

# **Programování bezpečnostní části odnímatelného vozíku pro přepravu surových pláštů mezi dopravním systémem a zakladačem lisu**

Arnošt Gerych

---

Bakalářská práce  
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
Ústav automatizace a řídicí techniky

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Arnošt Gerych  
Osobní číslo: A21611  
Studijní program: B0714A150006 Aplikovaná informatika v průmyslové automatizaci  
Specializace: Průmyslová automatizace  
Forma studia: Kombinovaná  
Téma práce: Programování bezpečnostní části odnímatelného vozíku pro přepravu surových pláštů mezi dopravním systémem a zakladačem lisu  
Téma práce anglicky: Programming the Safety Part of a Removable Trolley for Transporting Raw Tires Between the Conveyor System and the Press Loader

## Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární rešerši na téma Bezpečnost v technologických procesech.
2. Popište stávající stav a postup přepravy pláštů k lisu.
3. Navrhněte automatizovaný způsob přepravy pláštů k lisu a řešení jeho bezpečnosti.
4. Navržený způsob řešení bezpečnosti realizujte v praxi.
5. Vyřešte komunikaci bezpečnostních signálů s nadřazenými systémy.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. ŠTURMA, Martin. Provoz, revize a údržba technických zařízení. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-9829-5.
2. Application Guide TwinSAFE [online]. V3.2. Beckhoff Automation GmbH, 2022. Dostupné z: [https://www.beckhoff.com/zh-sg/support/download-finder/search-result/?download\\_group=35673160&download\\_item=35674424](https://www.beckhoff.com/zh-sg/support/download-finder/search-result/?download_group=35673160&download_item=35674424).
3. Flexi Soft in Flexi Soft Designer [online]. SICK AG, 2023. Dostupné z: [https://cdn.sick.com/media/docs/9/59/659/operating\\_instructions\\_flexi\\_soft\\_in\\_flexi\\_soft\\_designer\\_configuration\\_software\\_en\\_im0031659.pdf](https://cdn.sick.com/media/docs/9/59/659/operating_instructions_flexi_soft_in_flexi_soft_designer_configuration_software_en_im0031659.pdf).
4. Základní bezpečnostní normy strojních zařízení [online]. Elektroprumysl.cz, 2018. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/legislativa/zakladni-bezpecnostni-normy-strojnich-zarizeni>.
5. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Česká technická norma ČSN EN ISO 13849-1. Praha, 2017.
6. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Česká technická norma ČSN EN ISO 13850. Praha, 2017.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Sysala, Ph.D.**  
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce: **8. prosince 2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2024**



**doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.**  
děkan

**prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 8. prosince 2023

**Jméno, příjmení:** Arnošt Gerych

**Název bakalářské práce:** Programování bezpečnostní části odnímatelného vozíku pro přepravu surových pláštů mezi dopravním systémem a zakladačem lisu

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- § že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- § že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 16.5.2024

Arnošt Gerych, v.r.

podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je řešení bezpečnosti vozíku pro přísun surových pláštěů k lisu. V úvodní části je popsán aktuální stav a schematické naznačení jednotlivých komponent. V teoretické části jsou popsány vybrané bezpečnostní normy, dopravníkový systém obecně a poté je popsán použitý bezpečnostní PLC automat firmy SICK. V praktické části je nejprve popis cílového stavu spolu s rozbohem bezpečnostních rizik a návrh řešení. V závěru je popsáno samotné řešení bezpečnostních rizik pomocí logiky v PLC použitím software Flexi Soft Designer.

Klíčová slova: SICK, PLC, bezpečnost stroje, Flexi Soft

## **ABSTRACT**

The focus of my thesis is solving safety of conveyor for delivery of green tires to the curing press. The introduction describes the current state and schematic indication of individual components. The theoretical part explains safety regulations, conveyor systems in general and selected safety PLC from SICK company. The practical part describes the final state together with analysis of safety hazards and solution design. In the last chapter, the final design of safety hazard is described using PLC logic of software Flexi Soft Designer.

Keywords: SICK, PLC, machine safety, Flexi Soft

Za pomoc s touto bakalářskou prací bych chtěl poděkovat v první řadě své manželce, za psychickou podporu, shovívavost a rady ohledně psaní bakalářské práce. Dále vedoucímu mé práce, Ing. Tomáši Sysalovi, Ph.D. za pomoc se strukturalizací samotné práce a spoustu podnětných připomínek, a v neposlední řadě také panu Jaromíru Stránskému z firmy SICK za konzultace týkající se výsledného řešení.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 BEZPEČNOST V TECHNOLOGICKÝCH PROCESECH</b> .....	<b>11</b>
1.1    TECHNICKÉ POŽADAVKY NA STROJNÍ ZAŘÍZENÍ.....	11
1.1.1    Zásady při zajišťování bezpečnosti strojních zařízení .....	12
1.2    PRÁVNÍ POŽADAVKY NA STROJNÍ ZAŘÍZENÍ.....	13
1.3    TECHNICKÉ BEZPEČNOSTNÍ NORMY .....	15
1.4    BEZPEČNOSTNÍ PRVKY .....	17
1.4.1    Vstupní prvky .....	18
1.4.2    Logické prvky .....	21
1.4.3    Výstupní prvky .....	22
<b>2 DOPRAVNÍKY</b> .....	<b>24</b>
<b>3 SYSTÉM PLC</b> .....	<b>26</b>
3.1    HISTORIE SYSTÉMŮ PLC .....	26
3.2    SOUČASNOST SYSTÉMŮ PLC .....	27
3.3    STRUKTURA PLC .....	29
3.3.1    Centrální procesorová jednotka (CPU) .....	30
3.3.2    Zdroj napájení .....	30
3.3.3    Programovací zařízení.....	30
3.3.4    Paměťová jednotka.....	30
3.3.5    Vstupy a výstupy .....	30
3.3.6    Komunikační rozhraní.....	31
3.4    DĚLENÍ PLC.....	31
<b>4 PLC SIEMENS</b> .....	<b>33</b>
<b>5 PLC SICK</b> .....	<b>34</b>
<b>6 PLC BECKHOFF</b> .....	<b>35</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>36</b>
<b>7 POPIS PROJEKTU</b> .....	<b>37</b>
7.1    AKTUÁLNÍ STAV .....	37
7.1.1    Varianta se dvěma automaty .....	38
7.1.2    Varianta s jedním bezpečnostním PLC .....	38
7.2    POŽADAVEK NA ZMĚNU.....	38
<b>8 BEZPEČNOSTNÍ RIZIKA</b> .....	<b>40</b>
8.1    SAMOTNÝ VOZÍK .....	40
8.1.1    Lineární pohyb vpřed a vzad.....	40
8.1.2    Lineární pohyb nahoru a dolů .....	40
8.1.3    Uchopení pláště za spodní patku.....	40

8.1.4	Manuální nakládání vozíku .....	40
8.2	ZDVIHADLO – PODVĚSNÁ DOPRAVA .....	41
8.3	LIS.....	41
<b>9</b>	<b>DŮVODY ÚPRAVY BEZPEČNOSTI .....</b>	<b>42</b>
9.1	DVEŘE PRO MANUÁLNÍ ZÁSOBOVÁNÍ .....	42
9.2	ÚDRŽBA LISU .....	42
9.2.1	Podsvícení ESTOP tlačítka .....	42
9.2.2	Snímač přítomnosti vozíku .....	43
<b>10</b>	<b>SOUHRN NOVÝCH BEZPEČNOSTNÍCH VSTUPŮ A VÝSTUPŮ .....</b>	<b>44</b>
10.1	POPIS JEDNOTLIVÝCH VSTUPŮ:.....	44
10.2	SLOVNÍ POPIS POUŽITÝCH BEZPEČNOSTNÍCH VÝSTUPŮ:.....	45
<b>11</b>	<b>LOGIKA NOVÉ BEZPEČNOSTNÍ FUNKCE.....</b>	<b>47</b>
11.1	POVOLENÍ VOZÍKU.....	47
11.2	ŽÁDOST O OTEVŘENÍ A UZAMČENÍ DVEŘÍ .....	47
11.3	RESET BEZPEČNOSTNÍHO OBVODU.....	47
11.4	ODSTAVENÍ VOZÍKU .....	47
<b>12</b>	<b>PROGRAMOVÁNÍ BEZPEČNOSTI.....</b>	<b>49</b>
12.1	HW ARCHITEKTURA.....	49
12.2	ÚPRAVA BEZPEČNOSTNÍHO PROGRAMU.....	50
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>60</b>



## ÚVOD

Díky pokroku v technice je již automatizace součástí každodenního života. S automatizací se setkáváme denně, ať už při řízení vozidla, praní prádla, anebo v továrnách na výrobu nejrůznějších nástrojů a zařízení. Díky automatizaci je možné zvýšit produktivitu a případně snížit výdaje. Tím se podniky stávají konkurenceschopnější a mají možnost vytvořit větší hodnotu při zachování stejného množství zaměstnanců.

Nedílnou součástí automatizace je také bezpečnost. Jelikož spousta strojů stále obsluhují lidé, je nutné brát zřetel na jejich bezpečnost a snažit se tak vyhnout nehodám a úrazům, plynoucím z nedbalosti, nebo z porušení bezpečnostních předpisů. Bohužel není v silách výrobců a dodavatelů strojních zařízení zabezpečit toto zařízení tak, aby nemohlo dojít k žádnému úrazu při porušení bezpečnostních předpisů, nicméně je nasnadě udělat maximum, aby k takovým nehodám nedošlo.

Bezpečnost strojů je často řešena samotným návrhem stroje tak, aby nevznikaly nebezpečné situace. Nicméně v případech, kdy není možné dokonale zabezpečit stroj proti vniknutí, případně je přímo žádoucí, aby obsluha do nebezpečné zóny vkročila a provedla nějaký zásah, je nutné tuto situaci zabezpečit co nejlépe tak, aby se stroj v daný moment nepohnul a nezpůsobil tak zranění.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout právě takové řešení bezpečnosti nového vozíku surových pláštů, aby nedošlo k úrazu a zároveň byl celý stroj spolehlivý co se produktivity týče.

Aktuálně je bezpečnost lisu na pneumatiky řízena bezpečnostním PLC od firmy SICK. Stroj je nyní bezpečný, ale je požadována modernizace, v tomto případě doplnění lisu o vozík pro dopravu surových pláštů k lisu, je nutné znovu vypracovat analýzu rizik a případná nová rizika správně ošetřit, což je součástí teoretické části této práce.

Nový vozík bude řízen přímo z lisu, a jeho bezpečnost bude tedy také implementována do bezpečnostního obvodu samotného lisu. A právě úpravou bezpečnostního programu se zabývá praktická část této bakalářské práce.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 BEZPEČNOST V TECHNOLOGICKÝCH PROCESECH

Bezpečnost strojních zařízení je v dnešní společnosti nejdůležitější částí každého stroje, zařízení nebo systému, kde nějaká jeho část vykonává mechanický pohyb. Jedná se o sadu opatření pro zamezení kontaktu stroje během tohoto pohybu s lidskou obsluhou.

Zajištění bezpečnosti strojů a zařízení je složitý proces. Celkový postup návrhu bezpečného stroje zahrnuje mnoho norem a úkonů. Bezpečností je nutné se zabývat hned od začátku návrhu projektu a co nejlépe ji zahrnout od začátku do mechanické konstrukce strojů. Chování moderních automatických či poloautomatických strojních zařízení není vždy předvídatelné. Jejich pohyb bývá obvykle řízen programem řídicí jednotky, jehož strukturu zná pouze výrobce. Nepředvídatelná jsou také chování stroje způsobená chybami v řízení stroje.

Rizika nebezpečí, která nelze odstranit mechanickými prvky (konstrukcí stroje, kryty apod.), je nutné ošetřit (např. zajistit elektronicky). Na zbylé riziko je pak nutné upozorňovat štítky na strojích a podrobněji v dokumentaci.

Bezpečnost proti mechanickým pohybům byla poměrně dlouho zanedbávána a upřednostňovány byly požadavky pro zajištění bezpečnosti proti elektrickému proudu, i když může způsobit stejně vážné úrazy, jako elektrický proud [1].

### 1.1 Technické požadavky na strojní zařízení

Strojní zařízení se vyskytuje v každé výrobní firmě. Z hlediska velikosti může být zařízení malé nebo velké, jednoduché nebo složité. U strojních zařízení musí vždy platit, že musí být zajištěna bezpečnost a ochrana zdraví při práci (BOZP), ať už se jedná pouze o prevenci rizik a poskytování ochranných pracovních prostředků dle zákoníku práce, tak o kontroly, revize, údržby a jiné. Vždy je nutné vycházet z platných právních předpisů, konkrétně NV č. 176/2008 Sb., o technických požadavcích na strojní zařízení.

Toto nařízení vlády definuje, co to je strojní zařízení. Strojní zařízení je:

- soubor, který je vybaven nebo má být vybaven poháněcím systémem, který nepoužívá přímo vynaloženou lidskou nebo zvířecí sílu, sestavený z částí nebo součástí, z nichž alespoň jedna je pohyblivá, vzájemně spojených za účelem stanoveného použití,

- soubor uvedený v bodě 1, kterému chybí pouze ty součásti, které jej spojují s místem použití nebo se zdroji energie a pohybu,
- soubor uvedený v bodě 1 nebo 2, který je schopen fungovat až po namontování na dopravní prostředek nebo po instalaci v budově nebo na konstrukci,
- soubory strojních zařízení uvedené v bodě 1, 2 nebo 3 nebo soubor neúplných strojních zařízení, které jsou za účelem dosažení stejného výsledku uspořádány a ovládány tak, aby fungovaly jako integrovaný celek, nebo
- soubor sestavený z částí nebo součástí, z nichž alespoň jedna je pohyblivá, vzájemně spojených za účelem zvedání břemen a jejichž jediným zdrojem energie je přímo vynaložená lidská síla [2].

Podle webu ElektroPrůmysl.cz je definice stručnější, kdy definice strojního zařízení zní: „soubor sestavený z částí nebo součástí, z nichž alespoň jedna část je pohyblivá, z příslušných pohonných jednotek a ovládacích a silových obvodů apod., které jsou vzájemně spojené za účelem stanoveného použití, kdežto instalace se vztahují na budovy a komplexy“ [3].

### 1.1.1 Zásady při zajišťování bezpečnosti strojních zařízení

- Strojní zařízení musí být navrženo a konstruováno tak, aby plnilo svou funkci a mohlo být provozováno, seřizováno a udržováno, aniž by osoby byly vystaveny riziku, pokud se tyto operace provádějí za předpokládaných podmínek, avšak rovněž s přihlédnutím k jakémukoli jeho důvodně předvídatelnému nesprávnému použití.
- Při výběru nejvhodnějších řešení uplatňuje výrobce níže uvedené zásady v tomto pořadí:
  1. vyloučit nebo co nejvíce omezit nebezpečí bezpečným návrhem a konstrukcí strojního zařízení,
  2. učinit nezbytná ochranná opatření v případě nebezpečí, která nelze vyloučit,
  3. uvědomit uživatele o přetrvávajícím nebezpečí vyplývajícím z jakýchkoli nedostatků přijatých ochranných opatření, upozornit na případnou potřebu zvláštní odborné přípravy a specifikovat potřebu osobních ochranných prostředků.

- Při navrhování a výrobě strojního zařízení a při vypracovávání návodu k použití musí výrobce vzít v úvahu nejen předpokládané použití strojního zařízení, ale rovněž jakékoli důvodně předvídatelné nesprávné použití.
- Strojní zařízení musí být navrženo a konstruováno tak, aby se předešlo jinému než běžnému použití, pokud by takové použití mohlo způsobit riziko. Návod k použití musí popřípadě upozornit uživatele na nesprávné způsoby použití strojního zařízení, k nimž může podle zkušeností dojít.
- Strojní zařízení musí být navrženo a konstruováno tak, aby bralo v úvahu omezení, jimž je obsluha vystavena při nezbytném nebo předpokládaném použití osobních ochranných prostředků.
- Strojní zařízení musí být dodáváno s veškerým zvláštním vybavením a příslušenstvím, které umožní seřízení, údržbu a používání strojního zařízení bez rizika [2].

## 1.2 Právní požadavky na strojní zařízení

Evropská legislativa je nadřazena právním předpisům jednotlivých členských států. Tyto státy jsou povinny jí implementovat. Pro strojní zařízení platí evropská směrnice 2006/42/ES, která obsahuje obecné základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnosti. V České republice je tato směrnice do legislativy implementována zákonem č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky, ve znění pozdějších předpisů, a prováděcím předpisem NV č. 176/2008 Sb., o technických požadavcích na strojní zařízení, ve znění pozdějších předpisů.

Ve výše uvedených předpisech jsou kromě konkrétních technických požadavků na strojní zařízení uvedeny také podmínky, za kterých může výrobce nebo provozovatel uvést toto zařízení na trh / do provozu. Tyto podmínky se vztahují také na strojní zařízení, které je přivezeno z jiných zemí než z EU.

### Přehled evropských právních předpisů o strojních zařízeních

Mezi nejdůležitější body evropské směrnice 2006/42/ES patří článek 12, který stanovuje možné postupy posuzování shody strojních zařízení s touto směrnicí. Posouzení shody musí být provedeno u každého strojního zařízení, které je uváděno na trh nebo do provozu.

Povinnost provést posouzení shody má:

- výrobce strojního zařízení
- zplnomocněná osoba

Pokud se jedná o posuzování shody u zvláště nebezpečných strojních zařízení (seznam nebezpečných strojů je uveden v příloze IV k této směrnici), je vyžadováno, aby se posouzení shody účastnila nezávislá třetí strana – autorizovaná osoba.

Posouzení shody je možné provést třemi způsoby:

- posouzení shody interním řízením výroby
- ES přezkoušení typu
- komplexní zabezpečení jakosti

Z výše uvedených variant je nejnáročnější ES přezkoušení typu, které je prováděno autorizovanou osobou. Průběh posuzování shody (postupy, výsledky) musí být důsledně zaznamenán v protokolu.

Pokud strojní zařízení vyhovuje všem normám a je vypracována technická dokumentace, může strojní zařízení získat označení pro volný pohyb v rámci EU – ES prohlášení a značku shody CE [4].

### **Technické požadavky na výrobek**

Technické požadavky na výrobek definuje technická specifikace. Ta je obsažená v právním předpisu, technickém dokumentu nebo technické normě, kde je stanovena charakteristika výrobku, jakost, užitné vlastnosti, bezpečnost, rozměry, požadavky na název, zkoušení výrobků, požadavky na balení, označování výrobku, opatřování štítkem, postupy posuzování shody výrobku s právními předpisy nebo technickými normami, výrobní metody a procesy mají vliv na charakteristiku výrobku, jiné požadavky, jako je životní cyklus výrobku, podmínky používání, recyklace a jiné.

### **Posouzení rizika u strojních zařízení uváděných na trh**

Rizika u stroje posuzuje výrobce a musí přitom:

- vymezit určení strojního zařízení (předpokládané použití, předvídatelné nesprávné použití)
- určit nebezpečí, která mohou vyplývat ze strojního zařízení

- odhadnout rizika při zohlednění možného poranění nebo škody na zdraví, pravděpodobnost jejich výskytu
- vyhodnotit rizika a určit, zda je nutné snížení rizika v souladu s NV 176/2008 Sb.; zajistit ochranná opatření k vyloučení nebezpečí [5].

### 1.3 Technické bezpečnostní normy

Evropské verze norem (EN), které jsou stanoveny jako harmonizované normy pro všechny členské státy EU sestavují instituce Evropský výbor pro normalizaci (CEN) a Evropský výbor pro elektrotechnickou normalizaci (CENELEC). Zmíněné technické normy jsou pak v České republice vydávány Českou agenturou pro standardizaci (ČAS). Harmonizované normy jsou v souladu se všemi směrnici. Tyto technické normy jsou pak v České republice vydávány a distribuovány Českou agenturu pro standardizaci (ČAS). Harmonizované normy není povinné zavádět, ovšem je doporučeno se jimi řídit, protože přináší doporučení a postupy pro splnění požadavků Směrnice, která ovšem splněna být musí. Většina harmonizovaných norem se odkazuje na jednu nebo více směrnic. Splněním požadavků Směrnice o strojních zařízeních a harmonizovaných normách je dodavatel stroje ujištěn, že splnil všechny potřebné úkony k tomu, aby dodal bezpečný stroj, který splňuje všechny národní zákony [3].

Evropská legislativa je založena na tzv. IEC a ISO normách. Tyto normy jsou přijímány po celém světě. ISO normy začínají číslem 1, IEC normy začínají číslem 6. Shoda s těmito normami pomáhá jako prevence proti nehodám a následným zraněním [3].

#### Technické bezpečnostní minimum

Právní předpisy v oblasti technologických zařízení jsou uspořádány v následující hierarchii: zákon, nařízení vlády, vyhláška, norma. Technické bezpečnostní minimum je v tomto případě ten poslední článek v hierarchii, což je norma. Dodržování norem, jakožto technického bezpečnostního minima, je pro provozovatele strojního zařízení nejjednodušší a nejméně nákladné [6].

Normy pro bezpečnost strojních zařízení se dělí do následujících tří skupin:

- **Normy typu A**

Normy typu A jsou základní bezpečnostní normy, obsahující základní definice, základní zásady konstrukce a obecné aspekty, které lze aplikovat na strojní zařízení. Norma typu A

je EN ISO 12100 - všeobecné zásady konstrukce [7]. Z této normy vychází proces posouzení všech rizik. Jsou v ní popsány postupy pro identifikaci nebezpečí, pro odhad a hodnocení rizik v jednotlivých fázích životního cyklu stroje. Je zde také uveden návod na dokumentaci. Norma slouží také jako základ pro zpracování norem typu B a C [3].

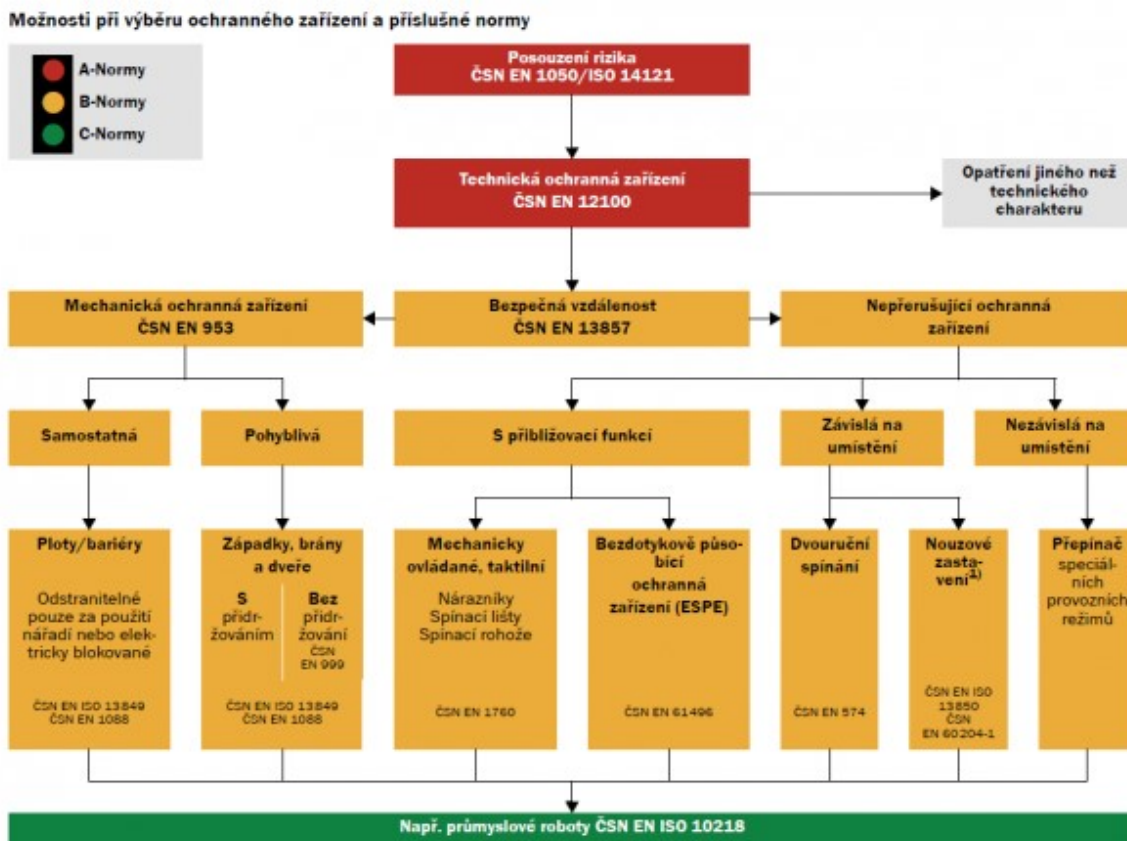
- **Normy typu B**

Normy typu B jsou základní bezpečnostní odborné normy, které se zabývají jednotlivými hledisky bezpečnosti nebo druhem ochranných zařízení. Tyto normy lze použít pro širokou škálu strojních zařízení. U norem typu B jsou rozlišovány dva typy: normy typu B1, které jsou určené pro aspekty bezpečnosti a normy typu B2, které jsou určené pro ochranná zařízení. Normy typu B1 jsou například: EN ISO 13849-1/-2 – Bezpečnostní části ovládacích systémů. Tato norma uvádí bezpečnostní požadavky a pokyny o zásadách návrhu a integrace bezpečnostních částí ovládacích systémů, včetně návrhu software a její druhá část se zabývá následným ověřováním platnosti [8]. Dále se do norem typu B1 patří norma EN ISO 13855 – Umístění ochranných zařízení. Mezi normy typu B2 se řadí například: EN ISO 13851 – Dvouruční ovládací zařízení, DIN EN ISO 14120 – Ochranné kryty – Obecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů, nebo i norma EN ISO 13850, která specifikuje funkční požadavky a konstrukční zásady pro funkci nouzového zastavení u strojních zařízení [9].

- **Normy typu C**

Normy typu C jsou normy pro bezpečnost strojních zařízení, které obsahují detailní požadavky na bezpečnost určitých strojních zařízení nebo skupin strojních zařízení. Příklady norem typu C jsou EN ISO 16092-3 – Hydraulické lisy, EN 415 – Balicí stroje, EN 415, 1-10 – Stroje pro tváření za tepla [7]. Zpravidla se jedná buď o zařízení ve velmi náročných podmínkách (např. výbušné prostředí, hygienická prostředí, radiace apod.), nebo o speciální stroje. Pokud existuje taková norma typu C, má přednost před A nebo B normou [3].





Obrázek 1 – Přehled technických norem ABC [1]

## 1.4 Bezpečnostní prvky

Cílem bezpečnostních prvků je snížit riziko nebezpečí na co nejnižší úroveň podle platných bezpečnostních norem ČSN EN 954-1 nebo ČSN EN ISO 13849-1, resp. ČSN EN 62061.

Pro snížení nebo eliminování nebezpečí se postupuje v těchto krocích:

- 1. krok – zamezení nebezpečí – eliminování rizik ve fázi plánování stroje
- 2. krok – ochrana před nebezpečím – snížení rizik zavedením nezbytných ochranných opatření
- 3. krok – uvedení zbývajících zdrojů – eliminace nebezpečí informováním o zbytkovém riziku

Bezpečnostní části ovládacích systémů se řadí do tří skupin:

- Vstupní prvky – prvky, které detekují nebezpečí (např. tlačítko nouzového zastavení nebo polohový spínač)
- Logické prvky – prvky, které zpracovávají signál a na základě bezpečnostní funkce ho vyhodnotí (např. bezpečnostní relé)

- Výstupní prvky – prvky, které spínají a odpínají silovou část (stykače, ventily atd.)

Je důležité, aby bezpečnostní funkce korespondovala se snížením rizika. Obecně platí, že čím vyšší je úroveň snížení rizika, tím větší jsou požadavky na technické vlastnosti jednotlivých komponent stroje a jejich monitorování. V této souvislosti je možné řešit jednotlivé bezpečnostní funkce na stroji, které budou zmíněny níže [8][10].

#### 1.4.1 Vstupní prvky

Mezi vstupní prvky, které detekují nebezpečí patří například:

- Nouzové zastavení

Nouzové zastavení je základní bezpečnostní funkcí. Této funkci musí předcházet nebezpečí, které by mohlo ohrozit zdraví lidské obsluhy, způsobit škodu na stroji nebo použitém materiálu. Takové nebezpečí, které vyžaduje nouzové zastavení, může nastat například při zpracovávání vadného materiálu (a tím vznikne porucha na stroji) nebo lidským faktorem. Funkce nouzového zastavení se dělí do následujících dvou kategorií:

- stop kategorie 0 – okamžité odpojení
- stop kategorie 1 – kontrolované zastavení



Obrázek 2 – Tlačítko nouzového zastavení [11]

- Dvouruční ovládání

Dvouruční ovládání je bezpečnostní zařízení, které spočívá v omezení přístupu do nebezpečných oblastí v průběhu procesu, který by mohl přinést riziko jak pro strojní zařízení, tak pro obsluhu stroje.

Výběr vhodného typu a konstrukce dvouručního ovládání závisí na těchto kritériích:

- úroveň nebezpečí
- zhodnocení rizik
- technologii daného provozu
- dalších vlivech (např. prevence náhodného sepnutí, obcházení bezpečnostní funkce) [12].



Obrázek 3 – Dvouruční zařízení [13]

- Blokovací zařízení ochranných krytů

Blokovací zařízení se v základu dělí na blokovací zařízení bez přidržení a blokovací zařízení s přidržením. Blokovací zařízení bez přidržení je mechanický nebo elektrický přístroj, který povoluje ovládání stroje pouze tehdy, pokud je ochranný kryt uzavřený (např. bezpečnostní polohový spínač). Toto ochranné opatření pomáhá předcházet nebezpečné situaci, která by mohla vzniknout, pokud by kryt zůstal otevřený. Pokud je kryt otevřen během provozu stroje, je dán povel k zastavení. Blokovací zařízení s přidržením povoluje ovládání stroje pouze tehdy, pokud je kryt uzavřen a uzamčen. Ochranný kryt zůstane v tomto případě uzamčen do té doby, dokud není vyloučeno riziko poranění nebezpečnou částí stroje (např. pomocí kontroly nulových otáček) [9][10].



Obrázek 4 – Blokovací zařízení ochranných krytů [14]

- Pevné ochranné prvky, světelné bariéry

Mezi pevné ochranné prvky patří mechanické prvky, které omezují přístup obsluhy do nebezpečných částí zařízení (např. bezpečnostní sítě, ploty, klece, bariéry). Dalšími pevnými ochrannými prvky jsou elektromechanické a elektronické bezpečnostní prvky, které nejsou mobilní – jsou napevno připevněny k rámu stroje nebo podlaze (např. ochranné kryty v kombinaci se světelnými ochrannými prvky, nášlapné rohože, jednopaprskové optozávory, multipaprskové plošné optozávory, nebo plošné laserové skenery, které zastaví zařízení v momentě, kdy je paprsek přerušen pohybem obsluhy zařízení do nebezpečné části stroje) [9][15].



Obrázek 5 – Světelná bariéra [16]

### 1.4.2 Logické prvky

Mezi logické prvky, které zpracovávají signál a na základě bezpečnostní funkce ho vyhodnotí, patří:

- Bezpečnostní relé

Bezpečnostní relé (nebo také bezpečnostní spínací přístroje) dokáží identifikovat závadu ve vstupních kontaktech v bezpečnostním spínacím obvodu při zemním zkratu. Bezpečná funkce je zajištěna speciálními vnitřními spínacími obvody a technologií relé.

Bezpečnostní spínací moduly vykonávají definované bezpečnostní funkce: Zajišťují například kontrolované a bezpečné zastavení pohybu, sledování polohy pohyblivých ochranných zařízení a přerušeni zavíracího pohybu během zásahu.

Bezpečnostní relé snižují rizika takovým způsobem, že v případě poruchy, nebo při narušení ochranných zón zahájí bezpečnou reakci. Lze je nalézt takřka ve všech oblastech strojního inženýrství. Bezpečnostní relé nevyžadují žádná speciální školení, protože mají jasnou strukturu a snadnou manipulaci, obvykle stačí základní znalosti elektrických systémů a aktuálně platných norem. Bezpečnostní relé disponují kompaktní konstrukcí, vysokou spolehlivostí a splňují všechny požadované normy. Staly se nedílnou součástí každého stroje nebo zařízení, ve kterých jsou důležité bezpečnostní funkce [17].



Obrázek 6 – Bezpečnostní relé [18]

### 1.4.3 Výstupní prvky

Mezi výstupní prvky, které spínají a odpínají silovou část, patří například:

- Relé

Relé je přístroj, který obsahuje elektromagneticky ovládané vypínače s jednou stabilní polohou. Nejčastěji využívané je elektromagnetické relé. Využívá se na podobné aplikace jako stykač.

Podle druhu napájecího proudu je lze rozdělit na:

- Stejnosměrné / střídavé relé
- Univerzální relé

Relé využívá magnetické účinky elektrického proudu, které protékají cívkou a tím se relé mechanicky spíná. Tento princip fungování je elektromagnetický princip. V blízkosti elektromagnetu, který je tvořen cívkou a jádrem z magnetické měkké oceli, se nachází pohyblivá kotva. Kotva se dotýká pružných kontaktů, ke kterým je připojený obvod ovládaného strojního zařízení. Ovládané zařízení je uvedeno do chodu tím, že elektromagnetem začne protékat ovládací proud, jádro cívky se zmagnetizuje a přitáhne kotvu relé, čímž se sepnou pružné kontakty [19].

- Stykač

Stykač je zařízení, které slouží pro spínání nebo rozepínání elektrického spojení. Stykače jsou využívány v ovládacích obvodech. Zařízení, která mají větší výkon jsou napájena přes tzv. výkonové stykače. Stykače jsou spínací přístroje, které mají zajištěnou pouze polohu při vypnutí. V zapnuté poloze je kontakt držen vnější silou.

Stykače lze podle způsobu ovládání rozdělit na:

- elektromagnetické
- pneumatické

Stykače jsou zařízení určené na dálkové spínání elektrických obvodů, proto se od nich požaduje velká četnost spínání a dlouhá životnost. Stykače mohou být na střídavý nebo na stejnosměrný proud. Stykače fungují tak, že elektrický proud je přiveden do spínací cívky stykače, který vybudí magnetické pole. Silové účinky působí skrz vzduchovou mezeru na kotvu (pohyblivou část magnetického obvodu), kde jsou uloženy pohyblivé kontakty.

Přitáhnutím kotvy jsou spínány hlavní kontakty. Stykač se vypne přerušáním proudu v obvodu spínací cívky [19].



Obrázek 7 – Stykač [19]

## 2 DOPRAVNÍKY

Transportéry jsou veškeré pevné a přenosné dopravní zařízení na přepravu materiálu mezi dvěma určenými místy, s kontinuálním nebo diskontinuálním pohybem a plynulým nebo přerušovaným pohonem [20].

Dopravník je zařízení pro trvalou přepravu sypkého, nebo kusového zboží z jednoho místa na druhé. Jejich konstrukce se liší podle toho, jaký typ předmětů je třeba přemístit. Dopravníky mají různé systémy pohonu – šroubové, válečkové, závěsné atd. Konstrukce pohyblivého pásu nebo jiného dopravního zařízení se také liší [21].

**Běžné typy dopravních systémů jsou:**

- Pásové dopravníky
- Válečkové dopravníky
- Poháněné válečkové dopravníky
- Závěsné dopravníky

**Stručný přehled nejběžnějších typů dopravníků.**

- Pásový dopravní systém

Pásový dopravník, také nazývaný jako dopravní pás, je poměrně jednoduchý dopravník s omezenými vlastnostmi, který se používá hlavně k pohybu sypkých materiálů, jako je písek, sůl a obilí. Jeho jednoduchost usnadňuje použití a také je jedním z nejběžnějších typů dopravníků. Dva nebo více koncových řemenic pohání pás v nekonečné smyčce pohybující produkt z A do B.

- Válečkový dopravní systém

Válečkové dopravníky se běžně používají k přepravě přepravek, krabic a palet. Pokud je válečkový dopravník namontován pod úhlem může se využít gravitace pro pohyb produktu. Během těchto časů může být náročné kontrolovat rychlost a produkty mohou skončit poškozením. Výrobky by však mohly být také přemísťovány ručně, což bude trvat déle, ale zajistil by se bezpečnější přesun.

- Poháněný válečkový dopravní systém

Poháněný válečkový dopravník je skoro stejný jako ten výše uvedený, ale na rozdíl od systému válečkového dopravníku používá k pohybu produktů poháněné válečky. Výrobky se proto mohou pohybovat mnohem vyšší rychlostí a v mnoha různých



zónách a produkty se přesouvají do další zóny pouze tehdy, když je k dispozici prostor. Proto lze proces a rychlost snadněji řídit, části se nikdy nedotýkají a riziko poškození je nižší.

- Závěsný dopravní systém

Až dosud jsme zmiňovali pouze různé typy podlahových dopravníků. Stejně jako název napovídá, stropní nebo také závěsný dopravní systém je namontován ze stropu nebo zavěšen na ocelové konstrukci umístěné na podlaze. Obvykle mají více funkcí a často mohou být o něco dražší než ostatní. Zajišťují však nižší provozní náklady, protože vyžadují jen malou pracovní sílu. A kromě toho jsou stropní dopravní systémy poměrně efektivní z hlediska nákladů a je také známo, že jsou velmi bezpečné, jedním z důvodů je to, že neblokují uličky [22].

### 3 SYSTÉM PLC

Automatizace zaznamenala v posledních letech enormní pokrok v oblasti hardwarových i softwarových prostředků. Především kvůli vyšší výkonnosti, dostupnosti a miniaturizaci pronikla od prvních použití ve výrobních linkách až do běžného života široké veřejnosti [23].

Pod zkratkou PLC se skrývá zkratka anglického názvu Programmable Logic Controller a v češtině se často označuje jako programovatelný automat. PLC je speciální forma specializovaného počítačového řídicího systému, který na bázi mikroprocesoru nepřetržitě sleduje stav vstupních zařízení a na základě vlastního programu rozhoduje o řízení výstupních zařízení. Jedná se o zařízení, které řídí funkci stroje, a to díky informacím z připojených vstupních snímačů které cyklicky zpracovává a s jejich pomocí ovládá výstupní zařízení – motory, ventily apod. Dříve se pro tyto úkoly používaly relé systémy, avšak s nárůstem složitosti strojů bylo nutné používat velké množství relé a tato relé zabírala spoustu místa, které by jinak mohlo být využito k jiným účelům [24].

#### 3.1 Historie systémů PLC

Programovatelný automat je jedním z nejhojněji používaných automatizačních prostředků. V oblasti automatizace se vyskytuje již více než 50 let [25]. Historie PLC začala psát v 70. letech 20. století. PLC byly tehdy koncipovány výhradně jako modulární. K základnímu modulu byly připojeny přídatné moduly pro přivedení vstupů a výstupů, v první fázi převážně binárních. Postupně byl sortiment přídatných modulů rozšiřován [26].

Jeho vznik byl iniciován kvůli náhradě tzv. reléové logiky, která byla do té doby používána. Reléová technika totiž přinášela jednou velkou nevýhodu. Pokud bylo potřeba změnit logiku, bylo velmi složité přepojovat relé dle aktuální potřeby zařízení. Nejen kvůli složitosti zde byl velký prostor pro vznik potencionálních chyb v zapojení a tím pádem nefunkčnost celého zařízení. Další velká nevýhoda byla, že často tyto relé dokázaly zabrat celou místnost. Všechny tyto nevýhody byly příchodem PLC odstraněny [25].

Vůbec první PLC sériové výroby vzniklo již v roce 1969 ve firmě Bedford Associates a odkoupila jej firma General Motors, která ho začala používat ve svých výrobních závodech. Jedním z důvodů, proč si zvolili právě tohoto dodavatele byl programovací jazyk Modicon, který se velmi podobal reléovým liniovým schémátům, která se v té době používala, a také samotné provedení PLC, které bylo uzavřené do odolného pouzdra a bylo tak vhodné do náročných průmyslových podmínek. [27]

Ve druhé polovině 80. let 20. století začaly vznikat kompaktní programovatelné automaty. Společný kompaktní modul realizoval všechny funkce PLC a bylo možné k němu připojit několik vstupů a výstupů, kdy ale počet vstupů a výstupů byl omezený (několik jednotek až desítek). Tyto kompaktní programovatelné automaty sloužily k řízení jednoduchých strojů a zařízení. Postupem času byla kompaktní PLC obohacována o možnosti rozšíření přídatnými moduly nebo moduly RIO, kdy jejich konfiguraci bylo možné vystavět do většího rozsahu vstupů a výstupů (několik desítek až stovek) [26].

Ve své prvotní podobě si PLC vystačil pouze s logickými operacemi – logickými vstupy a logickými výstupy. Kvůli nízkému výkonu PLC automatů nebylo možné jejich využití k jiným účelům, protože u výrobních strojů byl kladen důraz na rychlost smyčky. V současné době však mohou zpracovávat digitální i analogové signály. Pomocí PLC systému lze výrazně vylepšit takřka jakoukoli výrobní linku, funkci stroje nebo proces. PLC systémy disponují především všestranností, flexibilitou, cenovou efektivitou a odolností, což poskytuje PLC zvláštní výhodu v automatizaci procesů [23] [24].

### 3.2 Současnost systémů PLC

PLC systémy všech tříd výrazně pokročily ve svém vývoji. V průběhu let vzrostl jejich výpočetní výkon, zlepšily se komunikační možnosti systémů PLC i periferních prvků a operátorského rozhraní. V mnoha směrech se kvantita funkcí přeměnila na kvalitu a dosud neexistující možnosti. PLC systémy vyčnívají z obvyklých kategorií a je velmi obtížné je zařadit a porovnávat. Velké modulární systémy už nejsou tak velké, co se týče rozměrů, ale jsou velké svým výpočetním výkonem a možnostmi komunikace konkurují jiným výkonným distribuovaným systémům třídy DCS [28]. PLC systémy využívají obvykle rozhraní Ethernet a komunikace v síti Internet. Prostřednictvím Ethernetu lze připojit moduly vzdálených vstupů a výstupů (RIO, Remote I/O). Někdy jsou řešeny jako uzavřené moduly se schopností komunikace [26].

V současné době nabízejí výrobci modulární PLC s možností desítek variant přídatných modulů pro nejrůznější typy a počty vstupních a výstupních signálů (signály mohou být binární i analogové) a také pro specifické funkce (např. pro regulaci, měření polohy a řízení pohybu nebo ovládání komunikace) [26]. Relativně rychlé sestavení pomocí PLC systému přináší velkou výhodu. Není totiž potřeba vyvíjet celý systém, který by dokázal technicky zastřešit celou aplikaci. Stačí provést analýzu, co vše je potřeba pro danou aplikaci a dle této analýzy se rozhodnout, který typ PLC by byl ten nejvhodnější. Další velkou výhodou u

modulárních PLC je, že v případě potřeby rozšiřování nebo změny systému není nutné vyměnit kompletně celý systém PLC, ale stačí jen vybrat vhodný modul pro rozšíření [25].

PLC se může použít také pro aplikace, kdy není potřeba použít fyzické vstupy a výstupy a může tak sloužit jako komunikační jednotka a využívat se jako komunikační most. Tento způsob se využívá v případě, kdy je potřeba zajistit komunikaci více systému, které nemají mezi sebou možnost komunikovat napřímo. PLC pak zastává funkci inteligentního převodníku komunikačních rozhraní a adaptéru mezi protokoly různých průmyslových sběrnic [25].

PLC systémy jsou systémy podobné počítačům, ale zatímco počítače jsou optimalizovány pro výpočetní a zobrazovací úlohy, PLC systémy jsou optimalizovány pro řídicí úlohy a průmyslové prostředí. Ve srovnání s počítači mají PLC systémy spousty nesporných výhod, kterými jsou například:

- Jsou robustní a navrženy tak, aby odolávaly vibracím, teplotě, vlhkosti a hluku. Běžný osobní počítač není určen pro drsná prostředí.
- Rozhraní pro vstupy a výstupy se nachází uvnitř regulátoru. PLC ve formátu racku lze snadno rozšířit a tím zajistit větší počet vstupů a výstupů.
- Jsou snadno programovatelné a mají srozumitelný programovací jazyk, který se primárně zabývá logikou a přepínacími operacemi. Z tohoto důvodu jsou uživatelsky přívětivější.
- PLC není vhodné k dlouhodobému ukládání a analýze dat jako osobní počítače.
- Osobní počítače jsou náchylnější k havárii než PLC systémy.
- PLC systémy mají mnohem vyšší spolehlivost než osobní počítače [29].
- PLC systémy jsou vybaveny vnitřními diagnostickými funkcemi, které průběžně kontrolují činnost systému a včas zjistí případnou závadu, lokalizují ji, bezpečně ji ošetří a usnadní tak její odstranění [25].

### **Úloha PLC v automatizaci procesů**

PLC systémy hrají velmi důležitou roli v automatizaci procesů v širokém spektru odvětví, od automobilového, přes chemické až po textilní. S postupem času se do fungování PLC začleňují další funkce. V každém řídicím systému založeném na automatizaci je základním hlediskem získání požadovaného výstupu efektivním a spolehlivým způsobem. PLC jsou

jednoduché a cenově výhodné, jde o výhodné řešení mnoha automatizačních úloh, jako je logické/sekvenční řízení, koordinace a komunikace, řízení a monitorování, bezpečnost zařízení a personálu, spouštění a odstavování zařízení atd.

Většina výrobních aplikací zahrnuje řízení opakujících se operací; např. automatická montáž součástí, lisování a vytlačování, tisk v textilních provozech a jiné [24].

### 3.3 Struktura PLC

PLC se skládá z následujících komponent:

- centrální procesorová jednotka (mikroprocesor)
- zdroj napájení (power supply)
- programovací zařízení (programming device)
- paměťová jednotka (program and data memory)
- soubor vstupních a výstupních jednotek a rozhraní (input/output devices, input/output interface)
- komunikační rozhraní (communication interface) [29] [30]

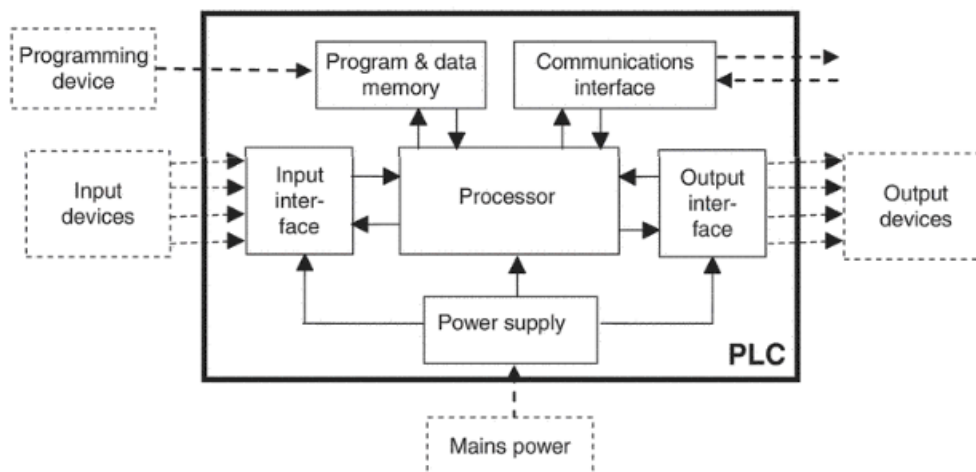


Figure 1.8: The PLC system.

Obrázek 8 – Jednoduché schéma PLC systému [29]

### 3.3.1 Centrální procesorová jednotka (CPU)

Součástí PLC systému se obvykle skládá z centrální procesorové jednotky (CPU) obsahující systémový mikroprocesor, paměť a vstupní/výstupní obvody. Procesorová jednotka, neboli centrální procesorová jednotka (CPU), je jednotka obsahující systémový mikroprocesor. Tato jednotka interpretuje vstupní signály a provádí řídicí akce podle programu uloženého v paměti, sdělující rozhodnutí jako akci signály na výstupy. Lze ji efektivně považovat za jednotku obsahující velké množství samostatných relé, čítačů, časovačů a jednotek pro ukládání dat. Ty však v PLC fyzicky neexistují, ale jsou softwarově simulované [29].

### 3.3.2 Zdroj napájení

Napájecí zdroj je komponent nutný pro přeměnu síťového střídavého napětí na nízké stejnosměrné napětí, napětí potřebné pro procesor a obvody ve vstupním a výstupním rozhraní modulu [29].

### 3.3.3 Programovací zařízení

Programovací zařízení slouží k zadání požadovaného programu do paměti procesoru. Program je vyvinut v zařízení a poté přenesen do paměti PLC systému [29].

### 3.3.4 Paměťová jednotka

Paměťová jednotka je místo, kde program obsahuje řídicí akce, které mají být vykonávány. Je zde uložen mikroprocesor a data ze vstupu pro zpracování a pro výstup [29].

### 3.3.5 Vstupy a výstupy

Vstupy a výstupy jsou takové oblasti paměti, kde procesor přijímá informace zvenčí zařízení a sděluje informace externím zařízením. Vstupy tedy mohou být spínače, senzory (např. fotoelektrické články, teplotní senzory), čidla a podobně.

Signály na vstupních a výstupních zařízeních jsou diskrétní, tedy digitální nebo analogové. Digitální signály jsou takové signály, které nabývají pouze předem definovaných hodnot a nejsou tedy spojité v čase. Digitální signály jsou považovány v podstatě jako diskrétní signály, které dávají sekvenci signálů zapnuto/vypnuto. Analogová zařízení poskytují signály, jejichž velikost je úměrná velikosti sledované proměnné (například teplotní senzor) a jejich signál je spojité v čase [29].

### 3.3.6 Komunikační rozhraní

Komunikační rozhraní se používá pro příjem a přenos dat v lokální síti anebo jiných vzdálených PLC a dalších systémů. Týká se to například ověřování zařízení, získávání dat, synchronizace mezi uživatelskými aplikacemi nebo správa připojení [29].

## 3.4 Dělení PLC

Nyní mají možnost velkého množství vstupů a výstupů téměř všechny kompaktní systémy. Podle Šmejkal [26] se současné PLC systémy dají rozdělit na malé modulární PLC nebo na kompaktní PLC s možností modulárního rozšíření [26].

### Velké modulární PLC

Modulární provedení PLC umožňuje z jednotlivých modulů, které výrobce nabízí, složit PLC dle potřeb dané aplikace. Kompaktní i modulární PLC systémy jsou vybaveny rozhraním pro programování. Jeden z modulů musí být vždy CPU a k němu se pak přes sběrnici připojují další moduly [31]. Velká modulární PLC jsou obvykle používána k řízení komplikovaných a rozlehlých procesů a také tam, kde se předpokládá, že v budoucnu bude potřeba systém rozšířit. Jejich konfiguraci lze rozšířit do stovek, tisíců až desetitisíců vstupů a výstupů. Výhodnější je ale takové řešení, kde se na řízení podílí několik menších PLC, která spolu komunikují v síti a vytvářejí distribuovaný řídicí systém. Samostatnou kategorií modulárních PLC tvoří bezpečnostní (safety, nebo také fail-safe) PLC [26]. Nejčastěji bývají připojovány moduly pro digitální vstupy a výstupy, analogové vstupy a výstupy, modul pro rychlé čítače nebo různé technologické moduly. Zdrojem napájení bývá často jeden z modulů. Modulární PLC disponují větší pamětí pro program i pro data. Nevýhodou modulárních PLC systémů je často vysoká pořizovací cena [31].

### Kompaktní PLC

Kompaktní PLC mívají malé rozměry, ale mnohdy velmi výkonný počítačový modul. Vše je zde integrováno do jednoho uzavřeného pouzdra, které obsahuje všechny vstupy a výstupy, komunikační rozhraní a CPU. Vstupů a výstupů na centrálním modulu není mnoho, ale svým výpočetním výkonem a možnostmi jsou často srovnatelné s velkými modulárními systémy. Kompaktní PLC se používá především pro takové aplikace, kde se nepředpokládá jejich rozšiřování, avšak někteří výrobci i tuto variantu umožňují. Konfiguraci lze výrazně rozšířit připojením lokálních rozšiřujících modulů a modulů vzdálených vstupů a výstupů (RIO – Remote Input/Output). Za další vstupy a výstupy lze považovat i senzory, akční

členy a další prvky připojené k průmyslovým sběrnicím. Díky možnostem komunikace lze vytvářet sítě propojením několika PLC a navzájem sdílet jejich vnitřní, vstupní i výstupní proměnné. Vytvořený distribuovaný systém může obsahovat PLC různých kategorií, zapojených do různých topologických struktur. Může být prostorově velmi rozlehlý, velmi výkonný a při chytrém návrhu i bezpečný – a obvykle levnější než srovnatelný velký centrální systém. Výhodou kompaktních PLC systémů je nižší pořizovací cena než u modulárních PLC systémů. Nevýhodou je menší paměť a nemožnost rozšiřování u některých typů kompaktních PLC [26] [28] [31].

### **Programovatelné logické moduly (smart relais, mikroPLC)**

Programovatelné logické moduly se na trhu začaly objevovat relativně nedávno. Jedná se o rozměrově malé, jednodušší a levnější řídicí systémy, které jsou sice podobné PLC, ale nedosahují jejich úrovně a parametrů. Programové možnosti jsou velmi omezené. Stejně jako kompaktní PLC systémy mají pevně stanovenou konfiguraci vstupů a výstupů, které většinou bývají pouze digitální. Možnost rozšíření je velmi malá, jejich použití je vhodné pro jednoduché stroje nebo mechanismy, kde dokáže nahradit jednoduchou reléovou logiku – chytré relé. Postupem času se rozvíjely natolik, že je dnes lze považovat za PLC – někdy jsou označovány jako mikroPLC. Nové mikroPLC mohou obsahovat analogové vstupy a výstupy již v základním provedení [26] [25].



## 4 PLC SIEMENS

Aktuálně existuje velké množství firem zabývajících se výrobou PLC. Jednou z těchto firem je firma Siemens Automation, která poskytuje velké množství PLC systémů, a lze si vybrat z různých výkonostních typů vhodně pro danou aplikaci.

Pro velmi jednoduché aplikace s pár vstupy a výstupy je vhodné zvolit jejich systém LOGO, které je výborné pro začátečníky díky nízké pořizovací ceně a relativně velkým možnostem programování. Je zde však velké omezení v podobě použitelných vstupů a výstupů, jelikož se systém LOGO nedá rozšířit. Jedná se spíše o výukové PLC, které je levné, a stačilo by ani na řízení velice jednoduché automatické pračky.

Pokud je potřeba více vstupů/výstupů, případně decentralizace I/O, nabízí se jako řešení zařízení SIMATIC S7-1200, které je v několika provedeních dle náročnosti úlohy a které již nabízí spoustu funkcí navíc oproti systému LOGO. Je možné jej rozšířit o další vstupy a výstupy a umožňuje řídit různá jednodušší zařízení.

Pro nejnáročnější aplikace nabízí firma zařízení Siemens SIMATIC S7-1500. Na rozdíl od S7-1200 mají tyto PLC větší paměť a rychlejší procesor. Zároveň je zde však nevýhoda v podobě nutnosti použít SD kartu pro ukládání samotného programu a případně receptur a jiných dat. Dalším velkým rozdílem je počet připojitelných vstupů a výstupů, kdy u S7-1200 je maximum 128 I/O a u S7-1500 až 2048 I/O. Siemens nabízí několik verzí těchto PLC, které se označují jako Simatic S7-15xx, kde s rostoucím číslem xx narůstá také výkon daného PLC.

Aktuálně nejvýkonnější varianta je označena jako Simatic S7-1518F. Značení F znamená možnost použití bezpečnostního programu, který deklaruje samotnou bezpečnost stroje. V praxi se jedná o program, kde je vyloučeno selhání bezpečnosti z důvodu poruchy samotného PLC, a to je dosaženo hlavně strukturou programu, která je kontrolována už při návrhu samotným SW pro vývoj programu. V bezpečnostním kódu například nelze jednoduše použít instrukci skoku a smyčky, aby se zamezilo zatuhnutí programu [32].

## 5 PLC SICK

Také firma SICK nabízí různá řešení, avšak nejvíce se specializuje právě na výrobu různých bezpečnostních zařízení od „obyčejných“ snímačů přes bezpečnostní kamery a scannery, až po samotná PLC. Největší výhodou systému SICK je jednoduchá implementace jejich vlastních bezpečnostních produktů do samotného programu. Programovací prostředí je spíše o vytváření provázanosti jednotlivých vstupů a výstupů než o složitém programování funkce stroje [33].

V této práci budou dále popsány bezpečnostní PLC nazvané FX3-CPU130002, které umožňuje připojení několika rozšiřujících modulů, například I/O karet a komunikačních rozhraní. Toto PLC je aktuálně použito na lisech, kterými se bude tato práce zabývat, a proto se využije právě tohoto PLC pro řešení programové bezpečnostní části vozíku.

Toto PLC se programuje pomocí nástroje Flexi Soft Designer od firmy SICK. Tento nástroj je navržen pro několik různých bezpečnostních modulárních PLC od tohoto výrobce [34].

## 6 PLC BECKHOFF

Firma Beckhoff také nabízí programovatelné automaty. Mají však trochu jinou strategii, a jejich PLC běží na stolním počítači, na kterém je současně spuštěn i operační systém Windows a tím pádem je možné provozovat i programovací prostředí na stejném stroji. Programovací software má několik verzí, z nichž nejmodernější je TwinCAT3 [35].

Pomocí volitelných doplňků a produktů TwinSAFE je možné používat i bezpečnostní prvky a programovací funkce, například i podle normy ČSN EN ISO 13849-1. Je možné použití bezpečnostní komunikace PROFIsafe, která umožňuje sjednocení a komunikaci mnoha signálů přes rozhraní PROFIBUS nebo PROFINET [36].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 POPIS PROJEKTU

Bakalářská práce se zabývá programováním bezpečnostní části vozíku pro přepravu surových pláštů, který je součástí velkého projektu dopravy surových pláštů na lisovnu PLT. Tento vozík je umístěn před vulkanizačním lisem osobních pláštů a je zásobován z dopravního systému pomocí zdvihadla. Zdvihadlo umísťuje plášť na první pozici vozíku, po odjetí zdvihadla do bezpečné zóny je plášť přesunut z pozice pod zdvihadlem do pozice pod zakladačem lisu. V této pozici je plášť uchopen mechanismem na dopravníku za spodní patku a zakladačem lisu za horní patku. Poté zakladač povyjede o určitou vzdálenost směrem nahoru, aby došlo k protažení pláště a jeho správnému formování. Po uplynutí určené doby vozík je spodní patka pláště upuštěna vozíkem a plášť je vyzdvihnut zakladačem do vrchní polohy, aby byl připraven pro založení do lisu. Celý vozík je řízen pomocí PLC lisu zejména kvůli finanční úspoře. Vozík je odnímatelný pro potřeby údržby lisu tak, aby byla možnost vozík odvést mimo lis, a uvolnit údržbě místo pro práci. Napájení, komunikace a bezpečnostní signály jsou připojeny pomocí HARTING konektoru, seskládaného přímo na míru pro potřeby vozíku.

### 7.1 Aktuální stav

Řízení chodu lisu je v závislosti na variantě lisu rozděleno buď mezi dva řídicí automaty, anebo řízeno pouze jedním Fail-Safe PLC. Různé varianty systému jsou zapříčiněny postupnou modernizací provozu lisovny, kde se nachází jak stroje z 90. let minulého století, tak i nejmodernější lisy aktuální doby.

V obou případech se aktuálně surové pláště nahazují na podavač lisu ručně, musí zde proto být přítomný bezpečnostní scanner, který v případě, že je obsluha v nebezpečné oblasti lisu, zamezí pohybu nebezpečných částí. Konkrétně, v případě přítomnosti obsluhy nelze pohybovat se zakladačem lisu, s vykladačem lisu a nelze ani celý lis otevřít nebo zavřít. Vlastní proces lisování není přerušeno, pokud již probíhá, protože se děje uvnitř lisu, kam se obsluha nemůže dostat. Pokud však obsluha zůstane v nebezpečné oblasti po vylisování pláště, lis se nemůže otevřít a tím může dojít k přelisování pláště, což vede k likvidaci pláště. Proto je zde zvuková signalizace, která značí požadavek lisu na otevření v čase obsazení nebezpečné zóny scanneru.

Samotný lis má dvě lisovací zóny – levou a pravou, které v závislosti na variantě stroje fungují společně, nebo odděleně.

Pro tento projekt byl zvolen lis, který má společné pohyby lisovacích kavit a je řízen dvěma PLC, z nichž o bezpečnost se stará PLC od firmy SICK.

### 7.1.1 Varianta se dvěma automaty

Jedno PLC se stará o řízení samotného lisu. Zpracovává standardní signály a řídí pohyby lisu a samotný technologický proces. Zároveň kontroluje správnost technologického postupu a umožňuje jak automatické řízení, tak manuální ovládání. Pro tyto úkoly je použito PLC firmy Siemens, konkrétně typ S7-1516., Toto PLC je ve standardní variantě bez možnosti použití bezpečnostních funkcí, jelikož nezpracovává žádné bezpečnostní signály.

Druhé PLC, konkrétně typ FX3-CPU130002 od firmy SICK, má na starosti veškerou bezpečnost stroje. Jsou do něj zapojeny a jím řízeny veškeré bezpečnostní prvky. Při vyhodnocení situace jako nebezpečné rozpojí svým výstupem bezpečnostní relé a tím dojde k vypnutí napájení pohybových částí stroje. Dnes již by nebylo nutné používat samostatné relé, je to však pozůstatek z minulosti, kdy byla bezpečnost řízena právě a jen pomocí kombinace bezpečnostních relé. Kvůli jednoduššímu přechodu k novému stylu řízení se využívají tato relé i nadále, v kombinaci s bezpečnostním programem lisu.

### 7.1.2 Varianta s jedním bezpečnostním PLC

Jak řízení lisu, tak i bezpečnost je řešena jedním PLC, konkrétně PLC firmy Beckhoff běžícím na průmyslovém počítači C6920. PLC software je ve verzi TwinCAT3. Toto řešení je použito u novějších vulkanizačních lisů. Díky jednotnému řízení chodu lisu a zároveň řízení bezpečnosti lisu zde odpadá nutnost rozhraní mezi dvěma PLC systémy. Bezpečnostní vstupy a výstupy lze tedy snadno využívat i ve standardním programu například pro potřeby vizualizace, nebo samotného řízení standardního programu.

## 7.2 Požadavek na změnu

Kvůli požadavku na automatické zásobování lisu z podvěsné dopravy je před lis přidán automatický vozík, umožňující složení pláště podvěsnou dopravou a poté přesunutí pláště blíže k lisu tak, aby mohl být odebrán zakladačem lisu. Tento vozík slouží také jako zásobník na dva pláště, aby byl celý systém spolehlivější a aby dopravní systém stihl zásobovat všechny lisy včas.

Jelikož má lis dvě lisovací zóny, odpovídá tomu i počet dopravníků před lisem tak, aby bylo možné zásobovat jednotlivé lisovací zóny. Tyto dva vozíky jsou na sobě navzájem nezávislé a jsou mechanicky velmi podobné, avšak ne zaměnitelné.

Vozík je pro potřeby údržby lisu mobilní a tedy odnímatelný. Je použit robustní konektor pro připojení všech nutných signálů a samotného napájení vozíku. Přes tento konektor je přiveden také stlačený vzduch.

Jelikož je potřeba se vyhnout recertifikaci samotného lisu, musí být nové vozíky certifikovány jako samostatné zařízení a musí splňovat dané technické normy, například normu ČSN ISO 13850. Musí mít proto různé bezpečnostní prvky, z nichž některé jsou popsány dále.

Přidáním vozíku před lis a jeho automatickým zásobováním bohužel vznikají nová bezpečnostní rizika, která jsou detailněji probrána níže a následně ošetřena úpravou bezpečnostního programu a jeho odladěním.

## **8 BEZPEČNOSTNÍ RIZIKA**

Vyskytuje se zde několik bezpečnostních rizik. Pro přehlednost jsou rozděleny do kapitol, podle mechanismu, kterého se týkají.

### **8.1 Samotný vozík**

Jelikož vozík obsahuje několik pohyblivých částí, je nutné zabezpečit tyto části před dotykem, případně zastavit v pohybu při narušení bezpečnostní zóny, aby nedošlo k úrazu v případě přítomnosti obsluhy nebo údržby. Pro zabezpečení proti přístupu k pohyblivým částem vozíku je připevněna přímo na konstrukci vozíku klec, která při odvezení vozíku umožní přístup pro údržbu.

#### **8.1.1 Lineární pohyb vpřed a vzad**

Pro přesun pláště z odkládacího místa na místo pro nabrání lisem je použit asynchronní motor. Tento motor je spojen řetězem s hřídelí, která pohybuje dopravním zařízením směrem dopředu a zpět. Mohlo by se tedy stát, že neopatrný operátor sáhne rukou na řetěz a dojde ke skřípnutí ruky mezi řetěz a hřídel. Proto je vozík opatřen klecí pro zamezení přístupu k tomuto mechanismu.

#### **8.1.2 Lineární pohyb nahoru a dolů**

Aby bylo možné plášť přepravit, je nutné, aby se aktivovalo zdvihací ústrojí, které po splnění dalších kroků a dosažení cílové polohy zase sjede dolů. Pro tento pohyb je použit vzduchový píst a stlačený vzduch. Opět zde vzniká nebezpečí, a to konkrétně nebezpečí sevření. I v tomto případě je nebezpečí zabráněno použitím ochranné klece.

#### **8.1.3 Uchopení pláště za spodní patku**

Pro použití tzv. „stretchingu“, tedy protažení, formování pláště, je zde ještě jeden pneumatický mechanismus, který slouží k uchycení pláště za spodní patku. I zde je nebezpečí sevření zabráněno použitím ochranné klece.

#### **8.1.4 Manuální nakládání vozíku**

Pro případ poruchy dopravního systému je nutné mít možnost ručního nakládání plášťů na vozík. Z tohoto důvodu je vozík opatřen dveřmi, která jsou také součástí bezpečnostního systému. Pro otevření je nutný požadavek pro otevření, který se provádí stisknutím daného tlačítka. Po otevření dveří se musí omezit pohyby lisu, a zároveň je nutné poslat zabezpečený



signál o otevření dveří do dopravního systému, aby se zamezilo pohybu zdvihadla v oblasti tohoto vozíku. Po uzavření dveří se musí opět potvrdit bezpečnostní obvod stisknutím tlačítka “Uzamknout dveře”, čímž dojde i k samotnému uzamčení dveří a nemožnosti jejich samovolného otevření.

## **8.2 Zdvihadlo – podvěsná doprava**

Jak už bylo zmíněno, zásobování vozíku se provádí automaticky pomocí zdvihadla podvěsné dopravy. Jedná se o zařízení, které přiveze surový plášť nad vozík a poté jej pohybem dolů položí na odkládací místo vozíku. Následně sevře uchopovací mechanismus, uvolní tak plášť a odjede do vrchní polohy, odkud pak pokračuje se svými dalšími úkoly. Pohybem dolů a sevřením uchopovacího mechanismu vzniká nebezpečí sevření, případně přimáčknutí, a i toto nebezpečí je řešeno oplocením vozíku. V případě, že vozík není na místě, anebo je aktivní přístup k vozíku skrz otevřené dveře, bezpečnostní signál zamezuje zdvihadle v pohybu v dané oblasti.

## **8.3 Lis**

Na lisu nevzniká žádné nové nebezpečí, a to hlavně díky již použitému bezpečnostnímu scanneru, který v případě přítomnosti osob zamezí pohybům lisu. Tento scanner bohužel nemá takový dosah, aby zabezpečil i samotný vozík, a proto je nutné použití plotu kolem vozíku.

## 9 DŮVODY ÚPRAVY BEZPEČNOSTI

Níže jsou popsány jednotlivé důvody pro úpravu bezpečnostního programu tak, aby byl výsledný bezpečnostní program v souladu s předepsanou legislativou.

### 9.1 Dveře pro manuální zásobování

I přesto že je stroj zabezpečen plotem, jsou zde nutné programové úpravy bezpečnostní logiky, a to zejména z důvodu možnosti manuálního zásobování lisu, kdy místo využití podvěsné dopravy bude plášť na vozík položen operátorem, například z důvodu poruchy podvěsné dopravy.

Kvůli tomuto účelu je nutné, aby byl plot vozíku opatřen dveřmi pro manuální zakládání. Tyto dveře jsou spjaty s bezpečnostním obvodem celého systému, aby nedošlo ke zranění obsluhy. Do bezpečnostního PLC je připojen signál uzavřených a uzamknutých dveří.

### 9.2 Údržba lisu

Další problematikou je situace, kdy dochází k výměně lisovací formy, případně membrány. Jelikož tato operace vyžaduje těžkou techniku, je nutné, aby byl celý vozík mobilní, a právě proto je opatřen kolečky. Díky mobilitě vozíku, kdy je možné celý vozík odpojit od lisu, aby se dalo uvolnit místo pro těžkou techniku, vzniká situace, kdy tlačítko nouzového vypnutí (ESTOP) není aktivní – a proto je nutné splnění dalších dvou podmínek.

#### 9.2.1 Podsvícení ESTOP tlačítka

Jak už bylo zmíněno, vozík obsahuje ESTOP tlačítko, a to z důvodu, že je požadováno, aby byl vozík klasifikován jako samostatné zařízení, a to i z důvodu možnosti prohození vozíků mezi jednotlivými lisu. Aby mohl být vozík klasifikován jako samostatné zařízení, musí mít, kromě hlavního vypínače, také bezpečnostní tlačítko ESTOP, které v případě zmačknutí zastaví veškeré pohyby vozíku i lisu, ke kterému je vozík připojen, a to z toho důvodu, že není možné mít v jedné oblasti dvě různá ESTOP tlačítka, která mají různé funkce. Jelikož se jedná o přenosné ESTOP tlačítko, je nutné, podle normy ČSN EN ISO 13850, aby šlo jasně rozeznat, kdy je toto tlačítko funkční a kdy je odpojeno od lisu. Pro tuto funkci je ESTOP tlačítko opatřeno LED signalizací, která v případě připojení k lisu svítí. Vozík musí také obsahovat vlastní bezpečnostní relé, které zajišťuje odpojení napájení jednotlivých pohybů.

### 9.2.2 Snímač přítomnosti vozíku

Tento snímač plní dvě funkce. Jeho první funkcí je informace o správném umístění vozíku před lisem, a tedy umožnění podvěsné dopravy pokládání pláště na správné místo. Druhou funkcí je možnost obejít (tzv „bypasovat“) tlačítko ESTOP na vozíku, v případě nutnosti odpojení vozíku. Tato možnost je nutná hlavně z toho důvodu, že lis má dvě samostatné lisovací oblasti, a někdy je nutné, aby údržba mohla přistoupit k jedné z nich, aniž by se zastavil proces lisování ve druhé oblasti. Pokud by došlo pouze k odpojení konektoru, ve kterém vede i signál ESTOP, došlo by k okamžitému zastavení obou lisovacích oblastí. Aby se tato situace dala obejít, je použit snímač přítomnosti vozíku, který, pokud není vozík na správném místě, přemostí ESTOP tlačítko vozíku a následně může dojít k odpojení konektoru vozíku. V návaznosti na předešlou kapitolu je nutné dodat, že pokud není vozík na správné poloze, nesvítí ani kontrolka funkčnosti ESTOP tlačítka.

## 10 SOUHRN NOVÝCH BEZPEČNOSTNÍCH VSTUPŮ A VÝSTUPŮ

V tabulce níže je uveden stručný přehled nových bezpečnostních vstupů a výstupů, které jsou dále jednotlivě popsány.

Tabulka 1 - Nové bezpečnostní vstupy a výstupy

Bezpečnostní vstup z vozíku do lisu	Bezpečnostní výstup z lisu do vozíku
ESTOP 2kanál	Zamknout dveře
Snímač přítomnosti 2kanál	Pohyby povoleny
Dveře zamknuty 2kanál	Signální LED – Odemknuto / Zamknuto / Reset bezpečnosti
Dveře zavřeny	Signální LED – ESTOP aktivní
Tlačítko požadavku otevření dveří / resetu nouzového obvodu	

### 10.1 Popis jednotlivých vstupů:

- **ESTOP**

Tlačítko pro rychlé odpojení napájení a zamezení pohybů pro případ nehody. Musí být zapojeno dvoukanálově, aby byla zajištěna jeho bezpečnostní funkce. V případě, že dojde k přerušení jednoho ze dvou kanálů zařízení zareaguje stejně, jako by došlo ke stisknutí ESTOP tlačítka. Toto tlačítko je připojeno i do bezpečnostního obvodu lisu a je použito klasické dvoukanálové bezpečnostní tlačítko, tedy dvě rozpínací jednotky pod aretačním hříbkem.

- **Snímač přítomnosti**

Snímač přítomnosti má dvě hlavní funkce. Funkce v automatickém režimu umožňuje kontrolu přítomnosti vozíku pro bezpečné složení pláště. Jeho druhá funkce slouží jako mezikrok při odpojení vozíku od lisu. Aby se zamezilo sepnutí ESTOP tlačítka při odpojení vozíku, nejprve je nutné s vozíkem poodjet z tohoto snímače. Tím dojde k aktivaci bezpečnostního relé na bypass ESTOP tlačítka a je potom možné vozík od lisu odpojit při zachování automatického provozu. Z důvodu bezpečnosti je signál opět zapojen dvoukanálově. Je použit bezkontaktní snímač TR4-Direct od firmy SICK.

- **Dveře zamknuty**

Dveře pro manuální nakládání pláštů musí být opatřeny systémem pro zaručení bezpečnostní funkce. Tento signál zabezpečuje správné uzavření dveří a je opět z důvodu bezpečnosti připojen dvoukanálově.

- **Dveře uzavřeny**

Pouze jednokanálový vstup, který umožňuje kontrolu uzavření dveří před jejich uzamčením. Není nutné, aby byl dvoukanálový, protože pro bezpečnost je důležité, aby byly dveře uzamčeny – což ze samotné funkce dveřního zařízení není splněno, pokud nejsou dveře uzavřeny. Pokud se ztratí signál dveře uzavřeny, například při poškození kabelu, není nutné hned stroj zastavit, pokud je stále aktivní signál dveře uzamčeny. Signál je zařazen mezi bezpečnostní z důvodu připojení přímo do bezpečnostní karty, jelikož je k dispozici vstup navíc. Není tedy nutné signál komunikovat například přes PROFINET.

- **Tlačítko požadavku otevření a uzamčení**

Toto tlačítko má 3 funkce, které se přepínají podle aktuálního stavu dveří.

- Pokud jsou dveře zamknuté, tlačítko slouží jako požadavek pro odemčení.
- Pokud dveře nejsou zamknuté a zároveň jsou zavřené, tlačítko je použito pro potvrzení uzamčení dveří.
- Pokud byl rozpojen bezpečnostní obvod a jsou splněny podmínky pro jeho sepnutí, stisknutím tohoto tlačítka dojde k potvrzení kontroly oblasti a sepnutí bezpečnostního relé.

Opět není nutnost dvoukanálového zapojení, jelikož v případě poškození kabelu pouze nebude možné dveře odemknout, zamknout, nebo potvrdit bezpečnostní obvod, což není bezpečnostní riziko. Kabel, případně spínací jednotka, se bude muset pro následné spuštění stroje opravit. Opět byl využit volný vstup na bezpečnostní kartě.

## 10.2 Slovní popis použitých bezpečnostních výstupů:

- **Zamknout dveře**

- Signál pro řídicí desku dveří k jejich uzamčení.

- **Pohyby povoleny**
  - Bezpečnostní signál uvolnění pohybů vozíku. V případě porušení bezpečnosti tento signál zablokuje pohyby vozíku rozepnutím bezpečnostního relé na vozíku. Nicméně není nutné mít tento výstup zapojen dvoukanalově, protože v případě nebezpečí a stisknutí ESTOP tlačítka se vypne bezpečnostní relé lisu, které odepne napájení 400V a přívod vzduchu na vozík, čímž se vozík stane nehybným.
- **Signální LED Odemknutí/Zamknutí**
  - Tato kontrolka signalizuje aktuální stav dveří. Přesnější popis funkce je níže v kapitole Postup pro správné otevření dveří.
- **Signální LED pro ESTOP**
  - Kontrolka ESTOP signalizuje funkci ESTOP tlačítka. Při připojeném vozíku, který je na správném místě tato kontrolka svítí a tím signalizuje, že je tlačítko ESTOP připojené a tedy funkční. Pokud je vozík odpojen, nebo není na správném místě, tato kontrolka nesvítí a tím signalizuje, že ESTOP tlačítko není připojeno a nemá tedy žádnou funkci.

## 11 LOGIKA NOVÉ BEZPEČNOSTNÍ FUNKCE

V následujících kapitolách je popsána nová logika pro bezpečnostní funkci vozíku a lisu.

### 11.1 Povolení vozíku

Při režimu automat musí být vozík na místě a musí být vybaveny všechny bezpečnostní obvody. V tomto stavu jsou uvolněny veškeré pohyby vozíku i lisu. Zároveň je povolen přísun pláště zdvihadlem.

Vozík musí být v poloze se zamčenými dveřmi a v přítomnosti vozíku nesmí být zdvihadlo podvěsné dopravy.

V případě, že se v prostoru vozíku nachází zdvihadlo, nebo byly otevřeny dveře pro manuální nakládání surových plášťů, vypne se bezpečnostní relé uvolňující pohyby vozíku a zakladače lisu. Jakmile zdvihadlo není ve vymezeném prostoru, nebo dojde-li k uzamčení dveří, signál povolení vozíku se sám vyresetuje a vše může pokračovat dále.

### 11.2 Žádost o otevření a uzamčení dveří

Při stisknutí tlačítka požadavku odemčení dveří se nejprve dokončí veškeré pohyby lisu, vozíku, případně zdvihadla v oblasti vozíku, a poté dojde k odemčení dveří. V tomto stavu není umožněn žádný pohyb vozíku, ani zdvihadla. Následně se může provést požadovaný úkon a poté se dveře mohou znovu uzamknout tak, že se nejprve zavřou a poté se stiskne stejné tlačítko, jako pro otevření.

### 11.3 Reset bezpečnostního obvodu

V případě přerušení bezpečnostního obvodu, například stisknutím ESTOP tlačítka, dojde k rozpojení bezpečnostního relé a tím se zamezí jakýmkoli pohybům lisu a vozíku. Po odstranění závad je nutné tento bezpečnostní obvod znovu nahodit a k tomu lze použít buď stávající tlačítko na lisu, případně nově přidané tlačítko na vozíku.

### 11.4 Odstavení vozíku

Pokud je nutný přímý přístup k lisu, například kvůli údržbě, je nutné zachovat správný postup pro odvezení vozíku, aniž by došlo k přerušení bezpečnostního obvodu lisu, a to hlavně z důvodu připojeného nového tlačítka ESTOP.

Postup je takový, že se nejprve musí daná strana lisu přepnout do režimu „výměna formy“, poté se vozík částečně odsune od lisu, aby došlo k rozpojení kontaktu snímače přítomnosti vozíku, čímž se aktivuje přemostění ESTOP tlačítka vozíku a je tedy možné vozík odpojit od lisu.

V tomto případě se daná strana lisu může pohybovat pouze v režimu „výměna formy“, tedy pouze přes bezpečnostní obouruční ovládání. Vozík se nesmí odpojovat během lisování pláště.



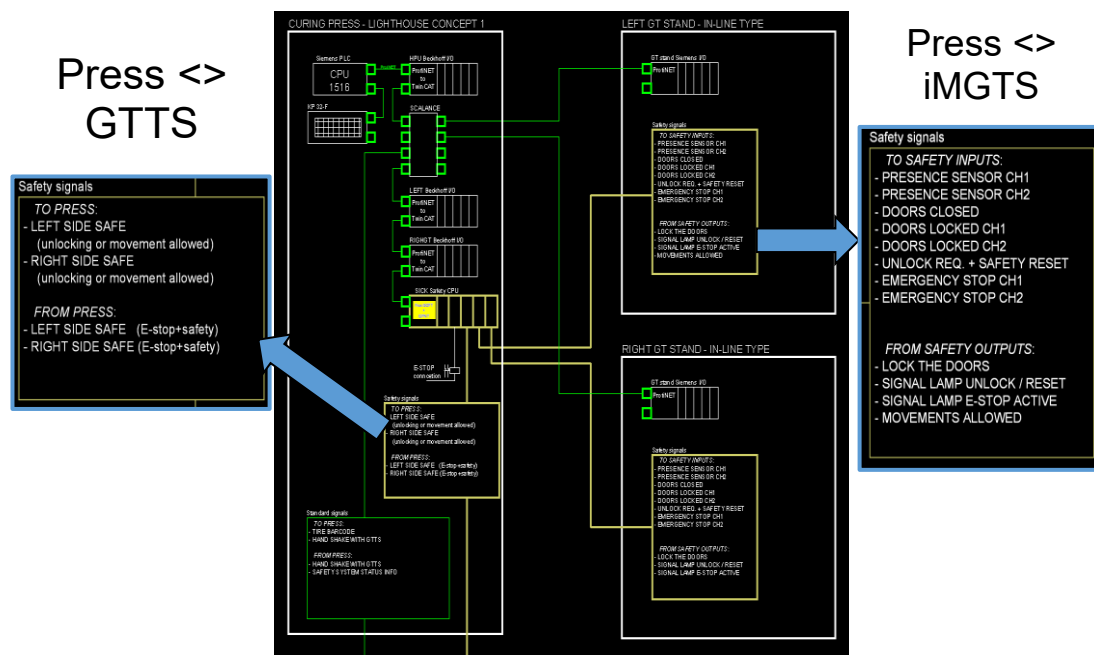
## 12 PROGRAMOVÁNÍ BEZPEČNOSTI

V závislosti na variantě lisu je programová část bezpečnosti programována buď v SW Flexi Soft Designer, v případě použití Flexi soft CPU1 od firmy SICK, anebo přímo v programovacím prostředí TwinCAT3, pokud je použito softwarové PLC od firmy Beckhoff.

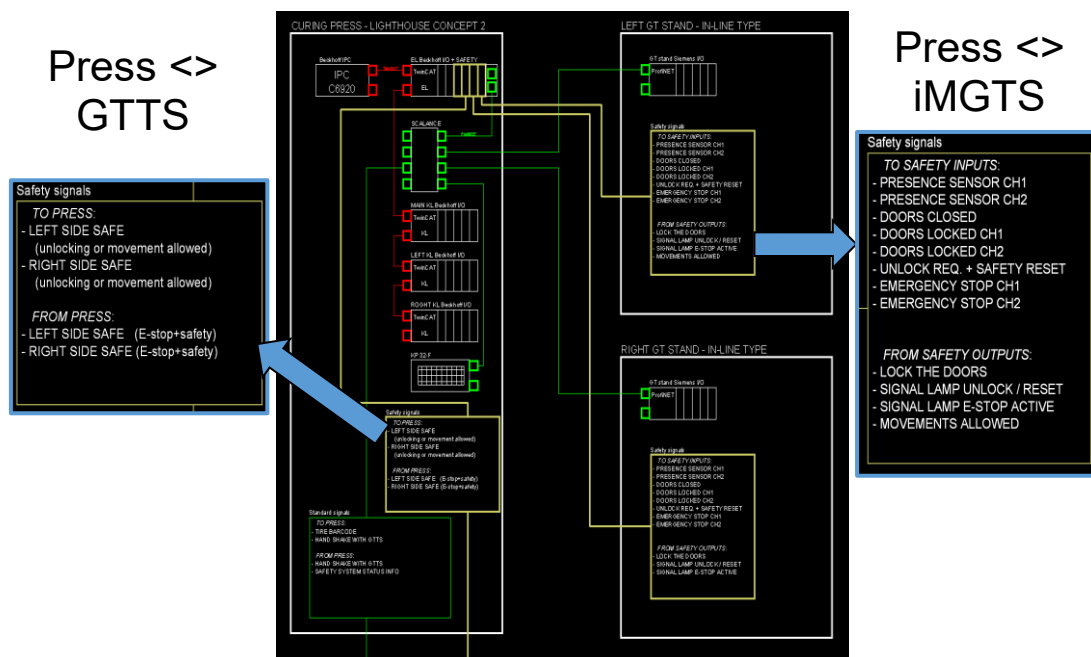
V následujících kapitolách je stručný přehled programování pomocí nástroje Flexi Soft Designer, jelikož jako prototyp byl určen lis právě s tímto bezpečnostním PLC.

### 12.1 HW architektura

Nejprve bylo potřeba vytvořit přehledové schéma, abychom měli přehled o použitých vstupech a výstupech. Samotné vstupy a výstupy z/do vozíku jsou naprosto shodné pro všechny varianty, rozdíl je pouze v cílovém připojení drátů, které jsou v jedné variantě připojeny na bezpečnostní karty SICK, ve variantě druhé jsou připojeny do bezpečnostních karet Beckhoff. Rozdíly v připojení jsou viditelné na následujících dvou obrázcích.



Obrázek 9 – Přehled připojení vstupů a výstupů varianta SICK



Obrázek 10 – Přehled připojení vstupů a výstupů varianta Beckhoff

## 12.2 Úprava bezpečnostního programu

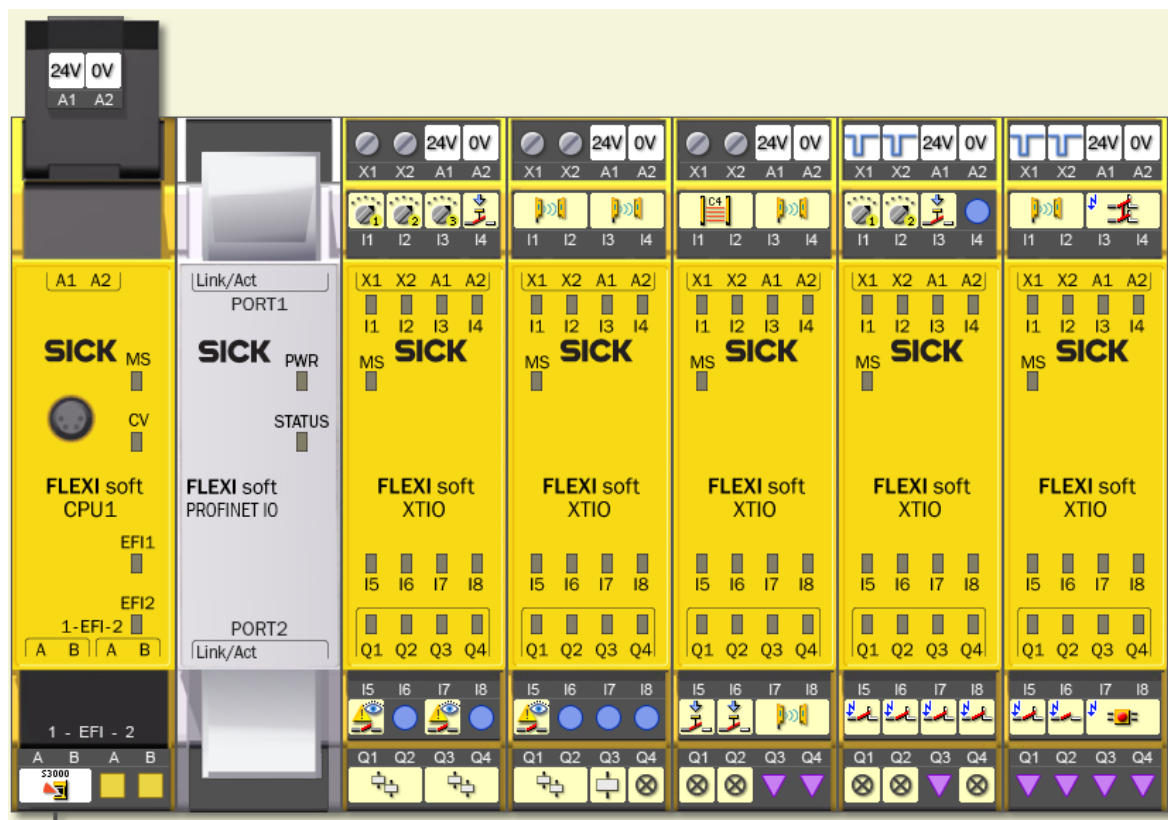
Pro samotnou programovou úpravu bylo nejprve potřeba fyzicky přidat několik vstupních a výstupních karet. Jelikož se tato práce věnuje pilotnímu vozíku, tedy prototypu, byl zvolen vhodný lis a padlo rozhodnutí udělat prototyp pouze na jednu stranu lisu, aby se předešlo případnému zdvojení možných problémů. Zároveň se případné nedostatky a úpravy mohou jednoduše opravit na prototypu a následující vozíky již budou upraveny od dodavatele.

Po přidání jednotlivých karet je nutné tyto doplnit do HW konfigurace PLC. Musí být správně nakonfigurovány a nastaveny jednotlivé bezpečnostní kanály.

Poté se naprogramuje požadovaná funkce a následně ověří její správná funkčnost.

### Flexi Soft Designer

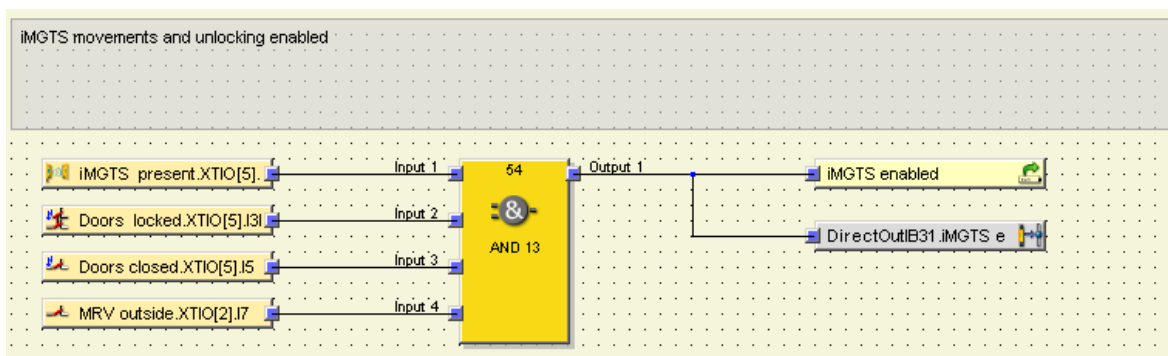
Pro HW konfiguraci byla v programovacím nástroji přidána nová vstupně-výstupní karta na konec stávající konfigurace a doplněno obsazení jednotlivých vstupů použitými bezpečnostními prvky. Každý z těchto prvků byl nastaven podle předpisových norem, aby bylo zaručeno požadovaného stupně bezpečnosti – PLd. Novou konfiguraci lze vidět na obrázku níže.



Obrázek 11 – HW konfigurace SICK

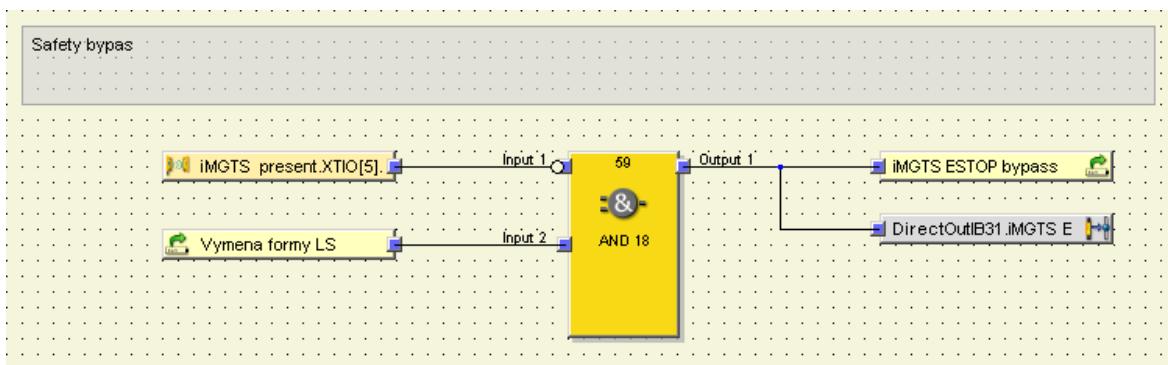
Dále byl upraven samotný bezpečnostní program podle požadavků a otestována bezpečnostní funkce. Pro přehlednost byla vytvořena nová záložka přímo pro iMGTS vozík. Byla naprogramována logika požadovaných funkcí a konečné výstupy byly implementovány do současné řídicí logiky bezpečnosti lisu.

Dále byl vytvořen signál „iMGTS enabled“, který umožňuje v kombinaci se stávajícím bezpečnostním programem, jakékoli pohyby vozíku díky následnému sepnutí bezpečnostních relé. Zároveň byl vytvořen stejný signál komunikovaný přes PROFINET sběrnici do PLC řízení lisu. Ten však už není bezpečnostní a je použit pouze pro standartní program.



Obrázek 12 – iMGTS signál povolení

Poté byl vytvořen signál pro požadavek odemknutí dveří a pro reset bezpečnostního obvodu. Posledním nutným signálem byl bypass pro přemostění bezpečnostního tlačítka v případě nutnosti odejmout vozík. I tento signál je komunikován s řídicím PLC pro nebezpečnostní funkce programu.



Obrázek 13 – ESTOP bypass

Všechny tyto signály byly zpětně propojeny do původního programu lisu tak, aby splňovaly dané požadované funkce. Zároveň i funkce pro nové ESTOP tlačítko a následný reset bezpečnostního obvodu byla upravena v původním programu lisu.

Nakonec byl nový program nahrán na stávající PLC a byla ověřena jeho správná funkčnost nejprve v ručním režimu a poté i v režimu automatickém.

## ZÁVĚR

Výsledkem bakalářské práce je řešení bezpečnosti vozíku pro přísun surových pláštěů k lisu. Nejvýznamnější částí práce je praktická část, která obsahuje popis cílového stavu spolu s rozbohem bezpečnostních rizik a návrhem jeho řešení. K vypracování návrhu konečného řešení bylo zapotřebí nastudování a pochopení bezpečnostních norem, hlavně ČSN EN ISO 13849-1 a ČSN EN ISO 13850, a také následná konzultace s techniky oddělení lisovny o podobě konečného řešení. Toto řešení bezpečnostních rizik je následně implementováno pomocí logiky v PLC použitím software Flexi Soft Designer.

Jelikož se jedná o prototypový stroj, který bohužel kvůli zpoždění firemního projektu nebyl dosud doručen, funkce byla vyzkoušena připojením samostatných snímačů, tedy bez vozíku a následným monitorováním zasažených výstupů. Test proběhl v pořádku a poté byl navrácen původní bezpečnostní program, který bude sloužit do doby dodání samotných vozíků.

Po dodání vozíků bude znovu nutné ověření chování lisu i vozíku a následné zaprotokolování funkčního stavu tak, aby mohl být vozík certifikován. Také dojde k zaprotokolování digitálního podpisu bezpečnostního programu, aby byla v případě nutnosti jednoduše ověřitelná aktuálnost daného programu.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Bezpečnost strojů - 1. díl – úvod, normy, posouzení rizika. VOJÁČEK, Antonín. *Automatizace.hw.cz* [online]. 2015 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-1-dil-normy-rizika.html>
- [2] Základní požadavky na strojní zařízení. *Bezpečnost práce* [online]. 2014 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.bezpecnost-prace.cz/zakladni-pozadavky-na-strojni-zarizeni/>
- [3] Základní bezpečnostní normy strojních zařízení. *ElektroPrůmysl.cz* [online]. 2018 [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/legislativa/zakladni-bezpecnostni-normy-strojnich-zarizeni>
- [4] Legislativní požadavky na strojní a technická zařízení dovážená ze zemí mimo EU. *Technicka-zarizeni.cz - odborný portál* [online]. 2019 [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://www.technicka-zarizeni.cz/legislativni-pozadavky-na-strojni-a-technicka-zarizeni-dovazena-ze-zemi-mimo-eu/>
- [5] Požadavky na strojní a technická zařízení dovezená ze zemí mimo EU. *BOZPinfo.cz - Oborový portál pro BOZP* [online]. 2015 [cit. 2024-04-17]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/pozadavky-na-strojni-technicka-zarizeni-dovezena-ze-zemi-mimo-eu>
- [6] ŠTURMA, Martin. Provoz, revize a údržba technických zařízení: elektrická, plynová, tlaková, zdvihací. Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5121-4. Dostupné také z: <https://www.bookport.cz/AccountSaml/SignIn/?idp=https://shibboleth.utb.cz/idp/shibboleth&returnUrl=/kniha/provoz-revize-a-udrzba-technickyh-zarizeni-1273>
- [7] Jaký je rozdíl mezi normami typu A, B a C? *PILZ – The spirit of safety* [online]. [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://www.pilz.com/cs-CZ/support/faq/standards/articles/167667>
- [8] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Obecné zásady pro konstrukci. 2017. Praha.
- [9] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI. Bezpečnost strojních zařízení – Funkce nouzového zastavení - Zásady pro konstrukci. 2017. Praha.

- [10] Bezpečnostní prvky pro strojní zařízení. *Elektro – časopis pro elektroniku* [online]. 2021 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/bezpecnostni-prvky-pro-strojni-zarizeni--10599>
- [11] Tlačítka nouzového zastavení es. *Euchner* [online]. 2024 [cit. 2024-05-09]. Dostupné z: <https://www.euchner.de/cs-cz/vyrobky/zarizeni-nouzoveho-zastaveni/nouzove-zastavovaci-prvky-es/>
- [12] Bezpečnostní prvky pro strojní zařízení. *Automa – časopis pro automatizační techniku* [online]. 2010 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: [https://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/bezpecnostni-prvky-pro-strojni-zarizeni-2010\\_08\\_41724\\_6231/](https://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/bezpecnostni-prvky-pro-strojni-zarizeni-2010_08_41724_6231/)
- [13] Obouruční ovladač PCB3. *OEM Automatic* [online]. 2024 [cit. 2024-05-09]. Dostupné z: <https://www.oemautomatic.cz/produkty/bezpecnostni-prvky/bezpecnostni-rele-/obouru%C4%8Dn%C3%AD-ovlada%C4%8D-pcb3--182255> [14] zdroj: <https://www.sick.com/cz/cs/vyrobky-a-reseni/vyrobky/safety/blokovaci-zarizeni/c/g191551?tab=overview>
- [15] Bezpečnost strojů realizovaná světelnými závory. VOJÁČEK, Antonín. *Automatizace.hw.cz* [online]. 2014 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-a-zarizeni-realizovana-svetelnymi-zavesy>
- [16] Bezpečnostní světelná závora typu 4. *Keyence* [online]. 2024 [cit. 2024-05-09]. Dostupné z: <https://www.keyence.eu/cscz/products/safety/light-curtain/>
- [17] Funkce bezpečnostního relé. *Pilz – The spirit of safety* [online]. [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.pilz.com/cs-CZ/support/lexicon/articles/072106>
- [18] Univerzální bezpečnostní relé speciálně vyvinuté pro výrobce strojů. *Volty.cz* [online]. 2018 [cit. 2024-05-09]. Dostupné z: <https://www.volty.cz/2018/08/31/univerzalni-bezpecnostni-rele-specialne-vyvinute-vyrobce-stroju/>
- [19] SMETANA, Štěpán. Zhodnocení současných technologií v zajišťování funkční bezpečnosti strojních zařízení [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2014 [cit. 2024-04-16]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/32202>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.

- Fakulta strojního inženýrství. Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jiří Zahálka.
- [20] PALKO, Anton. Dopravníky a dopravné stroje. Prešov: Vydavatelství Michala Vaška, 2012. ISBN 978-80-7165-871-9.
- [21] Dopravník: co to je, typy, použití. *Kherson News* [online]. 2023 [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: <https://kherson-news.net/lang/cs/conveyor-what-it-is-types-application.html>
- [22] Jiné typy dopravních systémů. *OCS – Conveyors moving your business* [online]. 2019 [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: <https://ocssystem.cz/conveyor-expertise/jine-typy-dopravnich-systemu/>
- [23] JANČÍK, Jiří a ČERNÝ, Richard. *Sofistikované PLC systémy*. [online]. MM Průmyslové spektrum. 2013, roč. 17, č. 12, s. 42-43. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/sofistikovane-plc-systemy>. [cit. 2024-04-14].
- [24] Co je programovatelný logický automat (PLC) - 1. část. *Elektroprumysl.cz*. [online]. [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/automatizace/co-je-programovatelný-logický-automat-plc-1-část>
- [25] ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace, 1.díl. 1. Vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2009. ISBN 80-860-5658-9
- [26] ŠMEJKAL, Ladislav. Přehled trhu PLC a logických modulů. [online]. *Automa*. 2016, roč. 22, č. 2, s. 14-21. ISSN 1210-9592. Dostupné z: [http://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/prehled-trhu-plc-a-logicky-modulu-2016\\_02\\_54528\\_7560/](http://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/prehled-trhu-plc-a-logicky-modulu-2016_02_54528_7560/). [cit. 2024-04-14].
- [27] BARDOVCY, Petr. Podpora výuky předmětu Mikropočítače a PLC zaměřené na bezpečnost s využitím PLC Siemens [online]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky, 2019 [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: [https://stag.utb.cz/StagPortletsJSR168/PagesDispatcherServlet?pp\\_destElement=%23ssSouboryStudentuDivId\\_37967&pp\\_locale=cs&pp\\_reqType=render&pp\\_portlet=souboryStudentuPagesPortlet&pp\\_page=souboryStudentuDownloadPage&pp\\_nameSpace=G13307&soubidno=130173](https://stag.utb.cz/StagPortletsJSR168/PagesDispatcherServlet?pp_destElement=%23ssSouboryStudentuDivId_37967&pp_locale=cs&pp_reqType=render&pp_portlet=souboryStudentuPagesPortlet&pp_page=souboryStudentuDownloadPage&pp_nameSpace=G13307&soubidno=130173)



- [28] ŠMEJKAL, Ladislav. Přehled trhu PLC a logických modulů. [online]. Automa. 2012, roč. 18, č. 1, s. 22-28. ISSN 1210-9592. Dostupné z: [http://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/prehled-trhu-plc-a-logicky-ch-modulu-2012\\_01\\_0\\_9302/](http://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/prehled-trhu-plc-a-logicky-ch-modulu-2012_01_0_9302/). [cit. 2024-04-14].
- [29] BOLTON, W. Programmable logic controllers. 6th ed. Oxford: Newnes, 2015. ISBN 9781856177511.
- [30] PLC není tak děsivé. *Botland blog*. [online]. [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://botland.cz/blog/plc-neni-tak-desive/>
- [31] PLC – sestava. *PLC AUTOMATIZACE* [online]. [cit. 2024-04-14]. Dostupné z: <http://plc-automatizace.cz/knihovna/plc/plc-hw-sestava.htm>
- [32] Siemens SIMATIC S7-1200 Vs SIMATIC S7-1500 | Comparative Study. *Electronics Lovers*. [online]. [cit. 2024-04-04]. Dostupné z: <https://electronicslovers.com/2023/02/siemens-simatic-s7-1200-vs-simatic-s7-1500-comparative-study.html>
- [33] Flexi Soft. The software-programmable safety controller. *Sick – Sensor Intelligence*. [online]. [cit. 2024-04-04]. Dostupné z: <https://www.sick.com/es/en/catalog/products/safety/safety-controllers/flexi-soft/c/g186176>
- [34] Flexi Soft in Flexi Soft Designer. *Sick - Sensor Intelligence* [online]. 2023 [cit. 2024-04-14]. Dostupné z: [https://cdn.sick.com/media/docs/9/59/659/operating\\_instructions\\_flexi\\_soft\\_in\\_flexi\\_soft\\_designer\\_configuration\\_software\\_en\\_im0031659.pdf](https://cdn.sick.com/media/docs/9/59/659/operating_instructions_flexi_soft_in_flexi_soft_designer_configuration_software_en_im0031659.pdf)
- [35] TwinCAT automation software. *Beckhoff* [online]. 2024 [cit. 2024-04-19]. Dostupné z: <https://www.beckhoff.com/cs-cz/products/automation/twincat/>
- [36] Application Guide TwinSAFE: Examples for the calculation of safety parameters for safety functions. [online]. *Beckhoff*, 2024 [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: [https://download.beckhoff.com/download/Document/automation/twinsafe/application\\_guidetwinsafeen.pdf](https://download.beckhoff.com/download/Document/automation/twinsafe/application_guidetwinsafeen.pdf)

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BOZP – Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

CE – evropská shoda

CEN – Evropský výbor pro normalizaci

CENELEC – Evropský výbor pro elektrotechnickou normalizaci

CPU – centrální procesorová jednotka

ČAS – Česká agentura pro standardizaci

ČSN – Česká státní norma

DCS – decentralizovaná třída PLC

EN – Evropské verze norem

ES – přezkoušení typu

ESTOP – tlačítko nouzového zastavení

EU – evropská unie

HW – hardware, technické vybavení

I/O – vstupy/výstupy

iMGTS – mobilní dopravník, vozík

NV – nařízení vlády

PLC – programovatelný automat

PLT – Výroba osobních pneumatik

PLd – úroveň bezpečnosti d

RIO – vzdálené vstupy/výstupy

SW – software, programové vybavení PC

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 – Přehled technických norem ABC [1] .....	17
Obrázek 2 – Tlačítko nouzového zastavení [11] .....	18
Obrázek 3 – Dvouruční zařízení [13] .....	19
Obrázek 4 – Blokovací zařízení ochranných krytů [14] .....	20
Obrázek 5 – Světelná bariéra [16] .....	20
Obrázek 6 – Bezpečnostní relé [18].....	21
Obrázek 7 – Stykač [19] .....	23
Obrázek 8 – Jednoduché schéma PLC systému [29].....	29
Obrázek 9 – Přehled připojení vstupů a výstupů varianta SICK .....	49
Obrázek 10 – Přehled připojení vstupů a výstupů varianta Beckhoff .....	50
Obrázek 11 – HW konfigurace SICK .....	51
Obrázek 12 – iMGTS signál povolení .....	52
Obrázek 13 – ESTOP bypass.....	52

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Nové bezpečnostní vstupy a výstupy .....	44
--	----