



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

FUNKČNÍ BEZPEČNOST PRO DEMONSTRÁTOR I4.0

FUNCTIONAL SAFETY FOR INDUSTRY 4 DEMONSTRATOR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Robert Průdek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D.

BRNO 2022

Diplomová práce

magisterský navazující studijní program **Kybernetika, automatizace a měření**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Bc. Robert Průdek

ID: 198026

Ročník: 2

Akademický rok: 2021/22

NÁZEV TÉMATU:

Funkční bezpečnost pro demonstrátor I4.0

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s problematikou funkční bezpečnosti s ohledem na požadavky demonstrátoru.
2. Analyzujte stávající stav demonstrátoru a navrhňte změny, které povedou ke zlepšení funkční bezpečnosti.
3. Navrhňte využití konkrétních komponent.
4. Proveďte konstrukční a elektronický návrh zapojení jednotlivých komponent.
5. Realizujte programové vybavení bezpečnostních prvků a otestujte je.
6. Celé řešení zadokumentujte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Funkční bezpečnost, skripta LAUP, Zezulka, FEKT VUT

Termín zadání: 7.2.2022

Termín odevzdání: 18.5.2022

Vedoucí práce: Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D.

doc. Ing. Petr Fiedler, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

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

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá bezpečností v okolí demonstrátoru Testbed. Byla vypracována analýza rizik. Následně byly navrženy změny, které mají zařídit dostatečnou bezpečnost v definovaných prostorech. Bezpečnostní prvky byly navrženy pro celek demonstrátoru nikoliv pro samostatné buňky. Následně byl vytvořen konstrukční návrh zabezpečení a elektronický návrh jednotlivých komponent.

Klíčová slova

Testbed, průmysl 4.0, bezpečnostní PLC, bezpečnost, analýza rizik

Abstract

This diploma thesis deals with safety around the Testbed demonstrator. A risk analysis has been prepared. Changes have been proposed to ensure sufficient security in defined areas. The security features were designed for the demonstrator assembly and not for individual cells. Then a security design and electronic design of individual components were created.

Keywords

Testbed, industry 4.0, safety PLC, Safety, risk analysis

Bibliografická citace

PRŮDEK, Robert. *Funkční bezpečnost pro demonstrátor I4.0* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/142250>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Václav Kaczmarczyk.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	Robert Průdek
VUT ID studenta:	198026
Typ práce:	Diplomová práce
Akademický rok:	2021/22
Téma závěrečné práce:	Funkční bezpečnost pro demonstrátor I4.0

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

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

V Brně dne: 18. května 2022

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Václavu Kaczmarczykovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Lukáši Trendlovi za cenné rady z odvěti bezpečnosti robotických pracovišť z firmy LT control s.r.o.

V Brně dne: 18. května 2022

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK.....	10
ÚVOD	11
1. PRŮMYSL 4.0.....	12
1.1 TECHNOLOGIE PRŮMYSLU 4.0	12
2. TESTBED	16
2.1 MECHANICKÁ KONSTRUKCE	16
2.1.1 Autonomní buňka zásobníku alkoholu	16
2.1.2 Autonomní buňka zásobníku nealkoholických nápojů.....	16
2.1.3 Autonomní buňka drtiče ledu	16
2.1.4 Autonomní buňka míchače nápojů	17
2.1.5 Autonomní buňka zásobníku sklenic	17
2.1.6 Autonomní buňka dávkování sody.....	17
2.1.7 Dopravníkový pás	17
2.1.8 Robotický SCARA manipulátor	17
2.2 FUNKČNOST Z POHLEDU ZÁKAZNÍKA	17
3. TECHNICKÉ NORMY	19
3.1 ROZDĚLENÍ BEZPEČNOSTNÍCH NOREM.....	19
3.1.1 Normy typu A	19
3.1.2 Normy typu B	20
3.1.3 Normy typu C	21
4. NORMA ČSN EN ISO 12100	22
4.1 STRATEGIE POSOUZENÍ RIZIKA A SNÍŽENÍ RIZIKA	22
4.2 URČENÍ MEZNÍCH HODNOT STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ	24
4.3 IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ.....	25
4.4 ODHAD RIZIKA	25
4.5 HLEDISKA, KTERÁ JE POTŘEBA UVAŽOVAT PŘI ODHADU RIZIKA.....	26
4.6 ZHODNOCENÍ RIZIKA	27
4.7 SNÍŽENÍ RIZIKA.....	27
5. NORMA ČSN EN ISO 13849-1.....	29
5.1 STANOVENÍ POŽADOVANÉ ÚROVNĚ VLASTNOSTÍ	29
5.2 STŘEDNÍ DOBA DO NEBEZPEČNÉ PORUCHY	30
5.3 DIAGNOSTICKÉ POKRYTÍ	30
5.4 PORUCHA SE SPOLEČNOU PŘÍČINOU	31
5.5 KATEGORIE	32
5.5.1 Kategorie B.....	32
5.5.2 Kategorie 1	32
5.5.3 Kategorie 2	32
5.5.4 Kategorie 3	33
5.5.5 Kategorie 4	34

1.	ANALÝZA DEMONSTRÁTORU	35
1.1	ROBOTICKÝ MANIPULÁTOR	35
1.2	ROBOTICKÉ PRACOVÍŠTĚ	35
1.3	AUTONOMNÍ BUŇKY	37
1.4	DOPRAVNÍKOVÝ PÁS	40
2.	POTŘEBNÉ KOMPONENTY	43
2.1	BEZPEČNOSTNÍ PLC	43
2.2	ROZŠÍROVACÍ MODUL BEZPEČNOSTNÍCH VSTUPŮ	44
2.3	ROZŠÍROVACÍ MODUL BEZPEČNOSTNÍCH VÝSTUPŮ	45
2.4	ELEKTRONICKÝ ZÁMEK DVEŘÍ	45
2.5	OPTICKÁ ZÁVORA.....	46
2.6	STYKAČ A POMOCNÉ KONTAKTY	47
2.7	BEZPEČNOSTNÍ RELÉ PRO ZASTAVENÍ ROBOTA.....	47
3.	ELEKTRONICKÉ ZAPOJENÍ.....	48
4.	ZÁVĚR.....	49

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Průmyslové revoluce [3].....	10
Obr. 2: Propojení všeho v průmyslu 4.0 [4].....	13
Obr. 3: Schéma procesu snižování rizika []	23
Obr. 4: Schéma procesu snižování rizika z pohledu konstruktéra a uživatele []	24
Obr. 5: Graf pro určení požadované PL_r []	30
Obr. 6: Architektura kategorie B a 1 []	32
Obr. 7: Architektura kategorie 2 []	33
Obr. 8: Architektura kategorie 3 []	34
Obr. 9: Architektura kategorie 4 []	34
Obr. 18: Kryt robotického stanoviště.....	37
Obr. 19: Kryt na stop tlačítko	39
Obr. 20: Kryt na HMI panel.....	40
Obr. 21: Zabezpečení v okolí dopravníku.....	41
Obr. 10: Bezpečnostní PLC SIEMENS S7-1200 [20]	44
Obr. 11: Rozšiřovací modul bezpečnostních vstupů pro bezpečnostní PLC [21]	45
Obr. 12: Rozšiřovací modul bezpečnostních výstupů pro bezpečnostní PLC []	45
Obr. 13: Bezpečnostní zámek PILZ PSEN me1S/1AR [22]	46
Obr. 14: Bezpečnostní světelný závěs od firmy ifm [].....	46
Obr. 15: Pomocné kontakty Eaton 22DILE []	47
Obr. 16: Stykač Eaton DILEM-10-G []	47
Obr. 17: Relé FINDER 7S.12.9.024.5110 [].....	47

SEZNAM TABULEK

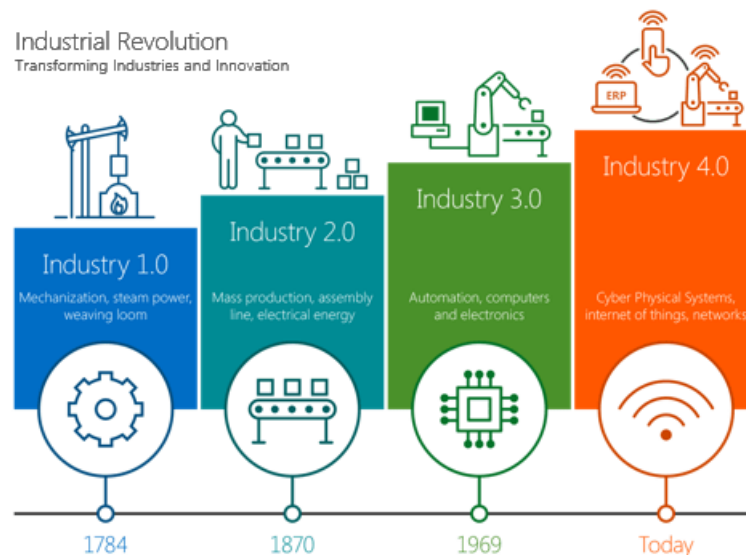
Tabulka 1: Střední doba do nebezpečné poruchy každého kanálu []	30
Tabulka 2: Diagnostické pokrytí []	31
Tabulka 3: Proces působení a kvalifikace opatření proti CCF []	31

ÚVOD

Cílem diplomové práce bylo seznámit se s problematikou funkční bezpečnosti s ohledem na požadavky demonstrátoru. Následně analyzovat stávající stav demonstrátoru a navrhnout změny vedoucí ke zlepšení funkční bezpečnosti. Na demonstrátor bylo pohlíženo jako na jeden celek, nikoli jako na samostatné části autonomních buněk. Demonstrátor je složen z několika autonomních výrobních buněk, které jsou schopné pracovat mimo prostor stolu. U těchto buněk je také nutné vyřešit jistá bezpečnostní rizika, aby nedošlo k úrazu. Z tohoto důvodu je daná bezpečnost vyřešena pouze v případě, pokud se buňky nachází v prostoru stolu. Dále je cílem navrhnout konkrétní komponenty potřebné ke zlepšení bezpečnosti. Následně vytvořit konstrukční návrh, který by zajistil požadovanou bezpečnost ochrannými prvky. V poslední řadě vytvořit elektronický návrh zapojení jednotlivých komponent.

1. PRŮMYSL 4.0

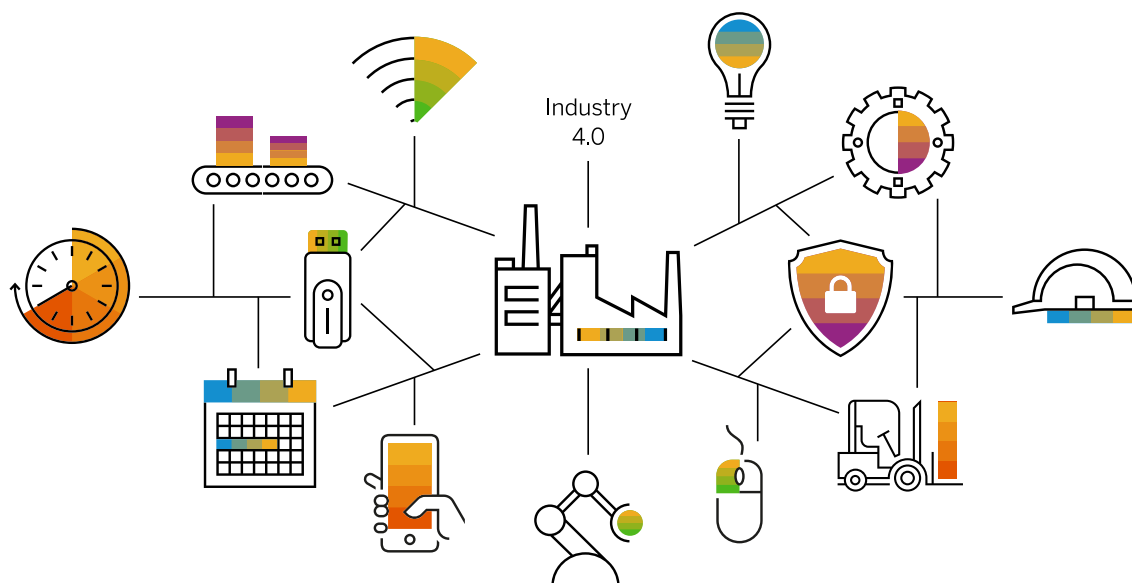
První průmyslová revoluce nastala v Anglii ke konci 18. století, začaly se zde využívat nové zdroje energie, jako například voda a pára. Druhá revoluce proběhla koncem 19. století, zde došlo k zavádění montážních linek, využívání elektřiny a spalovacích motorů. Za počátek třetí revoluce se nejčastěji uvádí rok 1969. Začaly se hojně využívat počítače a první vyrobená PLC (programmable logic controller – programovatelný logický automat), díky kterým se začaly automatizovat některé procesy a vznikaly první automatizované výrobní linky. Čtvrtá průmyslová revoluce se snaží o navýšení automatizace a zařazení chytrých strojů, což vede ke vzniku takzvané „chytré továrny“, díky tomu lze vyrábět zboží efektivněji a produktivněji. Významným způsobem je zvýšena flexibilita. Díky tomu bude možné na základě požadavků zákazníka vytvořit produkt přímo na míru, který bude splňovat jeho požadavky. [1][2]



Obr. 1: Průmyslové revoluce [3]

1.1 Technologie průmyslu 4.0

Technologie stojí na devíti pilířích, mezi které patří například big data a analýza za pomoci UI, horizontální a vertikální integrace, cloud computing a rozšířená realita. Za pomoci těchto technologií dochází k vytvoření takzvaného mostu mezi digitálním a fyzickým světem, díky tomu může vzniknout chytrý a autonomní systém. Některé podniky využívají část z těchto technologií, ale plný potenciál průmyslu 4.0 tkví ve využití všech těchto technologií dohromady. [4]



Obr. 2: Propojení všeho v průmyslu 4.0 [4]

1. Big data a analýzy za pomoci UI

Big data je sbírka dat z mnoha různých zdrojů, například z vybavení v dané továrně, ze zařízení připojené na IoT (Internet of Things – internet věcí), ERP (Enterprise Resource Planning – plánování podnikových zdrojů), CRM (Customer Relationship Management – řízení vztahů se zákazníky) až po aplikace pro počasí a dopravní informace. Analýza založená na UI (umělá inteligence) a strojovém učení jsou aplikovány na data v reálném čase, poznatky se využívají ke zlepšení rozhodování a automatizaci v každé oblasti řízení dodavatelského řetězce. Sem patří například plánování dodavatelského řetězce, řízení logistiky, výroba, R&D (Research and development – výzkum a vývoj), EAM (Enterprise asset management – správa podnikových aktivit) a zadávání zakázek. [4]

2. Horizontální a vertikální integrace

Páteří průmyslu 4.0 je horizontální a vertikální integrace. Díky horizontální integraci jsou procesy těsně integrovány na úrovni výroby, napříč více výrobními zařízeními a napříč celým dodavatelským řetězcem. Díky vertikální integraci jsou všechny vrstvy organizace propojeny. To znamená, že data volně proudí z dílny do nejvyššího patra a zase zpět dolů. Jinými slovy, výroba je těsně integrována s obchodními procesy, jako je R&D, zajištění kvality, prodej a marketing a další oddělení. [4]

3. Cloud computing

Cloud computing je doručování výpočetních služeb, včetně serverů, úložišť, databází, sítí, softwaru, analytických nástrojů a inteligentních funkcí přes internet. Dále nabízí rychlejší inovace, flexibilitu prostředků a cenové výhody. Dnešní cloudová technologie je vysoce škálovatelná, podle potřeby je například možné měnit množství úložného prostoru, potřebného výkonu a další. Díky tomu odpadá nutnost investovat do zařízení vlastních datových center a nákup hardwaru a softwaru. [5] Cloud computing pomáhá digitální transformaci a průmyslu 4.0, tato technologie poskytuje základ nejpokročilejší

technologie, jako například umělá inteligence a strojové učení pro IoT, což dává podnikům prostředky pro inovace. Data, která pohání technologie průmyslu 4.0 jsou uložena v cloudu, tyto data využívá CPS ke komunikaci a koordinaci. [4]

4. Rozšířená realita

Další částí průmyslu 4.0 je rozšířená realita, která za pomoci digitální technologie zajistí prolnutí skutečného prostředí s digitálním objektem. Pro komunikaci se systémem virtuální reality zaměstnanci použijí chytré brýle nebo mobilní zařízení k vizualizaci dat IoT v reálném čase, popřípadě digitálních dílů, pokynů k opravě nebo montáži, obsahu školení a dalších věcí při pohledu na fyzickou věc, jako je například zařízení nebo produkt. Rozšířená realita má významné využití pro údržbu, servis a zajištění kvality, další využití je pro školení techniků a bezpečnost. [4]

5. Průmyslový internet věcí

Pokud je řeč o průmyslu mluvíme o průmyslovém internetu věcí, ale často se tento pojem používá zaměnitelně s internetem věcí. Většina fyzických věcí v průmyslu 4.0, jako jsou zařízení, roboti, stroje, vybavení a produkty využívají senzory a RFID tagy k poskytování údajů v reálném čase o jejich stavu, výkonu nebo umístění. Tato technologie umožňuje společností provozovat hladší dodavatelské řetězce, rychle navrhovat a upravovat produkty, předcházet prostojům zařízení, udržovat si přehled o preferencích spotřebitelů, sledovat produkty, zásoby a mnoho dalšího. [4]

6. Aditivní výroba/3D tisk

Další klíčovou technologií pohánějící průmysl 4.0 je aditivní výroba neboli 3D tisk. 3D tisk byl původně používán jako nástroj pro rychlé prototypování, ale nyní nabízí širší škálu aplikací, od hromadného přizpůsobení až po distribuovanou výrobu. Pomocí 3D tisku lze například díly a produkty uložit jako soubory návrhů do virtuálních zásob a vytisknout je na požádání v místě potřeby, což snižuje přepravní vzdálenosti i náklady [4]

7. Autonomní roboti

S průmyslem 4.0 se objevuje nová generace autonomních robotů. Tito roboti jsou naprogramováni k provádění úkolů s minimálním zásahem člověka, liší se svou velikostí a funkcí, může se jednat například o drony skenující inventáře až po autonomní mobilní roboty pro operace pick-and-place. Tito roboti, kteří jsou vybaveni špičkovým softwarem, umělou inteligencí, senzory a strojovým viděním jsou schopni provádět obtížné a choulostivé úkoly a dokážou rozpoznat, analyzovat a reagovat na informace, které obdrží ze svého okolí. [4]

8. Simulace/digitální dvojče

Digitální dvojče je virtuální simulace skutečného stroje, produktu, procesu nebo systému na základě dat a senzorů IoT. Tato základní součást průmyslu 4.0 umožňuje podnikům lépe porozumět, analyzovat a zlepšit výkon a údržbu průmyslových systémů a produktů. Operátor aktivit může například použít digitální dvojče k identifikaci konkrétní nefunkční součásti, předvídat potencionální problémy a zlepšit dobu provozuschopnosti. [4]

9. Kybernetická bezpečnost

Se zvýšenou konektivitou a využívání velkých dat v průmyslu 4.0 je prvořadá efektivní kybernetická bezpečnost. Implementace architektury nulové důvěry a technologií, jako je strojové učení a blockchain mohou společnosti automatizovat detekci, prevenci a reakci na hrozby a minimalizovat riziko narušení dat a zpoždění výroby v rámci svých sítí. [4]

2. TESTBED

V této kapitole je popsán výukový simulátor testbed průmysl 4.0.

2.1 Mechanická konstrukce

Základem daného testbedu je pracovní plocha o rozloze 2000 x 1000 mm. Na této ploše jsou umístěny čtyři autonomní jednotky, dopravníkový pás a robotický SCARA manipulátor. Pod pracovním prostorem zmíněného testbedu se nachází zóna, kde jsou všechny podpůrné a ovládací prvky doplněné IT technologiemi. Pro buňky, které by se díky svým rozměrům nevešly na prostor stolu byl pro ně vyhrazen prostor za stolem. Celý komplet stolu společně s buňkami za ním tvoří dohromady kompletní výrobní závod.

Všechny autonomní buňky umístěné v pracovním prostoru stolu jsou postaveny z hliníkových rámců o výměře půdorysu 330 x 330 mm a výškou 500 mm. Pro každou buňku je předem nadefinovaná specifická trajektorie, kterou by má daný manipulátor následovat při vkládání nebo vyjímání sklenice z buňky. Je zde snaha o to, aby jednotlivé buňky byly co nejvíce zaměnitelné, z toho důvodu i dané trajektorie musí být sjednoceny. Tomu pomáhá vhodné navržení buněk tak, aby v každé z nich byl stojánek na sklenice umístěn vždy na stejném místě. [6]

2.1.1 Autonomní buňka zásobníku alkoholu

Tato buňka slouží jako sklad základních ingrediencí, jako jsou například alkoholické nápoje a ochucené sirupy. Požadovaná tekutina je dávkována v množství 2 až 5 cl. Množství a typ tekutiny, která má být vložena do sklenice se řídí za pomoci receptu, který je uložen na NFC (Near Field Communication) čipu. Buňka je tvořena otočným dvoupatrovým rámem nesoucí lahve s přísadami po obvodu. [6]

2.1.2 Autonomní buňka zásobníku nealkoholických nápojů

Buňka slouží ke skladování a dávkování většího množství (1 dl až 3dl) tekutých přísad, jako jsou džusy. V buňce se nalézají chlazené nerezové tanky, jejichž obsah je dodáván přes elektromagnetické ventily a pulzní průtokoměry. V buňce se nalézají celkem čtyři tanky s různým druhem tekutiny. Podstavec pod skleničkou je vybavený tenzometrickým senzorem, který zajistí, aby bylo dodáno správné přednastavené množství kapaliny. [6]

2.1.3 Autonomní buňka drtiče ledu

Tahle buňka slouží ke skladování ledových kostek a následnému dodání do sklenice. Dávkovač ledu je zaizolovaný a chlazený systémem Peltierova chladiče. Pro dávkování ledu jsou využity rotační drtící nože a tenzometrický člen pro odměření správného množství ledu dodaného do sklenice. Led do sklenice je dodáván ve formě ledové drti. [6]

2.1.4 Autonomní buňka míchače nápojů

Díky této buňce dojde k promíchání směsi tekutin vložené do sklenice. Proces míchání zajišťuje stejnosměrný motor, který za pomoci klikového mechanismu převede rotační pohyb na translační. Po promíchání je přistaven talířek, který zajišťuje, aby byly zachyceny všechny kapající tekutiny. Předtím, než dojde k dalšímu promíchání je víčko opláchnuto, jedná-li se o přípravu rozdílného nápoje. [7]

2.1.5 Autonomní buňka zásobníku sklenic

Tato buňka slouží pro skladování čistých, ale i špinavých skleniček, které mohou být následně umyty a použity znovu. Sklenice jsou přemisťovány za pomoci manipulátoru a jsou skládány do čtyř sloupců. Zařízení manipulátoru je umístěno ve středu buňky a otáčí se kolem své svislé osy. Díky tomu je schopen uchopit sklenici a přenést ji ze stohu do výstupního bodu stolu nebo naopak. [6]

2.1.6 Autonomní buňka dávkování sody

V této buňce je možné skladovat a vyrábět perlivou vodu. Když dojde k požadavku na perlivou vodu přečerpá se dané množství vody do zvolené nádoby, pokud není dostatečné množství média je autonomně vyrobeno. Je zabudován automatický systém pro doplňování jednotlivých zdrojů materiálu, jako je například CO₂. [8]

2.1.7 Dopravníkový pás

Je používán pro přijímání sklenice naplněné požadovaným množstvím tekutin a následné distribuci směrem k uživateli. Další využití je ke sběru již použitých špinavých sklenic, aby mohlo dojít k jejich následnému odklizení. [8]

2.1.8 Robotický SCARA manipulátor

Jedná se o robotický transportér přemisťující polotovary mezi jednotlivými autonomními buňkami. Dále pokládá hotové sklenice na dopravníkový pás. [8]

2.2 Funkčnost z pohledu zákazníka

V jednotlivých buňkách je možné zhmotnit sekvenční výrobu konkrétního uživatelem definovaného výrobku. Sklenice je postupně přenášena z jedné buňky do další, dokud neprojde danými buňkami, aby bylo splněno vše, co si uživatel zadal. Mezi těmito buňkami se posouvá za pomoci robota. V první fázi je vyzvednuta sklenice robotem ze zásobníku čistých sklenic, ta je následně přesouvána mezi danými buňkami. První buňkou bude většinou dávkovač ledu, vzhledem k tomu, že dávkovat led do sklenice, ve které je již tekutina by mohlo způsobit nechtěnou ztrátu tekutiny ze sklenice. Poté je přesunuta do další buňky, aby byly provedeny další kroky podle receptury. Tímto způsobem projde sklenice všemi potřebnými kroky, které jsou napsané v receptuře. Posledním krokem je vložení sklenice za pomoci robotického manipulátoru na jede z vozíků dopravníkového

pásu. Zde si ji poté může zákazník odebrat, následně na některou z volných pozic položí špinavou skleničku a ta je robotem odnesena do zásobníku použitých sklenic. [6]

3. TECHNICKÉ NORMY

Technické normy jsou soubor dohod, v nichž se nachází jistá pravidla, pokyny nebo charakteristiky činností, které když jsou použity, tak je díky tomu zajištěno, že materiál, výrobky a postupy vyhovují danému účelu. Tyto normy nejsou povinné nařízení, kterými by se člověk měl řídit, jsou dobrovolné, avšak jejich dodržení je výhodné pro všechny strany. V rámci bezpečnosti je možné se nejčastěji setkat s normami EN (European Norm – Evropská Norma), ISO (International Organization for Standardization – Mezinárodní organizace pro standardizaci) a IEC (International Electrotechnical Commission – Mezinárodní elektrotechnická komise). [9]

Evropské normy jsou založeny na normách ISO a IEC, většinou se jedná o doslovný překlad těchto norem. Ale může se stát, že pro některé normy dojde k menším úpravám, aby vše odpovídalo pro evropský trh. [10]

Normy ISO stanovují potřebné kontroly a požadavky v oblastech kvality produktu nebo služeb, environmentálního managementu a bezpečnosti strojního zařízení. Normy IEC se zabývají standardy pro elektrické, elektronické a příbuzné technologie. Tyto bezpečnostní standardy pokrývají obrovskou škálu technologií, od výroby a distribuce energie po kancelářské vybavení, polovodiče, baterie a další. Některé normy jsou vytvořeny ve spolupráci s ISO a vzniknou normy ISO/IEC. [10]

Pokud existuje oblast, ve které neexistují evropské nebo mezinárodní normy je vytvořena původní česká norma. Množství takto vytvořených norem je pouze 5 % z celkové roční produkce norem, takto vytvořená norma je označena ČSN. Všechny evropské nebo mezinárodní normy jsou následně přejaty do norem českých a tím se daná norma stává normou českou. V závislosti na tom, odkud byla daná norma přejata nese název například ČSN EN pokud jde evropskou, ČSN ISO pokud o ISO normu a tak dále. [9]

3.1 Rozdělení bezpečnostních norem

Dané normy se dělí do tří skupin, tyto skupiny jsou A, B a C. Čím hlouběji se jde, tedy od normy A směrem k C, tak tím má daná norma přednost před tou předešlejší. Tedy nestačí splnit požadavky v normě A, pokud se v dané normě typu C nachází, že je potřeba nějaké úpravy je nutno tuto změnu provést, protože norma C má přednost před normou A. [11]

3.1.1 Normy typu A

Tyto normy stanovují základní pravidla, konstrukční principy, terminologii a obecné faktory, které se vztahují na veškerá stojní zařízení. Jedná se o normy:

- ČSN EN 61508 (Funkční bezpečnost elektrických/elektronických/programovatelných elektronických systémů)

souvisejících s bezpečností), tato norma má celkem sedm částí a jedná se o druhé vydání této normy.

- ČSN EN ISO 12100 (bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika). Z této normy vychází daný proces posouzení všech rizik, dále je zde návod na dokumentaci. [12][13]

3.1.2 Normy typu B

Zde se řeší bezpečnost jednoho bezpečnostního aspektu nebo jedno bezpečnostní zařízení, které je možné aplikovat na velké množství strojních zařízení. Normy typu B se následně dělí na normy typu B1 a B2.

1. Normy typu B1

Zabývají se jednotlivými bezpečnostními aspekty pro speciální bezpečnostní požadavky (např. bezpečnostní vzdálenosti, teploty povrchu, hluku, elektronická bezpečnost strojů, výpočet bezpečné vzdálenosti, požadavky na řídicí systémy atd.) Patří sem normy:

- ČSN EN ISO 13849-1 (Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Obecné zásady pro konstrukci)
- ČSN EN ISO 13855 (Bezpečnost strojních zařízení – Umístění ochranných zařízení s ohledem na rychlosti přiblížení částí lidského těla)
- ČSN EN ISO 13857 (Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu k nebezpečným místům horními a dolními končetinami)
- ČSN EN 60204-1 ed. 3 (Bezpečnost strojních zařízení – Elektrická zařízení strojů – Část 1: Obecné požadavky)

2. Normy typu B2

Zde se řeší konkrétní bezpečnostní zařízení (např. dvouruční ovládání, bezkontaktně působící ochranná zařízení, funkce nouzového zastavení atd.). Mezi tyto normy patří například:

- ČSN EN ISO 13851 (Bezpečnost strojních zařízení – Dvouruční ovládací zařízení – Zásady pro konstrukci a výběr)
- ČSN EN ISO 13850 (Bezpečnost strojních zařízení – Funkce nouzového zastavení – Zásady pro konstrukci)
- ČSN EN ISO 14119 (Bezpečnost strojních zařízení – Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty – Zásady pro konstrukci a volbu)
- ČSN EN ISO 14120 (Bezpečnost strojních zařízení – Ochranné kryty – Obecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů) [12][13]

3.1.3 Normy typu C

Tyto normy určují konkrétní požadavky pro nějaký stroj nebo skupinu strojů. Obvykle se jedná o zařízení velmi náročných podmínek (výbušné prostředí, velmi čistá/hygienická prostředí, prostředí s radiací atd.), nebo o speciální stroje a konstrukce. Tyto normy mají přednost před normami typu A i B. Může se jednat například o tyto normy:

- ČSN EN ISO 10218-1 (Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 1: Roboty)
- ČSN EN ISO 10218-2 (Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Část 2: Systémy robotů a integrace)
[12][13]

4. NORMA ČSN EN ISO 12100

Jedná se o normu Bezpečnost strojního zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika. V případě, kdy je potřeba vypracovat analýzu rizik je vhodné použít tuto normu. Je nutné zjistit všechny možná rizika, které mohou nastat při používání strojního zařízení, následně tyto rizika eliminovat takovými bezpečnostními opatřeními, které zachovají funkčnost a minimalizují možná rizika. [14][15]

4.1 Strategie posouzení rizika a snížení rizika

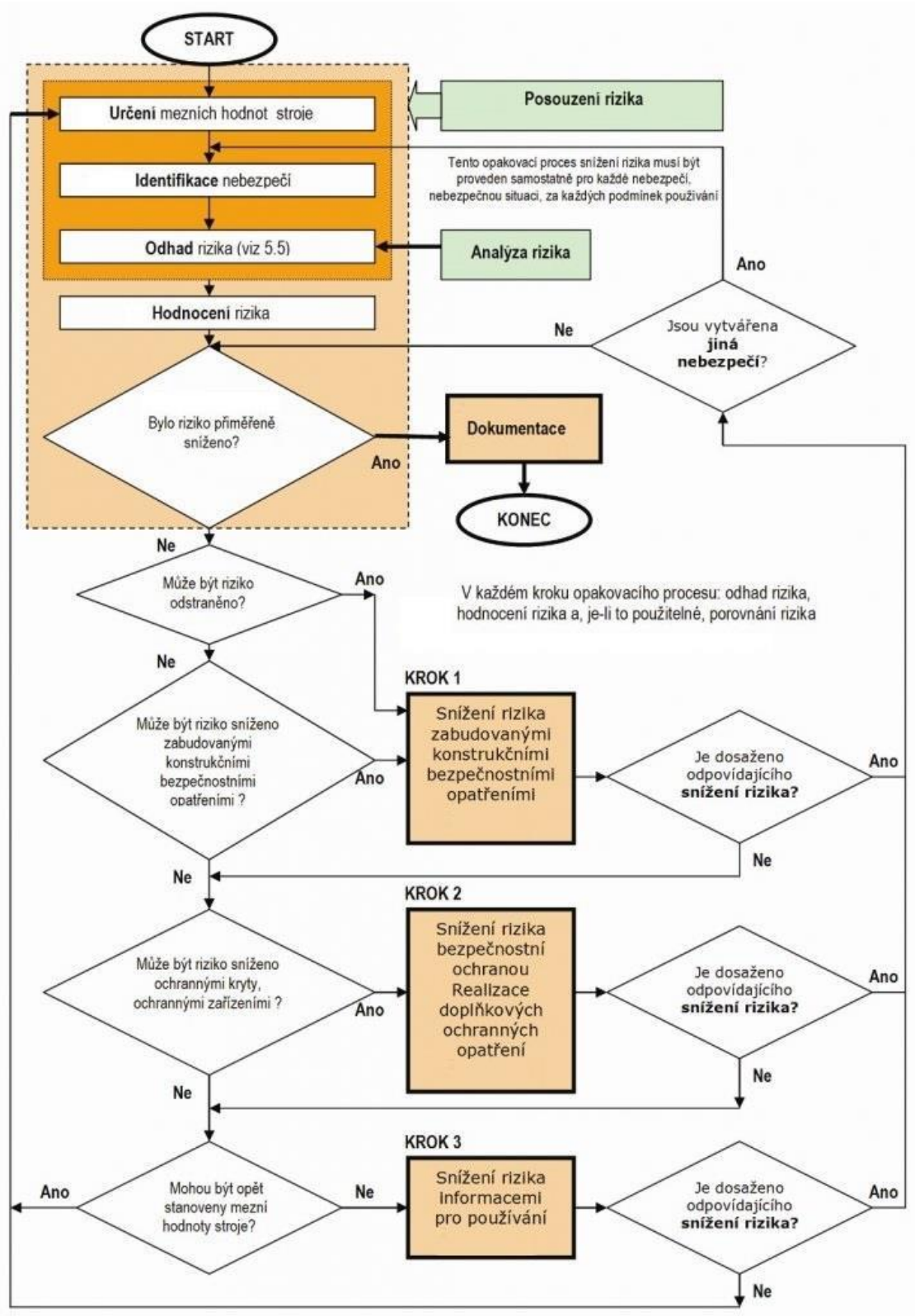
Při posouzení a nížení rizika je vhodné postupovat dle kroků udávaných v následujícím pořadí:

1. Určit mezní hodnoty strojního zařízení, které zahrnují předpokládaný účel používání a jakékoliv předvídatelné způsoby nesprávného používání
2. Identifikovat nebezpečí a příslušné nebezpečné situace
3. Odhadnout riziko pro každé identifikované nebezpečí a nebezpečnou situaci
4. Zhodnotit riziko a rozhodnout o nutnosti snížení rizika
5. Vyloučit nebezpečí nebo snížit riziko spojené s nebezpečím vhodným ochranným opatřením

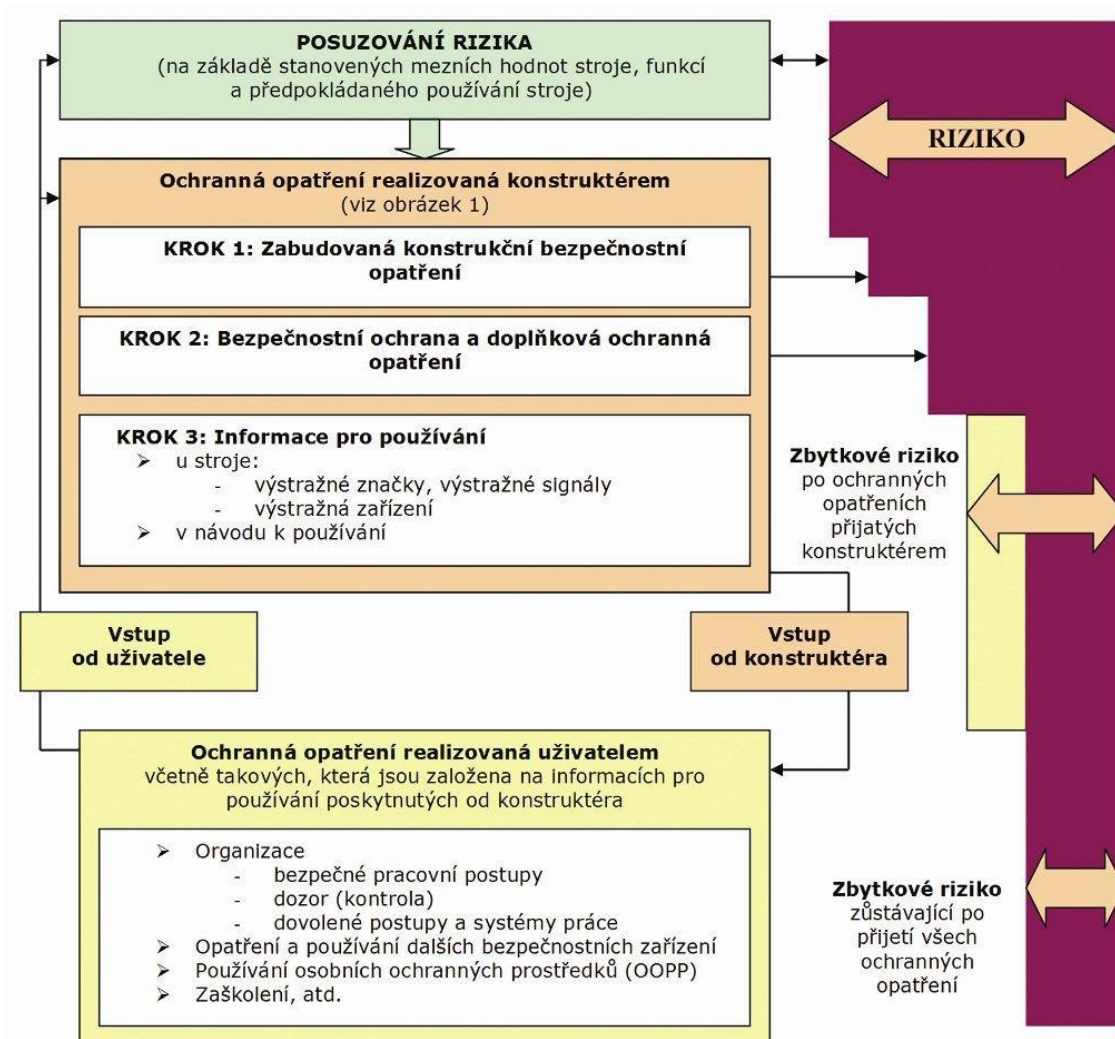
Bod 1 až 4 se vztahuje k posouzení rizika a bod 5 ke snížení rizika. Většinou po posouzení rizik následuje snížení rizika, pokud to je potřeba. Opakování procesu zjištění rizik je obvykle nezbytné opakovat, pokud je možné díky tomu zredukovat riziko. Na obrázku číslo tři je možné vidět diagram znázorňující postup dle výše definované strategie. Ke splnění strategického cíle je nutné vzít v úvahu následující čtyři faktory v přesně uvedeném pořadí:

- Bezpečnost stroje během všech fází životnosti
- Schopnost stroje vykonávat svoji funkci
- Použitelnost stroje
- Náklady na výrobu, provoz stroje, na jeho likvidaci a recyklaci

Ochranným opatřením se rozumí kombinace všech opatření realizované konstruktérem a uživatelem strojního zařízení. Postup snížení rizika je znázorněno na obrázku číslo čtyři. Pokud existují opatření, která mohou být začleněna již v době konstrukce mají tyto opatření přednost, protože jsou obvykle účinnější než opatření, která jsou realizována uživatelem. [14][15]



Obr. 3: Schéma procesu snižování rizika [14]



Obr. 4: Schéma procesu snižování rizika z pohledu konstruktéra a uživatele [14]

4.2 Určení mezních hodnot strojního zařízení

Je potřeba určit mezní hodnoty strojního zařízení podle účelu používání s přihlédnutím na jeho celý životní cyklus. Z toho plyne, že je potřeb zjistit vlastnosti, spolehlivost a výkonnost daného stroje nebo řady strojů. Zjistí, jaké osoby se budou pohybovat v místě, kde bude zařízení instalováno, provozováno, udržováno a na konci života zlikvidováno.

Vymezení používání stroje z hlediska uživatelů i jiných osob zahrnuje posouzení správného používání zařízení, ale předvídat i jeho možné nesprávné využívání. Z toho důvodu je potřeba uvážit provozní režimy a zásahy z hlediska různosti uživatelů, určení uživatelů, úroveň zácviu a přístup jiných osob. Na základě pohybu stroje a osob vymezit bezpečné a nebezpečné prostory, požadavky na osobní prostor pro obsluhu, údržbáře atd. Dále vzájemné působení obsluhy a stroje, taktéž rozhraní stroj a dodávka energie. Vzhledem k tomu, že zařízení a jeho součásti podléhají jistému opotřebení je důležité,

aby byly stanoveny intervaly prohlídek, údržby a seřizování nebo servisu. Další vymezení se týká zpracovávaných materiálů, látek, udržitelnosti a prostředí. [15][16]

4.3 Identifikace nebezpečí

Následuje systematické identifikování předvídatelných nebezpečí. Je potřeba zhodnotit, která nebezpečí jsou trvalá a která mohou vzniknout při různém použití stroje. Jak již bylo výše zmíněno danou identifikaci je nutno udělat pro celý životní cyklus stroje. To znamená od dopravy, montáže, instalaci, zkoušení, zprovoznění, používání, vyřazení z provozu až po demontáž a likvidaci. Pokud došlo k identifikaci nebezpečí, tak v ten moment je možné, aby byla přijata opatření k jejich vyloučení nebo snížení daného rizika.

Při vzájemném působení osoby a stroje se bere v úvahu všechny úkoly spojené se strojem, tyto úkoly mohou být například seřizování, spuštění, změny v procesu, preventivní údržbu a další. Následně se definují všechny možné předvídatelné nebezpečí, nebezpečné situace nebo nebezpečné události.

Stroj má dva možné stavy, první je, že vykonává danou funkci správně a druhá je, že nefunguje správně a došlo k selhání. K tomuto selhání mohlo dojít z mnoha různých známých nebo neznámých příčin.

Identifikace nebezpečí zahrnuje především možné chování osob z mnoha různých příčin, mnohdy kombinací několika z nich. Jedná se například o reflexní chování obsluhy při selhání stroje, nehodě nebo poruše stroje, nedostatečná koncentrace atd. [15][16]

4.4 Odhad rizika

Jakmile byly identifikovány rizika je nutné udělat odhad pro daná rizika. To znamená určit závažnost úrazu a pravděpodobnost výskytu úrazu. Největší váhu má to, jak moc závažná zranění mohou nastat, ale nezanedbatelnou součástí je i pravděpodobnost výskytu nebezpečné poruchy. Druhým kritériem při pravděpodobnosti úrazu závisí na kvalitě lidí a technických možnostech vyvarovat se danému úrazu.

V momentě, kdy vezmeme v úvahu to, že je zranění nevyhnutelné, je nutné odhadnout závažnost zranění. Závažnost úrazu může být odhadnuta s přihlédnutím k závažnosti zranění, například jestli se jedná o úraz bez hospitalizace, lehké, střední, těžké zranění nebo smrt. Následně zde hraje roli i množství osob, které jsou ohroženy.

Další parametry, které je nutné brát v úvahu je možná četnost přístupu, dobu a nutnost přístupu do nebezpečného prostoru. Příčiny výskytu nebezpečné události mohou být jak technického, tak lidského původu.

Existuje možnost vyvarování se nebo omezení úrazu, to závisí na více faktorech. Například jestli je daná osoba kvalifikovaná či nikoliv, dále na rychlosti působení a vývoji nebezpečné situace. Taktéž na uvědomění si rizika, lidských schopností vyvarovat se úrazu nebo ho omezit praktickými zkušenostmi a znalostí konkrétního strojního zařízení nebo jemu podobného strojního zařízení. [15][16]

4.5 Hlediska, která je potřeba uvažovat při odhadu rizika

Je potřebné uvažovat všechny osoby, které by mohli být vystaveny nebezpečí. Následně vystavení uvažovanému nebezpečí ve všech režimech provozu stroje, jako je například seřizování, záběhu, čištění atd. Dále u každé uvažované nebezpečné situace musí být také bráno v úvahu vícenásobné vystavení a kombinace nebezpečí.

Lidské faktory mohou taktéž ovlivnit riziko, a proto by měly být vzaty v úvahu. Může se jednat například o:

- Vzájemné působení mezi osobou (osobami) a strojním zařízením, včetně opravy poruchy
- Vzájemné působení mezi osobami
- Psychická hlediska (stres)
- Ergonomická hlediska
- Schopnost osob uvědomit si rizika v dané situaci, to závisí na jejich zcviku, zkušenostech a schopnosti
- Hlediska únavy
- Hlediska omezených schopností (způsobená invaliditou, věkem atd.)

Zácvik, zkušenosti a schopnosti mohou výrazně ovlivnit riziko, avšak žádný z těchto faktorů nesmí být použit tak, že díky tomu vyloučeno nebezpečí a není potřeba implementovat nějaké zabezpečení prvky.

Vzít v úvahu vhodnost ochranných opatření a je nutné:

- Identifikovat okolnosti, které mohou končit úrazem
- Pro porovnání alternativních ochranných opatření, kdykoliv je to možné, použít kvantitativní metody
- Uvést informace, které mohou přispět k volbě vhodných ochranných opatření

Pokud existuje taková součást a systém, u nichž bylo zjištěno, že v případě poruchy bezprostředně zvyšují riziko je nutné jim věnovat zvláštní pozornost při odhadu rizika. Když ochranná opatření zahrnují organizaci práce, správné chování, soustředěnost, používání osobních ochranných prostředků, dovednostech nebo zácvik, musí být při odhadu rizika vzato v úvahu to, že tato opatření mají relativně nízkou spolehlivost v porovnání s těmi technickými.

Je důležité, aby ochranná opatření umožňovala snadné používání a nezabraňovala v jeho používání. Pokud by k tomu docházelo, je možné, že se uživatel bude snažit obejít daná bezpečnostní opatření, aby mohla být maximalizována výkonnost stroje. Podměty k vyřazení nebo obejití ochranných opatření jsou například když:

- Zpomaluje výrobu nebo překáží při jakýchkoliv činnostech nebo prioritách uživatele
- Je obtížné používat
- Je spojeno s činností i jiných osob, nejen obsluhy
- Je uživateli neznámé nebo je ne přijatelné vzhledem ke své funkci

Možnost vyřazení ochranného opatření závisí jak na jeho druhu, například nastavitelné ochranné kryty a programovatelné bezpečnostní vypínací prvky, tak na jeho konstrukčních detailech. Pokud je bezpečnostní software špatně navrhnout a monitorován představuje další možnost vyřazení nebo obejití. Odhad rizika musí zjistit případy, ve kterých jsou bezpečnostní funkce odděleny od ostatních funkcí stroje, musí určit rozsah bezpečnostních funkcí, ke kterým je možný přístup. Pokud je požadován vzdálený přístup za účelem diagnostiky nebo korekce programu.

Při odhadu je nutné zvážit, jestli je možné udržet ochranná opatření v podmínkách, které jsou nezbytné pro zajištění požadované úrovně ochrany. [15][17]

4.6 Zhodnocení rizika

Po odhadu rizika je nutné udělat vyhodnocení, díky čemuž se pak zjistí, zda bylo dosaženo požadované úrovně snížení rizika. Pokud si to situace vyžaduje je potřeba zvolit ochranná opatření. Jak je možné vidět na obrázku číslo tři musí být přiměřené snížení rizika určeno využitím každého ze tří kroků ke snížení rizika. Součástí tohoto tříkrokového postupu je vždy nutné, aby došlo ke kontrole konstruktérem, který zjistí, zda při použití nových ochranných opatření nevznikají další nebezpečí nebo se nějaká další rizika nezvětšují. Pokud se nové nebezpečí objeví, je nutno je doplnit do seznamu identifikovaných nebezpečí a budou požadována ochranná opatření pro omezení daného nebezpečí. [15][17]

4.7 Snížení rizika

Snížení rizika je možné například vyloučením nebezpečí, nebo snížením jednoho či obou prvků, které určují riziko. Jedná se o závažnost úrazu a pravděpodobnost úrazu. Pro dosažení snížení rizika je nutno použít řadu bezpečnostních a ochranných opatření, jedná se o metodu tří kroků v následujícím pořadí:

1. Zabudovaná konstrukční bezpečnostní opatření
 - Tyto opatření jsou řešena již při návrhu strojního zařízení, díky tomu je často možné vyloučit některá rizika. Tato rizika jsou snížena nebo dokonce eliminována.
2. Doplnková ochranná opatření
 - Jsou využívány tam, kde není možné vyloučit nebezpečí nebo dostatečně snížit riziko zabudovanou konstrukcí. Současně musí být přihlédnuto ke všem možným způsobům použití, jak těm výrobcem stanoveným, tak předvídatelným nesprávným způsobům použití.
3. Informace pro používání
 - Pokud již není možné žádným způsobem eliminovat možné nebezpečí. Je nutné předat informace o zbytkovém riziku. Musí dojít k sepsání všech zbytkových rizik při používání strojního zařízení. Informace mají být

přehledné a srozumitelné pro ty, kteří je budou potřebovat. Tyto informace nesmí být použity jako náhrada zabudovaných ochranných prostředků.

Výsledkem musí být informace minimálně v rozsahu:

- Pracovní postupy pro používání strojního zařízení
- Bezpečnostní pokyny a postupy pro používání
- Návod, výstrahy, varování a dostatečné informace o zbytkových rizicích
- Popis doporučených osobních ochranných prostředků [15][17]

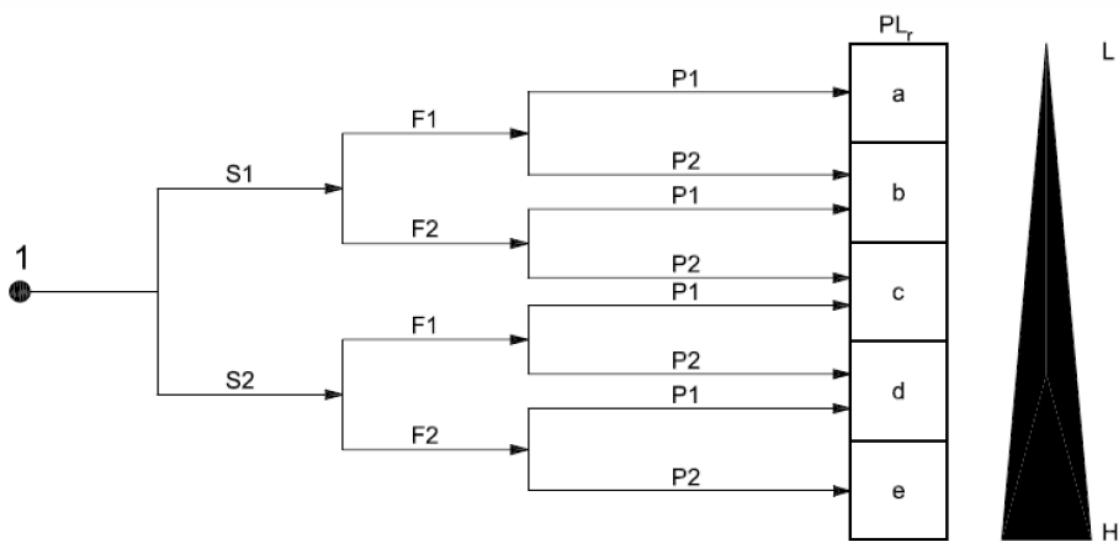
5. NORMA ČSN EN ISO 13849-1

Jedná se o normu Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Obecné zásady pro konstrukci, která patří do kategorie B2. Nejdříve je nutné použít na snížení rizika normu 12100, následně pokud bylo vše z dané normy aplikováno je možné použít další normy. Jedná se o jednu ze dvou základních norem pro řešení bezpečnosti strojů ve spojení s řízením jejich činnosti. Při volbě je možné zvolit buď normu ČSN EN ISO 13849-1 nebo normu ČSN EN IEC 62061. Je nutné zvolit si pouze jednu z nich, neexistuje možnost použít obě najednou. Problém u normy 62061 je ten, že tato norma není použitelná na neelektrická zařízení, například hydraulické, pneumatické a mechanické systémy. Tento problém odpadá u druhé edice zmíněné normy. Tedy normu ČSN EN IEC 62061 ed. 2, která nese název Bezpečnost strojních zařízení – Funkční bezpečnost řídicích systémů souvisejících s bezpečností je možné využít ji i na neelektrické zařízení. Pokud je zvolena norma 62061 tak se místo úrovně PL (performance level – úroveň vlastností) používá k označení bezpečnosti úroveň SIL (safety integrity level – úroveň integrity bezpečnosti). V obou normách je vždy tabulka, díky které je možné si představit jaký PL přibližně odpovídá adekvátnímu SIL. Avšak je potřeba tuto tabulku brát pouze jako informativní, protože mezi danými sloupečky není přesná shoda. [18][19]

5.1 Stanovení požadované úrovně vlastností

Nejdříve je potřeba za pomoci parametrů S, F a P určit PL_r (required performance level – požadovaná úroveň zabezpečení). Podle daných parametrů je požadována jedna z pěti úrovní od a až po e, jak je možné vidět na obrázku číslo pět. Definice parametrů S, F a P je následující:

1. **S** je závažnost zranění a dělí se na S1 a S2:
 - S1 se použije, pokud se jedná o zranění, kdy není potřeba návštěva lékaře. Patří sem pohmožděniny, malé tržné rány, modřiny atd.
 - S2 je zvoleno, v momentě, kdy neplatí S1
2. **F** se definuje četností nebo dobou ohrožení daným rizikem a dělí se na F1 a F2:
 - F1 se volí, jestliže je doba vystavení krátká nebo řídká až málo častá
 - F2 je volbou, když je osoba vystavena nebezpečí často nebo nepřetržitě
3. **P** zastává možnost vyvarování se riziku, například provoz s dozorem, školením obsluhy atd. Dále se dělí na P1 a P2:
 - P1 má být zvolen, je-li reálná možnost vyloučení rizika
 - P2 se použije, pokud není možné se vyvarovat riziku [19][20]



Obr. 5: Graf pro určení požadované PL_r [19]

5.2 Střední doba do nebezpečné poruchy

Hodnota $MTTF_D$ (mean time to dangerous failure – střední doba do nebezpečné poruchy) je udávána pro každý kanál a má celkem tři úrovně, toto rozdělení je možné vidět v tabulce číslo jedna. Pro výpočet této hodnoty je potřeba zjistit od výrobce informace důležité pro výpočet. Následně díky vypočtené hodnotě je zjištěno, do které úrovně patří daná komponenta. Bližší informace je možné najít v příloze C a D normy ČSN EN ISO 13849-1. [19][20]

$MTTF_D$	
Označení doby každého kanálu	Rozsah doby každého kanálu
Krátká	$3 \text{ roky} \leq MTTF_D < 10 \text{ roků}$
Střední	$10 \text{ roků} \leq MTTF_D < 30 \text{ roků}$
Dlouhá	$30 \text{ roků} \leq MTTF_D \leq 100 \text{ roků}$

Tabulka 1: Střední doba do nebezpečné poruchy každého kanálu [19]

5.3 Diagnostické pokrytí

Velikost DC (diagnostic coverage – diagnostické pokrytí) říká z kolika procent je možné zjistit, jestli dané využívané zařízení je funkční či nikoliv. Diagnostické pokrytí má čtyři úrovně a je možné ho vidět v tabulce číslo dva. Příklady pro vstupní, logické i výstupní prvky je možné najít v příloze E normy ČSN EN ISO 13849-1. [19][20]

DC	
Označení	Rozsah
Žádné	$DC < 60 \%$
Nízké	$60 \% \leq DC < 90 \%$
Střední	$90 \% \leq DC < 99 \%$
Vysoké	$99 \% \leq DC$

Tabulka 2: Diagnostické pokrytí [19]

5.4 Porucha se společnou příčinou

CCF (Common cause failure – porucha se společnou příčinou) označuje poruchu více prvků, které jsou důsledkem jedné události. Například přepětím. Pokud je dosaženo šedesátipěti bodů je možné požadovat daná opatření za dostatečná. V momentě, kdy je dosaženo méně než šedesátpět bodů je to stejný ekvivalent jako mít nula bodů. Poruchám se společnou příčinou se věnuje příloha F v normě ČSN EN ISO 13849-1. Seznam daných opatření je možné vidět v tabulce číslo tři. [19][20]

Číslo	Opatření proti CCF	Počet bodů
1	Oddělení/segragace	
	Fyzické oddělení mezi jednotlivými dráhami signálů	15
2	Diverzita	
	Byly použity různé technologie/konstrukce nebo fyzikální principy	20
3	Konstrukce/použití/zkušenosti	
3.1	Ochrana proti nadproudu, přepětí, přetlaku atd.	15
3.2	Byly použity osvědčené součásti	5
4	Posouzení/analýza	
	Pro vyločení poruch se společnou příčinou v konstrukci jsou uvažovány výsledky režimu poruchy a analýza účinku.	5
5	Způsobilost/zácvik	
	Byl proveden zácvik konstruktérů k pochopení příčin a následků poruch se společnou příčinou	5
6	Prostředí	
6.1	Zamezení kontaminace a elektromagnetická kompatibilita proti CCF podle příslušných norem	25
6.2	Ostatní vlivy Byly uvažovány požadavky na odolnost proti všem relevantním vlivům prostředí, například teplota rázy, vibrace atd.	10

Tabulka 3: Proces působení a kvalifikace opatření proti CCF [19]

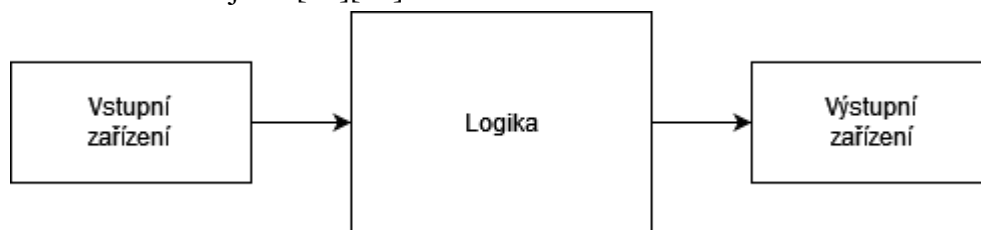
5.5 Kategorie

Jedná se o základní parametr, který se používá pro dosažení požadovaných vlastností PL. Stanovují požadované chování SRP/CS (safety-related part of a control systém – bezpečnostní část ovládacího systému) s ohledem na jejich odolnost proti závadám. Existuje celkem pět kategorií, jedná se od kategorie B, 1, 2, 3 a 4, z nichž na kategorii B jsou kladeny nejmenší nároky a na kategorii 4 největší. [19][20]

5.5.1 Kategorie B

Konstrukce, volba a montáž prvků se řídí dle definovaných norem. Odolává předpokládanému provoznímu namáhání, jsou použity standardní materiály, které jsou schopny odolávat vnějším vlivům. Splňuje podmínky přísné podmínky o EMC. Na obrázku číslo šest je možné vidět architekturu dané kategorie. Kategorie může dosahovat následujících parametrů:

- $MTTF_D$ – krátká až střední
- Maximální PL = b
- DC – žádné
- CCF – neuvažuje se [19][20]



Obr. 6: Architektura kategorie B a 1 [19]

5.5.2 Kategorie 1

Pro ni je nutné, aby bylo splněno vše, co splňuje kategorie B. Dále je nutné používat osvědčené součástky. Tyto komponenty musí být od standardních výrobců, kde se obvykle jedná o osvědčený a funkční komponentu, která prošla mnoha testy a je hojně využívána. Pokud by byla zvolena součást, která by byla vytvořena pro tohle dané zařízení, tak by nejvyšší možné PL bylo b. Architektura je stejná jako pro kategorii B. Kategorie může dosahovat následujících parametrů:

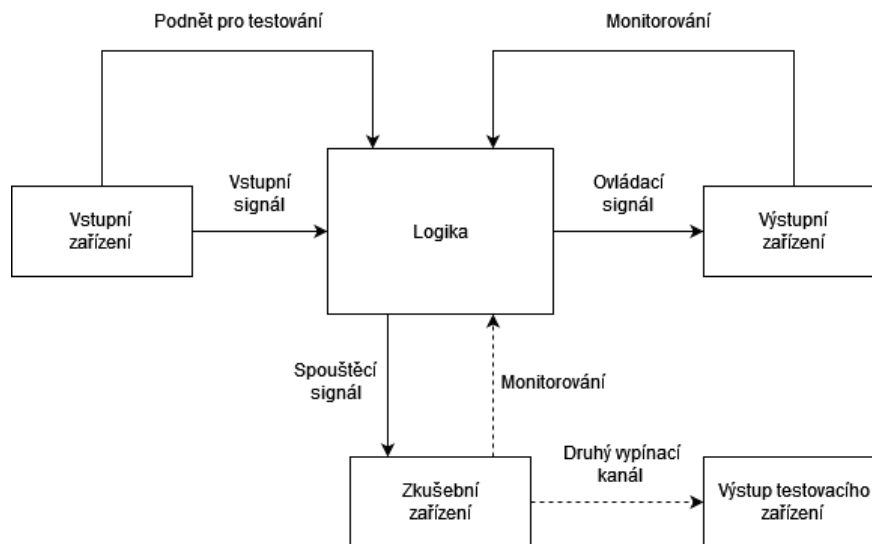
- $MTTF_D$ – dlouhá
- Maximální PL = c
- DC – žádné
- CCF – neuvažuje se [19][20]

5.5.3 Kategorie 2

Opět je zde nutnost splnit všechny požadavky kategorie B. Daná bezpečnostní funkce se musí kontrolovat ve vhodných intervalech definované normou. Pokud dojde k poruše, tak

ta může vést ke ztrátě bezpečnostní funkce, ale musí být detekována. Kategorie může dosahovat následujících parametrů:

- $MTTF_D$ – krátká, střední nebo dlouhá
- Maximální $PL = d$
- DC – nízké
- CCF – musí být splněno [19][20]

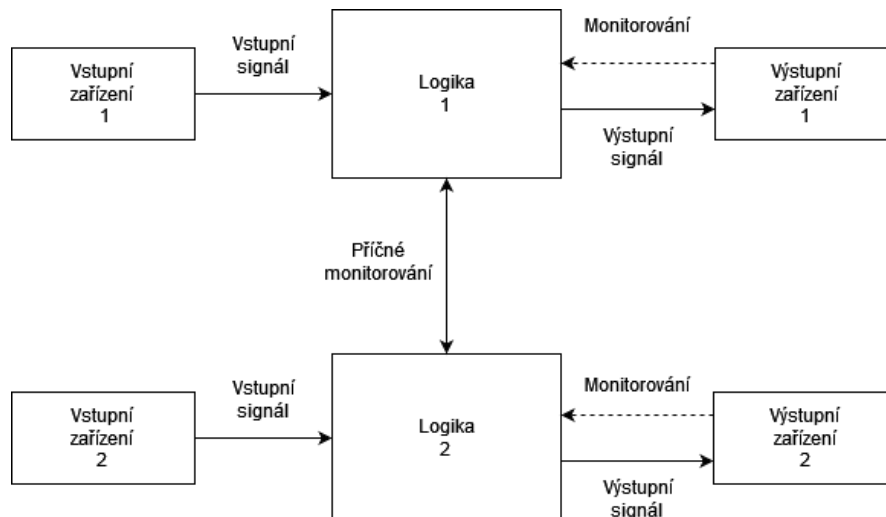


Obr. 7: Architektura kategorie 2 [19]

5.5.4 Kategorie 3

Musí být splněny požadavky kladené na kategorii B. U této kategorie nemůže jednotlivá porucha vést ke ztrátě bezpečnostní funkce, musí být detekována nejpozději při, ale nejlépe před požadavkem na tuto funkci. Nahromadění závad může vést ke ztrátě bezpečnostní funkce. Kategorie může dosahovat následujících parametrů:

- $MTTF_D$ – krátká, střední nebo dlouhá
- Maximální $PL = e$
- DC – nízké nebo střední
- CCF – musí být splněno [19][20]

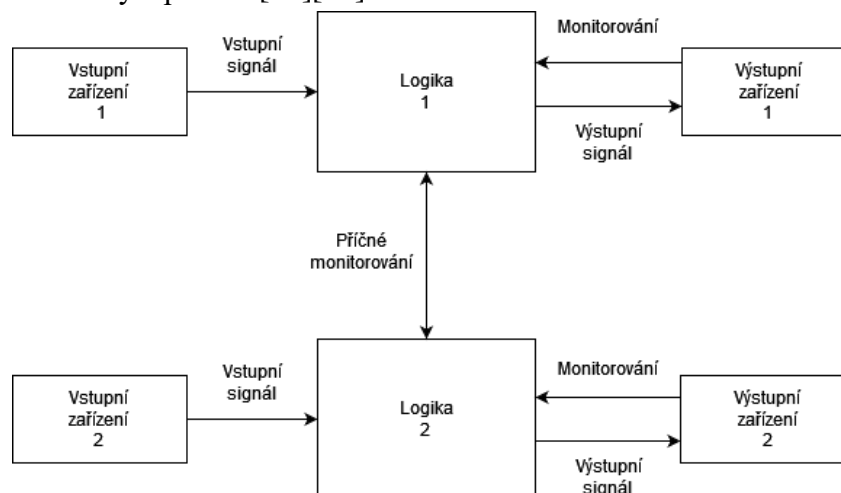


Obr. 8: Architektura kategorie 3 [19]

5.5.5 Kategorie 4

Taktéž splnění požadavky z kategorie B. Jednotlivá porucha nesmí vést ke ztrátě bezpečnostní funkce. Dále musí být jednotlivá závada detekována nejpozději při nebo před požadavkem na tuto funkci. Nesmí dojít ke ztrátě bezpečnostní funkce nahromaděním závad. Kategorie může dosahovat následujících parametrů:

- $MTTF_D$ – dlouhá
- Maximální $PL = e$
- DC – vysoké
- CCF – musí být splněno [19][20]



Obr. 9: Architektura kategorie 4 [19]

6. ANALÝZA DEMONSTRÁTORU

V této kapitole je popsáno, kde jsou slabé místa demonstrátoru a mělo by dojít k jeho zabezpečení. Následně je zde vypracováno, jaké opatření jsou nutná pro odstranění těchto rizik. Nakonec jsou vybrány komponenty, díky kterým se zařídí, aby byla splněna požadovaná bezpečnost.

6.1 Robotický manipulátor

Největším rizikem pro člověka je robotický manipulátor, vzhledem k závažnosti možných poranění je pro dané zabezpečení požadován $PL_r=e$ nebo $PL_r=d$. Nejmenší PL, které je možné použít je d, ale vhodnější variantou by bylo $PL=e$, ekvivalentem pro $PL=e$ je SIL 3 pro $PL=d$ je SIL 2. V normě ČSN EN SIO 10218-1 je možné se dočíst, že jsou kladeny jisté požadavky na bezpečnostní části ovládacích systému a to ty, že tento systém musí splňovat nejhůře $PL=d$ a strukturu kategorie 3, pokud je aplikovaná norma ČSN ISO 13849. A v momentě, když je aplikována norma ČSN EN IEC 62061 tak se mluví o bezpečnosti SIL 2. [21] Nomu, podle které se daný konstruktér řídí je nutno zvolit a není možné použít obě. Vzhledem k tomu, že robot má pouze jeden vstup nouzového zastavení a požadovanému PL není tento robot vhodný pro tohle použití, protože je dané zabezpečení degradované na úroveň $PL=c$. Z toho důvodu tento robot nesmí být použitý a je nutné ho vyměnit za robota, který bude splňovat požadavek na potřebný PL. Pokud by se jednalo o robota, který byl schválen podle starých norem, kdy spadl do požadovaného PL_r a robotické pracoviště bylo modernizováno je možné ponechat robota, který by v dnešní době dané normy nesplňoval. Pokud by došlo k demontáži daného pracoviště a jeho přenesení na jiné místo, tak už v tento moment je nutné, aby použitý robot splňoval požadované normy.

6.2 Robotické pracoviště

Kolem daného robotického stanoviště je nutné udělat pevný kryt, do kterého se nelze dostat bez pomoci náradí. Byla zvolena varianta s hliníkovými profily a mezi nimi výplň z čírého plastu.

PMMA (polymethylmethakrylát – akrylové sklo) je pro tyto účely nevyhovující. Deska je tvrdá a pevná, ale v zásadě křehká, kdy po dostatečně silném nárazu může dojít až k tříštění jako známe u běžného skla. Z tohoto důvodu je nutné použít jiný čirý plast, který má lepší vlastnosti. Další věcí, kterou je nutno zohlednit je to, že dané pracoviště je provozované v okolí potravin. Proto musí docházet k pravidelnému čištění za pomoci čistících prostředků na bázi alkoholu. Je nutné tedy vybrat plast takový, který dokáže dostatečně odolávat tomuto čištění. Je možné, že osoba pověřená čištěním sice byla poučena o způsobu čištění, avšak mohlo by se stát, že se pokusí vyčistit dané pracoviště jinými přípravky než k tomu definovanými.

Pokud je potřeba větší pevnost, často se využívá plná polykarbonátová deska. Je to velice houževnatý plast, který odolá hrubému mechanickému zacházení, je velice pružný a při silném mechanickém nárazu může dojít maximálně k roztrhnutí nebo poškrábání. Z tohoto důvodu se hojně využívá ve výrobě jako bezpečnostní štít strojů nebo ochranné zastřešení kabin vysokozdvizných vozíků. Díky své pevnosti se polykarbonátová deska jeví jako vhodná volba, výhodou je i velice velká chemická odolnost. [22][23]

Lepené sklo je také vhodnou variantou pro tyto účely. Toto sklo je velice odolné a při nárazu sice dojde k vytvoření skleněných střepů, avšak tyto střepy zůstanou na fólii, tím je minimalizována možnost poranění. U akrylátového skla nebo polykarbonátové desky dojde k vytvoření střepů. Nevýhodou lepeného skla je jeho velká pořizovací cena. [24]

Další možnost je použití kaleného skla. Toto sklo se vyznačuje vysokou pevností a tepelnou odolností, která je až pětikrát větší než u obyčejného skla. Zvládne silné údery, a to i při relativně ostrém předmětu. Při rozbití tohoto skla dojde k vytvoření velice mnoha malých kousků skleněných krychliček, které nemají ostré hrany. Z tohoto důvodu je možné tohle sklo najít například u sprchových koutů, skleněných dveří nebo ve výdejních automatech. Cena tohoto skla je taktéž velice vysoká. [25][26]

Na obrázku číslo osmnáct je možné vidět kryt daného pracoviště. Momentální stav krytu je kostra z hliníkových profilů vyplněná akrylátovými deskami. Důvodem je nízká pořizovací cena, požadovaná polykarbonátová deska je mnohonásobně dražší než plexisklo. Pokud by jednalo o zařízení dělané pro firmu, nebo pro běžný provoz bylo by nutné použít polykarbonátovou desku. Ale vzhledem k tomu, že dané zařízení je demonstrátor pro školní účely, z tohoto důvodu bylo zvoleno akrylové sklo. Aby daný kryt nebylo možné nadzvednout bylo nutné ho pevně spojit se stolem robotického pracoviště. Pro tyto účely byl vytvořen model L profilu, který byl v rámci rychlého prototypování vytištěn na 3D tiskárně. Dále pro lepší a pohodlnější opětovné nasazení krytu jsou zde umístěny vymezovací části, díky kterým lze kryt snadněji položit na požadované místo. Tyto díly jsou vytisknuty materiálem PLA (polylactic acid – kyselina polymlečná), jehož chemické vlastnosti nejsou ideální. Z toho důvodu by bylo vhodnější do budoucna zvolit variantu PETG (polyethylene terephthalate-glycol – polyethyltereftalát-glykol) nebo PP (polypropylene – polypropylen), kteří mají mnohem lepší chemickou odolnost než PLA. Vzhledem ke slabinám FDM tisku bohužel v jednom směru bude vytisknutá komponenta náchylná na snadné zlomení. Z toho důvodu se nejvíce vhodně použití 3D tisku pro upevnění krytu ke daného pracoviště. Mnohem vhodnější variantou je například kovový L profil, který vydrží mnohem náročnější podmínky než kterýkoliv zmíněný plast. [27]



Obr. 10: Kryt robotického stanoviště

6.3 Autonomní buňky

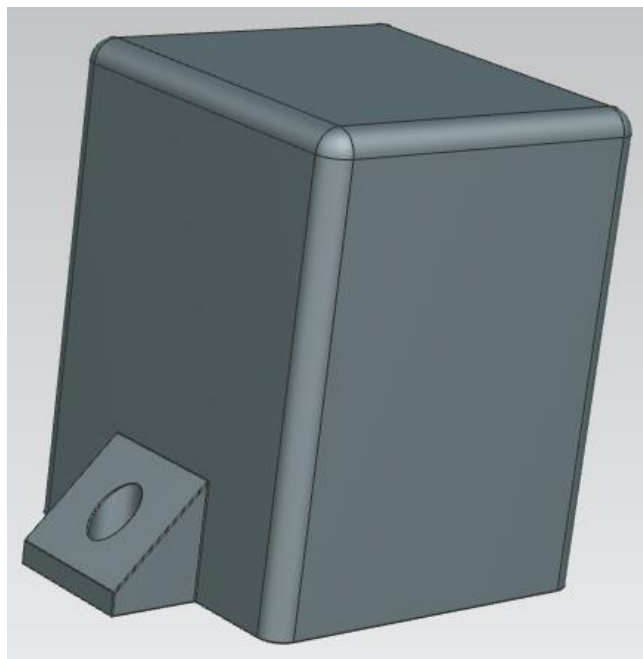
Kvůli nutnosti doplňování tekutin, ledu nebo například pro doplnění čistých skleniček a odebrání špinavých je nutné zařídit, aby měla obsluha přístup k těmto buňkám. Z tohoto důvodu je nutné, aby byly vytvořeny otvíratelné dveře. Vzhledem k tomu, že by se obsluha mohla pokusit otevřít tento pohyblivý kryt a snažit se o doplnění v moment, kdy je robot v pohybu, je nutné zařídit, aby k této možnosti nedošlo. Tato situace je nebezpečná a obsluha by mohla dojít k úrazu. Zabezpečení bylo navrženo tak, že dveře budou jištěny elektrickým zámekem, který zamezí vstupu do nebezpečného prostoru. Otevření dveří bude umožněno až v moment, kdy bude robot zastaven.

Další věcí, která je nutná zohlednit je to, že pro větší plynulost chodu zařízení by se mohly nechat zbylé dvě autonomní buňky běžet a pracovat, zatímco by obsluha doplňovala potřebné věci. Bohužel by zde mohlo dojít k tomu, že by se obsluha mohla pokusit vlézt do daného pracoviště a dostat se ke zbylým buňkám. Zde by hrozilo například možné nebezpečí z drtiče ledu nebo šejkru. Z důvodu možnosti vyměňovat stanoviště autonomních buněk je vhodnější variantou otevřít dané dveře až po zastavení všech buněk a robota. Zastavení proběhne tak, že pracovník zvolí, že si přeje doplnit tekutiny a v ten moment všechny buňky dostanou povel, že až dodělají činnost, kterou právě dělají, aby přestali cokoli dělat. Když všechny buňky ohlásí, že mají hotovo dojde

k odemčení zámku. Pokud se obsluha rozhodne, že není potřeba nic doplňovat zvolí, aby se provoz opět rozjel. V momentě, kdy by došlo k otevření některého z pohyblivých krytů dojde k odpojení silového napětí do všech buněk na stole a robotovi dojde příkaz o zmáčknutí nouzového zastavení. Důvodem volby nouzového zastavení je to, že se jedná o robotické pracoviště, jehož stavba probíhá v době, kdy tento robot neodpovídá bezpečnostním požadavkům, které jsou na roboty v dnešní době kladeny. Tohle řešení bohužel nevyřeší to, že robot se nachází v PL c. Robot má vstup pro bezpečnostní dveře, ale jedná se taktéž pouze o jeden vstup.

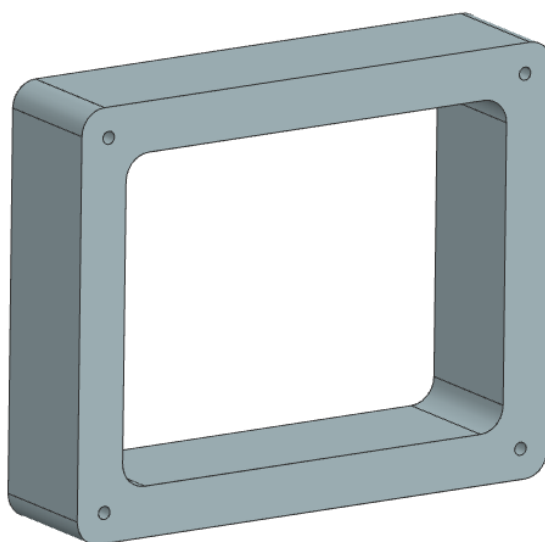
K danému pracovišti byla vypracována analýza rizik, avšak jsou zde jisté nedostatky, proto se v této práci z dané analýzy rizik vycházelo jenom částečně. Například u drtiče ledu není možné řešit doběh motoru na jehož základě by mohlo dojít k zvětšení vzdálenosti nožů a víka. Taktéž není možné použít mechanický spínač a považovat toto zařízení za zabezpečené. Zde je nutné použít bezpečnostní zámky k zajištění požadované bezpečnosti. Dále snímač, za jehož pomoci lze zjistit, že nože drtiče ledu se nepohybují, čehož následkem potom můžou být odemknuty bezpečnostní zámky. Druhou již méně bezpečnou variantou by mohlo být změřit doběh motoru a na základě znalosti doby doběhu po uplynutí daného času odemknout zámky.

Na všech autonomních buňkách jsou namontované tlačítka nouzového zastavení. Zde je nežádoucí, aby dané tlačítko vzbuzovalo dojem, že po jeho stisknutí dojde ke kompletnímu zastavení celého strojního zařízení. Dané tlačítko slouží pouze k zastavení chodu buňky, na níž se nachází tohle tlačítko nouzového zastavení. V normě ČSN EN ISO 13850 je možné se dočíst, že je nutné, aby došlo k zajištění toho, že nesmí dojít k záměně aktivního a neaktivního zařízení nouzového zastavení. Jedna z možností, jak tohle zařídit je změnit barvu daného nouzového zastavení tak, že se na něm nebudou nacházet barvy typické pro nouzové zastavení. Dále je možné zakrýt tohle tlačítko, ale je nutné, aby byl daný kryt tlačítka pevně připojen k dané ovládací stanici. [28] Proto musí dojít například buď k odmontování daných tlačítek nebo k jejich zneviditelnění po celou dobu, co budou v provozu na daném stole. K tomuto účelu byl navrhnout model krytu na stop tlačítko, aby nedošlo ke zmatení obsluhy a dalších lidí.



Obr. 11: Kryt na stop tlačítko

Pro možnost ovládání a nastavování daných buněk za pomoci HMI je v krytu vytvořena díra, díky níž je možný přístup k HMI panelům všech buněk. Vzhledem k vzniklému otvoru a vzdálenosti buněk je mezi krytem a HMI panelem mezera. Vzniklá mezera je velké 24 mm. Jak je možné se dočíst v normě ČSN EN ISO 13857 ve které se nachází tabulka 5, tuto tabulku je nutné použít, protože bylo stanoveno, že v okolí daného pracoviště se mohou pohybovat děti. Pokud by se kolem tohoto pracoviště pohybovali lidé čtrnácti a více let mohla by se použít tabulka číslo 4. Vzdálenosti v tabulce číslo 5 jsou přísnější než ty, které jsou potřeba pro starší čtrnácti let. Z dané tabulky vyčteme, že vzhledem ke vzniklé mezeře je nutné, aby nebezpečný prostor se nacházel ve vzdálenosti stanovené touto normou, tedy potřebná vzdálenost 550 mm. [29] Tuto vzdálenost není možné docílit. Z tohoto důvodu je nutné, aby vzniklá mezera byla odstraněna. Byl navrhnut kryt, který tuto funkci bude plnit a zamezí přístupu do nebezpečné oblasti.



Obr. 12: Kryt na HMI panel

6.4 Dopravníkový pás

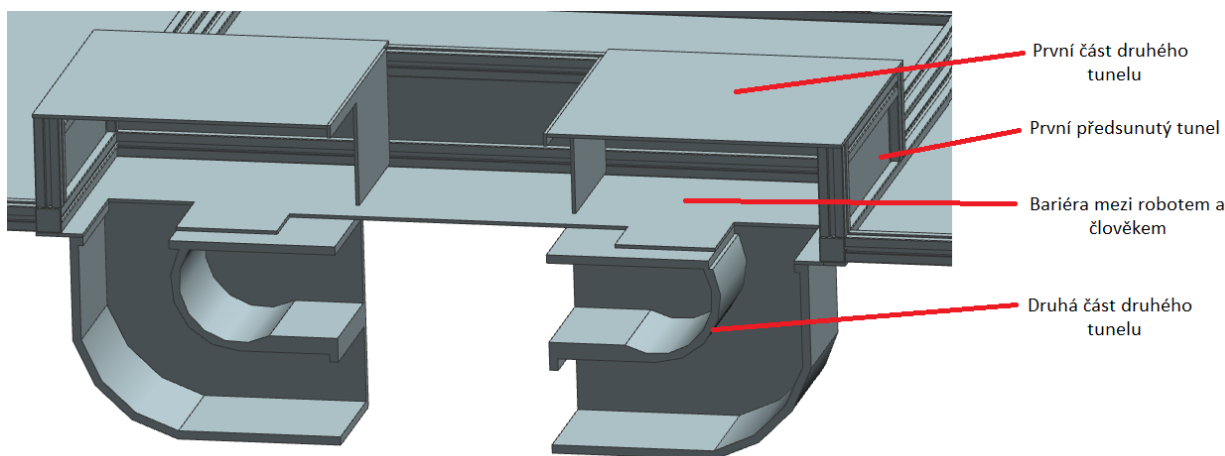
Další část, kterou je nutné zabezpečit je dopravníkový pás. Zde je potřebné, aby uživatel měl možnost odebrat drink. V momentě, kdy chce osoba odebrat drink dostává se tím do nebezpečné zóny, tento jev je nežádoucí.

Proto bylo navrženo zabezpečení, které zabrání osobám, aby mohli dojít ke kontaktu s nebezpečnou zónou. Toto zabezpečení je tvořeno hliníkovými profily a deskami z čirého plastu. První část tvoří zúžení ve tvaru tunelu. Tento tunel zařídí, že pokud chce osoba dosáhnout do nebezpečného prostoru je mu to jistým způsobem ztíženo.

Další částí zabezpečení je vytvoření bariéry mezi robotem a osobou snažící se dostat se do nebezpečného prostoru. U této bariéry je nutné zařídit, aby mohli jezdit skleničky na dopravníkovém pásu, musí pro ně být vytvořeny otvory. Vzhledem k velikosti daných otvorům vznikne mezera, velikost této díry je natolik velká, že skrze ni lze snadno prostrčit ruku a tím se dostat do nebezpečného prostoru.

Z tohoto důvodu je potřebné vytvořit další tunel, který bude kopírovat cestu skleniček a výrazně zamezí přístupu do daného prostoru. Tunel se bude skládat v první části z čirého plastu, který vytvoří první část tunelu. Druhá část by mohla být vytisknuta na 3D tiskárně například. Tento model byl vytvořen tak, aby ideálně kopíroval cestu skleniček a dopravníku. Vniklá vzdálenost od vstupu, kde může osoba strčit ruku, až do místa, kde se dostane do nebezpečného prostoru neodpovídá vzdálenosti definované normou ČSN EN ISO 13857 v tabulce 5. Avšak ruce by zde bylo nutné strčit pod velice nepříznivými úhly a vzhledem k průměrné velikosti paže dospělého člověka není fyzicky možné bez zlomení některé kosti se dostat až do nebezpečného prostoru. K danému pracovišti mají ale přístup i malé děti, které by díky jejich menším rozměrům paže mohli tento úhel překlenout, ale vzdálenosti by měly být dostatečně velké na to, aby se až do nebezpečného

prostoru nedostaly. Norma počítá s tunelem přímým a od toho se odvíjí daná vzdálenost, vytvořený model se skládá z části pod úhlem, z toho důvodu je možné, že by daná vzdálenost mohla být dostačující. Tento tunel bohužel není možné namontovat, protože v místě, kde by nacházel daný tunel by došlo ke kolizi tunelu a robota pokládající skleničku na dopravníkový pás. Pokud by byl tunel namontován muselo by dojít ke změně toho, jak robot pokládá danou skleničku na dopravníkový pás.



Obr. 13: Zabezpečení v okolí dopravníku

Dopravník i přesto, že by se zde nacházel daný tunel má mnoho míst, které je nutné zabezpečit, aby nedošlo ke zranění. Řešením by mohla být optická závora. Tato závora by měla zastavovat dopravník skleniček, aby nedošlo ke zranění při odebrání sklenice. Bohužel robota vzhledem k jeho stáří a technickému stavu není možné zastavit danou závorou. Problém je v tom, jak robot pokládá skleničku. K položení dojde tak, že v momentě, kdy dostane synchronizační impuls se rozjede definovanou rychlostí, aby jel stejně jako dopravník a pomalu sjíždí dolů, až se dostane to dané výšky tak se v ní pohybuje určitou dobu potřebnou pro otevření čelistí, potom stejným způsobem jako sjel dolů vyjede nahoru. V momentě cesty z jednoho do druhého bodu robot nereaguje na žádné příkazy, pokud by se dopravníkový pás zastavil při pokládání skleničky došlo by k tomu, že by robot položil sklenici mimo požadované místo na zastaveném dopravníku. To by zařídilo pád sklenice, a její možné rozbití. Jedinou možností by mohlo být například zastavení robota nouzovým zastavením. Robot po použití nouzového zastavení ztratí vědomí o své poloze, takže by nemohl následně dále pokračovat z místa kde se zastavil, to je pravděpodobně problém s vybitými baterkami, které by měli zařídit, aby robot tuto informaci neztratil.

Existuje několik možných řešení, aby byl tento problém s bezpečností a požadovaným poležením sklenice vyřešen. Například by mohlo dojít k výměně robota za takového, do kterého by již bylo možné napojit signál z optických závor, kdy po přerušení by docházelo k zastavení jak dopravníku, tak i robota. Druhou možností je vyměnit daný dopravník za takový, který se používá při přesunu lahových sklenic. Robot by pokládal sklenici na

jedno místo, odkud by došlo k přesunu mezi ostatní sklenice, tento dopravníkový pás by měl dosahovat dostatečně bezpečnosti, že by nebylo za potřeby použití optických závor. Avšak cena daného dopravníku by byly docela dost vysoká. Třetí možností by mohlo být udělat tunel, který by měl svah pod určitým úhlem, do kterého robot vloží skleničku, která by například na válečcích odjela až k výdejnímu místu. Tento tunel by musel být dostatečně dlouhý na to, aby splňoval vzdálenosti definované normou ČSN EN ISO 13857. Stejným způsobem by musel být udělaný tunel pro odběr sklenice. A čtvrtou možností je kompletně předělat dopravníkový pás a to tak, že by robot pokládal na jedno definované místo, které by se nacházelo v prostoru mezi vymodelovaným tunelem. Tedy by došlo k zastavení dopravníku při pokládání sklenice, pokud by došlo k přerušení optických závor, tak se nic neděje, protože dopravníkový pás se nehýbe, tudíž nemůže dojít ke zranění při odebírání sklenice. Po dokončení pokládání sklenice a pakliže není přerušena optická závora mohlo by dojít k rozpohybování dopravníkového pásu. Je potřeb zjistiť, jestli vzdálenost optických závor od dopravníkového pásu je dostačující a dojde k bezpečnému zastavení, aby nemohlo dojít ke zranění.

Po vytvoření daných opatření je potřebné zhotovit další analýzu rizik, aby bylo zjištěno, jestli vytvořené bezpečnostní opatření jsou dostatečná či nikoliv.

7. POTŘEBNÉ KOMPONENTY

V této kapitole jsou popsány použité komponenty a jejich využití.

7.1 Bezpečnostní PLC

Pro aplikace vyžadující bezpečnostní funkce je nutné použít bezpečnostní PLC. Pro bezpečnostní systémy nebo dílčí části systému platí i některá omezení ohledně tvorby programu, kdy jsou povoleny jen jednodušší funkce, tedy takové funkce, které nejsou rizikové na chybu při tvorbě programu. Omezení se týká zejména nepřímého a indexového adresování, cyklů a programové smyčky. Pro bezpečnostní funkce jsou výrobci dodávány bezpečnostní softwarové programové pakety a nadstavby. Pro odlišení a zvýraznění bezpečnostních funkcí komponent jsou označeny žlutou barvou. Pro komunikaci a propojení více modulů systému s bezpečnostními funkcemi je možno použít síťové propojení, které však musí mít odpovídající bezpečnostní certifikaci. Při návrhu bezpečnostního systému, řešení bezpečnostních funkcí, se rozlišuje, má-li se jednat o ochranu zdraví osob, vlastní kontrolu systému samotného a zajištění kontinuity činnosti. Bezpečnostní PLC má implementovány dva procesory, které mají stejný řídicí program, mezi sebou komunikují a vyměňují si informace o stavu kontrolovaných vstupů a výstupů, které jsou párové a musí být shodné. Pokud některé CPU (central processing unit – centrální procesorová jednotka) zjistí odchylku stavu na druhém CPU, trvající déle, než je přípustná doba, obě CPU přejdou do STOP stavu. Vstupní signály bývají buď zdvojeny přímo na snímačích nebo jsou rozdvojeny vhodným způsobem. Výstupní signály jsou řešeny tak, že první procesor spíná kladné napětí na výstup a druhý procesor pak spíná výstup v nulovém potenciálu. Cívka akčního prvku je potom zapojena mezi tyto dva výstupní body a tyto mohou být ještě zpětně kontrolovány vstupy. Systém dovoluje na jedno CPU realizovat i řízení, které není párové na druhém CPU, tedy nemá bezpečnostní kontrolu. [30]

Jako bezpečnostní PLC bylo vybráno zařízení SIMATIC S7-1200F. Díky tomuto zařízení je možné dosáhnout bezpečnosti PLe (performance level – úroveň vlastností) popřípadě SIL 3 (safety integrity level – úroveň integrity bezpečnosti). Avšak samostatné PLC je pro danou bezpečnost málo, je nutné k němu dokoupit ještě FC moduly pro vstupní signály. Přímě na CPU totiž žádné SAFETY I/O nejsou, což může být pro spoustu uživatelů překvapením. [31]



Obr. 14: Bezpečnostní PLC SIEMENS S7-1200 [32]

7.2 Rozšiřovací modul bezpečnostních vstupů

Vzhledem k tomu, že samotné PLC neobsahuje bezpečnostní vstupy je nutné dokoupit i vhodnou komponentu, která rozšíří dané PLC o tyto vstupy. Jedná se modul SIMATIC S7-1200 s šestnácti digitálními vstupy, označení tohoto modulu je 6ES7 226-6BA32-0XB0. Vzhledem k tomu, že dané zařízení se bude starat o bezpečnost toho, aby nedošlo ke kontaktu robota s osobou je vhodné snažit se dostat do bezpečnostní třídy PLe. Aby bylo možné dostat se do této třídy je musí dojít k tomu, že každý bezpečnostní prvek bude připojen na 2 vstupní kanály. Prvků, které mají být připojeny k bezpečnostnímu PLC je sedm. Jedná se o dvě stop tlačítka, optickou závoru, tři bezpečnostní zámky, dva stykače a jedno bezpečnostní relé. Vzhledem k tomu, že daný modul má šestnáct vstupů a každý prvek obvykle potřebuje dva vstupy je možné na tento modul připojit maximálně osm zařízení. [33] Vzhledem ke zvolenému množství prvků, pokud by byl požadavek připojit každý samostatně, potom by bylo potřeba dvou modulů. Aby nebylo nutné kupovat dva rozšiřovací moduly musí dojít k tomu, že některé prvky se propojí. Podle toho, co nám říká norma ČSN EN ISO 13849-1, v závislosti na tom, jaké úrovně PL dosahují dané prvky je možné propojit maximálně tři nebo dva prvky za sebe, aby nedošlo k degradaci na nižší PL. Díky tomu je možné použít jenom jeden modul. [20]



Obr. 15: Rozšiřovací modul bezpečnostních vstupů pro bezpečnostní PLC [33]

7.3 Rozšiřovací modul bezpečnostních výstupů

Použité bezpečnostní PLC nemá ani žádné bezpečnostní výstupy. Z toho důvodu je potřeba dokoupit modul s bezpečnostními výstupy. Jedná se modul SIMATIC S7-1200, který má čtyři výstupy, označení tohoto modulu je 6ES7226-6DA32-0XB0. Na dané výstupy je potřeba připojit ovládání nouzového zastavení pro robota a dva stykače, které odpojí silovou část vedoucí do buněk na stole. Případně zastaví dopravník.



Obr. 16: Rozšiřovací modul bezpečnostních výstupů pro bezpečnostní PLC [34]

7.4 Elektronický zámek dveří

Jako blokaci dveří byl vybrán elektronický zámek od firmy Pilz, jež nese označení PILZ 570001 PSEN me1S / 1AR. Tento zámek bude ovládat za pomoci PLC, kdy obsluha si vyžádá přístup do nebezpečného prostoru, následně se čeká na dokončení všech operací. Až doběhnou všechny operace je odemknut elektronický zámek a obsluha může dané

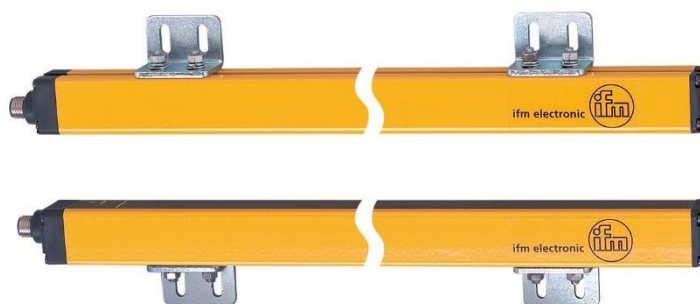
dveře otevřít. Po vykonání všech potřebných úkonů obsluha zavře dveře a potvrdí dokončení potřebných úkonů, následně dojde k zamknutí dveří a obnovení provozu celého pracoviště.



Obr. 17: Bezpečnostní zámek PILZ PSEN me1S/1AR [35]

7.5 Optická závora

Pro splnění dostatečné bezpečnosti je potřeba využít optickou závoru. Tato závora se bude starat, aby byl zastaven dopravníkový pás, když dojde k přerušení optické závory. Díky tomu dojde k eliminaci možného nebezpečí poranění při pokusu odebrat sklenici.



Obr. 18: Bezpečnostní světelný závěs od firmy ifm [36]

7.6 Stykač a pomocné kontakty

Pro odpojení silových kontaktů je potřeba použít stykač. Byl zvolen stykač na 24 V, konkrétně typ Eaton DILEM-10-G. Samotný stykač nemá NC kontakty a z tohoto důvodu bylo nutné k němu dokoupit rozšíření. Jedná se o Eaton 22DILE, díky kterému budou k dispozici dva NC (normally closed – normálně zavřeno) a dva NO (normally open – normálně otevřeno) kontakty. Tyto kontakty budou sloužit pro zjištění, jestli došlo k odpojení silové části.



Obr. 20: Stykač Eaton DILEM-10-G [37]



Obr. 19: Pomocné kontakty Eaton 22DILE [38]

7.7 Bezpečnostní relé pro zastavení robota

Pro zastavení robota bylo zvoleno bezpečnostní relé FINDER 7S.12.9.024.5110. Toto relé rozpojí obvod, díky kterému se robot zastaví z důvodu, že bylo zmáčknuto nouzové zastavení. NC kontaktem bude snímáno, jestli došlo opravdu k rozepnutí relátka.



Obr. 21: Relé FINDER 7S.12.9.024.5110 [39]

8. ELEKTRONICKÉ ZAPOJENÍ

V rámci práce bylo potřeba vytvořit elektrické schéma rozváděče, k němuž nebyla vytvořena tato elektrická dokumentace. Důvodem bylo to, že pro zajištění bezpečnosti je potřeba odpojovat některé vodiče v tomto rozváděči, aby se dané silové napětí nedostalo k buňkám a těm bylo zamezen možnost pohybu. Tento pohyb by mohl zapříčinit zranění, pokud by byly doplňovány tekutiny v dané době pohybu.

9. ZÁVĚR

V první kapitole této diplomové práce je popsán vývoj průmyslu až do průmyslu 4.0. Následně jsou zde popsány technologie, na nichž stojí průmysl 4.0, funkční celek Testbed je postaven a jeho fungování odpovídá požadavkům kladené na průmysl 4.0.

Dále je zde popsán již zmíněný Testbed, jeho konstrukce a funkce. Poté je rozebráno fungování jednotlivých buněk a ostatních částí důležité pro funkci celého zařízení. Nakonec jde zde uvedeno, jak daný barman funguje z pohledu zákazníka.

V další kapitole jsou rozebrány normy, jaké organizace vydávají dané normy, rozdíl mezi normami ISO a IEC. Ke konci je vysvětleno, s jakými typy norem je možné přijít do styku a které normy spadají do těchto kategorií.

Ve čtvrté kapitole je rozebrána norma ČSN EN ISO 12100, je zde popsáno k čemu slouží a postup od identifikace, zhodnocení až po snížení rizika podle této normy.

V následující kapitole se píše o normě ČSN EN ISO 13849-1, jsou zde rozebrány aspekty definování PL, MTTF_D, DC, CCF až po kategorie určitých zapojení.

Šestá kapitola definuje některé hrozby, které se nacházejí v okolí robotického pracoviště. Tato kapitola se částečně opírá o vypracovanou analýzu rizik. Avšak po konzultaci s odborníkem v oboru bylo řečeno, že nebylo vhodné vycházet z této analýzy rizik, protože některé opatření, které byly definovány pro odstranění rizika jsou nevhodné a nesmí být použity. Z toho důvodu by bylo vhodné vypracovat analýzu rizik, ze kterých mohou vyplynout správná bezpečnostní opatření pro zařízení požadované bezpečnosti. I přede výše zmíněné byly vytvořeny bezpečnostní opatření, které by měly zlepšit bezpečnost daného pracoviště. Daného barman bohužel není možné zabezpečit, protože některá opatření nemohou být momentálně použita. Jedná se v první řadě o tunel dopravníkového pásu, který nemůže být namontován, kvůli momentální trase pokládání sklenice na dopravníkový pás. Největší problém je ovšem robotický manipulátor, tento robot disponuje pouze jedním kanálem pro bezpečné zastavení robota. Z toho důvodu nejlepší PL, kterého lze dosáhnout je c, což nevyhovující. Z toho důvodu je nutné vyměnit použitého robota za variantu, která bude splňovat potřebné požadavky.

Poté následuje výčet použitých komponent pro zajištění potřebné bezpečnosti. Bohužel nebylo možné použít všechny zmíněné komponenty. Kvůli problému s dostupností nebyl k dispozici ani modul bezpečnostní vstupů, ani modul bezpečnostních výstupů.

Literatura

- [1] *Od 1. průmyslové revoluce ke 4.* [online]. Praha: Business Media CZ, 2015 [cit. 2021-11-14]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/od-1-prumyslove-revoluce-ke-4_31001.html
- [2] What is Industry 4.0? *What is Industry 4.0?* [online]. New York: IBM [cit. 2021-11-14]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/topics/industry-4-0>
- [3] The Fourth Industrial Revolution. *The Fourth Industrial Revolution* [online]. [cit. 2021-11-14]. Dostupné z: https://libguides.wilderness.com.au/Senior/Humanities/Society_Culture/FourthIndustrialRevolution/Intro
- [4] What is Industry 4.0? *What is Industry 4.0?* [online]. [cit. 2021-11-02]. Dostupné z: <https://www.sap.com/cz/insights/what-is-industry-4-0.html>
- [5] Co je cloud computing? *Co je cloud computing?* [online]. Microsoft, c2021 [cit. 2021-11-02]. Dostupné z: <https://azure.microsoft.com/cs-cz/overview/what-is-cloud-computing/#benefits>
- [6] KACZMARCZYK, Václav, Ondřej BAŠTÁN, Zdeněk BRADÁČ a Jakub ARM. An Industry 4.0 Testbed (Self-Acting Barman): Principles and Design. *IFAC-PapersOnLine* [online]. 2018, **51**(6), 263-270 [cit. 2021-11-16]. ISSN 24058963. Dostupné z: doi:10.1016/j.ifacol.2018.07.164
- [7] KARNIŠ, Radim. *Návrh, konstrukce a programové vybavení autonomní buňky "Shaker" pro testbed Průmyslu 4.0* [online]. Brno, 2019 [cit. 2021-11-16]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/173716>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Jan Pásek.
- [8] KACZMARCZYK a spol. Industry 4.0 Testbed Barman. *Industry 4.0 Testbed Barman* [online]. Brno: Brno University of Technology, c2019 [cit. 2021-11-17]. Dostupné z: <http://www.factory4.eu/>
- [9] Často kladené otázky – Technická normalizace. *Často kladené otázky – Technická normalizace* [online]. [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: Často kladené otázky – Technická normalizace
- [10] A Beginner's Guide to Product Safety Standards. *A Beginner's Guide to Product Safety Standards* [online]. Clever Compliance AB, c2016-2021 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://blog.clevercompliance.io/product-compliance/product-safety-standards-en-iso-iec/>
- [11] Bezpečnost strojů - 1. díl - úvod, normy, posouzení rizika. *Bezpečnost strojů - 1. díl - úvod, normy, posouzení rizika* [online]. 2015 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-1-dil-normy-rizika.html>
- [12] Základní bezpečnostní normy strojních zařízení. *Základní bezpečnostní normy strojních zařízení* [online]. ElektroPrůmysl.cz, 2018 [cit. 2022-05-14]. Dostupné

- z: <https://www.elektroprumysl.cz/legislativa/zakladni-bezpecnostni-normy-strojnich-zarizeni>
- [13] Použití a rozdělení bezpečnostních norem pro strojní zařízení. *Použití a rozdělení bezpečnostních norem pro strojní zařízení* [online]. ElektroPrůmysl.cz, 2019 [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/legislativa/pouziti-a-rozdeleni-bezpecnostnich-norem-pro-strojni-zarizeni>
 - [14] Bezpečnost a rizika strojních zařízení, část 1. *Bezpečnost a rizika strojních zařízení, část 1* [online]. MM Průmyslové spektrum, 2013 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/bezpecnost-a-rizika-strojnich-zarizeni-cast-1>
 - [15] ČSN EN ISO 12100. Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci - Posouzení rizika a snižování rizika. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
 - [16] Bezpečnost a rizika strojních zařízení, část 2. *Bezpečnost a rizika strojních zařízení, část 2* [online]. MM Průmyslové spektrum, 2013 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/bezpecnost-a-rizika-strojnich-zarizeni-cast-2>
 - [17] Bezpečnost a rizika strojních zařízení, část 3. *Bezpečnost a rizika strojních zařízení, část 3* [online]. MM Průmyslové spektrum, 2013 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/bezpecnost-a-rizika-strojnich-zarizeni-cast-3>
 - [18] Bezpečnost strojů - 2. díl - PL vs. SIL. *Bezpečnost strojů - 2. díl - PL vs. SIL* [online]. 2015 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-2-dil-pl-vs-sil.html>
 - [19] MSAB-Norma ČSN EN ISO 13849-1 [online]. Brno: Systemotronic, s. 17 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/predmety/detail/200144?armsgt=TVsGc7ujfP>
 - [20] ČSN EN ISO 13849-1. Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů - Část 1: Obecné zásady pro konstrukci. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
 - [21] ČSN EN ISO 10218-1. *Roboty a robotická zařízení - Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů - Část 1: Roboty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
 - [22] Jaký je rozdíl mezi polykarbonátem a Plexisklem? *Jaký je rozdíl mezi polykarbonátem a Plexisklem?* [online]. 2018 [cit. 2022-11-20]. Dostupné z: <https://www.buildex.cz/jaky-je-rozdil-mezi-polykarbonatem-a-plexisklem>
 - [23] Makrolon® – chemická odolnost. *Makrolon® – chemická odolnost* [online]. Praha, 2004 [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: http://www.zenit.cz/public/media/Plasty/Zenit_Technicky_List_Plasty_Polykarbonat_Chemicka_Odolnost_Makrolon_CZ.pdf

- [24] Lepené sklo čiré 8,8mm - VSG 44.2(Connex). *Lepené sklo čiré 8,8mm - VSG 44.2(Connex)* [online]. c2022 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://sklenarstvinonstop.cz/lepene-sklo-cire-8-8mm-vsg-44-2-connex.htm>
- [25] Kalené sklo vs. nekalené sklo – co je vlastně levnější? – několik praktických rad. *Kalené sklo vs. nekalené sklo – co je vlastně levnější? – několik praktických rad* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <http://www.greytech.cz/blog/kalene-sklo-vs-nekalene-sklo-co-je-vlastne-levnejsi-nekolik-praktickych-rad/>
- [26] Kalené a lepené sklo Brno - Sklenářství Rosprim: Kalené sklo Brno. *Kalené a lepené sklo Brno - Sklenářství Rosprim: Kalené sklo Brno* [online]. [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <http://kalenesklo-brno.cz/>
- [27] Chemická odolnost materiálů pro 3D tisk. *Chemická odolnost materiálů pro 3D tisk* [online]. Prusa Polymers a.s, 2021 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://prusament.com/cs/chemicka-odolnost-materialu-pro-3d-tisk/>
- [28] ČSN EN ISO 13850. *Bezpečnost strojních zařízení - Funkce nouzového zastavení - Zásady pro konstrukci*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [29] ČSN EN ISO 13857. *Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu do nebezpečných zón horními a dolními končetinami*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021.
- [30] PLC AUTOMATIZACE. *SESTAVA PLC* [online]. [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <http://plc-automatizace.cz/knihovna/plc/plc-hw-sestava.htm>
- [31] BLAJA AUTOMATION PORTAL. *Bezpečnostní PLC Simatic S7 - instalace software S7 SAFETY do TIA Portal* [online]. 2016, 08. únor 2016 [cit. 2022-01-03]. Dostupné z: <https://www.blaja.cz/plc-automaty/bezpecnostni-plc-simatic-s7-instalace-software-s7-safety-do-tia-portal.html>
- [32] TME Electronic Components. *6ES7214-1AF40-0XB0 SIEMENS* [online]. [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/details/6es7214-1af40-0xb0/ridici-cleny-plc/siemens/>
- [33] SIEMENS. *6ES7226-6BA32-0XB0* [online]. c2021 [cit. 2021-12-21]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7226-6BA32-0XB0>
- [34] *6ES7226-6DA32-0XB0. 6ES7226-6DA32-0XB0* [online]. [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7226-6DA32-0XB0>
- [35] CONRAD. *PILZ PSEN me1S / 1AR bezpečnostní spínač 24 V/DC 2.5 A mechanická aretace IP67 1 ks* [online]. c2021 [cit. 2021-12-22]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/p/pilz-psen-me1s-1ar-bezpecnostni-spinac-24-vdc-25-a-mechanicka-aretace-ip67-1-ks-2182998>
- [36] Bezpečnostní světelný závěs OY002S. In: *Bezpečnostní světelný závěs OY002S* [online]. [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://www.ifm.com/cz/cs/product/OY002S>

- [37] Eaton DILEM-10-G(24VDC) stykač 3 spínací kontakty 4 kW 24 V/DC 9 A 1 ks. In: *Eaton DILEM-10-G(24VDC) stykač 3 spínací kontakty 4 kW 24 V/DC 9 A 1 ks* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/p/eaton-dilem-10-g24vdc-stykac-3-spinaci-kontakty-4-kw-24-vdc-9-a-1-ks-507236>
- [38] Eaton 22DILE blok pomocných spínačů 2 spínací kontakty, 2 rozpínací kontakty 4 A zásuvné 1 ks. In: *Eaton 22DILE blok pomocných spínačů 2 spínací kontakty, 2 rozpínací kontakty 4 A zásuvné 1 ks* [online]. [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/p/eaton-22dile-blok-pomocnych-spinacu-2-spinaci-kontakty-2-rozpinaci-kontakty-4-a-zasuvne-1-ks-507218>
- [39] 7S.12.9.024.5110 FINDER. In: *7S.12.9.024.5110 FINDER* [online]. [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/details/7s.12.9.024.5110/bezpecnostni-vypinace-ridici-moduly/finder/>

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A - OBSAH PŘILOŽENÉHO CD	55
PŘÍLOHA B - ELEKTRO SCHÉMA.....	56

Příloha A - Obsah přiloženého CD

Přiložené CD obsahuje:

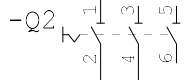
- Elektrickou podobu diplomová práce
 - Ve složce *Diplomová práce*
- Elektrické schéma
 - Ve složce *schema dopravnik*
- Všechny vytvořené modely
 - Ve složce *Modely*
- PDF elektro schématu černobílé (nemožnost exportu do barevného)
 - Ve složce *Elektro PDF*

Příloha B - Elektro schéma

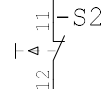
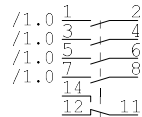
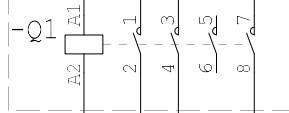
Dané elektro schéma je černobíle, protože při pokusu exportovat z programu WS CAD v barevné verzi program udělal vždy jenom černobíle.

EDUCATION

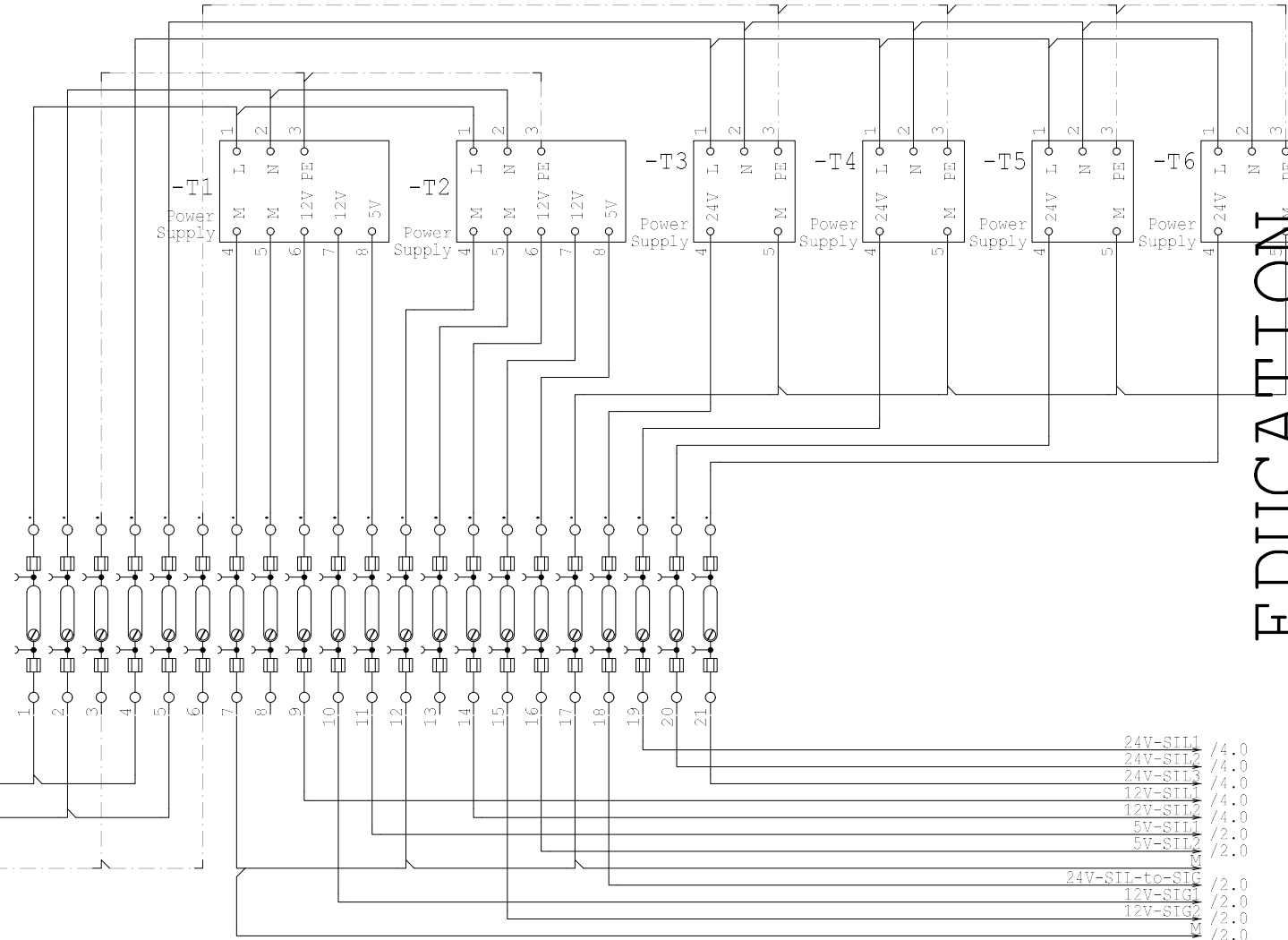
Main switch
ABB
OT16ET3



Contactor
ABB
M05 10E



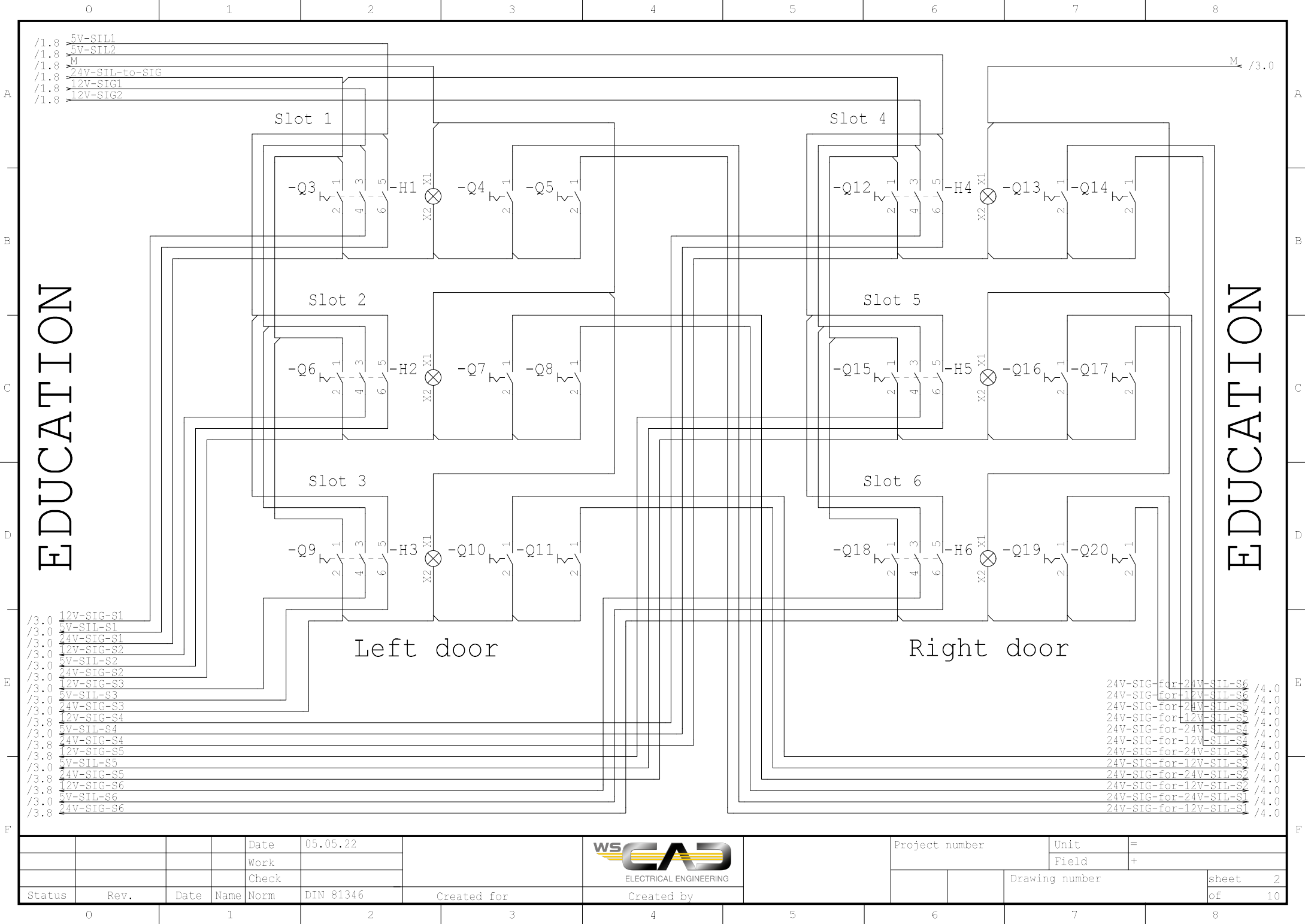
-X2



- 24V-SII1 /4.0
- 24V-SII2 /4.0
- 24V-SII3 /4.0
- 12V-SII1 /4.0
- 12V-SII2 /4.0
- 5V-SII1 /2.0
- 5V-SII2 /2.0
- 24V-SII-to-SIG /2.0
- 12V-SIG1 /2.0
- 12V-SIG2 /2.0

EDUCATION

		Date	05.05.22			Project number		Unit	=		
		Work						Field	+		
		Check						Drawing number		sheet	1
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for		Created by		of	
										10	



/1.8 5V-SIL1
/1.8 5V-SIL2
/1.8 M
/1.8 24V-SIL-to-SIG
/1.8 12V-SIG1
/1.8 12V-SIG2

M /3.0

/3.0 12V-SIG-S1
/3.0 5V-SIL-S1
/3.0 24V-SIG-S1
/3.0 12V-SIG-S2
/3.0 5V-SIL-S2
/3.0 24V-SIG-S2
/3.0 12V-SIG-S3
/3.0 5V-SIL-S3
/3.0 24V-SIG-S3
/3.0 12V-SIG-S4
/3.8 5V-SIL-S4
/3.0 24V-SIG-S4
/3.8 12V-SIG-S5
/3.0 5V-SIL-S5
/3.0 24V-SIG-S5
/3.8 12V-SIG-S6
/3.0 5V-SIL-S6
/3.8 24V-SIG-S6

24V-SIG-for-24V-SIL-S6 /4.0
24V-SIG-for-12V-SIL-S6 /4.0
24V-SIG-for-24V-SIL-S5 /4.0
24V-SIG-for-12V-SIL-S5 /4.0
24V-SIG-for-24V-SIL-S4 /4.0
24V-SIG-for-12V-SIL-S4 /4.0
24V-SIG-for-24V-SIL-S3 /4.0
24V-SIG-for-12V-SIL-S3 /4.0
24V-SIG-for-24V-SIL-S2 /4.0
24V-SIG-for-12V-SIL-S2 /4.0
24V-SIG-for-24V-SIL-S1 /4.0
24V-SIG-for-12V-SIL-S1 /4.0

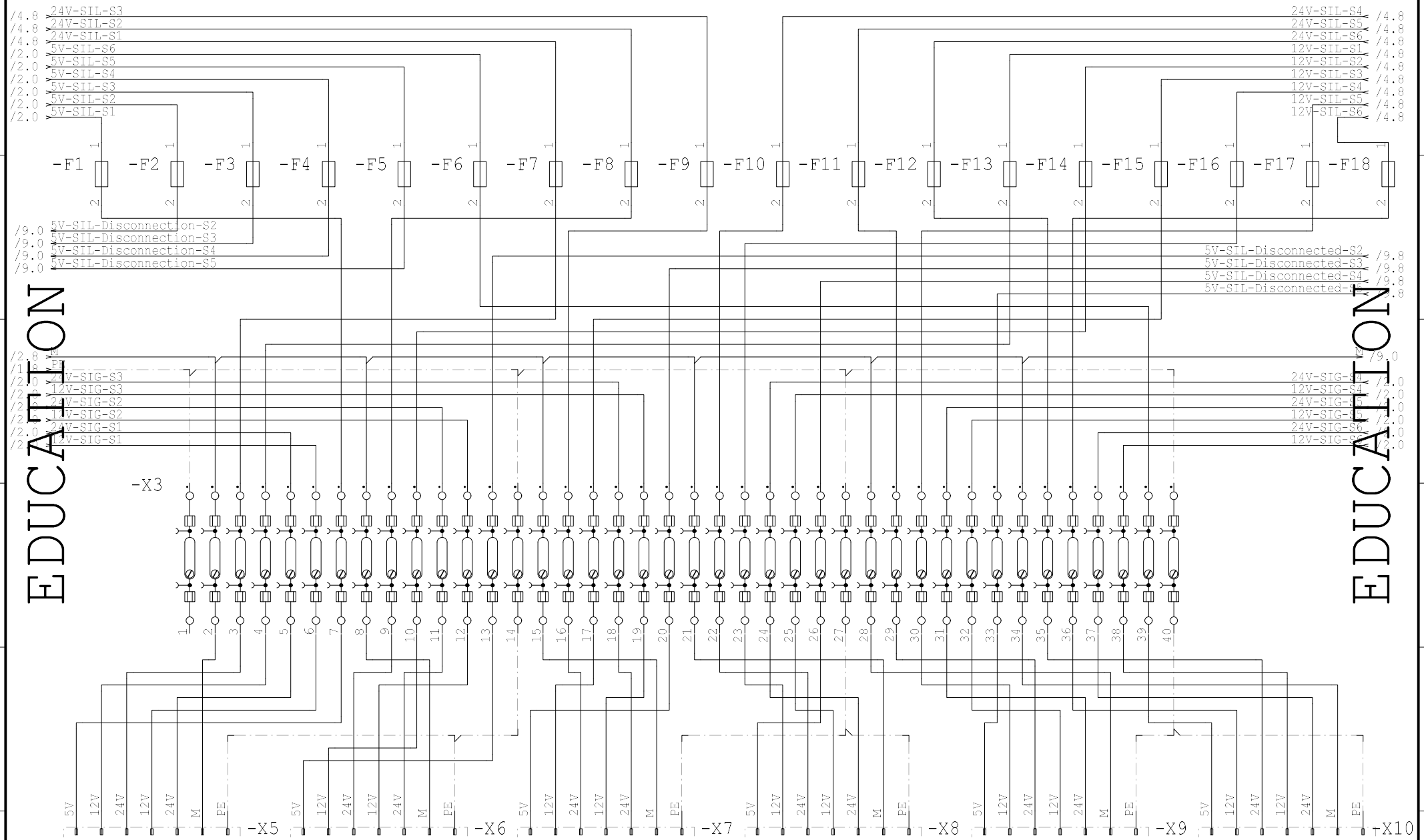
Left door

Right door

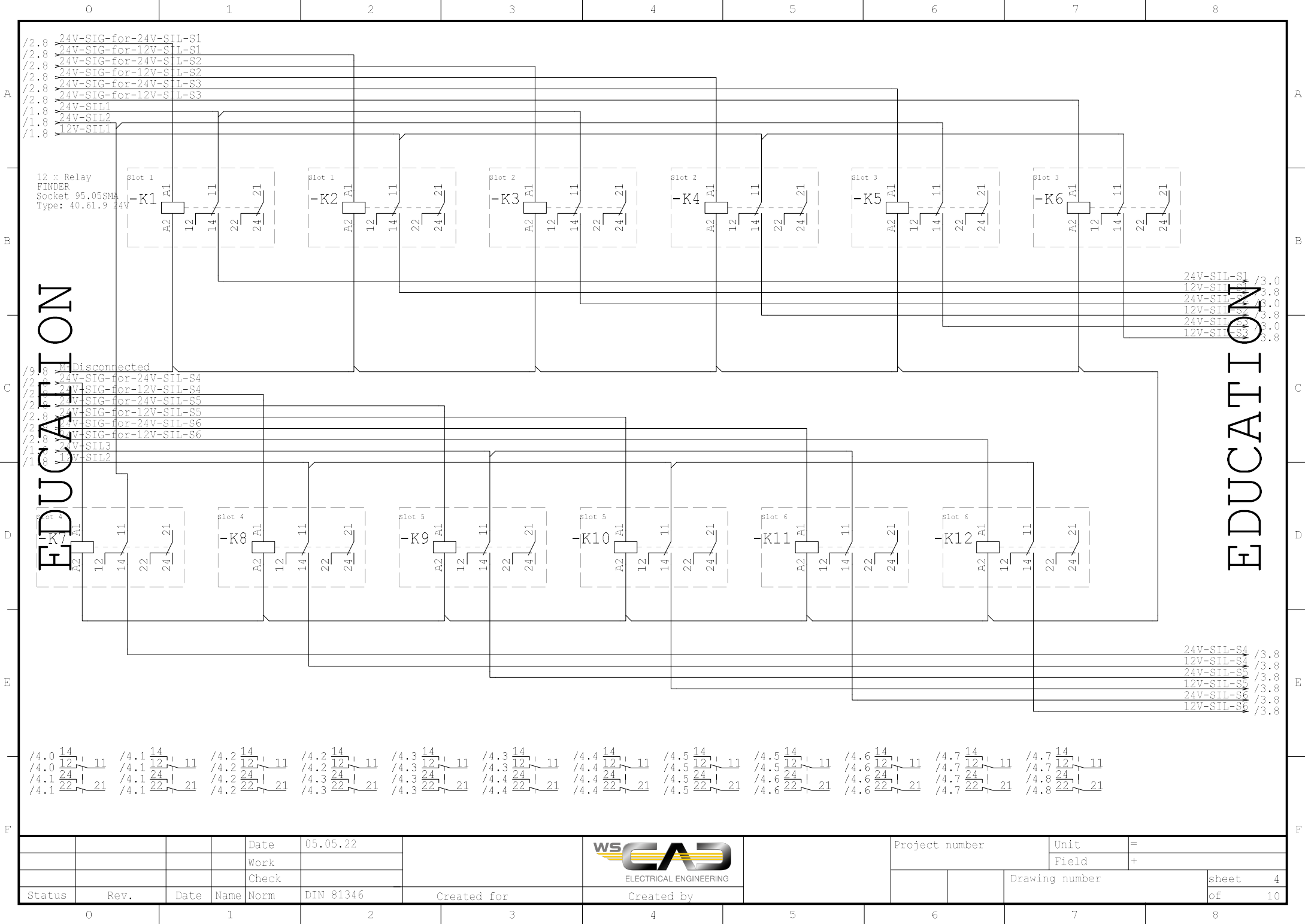
				Date	05.05.22			Project number		Unit	=
				Work						Field	+
				Check							
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by	Drawing number		sheet	2
										of	10

EDUCATION

EDUCATION



				Date	05.05.22					Project number		Unit	=		
				Work								Field	+		
				Check								Drawing number		sheet	3
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for		Created by						of	10



12 :: Relay
FINDER
Socket 95.05SMA
Type: 40.61.9 24V

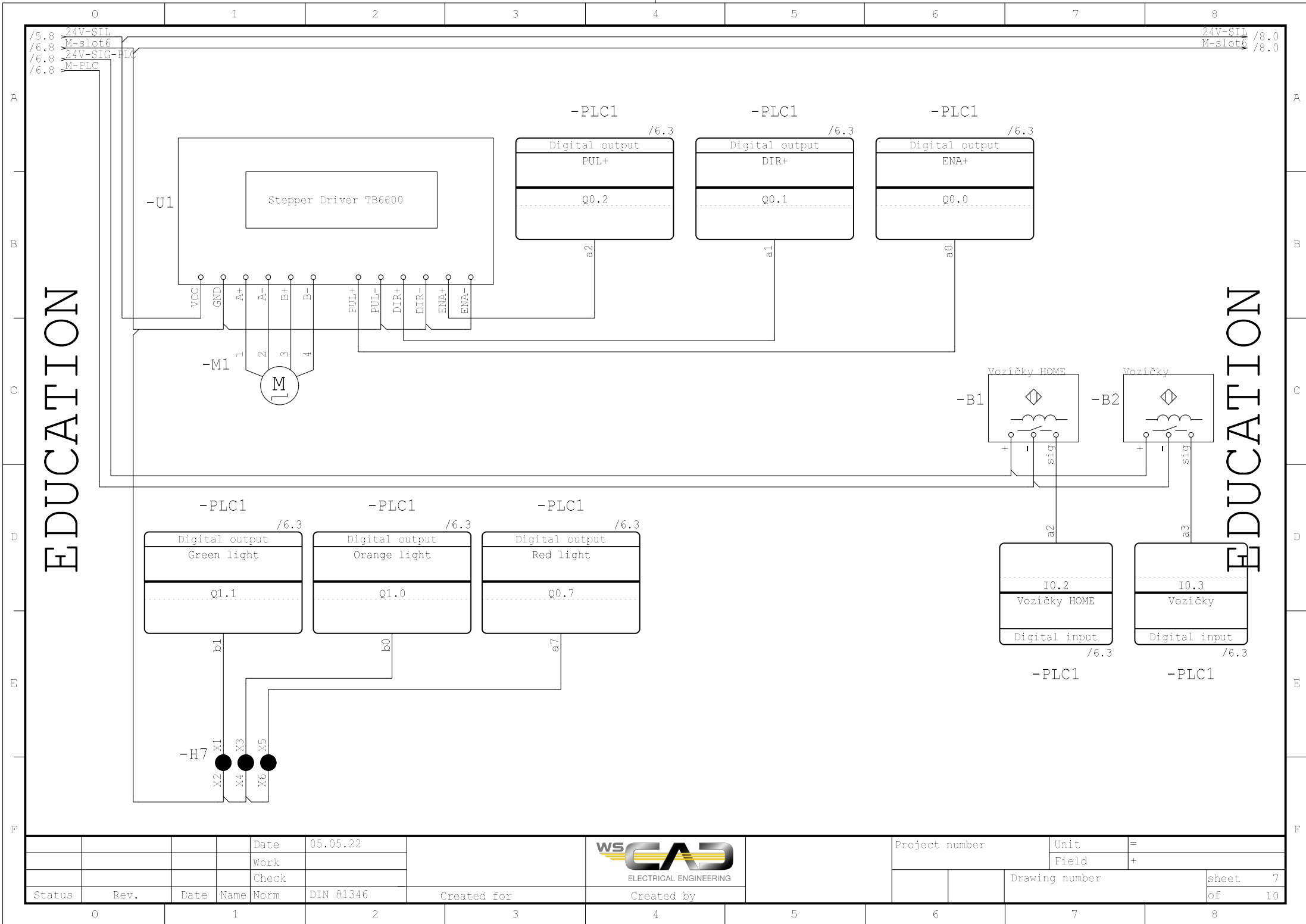
Relay Disconnected

/4.0 14	/4.1 14	/4.2 14	/4.2 14	/4.3 14	/4.3 14	/4.4 14	/4.5 14	/4.5 14	/4.6 14	/4.7 14	/4.7 14
/4.0 12	/4.1 12	/4.2 12	/4.2 12	/4.3 12	/4.3 12	/4.4 12	/4.5 12	/4.5 12	/4.6 12	/4.7 12	/4.7 12
/4.0 24	/4.1 24	/4.2 24	/4.2 24	/4.3 24	/4.3 24	/4.4 24	/4.5 24	/4.5 24	/4.6 24	/4.7 24	/4.7 24
/4.1 22	/4.1 22	/4.2 22	/4.2 22	/4.3 22	/4.3 22	/4.4 22	/4.5 22	/4.6 22	/4.6 22	/4.7 22	/4.8 22

24V-SIL-S1 /3.0
12V-SIL-S1 /3.8
24V-SIL-S2 /3.0
12V-SIL-S2 /3.8
24V-SIL-S3 /3.0
12V-SIL-S3 /3.8

24V-SIL-S4 /3.8
12V-SIL-S4 /3.8
24V-SIL-S5 /3.8
12V-SIL-S5 /3.8
24V-SIL-S6 /3.8
12V-SIL-S6 /3.8

				Date	05.05.22			Project number		Unit	=	
				Work						Field	+	
				Check						Drawing number		
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for		Created by		sheet 4		
										of 10		

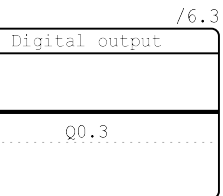


/6.8 24V-SIG
/7.8 24V-SIL
/7.8 M-slot6

24V-SIG /9.0
24V-SIL /9.0
M-slot6 /9.0

2 :: Relay
FINDER
Socket 95.85.3
Type: 40.52.9 24V

-PLC1



-Y3

Robot Synchronizace

Efektor EN

Robot Ready

Efektor DIR

ROBOT I/O

-M2
Motor DC - EFEKTOR

/8.2 14
/8.2 12
/8.2 24
/8.2 22

/8.3 14
/8.3 12
/8.3 24
/8.3 22

-B3

-B4

-B5

-B6

-Y4

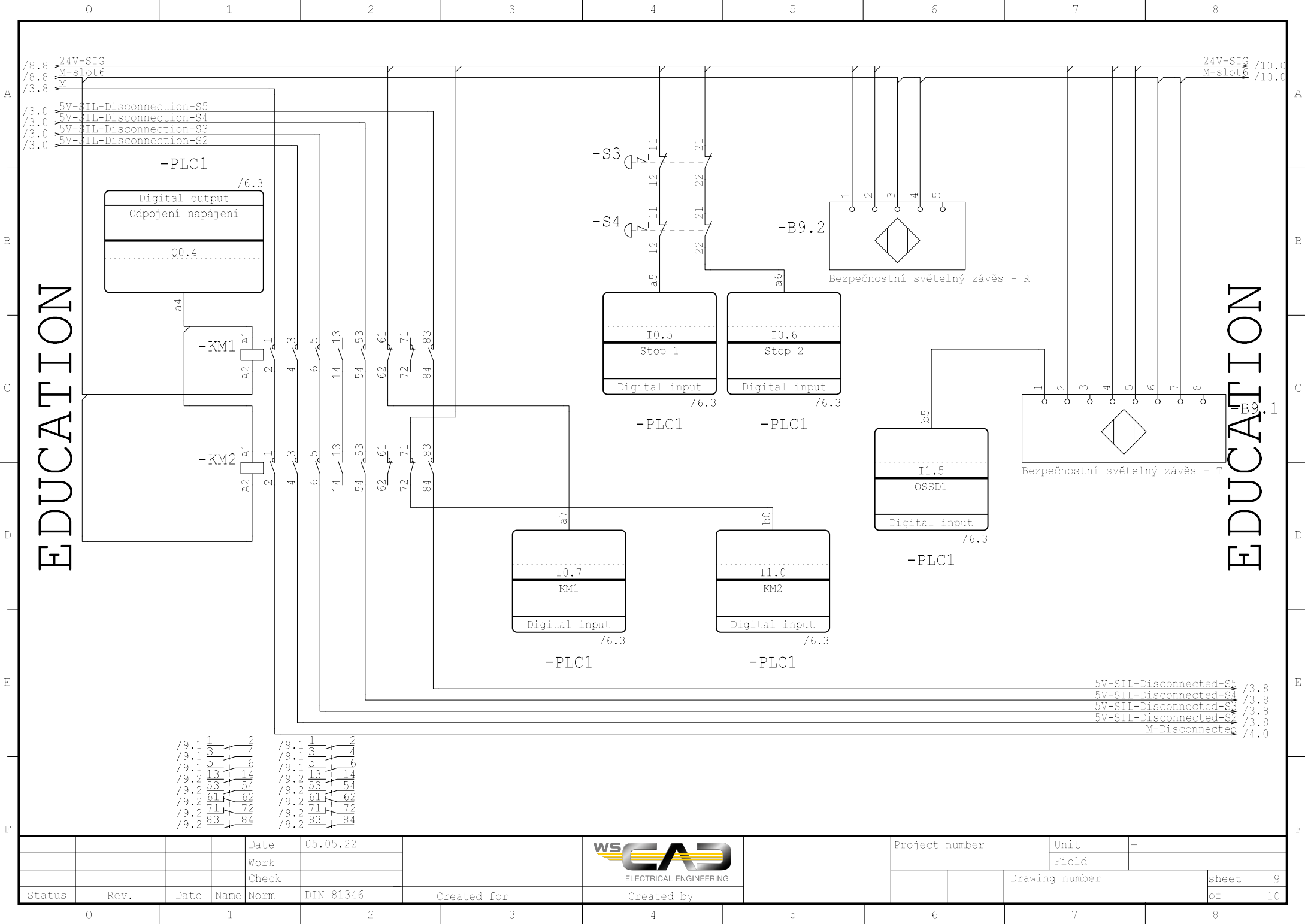
ifm AL 1900

-B7

-B8

EDUCATION

		Date	05.05.22			Project number		Unit	=		
		Work						Field	+		
		Check						Drawing number		sheet	8
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for		Created by		of	10



				Date	05.05.22	 ELECTRICAL ENGINEERING	Project number		Unit	=			
				Work					Field	+			
				Check						Drawing number		sheet	9
Status	Rev.	Date	Name	Norm	DIN 81346	Created for	Created by					of	10

