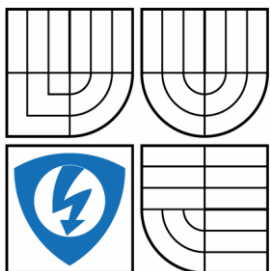


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

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

ŘÍZENÍ MODELU PNEUMATICKÉHO LISU

CONTROL OF PNEUMATIC PRESS MODEL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

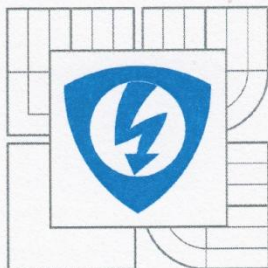
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN SIKORA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADEK ŠTOHL, Ph.D.

BRNO 2013



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: Martin Sikora
Ročník: 3

ID: 136582
Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Řízení modelu pneumatického lisu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s modelem pneumatického lisu.
2. Modifikujte instrumentaci pro proměnlivé lisovací síly.
3. Navrhněte a realizujte příslušné softwarové vybavení PLC.
4. Vytvořte ukázkovou laboratorní úlohu.
5. vytvořte vizualizaci lisu.
6. Ověřte funkčnost systému.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Logix5000 Controllers General Instructions (Reference Manual). Milwaukee: Rockwell Automation, Inc. 2008.
- [2] SAFEBOOK 4. Safety related control systems for machinery. (Reference Manual). Milwaukee: Rockwell Automation, Inc. 2011.

Dle vlastního literárního průzkumu a doporučení vedoucího práce.

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 27.5.2013

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

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, 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.

Abstrakt

Tato práce se zabývá vylepšením modelu pneumatického lisu. Dokument obsahuje stručný popis modelu lisu. Dále se zaměřuje na dokončení lisovacího zařízení po stránce bezpečnosti a funkčnosti. V kapitole Volba instrumentace je provedena analýza potřebných komponent pro změnu lisovací síly a zvýšení bezpečnosti tohoto stroje. Kapitola Konstrukční řešení lisu dokumentuje volbu součástí mechanické části lisu a řešení fyzického provedení modelu. V části Nadstavba řídicího programu se nachází rozbor řídicích algoritmů a vytvořených programů pro bezpečnostní PLC a pro PLC určeného k vizualizaci. Poslední část této práce je věnována samotné vizualizaci, která zobrazuje stavy snímačů a bezpečnostního PLC, a prostřednictvím které se nastavuje režim ručního nastavení tlaku nebo režim automatického lisování s různou lisovací silou proměnnou v čase.

Klíčová slova

Model lisu, proporcionální ventil, PLC, ControlLogix, SmartGuard 600, FactoryTalk, vizualizace, automatické lisování

Abstract

This thesis deals with improving of the pneumatic press model. The document contains short description of press model. It also focuses on completion of safety and functionality of the machine. There are an analyse and an aplication of instruments in the chapter Choice of instrumentation for change of the pressure force and for the increase of safety of this machine. The chapter Construction of the press model selects the mechanical components and solves the aplication for press model. In the section Extension of the control program there are the analyses of the control algorithms and programs for the safety PLC and PLC for vizualization. The last part of this work is devoted to vizualization, which displays the states of the sensors and safety PLC. In vizualization there is the setting of hand-operated mode or the automatic control mode with different pressing force changing in time.

Keywords

Model of pneumatic press, proportional valve, PLC, ControlLogix, SmartGuard 600, FactoryTalk, visualization, automatic pressing

Bibliografická citace:

SIKORA, M. *Řízení modelu pneumatického lisu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 69 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radek Štohl, Ph.D..

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Řízení modelu pneumatického lisu vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v této práci a jsou 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 40/2009 Sb.“

V Brně dne: 27.5. 2013

.....

podpis autora

Poděkování

Děkuji tímto panu Ing. Radku Štohlovi, Ph.D. a panu Janu Vodičkovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

V Brně dne: 27.5. 2013

.....

podpis autora

Obsah

1	Úvod	9
1.1	Popis modelu pneumatického lisu.....	10
1.2	PLC SmartGuard 600.....	11
1.3	Bezpečnost modelu pneumatického lisu	12
1.4	Úprava pneumatického obvodu.....	12
2	Volba instrumentace.....	14
2.1	Proporcionální ventil.....	14
2.1.1	Průzkum trhu proporcionálních ventilů.....	14
2.1.2	Výběr vhodného proporcionálního ventilu	17
2.2	Pneumatické prvky pro ovládání ochranného plexiskla.....	18
2.2.1	Pneumatický válec pro pohon ochranného plexiskla	18
2.2.2	Pneumatický ventil.....	19
2.2.3	Jednocestný omezovač	19
2.3	Hardwarové vybavení pro řízení a vizualizaci	20
2.4	PLC ControlLogix.....	22
2.4.1	Vstupní analogový modul	23
2.4.2	Výstupní analogový modul	23
2.4.3	Modul digitálních vstupů	24
2.4.4	Modul procesoru	24
2.4.5	Ethernet/IP modul	25
2.5	Snímač tlaku 2.....	25
2.6	Analogový snímač polohy válce	26
2.7	Magnetický koncový spínač.....	27
2.8	Snímač přítomnosti předmětu pro lisování	28
3	Konstrukční řešení lisu.....	29
3.1	Nosná konstrukce lisu	29
3.2	Osazení sestavené konstrukce lisu	29
4	Nadstavba řídicího programu.....	32
4.1	Program pro PLC SmartGuard 600.....	32
4.2	Vývojový diagram programu	32
4.3	Realizace nadstavby řídicího programu	37
4.4	Program pro PLC ControlLogix.....	38
5	Vizualizace.....	41

5.1	Obrazovka 1: Stav modelu pneumatického lisu	42
5.2	Obrazovka 2: Tabulka požadovaného průběhu tlaku	44
5.3	Obrazovka 3: Naměřený časový průběh tlaku	44
5.4	Okno hlášení: Chybové zprávy	45
6	Laboratorní úloha.....	47
7	Závěr	51

1 ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je návrh a instalace nových prvků k částečně sestavenému modelu pneumatického lisu tak, aby bylo možné volit lisovací síly a dokončit konstrukci lisovacího zařízení. Dále práce řeší dokončení dříve navržené provedení bezpečnosti a rozšíření a modifikaci vizualizace lisu.

Práce obsahuje základní popis modelu lisu a způsob řešení bezpečnosti dle platné legislativy. U tohoto zařízení je problematika bezpečnosti zvláště důležitá, neboť uživatel se při práci na něm setkává s celou řadou nebezpečí, souvisejících s vysokým pracovním tlakem vzduchu a z toho vyplývající velkou silou lisovacího pístu. Tato nebezpečí je nutné maximálně eliminovat.

Řešení problému nastavování lisovací síly se skládá z analýzy potřebných komponent k dosažení požadované lisovací síly a vybrání jejich konkrétního typu. Dále práce dokumentuje pomocné součásti, které jsou potřebné pro ovládání a řízení celého lisovacího zařízení, jak na úrovni hardwarového vybavení, tak i řídicího programu. Při volbě hardwarového vybavení byly zvoleny komponenty s ohledem na pořizovací cenu a kvalitu.

Část této technické zprávy je věnována dokončení konstrukce lisu. Původní návrh lisovacího stolu byl přepracován ze statických důvodů.

Poslední část práce se zabývá úpravou obrazovek vizualizačního prostředí pro nastavování lisovací síly a monitorováním funkčních stavů modifikovaného lisu.

1.1 Popis modelu pneumatického lisu

Původní stav modelu pneumatického lisu

Základem modelu lisu je pneumatický válec Norgren (RA/8100/M/0320), který je umístěn na ocelové konstrukci. Pneumatický válec je koncové zařízení pneumatického obvodu. Ten je tvořen kompresorem (Schneider Silent Master 50-8-9W) na vstupu s filtrem a ruční regulací tlaku. Do pneumatického okruhu je zařazen tlakový snímač 1 (Norgren 18D 0881300), sledující požadovanou úroveň tlaku potřebného pro lisování a pneumatický ventil (Norgren V60 typu 5/2), který je řízený elektricky. Výstup tohoto ventilu je veden hadicemi přes jednocestné omezovače vzduchu (SMC typ ASP530F) do pneumatického válce pro lisování. Měřicí a řídicí komponenty pneumatického obvodu, kromě kompresoru a omezovačů, jsou monitorovány a ovládány pomocí bezpečnostního PLC (SmartGuard 600). K zamezení přístupu k horní části lisu byl určen bezpečnostní zámek (Allen-Bradley typ 440G-T27251) a ze všech ostatních stran je k tomuto účelu vybráno ochranné pletivo. Pohyb ochranného plexiskla s rámečkem měl být ovládán podle původního návrhu pneumaticky, avšak realizace chyběla. Dojezd ochranného plexiskla do koncové polohy měly snímat dva koncové spínače (Allen-Bradley typ 440P-CSLS11B). Taktéž chyběla signalizace přítomnosti výlisku. Důležitým ochranným prvkem je také původně neosazená bezpečnostní hrana (440F-EABAV00300) firmy Allen-Bradley, detekující překážku při sjíždění ochranného plexiskla s rámečkem. K ovládání modelu lisu jsou použita tlačítka pro funkci START, funkci STOP pro zastavení lisu, funkci E-STOP k nouzovému zastavení lisu při nebezpečí a tlačítka dvouručního ovládání (800Z-GF2Q5) firmy Allen-Bradley. [1]

Potřebné základní úpravy modelu pneumatického lisu

Pro vylepšení původní konstrukce lisu bylo potřeba navrhnout a sestavit lisovací stůl, na který se musely nainstalovat všechny potřebné komponenty tak, aby byl dodržen bezpečný provoz dle platné legislativy. Dále bylo nutné namontovat pletivo kryjící nebezpečné části lisu. Ochranné plexisklo s rámečkem bylo potřeba sestavit a umístit do drážek, které umožňují vertikální pohyb. Pro posun tohoto rámečku byl navrhnout a nainstalován pneumatický válec. Pro dojezd ochranného plexiskla do horní a dolní koncové polohy bylo vhodné umístit koncové spínače nahoru a dolů. Je to změna oproti původní koncepci, kdy byly oba koncové snímače sepnuty po dojezdu plexiskla s rámečkem do dolní koncové polohy. Chybějící snímač přítomnosti předmětu pro lisování bylo třeba navrhnout a nainstalovat. Bezpečnostní hrana byla upevněna na dolní okraj sjížděcího ochranného rámečku. Ovládací prvky lisu byly instalovány do takové polohy, aby mohl uživatel lis pohodlně ovládat.

1.2 PLC SmartGuard 600

Pro zajištění bezpečnosti při lisování a k řízení lisu je použit programovatelný bezpečnostní automat SmartGuard 600 Safety Controller 1752-L24BBBE od firmy Allen-Bradley [1]. Obsahuje 16 bezpečnostních vstupů, 8 bezpečnostních výstupů, 4 pulzní testovací výstupy a Ethernet/IP port. Toto zařízení podporuje síť DeviceNet, přes kterou jsou připojeny safety I/O moduly řady 1791. Automat je programovatelný pomocí nástroje RSNetWorx for DeviceNet.

Vlastnosti bezpečnostních vstupů [2]:

- Diagnostika zapojených vstupů: Zdroj testovacích pulsů může být použit k monitorování vnitřních obvodů bezpečnostního PLC a připojených externích zařízení.
- Zpoždění změny stavu na vstupu: Je možno nastavit zpoždění od 0 do 126 ms, což napomáhá zmírnit či eliminovat vliv rušení na vstupu.
- Dvoukanálový mód: Může být nastaven pro páry vybraných vstupů. Časové rozpory ve změnách stavu vstupních signálů tak u takto párovaných vstupů mohou být vyhodnoceny.

Vlastnosti bezpečnostních výstupů [2]:

- Diagnostika zapojených výstupů: Zdroj testovacích pulsů může být použit také k monitorování vnitřního zapojení a zapojení výstupních zařízení.
- Detekce nadproudu výstupem a nadproudová ochrana: Slouží k omezení výstupního proudu při zjištění nadproudu příslušným výstupem.
- Dvoukanálový mód: Oba z vybraných výstupních párů mohou být nastaveny do tohoto bezpečnostního stavu, který je nezávislý na uživatelském programu. Pokud se objeví chyba na některém z párových logických výstupů, je tento stav detekován.

Zdroje testovacích pulsů [2]:

- Nezávislé testovací výstupy mohou být použity v kombinaci s bezpečnostními vstupy. Dají se též nastavit jako standardní signálové výstupy. Obsahují nadproudovou detekci a ochranu.



Obrázek 1: PLC SmartGuard 600

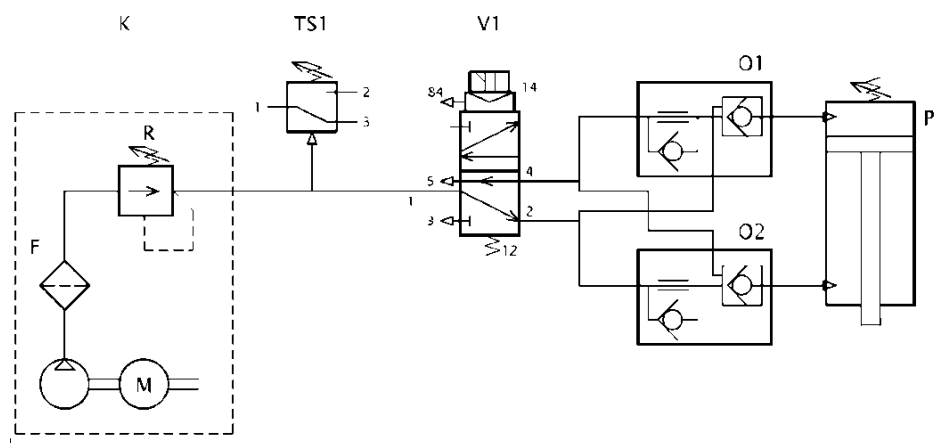
1.3 Bezpečnost modelu pneumatického lisu

Základním požadavkem na model pneumatického lisu je kromě spolehlivosti jeho bezpečnost. Ta je zajištěna použitím prvků pro bezpečnostní aplikace a povolením lisování, pokud jsou splněny bezpečnostní podmínky. Jsou jimi dosažení požadovaného tlaku, přítomnost výlisku pro lisování, sepnutý dolní a rozepnutý horní koncový spínač bezpečnostního rámečku s plexisklem, stisknuté tlačítko START a aktivování dotykových tlačítek po dobu minimálně 350 ms.

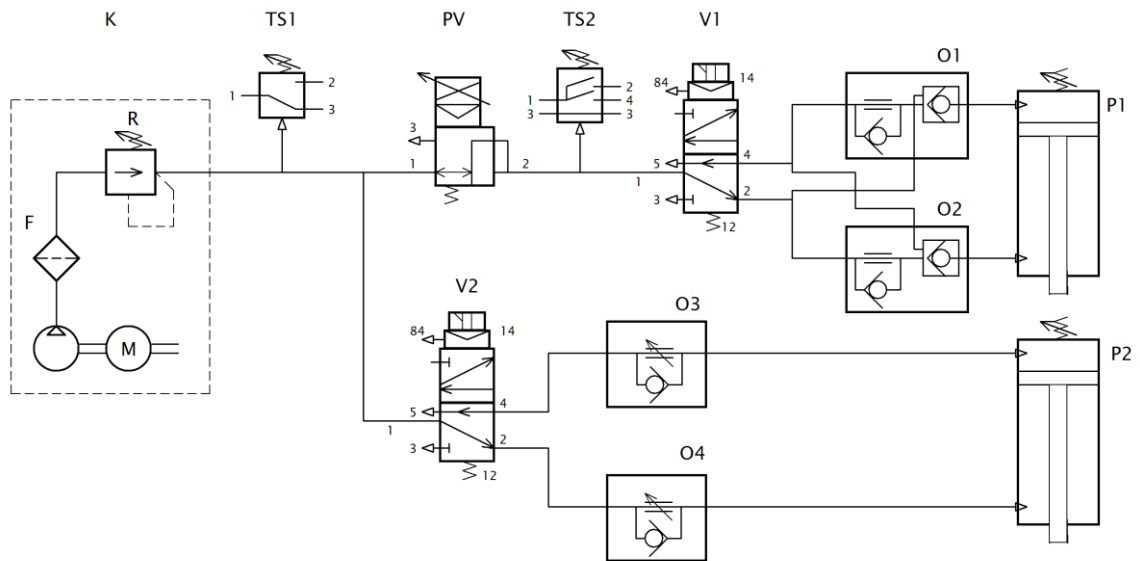
Zda je dosaženo požadovaného tlaku, monitoruje tlakový spínač 1. Za určitých podmínek je znemožněno nebo zastaveno lisování. PLC SmartGuard 600 zasáhne přerušením procesu lisování v případě, že je stisknuto tlačítko STOP, pokud je aktivováno tlačítko nouzového zastavení nebo bezpečnostní hrana detekuje překážku. V případě aktivace bezpečnostní hrany píst lisu vyjede nahoru a u ostatních nebezpečných situací se také lisovací a rámeček ovládající píst uvedou do bezpečné horní koncové polohy, pokud byl vyvolán požadavek na zastavení chodu lisu. [1]

1.4 Úprava pneumatického obvodu

Protože původní pneumatický obvod neumožňuje elektronicky regulovat tlak v obvodu, je zapotřebí této regulační prvek přidat. Zařazením regulačního ventilu do pneumatického obvodu lisu, dosáhneme volbu proměnné lisovací síly modelu pneumatického lisu. Dále je nutné zvážit místo zařazení tohoto prvku do obvodu tak, aby neovlivňoval chod původního řídicího systému svým regulačním zásahem. Tlakový snímač 1 v původním schématu na *Obrázek 2*, dává signál na vstup PLC SmartGuard 600 o dosažení požadovaného tlaku, a tím předává informaci, že je splněna jedna z podmínek pro lisování. Jestliže bych zařadil regulační prvek před tento snímač a byl by nastaven nízký pracovní tlak, nemuselo by dojít k procesu lisování. Z tohoto důvodu je zvoleno umístění regulátoru tlaku za tlakový snímač 1. Pro zobrazení nastaveného tlaku v pneumatickém obvodu byl obvod nově vybaven tlakovým snímačem 2, který zobrazuje nastavený tlak na displeji.



Obrázek 2: Původní schéma pneumatického obvodu [1]



Obrázek 3: Modifikované schéma pneumatického obvodu

Popis pneumatického schématu zapojení

- K ... kompresor
- F ... filtr
- P1, P2 ... pneumatický válec pro lisování a ovládání posunu plexiskla
- R ... ruční regulátor tlaku
- O1, 2 ... jednocestný propustný ventil
- O3, 4 ... jednocestný omezovač
- PV ... proporcionální ventil
- TS1 ... tlakový snímač dosaženého tlaku 1
- TS2 ... tlakový snímač dosaženého tlaku 2 se zobrazovačem
- V1, 2 ... pneumatický ventil typu 5/2

Původně chyběla část pneumatického okruhu pro ovládání pojezdu ochranného plexiskla v rámečku. Tuto záležitost vyřešíme použitím 5/2 pneumatického, elektricky ovládaného ventilu V2 a jednocestných omezovačů O3 a O4, přes které se tlak dostává do pneumatického válce P2, který ovládá bezpečnostní plexisklo. Omezovače jsou použity z důvodu vysokého vstupního tlaku, který by otevíral a zavíral dvířka lisu příliš rychle.

2 VOLBA INSTRUMENTACE

Tato část dokumentuje a porovnává vlastnosti vybraných proporčních ventilů tlaku vzduchu od zvolených výrobců a uvádí další nástroje pro bezchybnou činnost vylepšeného lisovacího systému.

2.1 Proporční ventil

Vybraný ventil by měl být dimenzován minimálně na maximální tlak použitého kompresoru 8 bar, lépe s rezervou maximálního tlaku, dal se vhodným způsobem řídit analogovou hodnotou napětí či proudu, měl dobrou kvalitu a přesnost regulace a také dostatečně krátkou odezvu na řízení. Požadavkem je také co nejvyšší průtok vzduchu při nastaveném tlaku. Dále by měl mít nízkou hysterezi a komparátor dosažení tlaku u proporčního ventilu je výhodou. Proporční ventil musí být kompatibilní s přírubou G1/4“.

2.1.1 Průzkum trhu proporčních ventilů

Všechny uvedené ventily využívají elektromagnetického principu a jsou určeny pro stlačený vzduch mazlavý i nemazlavý.

Proporční ventil Festo MPPE:

První zástupce proporčního ventilu [3] splňuje požadavky pro danou úlohu. Obsahuje aktivní elektroniku pro nastavení výstupní úrovně tlaku. Vstup požadované hodnoty tlaku je napěťový nebo proudový. Udává na svém výstupu analogovou hodnotu napětí nebo proudu, která odpovídá skutečnému výstupnímu tlaku.



Obrázek 4: Ventil Festo MPPE [4]

Proporcionální ventil ASCO Sentronic D:

K porovnání byl vybrán také proporcionální ventil značky ASCO [5], který je vhodný pro aplikaci na lis. Jeho součástí je integrovaná elektronika pro nastavení velikosti výstupního tlaku. Tlak je nastavován pomocí analogového vstupu proudové nebo napěťové úrovně. Konektor obsahuje navíc sériový výstup pro komunikaci s PC a například umožňuje průběžné ukládání nastavených hodnot regulátoru do souboru. Na LED displeji se zobrazuje hodnota nastaveného výstupního tlaku.



Obrázek 5: Ventil ASCO Sentronic D [6]

Proporcionální ventil SMC VEP3121-2:

Výrobce následujícího proporcionálního ventilu neumístil do tohoto typu aktivní elektroniku pro nastavování výstupního tlaku, což má za následek velice rychlou odezvu na řízení, avšak na úkor kvality regulace, pokud ventil budeme používat bez pomocné elektroniky se zpětnovazební regulační smyčkou. Navíc je nutné tento produkt doplnit o zesilovač VEA250, který umožní vstup unifikovaného napěťového signálu. I přesto je možné tento ventil použít pro řízení velikosti lisovací síly, protože uvedený typ splňuje podmínku rozsahu tlaku. [7] Firma SMC nabízí i verzi se zabudovanou elektronikou do proporcionálního ventilu v řadě s označením ITV.



Obrázek 6: Ventil SMC VEP3121-2 [8]

Proporcionální ventil Norgren Herion VP21:

Další možnost řízení tlaku vzduchu nabízí použití trojcestného proporcionálního ventilu VP21 od firmy Norgren Herion. Ten je vybaven elektronickou regulací tlaku na základě unifikované analogové hodnoty proudu nebo napětí. Obsahuje komparátor, informující o dosažení požadovaného tlaku a posílá informaci o aktuální velikosti výstupního tlaku v analogové formě. Konektor je pro napájení typu zásuvka a u vstupního signálu a výstupních signálů na druhém konektoru, je typu vidlice. [9]



Obrázek 7: Ventil Norgren Herion VP21

K instalaci ventilu VP21 bylo zapotřebí použít pomocnou desku s otvory pro přívod tlaku vzduchu, odvod vzduchu a odfuk přebytečného vzduchu. Mezi pomocnou desku a ventil jsou vloženy pryžové těsnící kroužky. Do desky jsou zašroubována kolena pro hadice o průměru 8 mm. Montáž na profil s ostatními pneumatickými komponenty je provedena pomocí šroubů M6.

2.1.2 Výběr vhodného proporcionálního ventilu

Následující tabulka *Tabulka 1* porovnává parametry proporcionálních ventilů:

Tabulka 1: Porovnání vybraných proporcionálních ventilů

Výrobce	Norgren Herion [9]	Festo [3]	ASCO [5]	SMC [7]
Typ	VP21	MPPE	Sentronic D	VEP3121-2
Integrovaná elektronika	ANO	ANO	ANO	NE
Průměr hadice [mm]	8	7	8	7
Linearita [%]	< 1	< 1	< 0,5	< 3 + 2 ¹⁾
Odezva [s] (p₁=0)	< 0,2	0,16 až 0,28	Neuvedeno	< 0,03 + 0,06 ¹⁾
Hystereze [%]	< 0,5	0,5	< 1	3
Opakovatelnost [%]	< 0,5	< 0,5	< 0,5	3
Vstupní hodnota	0 až 10 V	0 až 10 V	0 až 10 V	(0 až 5 V) ¹⁾
Výstupní hodnota	0 až 10 V	0 až 10 V	0 až 10 V	-
Vstupní tlak [bar]	16,5	11 až 12	13	10
Výstupní tlak [bar]	0,24 až 16	0,1 až 10	0,1 až 10	0,1 až 9
Napájecí napětí [V DC]	18 až 32	18 až 30	21,6 až 26,4	(22 až 26) ¹⁾
Spotřeba [mA]	1800	120	1700	1200 ¹⁾
Konektor	2xM12 (4pin)	M16 (8pin)	M12 (5pin)	Svorkovnice ¹⁾
Materiál těla	Hliník	Hliník	Hliník	Hliník
Materiál těsnění	Perbunan	Nitril	nitril, viton	Perbunan
Krytí	IP65	IP65	IP65	-
Příruba	G1/4 “	G1/4 “	G1/4 “	G1/4 “
Komparátor dosažení tlaku	ANO	NE	ANO	NE
Filtr [μm]	50	40	50	Neuveden
Teplota média [°C]	-5 až 50	0 až 60	0 až 60	0 až 50
Teplota okolí [°C]	0 až 60	0 až 50	0 až 50	0 až 50
Průtok [l/min]	2750 (16 bar)	1750 (12 bar)	1300 (6 bar)	900 (7,5 bar)
Průtok [l/min] (6 bar)	1750	1000	1300	800

¹⁾ Parametr týkající se zesilovače VEA250 [10].

Z tabulky *Tabulka 1* vyplývá, že první tři proporcionální ventily mají srovnatelné chyby linearit, rychlosti nastavení výstupního tlaku, podobné hodnoty hystereze a opakovatelnosti. Čtvrtý zástupce firmy SMC má velice rychlou odezvu, avšak jeho ostatní parametry přesnosti nastavení a řízení tlaku jsou i několikanásobně horší. Příkladem je celková chyba linearit, která se skládá z chyby linearit ventilu a z chyby linearit externího zesilovače a dohromady činí 5 %. U ostatních vybraných modelů je tato chyba pouze do 1 % a není potřeba přidávat externí zesilovač. Ze zbývajících porovnávaných ventilů byl vybrán ventil VP21 od firmy Norgren Herion, protože má ze zmíněných regulátorů tlaku největší průtok vzduchu při tlaku 6 bar a obsahuje komparátor dosažení tlaku.

2.2 Pneumatické prvky pro ovládání ochranného plexiskla

2.2.1 Pneumatický válec pro pohon ochranného plexiskla

Pneumatický dvojčinný válec [11] pro pohon ochranného plexiskla s rámečkem byl vybrán od firmy Stránský a Petržík. Jedná se o typ DIN ISO 6432 se zdvihem 350 mm a průměrem válce 25 mm. Je vybaven průběžnou pístní tyčí, tlumičem dojezdu tyče do koncové polohy a magnetem. Tento válec stačí k vysunutí plexiskla s rámečkem.

Tabulka 2: Vlastnosti pneumatického válce DIN ISO 6432 [11]

Parametr	Hodnota
Pracovní tlak	0,6 MPa
Maximální tlak	1 MPa
Médium	filtrovaný stlačený vzduch
Teplota okolí a média	-20 až 80 °C
Vysouvací síla	248N
Rozměr příruby	G1/8



Obrázek 8: Pneumatický válec DIN ISO 6432 [11]

Upínací příslušenství pro válec:

K výše uvedenému pneumatickému válci firma Stránský a Petržík nabízí celou řadu držáků a přírub na pístnice.

Byly vybrány nejvhodnější komponenty pro danou aplikaci. Jsou jimi dvě patky, které drží pneumatický válec na hliníkovém profilu průřezu 40x40mm pomocí šroubů M6.

Další součástí pro spojení rámečku s pístní tyčí je příruba pro pístní tyč, s otvory pro 4 šrouby typu M6.

2.2.2 Pneumatický ventil

K ovládní přívodu stlačeného vzduchu do pneumatického válce pro pohyb rámečku s plexisklem slouží pneumatický ventil [12] typ SMC SY5120-5Y0-C8F-Q, což je 5/2 elektromagneticky ovládaný ventil se spotřebou 0,45 W. Materiál těla ventilu je hliník. Médium je stlačený vzduch. Ventil je vybaven indikační LED.

Tabulka 3: Výtah parametrů ventilu SY5120 [12]

Parametr	Hodnota
Pracovní tlak	1,5 až 7 bar
Médium	filtrovaný stlačený vzduch
Odezva (5 bar)	19 ms
Teplota okolí a média	-10 až 50 °C
Příruba	G1/8



Obrázek 9: Ventil typu SY5120

2.2.3 Jednocestný omezovač

Tato pneumatická součást s označením AS2201F [13] od firmy SMC zajišťuje vedení stlačeného vzduchu pouze jedním směrem. Přívody vzduchu do pneumatického válce pro zdvih ochranného plexiskla jsou vedeny přes tyto omezovače, což umožní omezení rychlosti pojezdu plexiskla nastavením víceotáčkového šroubu. Omezovač může být provozován při tlaku od 0,1 MPa do 1 MPa a při teplotě od -5 °C do 60 °C. Ve schématu na *Obrázek 3* se jedná o omezovače O3 a O4.



Obrázek 10:
Jednocestný
omezovač AS2201F

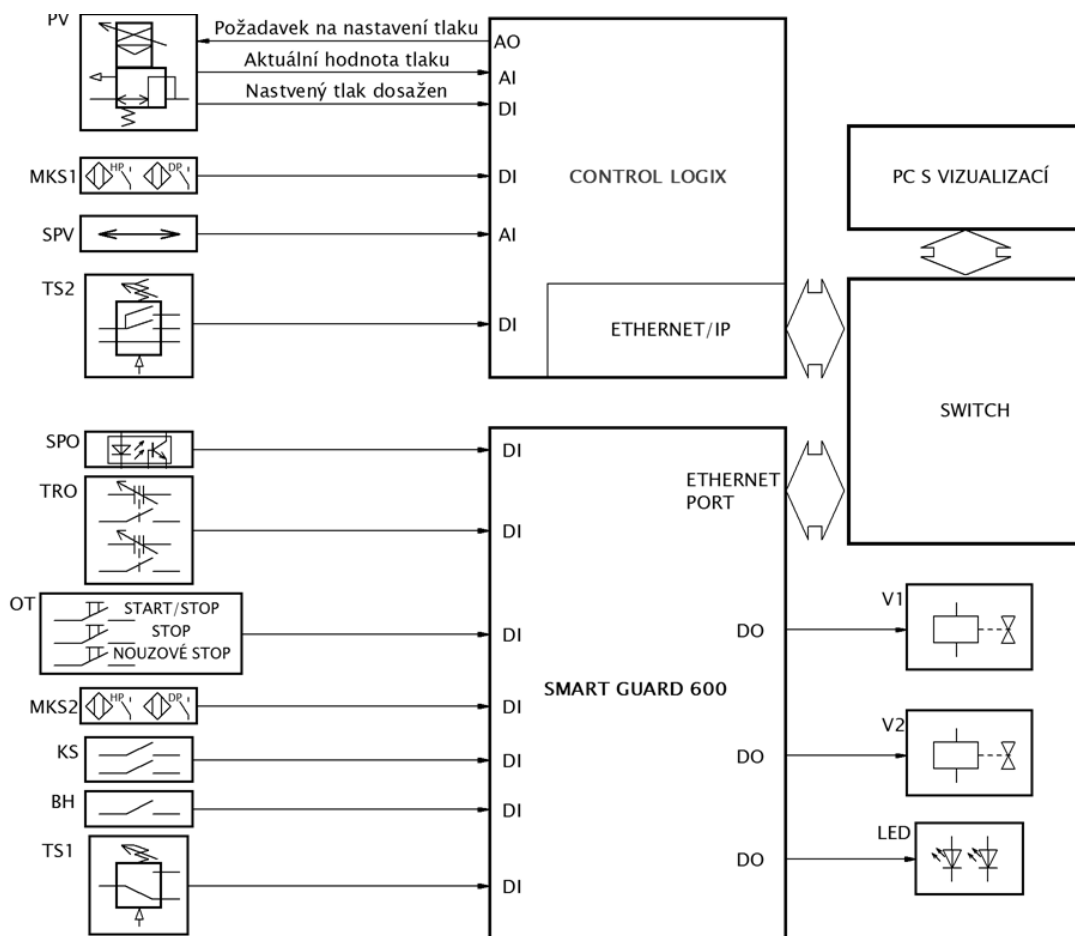
2.3 Hardwarové vybavení pro řízení a vizualizaci

Jelikož vybraný proporcionální ventil je určen k řízení výstupní úrovně tlaku napěťovým signálem o úrovni 0 až 10 V, použité PLC SmartGuard 600 nevyhovuje. Neobsahuje analogové výstupy a nepodporuje analogové výstupní karty, které by takové řízení umožňovaly. Analogové karty podporuje například programovatelný automat ControlLogix od Allen-Bradley, který je navíc dostupný ve školní laboratoři. Toto PLC je možné vybavit i modulem pro příjem analogového signálu z proporcionálního ventilu VP21. Přijímaný signál odpovídá hodnotě tlaku v pneumatickém obvodu.

Jako většina programovatelných automatů i PLC ControlLogix obsahuje digitální vstupy a výstupy. Tlakový snímač 2 obsahuje digitální výstupy, předávající informaci o překročení nastavené úrovně tlaku. Signál z tlakového snímače 2 vstupuje ke zpracování do digitálního vstupu další karty PLC ControlLogix. Pneumatický válec byl vybaven snímači, které informují o dosažení koncových poloh pístnice. Digitální výstupy těchto čidel jsou zpracovány touto digitální kartou také.

Vyšší jakosti výrobků řízeného lisu je možné dosáhnout zpětnou vazbou se skutečnou polohou pístní tyče pneumatického válce, kterou je možné snímat analogovým snímačem polohy pístní tyče válce. Jeho výstup je připraven k přivedení na druhý vstup do analogové vstupní karty PLC ControlLogix.

Všechna vstupní a výstupní data automat ControlLogix zpracovává a posílá prostřednictvím Ethernetového rozhraní do stolního počítače s vizualizací, která je rozšířena oproti původní verzi. PLC SmartGuard 600 a PLC ControlLogix komunikují taktéž přes Ethernetové rozhraní. *Obrázek 11* znázorňuje rozmístění komponent vybraných pro vylepšení modelu pneumatického lisu. V kapitolách 1.1 a 1.3 je vysvětlena zbývající část blokového schématu.



Obrázek 11: Blokové schéma vylepšeného řízení pneumatického lisu

Legenda blokového schématu zapojení:

- MKS1 ... magnetické snímače koncové polohy lisovacího válce
- MKS2 ... magnetické snímače koncové polohy válce pro rámeček
- SPV ... magnetický snímač polohy válce
- SPO ... optický snímač přítomnosti obrobku
- TS1 ... tlakový snímač dosažení tlaku 1
- TRO ... tlačítka ručního ovládání
- OT ... ovládací tlačítka
- KS ... koncové tlačítka
- BH ... bezpečnostní hrana
- TS2 ... tlakový snímač se zobrazovačem
- V1, V2 ... pneumatický ventil typu 5/2
- LED ... indikační LED stavu lisu
- AI ... analogový vstup
- AO ... analogový výstup
- DI ... digitální vstup
- DO ... digitální výstup

Popis schématu zapojení

Schématu byla rozdělena do několika částí. Jsou jimi schéma zapojení snímačů a proporcionálního ventilu v příloze *Příloha 1*, upravené schéma zapojení PLC SmartGuard 600 v příloze *Příloha 2*, schéma zdrojové části a hardwarové konfigurace PLC ControlLogix v příloze *Příloha 3* a schéma zapojení Ethernetového připojení v příloze *Příloha 4*. U schématu zapojení snímacích prvků jsou výstupy jednotlivých komponent vedeny do sběrného místa ve svorkovnici a od ní vedou vodiče do PLC ControlLogix. Výjimkou jsou analogové signály, které je nutné přivést přímo z důvodu možnosti vzniku termoelektrického napětí a rušení, kterému by mohl být vyvedený spoj ze stínění vystaven.

2.4 PLC ControlLogix

Programovatelný automat ControlLogix od firmy Rockwell Automation [14] je rozdělen do bloků, modulů, které tvoří funkční vybavení pro zpracování vstupního signálu, jejich vyhodnocení procesorem a vyslání ovládacích a řídicích signálů přes výstupní rozhraní. Jednotlivé moduly jsou opatřeny konektorem, sloužící k propojení se zdrojovou částí o dvou úrovních napájecího napětí (5,1 V DC a 24 V DC) a zároveň zde probíhá tok dat z a do procesorového modulu. Umístění jednotlivých modulů je ve slotech. Ve slotu číslo jedna je procesorová část řídicího systému, ve druhém komunikační karta Ethernet, následuje modul digitálních vstupů a dále karta analogových vstupů a výstupů. Konfigurace pokračuje kartou digitálních výstupů a kartou ControlNet.



Obrázek 12: Programovatelný automat ControlLogix

2.4.1 Vstupní analogový modul

PLC modul pro vstup analogových signálů 1756-IF8H/A [15] od firmy Allen-Bradley slouží k příjmu aktuální hodnoty tlaku v pneumatickém obvodu z proporcionálního ventilu a může být též použit k příjmu aktuální polohy pneumatického válce a tím předávat tento parametr do procesorového modulu. Využijeme napěťovou část, ale modul nabízí i proudové vstupy. Čelo modulu obsahuje indikátor stavu analogového modulu. Přední strana modulu je určena k připojení vodičů analogového výstupu proporcionálního ventilu přes šroubovací svorkovnici. Modul podporuje HART komunikační standard.

Tabulka 4: Parametry modulu analogových vstupů [15]

Parametr	Hodnota	Parametr	Hodnota
Počet vstupů	8	Odběr proudu	70 mA (24 V) a 300 mA (5,1 V)
Použitý vstupní rozsah	0 až 10 V	Chyba modulu	0,1 % z rozsahu
Vstupní odpor	> 10 MΩ	Rozlišení převodníku	16 až 21 bitů
Napájecí napětí	24 V DC a 5,1 V DC	Provozní teplota	0 až 60 °C

2.4.2 Výstupní analogový modul

Vybraný výstupní analogový modul 1756-OF4A [15] od firmy Allen-Bradley je určen k nastavení tlaku v pneumatickém obvodu pomocí proporcionálního ventilu. Je vybaven napěťovými a proudovými výstupy, z nichž je využita pouze napěťová část. Na přední části modulu je opět svorkovnice pro připojení vodičů pro analogové řízení a LED dioda indikující stav modulu.

Tabulka 5: Vybrané parametry výstupního modulu [15]

Parametr	Hodnota
Počet výstupů	4
Použitý výstupní rozsah	0 až 10 V
Napájecí napětí	24 V DC a 5,1 V DC
Odběr proudu	120 mA (24 V) a 150 mA (5,1 V)
Chyba modulu	0,15 % z rozsahu
Rozlišení převodníku	15 bitů, 320 μV/bit
Provozní teplota	0 až 60 °C

2.4.3 Modul digitálních vstupů

V dané úloze je tento modul 1756-IB16D/A [16] firmy Allen-Bradley určen k příjmu stavů ze snímačů, jimiž jsou:

- signál dosažení požadovaného tlaku z proporcionálního ventilu ($x=w$)
- signál OUT1 dosažení tlaku od snímače tlaku 2
- signál OUT2 dosažení tlaku od snímače tlaku 2
- stavy koncových poloh lisovacího válce nahoře a dole
- stavy koncových poloh ochranného rámečku s plexisklem nahoře a dole.

Rezistory připojené na vstup nejsou nutné, neboť nepotřebujeme diagnostikovat přerušovaný vodič.

Tabulka 6: Vlastnosti modulu digitálních vstupů [16]

Parametr	Hodnota
Počet vstupů	16
Vstupní napětíová úroveň	log.1 ~ (10 až 30 V DC)
Napájecí napětí	24 V DC a 5,1 V DC
Odběr proudu	90 mA (5 V) a 3 mA (24 V)
Provozní teplota	0 až 60 °C

2.4.4 Modul procesoru

Procesorový modul 1756-L63B [14] od firmy Allen-Bradley je prvkem modulárního systému, ve kterém se vykonávají řídicí procesy celého systému PLC. Tento automat je programovatelný pomocí softwaru RSLogix 5000.

Tabulka 7: Výběr parametrů modulu procesoru PLC [14]

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	5,1 V DC a 24 V DC
Odběr proudu	1,2 A (5,1 V) a 14 mA (24 V)
Provozní teplota	0 až 60 °C
Paměť dat	8 MB
Zálohovací paměť	Kompaktní FLASH karta
Programovací vstup	RS232

2.4.5 Ethernet/IP modul

Komunikaci řízení bezpečnostního PLC SmartGuard 600 pneumatického lisu a řídicího systému ControlLogix zprostředkovává Ethernetový modul 1756-EN2TR [17] od firmy Allen-Bradley.

Tabulka 8: Hodnoty parametrů modulu Ethernet/IP [17]

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	5,1 V DC a 24 V DC
Odběr proudu	1 A (5,1 V) a 3 mA (24 V)
Rychlosti	10/100 Mbit/s
Konektory	2xRJ45 kategorie 5

2.5 Snímač tlaku 2

Snímač tlaku Norgren 50D D-70731 s označením DS-E1P10F4B2PR00 [18] je zařazen do pneumatického obvodu lisu spolu s původním snímačem Norgren 18D 0881300. Přidaný prvek disponuje výhodou zobrazení aktuálního tlaku přímo na displeji. Pod displejem jsou umístěna tlačítka, která umožňují nastavení úrovní spínání hodnotou tlaku, volbu zobrazení jednotek aktuálního tlaku, dobu zpoždění sepnutí výstupu a zobrazení maximálního a minimálního tlaku od posledního resetu údaje. Snímač tlaku 2 je upevněn na DIN lištu. Tento snímač zobrazuje pouze orientační hodnotu tlaku, při nastavených nízkých tlacích je odchylka oproti přesnějšímu proporcionálnímu ventilu značná.

Tabulka 9: Výtah parametrů tlakového snímače [18]

Parametr	Hodnota
Vstupní tlak	0 až 10 bar
Chyba měření	< 1,5 % pro 10 až 30 °C
Opakovatelnost	< 0,2 % z rozsahu
Filtr	40 μm
Teplota okolí a média	0 až 50 °C
Napájecí nadpětí	17 až 30 V DC
Odběr proudu	< 20 mA
Příruba	G 1/4"
Výstup	2x spínač PNP
Konektor	M12 (4pin)



Obrázek 13: Snímač tlaku 2

Existují i snímače tlaku, které udávají analogovou hodnotu o úrovni měřeného tlaku na svůj výstup. Příkladem je zástupce stejné řady Norgren Herion 50D D-70731 s označením DS-E1P10F4BNAR00, který je vybaven spínačem úrovně tlaku.

2.6 Analogový snímač polohy válce

Ke zvýšení přesnosti lisování je vhodné znát co nejpřesnější polohu válce, aby se skutečný průběh polohy pneumatického válce při lisování blížil požadovanému lisovacímu průběhu. K tomu je možné použít mnoho metod snímání aktuální polohy válce. Důležitými parametry jsou přesnost snímače, rozsah měření a doba zpoždění snímače především. Nabízí se použití snímačů vzdálenosti na optickém principu. Pořizovací cena takového zařízení, zejména laserových snímačů je však často velmi vysoká. Kapacitní snímač vzdálenosti je vhodný pro vyhodnocování malých vzdáleností a tím je nevhodný pro použití na lis. Indukční snímače vzdálenosti s otevřeným magnetickým obvodem nabízejí vysokou přesnost snímání polohy, ale za cenu obtížného konstrukčního řešení a pouze s použitím vyhodnocovacích obvodů. Pořizovací cena je také vysoká. V úvahu přichází použití optický inkrementální snímač, avšak existují lepší konstrukční řešení než instalace kódovacího pásku. Protože použitý pneumatický válec obsahuje permanentní magnet uvnitř těla válce, který je spojen s výstupní hřídelí, využijeme této skutečnosti ke snímání polohy hřídele pneumatického lisovacího válce.

Snímač řady MPS [19] od firmy Stránský a Petržík je možné použít pro vyhodnocení aktuální polohy pneumatického lisovacího válce. Tento druh snímače byl vybrán z důvodu kompatibility s použitým pneumatickým válcem Norgren RA/8100/M/0320, který respektuje normu ISO 15552. Jedná se o normu, zabývající se pneumatickými válci s oddělitelnými montážními prvky. Zahrnuje popis rozměrů příslušenství a rozměrů válců řady určené pro tlaky 10 bar s vnitřním průměrem od 32 do 320 mm. Platnost této normy je od roku 2004. Tento snímač nebyl nainstalován, neboť nebyl k dispozici.

Tabulka 10: Parametry analogového snímače polohy [19]

Parametr	Hodnota	Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	10 až 30 V DC	Linearita	0,3 mm
Odběr proudu	~ 25 mA	Opakovatelnost	0,1 mm
Maximální rozsah	224 až 237 mm	Použitý výstup	0 až 10 V
Rozlišení	0,05 mm	Vzorkování	1 ms
Hystereze	1 až 10 %	Maximální pracovní rychlost	3 m/s



Obrázek 14: Analogový magnetický snímač polohy [20]

2.7 Magnetický koncový spínač

Snímač koncové polohy pístu pneumatického válce MR0119 [21] je v nabídce firmy IFM. Výstup tohoto snímače je připojen k digitálnímu vstupu PLC ControlLogix. Magnetický snímač je umístěn do plastového pouzdra a je určen pro montáž do T drážky pístu. Použitý pneumatický lis nedisponuje T drážkou, a proto tento snímač umístíme na výrobcem doporučený držák snímače E11823. Princip tohoto snímače je založen na jazýčkovém kontaktu z magneticky měkké oceli.

Tabulka 11: Parametry magnetického snímače (IFM) [21]

Parametr	Hodnota
Napájecí napětí	5 až 50 V DC/AC
Provedení výstupu	PNP
Provozní teplota	-25 až 70 °C
Citlivost	2,1 mT
Hystereze	1 mm



Obrázek 15: Magnetický snímač firmy IFM [22]

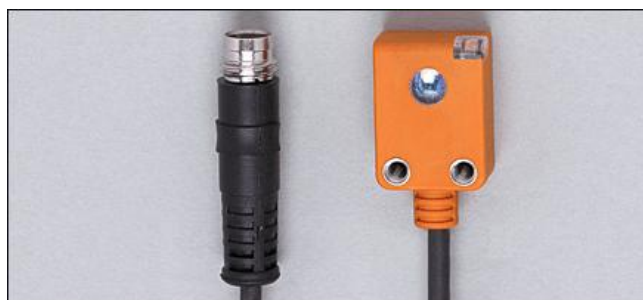
2.8 Snímač přítomnosti předmětu pro lisování

K vyhodnocení, zda je přítomen předmět k lisování, je možno použít několika způsobů detekce, podle velikosti a materiálu výlisku. Mohl by být použit snímač využívající mechanický princip, ale ten byl vyřazen, kvůli možné poruchovosti způsobené opotřebením kontaktů. Použitím proximních kapacitních nebo indukčních snímačů, reagujících na přiblížení předmětu, bychom dosáhli vyhodnocení přítomnosti úzké skupiny materiálů. Proto vybereme optický snímač, který je schopen detekovat velké množství materiálů.

Pro vyhodnocení přítomnosti výlisku je použita jednocestná optická závora od firmy IFM. Snímač se skládá z části vysílací O7S200 [23] a části pro přijímání vysílaného paprsku O7E201 [24]. Světlo závory je červené o vlnové délce 633 nm.

Tabulka 12: Parametry optické brány [23], [24]

Parametr	Vysílač	Přijímač
Napájecí napětí	10 až 30 V DC	10 až 30 V DC
Odběr proudu	20 mA	10 mA
Dosah	0 až 1,5 m	
Krytí	IP65	
Provozní teplota	-25 až 60 °C	



Obrázek 16: Jednocestná optická brána od firmy IFM (přijímač) [25]

3 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ LISU

3.1 Nosná konstrukce lisu

Předchozí návrh konstrukce byl přepracován a byla též navíc navržena kolečka LKRA-PTA 80G-GS12 značky Blickle pro lepší manipulaci s hotovým lisem, která jsou z bezpečnostních důvodů opatřena brzdou. Konstrukce lisovacího zařízení je zhotovena z duralových profilů značky FM Systeme, poskytnuté taktéž firmou Marek Industrial. Pro lisovací stůl byl zvolen průřez profilu 40x80 mm včetně jeho výztuží a ostatní průřezy profilů jsem volil 40x40 mm. Výztuže jsou nezbytné z důvodu vysoké hmotnosti pístu upnutého v ocelové konstrukci, dynamickému namáhání desky od rázu lisovacího pístu a také kvůli zvýšení celkové tuhosti zařízení.

Důležitý byl výběr spojovacího materiálu. Firma Marek Industrial nabízí celou řadu těchto montážních prvků. Byla vybrána spojka 093WE402N08 pro vzájemné spojení profilů v horní části konstrukce lisu nad úroveň lisovací desky. Deska je dřevotřísková s rozměry 780x580 mm o tloušťce 18 mm. Pro spojení vrchní a spodní části lisovacího stolu přes desku bylo užito úhelníků (093WV431V) a šroubů M8x35. Bylo nutné vyřezat závit do konců profilů pro jejich vzájemné pevné spojení v části pod lisovací deskou. K upevnění noh stolu bylo použito úhelníků 093W403. Rozpěrka nohou má díky těmto úhelníkům možnost posunu ve vertikálním směru dle potřeby.

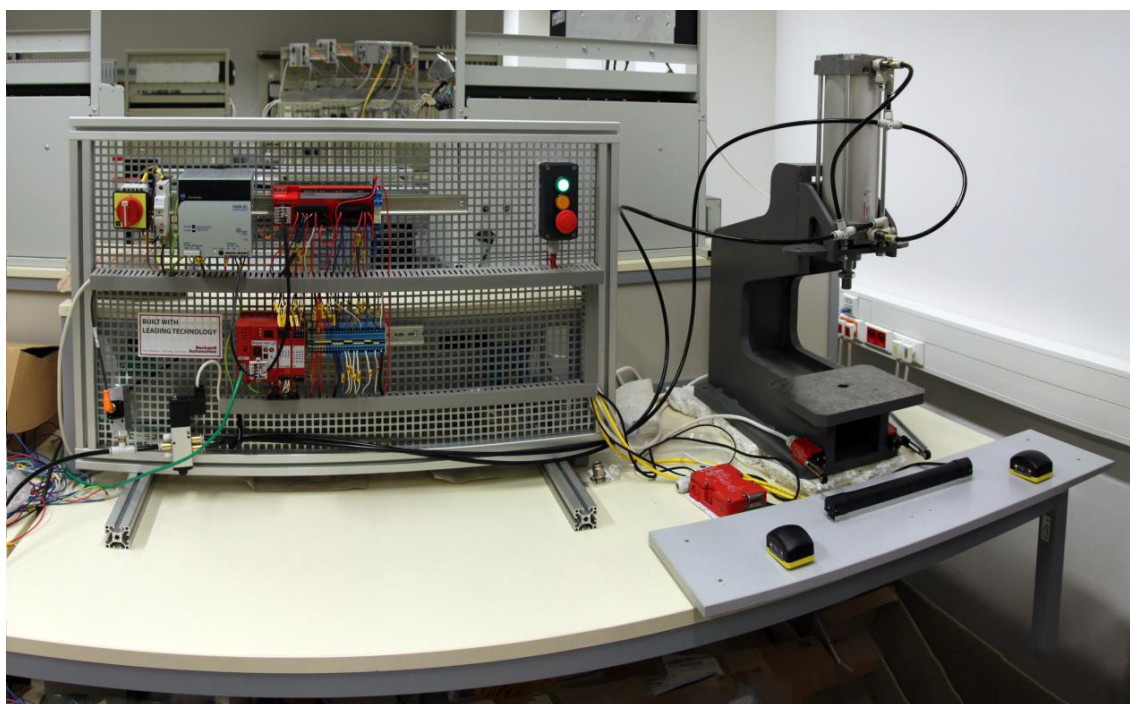
Výkres kótovaného sestavení konstrukce lisu je nakreslen v programu ProfiCAD. Měřítko zmenšení výkresu bylo zvoleno nenormalizované 7:50. Tento výkres s rozměry a kusovníkem je uveden v příloze *Příloha 5* a *Příloha 6* této práce.

3.2 Osazení sestavené konstrukce lisu

Po sestavení konstrukce lisu podle výkresu následovalo osazování potřebných komponent pro bezpečnost a částí samotného lisu. Nejprve byly přemístěny komponenty z dříve osazené desky na DIN lišty, které byly namontovány na boční stranu na nohy lisovacího stolu. Následně bylo rozloženo tažení kabeláže potřebnými směry v elektroinstalačních lištách a na druhou stranu rozpěrného profilu byly umístěny pneumatické komponenty. Lisovací válec, který byl osazen snímači, byl přišroubován přes desku a profil na lisovací stůl, šroubové spoje byly pojištěny dvěma maticemi a také byl připojen přívod tlaku vzduchu z ventilu. Jistič je umístěn do elektroinstalační krabice, aby bylo dosaženo dostatečného krytí nebezpečných dotykových částí, které jsou pod nebezpečným napětím při provozu lisu. Taktéž bylo instalováno PLC ControlLogix a zapojena veškerá elektronika dle schémat zapojení a rovněž byl zapojen pneumatický obvod dle *Obrázek 3*. U krabice s tlačítky START, STOP a E-STOP byly prodlouženy vodiče, aby tato krabice mohla být instalována na vhodné místo napravo od rámečku s plexisklem. V případě dvojčinného pneumatického válce byl jeden konec

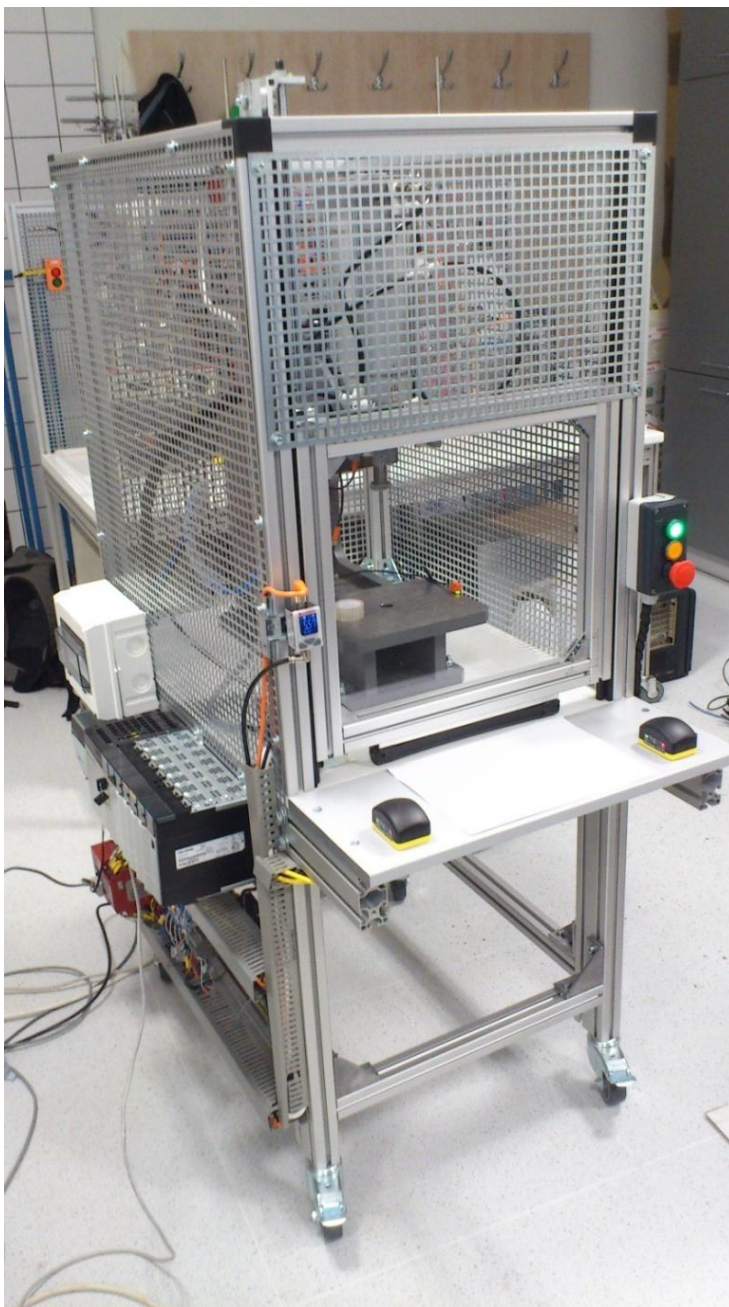
jeho pístní tyče přišroubován k desce stolu a druhý, opačný konec, byl upevněn na nadstavený úhelník spojený s vrchním profilem. Poté byl osazen rám s plexisklem do připravených drážek zasunutých v profilech. Rámeček byl vybaven bezpečnostní hranou. Bylo zapotřebí oříznout desku s tlačítky, vyvrtat a zahloubit do ní otvor pro druhé dotykové tlačítko a upevnit desku na přední část lisu. Koncové spínače dojezdu rámečku s plexisklem byly přišroubovány na úhelníky. Bezpečnostní zámek byl odebrán z důvodu použití na jiném modelu.

Po uvedení zařízení do provozu a úpravě programu kvůli odebranému bezpečnostnímu zámku vše fungovalo, avšak po změně programu v I/O jednotce PLC SmartGuard 600 připojené přes DeviceNET došlo k softwarové poruše této jednotky. Proto bylo nutné přepojit vodiče, které byly připojeny do tohoto zařízení, na zbylé vstupy PLC SmartGuard 600. Na *Obrázek 16* je původní model pneumatického lisu.



Obrázek 16: Původní stav modelu pneumatického lisu [1]

Obrázek 17 ukazuje současnou podobu vylepšeného lisu.



Obrázek 17: Současný stav modelu pneumatického lisu

4 NADSTAVBA ŘIDICÍHO PROGRAMU

4.1 Program pro PLC SmartGuard 600

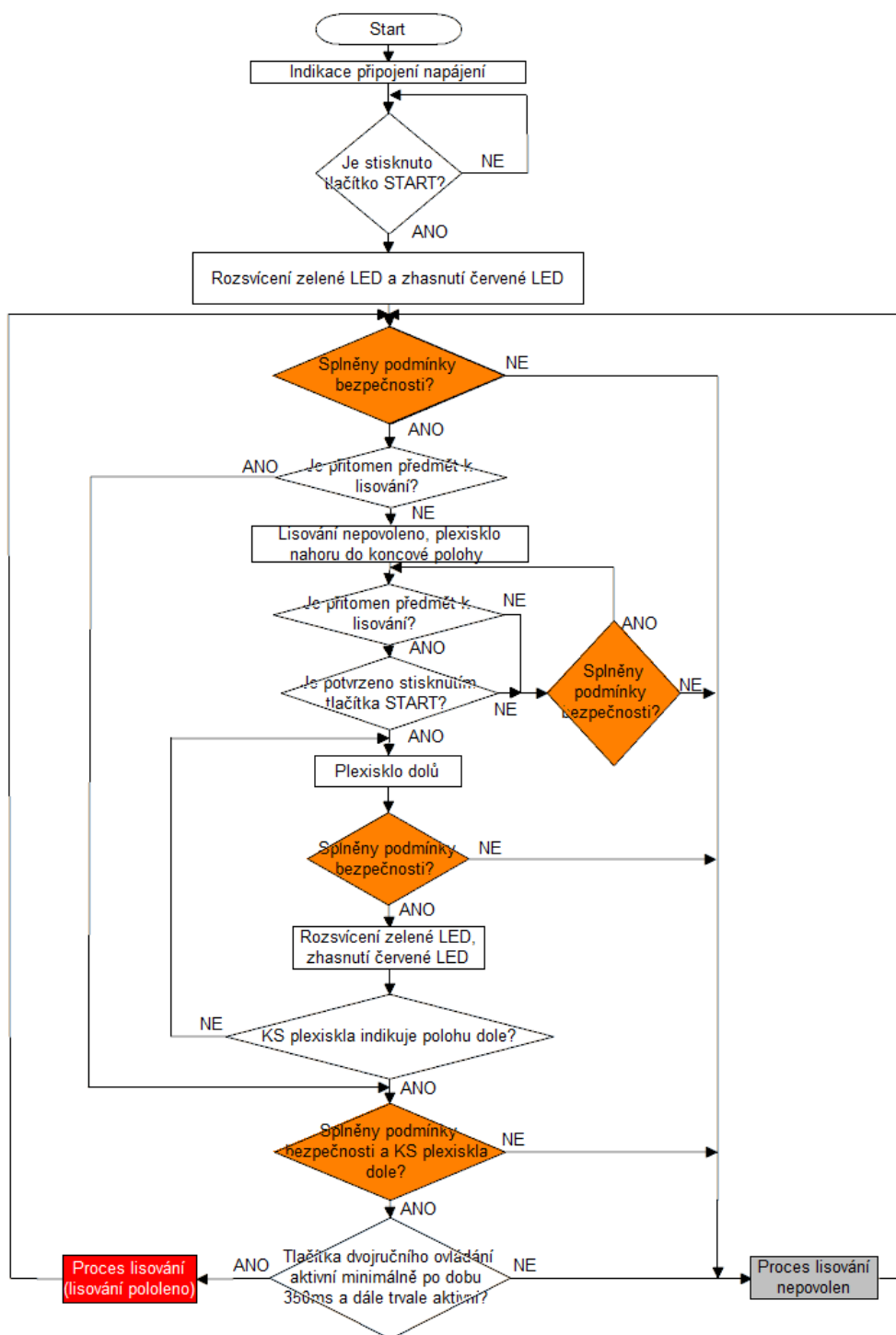
Nyní popíši zásah, který byl proveden do řídicího programu umístěného v bezpečnostním PLC. Nejprve bylo nutné prostudovat původní řídicí program, který byl velmi těžko čitelný. Usoudil jsem z něj, že program pracuje tak, jak bylo předepsáno jeho tvůrcem, až na řízení zastavení pojezdu lisovacího pneumatického válce při stisknutí bezpečnostního tlačítka E-STOP. Program nebyl schopen řídit ventil tak, aby vyslal protitlak do lisovacího válce a tím jej pozastavil. Zvolený ventil typu 5/2 má totiž pouze 2 stavy a chybí mu tedy třetí stav, kdy by mohl zastavit průtok vzduchu z a do válce. Při aktivaci tlačítka E-STOP za chodu lisování, řídicí PLC odpojí napětí od cívky ventilu, která přepojí tlak vzduchu opačným směrem, a tím vytahuje píst lisovacího válce nahoru. Tento stav je taktéž bezpečný, a proto je ponechán. Zastavení lisovacího pístu je nyní možné po nainstalování proporcionálního ventilu při nastavení nulového lisovacího tlaku.

Pro zpřehlednění programu a znázornění všech jeho funkčních stavů byl vytvořen vývojový diagram chodu programu, který již obsahuje nadstavbu programu. Tuto nadstavbu bylo třeba implementovat. Nadstavba zahrnuje řízení pojezdu ochranného skla s rámečkem, indikaci koncových poloh rámečku a pneumatického válce a kontrolu přítomnosti obrobku před lisováním.

4.2 Vývojový diagram programu

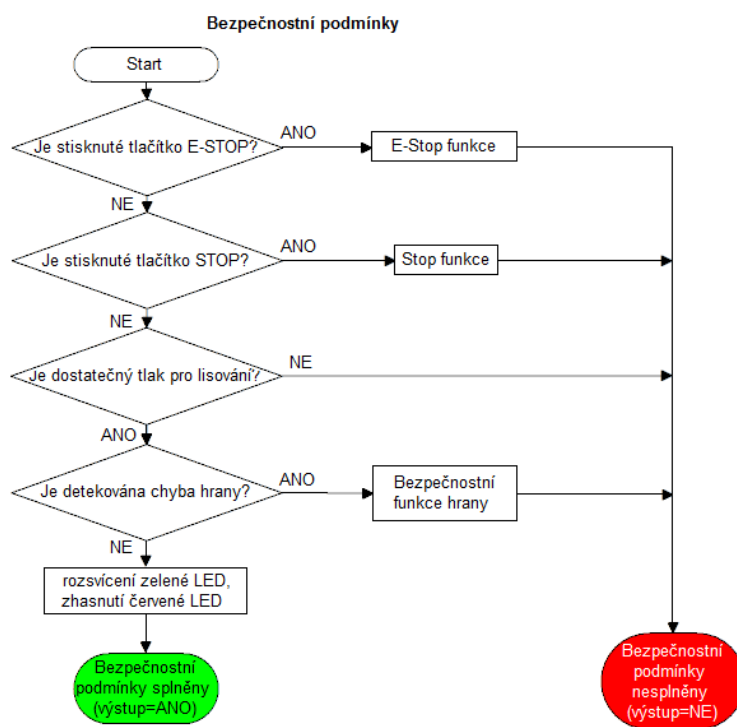
Vývojový diagram je rozdělen do několika částí.:

První z nich je na *Obrázek 18* a je to hlavní testovací smyčka, která rozhoduje, zda je nebo není povoleno lisování. Nejprve systém čeká na stisknutí tlačítka START. Program prochází přes rozhodovací bloky, které se dotazují na splnění všech bezpečnostních podmínek. Pokud jsou podmínky splněny, ubírá se program směrem k povolení procesu lisování. Pokud ne, je lisování zakázáno. Důležitou podmínkou umožňující začít lisovací cyklus, je indikace přítomnosti obrobku pro lisování. Pokud není obrobek přítomen, aktivuje se pohon rámečku se sklem a otevře se do horní koncové polohy. V tomto stavu systém na vložení předmětu k lisování a potvrzení stisknutím tlačítka START. Po potvrzení a při detekci výlisku sjíždí ochranný rámeček dolů a program testuje, zda rámečku nic nepřekáží bezpečnostní hranou lisu, opět rozhodovacím blokem, který kontroluje bezpečný stav lisu. Pokud je dolní koncový spínač bezpečnostního rámečku sepnut, systém čeká na start lisování po minimálně 350 ms trvajícím aktivování tlačítek dvouručního ovládání.



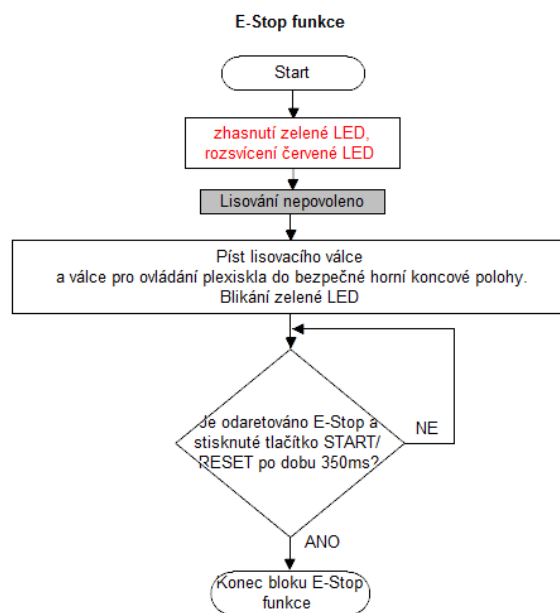
Obrázek 18: Vývojový diagram - hlavní smyčka

Druhá část na *Obrázek 19* popisuje konkrétní vyhodnocení bezpečnostních podmínek a stisknutí tlačítka STOP. Pokud nebude jedna nebo více ze zobrazených podmínek splněných, program se dostává do příslušného obslužného bloku v této struktuře. Po obslužení bloku vyvolaného nesplněnou podmínkou, se nastaví odpověď bloku na stav odpovídající nesplněné bezpečnostní podmínce a přejde se na začátek hlavní testovací smyčky.



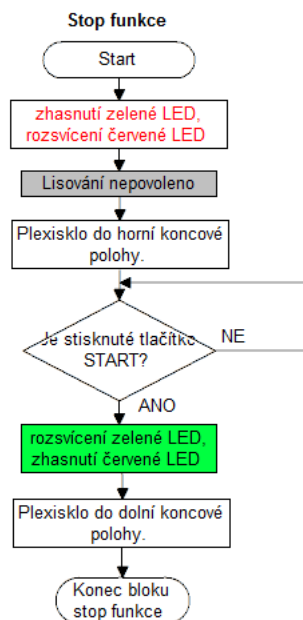
Obrázek 19: Vývojový diagram - bezpečnostní podmínky

Následující třetí vývojový diagram na *Obrázek 20* řeší E-STOP funkci. Základním požadavkem je neumožnění lisování. Rámeček s ochranným sklem dostane povel k vyjetí do horní koncové polohy. Provedení funkce E-STOP je možno ukončit odaretováním bezpečnostního tlačítka a následně potvrzením tohoto stavu stisknutím tlačítka START po dobu minimálně 350 ms.



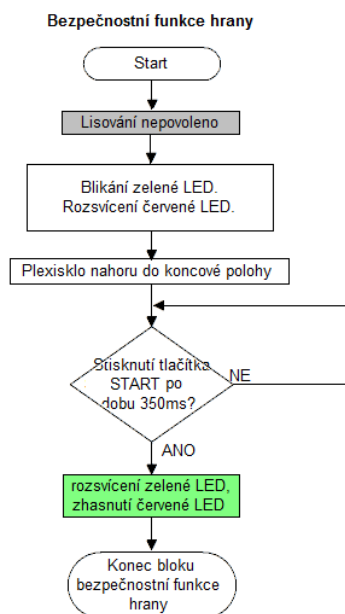
Obrázek 20: Vývojový diagram - E-STOP funkce

Na *Obrázek 21* je čtvrtá část vývojového diagramu, která znázorňuje provádění STOP funkce. Opět zakazuje povolení lisování a otevírá ochranný rámeček s plexisklem. Ze STOP stavu je možné se dostat pomocí stisku tlačítka START.



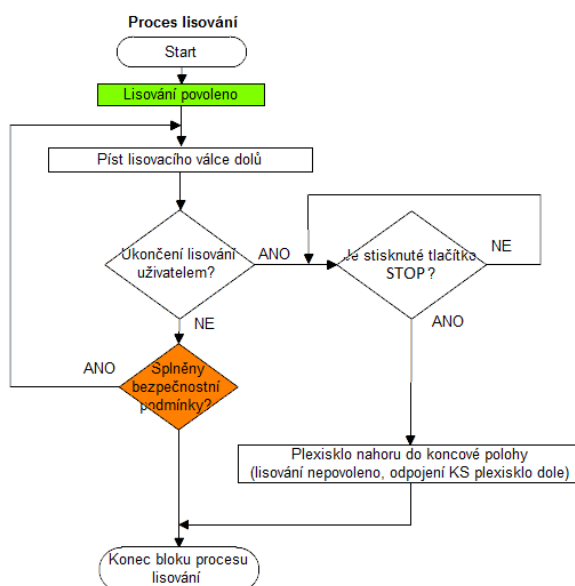
Obrázek 21: Vývojový diagram - Stop funkce

Předposlední obrázek představuje provádění funkce bezpečnostní hrany, která je popsána na *Obrázek 22*.



Obrázek 22: Vývojový diagram - bezpečnostní funkce hrany

Poslední část vývojového diagramu na *Obrázek 23* dokumentuje provádění procesu lisování. Je to jediný stav, u kterého je povoleno lisování za kontroly bezpečnosti při průchodu v hlavní, první popsané smyčce vývojového diagramu. Po dokončení lisování uživatel pro otevření rámečku s ochranným sklem stiskne tlačítko STOP a může tak převzít vylisovaný předmět.



Obrázek 23: Vývojový diagram - proces lisování

4.3 Realizace nadstavby řídicího programu

Ve vývojovém prostředí bylo zjednodušeno provedení funkce bezpečnostní hrany, byly přemapovány proměnné, které souvisely s odstraněným DeviceNET I/O modulem, byla odstraněna funkce bezpečnostního zámku a byl přidán indikátor stavu připojení PLC SmartGuard 600 přes Ethernetové rozhraní. Přidána byla i funkce pro ovládání rámečku s plexisklem. V následující části jsou popsány jednotlivé bloky modifikovaného programu. Výpis programu je součástí přílohy *Příloha 7*.

Tabulka 13: Popis funkčních bloků upraveného programu

Číslo bloku	Funkce bloku
1	Vyhodnocení stisknutí tlačítka E-STOP indikátorem dvou rozených kontaktů.
2	Nastavování režimu START lisu.
3	Nejdůležitější část programu, do které vstupují všechny nutné podmínky pro lisování.
4	Setování signálu od hrany pro stav chyby od hrany.
5	Podmínkový OR, jehož výstup resetuje START stav lisu.
6	Rozvětvení signálu START od tlačítka START.
7	Rozvětvení signálu stavu lisu START.
8	Invertor negující signál chyby hrany.
9	Blok pro vyhodnocení stisku tlačítka E-STOP.
10	Invertor pro získání signálu log.1 při stisku tlačítka STOP.
11	Invertor podílející se na funkci E-STOP.
12	AND podílející se na signalizaci zelené LED, pokud hrana nedetekuje překážku a je stav lisu START.
13	Negace STOP_LED signálu od stavu lisu START.
14	Blok resetující stav START při stisku E-STOP.
15	Rozvětvení signálu E-STOP.
16	OR podílející se na funkci E-STOP.
17	Negace E-STOP pro signalizaci prostřednictvím červené LED.
18	Rozvětvení signálu START.
19	AND podílející se na funkci E-STOP.
20	OR podílející se na funkci E-STOP.
21	Pomocná negace z tlačítka E-STOP.
22	OR, do kterého vstupují podmínky, za kterých se má rozsvítit nebo rozblikat zelená LED.
23	Časovač pro blikání zelené LED z důvodu chyby od hrany.
24	AND pro blikání zelené LED od stavu E-STOP.
25	Invertor podílející se na indikaci E-STOP. (blikání zelené LED)
26	Invertor signálu stavu lisu START.
27	Časovač pro blikání zelené LED od E-STOP.

28	Časovač, který určuje minimální čas, po který musí být současně aktivována dotyková tlačítka.
29	AND pro vyhodnocení stavu dolního koncového spínače rámu s plexisklem.
30	Invertor pro negaci signálu z kontaktu NC od dolního koncového spínače ochranného rámečku s plexisklem.
31	RS klopný obvod pro funkci E-STOP.
32	AND podílející se na rozsvícení červené LED od signálu E-STOP.
33	OR, který vyhodnocuje požadavek na blikání zelené LED od hrany nebo E-STOP.
34	Invertor podílející se na blikání zelené LED od E-STOP.
35	OR vyhodnocující požadavek na rozsvícení červené LED.
36	RS klopný obvod pro ovládání rámečku s plexisklem.
37	OR pro vstup podmínek pro vysunutí ochranného rámečku nahoru.
38	AND pro funkci vysunutí rámu nahoru.
39	Podmínkový AND pro pohyb rámečku dolů.
40	Invertor pro vyhodnocení přítomnosti předmětu pro lisování.
41	Časovač TOF součástí oscilátoru kontrolující komunikaci.
42	Časovač TON součástí oscilátoru kontrolující komunikaci.
43	Invertor pro vznik oscilací, které jsou součástí kontroly komunikace.
44	Blok pro vysílání signálu poruchy od bezpečnostní hrany.

4.4 Program pro PLC ControlLogix

Původně byl program určen pouze k zprostředkování vizualizace. Byl vytvořen zcela nový program uvedený v příloze *Příloha 9*, který zajišťuje správné fungování rozšířené vizualizace a navíc je schopen lisovat automaticky dle zadané sekvence požadovaných sil v čase nebo lisovat nastaveným konstantním tlakem. V následující části jsou popsány funkce příček tohoto programu:

Příčky 0,1 a 2:

Slouží k detekci ztráty komunikace mezi PLC SmartGuard 600 a PLC ControlLogix. V PLC SmartGuard 600 se každé dvě sekundy mění stav bitu *NET_OK* (v PLC ControlLogix je tento bit pojmenován *NET_OK_SMART600*). Pokud se stav bitu do pěti sekund nezmění, tak dojde k aktivaci bitu *DN* časovače *CAS_ERR1* nebo *CAS_ERR2*. Bit *DN* od příslušného časovače pak aktivuje proměnnou *SG_NET_FALSE*, která zobrazí ve vizualizaci okno chybového hlášení o tomto problému.

Příčky 3 a 4:

Zajišťují počítání chyb od bezpečnostní hrany a počítání výlisků.

Příčky 5 a 6:

Resetují počet chyb od bezpečnostní hrany a počet vylisovaných předmětů pomocí proměnných *POM_RES_hrana* a *POM_RES_vylisky*.

Příčka 7:

Povoluje ruční nastavování tlaků z vizualizace pomocí negované proměnné *POVOL_Z_TAB*.

Příčky 8, 9 a 10:

Vypočítávají dobu trvání automatického lisovacího cyklu z časových údajů zadaných do tabulky hodnot. Proměnná *POVOL_Z_TAB* výpočet aktivuje. Časovač *cas_napl* v intervalech 10 ms povoluje blok *FAL*, který je určený pro práci s polem. Struktura *control_napl* obsahuje proměnnou *POS*, inkrementující se při každém volání bloku *FAL*. Do pole *TAB_CAS_ZOBRAZENI* se postupně přičítají jednotlivé časové intervaly pro nastavení konstantního tlaku z tabulky *TAB_CAS*. Do tabulky *TAB_CAS* uživatel lisu zapisuje časy přes vizualizaci. Na poslední položce pole *TAB_CAS_ZOBRAZENI* bude uložen celkový čas trvání automatického lisovacího procesu.

Příčka 11:

V režimu povolení lisování na základě hodnot z tabulky je po ukončení lisovací sekvence aktivován časovač *cas_vyjeti_nahoru*, ještě před inicializací. Ten zajistí bezpečné vyjetí lisovacího pístu do horní koncové polohy při nastaveném tlaku v příčce 22.

Příčky 12 - 16:

Předávají vizualizaci data o době trvání automatického lisovacího procesu z tabulky a vypočítávají zbývající čas do poslední hodnoty v tabulce tlaků a časů. Dotyková tlačítka *DT_L* a *DT_R* informují o začátku lisování a spustí proměnnou *START_LIS* časovač *CAS_START*. Další příčkou je hodnota akumulátoru převedena z milisekund na sekundy blokem *DIV* do proměnné *cas_start_div*. V bloku *SUB* se tato hodnota odečítá od celkového času pro lisování a výsledek je ukládán do proměnné *ZBYVACASU*. Po upuštění tlačítek se vynulují stavy časovače *START_CAS*.

Příčka 17:

Tato příčka je inicializační a nastavuje se po povolení lisování z tabulky a po ukončení časování časovače *cas_vyjeti_nahoru*. Nuluje se zde nastavení tlaku pro lisování a pozice v tabulce časů a tabulce tlaků. Inicializační hodnota časovače *CAS_LIS* pro konstantní tlak je první hodnota z tabulky *TAB_CAS*.

Příčka 18:

Je aktivována dotykovými tlačítky, provedenou inicializací a povolením načítání hodnot z tabulky. Při povolení příčky proměnná *inic_probehla* vynuluje časovač *cas_vyjeti_nahoru*.

Příčka 19:

Postupně posílá hodnoty tlaku a času z tabulky do proměnné *nastav_tlak* a *aktual_cas* vždy po ukončení časování časovače *CAS_LIS*.

Příčka 20:

Po skončení časování časovače *CAS_LIS* tato příčka kopíruje hodnotu z *aktual_cas* do *CAS_LIS.PRE* a nastavuje čas tohoto časovače.

Příčka 21:

Povoluje příčku 22 po upuštění tlačítek ručního ovládání. Není možné ukončit lisování při skončení automatického lisovacího procesu, protože jiná omezovací podmínka nezasahuje do ovládání lisovacího válce.

Příčka 22:

Nastavuje tlak na 2 bary pro vyjetí lisovacího válce nahoru po ukončení lisovací sekvence uživatelem. Resetuje stavy časovače *cas_vyjeti_nahoru*, a opět jej pomocnou proměnnou v příčce 11 spouští. Po vyjetí lisovacího pístu do horní koncové polohy a po ukončení časování následuje inicializace.

5 VIZUALIZACE

Pátá kapitola popisuje vlastnosti jednotlivých obrazovek. Nové obrazovky se přizpůsobují rozšířené instrumentaci modelu pneumatického lisu a zachovávají původní funkce vizualizace lisu. Ke tvorbě vizualizace byl použit program FactoryTalk View Studio od firmy Allen-Bradley stejně, jako je tomu u původně vytvořených obrazovek.

Následující tabulka dokumentuje použité proměnné pro vizualizaci.

Tabulka 14: Proměnné použité pro vizualizaci

Název proměnné	Datový typ	Popis proměnné
<i>cerv_LED</i>	BOOL	Stav červené LED.
<i>DTL_NO</i>	BOOL	Levé dotykové tlačítko, spínací kontakt.
<i>DTR_NO</i>	BOOL	Pravý dotykové tlačítko, spínací kontakt.
<i>ESTOP_NC</i>	BOOL	Signál tlačítka E-STOP, rozpínací kontakt.
<i>Hrana</i>	BOOL	Bezpečnostní hrana, spínací kontakt.
<i>HRANA_ERR</i>	BOOL	Signál chyby hrany z PLC SmartGuard 600.
<i>KS_dole</i>	BOOL	Dolní koncový spínač rámečku, spínací kontakt.
<i>KS_nahore</i>	BOOL	Horní koncový spínač rámečku, spínací kontakt.
<i>Lis_val_dole</i>	BOOL	Koncový snímač polohy válce dole.
<i>Lis_val_nahore</i>	BOOL	Koncový snímač polohy válce nahoře.
<i>Nastav_tlak</i>	REAL	Slouží k nastavení žádaného tlaku na proporčním ventilu.
<i>NET_OK_SMART600</i>	BOOL	Indikátor stavu připojení PLC SmartGuard 600.
<i>OPT</i>	BOOL	Snímač přítomnosti předmětu pro lisování.
<i>RAM_dole</i>	BOOL	Koncový snímač polohy rámečku dole.
<i>RAM_nahore</i>	BOOL	Koncový snímač polohy rámečku nahoře.
<i>SG_NET_FALSE</i>	BOOL	Indikátor ztráty připojení PLC SmartGuard 600.
<i>ST2_out1</i>	BOOL	První výstup snímače tlaku 2 se zobrazovačem.
<i>ST2_out2</i>	BOOL	Druhý výstup snímače tlaku 2 se zobrazovačem.
<i>START_NO</i>	BOOL	Tlačítko START, spínací.
<i>STOP_NC</i>	BOOL	Tlačítko STOP, rozpínací.
<i>Tlak_nast_xwPV</i>	BOOL	Indikátor ukončení regulačního děje proporčního ventilu.
<i>Tlak_PV</i>	REAL	Výstup proporčního ventilu s analogovou hodnotou aktuálního tlaku.
<i>TS1</i>	BOOL	Výstup tlakového spínače 1.

<i>Zel_LED</i>	BOOL	Stav zelené LED.
<i>Cerv_LED</i>	BOOL	Stav červené LED
<i>POM_RES_hrana</i>	BOOL	Pomocná proměnná k resetování čítače poruch hranou.
<i>POM_RES_vylisky</i>	BOOL	Pomocná proměnná k resetování čítače výlisků.
<i>CITAC_CHYB_HRN</i>	DINT	Čítač chyb hrany.
<i>CITAC_VYLIS</i>	DINT	Čítač vylisovaných součástí.

5.1 Obrazovka 1: Stav modelu pneumatického lisu

Plocha první obrazovky je rozdělena na hlavní sekce kontroly bezpečnosti, sledování polohy pístu pneumatického válce a celkového stavu lisu, dále na kontrolu tlaku a jeho nastavování a zejména také pohyblivým obrazem modelu pneumatického lisu.

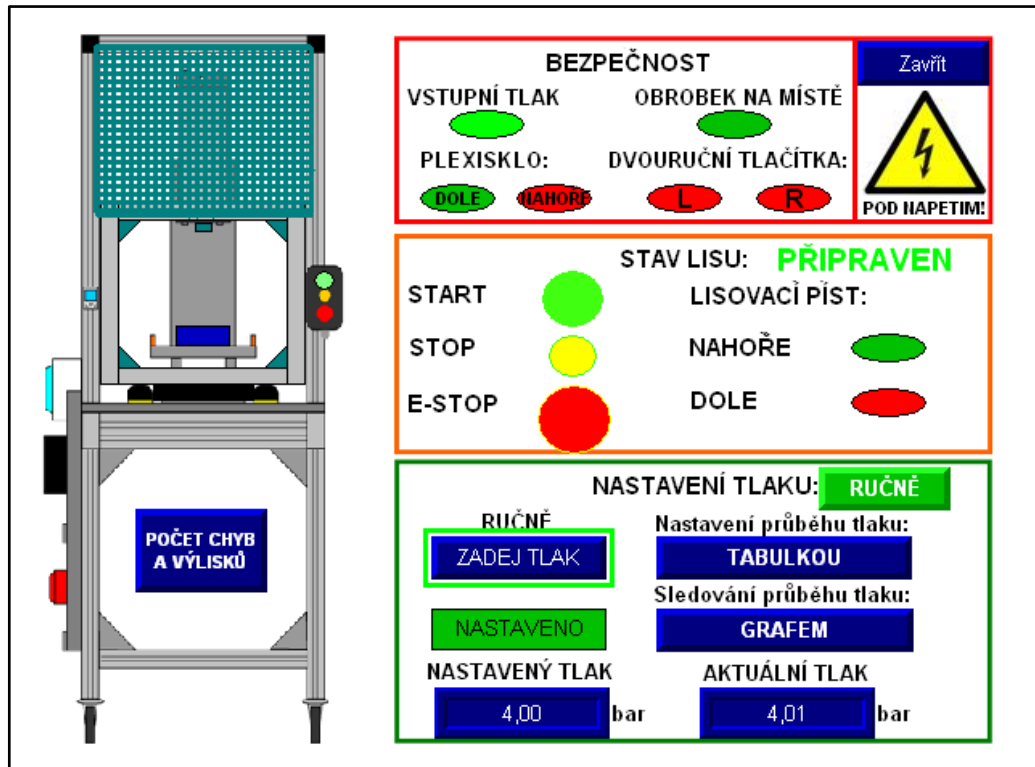
V podokně BEZPEČNOST je možné vidět stavy všech bezpečnostních prvků, kterými jsou stavy polohy ochranného plexiskla, vstupního tlaku, stav tlačítek dvouručního ovládání a indikace stavu, zda je správně umístěn obrobek pro lisování. Pro povolení lisovacího procesu budou muset všechny indikátory v tomto podokně mít zelenou barvu. V jiném případě nebude umožněno lisování. Zobrazený výstražný trojúhelník v této sekci upozorňuje uživatele na skutečnost, že zařízení je pod napětím. Pohyblivý obraz má definované viditelnosti a barvy měnicích se prvků. Jsou jimi například modrý obdélník zobrazující se na lisovací podložce v případě, že je vložen předmět pro lisování. Dále pak tento obrázek zobrazuje polohu ochranného rámečku s plexisklem v jeho koncových polohách. Příslušnému dvojručnímu tlačítku se rozsvítí zelený indikátor při aktivaci tohoto tlačítka.

Podokno STAV LISU obsahuje ve své levé části zobrazovače stavu lisu, které jsou propojeny přímo se stavy LED diod START a STOP v krabici s tlačítky. Třetím měnicím se prvkem na základě stavu lisu je symbol E-STOP, při jehož aktivaci se zobrazí vykřičník na místě tohoto indikátoru. Tyto stavy mění barvu proměnných barevných bodů na obrázku lisu. Pravá část podokna stavu lisu zobrazuje zelený nápis PŘIPRAVEN, který je aktivní, pokud jsou splněny všechny bezpečnostní podmínky a je od uživatele vyžadováno pouze současné aktivování dvouručních tlačítek k uvedení lisu do provozu. Zda se nachází lisovací píst nahoře nebo dole, informují měnicí se prvky taktéž v tomto podokně. Tlačítko POČET CHYB A VÝLISKŮ, umístěné do pohyblivého obrazu lisu, umožní uživateli zobrazit informativní okno s počtem lisovacích cyklů a zaznamenaným počtem chyb hrany. Stavy těchto čítačů je možné resetovat.

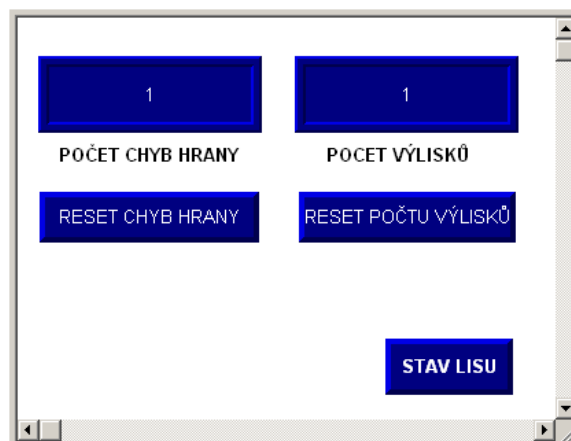
Poslední podokno této obrazovky se týká nastavení a sledování tlaku. Je zde připravena možnost nastavit tlak ručně pro lisování s konstantním tlakem nebo zadat tlak proměnný v čase tabulkou pomocí přepínacího tlačítka s nápisem RUČNĚ nebo nápisem TAB/GRAF podle přepnutého funkčního stavu. Tlačítkem GRAFEM se

uživatel dostává na specifické obrazovky, určené pro sledování průběhu tlaku a tlačítkem TABULKOU se zpřístupní zadávání časově proměnného tlaku tabulkou. Pole zobrazující nastavený a aktuální tlak jsou součástí popisovaného podokna. Nápis NASTAVENO je spojen s digitálním výstupem proporcionálního ventilu, jehož stav odpovídá tomu, zda je nastaven požadovaný tlak.

Obrázek *Obrázek 24* vyobrazuje podobu hlavního okna vizualizace.



Obrázek 24: Obrazovka 1



Obrázek 25: Informativní okno zobrazující počet chyb a výlisků

5.2 Obrazovka 2: Tabulka požadovaného průběhu tlaku

Obrazovka na *Obrázek 26* se vyvolává stisknutím tlačítka TABULKOU z obrazovky číslo 1. Provozovatel lisu do zobrazené tabulky zadá hodnoty tlaku v časovém sledu. Při zadávání časů se průběžně v červeném poli vypočítává celkový čas trvání lisovacího procesu. Po splnění všech bezpečnostních podmínek pro lisování a po aktivování lisu dotykovými tlačítky se spustí lisování, které bude odpovídat zadaným parametrům.

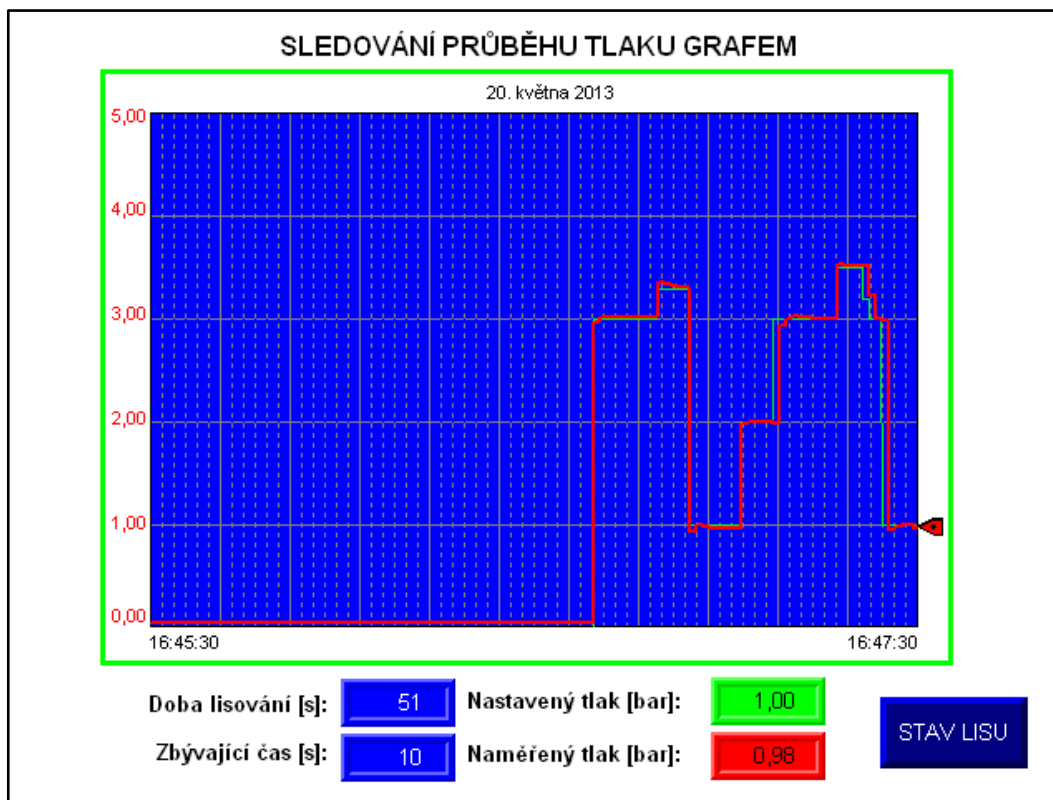
NASTAVENÍ PRŮBĚHU TLAKU TABULKOU					
	ČAS [s]	TLAK [bar]		ČAS [s]	TLAK [bar]
1	10	3,00	11	0	0,00
2	5	3,30	12	0	0,00
3	8	1,00	13	0	0,00
4	6	2,00	14	0	0,00
5	9	3,00	15	0	0,00
6	5	3,50	16	0	0,00
7	1	3,20	17	0	0,00
8	2	3,00	18	0	0,00
9	15	1,00	19	0	0,00
10	0	0,00	20	0	0,00

DOBA TRVÁNÍ LISOVACÍHO PROCESU: **61,00** s STAV LISU

Obrázek 26: Obrazovka 2

5.3 Obrazovka 3: Naměřený časový průběh tlaku

Obrazovka se zobrazuje po stisku tlačítka GRAFEM pod textem Sledování průběhu tlaku v hlavním okně vizualizace. Do grafu jsou vykreslovány dva časové průběhy tlaku. První, zelený, odpovídá žádané hodnotě tlaku a druhý, červený, zobrazuje trend naměřeného tlaku proporčním ventilem. Pod grafem je zobrazen zbývající čas do ukončení lisovacího cyklu a čas trvání lisovacího cyklu. Aktuálně nastavené a naměřené tlaky jsou reprezentovány číselnými hodnotami na této obrazovce. Na *Obrázek 27* je obrazovka 3 vyobrazena.



Obrázek 27: Obrazovka 3

5.4 Okno hlášení: Chybové zprávy

Obrazovky chybových zpráv se zobrazují v případě stavů, které jsou vyhodnoceny jako chybové. V programu FactoryTalk View jsou tato obrazovky pod označením ALARM. Chybové zprávy jsou následující:

Chyba hrany

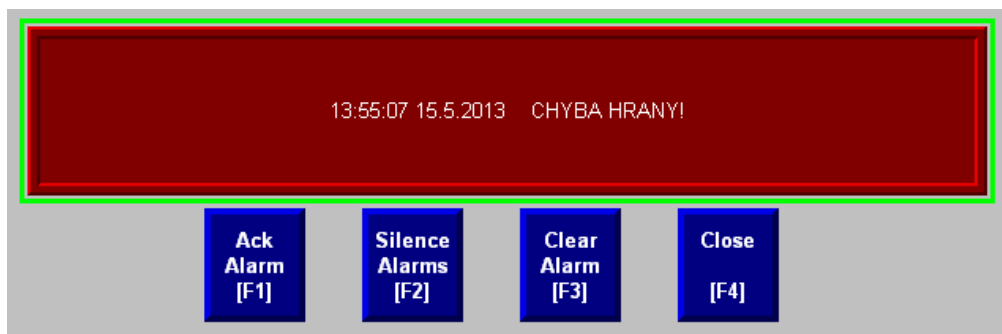
Toto chybové okno se zobrazí při zjištění překážky bránící zavření bezpečnostního rámečku s plexisklem. Přitom je zobrazen i čas této chyby a uživatel může toto okno zavřít. Do stisknutí tlačítka START a neodstranění překážky bliká červeně hrana na obrázku vizualizace modelu lisu v hlavním okně a stroj je v režimu STOP.

Chyba komunikace PLC SmartGuard 600

Chybové okno je zobrazeno, pokud dojde ke ztrátě komunikace bezpečnostního PLC SmartGuard 600. Uživatel může toto okno opět zavřít, ale dokud PLC ControlLogix nezjistí opět správnou funkci komunikace, tak vizualizace zobrazuje výstražný trojúhelník u červené části na obrázku modelu lisu na hlavní obrazovce.

Chyba komunikace PLC ControlLogix

V případě výpadku komunikace PLC ControlLogix se zobrazí implicitní hlášení o tomto chybovém stavu a po potvrzení uživatelem jsou zobrazeny pouze obrysy prvků hlavního okna.



Obrázek 28: Okno chybového hlášení

6 LABORATORNÍ ÚLOHA

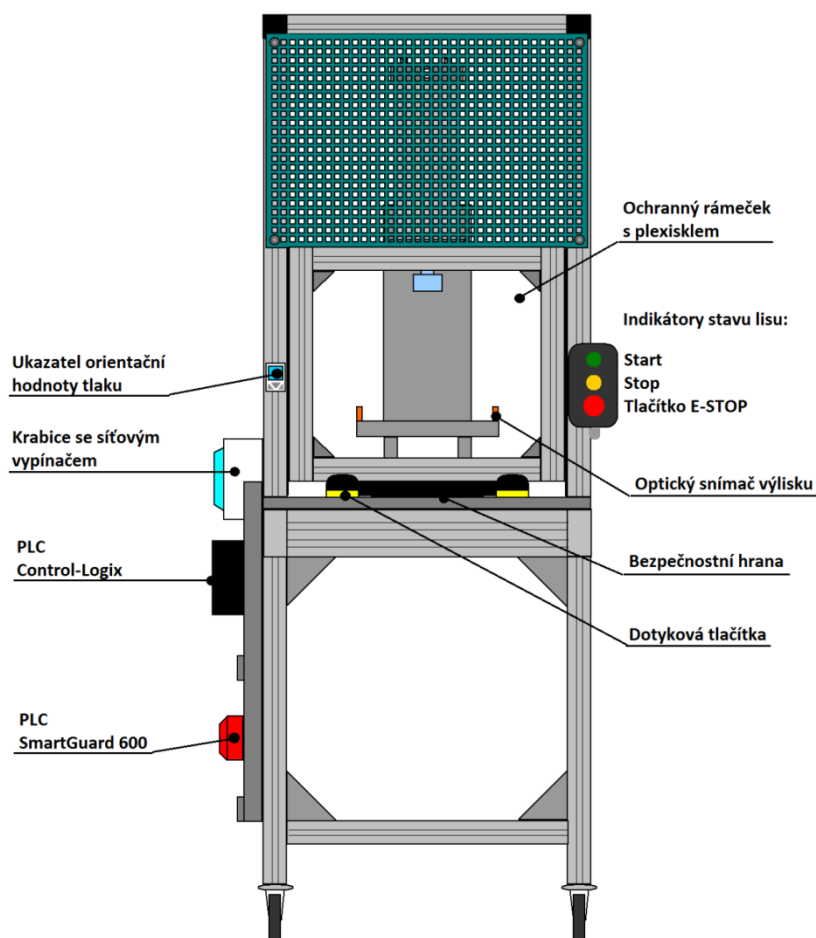
Úkol:

Naprogramujete PLC ControlLogix na modelu pneumatického lisu tak, aby ovládal proporcionální ventil, a tím nastavoval velikosti lisovací síly podle níže uvedené tabulky.

Tabulka 15: Zadání lisovacího průběhu

Doba nastavení tlaku [s]	Hodnota tlaku [bar]
8	3
2	0,5
6	2
1	3,5

Schéma modelu pneumatického lisu:



Obrázek 29: Popis modelu pneumatického lisu pro laboratorní úlohu

Popis zařízení:

Bezpečnostní část lisovacího zařízení je řízena prostřednictvím bezpečnostního PLC SmartGuard 600 v červeném obalu, které přes Ethernetové rozhraní posílá stavy všech bezpečnostních prvků do PLC ControlLogix. Proporcionální ventil spolu s magnetickými koncovými spínači polohy rámečku a poloh lisovacího válce jsou propojeny přímo s PLC ControlLogix. Bezpečnostní PLC je naprogramováno tak, aby po splnění všech bezpečnostních podmínek bylo povoleno lisování, a ovládá ventil pro pohyb lisovacího pístu a také ventil ovládající pojezd ochranného rámečku.

Bezpečnostní podmínky jsou:

- Současné aktivování tlačítek dvouručního ovládání.
- Odaretované tlačítko E-STOP.
- Bezpečnostní hrana nedetekuje překážku.
- Rámeček s ochranným sklem je v dolní koncové poloze.
- Tlakový spínač signalizuje dostatečný tlak.
- Není stisknuté tlačítko STOP a svítí zelená LED.
- Výlisek je detekován optickým snímačem na lisovací destičce.

Nastane-li chyba od bezpečnostní hrany nebo od tlačítka E-STOP, je pro zprovoznění lisu nutné tyto chyby odstranit (odebrat překážku pod hranou a odaretovat tlačítko E-STOP) a následně potvrdit stisknutím tlačítka START.

Proměnné:

Tabulka 16: Proměnné modelu pneumatického lisu pro laboratorní úlohu

Adresa	PLC	Datový typ	Popis
DI3.0	SmartGuard 600	BOOL	Levé dotykové tlačítko (aktivní v 1).
DI3.2	SmartGuard 600	BOOL	Pravé dotykové tlačítko (aktivní v 1).
DI3.4	SmartGuard 600	BOOL	Tlačítko E-STOP (NC1).
DI3.5	SmartGuard 600	BOOL	Tlačítko E-STOP (NC2).
DI3.6	SmartGuard 600	BOOL	Hrana detekuje překážku (aktivní v 1).
DI3.7	SmartGuard 600	BOOL	Výlisek na místě (aktivní v 1).
DI3.8	SmartGuard 600	BOOL	Mechanický koncový spínač rámečku v dolní koncové poloze (NO).
DI3.9	SmartGuard 600	BOOL	Mechanický koncový spínač rámečku v dolní koncové poloze (NC).
DI3.10	SmartGuard 600	BOOL	Mechanický koncový spínač rámečku v horní koncové poloze (NO).
DI3.11	SmartGuard 600	BOOL	Mechanický koncový spínač rámečku v horní koncové poloze (NC).
DI3.12	SmartGuard 600	BOOL	Dostatečný tlak pro lisování (aktivní v 1).
DI3.13	SmartGuard 600	BOOL	Tlačítko START (NO).
DI3.14	SmartGuard 600	BOOL	Tlačítko STOP (NC).
DI5.3	SmartGuard 600	BOOL	Zelená LED svítí (aktivní v 1) – lis připraven.
DI0	ControlLogix	BOOL	Tlak PV nastaven (žádaný p = skutečný p).
DI4	ControlLogix	BOOL	Magnetický snímač dolní koncové polohy lisovacího válce (NO).
DI5	ControlLogix	BOOL	Magnetický snímač horní koncové polohy lisovacího válce (NO).
DI6	ControlLogix	BOOL	Magnetický snímač horní polohy ochranného rámečku s plexisklem (NO).
DI7	ControlLogix	BOOL	Magnetický snímač dolní polohy ochranného rámečku s plexisklem (NO).
AO2	ControlLogix	REAL	Nastavení hodnoty tlaku proporcionálního ventilu.
AI1	ControlLogix	REAL	Naměřená hodnota tlaku proporcionálním ventilem.

Pracovní postup:

- 1) Ujistěte se, zda je lis zabrzděn. Zkontrolujte, že manometr kompresoru neukazuje přítomnost tlaku a propojte kompresor s přívodní hadicí tlaku pro lis. Zapněte kompresor a nastavte tlak na 6,5 bar. Tuto hodnotu nepřekračujte, neboť byste mohli poškodit zařízení. Na bílé krabici na levé straně lisu otočte vypínačem pro uvedení lisu do provozu.
- 2) Spustěte RSLinx a ControlLogix 5000.
- 3) Vytvořte nový projekt a hardwarovou konfiguraci automatu podle návodu v adresáři Q:\vyuka\stohl\BPGA\konfigurace\.
- 4) Vytvořte program, který bude monitorovat bezpečnostní stavy lisu a nastavovat lisovací tlaky po dobu časů odpovídající zadané tabulce. Po ukončení lisovací sekvence ponechte nastavenou konečnou hodnotu tlaku, aby mohl lisovací píst vyjet do horní koncové polohy. Program má zobrazovat připravenost lisu (splnění bezpečnostních podmínek) pro lisování a probíhající stav lisování.
- 5) Po skončení práce vypněte kompresor a lis přepínačem na zadní části. Před odchodem vypustěte vzdušník kompresoru.

7 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo seznámit se s modelem pneumatického lisu a s problematikou bezpečnosti strojů dle platné legislativy. Tato práce navazuje na práci studenta Bc. Tomáše Nešpora, z níž je uveden základní popis lisovacího zařízení včetně řešení jeho bezpečnosti.

Další část této práce popisuje návrh a instalaci instrumentace pro proměnné lisovací síly a vytvoření softwarového vybavení pro PLC. Komponenty, které byly navrženy, byly zdokumentovány spolu s důvody volby těchto součástí.

Funkčnost zkonstruovaného modelu lisu byla ověřena. Pro dokončení bezpečnosti lisu a tedy i pro provozování v souladu s platnými normami, je nutné vyměnit stávající proporcionální ventil za bezpečnostní ventil, nahradit bezpečnostní hranu za delší tak, aby snímala celou délku ochranného rámečku s plexisklem a opatřit elektrické a pneumatické obvody zařízení ochrannými kryty. Tyto kryty tak zamezí přístupu uživatele k částem lisu, kde by mohlo zásahem obsluhy dojít k odpojení důležitého bezpečnostního vodiče nebo pneumatické hadice.

Lisovací zařízení by bylo možné vylepšit drobnými úpravami. Jednou z nich je nahrazení úhlového konektoru indikátoru tlaku přímým konektorem. Druhou je instalace omezovačů tlaku před ventil ovládající pohyb rámečku s plexisklem pro možnost nastavení vyššího lisovacího tlaku. Nyní je vstupní tlak omezen na 7 bar, což je maximální přípustná hodnota tlaku pro ventil ovládající rámeček. Výsledný tlak, který může být nastaven pro lisování je pak 4 bar, kvůli omezení vstupního tlaku na 7 bar. Třetí možná úprava se týká instalace navrženého magnetického snímače polohy pístnice v lisovacím válci. Pro lisování konkrétních součástí je vhodné konec pístní tyče lisovacího válce vybavit kompatibilním upínacím příslušenstvím.

Literatura

- [1] NEŠPOR, T. *Bezpečnost modelu pneumatického lisu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 59 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radek Štohl, Ph.D.. [cit. 2012-12-21]. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=55217.
- [2] ALLEN-BRADLEY. *SmartGuard 600 Controller, Catalog numbers 1752-L24BBB, 1752-L24BBBE, Safety Reference Manual: Controller Overview* [online]. 2010 [cit. 2012-12-21]. Dostupné z: literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1752-rm001_-en-p.pdf
- [3] FESTO. *Proportional pressure regulators and valves VPPM, VPPE, MPPE, M PPES, MPYE and the new VPPM-M PA For correct pressure and precise regulation: Proportional pressure regulators MPPE* [online]. 2008 [cit. 2012-12-21]. Dostupné z: http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/26930/info_241_en.pdf
- [4] ELECTROQUIP. *FESTO MPPE-3-1/2- -B 164332* [online]. 2013 [cit. 2013-05-12]. 21128D7CD4F546DC86817A017C4F8172.JPG. Dostupné z: <http://www.electroquip.co.uk/festo-proportional-pressure-regulator/festo-mppe-3-1/2-b-164332>
- [5] OEM AUTOMATIC. *Proporcionální ventily: Asco Sentronic D- Programovatelný proporcionální ventil 1/8"-3/8"*. [online]. 2012 [cit. 2012-12-21]. Dostupné z: http://www.oemautomatic.cz/Products/Tlak_a_prtok/Ventily/Proporcionalni_ventily/Asco_Sentronic_D-Programovateln_proporcionalni_ventil_1_8-3_8/594677-324442.html
- [6] OEM AUTOMATIC. *Proporcionální ventily: Asco Sentronic D- Programovatelný proporcionální ventil 1/8"-3/8"*. [online]. 2012 [cit. 2012-12-21]. 143217_4_555.png. Dostupné z: http://www.oemautomatic.cz/Products/Tlak_a_prtok/Ventily/Proporcionalni_ventily/Asco_Sentronic_D-Programovateln_proporcionalni_ventil_1_8-3_8/594677-324442.html
- [7] SMC. *Electro-pneumatic Proportional Valve: Series VEF/VEP* [online]. 2011 [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: <http://www.coastpneumatics.com/pdfs/smc/70PCVEF.pdf>
- [8] SMC. *VEP/VEF, Electro-Pneu Proportional Valve* [online]. 2011 [cit. 2012-12-22]. 8015.jpg. Dostupné z: <http://www.smcusa.com/top-navigation/cad-models.aspx/88335/VEPVEF-ElectroPneu-Proportional-Valve>
- [9] NORGREN HERION. *VP21: 3 Way Proportional Pressure Control Valve with integrated electronic pressure control Poppet valve* [online]. 2007 [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: http://www.nor-service.hu/files/pdf/en_ds/Valves/en_6.6.023.pdf
- [10] SMC. *Power Amplifier for Electro-Pneumatic proportional Valve: Series VEA* [online]. 2012 [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: http://stevenengineering.com/Tech_Support/PDFs/70PCVEA.pdf

- [11] Stránský a Petržík. Pneumatické válce dvojčinné DIN ISO 6432 [online]. 2013 [cit. 2013-3-16]. Dostupné z: http://www.stranskyapetrzik.cz/objekty/katalog_13_strana_2-16.pdf
- [12] SMC. 5 Port Solenoid Valve: Series SY3000/5000/7000/9000 [online]. 2008 [cit. 2013-3-16]. Dostupné z: http://www.coastpneumatics.com/americansmc/PCW_SQ_SZ_SX_SY_VQ/5_SY3000_and_SY5000_Series_Valves.pdf
- [13] SMC. Speed Controller with One-touch Fitting Elbow Type/Universal Type: Series AS [online]. 2012 [cit. 2013-3-16]. Dostupné z: <http://content.smcetech.com/pdf/AS%28One-touch%29.pdf>
- [14] ALLEN-BRADLEY. *ControlLogix Controllers: 1756-L55M12, 1756-L55M13, 1756-L55M14, 1756-L55M16, 1756-L55M22, 1756-L55M23, 1756-L55M24, 1756-L61, 1756-L62, 1756-L63 1756-L60M03SE* [online]. 2005 [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: <http://support.elmark.com.pl/rockwell/Instrukcje/LogixProcessors.pdf>
- [15] ALLEN-BRADLEY. *ControlLogix Analog I/O Modules: Catalog Numbers 1756-IF16, 1756-IF6CIS, 1756-IF6I, 1756-IF8, 1756-IR6I, 1756-IT6I, 1756-IT6I2, 1756-OF4, 1756-OF6CI, 1756-OF6VI, 1756-OF8* [online]. 2010 [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um009_-en-p.pdf
- [16] ALLEN-BRADLEY. *1756 ControlLogix I/O Specifications: Catalog Numbers 1756 series* [online]. 2012 [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1756-td002_-en-e.pdf
- [17] ALLEN-BRADLEY. *EtherNet/IP Network Configuration* [online]. 2011 [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/enet-um001_-en-p.pdf
- [18] NORGRÉN. *50D (Pneumatic) Electronic pressure switch* [online]. 2011 [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: http://resources.norgren.com/document_resources/en/N_en_5_11_391_50D.pdf
- [19] STRÁNSKÝ A PETRŽÍK. *PROPORCIONÁLNÍ SNÍMAČE POLOHY ŘADY MPS S ANALOGOVÝM VÝSTUPEM* [online]. 2012 [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: http://www.stranskyapetrzik.cz/objekty/katalog_13_strana_3-8.pdf
- [20] STRÁNSKÝ A PETRŽÍK. *Proporcionální snímače polohy řady MPS s analogovým výstupem* [online]. 2012 [cit. 2012-12-22]. picture.png. Dostupné z: <http://dodavatelja.123dopyt.sk/994270-stransky-a-petrzik-sk-s-r-o/ponuka/343283-proporcionalne-snimace-polohy-rady-mps-s-analogovym-vystupem>
- [21] IFM. *Magnetické senzory, Senzory pro válce: MR0119* [online]. 2010 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.ifm.com/products/cz/ds/MR0119.htm>
- [22] IFM. *Magnetické senzory, Senzory pro válce: MR0119* [online]. 2010 [cit. 2013-05-12]. 100_0716.gif. Dostupné z: <http://www.ifm.com/products/cz/ds/MR0119.htm>

- [23] IFM. *Optické senzory: O7S200* [online]. 2011 [cit. 2012-12-25]. Dostupné z: <http://www.ifm.com/products/cz/ds/O7S200.htm>
- [24] IFM. *Optické senzory: O7E201* [online]. 2009 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.ifm.com/products/cz/ds/O7E201.htm>
- [25] IFM. *Optické senzory: O7E201* [online]. 2009 [cit. 2013-05-12]. 200_0182.gif.
Dostupné z: <http://www.ifm.com/products/cz/ds/O7E201.htm>

Seznam obrázků

Obrázek 1: PLC SmartGuard 600	11
Obrázek 2: Původní schéma pneumatického obvodu [1]	12
Obrázek 3: Modifikované schéma pneumatického obvodu.....	13
Obrázek 4: Ventil Festo MPPE [4]	14
Obrázek 5: Ventil ASCO Sentronic D [6]	15
Obrázek 6: Ventil SMC VEP3121-2 [8].....	15
Obrázek 7: Ventil Norgren Herion VP21	16
Obrázek 8: Pneumatický válec DIN ISO 6432 [11]	18
Obrázek 9: Ventil typu SY5120.....	19
Obrázek 10: Jednocestný omezovač AS2201F	19
Obrázek 11: Blokové schéma vylepšeného řízení pneumatického lisu	21
Obrázek 12: Programovatelný automat ControlLogix.....	22
Obrázek 13: Snímač tlaku 2.....	26
Obrázek 14: Analogový magnetický snímač polohy [20]	27
Obrázek 15: Magnetický snímač firmy IFM [22]	28
Obrázek 16: Původní stav modelu pneumatického lisu	30
Obrázek 17: Současný stav modelu pneumatického lisu.....	31
Obrázek 18: Vývojový diagram - hlavní smyčka	33
Obrázek 19: Vývojový diagram - bezpečnostní podmínky	34
Obrázek 20: Vývojový diagram - E-STOP funkce	35
Obrázek 21: Vývojový diagram - Stop funkce	35
Obrázek 22: Vývojový diagram - bezpečnostní funkce hrany	36
Obrázek 23: Vývojový diagram - proces lisování	36
Obrázek 24: Obrazovka 1	43
Obrázek 25: Informativní okno zobrazující počet chyb a výlisků.....	43
Obrázek 26: Obrazovka 2	44
Obrázek 27: Obrazovka 3	45
Obrázek 28: Okno chybového hlášení	46
Obrázek 29: Popis modelu pneumatického lisu pro laboratorní úlohu.....	47

Seznam tabulek

Tabulka 1: Porovnání vybraných proporcionálních ventilů	17
Tabulka 2: Vlastnosti pneumatického válce DIN ISO 6432 [11]	18
Tabulka 3: Výtah parametrů ventilu SY5120 [12]	19
Tabulka 4: Parametry modulu analogových vstupů [15].....	23
Tabulka 5: Vybrané parametry výstupního modulu [15]	23
Tabulka 6: Vlastnosti modulu digitálních vstupů [16]	24
Tabulka 7: Výběr parametrů modulu procesoru PLC [14]	24
Tabulka 8: Hodnoty parametrů modulu Ethernet/IP [17]	25
Tabulka 9: Výtah parametrů tlakového snímače [18]	25
Tabulka 10: Parametry analogového snímače polohy [19]	27
Tabulka 11: Parametry magnetického snímače (IFM) [21].....	27
Tabulka 12: Parametry optické brány [23], [24]	28
Tabulka 13: Popis funkčních bloků upraveného programu	37
Tabulka 14: Proměnné použité pro vizualizaci.....	41
Tabulka 15: Zadání lisovacího průběhu.....	47
Tabulka 16: Proměnné modelu pneumatického lisu pro laboratorní úlohu.....	49

Seznam příloh

Příloha 1: Schéma zapojení snímacích prvků a proporcionálního ventilu

Příloha 2: Schéma zapojení PLC SmartGuard 600

Příloha 3: Schéma zapojení zdroje a hardwarové konfigurace PLC ControlLogix

Příloha 4: Schéma zapojení Ethernetového připojení

Příloha 5: Výkres sestavení lisovacího stolu

Příloha 6: Kusovník pro výkres sestavení

Příloha 7: Výpis programu pro PLC SmartGuard 600 (na CD)

Příloha 8: Výpis konfigurace sítě DeviceNet (na CD)

Příloha 9: Výpis programu pro PLC ControlLogix (na CD)

Příloha 10: Výpis vizualizace z programu FactoryTalk View (na CD)