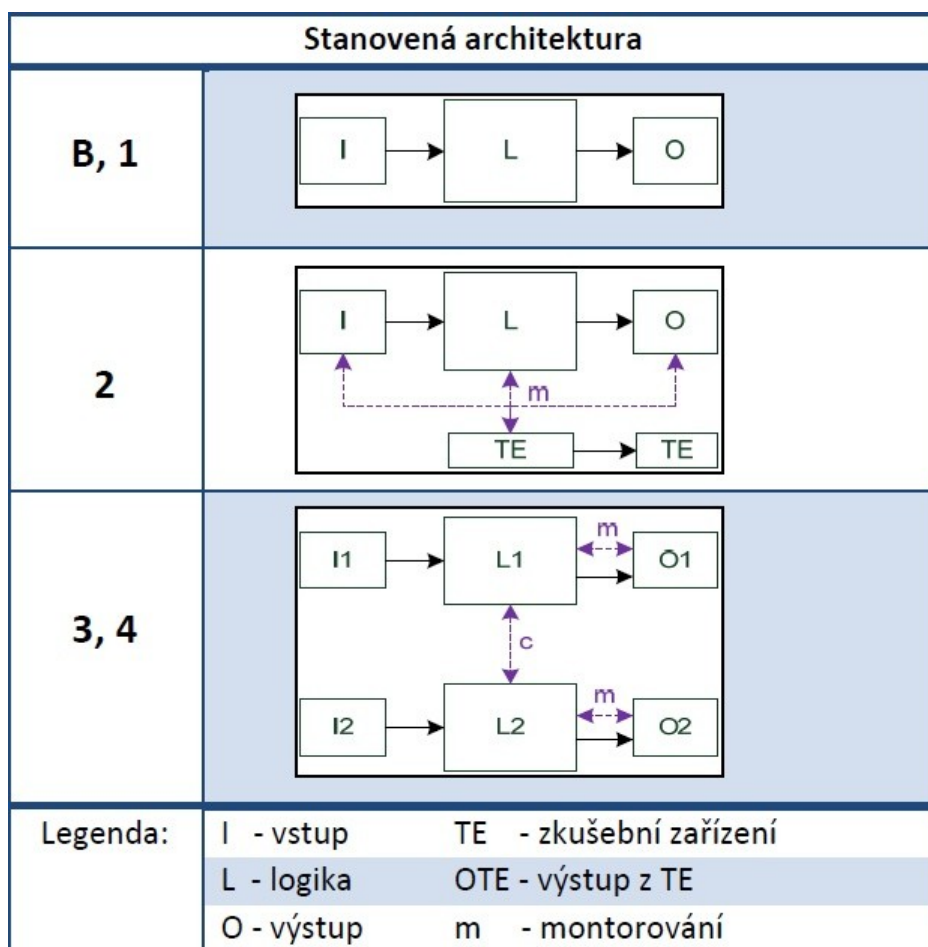
Požadovaná úroveň vlastností (PLr) – úroveň vlastností používaná k tomu, aby bylo dosaženo pro každou bezpečnostní funkci požadovaného snížení rizika

Střední doba do nebezpečné poruchy (MTTFd) – očekávaná střední doba do nebezpečné poruchy

Diagnostické pokrytí (DC) – míra účinnosti diagnostiky

Tato norma se zabývá snížením rizika použitím ovládacích bezpečnostních systémů. Abychom mohli aplikovat tuto normu, musíme mít provedenou analýzu rizika. Norma popisuje jednotlivé pojmy jako jsou DC, MTTFd a nejdůležitější PL.

Pro správné vyhodnocení PL stanovuje norma několik typů architektur, které jsou uvedeny na Obrázek 2. Jejich konkrétní popis a vlastnosti nalezneme v normě. Pro náš model byla vybrána kategorie 3. Tato kategorie musí splňovat požadavky jako kategorie B a musí být dodrženy osvědčené bezpečnostní zásady. Dále platí, že bezpečnostní části ovládacího systému musí být navrženy tak, aby závada jakékoliv části nevedla ke ztrátě bezpečnostní funkce. Průměrné diagnostické pokrytí (DC_{avg}) všech částí systému musí být nízké. MTTFd všech zálohových kanálů musí být v závislosti na PL krátké až dlouhé a musí být použity opatření proti CCF.



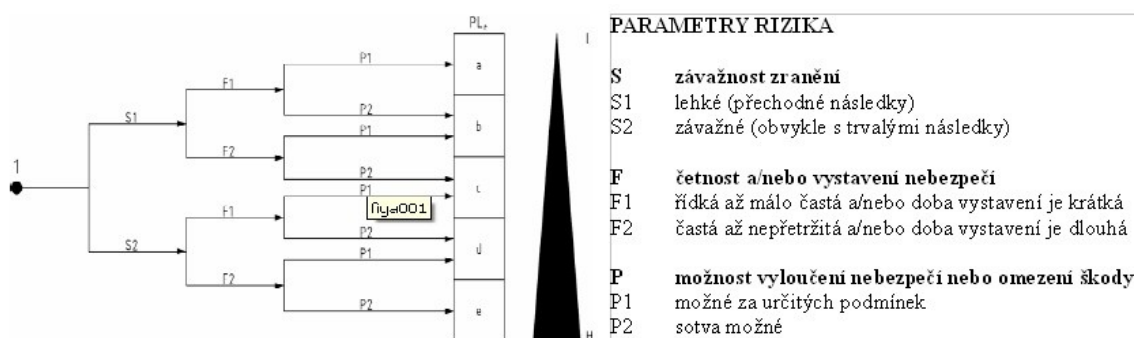
Obrázek 2: Stanovené architektury[2]

Norma rozděluje PL do několika částí. Vztah mezi starší normou ČSN 61508, kde se udává hodnota integrity SIL, hodnotou PFHd (pravděpodobnost nebezpečné poruchy za hodinu) a úrovní vlastností PL udává Tabulka 2 .

SIL	PL	PFHd [h ⁻¹]
-	a	$\geq 10^{-5}$ do $\geq 10^{-4}$
1	b	$\geq 3 \cdot 10^{-6}$ do $\geq 10^{-5}$
1	c	$\geq 10^{-6}$ do $\geq 3 \cdot 10^{-6}$
2	d	$\geq 10^{-7}$ do $\geq 10^{-6}$
3	e	$\geq 10^{-8}$ do $\geq 10^{-7}$

Tabulka 2: Vztah mezi SIL, PL a PFHd

Norma uvádí různé typy bezpečnostních funkcí a jejich specifikace. V přílohách normy najdeme několik užitečných návodů. Mezi důležité patří např. určení požadované úrovně vlastností (PLr), které lze jednoduše určit podle následujícího Obrázek 3 . Dále zde najdeme výpočet hodnot MTTFd, tabulku pro odhad diagnostického pokrytí, tabulku pro určení počtu bodů pro CCF.



Obrázek 3: Určení PLr

Pro splnění bezpečnosti je nutné prokázat, že kombinací všech bezpečnostních prvků a ovládacího systému bylo dosaženo $PL \geq PLr$. Tímto je splněn požadavek normy ČSN EN ISO 13849-1. K tomuto ověření můžeme použít druhou část této normy (ČSN EN ISO 13849-2) nebo programový nástroj SISTEMA.

3 MODEL LISU

Cílem práce bylo seznámit se s modelem, zkontrolovat navrženou bezpečnost, navrhnout a realizovat případná vylepšení. Prvky modelu musíme znát, protože následně budeme kontrolovat, zda splňují bezpečnostní normy. Model lisu, s kterým pracujeme, se dá rozložit do 3 částí. Tyto části jsou pneumatická, elektrická a bezpečnostní.

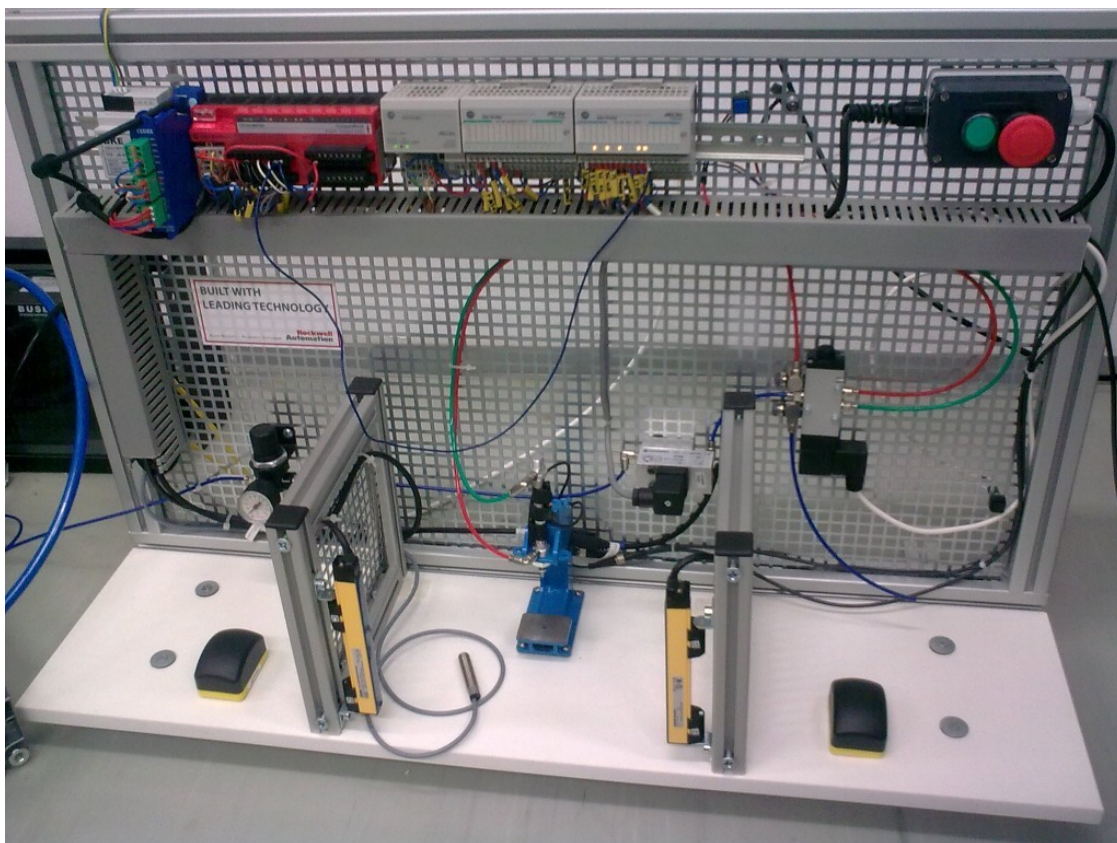
V následujících podkapitolách budou popsány všechny tyto části a v závěru kapitoly bude popsáno jejich vzájemné propojení. U každého prvku najdeme základní parametry. Některé prvky budou bezpečnostní a u těchto prvků budou uvedeny další potřebné parametry.

Ovládací a řídicí část modelu lisu byla kompletně pozměněna z důvodu výměny bezpečnostního PLC za jiný model. S tím souvisí i použití jiných I/O modulů. Původní sběrnice DeviceNet byla nahrazena sběrnicí Ethernet/IP pro jednodušší propojování a lepší konfiguraci. Z tohoto důvodu byl do systému přidán konfigurovatelný Switch Stratix 6000, který má 8 Ethernet portů 10/100 Mbps a 1 optický port.

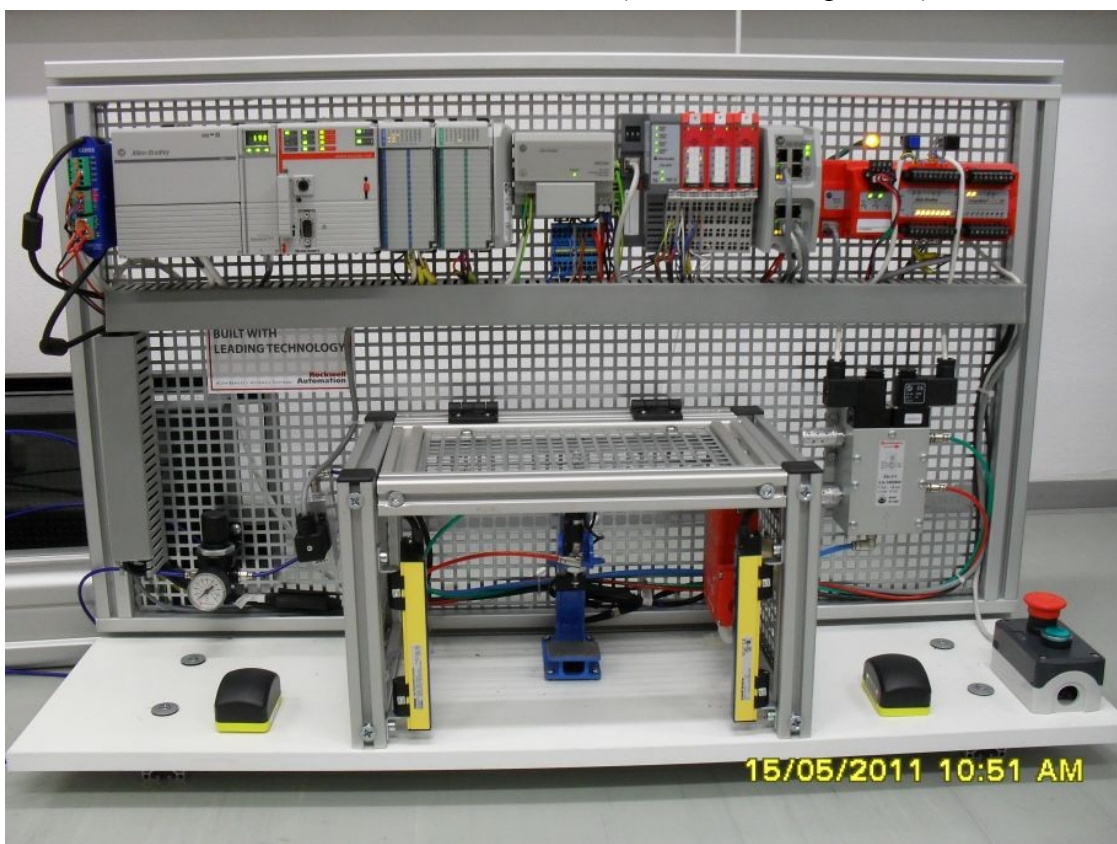
V práci nebudou uvedena předchozí použitá zařízení, protože jsou využita v jiné práci. Nové ovládací a bezpečnostní prvky byly vybrány podle provedené analýzy rizika a dle potřeb modelu lisu.

Na Obrázek 4 je vidět předchozí model lisu bez PLC, které nebylo součástí modelu. Nyní jsou součástí modelu všechny řídicí i bezpečnostní prvky, jak je vidět na Obrázek 5. Tlačítko STOP bylo přemístěno dolů pro snazší zmáčknutí a uvolnění místa. Celý systém PLC a dalších prvků je připevněn na DIN liště. Vpravo nahoře je LED dioda pro indikaci poruchy, spínací tlačítko pro RESET poruchy a vypínač pro odemknutí bezpečnostního zámku, který drží vrchní kryt (nově přidán) pracovního prostoru modelu lisu.

Kromě již zmíněných ovládacích prvků bude k ovládání použit barevný dotykový panel PanelView Plus 600 firmy Allen-Bradley. Tento panel má barevný displej s úhlopříčkou 5,5“ a rozlišením 320x240px.



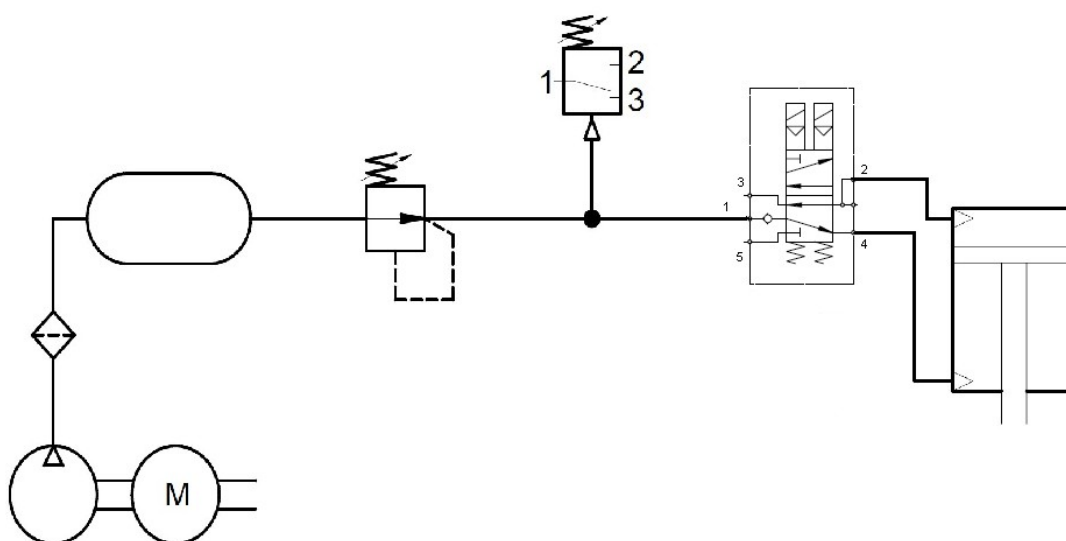
Obrázek 4: Původní model lisu (bez PLC a kompresoru)



Obrázek 5: Nový model lisu (bez kompresoru a dotykového panelu)

3.1 Pneumatická část

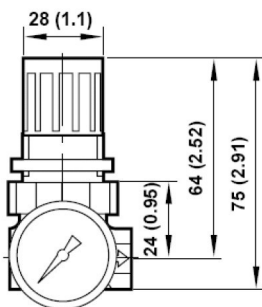
První a hlavní částí lisu je pneumatický obvod. Je to jeho výkonová část, na které závisí parametry lisu. Na Obrázek 6 je zobrazeno schematické zapojení obvodu. Pracovní tlak modelu lisu se pohybuje v rozmezí 3,2-7 barů, což je dáno použitými prvky. Stlačený vzduch dodává kompresor typ Silent Master od firmy Schneider. Tento kompresor je vyroben jako přenosný a odhlučněný. Maximální pracovní tlak kompresoru je 8 barů. Součástí kompresoru je zásobník a redukční ventil. Vzduch z kompresoru pokračuje přes filtr nečistot a regulační ventil dále do systému, kde se nachází tlakový snímač, bezpečnostní ventil a vzduchový píst. Parametry bezpečnostního ventilu uvedu v této části, i když se dá zařadit i do bezpečnostní části.



Obrázek 6: Schematické zapojení pneumatické části lisu

3.1.1 Regulační ventil

Na tomto regulačním ventilu nastavujeme pracovní tlak pístu v rozmezí 0,5-7 barů. Typ ventilu je Norgren R07-105-RNMG. Na Obrázek 7 nalezneme základní parametry ventilu. Dále vzduch pokračuje přes tlakový snímač.



Typ	R07-105-RNMG	
Velikost příruby	[-]	G1/4
Maximální průtok	[dm ³ /s]	7
Maximální tlak	[bar]	20
Pracovní tlak	[bar]	0,5-7
Pracovní teplota	[°C]	-34÷(+65)

Obrázek 7: Regulační ventil[3]

3.1.2 Tlakový snímač

Tlakový snímač je digitální od firmy Norgren typ 18D-0881300. Slouží ke kontrole tlaku v obvodu. Je schopen snímat tlak v rozmezí 0,5-7 barů s frekvencí 100 min⁻¹. Parametry jsou uvedeny na Obrázek 8. Za snímačem následuje řídicí bezpečnostní ventil.



Typ	18D 0881300	
Velikost příruby	[-]	G1/4
Frekvence spínání	[min ⁻¹]	100
Maximální tlak	[bar]	80
Pracovní tlak	[bar]	0,5-8
Pracovní teplota	[°C]	-10÷(+80)

Obrázek 8: Tlakový snímač [4]

3.1.3 Řídicí bezpečnostní ventil

Tento ventil slouží k ovládání směru pohybu pístu. Je použit typ Norgren XSz 8V. Jde o dvoucestný bezpečnostní ventil 5/2 s dynamickým monitorováním. Obsahuje 2 elektromagnetické cívky, které musí být obě sepnuty v intervalu 500 ms. Při vypnutí napájení proudí vzduch jedním směrem a po sepnutí se ventil přepne. Výhodou je, že při poruše napájení nebo při poruše jedné z cívek se ventil vrátí do výchozího stavu. Na Obrázek 9 najdeme základní parametry tohoto ventilu.



Typ	XSz 8V (5/2)	
Port size	[-]	G1/4
Maximální průtok	[dm ³ /s]	13
Maximální tlak	[bar]	10
Pracovní tlak	[bar]	3,2 -10
Pracovní teplota	[°C]	+2 ÷(+50)

Obrázek 9: Bezpečnostní řídicí ventil 5/2 [5]

3.1.4 Pneumatický píst

Poslední částí pneumatického obvodu je pneumatický píst, který vykonává potřebnou práci. Byl použit dvoucestný válec firmy Norgren typ RM 8012/M/50 umístěný v kovovém přípravku. Parametry jsou na Obrázek 10. U tohoto pístu nemáme žádnou zpětnou vazbu pro zjištění pozice a tak jsou použity 2 koncové indukční snímače přilepené k pístu, které detekují krajní pozice. Tyto snímače jsou opět od firmy Norgren typ M/50/EAP/CP a jedná se o PNP senzory s otevřeným kolektorem [7].



Typ	RM 8012/M/50	
Délka válce	[mm]	100
Průměr válce	[mm]	12
Zdvih	[mm]	50
Pracovní tlak	[bar]	1-10
Pracovní teplota	[°C]	-10÷(+80)

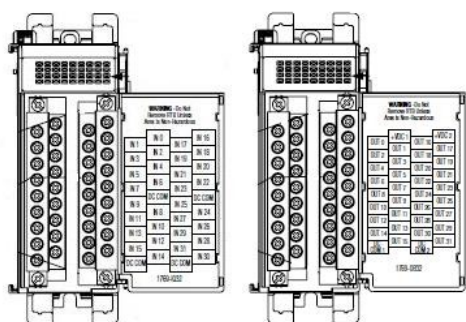
Obrázek 10: Pneumatický píst [6]

3.2 Elektrická část

Všechny ovládací a bezpečnostní prvky jsou napájeny 24 V stejnosměrného napětí ze zdroje 230/24V s maximálním proudovým odběrem 3 A. Zdroj je typu 1794-PS3. Podrobnější informace nalezneme v dokumentaci výrobce [10]. Pro daný model a konfiguraci je zdroj dostačující. Napájeny jsou 2 standartní I/O moduly (vstupní a výstupní), 2 bezpečnostní moduly (blok a rozšiřující adaptér s moduly), kontrolér optických bran CEDES a příslušné ovládací a řídicí prvky. Součástí elektrického obvodu jsou diody (oranžová a zelená), snímač kovu, spínač a vypínač. Jejich využití je popsáno v kapitole 4.2.2, kde se zabývám popisem obslužného programu.

3.2.1 Standartní I/O moduly

Jde o 2 moduly. Jeden vstupní a druhý výstupní. Oba mají 32 vstupů/výstupů. Tyto moduly jsou připojeny přímo k bezpečnostnímu PLC přes místní sběrnici 1769 (pravá část PLC). Napětí vstupů a výstupů je samozřejmě 24 VDC jako celý systém lisu. Označení a jejich parametry jsou na Obrázek 11. Napájení vstupů/výstupů těchto modulů se musí připojit zvlášť, protože nejsou napájeny ze zdroje PLC.

	typ	1769-IQ32	1769-OB32
	pracovní teplota [°C]	0-60	0-60
	počet I/O [-]	32	32
	zpoždění [ms]	8	0.1(on) / 1(off)
	max proud [mA]	250	500

Obrázek 11: Standartní I/O modul a jeho parametry [8],[9]

3.3 Bezpečnostní část

Prvky do této části byli vybrány dle analýzy rizika podle normy ČSN EN ISO 14121-1, podle vybrané kategorie a úrovně vlastností (PL). Prvky byly zvoleny s bezpečnostní PL = e (SIL 3 dle starší normy). Zvolili jsme kategorii 3.

Zakladním bezpečnostním prvkem je nouzové tlačítko STOP od firmy Schneider Electric, které je na Obrázek 12. Jedná se o kruhové tlačítko s průměrem 40 mm, , které se uvolňuje pootočením. Tlačítko vydrží 300 000 sepnutí dle dokumentace výrobce [11]. Je umístěno v krabičce [12] společně se zeleným tlačítkem START [13], které obsahuje LED diodu [14]. Tlačítko START nepatří mezi bezpečnostní prvky. Pod tlačítkem START je také kontakt NO [15] a pod tlačítkem STOP najdeme dvojici kontaktů NO a NC [16].



Obrázek 12: Nouzové tlačítko STOP - samostatně [11], společně se STARTem

Dalšími součástmi jsou ovládací a bezpečnostní PLC, bezpečnostní I/O moduly a blok, ovládací tlačítka, bezpečnostní ventil, bezpečnostní zámek a světelné závory s modulem CEDES.

3.3.1 PLC

Pro řízení celého modelu byl použit automat dodaný firmou Rockwell Automation a vyrobený firmou Allan-Bradley. Jde o typ CompactGuardLogix 1768-L43S. Označení S na konci nám říká, že jde o bezpečnostní (safety) PLC. Podobně jako většina jiných automatů je i tento modulární. Součástí tohoto PLC jsou komunikační modul pro Ethernet/IP 1768-ENBT, napájecí zdroj 1768-PA3 a již výše zmíněné 2 standartní moduly (1769-IQ32, 1769-OB32).

Programování PLC probíhá také přes Ethernet. K tomuto účelu je potřeba mít PC s nainstalovaným programem RSLogix 5000. Na Obrázek 13 se nachází stručný výpis základních parametrů bezpečnostního PLC.



Typ	1768-L43S
Úroveň PL	e
Revize [-]	19
Uživatelská paměť [MB]	2
CF card [MB]	64
Pracovní teplota [°C]	0-60
Max. Proud [A]	1,3
Kategorie [-]	4

Obrázek 13: Bezpečnostní PLC - CompactGuardLogix 1768-L43S [17]

Zdroj a komunikační modul pro Ethernet/IP (1768-ENBT) jsou uvedeny na Obrázek 14. Zdroj je schopen dodávat 3,5A při 24 VDC (max 90W) pro další připojené zařízení. Pracovní teploty obou zařízení jsou v rozsahu 0-60 °C.

Tyto moduly se připojují na sběrnici 1768, která je na levé straně bezpečnostního PLC v tomto pořadí (zdroj-ethernet-PLC).



Obrázek 14: Zdroj 1768-PA3 (vlevo) [18] a modul 1768-ENBT (vpravo) [19]

3.3.2 Bezpečnostní I/O blok

Jedná se o CompactBlock Guard I/O modul komunikující přes sběrnici Ethernet/IP, konkrétně model 1791ES-IB8XOBV4. Tento modul slouží pro připojení některých bezpečnostních prvků. Rozdíl oproti standartnímu modulu je především v tom, že bezpečnostní modul dokáže detekovat poruchu.

Poruchou je myšlen zkrat vodičů nebo nesprávná změna pinů. Detekci přerušení nebo zkratu zajišťuje modul pulsním signálem s určitou frekvencí. Vlastnosti testování se dají nastavit. Modul má pouze 4 výstupy, avšak dvoukanálově zapojené. Při poruše jednoho z nich nebude výstupní zařízení spuštěno. Parametry najdeme na Obrázek 15.



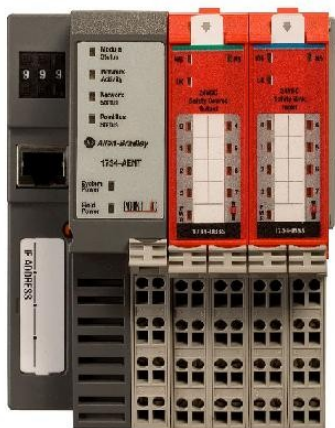
Typ	1791ES-IB8XOBV4
Úroveň PL [-]	e
Rozhraní	Ethernet/IP
Počet vstupů	8
Počet výstupů	4
Pracovní teplota [°C]	(-20) - (+60)
Max odběr výstupu [A]	2

Obrázek 15: Bezpečnostní I/O blok [20]

3.3.3 Bezpečnostní vstupní/výstupní moduly

Používáme 2 druhy bezpečnostních modulů. Jde o vstupní modul 1734-IB8S a výstupní modul 1734-OB8S. Tyto moduly nelze použít samostatně. Připojují se přes rozšiřující adaptér. Konkrétně přes POINT I/O Adapter 1734-AENT komunikující rovněž přes sběrnici Ethernet/IP. Omezení počtu modulů je pouze v maximálním odběru celého adaptéru, který je 10 A.

Tyto moduly mají podobné vlastnosti jako bezpečnostní I/O blok. Jejich výhodou jsou rozměry a modulárnost. Na adaptéru se musí nastavit 2 klíče podle daného modulu, aby se daly spojit dohromady. Spojení těchto modulů a rozšiřujícího adaptéru je na Obrázek 16, kde jsou také uvedeny některé další parametry.

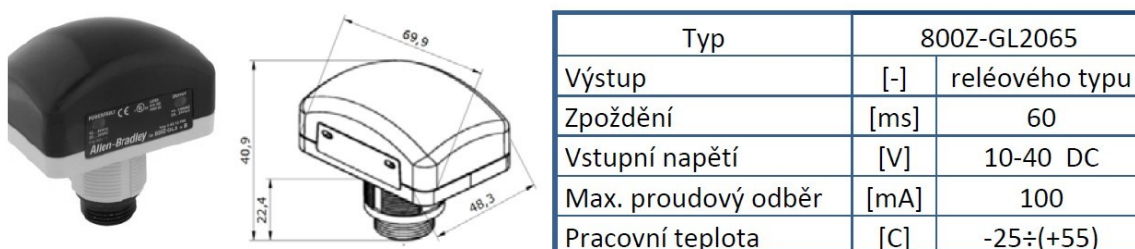


Typ	IB8S	OB8S
Reakční doba [ms]	16,2	6,2
Provozní teplota [°C]	(-20) - (+55)	(-20) - (+55)
Počet vstupů/výstupů	8	8
Max odběr [mA]	700 (puls test)	1000
Úroveň PL [-]	e	e

Obrázek 16: POINT I/O Adapter [21], bezpečnostní moduly OB8S a IB8S [22]

3.3.4 Ovládací tlačítka

Jako ovládací tlačítka byla použita 2 dotyková bezpečnostní tlačítka firmy Rockwell Automation typ 800Z-GL2065. Princip těchto tlačítek spočívá v tom, že operátor musí mít obě ruce na tlačítkách během pracovního cyklu lisu. Jak již bylo zmíněno, jedná se o dotyková tlačítka releového typu, která kombinují princip kapacitního snímače a snímače povrchové vlny. Pro lepší bezpečnostní využití by tlačítka mohla mít přídavný kruhový kryt, který je pro laboratorní použití zbytečný. Tlačítka jsou zobrazena na Obrázek 17.



Obrázek 17: Bezpečnostní dotyková tlačítka [23]

3.3.5 Světelné závory

Světelné závory jsou velmi rozšířené, protože dokáží zabezpečit i větší prostory. Závor je několik typů velikostí i s různým rozlišením. U našeho modelu lisu jsou obzvláště důležité, protože chrání pracovní prostor lisu před vniknutím cizího tělesa. Závory pracují na principu vysílač a přijímač. Vysílány jsou světelné paprsky ve spektru, které lidské oko nevidí. Byly použity světelné závory typ S400S-KEF5N-LF3-ACD55 opět od firmy Rockwell Automation.

Základní parametry těchto závor jsou na Obrázek 18. U těchto závor je potřeba dodržet určitou vzdálenost od pracovního prostoru a dále je určena minimální a maximální vzdálenost závor. Všechny tyto údaje jsou k nalezení u výrobce nebo v dokumentaci. Tyto závory pro svoje použití potřebují speciální bezpečnostní modul.

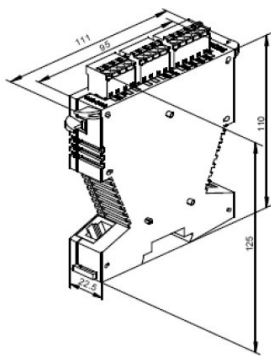


Typ	S400S-KSF5N-LF3-ACD55	
Úroveň SIL:	[-]	3
Rozlišení	[mm]	14
Rozsah	[mm]	500
Výška závor	[mm]	150
Max. proudový odběr	[mA]	100
Pracovní teplota	[C]	-10÷(+55)

Obrázek 18: Světelné závory (přijímač a vysílač) [24]

3.3.6 Modul CEDES

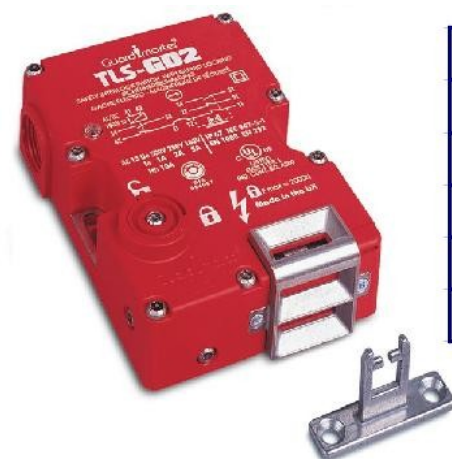
Posledním bezpečnostním prvkem v modelu je tento modul. Jedná se o kompaktní modulární bezpečnostní modul, který lze rozšířit a připojují se na něj další bezpečnostní prvky jako např. výše zmíněné světelné závory. Možnosti využití a zapojení modulu jsou poměrně velké, a proto doporučuji přečíst dokumentaci výrobce. Jedná se o typ S400S-KEF5N-LF3-ACD55 a jeho parametry jsou na Obrázek 19.

	Typ		S400S-KEF5N-LF3-ACD55
	Úroveň SIL:	[-]	3
	Krytí	[-]	IP20
	PFH	[h ⁻¹]	6*10 ⁻⁹
	Vstupní napětí	[V]	24
	Max. proudový odběr	[mA]	70
	Pracovní teplota	[C]	0÷(+55)

Obrázek 19: Bezpečnostní modul CEDES [25]

3.3.7 Bezpečnostní zámek

Pro zabezpečení přístupu k pracovnímu prostoru lisu svrchu byl použit odklápěcí kryt, který se uzamyká pomocí bezpečnostního zámku GuardMaster TLS1-GD2. Tento zámek pro uvolnění potřebuje přivést napájení 24 VDC na cívku. Zámek obsahuje 1 NO + 1 NC kontakt na cívce pro monitorování a 2 NC kontakty pro zjištění zasunutého zámku. Samotný zámek vydrží poměrně málo sepnutí, avšak bude využíván pouze v případě opravy/poruchy lisu. Zámek a další parametry najdeme na Obrázek 20.

	Typ		TLS1-GD2
	Pracovní teplota [°C]	(-20) - (+60)	
	Napájení [V]	24	
	Max držící síla [N]	2000	
	Kontakty	2 NC / 1 NC + 1 NO	
	Počet operací	250000	

Obrázek 20: Bezpečnostní zámek GuardMaster [26]

3.4 Zapojení a realizace modelu

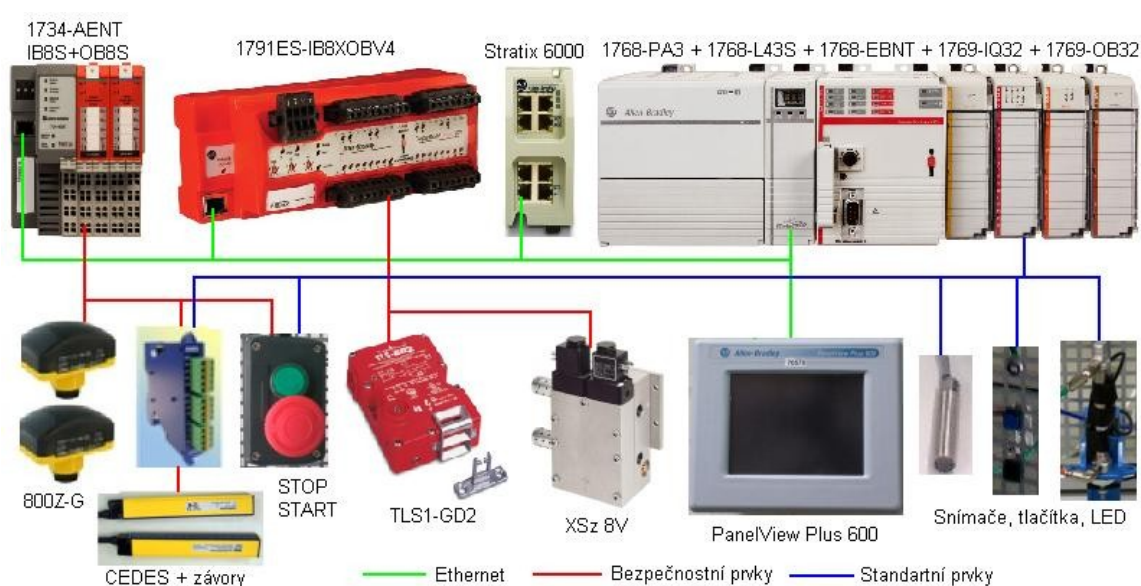
V této podkapitole najdeme zapojení modulů a následně připojení všech prvků na dané moduly.

Začneme komunikačním rozhraním Ethernet/IP, které se používá pro celý model lisu. Základní modul je 1768-ENBT připojený přímo k PLC, jak již bylo zmíněno výše. Tento modul je připojen ke switchi Stratix 6000 (1783-EMS08T). Ke switchi jsou připojeny i další moduly jako je bezpečnostní blok 1791ES-IB8XOBV4 a adaptér 1734-AENT s moduly 1734-IB8S a 1734-OB8S. Samozřejmě ke switchi také připojíme PC, v kterém musíme mít nainstalované příslušné obslužné programy od firmy Rockwell Automation. Dále bude přes Ethernet/IP připojen i vizualizační panel, který bude popsán v další kapitole.

Nastavení IP adres všech modulů probíhá přes BootP/DHCP server opět od firmy Rockwell Automation. Nastavujeme pevné IP adresy podle dané sítě, abychom mohli příslušné moduly vyhledat a připojit se k nim. Správný modul poznáme v programu pomocí MAC adresy, která je uvedena na štítku každého zařízení.

Standartní I/O moduly jsou připojeny přímo ke sběrnici PLC. Konkrétní připojení všech prvků je uvedeno níže, včetně připojení světelných závor a bezpečnostního modulu CEDES.

V systému jsou použity 2 napájecí zdroje. Jeden pro PLC, který už nenapájí nic jiného a další zdroj 240 VAC / 24 VDC pro napájení dalších modulů a prvků. Napájení modulů zapojíme dle příslušných dokumentací. K rozvodu napájení 24 VDC pro prvky jsou použity společné svorky na DIN liště umístěné přímo pod zdrojem. Všechny prvky požadující uzemnění jsou připojeny k DIN liště nebo k zadní mřížce, která je propojená se zemnicí svorkou. Další Obrázek 21 uvádí schematické zapojení celého systému.



Obrázek 21: Schéma propojení ovládacích a bezpečnostních prvků

3.4.1 Zapojení standartních I/O modulů

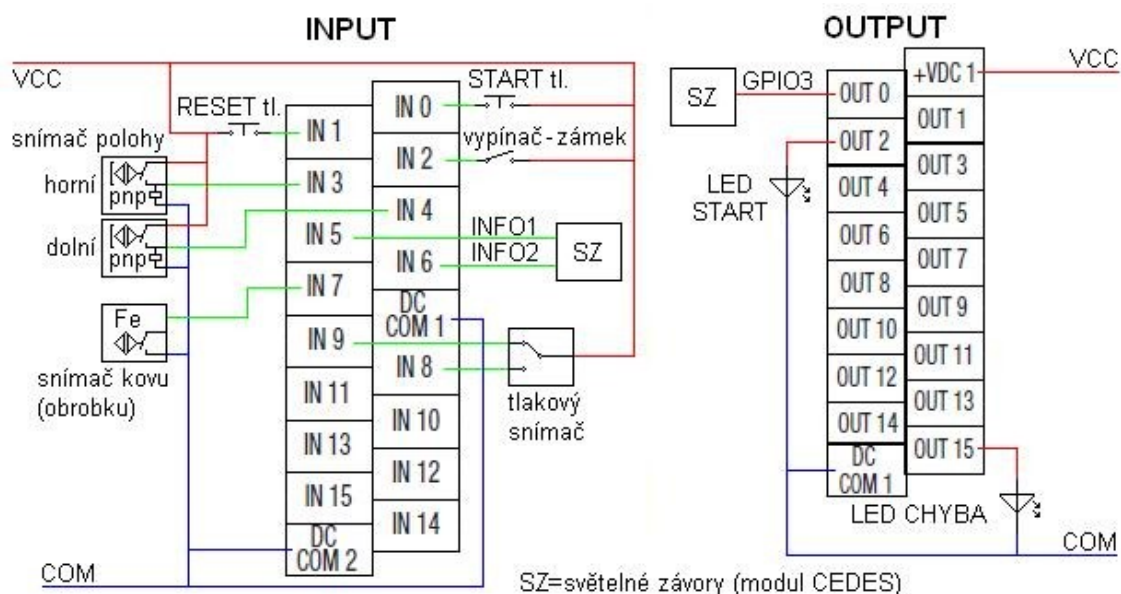
Tyto moduly obsahují, jak již bylo zmíněno, 32 vstupů a 32 výstupů. Na vstupy jsou připojené tyto prvky:

- tlačítko start
- magnetický indukční senzor
- snímač tlaku (2 vstupy – nízký, dostatečný)
- černý vypínač (slouží pro odemčení bezpečnostního zámku)
- modrý spínač (funkce tlačítka RESET)
- 2 PNP snímače pro polohu pístu (horní, dolní)
- světelné závory (INFO1, INFO2)

Na výstupní modul jsou zapojeny prvky:

- 2 LEDky (oranžová - chyba, zelená - START)
- spuštění světelných závor (GPIO3)

Konkrétní zapojení vstupů a výstupů je uvedeno na Obrázek 22.



Obrázek 22: Připojení prvků na standartní I/O moduly 1769

3.4.2 Zapojení bezpečnostních prvků

Máme k dispozici bezpečnostní blok, 2 vstupní a 1 výstupní modul 1734. Využíváme však pouze 1 vstupní modul 1734 a blok 1791. Na modul 1734-IB8S jsou připojeny pouze vstupní prvky a to:

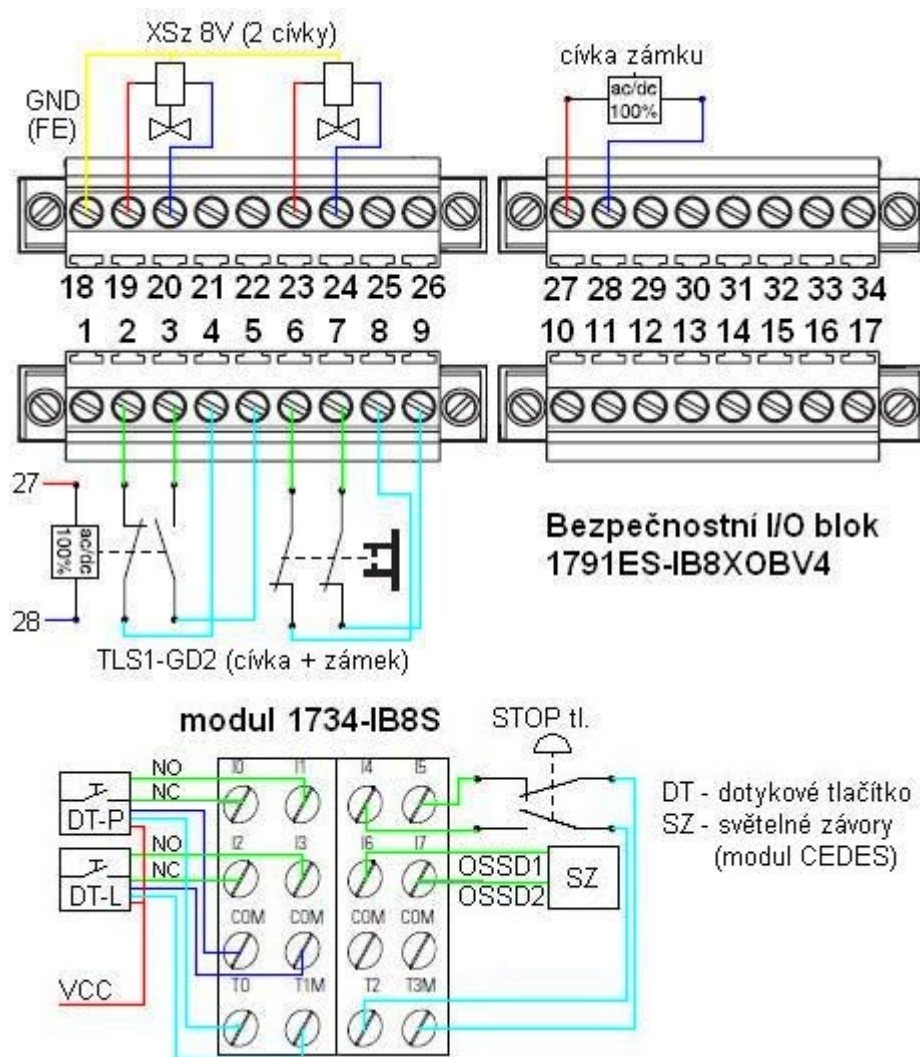
- nouzové tlačítko STOP (2 vstupy – NO + NC, 2 pulsní výstupy)
- 2 bezpečnostní dotyková tlačítka (4 vstupy – 2 NO + 2 NC, 2 pulsní výstupy, 2 COM)
- světelné závory (OSSD1, OSSD2 – 2 vstupy)

Prvky připojené na bezpečnostní I/O blok jsou:

- zámek TLS1-GD2 (4 vstupy, 4 pulsní výstupy, 1 výstup)
- ventil XSz 8V (2 výstupy)

Napájení dotykových tlačítek je připojeno na svorkách pod zdrojem. Zbytek bezpečnostních prvků přídavné napájení nepotřebuje nebo je vše potřebné přímo na svorkách daných modulů. Zapojení najdeme na Obrázek 23.

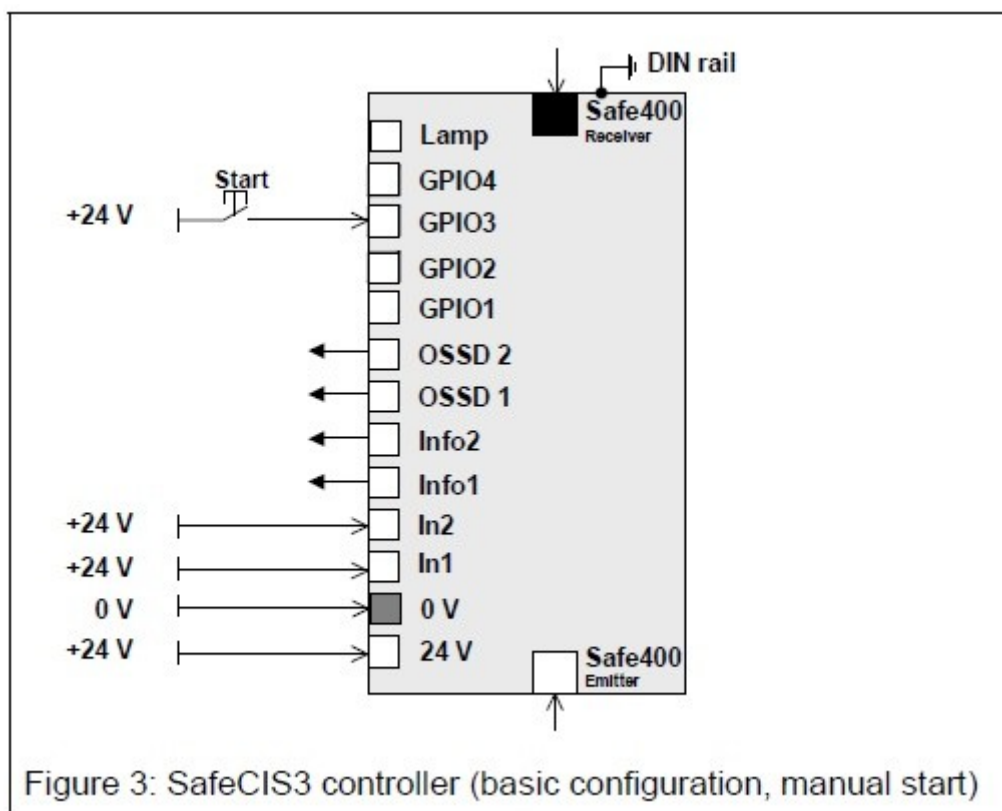
Po zapnutí napájení u bezpečnostních modulů nebudou moduly správně pracovat dokud neproběhne jejich konfigurace vstupů a výstupů pomocí programu RSLogix 5000. Toto nastavení je uvedeno níže v kapitole 4.2.1.



Obrázek 23: Připojení prvků na bezpečnostního I/O moduly

3.4.3 Modul CEDES a světelné závory

Poslední zbývá zapojení světelných závor. Závory jsou připojeny přímo k bezpečnostnímu modulu CEDES, dle manuálu a speciálních konektorů. Tento modul má 5 aktivačních vstupů, ale my budeme používat pouze jeden (GPIO3). Tento vstup je připojen na výstup standartního modulu. Pro aktivaci závor musí být tento signál aktivován v délce 0,5-5 s. Zapojení modulu používáme nejjednodušší dle dokumentace, jak je vidět na Obrázek 24. Modul CEDES obsahuje 4 výstupy: OSSD1, OSSD2, INFO1, INFO2. Výstupy INFO jsou připojeny na vstupy standartního modulu a mají pouze informační charakter. INFO1 není aktivní, pokud se nachází něco v prostoru závor a není možný jejich start. Výstup INFO2 se deaktivuje při poruše modulu CEDES. Naopak výstupy OSSD se používají jako bezpečnostní. Mají rychlou reakci na přerušení světelných závor. Jsou aktivní pouze do přerušení, pak zůstanou deaktivovány a musí se znovu aktivovat vstup GPIO3. Tyto výstupy jsou napojeny na bezpečnostní vstupy. Dále je na modul připojeno napětí +24 V na vstupy IN1, IN2 a 24V a 0 V na vstup 0V. Stav vstupů a výstupů je zobrazen malými LED diodami u každého kanálu. Zelená značí aktivní vstup/výstup a červená naopak. Významy výstupů modulu nalezneme v dokumentaci [12].



Obrázek 24: Základní zapojení bezpečnostního modulu CEDES [25]

4 POUŽITÝ SOFTWARE

Tato kapitola obsahuje popis všech použitých softwarových a vývojových prostředků pro model lisu. V první části se budeme zabývat programy od Rockwell Automation (RSLinx, RSLogix 5000 a FactoryTalk View Studio), které slouží k naprogramování PLC v jazyce nazývaném žebříčková logika (Ladder Diagram) a k vytvoření vizualizace pro dotykový panel. Dále si řekneme něco o proměnných a jejich mapování. Hlavní částí kapitoly bude popis řídicího programu modelu lisu. V závěru kapitoly se budeme zabývat nástrojem SISTEMA, který nám vyhodnocuje úroveň bezpečnosti.

4.1 RSLinx

Tento program slouží pouze ke zjištění všech potřebných parametrů daného PLC a jeho součástí. Samozřejmě lze zjistit i parametry dalších modulů nebo bloků připojených přes Ethernet/IP. RSLinx usnadňuje nastavení hardwarové konfigurace, která je potřebná v programu RSLogix 5000.

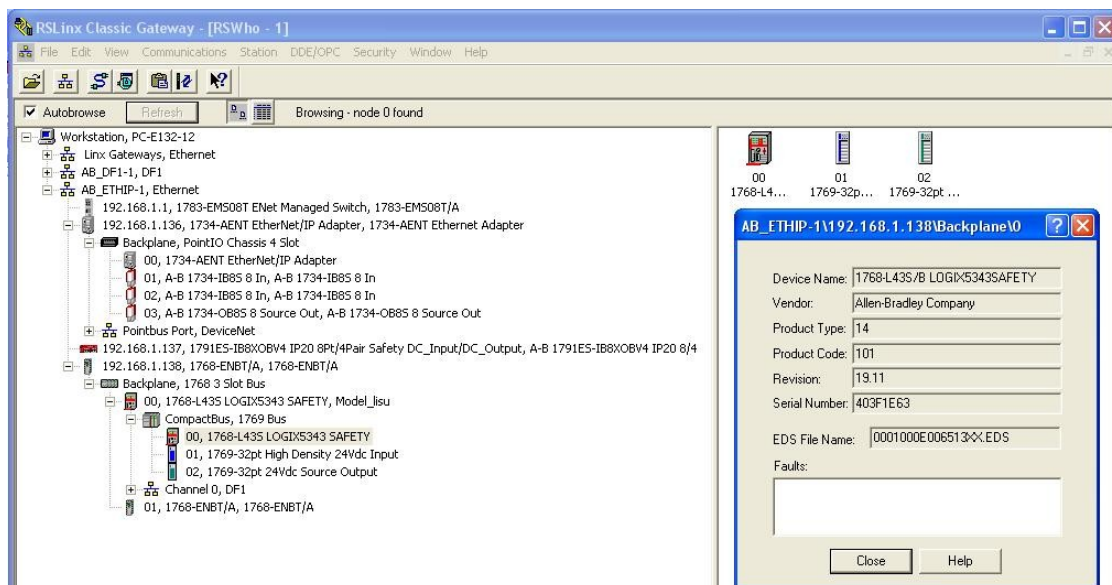
Při otevření programu si v levé části najdeme IP adresu našeho PLC (192.168.1.138) a rozbalíme danou nabídku, kde uvidíme základní desku (backplane), na které jsou všechny připojené moduly. Pokud si zobrazíme desku, tak v pravé části programu uvidíme všechny moduly daného PLC. Parametry konkrétního modulu zjistíme kliknutím pravým tlačítkem myši a výběrem položky *Device Properties* (vlastnosti zařízení). Příklad je uveden na Obrázek 25.

Zařízení, které můžeme prohlížet jsou:

- PLC 1768-L43S resp modul 1768-ENBT (IP: 192.168.1.138)
- I/O Blok 1791ES-IB8XOBV4 (IP: 192.168.1.137)
- Adapter 1734-AENT (IP: 192.168.1.136)
- PanelView Plus 600 (IP: 192.168.1.135)
- Switch 1768-EMS08T (IP: 192.168.1.1)

V případě adaptéru 1734 musíme nastavit správnou velikost šasi. Toto číslo je závislé na počtu instalovaných modulů. V našem případě jsou použity 3 moduly, takže velikost šasi bude 4 (1 výchozí je adaptér samotný). Nastavení velikosti šasi najdeme v nabídce *Module Configuration* a v záložce *Chassis Configuration*.

Po rozbalení nabídky adaptéru uvidíme připojené bezpečnostní moduly IB8S a OB8S, u kterých opět můžeme zjistit potřebné parametry pro hardwarovou konfiguraci.

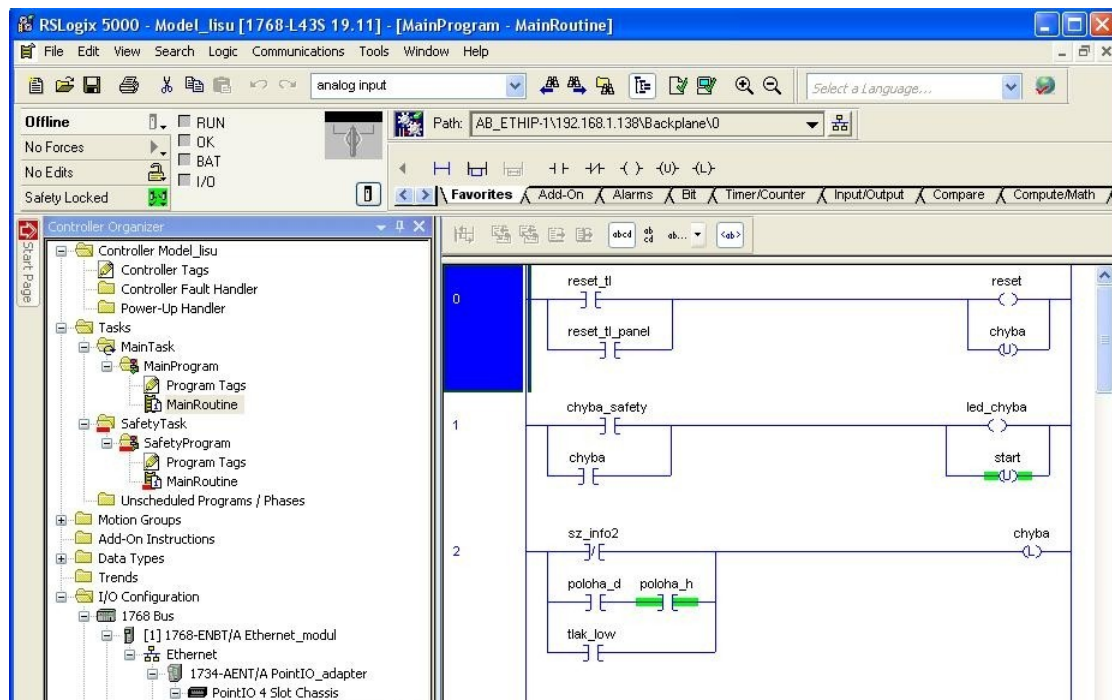


Obrázek 25: Příklad zobrazení parametrů PLC

4.2 RSLogix 5000

RSLogix 5000 je hlavním softwarem pro programování PLC. Základní obrazovku najdeme na Obrázek 26. V levé části je několik položek. Nás budou zajímat položky: *Controller Tags*, *Main Task*, *Safety Task*, *I/O Configuration*. Význam těchto položek bude popsán postupně.

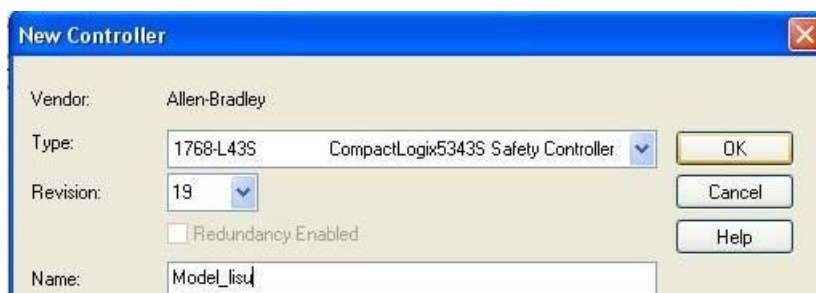
Program umí generovat výstupní zprávy, kde najdeme proměnné a výpis programu v LD. Bohužel tyto informace umožňuje pouze vytisknout.



Obrázek 26: Prostředí programu RSLogix 5000

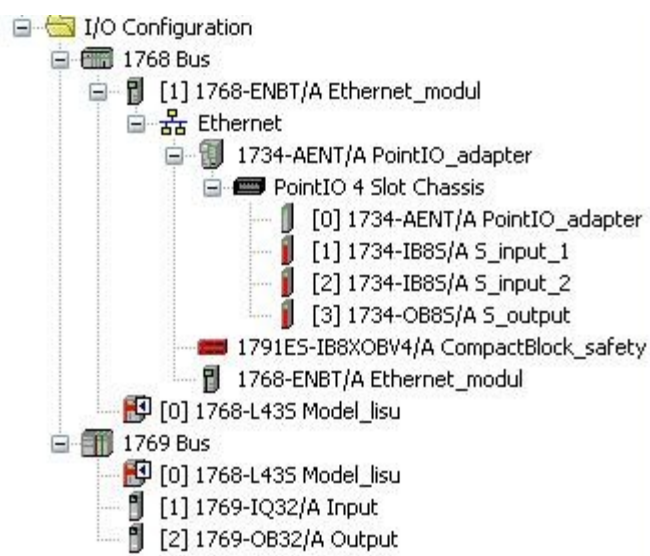
4.2.1 Hardwarová konfigurace a nastavení

Než začneme vytvářet vlastní program v žebříčkové logice (LD), musíme provést nejdůležitější krok, kterým je hardwarová konfigurace použitého PLC. V položce *File* vybereme *New*. Zde najdeme správný typ PLC (1768-L43S), nastavíme revizi (19) a doplníme jméno projektu. Tento postup ukazuje Obrázek 27.



Obrázek 27: Vytváření nového projektu

Nyní se přesuneme na položku *I/O Configuration* a postupně budeme přidávat nové moduly stiskem pravého tlačítka myši. K dispozici máme 2 sběrnice (1768, 1769). Sběrnice 1768 reprezentuje levou část PLC, kde se nachází pouze komunikační modul pro Ethernet/IP 1768-ENBT. Po výběru správného modulu je potřeba nastavit *major* revizi, kterou zjistíme pomocí programu RSLinx. Dále je potřeba nastavit IP adresu, jméno a doplnit revizi modulu. Nyní přidáme pod tento komunikační modul další 2 prvky (bezpečnostní blok 1791ES-IB8XOBV4 a adaptér 1734-AENT). Postup nastavení a přidání prvků je podobný jako při přidání modulu pro Ethernet. Pro adaptér 1734-AENT musí být nastavena správná velikost šasi, pak přidáme bezpečnostní moduly 1734-IB8S a 1734-OB8S. Nyní zbývá přidat standartní I/O moduly, které se přidají do sběrnice 1769. Výsledná hardwarová konfiguraci najdeme na Obrázek 28.



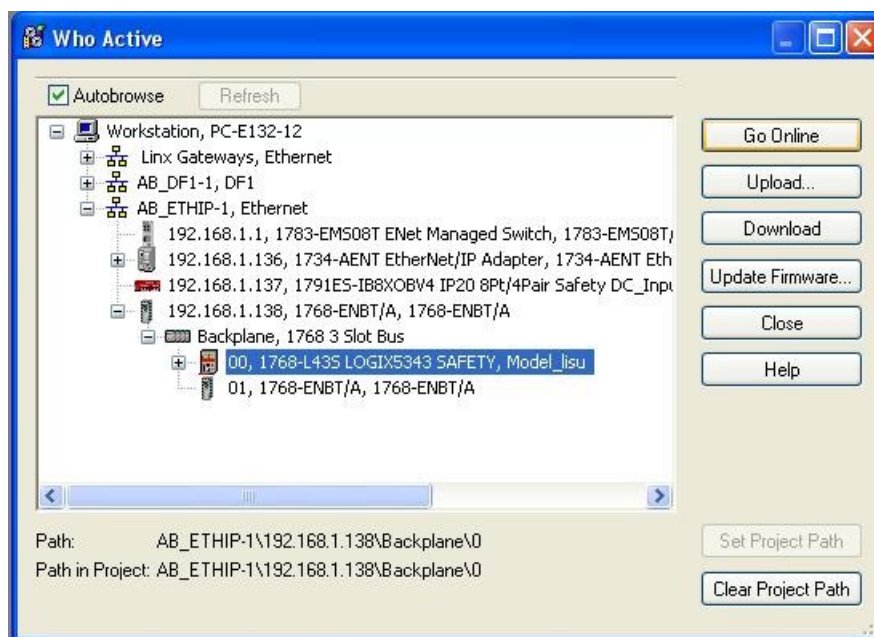
Obrázek 28: Hardwarová konfigurace

Aby bezpečnostní moduly fungovaly, musí být nastavena hodnota *Safety Network Number* u všech bezpečnostních modulů. Tuto hodnotu zkopírujeme přímo z vlastností PLC a vložíme ji ke každému bezpečnostnímu modulu. Posledním krokem je nastavení parametrů vstupů a výstupů bezpečnostních modulů. Nastavení je prováděno v záložkách *Input Configuration* a *Test Output*. Toto nastavení záleží na připojených prvcích a volbě testování vstupů. Příklad nastavení pro bezpečnostní modul 1734-IB8S najdeme na Obrázek 29.

General		Connection		Safety		Module Info		Input Configuration		Test Output	
Point	Point Operation		Point Mode	Test Source	Input Delay Time (ms)						
	Type	Discrepancy Time (ms)			Off->On	On->Off					
0	Complementary	50	Safety Pulse Test	0	0	0					
1			Safety Pulse Test	0	0	0					
2	Complementary	50	Safety Pulse Test	1	0	0					
3			Safety Pulse Test	1	0	0					
4	Complementary	500	Safety Pulse Test	2	0	0					
5			Safety Pulse Test	3	0	0					
6	Equivalent	50	Safety	None	0	0					
7			Safety	None	0	0					

Obrázek 29: Nastavení vstupů modulu 1734-IB8S

Posledním krokem nastavení komunikace je zvolení cesty k PLC. V záložce *Communications* vybereme nabídku *Who Active*. Ve stromové struktuře najdeme adresu našeho PLC a označíme hlavní jednotku PLC. Nastavíme cestu tlačítkem *Set Project Path* a stáhneme nastavenou konfiguraci do PLC tlačítkem *Download*. Nyní můžeme otestovat správné nastavení konfigurace spuštěním PLC do online režimu tlačítkem *Go Online*. Ukázka nastavení cesty je na Obrázek 30.



Obrázek 30: Nastavení cesty k PLC

4.2.2 Programování a proměnné

Pokud máme nastavenou komunikaci a HW konfiguraci, můžeme přejít k vytváření programu pro model lisu. Než začneme vytvářet samotný program, řekneme si něco o nastavení proměnných.

Proměnné se dělí do 3 základních typů:

1. Globální proměnné (standartní i safety)
2. Standartní lokální proměnné
3. Safety lokální proměnné

Dělení proměnných je dáno programem RSLogix 5000. V globální části mohou být oba typy proměnných (standartní i safety). Používání globálních proměnných se snažíme co nejvíce omezit v průběhu programování. Přístup k těmto proměnným je v levé části programu pod nabídkami: *Controller Tags* (globální), *Program Tags* (lokální – *safety*, *main*). Abychom nemuseli hledat složitou cestu k proměnným, vytvoříme si tzv. aliasy. V nabídce *Edit Tags* zadáme název proměnné a vybereme vstup/výstup. Takto si můžeme označit všechny potřebné vstupy a výstupy. Aliasy lze vytvářet ve všech typech proměnných. Lokální proměnné lze použít pouze v dané části programu (*safety/main*). Globální proměnné se dají použít v obou částech s určitým omezením.

Čtení safety proměnných není omezeno, ale jejich zápis ve standartní části programu není možný. Standartní proměnné nemohou zasahovat do bezpečnostní části programu. Proto je potřeba udělat mapování tagů pro standartní proměnné, které chceme využít v bezpečnostní části programu. Mapovat lze pouze globální proměnné. V nabídce *Logic* vybereme *Map Safety Tags*. V levé části tabulky budeme mít vybrané standartní proměnné, které chceme mapovat a v pravé části budou jim odpovídající bezpečnostní proměnné, které si musíme předem nadefinovat. Nelze mapovat aliasy, ale pouze nadefinované proměnné. Hodnotu daným proměnným musíme přiřadit přímo v programu (1 řádek LD). Příklad výpisu proměnných ze standartní části je na Obrázek 31. Výpisy všech proměnných jsou v příloze 2.

Program se dělí do dvou částí (bezpečnostní a standartní), které nalezneme pod položkami *MainTask* a *SafetyTask*. V každé této části jsou již zmíněné lokální proměnné a především části programu v žebříčkové logice (LD). Jako první byly vytvořeny bezpečnostní funkce pro všechny bezpečnostní prvky modelu lisu. Jsou použity tyto funkce: DIN (Diverse Input), THRS (Two Hand Run Station), LC (Light Curtain), RIN (Redundant Input) a ROUT (Redundant Output). Potřebné informace a parametry funkcí nalezneme v nápovědě (F1) k programu, která je velice dobrá. Dalším krokem bylo nastavení hlášení všech možných chyb. V programu jsou 2 typy chyb (bezpečnostní a standartní). Rozlišení těchto chyb nemá žádný význam. Oba typy jsou indikovány oranžovou LED diodou. Konkrétní chybu lze zjistit z modulů a jejich LED indikací nebo pomocí dotykového panelu a vytvořeného obslužného programu. Další části programu jsou vytvořeny dle požadavku funkčnosti a ovládání modelu lisu.

Name	Alias For	Data Type	Class
-cas_aktivace		TIMER	Standard
-pocet_vylisku		COUNTER	Standard
reset_pocet		BOOL	Standard
reset_tl_panel		BOOL	Standard
start_tl_panel		BOOL	Standard
start_tl	Local:1:I.Data.0(C)	BOOL	Standard
reset_tl	Local:1:I.Data.1(C)	BOOL	Standard
vypinac	Local:1:I.Data.2(C)	BOOL	Standard
poloha_h	Local:1:I.Data.3(C)	BOOL	Standard
poloha_d	Local:1:I.Data.4(C)	BOOL	Standard
sz_info1	Local:1:I.Data.5(C)	BOOL	Standard
sz_info2	Local:1:I.Data.6(C)	BOOL	Standard
obrobek	Local:1:I.Data.7(C)	BOOL	Standard
tlak_high	Local:1:I.Data.8(C)	BOOL	Standard
tlak_low	Local:1:I.Data.9(C)	BOOL	Standard
sz_aktivace	Local:2:O.Data.0(C)	BOOL	Standard
led_chyba	Local:2:O.Data.15(C)	BOOL	Standard
led_start	Local:2:O.Data.2(C)	BOOL	Standard

Obrázek 31: Výpis standartních proměnných

Funkce lisu má být následující. Vložení obrobku do lisu (kontrola čidlem). Spuštění lisu tlačítkem START u lisu nebo na dotykovém panelu, pokud jsou splněny určité podmínky. Po aktivaci světelných závor se rozsvítí zelená LED. Poté se čeká na sepnutí dotykových tlačítek (obě zároveň). Proces lisování začne 1s po stisknutí tlačítek. Během lisování se musí tlačítka držet, pokud se tlačítka pustí, proces nebude dokončen, ale ani zrušen. Opětovným stisknutím tlačítek lze proces spustit znovu. Po skončení lisování se deaktivuje zelená LED a čeká se na výměnu obrobku a znovu aktivaci. Pokud v průběhu celého procesu bude narušen prostor světelných závor, proces se ihned přeruší, lis se vrátí do výchozí pozice a musí se znovu spustit tlačítkem START. Stejně tak v případě jakékoliv chyby bude proces zrušen a rozsvítí se oranžová LED. Chyby se musí nejdříve odstranit a poté se resetují modrým tlačítkem.

V příloze 3 najdeme výpis standartní i bezpečnostní části programu v LD z programu RSLogix 5000. Nejdříve popíší standartní část a následně bezpečnostní. Jak je vidět, na prvním řádku je resetování chyb jak tlačítkem na modelu lisu tak dotykovým tlačítkem na panelu. Po zmáčknutí se vynuluje bit *Chyba* a nastaví se proměnná *reset*. Tato proměnná je mapována do bezpečnostní části jako *reset_chyba*. Druhý řádek při indikaci jedné z možných chyb (bezpečnostní nebo standartní) rozsvítí LED diodu a vynuluje bit *start*, který slouží pro start celého procesu lisování. Další

řádek obsahuje podmínky pro spuštění procesu lisování a aktivaci světelných závor. Světelné závory jsou aktivovány až po odmačknutí tlačítka START, a proto následující řádek v programu zabrání rozsvícení zelené LED dříve, než se aktivují závory. Zároveň je spuštěn časovač, který nastaví bit *pripraven* až po 500ms. Tento bit je mapován do bezpečnostní části programu a slouží dále pro spuštění bezpečnostního ventilu. Řádek 6 nuluje bit *start*, pokud je zmáčknuo tlačítko STOP, otevřený kryt nebo se přeruší světelné závory. Řádek 7 indikuje dokončený proces lisování, vynuluje bit *start* a zvětší počet výlisků o jeden. Následující řádek nuluje počet výlisků (funkční pouze pomocí dotykového panelu). Poslední řádek nastaví bit *servis*, když je zapnuto černé tlačítko. Tento bit je mapován do bezpečnostní části programu a slouží k odemčení bezpečnostního zámku.

Bezpečnostní část programu využívá především již výše zmíněných funkcí, které budou ve zkratce popsány. Jejich nespornou výhodou je hlavně detekce různých chyb a výpis v jednom bitu. Na začátku programu se nachází právě zmíněná indikace chyb. Nastaví se bit *chyba_safety*, pokud nastane v jedné z některých funkcích chyba. Řádky 5 a 6 slouží ke spuštění bezpečnostního ventilu. Při stisknutých tlačítkách, aktivovaných světelných závorách a nastaveném bitu *pripraven_safety* se spustí první časovač, který po 1s aktivuje obě cívky bezpečnostního ventilu na dobu 5s (proces lisování). Další řádek nastaví bit *hotovo*, pokud je dokončen proces lisování. Tento bit je dále využit ve standardní části programu. Následující 3 řádky slouží k odemčení zámku vrchního krytu lisu ve spojení s funkcí ROUT. Kryt lze otevřít pouze, pokud není aktivován lis a je zmáčknuo černé tlačítko.

Funkce ROUT (Redundant Output) slouží ke zpětné kontrole funkčnosti cívky bezpečnostního zámku. Pokud cívka nevrátí v daném intervalu pozitivní hlášení, funkce vyvolá chybu a zámek se znovu zamče. Další funkcí související s bezpečnostním zámekem je funkce RIN (Redundant Input), která nastavuje bit O1 kladný, pokud oba vstupy jsou sepnuty v určitém intervalu. Tato funkce hlídá, jestli je zavřen nebo otevřen vrchní kryt (zasunut/vysunut zámek). Pro nouzové tlačítko STOP je použita funkce DIN (Diverse Input), protože tlačítko obsahuje dvojici kontaktů NO+NC. Bit O1 se nastaví pozitivní, pokud je tlačítko zmáčknuo a naopak. Chyby jsou opět hlášeny, pokud se kontakty nepřepnou v určitém intervalu. Funkce LC (Light Curtain) je podobná funkci DIN, protože ji používám v základním nastavení. Porovnává 2 výstupy z modulu CEDES (OSSD1, OSSD2) pro světelné závory a podle nich nastavuje výstupní bit O1 nebo indikuje chybu pomocí bitu FP, jako všechny tyto funkce. Poslední použitou funkcí je THRS (Two Hand Run Station), kterou využívám pro dotyková tlačítka. Porovnává dvojici výstupu NO+NC z obou dotykových tlačítek a následně nastavuje bit O1 nebo chybové bity. Dokáže rozlišit zvláště stisk tlačítek nebo jejich chyby. Resetování všech funkcí v případě nějaké chyby je prováděno bitem *reset_safety*, který je namapovaný ze standardní části programu. Tento bit se nastaví při stisknutí modrého spínače RESET.

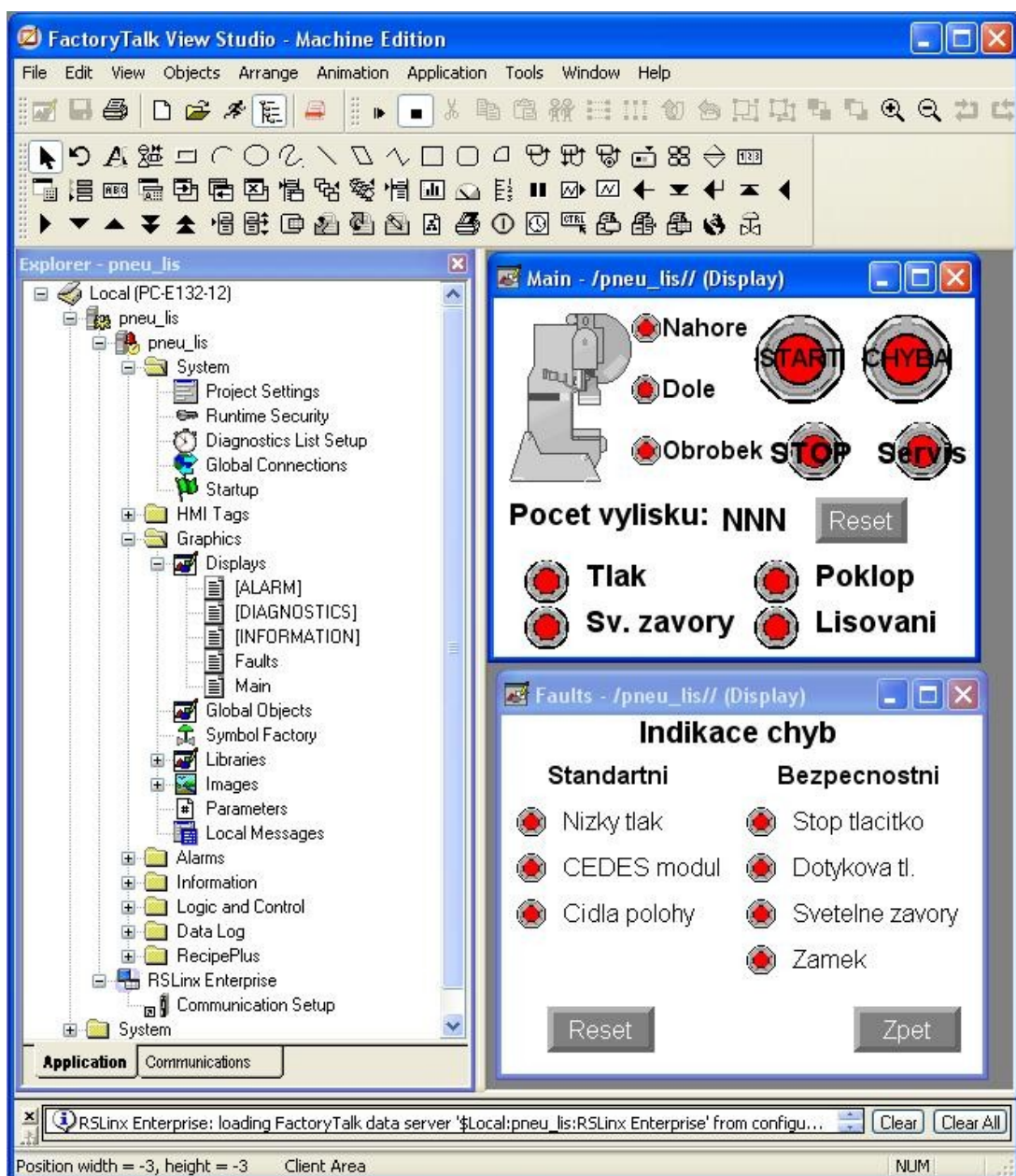
4.3 FactoryTalk View Studio

Program FactoryTalk slouží k vytváření vizualizací pro dotykové panely firmy Rockwell Automation, které umí komunikovat s PLC. Dotykových panelů je několik druhů. Existují jak barevné tak černobílé a některé s přídatnými ovládacími tlačítky. Námi vybraný model patří mezi jednodušší. Má barevný dotykový displej s rozlišením 320x240 pixelů a nemá přídatné funkční klávesy. Pro jednoduchou vizualizaci k obsluze pneumatického lisu je tento panel dostačující. Konkrétně se jedná o model PanelView Plus 600 (Obrázek 32). Tento model je napájen ze sítě 230V a má zabudovaný komunikační port pro Ethernet.



Obrázek 32: dotykové panely PanelView Plus [27]

Nyní přejdeme k tvorbě vizualizace pro model lisu. V položce *File* vybereme *New application*. Zadáme název aplikace a vytvoříme tlačítkem *Create*. Dalším krokem je nastavení základních parametrů aplikace. Ve stromové struktuře otevřeme položku *Project Settings* a vybereme typ panelu, který používáme. Aby nám aplikace neotevřela okna s varováním, musíme v položce *Diagnostic List Setup* odškrtnout všechny „checkboxy“ a potvrdit. Rychlost komunikace mezi PLC a panelem najdeme v *Global Connections* vpravo nahoře. Doporučené nastavení pro naši aplikaci je 0,1/0,25 s. Pomalejší nastavení má negativní vliv na odezvu dotykového panelu a funkčnost aplikace a rychlejší je zbytečné. Posledním nastavením je výchozí displej, který se má zobrazit po spuštění aplikace. Tuto volbu najde v nastavení *Startup* pod nabídkou *Initial graphic*.

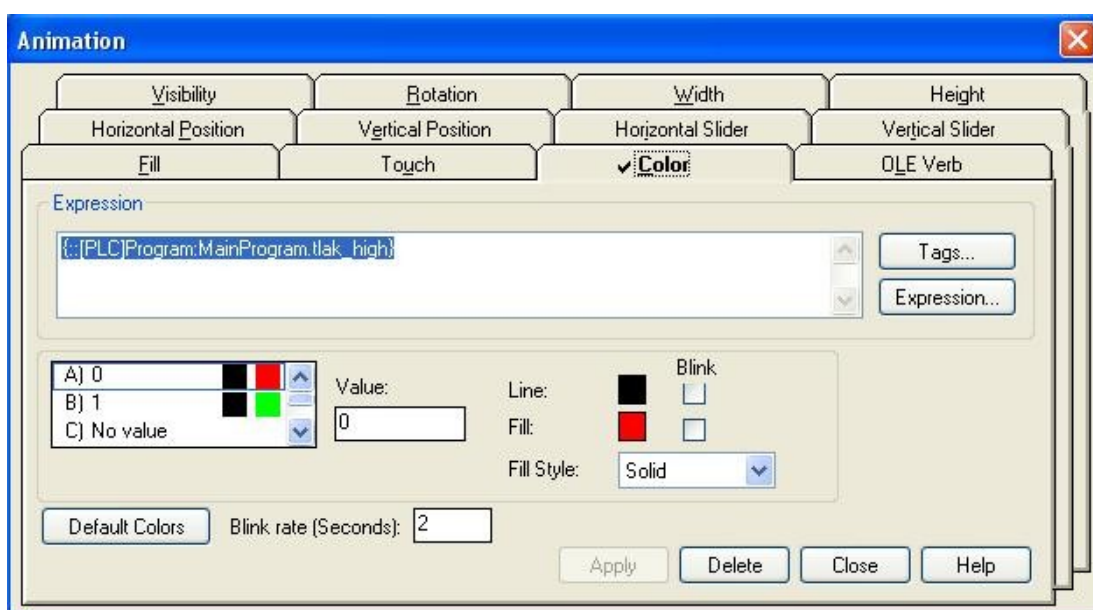


Obrázek 33: Prostředí FactoryTalk View Studio + displeje (*Main, Faults*)

Důležitou součástí pro využití proměnných z PLC je jejich nastavení přes položku *RSLink Enterprise – Communication Setup*. Vlevo si vytvoříme název zařízení např. PLC. Vpravo ve stromové struktuře najdeme automat, který budeme využívat a následně tlačítkem *Apply* (vlevo nahoře) provedeme nastavení. Dalším krokem je najít soubor z programu RSLogix5000 (*.acd), kde jsou uloženy proměnné. Než potvrdíme změny, musíme zkopírovat toto nastavení do Runtime, abychom mohli aplikaci spouštět a testovat na PC.

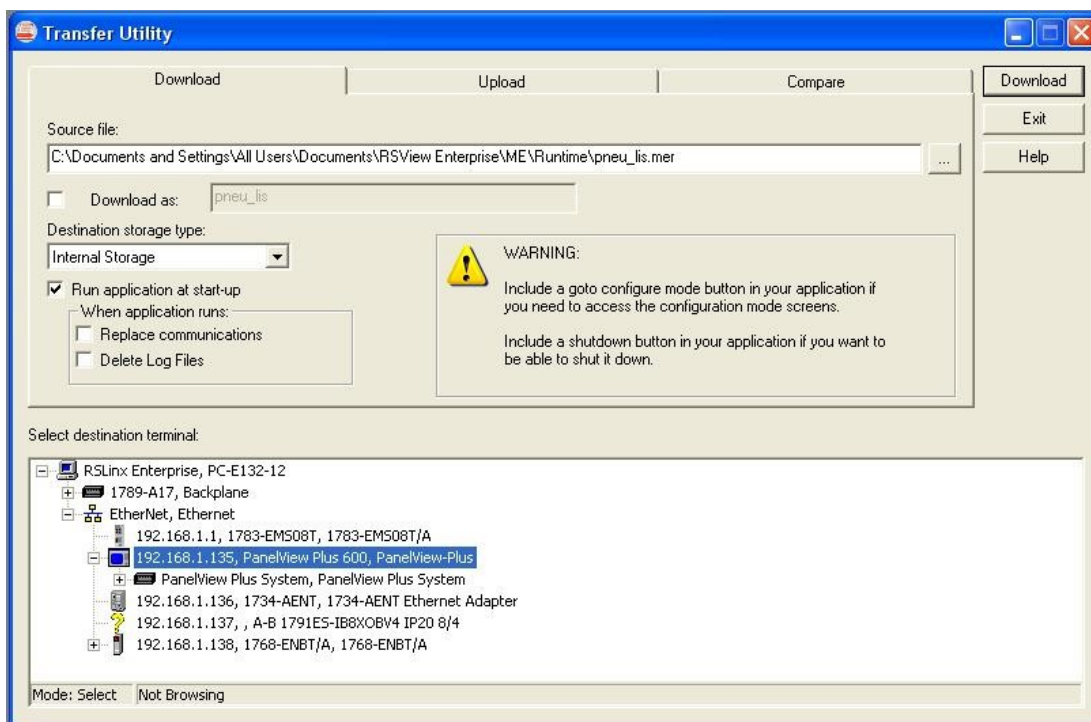
Těmito kroky máme nastaveny všechny potřebné parametry a můžeme přejít k vytváření grafické části aplikace. V položce *Displays* můžeme vytvořit několik displejů a mezi nimi se lze přepínat pomocí tlačítek *Goto Display Button* a *Return to*

Display Button. Tato tlačítka najdeme v horní liště programu, kde se nacházejí všechny potřebné ovládací prvky pro vizualizaci. Kromě již zmíněných dvou byly použity tyto prvky: *Text*, *Momentary Push Button*, *Numeric Display* a obrázkové prvky z knihovny *Symbol Factory*. Každý prvek má svoje různá nastavení, která upravíme dle našich představ. V položce *Connections* u některých prvků displeje nastavujeme propojení s danou proměnnou v PLC. Abychom mohli využít funkci LED diod, použijeme symbol z knihovny a nastavíme vlastnost *Animation-Color* (viz.Obrázek 34). Zde nastavíme výraz nebo proměnnou, která se má vyhodnotit a dále barvu při hodnotě 0/1. Podobně můžeme nastavit viditelnost některých prvků v záložce *Visibility*.



Obrázek 34: Nastavení parametrů animace

Pomocí těchto prvků je vytvořena aplikace pro model lisu. První displej *Main* (Obrázek 33) obsahuje 3 LED indikující polohu pístu a obrobek v lisu, které svítí žlutě. V dolní části jsou 4 LED indikující popsané parametry pomocí barvy zelená/červená. Počet výlisků a jejich reset se nachází uprostřed displeje. V pravé horní části jsou 2 hlavní LED, indikující výskyt chyby a aktivaci lisu (START). Při kliknutí na START můžeme aktivovat lis a při kliknutí na CHYBA se přepneme do druhé obrazovky, kde je indikace všech možných poruch. LEDky STOP a Servis se objeví pouze, když je stisknuto tlačítko STOP nebo tlačítko pro odemčení bezpečnostního zámku. Druhý displej nazvaný *Faults* (opět Obrázek 33) obsahuje ve dvou sloupcích indikaci možných poruch. Funkce LED je opět zřejmá. Zelená barva značí, že je vše v pořádku, naopak červená signalizuje poruchu. V dolní části se nachází tlačítko pro reset chyb a pro návrat k hlavní obrazovce.



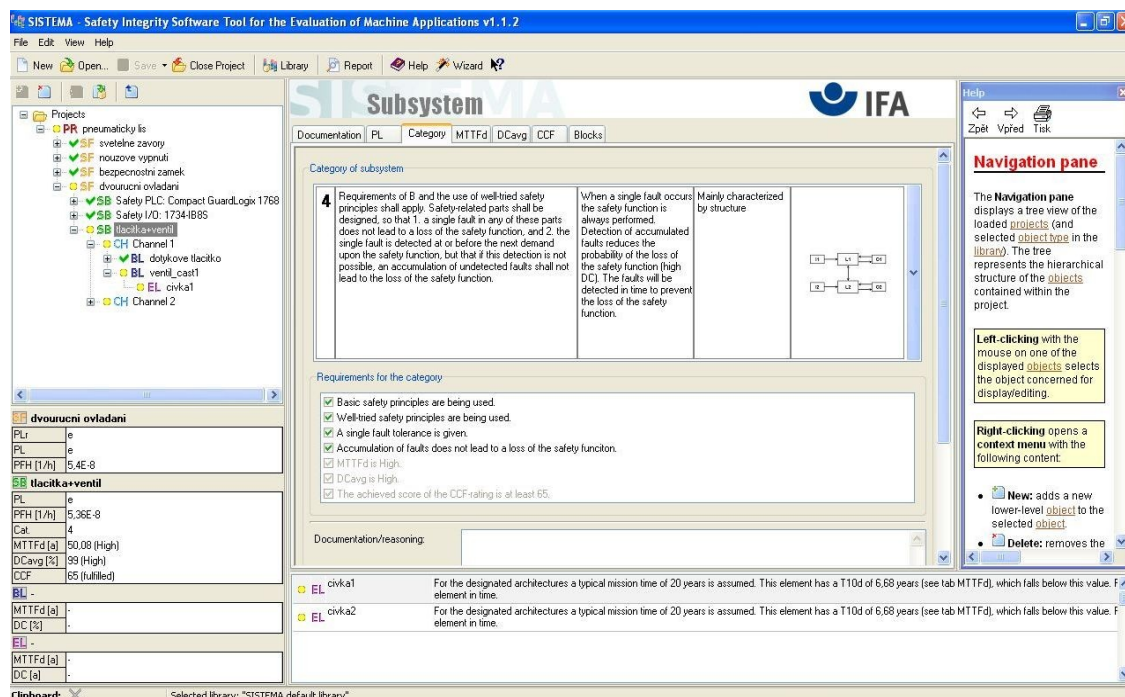
Obrázek 35: Přenos aplikace do dotykového panelu

Pokud máme hovoritou aplikaci, tak v nabídce *Application - Create Runtime Application* vytvoříme aplikaci pod názvem *.mer, kterou můžeme nahrát do panelu. Nahrávání aplikace se provádí přes nabídku *Tools – Transfer Utility*, kde vybereme příslušný soubor s aplikací, najdeme v dolní části okna panel, do kterého chceme aplikaci nahrát a zvolíme, jestli se má aplikace spustit sama po zapnutí panelu.

4.4 SISTEMA

Program SISTEMA (Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine Applications), který byl vytvořen německou institucí IFA, slouží jako nástroj konstruktérů bezpečnostních systémů pro vyhodnocení navrženého systému dle normy ČSN EN ISO 13849-1. Program je freeware ke stažení na stránkách instituce IFA [28].

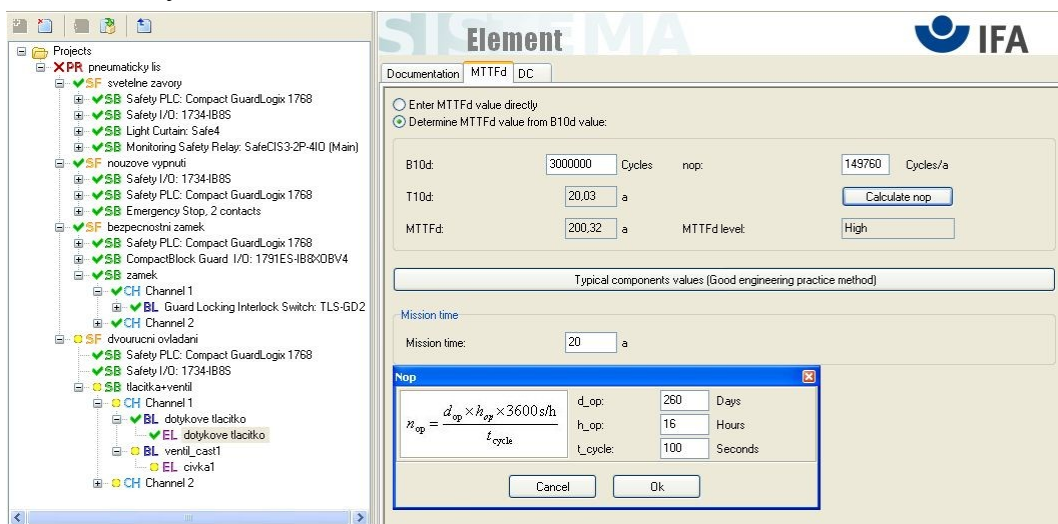
Na Obrázek 36 je zobrazeno hlavní okno programu SISTEMA. V levé části je zobrazena struktura projektu. Nejdříve zadáme název projektu a pak následně musíme vytvořit pro každou bezpečnostní část jednu funkci. Každá funkce obsahuje několik subsystémů, které se dále rozkládají na bloky a elementy. Níže vlevo najdeme informace o našich funkcích, blocích a dalších podrobnostech (PL, kategorie, MTTFd, DC atd.). Uprostřed okna se nachází vždy aktuální označená (zvolená) část projektu, kde můžeme měnit podrobnosti a parametry. Vpravo se nachází nápověda, podle níž můžeme postupovat. V poslední spodní části najdeme informace o chybách nebo různých úpravách, které program provedl.



Obrázek 36: Program SISTEMA (zobrazena kategorie subsytému)

Jako příklad bude popsáno nastavení a zobrazení bezpečnostní funkce *dvourucni ovladani*. Pod názvem funkce vybereme typ bezpečnostní funkce. Dále si u této funkce zvolíme požadovanou úroveň vlastností (PLr), která je v našem případě PLr=e (získáme ze stromového diagramu). Součástí této funkce jsou subsystémy, kde je PLC a bezpečnostní I/O modul. Subsytem PLC a bezpečnostní I/O modul načteme z knihovny RA (Rockwell Automation). Tuto knihovnu musíme nejdříve importovat do programu pomocí záložky *Library*. Další použitá knihovna je od firmy Schneider Electric a obsahuje nouzové tlačítko STOP (Emergency Stop, 2 contacts). Knihovny lze stáhnout na stránkách IFA [28]. Následujícím krokem je vytvoření vlastního subsystému, kde budou vstupy (dotyková tlačítka) a výstupy (pneumatický bezpečnostní ventil). Zvolíme kategorii 3 u tohoto subsytému a v záložce CCF (chyba se společnou příčinou) musíme z interní knihovny vybrat příslušné body, abychom splnili aspoň 65 bodů ze 100. Jelikož jde o kategorii 3, tak musí každý kanál obsahovat blok s ventilem a dotykovým tlačítkem. Ani jeden prvek není obsažen v knihovnách, a tak je musíme vytvořit. Do jednoho kanálu vložíme nový blok a do něj nový element. Vyplníme jména a parametry nastavujeme pouze u koncového elementu. Pro ventil zvolíme typ výrobní technologie *electromechanic*. V záložce MTTFd vybereme výpočet hodnoty pomocí B10d. Tuto hodnotu zjistíme od výrobce nebo z katalogových listů a udává nám počet cyklů, které ventil vydrží. Pro ventil XSz 8V udává výrobce hodnotu 1000000 cyklů. Dále je potřeba vypočítat hodnotu NOP, kterou nám spočítá program po zadání 3 parametrů. Musíme znát počet dní v roce a počet hodin denně, kdy bude stroj v provozu a dobu jednoho pracovního cyklu. Předpokládaný počet dnů bude 260, 16 hodin provozu denně a doba pracovního cyklu 120s. Následně program vypočítá

MTTFd 80,13. Ovšem životnost zařízení je desetina této hodnoty (T10d), a proto je nutné ventil vyměnit po 8 letech, aby nebyla porušena bezpečnost. Podobně vytvoříme dotyková tlačítka a nastavíme jejich parametry. NOP bude stejná jako pro ventil, protože jsou používána a spínána stejně jako bezpečnostní ventil. Výdrž tlačítek je ovšem 3x větší. Opět zjištěno z katalogových listů výrobce. Ukázka nastavení elementu dotykových tlačítek je na Obrázek 37. V obou kanálech by měly být stejné bloky, protože se jedná kategorii 3 a používáme 2 tlačítka a bezpečnostní ventil, který má 2 ovládací cívky.



Obrázek 37: Nastavení hodnoty MTTFd elementu

Naposledy zbývá nastavit hodnotu DC, kterou získáme výběrem z vnitřní knihovny. U dotykových tlačítek jde o přímou zpětnou vazbu s dvojicí kontaktů NO+NC. Bezpečnostní ventil nemá zpětné hlášení, ale sám má dynamické monitorování, které odpovídá DC nejméně 90%. Ukázka subsystému na Obrázek 38.



Obrázek 38: Subsystem obsahující vstupy a výstupy (1 kanál)

Pokud nám budou chybět některé další parametry, tak je nalezneme ve spodní části okna programu. Postupně opravíme všechny nedostatky, doplníme potřebná data, a pokud vše uděláme správně, tak by se nám měly objevit „zelené fajfky“ u všech částí naší funkce. Příklady vytvořených bezpečnostních funkcí jsou na Obrázek 39.



Obrázek 39: Zobrazení stromové struktury programu SISTEMA

Takto postupujeme pro všechny bezpečnostní funkce (nouzové vypnutí, světelné závory a bezpečnostní zámek). Kromě bezpečnostního zámku najdeme všechny subsystémy v našich importovaných knihovnách. Bezpečnostní zámek musíme vkládat jako samostatný blok, protože sám nesplňuje požadavky kategorie 3/4. Ovšem díky dostatečnému počtu zpětných hlášení a ve spojení s řídicí logikou PLC jej můžeme i samotný prohlásit jako dostačující pro kategorii 4. Využíváme pouze zjištění zavřeného krytu jako bezpečnostní funkci ovlivňující provoz lisu a zde jsou použity 2 bezpečnostní NC kontakty. Ovšem pro splnění kategorie v programu SISTEMA jej musíme vložit i do druhého kanálu. Splnění bezpečnosti dle normy poznáme, tak že u žádné funkce nebude červený křížek. Pokud někde bude žluté kolečko, jde o varování, které musíme respektovat. Příkladem varování je včasná výměna bezpečnostního ventilu.

Jak je vidět na Obrázek 39, všechny naše vytvořené bezpečnostní funkce splňují požadavky normy ČSN EN ISO 13849-1. Můžeme prohlásit, že model lisu splňuje bezpečnost dle příslušné normy.

Program SISTEMA umožňuje vygenerovat výsledky ve formátu *.pdf ve dvou variantách, a sice zjednodušený výpis a podrobný výpis. Zjednodušený výpis je opravdu čistě informační. Jako podklad dokumentace ke stroji, by se měl použít podrobný výpis, v kterém najdeme kompletně zobrazené všechny části projektu včetně parametrů i s příloženou dokumentací. Dokumentaci můžeme vložit ke každému prvku v záložce *Documentation*. V příloze 1 této práce najdeme podrobný výpis z programu SISTEMA.

5 PROVEDENÉ ÚPRAVY

V této kapitole budou popsány provedené hardwarové změny oproti původní konstrukci. Po prostudování norem a využití nástroje SISTEMA jsme zjistili, že bezpečnostní úroveň původního modelu nebyla splněna, protože nebyl použit bezpečnostní ovládací ventil. Navíc nebyly splněny i další podmínky norem, především zapojení některých prvků modelu. Podrobnosti a postup k vyřešení správné bezpečnosti je uveden níže v následující kapitole.

5.1 PLC

Celý systém PLC, I/O moduly (bezpečnostní i standartní) byly vyměněny. Byl použit automat menších rozměrů (CompactGuardLogic L43S), aby mohl být součástí modelu lisu. V předchozí sestavě modelu byl automat mimo model lisu a moduly byly připojeny pomocí sběrnice DeviceNet. Nyní jsou všechny moduly připojeny přes Ethernet, jak již bylo popsáno. Díky jiné sběrnici byl použit i jiný model bezpečnostního I/O bloku a byl přidán adaptér s bezpečnostními moduly.

Bezpečnostní blok nemusel být použit, protože počet vstupů a výstupů bezpečnostních modulů na adaptéru 1734 je dostačující. Tím by se ušetřilo spoustu místa, protože moduly 1734 jsou rozměrově poměrně malé. Jelikož jde o model pro studijní účely, kde je nutné vyzkoušet si hardwarovou konfiguraci a různé možnosti sestavení celého systému PLC, tak byly použity všechny tyto prvky.

5.2 Výsledky programu SISTEMA

Po provedení bezpečnostní analýzy v programu SISTEMA dle výše uvedeného postupu bylo zjištěno, že není splněna podmínka pro hodnotu úrovně vlastností (PL). Bylo to z důvodu špatně zvoleného dvoucestného pneumatického ventilu. Tento prvek nepatřil vůbec do bezpečnostní kategorie, protože neměl žádnou zpětnou vazbu, která by kontrolovala jeho funkčnost. Tímto nebyla splněna podmínka pro danou kategorii a vůbec nebyla vyhodnocena hodnota PL. Všechny ostatní zvolené prvky a zpracované bezpečnostní funkce splňují bezpečnostní požadavky a dokonce odpovídají $PL=e$.

Jediným řešením pro splnění úrovně vlastností byla výměna dvoucestného ventilu za bezpečnostní ventil kategorie 4 s $PL=e$ (SIL 3). Byl vybrán již výše zmíněný bezpečnostní ventil firmy Norgren XSz 8V. Touto výměnou jsou splněny podmínky a požadavky normy ČSN EN ISO 13849-1.



Obrázek 40: Stávající (vlevo) [5] a původní (vpravo) ventil [2]

5.3 Správné zapojení

Po provedení kontroly zapojení bylo zjištěno, že některé prvky byly špatně připojeny. Šlo o dvoucestný ventil, tlačítko reset a modul CEDES.

Původní ventil byl připojen na výstup standartního I/O modulu. Nový ventil nemůže být připojen na standartní modul, protože se jedná o bezpečnostní prvek. Bezpečnostní ventil musí být napojen na výstupy bezpečnostního I/O modulu, jak je to uvedeno v kapitole 3.4.2 Zapojení bezpečnostních prvků.

Modré tlačítko reset nemusí být zapojeno na bezpečnostní modul, a proto bylo přepojeno na vstup standartního modulu.

Poslední špatně připojenou částí byly výstupy z bezpečnostního modulu CEDES, na který jsou připojeny světelné závory. Výstupy OSSD1 a OSSD2, které indikují aktivitu světelných bran, nemají být připojeny na vstup standartního I/O modulu, ale musí být připojeny na vstup bezpečnostního I/O modulu. Touto poslední změnou připojení výstupů OSSD byly opraveny všechny chyby zapojení.

5.4 Servisní kryt

Při studování konstrukce modelu lisu jsme narazili na poměrně důležitý nedostatek, vedoucí k nebezpečné situaci. Plocha nad pracovní částí pístu je odkrytá a volně přístupná, a tak je možné do této části zasáhnout i během pracovního cyklu, což může vést k ujmě na zdraví.

Tento nedostatek byl odstraněn přidáním výklopného kovového krytu na vrch pracovního prostoru lisu. Kryt je uzamykatelný pomocí bezpečnostního zámku GuardMaster TLS1-GD2, jak je vidět na Obrázek 41. Zámek je připojen dle dokumentace na bezpečnostní I/O blok. Během provozu je kryt uzamčen. Zámek se odemyká pomocí černého tlačítka, ovšem vše je řízeno přes PLC. Signalizace otevřeného krytu je na dotykovém panelu.



Obrázek 41: Vrchní kryt s bezpečnostním zámkem (vpravo)

6 ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na analýzu a kontrolu navržené bezpečnosti laboratorního modelu lisu dle platných bezpečnostních norem, především normy ČSN EN ISO 13849-1 Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů a následné realizaci hardwarových změn.

Nejprve byla provedena analýza rizika dle normy ČSN EN ISO 14121-1 a následné vyhodnocení a řešení možných nebezpečí. Hlavním problémem bylo vyřešit bezpečné ovládání a zamezit přístupu do pracovního prostoru. Řešením je použití bezpečnostních prvků jako jsou dotyková tlačítka, světelné závory, bezpečnostní PLC a bezpečnostní ventil. Důležitou součástí je také kryt vrchní části pracovního prostoru lisu společně s bezpečnostním zámkem.

Po prostudování hardwarové části byla provedena analýza v programu SISTEMA. Výsledek z programu jasně ukázal, že nebyla splněna bezpečnost pro model lisu. Pro splnění bezpečnosti musel být vyměněn pneumatický ventil ovládající píst lisu za bezpečnostní pneumatický ventil. Použitím bezpečnostního ventilu se omezil pracovní tlak lisu na 3,2-7 barů.

Dále se práce zabývá použitým softwarem pro programování a návodem pro sestavení HW konfigurace modelu lisu. Software je použit RSLogix 5000 od firmy Rockwell Automation, který využívá jazyk v žebříčkové logice (LD).

K lepšímu ovládání lisu byl použit barevný dotykový panel, na kterém nalezneme všechny potřebné informace týkající se funkčnosti modelu lisu. Grafické prostředí bylo navrženo v programu Factory TalkView Studio rovněž od firmy Rockwell Automation.

Poslední důležitou věcí byla oprava zapojení prvků na bezpečnostní a standartní I/O moduly, především výstupy z modulu CEDES.

Seznam použité literatury

- [1] STIBOR, Karel. *Bezpečnost v moderním průmyslu*. Brno : VUT v Brně, 2010. 35 s. [cit. 2010-10-15]. Dostupné z http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_07_1010.pdf.
- [2] UHEREK, V. *Model malého lisu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 58 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Radek Štohl Ph.D.
- [3] Norgren, *Pressure regulator series 07*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z http://www.norgren.com/document_resources/EN/8.300.200.pdf.
- [4] Norgren, *Pressure switches series 18D*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z http://www.norgren.com/document_resources/EN/N_gb_5_11_021.pdf.
- [5] Norgren, *XSz 8V Safety valve*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z http://www.norgren.com/document_resources/en/N_UK_5_4_368_XSz8V.pdf.
- [6] Norgren, *Double acting piston cylinder*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z http://www.norgren.com/document_resources/EN/1.5.021.pdf.
- [7] Norgren, *Magnetically operated switches*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z http://www.norgren.com/document_resources/en/N_en_4_3_007_M_50_EAP.pdf.
- [8] Rockwell Automation, *Compact 32-point input modul*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z http://samplecode.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in032_-en-p.pdf.
- [9] Rockwell Automation, *Compact 32-point output modul*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z http://samplecode.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1769-in031_-en-p.pdf.
- [10] Rockwell Automation, *DC power supply modules*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z http://samplecode.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1794-in069_-en-p.pdf.
- [11] Schneider Electric, *Emergency switching off pushbutton*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/cut.CatalogueRetrieverServlet/CatalogueRetrieverServlet?fct=get_element&env=publish&scp_id=Z000&lc=en&el_typ=product&cat_id=BU_AUT_660_L3&maj_v=1&min_v=5&nod_id=0000000011&prd_id=ZB5A_S54&frm=pdf&pdf_frm=A4.
- [12] Schneider Electric, *Empty control station*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z

- <http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/cut.CatalogueRetrieverServlet/CatalogueRetrieverServlet?fct=get_element&env=publish&scp_id=Z000&lc=en&el_typ=product&cat_id=BU_AUT_660_L3&maj_v=1&min_v=5&nod_id=0000000006&prd_id=XALD02&frm=pdf&pdf_frm=A4>.
- [13] Schneider Electric, *Head for green illuminated pushbutton*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/cut.CatalogueRetrieverServlet/CatalogueRetrieverServlet?fct=get_element&env=publish&scp_id=Z000&lc=en&el_typ=product&cat_id=BU_AUT_660_L3&maj_v=1&min_v=5&nod_id=0000000009&prd_id=ZB5AH033&frm=pdf&pdf_frm=A4>.
- [14] Schneider Electric, *Light block*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/cut.CatalogueRetrieverServlet/CatalogueRetrieverServlet?fct=get_element&env=publish&scp_id=Z000&lc=en&el_typ=product&cat_id=BU_AUT_660_L3&maj_v=1&min_v=5&nod_id=0000000015&prd_id=ZALVB3&frm=pdf&pdf_frm=A4>.
- [15] Schneider Electric, *Contact block NO*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/cut.CatalogueRetrieverServlet/CatalogueRetrieverServlet?fct=get_element&env=publish&scp_id=Z000&lc=en&el_typ=product&cat_id=BU_AUT_660_L3&maj_v=1&min_v=5&nod_id=0000000015&prd_id=ZENL1111&frm=pdf&pdf_frm=A4>.
- [16] Schneider Electric, *Contact block NC*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/cut.CatalogueRetrieverServlet/CatalogueRetrieverServlet?fct=get_element&env=publish&scp_id=Z000&lc=en&el_typ=product&cat_id=BU_AUT_660_L3&maj_v=1&min_v=5&nod_id=0000000015&prd_id=ZENL1121&frm=pdf&pdf_frm=A4>.
- [17] Rockwell Automation, *CompactLogix Controllers*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1768-in004_-en-p.pdf>.
- [18] Rockwell Automation, *CompactLogix Power Supplies*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1768-in001_-en-p.pdf>.
- [19] Rockwell Automation, *CompactLogix EtherNet/IP Communication module*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z

- <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1768-in002_-en-p.pdf>.
- [20] Rockwell Automation, *Compact Block Guard I/O Safety Modules*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1791es-in001_-en-p.pdf>.
- [21] Rockwell Automation, *POINT I/O Adapter*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1734-in590_-en-p.pdf>.
- [22] Rockwell Automation, *POINT Guard I/O*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/1734-pp002_-en-p.pdf>.
- [23] Rockwell Automation, *Touch Buttons*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/800z-br002_-en-p.pdf>.
- [24] CEDES AG, *Safety Light Curtain*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://csa.cedes.com/pdfs/produkte/sa/103373e_Safex00.pdf>.
- [25] CEDES AG, *Safety Controller*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://csa.cedes.com/pdfs/produkte/sa/104720e_Manual_SafeCIS3_4IO.pdf>.
- [26] Rockwell Automation, *Guard Locking Switches*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/tls-gd2-in001_-en-p.pdf>.
- [27] Rockwell Automation, *PanelView Plus*, [online]. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/2711p-pp008_-en-p.pdf>.
- [28] IFA, *SISTEMA* [software]. Ver. 1.1.2. [cit. 2011-5-23]. Dostupné z <<http://www.dgouv.de/ifa/en/prg/softwa/sistema/index.jsp>>.

Seznam zkratek

SRP/CS (Safety-Related Part of a Control System) = Bezpečnostní část řídicího systému

SRECS (Safety Related Electrical Control System) = Související s bezpečností elektrického řídicího systému

IEC (International Electrotechnical Commission) = Mezinárodní elektrotechnická komise

LD (Ladder Diagram) = Žebříčková logika

PLC (Programmable Logic Controller) = Programovatelný logický automat

CCF (Common Cause Failure) = Porucha se společnou příčinou

PL (Performance Level) = Úroveň vlastností

MTTFd (Mean Time to Dangerous Failure) = Střední doba do nebezpečné poruchy

DC (Diagnostic Coverage) = Diagnostické pokrytí

SIL (Safety Integrity Level) = Úroveň bezpečnosti

NO (Normally Open) = Normálně vypnutý (kontakt)

NC (Normally Closed) = Normálně sepnutý (kontakt)

IFA (Institut für Arbeitsschutz) = Ústav pro bezpečnost práce

SISTEMA (Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine Applications)
= Softwarový nástroj pro hodnocení bezpečnosti strojních zařízení

Seznam příloh

Příloha 1: Výpis z programu SISTEMA

Příloha 2: Výpis proměnných z RSLogix 5000

Příloha 3: Výpis řídicího programu v LD a HW konfigurace z RSLogix 5000