

Konstrukce pneumatického manipulátoru

Martin Řezníček

Bakalářská práce
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá popisem a konstrukcí jednoduchého modelu pneumatické plnicí linky a zhodnocením výhod a nevýhod zvolené konstrukce a pneumatických manipulátorů. Popisuje zpracování a rozvod pohonného média. Práce také řeší možnost převodu kyvného pohonu na pohon otáčivý. Část bakalářské práce také popisuje programové řízení PLC a software k tomu využívaný.

Klíčová slova: manipulátor, PLC, plnicí linka, programování PLC, pneumatika

ABSTRACT

The bachelor work describes construction of simple pneumatic filling line. The study evaluates advantages and disadvantages of this chosen construction and it describes pneumatic manipulators generally. It describes preparation and distributing of driving medium. The study is engaged in possibility transmission of swivel drive on rotating drive. One part of bachelor work describes PLC driving and used software.

Keywords: manipulátor, PLC, filling line, PLC programming, pneumatics

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Davidu Sámkovi, PhD. za odborné vedení a rady, které mi poskytl během řešení mé práce. Dále bych tímto poděkoval Ing. Zdeňku Dvořákovi, CSc. za odborné konzultace a firmě FESTO a jejím pracovníkům za poskytnutí materiálu a cenné rady.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a vedoucího katedry. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně. Všechny použité zdroje uvádím v příloze.

Zlín

30. května 2006

podpis

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	8
1 HISTORIE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ	9
1.1 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ.....	10
1.2 DEFINICE NĚKTERÝCH POJMŮ Z OBLASTI ROBOTIKY	10
2 ŘÍZENÍ PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ	13
2.1 POČÍTAČE V AUTOMATIZACI.....	13
2.2 KOMUNIKACE V SYSTÉMU	13
2.2.1 Integrované řídicí systémy.....	13
2.2.2 Distribuované systémy	14
2.2.3 Sdružování funkcí	14
2.2.4 Diagnostika , bezpečnost, spolehlivost a kvalita.....	15
2.3 HLAVNÍ CHARAKTERISTIKY PROGRAMOVATELNÝCH AUTOMATŮ	15
3 VÝROBA A ÚPRAVA STLAČENÉHO VZDUCHU	18
3.1 VLASTNOSTI STLAČENÉHO VZDUCHU	18
3.2 VÝROBA STLAČENÉHO VZDUCHU	20
3.3 DRUHY KOMPRESORŮ.....	21
3.3.1 Pístové kompresory	22
3.3.2 Membránové kompresory.....	22
3.3.3 Rotační objemové kompresory.....	23
3.3.4 Křídlový (lamelový) kompresor	23
3.3.5 Šroubový kompresor	24
3.3.6 Rootsův kompresor	24
3.3.7 Turbokompresory	25
3.4 ROZVOD TLAKOVÉHO VZDUCHU	25
3.4.1 Dimenzování potrubí.....	26
3.4.2 Materiál potrubí rozvodné sítě	26
3.5 ÚPRAVA TLAKOVÉHO VZDUCHU	26
3.5.1 Absorpční vysoušení	27
3.5.2 Adsorpční vysoušení	27
3.5.3 Vysoušení ochlazováním.....	28
4 PNEUMATICKÉ PRACOVNÍ PRVKY	29
4.1 JEDNOČINNÉ PŘÍMOČARÉ MOTORY	29
4.1.1 Pístové motory.....	29
4.1.2 Membránové motory	30
4.1.3 Motory s odvalující se membránou.....	30
4.2 DVOJČINNÉ PŘÍMOČARÉ MOTORY	31
4.3 ZVLÁŠTNÍ PROVEDENÍ DVOJČINNÝCH PŘÍMOČARÝCH MOTORŮ.....	31
4.3.1 Motor s průchozí (oboustrannou) pístnicí.....	31

4.3.2	Tandemové motory.....	32
4.3.3	Pístové motory s úderným účinkem	32
4.3.4	Vícepolohové motory	33
4.3.5	Pístové motory s kyvným pohybem (s lanovým převodem)	33
4.3.6	Přímočaré pístové motory s převodem na výstupní rotační pohyb	33
4.3.7	Motor s rotační lopatkou	34
4.4	TLUMENÍ V KONCOVÝCH POLOHÁCH	34
4.5	EJEKTOR.....	35
5	PRACOVNÍ HLAVICE ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ	36
5.1	ÚCHOPNÉ HLAVICE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ	36
5.1.1	Mechanické úchopné hlavice	38
5.1.2	Magnetické úchopné hlavice.....	39
5.1.3	Pneumatické úchopné hlavice	40
5.1.4	Technologické hlavice.....	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST	43
6	ANALÝZA POČÁTEČNÍHO STAVU.....	44
7	POPIS MODELU PLNÍCÍ LINKY	46
7.1	POPIS HLAVNÍCH FUNKČNÍCH PRVKŮ PLNÍCÍ LINKY	47
7.1.1	Přímočarý pohon DGPL-40-XX-PPV-A-KF-B	47
7.1.2	Kyvný modul DSM-25-270-P-FW-CC	48
7.1.3	Volnoběžka FLSM-25-L	50
7.1.4	Ventilový terminál CDVI5.0.....	51
7.1.5	Proporcionální průtokový ventil MPYE-5-1/8-LF-010-B.....	52
7.1.6	Pneumatický válec CDN-32-100-PPV-A-SME	53
7.1.7	Pneumatický válec CRHD-32-50-PPV-A-MS.....	54
7.1.8	Kyvně přímočará jednotka DSL-25-50-270-P-S20-CC-KF.....	55
7.1.9	Ejektory MSZB-2-24-DC-PNP	56
7.1.10	Řídicí jednotka HC16.....	57
8	ÚPRAVY PROVEDENÉ NA MODELU MANIPULAČNÍ LINKY	58
8.1	NÁVRH POHONNÉHO MODULU PRO OTOČNÝ STŮL.....	58
8.1.1	Řízení pohonného modulu pro otočný stůl	60
8.2	VÝMĚNA REDUKČNÍHO VENTILU	60
9	PROGRAMOVÁ ČÁST	61
9.1	POPIS VSTUPŮ	61
9.2	POPIS VÝSTUPŮ.....	61
9.3	STRUKTURA PROGRAMOVÁNÍ V JAZYCE STL A POPIS HLAVNÍCH PŘÍKAZŮ	62
9.3.1	Příkazy IF, THEN, OTHRW a SET	63
9.3.2	Příkaz STEP	63
9.3.3	Příkaz RESET	64
9.3.4	Příkaz JMP TO	64
9.3.5	Příkaz N a příkaz NOP	65
9.3.6	Příkazy AND a OR.....	67

9.4	PARALELNÍ CHOD PROGRAMŮ	67
9.5	PODPROGRAMY	68
9.6	ZADÁVÁNÍ OPERANDŮ	68
9.7	PRÁCE V PROSTŘEDÍ FST 4.10	69
9.7.1	Založení nového projektu.....	69
9.7.2	Konfigurace karet a nastavení nového projektu	70
9.8	PROGRAMOVÉ ŘEŠENÍ	72
9.8.1	Program 1	73
9.8.2	Program 2	73
ZÁVĚR		75
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		77
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		78
SEZNAM OBRÁZKŮ		79
SEZNAM TABULEK.....		81
SEZNAM PŘÍLOH.....		82

ÚVOD

Význam průmyslových robotů a manipulátorů stále roste a ovlivňuje výrobní činnost mnoha průmyslových odvětví. Jejich přínos a důvod pro použití je schopnost vykonávat těžké a monotónní práce, často i v prostředí jež je člověku nebezpečné. Zvláště výhodné se jeví jejich nasazení ve velkosériové výrobě, neboť mohou nepřetržitě vykonávat stejnou činnost bez ztráty kvality a výkonu, avšak své uplatnění najdou i v malosériových výroбах a zcela ojedinělých činnostech. Zavádění průmyslových robotů a manipulátorů upřednostňují také požadavky na intenzivnější využívání výrobních zařízení, racionalizaci spotřeby energie a surovin, zvyšování jakosti výrobků a zproštění člověka namáhavé práce.

S požadavky na rozvoj průmyslových robotů a manipulátorů se stupňují i požadavky vývojové práce v této oblasti. Výrazná pozornost se věnuje především technologii materiálů a senzorové technice, jež velkou měrou rozšiřuje, v dnešní době již nezbytné, uplatnění průmyslových robotů a manipulátorů.

S problematikou vývoje je spojeno také řešení pohonu průmyslových robotů a manipulátorů. Vedle hydraulických tuhých a elektrických pohonů se v neposlední řadě staví pneumatické mechanismy. Oproti jiným mechanismům jsou jednodušší a jejich provoz je spolehlivější a méně nákladný.

Výhodou vzduchu je jeho okamžitá dosažitelnost, nehořlavost, nevýbušnost, stlačitelnost a tím možná skladovatelnost. Suchý vzduch nekondenzuje. Provoz mechanismů je čistý a případný únik vzduchu neznamená žádné nebezpečí. Další výhodou je, že jsme pomocí různých filtrů schopni zajistit dostatečnou čistotu, což umožňuje uplatnění jak v potravinářském průmyslu tak ve farmacii a v jiných prostředích s vysokými hygienickými nároky. Vzduch je také možné mazat, avšak u moderních prvků je to již zbytečné díky plastickým mazivům.

V praxi se pneumatický pohon nejčastěji kombinuje s elektrickým nebo hydraulickým pohonem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ

Historie průmyslových robotů sahá do dob, kdy se lidé pokoušeli sestrojít sebejednodušší automaty vykonávající posloupnost elementárních pohybů, a tím nahradit činnost člověka. Zpočátku to byly především vačkové hřídele, poté přišly bubny s hroty jichž se dodnes používá na příklad ve zvonkohrách. Po roce 1920 dostal poprvé robot svůj název v Čapkově hře RUR.

Prvotní myšlenky na konstrukci robotů byly kopie živých organismů, ať už funkčností či podobou. Stejně tak jako pokusy sestrojít létající stroj mávající křídly skončily i ostatní pokusy nezdarem. Ukázalo se, že není nezbytně nutná fyzická podoba s živými organismy. Tak si konstruktéři začali všimnout spíše podstaty pohybů, pokoušeli se obecné pohyby rozložit na elementární a realizovat je jednoduchými mechanismy. [2]

Tak vznikly první manipulátory, které však ještě vyžadovali přesné vedení lidskou rukou operátora, který však už byl mimo nebezpečí prostředí, v němž se manipulátor pohyboval. Toto řešení odstranilo lidskou práci v nebezpečném prostředí a fyzickou náročnost výkonu operace, neodstranilo však monotónní práci člověka.

Teprve bouřlivý rozvoj výpočetní techniky umožnil nahradit řídicí činnost člověka. Byly zkonstruovány první moderní samostatně pracující průmyslové roboty, které jsou schopny s vysokou přesností vykonávat předem dané stereotypně se opakující činnosti, které jsou pro člověka velmi únavné a nezajímavé. Jejich hlavní nevýhodou je, že nedisponují takovými prostředky, aby se plně přizpůsobily výrobnímu procesu. Vyžadují, aby předmět, který má být uchopen byl přesně orientován a byl přesně uložen na předem dané pozici. Jakoukoli odchylku není robot schopen akceptovat.[2]

Pouze nejmodernější roboty jsou vybaveny kamerami a různými systémy čidel, které robotům umožňují orientaci v prostoru a zajišťují případnou korekci odchylky manipulovaného předmětu. Řídicí systém opatřený umělou inteligencí pak dokáže z dat z těchto periferních zařízení zpracovat a vygenerovat takovou posloupnost pohybů, aby byl předmět bezpečně uchopen, provedena na něm příslušná technologická operace a následně byl dopraven do určeného místa. Vnímání, chápání, uložený model a modul pro řešení úloh, plánování, případně optimalizaci práce se souhrnně nazývá kognitivní systém robota. Součástí kognitivního systému robota je i modul zajišťující obsluhu zadávání požadované trasy manipulace, případně parametry operací které má robot vykonat. Takové vkládání cíle se provádí buď

již ve výrobě, kde je pevně naprogramovaná činnost robota, nebo přímo na pracovišti jednoduchým programováním. U některých robotů se používá režim učení robota, kdy operátor vede robota malou rychlostí a provedené úkony jsou zapisovány do paměti. V pracovním režimu pak robot opakuje naučené pohyby samostatně a podstatně vyšší rychlostí bez přítomnosti obsluhy. [2]

1.1 Základní vlastnosti průmyslových robotů

- fyzické možnosti, - plně závisí na mechanických částech průmyslového robota. Mezi fyzické vlastnosti patří síla, rychlost, schopnost nepřetržité práce, neměnnost charakteristik, trvanlivost, stabilita, spolehlivost a mechanická tuhost ramen robota
- funkční schopnosti, - zahrnují přesnost pohybů, přizpůsobivost, univerzálnost, možnost přemísťování v prostoru, manipulovatelnost, atd.
- úroveň intelektu, - představuje především schopnost vnímání, okolí a pracovních podmínek, chápání procesu, rozhodování v krizových situacích, dále pak paměť a logiku

1.2 Definice některých pojmů z oblasti robotiky

Robot:

Je automatický nebo počítačem řízený integrovaný systém, schopný autonomní cílově orientované interakce s přirozeným prostředím podle instrukcí od člověka. Tato interakce spočívá:

- a) ve vnímání a rozpoznávání tohoto prostředí
- b) v manipulování s předměty popř. pohybování se v tomto prostředí

Manipulátor:

Univerzální automatizované zařízení, které vykonává požadované pohyby. Mívá obvykle jednodušší řídicí systém než robot.

Lokomoční systém:

Ústrojí zabezpečující pohyb robota v pracovním prostředí (pojezdy).

Motorický systém:

Veškeré mechanismy, pomocí nichž je realizován pohyb mechanického ústrojí robota.

Řídící program:

Vnitřní množina řídicích instrukcí, která definuje funkční schopnosti, akce a odezvy robotnického systému. Program tohoto typu je pevný a uživatel obvykle nemá možnost jej modifikovat.

Cyklus:

Jediné provedení programu úkonů.

Místní řízení:

Booleovská hodnota, která udává, mohou-li, či nemohou-li dálkové operace vyvolat změny stavu serveru. Má-li místní řízení hodnotu TRUE, dálkové operace nemohou měnit stav serveru.

Manipulační průmyslový robot:

Automaticky řízený, opakovatelně programovatelný, víceúčelový manipulační stroj s několika stupni volnosti, který buď může být pevně instalován, nebo může být mobilní a který je určen pro aplikaci průmyslové automatizace.

Manipulátor:

Stroj, jehož mechanismus se obvykle skládá z řady vzájemně kloubově nebo posuvně spojených částí a který má za účel uchopovat a přemísťovat předměty (obrobky či nástroje) a to zpravidla s několika stupni volnosti. Může být ovládán operátorem, programovatelným elektronickým ovladačem, nebo jakýmkoli logickým systémem (např. vačkovým, drátově propojeným atd.).

Uvolnění pohybu:

Booleovská hodnota, jejíž hodnota TRUE udává, že platný povel udělený řídicímu programu ramene vyvolá pohyb tohoto ramene.

Pozice:

Kombinace polohy a orientace součásti robota (např. jeho mechanického rozhraní) nebo obrobku v soustavě souřadnic.

Dálková operace:

Operace shrnující sběr dat nebo řízené ovládání prostřednictvím komunikační sítě.

Rameno robota:

Tento pojem se používá k označení manipulátoru, koncového efektoru, jeho napájecího zdroje a řídicího programu, kterým je manipulátor řízen.

Robotický systém:

Robotický systém zahrnuje:

- robot (hardware i software) sestávající z mobilního nebo nemobilního manipulátoru, napájecího zdroje a řídicího systému;
- jeden nebo několik koncových efektorů;
- veškeré zařízení, vybavení nebo senzory nutné k tomu, aby robot mohl provádět své úkony ;
- jakékoli komunikační rozhraní, které ovládá a sleduje robota, zařízení nebo senzory, pokud je toto periferní zařízení pod dohledem řídicího systému robota; [2]

Řídící jednotka robotického systému:

Celý řídicí systém robota, skládající se z (jediného) programu úkonů a z jednoho nebo více řídicích programů ramene (ramen) robota a pomocných zařízení;

Krok:

Dále nedělitelný prvek provádění programu úkonů. Může, avšak nemusí zahrnovat pohyb robota.

Program úkonů:

Množina instrukcí pohybových a pomocných funkcí, která definuje konkrétní zamyšlený úkol robotického systému, program tohoto typu normálně generuje uživatel; [2]

2 ŘÍZENÍ PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ

Dnes není automatizace ničím unikátním. Již není pouze výsadou drahého komfortu rozsáhlých výrobních linek a náročných technologických procesů. Kvalitní a inteligentní zařízení je dostupné i pro obyčejné stroje, pomocné mechanismy a technologická zařízení ve všech oborech. S inteligentní automatizační technikou se běžně setkáváme v „nevýrobní automatizaci“, zejména v „malé energetice“ a v technice budov (kde přináší značné úspory). Patrně nejrozšířenějšími řídicími systémy v průmyslové praxi jsou programovatelné automaty PLC.

2.1 Počítače v automatizaci

Osobní počítače slouží obvykle v automatizovaných systémech jako standardní vybavení velinů a dispečerských pracovišť, ale i jako pracoviště pro servis a seřizování, pro monitorování technologického procesu a dokumentování jeho průběhu, pro sledování kvality, spotřeba energie a surovin, pro dokumentování přítomnosti a zásahu obsluhujících. Někdy se setkáváme s přímým řízením technologických procesů standardním PC, mnohdy umístěných přímo v technologii. V drsných průmyslových podmínkách však mnohdy selhává (bývá málo spolehlivý, je citlivý na rušení a přepětí, nemá potřebnou životnost). [9]

Průmyslové počítače (IPC,IC) se někdy používají při přímém řízení strojů a technologií, někdy jen v roli inteligentního operátorského panelu nebo komunikačního adaptéru. Problémem při jejich nasazování je jejich vysoká cena. [9]

2.2 Komunikace v systému

Od automatizace je neoddělitelná i komunikační technika. Komunikace je dnes důležitá i pro spojení řídicích systémů a jejich periferních prvků. Existují dva zdánlivě protikladné trendy: integrace a distribuovanost.

2.2.1 Integrované řídicí systémy

Integrované řídicí systémy vznikají sdružováním řídicích systémů, které doposud pracovali samostatně. Na nejvyšší úrovni vznikají integrované systémy tak, že do informačních počítačových sítí bývají připojovány i počítače, sloužící dosud jen pro potřeby řízení, dispečerská pracoviště, velíny a monitorovací systémy. Sdružují (integrují) se tak do řídicích a in-

formačních systémů. Do sítě zprostředkované průmyslovou sběrnici (např. profibus), bývají zapojovány řídicí systémy nižší úrovně, které dosud pracovaly nezávisle. Spojení bývá víceúrovňové a hierarchické. Obvykle se znázorňuje jako pyramida. Na nejvyšší (čtvrté) úrovni bývá informační systém (PC, výkonnější počítače nebo počítačová síť). O úroveň níže jsou opět počítače (obvykle v síti), které slouží k vizualizaci a dokumentování procesů, k ovládání a dispečerskému řízení. Na druhé úrovni bývají běžné řídicí systémy (nejčastěji PLC a regulátory). Na nejnižší úrovni komunikují inteligentní periferní přístroje, pohony akční členy a senzory. [9]

2.2.2 Distribuované systémy

Na komunikaci jsou založeny i distribuované systémy. Funkce, které tradičně provádí jediný řídicí systém (např. modulární PLC se stovkami vstupů a výstupů) realizuje v distribuovaném systému soubor podsystémů (např. desítky malých kompaktních PLC s několika vstupy a výstupy- typicky 8, 12, 32 do 64). Každý z podsystémů má svoji lokální inteligenci, lokální kompetence a řeší své lokální problémy. Informace globálního charakteru, týkající se společného fungování celého systému jsou předávány komunikační linkou ostatním účastníkům (podsystémům). Souboru podsystémů může, ale nemusí, být nadřazen další systém nebo počítač. Stále častěji se v aplikacích využívá nejnižší komunikační úroveň na kterou se připojují prvky dosud považované za pasivní: inteligentní senzory, akční členy a pohony. Pro jejich připojení se využívají průmyslové sběrnice pro spojení systémů (Profibus). , běžné jsou ale i sběrnice specializované pro tuto nejnižší úroveň (např. Device Net). Inteligentní senzory a akční členy již jsou vyrobeny se schopností komunikovat na zvolené sběrnici. Standardní a starší prvky se obvykle připojují prostřednictvím komunikačních modulů. Analogicky je řešena komunikace mezi moduly distribuovaného systému. [9]

2.2.3 Sdružování funkcí

Programovatelnost a variabilnost výstavby poskytuje PLC jejich univerzálnost a přizpůsobivost. Již neplatí, že PLC řeší jen logické úlohy, zatímco ke zpracování analogových veličin se používaly speciální regulátory. PLC dnes zvládne oba typy úloh. Programem PLC lze realizovat vazby a ošetřit logické souvislosti, které jsou při použití specializovaných přístrojů nedostupné- třeba při regulaci teploty a vlhkosti, teploty a kvality spalování atd. [9]

2.2.4 Diagnostika , bezpečnost, spolehlivost a kvalita

Automatizační technika je používána především proto, aby sloužila- předpokládá se, že spolehlivě. PLC, jako systémy pro průmyslové aplikace, jsou konstruovány s ohledem na maximální spolehlivost a odolnost proti rušení. Jejich poruchovost bývá zanedbatelná, obvykle pod úroveň běžných periferních prvků.

Nejčastějšími zdroji poruch bývá změna vlastností technologického objektu (uvolnění spoje, zadření přehřátí apod.). Mnohdy je příčinou selhání i lidský faktor.

Stále častěji je vyžadován bezobslužný provoz. To je zdrojem nového problému: řídicí systém musí rozpoznat i ty chybové stavy , které obsluhující rozeznával svými smysly. Technická diagnostika, která je pomocí programovatelných automatů zvládnutelná, se proto stává neoddelitelnou součástí automatizační techniky. Je prováděna pomocí zpětné odezvy různých druhů čidel na nastalé situace a následným programovým vyhodnocením.

Stále častěji se setkáváme s požadavkem sledování technologických provozů, s dokumentováním jejich průběhu. Důležitým motivem nejednal přirozená potřeba managementu „vidět“ do svých provozů a technologií, mnohdy posilována přechodem na systém sledování kvality podle norem ISO. Přirozeným prostředkem je PLC, díky své schopnosti komunikovat s procesem a s obsluhujícím personálem a současně s počítačovým systémem a sítěmi. PLC se tak stává „technologickým rozhraním“ počítače pro spojení s procesem.[9]

2.3 Hlavní charakteristiky programovatelných automatů

Výhody:

Rychlá realizace:

Hlavní předností programovatelných automatů je rychlá realizace systému. Technická vybavení nemusí uživatel vyvíjet. Stačí navrhnout a objednat vhodnou sestavu modulů programovatelného automatu pro danou aplikaci, vytvořit projekt, napsat a odladit uživatelský program.

Spolehlivost a odolnost:

Technické vybavení programovatelných automatů je navrženo tak, že jsou extrémně spolehlivé i v drsných průmyslových podmínkách. , jsou odolné proti rušení i poruchám vyznačují se robustností i spolehlivostí. Programovatelné automaty bývají vybaveny i vnitř-

ními diagnostickými funkcemi, které průběžně kontrolují činnost systému a včas zjistí případnou, lokalizují ji, bezpečně jí ošetří a usnadní její odstranění.

Snadná přizpůsobitelnost řešení (nekončící změny v zadání):

Jen výjimečně se podaří, že první varianta řešení zůstane tou poslední a konečnou. Představí zadavatele a konečného uživatele, ale i projektanta a programátora postupně zrají, požadavky se postupně vyvíjejí a rozšiřují. Při uvádění do provozu je třeba všechny funkce důkladně prověřit a odstranit mnohé chyby a slabá místa.

U řídicích systémů s pevnou logikou (např. relé) je každá změna zdrojem problémů (mnohdy neřešitelných). Při použití programovatelného automatu stačí mnohdy jen opravit, změnit nebo rozšířit uživatelský program. Pokud požadavky vyžadují použití nových vstupů a výstupů, můžeme někdy vystačit s využitím existujících rezerv v konfiguraci. Obvykle se nechává rezerva 5 až 15%. V opačném případě potřebné moduly (případně další PLC jako podsystém), doplnit projekt a program. [9]

Schopnost jako komunikace:

K neopomenutelným výhodám programovatelných automatů patří jejich schopnost komunikace s nejrozšířenějšími systémy a zařízeními jak v podřízené úrovni, v takzvaném poli, což je oblast senzorů, měřících zařízení a akčních členů, tak i v souřadné úrovni s ostatními programovatelnými automaty či jinými řídicími systémy, a neposlední řadě i směrem k systémům nadřízeným. Právě tato schopnost komunikace umožňuje stavbu distribuovaných nebo i hierarchických systémů řízení z nejrůznějších komponent a od různých výrobců. [9]

Nevýhody:

Prodloužení odezvy:

Řídicí systémy s pevnou logikou se od systému s PLC se liší v době odezvy, tj. v době, za kterou zareagují výstupy na změnu na vstupech systému. V pevné logice jsou všechny logické členy trvale aktivní, algoritmus systému se realizuje paralelně a ve spojitém čase. Odezva na změnu vstupů je dána jen celkovým zpožděním logických členů v nejdelší větvi. U integrovaných systémů to bývají řádově nanosekundy až mikrosekundy, u reléových systémů jednotky, desítky, někdy i stovky milisekund. Odezva PLC bývá delší a je dána dobou průchodu programu. Závisí na rychlosti procesoru a na délce aktivní větve pro-

gramu. Typicky nabývá hodnot v řádu jednotek až desítek milisekund, což pro běžné aplikace postačuje. Je však třeba s touto skutečností počítat.

Nespojitost v čase:

Dalším důležitým znakem programovatelných systémů je časová nespojitost zpracování. Algoritmus je vykonáván cyklicky, vždy jen v určitých okamžicích. Uvnitř intervalu mezi okamžiky aktivace systém nereaguje na změny vstupních hodnot. Tuto skutečnost je třeba respektovat při návrhu a programování systému, jinak může být příčinou hazardů a chyb, ztráty krátkého vstupního impulsu, nevyhodnocení hrany signálu apod.

Postupnost zpracování:

Program PLC je vykonáván v pořadí, v jakém je zapsán, nikoliv v pořadí „toku signálů“ v odpovídajícím logickém schématu. Je-li možné zapsat PLC program sousledně s tokem signálů (aby pořadí instrukcí sledovalo tok signálů od vstupu k výstupům), nebývají problémy. U složitých a nepřehledných logických funkcí to není vždy možné. V lepším případě je následkem prodloužení doby odezvy systému. V případě nesystematického návrhu sekvenčních funkcí (se zpětnými vazbami) může být i následkem chybné funkce programu nebo jeho zdánlivě nahodilé chyby (hazardu).[9]

3 VÝROBA A ÚPRAVA STLAČENÉHO VZDUCHU

Stlačený vzduch je prokazatelně jednou z nejstarších forem energie, kterou člověk znal a využíval ke zvýšení své fyzické výkonnosti. Vzduch jako médium si člověk uvědomoval již před tisíci lety a pokoušel se ho využít k práci. Jedna z prvních zaručených zpráv využití stlačeného vzduchu jako pracovního prostředku je o Řeku Ktesibiovi, který více než před 2000 postavil pneumatický prak (katapult). Jedna z prvních knih o použití stlačeného vzduchu jako nositeli energie pochází z 1. století našeho letopočtu. Obsahuje popisy zařízení, poháněných ohřátým vzduchem. Také výraz „neuma“ pochází od starých Řeků; znamenal dech, vítr, resp. Ve filosofii také duši. Z toho slova pak byl odvozen termín „pneumatika“ pro obor, zabývající se projevy a pohybem vzdušnin, resp. procesy, které ve vzdušnině probíhají.

Základní vědomosti z pneumatiky sice patří k nejstarším znalostem lidstva, trvalo však celá staletí, prakticky až do minulého století, než byly systematicky prozkoumány její základy. A teprve přibližně od 50. let tohoto století lze hovořit o průmyslové aplikaci pneumatiky ve výrobě, i když jsou známy jednotlivé starší aplikace- například v hornictví, stavebnictví a železniční dopravě (vzduchové brzdy). K celosvětovému průmyslovému uplatnění pneumatiky však dochází teprve v posledních desetiletích, mimo jiné jako důsledek zavádění automatizace a racionalizace technologických procesů. Přes počáteční nedůvěru způsobenou většinou neznalostí nebo nedostatečným vzděláním, se aplikační oblast pneumatiky stále rozšiřuje. V současnosti moderní průmyslové provozy si prakticky nelze představit bez využívání stlačeného vzduchu s pneumatická zařízení se úspěšně využívají v nejrůznějších průmyslových odvětvích.

3.1 Vlastnosti stlačeného vzduchu

Rychlý rozvoj a praktické uplatnění pneumatiky v poměrně krátkém časovém období vyplynul mimo jiné ze skutečnosti, že mnohé problémy automatizace lze řešit nejjednodušeji a nejehospodárněji právě s využitím pneumatiky. V této kapitole jsou uvedeny důvody hovořící pro využití stlačeného vzduchu.

Dostupnost:

Vzduch je k dispozici v neomezeném množství prakticky všude.

Doprava:

Stlačený vzduch lze potrubím dopravovat snadno i na větší vzdálenosti, není nutné žádné zpětné vedení.

Akumulace:

Kompresor vyrábějící stlačený vzduch nemusí pracovat nepřetržitě, neboť stlačený vzduch lze akumulovat v tlakové nádobě. Navíc ho lze v tlakových nádobách (lahvích) i přepravovat.

Teplota:

Stlačený vzduch není citlivý ke změnám teploty, což je zárukou bezpečné činnosti pneumatických zařízení i při extrémních teplotních podmínkách.

Bezpečnost proti výbuchu.

Použití stlačeného vzduchu nepřináší nebezpečí výbuchu a požáru. Proto nejsou ani nutná nákladná ochranná opatření proti výbuchu.

Čistota:

Stlačený vzduch neobsahuje žádné škodliviny a proto nedochází ke znečištění okolí při jeho unikání do okolí při činnosti pneumatických prvků a zařízení nebo z netěsných rozvodů vzduchu. To je výhodné například v potravinářském průmyslu, dřevozpracujícím, kožedělném a textilním průmyslu.

Jednoduchost:

Pracovní výkonové prvky jsou konstrukčně jednoduché a proto vycházejí i levně.

Rychlost :

Stlačený vzduch je velmi rychlé pracovní médium, umožňující dosahovat vysokých pracovních rychlostí. (Rychlost pohybu pneumatických motorů a pístů je 1 až 2 m/s).

Řiditelnost:

Rychlosti a síly pneumatických prvků jsou říditelné ve velkém rozsahu.

Přetížitelnost:

Přetížení pneumatických zařízení (zejména pracovních prvků) vede k zastavení jejich činnosti bez poškození. Jsou tedy bezpečné proti přetížení.

Pro přesnější vymezení aplikační oblasti pneumatiky je nutné se seznámit i s negativními vlastnostmi.

Úprava:

Úpravě stlačeného vzduchu je nutné věnovat zvýšenou pozornost. Zejména musí být odstraněny nečistoty a vlhkost, které by jinak způsobovaly zvýšené opotřebení pneumatických prvků.

Stlačitelnost:

Stlačený vzduch neumožňuje dosáhnout konstantní rychlosti pohybu pístů pneumatických motorů.

Dosažitelná síla:

Mez hospodárně dosažitelné síly pneumotorů při provozně používaném tlaku 700 kPa je v závislosti na celkovém zdvihu a rychlosti pístu v rozmezí 20 000 až 30 000 N.

Hlučnost:

Při činnosti pneumatických zařízení při odfuku vzduchu do okolí vzniká nepříjemný hluk. Tento problém je v současnosti částečně vyřešen používáním nových materiálů tlumících zvuk.

Náklady:

Tlakový vzduch je relativně drahý nosič energie. Vysoké náklady vynaložené na energii jsou však zase kompenzovány nízkou cenou a velkou výkonností prvků (např. vysokým počtem pracovních taktů). [3]

3.2 Výroba stlačeného vzduchu

K výrobě stlačeného vzduchu se používají kompresory, které stačují vzduchu na požadovaný pracovní tlak. Většinou se používá centrální výroba stlačeného vzduchu, který se pak rozvádí k jednotlivým pneumatickým zařízením a prvkům. Proto uživatelé jednotlivých zařízení většinou nemusí provádět výpočet a návrh zařízení pro výrobu stačeného vzduchu.

K jednotlivým zařízením se z kompresorové stanice rozvádí stlačený vzduch potrubím. Mobilní zdroje stačeného vzduchu se používají většinou jen ve stavebnictví nebo u strojů, které častěji mění svá stanoviště.

Při návrhu výroby stlačeného vzduchu je třeba uvažovat i budoucí zvyšování spotřeby v důsledku pořizování nových pneumatických zařízení. Je vždy výhodnější výrobu vzduchu předimenzovat, než později zjistit, že je nedostatečná. Dodatečné rozšiřování kompresorových stanice vždy spojeno s velkými náklady.

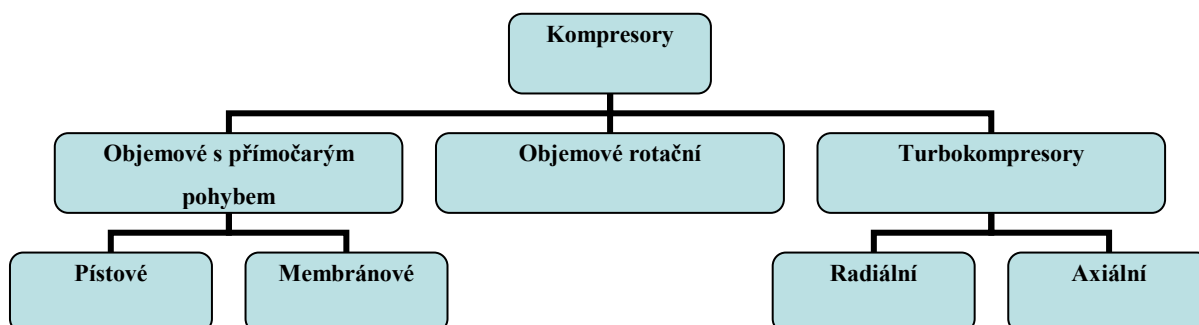
Důležitým požadavkem při výrobě vzduchu je zabezpečení jeho čistoty. Čistý vzduch je podmínkou pro dlouhou životnost výrobního zařízení. Velmi důležitá je rovněž správná volba kompresoru. [3]

3.3 Druhy kompresorů

Na základě požadavků na množství vzduchu a jeho pracovní tlak se volí různé druhy kompresorů. Podle principu činnosti se kompresory dělí na dva základní typy:

První typ kompresorů pracuje na objemovém principu, stlačení se dosahuje nasátím vzduchu do prostoru, který je pak uzavřen a zmenšován. Na tomto principu pracují např. pístové kompresory.

Druhý typ kompresorů je založen na rychlostním principu, kdy nasátý vzduch je urychlován a jeho kinetická energie je v difuzoru transformována na tlakovou energii. Kompresory, které pracují na tomto principu, se nazývají turbokompresory.



Obr. 1. Členění kompresorů

3.3.1 Pístové kompresory

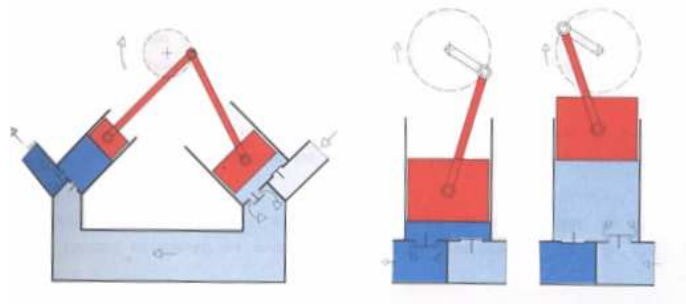
Pístové kompresory s přímočarým pohybem pístu jsou v současné době nejpoužívanějším typem kompresorů. Jsou vhodné k získání nízkých, středních i vysokých tlaků, tj. od 100 kPa až do několika tisíc kPa. Při stlačení vzduchu nevyšší tlaky je však nutné vícestupňové provedení. Nasátý vzduch se v prvním stupni stlačí, následuje jeho ochlazení a pak stlačení v dalším stupni. Zdvihový objem je vždy menší než prvního stupně. Teplo vznikající při stlačování vzduchu musí být vždy odváděno. Chlazení se provádí buď vzduchem nebo vodou.

Doporučuje se použití:

do 400 kPa jednostupňové

do 1500 kPa dvoustupňové

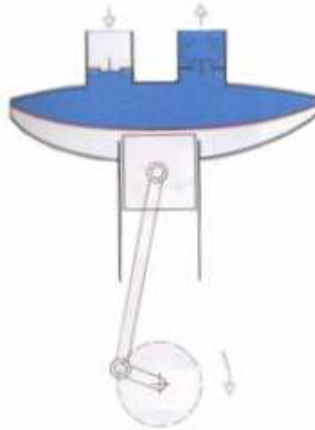
nad 1500 kPa tři nebo vícestupňové [3]



Obr. 2. Pístový kompresor

3.3.2 Membránové kompresory

Řadí se do skupiny pístových kompresorů. Píst je však od sání i výtlaku oddělen membránou, takže vzduch nepřichází do styku s kluzně uloženými pohyblivými díly a není proto znečišťován olejem. Membránové kompresory se proto používají zejména v potravinářském, farmaceutickém a chemickém průmyslu. [3]



Obr. 3. Membránový kompresor

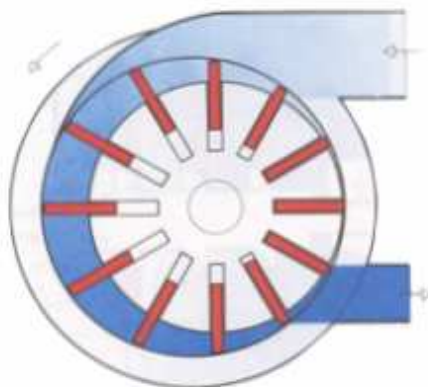
3.3.3 Rotační objemové kompresory

Princip činnosti: při rotačním pohybu jednoho nebo dvou rotorů- pístu dochází ke zmenšování pracovních prostorů se vzduchem a tím k jeho zpracování. [3]

3.3.4 Křídlový (lamelový) kompresor

Ve válcovém tělese s otvory pro sání a výtlak se otáčí excentricky uložený rotor. V podélných zářezech rotoru jsou uloženy posuvné lamely, které se opírají a kloužou po vnitřním povrchu tělesa statoru a tím vytvářejí řadu komor. Při otáčení excentricky uloženého rotoru se komory se vzduchem zmenšují a tím dochází ke stlačování vzduchu.

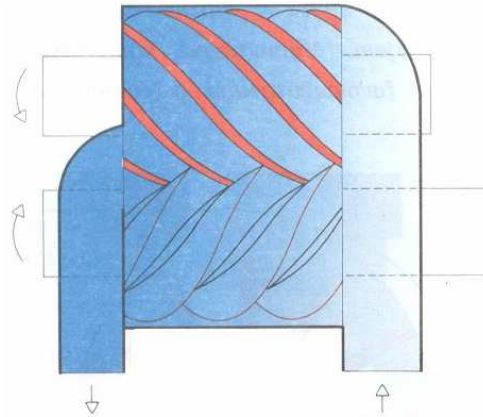
Předností tohoto typu kompresoru jsou malé vnější rozměry, klidný chod a rovnoměrná, prakticky bezrázová dodávka stlačeného vzduchu. [3]



Obr. 4. Křídlový (lamelový) kompresor

3.3.5 Šroubový kompresor

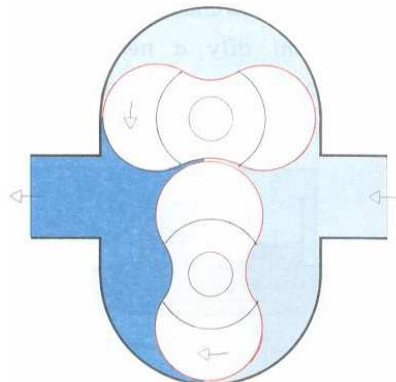
Šroubový kompresor je typ moderního dvourotorového kompresoru. Vzduch je nasáván a vytlačován dvěma šroubovými vřeteny s konkávním a konvexním, do sebe zapadajícím profilem šroubových ploch, které stlačují axiálním směrem vytlačovaný vzduch. [3]



Ob . 5. Šroubový kompresor

3.3.6 Rootsův kompresor

Vzduch je dodáván z jedné strany na druhou dvěma stejnými rotory s průřezem piškotového tvaru. Patří do skupiny kompresorů s tzv. vnější kompresí, neboť ke stačení nasátého vzduchu nedochází uvnitř samotného kompresoru, nýbrž až vytlačováním vzduchu do uzavřeného prostoru, tj. výtlačkem proti odporu výstupní větve. [3]

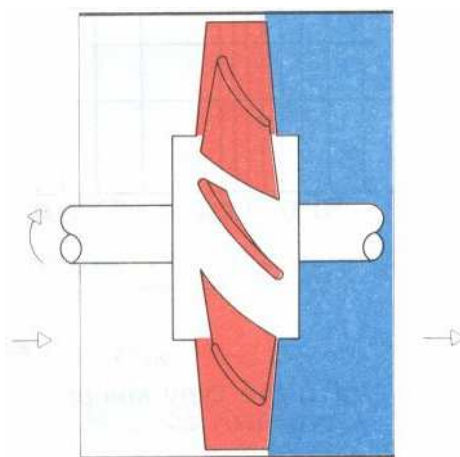


Obr. 6. Rootsův kompresor

3.3.7 Turbokompresory

Pracují na rychlostním principu a jsou vhodné především pro velká dodávaná množství vzduchu. Vyrábějí se v axiálním a radiálním provedení.

Nasávanému vzduchu se jedním nebo více oběžnými koly udělí vysoká rychlost (a částečně i stačení) a tato kinetická energie se v následujícím pevném difuzoru mění na tlakovou. U axiálních turbokompresorů se zrychlení vzduchu dosahuje pomocí lopatek při axiálním proudění. U radiálních turbokompresorů proudí nasávaný vzduch do běžného kola přibližně axiálně a v oběžném kole se mění směr průtoku na radiální. Při vysoké obvodové rychlosti dochází i k částečnému stlačení působením odstředivé síly. Po výstupu z oběžného kola dochází ke zpomalení vzduchu v difuzoru s výsledným zvýšením tlaku. To se opakuje podle počtu zvolených oběžných kol. [3]



Obr. 7. Axiální turbokompresor

3.4 Rozvod tlakového vzduchu

S rozvojem automatizace technologických procesů stoupá spotřeba tlakového vzduchu. K jednotlivým strojům a zařízením, které ke své činnosti potřebují určité množství tlakového vzduchu, je nutné stlačený vzduch od kompresoru přivést rozvodnou sítí.

Průměr potrubí rozvodné sítě je nutné volit tak, aby tlaková ztráta mezi vzdušníkem a spotřebiči nepřesáhla cca 10 kPa. Větší tlakové ztráty značně snižují užitek výkon a tedy i hospodárnost. Proto je vhodné již při návrhu předvídat případné budoucí zvýšení spotřeby vzduchu a dimenzovat rozvodné potrubí s určitou velkorysostí, protože dodatečné zvětšování potrubí rozvodné sítě je vždy velmi nákladné.

3.4.1 Dimenzování potrubí

Průměr potrubí by neměl být volen podle toho, jaké trubky jsou právě náhodou k dispozici a ani na základě zvyklostí, nýbrž by měl být určen z:

- průtoku vzduchu
- délky potrubí
- přípustné tlakové ztráty
- provozního tlaku
- počtu míst se škrcením

3.4.2 Materiál potrubí rozvodné sítě

Při volbě materiálů se vychází z těchto možností:

měď	ocelová trubka černá
mosaz	ocelová trubka pozinkovaná
nerez ocel	plasty

Pokládání trubek má být snadné, trubky mají být odolné proti korozi a levné. Pro dlouhodobé využívání se trubky spojují svařováním nebo letováním. Výhodou svařovaných spojů je těsnost a vycházejí levněji. [4]

3.5 Úprava tlakového vzduchu

V praxi se v mnoha případech klade velký důraz na kvalitu tlakového vzduchu. Znečištění vzduchu mechanickými nečistotami, částicemi rzi, zbytky oleje a vlhkosti často vede k poruchám pneumatického zařízení, případně ke zničení některých prvků.

První hrubé odstraňování kondensátu se provádí v odlučovači, umístěném za chladičem vzduchu. Na pracovním místě se pak provádí jemné odlučování, filtrace a další úpravy tlakového vzduchu.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat vlhkosti. Voda (vlhkost) se dostává do rozvodné sítě tlakového vzduchu se vzduchem nasávaným do kompresoru. Stupeň vlhkosti závisí na relativní vlhkosti ovzduší, která je určována teplotou ovzduší, která je určována teplotou ovzduší a povětrnostními podmínkami.

V souvislosti s úpravou vlhkosti se zavádí některé termíny jako např.:

Absolutní vlhkost je množství vodních par, které obsahuje 1 m³ vzduchu.

Relativní vlhkost je množství vodních par v 1 m³ vzduchu, vztažené na maximální možné množství při dané teplotě, vyjádřené %. Relativní vlhkost může být proto max. 100%.

Největší možné množství vodních par (vody) v 1 m³ vzduchu při dané teplotě (teplota rosného bodu) je tzv. mezní stav, tj. stav sytosti, kterému odpovídá relativní vlhkost 100%.

K vysoušení vzduchu se používá absorpčního vysoušení, adsorpčního vysoušení a vysoušení ochlazením.

3.5.1 Absorpční vysoušení

Jedná se o čistě chemický postup, při němž se stlačený vzduch vede prostředím se sušícím prostředkem. Voda nebo vodní pára se při styku se sušícím prostředkem na něj chemicky váže. Proto musí být sušící prostředek v absorberu vždy po určité době vyměněn, což se provádí ručně nebo automaticky. Sušící prostředek je tedy po určitém čase „spotřebován“ a musí být nahrazen novým (2x až 4x za rok).

S absorpčním vysušováním bývá spojeno také vylučování olejových par a částic. Protože větší množství oleje ve vzduchu má negativní vliv na účinnost sušení, je před vysoušením olej zachycovat jemným filtrem.

Výhody absorpčního vysoušení:

- jednoduchá instalace
- malé mechanické opotřebení, protože absorber nemá žádné pohyblivé součásti
- nevyžaduje přívod energie

3.5.2 Adsorpční vysoušení

Základem tohoto postupu je fyzikální jev adsorpce (zachycování látek na povrchu pevných těles). Sušícím prostředkem je zrnitý materiál, většinou dioxid křemičitý, pro nějž se používá název gel. Tento gel adsorbuje vodu či vodní páru: vlhký tlakový vzduch prochází vrstvou gelu, který na sebe váže vlhkost z takového vzduchu. Akumulační schopnost gelové náplně adsorbéru je omezená. Proto je-li sušící prostředek nasycen, je třeba ho regenerovat. Regenerace se provádí nejčastěji tak, že nasyceným sušícím prostředkem se nechá

proudit horký vzduch, který mu vlhkost odejme. Na tepelnou energii potřebnou k regeneraci je nutná elektrická energie nebo horký tlakový vzduch. Často se používá dvoukomorové uspořádání, kdy jedna komora se využívá k vysoušení a druhá je profukována horkým vzduchem (regenerační princip).

3.5.3 Vysoušení ochlazováním

Podstatou tohoto postupu je snížení teploty tlakového vzduchu pod teplotou rosného bodu, což je teplota, pod níž je nutné plyn ochladit, aby se v něm obsažené vodní páry zkondenzovaly. Tlakový vzduch přiváděný do sušičky se zpravidla nejdříve vede vzduchovým tepelným výměníkem, v němž se předchladí. Vyloučený kondensát se shromažďuje v odlučovači, který je třeba pravidelně vypouštět.

4 PNEUMATICKÉ PRACOVNÍ PRVKY

K převodu energie stlačeného vzduchu na energii mechanickou slouží pneumatické motory (pneumotory), které následně vykonávají přímočaré nebo otáčivé pohyby. Podle způsobu převodu energie se motory dělí do několika skupin. Mezi pneumatické pracovní prvky patří také různé úchopné hlavice a ejektory.

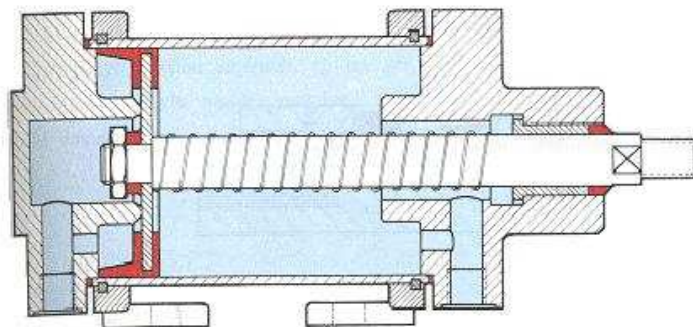
4.1 Jednočinné přímočaré motory

U jednočinných přímočarých motorů působí tlakový vzduch jen na jednu stranu pístu, takže mohou vykonávat mechanickou práci pouze v jednom směru pohybu. Zpětný pohyb je realizovaný silou pružiny nebo jinou vnější silou, která musí být dostatečně veliká, aby vratný pohyb pístu proběhl s dostatečnou rychlostí. Zdvih jednočinných motorů je omezen právě použitelnou délkou pružiny. Bývá přibližně do 100 mm. Tyto motory se používají zejména k upínání, vyhazování, lisování, zdvihání, přisouvání ap. [3]

4.1.1 Pístové motory

Utěsnění pístu ve válci se provádí pružným materiálem (např. Perbunanem) zabudovaným v pístu, který je zhotoven z kovu nebo plastu. Při pohybu se těsněním smýká po vnitřní straně válce.

Vedle popsaného principu s pracovním pohybem vyvozeným tlakovým vzduchem se používá též provedení, kdy pracovní zdvih je realizován pružinou a zpětný pohyb je vyvozen tlakovým vzduchem. Příkladem použití tohoto provedení jsou např. vzduchové brzdy u železničních vagónů s výhodou, že brzdy působí i při výpadku energie.

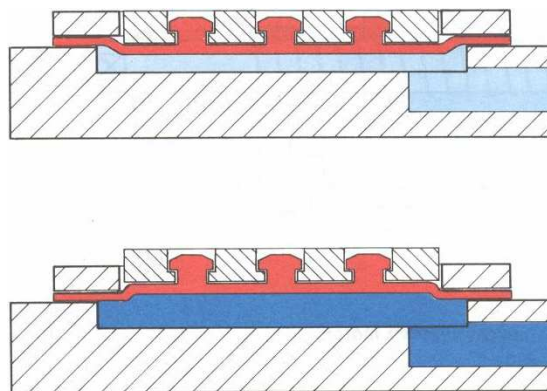


Obr. 8. Jednočinný pístový motor

4.1.2 Membránové motory

Tyto motory jsou též známé pod názvem „tlakové“ příp. „silové krabice“. Úlohu pístu u nich přebírá membrána, která je zhotovena z pryže, plastu nebo kovu. K membráně je v jejím středu připevněna pístnice. Svým obvodem je membrána uchycena v tělese motoru. Odpadá tedy u nich pohyblivé těsnění a vzniká u nich tedy jen vnitřní tření při roztažení membrány.[3]

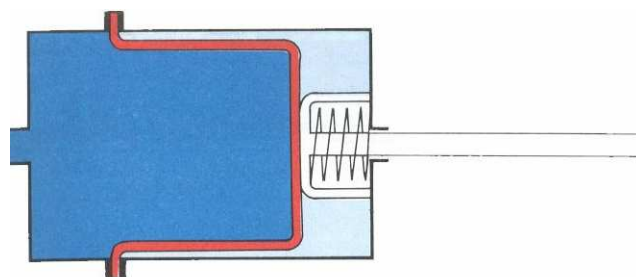
Membránové motory se používají při konstrukci přípravku a nástrojů, k rážení, nýtování a upínání na lisech.



Obr. 9. Membránový motor

4.1.3 Motory s odvalující se membránou

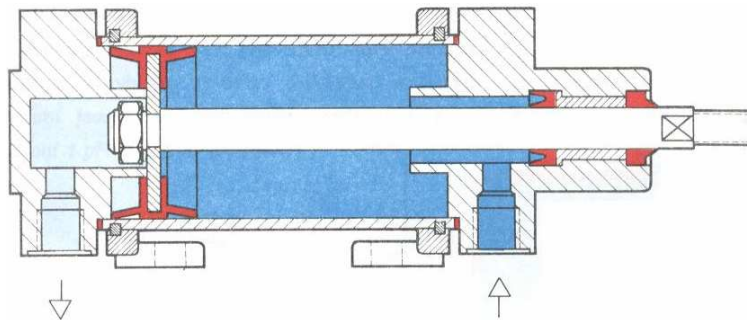
Mají podobné provedení, protože se u nich používá také membrána, která se po přivedení tlakového vzduchu odvaluje po vnitřním povrchu válce motoru a vysouvá pístnici. Umožňuje proto podstatně větší zdvihy (50 až 60 mm) než membránové motory s plochou membránou. Tření při pohybu je opět velmi malé. [3]



Obr. 10. Motor s odvalující se membránou

4.2 Dvojčinné přímočaré motory

U dvojčinných motorů vyvozuje síla daná působením tlakového vzduchu na píst pohyb v obou směrech, tj. jak při dopředném, tak při zpětném pohybu pístu. Proto se tyto motory používají v případech, kdy má píst vykonávat pracovní činnost i při zpětném pohybu. Délka zdvihu teoreticky není omezena, prakticky je však třeba vzpěrovou pevnost a průhyb pístnice. Utěsnění pístu při pohybu ve válci se provádí manžetami nebo membránami.



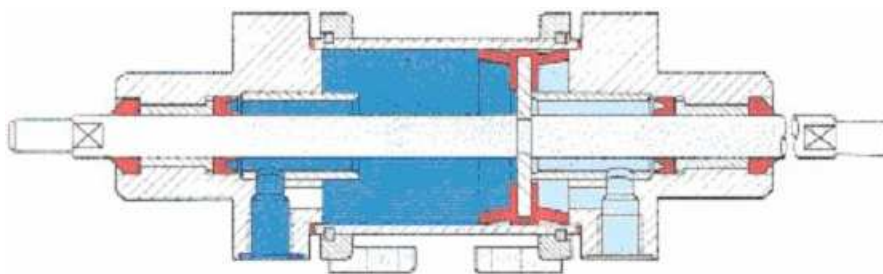
Obr. 11. Dvojčinný přímočarý pístový motor

4.3 Zvláštní provedení dvojčinných přímočarých motorů

Těchto motorů je využíváno ve speciálních aplikacích a systémech které není možné realizovat pomocí standardních pneumotorů.

4.3.1 Motor s průchozí (oboustrannou) pístnicí

Má pístnici na obou stranách motoru, pístnice je průchozí v celé délce válce. Výhodou je lepší vedení pístnice při pohybu, protože je uložena ve dvou kluzných vedeních, což dovo-luje i menší boční zatížení pístnice. Provedení také umožňuje umístit čidla na volné straně pístnice. Plocha pístu je z obou stran stejná, proto je i síla při obou směrech pohybu táž.

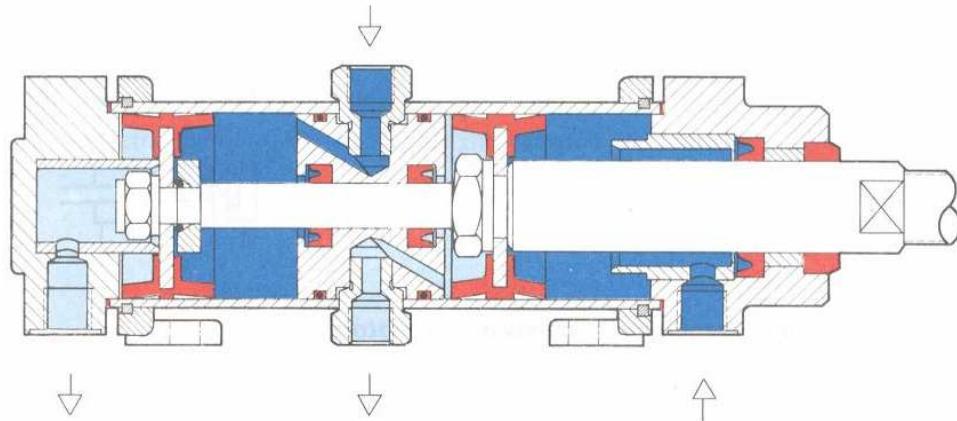


Obr. 12. Motor s průchozí pístnicí

4.3.2 Tandemové motory

Jedná se o spojení dvou dvojčinných motorů v jednu konstrukční jednotku společnou pístnicí, což umožňuje téměř zdvojnásobit sílu na pístnici. Proto se tandemové motory používají zejména v případech, kdy potřebujeme velké síly, ale je omezena velikost vnějšího průměru válce z důvodů omezených prostorových možností.[3]

Používá se například při podávání z regálů na dopravní pás, zdvihací činnosti, třídící (např. třídění na dobré výrobky, vadné výrobky).



Obr. 13. Tandemový motor

4.3.3 Pístové motory s úderným účinkem

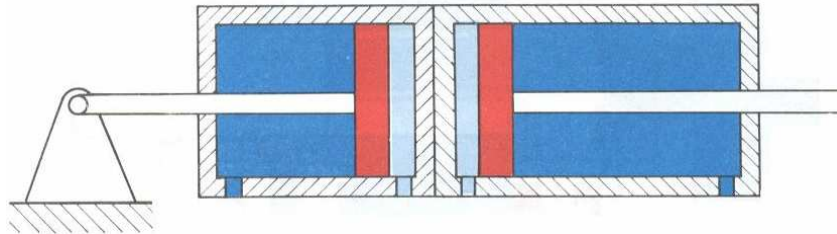
Při použití běžných typů přímočarých robotů je omezena velikostí síly vyvozená energií stlačeného vzduchu. Motory pracující s velkou kinetickou energií se nazývají úderné.

Speciální konstrukcí se u těchto motorů se dosahuje zvýšení rychlosti pístu až na 7,5 – 10 m/s (normální rychlost pohybu pístu je 1 až 2 m/s). Úderná síla i při malých rozměrech motoru je velká. V mnoha případech mohou nahradit lisovací zařízení. Podle průměru válce se dosahuje rázové energie 25 až 100 Nm .[3]

Těchto motorů se využívá při lisování, obrubování, nýtování, vyrážení apod. Při tváření materiálu však klesá rychlost při zvyšujícím se pracovním zdvihu. Proto není vhodné používat tyto motory pro větší tváření.

4.3.4 Vícepolohové motory

Je vytvořen spojením dvou nebo více dvojčinných pístových motorů. Postupným přiváděním tlakového vzduchu dochází k pohybu jednotlivých částí motoru (válců a pístnic). Např. spojením dvou motorů s rozdílnými zdvihy se získávají čtyři polohy. [3]

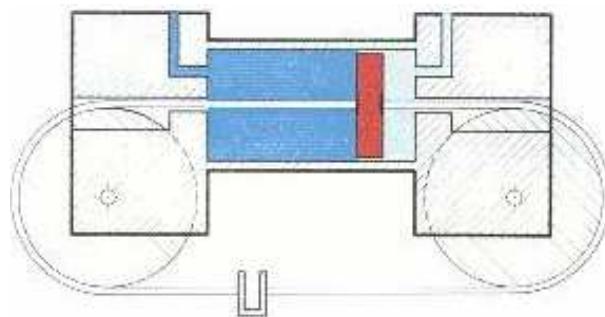


Obr. 14. Vícepolohový motor

4.3.5 Pístové motory s kyvným pohybem (s lanovým převodem)

Jde o dvojčinný pístový motor, u něhož jsou na obou stranách pístu na místo pístnice připevněna lana (nebo struny), vedené přes kladky. Při pracovním pohybu je lano vždy namáháno na tah. [3]

Motory se používají všude tam, kde jsou požadovány velké zdvihy při malých pohybujících se hmotnostech.

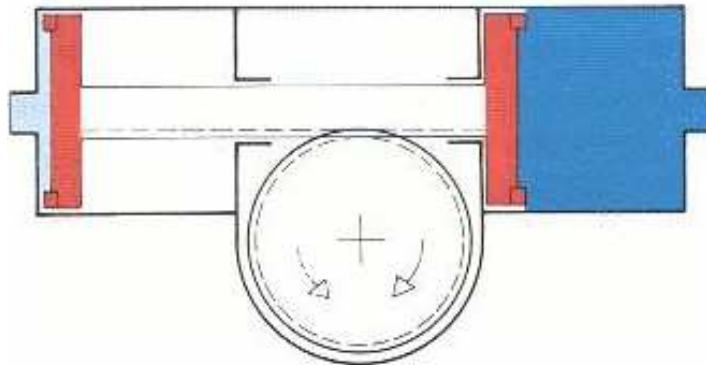


Obr. 15. Pístový motor s lanovým převodem

4.3.6 Přímočaré pístové motory s převodem na výstupní rotační pohyb

Převodu přímočarého pohybu pístu na výstupní rotační se dosahuje pístnicí, jejíž prodloužený konec je proveden jako ozubená tyč, zabírající do ozubeného kola. Rozsah celkového výstupního natočení je 45° , 90° , 180° , 290° až 720° . Vyvozený krouticí moment závisí na tlaku, ploše pístu a převodu. [3]

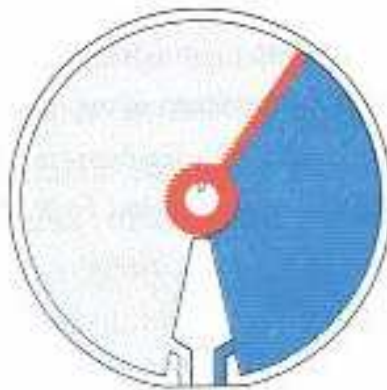
Tyto motory se používají k otáčení obrobků, ohýbání kovových trubek, k ovládání klimatických zařízení, činnosti uzavíracích šoupátek, ventilů apod.



Obr. 16. Pístový motor s převodem na rotační pohyb

4.3.7 Motor s rotační lopatkou

Také u těchto pneumatických motorů lze dosáhnout otočného výstupního pohybu v omezeném rozsahu. Úhel natočení obvykle dosahuje se u nich pouze menších kroutcích momentů v důsledku problémů s utěsněním lopatky a omezené možnosti velikosti průměru i šířky tělesa motoru. Proto se v pneumatice používají zřídka, častější je jejich použití v hydraulice.

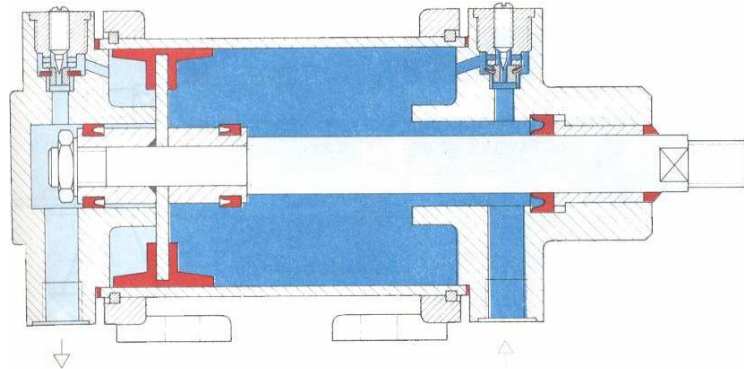


Obr. 17. Motor s rotační lopatkou

4.4 Tlumení v koncových polohách

Jestliže jsou s pohybujícím se pístem spojeny velké hmotnosti, používá se tlumením jeho pohybu v koncových polohách, aby se zamezilo vzniku rázů a tím i případnému poškození.

Tlumení se dosahuje tím, že píst před dosažením koncové polohy uzavře hlavní odfuk do ovzduší a pro výtok vzduchu zůstává pouze malý (většinou nastavitelný) průtočný průřez. Tím dochází ke stlačení vyfukovaného vzduchu, přičemž velikost vznikajícího přetlaku lze nastavit škrtícím jednosměrným (zpětným) ventilem. Tím se pohyb pístu před dosažením koncové polohy zpomaluje. Při opačném směru pohybu pístu proudí tlakový vzduch do prostoru válce jednosměrným ventilem volně.



Obr. 18. Motor s tlumením v koncových polohách

4.5 Ejektor

Ejektor je vzduchem nebo jiným plynem poháněné zařízení s Venturiho tryskou, které využívá energie stlačeného plynu k vytvoření vakua. Jak plyn proudí zužující se trubicí, roste rychlost a klesá tlak. Rozdíl vnitřního a vnějšího tlaku způsobuje sání vzduchu otvorem do prostoru trubice. [5]

Přívod tlakového vzduchu je řízen elektromagnetickým ventilem. Po připojení řídicího napětí se ventil přestaví a vzduch proudící ze vstupu na výstup vytváří ejektorovým účinkem podtlak.

Na výstupu vakua mohou být našroubovány přísavky. Po odpojení napětí přeruší ventil sací proces. Nasávaný vzduch proudí integrovaným filtrem a vystupuje společně s tlakovým vzduchem odvětrávacím výstupem. Integrovaný tlumič hluku tlumí hluk způsobený unikáním vzduchu na minimum.

Pro dosažení vyšší účinnosti při výrobě vakua se používají vícestupňové ejektory. Tyto ejektory pracují na principu využití vzduchu na výstupu z prvního stupně jako vzduchu pro vstup do dalšího stupně. [5]

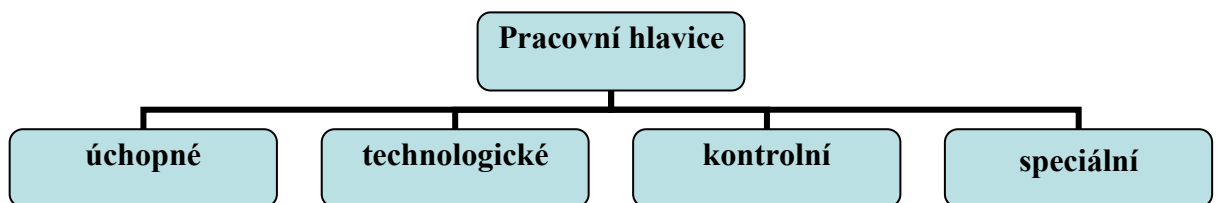
5 PRACOVNÍ HLAVICE ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ

Pracovní hlavicí se rozumí ta část konstrukce robotu nebo manipulátoru, která bezprostředně realizuje příslušnou operaci. Tvoří výstup nebo celého zařízení.[1]

Průmyslové roboty a manipulátory mohou být nasazeny pro realizaci nerůznějších úkolů, a proto se může provedení jejich pracovních hlavic navzájem výrazně lišit. Nejčastěji jsou roboty a manipulátory určeny pro tyto funkce:

- vkládání předmětu do prostoru výrobního zařízení, jejich vyjímání a ukládání do palety nebo k dalšímu zpracování.
- přemísťování předmětů mezi jednotlivými pracovišti při realizaci technologického postupu – tzv. mezioperační manipulace.
- realizace technologických operací, popř. celých procesů. Zde patří např. montážní operace, svařování bodové a švové.

Pracovní hlavice se podle uplatnění průmyslových robotů a manipulátorů ve výrobě dělí na čtyři skupiny. [1]



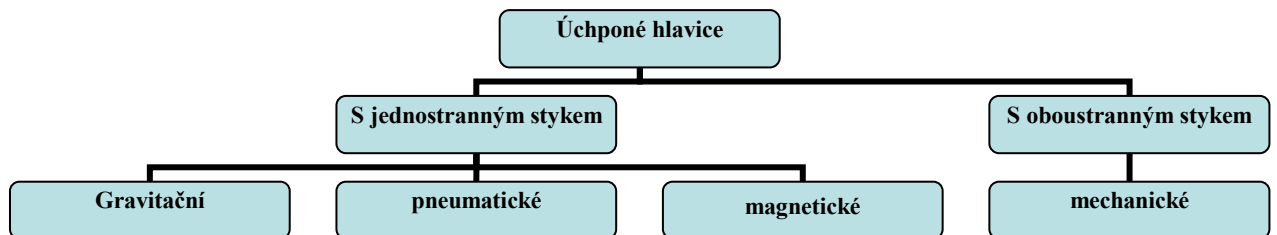
Obr. 19. Dělení pracovních hlavic

Jsou obvykle na konci hlavního pohybového systému nebo jsou ovládány pomocným pohybovým systémem, označovaným jako pohybový systém zápěstí. Konstrukční řešení pracovní hlavice musí umožňovat kompenzaci nepřesností pohybů vlastního PR a M i nepřesnosti vlivem polohy a orientace přenášených předmětů. Tento úkol bývá řešen vložením vhodného, obvykle mechanického, deformačního členu. [1]

5.1 Úchopné hlavice průmyslových robotů a manipulátorů

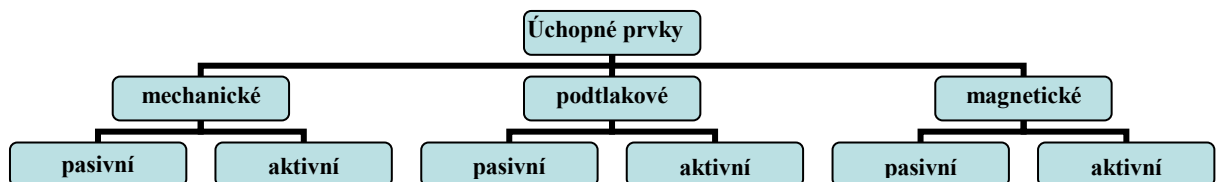
Úchopné hlavice provádějí uchopení a uvolnění předmětu. Uchopení je realizováno mechanickým stykem schopných prvků s povrchem předmětu. Úchopné síly jsou vyvozovány

mechanickými prostředky a působí proti sobě v protilehlých stranách (tzv. mechanické čelisti) nebo se k uchopení tělesa využívá působení gravitačních, magnetických sil. Úchopné hlavice jsou více či méně složité mechanismy, které mají vhodným způsobem rozmístěny úchopné prvky zajišťující snadné uchopení i uvolnění tělesa. Podle povahy styku úchopné hlavice s objektem je lze rozdělit na dvě skupiny (obr.20).[1]



Obr. 20. Rozdělení úchopných hlavic

Úchopné prvky lze rozdělit podle působení na objekt a podle způsobu vyvození úchopné síly (obr.21).



Obr. 21. Rozdělení schopných prvků

Úchopné hlavice složené z pasivních schopných prvků jsou označovány jako pasivní úchopné hlavice a hlavice obsahují alespoň jeden aktivní úchopný prvek jsou aktivní úchopné hlavice. [1]

Úchopná hlavice je charakterizována především typem a strukturou, úchopnou silou, pracovním rozsahem a hmotností. Velikost úchopné síly je nutno stanovit s ohledem na setrvační síly, hmotnost objektu a provozní odpory. Nesmí však překročit hodnotu, při které by mohlo dojít k poškození vlastního objektu.

5.1.1 Mechanické úchopné hlavice

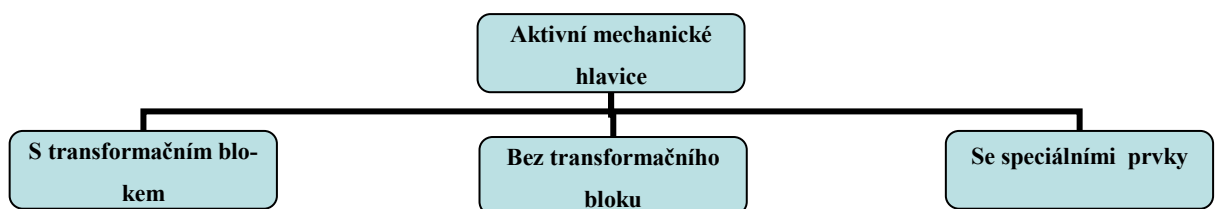
Mechanické úchopné hlavice mají nejméně dva úchopné prvky. Oba úchopné prvky mohou být pohyblivé nebo je pohyblivý jenom jeden a druhý je pevný. Pohyblivé prvky mohou vykonávat pohyby otočné, posuvné nebo obecné. V závislosti na způsobu vyvození upínací síly rozlišujeme pasivní a aktivní mechanické úchopné hlavice. [1]

Mezi nejjednodušší mechanické úchopné hlavice patří hlavice pasivní, u nichž je manipulovaný objekt držen ve vhodně tvarovaných pevných podporách vlastní tíhou. Používají se zejména při manipulaci s rotačními součástmi přírubového nebo hřídelového typu. Přenášené předměty mohou být zajištěny proti posunutí.

Mezi pasivní úchopné hlavice patří i různé konstrukce s pružnými nebo odpruženými čelistmi. Jsou to nejrůznější konstrukce kleštín sloužící k upínání součástí za vnitřní nebo vnější povrch. [1]

Pasivní mechanické úchopné hlavice mají obvykle jednoduchou konstrukci a používají se při manipulaci s lehčími objekty. [1]

Aktivní mechanické úchopné hlavice obsahují alespoň jeden pohyblivý prvek s vlastním pohonem. V závislosti na uspořádání vazby mezi pohonem a schopným prvkem rozlišujeme.



Obr. 22. Rozdělení aktivních mechanických hlavice

U aktivních mechanických hlavice s transformačním blokem je mezi úchopné prvky vložen mechanický člen umožňující společné ovládání více čelistí, změnu rychlosti a smyslu pohybu, změnu úchopné síly, popř. umožňuje snadněji vyřešit prostorové uspořádání hlavice. Podle použitého pohonu může (elektromotor, rotační přímočarý či kyvný hydromotor) může být pohyb na vstupu translační nebo rotační. V návaznosti na použitý transformační člen

se bude lišit výsledný pohyb. Mezi základní parametry transformačních bloků patří charakteristika převodové funkce $f(p)$ a počet čelistí, které je možné současně ovládat. [1]

K pohonu čelistí se velmi často používají přímočaré hydraulické nebo pneumatické motory a to zejména pro jejich malé rozměry a snadné vyvození velmi vysokých upínacích sil. Zvláště vhodné se jeví ovládání zpětného pohybu válce pružinou. Toto uspořádání zajišťuje konstantní upínací sílu i v případě poklesu tlaku a usnadňuje řešení přívodu energie. Popsané uspořádání je vhodné pro menší upínací síly, neboť při požadavku na větší upínací síly vycházejí rozměry pružin příliš velké. Při použití rotačních motorů na vstupu úchopné hlavice musí zajistit transformační blok posuvný výstupný pohyb. To lze snadno realizovat např. pomocí pohybového šroubu s maticí. [1]

Nejrozšířenější je provedení mechanických úchopných hlavice s otočně uloženými čelistmi a přímočarým pohybem na vstupu do transformačního členu. Transformační člen je tvořen buď pákovým systémem nebo systémem ozubených převodů. Konstrukce s ozubenými převody je vhodnější pro větší zatížení a umožňují docílení i nesouměrných pohybů při použití ozubených kol různých průměrů, avšak jsou méně přesné a vyžadují důsledné vymezování vůlí v ozubení. [1]

Mechanické úchopné hlavice se obvykle řeší jako jednoúčelové konstrukce určené pro zcela konkrétní aplikace. Jejich uspořádání respektuje tvarové a rozměrové parametry manipulovaných objektů.

5.1.2 Magnetické úchopné hlavice

Používají se při manipulaci z feromagnetických materiálů. Pasivní magnetické úchopné hlavice jsou opatřeny schopnými prvky tvořenými většinou tyčovými permanentními magnety, zatímco aktivní jsou vybaveny elektromagnety. Velkou předností obou typů je snadné přizpůsobení schopných prvků tvaru předmětu vhodným rozmístěním jednotlivých magnetů. Počtem a velikostí magnetů je přímo možno ovlivňovat i schopnou sílu. Nevýhodou je možnost znečištění stykových ploch, na nichž se zachytávají zejména menší feromagnetické částičky, které pak mohou narušit plochu uchopovaného předmětu. [1]

Pasivní úchopné hlavice jsou vhodné zejména pro uchopení drobnějších předmětů, kde není třeba velké uchopovací síly, protože jinak vznikají problémy s uvolněním uchopených předmětů. V nejjednodušším případě dochází k uvolnění uchycených předmětů stržením

při zpětném pohybu hlavice. V případě, že by hrozilo poškození strhávaného objektu, se používají speciální vyhazovače ovládané obvykle pneumaticky.

Aktivní úchopné hlavice jsou vybaveny elektromagnety zabudovanými do úchytných desek. Uvolnění se provádí přerušením napájecího proudu.

5.1.3 Pneumatické úchopné hlavice

Do této skupiny patří přetlakové a podtlakové úchopné hlavice. Přetlakové mají speciální úchopné prvky. Patří k nim zejména přetlaková upínací pouzdra. Jsou vyrobená z pružného materiálu (nejčastěji z pryže) a tvarově a rozměrově přizpůsobena manipulovanému předmětu. Konstrukce jsou uzpůsobeny pro upínání součástí za vnější nebo vnitřní povrch. [1]

Další možností přetlakové úchopné hlavice je prvek tvořen hadicí o nesouměrném průřezu. Při naplnění stlačeným vzduchem se hadice deformuje (ohýbá) a obepíná manipulovaný objekt. Velikost úchopné síly je v závislosti na pracovním tlaku.

Podtlakové prvky mohou být pasivní nebo aktivní. Pasivní podtlakové prvky jsou tvořeny pružnými deformačními přísavkami. Těleso je přidržováno je přidržováno podtlakem vytvořeným v prostoru mezi povrchem tělesa a deformační přísavkou. Velikost úchopné síly je závislá na velikosti stykové plochy přísavky s povrchem tělesa a na tvaru a tuhosti přísavky (čím tužší přísavka, tím větší schopná síla). Bezpečné uchycení předmětu je závislé na kvalitě jeho povrchu. Nejčastěji jsou pro manipulaci používány rovinné předměty jako např. tabule plechu, skla, plasty apod. Není-li zajištěna dokonalá těsnost mezi přísavkou a předmětem, používají se přísavky s proměnným vnitřním objemem. Ten je upravován pomocí pístu ovládaného pružinou. Změnou tuhosti pružiny lze regulovat velikost úchopné síly. Uvolnění předmětu se děje jeho stržením z přísavky, k čemuž je nutno vyvinout značnou sílu. Hrozí-li nebezpečí poškození, lze předmět uvolnit propojením prostorů pod přísavkou s okolím. Uzavírací orgán tvoří pryžová klapka přitlačovaná membránou.

Aktivní pneumatické prvky, označovány často jako podtlakové, využívají pro vyvození uchopovací síly podtlaku vyvinutého buď vývěvou nebo ejektorem. Při použití vývěvy je možno připojit na společné odsávací potrubí i více podtlakových komor.[1]

Podtlakových schopných hlavic je využíváno např. při manipulaci s velkými předměty, které by nebylo možno zachytit chapadly. Využívá se jich např. při manipulaci s plechy či skleněnými nebo plastovými tabulemi.

Přepravuje-li se předmět o velké ploše a malé tloušťce, vzniká zde riziko různých průhybů a deformací. Tomu lze zamezit vhodnou kombinací počtu přísavek a jejich větší plochy.

Metoda přisání tělesa a jeho následného přemístění s sebou přináší riziko pádu přenášeného tělesa v případě náhlého selhání v systému. Proto je třeba při návrhu celého zařízení dbát především na bezpečnost aby u výsledného produktu byla zajištěna dostatečná míra spolehlivosti.[1]

Uchopení pomocí podtlakových hlavic by vždy mělo probíhat ve vodorovné poloze. V případě kdy se nemůžeme vyhnout šikmému nebo svislému uchopení, je třeba dbát na zvýšenou bezpečnost.

Při přisunutí přísavky k tělesu je třeba vyvarovat se přílišných tlaků nebo nárazů na přísavku, což by mohlo způsobit její deformaci, poškození a nebo předčasnému opotřebení. Proto by při styku přísavky s tělesem mělo docházet jen k minimálním deformacím v rámci tenkého okraje přísavky nebo u skládaných přísavek v limitech jejich deformace.[1]

Při uchycení by neměla plocha přísavky být větší než úchopná plocha tělesa, aby se předešlo úniku vakua a tím nespolehlivému uchopení. Pokud se pro uchycení tělesa použije více přísavek, je třeba dbát na staticky vyvážené uchopení. Také je třeba zajistit správné přilnutí každé z přísavek. Při zvedání tělesa ve svislém směru je třeba počítat se zrychlením, odporem vzduchu a různými rázy, vzhledem k hmotnosti tělesa.[1]

Přísavky jsou citlivé proti kroutícímu momentu, proto se doporučuje zabránit jeho vzniku vhodnou kombinací uchycení.

Působí-li na svisle uchopený předmět síla ve vodorovném směru, může dojít k posunutí v závislosti na velikosti setrvačných sil nebo tření mezi přísavkou a předmětem. Proto by měly být setrvačné síly v tomto směru minimalizovány.

V případě, že nemůže být zaručena konstantní vzdálenost mezi přísavkou a dopravovaným předmětem, využívají se přísavky se zabudovanou pružinou a tlumičem. Tento typ zabezpečí měkké uchopení ve větším rozsahu. V případě nutnosti zachování polohy tělesa lze použít přísavku s ochranou proti pootočení. [1]

Pórovité materiály Při zvedání pórovitých materiálů, jako třeba papír, je třeba vybrat přísavku s menším průměrem dostatečným k uzvednutí daného tělesa. Z důvodů velkého úniku vakua je třeba počítat s vyšším požadovaným výkonem vakuové pumpy nebo vyšší účinnosti v okruhu přísavky.

5.1.4 Technologické hlavice

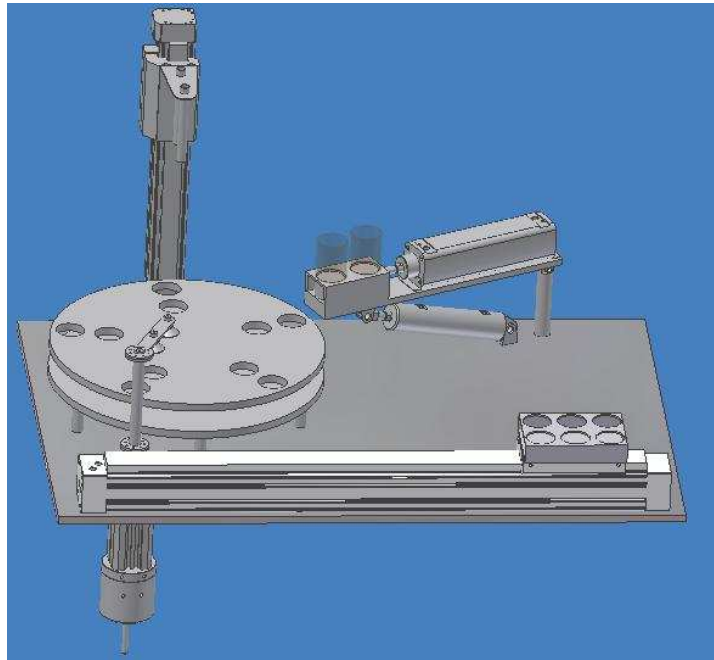
Jsou využívány jako výstupní část průmyslových robotů a manipulátorů, které jsou určeny pro realizaci příslušných technologických operací. Technologické hlavice jsou určeny pro svařování, nástřik nátěrových hmot, montáž aj. Součástí technologické hlavice je i zařízení, které zajišťuje dodávku potřebného materiálu, např. svařovacího drátu, interní atmosféry, laků pro stříkání apod.

Jsou-li technologické hlavice určeny k obrábění (např. broušení, řezání aj.), je nutné uvažovat při návrhu a vlastní konstrukci i s vnějšími silami vznikajícími jako důsledek příslušné operace.

Průmyslové roboty a manipulátory s montážními technologickými hlavicemi musí zajišťovat požadovanou přesnost polohování. Konstrukce spojovacího uzlu hlavice s ramenem musí navíc vykazovat určitou poddajnost, což umožňuje snadnější realizaci montážních operací vyžadující zvýšenou přesnost polohování.[1]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 ANALÝZA POČÁTEČNÍHO STAVU



Obr. 23. Model plnicí linky

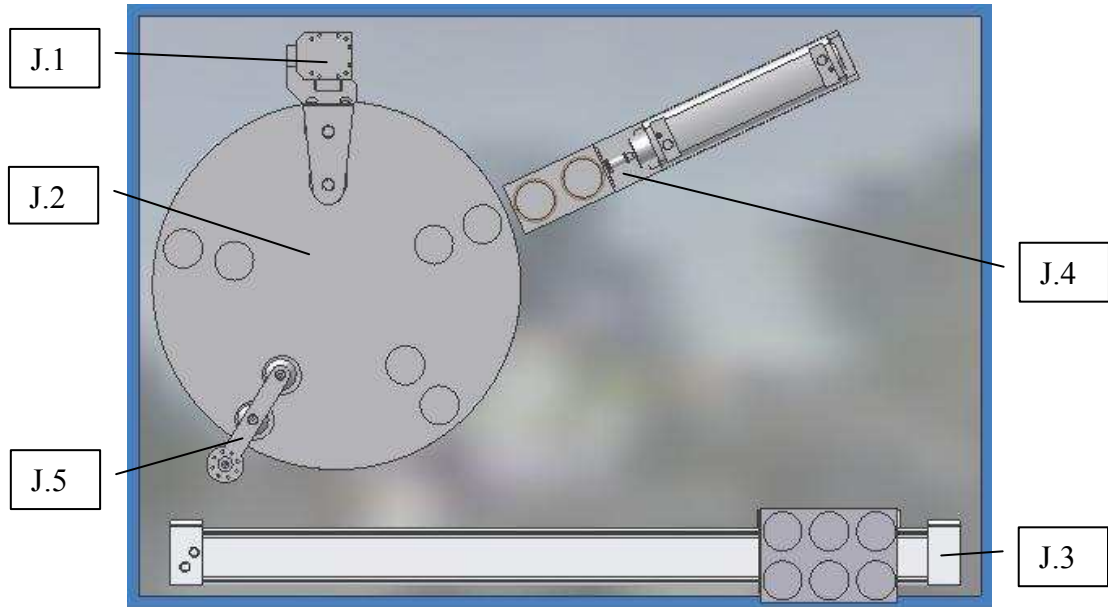
Firma FESTO poskytla nefunkční model plnicí linky, který bude používán pro výukové účely. Jeho smyslem je doplnění sestavy manipulační techniky pro laboratoř robotiky a jeho plné využití při vlastní výuce. Model nebyl žádným způsobem popsán ani jinak dokumentován. Z těchto důvodů bylo nutné provést analýzu počátečního stavu.

Při prvotním zkoumání byl zjištěn vadný krokový motor ovládající otočný stůl, vadný redukční ventil a nefunkční proporcionální ventil realizující rozvod tlakového vzduchu k jednotlivým funkčním prvkům.

Po konzultaci bylo rozhodnuto, že proporcionální ventil nebude vzhledem k jemné mechanice opravován, ale nahrazen novým. Jeho závadu zřejmě způsobilo napájení pohonným médiem v němž se pravděpodobně vyskytly nečistoty. Z těchto důvodů byl i redukční ventil nahrazen jiným typem s filtrem vzduchu, aby se snížilo riziko opětovného vyřazení proporcionálního ventilu. Ten je v celém obvodu nejcitlivější na znečištění pohonného média.

Největším problémem byla náhrada krokového motoru ovládajícího otočný stůl. Ten musel být nahrazen pneumatickým pohonem. Z tohoto důvodu zde musely být provedeny konstrukční úpravy na základní desce manipulační linky samotné a bylo nutno vyřešit převod z pohybu kyvného na pohyb otáčivý. Konstrukční úpravy byly realizovány z katalogových

prvků firmy FESTO. Prvky jež bylo nutno vyrobit byly zadány na zakázku dle zpracovaných výkresů jež jsou k této práci přiloženy a další úpravy byli prováděny v dílně UVI FT UTB.

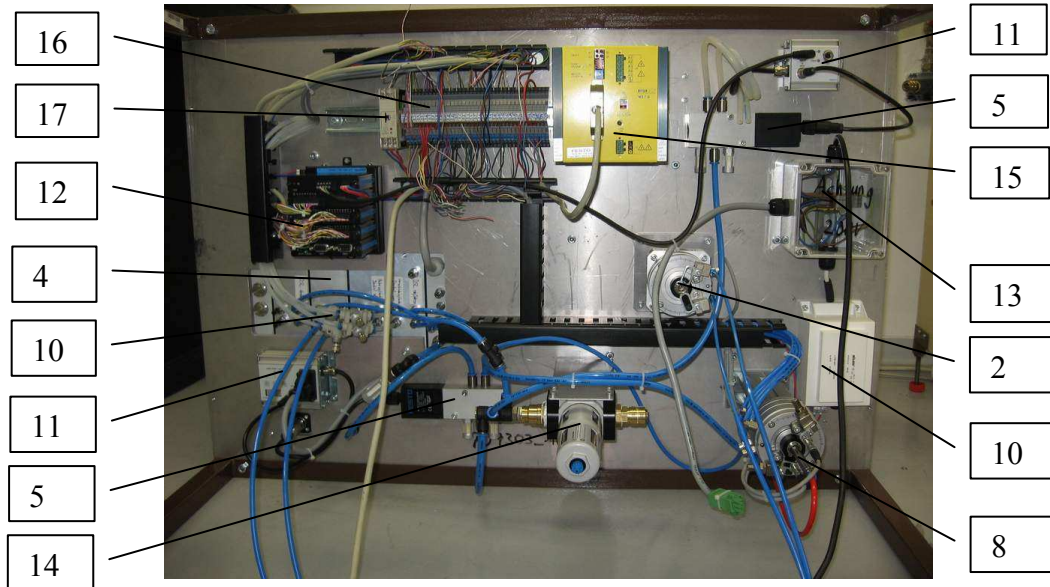


Obr. 24. Půdorys modelu plnicí linky

Při analýze počátečního stavu byl model plnicí linky rozdělen do jednotlivých modulů. Modul J.1 slouží jako dopravník pro transport kelímků k manipulačnímu rameni J.2. Manipulační rameno J.2 zajišťuje transport do otočného stolu J.3. Otočný stůl J.3 je hlavním funkčním modulem, který zabezpečuje dopravu k jednotlivým funkčním jednotkám a nese kelímky po celou dobu simulace plnění a zátkování. Jednotka J.4 slouží k plnění kelímků. A jednotka J.5 pak k jejich zátkování. Jednotlivé funkční prvky všech jednotek jsou popsány níže v kapitole Popis hlavních funkčních prvků plnicí linky.

7 POPIS MODELU PLNÍČÍ LINKY

V této kapitole je popsán model plnicí linky nejen jako celek, ale je zde také uveden popis klíčových funkčních prvků modelu a jejich parametrů. Kapitola by měla sloužit pro lepší orientaci při práci s vlastním modelem.



Obr. 25. Model plnicí linky - pohled ze spodu



Obr. 26. Model plnicí linky - pohled z vrchu

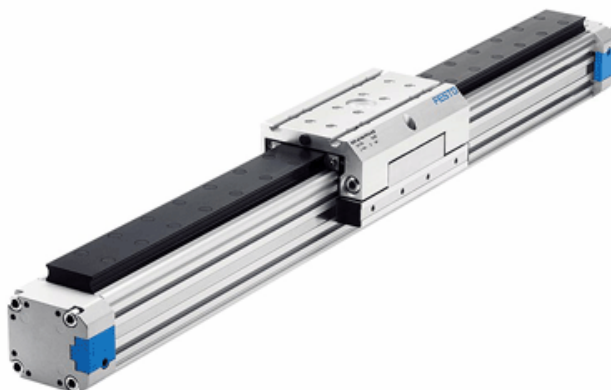
číslo	Položka	Označení
1	Přímočarý pohon	DGPL-40-PPV-A-KF-B
2	Kyvný modul	DSM-25-270-P-FW-CC
3	Volnoběžka	FLSM-25-L
4	Ventilový terminál	CDVI5.0
5	Proporcionální ventil	MPYE-5-1/8-LF-010-B
6	Pneumatický válec	CDN-32-100-PPV-A-SME
7	Pneumatický válec	CRHD-32-50
8	Kyvně přímočará jednotka	DSL-25-50
9	Ejektor	MSZB-2-24-DC-PNP
10	Transformátor	výstupní napětí 24V
11	Terminál Soft stop	SPC11-POT-TF
12	Řídící jednotka	HC16
13	Rozvodná skříň	
14	Redukční ventil	LFR-D-7-MIDI
15	Servojednotka	
16	Svorkovnice	
17	Časovač	
18	Vakuová úchopná hlavice	VAS-40-1/8-SI

Tab. 1. Tabulka použitých prvků

7.1 Popis hlavních funkčních prvků plnicí linky

Celá linka se skládá především z katalogových prvků firmy FESTO. V této kapitole jsou zobrazeny a popsány klíčové pracovní a řídicí komponenty, jež jsou základními stavebními prvky celé sestavy modelu manipulační linky a plní v ní hlavní funkce.

7.1.1 Přímočarý pohon DGPL-40-XX-PPV-A-KF-B



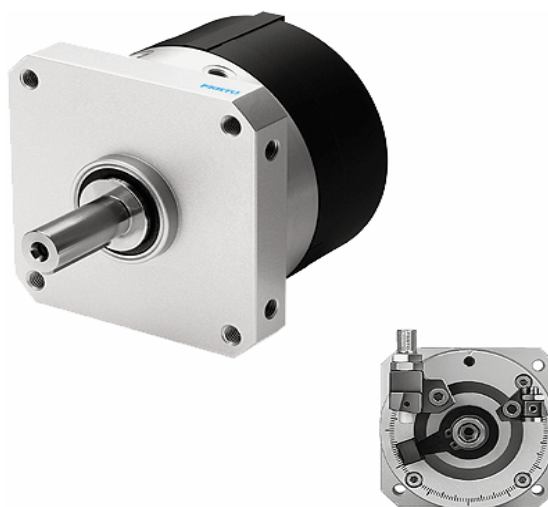
Obr. 27. Přímočarý pohon DGPL-40-PPV-A-KF-B

Tohoto přímočarého pohonu je v plnicí lince využito pro pohon dvou os. V jednom případě se jedná pouze o jednoduchý základní dvupolohový pohon s tlumením v koncových polohách (J.4). Zde je využito bezpístnicového válce DGPL-40-225-PPV-A-KF-B. V druhém případě (J.1) se jedná o čtyřpolohový pohon se systémem soft stop. Zde je využito bezpístnicového válce DGPL-40-500-PPV-A-KF-B. Ten zajišťuje plynulé zpomalení a dojezd v každé poloze po celé délce válce. Cílové polohy jezdce na pohonu je možné nastavit pomocí speciálně k tomu určené jednotky.

Parametr	Hodnota
zdvih	10 - 3 000 mm
průměr pístu	40 mm
tlumení	oboustranně nastavitelné tlumení (PPV)
montážní poloha	libovol.
vedení	kuličková oběžná pouzdra
princip unášeče	mechanický přenos síly (drážka)
snímání polohy	s přibližovacím čidlem
provozní tlak	1,5 - 8 bar
provozní režim	dvojčinný
provozní médium	filtrovaný nemazaný nebo mazaný stlačený vzduch
třída odolnosti proti korozi KBK	0
informace o materiálu víka	hliníkový odlitek potažený
informace o materiálu pouzdra	hliník eloxovaný

Tab. 2. Parametry pohonu DGPL-40-XX-PPV-A-KF-B

7.1.2 Kyvný modul DSM-25-270-P-FW-CC



Obr. 28. Kyvný modul DSM-25-270-P-FW

Kyvného modulu je v této aplikaci využito v jednotce (J.3) pro pohon otočného talíře. Kyvný modul v jednotce J.3 je ovládán pouze monostabilním ventilem, kde po vzduchovém impulsu modul provede akci (pootočení o 72°) a následně se vrátí do výchozí polohy, kde opět čeká na impuls.

Vlastnosti:

- velmi hladký chod díky strojově obráběným pracovním plochám
- vysoká životnost kyvného křídla a těsnicího systému díky polyuretanu
- krouticí momenty až 20 Nm díky principu kyvného křídla ve spojení s jemně ozubenou hřídelí
- velké množství integrovaných možností upevnění
- nastavitelný úhel kyvu
- libovolná poloha kyvného úhlu v rámci rozsahu kyvu
- zatlumení větší energie tlumiči nárazu (pouze u velikostí 12 ... 40 mm)
- možnosti upevnění indukčních čidel pomocí držáku čidel pro bezdotykové snímání koncových poloh
- ruční ovládání pomocí vnitřního šestihranu na pohonné hřídeli
- vnitřní závit na pohonné hřídeli
- dutá hřídel s přírubou umožňuje průchod tekutých nebo plynných médií
- pevný doraz s jemným nastavením úhlu kyvu

Parametr	Hodnota
odpovídající průměr pístu 6	40 mm
úhel otočení	
průměr pístu 10 mm	90°, 180°, 240°
průměr pístu 12 ... 40 mm	270°
síla	0,15 -20 Nm
montážní poloha	libovol.
snímání polohy	s přibližovacím čidlem

Tab. 3. Parametry pohonu DSM-25-270-P-FW-CC

7.1.3 Volnoběžka FLSM-25-L



Obr. 29. Volnoběžka FLSM-25-L

Volnoběžky je využito v jednotce pohonu otočného stolu (J.3), kde zajišťuje plynulost otáčení stolu. Volnoběžná jednotka je zvolena tak aby se otáčela pouze v námi požadovaném směru a zabraňuje otáčení ve směru zpětném, kdy se kyvný modul vrací do výchozí polohy.

Je umístěna na pohonné hřídeli kyvného modulu. Minimální spínací kyvný úhel je $0,4^\circ$. Přesnost spínání je také závislá na rychlosti spínání a zátěži.

Provedení (pohled na pohonnou hřídel)

- L: krokující doleva
- R: krokující doprava

7.1.4 Ventilový terminál CDVI5.0



Obr. 30. Ventilový terminál CDVI5.0

Ventilový terminál typ CDVI5.0 s optimalizovaným rozvržením pro zónu potravin a ostřikovou zónu má velmi odolné kompletní zapouzdření bez ostrých hran, rohů a ostrých zakřivení, kam by se ukládaly nečistoty. Více místa mezi ventily zaručuje snadné čištění a doba čištění je snížena na minimum.

Potravinářský průmysl má vyšší požadavky na hygienu než jiné obory. Tento terminál splňuje tyto požadavky v maximální míře. Kvůli modulární konstrukci moderních potravinářských a balicích zařízení se ventily používají stále ve větší blízkosti samotného výrobního procesu (zóna potravin nebo ostřiková zóna).

V modelu plnicí linky provádí ventilový terminál veškeré řízení všech pracovních jednotek, kromě ovládání válců DGPL, kde je ovládání řešeno pomocí terminálu Soft stop a proporcionálních ventilů. V našem případě sestava ventilového terminálu obsahuje 4 monostabilní ventily a 2 bistabilní. Pro lepší kontrolu obsahuje každý ventil led indikaci stavu. Ta oznamuje obsluze v jaké poloze se právě ventil nachází. Počet led diod odpovídá počtu cívek ve ventilu a tedy i na to jakého typu ventil je.

Vlastnosti:

- maximálně 12 ventilů neboli 24 ventilových cívek
- snižování trvalého proudu pro připojení ventilové cívky
- ovládání s kladnou (PNP) a zápornou (NPN) logikou

- indikace stavu sepnutí pro ventilové cívky (žlutá)

7.1.5 Proporcionální průtokový ventil MPYE-5-1/8-LF-010-B



Obr. 31. Proporcionální ventil MPYE

Proporcionální průtokový ventil MPYE-5-1/8-LF-010-B s funkcí škrcení pro změny rychlosti válce, funkcí 5/3 pro změnu směru pohybu. Mezi jeho základní vlastnosti patří nastavení pro individuální rozsah tlaku a použití s elektronickým tlumením v koncových polohách a s polohováním.

V modelu plnicí linky zastává funkci rozvodu hnacího média pro funkční jednotky DGPL a zajišťuje jeho přesné dodávky v závislosti na elektrických impulsích z řídicí jednotky.

Parametr	Hodnota
analogový napěťový signál	0 ... 10 V
analogový proudový signál	4 ... 20 mA
přípojení	G1/8, G1/4, G1/2

Tab. 4. Parametry proporcionálního ventilu MPYE-5-1/8-LF-010-B

7.1.6 Pneumatický válec CDN-32-100-PPV-A-SME



Obr. 32. Pneumatický válec CDN-32-100-PPV-A-SME

Jedná se o základní pneumatický válec, který má všestranné využití. Díky konstrukci pro snadné čištění s hladkou trubkou válce, bez rohů, prohlubenin a drážek pro čidla se jen velmi obtížně zachycují nečistoty a mohou být snadno odstraněny. Aby bylo možné v daném prostředí válce CDN použít, jsou navíc odolné korozi. Díky použití speciálního mazacího tuku a těsnění pro pístnici, které je vhodné pro kontakt s potravinami, je válec CDN vhodný pro použití v potravinářství.

V modelu plnicí linky zastává funkci výsuvného ramene zátkovací jednotky (J.5). Vzhledem k prostředí zvýšených hygienických nároků, ve kterém by reálná linka pracovala není možno umístit čidla snímání koncových poloh na povrch válce a jsou tedy integrovány.

Parametr	Hodnota
průměr pístu	32 až 100 mm
zdvih	10- 2000 mm
tlumení koncových poloh	oboustranně nastavitelné
stírací kroužek na pístnici	PUR jako standard, FKM pro vysoké teploty
zvláštní provedení	prodloužený vnější závit na pístnici
	vnitřní závit na pístnici
	prodloužená pístnice

Tab. 5. Parametry pneumatického válce CDN-32-100-PPV-A-SME

7.1.7 Pneumatický válec CRHD-32-50-PPV-A-MS



Obr. 33. Pneumatický válec CRHD-32-50

Opravitelný kruhový válec CRHD-32-50-PPV-A-MS je klasickým pneumatickým pohonem. Avšak díky konstrukci je předurčen pro pracoviště s vyššími hygienickými nároky.

Je vyroben nerezové oceli. Má tvar vhodný k čištění - s hladkým povrchem bez rohů, prohlubní a ostrých hran. Díky tomu nikde neulpívají zbytky nečistot. Díky nízké drsnosti povrchu Ra 0,5-0,6 μ m je zaručen snadný odtok kapalin (potravin a čistidel). Použitá nerezová ocel X5 CrNi 18 10 pro víka, trubku a pístnici je odolná agresivním podmínkám okolí jako jsou čistidla, potraviny nebo výpary. [3]

V modelu plnicí linky zajišťuje válec sklápění zátkovacího modulu J.5. Zvýšené hygienické nároky na tento válec neumožňují umístit čidla. Z tohoto důvodu je válec modelu ovládán monostabilním ventilem, který jej hned po připojení pohonného média zvedne do vyšší polohy tak aby při případné závadě nedošlo ke kolizi s projíždějícími kelímky.

Parametr	Hodnota
průměr pístu	32 až 100 mm
zdvih	10- 500 mm
tlumení koncových poloh	oboustranně nastavitelné
stírací kroužek na pístnici	PUR jako standard, FKM pro vysoké teploty
zvláštní provedení	hladké přední víko, zadní víko s upevněním vidlicí
	hladké přední víko, zadní víko s okem
	přední víko s vnějším závitem
snímání koncových poloh	magnetické bezdotykové

Tab. 6. Parametry pneumatického válce CRHD-32-50-PPV-A-MS

7.1.8 Kyvně přímočará jednotka DSL-25-50-270-P-S20-CC-KF



Obr. 34. Kyvně přímočará jednotka DSL-25-50

DSL znamená spojení přímočarého a kyvného pohybu v jednom pohonu. Oba pohyby lze řídit jednotlivě tak, že mohou probíhat jeden po druhém nebo se mohou časově překrývat (šroubovitý pohyb). Kyvný pohyb lze plynule nastavit v požadovaném rozmezí nejvýše však 270°. U těchto jednotek je vedení realizováno buďto kluzně a nebo pomocí kuličkového vedení. Verze KF je provedena bez vůlí mezi přímočarým a kyvným pohybem. Je zde možnost snímání koncových poloh jak v kyvném tak v přímočarém pohybu pomocí indukčních čidel. Ta jsou uchycena, pro přímočarý pohyb v drážkách na povrchu válce a pro pohyb kyvný ve speciálních úchytech na čele modulu.

Tento pohon je v modelu plnicí linky použit v manipulační jednotce J. 2, kde zajišťuje pomocí vakuových savek přemístění kelímku z dopravníku na otočný stůl. U kyvného modulu je přednastaveno pootočení. Jeho rádius je nastaven na 90° a jeho poloha snímána indukčními čidly, která vysílají signály o okamžité poloze křídla modulu. U přímočaré jednotky zajišťujeme pomocí nastavení indukčních čidel požadovaný zdvih. Čidlo vyšle signál řídicí jednotce ve chvíli kdy je sepnuto magnetem umístěným na pístu válce. Řídicí jednotka na základě tohoto impulsu zastaví dodávku dalšího hnacího media do válce a ten se zastaví v námi požadované poloze. Díky tlaku, který se v tu chvíli nemění zůstává jednotka v požadované poloze až do doby, kdy řídicí proporcionální ventil nedostane další impuls od řídicí jednotky. Následkem toho se pohon přemístí do další polohy.

V tomto případě je pohon DSM také vybaven dutou pístnicí pomocí níž je realizováno vedení pro tvorbu podtlaku v pneumatických úchopných hlavicích.

Parametr	Hodnota
odpovídající průměr pístu 6	40 mm
zdvihy	25, 40, 50, 80, 100, 125, 160 mm
úhel otočení	
průměr pístu 10 mm	: 90°, 180°, 240°
průměr pístu 12 ... 40 mm	270°
síla	0,15 -20 Nm
montážní poloha	libovol.
snímání polohy	s přibližovacím čidlem

Tab. 7. Parametry kyvně přímočaré jednotky DSL-25-50-270-P-S20-CC-KF

7.1.9 Ejektor MSZB-2-24-DC-PNP



Obr. 35. Ejektor

S vakuovými ejektory a s příslušnými přísavkami lze přisávat a udržet výrobky s hladkým a těsným povrchem. Přísátí výrobků je možné v každé poloze.

U těchto vakuových ejektorů se napájení stlačeným vzduchem ovládá integrovaným elektromagnetickým ventilem. Po připojení napětí se ventil přepne a proudící vzduch vytváří vakuum na principu ejektoru. Jakmile vypnete přívod energie, sání na ventilu přestane.

Integrovaný tlumič hluku odtlumí hluk odvětrání na minimum.

V našem případě se jedná o provedení s integrovanými elektromagnetickými ventily pro ZAP/VYP vakua a uvolňovací impuls pro rychlé zrušení vakua.

Ejektor je využit v jednotce J.2 kde vytváří vakuum pro úchopné hlavice.

Vlastnosti:

- krátké spínací časy díky integrovaným elektromagnetickým ventilům
- bezpečné odlepení přisátých dílů vyfukovacím impulsem
- integrovaný filtr 40 μm s ukazatelem znečištění
- sledování podtlaku vakuovým spínačem
- přizpůsobivá montáž díky rastru; proto se hodí zvláště pro manipulační úlohy
- malé montážní náklady, díky tomu, že elektromagnetický ventil, vakuový ejektor a tlumič hluku tvoří jednu jednotku
- kompaktní konstrukce

7.1.10 Řídící jednotka HC16

Základem systému HC16 je deska procesoru HC11 napojena na 16 vstupů 24V/5mA a 16 výkonových výstupů FET 24 V/0,1 A

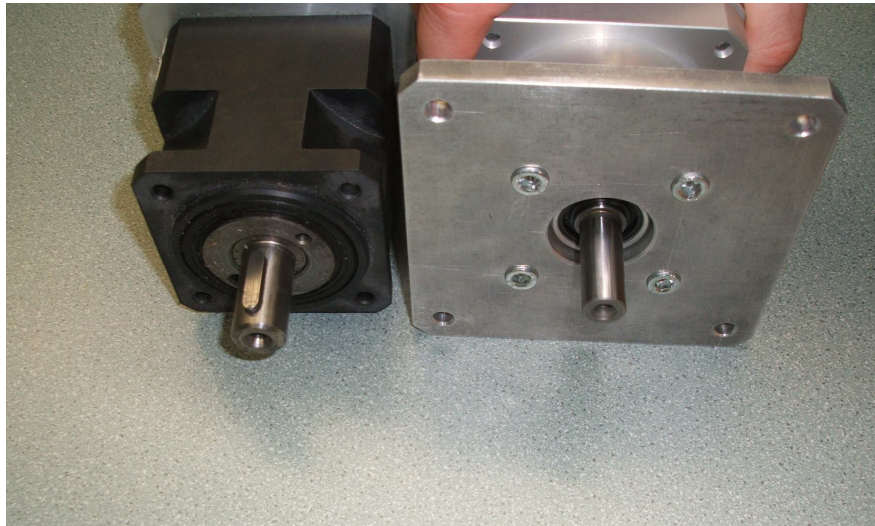
Jeho součástí je deska signalizace stavů jednotlivých výstupů/vstupů. Tato deska může být nahrazena kartou analogových převodníků, jak A/D tak D/A. V této konfiguraci může být HC16 využit pro zpracování analogových veličin.

Modul se připojuje přes komunikační konektor na nadřazený systém v podobě PC počítače kde musí být instalováno rozhraní pro komunikaci s programátorem. Připojení k technologii se provádí pomocí konektoru CANNON 25, které jsou umístěny na povrchu krabice vlastního PLC.

8 ÚPRAVY PROVEDENÉ NA MODELU MANIPULAČNÍ LINKY

V této kapitole jsou popsány úpravy které byly provedeny, aby byla zajištěna úplná funkce celé plnicí linky.

8.1 Návrh pohonného modulu pro otočný stůl

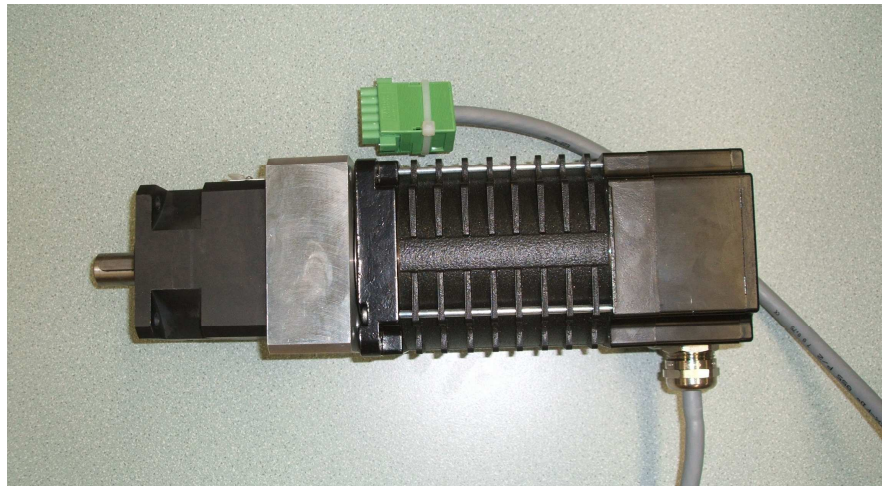


Obr. 36. Zobrazení čelních stran obou pohonných jednotek (vlevo krokový motor a vpravo pneumatická kyvná jednotka).

Největším problémem, který bylo nutno vyřešit byl pneumatický pohon otočného stolu. Ten zde byl původně realizován pomocí krokového elektromotoru řízeného servojednotkou, která měla vlastní napájení.

Jako ekvivalentní pneumatická náhrada byl zvolen kyvný modul DSM-25 firmy FESTO. Ten však neumožňuje otáčení o 360°, ale pouze o 270°. Z těchto důvodů bylo nutné kyvný modul rozšířit o volnoběžný modul, který zajišťuje plynulé otáčení o celých 360°. Vložením tohoto prvku do sestavy pohonného modulu vznikl problém samovolného otáčení vlivem setrvačných sil po té co kyvný modul provedl pootočení stolu o námi požadovaný uhel. Z tohoto důvodu musely být instalovány brzdící bloky, které utlumí setrvačné síly otočného stolu na minimum. Brzdící bloky byly instalovány na základní desku proti sobě tak, aby se vyrušili radiální síly vznikající přitlakem jednotlivých bloků na pohonnou hřídel otočného stolu. Čelisti brzdícího bloku byly vyrobeny z duralu, který je vhodný nejen pro svoji hmotnost, ale i pro nenáročnost na povrchovou úpravu. K tomu aby mohl být celý

pohonný modul připojen k sestavě plnicí linky bylo však nutno vyrobit redukční desku která upravuje rozteče šroubových spojů, protože stávající otvor pro hřídel otočného stolu byl příliš veliký a montáž kyvného modulu by nebyla možná. Vzhledem k odlišným průměrům pohonných hřídelí volnoběžného modulu a krokového motoru musela být také vyrobena nová nástrčná příruba přes kterou se upíná celý pohon k otočnému stolu.



Obr. 37. Původně používaný krokový elektromotor



Obr. 38. Kyvný pohon s volnoběžným modulem a redukční deskou

8.1.1 Řízení pohonného modulu pro otočný stůl

Vzhledem k tomu že byl předchozí pohon otočného stolu řízen elektronicky pomocí servo-jednotky, bylo nutno zajistit řízení modulu pomocí ventilového terminálu CDVI5.0. Při prvotní konstrukci byly ponechány rezervní vstupy i výstupy jak na ventilovém terminálu tak na PLC HC16. Toho bylo využito při návrhu pohonu pneumatického modulu. Na ventilovém terminálu zůstaly volné dva řídicí ventily. Ty jsou buzeny pomocí výstupu PLC. K účelu ovládání postačil ventil monostabilní, který provede pomocí vzduchového impulsu posuv o 72° a následně se vrátí do původní polohy. Pro ovládání řídicího ventilu byl zvolen volný výstup O0.14.

8.2 Výměna redukčního ventilu

Na modelu plnicí linky byl původně redukční ventil bez vzduchového filtru. To se ukázalo jako nevhodné, protože při oživení byl zjištěn nefunkční proporcionální ventil jenž byl vyřazen právě drobnými nečistotami procházejícími přes redukční ventil bez filtru. Vzhledem k zařazení proporcionálního ventilu těsně za ventilem redukčním se dalo předpokládat, že by se mohla porucha ventilu opakovat. Z těchto důvodů byl redukční ventil vyměněn za redukční ventil se vzduchovým filtrem LFR-D-7-MIDI. Ten odfiltrává nečistoty v pohonném médiu do velikosti 5 μm . Jeho větší rozměry si však znemožnili připevnění redukčního ventilu k základní desce. Bylo tedy nutno vyrobit montážní konzoli pro uchycení nového ventilu. Změna průměru šroubení ze $\frac{3}{4}$ palce na $\frac{1}{4}$ palce byla řešena pomocí redukce.



Obr. 39. Redukční ventil

9 PROGRAMOVÁ ČÁST

V této části je popsána softwarová stránka celé práce. PLC firmy FESTO využívají programovacího jazyku STL. STL, statement list (seznam příkazů) je nejčastěji používaný programovací jazyk, který dovoluje plně využít všech vlastností systému FEC. Využívaný jazyk je kompatibilní s jinými řídicími jednotkami, dokonce lze kopírovat bloky jednotlivých programů z jednoho systému do druhého a přeložit automaticky z jednoho jazyka do druhého. Programovat lze i v líniovém schématu (LDR), kdy se na obrazce tvoří reléové schéma logiky. Tento způsob je určen především pro uživatele zvyklé pracovat s reléovou logikou.

9.1 Popis vstupů

Jako vstupy do systému označujeme signály, přicházející z venku dovnitř, tedy například signály od čidel. Pokud mluvíme o tzv. binárních vstupech, jedná se o signály mající dvě základní úrovně: logickou 0 a logickou 1.

Při praktickém popisu činnosti si lze představit čidlo (PNP spínač, jazýčkové relé, apod.) připojené na kladný pól napájení. Připojíme ho na vstup systému. Pokud je nyní vstup pod signálem (např. indukční čidlo reaguje na přiblížení kovu), připomíná sepnutý vypínač – dává tedy napětí blízké napájecímu. Řídicí systém reaguje jednoduše postavením vstupu do logické 1 (sepne a rozsvítí se LED dioda na čelním panelu FEC). Jakmile pomine důvod ke sepnutí čidla, napětí klesne a vstup systému se vrátí do logické 0.

Vstupy (inputs) jsou vždy označeny nějakou adresou. Například vstup *I0.0* je nultý vstup (nultý bit) z nultého slova (bajtu) stupů. Patří tedy do nultého slova vstupů *IW0* (input word 0).

V našem případě FEC obsahuje vstupy 0.0 až 0.15. Vstup *I0.0* bude prvním z řady. Tato řada je vyvedena na svorky, bude tedy i prvním v řadě svorek. Tam připojené čidlo bude mít adresu *I0.0* se kterou budeme dále pracovat v programové části. Seznam vstupů a jim přiřazených funkcí používaných modelem plnicí linky je obsažen v Příloze PI.

9.2 Popis výstupů

Jako výstupy jsou označovány signály jdoucí ze systému ven. FEC využitý v našem modelu plnicí linky má výstupy s adresami *O0.0* až *O0.15* a je-li sepnut výstup *O0.0* (tedy nultý

výstup- bit v nultém slově-bajtu), sepne relé, jehož kontakt je vyveden na první svorku v řadě)rozsvítlí se odpovídající LED dioda).

Výstupy mají také dva stavy: logická 0 a logická 1. Protože jsou však na rozdíl od výstupů ovlivňovány programem, můžeme je zapínat pomocí příslušných příkazů.

Seznam vstupů a jim přiřazených funkcí používaných modelem plnicí linky je obsažen v Příloze P II.

9.3 Struktura programování v jazyce STL a popis hlavních příkazů

Struktura programování v jazyce STL je jednoduchá- vždy se jedná o příkaz „jestliže“(IF) je splněna podmínka, „potom“ (THEN) se něco vykoná, pokud není splněna (= jinak) (OTHRW), vykoná se něco jiného. Část výrazu bez OTHWR je povinná.

Příklad:

IF		<i>I0.0</i>	zde je vyjádřena podmínka
THEN	SET	<i>O0.0</i>	zde je akce (výkonná část)

Znamená: jestliže je signál na vstupu *I0.0*, pak zapni (SET) výstup *O0.0*.

V software FST můžeme ovšem použít symbolický název (symbolic operands), dlouhé maximálně 8 znaků, takže příkaz může vypadat takto:

IF		<i>tstart</i>
THEN	SET	<i>chpadlo</i>
OTHRW	SET	<i>rameno</i>

Pokud je zvolen tento symbolický název, je programem FST vyžadováno přiřazení absolutního operandu, tedy ony *I0.0*, *O0.0* a *O0.1*. Takže se v seznamu operandů (allocation list), který se doplňuje s každým novým výrazem, objeví nejen povinný absolutní operand, ale také operand symbolický a pokud ho vložíme také komentář.

Příklad:

Absolutní operand	Symbolický operand	Komentář
I0.0	tstart	I0.0 tlačítko start

O0.0	chapidlo	O0.0 ventil sepnuti chapadla
O0.1	rameno	O0.1 rameno podavace

Tento postup má nesporné výhody. Je vždy možné si po sobě program kdykoliv přečíst. Další výhodou je snadná změna: pokud je např. připojeno tlačítko start na vstup *I0.1*, stačí ve výše uvedené tabulce změnit přiřazení výrazu „tstart“ jinému vstupu. Není třeba kontrolovat, kde všude tento vstup v našem programu či programech vyskytuje. V komentáři se vyplatí dělat nejen slovní popis operandu, ale také jeho absolutní název, protože v některých případech není možnost rychle lokalizovat daný operand, než pomocí komentáře.

Příklad:

IF		tstart	I0.0 tlacitko start
THEN	SET	chapidlo	O0.0 ventil sepnuti chapadla
OTHRW	SET	rameno	O0.1 rameno podavace

9.3.1 Příkazy IF, THEN, OTHRW a SET

Jak již bylo řečeno v úvodu této kapitoly, jedná se o základní programové příkazy, které jsou bezpodmínečně nutné pro program a jsou jeho základními stavebními kameny.

IF- „jestliže“- příkaz testuje zda je splněna nějaká podmínka

THEN- „potom“- příkaz těsně související s IF na základě vyhodnocených výsledků splnění podmínky zajišťuje vlastní akci. Splnění úkonu.

OTHRW- „jinak“- tímto příkazem určíme řídicí jednotce co dělat pokud není splněna podmínka určená pomocí příkazu IF

SET- „zapni“- příkaz je využíván potřebujeme-li „uměle“ budit některý z výstupu. Pomocí tohoto příkazu nastavíme požadovaný výstup do stavu logická 1.

9.3.2 Příkaz STEP

Tímto příkazem je možno rozdělit celý program do kroků s mnemotechnickými názvy (do osmi znaků), které programování většiny technologií velmi zjednoduší.

Příklad:

STEP start

```
IF                                tstart                                I0.0 tlacitko start
THEN SET                          chapadlo                                O0.0 ventil  sepnuti chapadla
```

STEP pokrac

```
IF                                chapad_1                            I0.1 chapadlo uchopilo
THEN SET                          rameno                                O0.1 rameno podavace
```

Pomocí této části programu bylo určeno, že po stisknutí tlačítka start se zapne chapadlo. Po uchopení indikovaném čidlem (I 0.1- chapadlo uchopilo) se zapne pohyb ramene podavače.

9.3.3 Příkaz RESET

Tento příkaz je dalším ze základních programových příkazů. Umožňuje vypínat („nulovat“) výstup FEC bez jakékoliv předešlé podmínky.

Příklad:

STEP start

```
IF                                tstart                                I0.0 tlacitko start
THEN SET                          chapadlo                                O0.0 ventil  sepnuti chapadla
```

STEP pokrac

```
IF                                chapad_1                            I0.1 chapadlo uchopilo
THEN SET                          rameno                                O0.1 rameno podavace
      RESET                       k_stop                                O0.2 kontrolka stop
```

Po uchopení se nejen spustí rameno podavače, ale také zhasne kontrolka stop, která mohla být dříve programem rozsvícena. Oba příkazy probíhají současně na základě jedné podmínky.

9.3.4 Příkaz JMP TO

Příkaz JMP TO dovolí skok na libovolný krok v programu. To umožňuje udělat z programu stále se opakující smyčku, což je velmi výhodné při sériové výrobě kdy potřebujeme,

aby se série požadovaných úkonů neustále opakovaly. Využívá se také u složitějších programů při splnění podmínky IF, kde provede odskok z hlavní části programu do tzv. podprogramu.

Příklad:

STEP start

IF		tstart	I0.0 tlacitko start
THEN SET		chapadlo	O 0.0 ventil sepnuti chapadla

STEP pokrac

IF		chapad_1	I0.1 chapadlo uchopilo
THEN	SET	rameno	O0.1 rameno podavace
	RESET	k_stop	O0.2 kontrolka stop
	JMP TO	konec	

.
.
.

STEP konec

IF		ramen_1	I0.2 rameno se otocilo
THEN	RESET	chapadlo	O0.0 ventil sepnuti chapadla

STEP konec je podprogram, který „říká“, že po otočení ramene se chapadlo opět uvolní.

9.3.5 Příkaz N a příkaz NOP

Příkazem N (není pravda, že) se dotazujeme na záporný stav logické funkce požadované veličiny. To znamená, že je-li požadována nějaká akce na základě negativní podmínky využijeme tohoto příkazu.

Příkazu NOP (no operation-prázdná operace) využíváme zejména v nouzových stavech, kdy jsme nuceni např. na základě neseptnutí čidla upustit od běhu programu a učinit patřičná opatření.

Příklad:

STEP start

IF N tnouzst I0.3 tlacitko nouzovy stop

THEN JMP TO nouz_st

IF tstart I 0.0 tlacitko start

THEN SET chapadlo O0.0 ventil sepnuti chapadla

STEP pokrac

IF N tnouzst I0.3 tlacitko nouzovy stop

THEN JMP TO nouz_st

IF chapad_1 I 0.1 chapadlo uchopilo

THEN SET rameno O0.1 rameno podavace

RESET k_stop O0.2 kontrolka stop

JMP TO konec

.

.

.

STEP konec

IF ramen_1 I0.2 rameno se otocilo

THEN RESET chapadlo O0.0 ventil sepnuti chapadla

.

.

STEP nouz_st

IF NOP

THEN RESET chapadlo O0.0 ventil sepnuti chapadla

THEN RESET rameno O0.1 rameno podavace

V této části programu je vznesen dotaz na negativní stav tlačítka nouzový stop, tedy jestliže přerušen signál od tohoto tlačítka, přesouvá se program na krok nouz_st. Ten zní: jestliže ni (IF NOP), tak vypni chapadlo a vypni rameno. Jestliže je v kroku více podmínek, program tento krok neopustí, dokud se nesplní poslední z nich nebo pokud není odkázán pryč pomocí příkazu JMP TO.

9.3.6 Příkazy AND a OR

Příkaz AND má význam logického součtu a příkaz OR zastupuje logický součin. Pomocí těchto příkazů lze spojovat více podmínek v jednom kroku do logických vazeb.

Příklad:

```
IF                                tstart                                I0.0 tlacitko start
                                AND  N  tstop                                I0.4 tlacitko stop
THEN                              SET      chapadlo                        O0.0 ventil sepnuti chapadla
```

Jestliže stiskneme tlačítko start a není v té době stisknuto tlačítko stop, chapadlo sepne.

Příklad:

```
IF                                tstart                                I0.0 tlacitko start
                                OR   tstop                                I0.4 tlacitko stop
THEN                              SET      chapadlo                        O0.0 ventil sepnuti chapadla
```

Jestliže stiskneme tlačítko start nebo tlačítko stop, chapadlo se sepne.

9.4 Paralelní chod programů

V systému FEC může být nahráno až 64 programů, které mohou běžet současně. Po spuštění FEC se rozběhne program číslo 0, který pak může spouštět ostatní (ty se navzájem mohou také spouštět nebo zastavovat). Spouštění se provádí pomocí programu SET:

Příklad:

```
SET      P3
```

Tímto je přikázáno programu aby spustil program č. 3. V praxi se tohoto kroku využívá při rozdělení celé úlohy do několika dílčích, které se snadno naprogramují a odladí. A pak je lze pustit najednou.

9.5 Podprogramy

V FST lze využívat také tzv. podprogramů. Jejich tvorba a struktura je shodná s programy, základní rozdíl je v tom, že podprogram už nemůže spouštět další podprogram. Při zakládání programu v editoru STL stačí uvést typ B (z německého Baustein) na místo původního P. Toto změnou začneme tvorbu podprogramu namísto programu. Takových podprogramů může být celkem 100 (od 0 do 99). Podprogram je ukončován příkazem PSE, který znamená konec podprogramu.

Tento podprogram budeme v programu volat pomocí příkazu CMP a pořadovým číslem podprogramu. Podprogramy jsou označovány písmenem B a pořadovým číslem, takže prvním v řadě bude B00.

Příklad:

```
IF.....
```

```
THEN      CMP0
```

Takto spuštěný podprogram se rozběhne a po doběhu na výše uvedený příkaz PSE se zastaví. Po příkazu PSE program opět odskočí do programu který ho zavolał. Ten čeká na konec podprogramu, aby mohl pokračovat.

9.6 Zadávání operandů

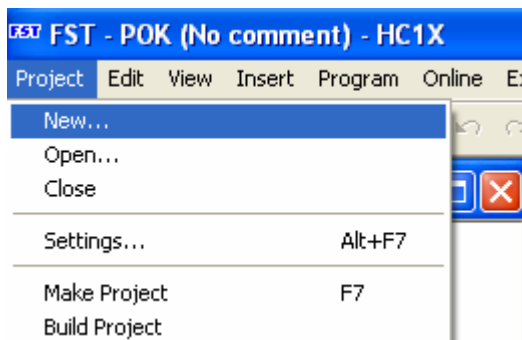
Jakmile je napsán nějaký výraz, který program nezná, považuje ho za symbolický operand a vyzve uživatele k doplnění ostatních údajů, absolutního operandu a komentáře. Výzva po stisku F1 zmizí a vše se uloží do seznamu operandů (allocation list), ve kterém lze přirozeně editovat. Editace je možná například přímo při programování po stisknutí F7 z hlavního menu a pak volby edit allocation list. Zde je možno editovat komentáře a absolutní operandy s návazností v celém programu. Změna se provádí klávesou F2.

9.7 Práce v prostředí FST 4.10

FST 4.1 je uživatelské rozhraní pro tvorbu programu. Je kompatibilní se všemi programovatelnými automaty firmy FESTO. Je navržen tak, aby práce s ním byla pro uživatele co nejjednodušší. V této kapitole jsou popsány základní úkony pro orientaci v tomto prostředí.

9.7.1 Založení nového projektu

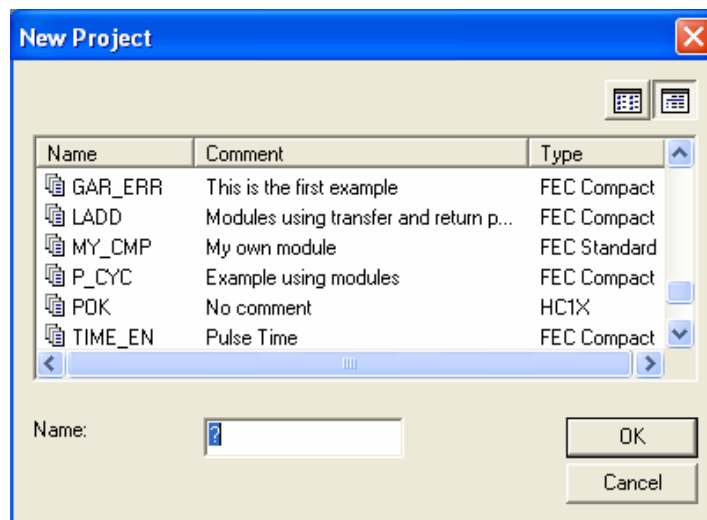
Založení nového projektu se provádí spuštěním z lišty nástrojů.



Pomocí této záložky se provádí i další operace jako je například otevírání již vytvořeného projektu, uživatelská nastavení atd.

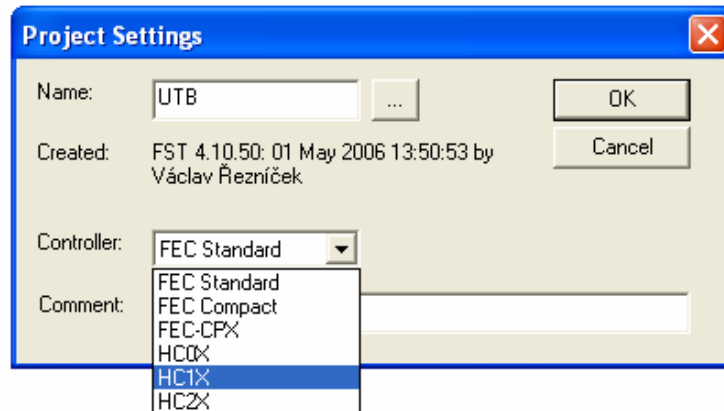
Po otevření nového projektu je třeba provést jeho nastavení. K těmto účelům slouží tabulka, která se objeví po potvrzení nového projektu.

Obr. 40. Výřez menu hlavní lišty



Obr. 41. Tabulka projektů

V této tabulce se objeví seznam již vytvořených programů a zde se též zadává název nového projektu. Název nesmí mít více jak osm písmen a musí být bez diakritiky.

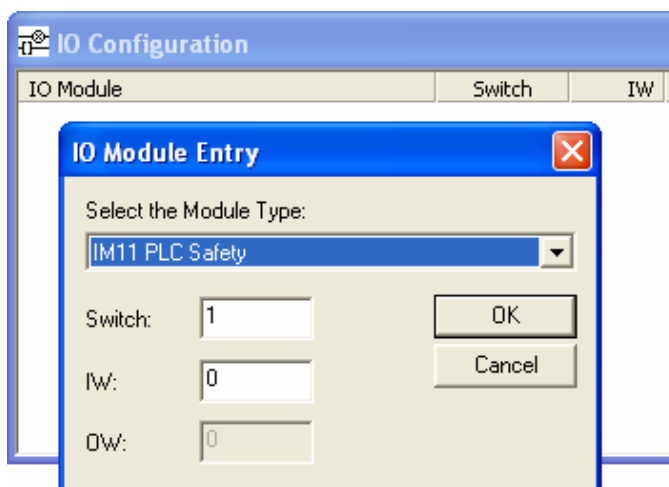


Obr. 42. Tabulka nastavení projektu

Po pojmenování je nutno provést nastavení projektu, kde se zvolí jeden z řady programovatelných logických automatů. V našem případě se nastavuje vždy PLC řady HC řady 1.. V tomto okně lze také vložit komentář k program, který se objeví v nabídce pro otevření projektu zároveň s jeho názvem.

9.7.2 Konfigurace karet a nastavení nového projektu

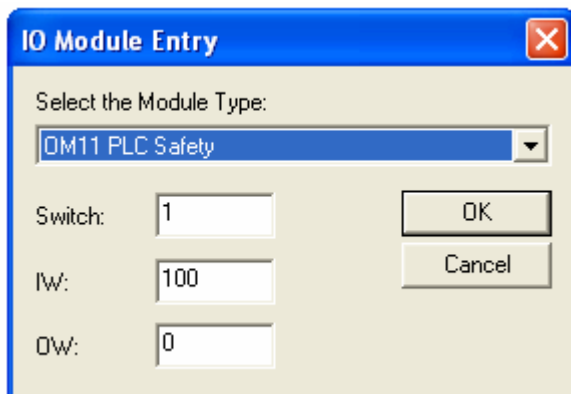
K tomu aby celá komunikace probíhala bez problémů je třeba nastavit karty vstupů a výstupů. To se provádí po otevření nového projektu v základním stromu FST Project, který se otevře ihned po otevření nového projektu. Zde najedeme na *I/O Configuration* a poklepnutím na něj otevřeme okno nastavení. Klepnutím pravého tlačítka do plochy okna se nám objeví nabídka, kde zvolíme *Insert I/O module*.



Zde se nastaví požadovaný typ modulu vstupních karet. V případě modelu plnicí linky se jedná o modul *IM11 PLC Safety*.

Vzhledem k základnímu typu programovatelného automatu a k tomu že není nijak spojen s jiným PLC ponecháme nastavení v tabulce beze změn.

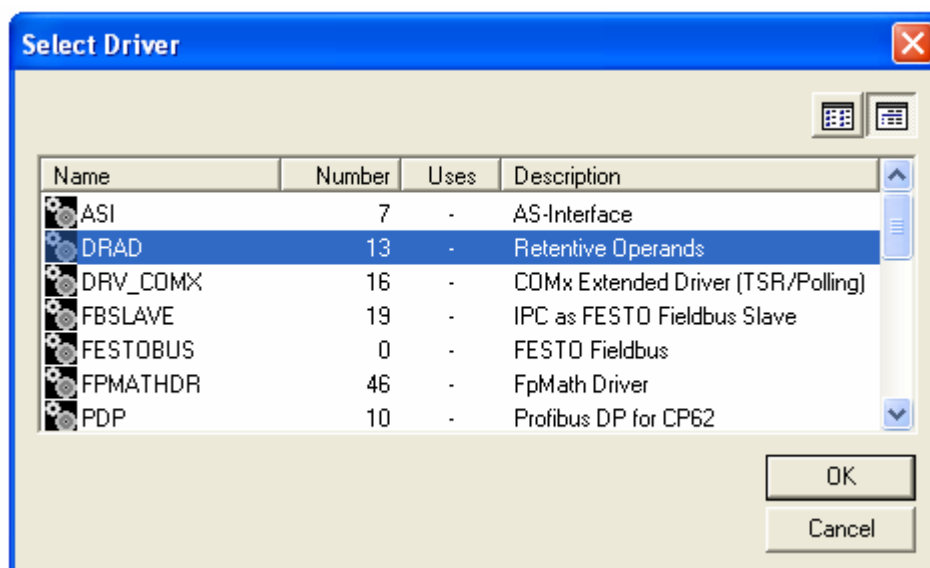
Obr. 43. Tabulka konfigurace vstupů



Při nastavování karty výstupů postupujeme obdobně. Zvolíme pouze jiný typ karty.

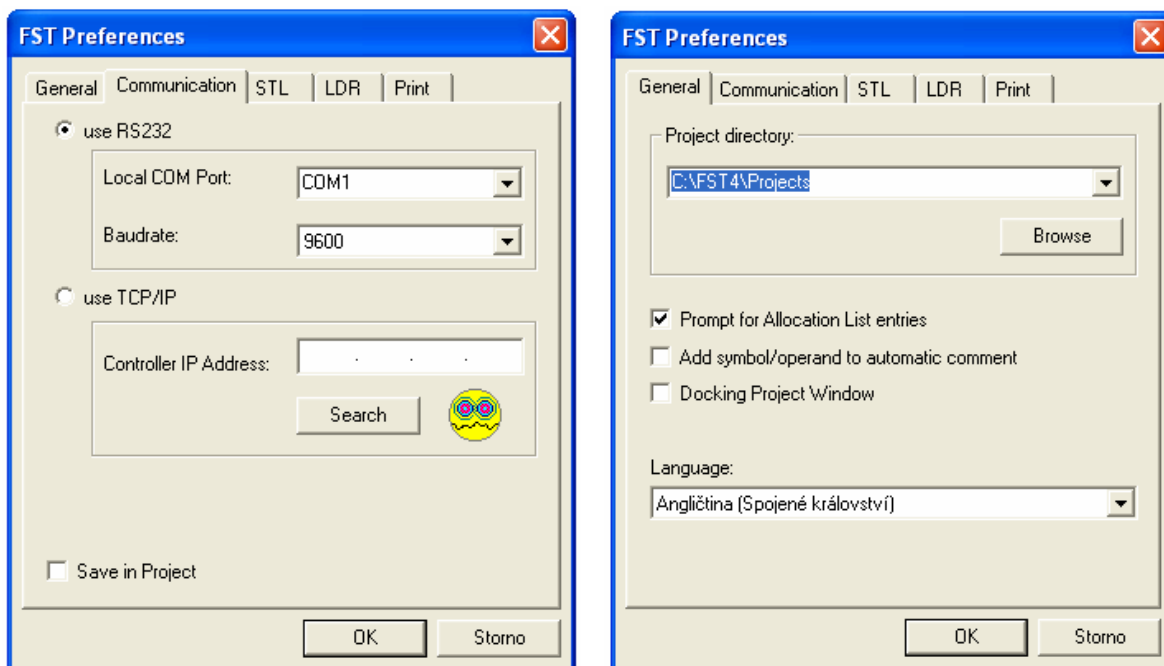
Obr. 44. Tabulka konfigurace výstupů

Tímto jsou konfigurovány karty vstupů a výstupů. Poslední věcí, kterou je nutno nastavit před vlastním programováním je nastavení ovladačů. To se provádí v záložce *driver configuration*. To provádíme obdobným způsobem jako u nastavování karet vstupů a výstupů, kliknutím pravého tlačítka myši do okna *driver configuration*. Zde musí být vybrán příslušný ovladač.



Obr. 45. Tabulka nastavení ovladačů

V případě plnicí linky volíme Relative operands DRAD. Tímto je konfigurován program pro komunikaci s příslušným PLC. Posledním úkonem před započítím práce je nastavení komunikačního portu pro přenos dat vlastního PLC s PC. To se provádí na hlavní liště nástrojů v záložce *extra*. Zde v menu je nastavení *Preferences...*



Obr. 46. Záložky nastavení komunikačního rozhraní

V záložce *Communication* je možno nastavit číslo portu přes který chceme s PLC komunikovat. V případě že ke komunikaci s PLC využíváme počítač který je součástí počítačové sítě použijeme IP adresy počítače. Toto nastavení můžeme uložit do projektu tak aby bylo po opětovném spuštění počítače vždy výchozí a nebo jej můžeme nastavit pro každý projekt zvlášť.

V záložce *General* se provádí nastavení cesty pro ukládání projektu. Nastavení zpřístupnění *Allocation listu* přímo z projektu. Je zde možné také nastavit jazyk ve kterém s námi program FST komunikuje. V tomto menu je možné také nastavit možnosti tisku a další možnosti nastavení projektu.

9.8 Programové řešení

V této kapitole jsou popsány příklady možných řídicích programů pro ilustraci práce modelem plnicí linky. V obou programech je využíváno integrovaných časovačů pro zpoždění jednotlivých jednotek tak, aby nedocházelo k jejich kolizím. Programy jsou spouštěny pomocí tzv. Flag Words. Flag Word simuluje logickou jedničku podle naší potřeby. Lze jej volat v běhu programu a libovolně jej programově nastavovat ve kterémkoliv místě programu. Flag Wordu lze též využívat k simulaci signálů z čidel.

9.8.1 Program 1

Krok 1

Celý program začne krokem jedna, kdy jednotka J.1 vyjede z výchozí polohy pod přísavkami odjede do opačné koncové polohy a vrátí se zpět pod rameno s přísavkami. Zde se zastaví.

Krok 2

Po dojetí jednotky J.1 zpět do výchozí polohy se spustí jednotka ramene s přísavkami J.2. Rameno se otočí nad vozík jednotky J.1 a sjede dolů, kde proběhne přísání kelímků. Následuje transport kelímků do jednotky otočného stolu J.3.

Krok 3

Odjezdem ramene J.2 se spustí otočení stolu J.3. Ten provede otočení o jeden krok.

Krok 4

V kroku čtyři provede zátkovací jednotka J.5 zátkování kelímků, které se k ní dostanou pootočením jednotky J.3 (viz. Krok 3). Po zazátkování se zátkovací jednotka odklopí a otočný stůl provede další pootočení od zátkovací jednotky. Od tohoto kroku se celý postup opakuje od kroku 1.

Zdrojový kód Programu 1 je obsažen v příloze P IV.

9.8.2 Program 2

Krok 1

Program začne krokem jedna, kdy jednotka J.1 vyjede z výchozí polohy pod přísavkami odjede do opačné koncové polohy a vrátí se zpět pod rameno s přísavkami. Na cestě zpět se však zastaví v mezipoloze jednotky J.1 kde setrvá 1 sekundu a následně pokračuje do koncové polohy pod přísavkami. Zde se zastaví.

Krok 2

Po dojetí jednotky J.1 zpět do výchozí polohy se spustí jednotka ramene s přísavkami J.2. Rameno se otočí nad vozík jednotky J.1 a sjede dolů, kde proběhne přísání kelímků. Následuje transport kelímků do jednotky otočného stolu J.3.

Krok 3

V tomto kroku provede jednotka otočného stolu J.3. Pootočení o tři kroky. Tímto se dostane přímo pod zátkovací jednotku J.5.

Krok 4

Zátkovací jednotka J.5 provede vysunutí víček a následně se sklopí nad otočný stůl J.3 kde simuluje zátkování. Poté se odklopí do pohotovostní polohy.

Krok 5

Odklopením zátkovací jednotky J.5 je spuštěn otočný stůl J.3, který provede pootočení o dva kroky, čímž se dostane zpět pod rameno J.2.

Krok 6

Rameno J.2 sjede nad otočný stůl J.3 a provede přísání kelímku a jejich následný transport do vozíku jednotky J.1.

Krok 7

Po vyjetí ramen J.2 provede jednotka J.1 transport kelímků od otočného stolu J.3. Od tohoto kroku se celý program cyklicky opakuje.

Zdrojový kód Programu 2 je obsažen v příloze PV.

ZÁVĚR

Při vypracování literární studie byli sbírány informace o konstrukci a využití pneumatických a elektropneumatických prvků v manipulační technice. Při hledání zdrojových materiálů bylo využito nabídky internetových stránek a katalogu prvků firmy FESTO na CD-ROM.

Rozsah použití manipulátorů je skutečně velký, od jednoduchých ručně ovládaných zvedacích ramen s mechanickými úchopnými hlavicemi nebo přísavkami, přes jednoúčelové posouvací a podávací mechanismy až po složité roboty se zpětnou vazbou, řízené počítačem, které jsou vyvíjeny např. v NASA. Manipulátorů je dnes využíváno prakticky ve všech mechanizovaných výrobních procesech.

Rozšíření pneumatických manipulátorů plyne především z toho, že pomocí nich lze řešit dané problémy nejehospodárněji a nejjednodušeji. Využití pneumatiky je výhodné také z těch důvodů, že hnací medium je v neomezeném množství k dispozici prakticky všude. Stlačený vzduch lze také snadno dopravovat na větší vzdálenosti, lze jej také bez potíží akumulovat a je velmi rychlým pracovním médiem. Jeho rychlost a síla je říditelná ve velkém rozsahu. Pracovní rychlost pneumatických motorů může být 1 až 2 m/s. Velkou výhodou je také přetížitelnost zařízení. To znamená že přetížení pneumatického stroje má za následek jeho zastavení bez jakéhokoliv poškození. Je však nutné věnovat velkou pozornost úpravě stlačeného vzduchu. Nejdůležitějším faktorem je odstranění nečistot a vlhkosti z důvodů výraznějšího opotřebení pneumatických prvků a tím zkrácení jejich životnosti. Jednou z dalších nevýhod je také stlačitelnost vzduchu, protože tato vlastnost nám neumožňuje dosáhnout konstantní rychlosti pohybu pístů pneumatických motorů. Při odfuku pracovních prvků také vznikají nepříjemné zvuky. Tento problém je dnes však již do značné míry řešen používáním nově vyvinutých materiálů tlumících zvuk.

V praktické části bakalářské práce bylo řešeno zprovoznění modelu plnicí linky. Po analýze počátečního stavu byl nejprve řešen nový pohon otočného stolu, který byl realizován kyvným modulem DSM-25-270-P-FW-CC. V dalším kroku byl řešen program řídicí jednotky modelu plnicí linky. Programování dané řídicí jednotky se provádí a osobním počítači pomocí software FST 4.10. v poslední etapě bakalářské práce byla vypracována komplexní dokumentace, jak pneumatického zapojení tak i řídicího programu.

Během vypracovávání bakalářské práce jsem měl možnost seznámit se s nabídkou pneumatických prvků firmy FESTO, která již dlouhodobě spolupracuje s UTB Zlín. Tato firma umožnila díky zdarma poskytnutému modelu, součástem a odborným konzultacím při jejich sestavování realizovat praktickou část této bakalářské práce a ověřit její funkčnost.

V souvislosti s řešením problému pohonu otočného stolu vyvstal problém setrvačného otáčení otočného stolu, které bylo řešeno montáží brzdících bloků tak, aby byl maximálně utlumeny setrvačné síly celého otočného stolu. To čelisti splňují. Nastává zde však problém s postupným ochabováním přitlačné síly způsobené častým provozem. Z těchto důvodů by bylo vhodnější realizovat v další fázi rozvoje pneumatické plnicí linky brždění otočného stolu pomocí pneumatického válce. To by bylo vhodné vést v radiálním směru na osu otočného stolu po jehož obvodu by byly vyfrézovány drážky tvaru V do nichž by zajišťovala hlavice v tomtéž tvaru. Tím by bylo zajištěno nejen brždění válce ale i jeho přesné ustředění do požadované polohy. Pro tento brzdící válec by však muselo být vyrobeno vedení, které by zabraňovalo radiálnímu namáhání brzdícího válce. Pneumatické válce jsou choulostivé na rázové síly v radiálním směru a mohlo by dojít k poškození brzdícího válce i krátkodobým provozem.

Při programování modelu plnicí linky v programu FST 4.10 lze také využívat množství čidel, která kontrolují pohyb a polohy jednotlivých válců. To umožňuje velkou variabilitu v tvorbě jednotlivých programů. Program FST 4.10 nevyžaduje rozsáhlou znalost velkého množství programovacích příkazů. Změny stávajícího programu řídicí jednotky modelu plnicí linky je tedy možné po velmi krátkém seznámení s jazykem STL. Ovládání programu FST 4.10 je ve své podstatě stejné jako ovládání ostatních programů používaných pro komunikaci a programování jiných typů PLC. Umožňuje též vytvářet program pomocí liniových diagramů. V tomto módu programu lze dosáhnout tvorbou schémat stejného efektu jako při klasickém „psaní“ programu. Tento mód je názornější a lze pomocí něj lépe pochopit základní zákonitosti tvorby programů pro řízení PLC.

Tato variabilita a kompatibilita programu FST 4.10 s modelem plnicí linky, kde jsou v jejich jednotlivých modulech ukázána různá zapojení pneumatických válců v různých funkcích je názornou pomůckou a její využití při výuce mechatroniky je velké. Je zde také možnost rozvoje celého modelu a možnost přidání dalších čidel a funkčních prvků.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MAŇAS, M. *Základy robotiky*. Brno: VUT Brno, 1991. ISBN: 80-214-0279-2
- [2] KLÍBAL, Z. *Průmyslové roboty I*. Brno: VUT Brno, 1993.
- [3] Kolektiv autorů. *Úvod do pneumatiky*. Esslingen: FESTO Didactic., 1989. ISBN: 80-01-00042-7
- [4] Katalog pneumatických prvků FESTO, CD-ROM, Festo, spol. s.r.o., 2005
- [5] MOSTÝN, V., SKAŘUPA, J. *Teorie průmyslových robotů*. 1. vydání, Košice: Edícia vedeckej a odbornej literatúry - Strojnícka fakulta TU v Košiciach, VIENALA Košice, 2000, 150 stran; ISBN 80-88922-35-6. Dostupné na World Wide Web: <http://robot.vsb.cz/elekskripta/teorie.pdf>.
- [6] REPÁK, T. *Trojosé manipulátory*. Praha: ČVUT Fakulta elektrotechnická, 2005. diplomová práce.
- [7] PASHKOV, P., OSINSKIY, Y., CHETVIORKIN, A. *Electropneumatics in Manufacturing processes*: Sevastopol, 2004. ISBN: 966-7473-60-0
- [8] LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia, spol. s.r.o., 1999. ISBN 80-7183-164-6.
- [9] MARTINÁSKOVÁ M., ŠMEJKAL L. *Řízení programovatelnými automaty*. Vydavatelství ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01766-4
- [10] PINDORA, P. *Vstupní a výstupní koncentrátor HC16 součást komplexního systému*. [online], 2002. Dostupný z WWW: <http://www.visualprog.cz/HC16.htm>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PLC	Programmable Logical Controller-Programovatelný logický automat
PC	Personal Computer- osobní počítač
IPC	Industrial Personal Computer- Průmyslový osobní počítač
IC	Industrial Computer- Průmyslový počítač
ISO	International Standards Organization
PR a M	Průmyslové Roboty a Manipulátory
PNP	Positive Negative Positive- druh přechodu PN
NPN	Negativ Positiv Negativ- druh přechodu PN
PUR	Polyuretan
FKM	Fluorkaučuk
STL	Statement list- seznam příkazu
LDR	Linear Diagram- Lineární diagram
FEC	Forward Error Connection- Metoda zjišťování a opravy chyb vzniklých při přenosu
FET	Druh výkonových tranzistorů

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Členění kompresorů.....	21
Obr. 2. Pístový kompresor	22
Obr. 3. Membránový kompresor	23
Obr. 4. Křídlový (lamelový) kompresor	23
Ob . 5. Šroubový kompresor	24
Obr. 6. Rootsův kompresor	24
Obr. 7. Axiální turbokompresor.....	25
Obr. 8. Jednočinný pístový motor	29
Obr. 9. Membránový motor	30
Obr. 10. Motor s odvalující se membránou	30
Obr. 11. Dvojitý přímočarý pístový motor	31
Obr. 12. Motor s průchozí pístnicí	31
Obr. 13. Tandemový motor.....	32
Obr. 14. Vícepolohový motor	33
Obr. 15. Pístový motor s lanovým převodem	33
Obr. 16. Pístový motor s převodem na rotační pohyb.....	34
Obr. 17. Motor s rotační lopatkou.....	34
Obr. 18. Motor s tlumením v koncových polohách	35
Obr. 19. Dělení pracovních hlavic	36
Obr. 20. Rozdělení úchopných hlavic	37
Obr. 21. Rozdělení schopných prvků.....	37
Obr. 22. Rozdělení aktivních mechanických hlavic	38
Obr. 23. Model plnicí linky.....	44
Obr. 24. Půdorys modelu plnicí linky	45
Obr. 25. Model plnicí linky - pohled ze spodu	46
Obr. 26. Model plnicí linky - pohled z vrchu	46
Obr. 27. Přímočarý pohon DGPL-40-PPV-A-KF-B.....	47
Obr. 28. Kyvný modul DSM-25-270-P-FW	48
Obr. 29. Volnoběžka FLSM-25-L.....	50
Obr. 30. Ventilový terminál CDVI5.0	51
Obr. 31. Proporcionální ventil MPYE	52

Obr. 32. Pneumatický válec CDN-32-100-PPV-A-SME.....	53
Obr. 33. Pneumatický válec CRHD-32-50	54
Obr. 34. Kyvně přímočará jednotka DSL-25-50.....	55
Obr. 35. Ejektor	56
Obr. 36. Zobrazení čelních stran obou pohonných jednotek	58
Obr. 37. Původně používaný krokový elektromotor.....	59
Obr. 38. Kyvný pohon s volnoběžným modulem a redukční deskou	59
Obr. 39. Redukční ventil.....	60
Obr. 40. Výřez menu hlavní lišty	69
Obr. 41. Tabulka projektů.....	69
Obr. 42. Tabulka nastavení projektu.....	70
Obr. 43. Tabulka konfigurace vstupů	70
Obr. 44. Tabulka konfigurace výstupů.....	71
Obr. 45. Tabulka nastavení ovladačů.....	71
Obr. 46. Záložky nastavení komunikačního rozhraní	72

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Tabulka použitých prvků	47
Tab. 2. Parametry pohonu DGPL-40-XX-PPV-A-KF-B	48
Tab. 3. Parametry pohonu DSM-25-270-P-FW-CC	49
Tab. 4. Parametry proporcionálního ventilu MPYE-5-1/8-LF-010-B	52
Tab. 5. Parametry pneumatického válce CDN-32-100-PPV-A-SME.....	53
Tab. 6. Parametry pneumatického válce CRHD-32-50-PPV-A-MS	54
Tab. 7. Parametry kyvně přímočaré jednotky DSL-25-50-270-P-S20-CC-KF.....	56

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA PI: SEZNAM POUŽITÝCH VSTUPŮ

PŘÍLOHA PII: SEZNAM POUŽITÝCH VÝSTUPŮ

PŘÍLOHA PIII: ZAPOJENÍ PLC HC 16

PŘÍLOHA PIV: ZDROJOVÝ KÓD PROGRAMU 1

PŘÍLOHA PV: ZDROJOVÝ KÓD PROGRAMU 2

PŘÍLOHA P VI: CD-ROM obsahující:

- textovou část bakalářské práce
- model sestavy plnicí linky v programu Inventor 9.0
- výrobní výkresy
- zdrojové kódy vytvořených programů
- obrázky použité v celé bakalářské práci
- schéma pneumatického zapojení

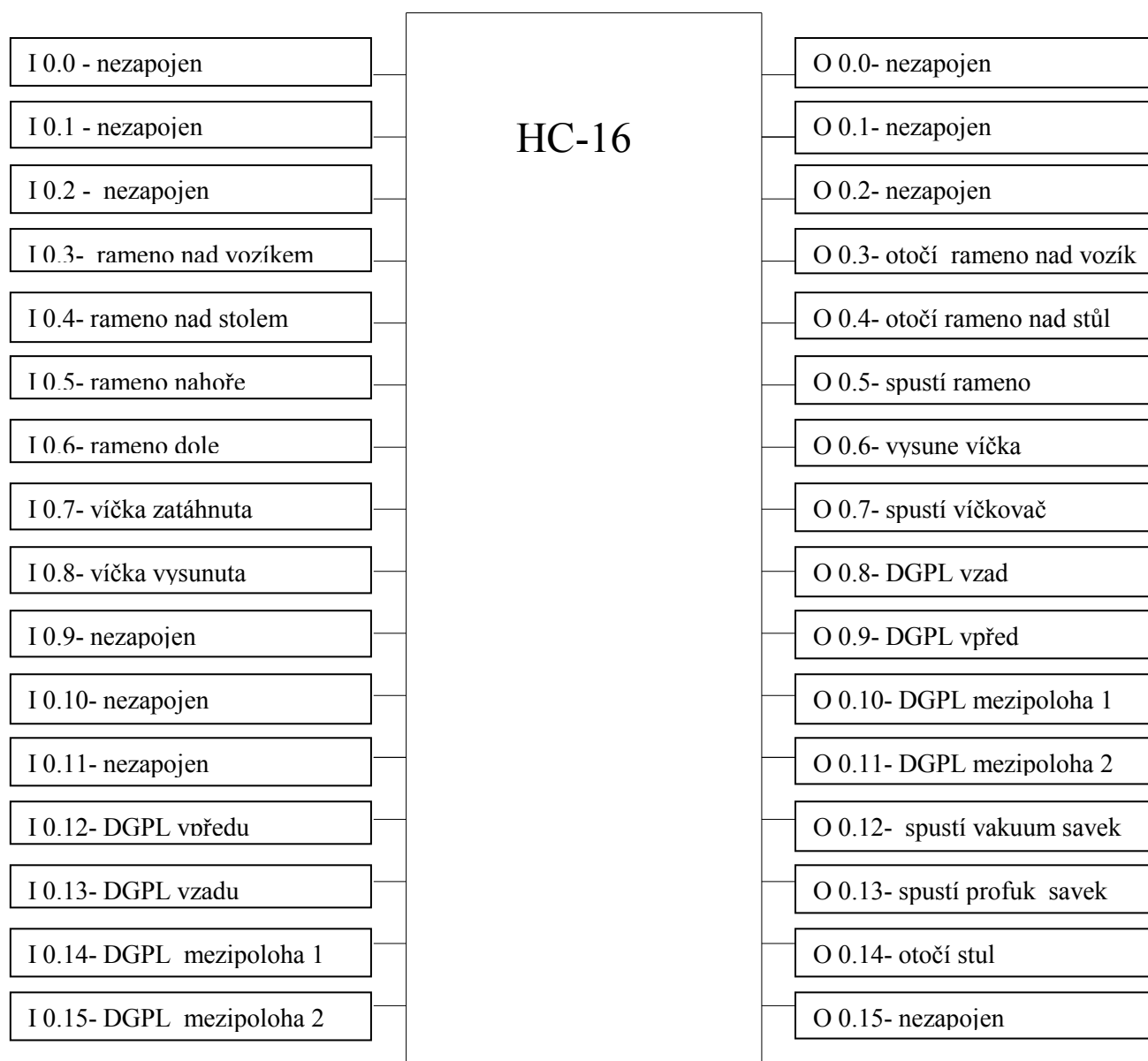
PŘÍLOHA P I: SEZNAM POUŽITÝCH VSTUPŮ

I0.3	NVOZIK	Rameno nad vozíkem
I0.4	NKRUH	Rameno nad stolem
I0.5	NAHORE	Rameno nahoře
I0.6	DOLE	Rameno dole
I0.6	ZASUN	Víčka vysunuta
I0.8	VYSUN	Víčka vysunuta

PŘÍLOHA P II: SEZNAM POUŽITÝCH VÝSTUPŮ

O0.3	TAM	Otoč savky nad kruh
O0.4	ZPET	Otoč savky nad vozík
O0.5	DOLU	Savky dolu
O0.6	VICKA	Podání víček
O0.7	RAMENO	Rameno dolu
O0.8	VPRED	Od savek
O0.9	VZAD	K savkám
O0.11		
O0.12	VAKUUM	Savky vákuum
O0.13	PROFUK	Savky profuk
O0.14	KRUH	otoč kruh

PŘÍLOHA P III: ZAPOJENÍ PLC



PŘÍLOHA P IV: ZDROJOVÝ KÓD PROGRAMU 1

STEP M1

```
IF          F0.1
    AND      N      T0          'Cas programu 0
    AND      N      vpred
THEN RESET  O0.0          'Zelená signálka
    RESET    O0.1          'Rudá signálka
    RESET    O0.2          'Žlutá signálka
    RESET    O0.3          'Otoč savky nad kruh
    RESET    O0.4          'Otoč savky nad vozík
    RESET    O0.5          'Savky dolu
    RESET    O0.6          'Podání víček
    RESET    O0.7          'Rameno dolu
    RESET    O0.8
    RESET    O0.9
    RESET    O0.12         'Savky vákuum
    RESET    O0.13         'Savky profuk
    RESET    F0.2
    RESET    vzad
    RESET    KRUH          'otoc kruh
    SET      vpred
    SET      T0          'Cas programu 0
    WITH     3s
```

STEP M2

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
    AND      vpred
THEN RESET  vpred
    SET      vzad
    SET      T1          'prodleva savky
    WITH     1s
```

STEP M3

```
IF          vzad
    AND      N      T1          'prodleva savky
THEN SET    T2
    WITH     3s
IF          T2
THEN SET    ZPET          'Otoč savky nad vozík
    SET      VAKUUM       'Savky vákuum
```

STEP M4

```

IF          NVOZIK          'Rameno nad vozikem
THEN SET    DOLU          'Savky dolu

STEP M5
IF          N          T2
      AND    DOLE          'rameno dole
THEN RESET DOLU          'Savky dolu
      RESET ZPET          'Otoč savky nad vozík
      SET    TAM          'Otoč savky nad kruh

STEP M6
IF          NAHORE          'rameno nahore
      AND    NKRUH          'Rameno nad stolem
THEN SET    DOLU          'Savky dolu
      SET    T1          'prodleva savky
      WITH   3s

STEP M7
IF          DOLE          'rameno dole
      AND    N          T1          'prodleva savky
THEN RESET DOLU          'Savky dolu
      RESET VAKUUM          'Savky vákuum

STEP M8
IF          NAHORE          'rameno nahore
THEN SET    KRUH          'otoc kruh

STEP M9
IF          NAHORE          'rameno nahore
THEN SET    T2
      WITH   1s

STEP M10
IF          NAHORE          'rameno nahore
      AND    N          T2
THEN SET    VICKA          'Podání víček

STEP M11
IF          VYSUN          'vicka vysunuta
THEN SET    RAMENO          'Rameno dolu
      SET    F0.2
      SET    T2

```

```

                WITH          2s

STEP M12
  IF
    AND          N          T2
  THEN RESET    RAMENO      'Rameno dolu
    SET          T2
    WITH        1s

STEP M13
  IF
    AND          N          T2
  THEN RESET    VICKA      'Podání víček
    SET          KRUH      'otoc kruh
    JMP TO M1

```


PŘÍLOHA P V: ZDROJOVÝ KÓD PROGRAMU 2

STEP M1

```
IF          F0.1
    AND      N      T0
    AND      N      vpred
THEN RESET  O0.0
    RESET    O0.1
    RESET    O0.2
    RESET    O0.3      'Otoč savky nad kruh
    RESET    O0.4      'Otoč savky nad vozík
    RESET    O0.5      'Savky dolu
    RESET    O0.6      'Podání víček
    RESET    O0.7      'Rameno dolu
    RESET    O0.8
    RESET    O0.9
    RESET    O0.12     'Savky vákuum
    RESET    O0.13     'Savky profuk
    RESET    F0.2
    SET      vpred
    RESET    vzad
    RESET    KRUH      'otoc kruh
    SET      T0
    WITH     3s
```

STEP M2

```
IF          N      T0
    AND      vpred
THEN RESET  vpred
    SET      MEZIPOL2  'Najed do mezipolohy 2
    SET      T0
    WITH     1s
```

STEP M3

```
IF          N      T0
    AND      MEZIPOL2  'Najed do mezipolohy 2
THEN RESET  MEZIPOL2  'Najed do mezipolohy 2
    SET      vzad
    SET      T1      'Prodleva savky
    WITH     1s
```

STEP M4

```
IF          N      T1          'Prodleva savky
      AND          vzad
THEN SET      ZPET          'Otoč savky nad vozík
      SET      T1          'Prodleva savky
      WITH     1s
```

STEP M5

```
IF          N      T1          'Prodleva savky
      AND          ZPET          'Otoč savky nad vozík
THEN SET      DOLU          'Savky dolu
      SET      VAKUUM        'Savky vákuum
      SET      T1          'Prodleva savky
      WITH     1s
```

STEP M6

```
IF          N      T1          'Prodleva savky
      AND          VAKUUM        'Savky vákuum
THEN RESET   VAKUUM        'Savky vákuum
      RESET   DOLU          'Savky dolu
      SET      T0
      WITH     1s
```

STEP M7

```
IF          N      T0
      AND      N      VAKUUM        'Savky vákuum
THEN RESET   ZPET          'Otoč savky nad vozík
      SET      TAM          'Otoč savky nad kruh
      SET      T0
      WITH     1s
```

STEP M8

```
IF          N      T0
      AND      TAM          'Otoč savky nad kruh
THEN SET      DOLU          'Savky dolu
```

```
      SET          PROFUK          'Savky profuk
      SET          T0
      WITH        1s
```

STEP M9

```
      IF          N          T0
      AND          DOLE          'rameno dole
      THEN RESET  PROFUK          'Savky profuk
      RESET       DOLU          'Savky dolu
      SET         T0
      WITH        1s
```

STEP M10

```
      IF          N          T0
      AND          N          DOLE          'rameno dole
      THEN SET    KRUH          'otoc kruh
      SET         T0
      WITH        1s
```

STEP M11

```
      IF          N          T0
      AND          KRUH          'otoc kruh
      THEN RESET  KRUH          'otoc kruh
      SET         T0
      WITH        1s
```

STEP M12

```
      IF          N          T0
      AND          N          KRUH          'otoc kruh
      THEN SET    KRUH          'otoc kruh
      SET         T0
      WITH        1s
```

STEP M13

```
      IF          N          T0
      AND          KRUH          'otoc kruh
      THEN RESET  KRUH          'otoc kruh
      SET         T0
      WITH        1s
```

STEP M14

```

IF          N      T0
      AND      N      KRUH          'otoc kruh
THEN SET          KRUH          'otoc kruh
      SET      VICKA          'Podání víček
      SET      T0
      WITH      1s
STEP M15
IF          N      T0
      AND      N      KRUH          'otoc kruh
THEN RESET    KRUH          'otoc kruh
      SET      RAMENO          'Rameno dolu
      SET      T0
      WITH      1s

STEP M16
IF          N      T0
      AND      N      KRUH          'otoc kruh
THEN RESET    RAMENO          'Rameno dolu
      SET      T0
      WITH      1s

STEP M17
IF          N      T0
      AND      N      RAMENO        'Rameno dolu
THEN SET      KRUH          'otoc kruh
      SET      T0
      WITH      1s

STEP M18
IF          N      T0
      AND      N      KRUH          'otoc kruh
THEN RESET    KRUH          'otoc kruh
      SET      T0
      WITH      1s

STEP M19
IF          N      T0
      AND      N      KRUH          'otoc kruh
THEN SET      KRUH          'otoc kruh
      SET      T0

```

```

                WITH          1s

STEP M20
  IF              N          T0
                AND          KRUH          'otoc kruh
  THEN RESET     KRUH          'otoc kruh
                SET          DOLU          'Savky dolu
                SET          T1           'Prodleva savky
                WITH          1s

STEP M21
  IF              N          T1           'Prodleva savky
                AND          DOLE          'rameno dole
  THEN SET       VAKUUM       'Savky vákuum
                SET          T1           'Prodleva savky
                WITH          1s

STEP M22
  IF              N          T1           'Prodleva savky
                AND          VAKUUM       'Savky vákuum
  THEN RESET     VAKUUM       'Savky vákuum
                RESET     DOLU          'Savky dolu
                RESET     TAM           'Otoč savky nad kruh
                SET          T1           'Prodleva savky
                WITH          1s

STEP M23
  IF              N          T1           'Prodleva savky
                AND          NAHORE       'rameno nahore
  THEN SET       ZPET         'Otoč savky nad vozík
                SET          T1           'Prodleva savky
                WITH          1s

STEP M24
  IF              N          T1           'Prodleva savky
                AND          NVOZIK       'Rameno nad vozikem
  THEN SET       DOLU          'Savky dolu
                SET          PROFUK       'Savky profuk

```

```
SET          T1          'Prodleva savky  
WITH        1s
```

STEP 25

```
IF          N          T1          'Prodleva savky  
AND        DOLE        'rameno dole  
THEN RESET DOLU        'Savky dolu  
RESET      PROFUK      'Savky profuk  
JMP TO M1
```