

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Automatizace strojních zařízení

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jaroslav JEŽEK**
Osobní číslo: **E14N0008K**
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Automatizace strojních zařízení**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte teoretický rozbor PLC automatů.
2. Popište normy a bezpečnost v automatizační technice.
3. Navrhněte elektrické schéma automatizační techniky vybraného strojního zařízení (řídící a sílové obvody).
4. Navrhněte elektrický pohon strojního zařízení (nadimenzujte elektrický motor a frekvenční měnič).
5. Navrhněte řízení na bázi PLC automatů.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah kvalifikační práce: **40 - 60 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Pavel Drábek, Ph.D.**
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2015**
Termín odevzdání diplomové práce: **16. května 2016**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá projektováním automatizační techniky pro strojní zařízení. Je zde popsán projekt hydraulického lisu pro výrobu automobilových kobercových dílů. Práce popisuje jednotlivé funkční části lisu a následný návrh elektrických schémat určených pro výrobu lisu a pro celkovou technickou dokumentaci. V práci je také uveden průběh momentu hydraulického čerpadla použitého na lise. V závěru je zmínka o sekvenčním programování.

Klíčová slova

automatizace strojních zařízení, hydraulický lis, projektování elektrických částí, moment, programování, Eplan

Abstract

The diploma thesis deals with an automation technical design for the industry machines. It describes the hydraulic press project for the automobile carpet parts production. The thesis describes each press feature function and electric wiring diagrams design. The diagrams are used to the production of the press and it is also included into the final technical documentation. There is also presented the curve of the torque of hydraulic pump that is used on the press. There is a mention of the sequential programming in the conclusion.

Key words

automation of industry machines, hydraulic press, electric parts design, torque, programming, Eplan

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Automatizace strojních zařízení vypracoval samostatně s použitím literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Podpis

V Plzni dne 15.5.2016

Jaroslav Ježek

Poděkování

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Pavlu Drábkovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování diplomové práce. Také bych rád poděkoval firmě Naretec s.r.o. za podklady pro práci a za cenné zkušenosti, které jsem získal při zaměstnání v této firmě.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	11
1 TEORETICKÝ ROZBOR PLC AUTOMATŮ	12
1.1 HISTORIE PLC AUTOMATŮ [1].....	12
1.2 PŘEHLED TRHU AUTOMATIZAČNÍCH SYSTÉMŮ.....	13
1.3 PLC vs. PAC.....	14
1.4 PRŮMYSLOVÁ KOMUNIKACE A SÍTĚ [5]	14
1.5 TRENDY DO BUDOUCNOSTI	15
2 NORMY A BEZPEČNOST V AUTOMATIZAČNÍ TECHNICE	17
2.1 NAŘÍZENÍ VLÁDY	17
2.2 NORMA ČSN EN 13849-1,2	17
2.3 BEZPEČNOSTNÍ ELEKTRONICKÉ A OPTOELEKTRONICKÉ PRVKY	19
2.4 SOFTWARE PRO VÝPOČET ÚROVNĚ VLASTNOSTÍ SISTEMA	20
3 ELEKTRICKÉ SCHÉMA, ŘÍDÍCÍ A SILOVÉ OBVODY	22
3.1 CELKOVÝ POPIS ZAŘÍZENÍ.....	22
3.2 ROZDĚLENÍ DO SKUPIN DLE FUNKČNÍCH BLOKŮ,	24
3.2.1 <i>Montážní prvky, rozvaděče, ovládací panely</i>	24
3.2.2 <i>Napájení</i>	25
3.2.3 <i>Chlazení rozvaděče</i>	26
3.2.4 <i>Řídící napětí</i>	28
3.2.5 <i>Nouzové zastavení</i>	29
3.2.6 <i>Ovládání, automatický režim</i>	30
3.2.7 <i>HMI, PLC</i>	30
3.2.8 <i>Odsávání</i>	32
3.2.9 <i>Hydraulický agregát</i>	32
3.2.10 <i>Ochranné prvky</i>	35
3.2.11 <i>Beran lisu a jeho prvky pro jeho řízení</i>	37
3.2.12 <i>Nástroj</i>	38
3.2.13 <i>Přídavná zařízení</i>	38
3.2.14 <i>Osvětlení</i>	39
3.3 PROJEKTOVÁNÍ V CAE SOFTWARE EPLAN ELECTRIC P8.....	39
3.4 VSTUPY A VYHODNOCENÍ Z EPLAN ELECTRIC P8.....	40
3.5 TECHNICKÁ PODPORA VÝROBY ROZVADĚČŮ A MONTÁŽE ZAŘÍZENÍ	43
4 ELEKTRICKÝ POHON STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ	44
4.1 URČENÍ POHONU	44
4.1.1 <i>Typ motoru</i>	44
4.1.2 <i>Typ pohonu</i>	45
4.2 DIMENZOVÁNÍ MOTORU A FREKVENČNÍHO MĚNIČE	46
4.2.1 <i>Ověření správného dimenzování motoru</i>	46
4.2.2 <i>Ověření správného frekvenčního měniče</i>	49
5 ŘÍZENÍ STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ PLC AUTOMATEM	52
ZÁVĚR	55
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	57

Seznam symbolů a zkratk

°C	stupeň Celsia
A	ampér
AC	střídavý proud
$\cos\varphi$	účinník
DC	stejnoseměrný proud
F	frekvence
F	síla
F_{zdvih}	síla potřebná pro zdvih beranu
HMI	rozhraní člověk – stroj
Hz	hertz
I	elektrický proud
IA	rozběhový proud
IN	jmenovitý proud
kN	kilonewton
kW	kilowatt
l	litr
lx	lux
M	moment
m^3	metr krychlový
mA	miliampér
MA	maximální moment
min	minuta
MK	moment zvratu
mm	milimetr
M_{max}	maximální moment
MN	jmenovitý moment
Mpa	megapascal
N	otáčky
Nm	newtonmetr
n_s	synchronní otáčky

OSSD	output signal switching device
P	výkon
p	tlak
PAC	programovatelný řídicí automat
PL	úroveň vlastností
PLC	programovatelný logický automat
p_{zdvih}	tlak potřebný pro zdvih beranu
q	průtok
s	skluz
s	sekunda
S	plocha
$S_{\text{mezikruží}}$	plocha mezikruží válce
s_z	skluz zvratu
t	čas
TIA	totaly integrated automation
U	napětí
V	volt
V	objem
V_g	geometrický objem
W	watt
η	účinnost
η_m	mechanická účinnost
η_t	celková účinnost
η_v	objemová účinnost

Úvod

Tématem diplomové práce je Automatizace strojních zařízení. Téma bylo vybráno na základě zkušeností nasbíraných během zaměstnání ve firmě Naretec s.r.o., která se zabývá výrobou strojních zařízení pro užití v automobilovém průmyslu. Výroba firmy je zaměřena na zařízení pro zpracování interiérových tepelně a akusticky izolačních dílů do automobilů. Jedná se především o kobercové prvky. Mezi vyráběné zařízení patří např. hydraulické lisy, zařízení pro řezání vodním paprskem nebo robotická pracoviště pro svařování ultrazvukem.

V úvodní kapitole je probrána historie PLC automatů a přehled různých výrobců na trhu. Dále jsou zde informace o používaných sběrníkových systémech, které se zaměřují na nejužívanější z nich – Ethernet. Na konci kapitoly jsou uvedeny trendy do budoucnosti, z kterých vyplývá nutnost použití automatizačních systémů.

Druhá kapitola je zaměřena na normy a bezpečnost v automatizační technice. Jsou zde uvedené podmínky, za kterých je možné strojní zařízení prodávat na evropském trhu a čím jsou tyto podmínky definovány. Také je zde uvedena norma pro analyzování rizik vyplývajících z používání stroje a vysvětlena důležitá část této normy.

Ve třetí kapitole je popsán hydraulický lis, na který je zaměřena tato práce. Dále je uveden postup, jakým způsobem je možné rozdělit elektrickou část na jednotlivé podskupiny pro jednodušší orientaci při tvorbě elektrických schémat, při samotné výrobě, ale i při programování. Po tomto rozdělení jsou jednotlivé důležité části probrány samostatně. V závěru kapitoly je popsán software pro projektování elektrických či fluidních systémů Eplan Electric P8/Fluid a důležité činnosti spojené s výrobou rozvaděčů a jejich podpora.

V předposlední kapitole je zobrazen průběh momentu potřebného pro hydraulické čerpadlo. Je zde popsán výpočet pro výběr čerpadla a příklady výpočtů momentu.

V závěru celé práce je zmínka o programování strojních zařízení pomocí sekvenčních diagramů a ukázka blokového schématu sekvenčního diagramu použitého na hydraulickém lisu.

1 Teoretický rozbor PLC automatů

1.1 Historie PLC automatů [1]

Před více než 40 lety, bylo možné rozpohybovat stroje pouze pomocí různých zapojení reléových zařízení. To mělo několik zásadních nevýhod. Bylo nutné důkladné plánování samotného automatizovaného procesu a dle tohoto procesu byl následně seskládaný reléový systém, který nebylo jednoduché rozšířit, poupravit nebo, v případě poruchy, jednoduše najít problém a ten následně odstranit. Bylo nutné vyvinout zařízení, které by tyto nedostatky odstranilo.

Ve snaze o větší efektivitu, modularitu a odolnost proti okolním podmínkám bylo firmou General Motors zadáno několika vývojovým centrům, aby se pokusila vyrobit zařízení, které by splňovalo tyto podmínky a jehož programování by bylo založeno na stávajících reléových či kontaktních schématech. To se nakonec povedlo týmu Richarda Moreleyho, který vyrobil zařízení zvané „084“. Toto číslo bylo použito, protože to byl 84. projekt jejich týmu. Na základě tohoto projektu byla založena společnost MODICON (MOdular DIgital CONtrol) a programovatelný logický kontrolér (PLC – Programmable Logic Controller) byl roku 1969 poprvé zaveden do provozu. V roce 1995 se pak společnost MODICON začlenila do skupiny Shneider Electric, která je dnes známá nejen svými PLC řídicími systémy, jako je TSX Telemecanique.



*Modicon 084, první PLC
na světě – 256 I/O,
32 kB paměti.*

Obr. 1 – První PLC – MODICON [1]

1.2 Přehled trhu automatizačních systémů

V dnešní době je na trhu s automatizační technikou mnoho výrobců PLC. Mezi nejznámější výrobce patří:

Siemens

ABB

Schneider Electric (MODICON)

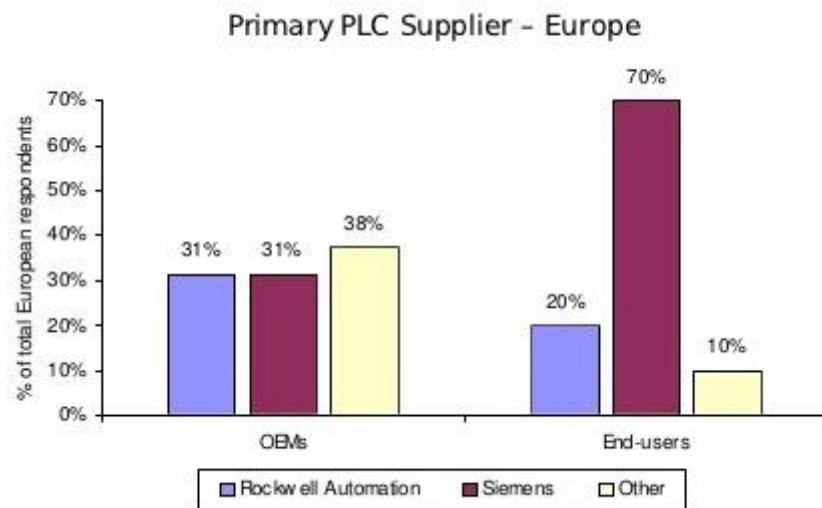
Rockwell (Allen-Bradley)

Omron

Bosch Rexroth

Ve světě automatizační techniky bylo dosaženo dle firmy Frost & Sullivan příjmů ve výši téměř 10,5 miliardy dolarů z prodeje programovatelných logických automatů. V roce 2018 je očekáváno, že příjmy dosáhnou téměř na 15 miliard dolarů. [2]

Dle výzkumu firmy ARC Advisory Group jsou v evropských zemích nejvíce prosazovány řídicí systémy od firmy Siemens:



Graf 1 – Hlavní evropští dodavatelé PLC [3]

1.3 PLC vs. PAC

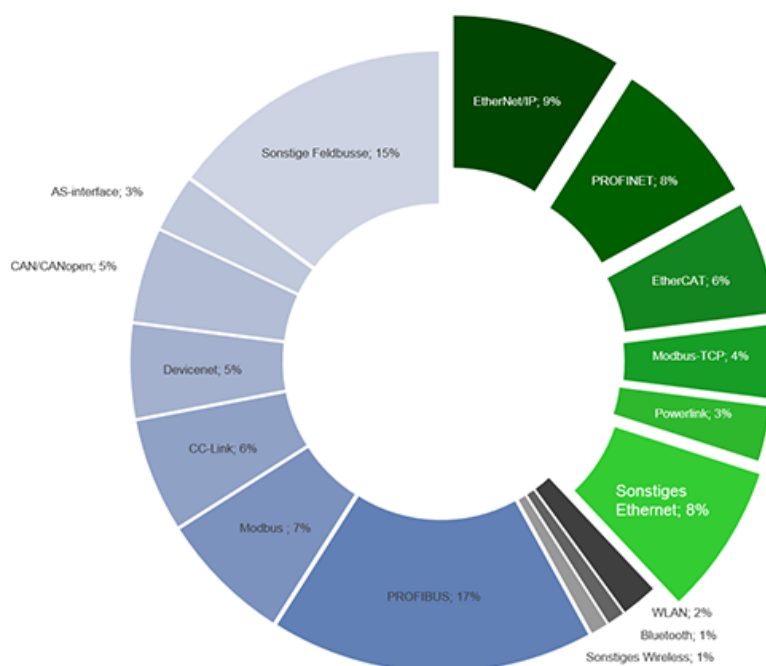
Rozdíl mezi PLC – programovatelným logickým automatem a PAC – programovatelným řídicím automatem není jasně definován. Rozdíly lze, i když celkem nejednoznačně, určit v oblastech složitosti a náročnosti řízení. Pro základní řízení většiny strojních zařízení bude postačovat systém PLC. Jedná se o zařízení, která obsahují většinu digitálních vstupů a výstupů a analogové řízení je pro ně spíše výjimkou. Systémy PAC je možné použít v případě rozsáhlejších procesů, kde je nutné pracovat s analogovými vstupy a výstupy a v programu zařízení je nutné použít větší počet regulačních smyček. Tyto systémy mají také větší variabilitu v připojovacích rozhraních a komunikačních protokolech. Umožňují připojení do firemních sítí, komunikaci přes sériové porty a tím podporují i možnost připojení různých vstupních zařízení jako jsou např. čtečky kódů. Díky zasíťování PAC je možné vytvářet statistické databáze o výrobcích nebo o změnách stavu jednotlivých funkčních bloků, popř. je možný vzdálený přístup k zařízení, jeho údržba a oprava. Výše zmíněné funkce začínají být implementovány i v automatech označovaných jako PLC. Proto je dnes označení PLC nebo PAC spíše marketingová záležitost. [4]

1.4 Průmyslová komunikace a sítě [5]

V současné době je v automatizační technice používáno přes 50 různých sběrníkových systémů. Rozsáhlou sběrnicí je průmyslový Ethernet, který má více než 20 různých protokolů.

Použitý sběrníkový systém je vybírán výrobcem automatizovaných zařízení na základě požadavků zákazníka, místa instalace zařízení a konkrétních funkčních požadavků na zařízení. Mezi tyto požadavky patří například rychlost sběrníkového systému, možnost implementace do stávajících systémů zákazníka nebo rozšiřitelnost dodávaného zařízení o další funkční bloky nebo součásti pro sběr dat a jejich vyhodnocení a ukládání.

Dle studií firmy HMS Industrial Networks GmbH je patrný nárůst využívání právě sběrníkového systému Ethernet s různými protokoly:

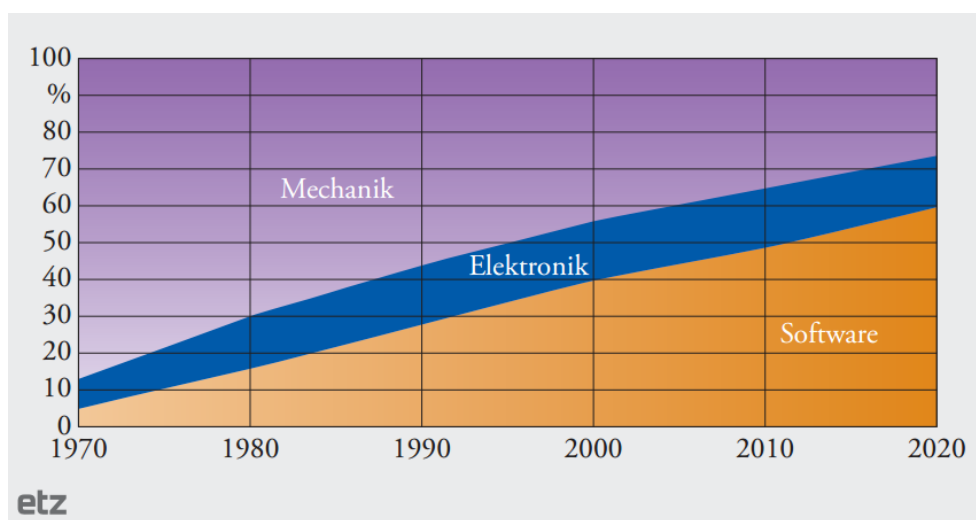


Graf 2 – Použití sběrnicových systémů v automatizačních systémech [5]

Pro strojní zařízení vyráběné firmou NARETEC s.r.o. je nejčastěji vybírána Ethernet sběrnice s protokolem Profinet. Firma tím reaguje na požadavky zákazníků z oblasti automobilového průmyslu, jako jsou dodavatelé pro automobilky Škoda, Mercedes Benz nebo Volkswagen, kteří ve svých výrobcích používají PLC od firmy Siemens. PLC Siemens Simatic jsou přizpůsobeny právě pro tuto sběrnici, na kterou je možné připojit např. bezdrátová nebo bezpečnostní zařízení, ale také jednotlivé senzory a akční členy.

1.5 Trendy do budoucnosti

Mezi hlavní trendy dnešní a budoucí průmyslové automatizace patří především bezpečnost, úspora nákladů a energie a vysoká rychlost. I z tohoto důvodu je stále více využívána sběrnice Ethernet. Tvorba software pro automatizaci ve všech možných oborech se dostává do popředí před mechanickou a elektrickou část. Dříve bylo nutné různé mechanické prvky vyrobit tak, aby při jejich jednoduchém pohybu, např. jedním elektromotorem, vykonaly více sekvenčních kroků. Dnes se tyto kroky řídí samostatně, což umožňuje jejich komfortnější nastavení, ale také diagnostiku. Graficky zpracovala tento vývoj firma ETZ:



Graf 3 – Vývoj podílů mechaniky, elektroniky a software na nových zařízeních [6]

2 Normy a bezpečnost v automatizační technice

Jak bylo výše zmíněno, trendem dnešní doby je zaměření se na bezpečnost strojních zařízení. Na tento trend reagují jak výrobci jednotlivých komponentů, tak výrobci jednotlivých zařízení i rozsáhlých automatizovaných celků.

2.1 Nařízení vlády

Pro uvedení výrobků na trh v Evropské Unii je nutné při výrobě dodržet Nařízení vlády ze dne 21. 4. 2008 č. 176/2008 Sb., o technických požadavcích na strojní zařízení a jeho dvě změny č. 170/2011 Sb. a 229/2012 Sb. Na základě dodržení těchto nařízení je možné vystavit prohlášení o shodě dle směrnice 2006/42/ES. Takové zařízení je potom označeno štítkem CE a je uvedeno na evropský trh.

Cílem výše uvedené směrnice je zajištění bezpečnosti při používání konkrétních zařízení. Jsou zde uvedeny podmínky, které je nutno splnit před vydáním prohlášení o shodě. Jednou z těchto podmínek je vypracování analýzy rizik, která plynou z používání zařízení. Tuto analýzu je doporučeno vytvářet dle normy ČSN ISO 12100 Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika.

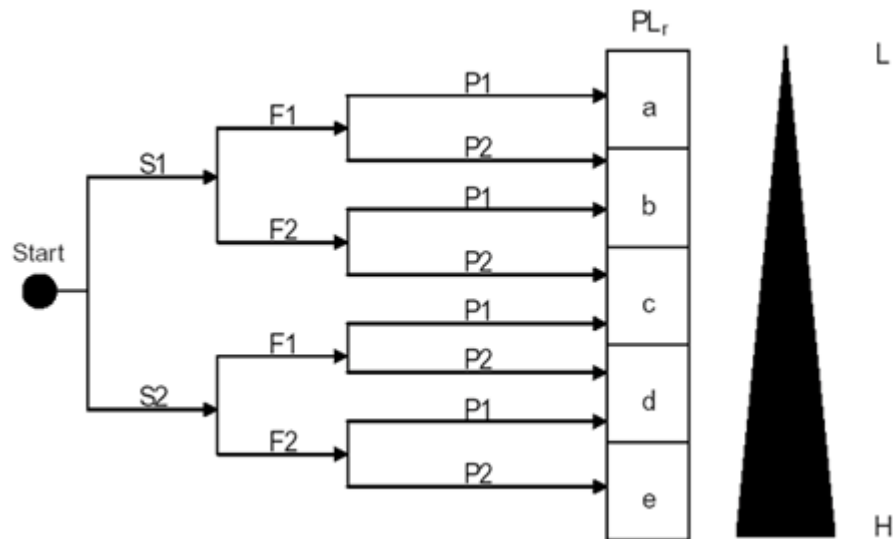
2.2 Norma ČSN EN 13849-1,2

Pomocí této normy jsou navrhovány doplňující bezpečnostní prvky použité na strojním zařízení. Tyto prvky jsou nezbytné pro splnění bezpečnostních funkcí pro snížení rizika. Nejdůležitějším parametrem bezpečnostních prvků, který plyne z této normy je takzvaná úroveň vlastností (PL – performance level). Tyto úrovně jsou podle pravděpodobnosti nebezpečné poruchy za hodinu rozděleny do pěti skupin:

PL	Průměrná pravděpodobnost nebezpečné poruchy za hodinu [1/h]
a	$\geq 10^{-5}$ až $< 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ až $< 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6}$ až $< 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7}$ až $< 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8}$ až $< 10^{-7}$
POZNÁMKA: K dosažení úrovně vlastností (PL) jsou, vedle průměrné pravděpodobnosti nebezpečné poruchy za hodinu, nezbytná také jiná opatření.	

Tab. 1 – Úrovně vlastností (PL) [7]

V normě je uvedena také příloha A, pomocí které je možno určit, jaká úroveň vlastností je pro danou bezpečnostní funkci nutná. Musí být určeny parametry S, F a P, ze kterých vyplyne úroveň vlastností:



Obr. 2 – Návod pro určení požadované úrovně vlastností (PL_r) [7]

Parametrem S je definována závažnost zranění:

S1 – lehké zranění s přechodnými následky

S2 – závažné zranění, obvykle, s trvalými následky

Parametrem F je definována četnost a/nebo vystavení nebezpečí:

F1 – řídká až málo častá a/nebo doba vystavení je krátká

F2 – častá až nepřetržitá a/nebo doba vystavení je dlouhá

Parametrem P je definována možnost vyloučení nebezpečí nebo omezení škody:

P1 – možné za určitých podmínek

P2 – sotva možné

Jako příklad je možné uvést obsluhu hydraulického lisu:

Bezpečnostní funkce: zastavení beranu lisu

Parametr S – závažnost zranění beranem lisu jehož hmotnost je cca 22 tun => **S2**
(rozdrčení končetiny)

Parametr F – obsluha během každého cyklu lisování, který je dán technologií navrženou pro každý jednotlivý díl a který trvá cca 60 sekund, musí sáhnout do prostoru lisování pro hotový díl a založit nový prefabrikát => **F2**

Parametr P – za žádných podmínek není možné omezení ani zabránění pohybu obsluhy lisu v lisovacím prostoru => **P2**

Výše uvedenými kroky bylo zjištěno, že pro zastavení beranu lisu je požadovaná úroveň vlastností PLe. Na základě tohoto odvození budou dále vybrány bezpečnostní prvky, které musejí mít střední dobu do nebezpečné poruchy takovou, aby odpovídala požadované úrovni vlastností.

2.3 Bezpečnostní elektronické a optoelektronické prvky

Jelikož není možné mechanickou konstrukcí zařízení zamezit všem rizikům vznikajícím při používání těchto zařízení, je nutné rizika omezit bezpečnostními prvky. V automatizační technice se jedná o elektronické prvky, které zajistí nepřítomnost lidí v nebezpečných místech konkrétního zařízení. Mezi nejrozšířenější elektronické prvky patří bezpečnostní světelné clony, které umožňují obsluze volný přístup do pracovní oblasti a zároveň bezpečně zamezí nebezpečným pohybům. Jak moc jsou tyto prvky bezpečné je dáno výše uvedenou normou a tudíž jejich úrovní vlastností PL.

V oblasti výroby strojních zařízení pro produkci interiérových a akustických dílů do automobilů je nutné, aby obsluha měla volný přístup do pracovního prostoru, kde jsou zakládány nejčastěji kobercové prefabrikáty, ze kterých je vytvořen konečný výrobek, nebo je na nich provedena další část technologického procesu. Z tohoto důvodu jsou používány právě bezpečnostní světelné clony. Na základě zkušeností a také požadavků zákazníků jsou montovány na stroje firmy Naretec s.r.o. převážně clony od firmy SICK.



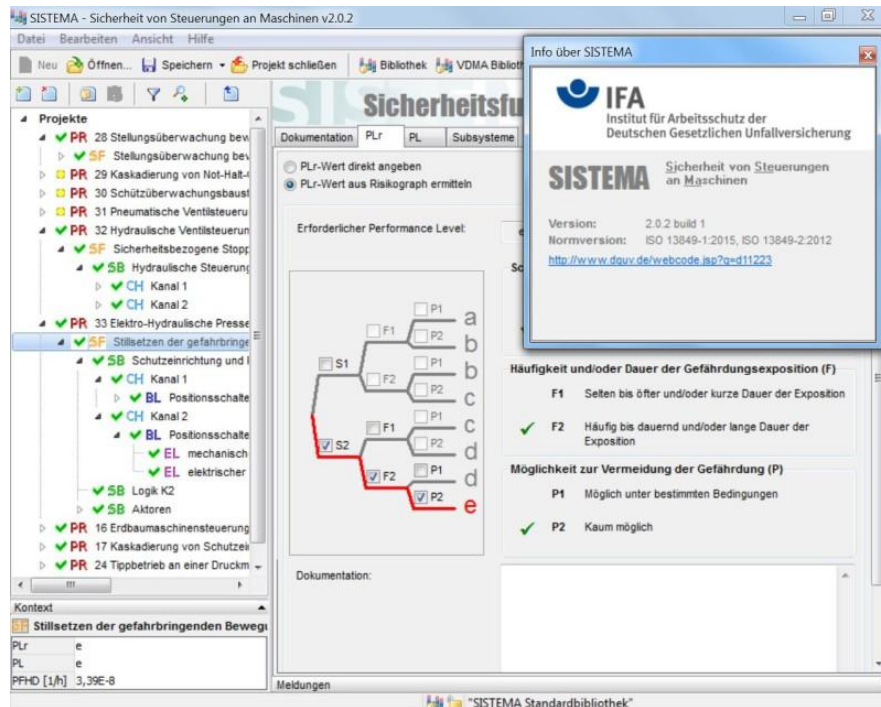
Obr. 3 – Bezpečnostní světelný závěs deTec4 core [8]

Z technické dokumentace tohoto výrobce je možné odečíst hodnotu úrovně vlastností PL. Z výše uvedeného příkladu je zřejmé, že pokud tato úroveň není PLe, není možné světelnou clonu použít na hydraulickém lisu. Ovšem konkrétně tento světelný závěs danou hodnotu úrovně vlastností splňuje.

2.4 Software pro výpočet úrovně vlastností SISTEMA

Po vypracování analýzy rizik a následném vytipování komponent použitých pro zajištění bezpečnostní funkce je nutné ověřit, zda série prvků splňuje požadovanou úroveň vlastností. Lze tak učinit několika způsoby. Dle výše zmíněné normy ČSN ISO 13849-1 lze definovat, že řetězec prvků pro zajištění bezpečnostní funkce je celý v požadované úrovni. V případě, že některá část řetězce nesplňuje úroveň, nebo to není zřejmé, je nutné dopočítat střední dobu do nebezpečné poruchy. Tento výpočet je detailně popsán také v této normě v příloze C. [8]

Aby projektanti a konstruktéři nemuseli tento výpočet složitě provádět u každé bezpečnostní funkce, byl německým institutem pro pracovní bezpečnost vytvořen software zvaný SISTEMA. Tento software se stále vyvíjí a výrobci bezpečnostních komponent vytvářejí datové soubory pro import svých komponent do tohoto programu. Konstruktér pak jen zadá, které prvky použil pro svoji bezpečnostní funkci a software mu dopočítá výslednou úroveň vlastností. Pokud konstruktér nemá tyto soubory, může opsat důležité parametry ručně z datových listů nebo z obecných přepokládaných hodnot daných normou.



Obř. 4 – Ukázka programu SISTEMA pro ověření úrovně vlastností [9]

3 Elektrické schéma, řídicí a silové obvody

3.1 Celkový popis zařízení

V úvodu projektování elektrické části strojního zařízení je nezbytné zjistit funkci tohoto zařízení. Pro tuto práci byl vybrán hydraulický lis určený pro lisování kobercových dílů do interiéru automobilů, popř. pro akustickou a tepelnou izolaci automobilu. Dle požadavků zákazníka je nutné, aby lis dokázal vyvinout sílu 4000 kN. Dalšími důležitými parametry od zákazníka jsou rozměry lisovacího prostoru, do kterého bude uchycen nástroj pro konkrétní výrobek. Může se zdát, že se tyto požadavky nijak netýkají elektro-projektování, ale na jejich základě bude postaven hydraulický agregát, který je nutné elektricky ovládat a napájet pohony všech použitých hydraulických čerpadel. U tohoto konkrétního lisu byl požadavek na doplnění stanice pro řízení páry určené pro měkčení použitého materiálu a stanice pro řízení horkého oleje pro ohřev jednotlivých nástrojů.



Obr. 5 – Hydraulický lis 4000 kN

Hlavní částí hydraulického lisu je ocelový rám, ve kterém je uzavírána síla vyvinutá hydraulickými válci, jež pohání beran. Beran je pohyblivá část lisu, která umožňuje otevírání a zavírání nástroje. Do lisu jsou vkládány nástroje pro požadované díly. Spodní polovina těchto nástrojů je přimontována na desku lisu a horní polovina nástroje na desku beranu. V základní poloze lisu jsou tyto poloviny od sebe odtažené, a obsluha je tak umožněna zakládání a vyndávání dílů. Tento lis je vybaven plošinou umístěnou nad rámem, na které je instalován hlavní hydraulický agregát, zařízení pro rozvod horkého oleje a v tomto případě i hlavní rozvaděč. Po pravé straně lisu je instalované zařízení pro rozvod páry. Horký olej i pára jsou pomocí potrubí rozváděny ke spodní i horní polovině nástroje. Lis je také připojen k rozvodu stlačeného vzduchu, kterým se ovládají ventily pro rozvod páry, horkého oleje i ovládací ventily pro řízení samotného stlačeného vzduchu. Z důvodu používání horkých nástrojů je zde instalován i systém pro odsávání kouře vzniklého při zpracování textilních materiálů v nástroji i pro odsávání samotné páry.

Z elektrických částí je z hlediska obsluhy nejdůležitějším prvkem hlavní ovládací panel, na němž je umístěn komponent zvaný HMI (Human Machine Interface). HMI slouží pro nastavení parametrů lisu a zobrazování aktuálního stavu či případných hlášení a poruch a je to menší dotyková obrazovka. U HMI jsou také nainstalována základní ovládací tlačítka, jako např. tlačítka pro zapnutí a vypnutí automatického režimu, tlačítka pro resetování poruchy nebo jedno z tlačítek pro nouzové zastavení stroje. Na lise jsou umístěny i další ovládací pulty, které slouží pro startování cyklu. Z důvodu bezpečnosti jsou použita rychlonavíjecí vrata, která zabraňují nebezpečí vzniklému použitím páry a horkého oleje. V době, kdy jsou vrata otevřená a obsluha se pohybuje v nebezpečném prostoru u beranu, jsou tyto pohyby detekovány optickými světelnými závěsy. Z boku lisu a u vstupu k rozvodu páry jsou dveře, jejichž zavřená poloha je hlídána bezpečnostními elektromechanickými zámky. Tím je zabezpečeno, že v době, kdy jsou tyto dveře otevřené se lis nemůže pohybovat.

Celé zařízení bude napájeno ze sítě nízkého napětí 400/230 V AC. Ze stropního rozvodu energií v místě montáže bude přivedeno potrubí s horkým olejem, párou a chladicí vodou. Chladicí voda bude připojena do klimatizační jednotky – výměník voda/vzduch pro chlazení hlavního elektrického rozvaděče a také do chladiče pro olej v hydraulickém agregátu.

Hlavní rozvaděč je vybírán až v samotném závěru projektu, kdy už je známo, jaké elektrické komponenty je nutné do něj umístit. Pro tento lis byl vybrán rozvaděč od firmy RITTAL. Tato firma je největším světovým výrobcem rozvaděčů a její rozvaděčové systémy se používají v mnoha odvětvích elektroinstalací – od průmyslových až po datové rozvody nebo rozsáhlé napájecí systémy nízkého nebo vysokého napětí. Firma Naretec s.r.o. používá výhradně rozvaděčový systém TS, který je možno libovolně rozšiřovat o různé druhy skříní, montážních příslušenství a nebo o systémy rozvodu proudu.

3.2.2 Napájení

Napájení je přivedeno přes skříňku S20, která je umístěna na levém předním sloupu lisu a kde je umístěn pouze hlavní vypínač. Z ergonomického důvodu nebyla tato skříň umístěna nahoru na plošinu s hlavním rozvaděčem. Je totiž nutné, aby obsluha lisu mohla v krátkém časovém okamžiku odpojit celý lis od elektrické sítě. Ze skříně S20 vede napájecí kabel o průřezu 4G120 mm² nahoru na plošinu do hlavního rozvaděče. Tam je kabel připojen na šínový systém pro rozvod proudu rovněž od firmy RITTAL. Pro určení přívodního kabelu a velikosti šínového systému je nutné zjistit proud odebíraný litem. Ten je dán součtem odběrů všech dílčích zařízení použitých na lisu.

Odběr:	I _{L1} [A]	I _{L2} [A]	I _{L3} [A]
Osvětlení rozvaděče, servisní zásuvka (rezervovaný výkon)	16		
Klimatizační jednotka RITTAL SK3375.540	0,8		0,8
Zdroj ovládacího napětí 24 V DC	2	2	2
Ventilátor pro odsávání páry	7,64	7,64	7,64
Pohon hydraulického čerpadla 1	157	157	157
Pohon hydraulického čerpadla 2	6,1	6,1	6,1
Pohon předních rychlonavíjecích vrat	2	2	2
Pohon zadních rychlonavíjecích vrat	2	2	2
Čerpadlo horkého oleje 1	4,7	4,7	4,7
Čerpadlo horkého oleje 2	4,7	4,7	4,7
Kladkostroj	2	2	2
Osvětlení pracoviště	1,2	1,2	1,2
Celkový proud	206,14	189,34	190,14
Celkový proud s rezervou 20 %	257,675	236,675	237,675
Výsledné předjištění	250	250	250

Tab. 2 – Odebírané proudy

Na tento proud byl také vybrán hlavní vypínač typ EATON LN2-250-I.

3.2.3 Chlazení rozvaděče

Z důvodu ztrátových výkonů jednotlivých komponent umístěných v rozvaděči je nutné spočítat, zda se nebude vnitřní prostor přehřívat. Většina prvků je provozuschopná do 55 °C. V průmyslové praxi je zvolena teplota v rozvaděči 35 °C. Byl tedy spočítán celkový ztrátový výkon:

Označení přístroje	Ztrátový výkon [W]
+002-F1	1,6
+002-F2	2
+005-F11	1,1
+005-F12	1,6
+005-F14	1,6
+005-F15	1,6
+005-F17	1,6
+005-F3	1,6
+005-F4	1,6
+005-F6	1,6
+005-G1	89
+005-Q1	6,9
+006-K10	2,1
+006-K11	2,1
+006-K20	2,1
+006-K21	2,1
+006-K91	2
+006-K92	2
+012-A10	6,3
+012-A20	1,9
+012-A21	1
+012-A23	0,75
+012-A25	4
+012-A26	4
+012-A27	4
+012-A28	4
+012-A29	4
+012-A32	1,7
+012-A33	1,7
+012-A34	1,7
+012-A35	1,7
+012-A36	1,7
+012-A37	1,7
+012-A38	1,7
+012-A42	4
+012-A43	4
+012-A44	4
+012-A46	1
+012-A48	1

+012-A50	1
+012-A52	1
+015-Q1	8,7
+015-Q11M1	8
+051-L1	65
+051-Q1	15
+051-Q11M2	8
+051-Q2	8,7
+051-U1	2400
+051-Z1	150
+071-BR1	50
+071-F1	1,6
+071-L1	8
+071-Q1	6
+071-Q1Y	2,1
+071-U1	58
+072-BR1	50
+072-F1	1,6
+072-L1	8
+072-Q1	6
+072-Q1Y	2,1
+072-U1	58
+500-KY1	8
+500-KY2	8
+500-KY3	8
+500-KY4	8
+500-KY5	8
+500-KY6	8
+550-KY1	8
+550-KY2	8
+550-KY3	8
+550-KY4	8
+550-KY5	8
+550-KY6	8
+951-Q1	6
+951-Q11M1	2,1
+951-Q11M2	2,1
+952-Q1	6
+952-Q11M1	2,1
+952-Q11M2	2,1
+981-F1	1,1
+991-F1	1,6
Celkový ztrátový výkon:	3215,95
Celkový ztrátový výkon s 20% rezervou:	4019,9375
Použitý chladicí výkon klimatizace:	4000

Tab. 3 – Ztrátový výkon

Výsledná klimatizační jednotka byla vybrána pomocí programu RITTAL Therm, který je možné použít online na webových stránkách firmy RITTAL. Tímto software jsou do výpočtu zahrnuty teplotní koeficienty týkající se přenosu tepla konkrétní skříně, umístění skříně i okolních podmínek, ve kterých bude zařízení pracovat. Jelikož okolní podmínky většinou nejsou zákazníkem poskytnuty, jsou tyto informace odhadnuty na základě zkušeností s jednotlivými zákazníky nebo např. na základě podnebí v místě instalace.

3.2.4 Řídící napětí

Jako řídicí napětí je v průmyslové automatizaci nejčastěji používáno napětí 24V DC. Jelikož je hydraulický lis vybaven mnoha elektromagnetickými ventily pro řízení toku oleje, je nutné instalovat zdroj, který dodá dostatečné množství proudu. V případě tohoto lisu bude postačovat proud 40A. Hydraulický agregát bude osazen maximálně 25 ventilů, z nichž každý odebírá průměrně 1,25 A.

počet ventilů – 25

průměrný odebíraný proud – 1,25A

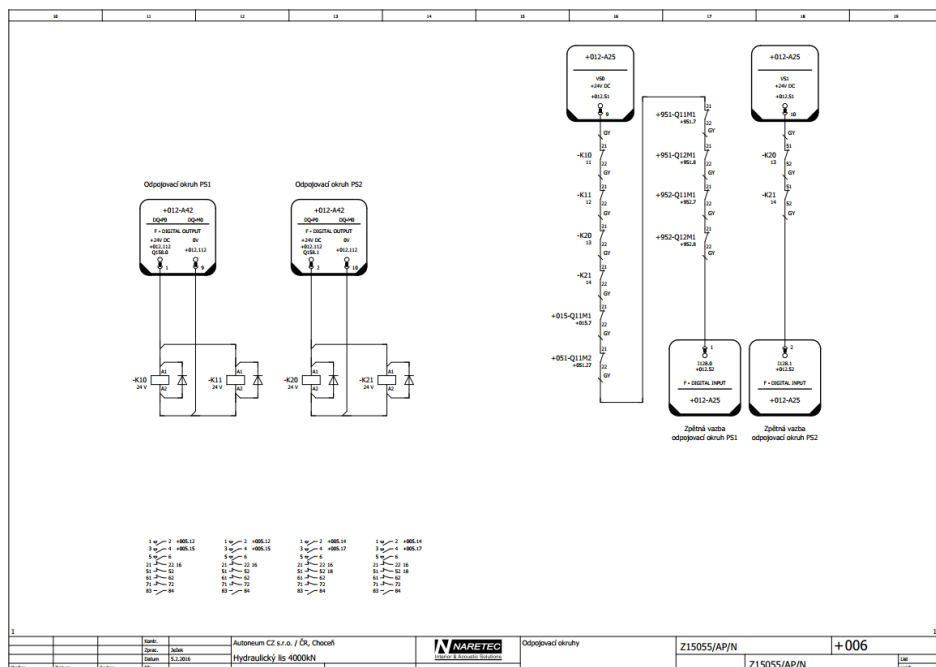
odhadnutý součinitel souběhu – 0,7

*výsledný potřebný proud pro hydraulický agregát: $I = 25 * 1,25 * 0,7 = 21,875 A$*

Při návrhu řídicího napětí je nutné vytvořit různé „odbočky“ ovládacího napětí. Jedná se o skupinu pro napájení všech PLC komponentů odjištěnou jističem +005-F3, skupinu pro napájení všech vstupů (senzory, tlačítka, pomocné kontakty apod.) odjištěnou jističem +005-F6 a o skupinu pro napájení obecných zařízení a akčních členů, které nemusejí být odepínány žádným z bezpečnostních komponentů. Dále je zde skupina napájení, která je odjištěna jističem +005-F12 a +005-F15. Tuto skupinu odpojují stykače +006-K10 a +006-K11, které přeruší napájecí obvod v případě, že je stisknuté některé z tlačítek nouzového zastavení. Poslední skupinou je napájení zařízení, která musí být odpojena v případě, že je stisknuto některé z tlačítek nouzového zastavení a nebo je porušena bezpečnost přerušením paprsků světelných optických závěsů nebo otevřením některých ze dveří. Tato skupina je odjištěna jističi +005-F14 a +005-F17.

3.2.5 Nouzové zastavení

Každé strojní zařízení musí být vybaveno obvodem s tlačítky nouzového zastavení. Jedná se o základní bezpečnostní funkci, která v případě stisknutí tlačítka zastaví všechny nebezpečné pohyby. Ve skupině 006 jsou zakresleny výše zmíněné stykače +006-K10, K11, K20 a K21, které jsou ovládány z bezpečnostních výstupů bezpečnostního řídicího systému. Také jsou zde zakresleny jejich pomocné kontakty, sériově zapojené do vstupů tohoto systému, což informuje o jejich aktuálním stavu. V případě sepnutí stykačů dojde k rozpojení pomocných kontaktů, a kdyby nastala porucha jednoho ze stykačů, např. svaření kontaktů, stykač nerozepne, a tudíž pomocné kontakty opět nesepnou. To zajišťuje diagnostické krytí těchto stykačů, které je jednou z podmínek dosažení bezpečnostní úrovně vlastností PLe.



Obr. 7 – Schéma zapojení stykačů +006-K10, K11, K20, K21

Dále jsou v této skupině zakreslena právě všechna tlačítka nouzového zastavení. Každé tlačítko má na své dva rozpínací kontakty přiveden signál z bezpečnostního řídicího systému a skrze tyto kontakty dále signál pokračuje do bezpečnostních vstupů. Tento signál není obyčejné napájení ovládacím napětím, ale je určitým způsobem modulovaný, aby např. v případě zkratu s řídicím napětím nemohlo dojít k poruše, kterou by následně řídicí systém nepoznal. Tyto bezpečnostní obvody jsou v rozvaděčových skříních zapojeny vodičem šedé barvy, aby bylo možné na první pohled poznat, že se nejedná o řídicí napětí.

3.2.6 Ovládání, automatický režim

Ve skupinách 008 a 010 jsou zakresleny prvky týkající se obecného ovládání a automatického režimu. Převážně se jedná o ovládací prvky umístěné na hlavním ovládacím pultu H0. Barvy a typ ovládacích komponent jsou definovány v normě ČSN EN 60204-1. Je zde popsáno např. to, jaké barvy jednotlivých tlačítek, popř. kontrolkek smějí být použité pro různé funkce ovládání:

Barva	Význam	Vysvětlení	Příklady použití
ČERVENÁ	Nouzový stav	Použit v případě nebezpečného nebo nouzového stavu	Nouzové zastavení Vyvolání nouzové funkce
ŽLUTÁ	Abnormální stav	Použit v případě abnormálního stavu	Zásah pro potlačení abnormálního stavu Zásah pro opětné spuštění přerušeno automatického cyklu
MODRÁ	Povinný	Použit stav vyžadující povinný zákrok	Funkce reset (výchozí stav)
ZELENÁ	Normální	Použit pro vyvolání normálních podmínek	
BÍLÁ	Není přiřazen žádný určitý význam	Pro obecné vyvolání funkcí s výjimkou nouzového zastavení	START/ZAP (přednostně)
ŠEDÁ			STOP/VYP
ČERNÁ			START/ZAP
			STOP/VYP (přednostně)

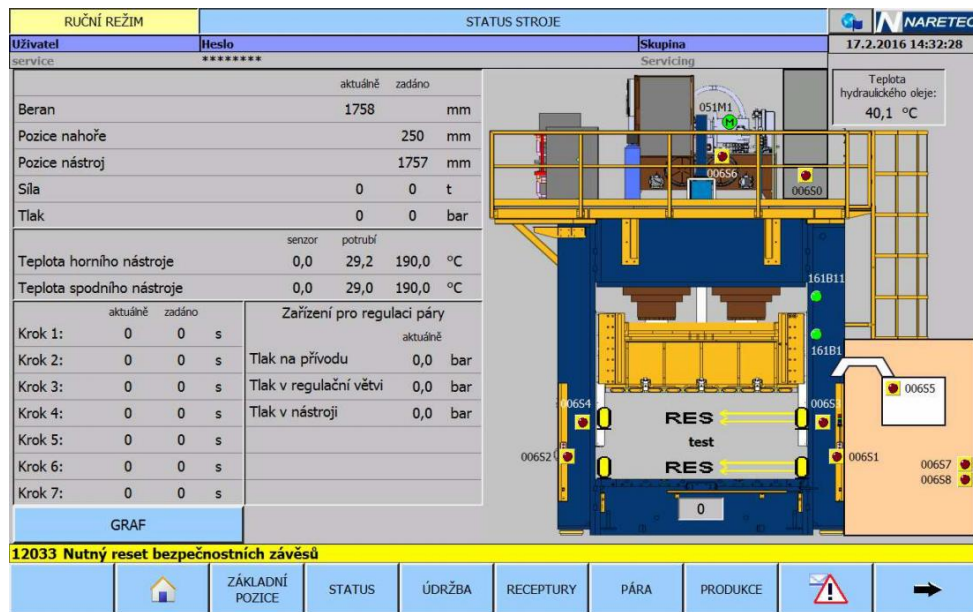
Tab. 4 – Barevné označování tlačítkových ovládačů a význam jednotlivých barev [10]

Zákazníkem bylo specifikováno, že pro přepínání režimů STOP, RUČNĚ, AUTOMATICKY, VÝMĚNA NÁSTROJE a PAUZA má být použit otočný přepínač. Byl tedy vybrán přepínač od firmy EATON, který informuje o zvolené variantě režimu.

Mezi akční členy v této skupině patří signální světelný sloupek, podle kterého je možné na dálku určit stav stroje, aniž by bylo nutné kontrolovat HMI.

3.2.7 HMI, PLC

Dle specifikace zákazníka byl vybrán dotykový ovládací panel od firmy SIEMENS – SIMATIC HMI TP1200 COMFORT. Toto zařízení je možné připojit do sběrnice sítě Profinet. Pro jeho zprovoznění tedy stačí pouze zapojit napájení a propojovací Profinetový kabel. Na displayi jsou zobrazeny všechny údaje o lisu, provozní hlášení, chybová hlášení a tlačítka pro ovládání v manuálním režimu.



Obr. 8 – Pohled na obrazovku HMI – STATUS STROJE [11]

Ve skupině 012 je zakresleno vše, co se týká PLC. Na úvodní stránce této skupiny je náhled Profinetové sítě. Jelikož je Profinet speciálním protokolem od známého Ethernet TCP/IP, je i síť sestavena na stejném principu. Vybraný PLC procesor soužijí taktéž jako případný router pro připojení celého zařízení do venkovní sítě. Síťové komponenty použité na lise jsou připojovány paprskovitě pomocí zařízení zvaného Ethernet switch, které umožňuje komunikaci mezi všemi jednotkami. Pro tento lis byl vybrán switch SCALANCE XB008, který je vybaven 8 porty. 2 z těchto portů jsou nevyužité a slouží jako rezerva pro další případné rozšíření.

Procesor, jenž byl vybrán programátorem na základě informací o složitosti stroje, je SIEMENS SIMATIC S7-1516F. Jedná se o jeden z novějších procesorů této firmy. Označení „F“ v názvu informuje o integrovaném bezpečnostním systému a možnosti připojení periferií a komunikace s těmito jednotkami na bezpečné úrovni – Profisafe. Tento procesor je instalován na speciální jednotku zvanou rack. Pro připojení vstupů a výstupů byly namontovány takzvané moduly rozhraní (interface moduly) typu ET200SP, ke kterým je možné připojit vstupní a výstupní karty pro připojení senzorů a akčních členů. Takové karty jsou vybrány na základě potřeby počtu vstupů/výstupů jednotlivé oblasti. Za účelem zjednodušení výroby byl proto dán do hlavního rozvaděče, do rozvaděče k hydraulickému agregátu, do rozvaděče k zařízení na rozvod horkého oleje, do rozvaděče k zařízení na rozvod páry a do hlavního ovládacího pultu vždy jeden interface modul s různým počtem rozšiřujících karet. Do těchto karet byly následně zapojeny senzory/akční členy z dané oblasti.

Jelikož se nejedná o rozsáhlé a složité zařízení, není zde velký počet analogových vstupů/výstupů a většina informací ze senzorů je získávána v digitální podobě – tudíž buď 1, nebo 0. Výjimkou jsou pouze spojitě se měnící veličiny, jako např. pozice beranu nebo teplota nástrojů. Analogové výstupy jsou taktéž použité minimálně, a to hlavně v případě řízení hydraulického čerpadla popř. proporcionálních ventilů. Výstupními kartami je umožněno řídit akční členy pomocí signálů 0–10 V, 1–5 V, –5–+5 V, –10–+10 V. V případě digitálních výstupních karet je standardně umožněno ovládat zařízení s odběrem proudu max. 0,5 A.

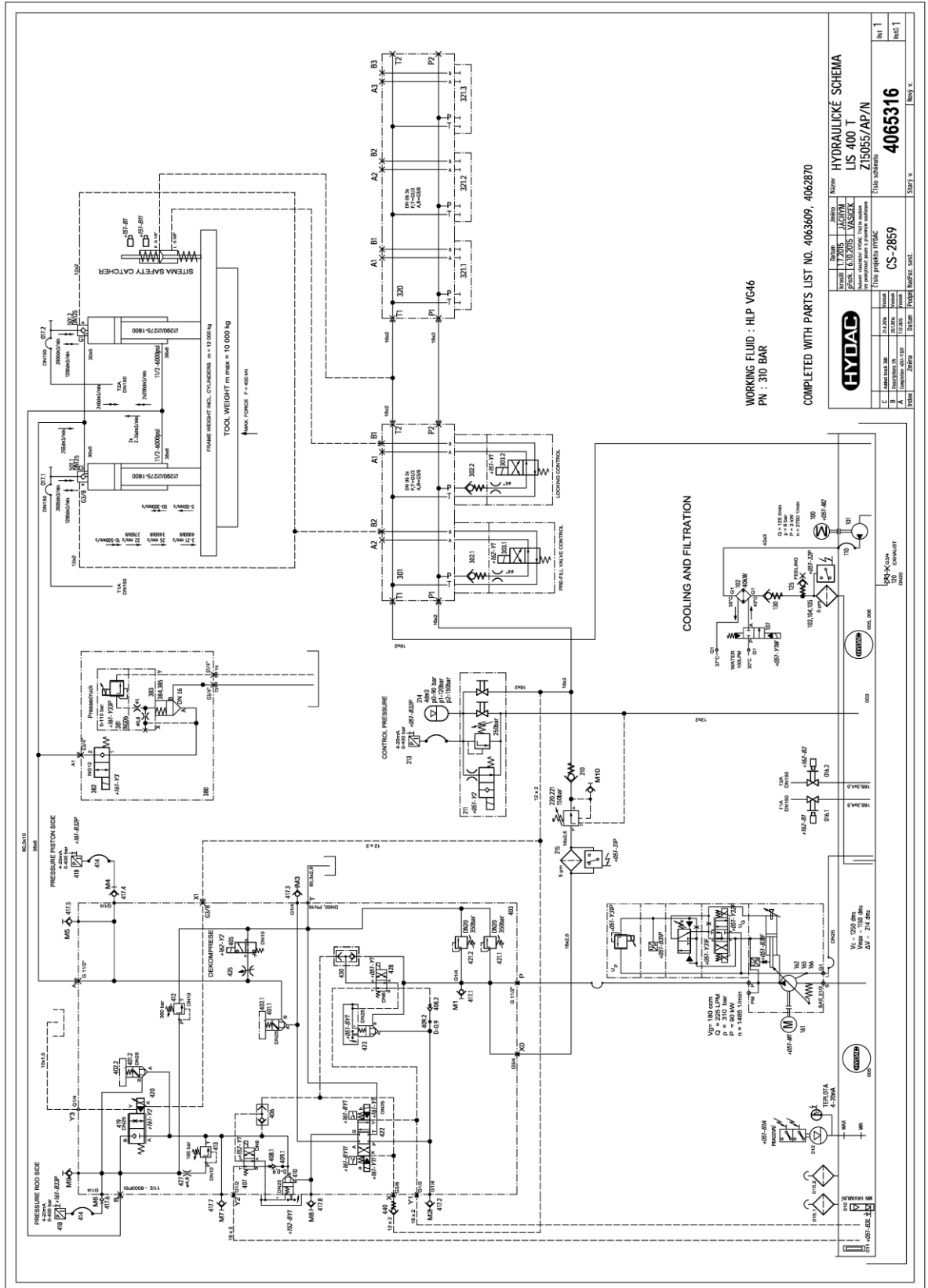
3.2.8 Odsávání

Odsávání kouře vzniklého při lisování horkým nástrojem a také přebytečné páry je zajištěno pomocí ventilátoru určeného pro tyto účely. Ventilátor může být vystaven odsávanému vzduchu o teplotě až 200 °C. Jelikož se jedná o zařízení, které nemůže nikomu způsobit žádné zranění (nebezpečné části jsou zakryté), a v oblasti tohoto ventilátoru se bude pohybovat pouze údržba, je možné přiřadit tomuto pohybu úroveň vlastností PLa. Díky této malé úrovni vlastností je postačující, aby byl ventilátor ovládán pouze jedním stykačem. Výkon ventilátoru je 4 kW, a proto je možné tento stykač použít i pro rozběh.

Na výstupním potrubí odsávacího systému je instalována klapka, která je ovládána pneumatickým válcem a ventil ovládající tento válec je řízen z potenciálu PS1, který ventil odpojí v případě stisku tlačítka nouzového zastavení. Při odpojení ventilu dojde k zavření klapky pomocí pružiny přimontované na pístnici.

3.2.9 Hydraulický agregát

Hydraulický agregát je jednou z nejdůležitějších částí lisu. Je zde vyvíjen tlak hydraulického oleje. Při návrhu elektrické části je nezbytně nutné, aby projektant pochopil alespoň základní funkce jednotlivých ventilů a dokázal je roztrždit do správných skupin. Firma Naretec s.r.o. si nechává hydraulické jednotky vyrábět od různých dodavatelů. Na tento lis dodávala hydraulický agregát firma HYDAC.



Obr. 9 – Hydraulické schéma od hydraulického agregátu [12]

Takové schéma je po objednání hydraulického agregátu zasláno projektantovi, který jej projde a popř. domluví drobné úpravy. Následně jsou všechny elektrické prvky zařazeny do skupiny dle číslovacího systému. Např. motor od hlavního hydraulického čerpadla označený číslem 161 je zařazen do skupiny hydrauliky a pojmenován jako první motor: +051-M1. Po úpravě názvů všech elektrických komponent je schéma zasláno zpět výrobcí, který přepíše stávající označení tak, aby se shodovala s označením v elektrických schématech. Dále je nutné určit, které ventily budou ovládány z neodpojovaného potenciálu, které budou odpojovány potenciálem tlačítek nouzového zastavení a které budou odpojovány potenciálem tlačítek nouzového zastavení a nebo potenciálem bezpečnostních světelných závěsů a elektromechanických zámek.

Popis:	Označení:	Bez odpojení	Odpojení tlačítka nouzového zastavení	Odpojení bezpečnostními světelnými závěsy bezpečnostními elektromechanickými zámky
Motor hydraulického čerpadla 1	+051-M1			
Ventil – Řízení tlaku	+051-Y31P			
Ventil – Řízení průtoku 1	+051-Y31F			
Ventil – Řízení průtoku 2	+051-Y32F			
Motor hydraulického čerpadla 2	+051-M2			
Ventil – Hydraulická pumpa hlavní okruhy do tlaku	+051-Y1			
Ventil – Hydraulická pumpa tlak do akumulátoru	+051-Y2			
Ventil – Okruh chladicí vody	+051-Y1W			
Ventil – Pádová brzda beranu odjistit	+151-Y1			
Ventil – Beran bezpečnostní ventil	+152-Y1			
Ventil – Beran dolů	+161-Y1			
Ventil – Beran nahoru	+161-Y11			
Ventil – Rychlost beranu	+161-Y2			
Ventil – Regulace sníženého tlaku beranu	+161-Y33P			
Ventil – Povolení regulace sníženého tlaku beranu	+161-Y3			
Ventil – Plnicí ventil beranu	+162-Y1			
Ventil – Dekompresní ventil	+162-Y2			
Ventil – Hydraulický okruh 1 vyjet	+511-Y1			
Ventil – Hydraulický okruh 1 zajet	+511-Y11			
Ventil – Hydraulický okruh 1 odtlakovat A	+511-Y2			
Ventil – Hydraulický okruh 1 odtlakovat B	+511-Y12			
Ventil – Hydraulický okruh 2 vyjet	+512-Y1			

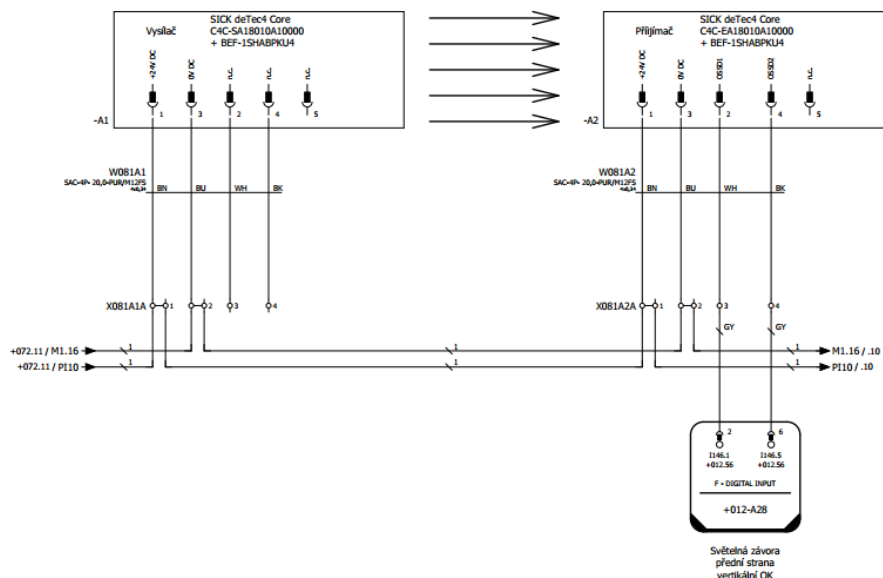
Ventil – Hydraulický okruh 2 zajet	+512-Y11		
Ventil – Hydraulický okruh 2 odtlakovat A	+512-Y2		
Ventil – Hydraulický okruh 2 odtlakovat B	+512-Y12		
Ventil – Hydraulický okruh 3 vyjet	+513-Y1		
Ventil – Hydraulický okruh 3 zajet	+513-Y11		
Ventil – Hydraulický okruh 3 odtlakovat A	+513-Y2		
Ventil – Hydraulický okruh 3 odtlakovat B	+513-Y12		

Tab. 5 – Určení potenciálů pro zařízení na hydraulickém agregátu

Dle této tabulky jsou následně zapojeny hydraulické ventily k jejich řídicím bezkontaktním relé. Nutnost použít relé vyplývá z velkého proudového odběru ventilů. Ovládat akční členy rovnou z binárního výstupu je možné pouze do odběru proudu 0,5A.

3.2.10 Ochranné prvky

Pro zajištění bezpečnosti jsou na stroji namontovány bezpečnostní ochranné prvky. V prostoru obsluhy lisu jsou použity výše zmíněné optické bezpečnostní závěsy, které detekují přítomnost osob v nebezpečném prostoru. Jedná se o párové zařízení. Jedna část je vyrobena pouze jako vysílač emitující infračervené paprsky. Druhá část je přijímač, který je vybaven vyhodnocovací elektronikou. V případě přerušení paprsku, vyhodnocovací jednotka odepne dva bezpečnostní výstupy označené jako OSSD (Output Signal Switching Devices). Tyto signály jsou zapojené do bezpečnostních vstupů v řídicím systému, který neustále vyhodnocuje jejich aktivitu.



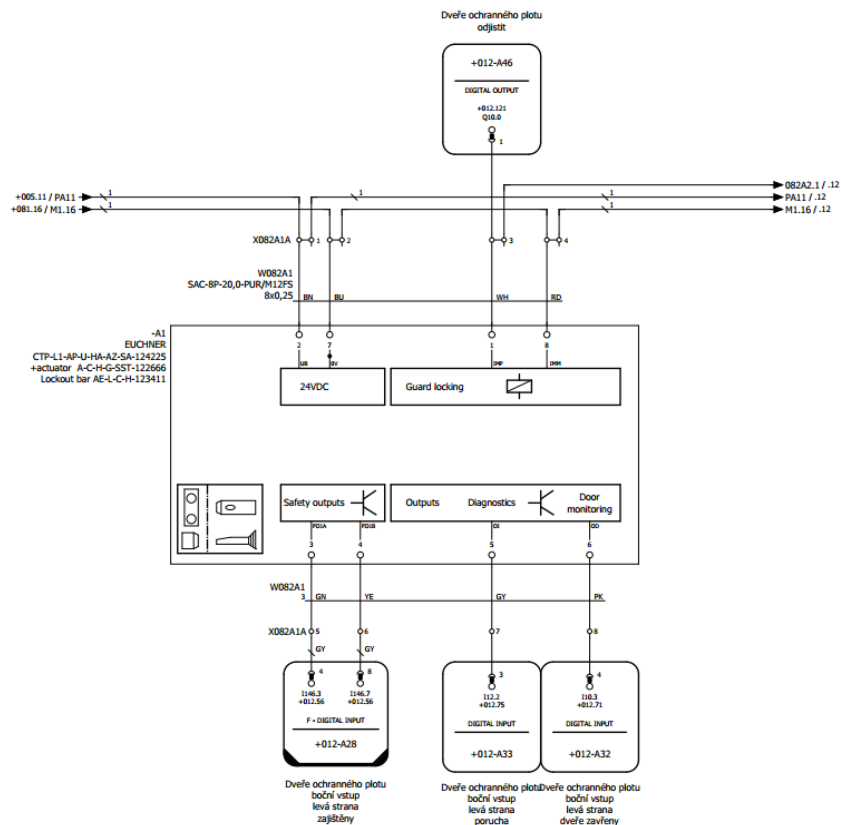
Obr. 10 – Zapojení bezpečnostních optických závěsů

Tyto výstupy musejí být dva, aby mohla být splněna úroveň vlastností PLe. Jelikož může být beranem způsobeno vážné zranění, kterému je obsluha vystavována často a nelze mu žádným způsobem zamezit, je tato úroveň vlastností vyžadována. Diagnostické

krytí je v tomto případě zařízení pomocí software, který neumožní nebezpečný pohyb bez kontroly OSSD signálů. Také nesmí být umožněno automatické spuštění nebezpečného pohybu (zavírání lisu). Proto je vyžadován reset světelných závěsů na základě stisknutí potvrzovacího tlačítka obsluhou.

V případě, že je spuštěn automatický cyklus, jsou jako první zavřena rychlonavíjecí vrata. Jejich zavřená poloha je snímána bezpečnostním snímačem firmy EUCHNER. Z tohoto snímače jsou opět vyvedeny dva OSSD výstupy do bezpečnostních vstupů řídicího systému. Jedná se o snímač s RFID kódovaným aktuátorem.

Mezi nejnovější bezpečnostní prvky použité na lise patří elektromechanický bezpečnostní zámek, taktéž od firmy EUCHNER. Toto zařízení je navrženo tak, aby odolalo mechanickému namáhání při zavírání a otevírání dveří, popř. jiných krytů. Jeho výstupem jsou taktéž dva OSSD výstupy, které jsou opět zapojené do bezpečnostních vstupů řídicího systému. Zámek je také vybaven elektronikou, kterou je řídicí systém informován o chybné funkci přístroje nebo např. o tom, že jsou dveře fyzicky zavřeny, a je tudíž možné zámek zamknout. Ovládání zámku je prováděno pomocí cívky, která je řízena z digitálního výstupu PLC.

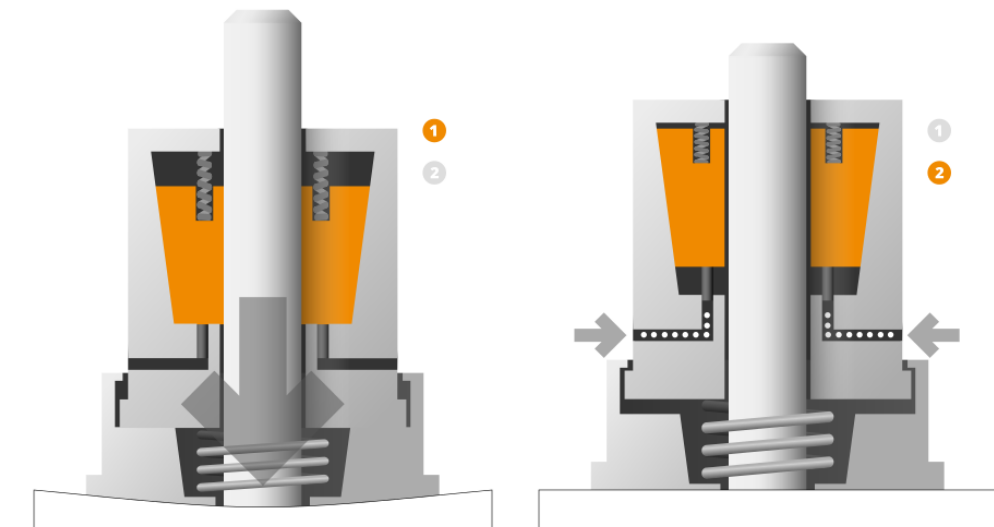


Obr. 11 – Zapojení bezpečnostního elektromechanického zámku

3.2.11 Beran lisu a jeho prvky pro jeho řízení

Na tomto lise je beranem pohybováno pomocí dvou hydraulických válců. Ventily pro ovládání těchto válců byly zmíněny v kapitole 3.2.9 Hydraulický agregát. Pro správné řízení pohybu beranu je nutné znát jeho aktuální polohu. Ta je zjišťována lineárním odměřovacím systémem od firmy BALLUFF s označením BTL6. Jedná se o analogový senzor, který je čtyř-drátově zapojený a vrací hodnoty 4–20 mA v závislosti na poloze beranu. Pro koncové polohy beranu jsou použity indukční snímače do firmy SICK. Sensory jsou zde namontovány proto, aby bylo možné informovat řídicí systém o maximální vyjeté a zajeté poloze. Výhodou indukčních snímačů je jejich bezkontaktní spínání, díky kterému je vyloučeno mechanické opotřebení.

Důležitou součástí pro bezpečnost lisu je hydraulická brzda od firmy SITEMA. Je to zařízení, které je určeno pro bezpečné zabrzdění beranu v jakékoliv poloze jeho zdvihu. Z důvodu používání této brzdy je na beranu nainstalována ocelová tyč, která je brzdou chycena. Brzda je ovládána ventilem +151-Y1. Koncové polohy brzdy jsou následně snímány indukčními čidly, která informují zda je brzda zabrzděna či nikoliv.



Obr. 12 – Hydraulická brzda SITEMA [13]

V ocelovém jádře jsou do kruhu poskládány čelisti, které mají kuželový tvar. V případě odebrání tlaku ze spodu těchto čelistí dojde k chycení ocelové tyče, kterou jsou čelisti následně dále taženy směrem dolů a tím jsou díky svému kuželovému tvaru stále více přitlačovány k tyči. Ta je tím pevně zachycena a beran lisu nemůže dále klesat. Odbrzdění probíhá opačným způsobem. Pro jednodušší odbrzdění je zároveň zdvihán beran aby čelisti brzdy nebyly tolik namáhány.

3.2.12 Nástroj

Lis je postaven jako zařízení, do kterého lze namontovat různé nástroje. Nástroj je ocelová forma, která se v případě technologických požadavků tohoto lisu ohřívá horkým olejem a je možné k ní připojit přívod páry a stlačeného vzduchu. Elektricky jsou obě poloviny nástroje propojeny s lisem pomocí průmyslového HARTING konektoru. Skrze tento konektor lze identifikovat číslo nástroje, zjistit aktuální teplotu nástroje pomocí teplotního odporového senzoru PT100, popř. ovládat akční členy použité na nástroji. Číslo nástroje je definováno BCD kódem, který je zapojený v protikusu konektoru. Lis je připraven až na 127 nástrojů, jelikož je možné nastavit 7 bitů pro kódování. V případě, že není nastaven žádný kód, systém to vyhodnotí jako chybu. Ke každému číslu nástroje jsou následně pomocí HMI přiřazeny receptury odpovídající funkci a vlastnostem každého z nich.

3.2.13 Přídavná zařízení

Dle specifikace zákazníka bude součástí lisu zařízení pro rozvod horkého oleje a pro rozvod páry. Obě tyto zařízení firma Naretec s.r.o. nevyráběla, ale nechala výrobu na subdodavatelích.

Italskou firmou TWK byl dodán komplet s ventily a čerpadly pro cirkulaci horkého oleje, který je centrálně ohříván pro celou zákaznickou výrobu. Toto zařízení je zakresleno ve skupině 950. Čerpadla použitá pro cirkulaci oleje ve spodním i horním nástroji jsou napájena z šínového systému a odpínána dvěma stykači pro dodržení požadované úrovně vlastností. Tento požadavek vyplývá z návodu pro určení rizika (viz kapitola 2.2). Riziko popálení je závažné zranění, kterému je obsluha vystavena často ale v případě popálení je možné dalšímu riziku zamezit ústupem z nebezpečného prostoru. Tím je určena úroveň vlastností PLd.

Zařízení pro rozvod páry bylo dodáno firmou Spirax Sarco, která je specialistou právě na práci s tímto médiem. Jedná se o soustavu ventilů ovládaných stlačeným vzduchem. Pára je opět centrálně generována pro celou výrobu a potrubím dopravována k jednotlivým strojům. Ovládání tohoto zařízení je prováděno z interface modulu umístěného ve skříni S3 přímo v přístavku u lisu.



Obr. 13 – Systém pro rozvod a úpravu páry – Spirax Sarco

3.2.14 Osvětlení

Úkolem obsluhy lisu není pouze vyndat a založit další díl. Po každém cyklu stroje, když se otevře nástroj, je nutné zkontrolovat, zda někde nedošlo k poškození dílu nebo nástroje a nebo např. připojovacího vedení. Z tohoto důvodu je nutné zařídit správné osvětlení pracovního prostoru. Po instalaci dvou světelných zdrojů bylo provedeno měření osvětlenosti a bylo zjištěno, že toto osvětlení není dostatečné. Proto byly přidány další dva světelné zdroje. Následně bylo naměřeno osvětlení průměrně 500 lx, což odpovídalo zadání od zákazníka. Osvětlení je možné zapnout z hlavního ovládacího panelu H0.

3.3 Projektování v CAE software EPLAN ELECTRIC P8

Projektanti elektrických částí pro strojní zařízení vyráběné firmou Naretec s.r.o. jsou vybaveni software Eplan Electric P8. Tento software byl zakoupen již před několika lety a práce s ním je neustále zdokonalována.

Jedná se o program podobný např. známému AutoCAD. Je ovšem rozšířen o databázový systém, který je možné instalovat na server, a tudíž je přístupný pro všechny projektanty. Pro standardizaci při plánování elektrických částí i samotném kreslení

schémat je tato skutečnost velice důležitá. Eplan lze rozšířit o celou řadu dalších prvků z tzv. Eplan platformy.



Obr. 14 – Eplan platforma [14]

Eplan Electric P8 – plánování projektu – elektrická schémata

Eplan Fluid – plánování projektu – fluidní schémata (pneumatická, hydraulická, ...)

Eplan Preplanning – příprava projektů

Eplan Pro panel – virtuální plánování rozvaděčů ve 3D

Eplan Harness proD – navrhování a dokumentace kabelových svazků

Firma Naretec s.r.o. má zakoupené z této platformy licence na Eplan Electric P8 a Eplan Fluid. Během několikaleté zkušenosti s tímto vývojovým programem byly vytvořeny důležité databáze používané při tvorbě každého projektu. S každým dalším projektem je např. rozšiřovaná databáze artiklů, které jsou od výrobců neustále obnovovány. Do této databáze jsou ukládány všechny důležité informace o konkrétních komponentech použitých v zařízeních.

3.4 Vstupy a vyhodnocení z EPLAN ELECTRIC P8

Na začátku výroby každého zařízení je nutné vytvořit projekt v tomto programu. Je tak založena databázová struktura, která je během přípravy projektu neustále rozšiřována. Jednotlivé položky této databáze je pak možné zobrazit v elektrických či fluidních schématech. V případě změny takové položky je nutná oprava pouze „na jednom místě“. Všechna další zobrazení jsou opravena podle tohoto místa. Mezi základní

vstupní položky projektu patří např. jeho název, jméno a adresa výroby zákazníka, číslo projektu nebo napěťová soustava, ke které má být zařízení připojeno.

Dále jsou vytvořena schémata. Ta je možné vytvořit z připravených maker nebo sestavením jednotlivých symbolů. Každý symbol je opět definován jako položka projektové databáze. Jednotlivé spoje konkrétních symbolů (např. motor, tlumivka, frekvenční měnič) tudíž nejsou vytvářeny jako grafická čára, ale opět jako položka databázové struktury. Tyto spoje tedy nejsou kresleny projektantem, ale připojují se samostatně po vložení na stejnou úroveň na stránce schémat.

Strany schémat je možné rozdělit do různých datových struktur. Mezi nejpoužívanější struktury patří:

Titulní strana

Schéma vícepólového zapojení

Schéma jednopólového zapojení

Uspořádání skříně

Grafika

Je tedy možné vytvořit jeden prvek, např. zdroj ovládacího napětí +005-G1, kterému je přiřazen artikl. Když je následně stejný prvek vytvořen na stránce struktury „grafika“, systém Eplan již nevytvoří další komponent, ale pouze vytvoří k již založenému komponentu novou datovou strukturu. Tímto systémem je zamezeno stejnému označení různých přístrojů v jednom projektu a popř. i objednání více kusů než je zapotřebí.

Na stejném principu je založeno i vytváření jakýchkoliv dalších prvků projektu. Tím je umožněno filtrování těchto prvků podle různých parametrů. Eplan má již předdefinované tyto filtry pro nejběžnější používání. Dle terminologie systému Eplan se jedná o navigátory:

Navigátor stránek

Navigátor svorkovnic

Navigátor PLC

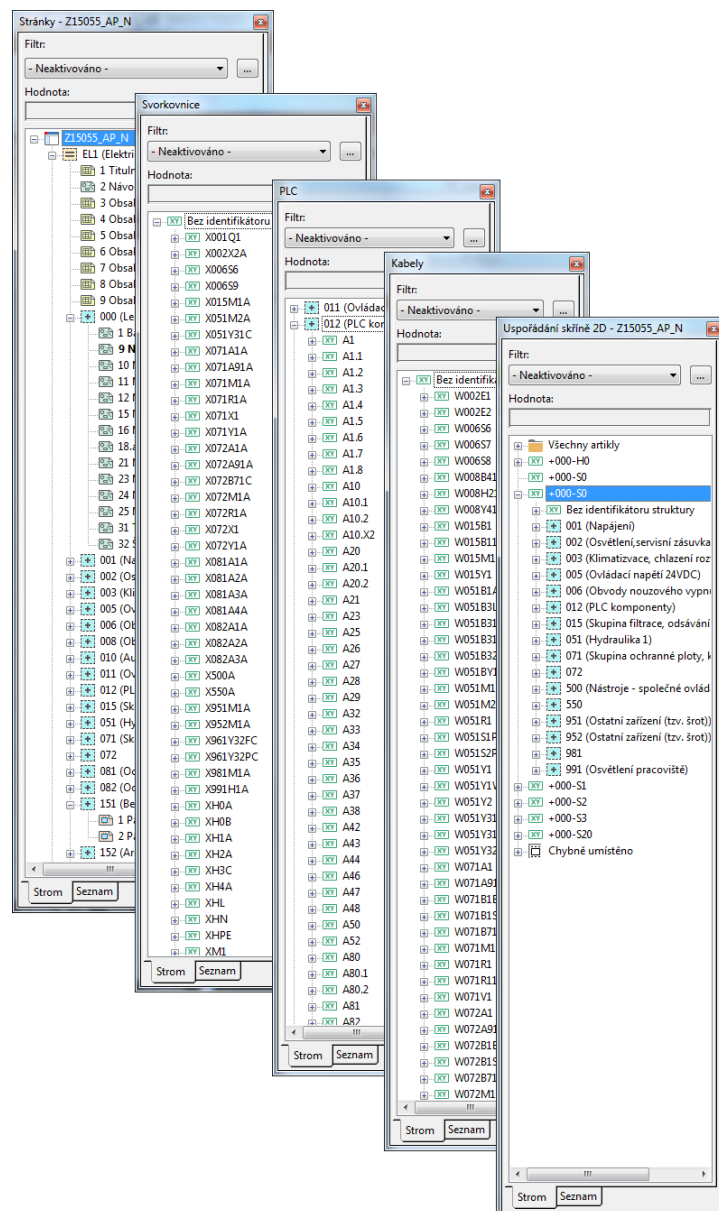
Navigátor kabelů

Navigátor uspořádání skříně 2D

Navigátor přístrojů

Navigátor přerušovacích bodů

...



Obr. 15 – Nejpoužívanější navigátory v programu Eplan Electric P8

Po nakreslení celého elektrického schématu je možné nastavit takzvaná vyhodnocení. Mezi tato vyhodnocení patří např. obsah, kusovníky, legendy náhledů

montážních desek nebo schémata zapojení svorkovnic. Schémata zapojení svorkovnic jsou jedním z nejdůležitějších vyhodnocení pro elektromontéry. Podle těchto schémat jsou na montážní dílně sestaveny všechny svorkovnice, aniž by montéři museli procházet celá elektrická schémata a zjišťovat konkrétní zapojení. Tím je zajištěna obrovská časová, a tudíž i finanční úspora na projektu. Další vyhodnocení může být provedeno externě, to znamená, že se nezobrazí ve výsledných elektrických schématech. Těchto vyhodnocení je využíváno např. pro import kusovníků do ekonomických (nákupních) systémů firem.

3.5 Technická podpora výroby rozvaděčů a montáže zařízení

Databázové struktury projektu vytvořeného pomocí programu Eplan je využíváno i při samotné výrobě konkrétního rozvaděče nebo zařízení. Filtrováním prvků podle typu je možné snadno a rychle vytvořit seznam štítků pro jednotlivé svorkovnice, kabeláž nebo přístroje použité v rozvaděčích.

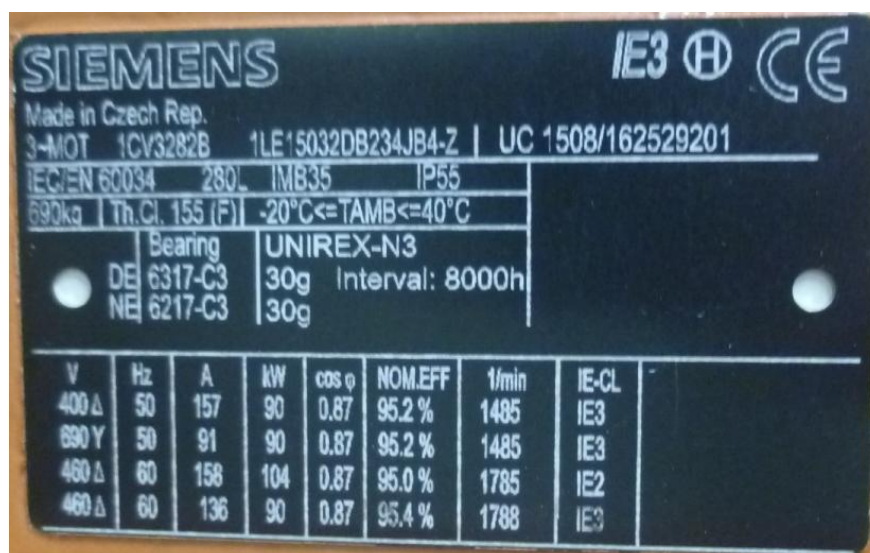
Firma Naretec s.r.o. je vybavena tiskárnami pro značící štítky od firmy Phoenix Contact. Je tedy možné z projektu vyexportovat soubor pro software Clip Project, který je určen pro ovládání těchto tiskáren, a dodat na montážní dílnu všechny štítky před zahájením výroby. Rozvaděč je tedy sestaven dle náhledu skříně, schémat zapojení svorkovnic a následně označen ještě před tím, než jsou zapojeny první vodiče jednotlivých zařízení. Montérům je tak velice usnadněna orientace na montážní desce, a tím je minimalizována chybovost při zapojování.

4 Elektrický pohon strojního zařízení

4.1 Určení pohonu

4.1.1 Typ motoru

Motor pro pohánění hydraulického čerpadla byl vybrán dodavatelem hydraulického agregátu na základě výpočtů pro dodržení potřebných tlaků a průtoků.



Obr. 16 – Typový štítek motoru pro hydraulické čerpadlo

Motor bude napájen ze sítě nízkého napětí 400/230V, proto bude zapojen do trojúhelníku dle typového štítku.

U [V]	Δ/Y	F [Hz]	P [kW]	I [A]	N [1/min]	M _n [Nm]	η [%]	Cosφ
400	Δ	50	90	157	1485	579	95,2	0,87
I _A /I _N	MA/MN	MK/MN	IE-CL					
7,2	2,6	3	IE3					

Tab. 6 – Hodnoty obsažené v datovém listu motoru [15]

Z Klossova vztahu a hodnot z datového listu je možné určit momentovou charakteristiku motoru.

Synchronní otáčky:

$$n_s = \frac{60 * f}{p} = \frac{60 * 50}{2} = 1500 \frac{ot}{min}$$

Skluz při jmenovitém výkonu a otáčkách:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} * 100 = \frac{1500 - 1485}{1500} * 100 = 1 \%$$

Klossův vztah:

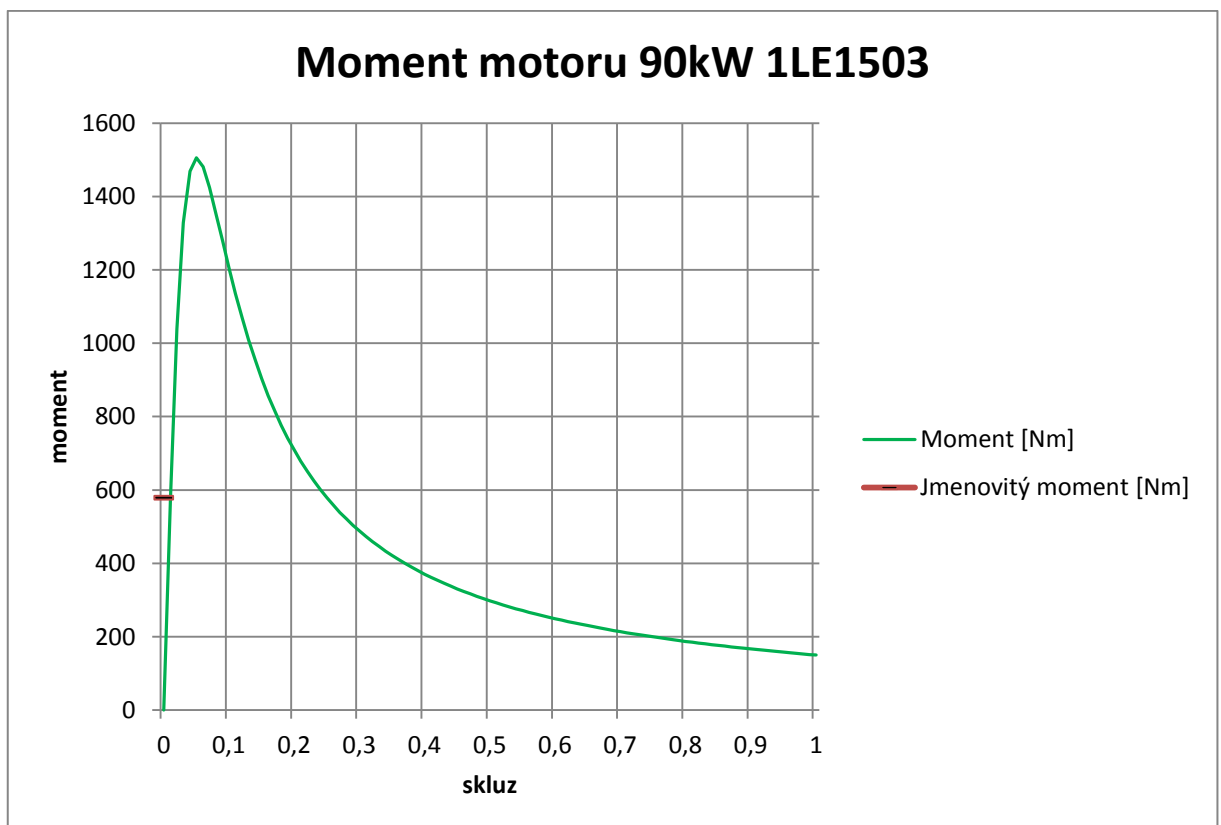
$$M = \frac{2 * M_{max}}{\frac{s}{s_z} + \frac{s_z}{s}}$$

$$M = 579 \text{ Nm}$$

$$M_{max} = 3 * M_n = 3 * 579 = 1737 \text{ Nm}$$

$$579 = \frac{2 * 1737}{\frac{1}{s_z} + \frac{s_z}{1}}$$

$$s_z = 5 \%$$

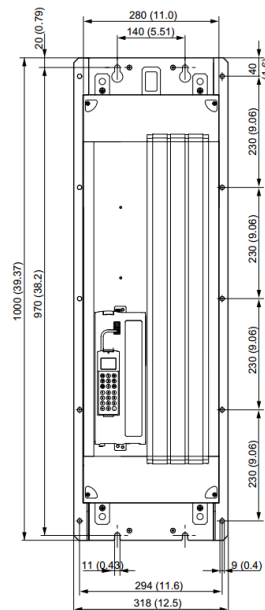


Graf 4 – Momentová charakteristika motoru 90kW 1LE1503

4.1.2 Typ pohonu

Z předchozích analýz prováděných firmou Naretec s.r.o. vyplynula výhodnost použití frekvenčního měniče pro rozběh tohoto motoru. Jedná se především o možnost frekvenčního rozběhu, a tím o omezení rázového proudu. Pro motor byl vybrán frekvenční měnič od firmy SEW EURODRIVE s označením MDX61B0900-503-4-00.

Již z označení je viditelné, že je frekvenční měnič určen právě pro motory o výkonu 90 kW.



Obr. 17 – Zobrazení frekvenčního měniče MDX [16]

4.2 Dimenzování motoru a frekvenčního měniče

4.2.1 Ověření správného dimenzování motoru

Při výběru motoru pro hydraulické čerpadlo je nutné vzít v potaz předpokládaný průběh momentu. Tento průběh lze odhadnout na základě požadavků na funkce hydraulického agregátu.

Jelikož se jedná o hydraulickou jednotku pro lis, je zapotřebí určit, jakým způsobem bude čerpadlo využíváno. V tomto případě bude především pohánět dva hydraulické válce o těchto parametrech:

průměr pístu: 290 mm

průměr pístnice: 275 mm

zdvih: 1800 mm

Z těchto parametrů je možné určit tlaky a průtoky pro zadané parametry lisu.

lisovací síla beranu: 4000 kN

maximální rychlost zasouvání válců (beran nahoru): $300 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\frac{4000000}{2}}{\pi * r^2} = \frac{2000000}{\pi * \left(\frac{0,290}{2}\right)^2} = 30,28 \text{ MPa}$$

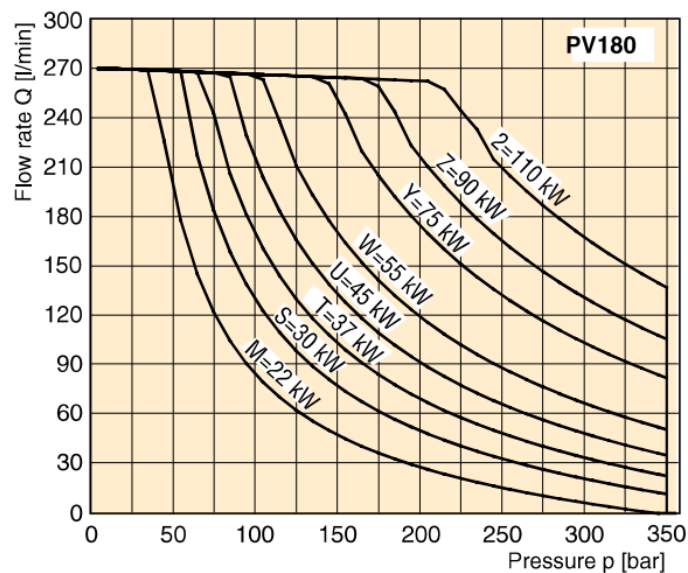
$$q = \frac{V}{t} = \frac{(2 * \pi * r^2 * h) - (2 * \pi * r_{pístnice}^2 * h)}{\frac{1,8}{0,5}} =$$

$$= \frac{2 * \pi * \left(\frac{0,290}{2}\right)^2 * 1,8 - 2 * \pi * \left(\frac{0,275}{2}\right)^2 * 1,8}{\frac{1,8}{0,5}} = 239,6 \frac{l}{min}$$

Pro zdvih beranu je nutné spočítat potřebný tlak. Beran bude zatížen nástrojem o hmotnosti cca 10 tun a samotný beran má hmotnost cca 12 tun.

$$p_{zdvih} = \frac{F_{zdvih}}{S_{mezikružší}} = \frac{\frac{220000}{2}}{0,006656} = \frac{110000}{0,006656} = 16,5 \text{ MPa}$$

Tento tlak nesmí přesáhnout maximální hodnotu tlaku čerpadla a zároveň dle výkonové křivky čerpadla musí při tomto tlaku postačovat výše spočítaný průtok. Podle tlaku a průtoku bylo následně vybráno hydraulické čerpadlo Parker PV180.



Graf. 5 – Výkonová křivka čerpadla Parker PV180 [17]

Na základě výše spočteného je možné dopočítat výkonovou křivku, a tudíž výkon motoru, který je možné použít pro pohon čerpadla.

$$P = \frac{p * q}{\eta_t} = \frac{16500000 * \frac{239,6}{1000 * 60}}{0,85} = 77\,517,6 \text{ W}$$

Nejbližší vyšší výkonová charakteristika i zároveň řada motorů je 90kW. Dále je odhadnutý průběh momentu během jednoho cyklu lisu. Tento odhad je sestaven na základě výše spočtených hodnot a také na výsledném nastavení konkrétních tlaků a průtoků u tohoto lisu. Pro výpočet momentu je zapotřebí spočítat tzv. geometrický objem čerpadla.

$$V_g = \frac{q}{n * \eta_v} [m^3]$$

Dále je z geometrického objemu možné spočítat moment pro aktuální tlak.

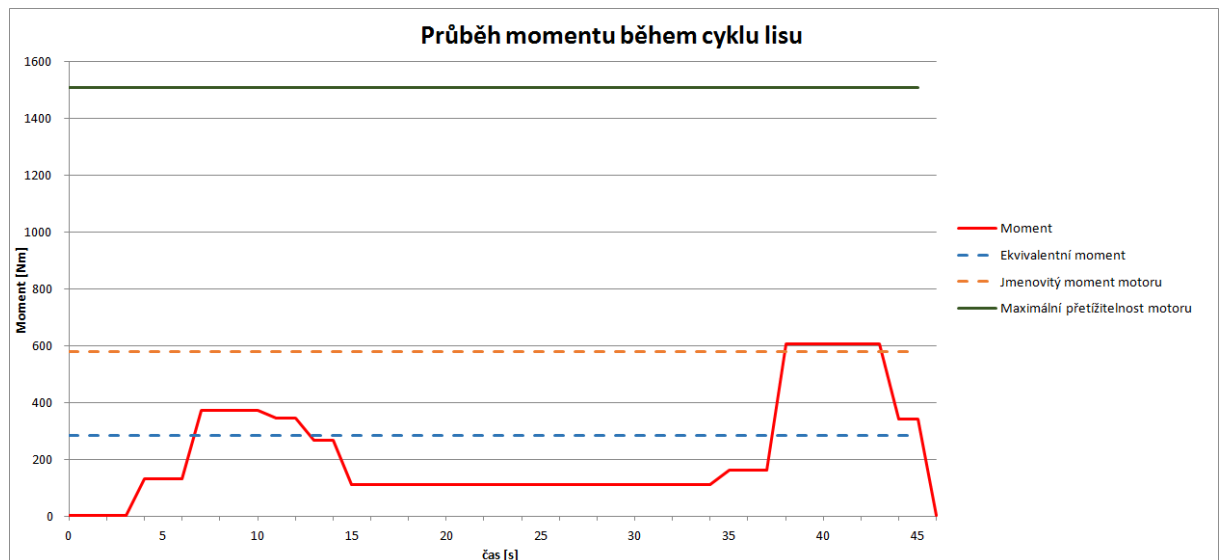
$$M = \frac{V_g * p}{2 * \pi * \eta_m} [Nm]$$

Do těchto vzorců byly zadány hodnoty:

Pohyb	Moment [Nm]	Tlak [bar]	η_m	Průtok [l/min]	Otáčky	η_v
klidový stav	3,32	25		10		
zdvih – sitema	131,4	165		60		
jízda dolů	372,7	130		216		
jízda dolů rampa	344,02	160		162		
jízda dolů dozavření	265,2	185		108		
lisování 400t	111,1	310	0,85	27	1485	0,95
jízda nahoru rampa otevření	161,3	180		67,5		
jízda nahoru	604,22	190		239,6		
jízda nahoru rampa zákl. pol	340,44	190		135		
klidový stav	3,32	25		10		

Tab. 7 – Hodnoty pro výpočet momentu

Z tabulky 7 je vytvořen graf průběhu momentu. Trvání jednotlivých úseků bylo určeno z požadavků zákazníka popř. odhadnuto z nastavení dříve vyráběných lisů.



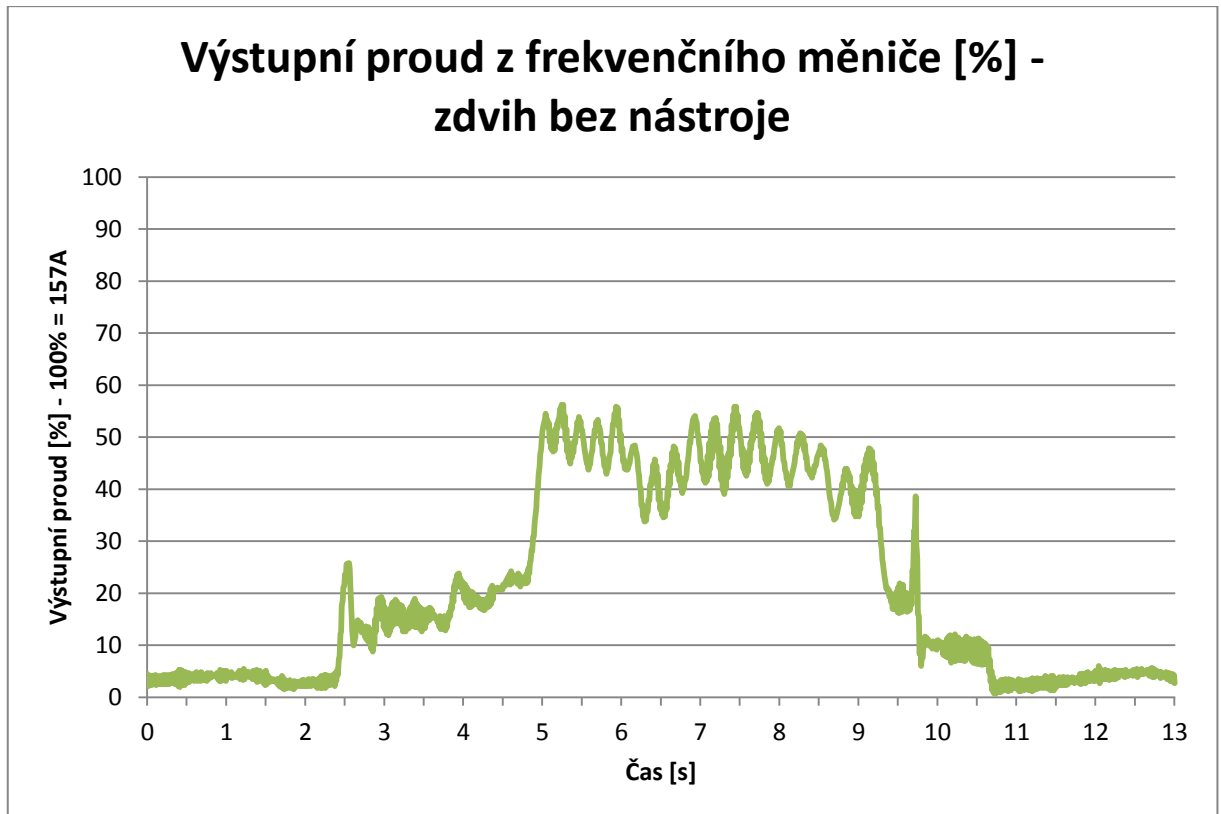
Graf. 6 – Průběh momentu během cyklu lisu

$$M_{ekv} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum M_i^2} = \sqrt{\frac{1}{46} \sum M_i^2} = 284,8 \text{ Nm}$$

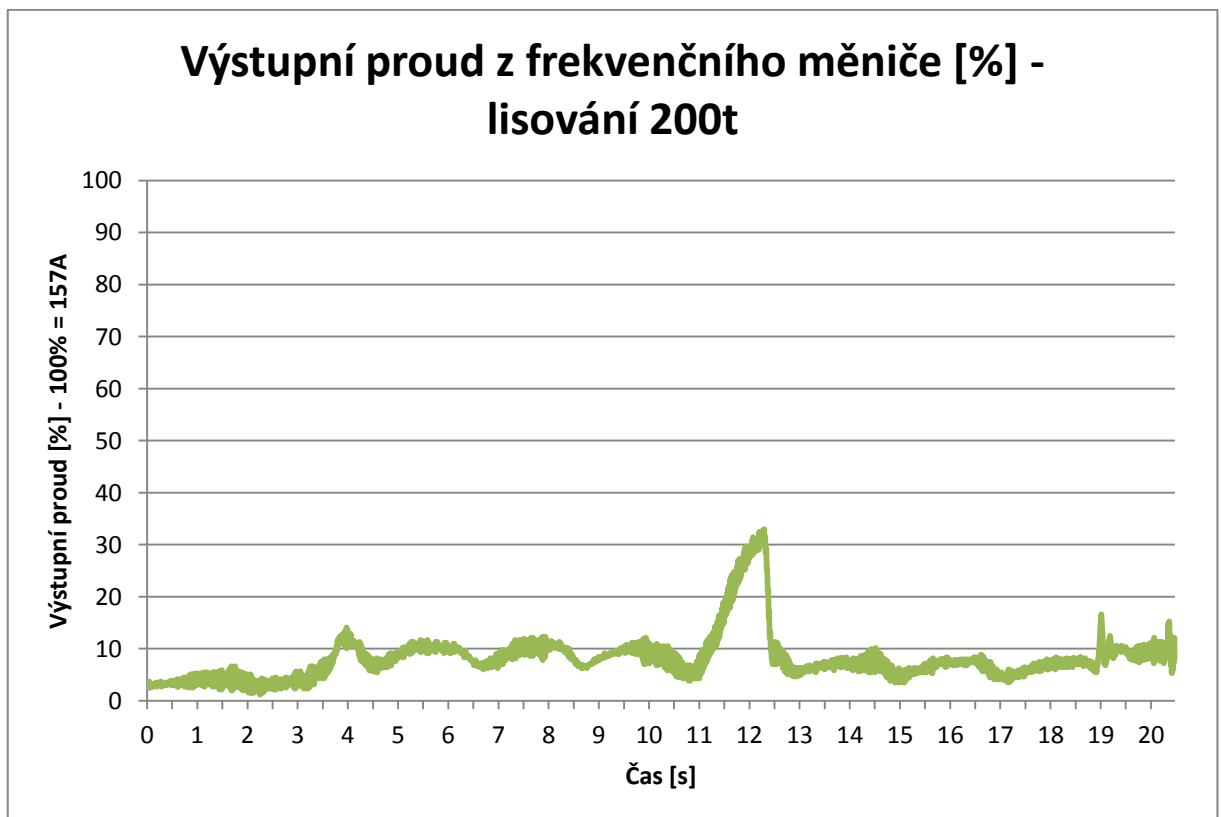
Ekvivalentní moment nepřesahuje jmenovitý moment motoru a z tohoto hlediska je daný motor vyhovující. Žádné z maxim výsledného momentu nedosahuje k maximální přetížitelnosti motoru, takže i z tohoto hlediska je motor vyhovující.

4.2.2 Ověření správného frekvenčního měniče

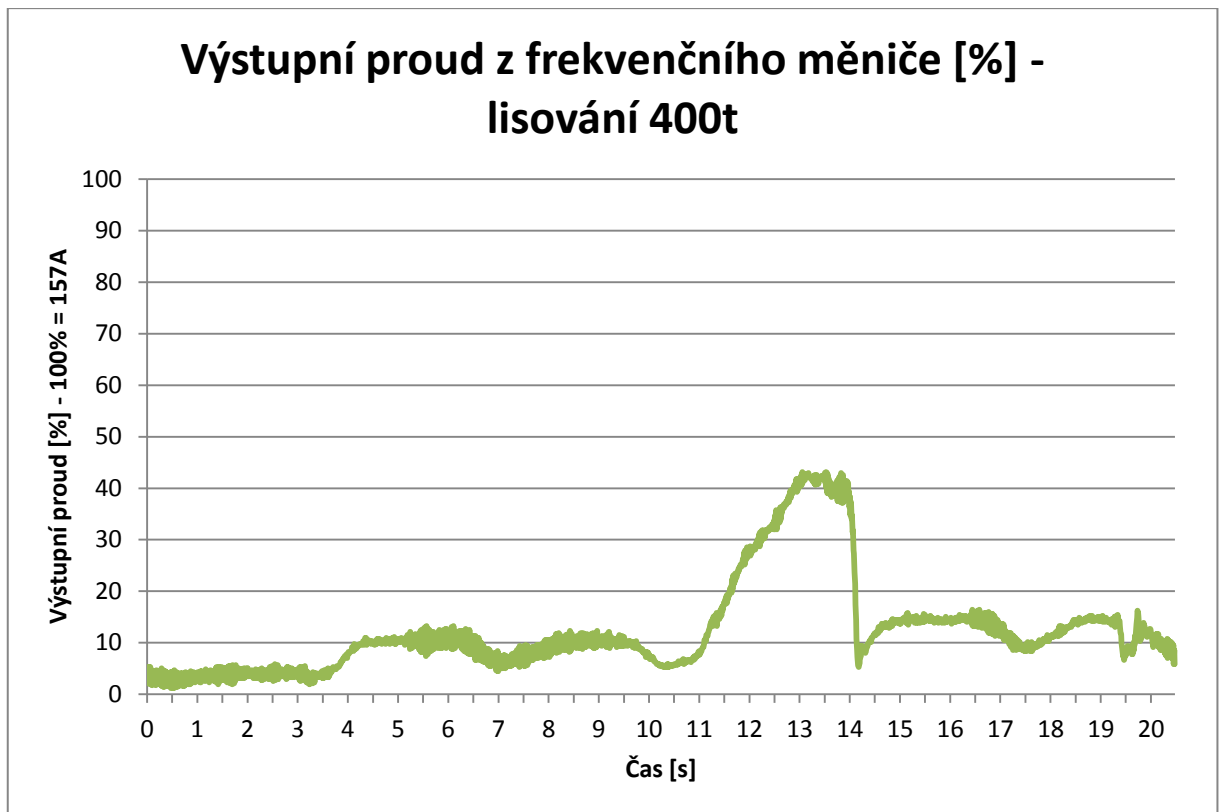
Po uvedení frekvenčního měniče do provozu byl změřen výstupní proud. Z důvodu omezeného času pro měření (měřeno pomocí měřících obvodů přímo v měniči) bylo toto měření rozděleno na 3 části. Bylo zjišťováno, zda výstupní proud při lisování a zdvihání beranu nepřekročí maximální přípustný proud měniče.



Graf 7 – Výstupní proud frekvenčního měniče – zdvih bez zátěže



Graf 8 – Výstupní proud frekvenčního měniče – lisování 200t

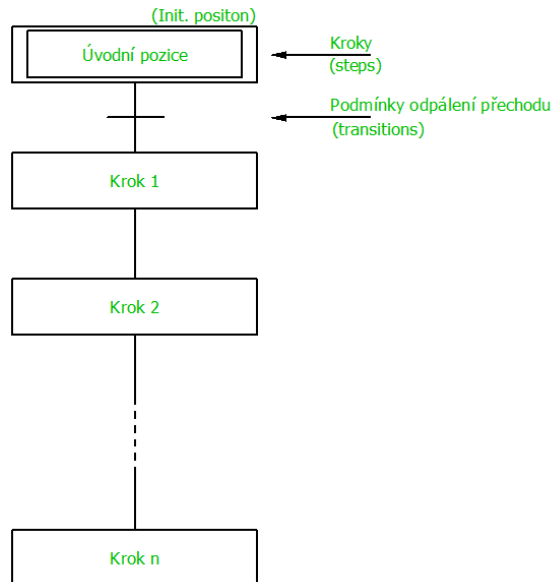


Graf 9 – Výstupní proud frekvenčního měniče – lisování 400t

Z naměřených hodnot je patrné, že maximální výstupní proud frekvenčního měniče nepřesáhl 153 A, což je hodnota definována výrobcem SEW Eurodrive.

5 Řízení strojního zařízení PLC automatem

V automatizační technice je pro jednotlivé technologické celky používáno tzv. sekvenční řízení. Jedná se o po sobě jdoucí kroky, které se vykonávají postupně za sebou na základě plnění určitých podmínek.



Obr. 18 – Obecný sekvenční diagram

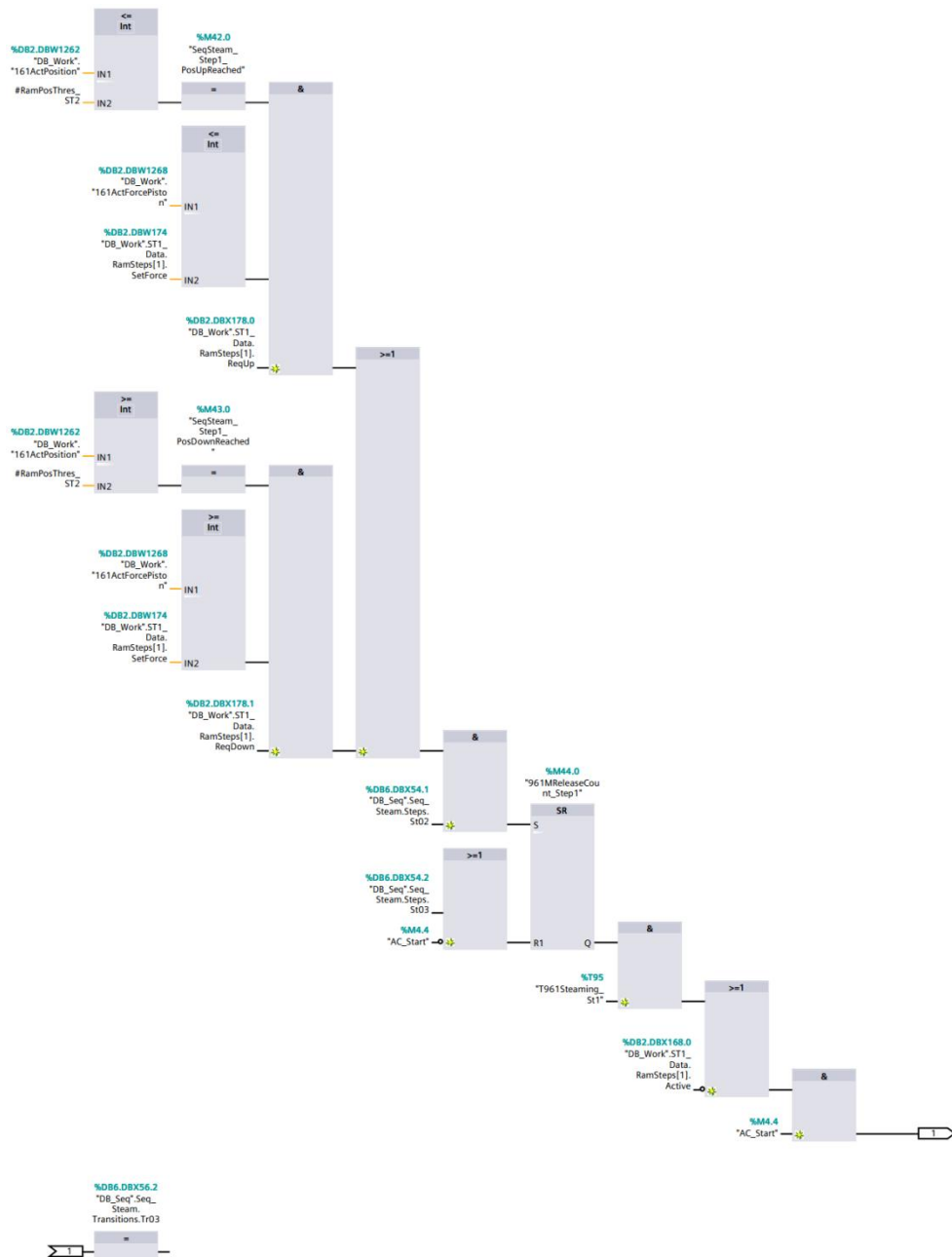
Pro tuto práci byl navržen sekvenční diagram pro zavření, puštění páry, lisování a otevření nástroje:

Seq_Tool 1	
Podmínka Úvodní pozice	Stroj nastaven do automatického režimu Stroj v základní pozici
Krok 1	Úvodní pozice
Podmínka pro krok 2	Není nastaven špatný kód nástroje Není aktivní automatický režim stop Je nastaven automatický režim
Krok 2	Vložení dílu
Podmínka pro krok 3	Start cyklu tlačítkem
Krok 3	Rezerva
Podmínka pro krok 4	-
Krok 4	Beran dolů Dveře dolů
Podmínka pro krok 5	Je nastaven automatický režim Zadní dveře jsou dole Přední dveře jsou dole nebo jsou deaktivovány Aktuální pozice beranu \geq pozice nastavená pro puštění páry
Krok 5	Pára a lisování
Podmínka pro krok 6	Ukončení sekvence z kroku 5 (sekvenční diagram "Steaming")
Krok 6	Rezerva
Podmínka pro krok 7	-
Krok 7	Rezerva

Podmínka pro krok 8	-
Krok 8	Rezerva
Podmínka pro krok 9	-
Krok 9	Rezerva
Podmínka pro krok 10	-
Krok 10	Rezerva
Podmínka pro krok 11	-
Krok 11	Rezerva
Podmínka pro krok 12	-
Krok 12	Rezerva
Podmínka pro krok 13	-
Krok 13	Rezerva
Podmínka pro krok 14	-
Krok 14	Beran nahoru Dveře nahoru
Podmínka pro krok 15	Beran nahoře Přední dveře nahoře
Krok 15	Rezerva
Podmínka pro krok 16	Stroj v základní pozici
Krok 16	Cyklus ukončen

Tab. 8 – Sekvenční diagram pro cyklus zavírání a otevírání lisu

Tyto jednotlivé kroky jsou následně naprogramovány v software od firmy Siemens – SIMATIC TIA Portal. Zkratkou TIA – **T**otally **I**ntegrated **A**utomation je myšleno to, že podprogramy, které jsou důležité pro programátora jsou součástí tohoto balíku. Jedná se např. o SIMATIC Step 7, určený pro samotný program stroje, a WinCC, určený pro vizualizace na HMI. V tabulce 8 je označen krok 5 a podmínka pro krok 6. V tomto místě je vnořen do sekvenčního diagramu další sekvenční diagram, kterým je umožněno nastavit konkrétní parametry technologie pro jednotlivé výrobky. Tyto parametry jsou nastaveny pomocí HMI a jedná se např. o tlak a průtok páry, lisovací sílu nebo vzdálenost, kterou mají mezi sebou horní a dolní polovina nástroje. Část této sekvence je zobrazena blokovým schématem na obr. 19:



Obr. 19 – Blokové schéma sekvenčního diagramu „Steaming“ [18]

V případě nutnosti regulace jsou používány regulátory určitých veličin. V tomto případě bylo nutné regulovat, kvůli technologickému procesu, tlak páry vstupující do nástroje. Byl použit PID regulátor. Parametry tohoto regulátoru byly určeny na základě funkce „Autotuner“, která je zahrnuta v programovacím software TIA Portal.

Proportional gain:	5.890027
Integral action time:	1.125829 s
Derivative action time:	1.970201E-1 s

Obr. 20 – Parametry PID regulátoru [18]

Závěr

V úvodu této práce byla popsána historie PLC automatů a přehled aktuálních výrobců na trhu s automatizační technikou. Také zde byly zmíněny používané sběrnice používané pro komunikaci mezi jednotlivými prvky. Na konci první kapitoly bylo popsáno, jak je v dnešní době stále více důležitý software u automatizovaných strojů a jak jeho rozšiřování převládá nad mechanickými a elektronickými částmi.

Ve druhé kapitole byly popsány normy používané v automatizační technice. Bylo zde popsáno, jaké požadavky musí splňovat strojní zařízení před uvedením na evropský trh. Jednou z částí kapitoly byl popis normy, kterou je definováno, jak moc je strojní zařízení bezpečné. Dle této normy bylo předvedeno určení bezpečnostní úrovně jednotlivých prvků – úroveň vlastností PL. V návaznosti na určení úrovně vlastností byl představen software pro snadnější výpočet této úrovně – Sistema.

Třetí kapitolou bylo popsáno konkrétní strojní zařízení – hydraulický lis pro lisování automobilových interiérových dílů. Tato část práce byla zaměřena především na tvorbu elektrických schémat a vysvětlení jednotlivých funkčních bloků. Tyto funkční bloky byly rozděleny do jednotlivých skupin pro snadnější pochopení jejich funkce a také pro přehlednost při tvorbě schémat i samotné výrobě. V každé skupině tak byly obsaženy různé komponenty, jejichž výběr, objednání, montáž a především zapojení jsou prací elektro-projektanta. U většiny těchto komponent není možné pouze nahlédnout do datového listu a podle toho vytvořit schéma. Je nezbytně nutné chápat základní principy funkčnosti každého zařízení a dle těchto principů uvažovat při použití v projektu. Příkladem může být např. příprava elektrického zapojení a řízení hydraulického agregátu, na kterém je namontováno velké množství elektromagnetických ventilů, senzorů nebo i více motorů. Dle hydraulického schématu agregátu je nutné pochopit funkci těchto prvků, správně je roztrždit do skupin ale hlavně je správně odpínat dle použitých bezpečnostních zařízení.

Na konci třetí kapitoly byl představen software pro tvorbu elektrických a fluidních schémat – Eplan Electric P8/Fluid. Tento software bylo nutné nastavit dle požadavků výroby firmy Naretec s.r.o. Jelikož firma i zmíněný software jsou neustále ve vývoji, je nutné optimalizovat nastavení tohoto programu pro aktuální podmínky. V případě správného nastavení je díky databázové struktuře možné ušetřit velké množství

času při tvorbě schémat, a tím i velké množství finančních prostředků. Z tohoto software je možné vyexportovat různé seznamy symbolů, štítků, svorkovnic atd. Díky tomu je možné snadno a rychle vytvářet dobré podmínky pro výrobu např. pomocí tiskáren na tvorbu značících prvků. Na CD je k práci přiloženo kompletní schéma obsahující náhledy skříní, schéma Profinet sítě, schémata zapojení svorkovnic i celkový kusovník.

Čtvrtá kapitola je věnována výběru pohonu pro hlavní hydraulické čerpadlo. Je zde popsán motor i frekvenční měnič, který byl použit pro rozběh motoru. V závislosti na hydraulických obvodech je zde řešen průběh momentu po jeden cyklus stroje a z této momentové charakteristiky je dopočítáno, že motor nebude přetěžován. Také v této kapitole bylo provedeno měření výstupního proudu na tomto lise a na základě tohoto měření bylo odvozeno, že frekvenční měnič není přetěžován.

V poslední kapitole byl navržen sekvenční diagram pro část cyklu stroje. Návrh byl konzultován s programátorem firmy Naretec s.r.o., byl zkorigován a byla jím schválena funkčnost. V této práci byl diagram zobrazen jako tabulka jednotlivých kroků. Také zde byla zmíněna možnost vnořit více diagramů do sebe, což bylo zvýrazněno v tabulce a byl přidán další diagram v blokovém schématu z firemního oddělení automatizace.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] – Řídicí systémy Modicon psaly historii, vynikají v současnosti a tvoří budoucnost – 12/02/2015 – Control Engineering Česko. *Řídicí systémy Modicon psaly historii, vynikají v současnosti a tvoří budoucnost – 12/02/2015 – Control Engineering Česko* [online]. Český Těšín: Control Engineering Česko, 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.controlengcesko.com/hlavni-menu/artikuly/artikul/article/ridici-systemy-modicon-psaly-historii-vynikaji-v-soucasnosti-a-tvori-budoucnost/>
- [2] – Global PLC Market Bounces Back. *Global PLC Market Bounces Back* [online]. Schaumburg: Control Global, 2015 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.controlglobal.com/industrynews/2015/global-plc-market-bounces-back/>
- [3] – PLC Manufacturer Rankings | AutomationPrimer. *PLC Manufacturer Rankings | AutomationPrimer* [online]. Tennessee: The Automation Primer, 2013 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://automationprimer.com/2013/10/06/plc-manufacturer-rankings/>
- [4] – PLC vs. PAC – 24/05/2013 – Control Engineering Česko. *PLC vs. PAC – 24/05/2013 – Control Engineering Česko* [online]. Český Těšín, 2013 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.controlengcesko.com/hlavni-menu/artikuly/artikul/article/plc-vs-pac/>
- [5] – Variantenvielfalt bei Kommunikationssystemen -- www.feldbusse.de. *Variantenvielfalt bei Kommunikationssystemen -- www.feldbusse.de* [online]. Karlsruhe, 2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.feldbusse.de/Trends/trends.shtml>
- [6] – ETZ | Aktuell. *ETZ | Aktuell* [online]. Offenbach am Main, 2014 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.etz.de/1-0-Aktuell.html>
- [7] – ČSN ISO 13849-1. *Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnost částí ovládacích systémů – Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci*. 1. Praha, 2008.
- [8] – C4C-SA07510A10000, C4C-EA07510A10000 / SICK Sensor Intelligence. *C4C-SA07510A10000, C4C-EA07510A10000 / SICK Sensor Intelligence* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: [view-source:https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/bezpecnostni-svetelne-zavesy/detec4-core/c4c-sa07510a100002c-c4c-ea07510a10000/p/p308200](https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/bezpecnostni-svetelne-zavesy/detec4-core/c4c-sa07510a100002c-c4c-ea07510a10000/p/p308200)
- [9] – IFA – Practical aids: Software-Assistent SISTEMA: Safety Integrity – Software Tool for the Evaluation of Machine Applications. *IFA – Practical aids: Software-Assistent SISTEMA: Safety Integrity – Software Tool for the Evaluation of Machine Applications* [online]. Sankt Augustin, 2015 [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.dguv.de/ifa/Praxishilfen/Software/SISTEMA/index-2.jsp>
- [10] – ČSN EN 60204-1 ED. 2. *Bezpečnost strojních zařízení – Elektrická zařízení strojů – Část 1: Všeobecné požadavky*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.
- [11] – *Z15055_AP_N_DokZar_V06_cs.pdf: Návod k obsluze a údržbě Hydraulický lis 4000 kN*. 1. Plzeň: NARETEC s.r.o., 2016.
- [12] – *4065316 Hydraulicke schema lis 400T_C: HYDRAULICKÉ SCHEMA LIS 400 T Z15055/AP/N*. 4. Planá nad Lužnicí: Technická dokumentace HYDAC, 2016.
- [13] – SITEMA – Safety Catchers – Spring Base. *SITEMA – Safety Catchers – Spring Base* [online]. Karlsruhe: SITEMA GmbH & Co. KG, 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://www.sitema.com/en/products/safety_catchers/spring_base.php?thisID=171
- [14] – Elektrotechnika – Řešení – EPLAN. *Elektrotechnika – Řešení – EPLAN* [online]. Liberec: EPLAN ENGINEERING CZ, s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.eplan.cz/cz/reseni/elektrotechnika/>
- [15] – SIOS. *SIOS* [online]. Mnichov: Industry Online Support, 2015 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <https://support.industry.siemens.com/cs/products/1le1503/low-voltage-motor-iec-cast-iron-ie3-premium-efficiency?pid=539362&mlfb=1LE1503.&mf=ps&lc=en-US>

[16] – Online Support | SEW-EURODRIVE. *Online Support / SEW-EURODRIVE* [online]. Bruchsal: SEW-EURODRIVE, 2010 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: https://www.sew-eurodrive.de/os/dud/?tab=documents&country=DE&language=de_de&search=MDX

[17] – Hydraulická čerpadla - Parker. *Hydraulická čerpadla - Parker* [online]. Klecany: Parker Hannifin Czech Republic s.r.o., 2013 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.parker.cz/produkty/hydraulika/hydraulicka-čerpadla/>

[18] – *Z15055_AP_N.ap13: Software hydraulic press 4000kN*. 5. Plzeň: NARETEC s.r.o, Oddělení Automatizace, 2016.]