

Laserová svařovací linka vstřikovačů adBlue

Bc. Martin Železník

Diplomová práce
2018

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Železník**
Osobní číslo: **T16143**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Laserová svařovací linka vstřikovačů adBlue**

Zásady pro vypracování:

1. Literární rešerše
2. Konstrukční návrh svařovací linky
3. Volba strojních a elektrických prvků
4. Programování svařovací linky



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. ADAMEC, Jaromír. Technologie automatizovaných výrob. Ostrava: VŠB – Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-0871-4.
2. BORSKÝ, Václav. Jednoúčelové a víceúčelové obráběcí stroje. 2. přeprac. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1990. ISBN 80-214-0175-3.
3. Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3628-7.
4. ZELENKA, Antonín. Projektování výrobních procesů a systémů. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03912-0.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

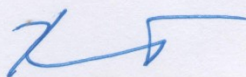
Datum zadání diplomové práce:

2. ledna 2018

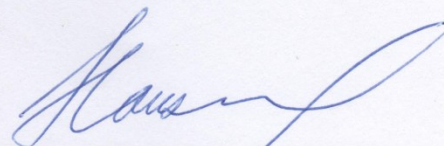
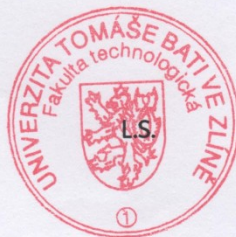
Termín odevzdání diplomové práce:

18. května 2018

Ve Zlíně dne 5. dubna 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Bc. MARTIN ŽELEZNIK

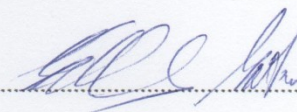
Obor: Výrobní inženýrství

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 14.5.2018



¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³¹ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k větší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá konstrukcí laserové svařovací linky pro vstřikovače vodného roztoku syntetické močoviny adBlue. Cíl práce je popis konstrukce a naprogramování stroje dle požadavků zákazníka, který provede svaření dílů vstřikovače a vytvoří tak hotový výrobek. V teoretické části jsou zahrnuty základní informace o jednotlivých dílech, které se používají při konstrukci jednoúčelových strojů. Jedná se například o rámy strojů, pohony, pneumatiku či bezpečnost a jako poslední část je uveden princip laserového svařování.

V praktické části se práce věnuje samostatné konstrukci stroje a volbě jednotlivých dílů, které jsou použity pro výrobu stroje a jeho oživení. V závěru jsou popsány jednotlivé etapy vývoje při konstrukci a řešení problémů, které nastaly při následném ožívování stroje.

Klíčová slova: Laser, pneumatické obvody, pohony, komunikace, programování

ABSTRACT

This thesis deals with the design of laser welding lines for adBlue synthetic urea solution injectors. The aim of the work is to describe the design and programming of the machine according to customer requirements, which performs the welding of parts of the injector and thus creates the finished product. In the theoretical part are included basic information about individual parts, which are used in construction of single-purpose machines. These include, for example, machine, drive, tire or safety frames, and the last part is the principle of laser welding. In the practical part, the thesis deals with the individual construction of the machine and the selection of the individual parts, which are used for machine production and its recovery. In the end, the individual stages of development in the design and solution of problems that occurred during the subsequent revival of the machine are described.

Keywords: Laser, pneumatic circuits, drive, communication, programming

Tímto bych chtěl poděkovat za odborné rady mým kolegům ze společnosti TEAZ a to zvláště panu Ing. Radku Sedlářovi za strojní konstrukci, panu Ing. Danielu Mackovi za rady v oblasti konstrukce elektro a pánům Ing. Vašku Šimarovi a Bc. Vojtěchu Šebestíkovi za rady a pomoc z oblasti programování.

A nakonec další a velký dík patří mému vedoucímu práce panu Ing. Ondřeji Bílkovi za rady a vstřícný přístup při tvorbě mé diplomové práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka).

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 JEDNOÚČELOVÉ STROJE	11
1.1 RÁMY STROJŮ.....	11
1.2 ELEKTRICKÉ POHONY.....	12
1.2.1 Stejnosměrné motory.....	14
1.2.2 Střídavé motory.....	17
1.2.3 Krokové motory.....	19
1.2.4 Servopohony.....	20
1.3 STLAČENÝ VZDUCH.....	22
1.3.1 Vlastnosti stlačeného vzduchu.....	23
1.3.2 Základní pneumatický obvod.....	24
1.4 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY.....	31
1.5 PRŮMYSLOVÉ SBĚRNICE A KOMUNIKACE.....	33
1.5.1 Systém PROFIBUS.....	33
1.5.2 Sběrnice ETHERNET.....	34
1.6 LASER.....	35
1.6.1 Typy laserů používaných v průmyslu.....	39
1.6.2 Laserové svařování.....	41
1.7 BEZPEČNOST STROJŮ.....	43
1.7.1 Rozdělení laserů dle bezpečnosti.....	45
1.8 STROJOVÉ VIDĚNÍ.....	47
1.9 FUNKCE A KONSTRUKCE VSTŘIKOVAČŮ.....	48
1.10 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI A CÍL PRÁCE.....	49
II PRAKTICKÁ ČÁST	50
2.1 KONSTRUKČNÍ NÁVRH SVAŘOVACÍ LINKY.....	51
2.1.1 Komponenty vstupující do procesu.....	51
2.1.2 Obecné požadavky na strojní zařízení.....	53
2.1.3 Hrubý návrh stroje.....	53
3.1 VOLBA STROJNÍCH A ELEKTRICKÝCH PRVKŮ.....	57
3.1.1 Strojní a elektrická konstrukce.....	65
4.1 PROGRAMOVÁNÍ SVAŘOVACÍ LINKY.....	76
4.1.1 Programování bezpečnostních relé SICK.....	79
4.1.2 Programování kamerového systému.....	81
4.1.3 Nastavení lisování.....	89
4.1.4 Programování řídicího systému.....	90
5.1 HOTOVÝ VÝROBEK.....	99
ZÁVĚR	100
SEZNAM POUŽITÉ LEITERATURY	101
SEZNAM OBRÁZKŮ	103
SEZNAM TABULEK	107

ÚVOD

Diplomová práce se zabývá konstrukcí laserové svařovací linky pro vstřikovače vodného roztoku syntetické močoviny též zvané jako AUS 32 neboli adBlue, pro společnost Bosch České Budějovice s.r.o.

Kapalné aditivum adBlue se používá u vznětových motorů pro úpravu výfukových plynů, kde snižuje emise NO_x a moderní motory tak splňují emisní normu Euro IV a vyšší.

Jedná se o vývojovou linku od společnosti TEAZ s.r.o., u které se počítá s počátečním zkušebním provozem, kdy po roce provozu přijde na řadu úprava výrobních a provozních vlastností. V plánu budoucích úprav se počítá s rozšířením výrobního sortimentu a přidáním kamer pro kontrolu správného založení dílce.

Práce se skládá ze čtyř hlavních částí, kde jako první je rozvedena teorie jednotlivých částí jednoúčelových strojů, jako jsou rámy, pohony, pneumatika a elektrické komponenty. Pak následuje část konstrukce, kde jsou popsány požadavky zákazníka na proces výroby. Ve třetí části je přiblížen výběr jednotlivých dílů od různých výrobců strojních a elektrických částí. Nakonec zbývá vývoj elektrické dokumentace, kde ze schémat a plánů zapojení vychází programátor, který provede oživení stroje.

Cíl této práce je sloučení stávajících linek a jejich realizace v jeden funkční stroj, který svařuje pomocí laseru kovová čela vstřikovačů syntetické močoviny adBlue. Kde konečným výrobkem je svařený vstřikovač.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 JEDNOÚČELOVÉ STROJE

Jednoúčelové stroje jsou hlavní páteří dnešního průmyslu a jejich hlavní činností je vykonávat jeden úkol stále dokola v nepřetržitém provozu. Tyto stroje nahrazují práci člověka tam, kde je patrný přínos a účel. Nejčastěji se jedná o opakující se stejné úlohy, které mohou být fyzicky náročné, jako například posouvání materiálu či lisování. Dále stroje slouží k přesnému polohování a svařování, kdy zaručují výbornou opakovatelnost. Pomocí kamer mohou sloužit k optické kontrole součástí a měření, při kterém člověk díky rutinní práci a únavě může přehlédnout nedokonalost či nedostatek na součástce. [1]

1.1 Rámy strojů

Rámy slouží pro zajištění polohy a pro návaznost všech částí stroje. Musí umožňovat snadný přístup pro montáž, údržbu a opravy jednotlivých prvků stroje. Mohou být upraveny pro pevné zakotvení či pro snadné stěhování. Rám musí splňovat podmínky pevnosti a tuhosti. Pevnost souvisí s mezí pevnosti zvolených materiálů a velikostí namáhaných průřezů. Tuhost souvisí s modulem pružnosti a rozložením napětí. Tuhý rám zamezuje vibracím stroje, které mohou ovlivnit jeho funkci. Rámy lze dělit na hlavní (nosné) a vedlejší (pomocné). [2; 3]

Hlavní (nosné) rámy - nejčastěji jsou konstrukce těchto rámu svařované či odlévané. Nejvíce používanými materiály pro konstrukci rámu jsou ocel a litina. Šedá litina je levná na výrobu a má dobré tlumící vlastnosti, ale oproti oceli má malý modul pružnosti.

Hlavní výhodou odlitých rámu představují nižší materiálové náklady, je však potřebné vyrobit model a formu. Odlitek tak má vyšší hmotnost a výroba rámu vyžaduje delší čas.

Svařené rámy mají výhodu v rychlejší výrobě, jdou jednodušeji opravit a můžeme na nich provádět snadno změny. Jejich nevýhoda spočívá v odstraňování pnutí po svařování, ale to není vždy podmínkou. [3]

Vedlejší (pomocné) rámy - jedná se nejčastěji o hliníkové prvky a profily, které mají většinou tvar trubek a hranolů. Hranoly mají po obvodu T - drážky, které slouží ke spojení pomocí úhelníkových nástavců.

Z těchto profilů se mohou vyrobit i hlavní rámy sloužící pro méně namáhané stroje. Největší využití mají však jako pomocné rámy, na které se montují kryty, kabelové žlaby,

světla či bezpečnostní prvky. Lze na ně umístit panty a vytvořit tak vstupní dveře do technické části stroje. Pomocí dalších přípravků lze konstruovat různé podpůrné systémy.

Profily se vyrábí pomocí lisování, kdy hliníkový odlitek ve tvaru válce protlačíme přes profilovou hlavu lisovacího stroje.

Mezi hlavní výhody patří malá hmotnost a vysoká odolnost proti korozi. Nevýhodami těchto profilů proti oceli jsou vyšší cena, nižší modul pružnosti a malá tažnost. [4]



Obr. 1. Hlavní a vedlejší rám

1.2 Elektrické pohony

Úkolem elektrických pohonů je uvést poháněný mechanismus do pohybového stavu tak, aby byla provedena daná technologická operace, anebo zajištěn technologický proces.

Pro použití elektrických pohonů je třeba vycházet z technologických požadavků pracovního mechanismu na elektrický pohon společně s dalšími aspekty. Veškeré požadavky tak můžeme rozdělit na technické, ekonomické, ekologické a sociální. Z nich se nejčastěji vyskytují požadavky na trvalý výkon hnacího motoru, maximální krouticí moment, napájecí síť, počet spuštění pohonu za časový interval, regulace atd.

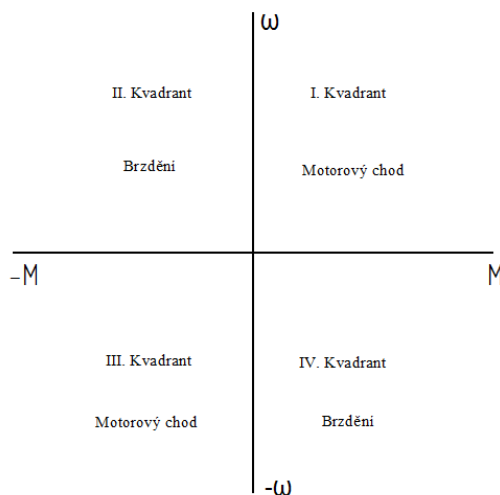
Elektrické pohony můžeme třídit podle různých hledisek a to například:

Podle druhu pohybu - jedná se o přenos mechanické energie na pracovní mechanismus. Rozeznáváme točivý, přímočarý a lineární pohon. Další třídění může být na spojitý a nespojitý pohon, kde nespojitý pohon může být krokový či kmitavý.

Podle stupně říditelnosti - pohony mohou být jedno rychlostní, více rychlostní a s plynule nastavitelnou rychlostí. Říditelnost dále můžeme rozdělit podle počtu smyslů rychlosti, které jsou znázorněny pomocí ω - M diagramu, kdy:

- Jeden smysl rychlosti - motor pracuje pouze v jednom kvadrantu pracovní oblasti a není určený pro elektrické brzdění.
- Dva smysly rychlosti - motor pracuje v prvním nebo třetím kvadrantu
- Pohon pro oba smysly momentu či síly - motor při stejném smyslu rychlosti umožňuje elektrické brzdění. Pracovní oblast je první a druhý kvadrant popřípadě třetí a čtvrtý kvadrant pracovní oblasti.
- Reverzační pohon pro oba smysly rychlosti a momentu či síly - tento typ motoru umožňuje reverzaci pohonu za chodu.

Tyto motory jsou popisovány jako jedno kvadrantové, dvou kvadrantové a čtyř kvadrantové.



Obr. 2. ω - M diagram [1]

Podle druhu řízení - rozeznáváme pohony ovládané ručně, automaticky či samostatně, kdy u samostatného řízení pohon mění své chování dle regulační odchylky nebo zpětné vazby.

Podle druhu hnacího elektromotoru - řadíme zde pohony stejnosměrné a střídavé

1.2.1 Stejnosměrné motory

Stejnosměrné pohony jsou nejstaršími elektrickými pohony a nejprve se používaly jako generátory pro výrobu stejnosměrného proudu.

V současné době nachází uplatnění jako motory v regulovaných pohonech (obráběcí stroje, trakční motory). Regulované pohony se stejnosměrnými motory jsou postupně nahrazovány motory asynchronními, protože stejnosměrné motory jsou složitější a výrobně nákladnější. [5; 6]

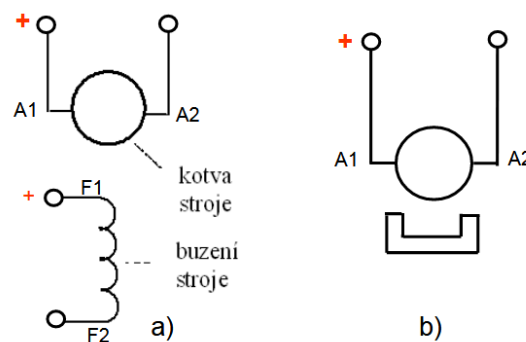
Princip činnosti spočívá v působení sil na vodič protékající proudem, který je umístěn v magnetickém poli a díky elektrodynamickému účinku se motor otáčí. Směr otáčení určíme pomocí Flemingova pravidla levé ruky. Aby se kotva otáčela dokola, musí se měnit smysl proudu při přechodu jednoho pólu ke druhému, kde tuto změnu proudu zajišťuje v rotorovém vinutí komutátor. [5; 6]

Podle druhu buzení rozdělujeme stejnosměrné motory na čtyři základní druhy:

- **S cizím buzením** - buzení vinutí statoru je zajištěno pomocí vnějšího elektrického zdroje (jiné napájení než má rotor), pomocí baterie, generátoru a nebo pomocí permanentních magnetů.

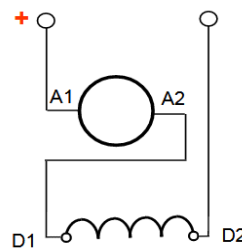
Regulace tohoto typu motoru je jednoduchá, protože otáčky motoru závisí pouze na velikosti napětí v rotoru a moment je dán protékajícím proudem. Otáčky motoru nejsou téměř závislé na zatížení motoru. Regulace může být pomocí proměnného odporu či regulovatelným zdrojem napětí.

Tyto motory jsou vhodné pro pohon strojů s proměnným mechanickým odporem (obráběcí stroje). [5; 6]



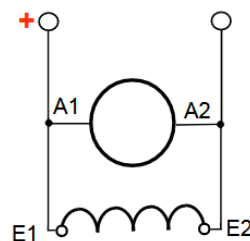
Obr. 3. Stejnosměrný motor s cizím buzením [2]
a) stejnosměrný zdroj, b) permanentní magnet

- **Se sériovým buzením** - vinutí statoru je připojeno na stejný zdroj elektrické energie jako rotorové vinutí, takže kotvou a rotorem prochází stejný proud. Mechanická charakteristika těchto motorů je měkká, což znamená, že otáčky nezátíženého motoru jsou teoreticky nekonečné, a proto motor nesmí nikdy pracovat bez zatížení. Výhodu představuje velký moment při nízké rychlosti. Regulaci provádíme pomocí odporu v kotvě nebo změnou napětí na kotvě. Změnu napětí zajišťuje řízený usměrňovač či pulzní měnič. Tyto motory jsou nazývány též jako trakční, využívané zejména na pohon lokomotiv. Dále tyto motory mohou být univerzální, kdy se mohou napájet jak stejnosměrným, tak střídavým napětím, které se používá pro elektrické nářadí (brusky, vrtačky). [5; 6]



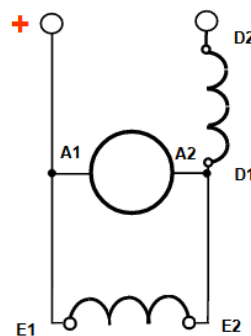
Obr. 4. Stejnosměrný motor se sériovým buzením [3]

- **S derivačním buzením** - vinutí statoru je připojeno paralelně na stejný zdroj elektrické energie jako rotorové vinutí. Pokud není satorový magnetický tok nasycen, při zvyšujícím zatížení klesají otáčky. Při nasyceném stavu již otáčky se zatížením neklesají a záběrový moment je už velký. Tyto motory nachází použití u velmi častých rozběhů s velkou zátěží (jeřáby, dopravníky). Otáčky řídíme pomocí odporu zapojeného do série k vinutí statoru. Derivační motory se nesmí používat tam, kde by se mohla při chodu odpojit zátěž. Pokud by k tomu došlo, motor by se roztočil do kritických otáček, které by mohly ohrozit mechanickou stabilitu rotujících částí. Zátěž musí být připojena přes pevnou spojku či zubový převod. [5; 6]



Obr. 5. Stejnosměrný motor s derivačním buzením [4]

- **Se sdruženým buzením** - vinutí statoru je rozděleno na dvě části. Jedna část je připojena sériově a druhá paralelně k elektrickému napětí. Tímto způsobem je magnetické pole statoru vázáno na obě budící části. Charakteristické části tohoto motoru záleží na tom, které buzení působí větší silou. Charakteristika motoru se blíží sériovému motoru. Působí-li obě vinutí souhlasně, má motor větší záběrový moment než derivační motor a nekolísají tak otáčky, ale hrozí přetížení při náhlém odlehčení. Při působení vinutí proti sobě má motor velmi tvrdé otáčky při změnách zatížení. Když zvýšíme zatížení, klesnou otáčky, a tak sériovou částí vinutí začne procházet větší proud. Tento jev způsobí, že se zeslabí buzení a otáčky motoru lehce stoupnou. Tyto motory stejně jako motory s derivačním buzením se nesmí použít tam, kde by se při chodu mohla odpojit zátěž. Mohlo by dojít opět ke kritickému překročení otáček. Zátěž musí být taktéž zapojena přes pevnou spojku nebo zubový převod. [5; 6]



Obr. 6. Stejnsměrný motor se sdruženým buzením [5]

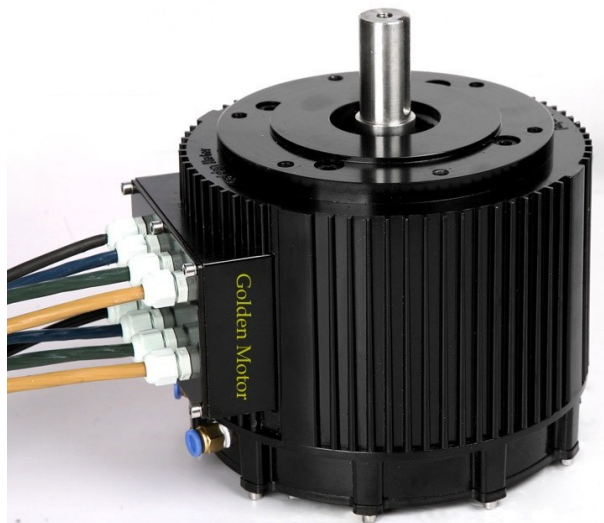
- **BLDC motor** - bezkartáčkový stejnosměrný motor (Brushless DC motor - BLDC) se strukturou podobá střídavému synchronnímu motoru. Z toho důvodu nelze na motor připojit přímo stejnosměrné napětí, ale je nutno provádět jeho spínání. Motory mají elektrickou komutaci na místo mechanické pomocí kartáčků, kdy kartáčky jsou nahrazeny elektronickým řízením. Rotor BLDC motoru obsahuje silné permanentní neodymové magnety a stator je osazen jednotlivými vinutími. Vinutí jsou většinou zapojena do hvězdy se vzájemným posunutím o 120°. Pro vznik točivého momentu je nutné napájet ve správném pořadí jednotlivá vinutí, a

proto musíme znát relativní polohu rotoru vůči poli statoru. Za tímto účelem se v BLDC motorech používají nejčastěji Hallovy sondy.

BLDC motor obsahuje čtyři základní části, a to zdroj stejnosměrného napětí, elektronický komutátor s řídicí elektronikou, snímače polohy rotoru a rotor z permanentního magnetu.

Princip těchto motorů spočívá v postupném spínání jednotlivých cívek, kdy dojde ke vzniku vnitřního momentu motoru ve směru otáčení motoru (snaha o vzájemně kolmé vektory magnetických polí cívek a permanentního magnetu). Spínání cívek je řešeno elektronicky pomocí výkonových spínacích tranzistorů. Otáčky motoru jsou pak řízeny frekvencí spínání tranzistorů.

Konstrukčně rozdělujeme motory na diskové, kdy je používáme jako pohony diskových paměťových jednotek v počítačích a na válcové, které nachází uplatnění například u ventilátorů. Nejnovější typy těchto motorů se začínají stále více používat v aplikacích pro elektrické vozidla. [7; 8]



Obr. 7. BLDC motor [6]

1.2.2 Střídavé motory

Střídavé elektromotory dělíme do dvou hlavních větví, a to na asynchronní motory, u kterých se rotor zpožďuje za rotací magnetického pole (má skluz), a na synchronní, kde se rotor otáčí současně (s rotací) magnetického pole. [5; 1]

- **Asynchronní motory** - jedná se o nejčastěji používaný motor v elektrických pohonech. Nejrozšířenější je pak asynchronní motor na krátko, který svou

jednoduchou a robustní konstrukcí je výrobně a na provoz velmi levný, a tedy výhodný. Umožňuje přímé napájení z rozvodné sítě a lze ho upravit tak, aby byl schopen pracovat v libovolných prostředích.

Tyto motory se vyrábí ve výkonových řadách od 0,06kW pro nízké napětí (do 1000V) až po výkony okolo 14MW pro vysoké napětí (nad 1000V). Asynchronní motory kroužkové se používají pro aplikace s těžšími rozběhy či v kaskádních spojeních k řízení rychlosti. Výkonově se pohybují v hodnotách 10 10MW pro vysoké napětí.

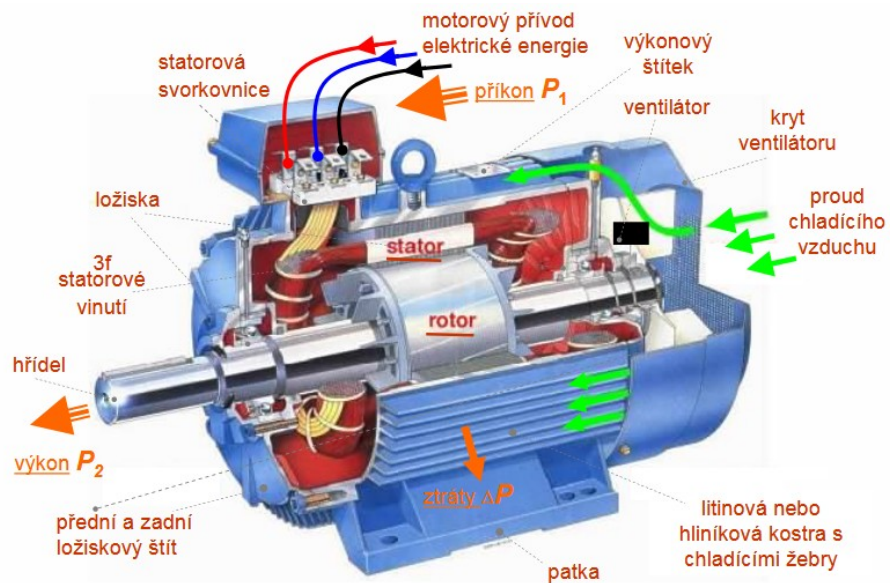
Asynchronní motory kroužkové a nakrátko se používají většinou s logickým řízením rozběhu, brzděním či reverzací.

S rozvojem polovodičových měničů se oba druhy motorů začaly používat i v aplikacích, kde je třeba plynule měnit rychlost, a to jak v celém tak i částečném rozsahu rychlostí. K řízení se používaly dříve softstartery, které byly levnější než frekvenční měniče, ale dnes jsou již na ústupu a používají se pouze frekvenční měniče. Frekvenčně řízené motory se používají i tam, kde se dříve používali výhradně stejnosměrné regulační pohony. [5; 1]

- **Synchronní motory** - K rozšíření těchto motorů došlo až s rozvojem frekvenčních měničů. U tohoto typu motorů je věnována pozornost rozběhu, protože motor při pouhopouhém připojení do sítě se bez úprav nemůže rozběhnout.

K přednostem těchto motorů patří to, že se jim magnetizační energie dodává samostatným budícím vnutím, které je napájeno z externího zdroje stejnosměrného proudu. To umožňuje pracovat s účínkem rovným jedné nebo dokonce s kapacitním účínkem. Toho využívá ke kompenzaci jalové indukční energie paralelně připojených asynchronních motorů, indukčních pecí a jiných spotřebičů. K tomu se používají synchronní motory s vysokými výkony.

Synchronní motory se používají k pohonu takových mechanismů, které hnací motor zatěžují poměrně stálým momentem. Jsou to čerpadla, kompresory či cementárenské rotační pece. S rozvojem měničů se motory uplatňují i v regulačních pohonech, a to jak pro malé výkony, tak i pro výkony v řádech desítek megawattů. Regulační pohony se synchronními motory jsou výhodné tím, že mohou být zdrojem jalové energie, která je potřebná ke komutaci tyristorů střídačů. To vede ke zjednodušení a zlevnění střídačů. [5; 1]



Obr. 8. Řez asynchronním motorem [7]

1.2.3 Krokové motory

Krokové motory jsou nejjednodušším akčním členem pro převádění digitálního signálu na polohu (úhel natočení rotoru). V principu se jedná o synchronní stroj, u kterého je místo točivého magnetického pole generováno magnetické pole pomocí postupného spínání jednotlivých cívek statoru. Počet stabilních poloh rotoru je pak dán počtem kroků motoru na jednu otáčku.

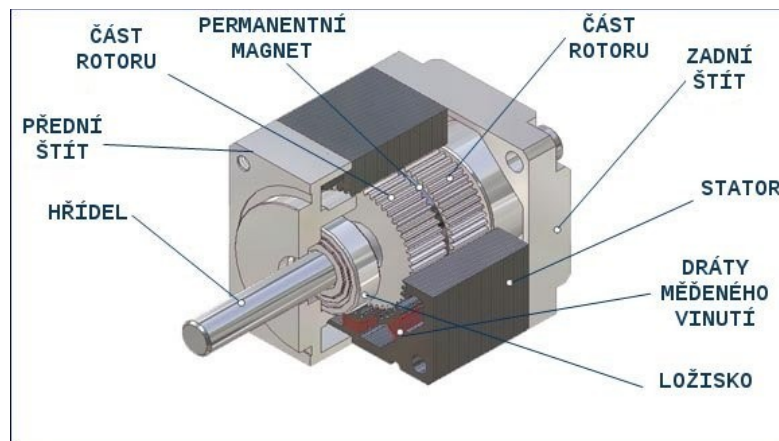
U pohonu s krokovým motorem můžeme nastavovat polohu bez zpětné vazby od odměřování polohy v tom případě, že zajistíme, že každý zadaný krok je motorem vykonán. Typickými aplikacemi jsou pohony periferních zařízení počítačů jako diskové paměti, tiskárny, digitální hodinky. Z průmyslového odvětví servomechanismy pro nastavování polohy souřadnicových stolů pro vrtání plošných spojů, malé manipulátory a roboty pro bezobslužné stroje. [9]

Krokové motory je možné rozdělit podle konstrukce do tří základních skupin

- **Reluktační** - motory s vyjádřenými póly (zuby) na statoru i rotoru, využívající výrazně rozdílné magnetické vodivosti (reluktance) jak v příčné, tak i v podélné ose. Podmínkou funkce je rozdílný počet pólů (zubů) na statoru a na rotoru.
- **S permanentními magnety** - nazývají se také jako krokové motory s aktivním rotorem. Tyto motory mají výrazný reluktační moment i v případě, kdy není

statorové vinutí napájeno a moment tak udržuje klidovou polohu rotoru. Mají také rozdílný počet pólů na statoru a rotoru. Póly na rotoru jsou permanentní magnety.

- **Hybridní** - konstrukční sloučení reluktačního motoru a motoru s permanentními magnety. [9]



Obr. 9. Řez krokovým motorem [8]

1.2.4 Servopohony

Elektrické servopohony jsou regulační pohony, které se skládají z těchto částí:

- Servomotor
- Zdroj signálu pro nastavení rychlosti nebo pozice
- Pohonná elektronika
- Řídicí elektronika

Pohonná (silová) elektronika se nazývá také servozesilovač a společně s řídicí elektronikou kontroluje hodnotu vstupního signálu a provádí dodatečné korekce rychlosti, aby byl rozdíl mezi požadovanou a skutečnou hodnotou co nejmenší. [10; 11]

Servo systém se skládá z následujících řídicích obvodů (smyček):

- Proudová smyčka - vnitřní obvod, který řídí proud, jenž vede do vinutí motoru, a tak přímo ovlivňuje točivý moment motoru.
- Rychlostní smyčka - je nadřazena proudové smyčce. Jedná se o externí senzor, například stejnosměrný tachogenerátor, ze kterého dostává systém údaje o skutečné rychlosti. Tento signál porovnáváme s hodnotou požadovaného signálu vycházejícího z řídicího či polohovacího systému. Tato smyčka je pomalejší než

proudová a díky této kombinaci získáme servopohon s přesnou regulací rychlosti ve velkém regulačním rozsahu.

- Polohovací smyčka - porovnává skutečnou hodnotu polohy z pozičního snímače s požadovanou hodnotou a řídí tak proudovou a rychlostní smyčku.



Obr. 10. Servopohon s řízením [9]

Jednotlivé typy elektromotorů, jsou uvedeny výše, a používají se u servopohonů, přináší jisté výhody a nevýhody. Nejčastěji používané elektromotory jsou tyto:

- Stejnosměrný motor se sběrnými kartáčky
Výhody - osvědčený typ pohonu. Má vysokou účinnost v celém rozsahu otáček a při správném nastavení a konfiguraci má konstantní moment v celém rozsahu otáček. Další výhodou je tichý chod, který je tišší než u krokových motorů. Jsou ekonomicky příznivé, protože jsou jednodušší na konstrukci a nemusí být osazeny dražšími neodymovými magnety.
Nevýhody - mechanická konstrukce s komutátorem a uhlíkovými kartáčky má omezenou životnost. Často opakovaný start/stop s vyšším zatížením nebo provoz při nižších rychlostech přispívá ke snížení životnosti. Při komutaci vzniká jiskření, a proto tyto motory nejsou vhodné pro prostředí s nebezpečím výbuchu. Komutace s kartáčky vytváří elektrické rušení, které musíme redukovat pomocí stínění.
- Krokový motor
Výhody - jedná se o jednoduchou a robustní konstrukci s minimálními náklady na údržbu. Jsou vhodné pro regulaci polohy. Nepotřebuje snímače polohy rotoru v pohonu pro regulaci polohy. Vysoký kroučící moment při nízkých otáčkách.

Nevýhody - hlučnost, která je způsobena pulzací momentu. V určitých frekvencích toku pulzů může dojít k rezonanci, jenž má za následek selhání točivého momentu a ztrátu pozice. Nízký točivý moment při vysokých otáčkách. Je důležité vybrat krokový motor pro danou aplikaci tak, aby požadovaný kroučící moment působil v celém rozsahu rychlostí, jinak hrozí riziko zastavení nebo ztráty pozice.

- Bezkartáčkový motor

Výhody - velmi tichý chod, výkonové ztráty, které se vyskytují ve statoru, se dají dobře chladit. Vysoký poměr mezi vrcholovým a průběžným točivým momentem. Díky absenci kartáčků jsou vhodné do všech aplikací. Ideální pro velmi vysokou rychlost, opakované starty, práce ve vakuu a může pracovat i ve výbušném prostředí.

Nevýhody - drahý materiál pro výrobu rotoru. Složitost výroby. Pohonná elektronika musí obsahovat snímače pro určení polohy rotoru.

- Lineární (synchronní) motor

Výhody - vysoké rychlosti (10m/s). Bezhluché. Vysoké rozlišení, kdy použijeme lineární snímač s přesností na mikrometry. Neobsahuje součásti, které mohou poskytnout mechanickou nepřesnost.

Nevýhody - nutná volba kvalitního materiálu pro rotor. Lineární snímač musí mít vysokou třídu přesnosti, aby se dalo dosáhnout vysokých rychlostí a vysokého rozlišení. [10; 11]

1.3 Stlačený vzduch

Své stálé místo v použití pro různé pohony, řízení a regulaci má stlačený vzduch. Je stále více používán a stal se tak neodmyslitelnou součástí různých manipulátorů a mechanismů. Obecně se pneumatika používá tam, kde stačí malé až střední síly a je potřeba vykonávat rychlý pohyb s vysokou frekvencí. Lineární pohyby pneumatických válců či úchopné hlavice mají malé momenty setrvačnosti a proto umožňují rychlé reakce v rychlosti mechanismů. Stlačený vzduch má mnohostranné využití, a proto se využívá v konstrukci a stavbě přípravků, výrobních strojů a linek a většinou průmyslových odvětvích. [12; 13]



Obr. 11. Úpravna vzduchu [10]

1.3.1 Vlastnosti stlačeného vzduchu

Dostupnost stlačeného vzduchu- ve většině podniků je stlačený vzduch k dispozici. Díky pojízdným kompresorům je jeho použití prakticky na všech místech.

Skladování - velké objemy stlačeného vzduchu se dají bez problémů skladovat.

Řízení proudu a tlaku - rychlosti motorů a válců lze jednoduše nastavit pomocí škrtkových ventilů a sílu lze přednastavit pomocí regulátorů tlaku vzduchu.

Trvanlivost při malých nárocích na údržbu - pneumatické systémy prakticky odolávají prostředí provozu a atmosférickým vlivům. Základním předpokladem je provoz s čistým stlačeným vzduchem, který je zbaven před spotřebičem mechanických nečistot, vlhkosti a oleje.

Bez negativních vlivů na životní prostředí - pneumatické mechanismy mají čistý provoz a při správném ošetření vyfukovaného vzduchu splňují příslušné normy pro provoz v čistém prostředí.

Bezpečnost - pneumatické pohony si při provozu nezahřívají, a proto mohou být použity v oblastech s nebezpečím výbuchu. Při přetížení se pneumatické motory zastaví a mohou v tomto stavu setrvat neomezenou dobu, aniž by došlo k jejich poškození.

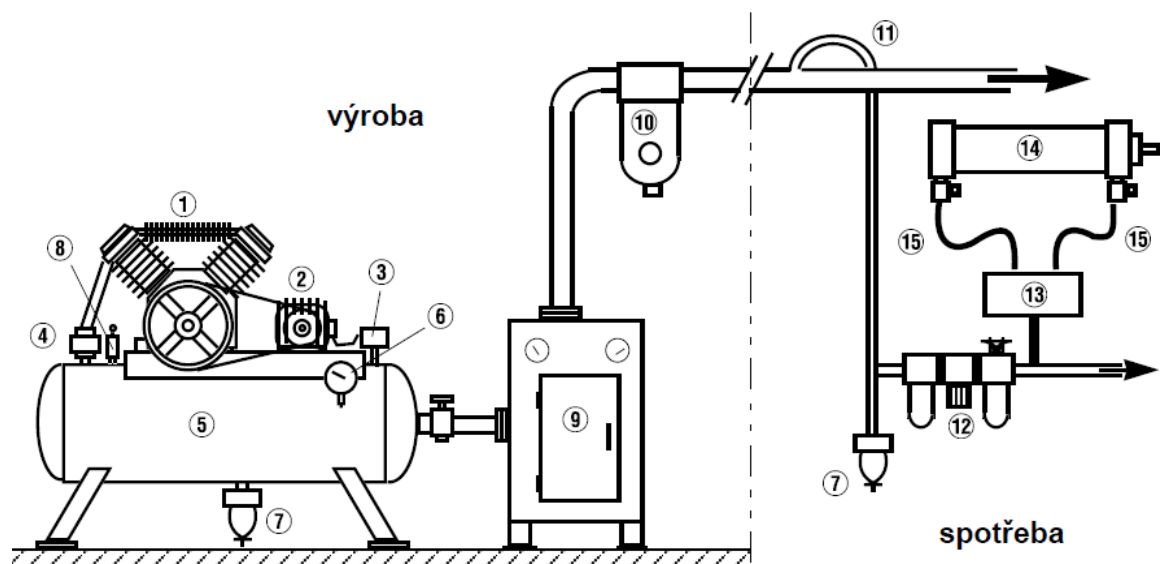
Velké zrychlení - velké zrychlení je způsobeno díky velké rozpínivosti stlačeného vzduchu a malé hmotnosti pohybujících se částí.

Výhody - možnost rozvodu na delší vzdálenosti, absence odpadových větví rozvodu, možnost rychlých pohybů, snadná regulace.

Nevýhody - omezená síla, složitější nastavení pomalých a plynulých pohybů, nepřesné zastavování v mezipolohách [12].

1.3.2 Základní pneumatický obvod

Součástí každého obvodu, který pracuje se stlačeným vzduchem, jsou pneumatické válce, úchopné hlavice či pneumatické motory, které převádí energii stlačeného vzduchu na energii mechanickou. Mechanickou energii pak používáme k dopravě materiálu, jeho opracování či zajištění polohy. K ovládní a řízení je potřeba dalších prvků. Jedná se zejména o jednotky pro úpravu vzduchu, které stlačený vzduch filtrují a odstraňují nečistoty, pomáhají regulovat tlak nebo stlačený vzduch přimazávají olejem. Ventily řídí směr toku vzduchu a tím i směr pohybu pohonů a pomocí škrťacích ventilů řídíme rychlost proudu vzduchu a tím i rychlost pohybu pohonů. Základní obvod můžeme rozdělit na dvě hlavní části, a to na část výroby, úpravy a rozvod stlačeného vzduchu a na část spotřeby stlačeného vzduchu. [12]



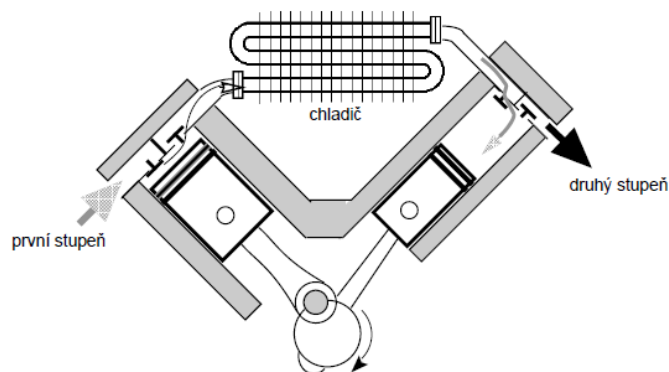
Obr. 12. Základní obvod stlačeného vzduchu [11]

1-Kompresor, 2-Elektromotor, 3-Tlakový spínač, 4-Zpětný ventil, 5-Vzdušník, 6-Manometr, 7-Vypouštění kondenzátu, 8-Pojistný ventil, 9-Vysoušení, 10-Filtr, 11-Odbočka, 12-Úpravna vzduchu, 13-Ventilový rozvod, 14-Pneumatický pohon, 15-Škrťací ventily s rozvody

Kompresor - stroj pro stlačování vzduchu, přeměňuje mechanickou energii elektromotoru či spalovacího motoru na energii tlakovou. Při výběru kompresoru je rozhodujícím faktorem požadované množství dodávaného vzduchu kompresorem a jeho dosažitelný tlak. Kompresory dělíme do dvou hlavních větví a to na kompresory s přímočarým pohybem a na kompresory s rotačním pohybem. [12]

Kompresory s přímočarým pohybem - hlavní pohyb u tohoto typu kompresorů činí ojnice na klikové hřídeli

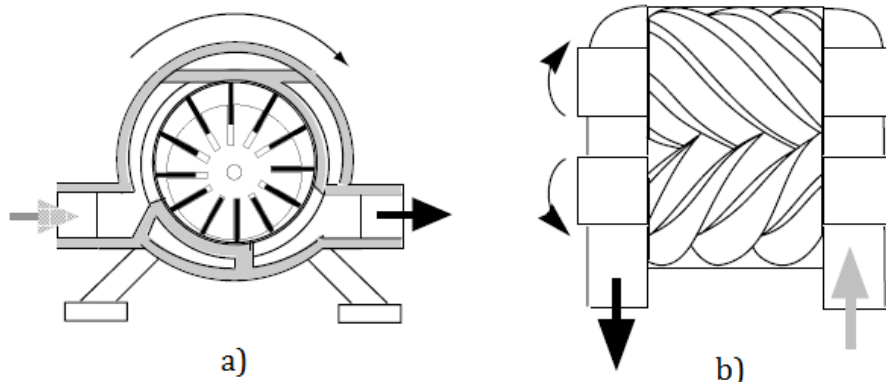
- Jednostupňový pístový kompresor - vzduch o atmosférickém tlaku je nasáván do válce pístem při pohybu dolů díky podtlaku. Při tomto pohybu je otevřen samočinný sací ventil a uzavřen výfukový ventil. Po změně pohybu pístu směrem nahoru nastává ve válci komprese. Sací ventil se uzavře a otevře se výfukový ventil, stlačený vzduch pak proudí do vzdušníku.
- Dvoustupňový pístový kompresor - pracují s vyšší účinností, a proto ve srovnání s jednostupňovými kompresory mají menší příkon. Vzduch mezi prvním a druhým stupněm prochází přes chladič, díky kterému se vzduch ochladí a zmenší svůj objem. Konečná teplota vzduchu na výstupu z kompresoru je přibližně 120°C.
- Membránový kompresor - pryžová membrána, která je spojena s ojnící, odděluje pohon od kompresního prostoru. Membránové kompresory tak dávají čistý vzduch bez stop oleje o tlaku 0,3-0,5 MPa. Tyto kompresory nacházejí využití především v potravinářském a farmaceutickém průmyslu a ve zdravotnictví. [12]



Obr. 13. Dvoustupňový pístový kompresor [12]

Kompresory s rotačním pohybem - hlavní pohyb zde vykonává hřídel, která se otáčí kolem své osy.

- Lamelový kompresor - rotor má řadu drážek, ve kterých se pohybují lopatky. Při otáčení motoru se lopatky odstředivou silou vysouvají a přitlačují na stěny kompresoru. Prostor mezi lopatkami se mezi sáním a výfukem zmenšuje, díky čemuž dochází ke stlačení vzduchu. Do sacího kanálu se vsřikuje olej, který působí jako mazání pro lopatky a současně jako těsnění a chladící kapalina.
- Šroubový kompresor - dva rotory s profilem šroubového ozubení v záběru se otáčejí proti sobě. Prostor mezi zuby se axiálně zmenšuje a tím dochází ke stlačení vzduchu do zubové mezery. Olej vsřikovaný mezi rotory zajišťuje jejich mazání, těsnění a chlazení. Olej se následně ze stlačeného vzduchu odstraní pomocí odlučovače oleje, který je namontován do výtlačného potrubí kompresoru. [12; 14]



Obr. 14. Rotační kompresory - a) Lamelový, b) Šnekový [13]

Tlakový spínač - v závislosti na tlaku vzduchu uvnitř vzdušníku spíná a vypíná chod elektromotoru. Na spínači lze nastavit maximální a minimální tlak pro vypnutí či zapnutí motoru.

Zpětný ventil - dovoluje průtok média ve ventilu pouze jedním směrem. V opačném směru je ventil uzavřen pomocí kuličky, kotouče, kuželky či membrány. Uzavírací element je přitlačován šroubovou pružinou. Při průchodu vzduchu ve správném směru se tlakem ventil otevře.

Vzdušník - vyrovnává kolísání tlaku a zajišťuje plynulé zásobování stlačeným vzduchem. Ochlazením vzduchu ve vzdušníku se vyloučí část vody ze vzduchu jako kondenzát. Pro vzdušník platí pravidlo, že pokud je součin objemu vzdušníku V (dm^3) a přetlaku p (MPa)

větší jak 10 ($V \times p > 10$), tak je vzdušník považován za tlakovou nádobu a podléhá tak revizím a tlakovým zkouškám podle norem.

Vzdušník musí být vybaven předepsaným manometrem, přetlakovým ventilem a odpouštěním kondenzátu. Objem vzdušníku závisí na výkonu kompresoru, maximálním povoleném rozdílu tlaků, velikosti rozvodů a spotřebě stlačeného vzduchu. Objem podstatně ovlivňuje interval mezi provozem a klidem kompresoru. [15; 12]

Manometr - jedná se o tlakoměr, který slouží pro měření přetlaků. Manometry se dají rozdělit do dvou skupin:

- Kapalinové - princip měření tlaku spočívá v nastavení rovnováhy mezi silou vyvozenou měřeným tlakem a sloupcem tlakoměrné kapaliny v trubici. Nejjednodušší kapalinový tlakoměr je ve tvaru U (U - trubice), kdy na jednu stranu přivádíme měřený tlak a na druhém konci je tlak atmosférický. Měří se diference obou tlaků.
- Deformační - tlak působí na těleso (membránu) a vyvolává tak mechanické napětí. To se může převádět rovnou na stupnici anebo měřit pomocí snímačů. Membrána funguje na principu Hookova zákona. Měřicí rozsah volíme tak, aby tlak nepřekračoval 2/3 měřicího rozsahu. [16]

Odpouštění kondenzátu - kondenzát je emulze obsahující kompresorový olej, nečistoty z ovzduší a vodní páry. Kondenzát bývá často agresivní, a proto se musí odpouštět. Nejčastěji se používají tyto čtyři metody odpouštění kondenzátu:

- manuální - nejjednodušší odpouštění pomocí ventilku, který uvolní obsluha. Nevýhoda je možnost opomenutí obsluhy, kdy zapomene vypustit kondenzát a ten se může dostat do dalších částí systému.
- plovákové - jednoduchý způsob automatizace, kdy hladina kondenzátu tlačí na plovák a při kritickém množství se kondenzát vypustí. U této metody odpouštění hrozí riziko, že nečistoty mohou plovák zablokovat a ten zůstane otevřen.
- časové - řízení je uskutečněno pomocí časového relé, které ovládá vypouštěcí ventil v určitých časových intervalech. Odpouštění není závislé na hladině kondenzátu, ale na čase.

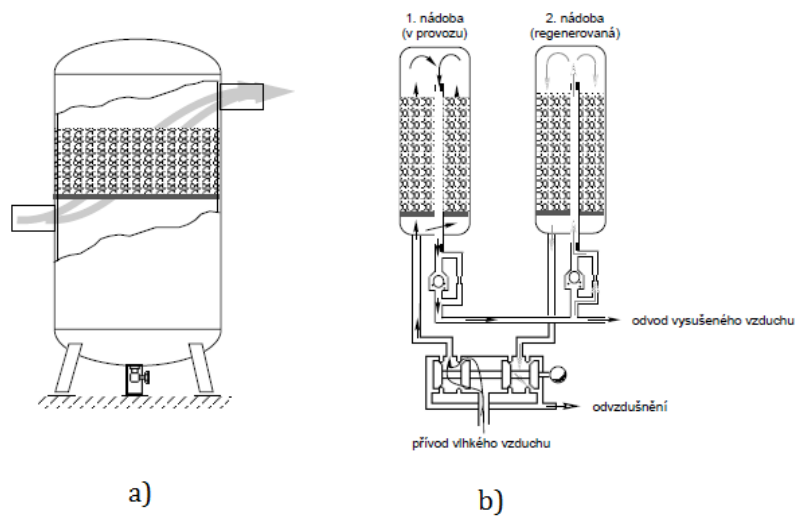
- elektronické - plně elektronické řízení, kdy konstrukce obsahuje kapacitní čidla hladiny a elektronický ventil. Stav kondenzátu se zobrazuje na řídicím panelu.

Přetlakový pojistný ventil - slouží pro zajištění bezpečnosti a pojistné funkci tlakového spínače. Při dosažení nastaveného tlaku odpustí vzduch a zabrání tak překročení dovoleného provozního tlaku.

Vysoušení stlačeného vzduchu - pro každý provoz využívající pneumatiku je nezbytné zajistit, aby bylo ve stlačeném vzduchu co nejméně vlhkosti. Sušení vedle filtrace pomáhá zvýšit provozní spolehlivost. Je důležité, aby relativní vlhkost byla nižší než 40-50%. Při vyšší hodnotě než 50% dochází k výraznému riziku vzniku koroze či oxidaci součástí.

Princip vysoušení je pomocí sorpce, kdy odstranění vody proběhne tak, že se naváže na sorpční látku, nebo pomocí kondenzace, kdy vodu odloučíme překročením rosného bodu, tj. ochlazení vzduchu na teplotu, při které dochází ke kondenzaci vodních par.

- Kondenzační vysoušení - horký vzduch z kompresoru je ochlazen v prvním stupni ve výměníku tepla na vstupu kondenzační sušičky. V druhém stupni je vzduch ochlazen v chladícím stroji, kde vzduch získá teplotu několik stupňů nad nulou. Při tomto rychlém ochlazení kondenzují ve vzduchu obsažené vodní páry, které vytvoří kondenzát, jenž se z jímkou automaticky vypouští. Na výstupu ze sušičky se vzduch ohřeje, tím se zvětší jeho objem a klesne tak jeho relativní vlhkost.
- Absorbční vysoušení - stlačený vzduch prochází vrstvou materiálu, který se chemicky váže s vodou. Používají se granulované chloridy hořčíku, lithia či vápníku. Tyto materiály však vážou jen určité množství vody, a proto se musí několikrát za rok měnit. Granule obsahují barevný indikátor vlhkosti, takže dle zabarvení lze určit nasycení vodou a tedy dobu výměny. Stlačený vzduch z tohoto typu sušičky se musí důkladně filtrovat.
- Adsorbční vysoušení - pevná tělesa pro zachytávání vlhkosti jsou svisle uložena ve dvou tlakových nádobách. Jedna nádoba je vždy v provozu a dochází v ní k vysoušení vzduchu. Druhá nádoba je nasycena vlhkostí, je uzavřena a probíhá v ní regenerace pomocí topných těles či horkým vzduchem. Funkce nádob je cyklicky střídána a tím zajištěna dodávka vysušeného stlačeného vzduchu. [17; 12]



Obr. 15. Sušička stlačeného vzduchu - a) Absorbční, b) Adsorbční [14]

Filtr hlavní větve potrubí - zaručuje průtok velkého objemu vzduchu a jeho úkolem je odloučit hrubé mechanické nečistoty, olejové páry a zkondenzované vodní páry.

Odbočky ke spotřebičům - jsou napojeny na hlavní větev rozvodu stlačeného vzduchu tak, aby do nich nestékal zbytkový kondenzát z hlavní větve. Hlavní větev má být uložena se spádem cca 2 %.

Úpravna vzduchu - zajišťuje pro plynulý provoz spotřebičů vzduchu požadovanou čistotu, optimální provozní tlak či v případě potřeby i přimazávání vhodným olejem. Současné úpravny vzduchu jsou jeden blok, který může obsahovat různé prvky. Do tohoto bloku zařazujeme tlakový spínač, bezpečnostní ventil s postupným nárůstem tlaku vzduchu, uzavírací ventil s odvzdušněním sekundárního okruhu, mikrofiltr a další jednotky. Podle požadovaného průtoku stlačeného vzduchu, který musí projít soustavou za minutu, se zvolí odpovídající velikost úpravny. [12]

Ventily - mají hlavní vliv na stlačený vzduch, protože mění proud vzduchu, rozdělují jej a nebo uzavírají. Pro splnění těchto podmínek potřebujeme tedy ventily různých provedení. Ventily jsou dle normy ISO 1219 rozděleny podle funkce do těchto základních skupin:

- *Ventily pro řízení směru proudu vzduchu* - mění směr proudu vzduchu tak, že otevírají, zavírají či propojují přívodní a výstupní kanály v tělese ventilu. Hlavními parametry těchto ventilů jsou počet vstupů a výstupů kanálů, způsob ovládní, velikost a maximální průtok vzduchu. Počet vstupních a výstupních kanálů a počet

poloh se udává ve tvaru zlomku jako 2/2, 3/2, 5/2 atd. První číslice udává počet kanálů (cest) a druhá číslice počet poloh pro přestavení.

- *Ventily pro uzavření proudu vzduchu* - uzavírají proud vzduchu v jednom směru. Řadíme zde zpětné ventily či logické ventily.
- *Ventily pro řízení tlaku proudu vzduchu* - jedná se o regulátory tlaku. Patří tu také přetlakové a pojistné ventily.
- *Ventily pro řízení průtoku vzduchu* - měníme plochu průřezu, kterým protéká proud vzduchu. Používáme je především k regulaci rychlosti. [12]

symbol	funkční schéma	funkce	použití
		2/2 vstup/výstup bez odvodu vzduchu	pneumatické motory a nářadí
		3/2 ventil v klidové poloze uzavřený (N.C.)	jednočinné válce, ovládací signály
		3/2 ventil v klidové poloze otevřený (N.O.)	jednočinné válce, ovládací signály
		4/2 ventil, přestavuje výstupy „2“ a „4“ vůči přívodu „1“ a odvodu vzduchu „3“	dvočinné válce
		5/2 ventil, přestavuje výstupy „2“ a „4“ vůči přívodu „1“ a odvodu vzduchu „3“ a „5“	dvočinné válce
		5/2 ventil s impulsním ovládním (bistabilní)	dvočinné pohony, zůstane v poloze dané posledním ovládacím impulzem
		5/3 ventil se střední polohou uzavřenou	dvočinné pohony s možností zastavení v libovolné mezipoloze
		5/3 ventil se střední polohou odvodu vzduchu	dvočinné pohony s možností odvodu vzduchu obou komor pohonu
		5/3 ventil se střední polohou zavzdušněnou	dvočinné pohony s možností zastavení v libovolné poloze se zavzdušněním obou komor pohonu

Obr. 16. Symboly, funkce a použití ventilů [15]

1.4 Programovatelné automaty

Nejvíce používaným automatizačním prostředkem v průmyslu jsou programovatelné automaty PLC (Programmable Logic Controller), které využívají programovatelnou paměť pro interní ukládání instrukcí pro provádění specifických logických, sekvenčních, čítacích či komunikačních funkcí za účelem řízení strojů nebo procesů. [18]

K programování PLC se používají speciální programovací jazyky, kdy každý výrobce má svůj vlastní systém programování. Jednotlivé programy nejsou přenosné mezi PLC různých výrobců a přenositelnost je omezena i mezi řadami PLC téhož výrobce, jednotlivé funkční programy tedy nelze pouze kopírovat. Pro použití programu na jiném typu zařízení se musí upravit instrukce či použít speciální překladače.

Dá se říci, že každá společnost má svého preferovaného výrobce. Všeobecně americké společnosti nejčastěji využívají systémy od společnosti Allen-Bradley, v Evropě je to společnost Siemens a v Asii Mitsubishi. [18]

Pro sjednocení jazyků existuje mezinárodní norma IEC 1131-3, která definuje požadavky na vlastnosti programového vybavení PLC těmito podmínkami:

- Nezávislost na technickém vybavení - software používaný na jednom typu PLC se nemusí při přenosu na druhý typ PLC znovu vyvíjet, ale pouze upravit
- Odzkoušení programu ve fázi vývoje (offline programování)
- Modularita - snadné začlenění do složitějších celků řízení

Programovací jazyky dělíme na čtyři typy:

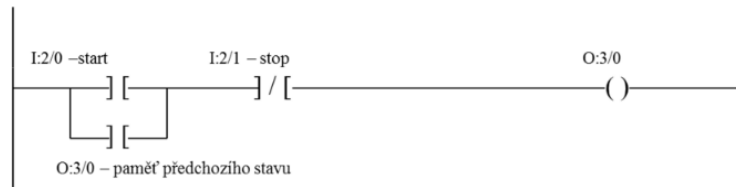
- Jazyk seznamu instrukcí (IL - Instruction List) - též zvaný jako jazyk mnemokódů, představuje programování na úrovni blízké assembleru.,

```
LD X0.0;   načtení hodnoty vstupu tlačítka „Start“ (svorka X0.0)
OR Y0.0;   „přidržený kontakt stykače“ spotřebič ve stavu „zap“
ANC X0.1;  načtení a negování hodnoty vstupu tlačítka „Stop“ (svorka X0.1)
WR Y0.0;   aktivace spotřebiče (sepnutí stykače)
```

Obr. 17. Dvoutlačítkové ovládání v jazyce IL [16]

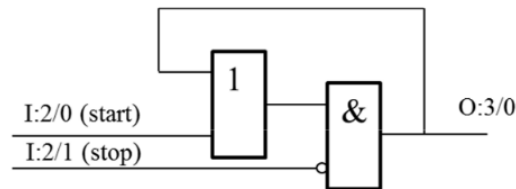
- Jazyk strukturovaného textu (ST - Structured Text) - řeší úlohy automatického řízení použitím algoritmického jazyka. Vyšší programovací jazyk.

- Jazyk příčkového diagramu (LD - Ladder Diagram) - grafické programování funkčních bloků. Při použití složitějších instrukcí se stává méně přehledným.



Obr. 18. Dvoutlačítkové ovládní v jazyce LD [17]

- Jazyk logických schémat (FBD - Function Block Diagram) - využívají se značky blokových schémat z elektrotechniky, zejména z číslicové techniky.



Obr. 19. Dvoutlačítkové ovládní v jazyce FBD [18]

Z hlediska konstrukčního provedení a uživatelské koncepce lze PLC rozdělit na dva základní typy:

- Modulární PLC - jak již název vypovídá, PLC se stává z jednotlivých modulů, které lze přikoupit a tím systém rozšířit o další periferie. Takovéto PLC se skládá ze samostatného zdroje, CPU a přídavných karet jako analogové vstupy a výstupy (AI, AO), digitální vstupy a výstupy (DI, DO), komunikačních karet RS323 či RS485 a dalších.



Obr. 20. Modulární PLC S7-300 firmy Siemens [19]

- Kompaktní PLC - uživatel koupí PLC jako jeden celek, který už obsahuje veškeré periférie a nejde dál rozšiřovat. Tyto PLC se hodí pro jednoduché aplikace, kde nám stačí ovládat pouze pár prvků. [19; 20]



Obr. 21. Kompaktní PLC LOGO [20]

1.5 Průmyslové sběrnice a komunikace

Průmyslové sběrnice jsou v současném technickém světě důležitým nástrojem pro sběr, distribuci a vyhodnocení dat. V oblasti průmyslové komunikace existuje mnoho rozhraní a protokolů, kde se některé z nich staly celosvětovými standardy. [19; 20]

1.5.1 Systém PROFIBUS

Celosvětově nejrozšířenějším sběrnicevým systémem je systém PROFIBUS (PROcess FIEld BUS), určený pro nižší až střední rozsah komunikační výkonnosti. Přenosným médiem je stíněná kroucená dvojlinka s fialovou izolací. Přenosová rychlost tohoto systému je až 12 Mbit/s. Využití nachází při automatizaci výrobních linek a řízení výroby. Varianty tohoto komunikačního protokolu jsou:

- PROFIBUS DP - většina zařízení průmyslové automatizace, výrobních linek atd. Do této sběrnice jsou připojeny PLC, frekvenční měniče, vzdálené periférie IO, operátorské panely apod. U tohoto typu přenos obstarávají dva vodiče o zelené a červené barvě. Každé zařízení připojené do větve má své vlastní napájení.
- PROFIBUS PA - užití v petrochemických závodech, kde se sbírají data z velkých vzdáleností, kde není důraz na rychlost čtení/zápis, ve výbušném prostředí atd.

Rychlost tohoto systému je omezena pouze na 31,25kb/s. Přenos obstarávají dva vodiče, které mají stejnou barvu a je po nich napájeno také samostatné zařízení.

Nejčastěji se používá sériové zapojení. Kdy je první a poslední místo v síti opatřeno zakončovacím odporem též zvaným jako terminátor. [18; 19; 20]



Obr. 22. Kabel PROFIBUS s konektory [21]

1.5.2 Sběrnice ETHERNET

Díky využití ve výpočetní technice pro budování sítí je velmi rozšířená sběrnice ETHERNET. V roce 1983 byl pro tuto sběrnici definován standard IEEE-802.3, který určuje typy přenosových médií, komunikační protokol, rychlosti a řešení problematiky s touto sběrnici.

V současnosti jsou používány rychlosti 10Mbps, 100Mbps a 1000Mbps při využití metalických (kroucených) kabelů nebo pomocí optických kabelů.

Ethernet propojuje navzájem odloučené jednotky I/O zajišťující sběr dat a přenos řídicích signálů pohonů, PLC či robotů. [18; 19; 20]

Na rozdíl od běžné "domácí" sítě musí průmyslový Ethernet nad rámec požadavků pro běžné sítě splňovat požadavky na:

- včasné a současné splnění požadavků jednotlivých komponent podílejících se na komunikace podle předem daných priorit
- rychlost reakce na výstražná hlášení
- minimální kolísání doby odezvy

- odolnost proti vibracím, rázům a dalším mechanickým vlivům, které mohou za chodu zařízení vzniknout
- odolnost proti vlhkosti a prachu (ochrana IP67), olejům a chemikáliím
- přístupnost ze strany uživatele

Objemy dat přenášené v průmyslových sítích se pohybují od jednotek bajtů (snímače, řídicí členy) až po megabajty dat, které probíhají mezi zobrazovacími a uživatelskými panely HMI a řídicími PC a servery.

Jako důsledek nekoordinovaného a rychlého vzestupu vzniklo několik navzájem nekompatibilních realizací průmyslového Ethernetu. Nejznámější jsou PROFINet, Ethernet Powerlink, EtherCAT a Modbus TCP. Jejich největší uplatnění je směřováno do oblasti řízení procesů jako je řízení pohybu a polohy elektrických os v jednoúčelových strojích, výrobě automobilů a další strojírenské výrobě. [18; 19; 20]

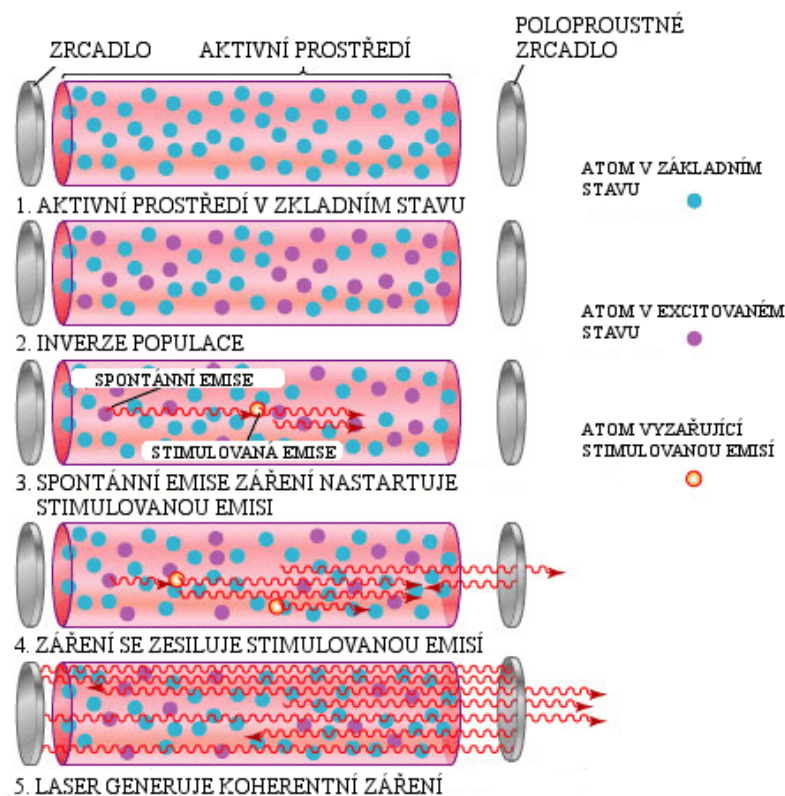


Obr. 23. Kabel PROFInet s konektory RJ45 [22]

1.6 LASER

Slovo laser vzniklo jako akronym z anglického pojmenování Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, což v překladu znamená zesilování světla stimulovanou emisí záření. Laser je v podstatě optický zesilovač, který generuje elektromagnetické záření (světlo) pomocí procesu stimulované emise fotonů. Princip vychází ze zákonů kvantové fyziky a termodynamiky. Tělo laseru se skládá z rezonátoru, zdroje energie a aktivního prostředí. Zdrojem energie může být výbojka, která vytváří energii, jenž se dostává do aktivního prostředí. V tomto prostředí se elektrony díky přidané energii přesunou do vyšší energetické hladiny a vznikne inverze populace, což znamená, že

většina elektronů v aktivním prostředí je vybuzena do vyšších energetických stavů. Prostor má snahu být ve stavu s co nejnižší energií, elektrony opouštějí vyšší energetickou hladinu a uvolní tak nahromaděnou energii ve formě fotonů. Uvolněné fotony vyvolávají lavinový efekt, kdy naráží do elektronů ve vyšších hladinách, které pak emitují další fotony. Fotony následně putují rezonátorem a odráží se od zrcadel, kde počet fotonů rapidně narůstá, jsou usměrněny do jednoho paprsku s velmi vysokou hustotou energie. Laserový paprsek je monochromatický (jednobarevný), koherentní (fotony jsou ve fázi) a má velmi nízkou rozbíhavost svazku, a tak může být zaostřen do velmi malého bodu a působit na větší vzdálenost. Efektivita laserového paprsku je poměrně nízká, v nejlepším případě dosahuje desítky procent. Zbylá energie se proměňuje v teplo a je tedy nutné aktivní prostředí laseru chladit, aby se prodloužila životnost laseru. Chlazení probíhá pomocí vzduchu u méně výkonných laserů, při vyšších výkonech se na chlazení používá deionizovaná voda. [21; 22]



Obr. 24. Princip LASERu [23]

Vlnová délka laseru se udává v nanometrech a určuje část spektra, ve které se bude pohybovat laserový paprsek. Vlnová délka je důležitá i pro velikost stopy laseru a dělíme podle ní lasery do tří skupin. A to na infračervené IR, kdy vlnová délka $\lambda=630\text{nm}$. Na

lasery pracující ve viditelném spektru s vlnovou délkou $\lambda=380-680\text{nm}$. A nakonec lasery pracující v oblasti ultrafialového UV spektra s vlnovou délkou menší než 380nm.

Dosud neexistuje laser, který by byl univerzální a vyhověl tak všem podmínkám jeho uplatnění. Laserů je tak velké množství a každý typ vyniká v jiných oblastech použití. Rozdělit lasery tak můžeme do následujících skupin:

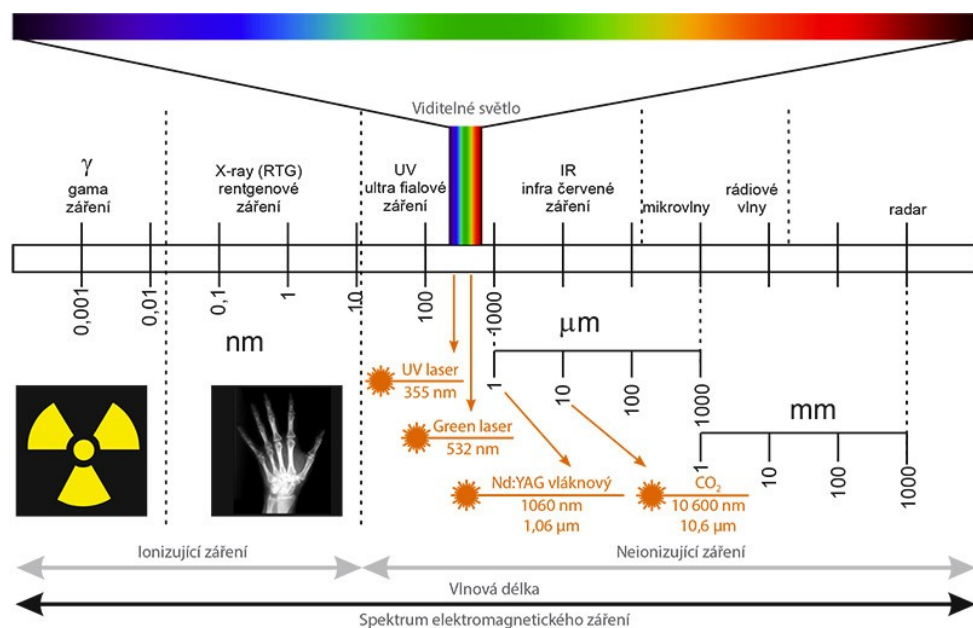
Aktivní prostředí - jedná se o hlavní dělení laserů v technické praxi

- Plynové lasery - aktivní prostředí tvoří plyn, který lze budít elektricky, radio-frekvenčními vlnami či opticky. Aktivní prostředí je homogenní a zajišťuje výborné parametry pro vznik záření, ale mají malý výkon. Nejrozšířenějším zástupcem je červeně zářící helium-neonový laser, v průmyslu a lékařství se uplatňuje infračervený laser CO_2 . Pro světelné efekty modré a zelené barvy se využívá argonu. Zvláštním typem jsou pak lasery excimerové, jenž vyzařují ultrafialové záření, kde jejich aktivní prostředí tvoří molekuly vzácných plynů jako například argon-krypton či krypton fluor.
- Pevnolátkové lasery - Aktivní prostředí je pevná látka, nejčastěji monokrystal. Buzení je optické a to výbojkami nebo laserovými diodami. Hlavními představiteli jsou rubínový laser a ND:YAG (neodymový) laser. Nd:YAG se v průmyslu používá hlavně pro laserové řezání, značení a svařování. Tyto lasery mohou pracovat v různých režimech a za různých provozních podmínek, jsou stabilní a mají malé nároky na údržbu. Jejich záření má vlnové délky v oboru infračerveného a viditelného světla.
- Kapalinové lasery - aktivní prostředí tvoří roztoky organických barev, díky nimž je možné dosáhnout prakticky všech vlnových délek od 300nm až po 1500nm. Výhodou těchto laserů je jejich laditelnost a nevýhodou malá životnost, protože aktivní prostředí se rozkládá teplem a světlem.
- Polovodičové lasery - nerozšířenější skupina laserů, kdy zdrojem záření je laserová dioda. Diody mají malé rozměry, ale jejich paprsek má vyšší rozbíhavost než ostatní lasery. Výkon se pohybuje v rozmezí mW až kW, lze jej snadno měnit díky změně elektrického proudu procházejícího diodou. Malé výkony nachází uplatnění v počítačích a telekomunikačních technologiích a vysoké výkony se používají v průmyslu pro svařování jak kovů, tak i plastů a ke kalení.

- Chemické lasery - jako energie se využívá exotermických reakcí, kdy se využívá reakce vodíku s fluorem. Tyto lasery poskytují velké množství energie v krátkém čase, a proto se o něj zajímá nejvíce vojenský průmysl.

Vlnová délka

- Infračervené záření
- Ultrafialové záření
- Viditelné spektrum záření
- Rentgenové a gama záření



Obr. 25. Vlnové spektrum a viditelné záření [24]

Zdroje energie

- Optické - výbojka nebo jiný laser
- Elektrické - srážky elektronů v elektrickém výboji, svazkem nabitých částic
- Chemické - výměna energie mezi molekulami a atomy
- Tepelné změny - zahřívání a ochlazení plynů

Režim paprsku - lasery pracují v rozdílných časových režimech

- Pulzní (PW = pulse wave),
- Kontinuální (CW = continuous wave)
- Kontinuální režim s vysokou energií pulzu Q režim (QCW = switched)

Výkon

- Nízko výkonné lasery, které mají v řádu maximálně stovky Wattů.
- Vysoko výkonové, které mají až desítky kilo Wattů

Konstrukce laserového zařízení - přenos laserového paprsku k pracovnímu stolu a zabezpečení pohybu mezi paprskem a svařovaným dílem

- Pevný laser a pohyblivý stůl - na pohyblivém stole jsou upnuty díly pro svaření
- Pohyblivý laser a statický díl - pohyb vykonává lehká laserová hlava
- Pohyblivý paprsek - laserová hlava a svařovaný díl jsou statické, mění se poloha zrcadel

Oblast použití

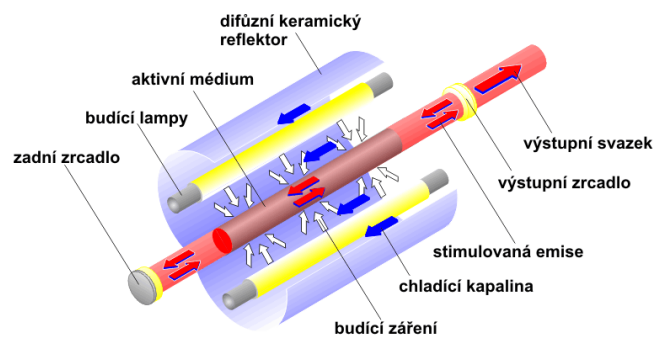
- Vojenský průmysl
- Měřicí systémy
- Strojírenství
- Lékařství
- Výzkum [21; 22]

1.6.1 Typy laserů používaných v průmyslu

V současnosti se v průmyslu využívá čtyřech základních typů laserů, jednotlivé typy se liší hlavně typem buzení a provozním režimem. [23]

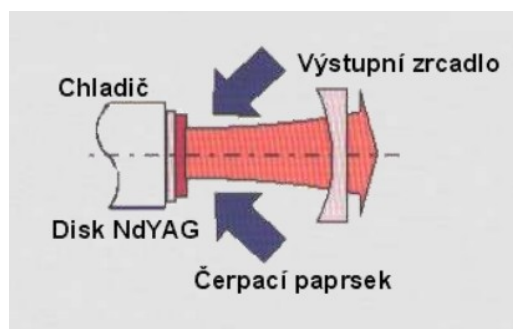
Nd:YAG laser - nejstarší typ laseru v průmyslu. Používají se dva typy.

- LPSS Nd:YAG (lamp pumped solid state) lasery se používají v pulzním režimu pro laserové svařování (hluboký průvar a malé teplotně ovlivněné zóny) a vrtání (ušlechtilé oceli a slitiny). Výhodou je vysoká energie v pulsu. Nevýhodou nízká účinnost, velké nároky na chlazení a krátká životnost výbojek.
- DPSS Nd:Yag (diode pumped solid state) lasery se používají ve spínaném pulzním režimu, kdy laser generuje velmi krátké pulsy v řádech nanosekund. Hlavní použití je pro značení a gravírování kovů, plastů a dalších materiálů. V porovnání s LPSS lasery mají DPSS vyšší účinnost, delší životnost a menší nároky na chlazení. Použití těchto laserů postupně klesá a jsou nahrazovány vláknovými pulzními lasery.



Obr. 26. Nd:YAG laser [25]

Diskový laser - vyvíjené především firmou Trumpf. Aktivní prostředí tvoří malý disk. Výhodou těchto laserů je rovnoměrný teplotní profil po celém disku, který umožňuje dosáhnout vysokých výkonů s kvalitním výstupním svazkem. Použití je zejména u výkonově náročných operací jako je svařování a řezání kovů. Nevýhodou je menší účinnost a nižší životnost než u vláknových laserů.



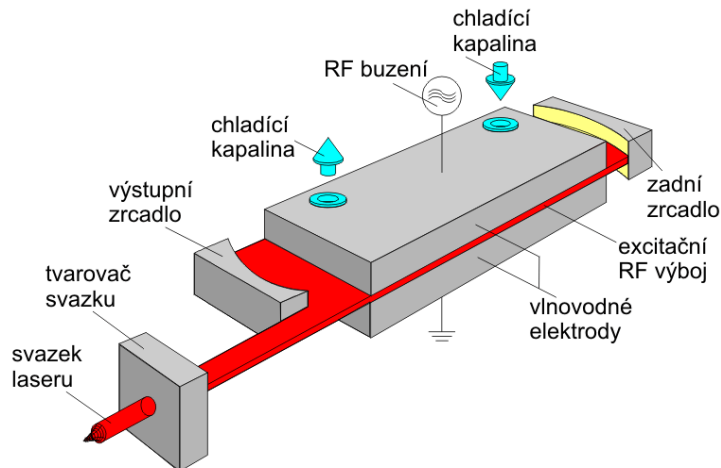
Obr. 27. Diskový laser [26]

Vláknový laser - nejmodernější typ pevnolátkového laseru, kde aktivní prostředí je optické vlákno dopované yterbiem. Buzení z laserových diod je vedeno přes optickou spojku do aktivního vlákna a místo zrcadel jsou využity Bragovské mřížky, což jsou struktury vytvořené přímo na optickém vlákne. Záření je pak z vlákna vyvázáno pomocí optického kolimátoru. Hlavní použití těchto laserů je řezání, svařování, značení a mikro-oblábění. Výhodou těchto laserů je jednoduchost, protože laser je optické vlákno, robustnost a modularita. Laser je tvořen laserovými moduly, které můžeme spojovat a dosáhnout tak výkonů v desítkách kilo Watt. Tyto lasery mají vysokou účinnost, dlouhou životnost, nejnižší provozní náklady z uvedených typů laserů a téměř nulovou údržbu.



Obr. 28. Vláknový laser [27]

CO₂ lasery - aktivní prostředí tvoří směs plynů obsahující CO₂. Využití je pro značení, gravírování a řezání nekovů (plasty, kůže, skla). Pro vedení laserového svazku se používají zrcadla, což je velká nevýhoda, protože optická dráha je složitější, je nutná pravidelná kalibrace, nároky na čistotu a údržbu zrcadel. Vlnová délka těchto laserů dosahuje až 10 600 nm. [23]

Obr. 29. CO₂ laser [28]

1.6.2 Laserové svařování

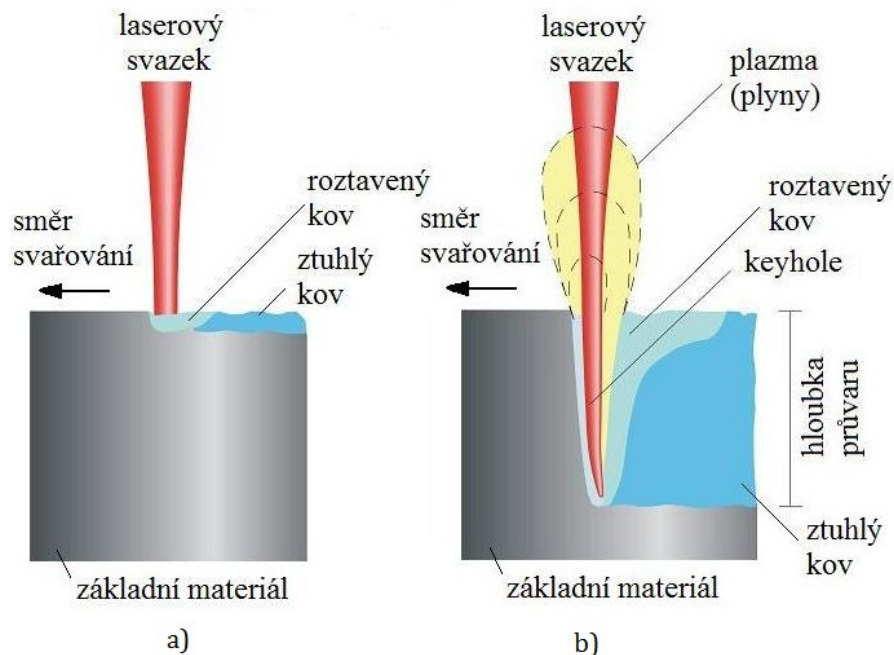
Za posledních patnáct let zaznamenalo laserové svařování bouřlivý vývoj, který byl způsoben vývojem výkonných laserových jednotek a nových typů laserů společně s používáním moderních materiálů, které jsou klasickými metodami těžce svařitelné. Hlavní předností laserového svařování je kvalita svaru, vyšší hloubka průvaru, malá tepelně ovlivněná zóna (HAZ - Heat Affected Zone), vysoká produktivita, snadná automatizace a svařování bez přídavného materiálu.

Kromě svařování kovových materiálů a slitin se laser svařování používá i pro svařování nekovových materiálů, hlavně plastů.

Laserové svařování dělíme do dvou skupin, kde samotné svařování probíhá buď vedením tepla neboli povrchovým svařováním nebo penetračním svařováním, které se také nazývá svařování klíčovou dírkou. [24; 25]

- Povrchové svařování - materiál se taví díky absorpci a vedením tepla od dopadajícího laserového svazku. Vytvoří se tak průvar do malé hloubky. Díky tomu však může být rychlost svařování vyšší a pro některé aplikace je porovnání hloubky průvaru a rychlost svařování vyhovující. Jedná se o případy, kdy je rychlost svařování důležitější než úzký a hluboký průvar.
- Penetrační svařování - při působení vysoké plošné energie fokusovaného laserového paprsku se vytváří plazma a začíná tak docházet k prosvařování materiálu. Laserový paprsek vytvoří kapiláru, ze které pak vystupuje ve formě plynu odpařovaný materiál, ze stěny kapiláry se díky vedení dostává vložená energie do taveniny a dále pak do materiálu. Takto proniká laserový paprsek hluboko do materiálu a vytváří "keyhole" neboli klíčovou díрку. Při následném pohybu laserového paprsku nebo svařovaného materiálu pak vzniká svarový šev.

Vnášení energie laserového paprsku do materiálu ovlivňujeme pomocí ochranných (asistenčních) plynů. Nejpoužívanější plyny jsou hélium, argon, dusík, které zvyšují a stabilizují stupeň absorpce plazmatu indukovaného laserem. Energie laserového paprsku po vzniku plazmatu může vniknout celá do materiálu a zvýší tak efekt hloubkového prosvaření (keyhole). Navíc se asistenční plyny využívají k ochraně chladnoucí taveniny před oxidací. Ochrana spočívá v tom, že atmosféra plynu vytlačuje okolní vzduch a tím zabraňuje oxidaci. Svařovat můžeme materiály i bez ochranné atmosféry, ale povrchová oxidace musí být v přijatelné míře. Při svařování se materiál odpařuje do okolí, vzniklý dým obsahuje kondenzáty kovových par, které jsou nebezpečné pro obsluhu a usazují se na povrchu okolí. Proto je nutné zajistit v malých prostorech dostatečné odsávání, aby se předcházelo nebezpečí, které hrozí obsluze při vdechnutí škodlivých látek. Při špatné ventilaci může docházet k usazování nečistot na jednotlivých součástech laseru, čímž se může významně snížit životnost laserové jednotky. [24; 25]



Obr. 30. Typy svařování [29]
a) Povrchové, b) Penetrační

1.7 Bezpečnost strojů

Problematikou bezpečnosti je nutné se zabývat už při začátku návrhu zařízení a toto řešení aplikovat již do mechanické konstrukce. Rizika, která nelze odstranit či potlačit mechanickými prvky (konstrukcí stroje, krytky atd.), je nutné zajistit elektronicky. Požadavky na bezpečnost ovlivňují samostatnou konstrukci stroje. Na zbytkové riziko je pak nutnost upozorňovat pomocí štítků na strojích a podrobněji ho rozepsat v dokumentaci.

Komponenty stroje musí být zvoleny a použity tak, aby v případě selhání byla bezpečnost osob na prvním místě. V úvahu se musí brát také omezení škod na stroji a okolním prostředí. Technická ochranná opatření jsou provedena ochrannými zařízeními jako kryty, dveřmi či světelnými závěsy, které vykonávají bezpečnostní funkci. Základní požadavky na bezpečnost a její řazení jsou uvedeny v normách EN/ISO. [26]



Obr. 31. Bezpečnostní relé Flexi Soft [30]

Tabulka 1. Přehled a definice norem

EN ISO 12100 (nahrazuje EN ISO 12100-1/-2 a EN ISO 14121-1)	Všeobecné principy konstrukce Posouzení rizik a snížení rizik	Část 1: Definuje základní terminologii a metodologii použitou pro dosažení bezpečnosti strojních zařízení. Ustanovení uvedená v této normě jsou určena projektantovi. Část 2: Definuje technické zásady, které pomáhají projektantům dosáhnout bezpečnosti při návrhu strojního zařízení.
EN ISO 13857	Bezpečné vzdálenosti, které brání průniku horních a spodních končetin do nebezpečných oblastí	Definuje hodnoty pro bezpečné vzdálenosti, které brání průniku horních a spodních končetin do nebezpečných oblastí. Tyto vzdálenosti platí pro případ, kdy odpovídající bezpečnosti je možno dosáhnout těmito vzdálenostmi.
EN 349 (ISO 13854)	Minimální vzdálenosti k tomu, aby se zabránilo rozdrcení částí lidského těla	Cílem této normy je umožnit uživateli (např. sestavitelům norem, konstruktérům strojního zařízení), aby se vyhnuli nebezpečí, která pro ně plynou z oblastí, kde může dojít k rozdrcení. Jsou zde specifikovány minimální vzdálenosti k částem lidského těla. Norma platí v případě, že touto metodou je možno dosáhnout odpovídající bezpečnosti.
EN ISO 13850	Nouzové vypnutí a jeho zásady pro konstrukci	Zásadní konstrukční návrhy nouzového vypínacího zařízení, použitého u strojů.
EN 574	Dvouruční ovládače - Funkční aspekty – Principy konstrukčního návrhu	Bezpečnostní požadavky na dvouruční ovládač a jeho logickou jednotku. Norma popisuje hlavní charakteristiky takového dvouručního ovládače, určené pro dosažení bezpečnosti.
EN 953	Všeobecné požadavky na konstrukční návrh a konstrukci pevných a pohyblivých krytů.	Všeobecné požadavky na návrh a konstrukci krytů, určených především k ochraně osob před mechanickým nebezpečím.
EN ISO 13849-1 (nahrazuje EN 954-1)	Díly řídicích systémů související s bezpečností – Část 1: Všeobecné principy návrhu	Tato norma stanovuje bezpečnostní požadavky a návody ohledně principů návrhu bezpečnostních dílů řídicích systémů. Specifikuje pro tyto díly kategorie a popisuje charakteristiky jejich bezpečnostních funkcí. Patří sem programovatelné systémy pro všechno strojní zařízení a pro související ochranná zařízení.

EN ISO 13849-2	Díly řídicích systémů související s bezpečností. Validace	Postupy a podmínky, které je třeba dodržet při validaci prostřednictvím analýzy a testování: zabudovaných bezpečnostních funkcí a kategorie dosažené bezpečnostními díly řídicího systému, v souladu s normou EN 954-1 (ISO 13849-1), pomocí návrhových principů stanovených projektantem
EN 62061	Funkční bezpečnost bezpečnostních elektronických a programovatelných elektronických řídicích systémů.	Bezpečnostní požadavky a vůdčí principy pro návrh bezpečnostních elektrických/elektronických/programovatelných dílů řídicího systému.
EN ISO 13855 (nahrazuje EN 999)	Polohové umístění krytů vzhledem k rychlosti přibližování částí lidského těla.	Stanovení parametrů na základě hodnot rychlosti přibližování ruky/paže a definuje metodologii pro stanovení minimálních vzdáleností od specifického snímacího nebo regulačního prvku ochrany, ke vstupu do nebezpečné zóny.
EN 1088 a EN 1088/A1	Blokovací zařízení související s kryty. Principy konstrukčního návrhu a výběr.	Návrh a výběr pro blokovací zařízení související s kryty. Dále uvádí požadavky určené specificky pro elektrická blokovací zařízení. Norma se týká těch krytů, které ovládají blokovací zařízení.

[26]

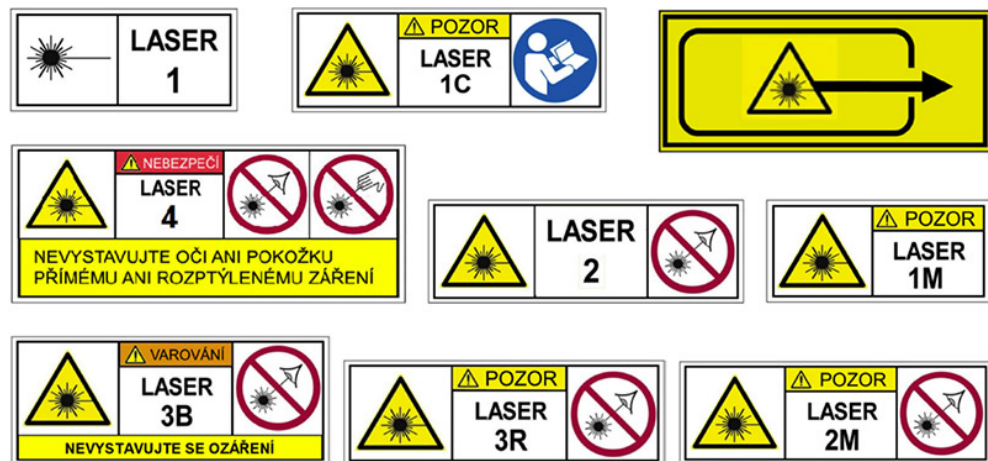
1.7.1 Rozdělení laserů dle bezpečnosti

Laserové zařízení vyžadují certifikace, které se vydávají dle kategorie použití. Jednotlivé kategorie nám určují použití bezpečnostních zábran tak, aby omezilo nebo úplně eliminovalo újmu na zdraví dle třídy (Class) v dané oblasti využitelnosti laserového záření.

Třídy laserů jsou stanoveny normou ČSN EN 60525-1 ed.3. Klasifikace odpovídá nebezpečnosti laserového záření pro poškození pokožky a oka. [27]

- Třída 1 - jedná se o laserová zařízení, která jsou bezpečná během používání, včetně dlouhodobého přímého sledování svazku, a to i v případě sledování pomocí optických pomůcek lupy a dalekohledy. Do třídy 1 také patří vysokovýkonové lasery, které jsou zcela zakrytovány tak, aby potenciálně nebezpečné záření nebylo během jejich používání přístupné. Pohled do svazku u laserových zařízení třídy 1, která produkují viditelné záření, může způsobovat oslňující optické efekty, zejména při nízké úrovni okolního osvětlení. Termín „laser bezpečný pro oko“ by neměl být použit pro popis laseru, který je založen pouze na tom, že vlnová délka výstupu je větší než 1400 nm. Lasery všech vlnových délek s dostatečným výstupním výkonem mohou způsobit zranění.

- Třída 1M - zařízení, která jsou bezpečná i při dlouhodobém přímém sledování svazku nechráněnými očima. Poškození oka může být způsobeno sledováním svazku pomocí optických pomůcek, zejména dalekohledu. Pohled do svazku viditelného záření může způsobovat oslňující optické efekty a to nejvíce v případě nízké úrovně okolního osvětlení.
- Třída 1C - určeno pro přímou aplikaci laserového záření na pokožku či vnitřní tkáň pro lékařské, terapeutické a kosmetické procedury. Vyzařování může mít vyšší úrovně tříd 3 až 4, ale ozáření oka je zabráněno technickými prostředky.
- Třída 2 - viditelné záření v rozsahu vlnových délek od 400 do 700nm, která jsou bezpečná pro chvilkové ozáření, ale mohou být nebezpečná při přímém pohledu do svazku. Při nízkém okolním osvětlení hrozí záblesková slepota a přetrvávající zrakové vjemy, které mohou způsobit vznik všeobecného ohrožení. Uživatelé jsou informováni pomocí výstražných štítků, aby se nedívali přímo do svazku.
- Třída 2M - viditelné laserové svazky, které jsou bezpečné pouze pro krátkodobé ozáření očí bez optických pomůcek. Poranění oka může nastat po použití optických pomůcek. Bezpečnostní podmínky jsou stejné jako u třídy 2, ale jsou doplněny o varování při použití optických pomůcek.
- Třída 3R - záření může překročit maximální přípustnou dávku ozáření při přímém sledování, ale riziko poškození oka je ve většině případů nízké. Limit přístupné emise pro třídu 3R je pětinašobek emise pro třídu 2 (viditelné záření) nebo pro třídu 1 (neviditelné záření). Kvůli nižšímu riziku jsou menší požadavky na bezpečnost jak na výrobce, tak i na uživatele než pro třídu 3B. Zařízení třídy 3R by se mělo používat pouze tam, kde je přímý pohled do svazku nepravděpodobný.
- Třída 3B - tato zařízení jsou už při pohledu do svazku nebezpečná a to i při nahodilém krátkodobém ozáření. Sledování difuzních odrazů je běžně bezpečné. Lasery této třídy mohou vytvářet malá poškození pokožky a představují riziko zapálení hořlavých materiálů. Tato rizika přichází do úvahy v případě, kdy je svazek malého průměru nebo je zaostřen.
- Třída 4 - pohled do svazku a i ozáření pokožky je nebezpečné. Sledování rozptýlených odrazů může být už také nebezpečné. Tyto lasery představují i nebezpečí vzniku požáru. [27]



Obr. 32. Bezpečnostní štítky pro třídy 1-4 [31]

1.8 Strojové vidění

Počátky strojového vidění se odehrávají již od sedmdesátých let, ale teprve počátkem jednadvacátého století začíná celosvětový rozvoj. Rozvoj se nejrychleji odehrával v automobilovém průmyslu. Tento rozvoj byl způsoben rychlým rozvojem kvalitních čipů pro snímání obrazu a dostupností výkonných procesorů.

Strojové vidění zpracovává úkol podobně jako člověk. Stejně jako oko zachytí kamera obraz zkoumaného předmětu a dle předepsaného algoritmu provede akci a vyhodnocení výsledků.

V průběhu vývoje se ustálilo strojové vidění do čtyř kategorií, z nichž každá je zaměřena na určitou skupinu úloh, avšak s pokračujícím vývojem se jednotlivé kategorie začínají pozvolna překrývat. [28]

a) Kamerový senzor (Checker) - jedná se o nejjednodušší prostředek strojového vidění, kdy systém kamery a případného osvětlení bývá integrován do jednoho prvku. Počet vstupních a výstupních signálů je omezen a mají přidělenou funkci. Kamerové senzory jsou zjednodušené verze inteligentních kamer a postrádají různé softwarové funkce.

b) Inteligentní kamera (smart camera) - kompletní samostatný systém, který nám umožňuje provádět různá měření a vyhodnocení. Inteligentní kamery jsou do systému připojeny již přes ETHERNET komunikaci, po které se provádí veškeré nastavení.

c) PC systémy (PC vision) - využití standardního počítače s operačním systémem, do kterého může být připojeno i několik kamer. Je důležité mít vlastní software pro

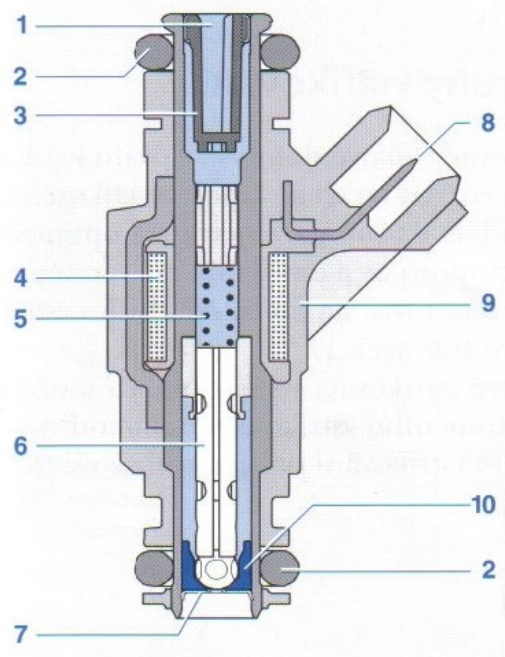
zpracování vidění. PC systémy mají vysokou modularitu a stály na počátku strojového vidění. Díky stále větší integraci čipů jsou na ústupu a nahrazují se inteligentními kamerami.

d) Zákaznické systémy (custom vision) - jedná se o sestavy kamerových senzorů či inteligentních kamer s různými objektivy, které se vytváří na zakázku přímo pro jednu aplikaci. [28]

1.9 Funkce a konstrukce vstřikovačů

Elektricky řízené vstřikovací ventily mají za úkol rozprášit dané médium v prostoru. V případě vstřikovače adBlue je jeho úkolem rozprášit syntetickou močovinu do výfukových plynů. Díky chemické reakci se začnou jedovaté oxidy dusíku NO_x rozpadat na neškodný dusík N_2 a H_2O . [29]

Funkce vstřikovačů spočívá v tom, že když cívkou neprochází elektrický proud, tlačí pružina a síla tlaku média na jehlu ventilu s těsnící kuličkou do kuželovitého sedla ventilu. Tímto způsobem je vstřikovač uzavřen. Pustíme-li do cívky proud, tak vznikne v cívce magnetické pole, které přitáhne kotvu jehly ventilu. Těsnící kulička se nadzvedne ze sedla a médium je pod tlakem puštěno do prostoru. Po odpojení proudu pružina zatlačí jehlu na sedlo a vstřikovač je opět uzavřen. [30]



Obr. 33. Konstrukce elektromagnetického ventilu [32]

*1-Hydraulická přípojka, 2-Těsnící kroužky, 3-Filtrační sítko,
4-Cívka, 5-Pružina, 6-Jehla s kotvou a těsnící kuličkou,
7-Kroužek se vstřikovacími otvory, 8-Elektrická přípojka,
9-Pouzdro ventilu, 10-Sedlo ventilu*

1.10 Shrnutí teoretické části a cíl práce

Teoretická část práce se soustřeďuje na to, aby čtenáři přiblížila jednotlivé prvky a zařízení, které budou použity během samotné konstrukce linky.

Jedná se o typy elektromotorů, které se používají při konstrukci jednoúčelových strojů, zejména servomotorů. Popis funkce laserů, jejich typy a princip metody laserového svařování. Čtenář se dále může seznámit i s jednotlivými normami, které musí výrobci strojů splňovat.

Cíl práce jak je uvedeno výše konstrukce stanice, která bude vycházet ze dvou postavených a funkčních linek. Jedná se o funkční sloučení dvou linek do jednoho stroje, kdy první linka prováděla pouze lisování a druhá pouze svařování. Výsledná linka bude tedy vykonávat proces složení, lisování a svaření vstřikovače v celkem šestnácti dílčích krocích. Cílem práce je konstrukční řešení svařovací linky pro vstřikovače roztoku močoviny, která má urychlit výrobní proces a přinést větší efektivitu výroby.

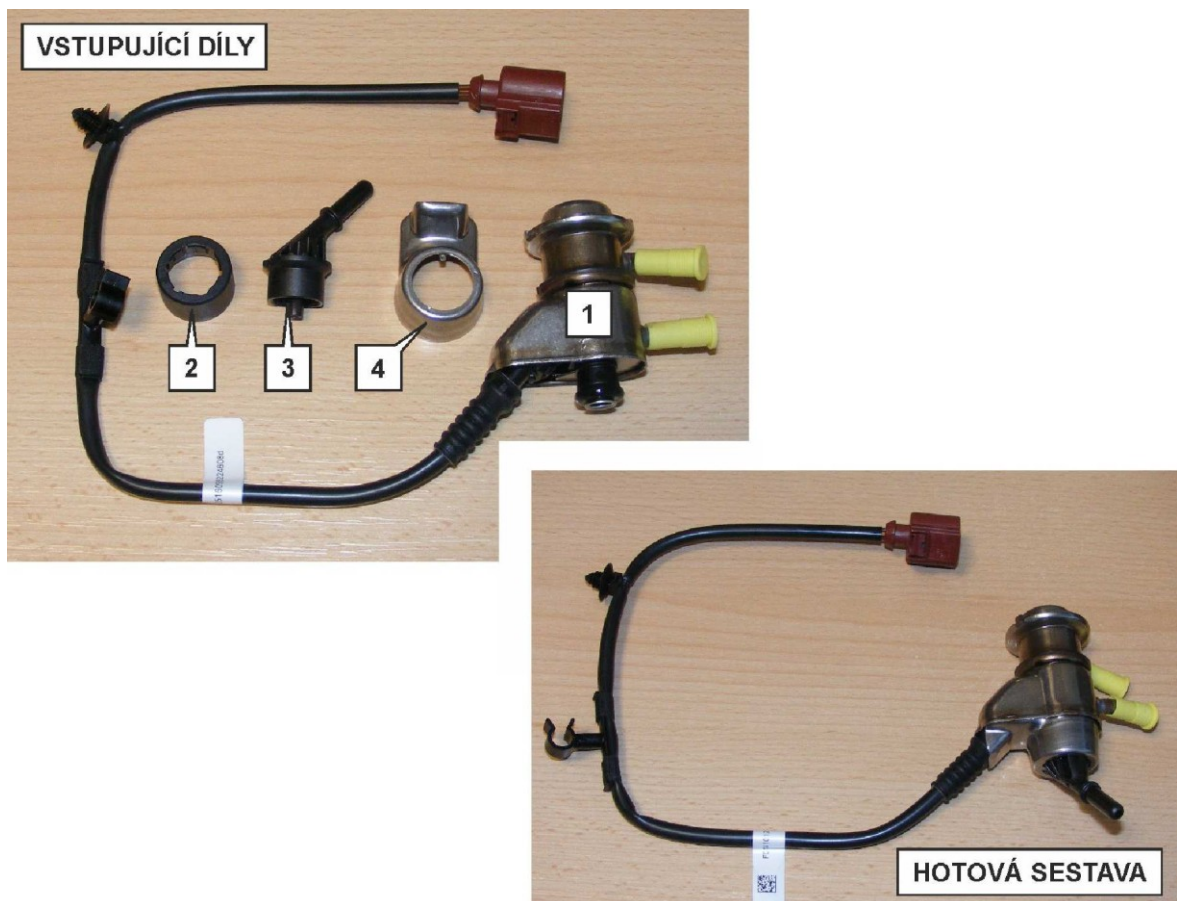
II. PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 Konstrukční návrh svařovací linky

Veškeré požadavky zákazníka kladené na konstrukci stroje jsem shrnul do následujících kapitol. Nejprve je popsán samotný vstřikovač a jeho díly, ze kterých se vyrobí výsledný výrobek. Dále je popsán výrobní cyklus a strojní časy v pořadí, jakém bude probíhat montáž vstřikovače včetně popisu jednotlivých hnízd. V posledním bodu konstrukčního návrhu jsou uvedeny seznamy dílů a součástí, které jsem byl zavázán použít dle standardů a krátké vysvětlení, proč byly některé díly ze seznamu standardů použity.

Praktická část se ovšem bude věnovat zejména požadavkům na provedení strojní a elektrické konstrukce, na které následně navazuje závěrečné softwarové řešení a oživení svařovací linky.

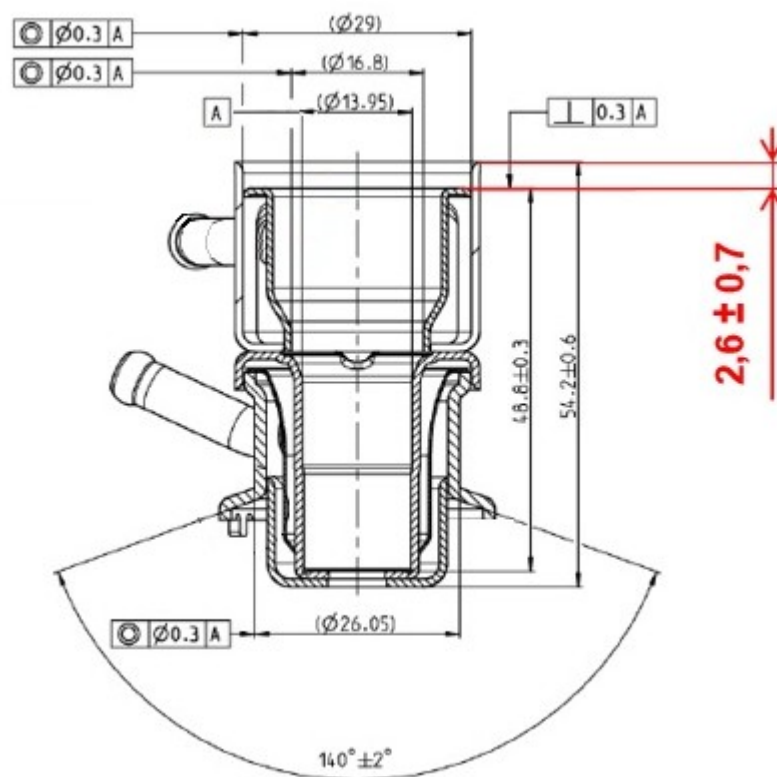
2.1.1 Komponenty vstupující do procesu



Obr. 34. Vstupující díly a výsledná hotová sestava

1-Předmontovaný vstřikovací ventil, 2- Středící vložka,, 3-Náustek ventilu, 4-Horní kryt

Na obrázku 34 může čtenář vidět jednotlivé komponenty vstřikovače, které budou vstupovat do svařovací linky. První díl tvoří již předmontovaný vstřikovač, který byl sestavený na jiné lince, kde byla také ověřena jeho funkčnost. Na vstřikovač zbývá nalisovat náustek, na který bude připojena hadička s nádobou roztoku močoviny. Náustek je vystředěn a utěsněn pomocí středící vložky. Na tuto sestavu tří dílů je nalisován horní kryt, který slouží jako fixace náustku a jako tepelný štít pro odstínění tepla sálajícího z výfuku vozidla.



Obr. 35. Předmontovaný ventil

Výkres předmontovaného ventilu je stejný pro veškeré typy ventilů, které se budou na lince vyrábět. Červenou barvou je znázorněna délka přesahu plechu, kam bude nalisován horní kryt a provedeno svařování.

Předmontovaný ventil a horní kryt jsou vyrobeny z nerezové oceli s označením EN 1.4057, která je klasickou technologií obtížně svařitelná, ale je vhodná pro díly čerpadel a tepelně namáhané díly.

2.1.2 Obecné požadavky na strojní zařízení

Konstrukce svařovací linky bude vycházet ze zkušeností konstrukce předešlých linek a z již odzkoušených technologií.

Konstrukce všech přípravků a pracovních ploch musí být z otěruvzdorného materiálu, který musí odolat běžnému mechanickému poškození od dílů nebo při údržbě a při chodu stroje. Je nutné se přednostně vyvarovat materiálů, které odráží světlo (odlesky v kamerách) a použít proto matné a hladké materiály. Všechny indikátory funkcí musí být vizualizovány na monitoru řídicího počítače. Čas nastavený na jednotlivých linkách musí být synchronizován. Veškeré kamery musí být přístupné pro nastavení. Držáky pro kamery a osvětlení musí být pevné a tuhé. Ve vhodném místě ve výšce očí bude umístěn panel VisionView pro kamery.

Zásobování díly bude provedeno ze zadní strany stroje, kdy poslední skluz bude pro prázdné krabičky od dodaných dílů.

Konstrukce linky musí být provedena co nejužší.

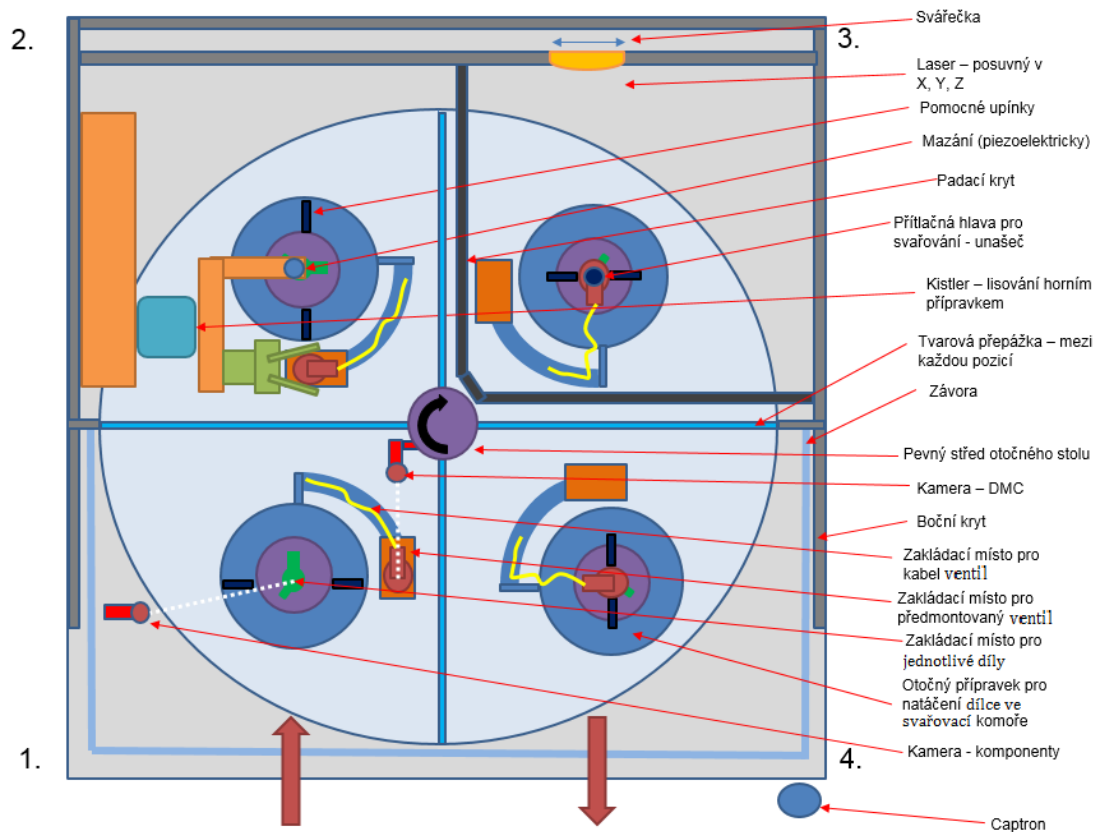
2.1.3 Hrubý návrh stroje

Návrh linky musí být koncipován tak, aby bylo možné dosáhnout uvedených procesních časů v montážním cyklu. V jednotlivých krocích se budou provádět následující operace dle tabulky. Celý cyklus výroby OK kusu bude trvat 58 sekund, kdy nejvíce času z výroby zabere proces lisování, který bude trvat 26 sekund. V případě vyhodnocení NOK kusu bude tento kus zablokovaný upínači v aktuální pozici (lisování nebo svařování). Zablokovaný kus vyjme obsluha pomocí potvrzení, vadný kus se zapíše do systému, upínky se otevrou a obsluha jej vloží do zmetkovníku.

Pokud se během výroby nedokončí jakýkoliv pohyb, nedodrží se montážní nebo zkušební podmínky, dojde k zablokování stroje a rozsvícení signalizace.

Tab. 2. Proces montáže OK kusu

Číslo kroku	Prováděná operace	Čas
1	Založení dílců do stroje na pozici 1	8
2	Spuštění automatického pracovního cyklu stanice	
3	Uzavření pracovního prostoru pomocí světelné závory.	
4	Zajištění polohy horního krytu	
5	Načtení QR kódu dílu	
6	Otočení stolu do pozice 2 a uvolnění pozice 1 pro další díly	2
7	Automatické uchopení sestavy v hnízdu 2 a namazání mazacím přípravkem pomocí piezoelektrického dávkovače	9
8	Přesun sestavy do lisovací pozice (odjez mazacího přípravku)	3
9	Slisování předmontovaného dílce a horního krytu pomocí elektrické lisovací osy Kistler	11
10	Zajištění slisovaného dílce a příjezd lisovací osy do základní polohy	3
11	Otočení stolu do pozice 3 (svaření) a příjezd nové sestavy do pozice 2	2
12	Uzavření svařovacího prostoru padacím ochranným krytem	3
13	Zajištění slisované sestavy přítlačnou hlavou a uvolnění pomocných přidržovacích upínačů	2
14	Svaření horního krytu s předmontovaným vstřikovačem. Otočení dílce o 180° a svaření z druhé strany	11
15	Otočení stolu o další pozici, svařený díl se nachází v místě 1	2
16	Rozsvícení signalizace OK kus a vyjmutí obsluhou	2



Obr. 36. Náskres otočného stolu s popisem pozic

Pozice 1. = Základní pozice - neprovádí se žádný speciální pohyb, pouze zakládání. Je nutná aretace přípravku proti pootočení.

Pozice 2. = Lisování - ovládání mechanických upínek proti rozpadnutí složené sestavy dílů. Lisování proběhne ve dvou krocích. Nutná konstrukce podpěry při lisování, bude se lisovat silou 1000N.

Pozice 3. = Svařování - budou se ovládat upínky proti rozpadnutí. Proběhne odaretování otočného přípravku. Ten se pak připojí k servomotoru, který bude přípravkem otáčet. Konstrukce musí být s minimálními vůlemi v otáčení přípravku. Tato pozice bude opatřena světlotěsným krytem.

Pozice 4. = Vyjímání - opětovné ovládání upínek pro zablokování v případě vyrobení NOK kusu.

Detailní popis výrobního procesu

1. Založení vstupních dílů do stroje - předmontovaný ventil je založen do zakládacího hnízda (na pravé straně) na pozici 1. Do vedlejšího (hlavního) hnízda se nasadí náustek, kryt a středící kroužek.

Zakládání do přípravku musí 100% Poka-Yoke. Pro distribuci jednotlivých dílů se nesmí použít vibrační dopravník. Nutné dát pozor při zakládání předmontovaného ventilu, protože přípojovací kabel bude mít různé délky a různé konektory. V konstrukci stroje se musí brát v potaz, že se bude přípravek otáčet a kabel se tedy nesmí nikde zachytit a poškodit.

2. Spuštění automatického pracovního cyklu stanice - pracovník spustí cyklus pomocí kapacitního snímače. Pracovní cyklus bude možné spustit ve chvíli, kdy jsou založeny všechny díly a je vyprázdněn vykládací přípravek. Výjimkou bude pouze režim vyprázdnění stanice, kdy nebude nutné založit nové díly do přípravku.

3. Uzavření pracovního prostoru pomocí světelné závory - Pokud jsou díly vyhodnoceny strojem jako správně založené, tak se aktivuje činnost světelné závory.

4. Zajištění polohy dílů v zakládacím lůžku - předmontovaný ventil bude zajištěn proti pohybu v zakládacím přípravku během otáčení stolu. Kvůli umístění zakládacího přípravku na otočném stole nebude možné díl upínat pomocí pneumatiky či elektrického uchopovače. V případě, že nebude ohrožena bezpečnost obsluhy, tak se díl upne už při založení do koncové polohy. Díl musí být při upnutí zabezpečen tak, aby nedošlo k jeho poškození, a to zvláště poškození funkčních ploch a rozměrů. Stroj si kontroluje správné založení.

5. Načtení DMC kódu ventilu a jeho porovnání - po správném založení dílce si stroj načte DMC kód, který bude na definovaném místě. Stroj porovná DMC s aktuálním typem.

6. Otočení stolu (uvolnění zakládacího lůžka) - stroj bude vždy čekat na nejpomalejší proces (lisování). Po dokončení procesu se stůl pootočí.


7. Automatické namazání přípravku a nalisování krytu - stroj nejprve namaže požadované množství média na obvod horního krytu pomocí piezoelektrického dávkovače. Mazací dávkovač nesmí kontaminovat pracovní prostor olejem a musí být zamezeno odkapávání oleje z přípravku.

8. Přesun ventilu do lisovací pozice - stroj přesune ventil do lisovací pozice a zároveň se maznice vrátí do základní polohy.
9. Slisování součástí - stroj začíná lisovat v prvním kroku menší silou, kdy se slisovává náustek s horním krytem a těsnícím kroužkem. Po vyhodnocení dráhy a síly začne lisování s vyšší silou, kdy dojde k nalisování ventilu na horní kryt a proběhne opětovné vyhodnocení dráhy a síly lisování.
10. Zajištění slisované sestavy proti rozpadnutí - po nalisování sestavy dojde k automatickému zajištění sestavy proti rozpadnutí pomocí upínek. Po slisování se osa vrátí do základní pozice.
11. Otočení stolu (uvolnění pozice) - stroj bude vždy čekat na nejpomalejší proces (lisování) a po jeho dokončení se stůl pootočí do další pozice.
12. Uzavření svařovacího prostoru - pomocí krytu ze tmavého skla pro svařování.
13. Zajištění sestavy přítlačnou hlavou - uvolní se upínky proti rozpadnutí a sestava se upne pomocí přítlačné hlavy. Upínky po aretaci se uvolní, aby nestínili laseru.
14. Proces svařování - k otočnému přípravku bude připojen servomotor pro jeho otáčení. Laser musí umožnit svařování svarů jednotlivě. Laser bude polohován v osách X a Y. Pracovní prostor musí být opatřen odsáváním, které zajistí odtažení částic během procesu svařování. Odtažení musí být dostatečně silný, aby nedocházelo ke kontaminaci a zanášení pracovního prostoru stroje nečistotami.
15. Otočení stolu - stroj zaaretuje otočný přípravek proti pootočení a dojde k odpojení servomotoru od přípravku. Poté bude stroj vyčkávat na pootočení do té doby, než skončí proces lisování.
16. Rozsvícení signalizačního světla - po správném provedení všech pracovních nebo zkušebních operací se světelná závora deaktivuje a rozsvítí se zelené světlo. Při NOK kusu se do pozice 4 přesune zamknutý kus.

3.1 Volba strojních a elektrických prvků

Volba strojních a elektrických prvků je u zákazníka BOSCH dána jeho standardy, kterými se jednotliví dodavatelé musí řídit. Dodržení standardů tak zaručuje úsporu skladového hospodářství a dále přináší výhodu pro případnou údržbu zařízení.

Výběr pneumatických prvků je přiložen v následujícím obrázku.

 BOSCH			
Pneumatika			
Ejektory			
Aventics	SMC (ZL)		
Jednotka úpravy vzduchu			
Aventics AS2 R412010449			
Pneumatické chapače			
AFAG-pro aplikace lisování hadic	Pro ostatní případy- Schunk, Afag, Festo, SMC		
Přípojky a rychlospojky měřicího okruhu			
Swagelok			
Regulační ventil			
Aventics	SMC (ARM10/11)	Festo (LRMA)	SMC (IRV) - vakuum
Tlakové snímače			
Aventics řada PE5			
Ventilové bloky			
Aventics AV05 (profibus DP) nebo D-SUB (konektor) s ručním ovládním bez možnosti aretace.			
Samostatné ventily			
Aventics řada TC08 s konektorem M8 bez možnosti aretace (použití např. padací kryt mimo bezp. okruh) nebo Aventics LS04			
Ventily pro měřicí okruhy			
Swagelok pneumaticky ovládané			
Pneumatické pohony			
Festo, SMC, Aventics Konstrukce tak aby bylo možno použít koncové snímače viz: „Koncové snímače poloh pneumatických válců“			

br. 37. Pneumatické prvky

Z pohonných válců jsme použili řešení od společnosti FESTO, protože nabízí různé řady válců o malých až středních velikostech. Na stroji je celkem použito 12 druhů pneumatických pohonů, které se liší použitím, tvarem či velikostí zdvihu. Jsou použity například pohony s označením DGSL, které slouží jako saně a je na nich instalována konzole s přípravky. Od společnosti FESTO máme zvolen také veškerý instalační materiál a to z důvodu již dlouhodobé spolupráce a lepších cen. Jako chapač využíváme řešení od společnosti SCHUNK, protože tato společnost vyrábí nejmenší chapače na trhu.

Mechanické prvky si firma TEAZ s.r.o. vyrábí samostatně či u externích dodavatelů dle technické dokumentace, kterou vytváří strojní konstruktéři. Tato dokumentace je zkontrolována technikem a jsou upraveny případné nedostatky (nejčastěji chybějící kóta, neúplná rozpiska v sestavě či chybějící technologická úprava). Díly, které přichází do styku s materiálem, musí odolávat otěru, a proto se u nich provádí chemicko-tepelné zpracování nitridováním.

Laserová linka, která je uvedena v této práci, má celkově 400 výkresů dílů, které byly vyráběny u externích výrobců. Na celkové konstrukci se podílel hlavní konstruktér stroje, který vytvořil celkovou sestavu a hlavní prvky ve spolupráci s technologem, jenž odpovídá

za správné vytipování součástí od externích dodavatelů (mechanické a elektrické prvky). A vedlejší konstruktér, který vytvářel pomocné prvky jako kryty, konzole pro kamery či konzole pro snímače.

Elektrické prvky, které jsou schváleny standardem BOSCH a s nimiž následně pracuje elektro konstruktér, se dělí do dvou hlavních skupin.

Prvky pro senzorku, které jsou hlavně umístěné na stroji a obstarávají informace a poloze stroje či dílu.



Elektrické komponenty - sensorika		
Bezpečnostní prvky		
Bezpečnostní spínač zamykací	Euchner řada STP	
Bezpečnostní spínač bez zámku	Telemechanique	XCS DMP 701L01 M12 , XCS DMP 791L01 M8
Bezpečnostní relé	SICK	UE43-2MF2D2 nebo UE43-2MF3D2 (odlišné svorkovnice) UE10-3OS2D0
Bezpečnostní relé	SICK	
Programovatelné bezpečnostní relé	SICK	
Základní modul CPU	1043783 FX3-CPU000000 základní modul CPU verze 3.x	
8I N 4 OUT	1044125 FX3-XTIO84002	
pam konektor	1043700 FX3-MPL000001	
Bezpečnostní optické mříže a závory		
Keyence řada SL-VF serie verze3 (programovatelné)	Rozteč 14mm PNP out.	
Indukční snímače		
Balluf - Provedení PNP s konektorem a indikací LED. Ø4: BES 516-3007-E4-C-S49-00,3; BES 516-3007-G-E4-C-S49-00,3 M5: BES-516-3005-G-E4-C-S49-00,3 M8x1: BES M08MI-PSC 20B-S49G; BES 516-324-G-E5-C-S49; BES M08MI-PSC40B-S49G		
Koncové snímače poloh pneumatikálních válců		
SICK - Provedení PNP s indikací LED. Provozní napětí 24v stejnosměrné. Snímač T-drážka-imbus MZT1-03VPS-KR0 Snímač T-drážka RZT1-03ZRS-KR0 Snímač C-drážka-imbus MZC1-2V2PS-KR0 Snímač do C-drážky RZC1-04ZRS-KR0 Snímač 2 polohy T drážka MZ2Q-FTZPS-KR0, Snímač 2 polohy C-drážka MZ2Q-CFSPS-KR0 Na válce s kulatým průřezem doporučení používat následující držáky a snímač MZT8 Festo: SMBR-8-10, SMBR-8-12, SMBR-8-16, SMBR-8-20, SMBR-8-25, T-drážka: SMT-8M-A-PS-24V-E-0,3-M8D SMC Snímač do C-drážky D-F8P pouze pro válce s zdvihem do 20mm, doplnit konektorem		
Optické snímače bez optického vlákna		
SICK - Přednostně používat optické senzory typu závory – Vysílač+Přijímač. Difuzní snímače volit omezeně s ohledem na možnost znečištění a povahu snímaného objektu. WT2S-P261, WL2S-P211, WS/WE2S-P213 Optické difuzní senzory SICK: řada W2: WTB2S-2P3151, WTB2S-2P3110, WTB2S-2P3130, WTB2S-2P3160; řada W4: WTB4S-3P3161, WTB4S-3P3131, WTB4-3P3171, WTB4-3P3161, WTB4SL-3P2261 (laser); řada W9: WTB9-3P2261, WTB9-3P2211, WTB9-3P2211S14, WTB9L-3P2261 (laser), WTB9L-3P2291 (laser). Optické reflexní závory SICK: řada W2: WL2S-2P3130, WL2S-2F3130; řada W4: WL4-3F3130, WL4-3P1330, WL4SL-3P2232 (laser); řada W9: WL9-3P2230, WL9L-3P2232 (laser). Jednocestné optické závory SICK: řada W2: WSE2S-2P3130, WSE2S-2F3130; řada W4: WSE4S-3F3130, WSE4-3P3131.		
Optické snímače s optickými vlákny		
Keyence FS-N11CP, LV-11SAP, FS-N13CP-2 kanály		

Obr. 38. Typy elektrických komponent - senzory

Z elektrických komponent volíme z bezpečnostních prvků programovací relé od společnosti SICK, jedná se pro nás o již dobře známý systém, kdy je programátor schopen nastavit vše na místě dle aktuálních potřeb stroje. Pokud by konstruktér elektrické dokumentace navrhl systém bezpečnosti z pomoci klasických bezpečnostních relé, ulehčilo by to práci pro programátora, ale v případě jakýkoliv změn narůstá úměrně složitost a rozměry takového řešení.

Ze snímačů koncových poloh volíme typy, které obsahují imbusový šroub, a to z důvodu lepší fixace snímače ve válci a s imbusovým klíčem se ve stísněném prostoru lépe manipuluje.

Indukční a optické snímače volíme hlavně dle snímací vzdálenosti, kdy například indukční snímače se závitem M5 mají snímací vzdálenost do 2 milimetrů a se závitem M8 narůstá snímací vzdálenost až do 6 milimetrů. Optické snímače se liší ve svém vybavení, kdy některé typy obsahují regulátor, kterým lze měnit zaostřovací vzdálenost. Koncová volba záleží na zkušenostech samotného elektro konstruktéra.

A na prvky, které vykonávají řízení a jsou umístěné uvnitř rozvaděče.

Nejčastěji na naše stroje volíme kamerové řešení od společnosti Cognex, protože kameramani mají s řešením od této společnosti nejvíce zkušeností a rozdíl v systémech snímání a nastavení je téměř nulový, ale rozdílnost je v samotném zpracování programu. Volba kamerového systému je pak na technologovi zákazníka a záleží, se kterým systémem se mu pracuje lépe.



Elektrické komponenty - ostatní		
Kamerové systémy		
Keyence	Cognex	
Čtečky čárových a 2D kódů		
Cognex Dataman řada 200	Ruční čtečka DM8100	Keyence SR-750, SR-1000
Inline profibusové moduly do rozvaděče		
Turck	DP modul Vstupy Výstupy 4x analog IN 2x analog OUT RS232	BL20-GW-DPV1, BL20-E-16DI-24VDC-P, XN-16DI-24VDC-P BL20-E-16DO-24VDC-0,5A-P XN-16DI-24VDC-0,5A-P BL20-4AI-U/I BL20-2AO-U XN2 AO-U BL20-1RS232
Servopohony		
Řízení osy IndraDrive Cs 1F 0.8kW		Řízení osy IndraDrive Cs 3F 2.6kW
HCS01.1E-W0013-A-02-B-ET-EC-PB-L4-NN-FW FWA-INDRV*-MPB-17VRS-D5-1-NNN-NN		HCS01.1EW0028-A-03-B-ET-EC-PB-L4-NN-FW FWA-INDRV*-MPB-17VRS-D5-1-NNN-NN
Motor 0,32Nm 5000 ot 38x38 MSM019B-0300-NN-M0-CHO R911 325 131		Motor 5Nm 4700 ot 98x98 MSK050C-0300-NN-M0-CHO
Motor 1,3Nm 5000 ot 60x60 MSM 031 C-0300-NN-M0-CHO R911 325 139		Motor 8Nm 4900 ot 112x112 MSK060C-0300-NN-M0-CHO
Motor 2,4Nm 4500 ot 80x80 MSM 041 B-0300-NN-M0-CHO R911 325 143		
Měření síly a el. lisovací osy		
Kistler, el. lisovací osy řady NCFH		
Ovládací tlačítka a kontrolky		
Telemecanique, TURCK_BANNER_K50_LGRYBWPQ8		
RFID čtečka		
IVAR_GP20-10_08110193257		

Obr. 39. Typy elektrických komponenty - ostatní

Další prvky si stanovuje zákazník během konstrukčních pohovorů, kdy je mu návrh stroje prezentován, anebo je zajišťuje u externích dodavatelů a výrobce je následně zakomponuje do výsledného stroje.

Přes externí dodavatele byl zajištěn nákup laserové svářečky firmy Trump společně s doporučeným příslušenstvím, jako je chladicí agregát, odsávací jednotka a spojovací materiál. Parametry jednotlivých zařízení jsou následující.

PARAMETRY LASERU

Typ	Diskový laser
Výkon laseru na obrobku	1000 W
Typ. výkonová stálost při jmenovitém výkonu	$\pm 1\%$ při aktivované regulaci výkonu
Nastavitelný rozsah výkonu	60 - 1000 W při použití regulace
Kvalita paprsku	2 mm \cdot mrad
Vlnová délka	1030 nm
Průměr optického kabelu	50 μ m
Počet optických kabelů	2
Příkon	6,5 kW
Napájení	3x 400 V / 50 Hz
Rozměry	V 1370 mm x Š 730 mm x H 1120mm
Váha	470 kg



Obr. 40. Laser TRUMPF

PARAMETRY CHLADÍČÍHO AGREGÁTU

Typ	L 06.HL24 50Hz
Chladicí výkon	6 kW
Teplota vody na výstupu	18 °C
Typ chladiva	R 134 a
Množství chladiva	2,1 kg
Příkon	4 kW
Napájení	3x 400 V / 50 Hz
Rozměry	V 1350 mm x Š 660 mm x H 720mm
Váha	250 kg



Obr. 41. Chladicí agregát firmy KLH Kältetechnik

PARAMETRY ODSÁVACÍ JEDNOTKY

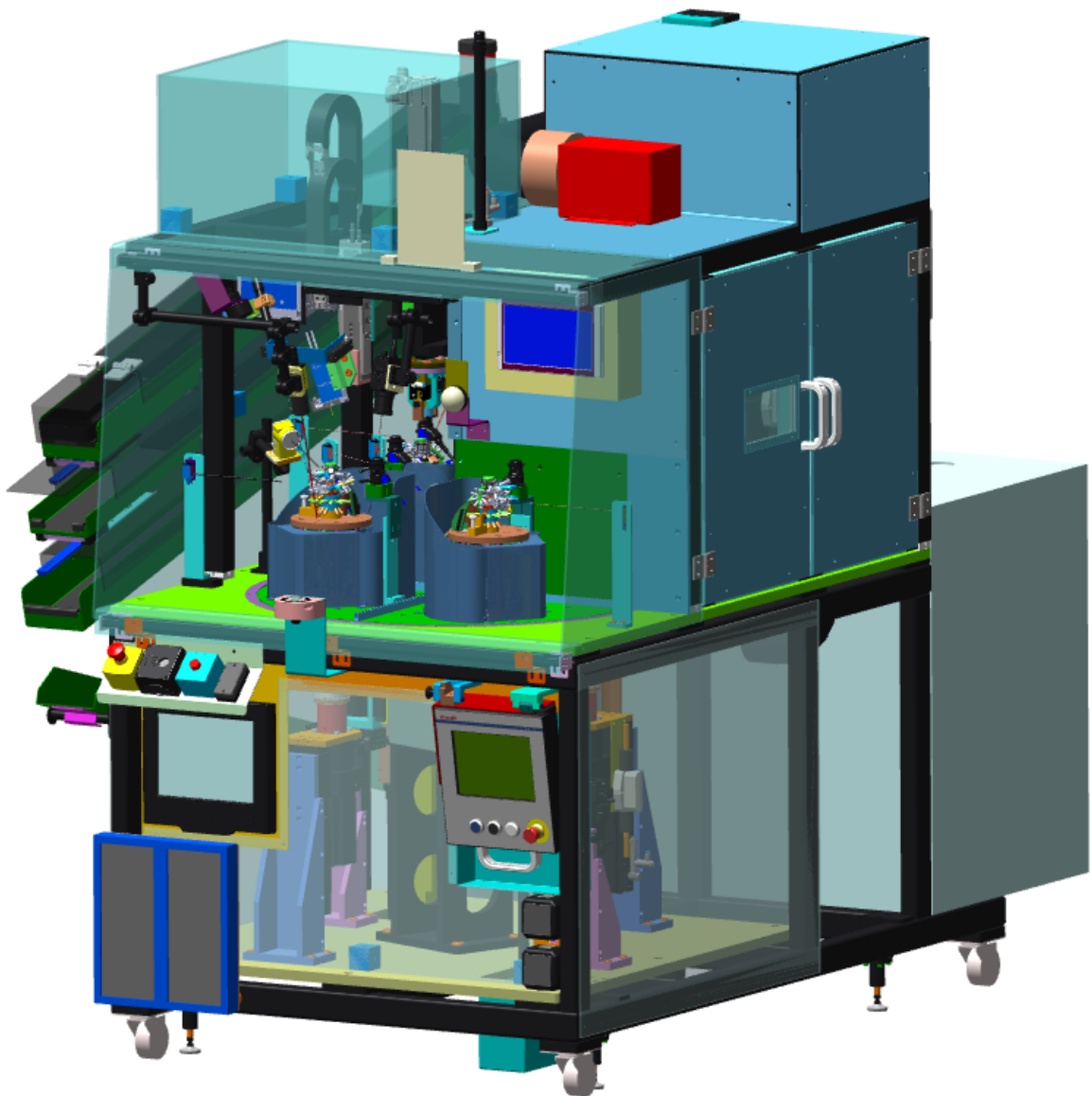
Typ	SRF MASTER XL
Provozní tlak	5-6 bar
Sací výkon	1200 m ³ /h
Typ filtru	čistitelný
Stupeň odlučitelnosti	> 99 %
Materiál filtru	PTFE membrána
Dodatečný filtr	Filtr s aktivním uhlím
Příkon	1,5 kW
Napájení	3x 400 V / 50 Hz
Rozměry	V 1460 mm x Š 655 mm x H 740mm
Váha	135 kg



Obr. 42. Odsávací jednotka Schweisskraft

3.1.1 Strojní a elektrická konstrukce

Schválení výroby linky předcházelo několik projektových pohovorů, při kterých jsme zákazníkovi prezentovali naše technické řešení. Koncept stroje můžete vidět na následujícím obrázku v podobě 3D modelu, který byl schválen pro výrobu. 3D model obsahuje veškeré strojní a elektrické prvky, jež budou na stroji použity.



Obr. 43. 3D model linky

Ergonomie pro pracující obsluhu je znázorněna pomocí layoutu, který lze nalézt v Příloze I. Layout linky. Ergonomie stroje je také určena vnitřní směrnicí zákazníka, jednotlivé hodnoty rozměrů čtenář nalezne v Příloze XII.

Svařovací linku jsme rozdělili na tři hlavní části, a to Horní rám, Kompletní přípravek a Dolní rám. Toto znázornění je vytvořeno v Příloze II: Sestava linky.

Rozdělení je na tři části, protože Horní rám je vyroben z profilů BOSCH a slouží k zakrytí pohyblivých částí stroje a pro instalaci elektrických prvků. Krytí je vyrobené z desek polykarbonátu s obchodním názvem Lexan. Polykarbonát je zvolen díky své větší mechanické odolnosti. Sestava Horního rámu je v Příloze III.

Kompletní přípravek zahrnuje všechny čtyři pozice na otočném stole s příslušenstvím a jsou na něm simulovány všechny typy vstřikovačů, které se na stroji budou vyrábět. Sestava přípravku je k nalezení v Příloze IV.

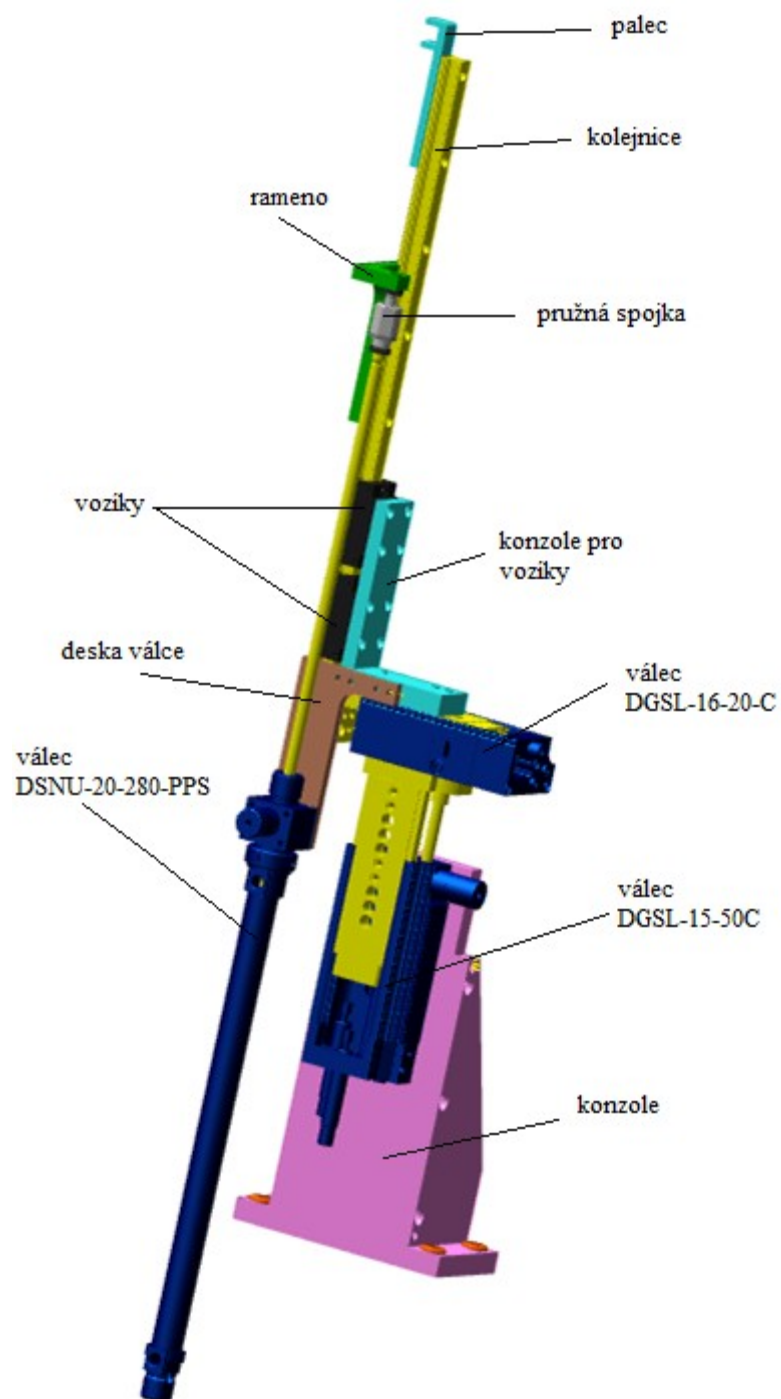
Dolní rám je svařenec, jsou v něm umístěny mechanické části stroje a slouží pro instalaci elektrického rozvaděče. Jeho náčrt je v Příloze V.

V Příloze VI a VII je znázorněna sestava zakládacího hnízda s opětovnou simulací všech typů vstřikovačů. Samotný upínač, který bude přidržovat složený vstřikovač proti rozpadnutí, je ještě znovu detailněji nakreslen v Příloze VII.

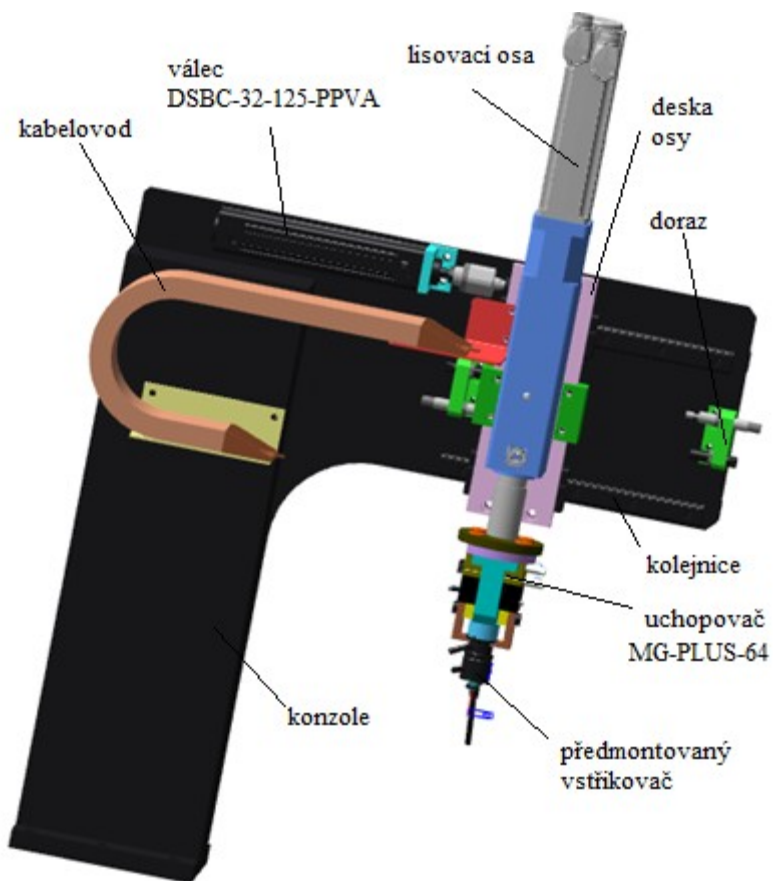
Funkce přípravku je následující. Po založení všech dílů se stůl otočí do druhé pracovní pozice a proběhne lisovací cyklus. Po lisování musí přípravek zajistit mechanické zajištění vstřikovače proti rozpadnutí. Zespodu stroje vyjede sestava válců, která ovládá trn (pozice 9 v sestavě). Při zatlačení trnu směrem nahoru dojde k jeho uvolnění a tlačné pružiny zajistí, aby packy a srpy (pozice 3-6) objaly vstřikovač. Přípravek se odemyká ve čtvrté poloze stolu, kdy opět vyjede sestava válců a zatlačí srp dolů, čímž dojde k roztahání pružin a uvolnění přípravku.

Sestava válců pro zamykání a odemykání přípravku je ukázána na Obrázku 44. Skládá se ze tří válců, z nichž nejdelší válec DSNU-20-280-PPS slouží k polohování, vyjíždí ze Spodního rámu stroje. Další válec DGSL-16-20-C, umístěný vodorovně vykonává funkci pojezdu, kdy se palec dotkne trnu přípravku. Poslední válec DGSL-16-50-C již pohybuje se sestavou válců a ovládá tak zamykání a odemykání přípravku.

Elektrická lisovací osa KISTLER a její uložení je zobrazeno na obrázku 45. Samotná osa je vybavena pojezdem a pohybuje s ní válec DSBC-32-125-PPVA, který zajišťuje přesun předmontovaného ventilu na místo lisování. Dále je na ose umístěn uchopovač MG-PLUS-64, který unáší díl z hnízda do lisovací pozice.



Obr. 44. Ovládání zamykání přípravku



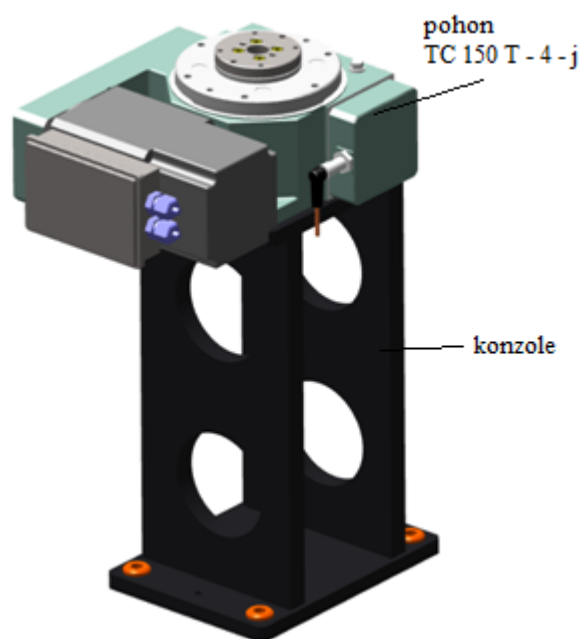
Obr. 45. Lisovací osa KISTLER

V Příloze VIII je k dispozici sestava s náhledem na laser uložený v osách X a Y. Oproti hrubému návrhu stroje zákazníkem jsme zvolili nakonec jen dvě osy. Nyní díky novějšímu typu laseru nepotřebujeme využívat osu Z, která dříve sloužila k fokusaci paprsku laseru. Nyní má laser zabudovanou fokusaci již v samotné hlavě a nastavuje se pomocí softwaru, který komunikuje s řízením.

Mazání je realizováno pomocí dávkovače PICO Pulse od společnosti NORDSON, které je schopno dávkovat mazání v přesných dávkách. Mazání se používá pro natření středící vložky, aby předmontovaný ventil lépe dosedl na pozici. Mazání je realizováno v první pozici stolu, kde je umístěno na jednom válci, který mazání spouští dolů do pracovní pozice.

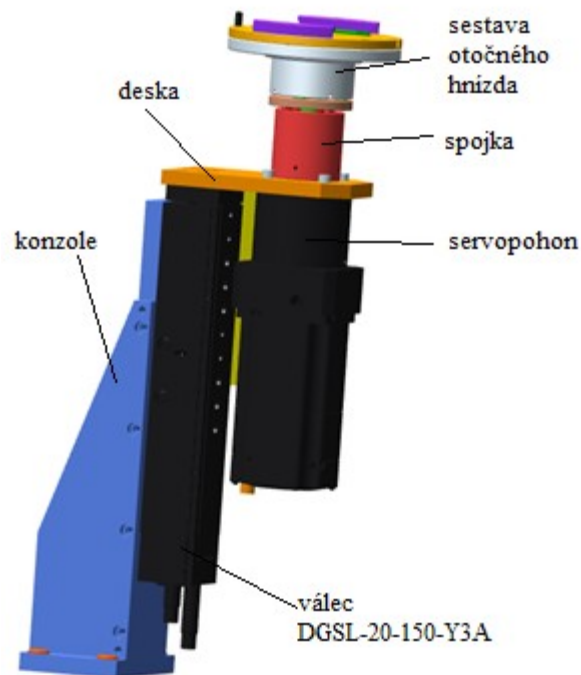
Pohony

Pro otáčení stolu do jednotlivých pozic bude sloužit pohon od firmy Stasto. Pro naši aplikaci nám společnost Stasto vytipovala dle zadaného průměru stolu a jeho hmotnosti typ pohonu TC 150 T - 4 - j. Typ TC 150 T je série vhodná pro průměry stolů do 800 mm (naš stůl má průměr 790 mm a jeho hmotnost určená pomocí programu Pro/ENGINEER je 18,6 kg). Číslo 4 znamená, že máme čtyři pevné polohy a písmeno j nám určuje maximální setrvačnou hmotnost při rychlosti cyklu. Maximální setrvačná hmotnost je 26,4 kgm² při rychlosti cyklu 2,64 sekundy. Kroučící moment motoru je 140 Nm.



Obr 46. Pohon otočného stolu

Jako další pohony budou sloužit čtyři servopohony, které se použijí ze standardů, viz obrázek 38. Dva servomotory typu MSM031C slouží pro pojezd laseru v ose X a Y. A dva servomotory typu MSM041B jsou určeny pro otáčení základacího hnízda v pozici 3 (svařování) a v pozici 1 (zakládání).



Obr. 47. Servopohon otáčení hnízda

Z pozice strojního konstruktéra zbývá určit veškeré pneumatické pohyby a vytvořit pneumatické schéma. Řešení všech pohybů je řešeno pomocí prvků firmy AVENTICS. Kompletní schéma s rozpisem jednotlivých prvků jako jsou brzdy, redukční ventily, typy válců a typy ventilů, jsou popsány přímo v pneuschématu, které je pro lepší názornost zobrazeno v Příloze IX. Ventilový terminál je ještě zobrazen podruhé v elektroschématech, kde jsou zakresleny jednotlivé typy ventilů a popsány základní a pracovní polohy válců s příslušnými adresami, pomocí kterých se následně řídí programátor při ožívání stroje.

Lisovací osa se dodává jako kompletní balení s veškerým příslušenstvím a stačí ji tak pouze propojit s řídicími jednotkami a po zapnutí vlastní software jednotky provede inicializaci a základní nastavení. Zjednodušeně se jedná o servomotor, který obsahuje snímač dráhy a snímač síly, kdy se veškerá data z průběhu lisování zobrazují na monitoru.

Elektrická dokumentace

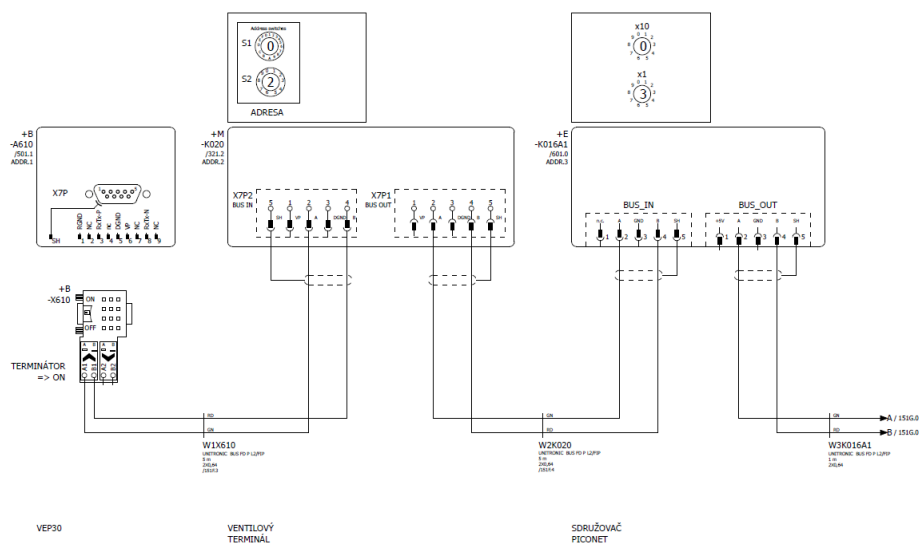
Práce konstruktéra elektrické dokumentace je z části usnadněna tím, že jednotlivé elektrické součásti jsou již vtipovány a osazeny v modelu. Na druhou stranu je ovšem

nutné si k mnoha věcem vyhledávat příslušnou technickou dokumentaci, podle které je nutno připravit plány pro následnou montáž a programátora.

Konstruktér navrhuje nejprve propojení sítě Profibus, která slouží pro komunikaci mezi perifériemi stroje a sítí Ethernet, pomocí které jsou odesílána data na hlavní server.

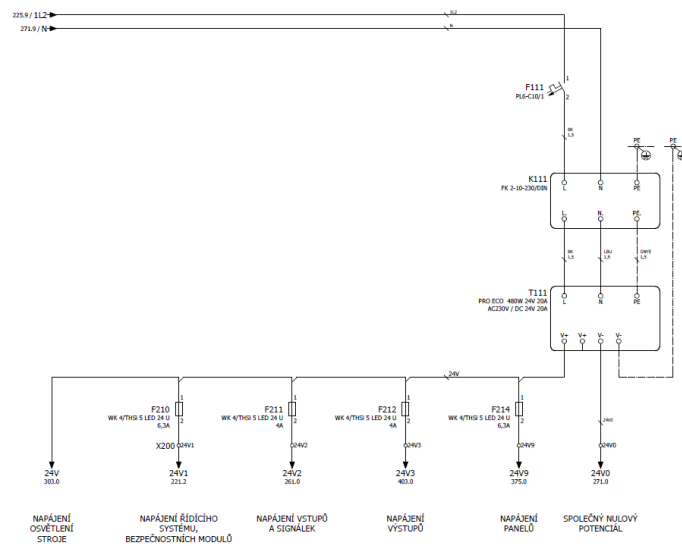
Svou prací konstruktér ovlivňuje přímo spotřebu materiálu, zejména kabelů, které se táhnou po jednotlivých částech stroje. Na následujícím obrázku může čtenář vidět zapojení Profibusové sítě, kdy první adresa začíná u řídicího systému a postupně se propojují jednotlivé jednotky mezi sebou.

TOPOLOGIE SÍTĚ PROFIBUS



Obr. 48. Topologie Profibus

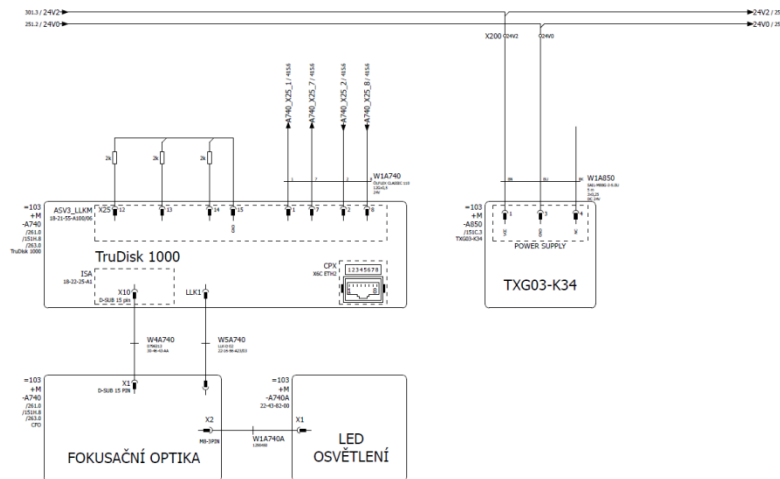
Nejdůležitějšími rozvody uvnitř rozvaděče jsou rozvody ovládacího napětí 24 VDC, které napájí všechna zařízení a periferie po stroji. Na následujícím obrázku je zobrazeno zapojení zdroje stejnosměrného napětí, ze kterého jsou rozvedeny jednotlivé větve pro napájení určitých periférií.



Obr. 49. Zapojení zdroje 24 VDC a jeho větvení

U tohoto stroje díky vyšším nárokům na energii laserové jednotky a jejich doplňků nenapájíme tyto zařízení přímo z našeho rozvaděče, protože by to mělo za důsledek nutné zvětšení samotného rozvaděče, a tedy i stroje.

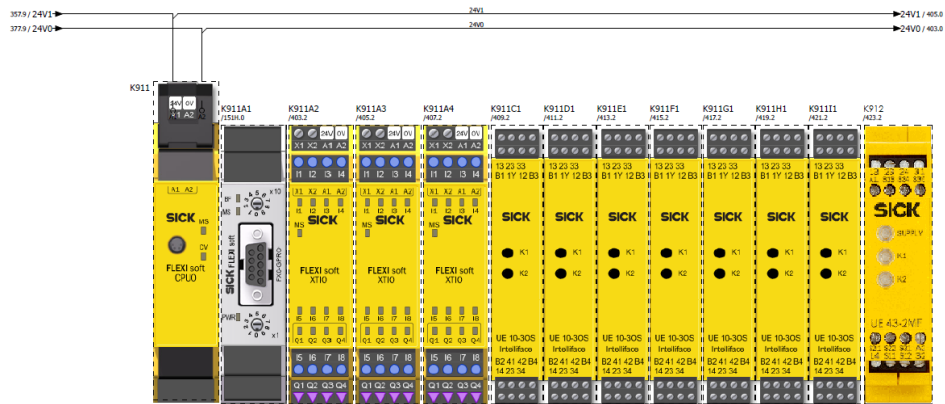
Laserovou jednotku ovládáme pomocí komunikace Profibus a Ethernet. Pracovní stav laserové jednotky ovládáme pomocí obvodů v bezpečnostním relé.



Obr. 50. Zapojení komunikace a řízení laserové jednotky

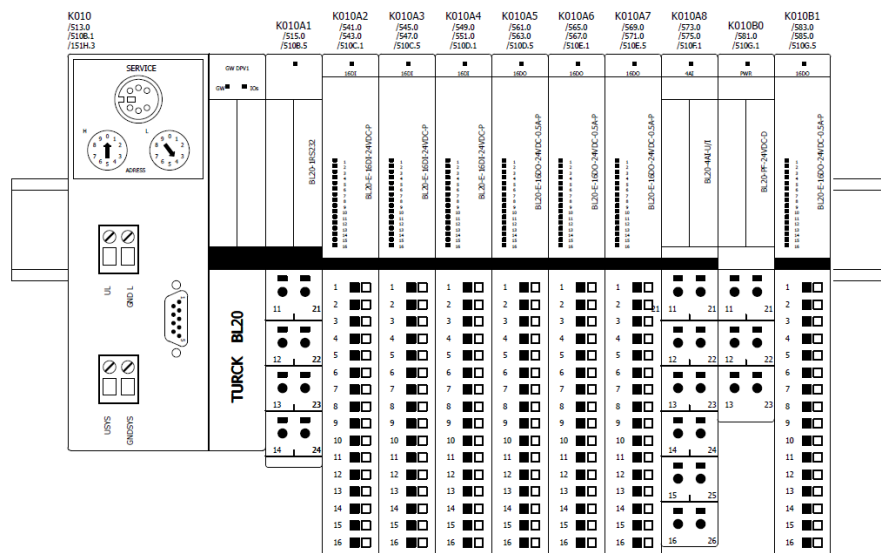
Sestava bezpečnostních relé od společnosti SICK se skládá z řídicí jednotky CPU, z komunikační jednotky Profibus, dále máme instalovány tři rozšiřující relé XTIO s osmi vstupy, čtyřmi výstupy a dvěma testovacími vstupy pro obvod nouzového zastavení a servisního režimu. Dále máme instalováno sedm bezpečnostních relé UE10, které nám vytváří oddělené napětí za nouzovým zastavením a oddělené napětí za bezpečnostními

závorami. Na konci sestavy je umístěno vyhodnocovací relé UE43, které nám propojuje bezpečnostní obvody laserové jednotky s naším strojem.



Obr. 51. Sestava bezpečnostních modulů

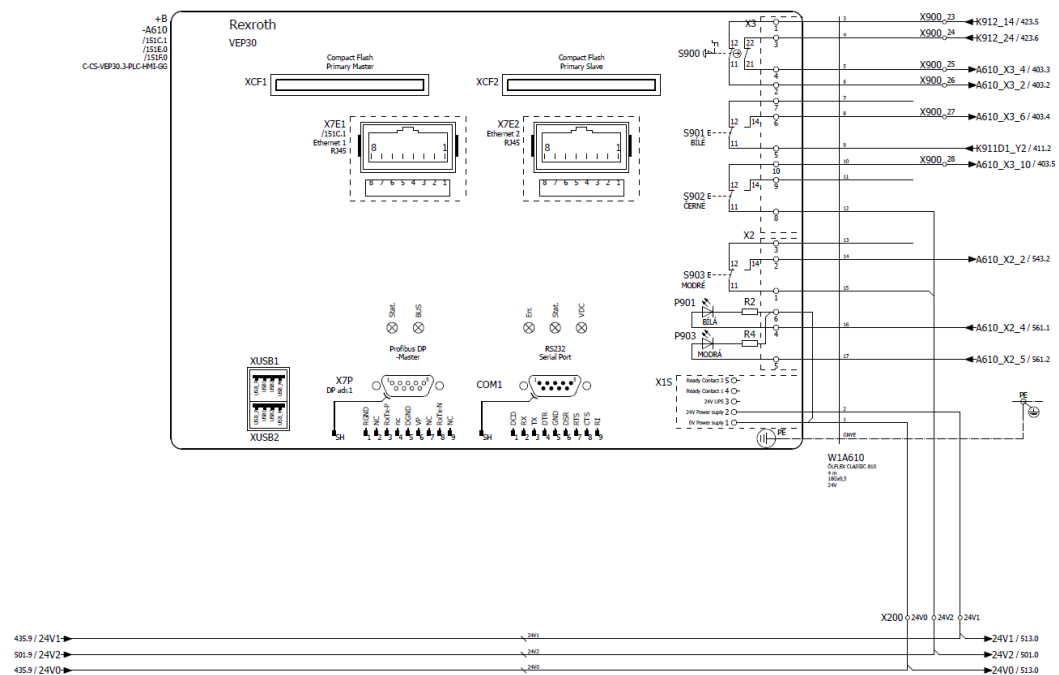
Pro ovládání jednotlivých komponent, jako je osvětlení stanice, osvětlení kamer, spínání cívek a relé či signalizace stavů na stroji, je nutné vyřešení sestavy vstupů a výstupů. Ve standardech nám zákazník nabízí volbu I/O Profibusových modulů od společnosti TURCK a nebo od firmy Bosch Rexroth. Jelikož jsme omezeni velikostí rozvaděče, zvolili jsme řešení od společnosti TURCK, protože při stejných parametrech je rozměrově o polovinu menší.



Obr. 52. Sestava vstupů a výstupů PLC

Pro řízení celého stroje se využívá PC dotykového panelu, který je propojen oběma sítěmi a ještě je navíc propojen s bezpečnostním okruhem a se sestavou vstupů a výstupů. Jedná se o dotykový panel o úhlopříčce 21,3 centimetru s 256 000 barvami. Řízení je pomocí

procesoru Intel Celeron o frekvenci 600 MHz, s pamětí 512 MB a s diskem 1 GB. Systém běží pod Windows CE 4.2.



Obr. 53. Zapojení dotykového panelu VEP 30

Elektrický rozvaděč jsme nechali vyrobit na míru u společnosti Spálovský a.s., a to o velikosti 1045x800x600 milimetrů. Koncepce rozvaděče je provedena jako dvojitý rozvaděč, kdy přední plocha je dvoudílná ve formě dveří a zadní plocha už je vcelku. Rozmístění prvků proběhlo tak, že na přední dvoudílné pole byly instalovány prvky, u kterých je možnost jejich ovládání, hlavní silové jističe a síťové prvky.

Stroj by měl dle parametrů výrobce pracovat v teplotním rozmezí 22 ± 10 °C, kdy maximální teplota okolí může být tedy 32 °C. Pro rozvaděče se doporučuje pracovní teplota maximálně 35 °C. Tepelné ztráty všech prvků v rozvaděči se určují jako součet všech tepelných ztrát jednotlivých prvků a ty byly vyčísleny na 260 W.

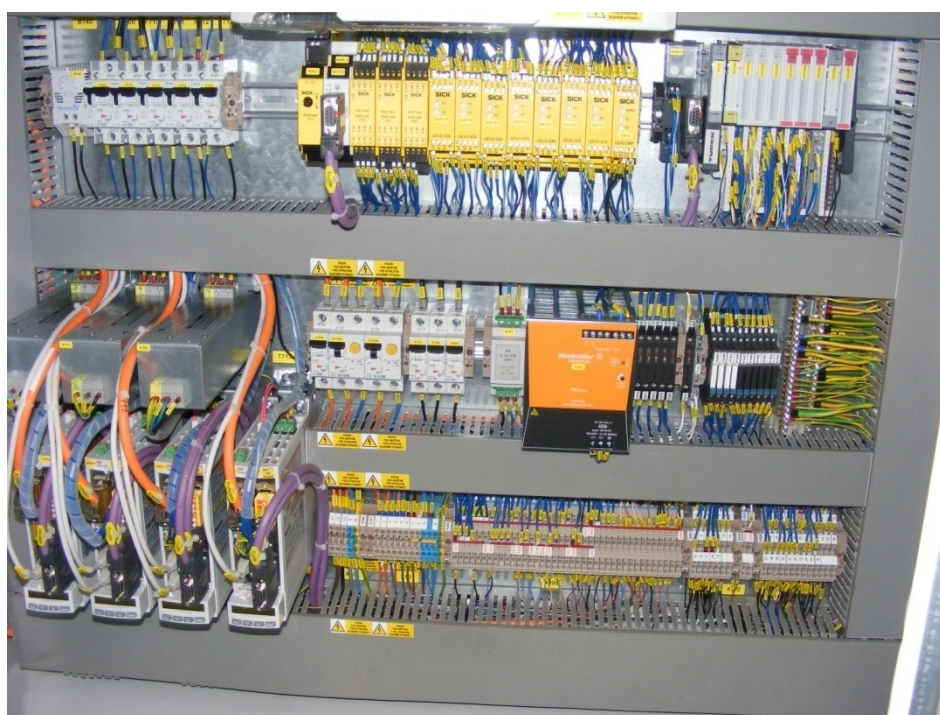
Pro výpočet chlazení rozvaděče jsem použil program Therm 6.4 od společnosti Rittal a po zadání rozměrů rozvaděče, maximální teploty okolí, teploty rozvaděče a jeho tepelných ztrát program určil potřebný průtok vzduchu v rozvaděči, který je nutný pro chlazení, aby teplota rozvaděče nepřesáhla 35 °C. Výsledek byl, že potřebujeme minimální průtok vzduchu rozvaděčem o hodnotě 154 m³/h.

Z praxe víme, že při dvojitém rozvaděči se musí přidat přibližně 25 % výkonu průtoku vzduchu, což následně činí 190 m³/h. Nejbližší vyšší ventilátor od společnosti Rittal je pak typ 3241.100 s průtokem 205 m³/h.

Vnitřní pole rozvaděče pak vypadají následovně.



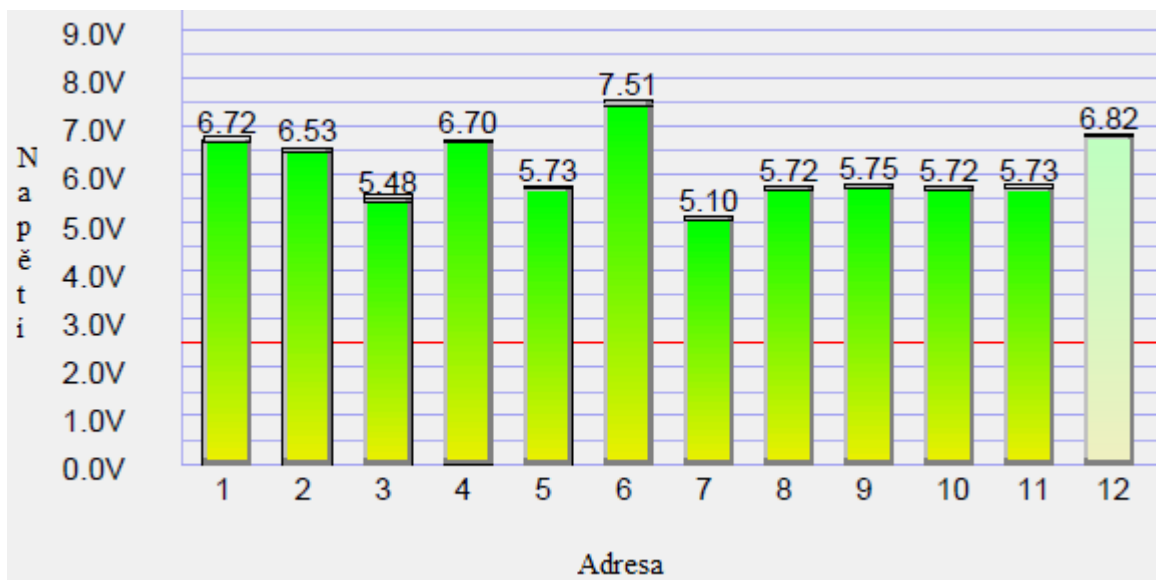
Obr. 54. Rozmístění ovládacích prvků v přední části rozvaděče



Obr. 55. Rozmístění ovládacích prvků v zadní části rozvaděče

4.1 Programování svařovací linky

Při prvotním spuštění stroje se postupně zapínají jednotlivé jističe a kontroluje se, zda jsou všechny přístroje pod napětím, a tedy provozuschopné. Jakmile jsou všechny přístroje pod napětím, proběhne konfigurace sítí Ethernet a Profibus. U ethernetových přístrojů se nastaví pouze symbolické adresy, protože finální konfigurace se nastavuje až u zákazníka na místě při předání stroje. Při konfiguraci sítě Profibus je už nastavení sítě finální, protože se jedná o vnitřní komunikaci stroje. Pro síť Profibus se provádí měření a vyhodnocení sítě, které je zavedeno do protokolu. Protokol slouží jako informační charakter sítě o její stabilitě.



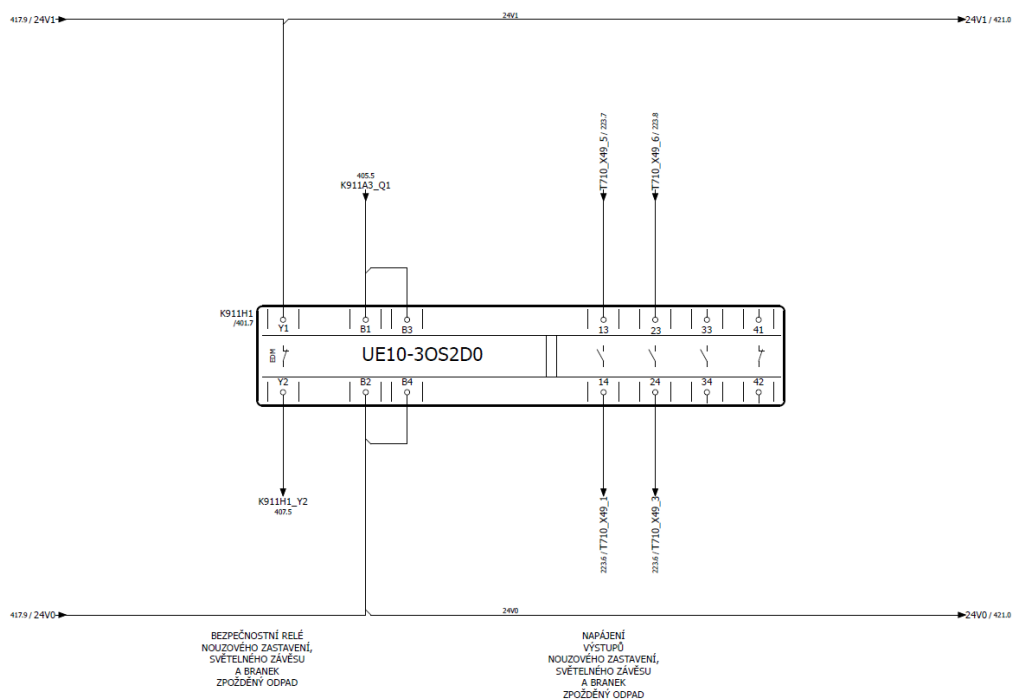
Obr. 56. Sloupcový graf spolehlivosti sítě Profibus

Na obrázku může čtenář vidět výsledek měření spolehlivosti sítě přenesené do grafu. Naše linka má celkově jedenáct připojených zařízení do sítě. Dvanáctou adresu tvoří měřicí přístroj. Jednotlivé rozdíly ve výšce napětí jsou způsobeny elektronickým rušením. Rušení způsobuje typ zapojení kabelu a jeho délka. Jelikož jsme na všech pozicích v zelených číslech, není potřeba dalších úprav sítě a síť lze považovat za stabilní.

Schéma zapojení sítě Profibus je dostupná v Příloze X: Topologie sítí.

Programování linky lze rozdělit na tři části, protože se programují celkově tři typy zařízení, které jsou na stroji instalovány.

Nejprve se jedná o naprogramování bezpečnostního obvodu Flexi Soft, jenž je nutné naprogramovat jako první, aby zbytek stroje mohl být uveden do provozu. Pomocí relé spínáme totiž pomocné napětí, nutná pro splnění bezpečnostních norem. Tato napětí slouží pro zastavení určitých pohybů, během kterých je aktivován některý z bezpečnostních prvků. Jedná se tedy o napětí za nouzovým zastavením a zpožděný odpad za nouzovým zastavením. O napětí za světelným závěsem či servisním režimem a také jeho zpožděným odpadem a jako třetí napětí používáme napětí pouze za světelným závěsem a také jeho zpožděný odpad.



Obr. 57. Zapojení zpožděného odpadu napětí

Zpožděný odpad se používá v našem případě pro ovládání měničů servopohonů, kdy každý měnič servopohonu má svůj vlastní bezpečnostní signál, který spínáme tímto bezpečnostním relé. Po aktivování některého z bezpečnostních prvků se zastaví pohyby vázané na tento bezpečnostní prvek. Avšak díky setrvačnosti by se servopohon mohl ještě několik vteřin pohybovat, což by mohlo vést ke kolizi stroje či poranění personálu. Zpožděný odpad tedy způsobí to, že definovaný čas (v řádu jednotek sekund) ponechá stále aktivní bezpečnostní signál, řízení servopohonu je přes komunikaci Profibus poslán signál, že má ukončit pohyb, měnič spustí reverzační chod a pohyb pohonu je tak zastaven. Následně se rozepne bezpečnostní signál měniče a stroj se nedá spustit, dokud nebude znovu nastartován bezpečnostní obvod. To znamená odstranění předmětu ze závory, odaretování stop tlačítka či vypnutí servisního režimu.

Druhým krokem je vytvoření programu pro celkově dvě kamery, jednu čtečku kódu DMC a jeden Checker. Kamery jsou typ ISM 1100-11 s rozlišením 640 x 480 bodů, čtečka DMC kódu je typ DataMan DMR-302X-00 a jako Checker je použit typ C4G7.

První kamera má za úkol kontrolovat založení kabelu vstříkovače, druhá kamera kontroluje typ přípravku. Typ přípravku nám určuje pozici v zakládacím hníždě. Celkově máme 12 pozic pro jednotlivé typy vstříkovačů a každý vstříkovač má tři typy délek kabelů. Pro první kameru musíme tedy připravit celkově 36 úkolů.

Čtečka DMC kódu už následně čte obrázkový kód na krytu vstříkovače a provede se porovnání shody tohoto kódu s uloženou databází. Samotná čtečka je už naprogramována z výroby a technolog provede pouze přes vnitřní software její dodatečné nastavení, které spočívá v nastavení ostroty zaměření kódu.



Obr. 58. DMC kód vstříkovače

Checker neboli kamerový senzor plní téměř stejnou funkci jako čtečka DMC kódu. Jedná se o senzor, který pouze porovnává obraz. Obecně se dá říci, že Checker je kamera s minimem funkcí, která funguje na principu čtečky DMC kódu. Používá se tedy tam, kde by kamera neměla využití a byla tak zbytečně nákladná. Checker je oproti kameře až o dvě třetiny levnější.

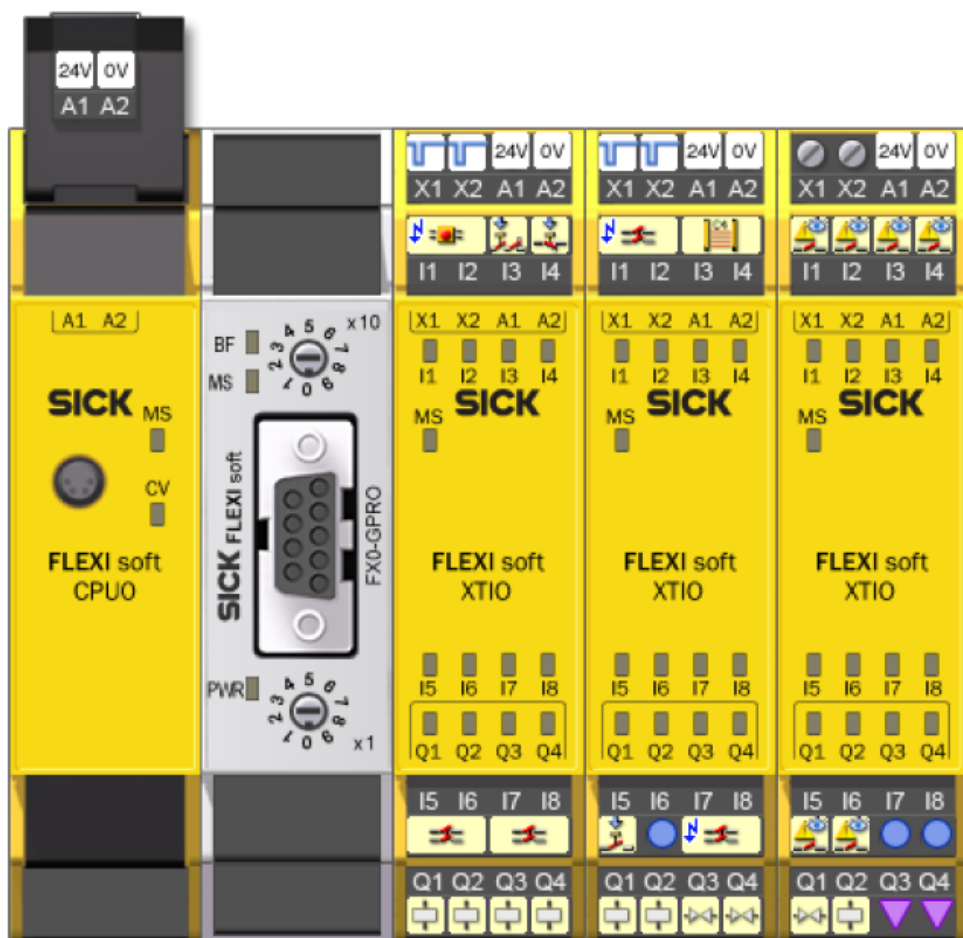
V našem případě Checker hlídá, zdali je na dílci přítomna ucpávka na výstupu vstříkovače.

Finální programování spočívá v nastavení adres modulu vstupů a výstupů a konfigurace adres u ventilového terminálu.

V řídicím počítači je nahrán zákazníkuv software, kdy má programátor přístup jen do částí programu, které bude potřebovat pro vlastní tvorbu programu stroje.

4.1.1 Programování bezpečnostních relé SICK

Tvorba programu bezpečnostních relé začíná tím, že si do grafického editoru vložíme typy bezpečnostních relé, které budeme v programu využívat.



Obr. 59. Sestava programovatelných relé

Na jednotlivých programovatelných relé FLEXI soft XTIO si čtenář může všimnout jednotlivých symbolů. Pomocí těchto symbolů se již vytváří program. Jednotlivým relé tak říkáme, jaká hodnota bude do nich vstupovat a jaká hodnota vystupovat.

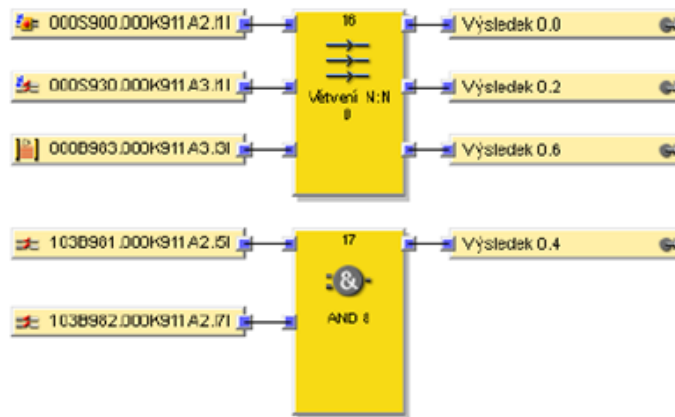
Označení X1 a X2 u relé jsou testovací výstupy a je k nim přiřazen pulzující signál. Testovací výstup používáme pro obvod nouzového zastavení (levé relé) a signál pro servisní režim a zámek (prostřední relé). Testovací signál, který z daného relé vysíláme, se nám musí také do daného relé vrátit. Signál, který vedeme z levého relé, se nám pak vrací na vstupy I1 a I2. U druhého relé se nám signál vrací na vstupy I1 a I2 (servisní režim) a na vstupy I7 a I8 (zámek).

Na levém relé dále najdeme připojený Start a Stop stroje, které obsazují vstupy I3 a I4. Na vstupech I5, I6 a I7, I8 jsou připojeny dvoukanálové signály z krytů na levé a pravé straně stroje. Nakonec na výstupech Q1 až Q4 jsou zapojeny rozšiřující bezpečnostní relé UE10.

Na druhém relé XTIO máme dále připojen na vstupech I3 a I4 světelný závěs, na I5 je přiveden signál z kapacitního tlačítka, kterým spouštíme proces výroby. Vstup I6 zůstává volný. Dále na výstupech Q1 a Q2 jsou opět přivedeny rozšiřující relé UE10. Nakonec na výstupech Q3 a Q4 máme zavedeny dvě cívky od brzd pohybů, a to zamykání v pozici 2 otočného stolu a brzda pohybu mazání.

Na posledním třetím relé XTIO máme vstupy I1 až I6 obsazeny signály EDM, které nám kontrolují, zda jsou dané cívky jednotlivých relé sepnuty či rozepnuty. Vstupy I7 a I8 jsou ponechány volné jako rezerva. Z výstupů máme obsazen Q1 pro brzdu pozice 4 a výstup Q2 pro stykač stolu. Poslední dva výstupy Q3 a Q4 máme jako rezervu.

Tímto máme nadefinovány veškeré vstupy a výstupy bezpečnostních relé, které jsou pojmenovány v programu kombinací čísel a písmen. Tato kombinace má v sobě informaci o označení prvku, který je na vstupu či výstupu, označení relé a číslo vstupu nebo výstupu daného relé. Například STOP tlačítko má v elektro schématech označení S900A, máme dva kanály, které jsou připojeny na vstup I1 a I2 relé K911A2 a v programu bude kód s názvem 000S900.000K911A2.I1I2.



Obr. 60. Část programu Flexi soft

Vnitřní struktura programu má podobu logických schémat, jimiž určíme podmínky, za kterých se budou jednotlivé výstupy aktivovat a spínat tak cívky relé či ventily brzd. Dále pomocí logických prvků vyjadřujeme výsledky, například u bloku 17, který tvoří logický AND nám vstupují signály ze zámků branek. Pokud jsou signály z branek v pořádku, dostaneme na výstupu Výsledek 0,4, pomocí něhož říkáme, že bezpečnostní obvod zámků je v pořádku a tento signál putuje do PLC.

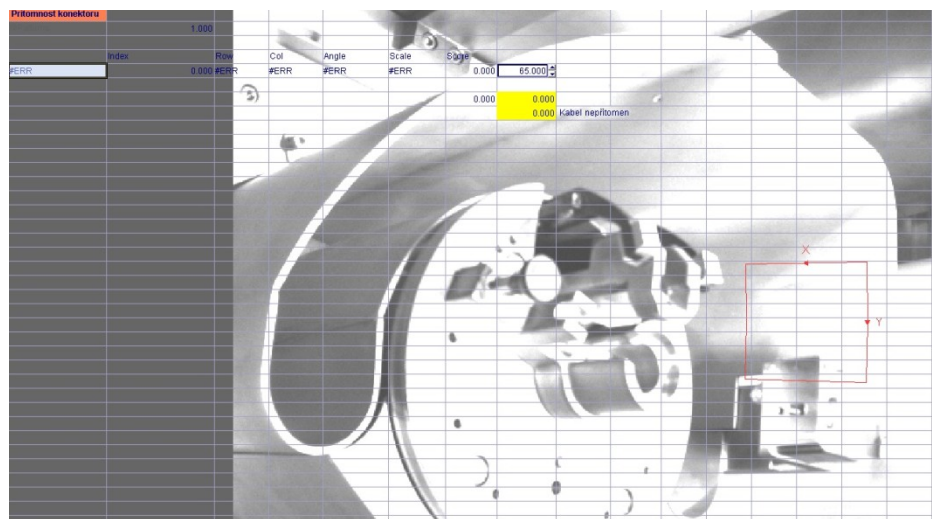
Kompletní schéma programu je uvedeno v Příloze XI: Program bezpečnostních relé SICK.

4.1.2 Programování kamerového systému

Softwarové řešení pro kamery od společnosti Cognex se vytváří pomocí softwaru In-Sight Explorer, kdy pomocí kamery vytvoříme sérii obrázků uložení dílů. Díly pokládáme tak, aby bylo nejprve patrné správné uložení, které kamera vyhodnotí jako správný kus. Následně uděláme sérii snímků, kdy jsou jednotlivé díly orientované špatným směrem a vytvoříme tak NOK kusy.

Na naší lince máme nainstalovány pouze černobílé kamery, protože na stroji kontrolujeme, hledáme a porovnáváme tvar a přítomnost kabelů či způsob uložení dílů, na což je černobílá kamera plně vyhovující a pro lepší zobrazení si pomáháme pomocí nasvícení led panely.

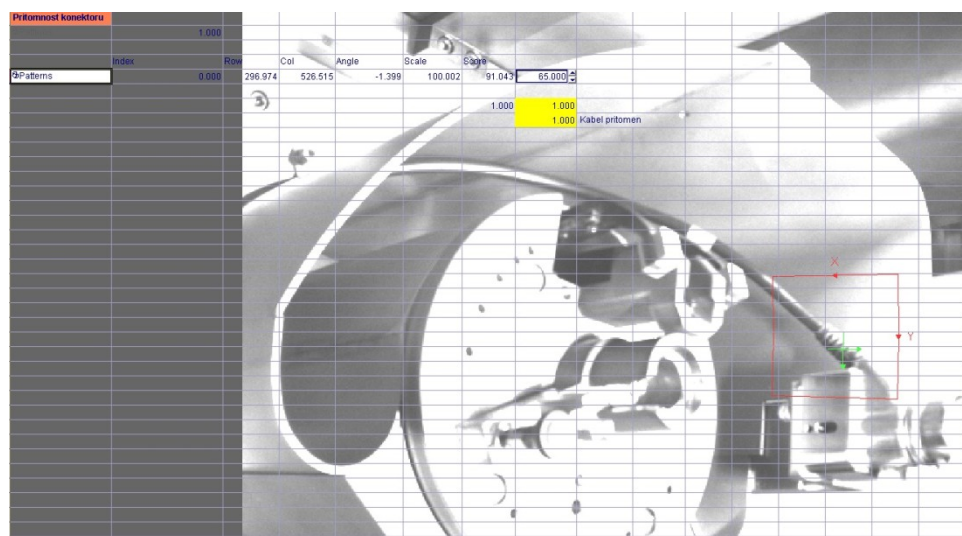
Nejprve se vytvořil program pro kameru, která kontroluje založení dílu a kontrolu uložení kabelu vstřikovače, kdy kabel nesmí být přes hranu hnízda.



Obr. 61. Prázdné zakládací hnízdo

V programu tedy první definujeme, v jakém místě budeme založený díl hledat. Tato plocha je označena červeným rámečkem. Programovací software má stejné prostředí jako tabulkový editor Excel a využívá také podobné vzorce pro programování.

Okolí plochy jsme přiřadili bílý odstín a v rámečku budeme hledat tmavý obraz, který by měl být konektorem vstřikovače. V programu pak nastavíme stupeň vyhodnocení, kdy volíme hodnotu od 0 do 100, která vyjadřuje procentuální úroveň, že v rámečku je přítomen objekt. Toto nastavení hodnoty záleží na zkušenostech technologa, který kamery programuje, a je u každé kamery individuální. V tomto případě je nastavení na 65 %, kdy nad tuto hodnotu si uložíme do buňky informaci o hodnotě 1 a to znamená, že konektor je přítomen. Tuto hodnotu si pak zvýrazníme žlutou barvou, aby byla lépe znázorněna.



Obr. 62. Vložený konektor vstřikovače v hnízdě

V druhé části programu hledáme, zdali kabel není mimo vnější obvod hnízda. Kabel se při výrobním procesu nesmí poškodit, a proto je jeho poloha chráněna polohou v hnízdě.

Samotné hnízdo má velký obvod stěny a nejsme ho schopni v jednom kroku pokrýt. Z tohoto důvodu jsme vytvořili osm různých rámečků, které jsme stejně jako v prvním úkolu nastavili na měření tmavého předmětu na bílém pozadí.

Opět pro každý rámeček vyhodnocujeme přítomnost kabelu, zvolená hodnota pro všechny rámečky je nastavena na 60 %. A používáme také pro každý rámeček uložení výsledku do buňky, kdy hodnota 1 znamená, že sledovaný úsek je v pořádku a tato hodnota je zapsána opět do barevné buňky.

Radius dlouhy stredni cast										
Index	Row	Col	Angle	Color	Score	Area	Elongation	Holes	Perimeter	Spread
0.000	53.249	198.205	324.300	0.000	100.000	803.000	0.000	0.000	166.000	0.167
					0.000					
Radius dlouhy druhe cast										
Index	Row	Col	Angle	Color	Score	Area	Elongation	Holes	Perimeter	Spread
0.000	110.979	242.025	98.576	0.000	100.000	237.000	0.007	0.000	94.000	0.190
					0.000					
Sikmo dolu										
Index	Row	Col	Angle	Color	Score	Area	Elongation	Holes	Perimeter	Spread
0.000	#ERR	#ERR	#ERR	#ERR	1.000	#ERR	#ERR	#ERR	#ERR	#ERR
					0.000					
Primitka vpravo dolu										
Index	Row	Col	Angle	Color	Score	Area	Elongation	Holes	Perimeter	Spread
0.000	#ERR	#ERR	#ERR	#ERR	0.000	#ERR	#ERR	#ERR	#ERR	#ERR
					0.000					
					0.000					
					0.000					

Obr. 63. Kontrola uložení kabelu v hnízdě

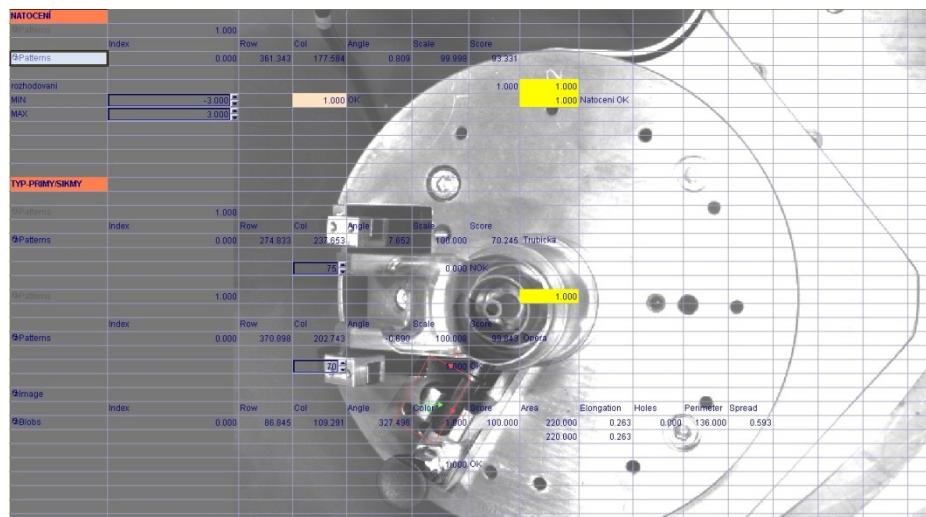
Proto, abychom zjistili, zda je konektor správně uložen a zdali kabel nepřesahuje přes okraj, provedeme vynásobení všech mezivýsledků. Takto jednoduchým způsobem provedeme logický AND a pokud jsou všechny podmínky splněny (mezivýsledky mají hodnotu 1), tak se nám jako hlavní výsledek zobrazí hodnota 1. Tuto jedničku pak posíláme do nadřazeného systému jako informaci, že uložení je v pořádku.

Na obrázku výše čtenář může vidět kus konektoru přesahující okraj hnízda a dvě hodnoty rámečků mají hodnotu nula, což má za následek výsledek roven nule a systém je tak informován, že založení dílu není v pořádku a uvědomí o této chybě obsluhu prostřednictvím signálky.

Druhá kamera slouží pro kontrolu typu a správného založení všech dílů sestavy vstřikovače v druhém hnízdě. Program pro tuto kameru se skládá ze čtyř podprogramů, kterými kontrolujeme natočení hnízda a toto natočení pak porovnáme se čtečkou DMC kódu. V druhé části kontrolujeme, zdali je náustek ventilu vložen do hnízda. Náustek může být přímý nebo šikmý. Rozlišení typu se provádí pomocí bílé značky. Typ náustku je porovnáván také s typem DMC kódu a v případě nesprávně vloženého náustku bude mezivýsledek typu roven nule. Ve třetím podprogramu kontrolujeme přítomnost horního krytu. Nakonec poslední část podprogramu vykonává kontrolu středící vložky.

Výsledkem této kontroly je součet všech výsledků, protože nyní kontrolujeme, zdali jsou v hnízdě založeny všechny díly, a program nám v případě nezaložení nějakého dílu provede výpis hlášení, který díl chybí a nedovolí obsluze spustit proces výroby, dokud nebude nesoulad opraven. V případě neshody dílů se pro obsluhu rozsvítí signálka chybně založeného kusu a na operačním panelu se objeví hláška o neúplné sestavě a s informací, který díl není přítomen nebo hlášení o špatně zvoleném typu vstřikovače.

Obsluha do hnízda vloží nejprve náustek, na něj se nasadí horní kryt a na náustek se nasadí těsnící kroužek.



Obr. 64. Kontrola založení dílů

Na obrázku jsou zobrazeny první dva podprogramy, kde první podprogram kontroluje natočení přípravku v hnízdě. Pro určení natočení si také vytvoříme oblast hledání, která je znázorněna červeným ohraničením. V případě tohoto úkolu hledáme hranu na přípravku. Tuto hranu hledáme v řádku s názvem rozhodování, kdy hrana musí být správně nasvícená a my pomocí nasvícení hledáme přechod mezi světlým a tmavým pozadím, jenž

symbolizuje hranu. Díky odleskům od osvětlení zářivek, slunce či jiných zdrojů světla se výsledky shody mírně mění a při nastavení pouze jedné hodnoty bychom nedostávali adekvátní výsledky. Program by nám hlásil, že nejsme ve správné pozici i přesto, že bychom jsme měli správné natočení. Proto se do tohoto podprogramu přidala možnost rozhodování. Pro rozhodování programu řekneme, že výsledek rozpoznání hrany musí být v určitém číselném rozmezí a toto rozmezí nastavujeme v buňkách MIN a MAX. Kdy minimum je nastaveno na hodnotu -3 a maximum na 3 pro desátou pozici. Hodnota ve sloupci Angle musí být v tomto rozmezí. Pokud je podmínka splněna, tak dostaneme výsledek, že je natočení v pořádku a přejde se na druhý podprogram, kde se kontroluje typ náustku.

Index	Row	Col	Angle	Scale	Score	Area	Elongation	Holes	Perimeter	Spread
Patterns	0.000	273.208	238.925	-4.396	99.764	86.443				
Patterns	0.000	370.496	202.053	0.867	100.000	80.457				
Blobs	0.000	77.570	110.506	249.472	1.000	100.000	237.000	0.013	0.000	80.000
							237.000	0.013		0.207

Obr. 65. Kontrola trubičky náustku

Druhá část podprogramu pro určení založení a typu náustku provádí vyhodnocení náustku ve třech krocích. První krok je kontrola přítomnosti středu náustku, kterou tvoří trubička. Pokud je trubička přítomna, zobrazí se nám vedle buňky OK hodnota 1.

Index	Row	Col	Angle	Scale	Score	Area	Elongation	Holes	Perimeter	Spread
Patterns	0.000	370.496	202.053	0.867	100.000	80.457				
Blobs	0.000	77.570	110.506	249.472	1.000	100.000	237.000	0.013	0.000	80.000
							237.000	0.013		0.207

Obr. 66. Kontrola založení opěry

Při druhé kontrole hledáme pozici přívodní trubičky, na kterou se připojuje přívodní hadička tekutiny. Tato trubička slouží také jako opěra při výrobě a aby nebyly zdvojeny

názvy v programu, tak má pojmenování opěra. Pokud je opěra přítomna ve správné pozici, dostaneme za výsledek také hodnotu jedna.

TYP_PRIMY/ŠIKMY												
Patterns	1.000											
Patterns	Index	Row	Col	Angle	Scale	Score						
Patterns	0.000	274.923	238.024	-10.074	98.909	85.545	Trubicka					
				75		1.000	OK					
Patterns	1.000									0.000		
Patterns	Index	Row	Col	Angle	Scale	Score						
Patterns	0.000	370.812	202.793		0.097	99.988	89.460	Opera				
				70		1.000	OK					
Image	Index	Row	Col	Angle	Color	Score	Area	Elongation	Holes	Perimeter	Spread	
Blobs	0.000	79.671	110.840		244.423	1.000	100.000	486.000	0.010	0.000	120.000	0.203
						0.000	NOK					

Obr. 67. Přítomnost bílého pásku

Ve třetí části hledáme bílý pásek na opěře, kdy přítomnost bílého pásku znamená, že se jedná o šikmý náustek. Pro lepší viditelnost jsme použili přiblížení v dané oblasti, kde předpokládáme viditelnost bílého pásku. Na obrázku můžete vidět, že v dané oblasti hledání se nachází bílý bod. Pokud detekujeme bílou barvu, znamená to, že máme přítomen šikmý náustek. Celý úkol neboli job pro kameru však hlídá přítomnost přímého náustku, takže výsledek hledání bílého pásku bude roven nule, protože se ptáme, zdali bílý pásek není.

Všechny tři části pak mezi sebou vynásobíme, a jelikož v poslední části programu máme nulu, tak výsledek bude nula, což může čtenář vidět ve žluté buňce. Znamená to, že máme vložen špatný typ náustku. Proces výroby nelze v tomto případě spustit a obsluha bude pomocí signálky a textu na panelu upozorněna na chybu vložení náustku a budu se čekat, dokud se neprovede výměna za správný kus nebo nezmění typ vyráběného typu vstřikovače. Pokud by obsluha změnila typ vyráběného vstřikovače, proces nemusí jít spustit také, protože čtečka DMC kódu porovnává kód těla vstřikovače se zvoleným úkolem kamery. Proces výroby lze spustit pouze za předpokladu shody všech kamerových kontrol.

PLECH								
@Patterns		1.000						
Index	Row	Col	Angle	Scale	Score	Plech není		
#ERR	0.000	#ERR	#ERR	#ERR		0.000		
@Patterns		1.000						
Index	Row	Col	Angle	Scale	Score	Plech je		
@Patterns	0.000	307.412	176.669	-0.892	99.998	84.423		
						2.000		
							2.000	

Obr. 68. Kontrola založení krytu

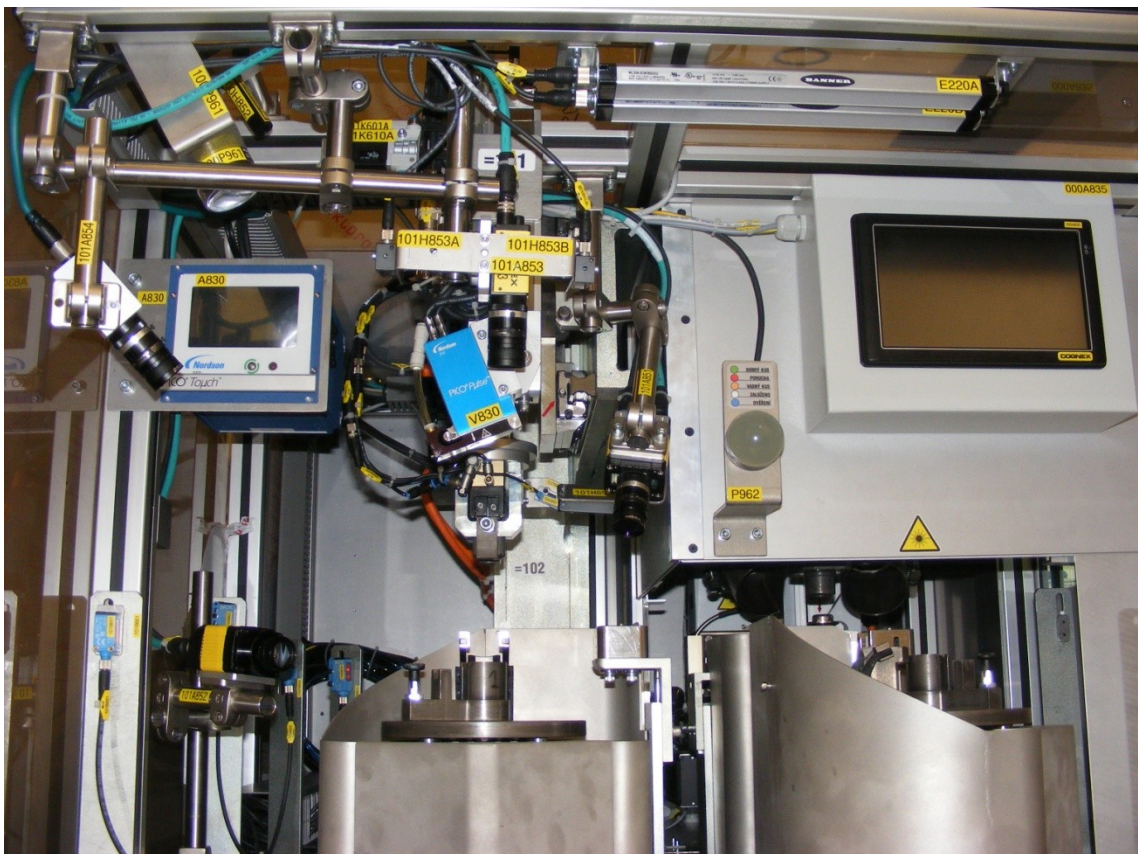
U třetího podprogramu hledáme přítomnost horního krytu. Program se skládá ze dvou částí, kdy máme vytvořeny dvě oblasti hledání, které se překrývají. Vyhodnocení přítomnosti krytu nyní probíhá na dvou řádcích, kdy dostáváme dva výsledky. První výsledek je ten, že v prvním řádku máme výsledek jedna, když není plech přítomen a ve druhém řádku je výsledek taktéž jedna, když je plech přítomen. Oba tyto výsledky pak sečteme a obdržíme výslednou hodnotu dva. Pokud není díl přítomen, obdržíme výslednou hodnotu jedna. Pokud bude výsledek dva, víme, že založení krytu je v pořádku, pokud bude výsledek pouze jedna, bude obsluha stroje informována textem o chybějícím krytu.

O-RING								
@Image								
@Patterns		1.000						
Index	Row	Col	Angle	Scale	Score	O-ring, vicko		
@Patterns	0.000	278.012	275.134	-2.732	100.009	89.886		
			74			1.000		
							1.000	

Obr. 69. Založení středící vložky

Ve čtvrté a poslední části hledáme přítomnost středící vložky. Založená středící vložka je dobře rozpoznatelná, rozdíl mezi založenou a nezaloženou středící vložkou může čtenář vidět na straně 78, kdy na obrázku číslo 65 není vložka přítomna a na následujícím obrázku 66 je už na pozici. Výsledek kontroly správného založení by měl být roven jedné.

Po porovnání všech výsledků je řídicí systém informován, že je vše v pořádku a po zmáčknutí tlačítka pro start procesu výroby se rozsvítí zelená signálka. To znamená, že veškeré díly jsou v pořádku a stůl se otočí o jednu pozici ve směru hodinových ručiček. V pozici dvě začne proces lisování. Na pozici čtyři dojde svařený vstříkovač, který obsluha vyjme a vloží na vozík mezi vyprodukované kusy a následně začne vkládat další části vstříkovače pro další lisování.

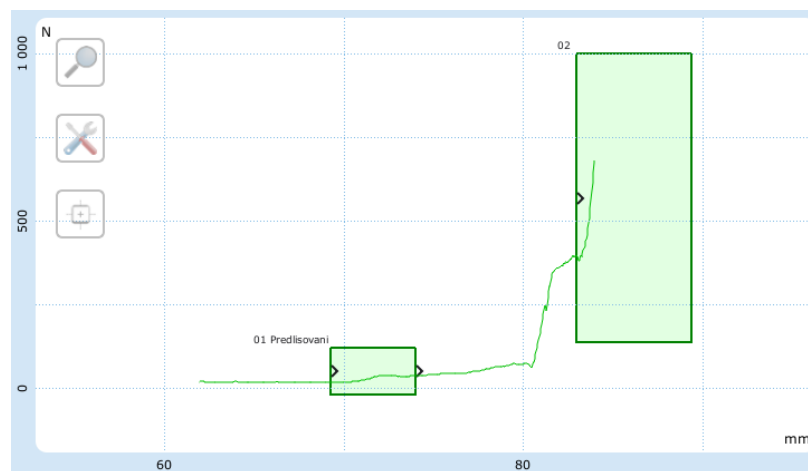


Obr. 70. Kamerový systém s vizualizací a signalizací

Aktuální pohled kamerového systému se nám zobrazuje na obrazovce, kterou může čtenář vidět na obrázku v pravém horním rohu. Menší obrazovka vlevo slouží jako monitorování a grafické znázornění průběhu mazání kapalinou před lisováním.

4.1.3 Nastavení lisování

Na následujícím obrázku můžete vidět průběh lisování, kdy na vodorovnou osu zobrazujeme dráhu v milimetrech a na svislou osu lisovací sílu v Newtonech. Dostane tak grafickou závislost síly na dráze.



Obr. 71. Graf lisování-proces vpořádku

Prvotní testy se prováděly při menší síle lisování, aby se ověřila funkčnost všech součástí. Jako oblast sledování a vyhodnocení průběhu jsme zvolili dvě oblasti (zelené obdélníky), které jsou zvoleny z důvodu toho, že jedna oblast by byla málo pro vyhodnocení průběhu a tři oblasti zase moc. Černé šipky uvnitř zelených oblastí znamenají, že křivka závislosti musí u první oblasti vstoupit a vystoupit na bocích a do druhé oblasti musí křivka vstoupit z boku a také v ní zůstat. Pokud je tato podmínky splněna, graf zůstane v zelené barvě a pokud například síla překročí limit ve druhé oblasti, graf zčervená a výsledek bude chyba procesu lisování.

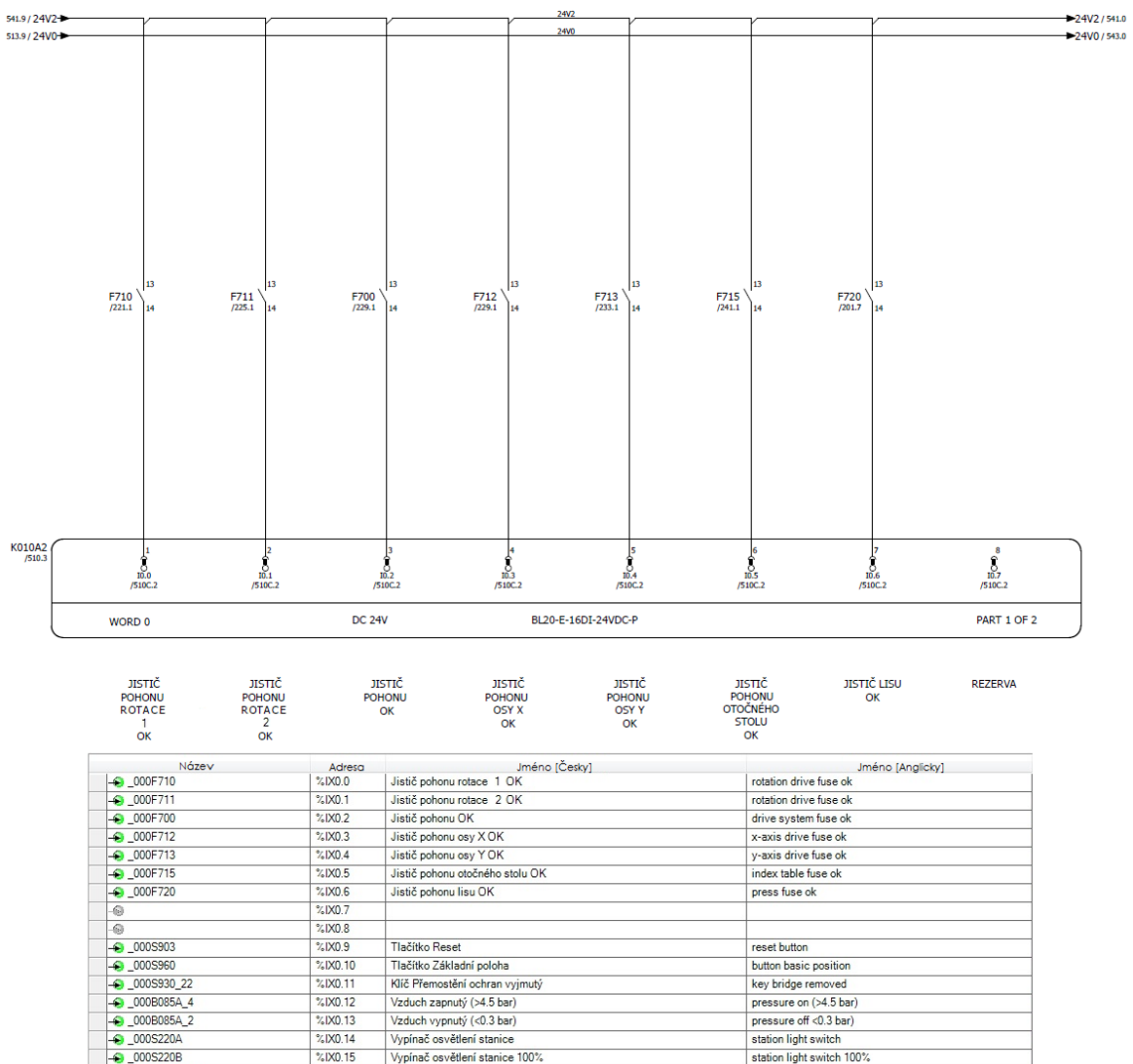


Obr. 72. Graf lisování-proces chyba

4.1.4 Programování řídicího systému

Veškeré programování řídicího systému a nastavení parametrů zařízení se provádí v programu Opcon Engineering System (OES), za jehož částečným vývojem stála firma BOSCH. OES přináší při programování stroje jistá zjednodušení, protože program se vytváří podle standardu samotné firmy BOSCH, kdy se v první fázi programování dá velmi zjednodušeně říci, že programátor vyplňuje předpřipravené tabulky a bloky.

Zápis všech vstupů a výstupů vypadá následovně.

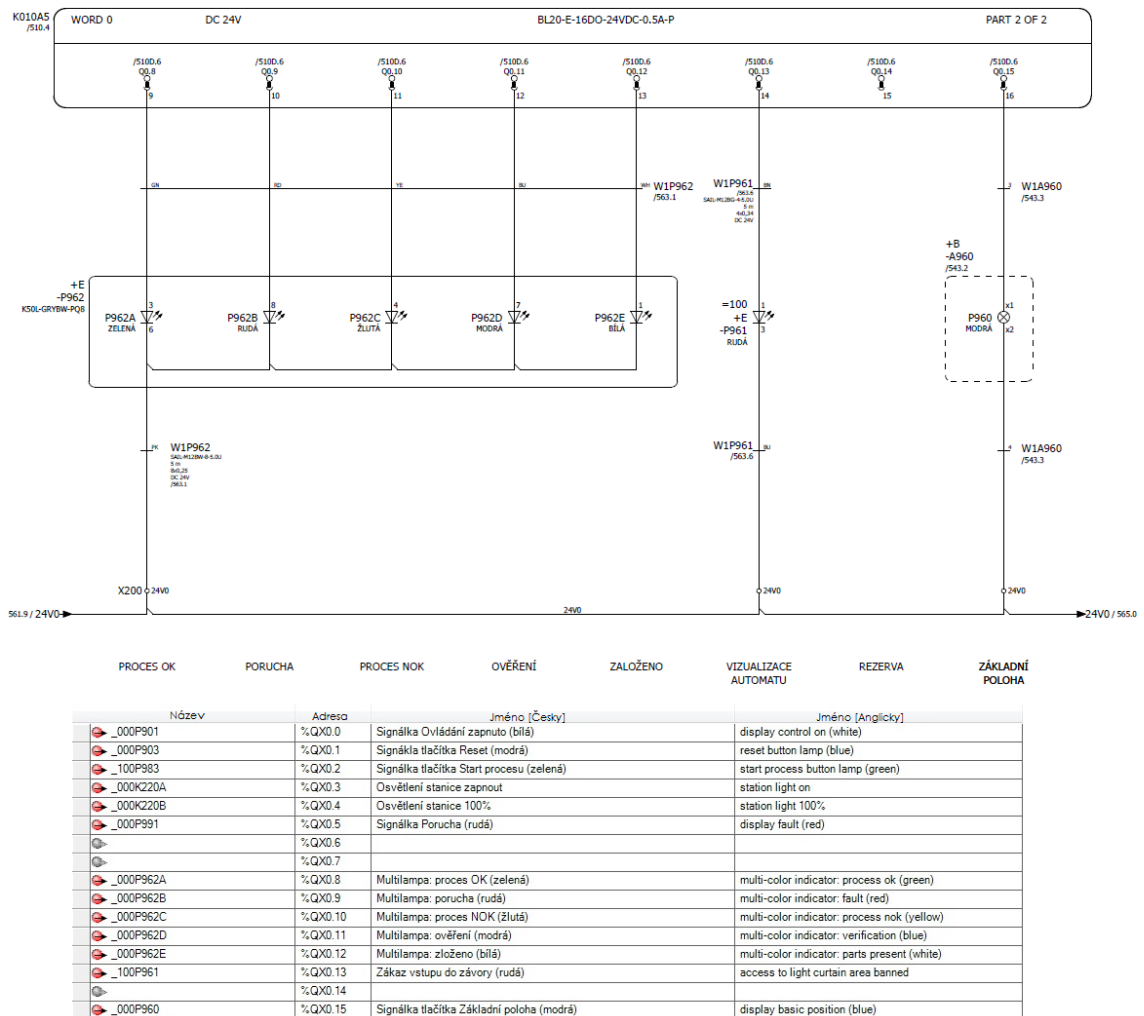


Obr. 73. Elektrické schéma s vyplněnou tabulkou vstupů

Jak bylo uvedeno výše, programátor přímo vychází z plánů elektrického zapojení, kde ve sloupci Název vytváří číselné označení dle zapojených prvků, které přiřazuje jednotlivým adresám. Tyto adresy se následně pojmenovávají v českém a anglickém jazyce, kdy anglický jazyk je uváděn z důvodu standardizace pro koncern BOSCH.

V elektrickém schématu jsou zapojeny pomocné kontakty jističů, kterými říkáme, že jističe pohonů a lisu jsou zapnuty a silový okruh napájení je pod napětím. V případě, že bude kontakt sepnutý, zobrazí se na obrazovce hlášení, že jistič pohonu je vypnut a došlo tedy k přetížení u daného pohonu.

Zapojení veškerých výstupů je provedeno stejným způsobem, ale je jinak zobrazeno a vypadá následovně.



Obr. 74. Elektrické schéma s vyplněnou tabulkou výstupů

Vytvoření programu pro dotykový displej také vychází z OES, ve kterém si vytvoříme veškerou grafiku jako tlačítka, textové pole či zobrazení signálů. U tohoto stroje bylo zapotřebí vytvoření celkem 79 základních oken, ve kterých se po vyvolání příkazu zobrazují další doplňující hlášení.

IO	ID	Stav
IX10.8	101B601	KK vložen
IX10.9	102B601	KK přítomen
IX10.10	102B603	Sestava přítomna
IX10.11	102B604	ASB přítomen
IX10.12	102B605	KK v uchopovači
IX10.13	101B608	Hladina maziva OK

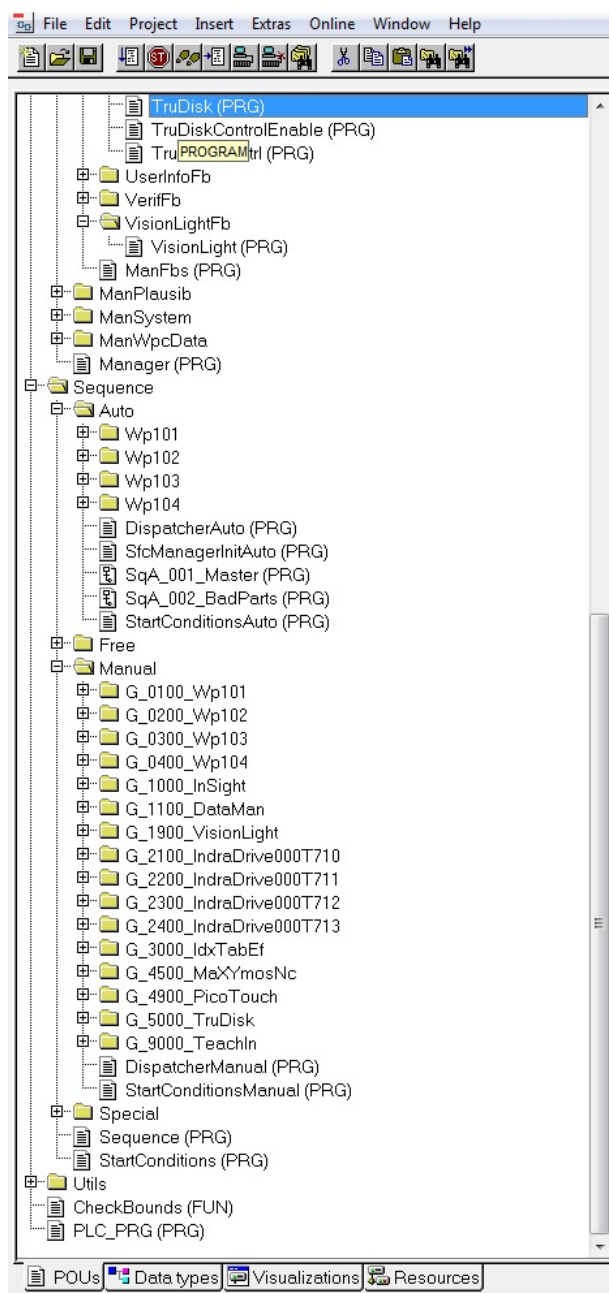
Obr. 75. Grafika displeje VEP 30 v diagnostickém režimu

Samotné grafické zpracování je dáno opět interními předpisy firmy BOSCH. Na obrázku můžete vidět diagnostiku vstupních modulů, kde označení K016A2 nám označuje číslo sdrůžovače, SNNE-0800D-007 je pak typ sdrůžovače. Jasná zelená barva znamená, že čidlo zapojené na vstupu IO.13 s označením 101B608 detekuje hladinu maziva jako dostačující.

Do diagnostického režimu se dostane pouze uživatel s danými právy, jako je údržbář či technolog. Jedná se o detailní kontrolu vstupů a výstupů, kdy uživatelé nemusí zasahovat do programu v systému OES.

První část programování je programátor schopen vytvořit v pohodlí kanceláře, protože pracuje na základě elektrických schémat, standardů a spolupráci s technologem. Tato činnost mu zabere pouze čtvrtinu práce celkového programování.

Pro druhou fázi se musíme přesunout z programovacího prostředí OES do systému IndraLogic, kde se začínají tvořit již samotné procesy pro funkci a oživení stroje. V tomto prostředí se vytváří tedy manuální a automatický režim stroje.

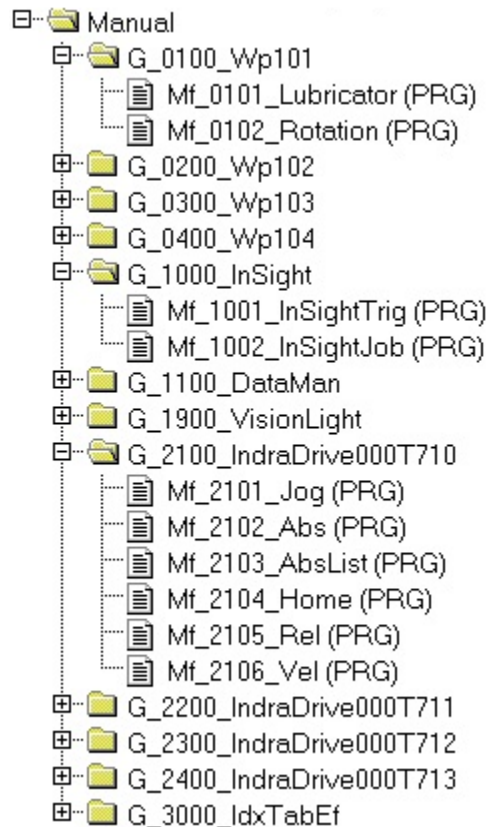


Obr. 76. Vývojové prostředí IndraLogic

Na obrázku vývojového prostředí IndraLogic (IL) může čtenář vidět jednotlivé složky, které obsahují programy veškerých zařízení instalovaných na naší svařovací lince. Programy obsahují již námi nadefinované vstupy a výstupy, nastavení komunikačních protokolů sítí Ethernet a Profibus či informace o nastavení jednotlivých servopohonů.

Programátor pracuje hlavně se složkou Sequence, ve které po jejím otevření nalezneme další knihovny. Jedná se o již zmiňovaný automatický a manuální režim.

Ve složce Manual je definován manuální režim a v něm může čtenář vidět vícero knihoven. Každá knihovna je v manuálním módu pojmenována podle jednotlivých zařízení. Například knihovna G_0100_Wp101 nám určuje první pozici otočného stolu, kde písmena Wp znamenají pracovní pozici. Označení 101 je pak kódové označení této pracovní pozice a veškeré prvky v této pracovní pozici jsou označené číselnou kombinací 101. Složka G_5000_TruDisk obsahuje program řízení laserové svářečky.



Obr. 77. Programy ručního režimu v knihovnách

V manuálním režimu jsou veškeré programy psány pomocí textu a programování je velmi podobné vývojovému prostředí C++.

V otevřené knihovně G_0100_Wp101 můžete vidět, že obsahuje dva programy, z nichž první nám ovládá mazání a druhý program nám ovládá otočení stolu.

Pojmenování knihoven a programů má číselné a písemné označení díky standardům společnosti BOSCH. Standard pro programování zaručuje, že manuální režim bude psán v souladu s postupem výroby vstřikovače. Následně se pak při psaní automatického režimu odkazujeme na knihovny v manuálním režimu, a tak i nový programátor, který uvidí jednotlivé programy linky poprvé, by se měl rychle zorientovat ve struktuře programů.

Manuální režim

```

PROGRAM Mf_0101_Lubricator
(*-----
(C) Robert Bosch GmbH 2016 PA-ATM01/EES
-----*)

Stručný popis:
- manuální funkce mazání
-----*)

Verze:
V1.0 2016-10-19 - uživatel
- 17:47
- Systém: OpCon Engineering System (OES) V3.2
-----*)

VAR_OUTPUT
RetVal   : DINT;
DeviceNo : DINT;
DeviceTxt : STRING(SFC_MAX_DEVTXT);
END_VAR

(* ----- *)
(* Uvolnění pracovní pozice *)
(* ----- *)
IF ( _101B201A = FALSE ) AND
   ( _000K911A2_Q2 = TRUE ) AND
   ( _000A715_07 = TRUE )
THEN
  State.Man.WrkEnable := TRUE;
ELSE
  State.Man.WrkEnable := FALSE;
END_IF

(* ----- *)
(* Uvolnění základní pozice *)
(* ----- *)
IF ( _101B201B = FALSE ) AND
   ( _000K911A2_Q2 = TRUE )
THEN
  State.Man.BasEnable := TRUE;
ELSE
  State.Man.BasEnable := FALSE;
END_IF

(* vyvolání základního pohybu *)
BmManualAtd( BasFB      := BmArray[BAS_101K201],
             wrkFB      := BmArray[WRK_101K201],
             UseEnablingswitch := FALSE,
             Reset      := FALSE ); (* ventil 5/3 = TRUE *)
RetVal := BmManualAtd.RetVal;

```

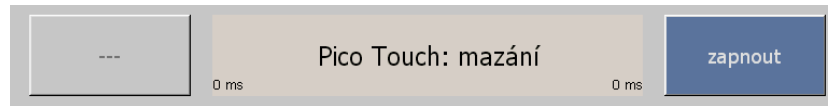
Obr. 78. Program manuálního režimu mazání

Program ručního režimu mazání je definován výstupními proměnnými hodnotami VAR_OUTPUT, které nás informují o stavu aktuálního kroku mazání. Pro spuštění mazání ovládáme válec, který je připojen do ventilového terminálu a ovládán pomocí 5/3 ventilu (pěticestný/třípolohový). Tento válec je navíc opatřen brzdou.

Abychom mohli ventil v terminálu ovládat a přisunout mazací hlavu, musíme aktivovat tlačítko na displeji. Aktivní tlačítko se po splnění podmínek zbarví do modra a tuto aktivaci splníme částí programu Uvolnění pracovní pozice. Za příkazem IF se ptáme, jestli není aktivován snímač 101B201A (válec v mazací pozici), dále se ptáme, jestli výstup Q2 bezpečnostního relé K911A2 je aktivní a třetí bod podmínky je poptávka na otočný stůl A715, zdali je přítomen na pozici.

Za příkazem IF ještě následují podmínky THEN a ELSE, což jsou omezující podmínky, které blokují neaktivní tlačítko během probíhajícího pohybu (nemůžeme držet obě tlačítka naráz). Program je ukončen příkazem END_IF

Pokud jsou tyto podmínky splněny, systém nám rozsvítí modře tlačítko zapnout.



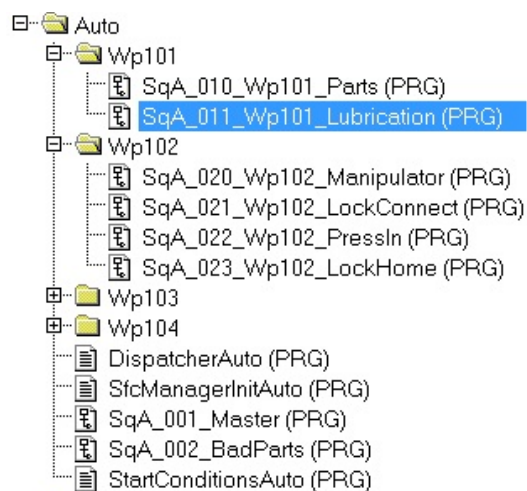
Obr. 79. Ovládání mazání na dotykovém displeji

Pro následné vykonání pohybu se pak v programu přesuneme do řádku Vyvolání základního pohybu. V tomto bloku programu se již aktivují cívky pro pohyb, ale jelikož má válec brzdu, tak musíme navíc kontrolovat uvolnění brzdy. Kontrola se provádí na řádku Reset, kdy hodnota FALSE znamená zabrzděno a TRUE odbrzděno.

Po vykonání úkolu pak funkcí RetVal systém dostává informaci, že pohyb byl proveden. Tento výsledek je nutný pro spuštění dalšího kroku v automatickém režimu.

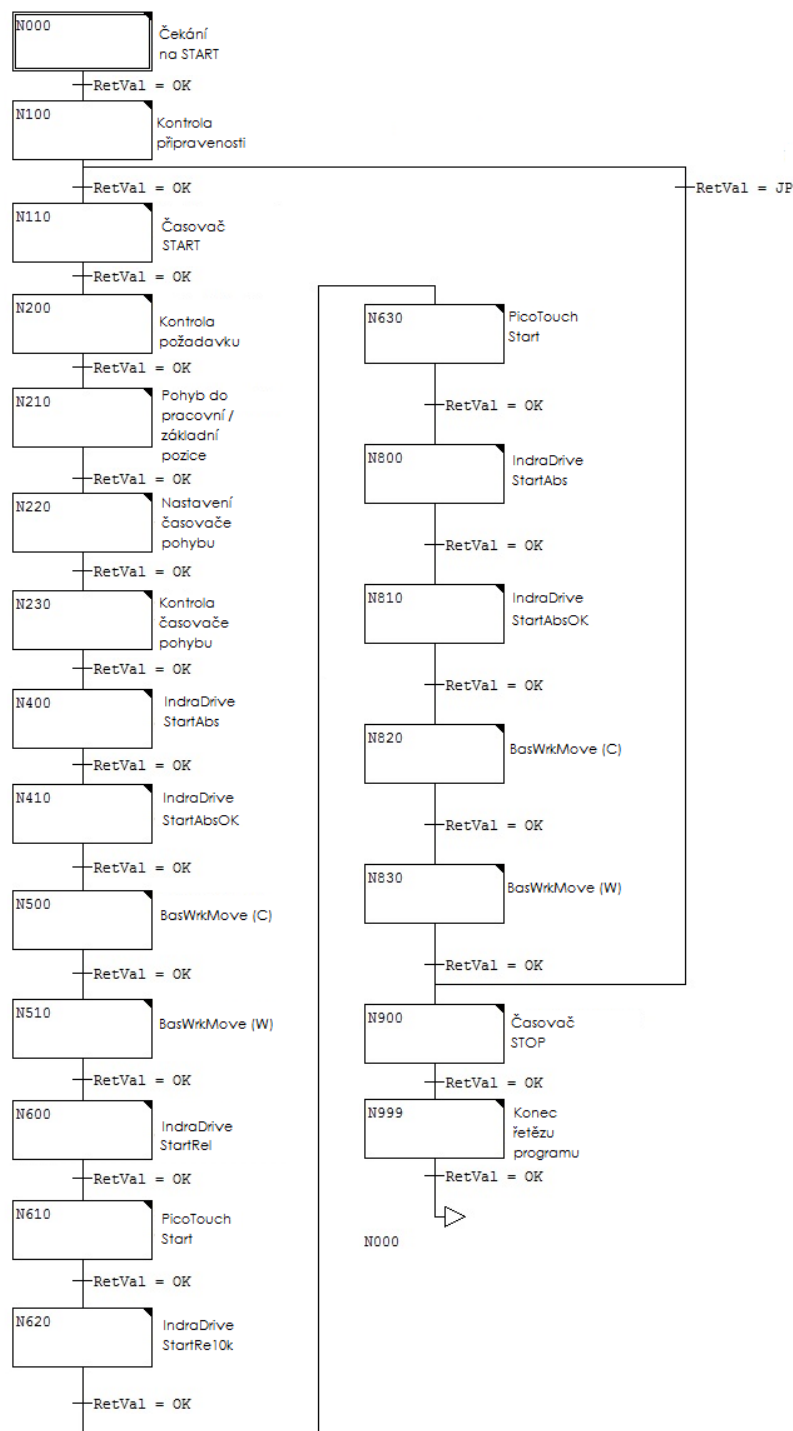
Automatický režim

Automatický režim je složen z jednotlivých příkazových bloků, které obsahují vstupní a výstupní proměnné hodnoty. Vstupní a výstupní hodnoty se odkazují na manuální režim a probíhají v sekvenci. To znamená, že program v automatickém režimu provede část úkolu z ručního režimu, jeden blok a čeká na výsledek hodnoty RetVal, aby mohl provést další krok.



Obr. 80. Struktura automatického režimu

Na obrázku si již můžete všimnout, že automatický režim už má jen 4 knihovny, kde každá obsahuje program pro jednu pozici stolu. Samotný program má také jinou grafickou ikonu, kdy ikona textu je nahrazena již blokovým schématem.



Obr. 81. Automatický cyklus mazání

Každý blok automatického cyklu má vedle sebe všeobecný popis vykonávané funkce a každá tato funkce je definována svými proměnnými. Každá buňka má své specifické číslo, které se v bloku již nesmí opakovat, protože buňku můžeme vyvolávat i v jiné části programů. Časovače počítají délku úkolů a v případě překročení nastavených časů je obsluha informována prostřednictvím poruchy. Například časovač pro válec mazání má nastavenou hodnotu dvě sekundy pro pohyb. Pokud se do dvou sekund neaktivuje magnetické čidlo, že mazání je v pracovní pozici, tak se na dotykovém panelu zobrazí chybové hlášení Překročení času pohybu válce mazání.

```

PROGRAM SqA_011_wp101_Lubrication
(*-----
(C) TEAZ s.r.o. 2016
-----*)

Popis funkce buňky:
- WP101 řetězec automatického cyklu mazání
-----*)

Verze:
V03.02.0000 2016-09-14 - iVS [TEAZ s.r.o.]
-----*)

VAR_INPUT
SFCInit      : BOOL;          (* nastavení sfc počáteční krok *)
SFCQuitError : BOOL;          (* ukončení chyby časového limitu *)
ChainNo      : DINT;          (* číslo řetězce *)
Start        : BOOL;          (* start spuštění řetězce *)
AutoStart    : BOOL := FALSE; (* start automatického spuštění řetězce *)
wpIdx       : DINT;          (* index pracovní pozice *)
BarrierLampIdx : DINT;        (* index světelné závery *)
CtrlMonIdx   : DINT;          (* monitorování ovládacího napětí *)
ControlIdx   : DINT;          (* index ovládacího napětí *)
DriveIdx     : DINT;          (* index řízení *)
PicoTouchIdx : DINT;          (* index mazání Pico Touch *)
TimeMeasIdx  : DINT;          (* index časovače *)
END_VAR
VAR_OUTPUT
SFCEnableLimit : BOOL := TRUE; (* povolení časového limitu *)
SFCError       : BOOL;          (* chyba časového limitu *)
SFCCurrentStep : STRING(20);    (* číslo kroku *)
RetVal         : DINT;          (* návrat kroku *)
RdyCmd         : BOOL;          (* řetězec připraven pro opakované spuštění *)
Done           : BOOL;          (* řetězec dokončení úkolu *)
END_VAR
VAR
EnableTime     : BOOL;          (* potvrzení času měření *)
PauseTime     : BOOL;          (* pauza času měření *)
Idx            : DINT;          (* index základní pozice *)
TmpRetVal     : DINT;          (* uložení chyby *)
DeviceNo      : DINT;          (* číslo zařízení *)
DeviceTxt     : STRING;        (* jméno zařízení *)
SqTimer       : TON;           (* konec času *)
BaswrkMove    : ARRAY [1..10] OF DINT; (* řada pohybů *)
MoveCount     : DINT := 0;     (* počet ophybů *)
END_VAR

```

Obr. 82. Proměnné hodnoty buňky N600

5.1 Hotový výrobek

Na následujícím obrázku můžete vidět již hotový výrobek, kde jsou v červeném oválu znázorněny jednotlivé svary. Laserový paprsek by měl zajistit průvar a jednotlivé plechové díly by tak měly být dokonale svařeny. V aktuální konfiguraci stroje nebylo s kontrolou svarů počítáno, ale do budoucna se plánuje použití termokamery. Termokamera by na základně teplotně ovlivněné oblasti měla rozpoznat, jestli došlo k průvaru obou plechů.



Obr. 83. Detail provedeního svaru na vstřikovači

Vstřikovač vyrobený na našem stroji následně pokračuje na kontrolu, kde je ověřena jeho funkčnost, a v případě vyhovění zkoušek pokračuje výrobek na expedici, odkud se dostává již do automobilek.

ZÁVĚR

Kompletní výroba této svařovací linky se skládala z 320 hodin práce strojního konstruktéra, z 240 hodin práce elektro projektanta, 320 hodin montáže a 160 hodin programování.

Předání linky proběhlo bez větších problémů, kdy byly nalezeny menší nedostatky v zapojení přívodních hadic vzduchu a bylo potřeba provedení několika úprav programu na kamerách. Úprava kamer spočívala hlavně v rozšíření oblasti vyhodnocení (červené rámečky), protože u nových typů vstřikovačů, které si zákazník přivezl na testování, byly samotné vstřikovače mírně odlišné od dodaných testovacích vzorků.

Jako největší úskalí se na lince ukázalo nastavení laserového svařování. Zákazník neměl připraven podrobný svařovací plán a měl jen vytipována místa, kde má být svar proveden. U každé výrobní pozice bylo tedy nutné nastavit mírně odlišné parametry laseru a pohybu v ose x a y.

Stroj při aktuálním zatížení u zákazníka běží v dvousměnném provozu, kdy za jednu směnu, která trvá 450 minut, vyrobí 400 kusů vstřikovačů. Původní dva stroje vyrábí za jednu směnu 300 kusů. Veškeré požadavky zákazníka byly splněny a náš stroj vyrábí vstřikovače s vyšší efektivitou, je schopen vyrábět nové typy vstřikovačů a v případě problémů na starší lince doplnit stávající sériovou výrobu.

Počet vyrobených špatných kusů je dle posledních kontrol okolo 2 kusů vstřikovačů z 1000 vyrobených. Efektivita stroje je tedy 99,8 %. Je to souhrn ze všech vyrobených typů vstřikovačů. Zákazníkům audit odhalil, že chybně vyrobené kusy jsou vyrobeny v průběhu lisování, kdy některé horní kryty vstřikovače obsahují deformaci hran.

Po ročním testování si zákazník připravil plán úprav, které by chtěl provést pro opět vyšší efektivitu výroby. V plánu je přidání dalšího nového sortimentu, který se bude na lince vyrábět a s tím spojená úprava softwaru pro kamery a softwaru pro laser. Jako další úpravu si zákazník zvolil za požadavek sledovat a kontrolovat provedení svaru. Pro tento úkol se bude instalovat speciální termokamera do oblasti třetí pozice stolu. Kamera by díky tepelnému obrazu měla rozpoznat oblast průvaru u obou plechových dílů vstřikovače a na základě podobného algoritmu jako již instalované kamery vyhodnotit správné či špatné provedení svaru.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. LACKO, Bronislav. *Automatizace a automatizační technika*. 1. vydání. Praha : Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-246-7.
2. Miroslav MAŇAS, Michal STANĚK a David MAŇAS. *Výrobní stroje a zařízení I*. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. ISBN 978-80-7318-596-1.
3. Lašová, Václava. *Základy stavby obráběcích strojů*. [Dokument PDF] Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2012. ISBN 978-80-261-0126-0.
4. PKSERVIS. <http://www.pkservis.com>. [Online] 2014. [Citace: 1. 10 2017.] <http://www.pkservis.com/cz/montazni-technika-rexroth-bosch>.
5. CAHA, Zdeněk a Miroslav ČERNÝ. *Elektrické pohony*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-03-00418-7.
6. MĚŘIČKA, Jiří, Václav HAMATA a Petr VOŽENÍLEK. *Elektrické stroje*. Praha : Vydavatelství ČVU, 2000. ISBN 80-01-02109-2.
7. Technology, Microchip. <http://electrathonoftampabay.org>. [Online] 2003. [Citace: 29. 9 2017.] [http://electrathonoftampabay.org/www/Documents/Motors/Brushless%20DC%20\(BLDC\)%20Motor%20Fundamentals.pdf](http://electrathonoftampabay.org/www/Documents/Motors/Brushless%20DC%20(BLDC)%20Motor%20Fundamentals.pdf).
8. XIA, Chang-liang. *Permanent magnet brushless DC motor drives and controls*. Hoboken : N.J: Wiley, 2012. ISBN 9781118188330.
9. Pohonná technika. <http://www.pohonnatechnika.cz/>. [Online] [Citace: 29. 9 2017.] <http://www.pohonnatechnika.cz/skola/motory/krokovy-motor>.
10. Autor neznámý. <http://www.pohonnatechnika.cz>. [Online] [Citace: 29. 9 2017.] <http://www.pohonnatechnika.cz/skola/servo>.
11. BORSKÝ, Václav. *Jednoučelové a víceúčelové obráběcí stroje*. Brno : Vysoké učení technické, 1990. ISBN 80-214-0175-3.
12. AUTORŮ, KOLEKTIV. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno : SMC Industrial Automation CZ s.r.o., 2006.
13. ADAMEC, Jaromír. *Technologie automatizovaných výrob*. Ostrava : VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-0871-4.
14. 2e plus. www.2e.cz. [Online] [Citace: 3. 10 2017.] <https://www.2e.cz/blog/jak-vybrat-kompresor-sroubovy-pistovy/>.
15. Autor neznámý. www.2e.cz. [Online] [Citace: 4. 10 2017.] <https://www.2e.cz/blog/jak-vybrat-zasobarna-vzduchu-pro-kompresor/>.

16. CHUDÝ, Vladimír. *Meranie technických veličín*. Bratislava : Slovenská technická univerzita v Bratislave, 1999. ISBN 80-227-1275-2.
17. Autor neznámý. www.2e.cz. [Online] [Citace: 10. 7 2017.]
<https://www.2e.cz/blog/zaklady/suseni-stlaceneho-vzduchu/>.
18. BENEŠ, Pavel. *Automatizace a automatizační technika III*. Brno : CP Books, 2005. ISBN 80-251-0795-7.
19. BENEŠ, Pavel. *Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace*. Brno : Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3628-7.
20. ZELENKA, Antonín. *Projektování výrobních procesů a systémů*. Praha : Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03912-0.
21. KOŘÁN, Pavel. www.lao.cz. [Online] [Citace: 12. 10 2017.] <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---zakladni-princip-laseru-a-jejich-deleni-127>.
22. ENGST, Pavel a Milan HORÁK. *Aplikace laserů*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1989. Populární přednášky o fyzice.
23. KOŘÁN, Pavel. www.lao.cz. [Online] [Citace: 15. 10 2017.] <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---hlavni-typy-laseru-pouzivanych-v-prumyslu-128>.
24. KOŘÁN, Pavel. www.lao.cz. [Online] [Citace: 17. 10 2017.] <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---laserove-svarovani-i-laser-welding-134>.
25. WELDGURU. www.weldguru.com. [Online] [Citace: 13. 10 2017.]
<https://weldguru.com/laser-welding/>.
26. ABB. *Průručka bezpečnosti*. [Katalog] místo neznámé : ABB, 2013.
27. Autor neznámý. www.lt.cz. [Online] [Citace: 25. 10 2017.] <http://www.lt.cz/e-learning/laser/bezpecnost-laseru-tridy-1-az-4>.
28. HAVLE, Otto. *Strojové vidění I: Principy a charakteristiky*. www.automata.cz. [Online] [Citace: 15. Březen 2018.]
http://www.automata.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/36550.pdf
29. ČERMÁK, Ladislav. *Autobible.euro.cz*. [Online] [Citace: 11. Listopad 2017.]
<http://autobible.euro.cz/selektivni-katalyicka-redukce-scr-kterak-se-zly-nox-stal-hodnym-dusikem/>.
30. BOSCH. *Řízení motorů, Základy a komponenty*. Praha : Automobilová technika, 2002. ISBN-80-903132-3-X.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Hlavní a vedlejší rám</i>	12
<i>Obr. 2. ω-M diagram [1]</i>	13
PAVLÍČEK, Jiří. www.educon.zcu.cz [online]. [cit. 25.11.2017]. Dostupný na WWW: https://www.educon.zcu.cz/image/ep/ep1uu/obecne/obrazky/kvadranty.gif	
<i>Obr. 3. Stejnoseměrný motor s cizím buzením [2]</i>	14
VRÁNA, Václav. Stejnoseměrné stroje. [PDF dokument]. [cit. 25.11.2017]. Dostupný na WWW: http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/elektrotechnika/sylab_stejnosmerne_stroje_bc.pdf	
<i>Obr. 4. Stejnoseměrný motor se sériovým buzením [3]</i>	15
VRÁNA, Václav. Stejnoseměrné stroje. [PDF dokument]. [cit. 25.11.2017]. Dostupný na WWW: http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/elektrotechnika/sylab_stejnosmerne_stroje_bc.pdf	
<i>Obr. 5. Stejnoseměrný motor s derivačním buzením [4]</i>	15
VRÁNA, Václav. Stejnoseměrné stroje. [PDF dokument]. [cit. 25.11.2017]. Dostupný na WWW: http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/elektrotechnika/sylab_stejnosmerne_stroje_bc.pdf	
<i>Obr. 6. Stejnoseměrný motor se sdruženým buzením [5]</i>	16
VRÁNA, Václav. Stejnoseměrné stroje. [PDF dokument]. [cit. 25.11.2017]. Dostupný na WWW: http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/hgf/elektrotechnika/sylab_stejnosmerne_stroje_bc.pdf	
<i>Obr. 7. BLDC motor [6]</i>	17
EVTV Motor. BLDC engine [online]. [cit. 25.11.2017]. Dostupný na WWW: http://store.evtv.me/prodimages/10kwmotor%20copy_medium.jpg	
<i>Obr. 8. Řez asynchronním motorem [7]</i>	19
RUSNOK, Stanislav. Cvičení z elektrických strojů. [PDF dokument]. [cit. 28.11.2017]. Dostupný na WWW: http://docplayer.cz/8810317-Cviceni-z-elektrickyh-stroju.html	
<i>Obr. 9. Řez krokovým motorem [8]</i>	20
PALLA, Miloš. Krokové motory. [online]. [cit. 28.11.2017]. Dostupný na WWW: https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/809	
<i>Obr. 10. Servopohon s řízením [9]</i>	21
Autor neznámý. Krokové motory. [online]. [cit. 28.11.2017]. Dostupný na WWW: https://www.festo.com/cms/cs_cz/61032.htm	
<i>Obr. 11. Úpravna vzduchu [10]</i>	23
Autor neznámý. Krokové motory. [online]. [cit. 28.11.2017]. Dostupný na WWW: https://www.festo.com/cms/cs_cz/54375.htm	
<i>Obr. 12. Základní obvod stlačeného vzduchu [11]</i>	24
Kolektiv autorů. <i>SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití</i> . [PDF dokument]. [cit. 29.11.2017]Brno : SMC Industrial Automation CZ s.r.o., 2006.	
<i>Obr. 13. Dvoustupňový pístový kompresor [12]</i>	25
Kolektiv autorů. <i>SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití</i> . [PDF dokument]. [cit. 29.11.2017]Brno : SMC Industrial Automation CZ s.r.o., 2006.	

<i>Obr. 14. Rotační kompresory - a) Lamelový, b) Šnekový [13]</i>	26
Kolektiv autorů. <i>SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití</i> . [PDF dokument]. [cit. 29.11.2017] Brno : SMC Industrial Automation CZ s.r.o., 2006.	
<i>Obr. 15. Sušička stlačeného vzduchu - a) Absorbční, b) Adsorbční [14]</i>	29
Kolektiv autorů. <i>SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití</i> . [PDF dokument]. [cit. 29.11.2017] Brno : SMC Industrial Automation CZ s.r.o., 2006.	
<i>Obr. 16. Symboly, funkce a použití ventilů [15]</i>	30
Kolektiv autorů. <i>SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití</i> . [PDF dokument]. [cit. 29.11.2017] Brno : SMC Industrial Automation CZ s.r.o., 2006.	
<i>Obr. 17. Dvoutlačítkové ovládání v jazyce IL [16]</i>	31
BENEŠ, Pavel. <i>Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace</i> . [cit. 29.11.2017] Brno : Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3628-7.	
<i>Obr. 18. Dvoutlačítkové ovládání v jazyce LD [17]</i>	32
BENEŠ, Pavel. <i>Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace</i> . [cit. 29.11.2017] Brno : Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3628-7.	
<i>Obr. 19. Dvoutlačítkové ovládání v jazyce FBD [18]</i>	32
BENEŠ, Pavel. <i>Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace</i> . [cit. 29.11.2017] Brno : Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3628-7.	
<i>Obr. 20. Modulární PLC S7-300 firmy Siemens [19]</i>	32
Autor neznámý. Siemens PLC S7. [online]. [cit. 2.12.2017]. Dostupný na WWW: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/828/53814828/img_33126/v1/s7-300.jpg	
<i>Obr. 21. Kompaktní PLC LOGO [20]</i>	33
Autor neznámý. Siemens LOGO. [online]. [cit. 2.12.2017]. Dostupný na WWW: https://im9.cz/iR/importprodukt-orig/95d/95dee3b51955b5c1706c43a81cddffa-f-mm250x250.jpg	
<i>Obr. 22. Kabel PROFIBUS s konektory [21]</i>	34
GARNHAM, Michael. Profibus connectors. [online]. [cit. 2.12.2017]. Dostupný na WWW: http://blog.idxonline.com/2013/10/profibus-connectors.html	
<i>Obr. 23. Kabel PROFINET s konektory RJ45 [22]</i>	35
Autor neznámý. Profinet cables. [online]. [cit. 2.12.2017]. Dostupný na WWW: https://cdn.pressebox.de/r/d16e0e34fd3b7454/attachments/45/03/79/thumbnail_450379_495x300.jpg	
<i>Obr. 24. Princip LASERu [23]</i>	36
NOVÁK, Miroslav. Základní princip laseru. [online]. [cit. 5.12.2017]. Dostupný na WWW: http://www.lao.cz/pictures/jpg/lao_info_preview/serial/3.gif	
<i>Obr. 25. Vlnové spektrum a viditelné záření [24]</i>	38
Autor neznámý. Bezpečnost laserů. [online]. [cit. 5.12.2017]. Dostupný na WWW: http://www.lt.cz/images/learning/laser/laser_7_2.jpg	
<i>Obr. 26. Nd:YAG laser [25]</i>	40
KOŘÁN, Pavel. Hlavní typy laserů. [online]. [cit. 8.12.2017]. Dostupný na WWW: http://www.lao.cz/pictures/jpg/lao_info_preview/serial/5.png	
<i>Obr. 27. Diskový laser [26]</i>	40
KOŘÁN, Pavel. Hlavní typy laserů. [online]. [cit. 8.12.2017]. Dostupný na WWW: http://www.lao.cz/pictures/jpg/lao_info_preview/serial/4s.png	

<i>Obr. 28. Vlákenný laser [27]</i>	41
KOŘÁN,Pavel. Hlavní typy laserů. [online].[cit. 8.12.2017]. Dostupný na WWW: http://www.lao.cz/pictures/jpg/lao_info_preview/serial/9.png	
<i>Obr. 29. CO₂ laser [28]</i>	41
KOŘÁN,Pavel. Hlavní typy laserů. [online].[cit. 9.12.2017]. Dostupný na WWW: http://www.lao.cz/pictures/jpg/lao_info_preview/serial/10.png	
<i>Obr. 30. Typy svařování [29]</i>	43
KOŘÁN,Pavel. Laserové svařování. [online].[cit. 9.12.2017]. Dostupný na WWW: http://www.lao.cz/obrazky/web/2377.jpg	
<i>Obr. 31. Bezpečnostní relé Flexi Soft [30]</i>	44
Autor neznámý. Bezpečnostní relé. [online].[cit. 15.12.2017]. Dostupný na WWW: https://www.sick.com/medias/The-SICK-FX3-MOC-Drive-Monitor.jpg?context=bWFzdGVyfHJvb3R8MjU2NjQ3NXxpbWFnZS9qcGVnfGhkYy9oNWQvODgyODg3ODU4NTg4Ni5qcGd8NzA3OTU4NGYxM2U3ZWJmZTI0MTdmZTcxMWF1YzI4MGlyOWY0Nzk1Zjc2ZjgxMjAyZGQ3MGFkN2ExNjE0ZDdiMw	
<i>Obr. 32. Bezpečnostní štítky pro třídy 1-4 [31]</i>	47
Autor neznámý. Bezpečnost laserů. [online].[cit. 5.12.2017]. Dostupný na WWW: http://www.lt.cz/images/ilearning/laser/laser_7_7.jpg	
<i>Obr. 33. Konstrukce elektromagnetického ventilu [32]</i>	48
BOSCH. Řízení motorů, Základy a komponenty. Praha : Automobilová technika, 2002. ISBN-80-903132-3-X.	
<i>Obr. 34. Vstupující díly a výsledná hotová sestava</i>	51
<i>Obr. 35. Předmontovaný ventil</i>	52
<i>Obr. 36. Náčrty otočného stolu s popisem pozic</i>	55
<i>Obr. 37. Pneumatické prvky</i>	58
<i>Obr. 38. Typy elektrických komponent - senzory</i>	59
<i>Obr. 39. Typy elektrických komponenty - ostatní</i>	61
<i>Obr. 40. Laser TRUMPF</i>	62
<i>Obr. 41. Chladicí agregát firmy KLH Kältetechnik</i>	63
<i>Obr. 42. Odsávací jednotka Schweisskraft</i>	64
<i>Obr. 43. 3D model linky</i>	65
<i>Obr. 44. Ovládání zamykání přípravku</i>	67
<i>Obr. 45. Lisovací osa KISTLER</i>	68
<i>Obr. 46. Pohon otočného stolu</i>	69
<i>Obr. 47. Servopohon otáčení hnízda</i>	70
<i>Obr. 48. Topologie Profibus</i>	71
<i>Obr. 49. Zapojení zdroje 24 VDC a jeho větvení</i>	72
<i>Obr. 50. Zapojení komunikace a řízení laserové jednotky</i>	72
<i>Obr. 51. Sestava bezpečnostních modulů</i>	73
<i>Obr. 52. Sestava vstupů a výstupů PLC</i>	73
<i>Obr. 53. Zapojení dotykového panelu VEP 30</i>	74
<i>Obr. 54. Rozmístění ovládacích prvků v přední části rozvaděče</i>	75

<i>Obr. 55. Rozmístnění ovládacích prvků v zadní části rozvaděče.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 56. Sloupcový graf spolehlivosti sítě Profibus</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 57. Zapojení zpožděného odpadu napětí</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 58. DMC kód vstřikovače</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 59. Sestava programovatelných relé</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 60. Část programu Flexi soft.....</i>	<i>81</i>
<i>Obr. 61. Prázdné zakládací hnízdo</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 62. Vložený konektor vstřikovače v hnízdě</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 63. Kontrola uložení kabelu v hnízdě</i>	<i>83</i>
<i>Obr. 64. Kontrola založení dílů</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 65. Kontrola trubičky náustku.....</i>	<i>85</i>
<i>Obr. 66. Kontrola založení opěry</i>	<i>85</i>
<i>Obr. 67. Přítomnost bílého pásku</i>	<i>86</i>
<i>Obr. 68. Kontrola založení krytu</i>	<i>87</i>
<i>Obr. 69. Založení středící vložky</i>	<i>87</i>
<i>Obr. 70. Kamerový systém s vizualizací a signalizací</i>	<i>88</i>
<i>Obr. 71. Graf lisování-proces vpořádku.....</i>	<i>89</i>
<i>Obr. 72. Graf lisování-proces chyba</i>	<i>89</i>
<i>Obr. 73. Elektrické schéma s vyplněnou tabulkou vstupů</i>	<i>90</i>
<i>Obr. 74. Elektrické schéma s vyplněnou tabulkou výstupů.....</i>	<i>91</i>
<i>Obr. 75. Grafika displeje VEP 30 v diagnostickém režimu</i>	<i>92</i>
<i>Obr. 76. Vývojové prostředí IndraLogic</i>	<i>93</i>
<i>Obr. 77. Programy ručního režimu v knihovnách</i>	<i>94</i>
<i>Obr. 78. Program manuálního režimu mazání</i>	<i>95</i>
<i>Obr. 79. Ovládání mazání na dotykovém displeji.....</i>	<i>96</i>
<i>Obr. 80. Struktura automatického režimu.....</i>	<i>96</i>
<i>Obr. 81. Automatický cyklus mazání.....</i>	<i>97</i>
<i>Obr. 82. Proměnné hodnoty buňky N600.....</i>	<i>98</i>
<i>Obr. 83. Detail provedeného svaru na vstřikovači</i>	<i>99</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1. Přehled a definice norem</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 2. Proces montáže OK kusu</i>	<i>54</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Layout linky

Příloha P II: Sestava linky

Příloha P III: Horní rám

Příloha P IV: Sestava kompletního přípravku

Příloha P V: Dolní rám

Příloha P VI: Zakládací hnízdo

Příloha P VII: Upínání

Příloha P VIII: Sestava laseru

Příloha P IX: Pneumatické schéma

Příloha P X: Topologie sítě Profibus

Příloha P XI: Program bezpečnostních relé SICK

Příloha P XII: Ergonomie strojů