

Automatické otevírání formy vyfukovacího stroje na plasty

Roman Oulehla

Bakalářská práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

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

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Roman Oulehla
Osobní číslo: A21428
Studijní program: B0714A150006 Aplikovaná informatika v průmyslové automatizaci
Specializace: Inteligentní systémy s roboty
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Automatizované otevírání formy vyfukovacího stroje na plasty
Téma práce anglicky: Automated Form Opening of a Plastic Blow Molding Machine

Zásady pro vypracování

- Provedte analýzu současného stavu otevírání formy u vyfukovacího stroje na plasty Kautex KB250.
- Na základě zjištěných nedostatků a jejich vymezení navrhnete řešení, zajišťující opakovatelnost otevírání formy v definované pozici. Do návrhu řešení zahrňte požadavek na zabezpečení součinnosti procesu otevírání formy s navazujícím prvkem technologického řetězce – robotem ABB IRB6640.
- Navrhnete hardwarové řešení jednoznačného otevírání formy.
- Vytvoříte programové řešení, popř. úpravu stávajícího řešení.
- Řešení ověřte na reálné vyfukovací lince.

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

Seznam doporučené literatury:

1. Dominick V. ROSATO, Andrew V. ROSATO, David P. DIMATTIA. Blow Molding Handbook. Munich: Carl Hanser Verlag, 2003. ISBN 1569903433.
2. David O. KAZMER. Blow Molding Design Guide. Munich: Carl Hanser Verlag, 2008. ISBN 156990426X.
3. Sanjay SHARMA, Bidyadhar SUBIDHI, Umesh Kumar SAHU. Intelligent Control, Robotics, and Industrial Automation. Berlin: Springer, 2023. EAN 9789819946334.
4. Allie WEAVER. Robotics: Design, Construction and Applications. Willford Press, 2022. ISBN 164728337X.
5. Géza SCHAY. Introduction to Probability with Statistical Applications. Berlin: Springer, 2016. ISBN 978-3-319-30618-6.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Konzultant bakalářské práce: **doc. Ing. Aleš Mizera, Ph.D.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

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

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

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



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

Ve Zlíně dne 8. prosince 2023

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne 27.5.2024

Roman Oulehla

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Bakalářská práce se zabývá úpravou automatického otevírání vyfukovacího lisu na plasty a následného odběru dílu z formy za pomoci šestiosého, robotického manipulátoru. První část práce se zabývá teoretickým informacím z oblasti vyfukování plastů, robotizace a čidel. V části praktické je provedena analýza současného stavu automatického otevírání stroje Kautex KB250. Zjištění nedostatků a jejich vymezení. Následuje návrh bezpečnějšího řešení a úprava programového řešení stroje a odebíracího robota ABB IRB6640. poslední část je věnována ověření úpravy na reálné vyfukovací lince.

Klíčová slova: vyfukovací lis, robot, čidlo, PLC, automatizace

ABSTRACT

Abstrakt ve světovém jazyce

The bachelor's thesis deals with the modification of automatic opening of a blow molding machine for plastics and subsequent removal of the part from the mold using a six-axis robotic manipulator. The first part of the thesis covers theoretical information related to plastic blow molding, robotics, and sensors. In the practical section, an analysis of the current state of the automatic opening process of the Kautex KB250 machine is performed. Identified deficiencies are defined, followed by a proposal for a safer solution and adjustments to the programming of the machine and the ABB IRB6640 removal robot. The final part focuses on verifying the modifications on a real blow molding line.

Keywords: blow molding press, robot, sensor, PLC, automation

Poděkování:

Děkuji vedoucímu práce prof. Ing. Vladimíru Vaškovi, CSc. za odborné vedení, ochotu a pomoc při zpracování mé bakalářské práce. Také děkuji své rodině za trpělivost a podporu během studia.

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

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 CÍL TEORETICKÉ ČÁSTI	10
2 VYFUKOVÁNÍ PLASTŮ	11
2.1 PRINCIP VYFUKOVÁNÍ	11
2.2 VÝHODY VYFUKOVÁNÍ.....	11
2.3 ÚDRŽBA A AUTOMATIZACE	12
2.4 VYUŽITÍ	12
2.5 POPIS STROJE.....	12
2.6 FORMA	13
2.7 OVLÁDÁNÍ STROJE.....	14
2.8 ROZVADĚČ	17
3 ČIDLA	18
3.1 TEPLOTNÍ ČIDLA.....	18
3.2 TLAKOVÁ ČIDLA.....	18
3.3 PRŮTOKOVÁ ČIDLA	19
3.4 POLOHOVÁ ČIDLA.....	19
3.5 MAGNETICKÁ ČIDLA	21
4 ROBOTICKÉ MANIPULÁTORY	22
4.1 ROBOTICKÁ RAMENA	22
4.2 KARTÉZSKÉ ROBOTY	22
4.3 ROBOTY TYPU DELTA	23
4.4 ROBOTY SCARA	25
4.5 ŠESTIOSÉ PRŮMYSLOVÉ ROBOTY	27
4.6 PROGRAMOVACÍ JAZYK RAPID	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
5 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI	32
6 AKTUÁLNÍ STAV OVLÁDÁNÍ OTEVRÍRÁNÍ FORMY	33
6.1 NEDOSTATKY A JEJICH VYMEZENÍ	34
7 BEZPEČNĚJŠÍ NÁVRH	35
7.1 PRO A PROTI JEDNOTLIVÝCH ČIDEL V MÉM POUŽITÍ.....	35
7.1.1 První návrh	35
7.1.2 Druhý návrh	35
7.1.3 Třetí návrh.....	36
7.2 ČIDLO NA FORMĚ A RÁMU	37
7.3 VÝROBA DRŽÁKU NA ČIDLO	38
8 PROGRAMOVÉ ŘEŠENÍ	41

8.1	STRANA ROBOTY	41
8.2	STRANA VYFUKOVACÍHO STROJE	43
8.3	ÚPRAVA PROGRAMU PRO BEZPEČNOSTNÍ PLC	46
9	OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI NA REÁLNÉ VYFUKOVACÍ LINCE	48
9.1	OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI.....	48
	ZÁVĚR	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	53
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM PŘÍLOH.....	57

ÚVOD

V této bakalářské práci se zabývám úpravou vyfukovacího stroje, pro zlepšení odběru dílů z formy za pomoci robotického manipulátoru, kdy manipulátor vjíždí do prostoru otevřené formy a z ní odebírá vyfouknutý výrobek. Po odebrání dílu se forma opět uzavírá a vyfukuje se další díl. Výrobce tento problém má vyřešený, avšak pro naše použití se jedná o nedostatečně zabezpečené řešení a může dojít ke kolizi s robotickým manipulátorem, k jeho zničení, nebo k poškození či zničení formy umístěné na stroji, v nejhorším případě k poškození samotného vyfukovacího stroje.

Pomocí této práce bych rád dosáhl lepšího přídavného řešení, které dokáže zamezit těmto kolizím, popřípadě poškození jakékoliv součásti vyfukovací linky, která by mohla způsobit odstavení výrobní linky nebo dokonce zastavení výroby u zákazníka.

Následně bych toto zařízení zaimplementoval do výrobní linky a upravil programy robotického manipulátoru a vyfukovacího stroje. Po zaimplementování bych ověřil funkčnost stroje úmyslným posunutím zařízení mimo odebírací pozici, a úpravou pozice otevření formy. Následně nechám úpravu ověřit spolupracovníky, jestli funguje, jak má i při jejich zásazích a úpravách.

K psaní této bakalářské práci jsem byl motivován ze svého zaměstnání, ve kterém se vyskytla příležitost s příchodem nového vyfukovacího pracoviště vyřešit tento problém pro bezpečnější fungování výrobní linky. Pracuji jako „Robotik“ (programátor, údržbář a seřizovač robotických manipulátorů) ve dvacet let fungující firmě zabývající se vyfukování plastových komponent, především pro automobilový průmysl, zdravotnický a strojírenský průmysl.

Využil jsem nasbírané vědomosti ze svého studia, především z oborů akčních členů a programování průmyslových robotů. Vědomosti ze zaměstnání několikaletou praxí a chybějící vědomosti jsem si doplnil studiem literatury zabývající se touto problematikou.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CÍL TEORETICKÉ ČÁSTI

Cílem teoretické části je přiblížit danou problematiku z teoretického hlediska, zaměřující se na zabezpečení odběru plastového dílu z vyfukovacího lisu. Částečně seznámit s principem fungování vyfukovací linky a podrobněji se zaměřit na námi potřebné části celku. Pozornost je především věnována vyfukovací jednotce, její komunikaci s robotickým manipulátorem a robotickému manipulátoru samotnému. V neposlední řadě se obeznámit s možnostmi výběru čidel a jejich jednotlivým druhům.

2 VYFUKOVÁNÍ PLASTŮ

Jedná se o výrobní postup pro zpracování termoplastů, při kterém se vhodný termoplast roztaví a následně se tvaruje ve formě pomocí stlačeného vzduchu. Tímto způsobem, lze dosáhnout dutých tvarů, jak již otevřených či uzavřených.

2.1 Princip vyfukování

Vstupní termoplast (často polyethylen, PET nebo polypropylen) v podobě granulátu se v extruderu zahřeje na potřebnou teplotu k dosažení viskoelastického stavu. Následně je tento materiál vytlačený přes trysku ve formě polotovaru „parisonu“ přemístěn do formy požadovaného finálního výrobku. Do ní se zavede stlačený vzduch. Vzduch se nafoukne dovnitř a pomocí něj se roztavený plast roztáhne a vytvaruje podél stěn formy na požadovaný tvar. Pomocí své dočasné elasticnosti se dokáže materiál dostat do téměř jakýchkoliv tvarů. Po vyfouknutí materiálu do finální podoby se materiál zchladí pro udržení svého konečného tvaru. Chlazení je kritický krok, protože zajišťuje, že si výrobek udrží svoji pevnost a nedeformuje se po vyjmutí z formy.

2.2 Výhody vyfukování

Metodou vyfukování lze dosáhnout širokého spektra tvarů a velikostí, které nelze jinými metodami dosáhnout. Proces dokáže vytvořit složité a detailní tvary, což zajišťuje flexibilitu při návrhu výrobků.

Výroba forem pro toto zpracování je méně nákladná a snazší, protože jsou zde použity jednoduché formy. Častokrát pouze vodou chlazené. Formy mohou obsahovat i různé hydraulické či pneumatické pohyblivé tvary, k získání lepší dosažitelnosti složitého tvaru

Tento způsob výroby produkuje minimální množství odpadu, protože většina materiálu je využita ve finálním produktu. Tyto výrobky jsou duté, takže i lehké, což snižuje nejen spotřebu materiálu, ale i náklady na přepravu.

2.3 Údržba a automatizace

U provozu a údržby vyfukovacího stroje samozřejmě závisí na jeho velikosti, složitosti a typu vyráběného výrobku. Obecně lze ale rozdělit pracovníky kolem těchto strojů do minimálně pěti skupin. Základem je člověk, který se stará o chod strojů, vytahuje hotové a zchlazené výrobky apod. Osobou zodpovědnou za běžný provoz stroje, včetně nastavení parametrů, sledování výroby a řešení menších problémů je operátor. Pro řešení těch větších komplikací je potřeba technik, ten se také stará o údržbu, čištění a výměnu opotřebovaných dílů. Někdy je potřeba mít i zaměstnance, který pravidelně kontroluje kvalitu vyrobených produktů, to zajišťuje kontrolor kvality. Nakonec je zde ještě manažer výroby, jenž je zodpovědný za plánování a koordinaci výrobních procesů, aby byla zajištěna efektivita a produktivita.

Z toho plyne, že je potřeba alespoň 3-5 osob na směnu pro základní provoz a údržbu vyfukovacího stroje. Samozřejmě i tyto čísla se dají snížit na jednu až dvě osoby, pokud se do výroby zařadí roboty a celý proces se více zautomatizuje. Například se do výroby může zařadit robot napojený na teplotní čidlo, kdy výrobek zchladne na požadovanou teplotu, vytáhne jej. Další robot vybaven vizualizačním systémem, kamerami a senzory je schopen zkontrolovat kvalitu. Těmito roboty se dá proces téměř dokonale automatizovat, a ještě zvýšit produkci a efektivitu výroby.

2.4 Využití

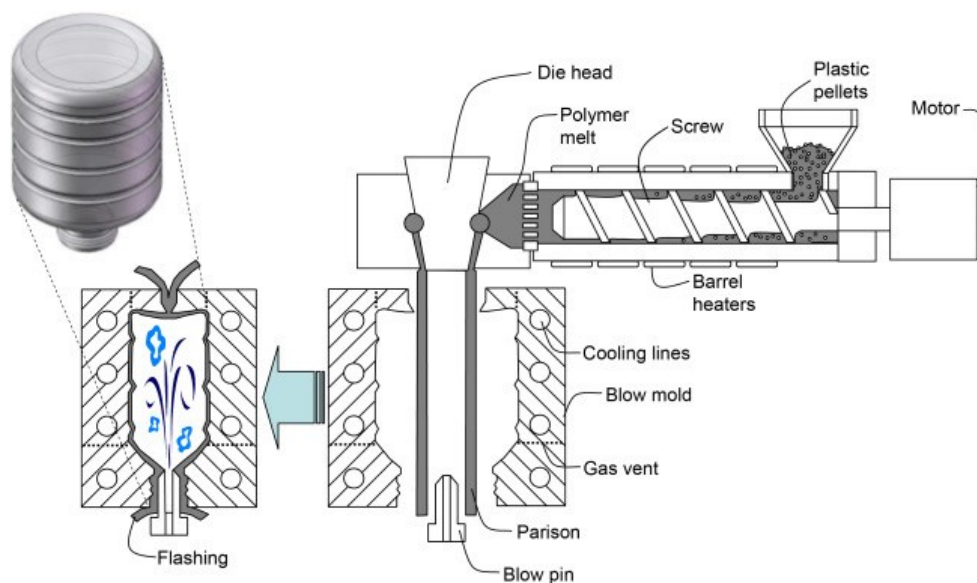
Vyfukované výrobky mají velmi rozsáhlé využití v automobilovém průmyslu, zemědělství, kosmetice, farmacii, potravinářství a dalších mnoha odvětví. Vyrábí se různé plastové nádoby, ofuky skel, nádobky na oštrikovače atd.

2.5 Popis stroje

V první části se vstupní materiál pomocí tepla a tlaku, vytvořené pomocí extrudéru ve tvaru šroubovice, roztaví do viskoelastického stavu. Vstupní materiál se skládá z nového granulátu termoplastů, barviva a regranulátu z předešlé výroby. Následně se dostane do vytlačovací hlavy, ve které se nakumuluje do požadovaného množství potřebné pro zhotovení výrobku. Z vytlačovací hlavy je vytlačen polotovár ve tvaru válce, nazývaného „parison“

do otevřené formy. Po vytlačení dostatečného množství materiálu se forma uzavře. Pomocí „blowpinu“, dutý trn ve tvaru válce, se do formy vpustí stlačený vzduch, pomocí kterého se „parison“ roztáhne a vyplní tak tvar formy.

Po uplynutí požadovaného času na dostatečné ochlazení výrobku se forma otevře a již hotový výrobek společně s přetoky se z ní vyjme. Následně se výrobek očistí od přetoků a pokračuje na další zpracování. Nekontaminované přetoky se dále pomelou na dostatečně jemnou frakci a putují opět do stroje jako vstupní materiál ve formě regranulátu.



Obrázek 1. Nákres vyfukovacího stroje (Science direct, 2017)

2.6 Forma

Forma se vyrábí ve většině případů ze hliníkových slitin. Hliníkové slitiny se používají pro svoji dobrou teplotní vodivost, využívané pro chlazení výrobku. Hliníkové slitiny se opracovávají pomocí moderních CNC technologií.

V designu formy musí být zahrnutý chladicí kanály pro proudící vodu, která ochlazuje samostatnou formu a následně celý výrobek.

Další důležitým prvkem, jsou odvzdušňovací kanálky. Těmito kanálky odchází vzduch uvnitř formy z prostorů, jež zaplní vyfouknutý materiál. Vyfukovací kanálky obsahují sítko, aby se materiál nedostal dále do kanálků a tím znemožnil vytáhnutí výrobku z formy.

Okraje tvaru výrobku musí být dobře dolícovány, aby vznikla co nejmenší mezera mezi půlkami formy a tím vznikla „střížná hrana“. Tato hrana zaručuje, aby šel výrobek dobře oddělit od zbývajících plastu neboli přetoků. Jestliže se takhle hrana mechanickým opotřebením poškodí, může docházet ke špatnému stříhu a tím pádem k nemožnosti oddělit výrobek od přetoků nebo k nedokonalému tvaru výrobku.

Dalšími prvky formy mohou být „jádra“. Pohyblivé části formy, aby se mohl materiál lépe dostat i do složitějších tvarů či záhybu, kam by se materiál bez zasunutí, zmenšení čelnosti formy, nedostal. Tato jádra se následně postupně vysouvají podle načasování v průběhu zavírání formy.

Nezbytnou součástí bývají u většiny výrobků prostřihovač „punch“ jedná se o ostrý z velké míry hydraulicky ovládaný tvar, díky jeho pohybu ve směru druhé půlky formy se do již částečně ochlazeného výrobku, prostřihne díra v požadovaném tvaru. Tyto díry slouží jako montážní očka na další montáž výrobku anebo pro uchycení různých senzorů.

2.7 Ovládání stroje

Ovládání vyfukovacího stroje se skládá z několika hlavních částí. Mezi první se řadí ovládací panel, ke kterému má přístup obsluha stroje, nejčastěji se jedná o seřizovače stroje. Na tomto ovládacím panelu se nachází displej se systémovými parametry, následují tlačítka pro ruční ovládání jednotlivých funkcí stroje. Na displeji lze nastavit rychlost vytlačování, tloušťka nebo profil parisonu. Následně lze ovládat rychlost zavírání formy, časování jader ve formě, čas chlazení výrobku, při kterém je forma uzavřena a další nezbytné parametry pro výrobu.

Z ovládacího panelu jdou jednotlivé pokyny do PLC. PLC je programovatelný logický automat, neboli malý počítač, pracující v reálném čase sloužící k automatizaci, řízení linek, či výrobních strojů. PLC nepřetržitě sleduje stav vstupních parametrů a upravuje výstupní parametry podle v sobě naprogramovaného programu. Charakteristickou vlastností PLC je, že program vykonává v cyklech, které se neustále opakují. Tyto cykly musí mít co nejkratší trvání, aby PLC stihlo zareagovat na změnu vstupních parametrů s co nejmenší odezvou. PLC v novějších strojích nahradilo reléové systémy, kdy je snazší v nových systémech upravovat programy nebo odstraňovat problémy, které v nich vznikly. PLC je oproti

reléovým systémům, které zabírali spoustu prostoru, mnohem kompaktnější, flexibilnější a umožňují sofistikovanější řešení.



Obrázek 2: Reléová logika(SPZ, 2024)

O řízení PLC se stará řídicí logika neboli CPU / procesor. V procesoru je nahrán program z paměti pouze pro čtení ROM. Dále PLC disponuje pamětí RAM, vstupní a výstupní sběrnici a porty pro připojení periferii.



Obrázek 3: PLC (Blaja, 2024)

Pro komunikaci s okolními periferiemi obsahuje PLC vstupní kartu se vstupní sběrnicí, ke které jsou přivedeny signály, jež jsou potřeba pro řízení stroje. Na vstupní kartu mohou být přivedeny binární signály, nabývající hodnoty zapnuto/vypnuto, logická 1 nebo 0 v podobě sepnutí čidel. Spojité analogové signály pro tlakový senzor, teplotní senzor nebo odporový senzor snímající polohu.

Výstupní karta připojená na výstupní sběrnici, jež vysílá zpracované signály dále do stroje, ovládá akční prvky řízeného systému. Výstupy mohou nabývat binárních hodnot, nebo taktéž hodnot spojitých, pro možnost ovládání polohy ventilů nebo rychlosti dopravníků.

PLC může pro svoji komunikaci s periferiemi být připojeno pomocí síťového portu. Tento port se ve většině případů používá pro komunikaci s dalšími PLC přes síťové rozhraní. Na síťový port lze připojit ovládací panel / HMI pro obsluhu, pomocí kterého může obsluha upravovat proces výroby.

Programování PLC probíhá přes síťové rozhraní, buď přímo pomocí ethernetového kabelu, nebo vzdáleně přes síť. Programování probíhá pomocí programovacího jazyka Ladder diagram nebo Strukturovaného textu. Ladder diagram je nejpoužívanější programovací jazyk pro PLC. Jedná se o grafický jazyk, zobrazující relační operace mezi vstupy a výstupy. Obsahuje dvě svislé kolejnice, levá zobrazující vstupy a pravá výstupy. Tyto kolejnice jsou propojeny příčkami s logickými funkcemi. Skenování tohoto programu postupuje zleva doprava a z vrchu dolů. Výstup příčky může být dále použit jako vstup příčky po ní jdoucí. Strukturovaný text se velmi podobá programování pomocí programovacího jazyka Pascal. K programování se využívají výrazy a matematické operace.

2.8 Rozvaděč

V rozvaděči vyfukovacího stroje nalezneme důležité ovládací prvky. Rozvaděč se dělí na část výkonovou a logickou. Ve výkonové části nalezneme hlavní přívod elektrické energie a hlavní vypínač celé vyfukovací linky. V této části rozvaděče se nachází napětí nebezpečné pro lidský organismus, jedná se o třífázové napětí 400 V a jednofázové napětí 230 voltů. Mezi výkonovými součástkami nalezneme jističe a tepelné pojistky, kdyby došlo k náhlému zkratu či přetěžování motorů a tím pádem k jejím větším zahřívání. Dále zde nalezneme frekvenční měniče k motorům, které slouží k regulaci otáček třífázových motorů. Měníče umožňují plynulou či skokovou regulaci rychlosti otáček motoru či jejich reverzaci. Frekvenční měniče slouží jako důležitý prvek v průmyslové automatizaci, kde optimalizují produktivitu a umožňují úsporu energie. Také zde najdeme měniče napětí pro napájení logické části rozvaděče, jedná se převážně o měniče střídavého napětí 230 V na napětí stejnosměrné 24 V. V části logické najdeme již zmíněné PLC starající se o chod celé vyfukovací linky. V této části už najdeme bezpečné napětí pro člověka, nejčastěji se v průmyslu využívá stejnosměrných 24 voltů. Můžeme jich zde najít více a každé může ovládat jinou část automatizace. PLC jsou připojené na svorkovnice ke kterým jsou připojena jednotlivá čidla či relé spínající výkonové prvky stroje. Síťové prvky se nachází v této části taktéž, aby nedocházelo k rušení či zašumění signálů vysokým napětím.



Obrázek 4: Rozvaděč (Martia a.s., 2024)

3 ČIDLA

Čidla jsou jedním z klíčových prvků celé průmyslové automatizace. Umožňují monitorování a řízení různých parametrů. Jedná se o vstupní část automatizace, která přichází do kontaktu s měřenými veličinami. Čidlo se skládá z více částí, jednou z prvních je senzor. Senzor je zařízení, které přichází do přímého kontaktu s měřenou veličinou a následně ji převádí na signál, který je dále zpracovatelný pozorovatelem či elektronikou. Druhou součástí je obal, obal chrání senzor před jeho poškozením. Obal se vyrábí většinou z plastu, ale pro odolnější použití se využívá slitin kovů. Poslední nedílnou součástí je konektor neboli vývod s vodiči, pro připojení k měřicí elektronice. Signál z těchto senzorů se musí následně zpracovat pomocí logické elektroniky v našem případě se jedná o PLC. Čidel se vyrábí nespočetně druhů pro měření různých fyzikálních veličin.

3.1 Teplotní čidla

Měří teplotu prostředí nebo měřené látky. Ve vyfukovacím stroji se využívají pro zjištění teploty taveného materiálu, kontrolují se pomocí nich teploty oleje a chladicí vody, aby nedošlo k přehřívání stroje nebo formy. Termočláanky měří pomocí termoelektrického jevu, kdy se změnou teploty vytváří elektrické napětí na rozmezí dvou odlišných kovů. Použití kovů určuje jejich vlastnosti, rozsah měření teploty a citlivost termočláanky. Tato čidla jsou odolná a dají se využít v mnoha aplikacích. Podle použitého typu článku mají rozsah od $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ až po $2300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Odporová teplotní čidla využívají změny elektrického odporu v závislosti na měřené teplotě. Vyrábí se z elektricky vodivých materiálů, nejčastěji se používá nikl, měď, platina nebo slitiny niklu a železa. Odpor těchto odporových čidel se mění v určitém teplotním rozsahu po již předem definované charakteristice. Při napájení senzoru konstantním proudem lze změnu odporu i teploty odvodit ze změny napětí. Odporová čidla se využívají v aplikacích, kde je potřeba vysoká přesnost a stabilita měření.

3.2 Tlaková čidla

Tlaková čidla jsou zařízení, měřící tlak na vstupu čidla. Výstup naměřené hodnoty je následně převeden na elektrický signál, který charakterizuje aplikovaný tlak. Ve vyfukovací lince se využívají k přesnému změření tlaku hydraulického oleje, pohánějící vytlačování

roztaveného materiálu / parisonu nebo uzavírání formy. Piezoelektrická tlaková čidla generují elektrický signál na základě mechanického tlaku. Vyráběny jsou z látek jako je křemen, kdy se při jejich deformaci vytvoří náboj na jejich povrchu. Piezoelektrické snímače se využívají v aplikacích, kde dochází k rychle se měnícímu tlaku. Kapacitní tlaková čidla měří pomocí změny kapacity mezi dvěma elektrodami v závislosti na tlaku. Kapacitní čidla jsou vysoce citlivé a dokážou odolávat velkým přetížením. Čidla mají schopnost měřit nízký tlak i pod 10 barů. Odporové tlakové snímače využívají změnu elektrického odporu na tenzometru, který je připojen k membráně.

3.3 Průtoková čidla

Průtoková čidla měří průtok plynů a kapalin v systému. Čidla měří průtok vždy v určeném prostoru s předem specifikovaným geometrickým tvarem. Na stroji jsou tato čidla použita pro zjištění dostatečného průtoku chladicí vody pro hydraulické oleje. Při zjištění nedostatečného průtoku by mohlo dojít k přehříváním hydraulického oleje a k jeho následné degradaci. Ultrazvuková průtoková čidla měří průtok za pomoci ultrazvuku. Ultrazvukové vlny se odráží od částic kapaliny a přijímač vyhodnotí rozdíl rychlostí vln vyslaných od rychlosti vln přijatých a odražených. Výsledek neovlivňují vlastnosti měřených materiálů. Elektromagnetická průtoková čidla měří průtok kapaliny na základě elektromagnetické indukce, pro toto čidlo musí být kapalina elektricky vodivá. Proudící kapalina v měřící trubici indukuje mezi dvěma elektrodami elektrický proud. Velikost tohoto proudu závisí na rychlosti proudící kapaliny a je jí přímo úměrná. Elektromagnetická čidla jsou velmi přesná a spolehlivá. Díky absenci pohyblivých částí v jejich konstrukci se minimalizuje jejich opotřebení a servis. Elektromagnetická čidla jsou vhodná pro široký rozsah průtoků a dokážou měřit i kapaliny při vysokých teplotách.

3.4 Polohová čidla

Polohová čidla slouží k měření pohybu nebo k zaznamenání změny pohybu v určitém směru. V průmyslu se používá několik druhů polohových čidel. Indukční snímače polohy fungují na principu indukce proudu na čidle. Kdy se mezi dvěma elektrodami naindukuje napětí. Zaznamenávaný materiál musí být vodivý, aby jej bylo možné zaznamenat. Indukční čidla se nejčastěji využívají pro detekci kovového materiálu na dopravnících jako detektory kovu. Detektory kovu bývají finančně nákladné, ale dokážou s velmi velkou

citlivostí zaznamenat i velmi malé kovové objekty, které by mohli v další části výrobní linky napáchat velké škody.

Mechanická čidla fungují na principu, kdy se pomocí mechanického pohybu posune kulička a tím sepnou kontakty čidla. Mechanická čidla jsou velmi jednoduchá, cenově dostupná a spolehlivá. Využívají se pro detekci pohybu dveří, polohy šuplíku a jiných pohyblivých částí.

Optické snímače polohy využívají proudy světelného paprsku k detekci polohy. Jsou citlivá na změnu světelného signálu, který vysílají a následně druhá část senzoru jej přijímá. Optická čidla dokážou snímat velmi různorodé materiály. Tento optický senzor dokáže snímat přítomnost materiálu na vzdálenosti od pár milimetrů, do několika metrů. Optická čidla mohou mít vysílač i přijímač v jednom obalu, tyto čidla se využívají pro detekci objektu na krátké vzdálenosti, k prodloužení této detekce se využívají čidla s reflexním zrcátkem na druhé straně snímaného prostoru, kdy se paprsek odrazí od zrcátka a čidlo jej přijme, jakmile se do této oblasti dostane předmět, tak se paprsek odrazí jiným směrem a do přijímače se nedostane. Tím čidlo vyhodnotí, že je předmět v dané oblasti. Na velké vzdálenosti se používají optické závory. Optická závora se skládá ze dvou částí vysílače a přijímače. Vysílač odesílá optické paprsky směrem k přijímači a ten je detekuje. Jakmile se do oblasti dostane nějaký předmět či osoba, tok paprsků je přerušen a optická závora detekuje přítomnost předmětu v jejím prostoru.

Optické závory se využívají pro zabezpečení prostoru stroje, kdy pomocí jejího přerušování může dojít k zastavení stroje. Další využití může být k detekci vyjetí kusu z prostoru formy, aby se zamezilo znovu zavření formy a možnému jejímu poškození v případě, že by výrobek nevyjel ze stroje. Kapacitní senzory fungují na principu měření kapacity mezi dvěma elektrodami. V případě změny kapacity dojde k detekování objektu. Kapacitní čidla se využívají především pro detekci nevodivých materiálů. Odporové polohové čidlo využívá daného odporu materiálu. Čidlo určuje vzdálenost pomocí jezdce s vodivým kontaktem, pohybující se po vodivé cestě. Pomocí pohybu jezdce se mění délka vodivé cesty a tím i její odpor, podobně jak tomu je u potenciometru. Vodivé cesty jsou tvořeny pomocí vinutého drátu, nebo dnes již více oblíbeného jakostního vodivého plastu. Pomocí plastového vodiče je dosahováno lepších parametrů. Senzory v tomto případě dosahují lepšího rozlišení, kdy se obyčejná čidla pohybují v rozlišení kolem 0,01mm, a lze měřit při vyšších rychlostech posunu. Tyto vyšší rychlosti mají ale za následek větší opotřebení čidla a může docházet k vibracím a tím způsobeným odskokům jezdce z vodivé cesty a ztráty napětí. Odporová

čidla mají výhodu v měření absolutní vzdálenosti. To znamená, že i v možném výpadku proudu se hodnota zachovává. Odporová čidla mohou měřit pohyb na rozsahu od pár milimetrů po jednotky metrů. Magnetická polohová čidla fungují na principu snímání magnetických pulsů z magnetického pásku, který je tvořen magnety, jež jsou střídavě svojí polaritou naskládány vedle sebe. Pohybem po tomto pásku jsou ve snímací hlavě generovány pulsy elektrického signálu, který je nadále zpracováván.

3.5 Magnetická čidla

Magnetické bezpečnostní spínače jsou čidla hojně využívána v průmyslu pro zabezpečení polohy krytů, dveří nebo závor. Slouží k zabezpečení stroje a zařízení, kdy tyto kryty a dveře musí být v zavřených polohách, aby mohlo zařízení v těchto zónách pracovat. Jsou součástí bezpečnostních prvků na vyfukovacích lisech a robotických zařízení či obráběcích strojích. Magnetické spínače fungují na bázi magnetického pole. Skládají se z magnetického kontaktu a magnetického aktuátoru. Jakmile jsou dveře nebo kryty uzavřeny, tak se magnetický aktuátor nachází v blízkosti magnetického kontaktu a dochází k uzavření elektrického obvodu. Kódované magnetické spínače obsahují integrované výstupy, které lze spínat stykači. Používají se společně s bezpečnostními relé, kdy mají více spínacích či rozpínacích kontaktů, aby nemohlo dojít k jejich náhodnému zkratování kontaktů. V tomto případě by byl spínač pořád sepnutý, i kdyby byly dveře otevřeny. Bezkontaktní magnetické spínače se využívají ke sledování polohy oddělovacích bezpečnostních zařízení, jako jsou pneumatické dveře, kdy se cyklus nespustí, dokud nejsou zavřené. Bezpečnostní magnetické spínače jsou jedním ze článků pro získání bezpečnostní certifikace vyfukovacích strojů.

4 ROBOTICKÉ MANIPULÁTORY

Jedná se o stroje, které byly navrženy na vykonávání určitých úloh a usnadnění práce lidem. Robotický manipulátor může být součástí automatizovaného systému, kde provádí stále opakující se činnost nebo může být navrhnout, aby interagoval s okolním prostředím.

Vyrábí se v mnoha variantách lišících se svými schopnostmi a jejich využitím. Běžné průmyslové manipulátory mají 4-6 stupňů volnosti (DOF = Degrees of Freedom), přičemž každý stupeň představuje jeden určitý směr pohybu. Tímto pohybem může být otáčení nebo posun. Dalším důležitým faktorem z hlediska funkčnosti může být i typ pohonu, který je na daném manipulátoru použit. Nejčastěji to bývá elektrický servomotor nebo hydraulický, či pneumatický pohon.

4.1 Robotická ramena

Robotická ramena jsou druhem mechanických ramen, které jsou programovatelné a mají podobnou funkci jako lidská paže. Ramena se obvykle skládají z několika článků a kloubů, které napodobují rameno, loket a zápěstí. Tyto klouby umožňují buď pohyb rotační nebo translační. V kloubech bývají umístěné převodovky a na ně napojené elektromotory.

Setkat se s nimi můžeme v průmyslu nebo oblastech výzkumu a vědy.

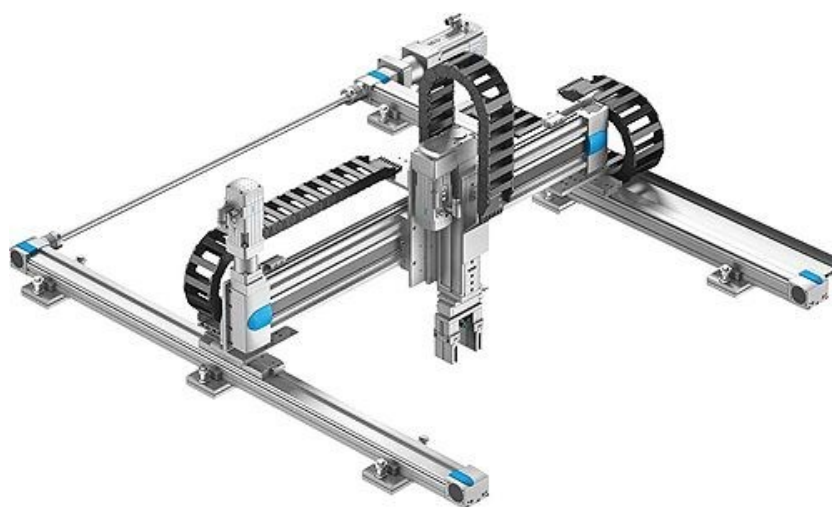
4.2 Kartézské roboty

Kartézský robot, neboli portálový robot se pohybuje v kartézském souřadnicovém systému. Jeho konstrukce bývá jednodušší a robustnější, než u jiných druhů manipulátorů. Díky kartézské souřadnicové sestavě je řízení pohybů jasnější a často jednodušší než u robotů s více stupni volnosti nebo kloubovými konfiguracemi. Jeho rameno se skládá ze tří hranolových spojů a jsou na sebe kolmé. Funguje na velmi podobném principu jako portálový jeřáb, kdy je schopný provádět pohyby do stran, nahoru a dolů, při doplnění čtvrté rotační osy je schopen s břemenem ještě rotovat kolem osy Z.

Nejčastěji se tento druh manipulátorů používá pro úkoly typu pick and place, kdy robot na jednom místě břemeno uchopí, poté jej přemístí a na druhém místě jej pustí. Velké využití najdou v paletizaci produktů, ve které robot skládá produkty na palety z výrobní

linky, nebo naopak může robot vykládat z palet a plnit výrobky výrobní linku. Nadále se portálové manipulátory využívají pro zakládání obrobků do obráběcích strojů, kde je potřebné přesné založení většinou těžkých břemen. Po umístění rotačního vřetene lze kartézský robot použít jako tříosý CNC obráběcí stroj, pomocí kterého lze obrábět různé materiály.

Ve spojení s druhým kartézským robotem lze vytvořit automatické pracoviště do kde bude jeden robot zakládat materiál k opracování a druhý jej opracovávat a vytvořit tak plně automatizované pracoviště bez nutnosti nepřetržité obsluhy.



Obrázek 5: Kartézský robot (IbizKart, 2024)

4.3 Roboty typu Delta

Delta roboty představují špičku v oblasti průmyslové automatizace, známý svou rychlostí, přesností a flexibilitou. Tyto roboty fungují na principu paralelní kinematiky, což znamená, že využívají několik paralelních ramen připojených k pevné základně. Ramena jsou rozmístěna do tvaru pyramidy a jsou spojena s pohyblivou plošinou, která se pohybuje v pracovní oblasti robota. Díky této konstrukci mohou Delta roboty dosahovat velmi rychlých a přesných pohybů, což je činí ideální pro úkoly vyžadující vysokou rychlost a preciznost.

Tento vysokorychlostní šestiosý delta robot se dokonale hodí pro sběr, balení a kompletaci. Třiosé zápěstí dovoluje volně otáčet obrobky a nástroje podle potřeb aplikací kompletace. Inteligentní konstrukce současně zaručuje optimální využití dostupného pracovního prostoru. [4].

Roboty jsou často konstruovány z nerezové oceli a díky tomu široce využívány v různých průmyslových odvětvích. V potravinářském průmyslu se používají pro balení a třídění produktů, v elektronickém průmyslu pro montáž součástek a farmaceutickém průmyslu pro manipulaci s léky nebo zdravotnickými materiály. Jejich schopnost provádět několik set operací za minutu zvyšuje efektivitu výroby a snižuje náklady na pracovní sílu a lidské zdroje. Flexibilita Delta robotů umožňuje jejich rychlé přeprogramování pro různé úkoly, což je výhodné pro výrobní linky, které často mění sortiment nebo výrobní procesy.

Jednou z největších výhod Delta robotů je jejich rychlost. Díky lehké konstrukci a paralelní kinematice mohou dosáhnout vysokých rychlostí a zrychlení, což z nich činí jednu z nejrychlejších technologií v oblasti robotiky. Přesnost je další klíčovou výhodou. Delta roboty mohou vykonávat úkoly s vysokou opakovatelností a precizností, což je důležité pro aplikace vyžadující přesnou manipulaci s malými a citlivými komponenty. Flexibilita jejich konstrukce umožňuje snadnou integraci s dalšími zařízeními nebo systémy, což zvyšuje jejich využitelnost v různorodých procesních prostředích.

Nicméně, tyto stroje mají také své nevýhody. Jednou z hlavních je omezený pracovní prostor ve srovnání s tradičními robotickými rameny. Zatímco Delta roboty excelují v rychlých a přesných pohybech v malém pracovním prostoru, nejsou vhodné pro aplikace vyžadující manipulaci s většími objekty nebo ve větších vzdálenostech. Další nevýhodou je složitější jejich údržba a kalibrace. Kvůli komplexní paralelní konstrukci mohou být údržba i opravy složitější a časově náročnější, což může zvýšit provozní náklady.

Delta roboty se také odlišují od jiných typů robotů, používaných ve stejných průmyslových odvětvích, jako jsou sériová robotická ramena. Zatímco sériová ramena mají větší pracovní prostor, a mohou manipulovat s těžšími předměty, Delta roboty jsou optimalizovány pro rychlost a přesnost v menších pracovních oblastech. Tato odlišnost umožňuje jejich specializované využití tam, kde je klíčová rychlá a přesná manipulace s menšími objekty.

V souhrnu lze říct, že Delta roboty představují významný pokrok v oblasti průmyslové automatizace. Jejich schopnost kombinovat rychlost, přesnost a flexibilitu je činí neocenitelnými v mnoha výrobních procesech. Přestože mají své nevýhody, jejich

specializované schopnosti je činí nenahraditelnými v určitých aplikacích, což jim zajišťuje jejich důležité místo v moderním průmyslu.



Obrázek 6: Delta robot (ABB, 2024)

4.4 Roboty SCARA

Jejich názvem je krátká pro Selective Compliance Assembly Robot Arm nebo Selective Compliance Articulated Robot Arm. Představují významnou součást moderní robotiky. Tyto roboty jsou navrženy především pro úkoly, které vyžadují vysokou přesnost, rychlost a opakovatelnost, což je činí ideálními pro montážní operace, manipulaci s materiály, balení a další výrobní procesy.

Fungování SCARA robotů je založeno na specifickém designu, který umožňuje selektivní shodu. To znamená, že jsou pevné v ose Z (vertikální pohyb), ale mají určitou pružnost v osách X a Y (horizontální pohyb). Tento specifický pohybový vzor umožňuje robotům efektivně vykonávat úkony, které zahrnují montáž a manipulaci s komponenty na výrobních linkách. SCARA roboty jsou obvykle vybaveny čtyřmi stupni volnosti: rotační pohyb kolem základny, dvě rotační ramena a vertikální pohyb zápěstí, což jim umožňuje přesné umístění a manipulaci s objekty.

Konstrukčně se SCARA roboty skládají z několika hlavních částí. Základna, která je pevně ukotvena, poskytuje stabilitu celému systému. Na této základně je namontováno první rotační rameno, které je následováno druhým, což umožňuje dosažení širokého pracovního prostoru. Poslední částí je vertikální osa, která umožňuje pohyb nahoru a dolů.

Díky této konstrukci jsou SCARA roboty schopny dosáhnout vysoké rychlosti a přesnosti, což je činí ideálními pro úkoly vyžadující rychlé a opakované pohyby.

SCARA roboty nacházejí široké uplatnění v různých průmyslových odvětvích. Ve výrobě elektroniky se používají pro montáž malých komponentů, kde je vyžadována vysoká přesnost a opakovatelnost. V automobilovém průmyslu se využívají pro montáž dílů, manipulaci s materiály a kontrolu kvality. Potravinářský průmysl také těží z jejich schopností při balení a manipulaci s produkty, kde je důležitá rychlost a hygiena.

Výhody těchto robotů jsou zřejmé. Díky jejich konstrukci a specifickému pohybovému vzoru dosahují vysoké rychlosti i přesnosti. Jsou také velmi flexibilní a mohou být snadno integrovatelné do stávajících výrobních linek. Jejich kompaktní design šetří místo, což je výhodné pro prostředí s omezeným prostorem. Další výhodou je jejich relativně nízká cena ve srovnání s jinými typy průmyslových robotů, což je činí atraktivními pro menší a střední podniky.

Na druhou stranu, SCARA roboty mají také své nevýhody. Jednou z hlavních omezení je jejich pracovní prostor, který je omezený na horizontální rovinu s omezeným vertikálním dosahem. To může být limitující v aplikacích, kde je potřeba větší vertikální pohyb nebo složitější manipulace. Další nevýhodou je, že jejich pružnost v osách X a Y může být nevhodná pro aplikace, které vyžadují absolutní tuhost ve všech směrech.

SCARA roboty se odlišují od jiných průmyslových robotů, jako jsou kartézské roboty, delta roboty nebo šestiosé roboty, hlavně ve své konstrukci a způsobu pohybu. Kartézské roboty se pohybují v pravoúhlých osách a jsou velmi přesné v lineárních pohybech, ale postrádají flexibilitu SCARA robotů. Delta roboty, na druhé straně, jsou navrženy pro rychlé pick-and-place aplikace a mají velmi vysokou rychlost, ale jejich konstrukce je složitější a mají omezený pracovní prostor. Šestiosé roboty poskytují maximální flexibilitu a schopnost manipulace ve všech směrech, ale jsou často dražší a složitější na programování a údržbu.

Ovládání je zajištěno pomocí pokročilých řídicích systémů, softwaru a programovacího jazyka RAPID. Tyto systémy umožňují programování komplexních úkolů, nastavení parametrů a sledování výkonu robota v reálném čase.

Moderní roboty jsou často vybaveny senzory a kamerami, které zajišťují přesnou navigaci i se schopností reagovat na změny v pracovním prostředí. Integrace těchto robotů

do výrobních linek často vyžaduje spolupráci s inženýry a techniky, kteří mohou přizpůsobit nastavení a programování specifickým potřebám aplikace.

SCARA roboty tedy představují klíčový nástroj v moderní výrobě, kde je vyžadována rychlost, přesnost, opakovatelnost. Jejich konstrukce a pohybové schopnosti je činí ideálními pro řadu aplikací, od montáže malých komponentů až po manipulaci s materiály a balení. I přes některé nevýhody, jako je omezený pracovní prostor, zůstávají SCARA roboty oblíbenou volbou díky své efektivitě, flexibilitě, k tomu i relativně nízkým nákladům. S neustálým vývojem v oblasti robotiky a automatizace můžeme očekávat, že SCARA roboty budou i nadále hrát důležitou roli v průmyslové výrobě a přispívat k jejímu dalšímu pokroku.



Obrázek 7: SCARA robot (ABB, 2024)

4.5 Šestiosé průmyslové roboty

Šestiosé průmyslové roboty jsou jedním z nejpokročilejších typů robotů používaných v moderních průmyslových aplikacích. Díky své sofistikované konstrukci a širokým možnostem využití jsou také klíčovým nástrojem ve výrobních procesech napříč různými odvětvími. Základní princip fungování těchto robotů spočívá v jejich schopnosti se pohybovat ve všech šesti stupních volnosti, což jim umožňuje provádět komplexní a přesné pohyby. Tyto stupně volnosti zahrnují tři rotační a tři lineární osy, které dohromady zajišťují, že robot může provádět pohyby ve všech třech kartézských směrech a rotovat kolem všech os.

Konstrukce je navržena tak, aby maximálně využila jejich pohybové schopnosti. Základní konstrukční prvky zahrnují robustní základnu, která poskytuje stabilitu a podporuje rotaci kolem vertikální osy. K základně je připojeno rameno, které se může pohybovat

nahoru a dolů, což umožňuje vertikální manipulaci. Předloktí je připojeno k rameni a může se pohybovat dopředu a dozadu, což přidává další dimenzi pohybu. Zápěstí robota se skládá ze tří částí: první část zajišťuje rotaci kolem osy předloktí, druhá část umožňuje naklápění zápěstí nahoru a dolů a třetí část umožňuje otáčení zápěstí kolem jeho vlastní osy. Tato komplexní struktura kloubů a os poskytuje robotům jejich charakteristickou flexibilitu a preciznost.

Díky technologii OmniCore™ dosahují nové roboty nejlepšího řízení pohybu ve své třídě s přesností dráhy až 0,6 mm, a to i v případě, že pracuje několik robotů současně při vysoké rychlosti až 1600 mm/s a manipuluje díly s hmotností až 620 kg. [10]

Šestiosé roboty nacházejí uplatnění v široké škále průmyslových aplikací. Jedním z nejběžnějších použití je svařování. Při něm díky své přesnosti a schopnosti pracovat v těžko přístupných místech mohou snadno manipulovat se svařovacími hlavicemi a zajistit konzistentní svary. V elektronickém průmyslu se používají k montáži drobných součástek, přičemž jejich přesnost je klíčová pro sestavení složitých zařízení, jako jsou počítače, mobilní telefony. V potravinářství a logistice jsou tyto roboty využívány k balení produktů a umísťování krabic na palety, díky své mobilitě a rychlosti jsou velmi efektivní. Zvládají různé typy produktů i obalů. Mohou být také vybaveny nástroji pro řezání, vrtání, broušení nebo téměř jakoukoliv povrchovou úpravu, což je činí nepostradatelnými pomocníky v obrábění kovů a dalších materiálů. Díky možnosti přesného a jemného pohybu mohou provádět detailní kontrolu výrobků, detekovat vady a zajistit vysokou kvalitu výroby.

Výhody šestiosých robotů zahrnují jejich vysokou všestrannost, přesnost a schopnost pracovat v náročných podmínkách. Díky své univerzálnosti mohou být přizpůsobeny různým úkolům, což z nich činí velmi efektivní nástroj pro zvýšení produktivity a kvality výroby. Umožňují také automatizaci procesů, které by bylo pro lidské pracovníky příliš nebezpečné nebo únavné, což přispívá k bezpečnějšímu a zdravějšímu pracovnímu prostředí.

Navzdory mnoha výhodám mají i tyto stroje také své nevýhody. Jednou z těchto hlavních je jejich vyšší, což může být překážkou pro menší firmy. Kromě toho vyžadují složitou údržbu a mohou být náročnější na programování, což znamená, že je třeba investovat do specializovaného školení pro obsluhu a údržbu. Dalšími nevýhodami mohou být jejich velikost a hmotnost, to omezuje jejich použití v menších prostorách.

Ve srovnání s jinými roboty ve stejných průmyslových sférách, jako jsou čtyřosé nebo pětiosé roboty, nabízejí ty šestiosé vyšší úroveň flexibility a schopnost provádět složitější

úlohy. Čtyřosé nebo pětiosé stroje jsou často jednodušší a levnější, což je dělá vhodnějšími pro aplikace, kde není potřeba tak velká míra pohyblivosti a preciznosti. Na druhé straně šestiosé roboty vynikají v aplikacích vyžadující složitější manipulaci a akurátní polohování. A proto bývají preferovanější volbou pro práci, která vyžaduje sofistikovanější úroveň detailů i kvality.

Objektivně lze říct, že šestiosé průmyslové roboty představují špičku v oblasti robotické automatizace, díky své schopnosti provádět komplexnější pohyby a přizpůsobit se různorodějším úlohám. Jejich využití napříč celým průmyslem je důkazem jejich univerzality a efektivity. I přes některé nedostatky, jako je již zmíněná vyšší cena, náročnější údržba a rozměry, jejich přínosy v podobě zvýšení produktivity, kvality a bezpečnosti práce často převažují.



Obrázek 8: Šestiosý robot (ABB, 2024)

4.6 Programovací jazyk Rapid

RAPID je vysokoúrovňový programovací jazyk vyvinutý společností ABB pro jejich průmyslové roboty, podobný programovacímu jazyku C++. Je navržen tak, aby umožňoval snadné a efektivní programování robotických operací. Je široce používán v průmyslových

aplikacích. Struktura programů je modulární, což znamená, že kód je organizován do modulů obsahujících proměnné, konstanty, funkce a procedury. Každý modul má hlavní proceduru, která definuje hlavní program.

V jazyce RAPID se používají různé datové typy, jako INTEGER (celé číslo), REAL (reálné číslo), BOOLEAN (logická hodnota) a STRING (řetězec). Pro práci s komplexními daty jsou k dispozici strukturované typy, jako je ARRAY (pole) a RECORD (záznam). Příkazy pro řízení toku programu zahrnují podmíněné příkazy (IF, ELSE), smyčky (FOR, WHILE, REPEAT) a příkazy pro ukončení smyčky nebo přeskočení (EXIT, CONTINUE).

Pohybové příkazy jsou klíčové pro ovládání robotů. Například příkaz MoveJ slouží k provedení kloubového pohybu, kde se robot pohybuje po nejkratší, nejrychlejší a energeticky nejméně náročné cestě mezi dvěma body. Příkaz MoveL zajišťuje lineární pohyb, při kterém se robot pohybuje po přímce mezi dvěma body. Dalším příkazem je MoveC, jedná se o nejméně využívaný pohyb, který umožňuje kruhový pohyb, při němž robot vykonává pohyb po oblouku. Pozice robotu jsou definovány pomocí proměnných typu robtarget, které obsahují informace o poloze a orientaci koncového efektoru robota v pracovním prostoru.

Typický program začíná definicí modulu a hlavní procedury. Například hlavní procedura může vypadat takto: PROC main(). Uvnitř této procedury mohou být umístěny příkazy pro pohyb, jako je MoveJ pPoint1, v200, z50, tool0;, což znamená, že robot se přesune do pozice pPoint1 s rychlostí 200 mm/s, s definovanou zónou přesnosti 50mm a s použitím nástroje tool0. Další příkaz, MoveL pPoint2, v300, z10, tool0;, způsobí lineární přesun do pozice pPoint2 s rychlostí 300 mm/s, s definovanou zónou přesnosti 10mm a s použitím nástroje tool0.

Definice pozic může být realizována pomocí konstant, například CONST robtarget pPoint1:= [[150,-20,200],[1,0,1,0],[0,0,1,0,1,1,0,0]]; ve kterém jsou specifikovány souřadnice a orientace koncového natočení efektoru. RAPID také podporuje multitasking, což umožňuje provádění více úkolů současně a je to velmi užitečné pro složité procesy vyžadující paralelní operace.

RAPID je navržen tak, aby byl přehledný a strukturovaný, což usnadňuje rychlé psaní a přehlednou údržbu kódu. Díky tomu, že se dobře přizpůsobuje různým aplikacím je mocným nástrojem pro programování průmyslových robotů ABB. Vývojové prostředí, jako je RobotStudio, poskytuje nástroje pro psaní, úpravu a simulaci kódu. To dále zvyšuje efektivitu při programování robotických systémů.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI

Po teoretické části, která je pojata v obecné rovině, se zaměřím na aplikaci těchto získaných a uvedených teoretických poznatků v části praktické. Prozkoumám, jak funguje momentální mechanismus otevírání formy a popíši problémy s ním související. Mým cílem je se na problém zaměřit, posoudit jaké případné řešení by mohla být funkční a navrhnout podle toho lepší možnost zmíněného postupu. Vybrané řešení ještě přezkoumám s ohledem na bezpečnost. Navrhnou program k jeho realizaci, dovedu jej do finální verze a ověřím funkčnost přímo v praxi.

6 AKTUÁLNÍ STAV OVLÁDÁNÍ OTEVRÍRÁNÍ FORMY

Ovládání otevírání formy na vyfukovacím zařízení Kautex KB250 probíhá pomocí systému řízení z PLC stroje. Forma se otevírá a zavírá na základě nastaveného časování pohybů a na signálech z čidel. Forma se nastaví do základní polohy pomocí nastavených hodnot drah a z odečtu aktuální polohy pozice formy. Po získání aktuální polohy z polohového odporového čidla se pomocí hydraulických válců posune forma do nastavené polohy. Spodní i horní přítlačné nůžky zajedou na koncové magnetické snímače umístěné na pneumatických válcích, jež pohybují přítlačnými nůžkami, sloužící ke spojení parisonu, pro možnost jeho vyfouknutí.

Následně se blowpin vrátí hydraulicky na své základní místo. Toto místo je hlídáno za pomoci indukčního čidla, které reaguje na pohyb celé základny jejíž součástí je blowpin. Po dosažení základní polohy všech pohyblivých částí lze stroj zpustit do automatického cyklu. Po spuštění cyklu se forma přivře na nastavenou hodnotu, ve které čeká, dokud se nevytlačí parison z hlavy. Před vytlačením materiálu se zvedne blowpin na koncovou polohu a forma se za pomoci nastavených rychlostí a pozic úplně zavře.

Rychlost pohybu formy se odečítá z polohového mechanického čidla a tlaku hydraulické kapaliny, která je do uzavíracích válců vpouštěna. Při zavírání formy se pustí předfuk, kdy je parison rozšířen stlačeným vzduchem vháněným blowpinem do správné šířky pro dosažení všech míst formy. Při zavírání se podle načasování současně s formou zavírají spodní nůžky, které stlačí parison a na tomto místě jej slepí k sobě. Po plném zavření formy se do ní pomocí blowpinu fouká stlačeným vzduchem, jež vyfoukne parison do tvaru formy a zavrou se horní nůžky. Jakmile uběhne čas potřebný k vyfouknutí dílů, zajede základna s blowpinem dolů a forma se začne společně se spodními nůžkami otevírat do své otevřené polohy.

Po dosažení nastavené hodnoty pro otevření formy, dojetí spodních nůžek a blowpinu na koncovou polohu jsou splněny všechny podmínky pro vjetí robota do prostorů otevřené formy. Robot najede k dílu zapne vakuum pro jeho uchycení. Následně posílá signál stroji k otevření horních nůžek, jež držely díl na jedné straně formy a posílá signál k vytlačení vyhazovačů (výtlačných pneumatických válců ve formě) pro vytlačení dílu z formy. Po odebrání dílu robot odjíždí na pozici, ve které čekal na otevření formy. Zde čeká na signál z optického čidla umístěného v chapadle, zda je tam díl. Jakmile čidlo díl nevidí, tak robot posílá signál do stroje, že neodebral díl, a tudíž stroj dále nepokračuje a zastaví se. V opačném případě stroj pokračuje do základní polohy a nadále novým cyklem.

6.1 Nedostatky a jejich vymezení

Z analýzy aktuálního stavu jsem vyhodnotil některé nedostatky originálního řešení. V prvním případě může náhle vlivem otřesů a opotřebení nebo únavou materiálu dojít k poškození polohového odporového čidla a při otevírání formy může dojít k dřívějšímu sepnutí nastavené hodnoty pro otevření a při zajištění spodních nůžek a blowpinu do koncových poloh se splní všechny potřebné podmínky pro vjezd robota k nabírání. Robot tak může nabourat do skoro uzavřené formy.

Největší nedostatek spatřuji v možnosti, kdykoliv během cyklu upravit hodnotu pozice pro otevření formy, bez nutnosti úpravy nabírací pozici robota. Forma dojde na přenastavenou hodnotu a s dojetím spodních nůžek a blowpinu na koncové polohy pošle signál robotu, že může vjet do formy. V lepším případě bude pozice otevření větší, než původně nastavená hodnota, ze které robot odebíral. A robot pouze neodebere díl. V tom horším bude forma méně otevřená a robot do ní následně narazí a může dojít k nenávratnému poškození formy či chapadla robota.

Další rizikový okamžik nastává v případě, když robot odebírá díl a forma se samovolně přivře z důvodu špatného uzavření hydraulického ventilu nebo nedostatečnému protitlaku v otevíracím válci. Při přivření dojde k zatlačení formou na chapadlo robota a robot se následně ocitne v kolizi. Při resetování robota z kolize je čidlo pro kontrolu nabraného dílu v matici sepnuté a stroj neví o předchozím chybovém stavu manipulátoru, tudíž může pokračovat dále v cyklu, i když se robot může stále nacházet v prostoru formy. Při pokračování cyklu by došlo k destrukci chapadla, popřípadě robotického ramene či formy.

7 BEZPEČNĚJŠÍ NÁVRH

Při hledání vhodného řešení jsem vymýšlel především jednoduché a finančně dostupné řešení. Přidáním jednoho vhodného čidla mi přijde jako dobrý nápad, který nebude potřebovat extrémně velké a nákladné úpravy stroje či robotického manipulátoru nebo zásah externí firmy pro úpravu. Po ověření dostupnosti volných vstupních svorek na PLC mi nebránilo nic jiného, než začít s úpravou programů a výrobou vhodného úchytu čidla. V případě, že by nebyly volné vstupy na PLC, musela by se k PLC dokupovat vstupně-výstupní karta pro rozšíření vstupů a výstupů a následovala by větší úprava v programu stroje.

7.1 Pro a proti jednotlivých čidel v mém použití

Při výběru čidla jsem měl několik kandidátů, ne všichni se ale nakonec osvědčili jako vhodná varianta z důvodu nevhodného počtu spínaných kontaktů nebo příliš velkého rozptylu snímání.

7.1.1 První návrh

První mě napadlo osadit stroj obyčejným mechanickým čidlem. Zprvu se tato varianta zdála jako přijatelná, ale po ozkoušení se vyskytli určité nedokonalosti. Mechanické čidlo má příliš velký spínací rozsah, který zde není vhodný. Při odzkoušení se nám stalo, že čidlo bylo sepnuté i při pohybu formou o 15 mm. Druhým neduhem tohoto čidla bylo, že se jedná pouze o jednokanálové čidlo, jež může zůstat stále v sepnutém stavu i při zavření formy. Může dojít k napálení kontaktů a následnému spečení a uzavření obvodu, tudíž by bylo čidlo stále sepnuté. Třetí možností, jak toto čidlo obejít, je jej mechanicky sepnout a aretovat jej v sepnuté poloze.

7.1.2 Druhý návrh

Druhá varianta je v podobě optického čidla. Toto čidlo je přesnější jak čidlo mechanické, avšak v případě většího otevření formy zůstává stále sepnuté a robotický manipulátor po příjezdu na nabírací pozici, nemusí díl nabrat, protože se bude díl nacházet dále od chapadla a v tomto důsledku se nepřitlačí dostatečně pro vznik správného podtlaku, nebo může nastat situace, že díl bude tak daleko od chapadla a vzniklou mezerou propadne mimo formu. Toto čidlo je také jednopólové, a tudíž může dojít k jeho snadné poruše.

V momentě použití čidla se spínacím kontaktem NC (normally close) by nezareagovalo na poškození kabeláže vedoucí k němu. NC čidlo má stále sepnutý kontakt a jen v případě, že se aktivuje jeho spínání, tak se kontakt rozpojí.

NO (normally open) čidlo se pro moji variantu hodí lépe, protože v klidovém stavu je kontakt rozpojený a až v případě sepnutí čidla se sepne. Pro moji bezpečnou aplikaci, bych potřeboval čidlo obsahující oba kontakty jak NC, tak NO, kdy by při sepnutí čidla se jeden kontakt rozpojil a druhý sepnul, bohužel jsem při výběru čidel vycházel ze skladových zásob ve firmě a žádné takové čidlo, ať už mechanické či optické, jsem nenašel.

7.1.3 Třetí návrh

Čidlo obsahující tyto oba kontakty používáme pouze v podobě bezpečnostních čidel pro zavírání dveří či krytů, s propojením k bezpečnostnímu PLC. Toto čidlo mi pro moje použití vyhovuje nejvíce, protože jej mohu připojit na normální PLC stroje, tak i na bezpečnostní PLC.

K obslužnému PLC jsem připojil čidlo z důvodu určení, zda senzor sepne a nadále posílá signál robotu pro bezpečné najetí do prostoru formy. V případě rozepnutí je signál přerušen a robot nemůže do formy najet. Připojení k bezpečnostnímu PLC jsem využil v případě, kdy je forma otevřena a robot se nachází v jejím prostoru. Jakmile by se forma po uzavřela, tak kontakt na bezpečnostním PLC se rozpojí a uvede vyfukovací stroj do chybového stavu. Tímto vyhodnocením se zamezí po případném poškození formy či robotického manipulátoru a jeho chapadlu.

Bezpečnostní čidlo se ale skládá ze dvou částí, jedná se o samotné čidlo a o jeho aktuátor. Toto čidlo obsahuje v aktuátoru čip a bez jeho přesné pozice nejde spínač jiným způsobem sepnout. Sepnutí nefunguje ani v případě, kdy by někdo na jeho oklamání použil aktuátor z jiného čidla. Čidlo je napárováno na jeden aktuátor, bez kterého se nesezne. Bezpečnostní čidlo je velmi přesné pro moji aplikaci, kdy dokáže spínat do vzdálenosti 8 mm. Tato vzdálenost je dostatečně malá pro správné nabrání dílu a nemožnosti jeho propadnutí mezi chapadlem a formou.

Přesný typ bezpečnostního čidla jsem použil XCSDMP7005 od firmy Schneider, z důvodu kompaktní velikosti a skladové zásobě ve firmě, protože se tyto čidla používají i na jiných strojích. Čidlo obsahuje dva kontakty NC a jeden kontakt NO a oproti verzi

XCSDMP7002 obsahuje pěti metrový kabel, který je dostatečně dlouhý pro připojení do rozvaděče. S tímto výrobcem bezpečnostních čidel má naše firma dlouholetou zkušenost a jejich bezpečnostní čidla naleznete na každém vyfukovacím stroji.



Obrázek 9: : Bezpečnostní čidlo XCSDMP7005 (Farnell, 2024)

7.2 Čidlo na formě a rámu

Pro přidání čidla jsem musel nalézt vhodnou polohu pro jeho umístění. Jako nejvhodnější místo jsem vybral část mezi rámem stroje a pohyblivou desku, ke které je přimontovaná pravá půlka formy, z níž robot odebírá díly. Čidlo umístím na rám stroje a napojím jej do PLC a bezpečnostního PLC. Aktuátor čidla je připevněn na pohyblivou část rámu, na které je umístěn forma. Vhodnou pozici jsem vybíral na několikrát, v prvním případě, jsem umístil čidlo příliš nízko na rám. Na tomto místě docházelo k občasné kolizi čidla s hadicemi pro chlazení formy a následnému vychýlení z pozice pro jeho sepnutí. Druhou pozici jsem zvolil na horní části rámu, kde se nenacházejí žádné hadice a není možné jej tímto způsobem poškodit, či vychýlit. Na této pozici měli s umístěním bohužel problém technici přípravy výroby, kdy při výměně formy a umístování horních nůžek na formu několikrát

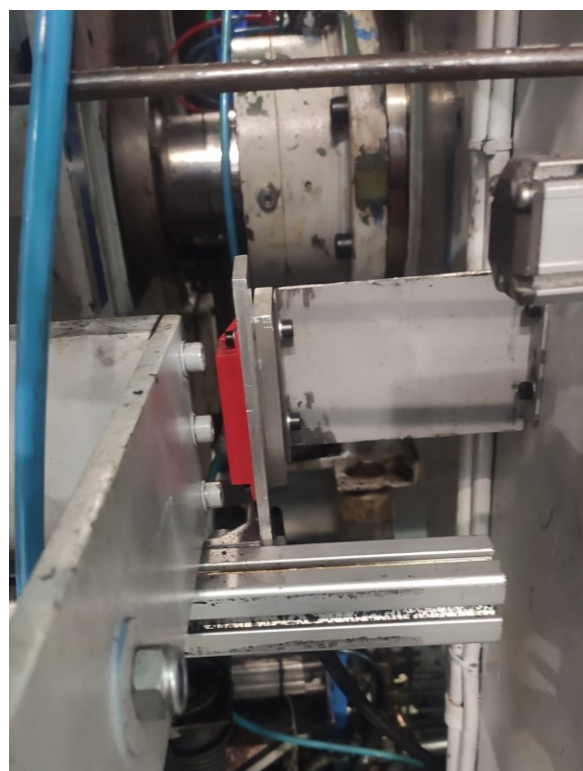
o čidlo zavadili a zničili jej nebo ohnuli jeho držák. Třetí a finální pozice na kterou jsem nechtěl čidlo umísťovat je poblíž polohového odporového čidla stroje. Na tomto místě čidlo překáží údržbě při výměně polohového čidla či při opravě nebo výměně těsnění v hydraulických válcích sloužící pro uzavírání a otevírání formy. Po domluvě s údržbou jsme se dohodli, že tyto údržby nejsou tak časté a také, že si při těchto opravách budou muset čidlo odmontovávat, aby jim nepřekáželo. Na této pozici bude ale v bezpečí před případnými hadicemi, nebo poškození od techniků přípravy výroby.

7.3 Výroba držáku na čidlo

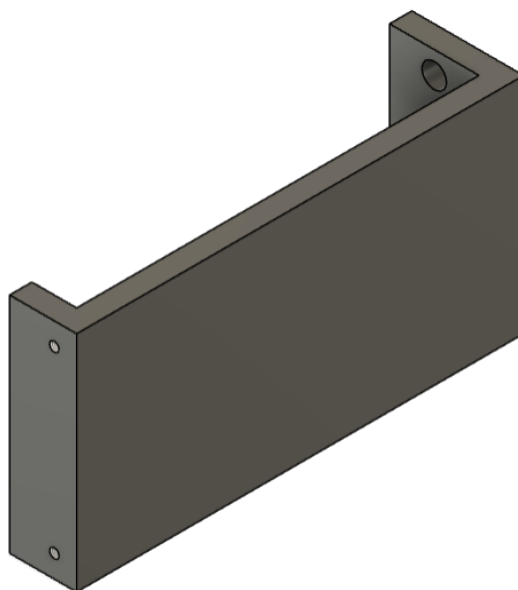
V důsledku použití čidla skládajícího se ze dvou částí jsem musel vyrobit dva držáky. První prototypové držáky byly vyrobeny z tenkého železa a zbytky hliníkových profylů, jež jsem nařezal do požadovaného tvaru, pro správné sepínání čidla. První část byla ve tvaru písmene Z a bylo k ní přišroubované čidlo. Držák byl přišroubován k rámu stroje, jež držel čidlo na pevném místě. Druhý držák ve tvaru písmene L je přišroubován k boční stěně pohyblivé desky a k němu je přidělán aktuátor čidla. Pro snazší přesné nastavení spínání čidla jsou v části držící aktuátor umístěné dvě drážky. Po ozkoušení prototypových držáků jsem usoudil, že držáky musí být vyrobeny přesněji a z tužšího materiálu. Rozhodl jsem se je tedy vymodelovat v systému CAD a následně si je podle technického výkresu vyrobit v naší firmě nástrojárně. Oba držáky jsem nechal vyrobit z tlustšího hliníku, než byly předchozí prototypy. První držák má tvar písmene C (viz. obr.), z důvodu snazší výroby. Na pravé části obsahuje dva otvory od sebe vzdálené 80 mm, které slouží pro přišroubování úchytu k rámu stroje pomocí dvou šroubů velikosti M10x25mm. V levé menší části jsou dva závity pro umístění čidla. Závity mají velikost M5 a jsou od sebe vzdáleny 80 mm. Šířka celého tohoto držáku činí 200 mm. Druhý držák má tvar písmene L (viz. obr.), na levé části se nachází opět dva otvory vzdálené 80 mm pro přišroubování k boční straně desky, za pomocí dvou šroubů M10x25mm. V pravé části se nachází dva závity velikosti M5 ve vzdálenosti 80 mm, do kterých se přišroubuje aktuátor čidla. Tento držák je dlouhý 70 mm a již neobsahuje drážky pro nastavení vzdálenosti aktuátoru a čidla. Tento rozměr byl již přesně naměřen z prototypových držáků.



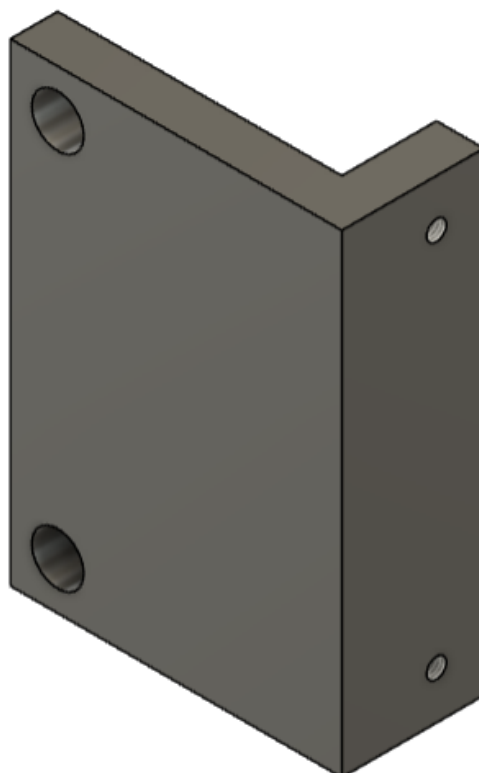
Obrázek 10: Prototypový držák (FOTO autor)



Obrázek 11: Prototypový držák (FOTO autor)



Obrázek 13: Držák ve tvaru C (MODEL AUTOR)



Obrázek 12: Držák ve tvaru L (MODEL AUTOR)

8 PROGRAMOVÉ ŘEŠENÍ

8.1 Strana robota

Po aplikaci bezpečnostního čidla bylo potřeba upravit program robota odebírajícího díly ze stroje. Do zdrojového kódu jsem implementoval přidané signály, dávající pokyn k možnosti zavření formy. Upravil posloupnost pohybů a logiku signálů posílající do PLC stroje.

```
PROC rPick_SK001()
  set do_Mold_area_free;
  SetDO do_enable_mold_close,0;
  MoveJGO pReady_To_Pick_SK001,vMove,fine,tSK001,go_Pozice\Value:=4;
  ClkStop clock1;
  !!rozhodnutí o ukončení a zjetí do home pozice!!
  WaitUntil di_mould_open=1 OR di_Ukonceni_cyklu=1;
  IF di_mould_open=1 THEN
    GOTO SKIP;
  ELSEIF di_Ukonceni_cyklu=1 THEN
    rRefer;
    rHome;
    ExitCycle;
  ENDIF
  skip:
  reset do_Mold_area_free;
  MoveLgo RelTool(pPick_SK001,800,-50,-200),vIn_Mold,z10,tSK001,go_Pozice\Value:=5;
  MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,-50,-200),vIn_Mold,z10,tSK001,go_Pozice\Value:=6;
  MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,0,-150),vIn_Mold,z10,tSK001,go_Pozice\Value:=7;
  MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,0,-80),vIn_Mold,z10,tSK001,go_Pozice\Value:=8;

  MoveLgo pPick_SK001,vNabrani,fine,tSK001,go_Pozice\Value:=9;
  Set do_VacuumON_1;
  Set do_VacuumON_2;
  set do_Ejector_1_dopredu;
  set do_Ejector_2_dopredu;
```

```
WaitTime 2;
WaitUntil di_VacuumOK_1=1 AND di_VacuumOK_2=1\MaxTime:=2\TimeFlag:=neni_vac;
IF neni_vac=TRUE THEN
  WaitTime nNabrani_dilu;
ENDIF
MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,0,-30),vNabrani,z1,tSK001,go_Pozice\Value:=10;

Set do_Hold_Part;
Reset do_Ejector_1_dopredu;
Reset do_Ejector_2_dopredu;
Set do_R1_Clamped;

MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,0,-80),vNabrani,z1,tSK001,go_Pozice\Value:=10;
MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,0,-100),vIn_Mold,z1,tSK001,go_Pozice\Value:=11;
MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,-100,-200),vIn_Mold,z1,tSK001,go_Pozice\Value:=12;
MoveLgo RelTool(pPick_SK001,800,-50,-200),vIn_Mold,z1,tSK001,go_Pozice\Value:=13;
MoveLGO pReady_To_Pick_SK001,vMove,fine,tSK001,go_Pozice\Value:=14;
WaitUntil DI_senzor_dilu_OK = 1\MaxTime:=3\TimeFlag:=vacuum_NOK;
!!kontrolování, jestli robot nabral díl
IF vacuum_NOK=TRUE THEN
  setdo do_Error_NOK_vacum,1;
  rRefer;
  rHome;
ENDIF
WaitTime 0.5;
set do_Mold_area_free;
SetDO do_enable_mold_close,1;
PulseDO\PLength:=0.2,do_part_in_schredder;
ENDPROC
```

Celé odebírání dílů z robota je napsáno v jedné proceduře s názvem rPick_SK001 začínající její inicializací pomocí příkazu PROC a končící za pomoci ENDPROC.

V prvních příkazech si nastavíme signály, že se robot nenachází v prostoru formy a že se forma může zavřít, protože se robot nachází teprve na přejezdu k místu, kde čeká na signál otevření formy. V této situaci by už měla být forma zavřená z předchozí sekvence signálů. Následuje pohybová instrukce, ve které robot najede na pozici čekající na otevření formy.

Příkaz WaitUntil slouží k vyčkání, dokud nebude aktivní signál o otevření formy, nebo o ukončení celého cyklu. Pokračuje sekvence podmínek IF-ELSEIF v níž se ptáme, zda je splněna podmínka o otevření formy nebo o ukončení sekvence. V případě že se jedná o ukončení sekvence, robot přechází do rutiny rRefer, v ní jsou obsažené příkazy pro vyjetí z čekací polohy a postupuje do rutiny rHome, z níž přejíždí do základní polohy.

Ve druhém případě robot přeskakuje na ukazatel SKIP pomocí pokynu GOTO. Po skoku na ukazatel, robot nastaví signál, že se nachází v prostoru formy a následně pomocí pohybových příkazů najíždí na pozici pro nabrání dílu. Po dosažení této pozice robot spíná pomocí signálů vakuu k nasání dílů do chapadla společně s vyjetím vyhazovačů z formy pro do-tlačení dílu do chapadla. Následuje čekání na signál od čidel podtlaků, jež kontrolují, zda je díl nasán s dostatečným podtlakem, v případě, že je podtlak menší, robot ještě chvíli počká v nabírací pozici pro lepší přisání dílu.

Pokračuje po odjetí od nabírací pozice a změny stavu signálů. Robot nechá zajet vyhazovače ve formě a nastaví signály o stavu, že drží díl. S těmito signály dále pracuje zbytek automatizace v podobě nachystání druhého robota na svoji čekací pozici. Následuje sekvence pohybových signálů pro vyjetí z prostorů formy až na pozici, kde čekal na otevření formy. V této pozici robot čeká na signál od optického čidla umístěného v chapadle signalizující uchopený díl.

V případě nesepnutého čidla posílá robot signál stroji o neúspěšném odběru dílu a dochází k zastavení stroje. Manipulátor pokračuje sekvencí příkazů, k odjetí do domovské pozice. Jestliže je čidlo sepnuté a robot dostane signál z něj, tak nastaví signál o přítomnosti robota v prostorách formy na negativní a signál pro uzavření formy na aktivní. Následuje přivření formy a další posloupnost z automatického cyklu. Robot posledním příkazem v proceduře aktivuje drtič odpadového plastu a pokračuje v dalších procedurách.

8.2 Strana vyfukovacího stroje

Po přidání čidla do stroje, se musí upravit i program PLC ve stroji pro jeho správnou funkčnost. V kódu byla potřeba upravit posloupnost a logika signálů pro správné

nastavování dalších signálů a k zamezení kolizím či poničení robotického manipulátoru. Tento úsek kódu je zpracován do programu, řídící celý vyfukovací stroj.

```
IF ((di_auto AND di_bottom_plates_open AND di_blowpin_down AND di_mould_open
AND di_back_sensor )= TRUE)THEN
    reset do_mould_close;
    set do_mould_open;
ENDIF
IF (((di_mould_area_free = FALSE)AND(di_plate_sens = FALSE))OR di_Error_NOK_vacum =
TRUE) THEN
    set do_autostop;
ENDIF
IF (di_mould_area_free AND di_enable_mold_close) = TRUE THEN
    set do_mould_close;
    reset do_mould_open;
ENDIF
IF ((do_mould_open = TRUE) AND (di_mould_area_free = FALSE)) THEN
    IF di_Ejector_1_dopredu = TRUE THEN
        set do_Ejector_1_dopredu;
    ENDIF
    IF di_Ejector_1_dopredu = FALSE THEN
        reset do_Ejector_1_dopredu;
    ENDIF
    IF di_Ejector_2_dopredu = TRUE THEN
        set do_Ejector_2_dopredu;
    ENDIF
    IF di_Ejector_2_dopredu = FALSE THEN
        reset do_Ejector_2_dopredu;
    ENDIF
ENDIF
ENDIF
```

Upravená část kódu se skládá především ze struktury podmínek a logických operací se signály. První podmínka je nejsložitější a musí být splněno několik signálů pro její provedení. Pro její splnění musí být vyfukovací lis v automatickém režimu.

Následně musí být spodní nůžky zajeté v otevřené neboli základní pozici. Blowpin musí být umístěn ve spodní poloze, aby nepřekážel najíždějícímu robotu do oblasti formy pro kus. Poté se forma musí nacházet ve své otevřené poloze určené pro odebrání dílů robotem. V případě, že by byla pozice upravena na ovládacím panelu, nedojde ke splnění poslední části podmínky, protože nebude přidělováno čidlo na své správné poloze určené k jeho sepnutí.

Po úspěšném provedení všech těchto podmínek, se vynuluje signál určující zavřenou formu a uvede se do pozitivního stavu signál určující otevřenou formu. Po odeslání tohoto signálu do robotického manipulátoru, robot najíždí do prostoru formy a odebrá díl.

Druhá hlavní podmínka zajišťuje odstavení stroje v případném posunutí formy nebo jakékoliv neshodě v poloze formy a přidaného čidla. Nastane-li první část podmínky, tj. když robot zajede do prostoru formy, tak se hlídá druhá část, ve které musí být sepnuté bezpečnostní čidlo. V případě jakéhokoliv posunu formy mimo toto čidlo se splní podmínka a stroj přejde do chybového stavu, ze kterého je nutné stroj zkontrolovat a následně znovu seřizovačem uvést do automatického cyklu. Ve třetí části podmínky se nachází signál předávaný robotem o správném založení kusu v chapadle. Jakmile je kus špatně založen nebo neodebrán z formy je stroj opět odstaven v chybovém stavu a je nutná následná kontrola stroje seřizovačem, který vytáhne z formy neodebraný díl a stroj následně znovu zprovozní. Tato část podmínky je důležitá pro zamezení vzniku „dvojáků“. Jedná se o dva kusy zaliso- vané do sebe způsobené neodebráním, či zaseknutím předchozího kusu ve formě a násled- ním vyfouknutím dalšího kusu k zaseklému dílu.

Třetí podmínka slouží k zavření formy. Jakmile robot úspěšně odebere díl z formy předá signál o opuštění jejího prostoru. Následně posílá signál pro možnost uzavření formy. Splněním této podmínky se vynuluje signál posílaný robotu o možnosti odběru dílu a nastaví se signál pro stroj, že může bezpečně uzavřít formu a dále pokračovat v automatickém cyklu.

Čtvrtá podmínka se skládá ze dvou signálů, které musí být splněny. Forma musí být otevřená a umožněn vjezd robota do jejího prostoru a robot se musí v tomto prostoru nacházet. V případě jejich splnění se umožní používat pneumatické vyhazovače dílů z formy. V pod podmínkách podmínky se nachází ovládání pneumatických ventilů reagující

na vstupní signál z robota. Jakmile je signál v aktivní poloze, vyhazovače vyjedou. V případě, že signál obsahuje logickou 0, se ventil zavře a otevře se ventil pro zjetí vyhazovačů. Jakmile by program neobsahoval tuto podmínku, mohlo by dojít k vyjetí vyhazovačů mimo odebírací pozici formy a k vypadnutí dílu dříve, než by pro něj robot dojel nebo v případě zavřené formy by došlo k mechanickému poškození dílu promáčknutím, či odřením.

8.3 Úprava programu pro bezpečnostní PLC

Pro bezpečnostní PLC jsem musel vytvořit část programu skládajícího se ze dvou podmínek a dvou pod podmínek. Tyto dvě podmínky slouží pro znovu zprovoznění stroje v případě uvedení do chybového stavu a reset signálu, dávající pokyn k odstavení stroje.

```
IF (di_autostop = TRUE AND di_plate_sens = FALSE) THEN
    IF (di_door_open AND di_autostop_reset AND di_mould_area_free) = TRUE THEN
        reset do_autostop;
    ENDIF
ENDIF
IF (di_autostop = TRUE AND di_Error_NOK_vacum = TRUE) THEN
    IF di_door_open = TRUE THEN
        reset do_autostop;
    ENDIF
ENDIF
```

Pokud je v první podmínce signál autostop v aktivním stavu a signál z nového senzoru neaktivní, znamená to, že se posunula forma z její odebírací polohy v moment, kdy se robot nacházel uvnitř formy. Reset signálu autostop nastává po otevření hlavních dveří seřizovačem a následný reset chybového signálu na panelu vyfukovacího stroje. Musí být ovšem splněna i podmínka pro signál poslaný z robota, kdy se robot už nenachází v prostoru formy. Tento stav nastává v moment, kdy seřizovač nebo povolání robotik vyjede v ručním módu s robotem z prostoru formy a následně jej uvede zpět do automatického módu.

Druhá podmínka slouží pro znovu rozjetí stroje v případě, že robot neodebral kus z formy a není aktivní signál z optického čidla v chapadle. Pro reset z tohoto stavu stačí pouze otevřít hlavní dveře a vytáhnout nenabraný kus ze stroje. v tomto případě se nemusí

vyjíždět v ručním módu s robotem, protože robot stojí před formou na pozici, kde čeká k otevření formy pro následné nabrání dílu.

9 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI NA REÁLNÉ VYFUKOVACÍ LINCE

Po zhotovení nových finálních držáků jsem namontoval čidlo s aktuátorem na vyfukovací lis. Následně jsem kabely k čidlu zapojil do svorkovnice umístěné v rozvaděči a kabel vyvázal do kabelového žlabu jdoucí od polohového čidla formy u kterého se nové bezpečnostní čidlo nachází. Ze svorkovnice jsem musel vyvézt kabely do vstupně/výstupní karty PLC umístěné v rozvaděči. Zapojení jsem si ověřil za pomoci zkoušečky elektrického signálu. Vše se zdálo být správně zapojené.

V další fázi úprav jsem upravil program robotického manipulátoru, jehož součástí byla úprava práce se signály a čekání na jejich splnění. Následně se musel nakonfigurovat další výstupní signál pro možnost zavření formy. Veškeré úpravy programu robota proběhly bez větších problémů. Až na drobností spojené se záměnou pojmenování signálů.

Následovala úprava programu v PLC stroje a bezpečnostním PLC. V programu stroje se musela upravit celá logika posílání signálů při otevírání a zavírání formy. V PLC jsem musel při konfigurovat dva vstupní signály určené pro možnost zavření formy a druhý pro signál jdoucí z bezpečnostního snímače. Signálům jsem musel nastavit hodnotu pinu na který jsou připojeny a přejmenovat jejich název z defaultního na více přehledný. Úprava programu v bezpečnostním PLC se skládala pouze z přidání dvou podmínek z bezpečnostního čidla, a to v případě, že forma poodjela z nastavené pozice v okamžik, kdy se v jejím prostoru nachází robot. Tento signál jsem musel v Bezpečnostním PLC vytvořit a namapovat mu adresu vstupu na který je připojen pro jeho správné odčítání.

9.1 Ověření funkčnosti

Po úpravě a funkčnosti všech dílčích součástí této úpravy stroje, jsem za pomoci údržby a seřizovače ozkoušel funkčnost kompletního celku. Nejdříve jsme vyzkoušeli správnou komunikaci mezi robotickým manipulátorem a vyfukovacím strojem. Signály chodily tak, jak měly, vyhazovače reagovaly na správný signál a stroj dostával signály o vstupu robota do prostorů formy. Následný signál o možnosti uzavření formy taktéž spínal správně.

Následně jsem robotem projel všechny pozice a spínání signálů v ručním režimu pro opakované ověření správné funkčnosti. Program robota se v tuto fázi zdá být naprosto v pořádku.

Po ověření funkčnosti robota, jsme při pokusu dát formu do základní polohy neuspěli, protože v důsledku montáže bezpečnostního čidla, jsem pro lepší přístup na montáž odpojil konektor vedoucí k polohovému čidlu formy, tudíž stroj nevěděl, v jaké pozici se forma nachází. Po vyhledání a odstranění tohoto problému jsme již úspěšně uvedli formu do základní polohy. Následovalo odzkoušení všech funkcí formy, funkčnost spodních nůžek a následně se uvedl stroj do automatického suchého (bez plastového materiálu) cyklu. Suchý cyklus proběhl naprosto v pořádku a nyní se zapnul znovu i se spuštěným robotem v automatickém cyklu. Suchý cyklus proběhl, forma se otevřela, robot následně najel dovnitř, spustil vakuum a vyjel z prostorů formy, kde odstavení stroj. Toto odstavení bylo způsobeno absencí dílu v chapadle, jež způsobil suchý cyklus bez materiálu.

Po dalším suchém cyklu jsme robota zastavili v prostorách formy a zkusili jím podjet z koncového čidla. Jakmile se forma dostala z tohoto čidla, ihned se stroj podle plánů odstavení. V další fázi jsme ověřili, zda se sepne signál pro najetí robota do prostoru formy, když forma bude na polohovém snímači na správném místě, ale na bezpečnostním čidle ne. V tomto případě se forma otevřela, ale čekající robot zůstal stát. Robot se rozjel až po úpravě pozice formy na správnou polohu pro aktivování bezpečnostního čidla.

Předposlední fází bylo ověření správného načasování vyjetí vyhazovačů a jejich funkčnost pouze v okamžiku, že se robot nachází v prostorách formy. Robot byl zastaven před otevřenou formou, ale nebyl ještě sepnutý signál, že se nachází v jejich útrokách. Zkusili jsme zahýbat vyhazovači a ty se podle předpokladu ani nehnuly. Vyhazovače vyjeli až v okamžik, kdy robot najel na odebírací pozici a spustil vakuum.

Posledním krokem bylo vše vyzkoušet s materiálem. Po naplnění vytlačovací hlavy materiálem se spustil automatický cyklus a vyfoukl se první kus. Po otevření formy najel robot k dílu a úspěšně jej odebral. Následovalo vyjetí z formy kontrola, že se díl nachází v chapadle a zavření formy pro další cyklus.

Z mého pohledu se jeví úprava jako úspěšná a funkční pro sériovou výrobu. Seřizovači se úprava taktéž jeví jako dobrá, z důvodu že nemusí tak často chodit k případům nabourání robota. Při seřizování stroje se nemusí bát o případnou kolizi v úpravě polohy formy a robota, protože tato pozice je pevně dána přidaným čidlem a nejde nijak lehce softwarově ani hardwarově upravit.

Při následující sériové výrobě po úpravě otevírání formy se jeví vše ve funkčním stavu. Nenastal žádný neočekávaný problém a směnovní mistři se seřizovači si chválili úpravu

z důvodu, že nemuseli tak často ke stroji chodit z důvodu kolize robota a stroj se bezpečně odstavit a následné znovu zprovoznění bylo mnohem jednodušší a rychlejší než doposud. Jediná komplikace nastává údržbářům v okamžik, kdy jdou na tuto stranu formy dělat nějakou větší opravu či úpravu. Musí si v ten moment odpojit čidlo a odmontovat držáky čidla a aktuátoru držící na čtyřech šroubcích. A následně po dokončení práce jej zpět namontovat a zapojit. Po namontování musí opět ověřit funkčnost čidla.

ZÁVĚR

Předložená bakalářská práce je zaměřena na úpravu zlepšení bezpečnosti automatizovaného otevírání formy vyfukovacího stroje na plasty.

V teoretické části shrnuji informace z literatury dané problematiky a popisuji obecné fungování vyskytujících se strojů.

V praktické části práce jsem zjistil, že současný stav otevírání formy u vyfukovacího stroje na plasty je z bezpečnostního hlediska nedostatečný. Velmi jednoduše může dojít ke kolizi mezi robotickým ramenem, chapadlem a formou. Stačí pouze zmenšit vzdálenost otevření formy a robotický manipulátor při vjíždění do prostoru otevřené formy k odebrání kusu, narazí do formy, kterou může poškodit. V opačném případě, že se nastaví větší vzdálenost otevření formy již ke kolizi nedojde, ale může nastat situace, kdy robot najede do formy pro díl k odebrání, ale ten bude příliš daleko pro jeho správné nasátí vakuem a kus zůstane v prostoru formy.

Ze zjištěných nedostatků jsem navrhl řešení pro otevírání formy na stále stejné místo. Na zavírací jednotku stroje jsem přidal čidlo, snímající stejnou polohu formy. V pátrání jsem našel možnost použití tří čidel, po vymezení jejich nedostatků jsem dospěl k vybrání pouze jednoho bezpečnostního magnetického čidla. Toto čidlo má dostatečnou přesnost snímání a je tak měř nemožné jej obejít. Navíc obsahuje více spínaných kontaktů, kdyby došlo k přerušení přívodního vodiče. Mechanické čidlo je nevhodné z důvodu jeho velkého rozsahu spínání. Druhou nevhodnou variantou je optické čidlo, které je vhodné pouze pro případ, že se forma nastaví na menší rozměr uzavření. Při větším otevření je stále sepnuto, a tudíž může dojít k pádu odebíraného dílu.

Pro umístění tohoto čidla jsem zvolil rám stroje a pohyblivou část desky kde je přišroubována forma. V praxi jsem ověřil přesnou polohu čidla na rámu, ve které hrozí minimální poškození čidla a nepřekáží technikům přípravy výroby v případné výměně formy. Umístění ve spodní polovině desky poblíž polohového čidla sice překáží údržbářům ve výměně čidla nebo opravě stroje, ale není to tak časté jako výměna formy. Bezpečnostní senzor skládající se ze dvou částí je umístěn na mnou navržených držácích upravených po předchozím prototypovém řešení. Držáky jsou dostatečně pevné a přesné, takže nemůže dojít k vychýlení čidla.

Při návrhu programového řešení neboli při úpravě řešení stávajícího bylo potřeba přidat do systémů robotického manipulátoru a PLC další signály. Úprava programu robota proběhla podle mých představ a bylo upraveno pořadí signálů, včetně přidání jednoho pro povolení zavření formy. V PLC byla vytvořena kompletně jiná struktura signálů, do níž byl zahrnut signál od robotického manipulátoru pro zavření formy a signál z přidaného čidla pro odstavení stroje v případě neočekávaného pohybu formy. Při přidělení bezpečnostního snímače bylo potřeba jej zavést i do bezpečnostního PLC stroje a trochu upravit program. V bezpečnostním PLC se přidal signál ze snímače a byla vytvořena jednoduchá logika pro resetování chybového stavu stroje.

Při ověřování funkčnosti na reálné vyfukovací lince nenastal žádný problém, vše fungovalo podle představ. S údržbářem a seřizovačem jsme ověřili veškerou funkčnost bezpečnostních prvků a funkčnost přidaného čidla. Pomocí této úpravy předejdeme zbytečným kolizím robotického manipulátoru s formou a jejich případnému poškození.

V úpravách a zdokonalování stroje se dá nadále pokračovat. Určitě se najde spousta drobných úprav pro jeho lepší a méně poruchový chod do budoucna.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Technical reference manual RAPID Instructions, Functions and Data types*. Online. ABB. 2017. Dostupné z: https://library.e.abb.com/public/b227fcd260204c4dbeb8a58f8002fe64/Rapid_instructions.pdf. [cit. 2024-05-24].
- [2] OWEN-HILL, Alex. *Spotlight on ABB: How to Program ABB Robots*. Online. RoboDK blog. 2023. Dostupné z: <https://robodk.com/blog/spotlight-on-abb-how-to-program-abb-robots/>. [cit. 2024-05-24].
- [3] SHAH, Krunal. *History of the PLC*. Online. ENGINEERS HUB. 2022. Dostupné z: <https://engineershub.co.in/history-of-the-plc/>. [cit. 2024-05-24].
- [4] *Roboty M-2iA/3AL pro sběr a kompletaci*. Online. FANUC. 2023. Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/stránka-filtru-robotů/delta-robots/řada-m2/m2ia-3al>. [cit. 2024-05-24].
- [5] *KR DELTA*. Online. KUKA. C2024. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-služby/robotické-systémy/průmyslové-roboty/robot-kr-delta>. [cit. 2024-05-24].
- [6] ROSATO, Dominick V.; ROSATO, Andrew V. a DIMATTIA, David P. *Blow Molding Handbook*. 2nd Edition. Munich: Carl Hanser Verlag, 2003. ISBN 1569903433.
- [7] KAZMER, David O. *Blow Molding Design Guide*. 2nd Edition. Munich: Carl Hanser Verlag, 2008. ISBN 156990426X.
- [8] WEAVER, Allie. *Robotics: Design, Construction and Applications*. 1st Edition. Willford Press, 2022. ISBN 164728337X.
- [9] SCHAY, Géza. *Introduction to Probability with Statistical Applications*. 2nd Edition. Springer, 2016. ISBN 978-3-319-30618-6.
- [10] *ABB*. Online. New.abb.com. Dostupné z: <https://new.abb.com/news/cs/detail/115342/abb-rozsiruje-portfolio-robustnich-modularnich-robotu>. [cit. 2024-05-24].
- [11] *Blow Molding*. Online. Science Direct. 2017. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/blow-molding>. [cit. 2024-05-24].

- [12] *Relé logika*. Online. SPZ. 2024. Dostupné z: <https://spz.logout.cz/infrastruktura/szsk-98.html>. [cit. 2024-05-24].
- [13] *TELEMECANIQUE SENSORS XCSDMC590L01M8*. Online. Farnell. 2024. Dostupné z: <https://cz.farnell.com/en-CZ/telemecanique-sensors/xcsdmc590l01m8/safety-sw-spst-no-nc-connector/dp/2847412>. [cit. 2024-05-24].
- [14] *IRB 6730*. Online. ABB. 2024. Dostupné z: <https://new.abb.com/products/cs/3HAC083316-001/irb-6730>. [cit. 2024-05-24].
- [15] *ROBOT*. Online. IbizKart. 2024. Dostupné z: <https://www.ibizkart.in/raipur/products/pick-and-place-machine/108>. [cit. 2024-05-24].
- [16] *VÝROBA PRŮMYSLOVÝCH ROZVADĚČŮ*. Online. Martia a.s. 2024. Dostupné z: <https://www.martia.cz/aktuality/vyroba-prumyslovyh-rozvadecu>. [cit. 2024-05-24].
- [17] *PLC*. Online. Blaja. 2024. Dostupné z: <https://www.blaja.cz/plc-automaty/porucha-periferie-et200s-na-displeji-s7-1500.html>. [cit. 2024-05-24].
- [18] SHARMA, Sanjay; SUBIDHI, Bidyadhar a SAHU, Umesh Kumar. *Intelligent Control, Robotics, and Industrial Automation*. 2nd Edition. Springer, 2013. ISBN 9819946336.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- PLC Programmable logic controller – programovatelný logický automat.
- SCARA Selective Compliance Assembly Robot Arm
- CAD Computer aided design – počítačem podporované kreslení

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Nákres vyfukovacího stroje(Science direct, 2017)	13
Obrázek 2: Reléová logika(SPZ, 2024)	15
Obrázek 3: PLC(Blaja, 2024)	16
Obrázek 4: Rozvaděč (Martia a.s., 2024)	17
Obrázek 5: Kartézský robot (IbizKart, 2024)	23
Obrázek 6: Delta robot (ABB, 2024).....	25
Obrázek 7: SCARA robot (ABB, 2024)	27
Obrázek 8: Šestiosý robot (ABB, 2024)	29
Obrázek 9: : Bezpečnostní čidlo XCSDMP7005 (Farnell, 2024).....	37
Obrázek 10: Prototypový držák (FOTO autor).....	39
Obrázek 11: Prototypový držák (FOTO autor).....	39
Obrázek 13: Držák ve tvaru L (MODEL AUTOR).....	40
Obrázek 12: Držák ve tvaru C (MODEL AUTOR).....	40

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Programový modul robotického manipulátoru

Příloha č. 2: Programový modul PLC

Příloha č. 3: Programový modul bezpečnostního PLC

PŘÍLOHA P 1: PROGRAMOVÝ MODUL ROBOTICKÉHO MANIPULÁTORU

```
PROC rPick_SK001()
  set do_Mold_area_free;
  SetDO do_enable_mold_close,0;
  MoveJGO pReady_To_Pick_SK001,vMove,fine,tSK001,go_Pozice\Value:=4;
  ClkStop clock1;
  !!rozhodnutí o ukončení a zjetí do home pozice!!
  WaitUntil di_mould_open=1 OR di_Ukonceni_cyklu=1;
  IF di_mould_open=1 THEN
    GOTO SKIP;
  ELSEIF di_Ukonceni_cyklu=1 THEN
    rRefer;
    rHome;
    ExitCycle;
  ENDIF
  skip:
  reset do_Mold_area_free;
  MoveLgo RelTool(pPick_SK001,800,-50,-200),vIn_Mold,z10,tSK001,go_Pozice\Value:=5;
  MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,-50,-200),vIn_Mold,z10,tSK001,go_Pozice\Value:=6;
  MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,0,-150),vIn_Mold,z10,tSK001,go_Pozice\Value:=7;
  MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,0,-80),vIn_Mold,z10,tSK001,go_Pozice\Value:=8;

  MoveLgo pPick_SK001,vNabrani,fine,tSK001,go_Pozice\Value:=9;
  Set do_VacuumON_1;
  Set do_VacuumON_2;
  set do_Ejector_1_dopredu;
  set do_Ejector_2_dopredu;
  WaitTime 2;
  WaitUntil di_VacuumOK_1=1 AND di_VacuumOK_2=1\MaxTime:=2\TimeFlag:=neni_vac;
  IF neni_vac=TRUE THEN
    WaitTime nNabrani_dilu;
  ENDIF
```

```
MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,0,-30),vNabrani,z1,tSK001,go_Pozice\Value:=10;
```

```
Set do_Hold_Part;
```

```
Reset do_Ejector_1_dopredu;
```

```
Reset do_Ejector_2_dopredu;
```

```
Set do_R1_Clamped;
```

```
MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,0,-80),vNabrani,z1,tSK001,go_Pozice\Value:=10;
```

```
MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,0,-100),vIn_Mold,z1,tSK001,go_Pozice\Value:=11;
```

```
MoveLgo RelTool(pPick_SK001,0,-100,-200),vIn_Mold,z1,tSK001,go_Pozice\Value:=12;
```

```
MoveLgo RelTool(pPick_SK001,800,-50,-200),vIn_Mold,z1,tSK001,go_Pozice\Value:=13;
```

```
MoveLGO pReady_To_Pick_SK001,vMove,fine,tSK001,go_Pozice\Value:=14;
```

```
WaitUntil DI_senzor_dilu_OK = 1\MaxTime:=3\TimeFlag:=vacuum_NOK;
```

```
!!kontrolování, jestli robot nabral díl
```

```
IF vacuum_NOK=TRUE THEN
```

```
  setdo do_Error_NOK_vacum,1;
```

```
  rRefer;
```

```
  rHome;
```

```
ENDIF
```

```
WaitTime 0.5;
```

```
set do_Mold_area_free;
```

```
SetDO do_enable_mold_close,1;
```

```
PulseDO\PLength:=0.2,do_part_in_schredder;
```

```
ENDPROC
```

Příloha P 2: Programový modul PLC

```
IF ((di_auto AND di_bottom_plates_open AND di_blowpin_down AND di_mould_open
AND di_back_sensor )= TRUE)THEN
    reset do_mould_close;
    set do_mould_open;
ENDIF
IF (((di_mould_area_free = FALSE)AND(di_plate_sens = FALSE))OR di_Error_NOK_vacum =
TRUE) THEN
    set do_autostop;
ENDIF
IF (di_mould_area_free AND di_enable_mold_close) = TRUE THEN
    set do_mould_close;
    reset do_mould_open;
ENDIF
IF ((do_mould_open = TRUE) AND (di_mould_area_free = FALSE)) THEN
    IF di_Ejector_1_dopredu = TRUE THEN
        set do_Ejector_1_dopredu;
    ENDIF
    IF di_Ejector_1_dopredu = FALSE THEN
        reset do_Ejector_1_dopredu;
    ENDIF
    IF di_Ejector_2_dopredu = TRUE THEN
        set do_Ejector_2_dopredu;
    ENDIF
    IF di_Ejector_2_dopredu = FALSE THEN
        reset do_Ejector_2_dopredu;
    ENDIF
ENDIF
ENDIF
```

Příloha P 3: Programový modul bezpečnostního PLC

```
IF (di_autostop = TRUE AND di_plate_sens = FALSE) THEN
    IF (di_door_open AND di_autostop_reset AND di_mould_area_free ) = TRUE THEN
        reset do_autostop;
    ENDIF
ENDIF
IF (di_autostop = TRUE AND di_Error_NOK_vacum = TRUE) THEN
    IF di_door_open = TRUE THEN
        reset do_autostop;
    ENDIF
ENDIF
```