

# Rekonstrukce pneumatického demonstračního modelu

Bc. Martin Řezníček

---

Diplomová práce  
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2007/2008

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin ŘEZNÍČEK**

Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**

Téma práce: **Rekonstrukce pneumatického demonstračního modelu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte řešení na dané téma
2. Navrhněte technické řešení pro aretaci polohy otočného stolu.
3. Zapojte vertikální pneumatický válec, který imituje plnění.
4. Vypracujte několik variant programu řídicí jednotky demonstračního modelu.
5. Zhodnoťte výhody a nevýhody daného řešení.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] MANAS, M. Základy robotiky. Brno: VUT Brno, 1991. ISBN: 80-214-0279-2

[2] KLÍBAL, Z. Průmyslové roboty I. Brno: VUT Brno, 1993.

[3] PASHKOV, P., OSINSKIY, Y., CHETVIORKIN, A. Electropneumatics in manufacturing processes: Sevastopol, 2004. ISBN: 966-7473-60-0

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. David Sámek, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**19. února 2008**

Termín odevzdání diplomové práce:

**23. května 2008**

Ve Zlíně dne 29. ledna 2008

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Diplomová 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 pohybu na pohyb otáčivý a jeho přesné polohování. Část diplomové práce také popisuje programové řízení PLC a software k tomu využívaný. V rámci této práce jsou vypracovány i cvičení pro předmět základy robotiky.

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

## **ABSTRACT**

The di 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 also deals with the possibility of transmission of swivel movement to rotating movement. The part of bachelor work also describes PLC control and used software. In case of this work training lectures are created.

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



Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Davidu Sámkovi, Phd. za odborné vedení a rady, které mi poskytl během řešení mé práce a za pomoc poskytovanou nad rámec povinností. Dále bych tímto chtěl poděkovat Ing. Zdeňku Dvořákovi, CSc. za odborné konzultace, firmě FESTO a panu Antonínu Brázdilovi za poskytnutí materiálů a další cenné rady. Rád bych také poděkoval Ing. Jirímu Šálkovi za odbornou pomoc při praktické realizaci mého projektu.

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 diplomovou práci vypracoval samostatně. Všechny použité zdroje uvádím v příloze.

Zlín

16. května 2008

---

podpis

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 HISTORIE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ</b> .....	<b>11</b>
1.1 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ .....	12
1.2 DEFINICE NĚKTERÝCH POJMŮ Z OBLASTI ROBOTIKY .....	12
<b>2 ŘÍZENÍ PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ</b> .....	<b>16</b>
2.1 POČÍTAČE V AUTOMATIZACI .....	16
2.2 KOMUNIKACE V SYSTÉMU .....	16
2.2.1 Integrované řídicí systémy .....	16
2.2.2 Distribuované systémy .....	17
2.2.3 Sdružování funkcí .....	17
2.2.4 Diagnostika , bezpečnost, spolehlivost a kvalita .....	18
2.3 HLAVNÍ CHARAKTERISTIKY PROGRAMOVATELNÝCH AUTOMATŮ .....	18
<b>3 PRACOVNÍ HLAVICE ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ</b> .....	<b>21</b>
3.1 ÚCHOPNÉ HLAVICE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ .....	21
3.1.1 Mechanické úchopné hlavice .....	23
3.1.2 Magnetické úchopné hlavice .....	26
3.1.3 Pneumatické úchopné hlavice .....	27
3.1.4 Technologické hlavice .....	29
<b>4 VÝROBA A ÚPRAVA STLAČENÉHO VZDUCHU</b> .....	<b>30</b>
4.1 VLASTNOSTI STLAČENÉHO VZDUCHU .....	30
4.2 VÝROBA STLAČENÉHO VZDUCHU .....	32
4.3 DRUHY KOMPRESORŮ .....	33
4.3.1 Pístové kompresory .....	33
4.3.2 Membránové kompresory .....	34
4.3.3 Rotační objemové kompresory .....	35
4.3.4 Křídlový (lamelový) kompresor .....	35
4.3.5 Šroubový kompresor .....	35
4.3.6 Rootsův kompresor .....	36
4.3.7 Turbokompresory .....	36
4.4 ROZVOD TLAKOVÉHO VZDUCHU .....	37
4.4.1 Dimenzování potrubí .....	37
4.4.2 Materiál potrubí rozvodné sítě .....	38
4.5 ÚPRAVA TLAKOVÉHO VZDUCHU .....	38
4.5.1 Absorpční vysoušení .....	39
4.5.2 Adsorpční vysoušení .....	39
4.5.3 Vysoušení ochlazováním .....	39
<b>5 PNEUMATICKÉ PRACOVNÍ PRVKY</b> .....	<b>41</b>

5.1	JEDNOČINNÉ PŘÍMOČARÉ MOTORY.....	41
5.1.1	Pístové motory.....	41
5.1.2	Membránové motory.....	42
5.1.3	Motory s odvalující se membránou.....	42
5.2	DVOJČINNÉ PŘÍMOČARÉ MOTORY.....	43
5.3	ZVLÁŠTNÍ PROVEDENÍ DVOJČINNÝCH PŘÍMOČARÝCH MOTORŮ.....	43
5.3.1	Motor s průchozí (oboustrannou) pístnicí.....	43
5.3.2	Tandemové motory.....	44
5.3.3	Pístové motory s úderným účinkem.....	44
5.3.4	Vícepolohové motory.....	45
5.3.5	Pístové motory s kyvným pohybem (s lanovým převodem).....	45
5.3.6	Přímočaré pístové motory s převodem na výstupní rotační pohyb.....	45
5.3.7	Motor s rotační lopatkou.....	46
5.4	TLUMENÍ V KONCOVÝCH POLOHÁCH.....	46
5.5	SYSTEM POLOHOVÁNÍ PNEUMATICKÝCH VÁLCŮ.....	47
5.5.1	Regulátor koncových poloh (systém soft stop).....	47
5.5.2	Zapojení regulátoru do obvodu.....	48
5.6	EJEKTOR.....	50
5.7	ZESILOVAČE TLAKU.....	50
5.8	PNEUMATICKO-ELEKTRICKÝ PŘEVODNÍK.....	52
<b>6</b>	<b>BEZDOTYKOVÁ ČIDLA.....</b>	<b>53</b>
6.1	PNEUMATICKÁ BEZDOTYKOVÁ ČIDLA.....	53
6.1.1	Vzduchové hradlo.....	53
6.1.2	Proudová záchytná tryska.....	54
6.1.3	Reflexní tryska (s prstencovou tryskou).....	55
6.1.4	Dorazová tryska.....	57
6.1.5	Pneumatické jazýčkové relé (čidlo polohy).....	57
6.2	ELEKTRICKÁ BEZDOTYKOVÁ ČIDLA.....	58
6.2.1	Typy elektrických bezdotykových čidel a jejich rozdělení.....	58
6.2.2	Indukční čidla elektromagnetická.....	59
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>60</b>
<b>7</b>	<b>ANALÝZA POČÁTEČNÍHO STAVU.....</b>	<b>61</b>
7.1	MECHANICKÁ ČÁST.....	61
7.2	ELEKTRICKÁ ČÁST.....	62
7.3	PROGRAMOVÁ ČÁST.....	62
<b>8</b>	<b>MECHANICKÁ ARETACE OTOČNÉHO STOLU.....</b>	<b>63</b>
8.1	VARIANTY ŘEŠENÍ ARETACE OTOČNÉHO STOLU.....	63
8.1.1	Varianta č. 1: Pneumatický válec namáhaný axiálně.....	63
8.1.2	Varianta č. 2: Aretace pomocí pákového systému.....	64
8.1.3	Varianta č. 3: Aretace pomocí pneumatického válce radiální namáhání.....	65

8.2	PRAKTICKÉ ŘEŠENÍ ARETACE OTOČNÉHO STOLU .....	66
8.2.1	Volba pneumatického válce.....	66
8.2.2	Problematika časování.....	67
<b>9</b>	<b>ELEKTRONICKÁ INSTALACE.....</b>	<b>69</b>
9.1	ZAPOJENÍ KARET PLC HC 16.....	70
9.1.1	Zapojení výstupních karet OM 11 .....	70
9.1.2	Zapojení vstupních karet IM 11.....	71
<b>10</b>	<b>ZPROVOZNĚNÍ SVISLÉ PNEUMATICKÉ OSY.....</b>	<b>72</b>
10.1	NOVÉ ŘEŠENÍ OVLÁDÁNÍ SVISLÉ JEDNOTKY DGPII.....	72
10.1.1	Překonfigurování řídicí jednotky PLC HC 16 .....	72
10.1.2	Polohovací automat SPC 200 .....	73
10.1.3	Konfigurace SPC 200 v demonstračním modelu .....	74
10.1.4	Zapojení SPC 200 a další komponenty v obvodu.....	78
10.1.5	Software Win PISA .....	80
<b>11</b>	<b>POPIS VENTILOVÉHO TERMINÁLU CDVI 5.0 .....</b>	<b>82</b>
11.1	ZAPOJENÍ VENTILOVÉHO TERMINÁLU CDVI5.0 .....	84
11.2	ELEKTRICKÁ ČÁST VENTILOVÉHO TERMINÁLU CDVI5.0 .....	86
11.2.1	Pozice a adresy ventilového terminálu CDVI5.0.....	88
11.2.2	Označování barev dle ČSN IEC 757 .....	88
<b>12</b>	<b>PROGRAMOVÁ ČÁST.....</b>	<b>91</b>
12.1	PRÁCE V PROSTŘEDÍ FST 4.10.....	91
12.1.1	Založení nového projektu .....	91
12.1.2	Deklarace proměnných .....	94
12.2	RYCHLÝ PŘEHLED PROGRAMOVÝCH PŘÍKAZŮ A STRUKTURA PROGRAMU .....	94
12.2.1	Podprogramy.....	98
12.3	PROGRAMOVÁ CVIČENÍ.....	100
12.3.1	Program-Demo .....	101
12.3.2	Cvičení č. 1 - CYKLUS_A.....	109
12.3.3	Cvičení č. 2 - CYKLUS_B.....	110
12.3.4	Cvičení č. 3- CYKLUS_C (Jednotka J.1).....	111
12.3.5	Cvičení č. 4 – CYKLUS_C (Jednotka J.2).....	112
12.3.6	Cvičení č. 5 – CYKLUS_C ( Jednotka J.4).....	113
12.3.7	Cvičení č. 6 – CYKLUS_C ( Jednotka J.2, zpětný chod).....	114
12.3.8	Cvičení č. 7 - Čítač .....	115
12.3.9	Cvičení č. 8 – Rozhodni .....	118
<b>13</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>122</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>126</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>127</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>128</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>130</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>131</b>

## 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 monotonní 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 neznámá 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 funkcností 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 všimnat 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 kognitiv-



ního 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 závislé 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.

***Řídicí 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 zamýšlený 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 pracovaly 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 informačních 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 úrovní 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



vnitřními 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. Představy 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 zařazeními 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 programu. 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]

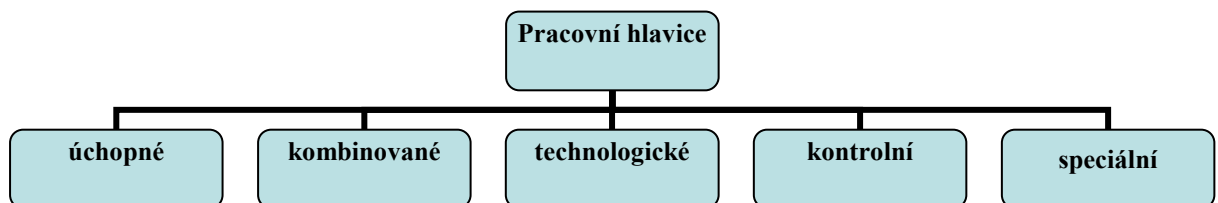
### 3 PRACOVNÍ HLAVICE ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ

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]



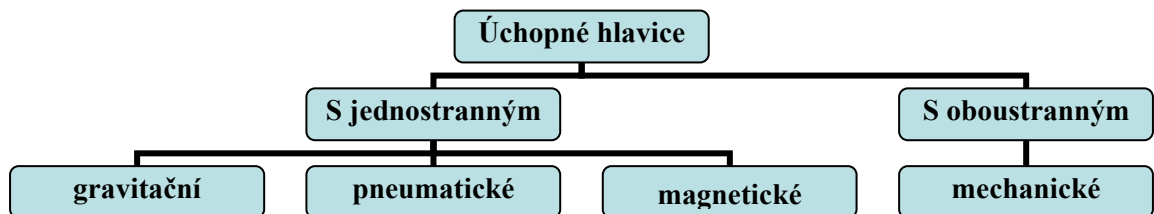
Obr. 1. Dělení pracovních hlavic

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 PRaM i nepřesností vlivem polohy a orientace přenášených předmětů. Tento úkol bývá řešen vložením vhodného, obvykle mechanického, deformačního členu. [1]

#### 3.1 Úchopné hlavice průmyslových robotů a manipulátorů

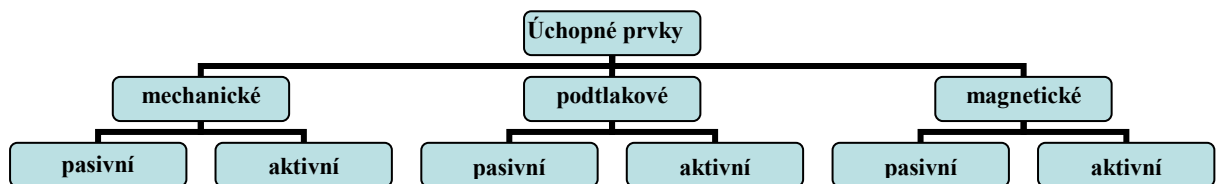
Úchopné hlavice provádějí uchopení a uvolnění předmětu. Uchopení je realizováno mechanickým stykem schopných prvků s povrchem předmětu. Úchopné síly jsou vyvozovány mechanickými prostředky a působí proti sobě v protilehlých stranách (tzv. mechanické

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. 2. Rozdělení úchopných hlavic

Úchopné prvky lze rozdělit podle působení na objekt a podle způsobu vyvození úchopné síly (obr.2)



Obr. 3. Rozdělení úchopných 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.

### 3.1.1 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]

#### *Pasivní mechanické hlavice*

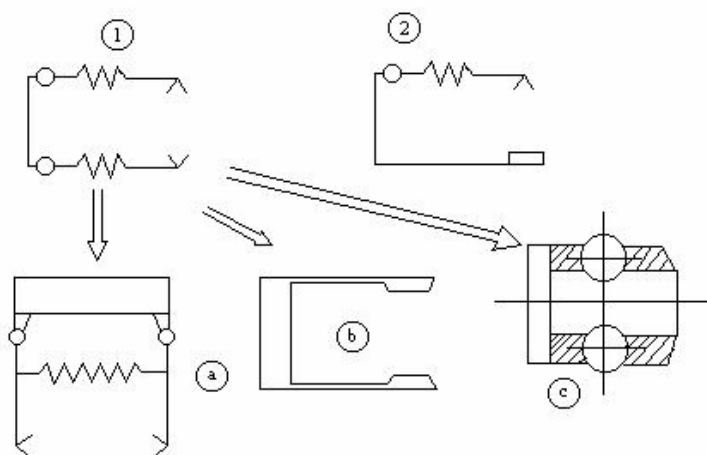
Mezi nejjednodušší mechanické úchopné hlavice patří hlavice pasivní, u nichž je manipulovaný objekt držen ve vhodně tvarovaných pevných podporách vlastní tíhou. Používají se zejména při manipulaci s rotačními součástmi přírubového nebo hřídelového typu. Přenášené předměty mohou být zajištěny proti posunutí.

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 hlavice se vyznačují konstrukční jednoduchostí a používají se při manipulaci s lehčími objekty jednoduchého tvaru. Jde tedy zejména o malé příruby, kroužky, hřídele apod. Jsou sestaveny z pevných a odpružených prvků bez pohonu.

Pro minimální rozsah struktury pasivní úchopné hlavice - tj. tedy pro hlavici se dvěma úchopnými prvky - přicházejí v úvahu dvě koncepce :

- Koncepce 1 - dva odpružené úchopné prvky (čelisti)
- Koncepce 2 - jeden pevný, jeden odpružený prvek (čelist)



Obr. 4. Rozdělení úchopných prvků

Odpružené čelisti jsou nejčastěji řešeny některým z těchto způsobů:

- vetknuté pružné čelisti (na obr b); pohyblivost čelisti je dána rozsahem pružné deformace lamely určitého průřezu, úchopná síla vychází z tuhosti lamely. Typickým příkladem aplikace tohoto principu jsou kleštiny pro zachycení objektů za vnější nebo vnitřní povrch. Konstrukčně jsou často řešeny jako rozříznutá pouzdra, jde-li o zachycování objektů rotačního tvaru a nebo s jednotlivě vsazenými lamelami do držáku, který je tvarově přizpůsoben tvaru objektu. U těžších objektů, pro které vychází větší úchopná síla, která se dále promítne do větší tuhosti upínacích lamel, vzniká nebezpečí poškození povrchu objektu při jeho zachycování nebo uvolňování hlavicí.

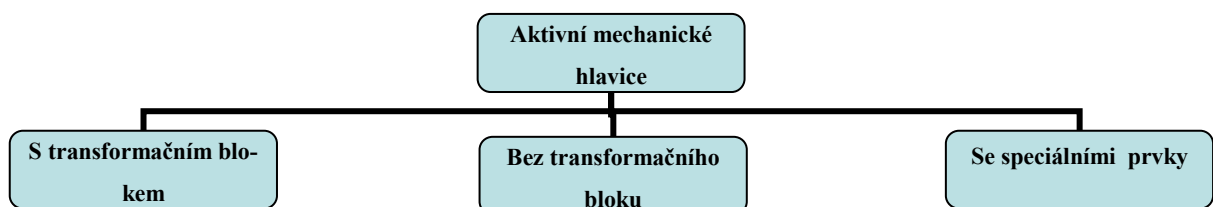
Pasivní mechanické hlavice se někdy doplňují pneumatickými nebo elektromechanickými vyhazovači. V takovém případě je činnost hlavice ve fázi uchopení pasivní - k uchopení objektu dochází najetím hlavice na jeho povrch při pohybu ramene manipulátoru a ve fázi uvolnění objektu jako aktivní.

-otočné čelisti svírané oddělenou pružinou (princip schematicky na obrázku "a"). Na konzole jsou s podélnou podle délky hřídele namontovány dva páry otočně uložených čelistí svírané spirálovými pružinami.

- posuvné čelisti svírané oddělenou pružinou. Jednoduchou konstrukční verzí této koncepce úchopné hlavice je pouzdro s kuličkami rozpínanými pružinou - schema na obrázku "c".

### ***Aktivní mechanické hlavice***

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



Obr. 5. Rozdělení aktivních mechanických hlavic

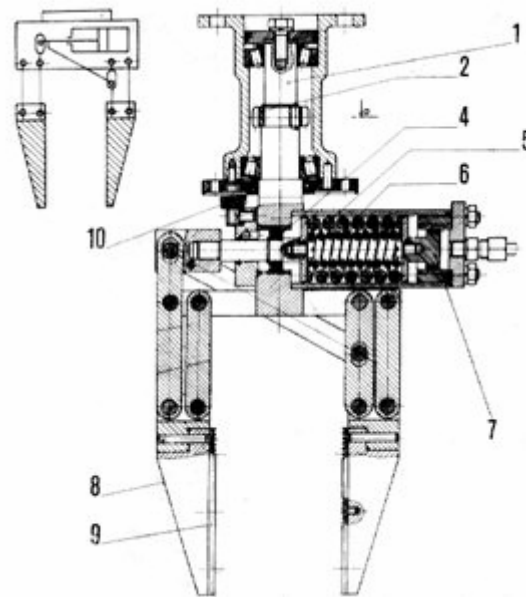
U aktivních mechanických hlavic s transformačním blokem je mezi úchopné prvky vložen mechanický člen umožňující společné ovládání více čelistí, změnu rychlosti a smyslu pohybu, změnu úchopné síly, popř. umožňuje snadněji vyřešit prostorové uspořádání hlavice. Podle použitého pohonu může (elektromotor, 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.

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 hlavic 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]

Předností pákových transformačních bloků je konstrukční jednoduchost. Spojení pák čepy zaručuje dostatečnou přesnost funkce s minimálními vůlemi. Charakteristickou vlastností je závislost převodové funkce na kinematickém uspořádání a na okamžité poloze.





Obr. 6. Hydraulická úchopná hlavice

Konstrukční řešení hydraulicky ovládané úchopné hlavice s jednoduchým pákovým převodem je na obrázku. Hlavice je opatřena přídatným natáčením kolem podélné osy. Úchopnou sílu na čelistech vyvozuje píst 7 přes pružné spojení pružinami 5, 6. Důvodem je zaručení bezpečného držení objektu i při poklesu tlaku od hydrogenerátoru. Na vstupu ovládacího motoru musí být umístěn hydraulický zámek. Rozvírání čelistí zajišťuje píst 4. Úchopná hlavice je spojena s čepem 1, uloženým na kuželíkových ložiskách. Natáčení hlavice je odvozeno od dvojčinného přímočarého hydromotoru s ozubenou pístnicí přes pastorek 2. Rozsah natáčení je seřiditelný narážkami. Čelisti 8 i stykové plochy 9 jsou výměnné a umožňují přizpůsobení hlavice rozměrům a tvaru daného objektu.

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

### 3.1.2 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 částice, 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.

### 3.1.3 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 vyrobeny 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 tvořený 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 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 přísání 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 předčasněmu 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 zabez-

pečí 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.

### 3.1.4 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]

## 4 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 projevem a pohybem vzdušiny, resp. procesy, které ve vzdušně 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.

### 4.1 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 znečišťování 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 levné.

***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]

## **4.2 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 předdimenzovat, než později zjistit, že je nedostatečná. Dodatečné rozšiřování kompresorových stanic vždy spojeno s velkými náklady.

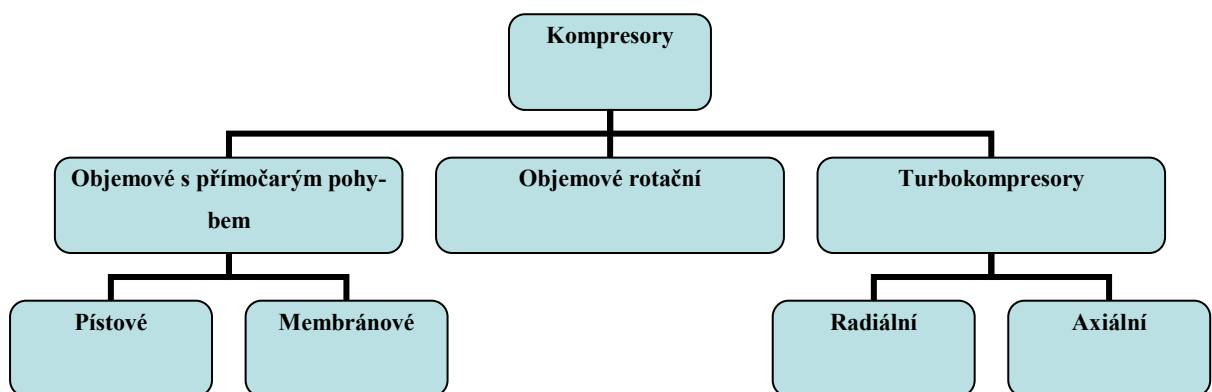
Důležitým požadavkem při výrobě vzduchu je zabezpečení jeho čistoty. Čistý vzduch je podmínkou pro dlouhou životnost výrobního zařízení. Velmi důležitá je rovněž správná volba kompresoru. [3]

### 4.3 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. 7. Členění kompresorů

#### 4.3.1 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 víceúrovňové provedení. Nasátý vzduch se v prvním stupni stlačí, následuje jeho ochlazení a pak stlačení

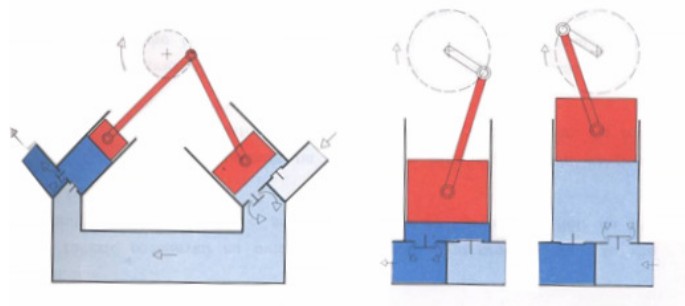
v dané stupni. Zdvihový objem je vždy menší než prvního stupně. Teplo vznikající při stlačování vzduchu musí být vždy odváděno. Chlazení se provádí buď vzduchem nebo vodou.

Doporučuje se použití:

do 400 kPa jednostupňové

do 1500 kPa dvoustupňové

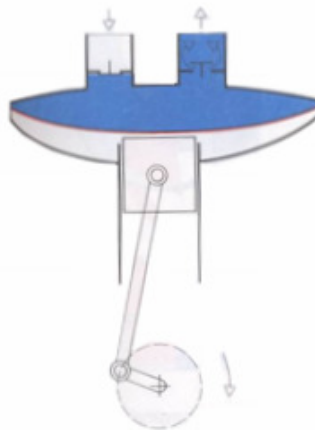
nad 1500 kPa tři nebo více stupňové [3]



Obr. 8. Pístový kompresor

#### 4.3.2 Membránové kompresory

Řadí se do skupiny pístových kompresorů. Píst je však od sání i výtlačku 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. 9. Membránový kompresor

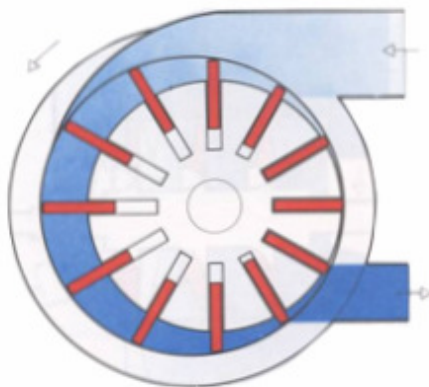
### 4.3.3 Rotační objemové kompresory

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

### 4.3.4 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 vnitřnímu povrchu tělesa statoru a tím vytvářejí řadu komor. Při otáčení excentricky uloženého rotoru se komory se vzduchem zmenšují a tím dochází ke stlačování vzduchu.

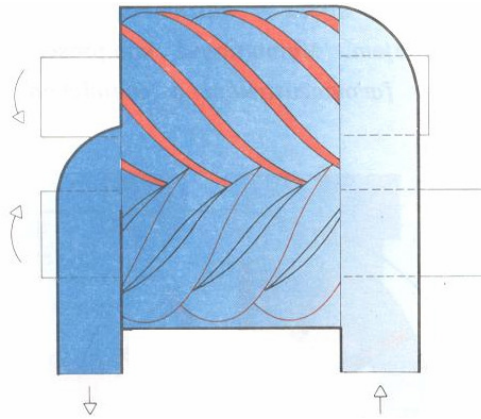
Předností tohoto typu kompresoru jsou malé vnější rozměry, klidný chod a rovnoměrná, prakticky bezrázová dodávka stlačeného vzduchu. [3]



Obr. 10. Křídlový (lamelový) kompresor

### 4.3.5 Šroubový kompresor

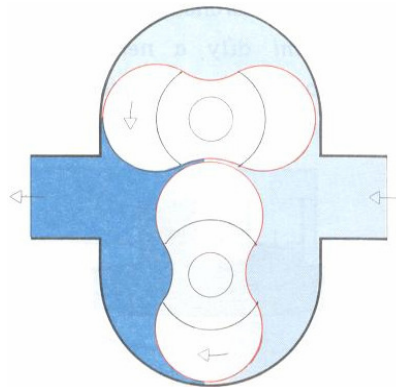
Šroubový kompresor je typ moderního dvourotorového kompresoru. Vzduch je nasáván a vytlačován dvěma šroubovými vřeteny s konkávním a konvexním, do sebe zapadajícím profilem šroubových ploch, které stlačují axiálním směrem vytlačovaný vzduch. [3]



Obr. 11. Šroubový kompresor

#### 4.3.6 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]



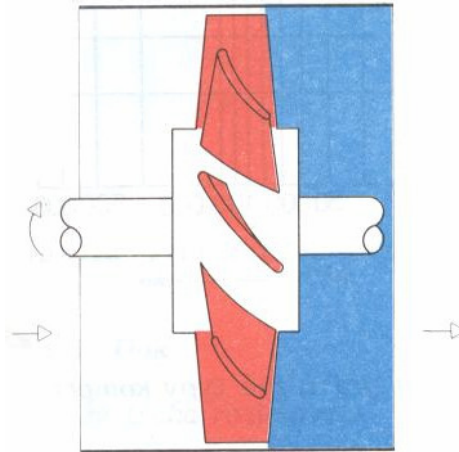
Obr. 12. Rootsův kompresor

#### 4.3.7 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. 13. Axiální turbokompresor

#### 4.4 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.

##### 4.4.1 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

#### 4.4.2 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]

#### 4.5 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 m<sup>3</sup> vzduchu.

Relativní vlhkost je množství vodních par v 1 m<sup>3</sup> vzduchu, vztahované na maximální možné množství při dané teplotě, vyjádřené %. Relativní vlhkost může být proto max. 100%.

Největší možné množství vodních par (vody) v 1 m<sup>3</sup> 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.

#### 4.5.1 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

#### 4.5.2 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).

#### 4.5.3 Vysoušení ochlazením

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 zkon-

zovaly. Tlakový vzduch přiváděný do sušičky se zpravidla nejdřív vede vzduchovým tepelným výměníkem, v němž se předchladí. Vyloučený kondensát se shromažďuje v odlučovači, který je třeba pravidelně vypouštět.



## 5 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.

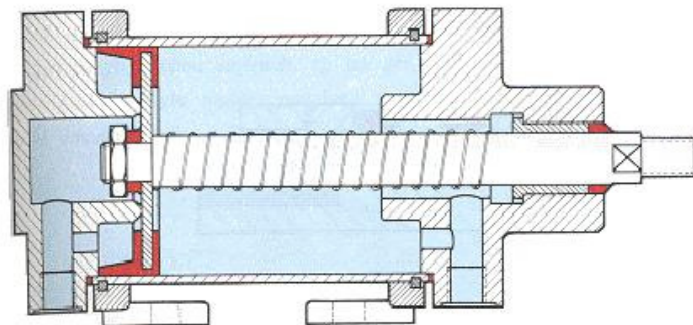
### 5.1 Jednočinné přímočaré motory

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]

#### 5.1.1 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.

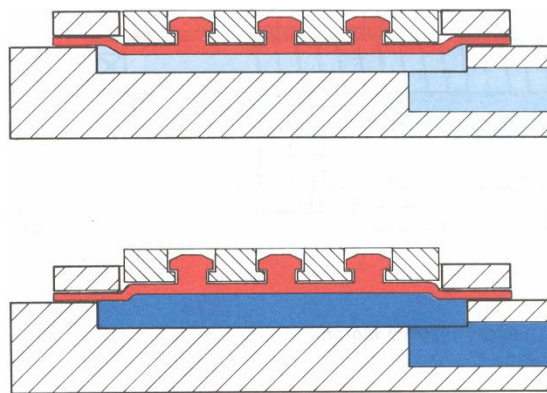


Obr. 14. Jednočinný pístový motor

### 5.1.2 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]

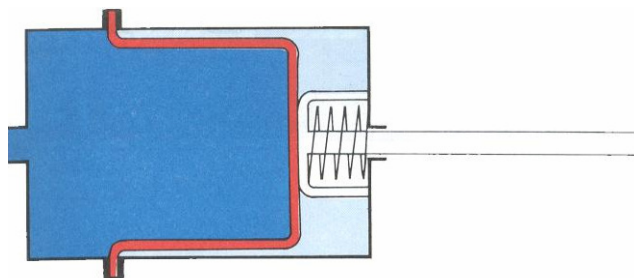
Membránové motory se používají při konstrukci přípravku a nástrojů, k rážení, nýtování a upínání na lisech.



Obr. 15. Membránový motor

### 5.1.3 Motory s odvalující se membránou

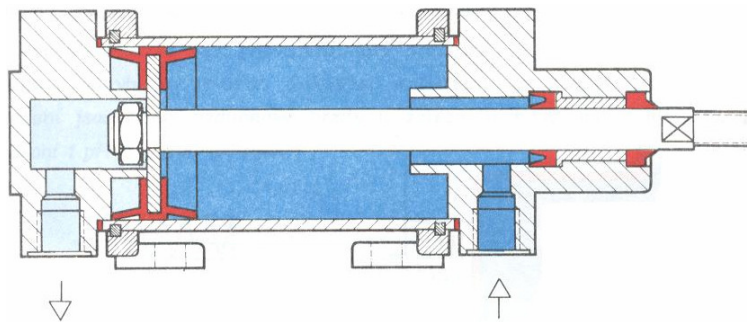
Mají podobné provedení, protože se u nich používá také membrána, která se po přivedení tlakového vzduchu odvaluje po vnitřním povrchu válce motoru a vysouvá pístnici. Umožňuje proto podstatně větší zdvihy ( 50 až 60 mm) než membránové motory s plochou membránou. Tření při pohybu je opět velmi malé. [3]



Obr. 16. Motor s odvalující se membránou

## 5.2 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.



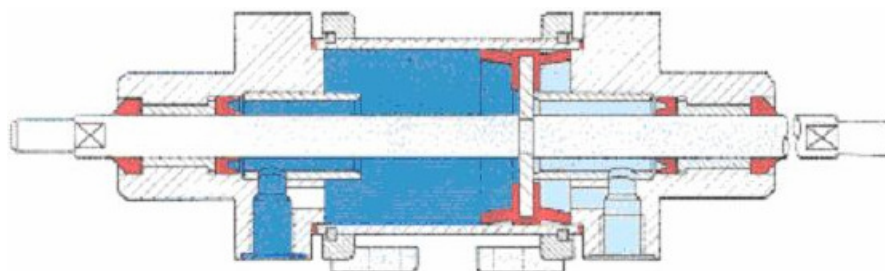
Obr. 17. Dvojčinný přímočarý pístový motor

## 5.3 Zvláštní provedení dvojčinných přímočarých motorů

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

### 5.3.1 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.

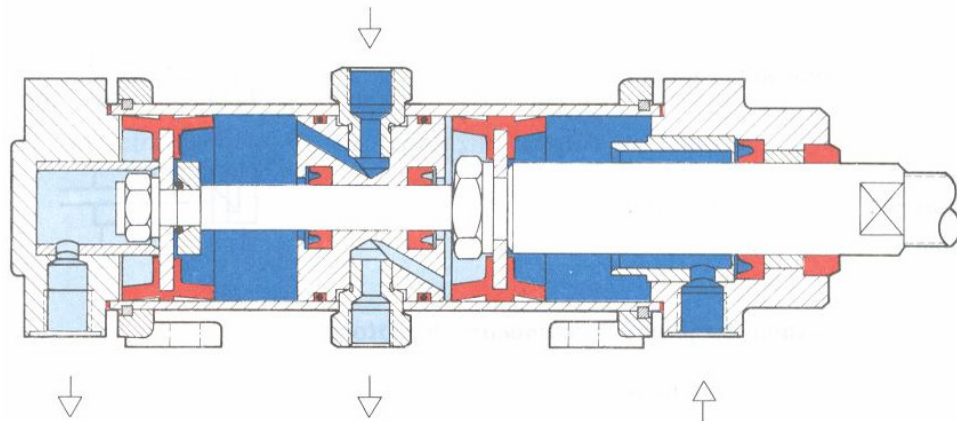


Obr. 18. Motor s průchozí pístnicí

### 5.3.2 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, zdvíhací činnosti, třídící (např. třídění na dobré výrobky, vadné výrobky).



Obr. 19. Tandemový motor

### 5.3.3 Pístové motory s úderným účinkem

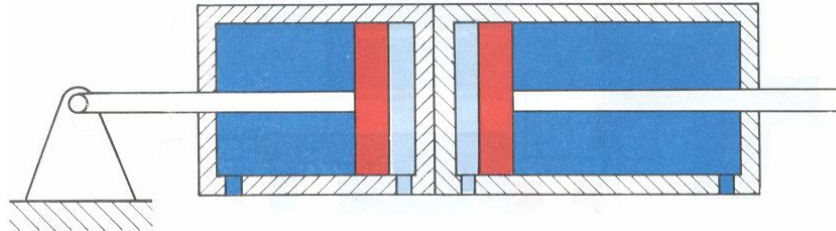
Při použití běžných typů přímočarých robotů je omezena velikost síly vyvozená energií stlačeného vzduchu. Motory pracující s velkou kinetickou energií se nazývají úderné.

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.

### 5.3.4 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]

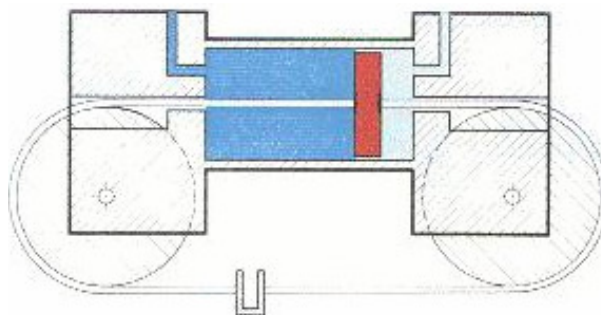


Obr. 20. Vícepolohový motor

### 5.3.5 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.

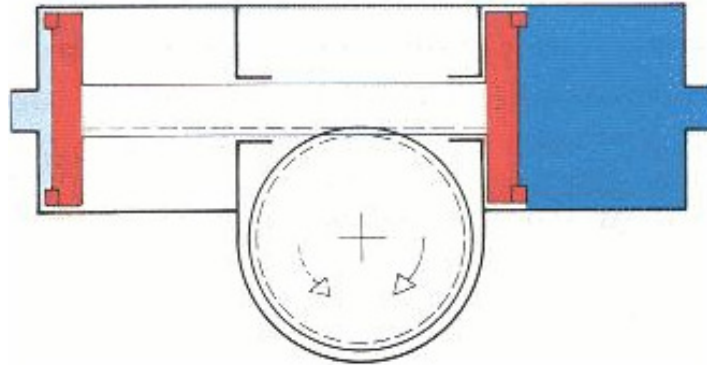


Obr. 21. Pístový motor s lanovým převodem

### 5.3.6 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  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $290^\circ$  až  $720^\circ$ . Vyvozený kroutící moment závisí na tlaku, ploše pístu a převodu.[3]

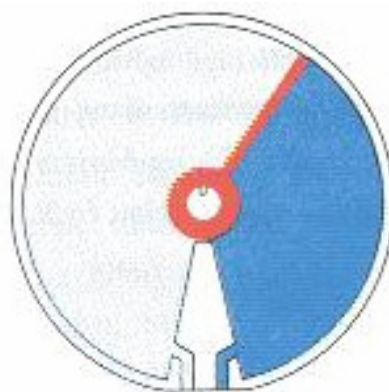
Tyto motory se používají k otáčení obrobků, ohýbání kovových trubek, k ovládání klimatických zařízení, činnosti uzavíracích šoupátek, ventilů apod.



Obr. 22. Pístový motor s převodem na rotační pohyb

### 5.3.7 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 kroutících 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.



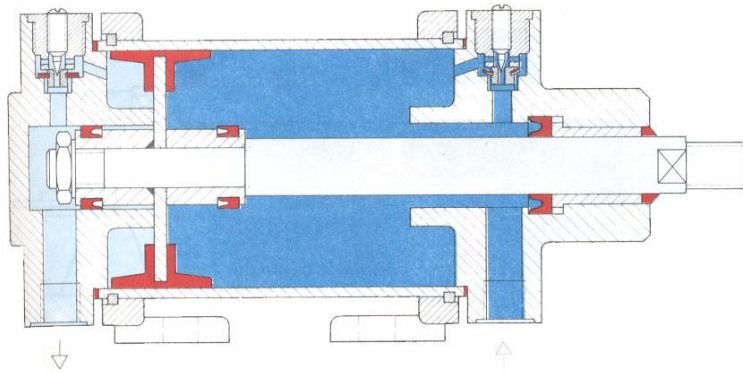
Obr. 23. Motor s rotační lopatkou

## 5.4 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.

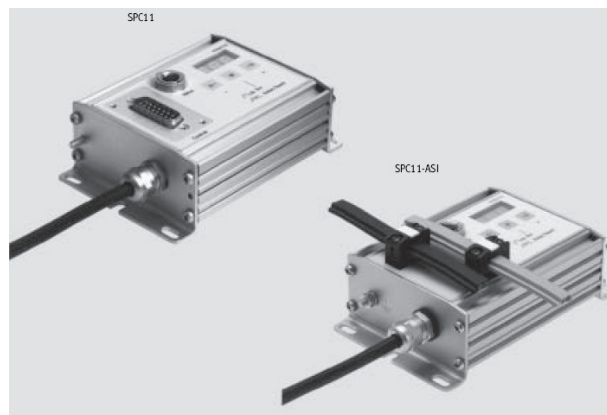


Obr. 24. Motor s tlumením v koncových polohách

## 5.5 Systém polohování pneumatických válců

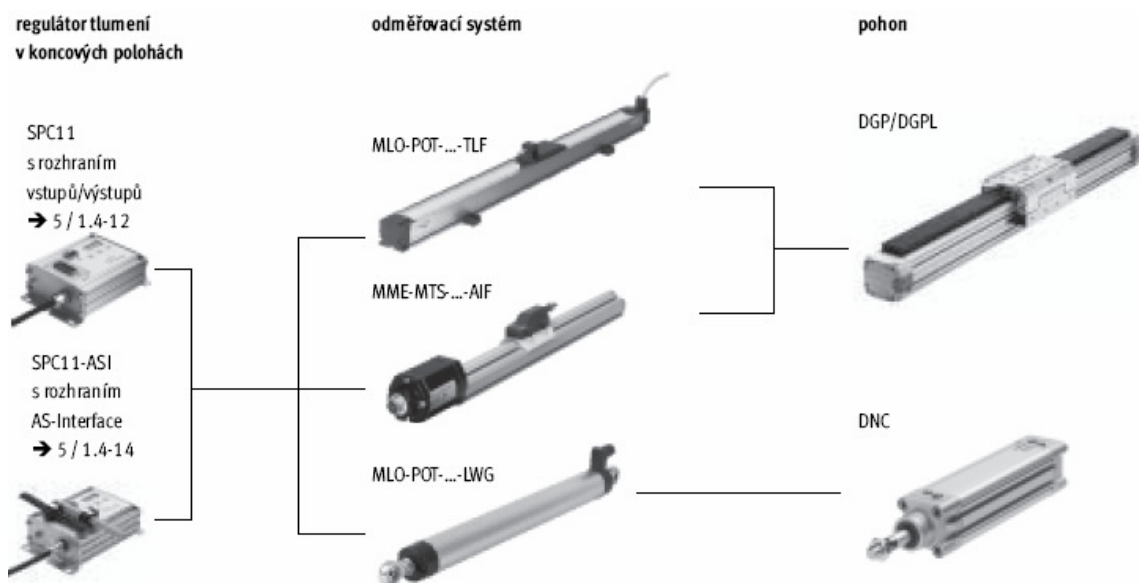
Systémy polohování umožňují rozdělit zdvih pneumatického válce do více kroků. To znamená, že pneumatický válec je schopen zastavit v předem definované poloze chodu válce. Stav polohy je možné sledovat pomocí inдуктивních čidel zpětné vazby. K tomu, abychom mohli pneumatický válec používat tímto způsobem je nutné vytvořit pneumatický obvod, který je podřazený hlavnímu obvodu a v němž je zařazen samostatný proporcionální ventil jenž je ovládán regulátorem koncových poloh určeným přímo k tomuto účelu.

### 5.5.1 Regulátor koncových poloh (systém soft stop)



Obr. 25. Soft stop regulátory

Jednotka ovládá proporcionální ventil a umožňuje pracovnímu válci rychlý přejezd mezi dvěma pevnými dorazy s elektronickým tlumením v koncových polohách a až dvě libovolně nastavitelné mezipolohy. Tlumení v koncových polohách bylo popsáno výše v kapitole 4.4. Hlavní výhodou tlumení v koncových polohách je tlumení otřesů a nárazů v koncových polohách. Tento systém je výhodný také díky snížené hlučnosti. Pohyb je optimální při změnách hmotnosti či zátěže až do 30 % celkové pohybující se hmotnosti. Existuje několik typů regulátorů pro různé druhy pracovních válců.

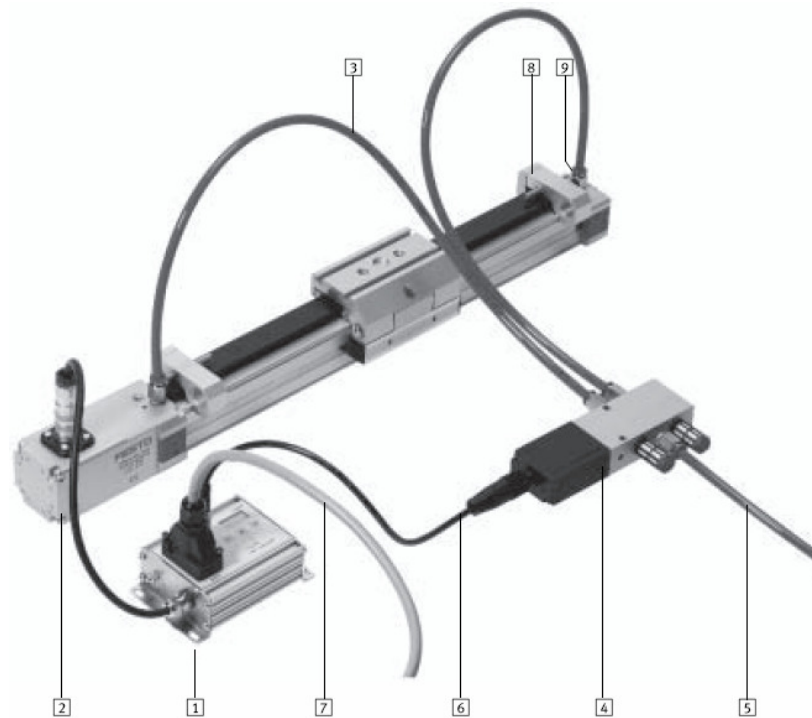


Obr. 26. Rozdělení regulátorů pro konkrétní pracovní válce

### 5.5.2 Zapojení regulátoru do obvodu

V našem případě je využíváno regulátoru SPC-11. ten umožňuje nájezd do dvou mezipoloh s přesností  $\pm 0,25\%$  z celkové délky zdvihu, minimálně však  $\pm 2\text{ mm}$ . Typické příklady využití mezipoloh jsou vyčkávací polohy nebo vyfukovací polohy u nichž není nutná velká přesnost. Lze je také využít jako čidla. To znamená, že při přejetí takové mezipolohy je na odpovídající výstup odeslán signál po dobu 50 ms. Podobně jako je tomu u klasických indukčních čidel.





Obr. 27. ukázka zapojení systému soft stop

Pozice	Název prvku
1	Regulátor tlumení v koncových polohách SPC-11
2	digitální odměřovací systém MME-MTS
3	přívody stlačeného vzduchu (symetrické uspořádání)
4	proporcionální ventil 5/3 MPYE
5	přívod stlačeného vzduchu
6	kabel KMPYE pro proporcionální ventil 5/3
7	kabel k řídicímu systému
8	pevný doraz
9	šroubení QS

Tab. 1. Tabulka komponentů zapojení systému soft stop

## 5.6 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 tryskou, 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]

## 5.7 Zesilovače tlaku

Některé pracovní prvky (např. trysky, reflexní trysky, čidla, apod.) pracují s nízkotlakým signálem, který musí být pro další použití zesílen. K tomuto účelu se využívá zesilovačů. Ty lze dělit na.

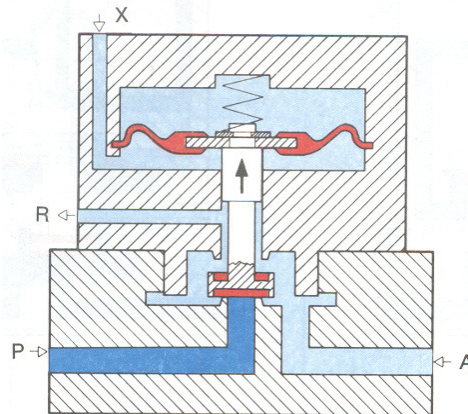
- jednostupňové zesilovače tlaku
- dvoustupňové zesilovače tlaku

### *Jednostupňový zesilovač tlaku*

Zesilovač je realizován rozvaděčem 3/2 s velkoplochou membránou, která ovládá přestavný prvek.

Pro pneumatické obvody, které pracují s nízkotlakým signálem 10 – 50 kPa se používají jednostupňové zesilovače. V základní poloze je uzavřen průchod z P do A a A je spojeno přes R s atmosférou. Napájecí tlak může být až 800 kPa. Řídicí signál X přestaví membránu a uvolní tlak z P do A. Tento signál A je již použitelný pro řízení prvků pracujících s vysokým tlakem. Při zrušení signálu X řídicí táhlo opět uzavře průchod z P do A a A je

opět přes R spojeno s atmosférou. U tohoto typu zesilovače není třeba používat přídavné napájení.

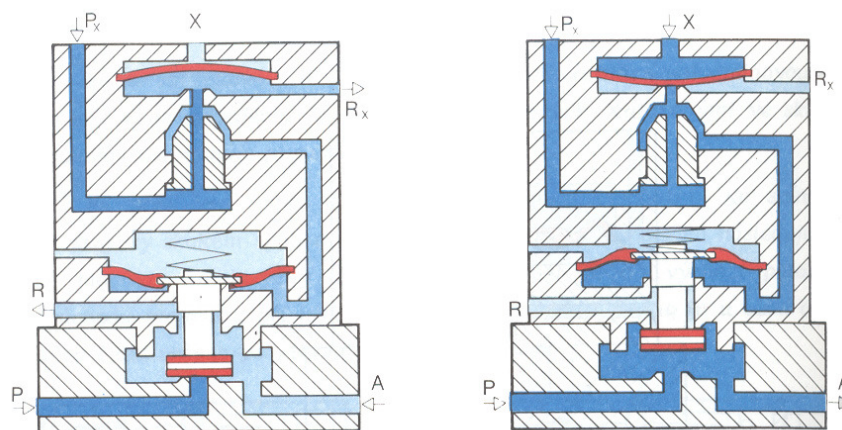


Obr. 28. Jednostupňový zesilovač tlaku

### **Dvoustupňový zesilovač tlaku**

Dvoustupňový zesilovač se skládá z výše popsaného jednostupňového zesilovače a předzesilovače. Pokud je potřeba použít v obvodu řízení signál velmi nízké úrovně, je zapotřebí zesílit tímto zesilovačem.

Dokud neexistuje vstupní signál X, je propojený z P do A rozvaděče 3/2 uzavřeno. Na vstup  $P_x$  je přiváděn napájecí tlak 10 – 20 kPa a vzduch proudí přes předřazený odpor otvorem  $R_x$  do atmosféry. Signál X uzavře prohnutím membrány výtok vzduchu z  $P_x$  do  $R_x$  a způsobí stoupaní tlaku pod membránou 3/2 rozvaděče, který se přestaví a otevře průtok hlavního napájecího vzduchu z P do A. Po zániku signálu X se opět uvolní průtok z  $P_x$  do  $R_x$ , tlak pod membránou rozvaděče poklesne a dojde opět k uzavření průtoku z P do A.

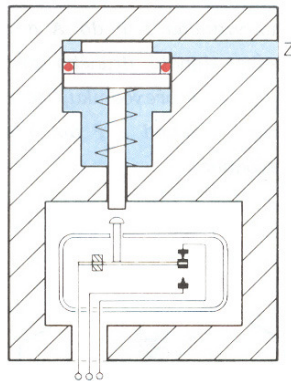


Obr. 29. Dvoustupňový zesilovač tlaku

## 5.8 Pneumaticko-elektrický převodník

Vyspělé technologie řízení v různých technologických odvětvích vyžadují použití kombinace mezi pneumatických a elektrických prostředků. Spojovací prvky mezi pneumatickými a elektrickými řídicími obvody nebo prvky tvoří pneumaticko-elektrické převodníky .

Nejjednodušší je kombinace elektrického mikrospínače s pneumatickým pístkem. Vznikne-li na jednočinném pístku tlakový signál, sepne se mikrospínač. Oba prvky jsou zabudovány v jednom krytu. Mikrospínač může mít funkci spínací , rozpínací nebo přepínací. Převodník přepíná v rozsahu tlaků 60 – 1000 kPa. Pro nízké tlaky existuje provedení s rozsahem 10 respektive 0,05 kPa.



Obr. 30. Pneumaticko-elektrický převodník

## 6 BEZDOTYKOVÁ ČIDLA

Snaha po větším využití výrobních a montážních zařízení, jakož i o zvýšení bezpečnosti práce a tím ochrana člověka i stroje klade stále nové požadavky na automatizační prostředky. Tyto požadavky je možné v mnohých případech řešit jen použitím bezdotykových čidel.

U mnoha strojů a zařízení je použití mechanických koncových spínačů problematické, například z nedostatku místa nebo proto, že součástka je příliš malá. Mechanické spínače navíc nemají přicházet do styku s nečistotami, chladičem, olejem apod. Tyto potíže se mnohdy dají řešit právě pomocí pneumatických nebo elektrických čidel.

V této kapitole jsou vzhledem k charakteru této práce popsána pouze bezdotyková čidla. V praktické části jsou využita vzhledem k systému řízení využita pouze čidla elektrická. Je zde popsán i výběr bezdotykových pneumatických čidel pro ilustraci pneumatického řešení.

### 6.1 Pneumatická bezdotyková čidla

V tomto systému se používá pouze stlačeného vzduchu. Těchto aplikací se využívá především u jednodušších manipulátorů bez programovatelných logických automatů pracujících s elektrickými impulsy. V tomto případě by muselo být použito elektropneumatických převodníků. Tím by celý systém získal na složitosti a tím i větší náchylnosti k poruchám.

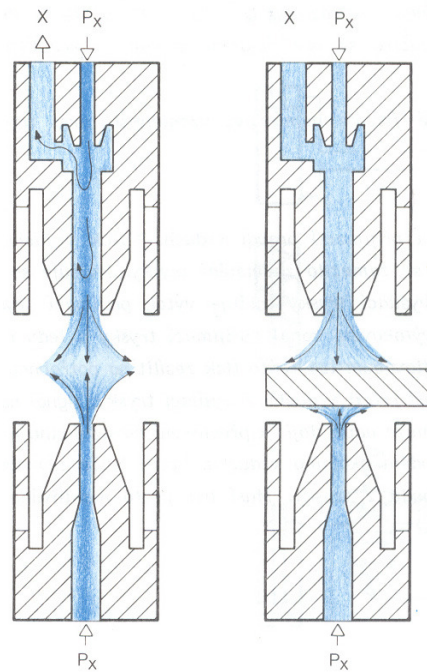
Využívají se dva principy:

- princip proudové a záchytné trysky ( volný proud)
- princip hrazení výtoku trysky

#### 6.1.1 Vzduchové hradlo

Skládá se z vysílací a přijímací trysky, které jsou obě napájeny ze společného přívodu  $P_x$ . Napájecí tlak je v rozmezí 10 – 20 kPa. Spotřeba vzduchu je malá. Při normálních podmínkách řádově v rozsahu  $Q = 0,5 - 0,8 \text{ m}^3 / \text{hod}$ . Aby vzduch neobsahoval vodu a olej, používá se před čidlem nízkotlaká redukční stanice s filtrem.

Pro zabezpečení správné funkce nemá být vzdálenost obou trysek než 100 mm.



Obr. 31. Vzduchové hradlo

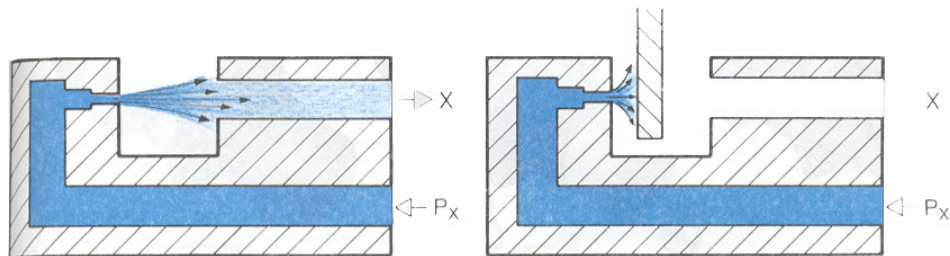
Z obou trysek (vysílací i přijímací) proudí vzduch. Výtok vzduchu z přijímací trysky. Zvyšuje se spolehlivost. Proud vzduchu z vysílací trysky snižuje výtok z přijímací trysky. Tím dochází k nárůstu tlaku ve výtokovém kanálu přijímací trysky a tedy na jejím výstupu X ( $X = 0,5 \text{ kPa}$ ). Zesilovačem lze tento tlak zesílit na potřebnou hodnotu. Jakmile nějaký předmět přeruší proud vzduchu z vysílací trysky, signál na výstupu klesne na nulovou hodnotu a může například dojít k přestavení navazujícího rozváděče.

Hradlo je citlivé na proudění okolního vzduchu, které může způsobit vychýlení vytékajícího volného proudu z trysky. Musí být proto montováno v pokud možno chráněné poloze. Tohoto způsobu se používá především u strojů, na montážních linkách pro čítání množství dílů a nebo cyklů. Hodí se také do prostředí, kde hrozí nebezpečí výbuchu.

### 6.1.2 Proudová záchytná tryska

System je napájen vstupem  $P_x$ . Při volném průchodu mezi vysílací (proudovou) a přijímací (záchytnou) tryskou vznikne na výstupu X z trysky proud vzduchu (signál). Když nějaký předmět přeruší proud vzduchu z vysílací trysky, zanikne signál X a to je možno využít k přestavení rozváděče.

Této aplikace je využíváno k bezdotykové indikaci předmětů až do tloušťky 5 mm, čítání a kontrole přítomnosti předmětů.



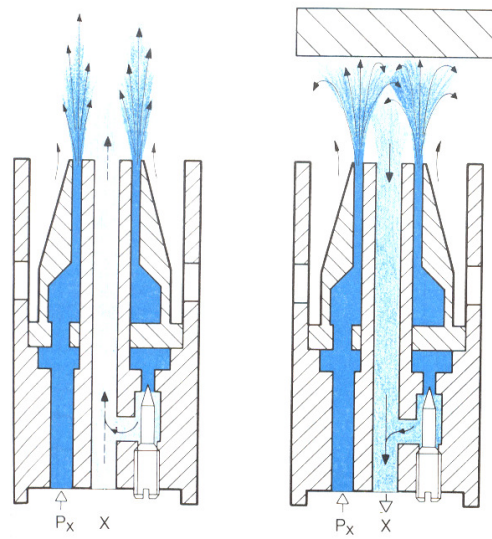
Obr. 32. Proudová záchytná tryska

### 6.1.3 Reflexní tryska (s prstencovou tryskou)

Podstatně jednodušší a bezpečnější proti rušivým vlivům je princip hrazení výtoku vzduchu trysky. Reflexní tryska pracuje na tomto principu. Vysílací i přijímací tryska je v tomto případě zabudována v jednom tělese. Reflexní tryska se skládá z vysílací a přijímací trysky, škrťacího ventilu a ochranného krytu.

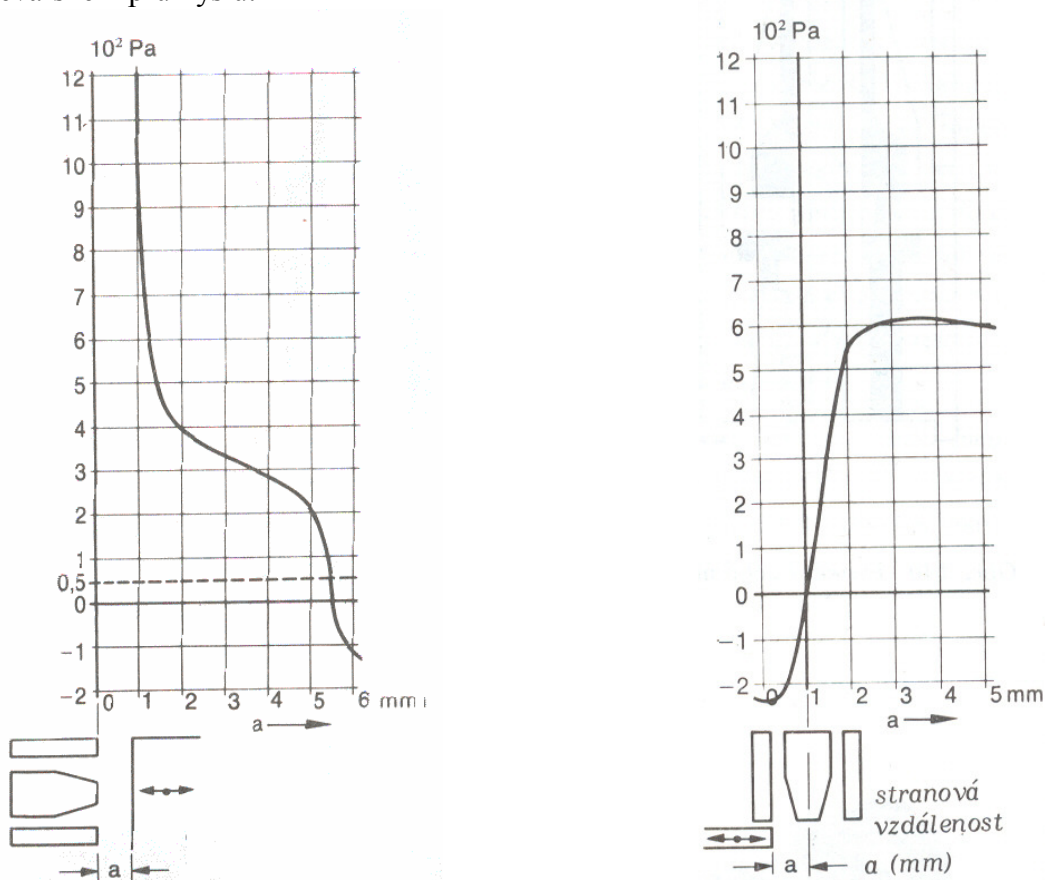
Napájení je přivedeno na vstup  $P_x$  (10 – 20 kPa). Vzduch vytéká z prstencové trysky do atmosféry a při jeho výtoku vzniká v centrální trysce podtlak. Jakmile předmět zastíní výtok z kruhové trysky, vznikne v přijímací (centrální) trysce přetlak. Na výstupu X vznikne signál. Tento signál je po zesílení v zesilovači použit k dalšímu řízení ( ovládání rozvaděčů apod.). Škrťací ventilík zajišťuje vytvoření dostatečně výkonného signálu. Spínací vzdálenost mezi tryskou a předmětem je podle provedení 1 až 6 mm, u zvláštních provedení až 20 mm. Na prvek nemají žádný rušivý vliv silné nečistoty, zvukové vlny, světlo, radiace ani průhlednost nebo nemagnetičnost předmětů či nebezpečí exploze.





Obr. 33. Reflexní tryska

Reflexní trysku je možné využít v každém průmyslovém odvětví. Například jako kontrolní čidlo u lisů, razníků, počítání kusů, kontrola předmětů či kontrola okrajů pásů v textilním průmyslu, v obalové technice, kontrole zásobníků, indikování dýhovaných částí nábytku ve dřevařském průmyslu.



Obr. 34. Charakteristiky reflexních trysek

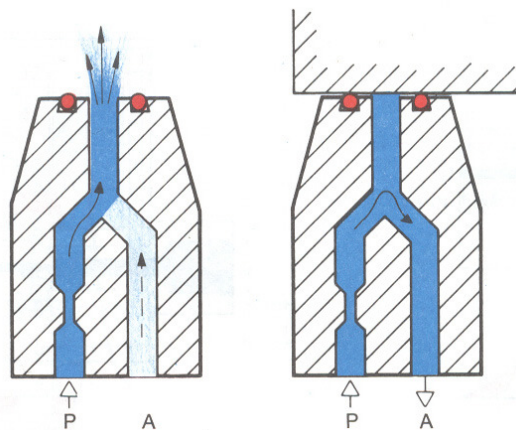


V obou charakteristikách je vynesena závislost tlaku na vzdálenosti. První platí pro axiální přibližování při napájecím tlaku  $p = 15 \text{ kPa}$ , druhá pro boční přibližování při stejném napájení.

#### 6.1.4 Dorazová tryska

Napájecí převodem P proudí stále množství vzduchu k trysce čidla (použitelný rozsah napájení 10 až 80 kPa), zabudovaná clonka omezuje velikost jeho průtoku. Uzavřením trysky vznikne signál na výstupu A, hodnota tlaku stoupne při úplném uzavření trysky (dorazu) až na hodnotu napájecího tlaku.

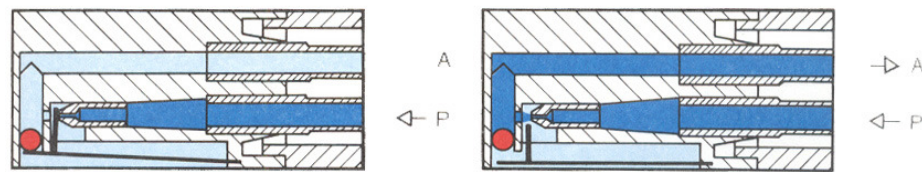
Pro snížení spotřeby vzduchu je vhodné napájet trysku jen v době, kdy od ní očekáváme signál. Citlivost trysky můžeme nastavit dodatečným přidáním škrťacího ventilu do napájecího vstupu. Čidlo je vhodné pro použití jako koncový spínač nebo jako narážka.



Obr. 35. Dorazová tryska

#### 6.1.5 Pneumatické jazýčkové relé (čidlo polohy)

Toto pneumatické čidlo polohy je realizováno na funkčním principu proudová – záchytná tryska, proud vzduchu však nepřerušuje sledovaný předmět přímo, ale prostřednictvím ve-stavěného jazýčku v relé a permanentním magnetu připevněného na předmětu. Jazýček se vychyluje permanentním magnetem a přerušuje proud vzduchu z P do A. Přiblížením permanentního magnetu k jazýčku se jazýček oddálí a uvolní průtok z P do A. Signál na výstupu A je nízkotlaký a musí být proto zesílen. Při oddálení permanentního magnetu se jazýček vlastní pružností vrátí zpět do původní polohy a cesta z P do A je opět uzavřena.



Obr. 36. Pneumatické jazýčkové relé

## 6.2 Elektrická bezdotyková čidla

Vývoj elektrických bezdotykových čidel je značným způsobem ovlivněn technologií jejich výroby. U senzorů starší generace se jedná o prvky mechanické a elektromagnetické. Jejich výroba používá klasické strojní a elektrotechnické technologie. Jsou to zpravidla senzory robustní, větších hmotností.

S rozvojem polovodičových technologií velmi úzce souvisí i aplikace těchto technologií do výroby senzorů a čidel. Tenkovrstvé technologie zajišťují vrstvy látek (polovodičů, kovů, izolantů) o tloušťce menší než 1 nm. Hlavním druhem výroby je vakuové nebo katodové napařování. Tato technologie nám umožňuje i výrobu integrovaných čidel v kombinaci se zesilovači, procesory a dalšími prvky. Toto řešení umožňuje výrazné snížení parazitních impedancí, šumů a dalších nežádoucích jevů. [12]

Takto vyrobená čidla a senzory se vyznačují malou hmotností, malými rozměry, mají malé časové konstanty, vykazují vysokou reprodukovatelnost a jsou přesné.

V tomto bloku kapitoly je psán pouze výběr čidel, který by měl přiblížit princip funkce čidel použitých na modelu manipulátoru řešeném praktické části.

### 6.2.1 Typy elektrických bezdotykových čidel a jejich rozdělení

Třídění je prováděno z mnoha hledisek. mezi základní úvodní hledisko patří dělení podle využívaného fyzikálního principu.

Dělení lze realizovat také podle:

- druhů vnějších podmětů, tj. měřených veličin jako jsou teplota, tlak, průtok, mechanické veličiny (posunutí rychlost poloha, zrychlení, síla, mechanické napětí), radiační veličiny elektromagnetického záření, složení a vlastnosti látek, elektrické veličiny (napětí, proud, frekvence, fázový posuv, výkon, energie), teplo apod. [12]

- druhu změn parametrů senzoru při působení vnějšího podmětu: aktivní senzory, kde působení vnějšího podmětu generuje v senzoru elektrickou energii (termočlánek, fotočlánek, piezoelektrický krystal, indukční tachogenerátor) nebo pasivní senzory, který působením vnějšího podmětu mění sensor své parametry (elektrický odpor, indukčnost, kapacitu).

### 6.2.2 Indukční čidla elektromagnetická

Indukční čidla se řadí mezi čidla aktivní. Jsou založeny na principu Faradayova zákona, kdy vzniká v magnetickém poli při dynamických změnách indukované napětí  $u$  podle vzta-  
hu:

$$u = -n \cdot \frac{d\phi}{d\tau} \quad (1)$$

kde  $n$  počet závit

$\frac{d\phi}{d\tau}$  časová změna magnetického toku

#### ***Čidlo elektromagnetické pro snímání posuvného pohybu***

U těchto senzorů vnější podmět mění impedanci magnetického obvodu. Princip je takový, že na jádře tvořeném trvalým magnetem je umístěna cívka s  $n$  závity. Ve vzdálenosti  $d$  od pólových nástavců je umístěna feromagnetická část, která se pohybuje až do vzdálenosti  $y$  od nástavců. Výstupní indukované napětí cívky dosahuje hodnoty podle změn vzdálenosti  $d$ , podle změn magnetického toku.

V konkrétním případě pneumatického modelu manipulátoru čidla udávají pouze skoková data. To znamená, že čidlo pouze rozhodne o okamžité poloze pracovního prvku sepnutím a nebo vypnutím. Nevytváří spojitý signál.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 ANALÝZA POČÁTEČNÍHO STAVU

Model pneumatického demonstračního modelu má sloužit k výuce a pochopení práce pneumatických systémů a jejich programování pomocí programovatelného logického automatu. Vzhledem k tomu, že model byl do výuky zaveden již v rámci mé bakalářské práce, bylo možné analyzovat v průběhu výuky jeho dosavadní stav a vypracovat plán pro úpravu tak, aby výuka na něm mohla proběhnout efektivněji a jeho funkce v závislosti na programu byly transparentnější.

Analýza počátečního stavu by se s ohledem na toto pozorování dala rozdělit do několika částí. První z nich by byla část mechanická zahrnující fyzické úpravy demonstračního modelu. Druhou by byla část elektrická, jež by obsahovala úpravy v elektrické instalaci a třetí část programová, v níž by byl popsán softwarový stav celého demonstračního modelu.



*Obr. 37. Celkový pohled na linku před provedením úprav*

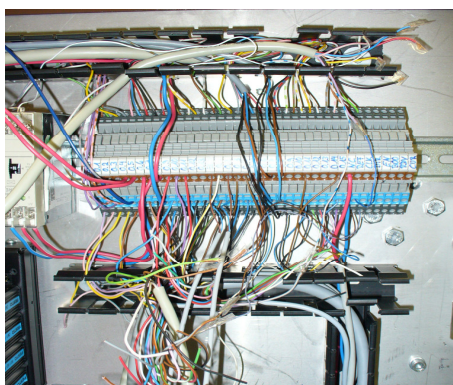
### 7.1 Mechanická část

Demonstrační model, je z mechanického hlediska celkově funkční. Problémová je pouze nefunkčnost vertikální jednotky DGPL, která však byla způsobena nedostupností vhodného softwaru, a proto bude vhodné zařadit jej spíše do programové části.

Největším problémem je absence přesné aretace otočného stolu v požadované poloze. Řešení tohoto problému bude předmětem jedné z následujících kapitol.

## 7.2 Elektrická část

V Bakalářské práci byly elektrické obvody zmapovány pouze do té míry, aby mohla být zapojena kyvná jednotka k pohonu otočného stolu. Vzhledem k plánovaným větším zásahům do elektroinstalace ji bude nutné zmapovat lépe. Bude také nutné obsadit i poslední zbývající bistabilní ventil proto, aby bylo možné řídit pneumatický válec určený k aretaci otočného stolu. Z důvodů řízení tohoto pracovního válce, bude nutné zajistit také komunikace mezi patřičnou pozicí ventilového terminálu a výstupovou kartou programovatelného logického automatu.



*Obr. 38. Svorkovnice linky*

## 7.3 Programová část

Při zavádění pneumatického demonstračního modelu do výuky, byly vytvořeny dvě programové varianty. Z těch měli studenti pochopit posloupnosti a systém využívaný při práci v programu FST 4.1, jenž je rozhraním pro komunikaci s PLC. Vzhledem k rozsahu zdrojového kódu, který je nutný pro funkci celého demonstračního modelu, nebylo reálně možné, aby studenti sami v omezeném čase sestavili celý kód. Na tento fakt bude brán ohled při tvorbě nových cvičení tak, aby studenti vytvářeli celé nové programové části včetně navázání komunikace s pracovní jednotkou a neomezovali se pouze na přepisování zdrojového kódu s následným praktickým ověřením na demonstračním modelu. V rámci této práce bude vytvořeno pět programů, které by měli co nejvíce využít možnosti demonstračního modelu a zároveň z nich budou tvořeny úlohy, jenž umožní studentům maximálně proniknout do programování a práce s pneumatickými manipulátory.

## 8 MECHANICKÁ ARETACE OTOČNÉHO STOLU

Jedná se pouze o jednu z úprav, ale vzhledem k rozsahu problematiky jí bude vyhrazena celá kapitola.

Při přechodu z původně elektrického pohonu otočného stolu na pneumatický došlo k problémům s přesným ustavením celého otočného stolu. Vzhledem k možnostem kyvné jednotky, která je schopná otočení pouze o  $270^\circ$ , bylo nutné zařadit i volnoběžnou spojku abychom docílili otočení o celých námi požadovaných  $360^\circ$ . S tím vznikl, v některých polohách celkového cyklu, problém částečného protáčení otočného pracovního stolu vlivem setrvačných sil. Příčinou této nepřesnosti se kelímky dostávali do nevhodné polohy pro manipulační rameno i další pracovní jednotky a tento stav vyžadoval častější zásahy obsluhy.

Z těchto důvodů bylo nutno vypracovat možná řešení přesné aretace stolu v požadované poloze. K tomuto účelu bylo možné využít jeden z volných bistabilních ventilů ventilového terminálu CDVI5.0.

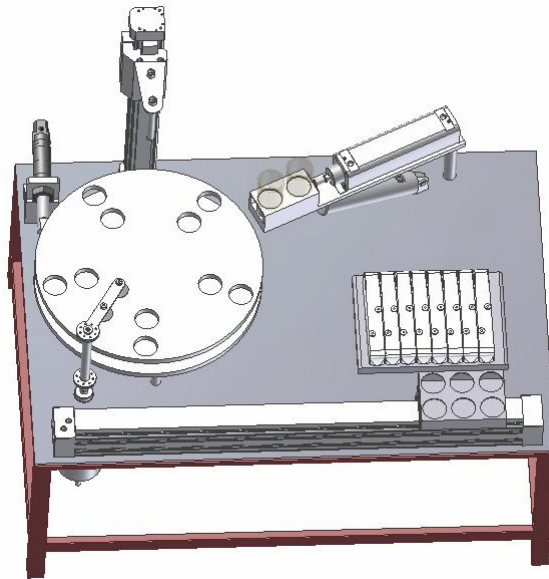
### 8.1 Varianty řešení aretace otočného stolu

V prvním přibližném návrhu řešení bylo evidentní, že bude nutné použít dalšího pneumatického válce a obsadit bistabilní ventil terminálu CDVI5.0. Vzhledem k nízkým silám, které budou při aretaci působit a vzhledem k malému zdvihu válce, který bude pro celou operaci nutný, byl vybrán pístnicový pneumatický válec DSNU.

#### 8.1.1 Varianta č. 1: Pneumatický válec namáhaný axiálně

V této variantě řešení by byl válec umístěn tečně k okraji otočného pracovního stolu. Ten by byl na své spodní straně osazen pěti patkami svírajícími mezi sebou úhel  $72^\circ$ . Výhodou tohoto řešení by bylo zatěžování pneumatického válce čistě axiální silou. To by umožňovalo použít válec samotný bez jakéhokoli vedení. Také by soustavně při chodu docházelo k tlumení nárazů vlivem stlačitelnosti vzduchu. Vzniklo by však nebezpečí, že bude docházet k částečným posuvům a nepřesnostem v aretaci. Problematické by bylo také programování válce tak, aby nedocházelo při výsunu aretačního válce ke kolizi s předešlou patkou. Z těchto důvodů byla tato varianta zavržena.

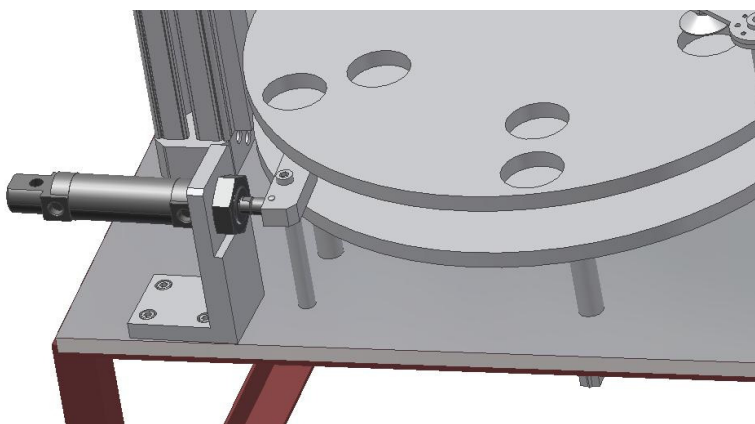




Obr. 39. Umístění aretace Varianta č.1

### 8.1.2 Varianta č. 2: Aretace pomocí pákového systému

V tomto řešení by byl válec namáhán axiálně a stavění by bylo realizováno přes páku, jenž by byla ve svém středu fixována do základní desky. V tomto řešení by docházelo k nejmenšímu možnému zatěžování válce. Oproti předešlé variantě by docházelo k aretaci ne výsunem, ale zásevem pneumatického válce. Riziko nežádoucího posuvu by bylo tedy pravděpodobně menší. Nevýhodou by bylo však složité načasování vlivem nutnosti vyčká-



ní až se páka dostane do požadované polohy pro aretaci. Tím by docházelo k celkovému zpomalení cyklu celého demonstračního modelu.

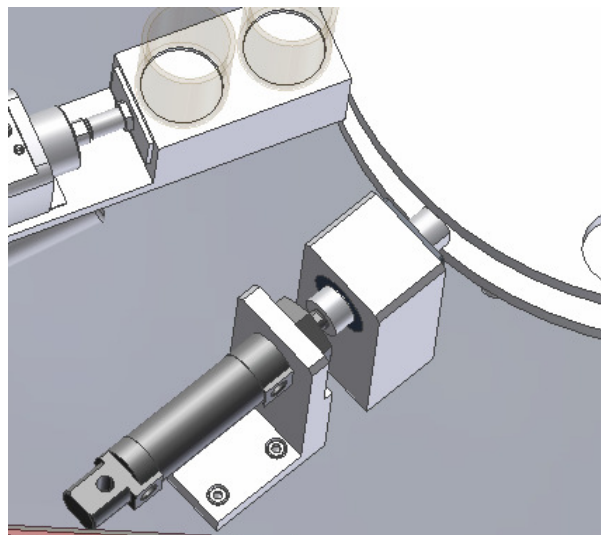
Obr. 40. Schéma aretace Varianty č.2



### 8.1.3 Varianta č. 3: Aretace pomocí pneumatického válce radiální namáhání

Tato varianta předpokládá aretaci pomocí válce umístěného kolmo na střed. Pro pneumatický válec se jeví jako nejméně vhodná. Je totiž nevhodné namáhat pístnicový pneumatický válec radiálně. Hrozila by rychlá destrukce nejvíce exponovaných částí pneumatického válce. Především ohnutí pístnice válce. Z těchto důvodů bylo nutno doplnit celou sestavu o vhodné vedení. To pohltí náraz otočného stolu a válec tak bude namáhán minimálně. Výhodou tohoto řešení je, že vodící tyč, která bude přímo v kontaktu s otočným stolem, bude schopná provést celou operaci již na začátku chodu pneumatického válce. Operace pneumatického válce bude tedy velmi rychlá a bude možné jednoduše načasovat aretaci v chodu programu. Další výhodou je, že nedojde k žádnému většímu prodloužení pracovního cyklu. Varianta také počítá s využitím externích induktivních čidel jenž budou dodávat informace jednotce PLC. Ta tak bude schopna vyhodnotit okamžitou polohu pneumatického válce a případně zasáhnout do cyklu demonstračního modelu tak aby nedošlo k nežádoucím kolizím.

Tato varianta byla zvolena jako konečná. Z hlediska finančního nebyla ze všech tří variant nejlevnější, ale bude možné celý modul aretace poměrně jednoduše instalovat. Nejvýhodnější je však možnost jednoduchého programování.



Obr. 41. Schéma aretace Varianty č.3

## 8.2 Praktické řešení aretace otočného stolu

V této části se budeme již zabývat pouze variantou č. 3 a to především z důvodů nejvhodnějšího časování při programování.

Při prvotní rozvaze o výběru nejvhodnějších komponent bylo nutné uvažovat, že k tomuto úkonu potřebujeme pístnicový pneumatický válec s malým zdvihem. Tento nám zaručí možnost snadné manipulace a rychlé zasunutí mezi desky otočného stolu. Krátkou pístnicí bude také zajištěno menší namáhání pístnice na ohyb. Vzhledem k volbě varianty je nutné řešit zabránění radiálního namáhání pístnice pneumatického válce. Toho docílíme doplněním celé sestavy aretace o vhodné lineární vedení.

### 8.2.1 Volba pneumatického válce



Obr. 42. Pneumatický válec DSNU-25-25-PPV-A

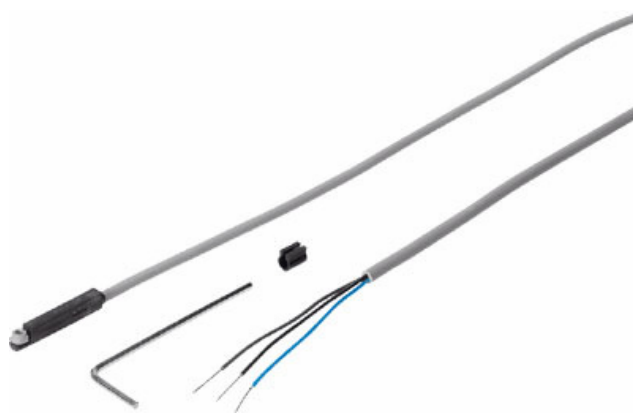
Parametr	Hodnota
průměr pístu	8-25 mm
zdvih	10-500 mm
tlumení koncových poloh	oboustranně nastavitelné
stírací kroužek na pístnici	PUR jako standard, FKM pro vysoké teploty
zvláštní provedení	prodloužený vnější závit na pístnici
	vnitřní závit na pístnici
	prodloužená pístnice

Tab. 2. Tabulka parametrů válce DSNU

Vzhledem k výše popsaným požadovaným parametrům se jako vhodný jeví pneumatický pohon pro aretaci otočného stolu pneumatický válec DSNU-25-25-PPV-A. Válec splňuje rychlé reakční podmínky díky malé reakční síle. Díky hladkému a tvrdému povrchu vnitřní trubky zaručuje válec delší životnost a vyšší výkon. Víka jsou s válcem spojena válcováním. Při nákupu lze zvolit ze tří variant vík s různými funkcemi. Válec lze zajistit proti pootočení. Lze na něj také instalovat pružné kroužky na obou stranách nebo nastavitelné pneumatické tlumení na obou stranách.

Vzhledem k umístění a funkci válce bylo vhodné mít kontrolu nad polohou válce, abychom zabránili případné kolizi s otočným pracovním stolem a tím nesprávnosti funkce celého pneumatického demonstračního modelu. Za tímto účelem byli do obou možných poloh instalována čidla. Ty byli přes svorkovnici propojeny s kartou vstupů IM11. Díky tomu je možné reagovat na případnou špatnou funkci válce nebo pomocí nich zastavit program v situacích kdy student zapomene programově zabezpečit chod válce.

Byla vybrána čidla typu SME-10F-DS-24V-K2,5L-OE z příslušenství pneumatického válce DSNU-25. Čidla pracují s napájecím napětím 24V.



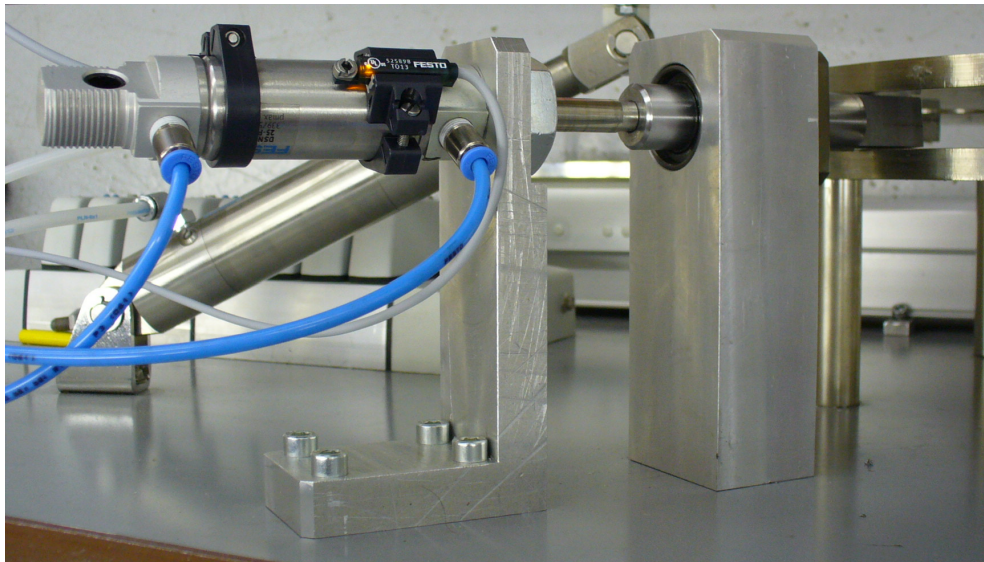
Obr. 43. Čidlo SME-10F-DS-24V

### 8.2.2 Problematika časování

Při oživování a koordinaci modulů otočného stolu a aretačního pneumatického válce se stalo rozhodujícím faktorem správné načasování celé sestavy. Rozvaha o možnostech jak celou sestavu časovat nabídla několik variant.

Z důvodů bránění unášených kelímků není možné uskutečnit zasunutí aretačního pneumatického válce v jednom kroku pootočení manipulačního otočného stolu. Proto zde vznikla

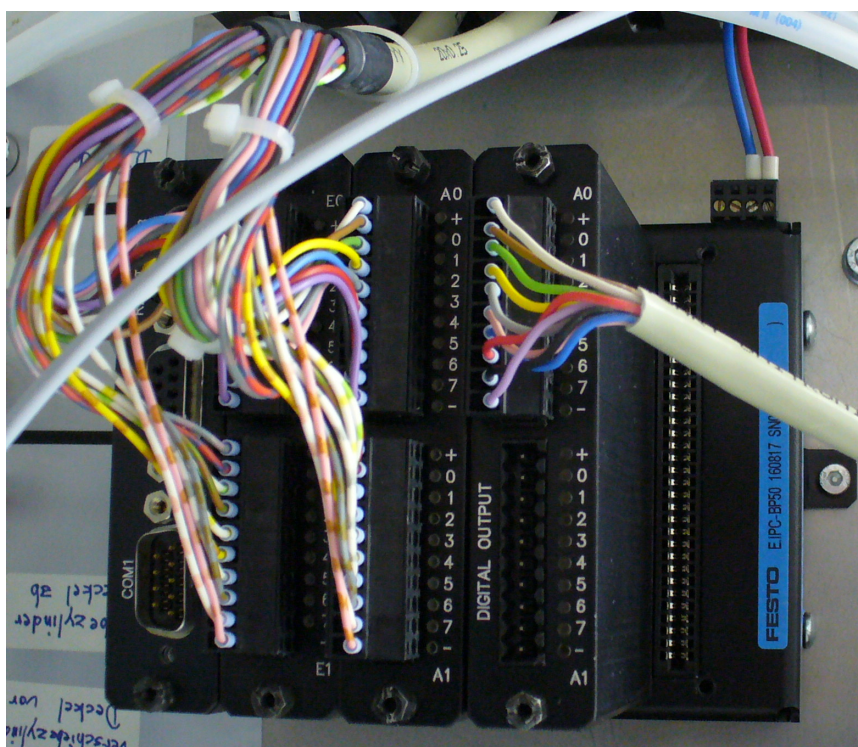
nutnost rozdělit krok pootočení stolu na několik částí. Je li však úhel pootočení rozdělen na přesnou polovinu tj.  $36^\circ$  dochází při výsunu vodící tyče jenž provádí aretaci ke kolizi tyče s manipulovanými kelímky. Tento problém by bylo možné vyřešit několika způsoby. Jedním z řešení by bylo rozdělit krok otočného stolu na tři části, tedy po  $24^\circ$ . Výsun aretační vodící tyče by byl proveden až po druhém pootočení pracovního stolu čímž by se kelímky dostali mimo dráhu vodící tyče. Třetí pootočení by pak zajistilo přesnou polohu pracovního stolu. Tento systém by však vyžadoval náročnější programování, prodloužení cyklu a byl by vzhledem k náročnosti neefektivní.



*Obr. 44. Instalace aretační jednotky*

## 9 ELEKTRONICKÁ INSTALACE

Všechny pracovní jednotky pneumatické demonstrační linky jsou řízeny pomocí elektrických impulsů. Ty jsou vydávány řídicí jednotkou. Tou je v našem případě programovatelný logický automat HC 16 firmy FESTO s. r. o.. je to modulární systém. „Mateřská deska“, která je opatřena sloty pro jednotlivé karty, zajišťuje komunikaci všech výměnných karet mezi sebou a také napájení. Do ní jsou pak vloženy karty dle potřeb uživatele.



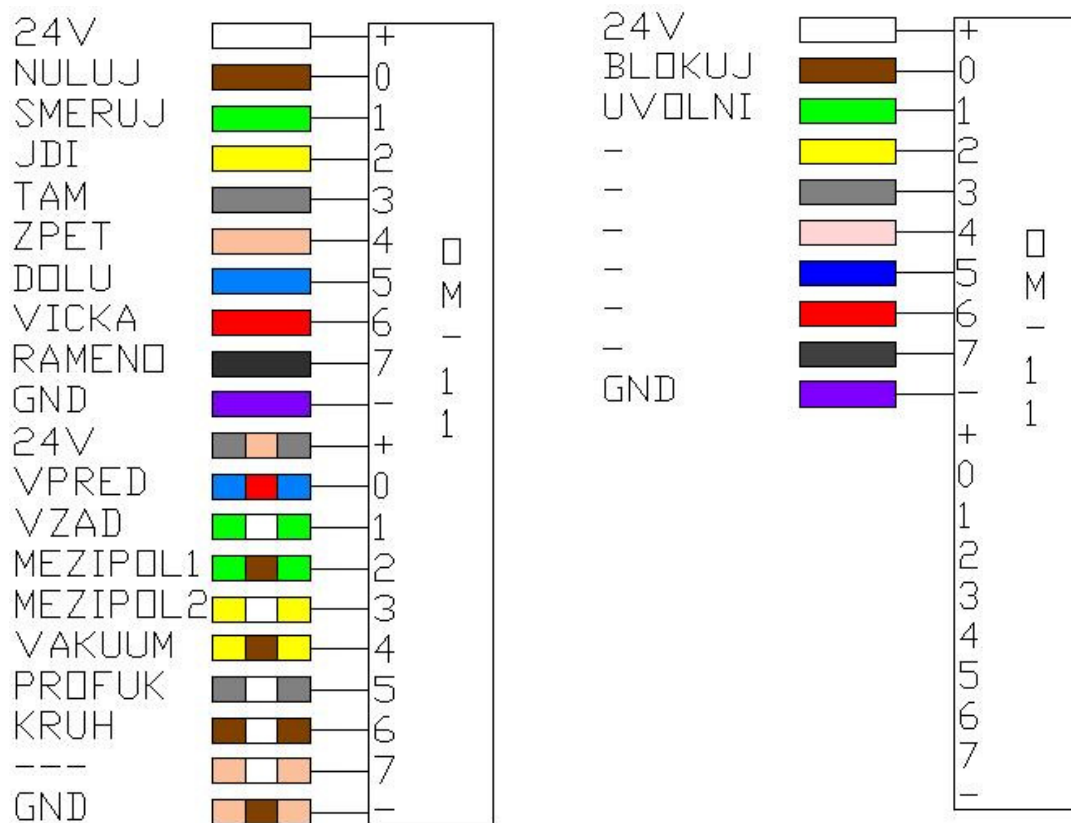
Obr. 45. Instalace PLC

V našem případě došlo k rozšíření do takové míry, že původní konfigurace PLC nestačila a bylo nutné vyměnit v ní některé karty. Byla tedy demontována karta pro ovládání krokového motoru, ta byla používána k řízení původního pohonu otočného pracovního stolu, a karta pro ovládání svislého pneumatického válce DGPL, která byla nahrazena jednotkou SPC 200. Došlo tedy k uvolnění dvou slotů, do nichž mohly být instalovány další vstupní a výstupní karty. Tím se kapacita řídicí jednotky značně rozrostla. V současné době je její kapacita 32 digitálních výstupů a 32 digitálních vstupů.

## 9.1 Zapojení karet PLC HC 16

Pro lepší orientaci při práci s budoucí byla vytvořena schémata zapojení karet s barevným rozlišením a popisem zapojení jednotlivých vstupů a výstupů. Názvy výstupů a vstupů jsou uvedeny tak jak byly deklarovány při programování v jazyce STL.

### 9.1.1 Zapojení výstupních karet OM 11



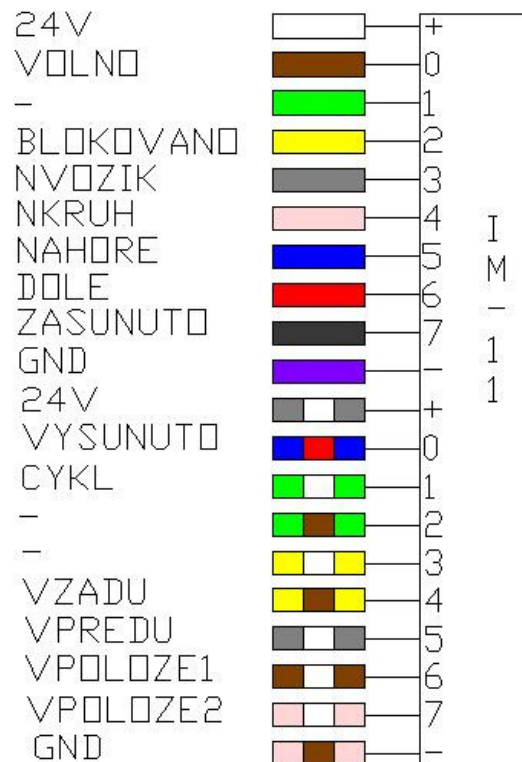
Obr. 46. Schéma zapojení výstupních karet

V současné době je zapojeno 19 digitálních výstupů. To umožňuje zcela řídit všechny komponenty linky. Instalace druhé výstupní karty dává dostatečný prostor pro rozšíření pneumatického demonstračního modelu o další pracovní jednotky.



### 9.1.2 Zapojení vstupních karet IM 11

Vstupní karty mají za úkol přijímat a zpracovávat data z vnějších komponentů jako jsou například čidla. Na základě těchto informací je pneumatický demonstrační model schopen rozhodnout o situaci a stavu procesu. Pokud je tato varianta ošetřena programově může se stroj například sám zastavit pokud informaci z čidel neobdrží.



Obr. 47. Schéma zapojení vstupní karty

Díky demontáži kompletní instalace pohonu používaného k ovládání otočného pracovního stolu se podařilo uvolnit dostatečný počet výstupů tak, aby mohla být zapojena všechna potřebná čidla. Jedna z karet IM 11 tedy zůstala zcela nevyužita. Je však připravena a plně funkční k dalším případným rozšířením. V současné době jsou elektronicky hlídány téměř všechny pneumatické prvky demonstračního modelu.

## 10 ZPROVOZNĚNÍ SVISLÉ PNEUMATICKÉ OSY

Tato kapitola se věnuje popisu uvedení do provozu svislé pneumatické osy DGPIL-25-225-PP-A. Model byl sestavován tak, aby zde z demonstračních důvodů byly zastoupeny všechny možnosti řízení pneumatických válců. Tato jednotka byla řízena pomocí speciální karty AM30 CFM jenž byla umístěna přímo ve slotu základní desky PLC a interfacu pro řízení lineárních os SPC-AIF-MTS. Tato konfigurace by řídila proporcionální ventil MPYE-5-1/8-LF-010-B jenž vysílal pneumatické impulsy přímo do pneumatického válce.

Při ožívování pneumatického demonstračního modelu byla zjištěna inkompatibilita karty AM 30 CFM s novějším softwarem FST 4.10 využívaným k programování celé sestavy modelu. Bylo tedy nutné získat ovladač pro tuto kartu ze staršího softwaru. Ten byl vkopírován do složky ovladačů softwaru FST 4.10. Následně při zakládání nového projektu bylo možné nakonfigurovat kartu AM 30 ve složce *driver configuration* a ovládat pneumatický válec. Tato varianta však vyžadovala velmi složité manuální nastavení jenž bylo vzhledem k účelům, pro něž je demonstrační pneumatický model určen, naprosto nepřijatelné. Z těchto důvodů vyvstala nutnost najít řešení, jimž by bylo možné pneumatickou osu ovládat tak, aby se v programu FST 4.10 chovala jako standardní pneumatický válec, ale aby zůstaly zachovány možnosti ovládání interfacu SPC-AIF-MTS a tím možnost zastavit pneumatický válec v jakékoliv poloze jeho chodu.

V sortimentu firmy FESTO je možné tuto situaci řešit pomocí jednotky SPC 200.

### 10.1 Nové řešení ovládání svislé jednotky DGPIL

Při počáteční analýze řešení problému pomocí řídicí jednotky SPC 200 bylo zjištěno, že se všemi úpravami, jenž budou prováděny přestává stačit kapacita výstupní karty OM 11 na PLC HC 16. Tímto vyvstal další problém a nutnost kompletního překonfigurování celé řídicí jednotky HC 16.

#### 10.1.1 Překonfigurování řídicí jednotky PLC HC 16

V konfiguraci jenž byla používána v současnosti byly obsazeny všechny čtyři možné sloty. Byly zde karty pro přijímání vstupních informací a karty pro odesílání výstupních informací. Tyto měly obě 16 pozic pro komunikaci s ostatními jednotkami. Dále zde byla umístěna karta pro ovládání svislého pneumatického válce a karta, jenž dříve zajišťovala komunikaci s krokovým motorem. Tuto bylo možno demontovat stejně jako kartu AM 30 pro ovládání



svislého pneumatického válce. Tím se uvolnily dva sloty. Do těchto slotů bylo možné vložit další karty vstupů AM 11 a výstupů OM11. Tím se kapacita PLC zvýšila na 32 pozic jimiž je možné řídit jednotky a 32 pozic jenž mohou přijímat informace z čidel. Tato varianta umožňuje bez potíží provést potřebné úpravy a zaručuje nám prostor pro případné další rozšiřování pneumatického demonstračního modelu.

### 10.1.2 Polohovací automat SPC 200



*Obr. 48. SPC-200*

Jednotka SPC 200 je specifický modulární systém pro polohování pneumatických a elektrických pohonů. Jedná se o polohovací automat a regulátor poloh v jedné řídicí jednotce. Díky jeho modularitě je možné ovládat jednu až čtyři polohovací osy najednou. Umožňuje ovládat tři různé řady pneumatických pohonů, pohony s krokovými motory a spojovat různé technologie. Podle velikosti skříněk lze zapojit až devět různých karet a kombinovat je dle potřeby. Jednotka SPC 200 může obsahovat digitální vstupy a výstupy, analogové vstupy a ventilové terminály CPV pro pneumatické funkce.

Tuto jednotku lze řídit a programovat buďto manuálně pomocí modulu displaye umístěného přímo na vstupní kartě řídicí jednotky a nebo pomocí k tomu určeného softwaru WinPI-SA. Tento nám umožňuje snadné uvedení do provozu, archivaci projektu, rozsáhlou diagnostiku s grafickými funkcemi. Programování probíhá výběrem uložených příkazů. Na výstupní kartu PLC lze připojit režim provozu start/stop pro náročné automatizační úlohy. Umožňuje uchovat až 100 různých programů. Programování v tomto softwaru umožňuje

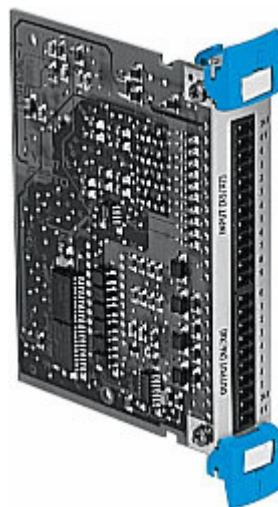
podporovat technologii podprogramů a operace s registry. V tabulce, uvedené níže jsou zaneseny některé parametry řídicí jednotky SPC 200.

<b>Obecné technické údaje SPC 200</b>		
<b>příkon [mA]</b>		100
<b>typ procesoru</b>		digitální
<b>interval vzorkování regulátorem [ms]</b>		1,5
<b>řídicí cyklus [ms]</b>		2
<b>zálohování dat</b>		paměť flash
	<b>počet zápisů</b>	>100000
<b>počet polohovacích os</b>	<b>celkový</b>	4
	<b>pneumatických</b>	max. 4
	<b>krokových motorů</b>	max. 3
<b>počet vstupů/výstupů</b>	<b>lokální</b>	max. 40 vstupů, 32 výstupů
	<b>na větvi AIF</b>	max. 16 vstupů, 16 výstupů
	<b>po síti</b>	max. 64 vstupů, 64 výstupů
<b>počet NC vět</b>		max. 2000
<b>počet NC vět v programu</b>		max. 1000
<b>hloubka volání podprogramů</b>		max. 4

Tab. 2. Tabulka obecných údajů regulátoru SPC 200

### 10.1.3 Konfigurace SPC 200 v demonstračním modelu

Jak již bylo řečeno systém SPC 200 je modulární. V projektu rekonstrukce pneumatického demonstračního modelu byly využity pouze některé výměnné karty, tak aby bylo vyhověno našim požadavkům na ovládání svislého pneumatického válce.

**Karta digitálních vstupů a výstupů SPC 200 DIO**

Obr. 49. Karta digitálních výstupů

Tato karta obsahuje 8 volně programovatelných digitálních výstupů a 10 volně programovatelných digitálních vstupů. Karet je možné vložit do jednotky několik podle potřeb uživatele. Maximum je však 4 karty do skříně se 6 sloty. U 1. karty v pořadí jsou některé výstupy vyhrazeny pro funkce jako například Start a Stop. Volně lze programovat 7 vstupů a 5 výstupů. U dalších karet v pořadí je pak již možné volně programovat 10 vstupů a 8 výstupů.

Obecné technické údaje		
<b>příkon [mA]</b>		50
<b>digitálních vstupů</b>	<b>počet</b>	10
	<b>napájení čidel [A]</b>	0,5
	<b>příkon</b>	8 (při 24 v DC/ logická 1)
	<b>jištění napájení čidel</b>	elektronická ochrana před zkratem
	<b>filtrace [ms]</b>	5
<b>digitálních výstupů</b>	<b>počet</b>	8
	<b>napájení [V DC]</b>	24 ± 25%
	<b>max. zatížitelnost každého vstupu [mA]</b>	250
	<b>jištění výstupů</b>	elektronicky celkově pro výstupy
	<b>max. vybavovací proud [A]</b>	2
	<b>reakční čas [ms]</b>	1,5

Tab. 3. Tabulka obecných údajů karty digitálních vstupů a výstupů

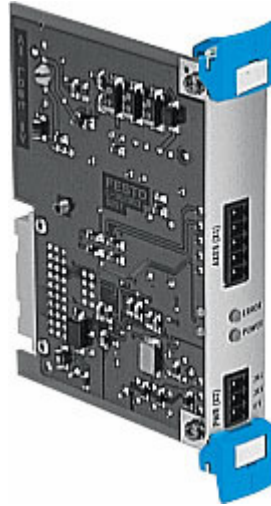
vstupy			
pin	funkce	režim Start/Stop	výběr vět
1	24 V	napájení pro spínače a čidla	
2	0 V		
3	I0.0	volně programovatelný	RECBIT1
4	I0.1	volně programovatelný	RECBIT2
5	I0.2	volně programovatelný	RECBIT3
6	I0.3	volně programovatelný	RECBIT4
7	I0.4	volně programovatelný	RECBIT5
8	I0.5	(SYNC_IN/B)	CLK_B
9	I0.6	(SYNC_IN/B)	CLK_A
10	I0.7	STOP	STOP
11	I0.8	START/RESET	RESET
12	I0.9	ENABLE	ENABLE

Tab. 4. Tabulka adres vstupů

výstupy			
pin	funkce	režim Start/Stop	výběr vět
1	Q0.0	volně programovatelný	
2	Q0.1	volně programovatelný	
3	Q0.2	volně programovatelný	
4	Q0.3	MC_B	RC_B
5	Q0.4	MC_A	RC_A
6	Q0.5	(SYNC_OUT/B)	ACK_B
7	Q0.6	(SYNC_OUT/A)	ACK_A
8	Q0.7	READY	READY
9	24 V	napájení (silové napájení pro výstupy)	
10	0 V		

Tab. 5. Tabulka adres výstupů

Toto zapojení pro vstupy a výstupy platí pouze pro kartu, která je instalována. V případě, že by byl demonstrační model nadále rozšiřován budou všechny vstupy a výstupy, kromě napájení a ENABLE, volně programovatelné.

**Karta napájení SPC 200- PWR-AIF**

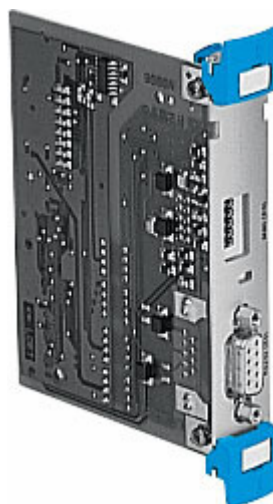
Obr. 50. Karta napájení

Tato karta slouží k elektrickému napájení celé jednotky a připojení první větve os.

pin	funkce
1	CAN-LOW
2	CAN-LOW
3	24V
4	0V
5	24V silové napájení

pin	funkce
1	24V silové napájení
2	24V napájení elektroniky
3	0V

Tab. 6. Tabulka zapojení karty napájení

**Sériové rozhraní SPC 200-MMI-DIAG**

Obr. 51. Karta sériového rozhraní

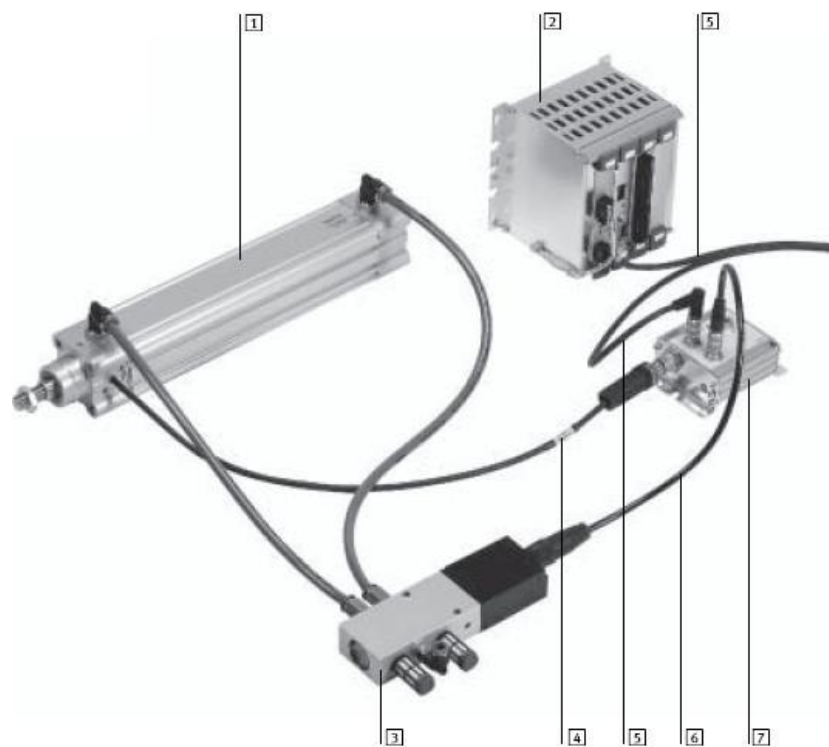
Tato karta slouží pro diagnostiku a programování. Slouží také k připojení ovládacích jednotek MMI-1. Pomocí této jednotky lze programovat jednotku SPC 200 manuálně bez softwaru a propojení s PC.

Obecné technické údaje		
<b>příkon</b>	<b>karta [mA]</b>	obvykle 50
<b>sériové rozhraní</b>	<b>konstrukce</b>	RS 232 C
	<b>galvanické oddělení</b>	
	<b>přenosová rychlost [Baud]</b>	9600, 19200, 38400
	<b>data [bit]</b>	8
	<b>stop bit [bit]</b>	1
	<b>parita</b>	sudá parita
	<b>protokol</b>	bez handshake
<b>rozhraní MMI</b>	<b>konstrukce</b>	podobně jako RS 232C
	<b>galvanické oddělení</b>	ne

Tab. 7. Tabulka obecných údajů karty sériového rozhraní

#### 10.1.4 Zapojení SPC 200 a další komponenty v obvodu

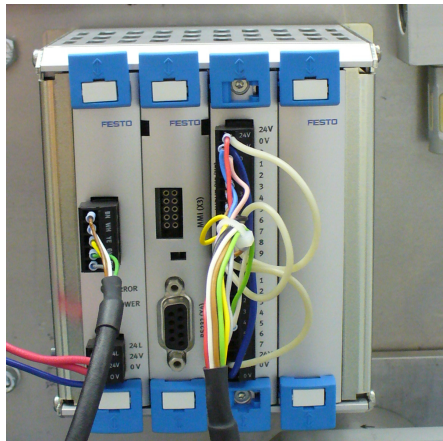
Jednotka SPC 200 je v zapojení spolu s pohonem, odměřovacím systémem a proporcionálním ventilem tvoří uzavřený regulační okruh. Lze ji pomocí sériového portu PC samostatně programovat, testovat a provozovat. K tomuto účelu se používá softwaru WinPISA.



Obr. 52. Zapojení obvodu s polohovacím systémem SPC 200

Pozice	Název	Popis
1	DNCI	Pneumatický pohon , zajišťuje pohyb a je řízen systémem SPC 200
2	SPC 200	Polohovací systém os s ovládací jednotkou
3	MPYE	Proporcionální ventil je člen regulačního obvodu a řídí pohyb pohonu podle údajů z regulátoru
4		Připojení odměřovacího systému na rozhraní osy. Kabel namontován na pohon
5	KSPC-AIF	Kabel spojuje řídicí systém SPC 200 s rozhraním os
6	KMPYE-AIF	Kabel spojuje proporcionální ventil s rozhraním os
7	SPC-AIF	Rozhraní os přenáší hodnoty z odměřovacího systému do regulátoru v SPC 200a ovládá signál z regulátoru do proporcionálního ventilu

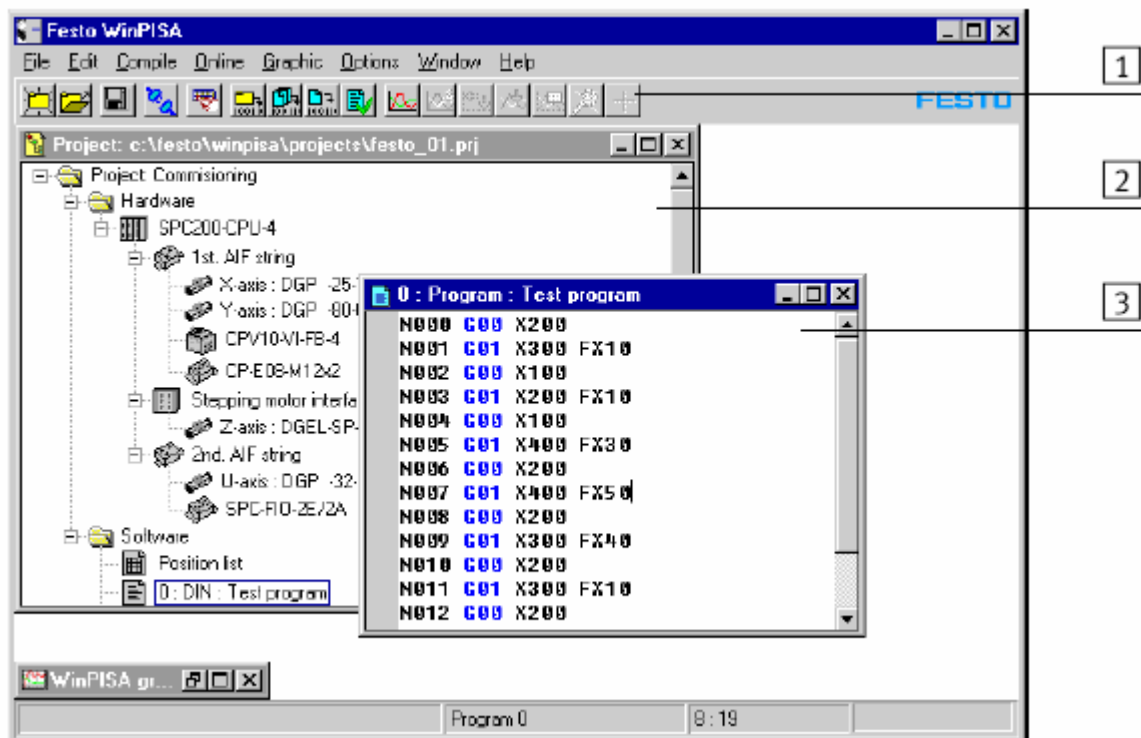
Tab. 8. Tabulka pozic zapojení SPC 200



Obr. 53. Instalace SPC 200

### 10.1.5 Software Win PISA

Tento software slouží k programování jednotky SPC 200. Je založen na stejné bázi jako programování CNC strojů. V celém prostředí je kladen velký důraz na uživatelské pohodlí. Je důležité používat program WinPISA vždy samostatně. Nikdy by neměli být spuštěny oba programy, tedy WinPISA a program FST 4.10, najednou. Je to z důvodů vzájemně kolizního chování.



Obr. 54. Pracovní prostředí Win PISA 4.50



1	Lišta nástrojů
2	Okno projektu
3	Okno programu

Tab. 9. Pozice prostředí Win PISA 4.50

Programování v tomto programu probíhá obdobně jako v programu FST 4. 10. S tím rozdílem, že jednotky jsou již nadeklarovány díky automatické detekci pracovních jednotek. Jak již bylo řečeno programování probíhá obdobným způsobem jako programování CNC strojů. Vzhledem k tomu že v případě pneumatického demonstračního modelu je ovládána pouze jedna jednotka je náročnost programování minimální. V tabulce uvedené níže je výběr příkazů pro programování v programu WinPISA. Při definici těchto příkazů se udává hmotnost v kilogramech [kg], rychlost v procentech [%] a zdvih v milimetrech [mm].

Příkaz	Definice příkazu	Význam příkazu
G00	X<Poloha> [Y.., Z.., U..]	Pohyb umístit v nejvyšší možné rychlosti
G01	X<Poloha> FX<Rychlost> [Y.., Z.., U..]	Pohyb umístit v definovanou rychlosti
G02	X<Poloha> FX<rychlost> [Y.., Z.., U..]	Pohyb umístit v definovanou rychlosti bez trhání
G08	X<Zrychlení> [Y.., Z.., U..]	Zrychlení rozběhové rampy
G09	X<zrychlení> [Y.., Z.., U..]	Zrychlení doběhové rampy
G90	X<Poloha> [Y.., Z.., U..]	Absolutní poloha
G91	X<Poloha> [Y.., Z.., U..]	Relativní poloha
M00		Zastavení programu
M02		Konec podprogramu
M30		Konec podprogramu s opakováním
M12	X [Y, Z, U]	Zastavení osy
M10	X<Factor> [Y.., Z.., U..]	Aktivace analogového výstupu
M13	X<Mode> [Y.., Z.., U..]	Nastav nominální analogovou hodnotu
M40	X<Limit value> [Y.., Z.., U..]	Nastav limitní hodnotu zdvihu
M41	X<Limit value> [Y.., Z.., U..]	Nastav limitní hodnotu rychlosti
M37	X<Mass> [Y.., Z.., U..]	Nastav odhadovanou hodnotu zátěže

Tab. 10. Tabulka programovacích příkazů pro Win PISA 4.50

## 11 POPIS VENTILOVÉHO TERMINÁLU CDVI 5.0



*Obr. 55. Ventilový terminál CDVI5.0*

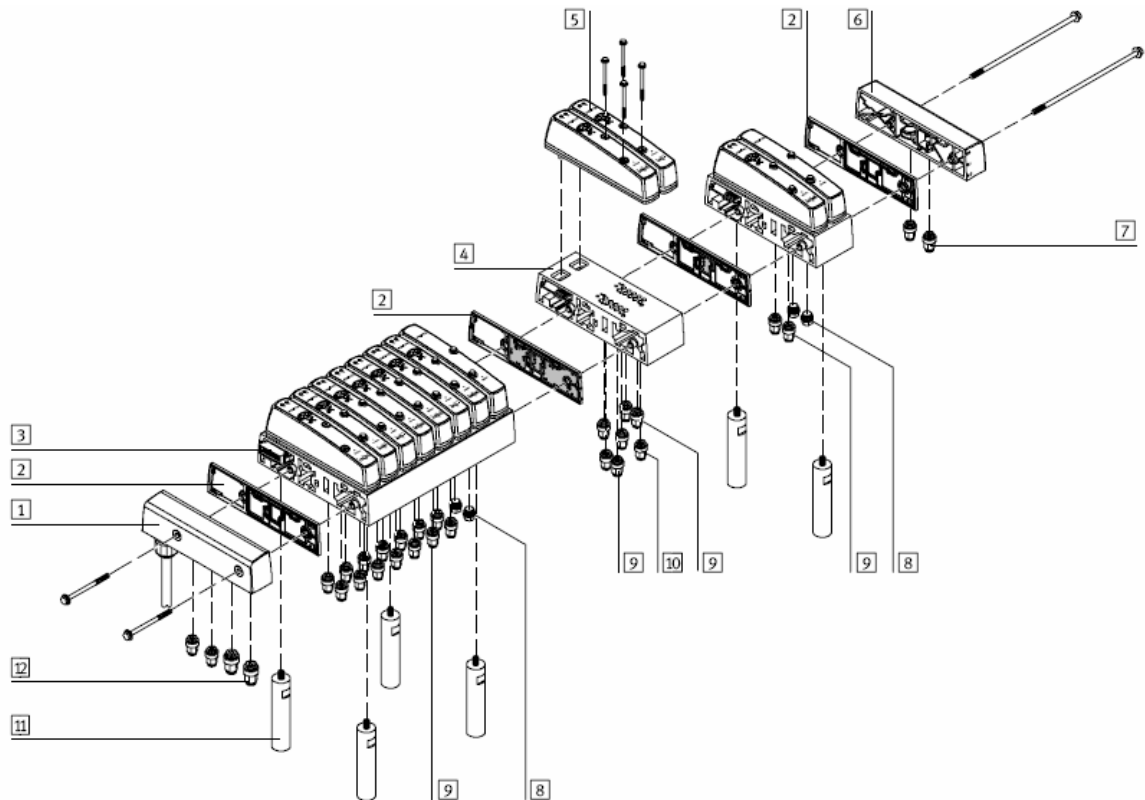
Ventilový terminál typ CDVI5.0 s optimalizovaným rozvržením pro zónu potravin a ostřikovou zónu má velmi odolné kompletní zapouzdření bez ostrých hran, rohů a ostrých zakřivení, kam by se ukládaly nečistoty. Více místa mezi ventily zaručuje snadné čištění a doba čištění je snížena na minimum.

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).

Ventilový terminál obsahuje společné napájení tlakem a společné odvětrání pro všechny ventily. Společná vedení se připojují na konec desky.

### ***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)

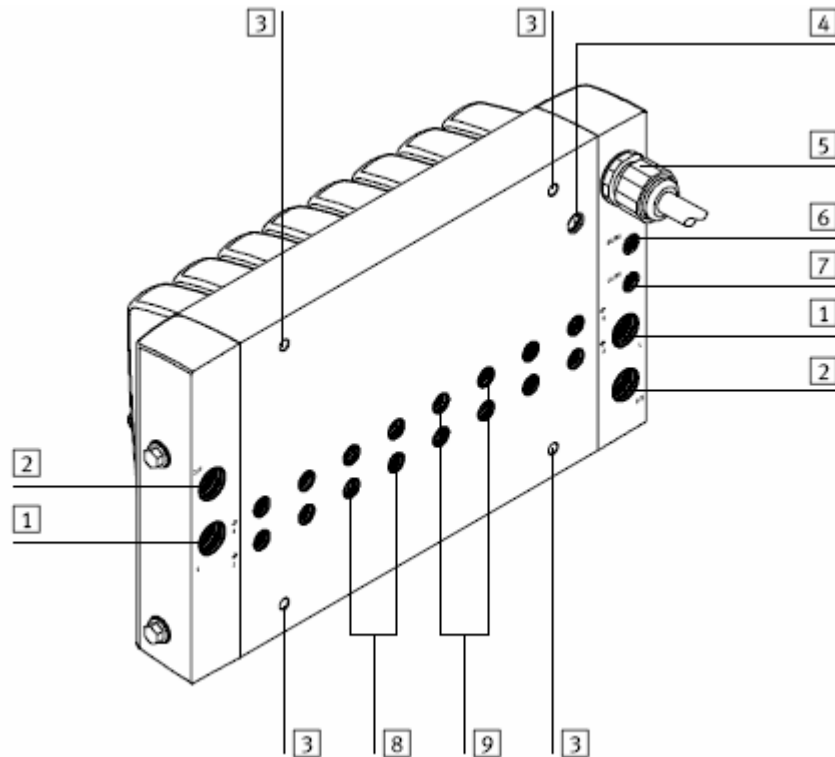


Obr. 56. Schéma sestavy CDVI 5.0

Pozice	Název	Pozice	Název
1	levá koncová deska s vícepolovým připojením	7	šroubení s nástrčnými koncovkami pro pravou koncovou desku
2	těsnění / izolační deska	8	záslepky
3	základní blok se 4/8 pozicemi	9	šroubení s nástrčnými koncovkami pro pracovní výstupy
4	rozšiřující a napájecí modul	10	šroubení s nástrčnými koncovkami pro napájecí modul
5	ventily	11	rozpěrky
6	pravá koncová deska	12	šroubení s nástrčnými koncovkami pro levou koncovou desku

Tab. 11. Tabulka pozic ventilového terminálu CDVI 5.0

### 11.1 Zapojení ventilového terminálu CDVI5.0



Obr. 57. Schéma připojování konektorů CDVI5.0

Pozice	Název
1	Přívod tlaku (1)
2	odvětrání (3/5)
3	4 závitové otvory pro rozpěrky
4	připojení pro vyrovnání tlaků / dýchací otvor
5	elektrické vícepólové připojení
6	připojení odvětrání řídicího tlaku (82/84)
7	připojení napájení řídicím tlakem (12/14)
8	pracovní výstup (2) pro každý ventil
9	pracovní výstup (4) pro každý ventil

Tab. 12. Tabulka pozic připojení CDVI 5.0

vedení		číselné označení připojení	velikost připojení	připojovací šroubení
stlačený vzduch / vakuum	1	1	G3/8	na levé/pravé koncové desce v rozšiřujícím modulu s přídavným napájením
			G1/8	
odvětrání	2	3/5	G3/8	na levé/pravé koncové desce v rozšiřujícím modulu s přídavným napájením
		3,5	G1/8	
vyrovnání tlaků	4		G1/8	v základním bloku
odvětrání řídicího tlaku	6	82/84	G1/8	v levé koncové desce
připojení řídicího tlaku	7	XII.14	G1/8	v levé koncové desce
pracovní tlak / vakuum	8,9	2,4	G1/8	v základním bloku v rozšiřujícím modulu s přídavným napájením

Tab. 13. Tabulka typů připojení CDVI 5.0

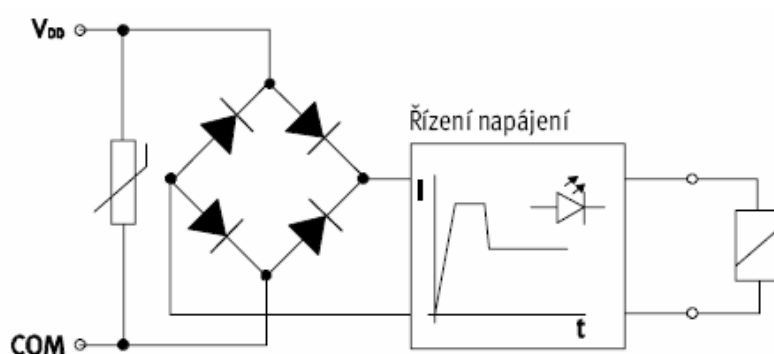
V modelu plnicí linky provádí ventilový terminál veškeré řízení všech pracovních jednotek, kromě ovládání válců DGPL, kde je ovládání řešeno pomocí terminálu Soft stop a proporcionálních ventilů. V našem případě sestava ventilového terminálu obsahuje 4 monostabilní ventily a 2 bistabilní ventily. Pro 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. Jednotlivé ventily jsou opatřeny také tlačítky pro mechanické ovládání jednotlivých válců. Lze tedy ovládat pneumatické prvky bez nutnosti zapnout PC.

V současné době jsou vlivem úprav prováděných otočném manipulačním stole obsazeny všechny ventily. Základní deska však umožňuje ještě montáž dvou ventilů, ať už monostabilních nebo bistabilních. Pokud by bylo nutné rozšíření o další ventily je možné rozšířit základní desku až na dvacet čtyři ventilů. Při této eventualitě by však bylo nutné již i rozšíření PLC o další kartu výstupů. Není však vyloučena možnost rozšíření demonstračního modelu o další pracovní moduly.

## 11.2 Elektrická část ventilového terminálu CDVI5.0

Ovládání jednotlivých ventilů probíhá elektromagneticky pomocí cívek, které jsou spínány elektrickými impulsy z řídicí jednotky. Signály nejsou žádným způsobem upravovány ani nijak zesilovány. Signál je veden ze svorkovnice pomocí více žilového kabelu do třiceti pinové patice v levé koncové desce.

Každá cívka elektromagnetického je chráněna ochranným obvodem proti napěťovým špičkám a proti přepólování. Všechny ventily jsou navíc vybaveny integrovaným omezením proudu. Výhodou těchto opatření je nižší spotřeba energie a menší oteplení při provozu.

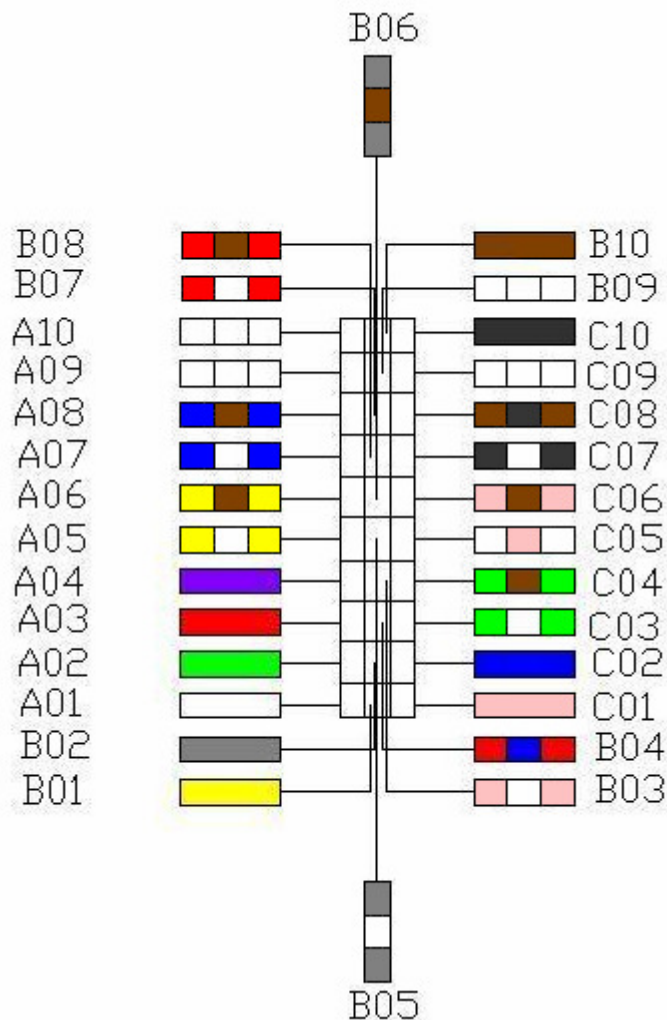


Obr. 58. Schéma zapojení napájení CDVI5.0

ventil	cívka	adresa	pin	barva vodiče
1	14	0	A01	WH
	12	1	A02	GN
2	14	2	B01	YE
	12	3	B02	GY
3	14	4	C01	PK
	12	5	C02	BU
4	14	6	A03	RD
	12	7	A04	VT
5	14	8	B03	GY PK
	12	9	B04	RD BU
6	14	10	C03	WH GN
	12	11	C04	BN GN
7	14	12	A05	WH YE
	12	13	A06	YE BN
8	14	14	B05	WH GY
	12	15	B06	GY BN
9	14	16	C05	WH PK
	12	17	C06	PK BN

10	14	18	A07	WH BU
	12	19	A08	BN BU
11	14	20	B07	WH RD
	12	21	B08	BN RD
12	14	22	C07	WH BK
	12	23	C08	BN BK
com			B10	BN
			C10	BK

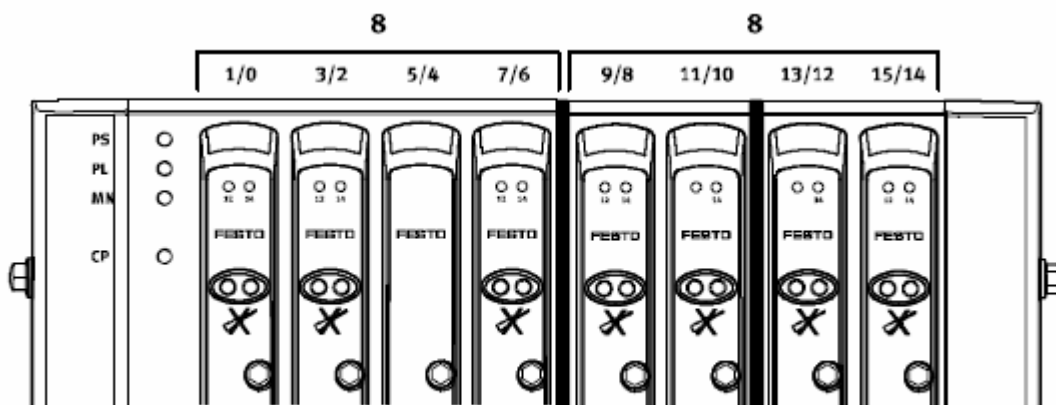
Tab. 14. Tabulka adres CDVI 5.0



Obr. 59. Schéma zapojení terminálu CDVI.5

Barevné rozlišení zapojení patice ventilového terminálu CDVI.5. Patice má 30 pinů z nichž jsou 4 nezapojeny. Jsou to piny A09, C09, A10, C10.

### 11.2.1 Pozice a adresy ventilového terminálu CDVI5.0



Obr. 60. Schéma adres terminálu CDVI5.0

Pozice pro ventily terminálu CDVI vždy zabírá dvě adresy a to i tehdy, když je obsazena rezervní deskou. Adresy jsou vzestupné bez mezer. Začínají vlevo a směřují doprava. Ventilový terminál CDVI zabírá 8, 16 nebo 24 adres nezávisle na tom, jak je obsazen elektromagnetickými cívkami ventilů.

Právě tato možnost umožňuje pozdější rozšíření, aniž by bylo nutné posouvat adresy. Základní blok obsahuje 16 adres, případný rozšiřující modul bude obsahovat vždy 8 adres. Pokud je pozice vybavena ventilem, který má dvě cívky (bistabilní), platí následující přiřazení:

- cívka 14 zabírá nižší adresu
- cívka 12 zabírá vyšší adresu

U ventilů s jednou cívkou (monostabilní) zůstává vyšší adresa nevyužita. Adresy na ventilovém terminálu CDVI se zadávají zleva doprava, zadání adres na jednotlivých ventilových pozicích zprava (cívka 14) doleva (cívka 12).

### 11.2.2 Označování barev dle ČSN IEC 757

Z důvodů orientace v problematice zapojení je nutné se nejprve obecně seznámit s označováním barev dle normy ČSN IEC 757. Díky tomu bude možné proniknout lépe do problematiky zapojení. Tato norma je používána ve většině evropských zemí pod obdobným



označením, jako například DIN IEC 757, podle které je provedeno zapojení demonstračního modelu.

Touto normou se zavádí mezinárodně schválený a používaný systém písemných kódů pro označování některých významných barev, například pro identifikaci barev izolací a plášťů vodičů a kabelů.

Barva	Původní kód KABLO ELEKTRO	ČSN IEC 757	DIN 47002
černá	c, C	BK	sw, SW
hnědá	h, H	BN	br, BR
červená	r, R	RD	rt, RT
oranžová	o, O	OG	or, OR
žlutá	zl, ZL	YE	ge, GE
zelená	Z, Z	GN	gn, GN
modrá	m, M	BU	bl, BL
světlomodrá*	sm, SM	LB	-
fialová	f, F	VT	vi, VI
šedá	s, S	GY	gr, GR
bílá	b, B	WH	ws, WS
růžová	ru, RU, P	PK	rs, RS
zlatá	-	GD	-
tyrkysová	t, T	TQ	tk, TK
stříbrná	-	SR	-
zelená/žlutá	zzl, z/zl, Z/ZL	GNYE	gnge, GNGE
přírodní	-	NC	-
transparentní	-	TT	-

Tab. 15. Tabulka barevného označení

Písmena malé abecedy mohou být použita pro stejný význam, těmto se nedává přednost.

\*) Barva světle modrá je podle ČSN IEC 757 zahrnuta obecně pod označením modrá (BU). Protože české elektrotechnické předpisy předepisují pro elektrické rozvody jak barvu tmavě modrou (např. záporný pól stejnosměrné soustavy), tak i barvu světle modrou

(střední vodič), vznikla pro výrobky KEV potřeba rozlišovat tyto barvy i kódem. Pro světle modrou byl zaveden kód LB (light blue) a ostatní odstíny jsou zavedeny pod kód BU. U silikonových vodičů a kabelů vyznačuje tyrkysová barva (TQ) v pojetí KEV v podstatě barvu světle modrou.

## 12 PROGRAMOVÁ ČÁST

V programové části je řešena softwarová otázka celého zadání. Tato kapitola se bude zabývat jak samotným programem FST 4.10, tak samotným programováním pneumatického demonstračního modelu plnicí linky. V závěru kapitoly budou uvedeny příklady programů s praktickými cvičeními pro předmět Základy robotiky.

Popis prostředí programu zde bude pouze zevrubný a bude proveden tak, aby studentům byla ihned umožněna práce na demonstračním modelu.

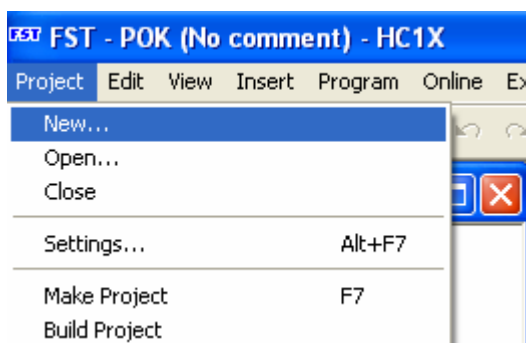
### 12.1 Práce v prostředí FST 4.10

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.

#### 12.1.1 Založení nového projektu

Založení nového projektu se provádí spuštěním z lišty nástrojů.

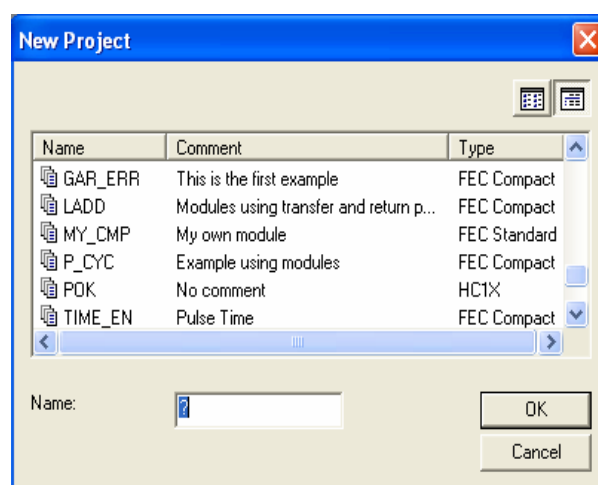
Pomocí této záložky se provádí i další operace jako je například otevírání již vytvořeného projektu, uživatelská nastavení atd.



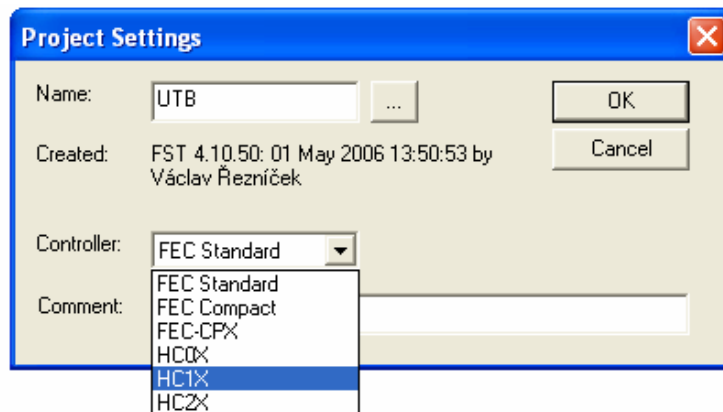
Obr. 61. Založení nového projektu

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.

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



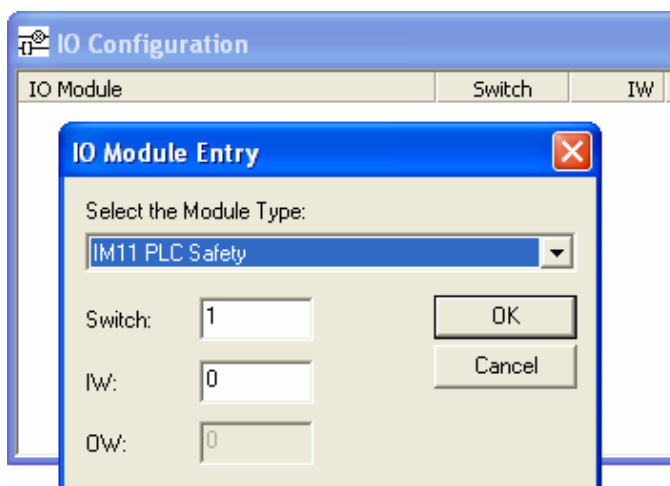
Obr. 62. Okno projektu



Obr. 63. 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.

V další části zakládání projektu je třeba konfigurovat vstupní a výstupní karty PLC. Tato operace se provádí v základním stromu nového projektu. Zde je položka *I/O configuration*. Poklepáním na ni otevřeme okno nastavení. V tomto okně je nutné klepnout pravým tlačítkem a vybrat v nabídce *insert I/O modul*.



Zde se nastaví požadovaný typ modulu vstupních karet. V případě demonstračního 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.

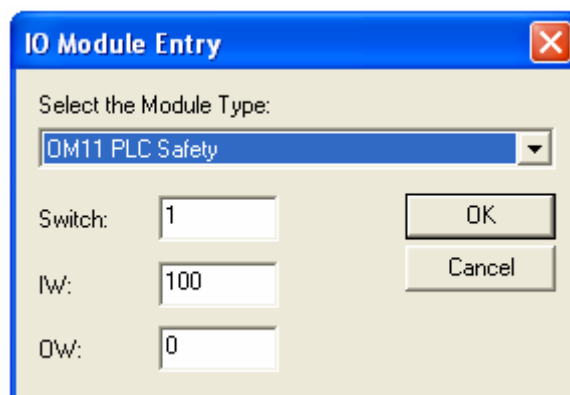
Obr. 64. Definování karet vstupů

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

V tomto případě OM 11 PLC Safety.

V současné době má PLC HC 16 čtyři vstupně výstupní karty. Při založení každého projektu je třeba je nakonfigurovat všechny. Následující tabulka ukazuje jak

nakonfigurovat parametry všech karet v PLC.



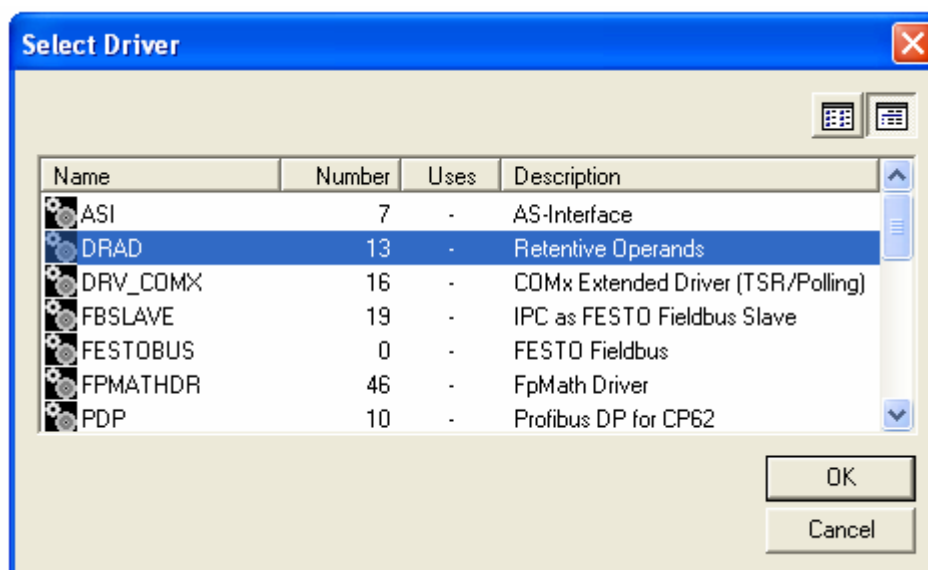
Obr. 65. Definování karet výstupů

Je bezpodmínečně nutné, aby všechny tyto parametry byly nastaveny. V případě, že ne hrozí riziko, že jedna z karet nebude funkční a to by mohlo mít za následek nesprávnou funkci celého pneumatického demonstračního modelu.

Typ karty	Typ ovladače	Switch	IW	OW
OM11	OM PLC Safety	1	100	0
OM11	OM PLC Safety	2	102	1
IM11	IM PLC Safety	1	0	-
IM11	IM PLC Safety	2	1	-

Tab. 16. Tabulka nastavení karet vstupů a 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. 66. Okno nastavení ovladačů

### 12.1.2 Deklarace proměnných

Pro správný chod programu je nutné, aby byly deklarovány všechny proměnné veličiny s nimiž bude ve vlastním programu operováno. Proměnnými se rozumí vstupy a výstupy PLC, Flag Wordy, časovače, čítače, registry a další pomocné prvky PLC.

## 12.2 Rychlý přehled programových příkazů a struktura programu

Nyní je již projekt nastaven do té míry, abychom mohli začít tvořit vlastní zdrojový kód. Ten je tvořen jednotlivými příkazy. V této části kapitoly jsou uvedeny některé příkazy jenž jsou nutné pro programování demonstračního modelu plnicí linky.

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.

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*.

### ***Příkazy IF, THEN, OTHRW, SET, RESET***

Jak již bylo uvedeno výše tyto příkazy jsou základními stavebními kameny vlastního programu.

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

THEN- „potom“- příkaz těsně související s IF na základě vyhodnocených výsledků splněné 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.

RESET- „vypni“- příkaz složí k umělému vypnutí nebo vyčištění

### ***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 tlačitko start
THEN SET	chapadlo	O0.0 ventil sepnuti chapadla

STEP pokrač

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.

Velkou výhodou takového dělení je zvětšení přehlednosti celého zdrojového kódu. Například je možné oddělit práci jednotlivých jednotek. Dělení do kroků je také vhodné také pokud je požadováno zacyklit program, nebo tento příkaz lze použít jako návěští pro identifikaci skoku na některé místo v programu.

Příklad:

STEP start

```
IF                tstart                I0.0 tlačitko start
THEN SET         chapadlo                O0.0 ventil  sepnuti chapadla
OTHRW   JMP TO   konec
```

.

.

STEP konec

.

.

Po kroku start je vznesen dotaz na tlačítko tstart. Pokud je tlačítko stisknuto sepne se chapadlo a program pokračuje dál. Pokud ovšem stisknuto není dojde k přeskočení programu na jiný krok programu kde bude provedena jiná operace.

### ***Příkaz JMP TO***

V předchozím příkladu bylo použito příkazu JMP TO. Ten 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 použití je stejný je patrný u příkazu STEP.

### ***Příkazy N a 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. Je výhodné ho také použít jej pokud je potřeba nějakým způsobem obejít příkaz IF.

Příklad:

STEP nouz\_st

```
IF          NOP
THEN      RESET      chapadlo          O0.0 ventil sepnuti chapadla
THEN      RESET      rameno            O0.1 rameno podavace
```

Zde je příkazu NOP využito k resetování pracovních jednotek. Kombinace příkazů IF a NOP znamená, že není vyžadován žádný podnět k tomu, aby byla provedena nějaká operace.

### ***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 tlačitko start
          AND  N          tstop          I0.4 tlačitko stop
THEN      SET      chapadlo          O0.0 ventil sepnuti chapadla
```

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

Příklad:

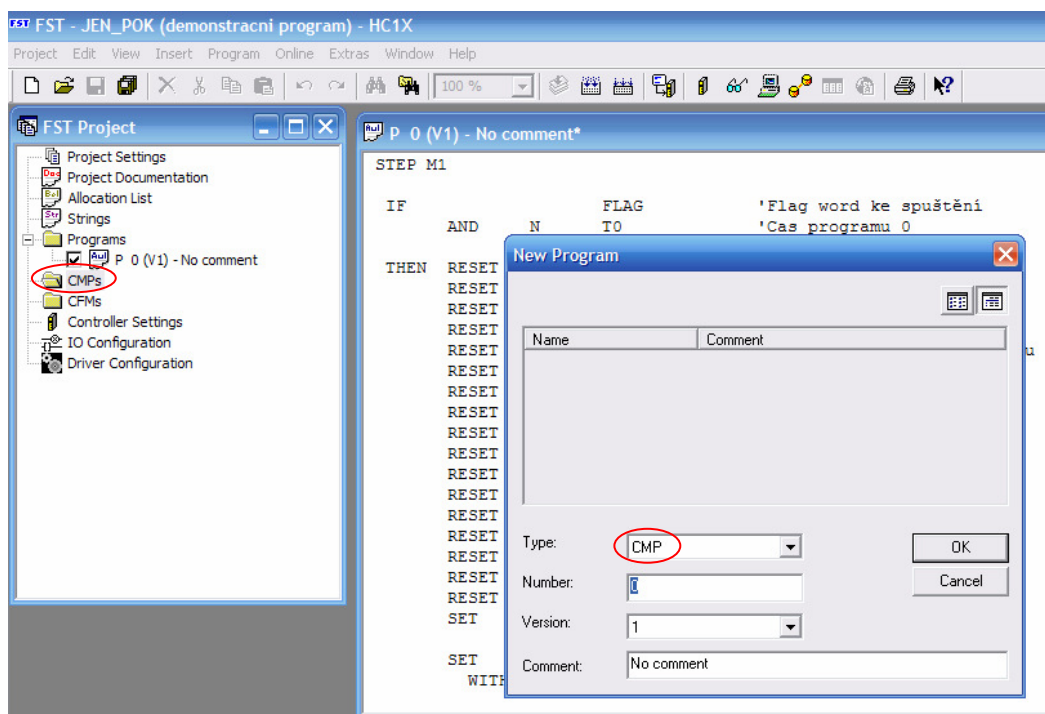
IF		tstart	I0.0 tlačítko start
	OR	tstop	I0.4 tlačítko stop
THEN	SET	chapidlo	O0.0 ventil sepnuti chapadla

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

### 12.2.1 Podprogramy

Jednou z důležitých částí programování v jazyku STL je tvorba podprogramů. Jejich tvorba a struktura je shodná s programy. Základní rozdíl je v tom, že podprogram už nemůže spouštět další podprogram. Je tedy bezpodmínečně nutné se vždy po ukončení podprogramu vrátit do hlavního „páteřního“ a následně volat případný další podprogram. Při zakládání programu v editoru STL je u podprogramu uveden typ B (z německého Baustein) na místo původního P. Tak je možné identifikovat podprogram například při výpisech chyb po kompilaci. Podprogramů může být celkem 100 (od 0 do 99). Výhodou tvorby takovýchto programů je i možnost odladění a oživení jednotlivých podprogramů samostatně a jejich následné vložení do hlavního projektu. To přispívá ke značnému zpřehlednění a snazší orientaci v celém zdrojovém kódu programu. Lze je také používat například k oddělení bloků programů jednotlivých pracovních jednotek.

Podprogramy se tvoří ve složce CMP, která se nachází v základním projektovém stromu. Kliknutím pravého tlačítka na tuto složku se zahájí tvorba nového podprogramu stejně jako u klasického programu.



Obr. 67. Okno nastavení podprogramů

Po poklepáním pravým tlačítkem se dostanete do nabídky, kde zvolíte *New program* a následně vyberete *STL list*. Objeví se okno *New Program*, kde necháte přednastavený program *CMP*. Zvolíte číslo pořadí, které značí, kolikátý podprogram v tomto projektu tvoříte. Číslo varianty se ponechává. U podprogramů je vhodné vždy vložit komentář pro vaši pozdější lepší orientaci.

V ve složce *CMP* pak budou zobrazeny všechny podprogramy se svým označením. Jako například *B0 (V1)* pro první verzi prvního programu v řadě. Tvorba statement listu je naprosto totožná jako u klasických „páteřních“ programů.

Volání podprogramů se provádí příkazy *CMP*.

Příklad:

IF.....

THEN        *CMP0*

Po té se rozběhne námi zvolený podprogram, který se po doběhu vrátí zpět do hlavního programu.

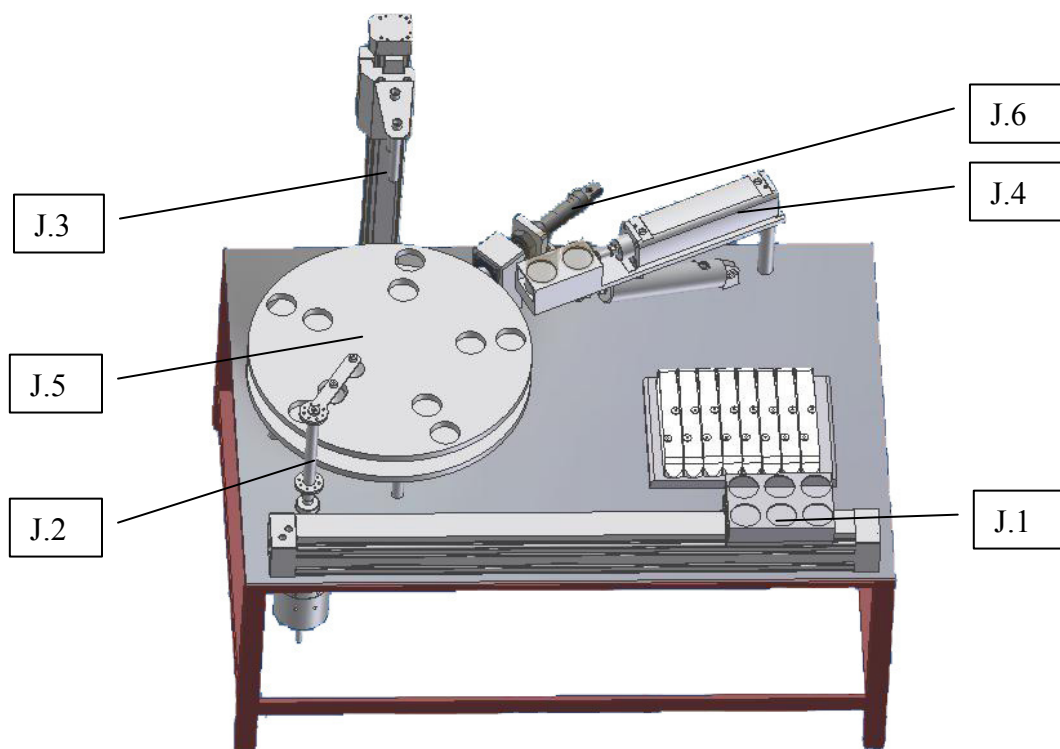
### 12.3 Programová cvičení

Účelem této práce je vytvořit několik programů, tak aby při výuce bylo možné demonstrovat funkci pneumatických systémů a aby studenti pochopili princip programování těchto strojů a linek řízených programovatelnými logickými automaty. Bylo sestaveno několik programů tak, aby bylo možné procvičit všechny příkazy s nimiž jsme se měli možnost seznámit v předchozí podkapitole. Dalším úkolem je seznámit studenty s hlavními vlastnostmi a možnostmi PLC. Pro lepší orientaci jsou jednotlivé pracovní prvky pneumatického demonstračního modelu rozděleny do funkčních jednotek, které vykonávají jednotlivé technologické úkony (např. plnění, víčkování, manipulaci, atd.).

Kapitola 11.3.1 obsahuje program demo, který je úvodem pro cvičení a vysvětluje postupy a techniky programování, s nimiž se setkají studenti v laboratorních cvičeních.

Kapitoly 11.3.2 až 11.3.9 pak obsahují zadání jednotlivých laboratorních úloh, které byly sestaveny v rámci této práce. Cvičení jsou zaměřena na základy programování v jazyce STL. Úlohy byly tvořeny tak, aby obsáhly operace se základními příkazy. Jsou seřazeny dle obtížnosti od nejlehčí úlohy, kde se studenti pouze učí operovat s celým již hotovým projektem, přes porozumění programu a jeho editaci, po nejtěžší, kde studenti budou sami tvořit jednodušší projekt s podprogramy s využitím časovačů a čítačů.

Pro přehlednost a lepší orientaci v popisu programů a cvičení byl demonstrační model plnicí linky rozdělen na samostatné pracovní jednotky.



Obr. 68. Dělení linky na pracovní jednotky

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.5. Otočný stůl J.5 je hlavním funkčním modulem, který zabezpečuje dopravu k jednotlivým funkčním jednotkám a nese kelímky po celou dobu simulace plnění a zátkování. Jednotka J.3 slouží k plnění kelímků. A jednotka J.4 pak k jejich zátkování. Jednotka J.6 pak zajišťuje zastavení jednotky J.5 v požadované poloze.

### 12.3.1 Program-Demo

Vzhledem k obtížnosti, jež představuje první zkušenost s vlastním programováním PLC bez předešlých zkušeností byl sepsán program, jež má srozumitelně demonstrovat strukturu a postupy při psaní programu. Tento program bude součástí materiálů, jež budou poskytovány studentům v rámci přípravy na cvičení. Vzhledem k rozsahu programu, jež je nutný pro ovládání celé linky, nebylo možné tento použít k vysvětlení. V programu jsou tedy funkční pouze některé jednotky, které jsou na programování nejsložitější. V tomto

programu bylo využito všech používaných technik programování. Jak využití čítačů, tak programování časovačů a odskoků do podprogramů.

*Popis:*

Vozík jednotky J.1 přijede pod savky jednotky J.2. Ty sjedou dolů a za pomoci vakua zachytí kelímky, které následně přenesou do pracovního stolu. Pracovní stůl udělá s kelímky pět kroků. Projede tedy celým okruhem zpět pod savky. K tomuto účelu je využito čítače. Ve chvíli kdy jsou kelímky opět pod savkami dojde k aktivaci J.2 a následnému přenesení kelímek zpět do vozíku. Ve chvíli uvolnění kelímek vozík jednotky J.1 odjíždí zpět do polohy VPREDU.

*Zdrojový kód:*

STEP M1

IF		FLAG	'Flag word ke spuštění
	AND	N T0	'Cas programu 0
THEN	RESET	NULUJ	'Reset svislého válce
	RESET	SMERUJ	'Změň směr svislého válce
	RESET	JDI	'Uved' svislý válec do chodu
	RESET	ZPET	'Otoč savky nad vozík
	RESET	DOLU	'Savky dolu
	RESET	VICKA	'Podej víčka
	RESET	RAMENO	'Rameno dolu
	RESET	VZAD	'Vozík směrem od PC
	RESET	MEZIPOL1	'Mezipoloha blíže k PC
	RESET	MEZIPOL2	'Mezipoloha dál od PC
	RESET	VAKUUM	'Savky vákuum
	RESET	PROFUK	'Savky profuk
	RESET	KRUH	'Otoč stolem
	RESET	KRUH	'Otoč stolem

```

RESET          BLOKUIJ          'Zablokuj otočný stůl
SET            UVOLNI          'Odblokuj otočný stůl
SET            VPRED           'Vozík směrem k PC
SET            ZPET            'Otoč savky nad vozík
SET            T0              'Cas programu 0
WITH          0.5s

```

Začíná se resetováním všech jednotek. Případně nastavením jednotek do výchozí polohy, Je také vhodné nastavit časovač pro oddělení jednotlivých kroků od sebe. Pokud je nutné časovat na desetiny sekundy využívá se k oddělení desetinného místa tečka.

Jednotlivé kroky od sebe oddělujte tak, aby byl program přehledný a aby jste tyto kroky mohli později volat. Kroky nazývejte např. STEP M., STEP Start, STEP Konec, atd.

STEP M2

```

IF            N            T0          'Cas programu 0
AND          VPRED        'Vozík směrem k PC

THEN RESET   VPRED        'Vozík směrem k PC
SET          VZAD        'Vozík směrem od PC
SET          T0          'Cas programu 0
WITH        1s

```

Následují vlastní operační kroky programu. Ty vždy začínají dotazem na podmínky za kterých má být úkol splněn (IF). V tomto kroku je podmínkou vypršení času časovače a současně dotaz na polohu vodorovného válce jednotky J.1.

Následek splnění podmínky je dán sledem příkazů následujících slovo (THEN). V tomto kroku je to resetování polohy VPRED a nastavení polohy vzad u vodorovného válce jednotky J.1. Pokud má válec více poloh je nutné !!vždy!! resetovat předchozí polohu. Opět proběhne nastavení časovače pro oddělení kroků od sebe.

STEP M3

```

IF            N            T0          'Cas programu 0
AND          VZAD        'Vozík směrem od PC

THEN SET     DOLU        'Savky dolu

```

```
SET          T0          'Cas programu 0
WITH        1s
```

Algoritmus programu je v každém operačním kroku totožný. Je důležité po každém kroku nastavit časovač. V tomto kroku se přechází na programování jednotky J.2. Podmínkou pro její spuštění je správná poloha jednotky J.1.

## STEP M4

```
IF          N          T0          'Cas programu 0
AND        DOLU        'Savky dolu

THEN RESET  ZPET       'Otoč savky nad vozík
RESET      UVOLNI      'Odblokuj otočný stůl
SET        VAKUUM      'Savky vákuum
SET        T0          'Cas programu 0
WITH      1s
```

## STEP M5

```
IF          N          T0          'Cas programu 0
AND        VAKUUM      'Savky vákuum

THEN RESET  DOLU       'Savky dolu
SET        BLOKUJ      'Zablokuj otočný stůl
SET        KRUH        'Otoč stolem
SET        T0          'Cas programu 0
WITH      1.5s
```

## STEP M6

```
IF          N          T0          'Cas programu 0
AND        N          DOLU        'Savky dolu

THEN RESET  VAKUUM      'Savky vákuum
RESET      KRUH        'Otoč stolem
SET        TAM         'Otoč savky nad kruh
SET        T0          'Cas programu 0
```



```
                WITH          1s

STEP M7
IF              N          T0          'Cas programu 0
                AND          TAM          'Otoč savky nad kruh

THEN RESET     TAM          'Otoč savky nad kruh
                SET          DOLU        'Savky dolu
                SET          T0          'Cas programu 0
                WITH          0.5s
```

```
STEP M8
IF              N          T0          'Cas programu 0
                AND          DOLU        'Savky dolu

THEN SET       PROFUK      'Savky profuk
                SET          T0          'Cas programu 0
                WITH          0.5s
```

V krocích STEP M4 až M8 je provedeno programování jednotky J.2 klasickým způsobem: když (IF) tak (THEN).

```
STEP M9
IF              N          T0          'Cas programu 0
                AND          DOLU        'Savky dolu

THEN RESET     DOLU        'Savky dolu
                RESET     PROFUK      'Savky profuk
                RESET     BLOKUJ      'Zablokuj otočný stůl
                SET          T0          'Cas programu 0
                WITH          0.5s
```

```
STEP M10
```

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      NAHORE      'rameno nahore

THEN LOAD      V5
           TO      PCITAC      'Předvolba čítače
           SET      CITAC      'Čítač C0
```

V kroku M10 je provedeno nastavení čítače dle standardního postupu.

STEP M11

```
IF          N      CITAC      'Čítač C0
THEN JMP TO M12
IF          CITAC      'Čítač C0
THEN CMP 0          'ARETACE STOLU
           INC      CITAC      'Čítač C0
           JMP TO M11
```

V kroku M11 je vznesen dotaz na stav čítače a jsou určeny podmínky následného chování programu po zjištění tohoto stavu.

První následek počítá s plným registrem čítače. To znamená, že program proběhl a bude pokračovat dalším krokem. Tím je odskok na další krok programu M12.

Druhým následkem je, že registr čítače není ještě plný. V tom případě program volá podprogram pro ovládání aretace stolu. Zvyšuje číslo v registru čítače o 1 a skáče zpět na krok M11 čímž celá operace probíhá znovu.

STEP M12

```
IF          NAHORE      'rameno nahore

THEN SET      T0          'Cas programu 0
           WITH      1s
```

STEP M13.5

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
```

```
        AND                NAHORE                'rameno nahore

THEN SET                DOLU                'Savky dolu
        SET                VAKUUM                'Savky vákuum
        SET                T0                'Cas programu 0
        WITH                1s
```

V případě, že se vám stane, že potřebujete vložit krok je nutné ho pojmenovat tak, aby byl odlišen od ostatních.

STEP M13

```
IF                N                T0                'Cas programu 0
        AND                VAKUUM                'Savky vákuum

THEN RESET                VAKUUM                'Savky vákuum
        RESET                KRUH                'Otoč stolem
        RESET                DOLU                'Savky dolu
        SET                T0                'Cas programu 0
        WITH                1s
```

STEP M14

```
IF                N                T0                'Cas programu 0
        AND                N                DOLU                'Savky dolu

THEN SET                ZPET                'Otoč savky nad vozík
        SET                T0                'Cas programu 0
        WITH                1s
```

STEP M15

```
IF                N                T0                'Cas programu 0
        AND                ZPET                'Otoč savky nad vozík

THEN SET                DOLU                'Savky dolu
```

```
      SET          T0          'Cas programu 0
      WITH        1s
```

## STEP M16

```
      IF          N          T0          'Cas programu 0
      AND        DOLU        'Savky dolu

      THEN SET          PROFUK        'Savky profuk
      SET          T0          'Cas programu 0
      WITH        0.5s
```

## STEP M17

```
      IF          N          T0          'Cas programu 0
      AND        PROFUK        'Savky profuk

      THEN RESET        PROFUK        'Savky profuk
      RESET        DOLU        'Savky dolu
      SET          T0          'Cas programu 0
      WITH        1s
```

V krocích M13 až M17 je opět programována jednotka J.2 tak, aby přenesla břemeno zpět do vozíku jednotky J.1.

## STEP M18

```
      IF          N          T0          'Cas programu 0
      AND        N          DOLU        'Savky dolu

      THEN RESET        VZAD          'Vozík směrem od PC
      RESET        BLOKUJ        'Zablokuj otočný stůl
      SET          VPRED          'Vozík směrem k PC
      SET          UVOLNI        'Odblokuj otočný stůl
```

V posledním kroku se pouze nastavují jednotky zpět do výchozí nebo žádané polohy.

### 12.3.2 Cvičení č. 1 - CYKLUS\_A

Tento program zajišťuje chod celého cyklu pneumatického demonstračního modelu klasickým způsobem programování. Tedy bez využití čítačů a dalších pomůcek usnadňujících práci v programování. V tomto programu není využíváno informací z čidel. Další krok linky je vždy vyvoláván odkazem na softwarové umělé buzení požadovaných výstupů. Zdrojový kód tohoto programu je součástí příloh.

Linka provádí opakovaně celý cyklus. Tedy kelímky přijedou vozíkem jednotky J.1 pod otočné rameno J.2. Zde je za pomoci savek přepraveno do otočného pracovního stolu J.5. Ten přepravuje kelímky do jednotlivých pozic, kde je simulováno plnění pomocí jednotky J.3 a víčkování J.4. Následuje doprava kelímků zpět pod rameno J.2, uchopení a transport do vozíku jednotky J.1. Ta pak odveze kelímky do polohy VPRED. Tímto je ukončen pracovní cyklus. Jednu sekundu po ukončení začíná nový cyklus. Tento postup se opakuje tak dlouho dokud není ukončen uživatelem.

***Název: Porozumění a editace celkového cyklu plnící linky.***

#### Zadání:

1. Prostudujte příložené materiály.
2. Kopírujte zadání z CD do složky C:\FST\Projects. Po ukončení práce zadání zase smažte.
3. Za pomoci návodu editujte program dle zadání. Požádejte vyučujícího o kontrolu před každým nahráním zeditovaného programu do PLC.
4. Po ukončení práce si uložte zdrojový kód a celý projekt v počítači smažte, pokud vám nebude řečeno jinak. Zpracujte protokol o celkovém postupu cvičení, jenž bude obsahovat celkový zdrojový kód. Do závěru uveďte případná vylepšení nebo změny v chodu programu.

#### Návod:

Otevřete projekt CYKLUS\_A v programu FST 4.10. Najděte zde okno zdrojového kódu a splňte následující úkoly.

- a) V rámci mezioperační kontroly změňte část programu tak, aby Jednotka J.1 na cestě do polohy VZAD zastavila v MEZIPOL1 a pokračovala dál pouze za podmínky, že bude sepnuté čidlo VPOLOZE1.
- b) Při spouštění linky bylo zjištěno, že kelímky nejsou naplněny požadovaným množstvím a při víčkování dochází k velké zmetkovosti díky krátkému času. Zorientujte se v programu CYKLUS\_A a vyhledejte kroky v nichž je programována plnicí jednotka a jednotka víčkovací. Následně editujte program tak, aby došlo k prodloužení času plnění na 4 sekundy a prodloužení času víčkování na 3 sekundy.
- c) Na víčkovací jednotce bylo zjištěno značné zanášení nečistotami. Zajistěte, aby došlo k vysunutí víčkovací jednotky, tak aby ji mohla obsluha kontrolovat po každém cyklu. Je však nutné, aby před zahájením nového cyklu byla víčka opět zasunuta pod podavačem. Program je zacyklen, nebylo by tedy možné provést kontrolu zrušte tedy tuto operaci a spouštějte program manuálně.

Po ukončení práce si uložte zdrojový kód a celý projekt v počítači smažte, pokud vám nebude řečeno jinak. Zpracujte protokol o celkovém postupu cvičení, jenž bude obsahovat celkový zdrojový kód. Do závěru uveďte zhodnocení, případná vylepšení nebo změny v chodu programu.

### 12.3.3 Cvičení č. 2 - CYKLUS\_B

Tento program tvoří celkový cyklus pneumatického demonstračního modelu, tak jako v předchozím případě. Je zde však využito volání podprogramů pro opakující se činnosti linky. To výrazně zkrátí čas programování. Tvorba podprogramů je také výhodná pro přehlednost a orientaci v programu. V tomto programu je podmínkou k dalšímu kroku nutná informace z čidla předchozí jednotky. Pokud dojde k poruše v cyklu jednotky dojde k přerušení veškerých činností. V tomto případě je cyklus mnohem bezpečnější než v případě programu CYKLUS\_A. Zdrojový kód tohoto programu je součástí příloh.

Linka provádí opakovaně celý cyklus. Tedy kelímky přijedou vozíkem jednotky J.1 pod otočné rameno J.2. Zde je za pomoci savek přepraveno do otočného pracovního stolu J.5. Ten přepravuje kelímky do jednotlivých pozic, kde je simulováno plnění pomocí jednotky J.3 a víčkování J.4. Následuje doprava kelímků zpět pod rameno J.2, uchopení a transport do vozíku jednotky J.1. Ta pak odveze kelímky do polohy VPRED. Tímto je ukončen pra-

covní cyklus. Na rozdíl od programu CYKLUS\_A se linka zastaví a impuls pro spuštění nového cyklu musí dát uživatel.

***Název: Porozumění a editace celkového cyklu plnicí linky.***

Zadání:

1. Prostudujte příložené materiály.
2. Kopírujte zadání z CD do složky C:\FST\Projects. Po ukončení práce zadání zase smažte.
3. Za pomoci návodu vytvořte program dle zadání. Požádejte vyučujícího o kontrolu před každým nahráním zeditovaného programu do PLC.
4. Po ukončení práce si uložte zdrojový kód a celý projekt v počítači smažte, pokud vám nebude řečeno jinak. Zpracujte protokol o celkovém postupu cvičení, jenž bude obsahovat celkový zdrojový kód. Do závěru uveďte zhodnocení, případná vylepšení nebo změny v chodu programu.

Návod:

- a) Nahrajte program do PLC a ověřte funkci pneumatického demonstračního modelu.
- b) Došlo k nefunkčnosti linky. Revizí bylo zjištěno, že vlivem přepětí v síti došlo k proražení integrovaných čidel na jednotce J.4. Závada se projevuje tím, že se linka zastaví před víčkovacím procesem. Než bude závada opravena je nutné zajistit nouzový chod linky. Zajistěte tedy, aby jednotka J.4 pracovala bez signálů z čidel. Vlivem vyřazení těchto čidel je však nutná vizuální kontrola správnosti zavíčkování technikem. Je tedy nutné přidat do celkového cyklu v jeho finální fázi zastávku v mezipoloze 1 tak aby mohla být kontrola provedena. Čas trvání zastávky zvolte 2 sekundy.

### **12.3.4 Cvičení č. 3- CYKLUS\_C (Jednotka J.1)**

Program CYKLUS\_C tvoří celkový cyklus linky, tak jak byl již popsán v předešlých kapitolách. Na rozdíl od předešlých programů je v tomto projektu využíváno tvorby podprogramů. Každá pracovní jednotka je programována samostatně a má svůj vlastní zdrojový kód. Tyto podprogramy pak spojuje jeden hlavní „páteřní“ program. Z tohoto programu vychází čtyři cvičení. Úkolem studentů v těchto čtyřech cvičení bude za pomoci jednodu-

chých příkazů vytvořit vždy jeden z podprogramů jedné z pracovních jednotek a včlenit je do celého projektu tak, aby byl celkový cyklus kompletní a funkční.

***Název: Tvorba nových podprogramů do celkového cyklu plnicí linky***

Zadání:

1. Prostudujte příložené materiály.
2. Kopírujte zadání z CD do složky C:\FST\Projects. Po ukončení práce zadání zase smažte.
3. Za pomoci návodu vytvořte program dle zadání. Požádejte vyučujícího o kontrolu před každým nahráním zeditovaného programu do PLC.
4. Po ukončení práce si uložte zdrojový kód a celý projekt v počítači smažte, pokud vám nebude řečeno jinak. Zpracujte protokol o celkovém postupu cvičení, jenž bude obsahovat celkový zdrojový kód. Do závěru uveďte zhodnocení, případná vylepšení nebo změny v chodu programu.

Návod:

- a) Otevřete projekt CYKLUS\_C v programu FST 4.10. Najděte zde okno zdrojového kódu a splňte následující úkol.
- b) Nastudujte sled programových úkonů a přepište program tak, aby vodorovná jednotka J.1 zastavila při své činnosti ve svých dalších dvou mezipolohách. Po tomto úkonu bude cyklus pokračovat tak jak byl původně napsán. Pro zastavení v mezipoloze 1 volte čas 1 sekundu a v mezipoloze 2 čas 4 sekundy.

#### **12.3.5 Cvičení č. 4 – CYKLUS\_C (Jednotka J.2)**

Program CYKLUS\_C tvoří celkový cyklus linky, tak jak byl již popsán v předešlých kapitolách. Na rozdíl od předešlých programů je v tomto projektu využíváno tvorby podprogramů. Každá pracovní jednotka je programována samostatně a má svůj vlastní zdrojový kód. Tyto podprogramy pak spojuje jeden hlavní „páteří“ program. Z tohoto programu vychází čtyři cvičení. Úkolem studentů v těchto čtyřech cvičení bude za pomoci jednoduchých příkazů vytvořit vždy jeden z podprogramů jedné z pracovních jednotek a včlenit je do celého projektu tak, aby byl celkový cyklus kompletní a funkční.



*Název: Tvorba nových podprogramů do celkového cyklu plnicí linky*Zadání:

1. Prostudujte příložené materiály.
2. Kopírujte zadání z CD do složky C:\FST\Projects. Po ukončení práce zadání zase smažte.
3. Za pomoci návodu vytvořte program dle zadání
4. Po ukončení práce si uložte zdrojový kód a celý projekt v počítači smažte, pokud vám nebude řečeno jinak. Zpracujte protokol o celkovém postupu cvičení, jenž bude obsahovat celkový zdrojový kód. Do závěru uveďte případná vylepšení nebo změny v chodu programu.

Návod:

- a) Otevřete projekt CYKLUS\_C z příloženého CD v programu FST 4.10. Najděte zde okno zdrojového kódu a splňte následující úkoly.
- b) Nastudujte program PLN\_DEMO. V projektu CYKLUS\_C vytvořte podprogram pro jednotku J.2 tak, aby byl cyklus plnicí linky plně funkční.

Psát zdrojový kód je možné přímo do připravené složky podprogramu příslušného CMP a nebo si vytvořit svůj vlastní projekt, v něm program napsat, oživit a následně pouze vkopírovat do příslušné složky. Nápovědu je také možné hledat v ostatních podprogramech projektu CYKLUS\_C. příslušná podsložka má název OVLADANI J.2 a najdete ji ve stromu projektu ve složce CMP's.

**12.3.6 Cvičení č. 5 – CYKLUS\_C ( Jednotka J.4)**

Program CYKLUS\_C tvoří celkový cyklus linky, tak jak byl již popsán v předešlých kapitolách. Na rozdíl od předešlých programů je v tomto projektu využíváno tvorby podprogramů. Každá pracovní jednotka je programována samostatně a má svůj vlastní zdrojový kód. Tyto podprogramy pak spojuje jeden hlavní „páteřní“ program. Z tohoto programu vychází čtyři cvičení. Úkolem studentů v těchto čtyřech cvičení bude za pomoci jednoduchých příkazů vytvořit vždy jeden z podprogramů jedné z pracovních jednotek a včlenit je do celého projektu tak, aby byl celkový cyklus kompletní a funkční.

*Název: Tvorba nových podprogramů do celkového cyklu plnicí linky*Zadání:

1. Prostudujte přiložené materiály.
2. Kopírujte zadání z CD do složky C:\FST\Projects. Po ukončení práce zadání zase smažte.
3. Za pomoci návodu vytvořte program dle zadání
4. Po ukončení práce si uložte zdrojový kód a celý projekt v počítači smažte, pokud vám nebude řečeno jinak. Zpracujte protokol o celkovém postupu cvičení, jenž bude obsahovat celkový zdrojový kód. Do závěru uveďte zhodnocení, případná vylepšení nebo změny v chodu programu.

Návod:

- a) Otevřete projekt CYKLUS\_C z přiloženého CD v programu FST 4.10. Najděte zde okno zdrojového kódu a splňte následující úkoly.
- b) Nastudujte program PLN\_DEMO. V projektu CYKLUS\_C vytvořte podprogram pro jednotku J.4 tak, aby byl cyklus plnicí linky plně funkční.

Psát zdrojový kód je možné přímo do připravené složky podprogramu příslušného CMP a nebo si vytvořit svůj vlastní projekt, v něm program napsat, oživit a následně pouze vkopírovat do příslušné složky. Nápovědu je také možné hledat v ostatních podprogramech projektu CYKLUS\_C. příslušná podsložka má název OVLADANI J.4 a najdete ji ve stromu projektu ve složce CMP's.

**12.3.7 Cvičení č. 6 – CYKLUS\_C ( Jednotka J.2, zpětný chod)**

Program CYKLUS\_C tvoří celkový cyklus linky, tak jak byl již popsán v předešlých kapitolách. Na rozdíl od předešlých programů je v tomto projektu využíváno tvorby podprogramů. Každá pracovní jednotka je programována samostatně a má svůj vlastní zdrojový kód. Tyto podprogramy pak spojuje jeden hlavní „páteřní“ program. Z tohoto programu vychází čtyři cvičení. Úkolem studentů v těchto čtyřech cvičení bude za pomoci jednoduchých příkazů vytvořit vždy jeden z podprogramů jedné z pracovních jednotek a včlenit je do celého projektu tak, aby byl celkový cyklus kompletní a funkční.

***Název: Tvorba nových podprogramů do celkového cyklu plnicí linky******Zadání:***

1. Prostudujte příložené materiály.
2. Kopírujte zadání z CD do složky C:\FST\Projects. Po ukončení práce zadání zase smažte.
3. Za pomoci návodu vytvořte program dle zadání
4. Po ukončení práce si uložte zdrojový kód a celý projekt v počítači smažte, pokud vám nebude řečeno jinak. Zpracujte protokol o celkovém postupu cvičení, jenž bude obsahovat celkový zdrojový kód. Do závěru uveďte zhodnocení, případná vylepšení nebo změny v chodu programu.

***Návod:***

- a) Otevřete projekt CYKLUS\_C z příloženého CD v programu FST 4.10. Najděte zde okno zdrojového kódu a splňte následující úkoly.
- b) Nastudujte program PLN\_DEMO. V projektu CYKLUS\_C vytvořte podprogram pro zpětný chod jednotky J.2 tak, aby byl cyklus plnicí linky plně funkční. Zpětný chod jednotky J.2 je část cyklu kdy rameno jednotky J.2 se savkami transportuje ke límky z otočného pracovního stolu zpět do vozíku jednotky J.1

Psát zdrojový kód je možné přímo do připravené složky podprogramu příslušného CMP a nebo si vytvořit svůj vlastní projekt, v něm program napsat, oživit a následně pouze vkopírovat do příslušné složky. Nápovědu je také možné hledat v ostatních podprogramech projektu CYKLUS\_C. příslušná podsložka má název ZPETNE OVLADANI J.2 a najdete ji ve stromu projektu ve složce CMP's.

**12.3.8 Cvičení č. 7 - Čítač*****Název: Princip ověření a využívání čítačů PLC k počítání cyklů strojů.***

Tento program slouží k ověření funkce integrovaných čítačů. Studenti musí naprogramovat část linky (konkrétně jednotku J.2) tak, aby vykonala 6 pracovních cyklů a následně se sama zastavila.

V tomto cvičení je nutné vytvořit páteří program ve kterém bude nastaven čítač. Z tohoto programu bude volán podprogram. V tomto podprogramu bude naprogramována jednotka J.2.

Zadání:

1. Prostudujte příložené materiály.
2. Založte v programu FST nový projekt. Pojmenujte ho podle třech počátečních písmen úkolu a třech počátečních písmenech svého příjmení oddělených podtržítkem ( *úkol: Počítej, jméno: Novák, jméno projektu: POC\_NOV*). Popisu programu pak napište název předmětu a celé své jméno (T7ZRB\_Novak).
3. Za pomoci návodu sestavte program dle zadání.
4. Po ukončení práce si uložte zdrojový kód a celý projekt v počítači smažte, pokud vám nebude řečeno jinak. Zpracujte protokol o celkovém postupu cvičení, jenž bude obsahovat celkový zdrojový kód. Do závěru uveďte případná vylepšení nebo změny v chodu programu.

Vytvořte program tak, aby jednotka J.2 vykonala 6 pracovních cyklů a pak se sama zastavila. Využijte k tomu čítače CP0.

*Pracovní cyklus jednotky J.2*

Výchozí pozice ramene se savkami začíná nad otočným stolem. Otočí se nad vozík, sjede dolů. Po příjezdu dolů nad vozíkem se spustí vakuum na 1 sekundu, poté se sání zastaví. Jednotka vyjede zpět do horní polohy a následně se otočí nad pracovní stůl. Sjede dolů a na 1 sekundu se spustí profuk savek. Celé rameno se zvedne zpět nahoru kde cyklus končí.

Návod:

- a) Deklarujte všechny proměnné o kterých si myslíte, že je budete potřebovat. Seznam proměnných je přílohou návodu.
- b) Sestavte páteří program pro počítání cyklů dle následujících kroků. V prvním kroku bude nastaven samotný čítač. Ve druhém kroku bude rozhodnuto o podmínkách zda má cyklus pokračovat, nebo má-li být ukončen. V tomto kroku musí být také definováno co

se stane pokud jedna z těchto variant nastane. Ve třetím kroku je finální fáze programu kde jednotka vykonala vše co měla a je jejím úkolem vrátit se do původní startovní pozice.

#### *Krok 1-start*

Program bude spuštěn pomocí Flag Wordu 1. Když bude Flag Word 1 v log 1 dojde k nastavení čítače n 6 cyklů. ( *K počítání využijte vámi nadeklarovaný čítač*).

#### *Krok 2- cyklus*

Definujte podmínku za které nemá být operace provedena (*Podmínkou je, že čítač nesmí být aktivní*). Pokud je podmínka splněna zajistěte, aby program odskočil na Krok 3-konec.

Definujte podmínku za které má být operace provedena (*Podmínkou je, že čítač je dosud aktivní*). Pokud je podmínka splněna zajistěte, aby program zavolal podprogram.

#### *Krok 3- konec*

Definujte podmínku za které má být program ukončen. Pokud je podmínka splněna zajistěte, aby se pracovní jednotka vrátila do výchozí polohy. ( *k definici podmínky za které se má celá jednotka J.2 restartovat využijte buďto signálů z čidel J.2 a nebo příkazu NOP*)

c) Sestavte podprogram (Cyklus jednotky J.2). ten bude rozdělen do kroků po jednotlivých operacích jednotky. Pro definování podmínek využívejte buďto informací z čidel nebo přímého buzení pomocí výstupů jednotky o nichž víte, že jsou aktivní z předchozího kroku. ( *Nezapomínejte resetovat nevyužívané vstupy. Zvláště u bistabilních ventilů to zapříčiňuje zaseknutí chodu programu*).

#### Krok M1

Definujte podmínku za které nemá být operace provedena. Je možné využít například časovače nebo příkazu NOP. Důsledkem splnění podmínky musí být vymazání všech výstupů jednotky a nastavení časovače (*např. T2*) pro zajištění zpoždění alespoň 2 sekundy.

#### Krok M2

V tomto kroku je nutné zajistit otočení ramene jednotky nad vozík. Podmínku by měla být informace jednoho z čidel jednotky a dotaz na vypršení času v časovači T2.

Krok M3

Zajistěte sjetí ramene dolů nad vozík a aktivujte saní po dobu 1 sekundy.

Krok M4

V tomto kroku by mělo být deaktivováno vakuum a rameno by mělo vyjet zpět nahoru.

Krok M5

Tento krok musí zajistit otočení jednotky zpět nad pracovní stůl.

Krok M6

V tomto kroku sjede jednotka dolu nad pracovní stůl.

Krok M7

Aktivujte profuk savek a zajistěte odjezd ramene zpět nahoru do výchozí polohy

### 12.3.9 Cvičení č. 8 – Rozhodni

Cvičení je zaměřeno na tvorbu podprogramů a využití příkazu OTHRW. Klíčovou roli v tomto cvičení hraje čidlo CYKL, které je umístěno ve spodní desce otočného pracovního stolu. Na základě informací z tohoto čidla bude zvolena jedna z variant podprogramu. Pokud bude čidlo aktivní bude v činnosti jednotka J.2 a bude opakovat svůj cykl dokud se informace z čidla nezmění nebo dokud nebude program ukončen uživatelem. Pokud bude čidlo neaktivní bude v činnosti jenotka J.4. Svůj cyklus bude opakovat tak dlouho dokud nebude změněna operace z čidla a nebo dokud nebude celý program ukončen uživatelem. Jednotlivé cykly jednotek J.2 a J.4 jsou uvedeny níže v návodu.

***Název: Ověření příkazu OTHRW a volání podprogramů***

Zadání:

1. Prostudujte přiložené materiály.
2. Založte v programu FST nový projekt. Pojmenujte ho podle třech počátečních písmen úkolu a třech počátečních písmenech svého příjmení oddělených podtržit-

kem ( *úkol: Počítej, jméno: Novák, jméno projektu: POC\_NOV*). Popisu programu pak napište název předmětu a celé své jméno (T7ZRB\_Novak)

3. Za pomoci návodu program dle zadání
4. Po ukončení práce si uložte zdrojový kód a celý projekt v počítači smažte, pokud vám nebude řečeno jinak. Zpracujte protokol o celkovém postupu cvičení, jenž bude obsahovat celkový zdrojový kód. Do závěru uveďte zhodnocení, případná vylepšení nebo změny v chodu programu.

#### Návod:

Vytvořte program tak, aby na základě informací z čidla CYKL bylo rozhodnuto o činnosti jednotky J.2 nebo činnosti J.4. Pokud bude čidlo Cykl sepnuté zajistěte, aby byla v chodu jednotka J.2 a opakovala pracovní cykly dokud nebude program manuálně zastaven nebo se nezmění informace z čidla cykl. Pokud bude čidlo neaktivní zajistěte funkci jednotky J.4 tak, aby jednotka opakovala svoji činnost dokud nebude program ukončen uživatelem a nebo se nezmění informace z čidla CYKL. Při tvorbě programu využijte příkazů OTHRW, JMP TO a volání podprogramů CMP. (*toto cvičení provádějte bez kelímků*)

a) Deklarujte všechny proměnné o, kterých si myslíte, že je budete potřebovat. Seznam proměnných je přílohou návodu.

b) Sestavte páteřní program pro vyhodnocení a rozhodnutí dle následujících kroků.

#### Krok M1

V tomto kroku zajistěte spuštění programu na základě nějaké podmínky. Může to být buďto Flag Word nebo například příkaz NOP. Na základě této podmínky vynulujte všechny výstupy, jenž budete využívat. Nezapomeňte vynulovat a nastavit aretační válec tak, aby byl otočný stůl volný. Nastavte také časovač, aby od sebe byly kroky odděleny. Optimální čas pro oddělení je 1 sekunda.

#### Krok M2

V tomto kroku definujte dotaz na čidlo CYKL. Na základě této podmínky rozhodněte, zda bude spuštěn program CMP0 nebo program CMP1. Nastavte časovač pro oddělení kroku.

#### Krok M3

V tomto kroku pouze zajistěte pouze skok zpět na Krok M2 tak aby se program pohyboval v cyklech, dokud nebude zastaven uživatelem.

c) Sestavte podprogram (Cyklus jednotky J. 2). Ten bude rozdělen do kroků po jednotlivých operacích jednotky. Pro definování podmínek využívejte buďto informací z čidel nebo přímého buzení pomocí výstupů jednotky, o nichž víte, že jsou aktivní z předchozího kroku. (*Nezapomínejte resetovat nevyužívané vstupy. Zvláště u bistabilních ventilů to zapříčiňuje zaseknutí chodu programu*).

#### Krok M1

Definujte podmínku, za které nemá být operace provedena. Je možné využít například časovače nebo příkazu NOP. Důsledkem splnění podmínky musí být vymazání všech výstupů jednotky a nastavení časovače (*např. T2*) pro zajištění zpoždění alespoň 2 sekundy.

#### Krok M2

V tomto kroku je nutné zajistit otočení ramene jednotky nad vozík. Podmínku by měla být informace jednoho z čidel jednotky a dotaz na vypršení času v časovači T2.

#### Krok M3

Zajistěte sjetí ramene dolů nad vozík a aktivujte saní po dobu 1 sekundy.

#### Krok M4

V tomto kroku by mělo být deaktivováno vakuum a rameno by mělo vyjet zpět nahoru.

#### Krok M5

Tento krok musí zajistit otočení jednotky zpět nad pracovní stůl.

#### Krok M6

V tomto kroku sjede jednotka dolu nad pracovní stůl.

#### Krok M7

Aktivujte profuk savek a zajistěte odjezd ramene zpět nahoru do výchozí polohy



d) Sestavte podprogram na ovládání jednotky J.4. Ten bude rozdělen do kroků po jednotlivých operacích jednotky. Pro definování podmínek využívejte buďto informací z čidel nebo přímého buzení pomocí výstupů jednotky, o nichž víte, že jsou aktivní z předchozího kroku. *(Nezapomínejte resetovat nevyužívané vstupy. Zvlášť u bistabilních ventilů to zapříčiňuje zaseknutí chodu programu).*

#### Krok M1

V tomto kroku definujte podmínku, za které bude program zpustit. Flag word a nebo příkaz NOP. Na základě podmínky vynulujte všechny výstupy, jenž budete využívat. Nastavte také časovač pro oddělení kroku.

#### Krok M2

Vzneste dotaz na polohu víčkovací jednotky. Na základě této informace zajistěte vysunutí víčkovacího zařízení. Nastavte časovač pro oddělení kroku.

#### Krok M3

Vzneste dotaz na polohu víčkovací jednotky. Na základě této informace zajistěte sjetí jednotky nad otočný pracovní stůl. Nastavte časovač pro oddělení kroku.

#### Krok M4

V tomto kroku zajistěte odjezd jednotky nad otočný pracovní stůl a nastavte časovač.

#### Krok M5

V tomto kroku zajistěte zasunutí víčkovací jednotky zpět do výchozí polohy.

5. Po ukončení práce si uložte zdrojový kód a celý projekt v počítači smažte, pokud vám nebude řečeno jinak. Zpracujte protokol o celkovém postupu cvičení, jenž bude obsahovat celkový zdrojový kód. Do závěru uveďte případná vylepšení nebo změny v chodu programu.

### 13 ZÁVĚR

V průběhu přípravy a vypracování literární rešerše 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 s.r.o.

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. Vzhledem k této skutečnosti a skutečnosti, že manipulátorů je využíváno téměř ve všech mechanizovaných výrobních procesech, nelze tuto záležitost zanedbávat ani při výuce technických oborů. V konstrukci vstřikovacích a dalších výrobních linek zastávají manipulátory funkce podavačů, odstřihování vtokových soustav a s různými technologickými hlavicemi i řadu jiných rozmanitých technologických operací. Jejich pohonným médiem je povětšinou vzduch v kombinaci s elektřinou.

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 médium 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.

Pneumatické manipulátory jsou povětšinou řízeny pomocí samostatných PLC a nebo jejich soustavou. Tyto programovatelné automaty vynikají především svou velikou variabilitou a v kombinaci s kvalitním softwarem i velkým komfortem jejich ovládní. V současné době

jsou již i lépe cenově dostupné jejich rozvoji a většímu využívání ve výrobních procesech tedy nic nebrání.

Účelem této práce je seznámit studenty s funkcí ovládáním a programováním pneumatických manipulátorů za pomoci programovatelných logických automatů. K těmto účelům byl zvolen pneumatický demonstrační model plnicí linky jehož konstrukcí jsem se zabýval již v rámci bakalářské práce. K tomu, aby model plnohodnotně plnil podmínky pro zařízení na němž bude prováděna výuka bylo nutné provést úpravy konstrukce a uvést do chodu všechny jeho pracovní jednotky. Svislý válec DGPL-25-225 byl sice funkční, ale jeho řídicí jednotka, karta AM-30, byla staršího data výroby a nebyla kompatibilní s používaným softwarem FST 4.10. Tento problém měl být odstraněn nahráním ovladačů do programu FST 4.10. Tato varianta byla sice funkční, ale nastavení a programování jednotky J.3 by se stalo tak obtížným, že by nebylo možné této pracovní jednotky využívat k výuce. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o záměně řídicí karty AM-30 za řídicí jednotku SPC-200. Její instalace byla snazší a navíc se podařilo rozšířit pneumatický demonstrační model o další tři pozice na něž je možné nainstalovat pneumatické válce s funkcí Soft-stop. Tato jednotka také umožňuje polohování válců s přesností na 0,1mm. Zařazením nové jednotky do okruhu řízení bylo nutné zavést i nový řídicí software, protože regulátor SPC 200 má svůj vlastní systém. Tímto softwarem je program Win PISA 4.50. Nastavení a deklarování proměnných probíhá podobně jako v softwaru FST 4.10. Program Win PISA je schopen sám detekovat nově připojené pracovní prvky, sám najde krajní polohy těchto pracovních prvků, odhadne jejich zátěž a sám nastaví všechny parametry potřebné pro správný chod válce. Samotné programování v programu Win PISA 4.50 je velmi podobné programování strojů CNC. Pokud by na regulátor SPC 200 bylo instalováno více pracovních prvků bylo by možné tvořit samostatné úkoly v tomto programu. Tento fakt by mohl být jednou z variant kam by se mohlo ubírat další využití pneumatického demonstračního modelu pro výukové účely.

Z hlediska funkčnosti byla velmi omezující nepřesnost v polohování otočného stolu. V rámci mé bakalářské práce na tomto modelu byl nefunkční krokový motor zaměněn za pneumatickou kyvnou jednotku. Kyvná jednotka DSM-25 však umožňuje pouze pootočení o 270°. Abychom docílili otáčení o 360° byla zařazena do sestavy pohonu kyvné jednotky ještě volnoběžná spojka. Vzhledem k tomu, že pootočením kyvné jednotky o jeden krok, tedy 72°, pokračoval otočný pracovní stůl v pohybu vlivem setrvačné síly bylo nutno instalovat brzdící čelisti. Tyto pak působily přítlačnou sílu na hřídel otočného stolu. Vlivem

nepřesnosti při výrobě a montáži však docházelo k nestejnomyšernému přitlaku čelistí. To mělo za následek, že v některých polohách se otočný stůl pootočil více než měl a nebylo prakticky možné celou sestavu jakkoli seřídít.

Při návrhu řešení aretace otočného stolu bylo nutné dosáhnout vysoké přesnosti polohování. Situace byla řešena pomocí pneumatického válce DSN-25-25-PPV-A. Bylo vypracováno několik variant aretace. Z důvodů náročnosti časování celého systému byla zvolena varianta v níž se válec opatřený vodící tyčí v kuličkovém vedení zasouvá pod otočný stůl a pomocí aretačních bloků umístěných na spodní straně stolu, vždy zastaví stůl v požadované poloze. Po uskutečnění této varianty vznikl však problém kolizí manipulovaných kelímků s vodící tyčí aretačního válce. Bylo tedy nutné těmto kolizím zabránit tím, že krok otočného stolu se rozdělil do dvou. Celý krok stolu tedy vypadá tak, že otočný pracovní stůl se pootočí o 40° tím se dostanou kelímky za místo kde se zasouvá vodící tyč. Teprve po tomto kroku je vodící tyč zasunuta a otočný stůl vykoná svůj druhý krok kde již dojde k nárazu na následující aretační blok a k přesnému ustavení otočného stolu v požadované poloze. Tímto rozdělením došlo k prodloužení pracovního cyklu asi o jednu sekundu. Tato varianta se však jeví jako jediná možná. V praxi by zřejmě celá linka byla řešena průběžně a proces plnění a zavírání kelímků by byl kontinuální. Pro výukové účely je však řešení pomocí jednotlivých cyklů více vhodné z důvodů lepšího a častějšího využití pracovních jednotek. Tím, že byl problém aretace vyřešen je možné plně využít potenciálu pneumatického demonstračního modelu k výukovým účelům. V konkrétním řešení v reálném provozu by však bylo vhodnější využití krokového motoru z důvodů nízké seřizovací náročnosti.

Jedním z bodů zadání bylo také vytvořit několik úloh pro cvičení předmětu Základy robotiky. Za tímto účelem bylo vytvořeno 5 výukových programů a z nich 8 zadání pro cvičení. Obtížnost zadání byla volena podle předešlých pozorování studentů jenž v uplynulých letech na pneumatickém demonstračním modelu prováděli cvičení. Byla tedy vytvořena zadání kde se studenti pouze seznamují se softwarovým prostředím využívaným pro programování PLC, případně pouze editují některá data ve zdrojovém kódu, který byl pro tyto účely vytvořen. V dalším stupni obtížnosti pak studenti píší programy menšího rozsahu, případně vytváří podprogramy jednotlivých pracovních jednotek a následně je vkládají do již předpřipraveného projektu. Tato varianta je vytvořena tak, aby finálním výstupem byl celkový cyklus pneumatického demonstračního modelu. Ve třetím stupni obtížnosti pak již studenti sami musí vytvořit projekt a napsat krátký program. Zde už je v omezené míře

požadována i tvorba podprogramů, využití čítačů a dalších možností, které poskytuje programovatelný logický automat HC 16.

Přesto, že pneumatický demonstrační model byl plně zprovozněn a byla vytvořena příslušná zadání není jeho potenciál zcela vyčerpán. Tím, že byla překonfigurována řídicí jednotka HC 16 poskytuje model další možnosti rozšíření. Velké možnosti využití spočívají také v nově instalované řídicí jednotce SPC 200. Je zde možnost učit se dva programovací jazyky na jednom stroji. Velké možnosti poskytuje také software FST 4.10 díky němuž máme možnost realizovat ovládání zdánlivě jednočinného stroje velkým množstvím způsobu. 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 líniových 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 demonstračním 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.

**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.
- [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>
- [11] PROKOP, F. *Technické prostředky automatizace III*. Zlín: UTB Zlín, 2005. ISBN 80-7318-315-3

**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
PRaM	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. Dělení pracovních hlavic .....	21
Obr. 2. Rozdělení úchopných hlavic .....	22
Obr. 3. Rozdělení úchopných prvků.....	22
Obr. 4. Rozdělení úchopných prvků.....	23
Obr. 5. Rozdělení aktivních mechanických hlavic.....	24
Obr. 6. Hydraulická úchopná hlavice .....	26
Obr. 7. Členění kompresorů .....	33
Obr. 8. Pístový kompresor.....	34
Obr. 9. Membránový kompresor .....	34
Obr. 10. Křídlový (lamelový) kompresor.....	35
Obr. 11. Šroubový kompresor .....	36
Obr. 12. Rootsův kompresor .....	36
Obr. 13. Axiální turbokompresor .....	37
Obr. 14. Jednočinný pístový motor .....	41
Obr. 15. Membránový motor.....	42
Obr. 16. Motor s odvalující se membránou.....	42
Obr. 17. Dvojitý přímočarý pístový motor .....	43
Obr. 18. Motor s průchozí pístnicí .....	43
Obr. 19. Tandemový motor .....	44
Obr. 20. Vícepolohový motor .....	45
Obr. 21. Pístový motor s lanovým převodem.....	45
Obr. 22. Pístový motor s převodem na rotační pohyb.....	46
Obr. 23. Motor s rotační lopatkou.....	46
Obr. 24. Motor s tlumením v koncových polohách.....	47
Obr. 25. Soft stop regulátory.....	47
Obr. 26. Rozdělení regulátorů pro konkrétní pracovní válce.....	48
Obr. 27. ukázka zapojení systému soft stop .....	49
Obr. 28. Jednostupňový zesilovač tlaku.....	51
Obr. 29. Dvoustupňový zesilovač tlaku .....	51
Obr. 30. Pneumaticko-elektrický převodník .....	52
Obr. 31. Vzduchové hradlo .....	54
Obr. 32. Proudová záchytná tryska.....	55



Obr. 33. Reflexní tryska .....	56
Obr. 34. Charakteristiky reflexních trysek .....	56
Obr. 35. Dorazová tryska .....	57
Obr. 36. Pneumatické jazýčkové relé.....	58
Obr. 37. Celkový pohled na linku před provedením úprav .....	61
Obr. 38. Svorkovnice linky .....	62
Obr. 39. Umístění aretace Varianta č.1 .....	64
Obr. 40. Schéma aretace Varianty č.2 .....	64
Obr. 41. Schéma aretace Varianty č.3 .....	65
Obr. 42. Pneumatický válec DSNU-25-25-PPV-A.....	66
Obr. 43. Čidlo SME-10F-DS-24V .....	67
Obr. 44. Instalace aretační jednotky .....	68
Obr. 45. Instalace PLC .....	69
Obr. 46. Schéma zapojení výstupních karet.....	70
Obr. 47. Schéma zapojení vstupní karty .....	71
Obr. 48. SPC-200 .....	73
Obr. 49. Karta digitálních výstupů .....	75
Obr. 50. Karta napájení .....	77
Obr. 51. Karta sériového rozhraní.....	77
Obr. 52. Zapojení obvodu s polohovacím systémem SPC 200 .....	79
Obr. 53. Instalace SPC 200 .....	80
Obr. 54. Pracovní prostředí Win PISA 4.50.....	80
Obr. 55. Ventilový terminál CDVI5.0.....	82
Obr. 56. Schéma sestavy CDVI 5.0.....	83
Obr. 57. Schéma připojování konektorů CDVI5.0.....	84
Obr. 58. Schéma zapojení napájení CDVI5.0 .....	86
Obr. 59. Schéma zapojení terminálu CDVI5 .....	87
Obr. 60. Schéma adres terminálu CDVI5.0.....	88
Obr. 61. Založení nového projektu.....	91
Obr. 63. Nastavení projektu .....	92
Obr. 64. Definování karet vstupů .....	92
Obr. 66. Okno nastavení ovladačů .....	94
Obr. 67. Okno nastavení podprogramů .....	99
Obr. 68. Dělení linky na pracovní jednotky .....	101

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Tabulka komponentů zapojení systému soft stop .....	49
Tab. 2. Tabulka parametrů válce DSNU .....	66
Tab. 2. Tabulka obecných údajů regulátoru SPC 200 .....	74
Tab. 3. Tabulka obecných údajů karty digitálních vstupů a výstupů .....	75
Tab. 4. Tabulka adres vstupů .....	76
Tab. 5. Tabulka adres výstupů.....	76
Tab. 6. Tabulka zapojení karty napájení .....	77
Tab. 7. Tabulka obecných údajů karty sériového rozhraní.....	78
Tab. 8. Tabulka pozic zapojení SPC 200 .....	79
Tab. 9. Pozice prostředí Win PISA 4.50 .....	81
Tab. 10. Tabulka programovacích příkazů pro Win PISA 4.50.....	81
Tab. 11. Tabulka pozic ventilového terminálu CDVI 5.0.....	83
Tab. 12. Tabulka pozic připojení CDVI 5.0.....	84
Tab. 13. Tabulka typů připojení CDVI 5.0 .....	85
Tab. 14. Tabulka adres CDVI 5.0 .....	87
Tab. 15. Tabulka barevného označení.....	89
Tab. 16. Tabulka nastavení karet vstupů a výstupů .....	93

**SEZNAM PŘÍLOH**

- PŘÍLOHA PI:** SEZNAM POUŽITÝCH VÝSTUPŮ
- PŘÍLOHA PII:** SEZNAM POUŽITÝCH VSTUPŮ
- PŘÍLOHA PIII:** SEZNAM DALŠÍCH OPERANDŮ
- PŘÍLOHA PIV:** OPERANDY DĚLENÉ PODLE JEDNOTEK
- PŘÍLOHA PV:** PNEUMATICKÉ SCHÉMA PDM
- PŘÍLOHA PVI:** ZDROJOVÝ KÓD PROGRAMU CYKLUS\_A
- PŘÍLOHA P VII:** ZDROJOVÝ KÓD PROGRAMU CYKLUS\_B
- PŘÍLOHA P VIII:** ZDROJOVÝ KÓD PODPROGRAMU CYKLUS\_B
- PŘÍLOHA P VIX:** CD - FOTODOKUMENTACE
- PROJEKTY VYTVOŘENÉ V PROGRAMU FST 4.10
  - ZADÁNÍ CVIČENÍ
  - 3D MODEL V PROGRAMU INVENTOR 9.0
  - TEXTOVÁ ČÁST VE FORMATU PDF
  - PNEUMATICKÉ SCHÉMA V PROGRAMU FLUID DRAW







**PŘÍLOHA P I: SEZNAM POUŽITÝCH VÝSTUPŮ**

Symbol	Operand	Název	Komentář
⊗	O0.0	NULUJ	Reset svislého válce
⊗	O0.1	SMERUJ	Změň směr svislého válce
⊗	O0.2	JDI	Uveď svislý válec do chodu
⊗	O0.3	TAM	Otoč savky nad kruh
⊗	O0.4	ZPET	Otoč savky nad vozík
⊗	O0.5	DOLU	Savky dolu
⊗	O0.6	VICKA	Vysunutí víček
⊗	O0.7	RAMENO	Rameno dolu
⊗	O0.8	VPRED	Vozík směrem k PC
⊗	O0.9	VZAD	Vozík směrem od PC
⊗	O0.10	MEZIPOL1	Mezipoloha blíže k PC
⊗	O0.11	MEZIPOL2	Mezipoloha dál od PC
⊗	O0.12	VAKUUM	Savky vákuum
⊗	O0.13	PROFUK	Savky profuk
⊗	O0.14	KRUH	Otoč stolem
⊗	O1.0	BLOKUJ	Zablokuj otočný stůl
⊗	O1.1	BLOKUJ	Aretační válec zasunut

**PŘÍLOHA P II: SEZNAM POUŽITÝCH VSTUPŮ**

Symbol	Operand	Název	Komentář
I0.0	I0.0	VOLNO	Aretační válec zasunut
I0.1	I0.1		
I0.2	I0.2	BLOKOVANO	Aretační válec vysunut
I0.3	I0.3	NVOZIK	Rameno nad vozíkem
I0.4	I0.4	NKRUH	Rameno nad stolem
I0.5	I0.5	NAHORE	Rameno nahore
I0.6	I0.6	DOLE	Rameno dole
I0.7	I0.7	ZASUNUTO	Víčka zasunuta
I0.8	I0.8	VYSUNUTO	Víčka vysunuta
I0.9	I0.9		
I0.10	I0.10	CYKL	
I0.11	I0.11		
I0.12	I0.12	VZADU	Vozík je v poloze v VZAD
I0.13	I0.13	VPREDU	Vozík je v poloze VPRED
I0.14	I0.14	VPOLOZE1	Vozík je v MEZIPOL1
I0.15	I0.15	VPOLOZE2	Vozík je v MEZIPOL2

**PŘÍLOHA P III: SEZNAM DALŠÍCH OPERANDŮ**

Symbol	Operand	Název	Komentář
	T0		Čas programu
	T1		Čas podprogramu 1
	T2		Čas podprogramu 2
	C0	CITAC	Čítač C0
	CP0	PCITAC	Předvolba čítače
	F0.1	FLAG	Flag word ke spuštění

## PŘÍLOHA P IV: OPERANDY DĚLENÉ PODLE JEDNOTEK

Symbol	Operand	Název	Komentář
<b>Jednotka J.1 - vstupy</b>			
⊗	O0.8	VPRED	Vozík směrem k PC
⊗	O0.9	VZAD	Vozík směrem od PC
⊗	O0.10	MEZIPOL1	Mezipoloha blíže k PC
⊗	O0.11	MEZIPOL2	Mezipoloha dál od PC
<b>Jednotka J.1 - výstupy</b>			
⊕	I0.12	VZADU	Vozík je v poloze v VZAD
⊕	I0.13	VPREDU	Vozík je v poloze VPRED
⊕	I0.14	VPOLOZE1	Vozík je v MEZIPOL1
⊕	I0.15	VPOLOZE2	Vozík je v MEZIPOL2

Symbol	Operand	Název	Komentář
<b>Jednotka J.2 - výstupy</b>			
⊗	O0.3	TAM	Otoč savky nad kruh
⊗	O0.4	ZPET	Otoč savky nad vozík
⊗	O0.5	DOLU	Savky dolu
⊗	O0.12	VAKUUM	Savky vákuum
⊗	O0.13	PROFUK	Savky profuk
<b>Jednotka J.2 - vstupy</b>			
⊕	I0.3	NVOZIK	Rameno nad vozíkem
⊕	I0.4	NKRUH	Rameno nad stolem
⊕	I0.5	NAHORE	Rameno nahore
⊕	I0.6	DOLE	Rameno dole
⊕	I0.6	DOLE	Rameno dole

Symbol	Operand	Název	Komentář
<b>Jednotka J.3 - výstupy</b>			
⊗	O0.0	NULUJ	Reset svislého válce
⊗	O0.1	SMERUJ	Změň směr svislého válce
⊗	O0.2	JDI	Uved' svislý válec do chodu

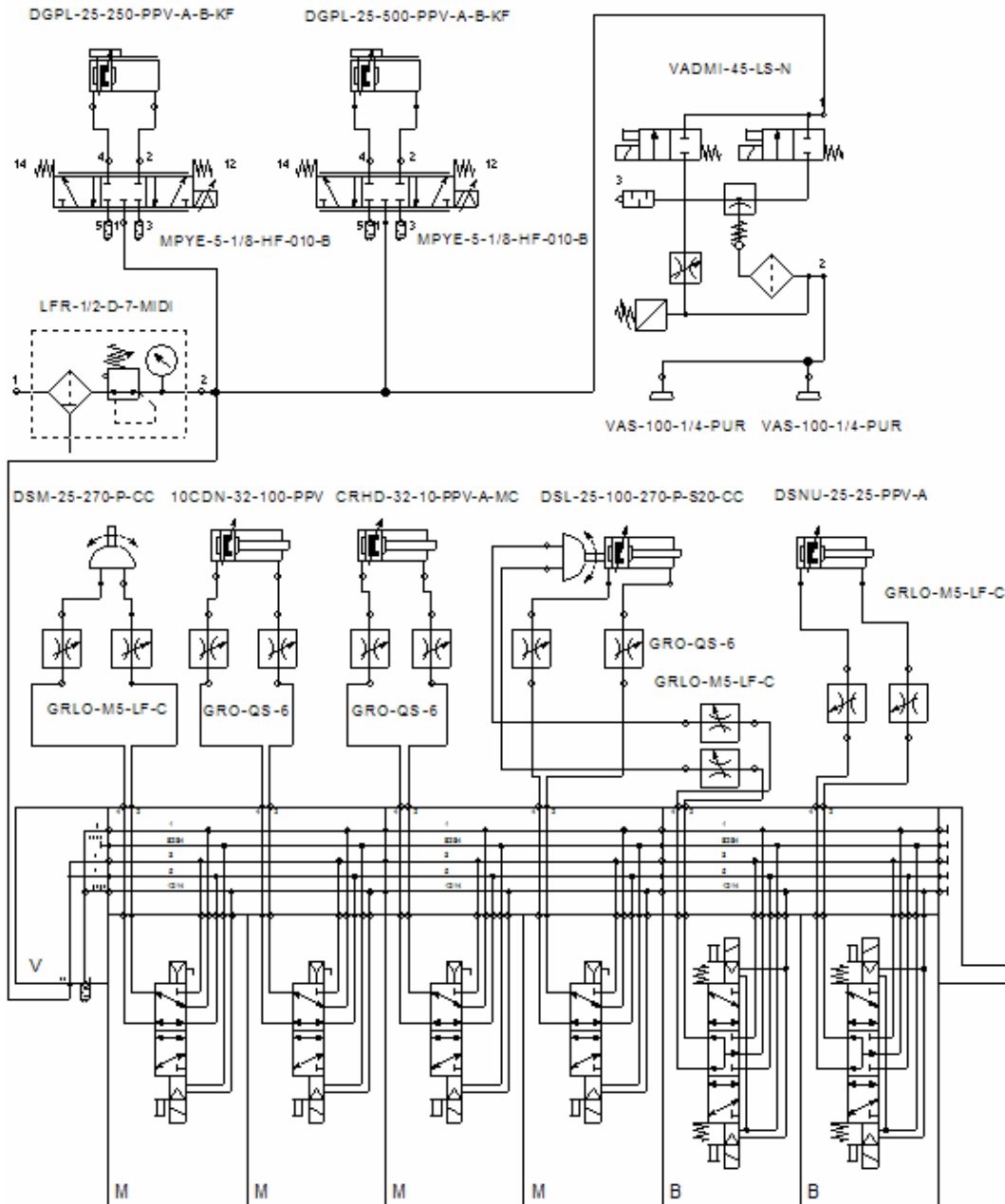
Symbol	Operand	Název	Komentář
<b>Jednotka J.4 - výstupy</b>			
⊗	O0.6	VICKA	Vysunutí víček
⊗	O0.7	RAMENO	Rameno dolu
<b>Jednotka J.4 - vstupy</b>			
⊞	I0.7	ZASUNUTO	Víčka zasunuta
⊞	I0.8	VYSUNUTO	Víčka vysunuta
⊞	I0.8	VYSUNUTO	Víčka vysunuta

Symbol	Operand	Název	Komentář
<b>Jednotka J.5 - výstupy</b>			
⊗	O0.14	KRUH	Otoč stolem

Symbol	Operand	Název	Komentář
<b>Jednotka J.6 - výstupy</b>			
⊗	O1.0	BLOKUJ	Zablokuj otočný stůl
⊗	O1.1	UVOLNI	Uvolni otočný stůl
<b>Jednotka J.6 - vstupy</b>			
⊞	I0.0	VOLNO	Aretační válec zasunut
⊞	I0.2	BLOKOVANO	Aretační válec vysunut



## PŘÍLOHA P V: PNEUMATICKÉ SCHÉMA PDM



**PŘÍLOHA P VI: ZDROJOVÝ KÓD PROGRAMU CYKLUS\_A**

STEP M1

IF		FLAG	'Flag word ke spuštění
	AND	N T0	'Cas programu 0
THEN	RESET	NULUJ	'Reset svislého válce
	RESET	SMERUJ	'Změň směr svislého válce
	RESET	JDI	'Uveď svislý válec do chodu
	RESET	ZPET	'Otoč savky nad vozík
	RESET	DOLU	'Savky dolu
	RESET	VICKA	'Podej víčka
	RESET	RAMENO	'Rameno dolu
	RESET	VZAD	'Vozík směrem od PC
	RESET	MEZIPOL1	'Mezipoloha blíže k PC
	RESET	MEZIPOL2	'Mezipoloha dál od PC
	RESET	VAKUUM	'Savky vákuum
	RESET	PROFUK	'Savky profuk
	RESET	KRUH	'Otoč stolem
	RESET	KRUH	'Otoč stolem
	RESET	BLOKUJ	'Zablokuj otočný stůl
	SET	UVOLNI	'Odblokuj otočný stůl
	SET	VPRED	'Vozík směrem k PC
	SET	ZPET	'Otoč savky nad vozík
	SET	T0	'Cas programu 0
	WITH	0.5s	

STEP M2

IF		N T0	'Cas programu 0
	AND	VPRED	'Vozík směrem k PC

```
THEN RESET          VPRED          'Vozík směrem k PC
      SET            VZAD          'Vozík směrem od PC
      SET            KRUH          'Otoč stolem
      SET            T0            'Cas programu 0
      WITH          1s

STEP M3
IF            N      T0            'Cas programu 0
      AND          VZAD          'Vozík směrem od PC

THEN SET        DOLU          'Savky dolu
      RESET      KRUH          'Otoč stolem
      SET        T0            'Cas programu 0
      WITH      0.5s

STEP M4
IF            N      T0            'Cas programu 0
      AND          DOLU          'Savky dolu

THEN RESET      ZPET          'Otoč savky nad vozík
      RESET      UVOLNI        'Odblokuj otočný stůl
      SET        VAKUUM        'Savky vákuum
      SET        T0            'Cas programu 0
      WITH      0.5s

STEP M5
IF            N      T0            'Cas programu 0
      AND          VAKUUM        'Savky vákuum
```

```
THEN RESET          DOLU          'Savky dolu
                RESET          VAKUUM        'Savky vákuum
                SET           BLOKUJ       'Zablokuj otočný stůl
                SET           KRUH        'Otoč stolem
                SET           T0          'Cas programu 0
                WITH          0.5s

STEP M6
IF              N      T0          'Cas programu 0
                AND     N      DOLU        'Savky dolu

THEN RESET          VAKUUM        'Savky vákuum
                RESET          KRUH        'Otoč stolem
                SET           TAM         'Otoč savky nad kruh
                SET           T0          'Cas programu 0
                WITH          1s

STEP M7
IF              N      T0          'Cas programu 0
                AND     TAM         'Otoč savky nad kruh

THEN RESET          TAM         'Otoč savky nad kruh
                SET           DOLU        'Savky dolu
                SET           T0          'Cas programu 0
                WITH          0.5s

STEP M8
IF              N      T0          'Cas programu 0
                AND     DOLU        'Savky dolu
```

```
THEN SET          PROFUK          'Savky profuk
      SET          T0              'Cas programu 0
      WITH        0.5s

STEP M9
IF          N      T0              'Cas programu 0
      AND        DOLU            'Savky dolu

THEN RESET      DOLU            'Savky dolu
      RESET     PROFUK          'Savky profuk
      SET       T0              'Cas programu 0
      WITH     0.5s

STEP M10
IF          N      T0              'Cas programu 0
      AND    N      DOLU            'Savky dolu

THEN RESET      BLOKUJ          'Zablokuj otočný stůl
      SET       UVOLNI          'Odblokuj otočný stůl
      SET       T0              'Cas programu 0
      WITH     0.5s

STEP M11
IF          N      T0              'Cas programu 0
      AND        UVOLNI          'Odblokuj otočný stůl

THEN RESET      UVOLNI          'Odblokuj otočný stůl
      SET       KRUH            'Otoč stolem
      SET       T0              'Cas programu 0
      WITH     1.5s
```

## STEP M12

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      KRUH        'Otoč stolem

THEN RESET      KRUH          'Otoč stolem
   SET          BLOKUJ        'Zablokuj otočný stůl
   SET          KRUH          'Otoč stolem
   SET          T0            'Cas programu 0
           WITH      1.5s
```

## STEP M13

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      KRUH        'Otoč stolem

THEN RESET      KRUH          'Otoč stolem
   SET          T0            'Cas programu 0
           WITH      0.5s
```

## STEP M14

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      N      KRUH        'Otoč stolem

THEN SET        KRUH          'Otoč stolem
   SET          T0            'Cas programu 0
           WITH      1s
```

## STEP M15

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      KRUH        'Otoč stolem
```

```
THEN RESET          KRUH          'Otoč stolem
                RESET          BLOKUJ          'Zablokuj otočný stůl
                SET           UVOLNI          'Odblokuj otočný stůl
                SET           T0            'Cas programu 0
                WITH          0.5s

STEP M16
IF              N          T0            'Cas programu 0
                AND          N          BLOKUJ          'Zablokuj otočný stůl

THEN SET        KRUH          'Otoč stolem
                SET        T0            'Cas programu 0
                WITH        1.5s

STEP M17
IF              N          T0            'Cas programu 0
                AND          KRUH          'Otoč stolem

THEN RESET     KRUH          'Otoč stolem
                RESET     UVOLNI          'Odblokuj otočný stůl
                SET       BLOKUJ          'Zablokuj otočný stůl
                SET       T0            'Cas programu 0
                WITH      1s

STEP M18
IF              N          T0            'Cas programu 0
                AND          N          KRUH          'Otoč stolem

THEN SET       KRUH          'Otoč stolem
                SET       T0            'Cas programu 0
                WITH      1s
```

## STEP M19

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      KRUH        'Otoč stolem

THEN RESET      KRUH          'Otoč stolem
   SET          SMERUJ        'Změň směr svislého válce
   SET          JDI           'Uved' svislý válec do chodu
   SET          T0           'Cas programu 0
           WITH      2s
```

## STEP M20

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      JDI        'Uved' svislý válec do chodu

THEN RESET      SMERUJ        'Změň směr svislého válce
   RESET      JDI           'Uved' svislý válec do chodu
   SET          T0           'Cas programu 0
           WITH      0.5s
```

## STEP M21

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      N      JDI        'Uved' svislý válec do chodu

THEN SET          JDI           'Uved' svislý válec do chodu
   SET          T0           'Cas programu 0
           WITH      0.5s
```

## STEP M22

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      BLOKUJ      'Zablokuj otočný stůl
```



```
THEN RESET          BLOKUJ          'Zablokuj otočný stůl
      SET            UVOLNI          'Odblokuj otočný stůl
      SET            T0              'Cas programu 0
      WITH           0.5s

STEP M23
IF          N        T0              'Cas programu 0
      AND          UVOLNI          'Odblokuj otočný stůl

THEN SET          KRUH              'Otoč stolem
      RESET       UVOLNI          'Odblokuj otočný stůl
      SET          T0              'Cas programu 0
      WITH         1.5s

STEP M24
IF          N        T0              'Cas programu 0
      AND          KRUH            'Otoč stolem

THEN RESET       KRUH              'Otoč stolem
      SET        BLOKUJ          'Zablokuj otočný stůl
      SET        T0              'Cas programu 0
      WITH         1s

STEP M25
IF          N        T0              'Cas programu 0
      AND          BLOKUJ          'Zablokuj otočný stůl

THEN SET          KRUH              'Otoč stolem
      SET          T0              'Cas programu 0
      WITH         1s
```

## STEP M26

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      KRUH        'Otoč stolem

THEN RESET      KRUH          'Otoč stolem
   SET          VICKA         'Podej víčka
   SET          T0            'Cas programu 0
       WITH      1s
```

## STEP M27

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      VICKA      'Podej víčka

THEN SET      RAMENO         'Rameno dolu
   SET        T0            'Cas programu 0
       WITH   1s
```

## STEP M28

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      RAMENO     'Rameno dolu

THEN RESET      RAMENO         'Rameno dolu
   RESET        BLOKUJ        'Zablokuj otočný stůl
   SET          UVOLNI        'Odblokuj otočný stůl
   SET          T0            'Cas programu 0
       WITH      1s
```

## STEP M29

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      N      RAMENO 'Rameno dolu
```

```
THEN RESET          VICKA          'Podej víčka
          RESET          UVOLNI          'Odblokuj otočný stůl
          SET           KRUH           'Otoč stolem
          SET           T0            'Cas programu 0
          WITH          1.5s

STEP M30
IF          N          T0            'Cas programu 0
          AND          KRUH          'Otoč stolem

THEN RESET          KRUH           'Otoč stolem
          SET          BLOKUJ        'Zablokuj otočný stůl
          SET          T0            'Cas programu 0
          WITH          1s

STEP M31
IF          N          T0            'Cas programu 0
          AND          BLOKUJ        'Zablokuj otočný stůl

THEN SET          KRUH           'Otoč stolem
          SET          T0            'Cas programu 0
          WITH          1s

STEP M32
IF          N          T0            'Cas programu 0
          AND          KRUH          'Otoč stolem
THEN RESET          KRUH           'Otoč stolem
          RESET          BLOKUJ        'Zablokuj otočný stůl
          SET          UVOLNI          'Odblokuj otočný stůl
```

```
        SET          T0          'Cas programu 0
        WITH         1s

STEP M33
IF          N        T0          'Cas programu 0
        AND         UVOLNI      'Odblokuj otočný stůl

THEN SET      KRUH      'Otoč stolem
        SET        T0          'Cas programu 0
        WITH         1.5s

STEP M34
IF          N        T0          'Cas programu 0
        AND         KRUH      'Otoč stolem

THEN RESET   KRUH      'Otoč stolem
        RESET     UVOLNI      'Odblokuj otočný stůl
        SET       BLOKUJ      'Zablokuj otočný stůl
        SET       T0          'Cas programu 0
        WITH         1s

STEP M35
IF          N        T0          'Cas programu 0
        AND         BLOKUJ      'Zablokuj otočný stůl

THEN SET      KRUH      'Otoč stolem
        SET        T0          'Cas programu 0
        WITH         1s
```

## STEP M36

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      BLOKUJ      'Zablokuj otočný stůl

THEN RESET      KRUH          'Otoč stolem
           SET      DOLU          'Savky dolu
           SET      VAKUUM       'Savky vákuum
           SET      T0          'Cas programu 0
           WITH     1s
```

## STEP M37

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      VAKUUM       'Savky vákuum

THEN RESET      VAKUUM         'Savky vákuum
           RESET     DOLU          'Savky dolu
           SET      T0          'Cas programu 0
           WITH     1s
```

## STEP M38

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND     N      DOLU          'Savky dolu

THEN SET      ZPET          'Otoč savky nad vozík
           SET      T0          'Cas programu 0
           WITH     1s
```

## STEP M39

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      ZPET          'Otoč savky nad vozík
```

```
THEN SET          DOLU          'Savky dolu
      SET          T0            'Cas programu 0
      WITH        1s

STEP M40
IF          N      T0            'Cas programu 0
      AND        DOLU          'Savky dolu

THEN SET          PROFUK         'Savky profuk
      SET          T0            'Cas programu 0
      WITH        0.5s

STEP M41
IF          N      T0            'Cas programu 0
      AND        PROFUK        'Savky profuk

THEN RESET       PROFUK         'Savky profuk
      RESET       DOLU          'Savky dolu
      SET          T0            'Cas programu 0
      WITH        1s

STEP M42
IF          N      T0            'Cas programu 0
      AND        N      DOLU    'Savky dolu

THEN RESET       VZAD           'Vozík směrem od PC
      RESET       BLOKUJ        'Zablokuj otočný stůl
      SET          VPRED         'Vozík směrem k PC
      SET          UVOLNI        'Odblokuj otočný stůl
      JMP TO M1
```



**PŘÍLOHA P VII: ZDROJOVÝ KÓD PROGRAMU CYKLUS\_B**

STEP M1

```
IF                                FLAG                                'Flag word ke spuštění

THEN RESET                        VZAD                                'Vozík směrem od PC
    RESET                         MEZIPOL1                            'Mezipoloha blíže k PC
    RESET                         MEZIPOL2                            'Mezipoloha dál od PC
    RESET                         BLOKUIJ                           'Zablokuj otočný stůl
    SET                            VPRED                             'Vozík směrem k PC
    SET                            UVOLNI                            'Odblokuj otočný stůl
    SET                            T0                                'Cas programu 0
        WITH                      1s
```

STEP M2

```
IF                                N                                T0                                'Cas programu 0
    AND                            VPRED                             'Vozík směrem k PC

THEN RESET                        VPRED                             'Vozík směrem k PC
    SET                            MEZIPOL1                            'Mezipoloha blíže k PC
    SET                            T0                                'Cas programu 0
        WITH                      1s
```

STEP M3

```
IF                                N                                T0                                'Cas programu 0
    AND                            VPOLOZE1                          'Vozík je v MEZIPOL1

THEN RESET                        MEZIPOL1                            'Mezipoloha blíže k PC
    SET                            VZAD                             'Vozík směrem od PC
    SET                            T0                                'Cas programu 0
        WITH                      1s
```

STEP M4



```
IF          N      T0          'Cas programu 0
          AND      VZADU      'Vozík je v poloze vzad

THEN RESET      TAM          'Otoč savky nad kruh
          SET      ZPET      'Otoč savky nad vozík
          SET      KRUH      'Otoč stolem
          SET      T0          'Cas programu 0
          WITH      1s

STEP M5

IF          N      T0          'Cas programu 0
          AND      NVOZIK      'Rameno nad vozikem

THEN RESET      KRUH          'Otoč stolem
          RESET      UVOLNI      'Odblokuj otočný stůl
          SET      DOLU          'Savky dolu
          SET      T0          'Cas programu 0
          WITH      0.5s

STEP M6

IF          N      T0          'Cas programu 0
          AND      DOLE          'rameno dole

THEN SET      VAKUUM          'Savky vákuum
          SET      BLOKUJ      'Zablokuj otočný stůl
          SET      T0          'Cas programu 0
          WITH      0.5s

STEP M7

IF          N      T0          'Cas programu 0
          AND      DOLE          'rameno dole

THEN RESET      VAKUUM          'Savky vákuum
```

```

    RESET          DOLU          'Savky dolu
    SET            KRUH          'Otoč stolem
    SET            T0            'Cas programu 0
    WITH          1s

STEP M8
    IF              N          T0          'Cas programu 0
    AND            NAHORE      'rameno nahore

    THEN RESET     ZPET        'Otoč savky nad vozík
    SET            TAM        'Otoč savky nad kruh
    SET            T0        'Cas programu 0
    WITH          1s

STEP M9
    IF              N          T0          'Cas programu 0
    AND            NKRUH      'Rameno nad stolem

    THEN SET       DOLU        'Savky dolu
    SET            T0        'Cas programu 0
    WITH          1s

STEP M10
    IF              N          T0          'Cas programu 0
    AND            DOLE       'rameno dole

    THEN SET       PROFUK     'Savky profuk
    SET            T0        'Cas programu 0
    WITH          1s

STEP M11
    IF              N          T0          'Cas programu 0
    AND            DOLE       'rameno dole
```

```
THEN RESET          DOLU          'Savky dolu
                   RESET          PROFUK        'Savky profuk
                   SET            T0           'Cas programu 0
                   WITH          0.5s

STEP M12
IF                 N            T0           'Cas programu 0
                   AND          NAHORE       'rameno nahore

THEN CMP 0         'aretace stolu

STEP M13
IF                 BLOKOVANO     'Aretační válec vysunut

THEN CMP 0         'aretace stolu
                   SET            T0           'Cas programu 0
                   WITH          1s

STEP M14
IF                 BLOKOVANO     'Aretační válec vysunut

THEN SET          SMERUJ         'Změň směr svislého válce
                   SET          JDI         'Uved' svislý válec do chodu
                   SET          T0         'Cas programu 0
                   WITH          1s

STEP M15
IF                 N            T0           'Cas programu 0
                   AND          BLOKOVANO   'Aretační válec vysunut

THEN RESET        SMERUJ         'Změň směr svislého válce
                   RESET        JDI         'Uved' svislý válec do chodu
```

```
        SET          T0          'Cas programu 0
        WITH        0.5s

STEP M16
  IF          N      T0          'Cas programu 0
        AND        BLOKOVANO    'Aretační válec vysunut

  THEN SET      JDI          'Uved' svislý válec do chodu
        SET      T0          'Cas programu 0
        WITH    0.5s

STEP M17
  IF          N      T0          'Cas programu 0
        AND        BLOKOVANO    'Aretační válec vysunut

  THEN CMP 0          'aretace stolu
        SET      T0          'Cas programu 0
        WITH    0.5s

STEP M18
  IF          N      T0          'Cas programu 0
        AND        ZASUNUTO     'Víška zasunuta

  THEN SET      VICKA         'Vysunutí víček
        SET      T0          'Cas programu 0
        WITH    0.5s

STEP M19
  IF          N      T0          'Cas programu 0
        AND        VYSUNUTO     'Víška vytažena

  THEN SET      RAMENO        'Rameno dolu
        SET      T0          'Cas programu 0
```

```
        WITH          1s

STEP M20
  IF          N      T0          'Cas programu 0
        AND      VYSUNUTO      'Vička vytažena

  THEN RESET      RAMENO      'Rameno dolu
        SET      T0          'Cas programu 0
        WITH      0.5s

STEP M21
  IF          N      T0          'Cas programu 0
        AND      VYSUNUTO      'Vička vytažena

  THEN RESET      VICKA      'Vysunutí víček

STEP M22
  IF          ZASUNUTO      'Vička zasunuta

  THEN CMP 0      'aretace stolu

STEP M23
  IF          BLOKOVANO      'Aretační válec vysunut

  THEN CMP 0      'aretace stolu

STEP M24
  IF          BLOKOVANO      'Aretační válec vysunut
  THEN SET      DOLU      'Savky dolu
        SET      T0          'Cas programu 0
        WITH      0.5s

STEP M25
```

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
      AND          DOLE        'rameno dole

THEN SET          VAKUUM      'Savky vákuum
      SET          T0          'Cas programu 0
      WITH        0.5s

STEP M26
IF          N      T0          'Cas programu 0
      AND          DOLE        'rameno dole

THEN RESET      TAM          'Otoč savky nad kruh
      RESET      VAKUUM      'Savky vákuum
      RESET      DOLU        'Savky dolu
      SET          T0          'Cas programu 0
      WITH        0.5s

STEP M27
IF          N      T0          'Cas programu 0
      AND          NAHORE      'rameno nahore

THEN SET          ZPET        'Otoč savky nad vozík
      SET          T0          'Cas programu 0
      WITH        0.5s

STEP M28
IF          N      T0          'Cas programu 0
      AND          NVOZIK      'Rameno nad vozikem

THEN SET          DOLU        'Savky dolu
      SET          T0          'Cas programu 0
      WITH        0.5s
```

STEP M29

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      DOLE        'rameno dole

THEN SET          PROFUK        'Savky profuk
   SET          T0          'Cas programu 0
   WITH        1s
```

STEP M30

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      DOLE        'rameno dole

THEN RESET      PROFUK        'Savky profuk
   RESET      DOLU          'Savky dolu
   SET          T0          'Cas programu 0
   WITH        1s
```

STEP M31

```
IF          N      T0          'Cas programu 0
           AND      VZADU       'Vozík je v poloze vzad

THEN RESET      VZAD          'Vozík směrem od PC
   SET          VPRED         'Vozík směrem k PC
```

**PŘÍLOHA P VIII: ZDROJOVÝ KÓD PODPROGRAMU CYKLUS\_B**

STEP M1

```

IF          BLOKOVANO      'Aretační válec vysunut

THEN RESET  KRUH           'Otoč stolem
           RESET          BLOKUJ      'Zablokuj otočný stůl
           SET            UVOLNI      'Odblokuj otočný stůl
           SET            T1          'Čas programu DGPL
           WITH          1s

```

STEP M2

```

IF          N      T1      'Čas programu DGPL
           AND      UVOLNI  'Odblokuj otočný stůl

THEN RESET  UVOLNI      'Odblokuj otočný stůl
           SET  KRUH      'Otoč stolem
           SET  T1        'Čas programu DGPL
           WITH 1.5s

```

STEP M3

```

IF          N      T1      'Čas programu DGPL
           AND  N      UVOLNI  'Odblokuj otočný stůl

THEN RESET  KRUH           'Otoč stolem
           SET  T1          'Čas programu DGPL
           WITH 0.5s

```

STEP M4

```

IF          N      T1      'Čas programu DGPL
           AND  N      KRUH      'Otoč stolem

```



```
THEN SET          KRUH          'Otoč stolem
      SET          BLOKUJ        'Zablokuj otočný stůl
      SET          T1            'Čas programu DGPL
      WITH        1s

STEP M5
IF          N          T1          'Čas programu DGPL
      AND        BLOKUJ        'Zablokuj otočný stůl

THEN RESET      BLOKUJ        'Zablokuj otočný stůl
      RESET      KRUH          'Otoč stolem
      SET        T0            'Cas programu 0
      WITH      1s
```