

Montážní stanice s robotem MELFA RV-2AJ

Bc. Lubomír Šiška

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. Lubomír ŠÍŠKA**

Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**

Téma práce: **Montážní stanice s robotem MELFA RV-2AJ**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši na dané téma
2. Na pracovišti MPS-202 sestavte montážní stanici s robotem Mitsubishi MELFA RV-2AJ.
3. Vypracujte několik variant montážní stanice.
4. Proveďte závěrečné zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých variant programu.
5. V diplomové práci uveďte stručný návod k programování robota.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. SCHMID, Dietmar a kol. Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku. Praha: Europa – Sobotáles, 2005. 420 s. ISBN 80-86706-10-9.

2. MAŇAS, Miroslav. Základy robotiky. 1. vyd. Brno: VUT v Brně, 1991. 99 s. ISBN 80-214-0279-2.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. David Sámek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

19. února 2008

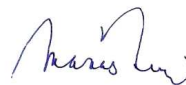
Termín odevzdání diplomové práce:

23. května 2008

Ve Zlíně dne 29. ledna 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo především sestavit montážní stanici s robotem MITSUBISHI MELFA RV-2AJ na pracovišti MPS 202 a následně vytvořit několik variant montážní stanice. U každé varianty je uvedeno shrnutí výhod a nevýhod a navržen způsob zlepšení. Moje diplomová práce obsahuje také stručný návod k ovládání a programování robota, včetně popisu prostředí programovacího programu COSIMIR INDUSTRIAL. Práce by měla sloužit jako učební pomůcka studentům a měla by přispět k lepšímu pochopení dané problematiky. Jednotlivých variant montážní stanice lze využít jako zadání laboratorních cvičení v předmětu Základy robotiky. Cílem teoretické části je zejména rozdělit a popsat jednotlivé druhy robotů a manipulátorů.

Klíčová slova: Robot, program, montážní stanice, pneumatika

ABSTRACT

The main objective of my Master thesis was in the first place to set together assembly station with robot MITSUBISHI MELFA RV-2AJ in the work station MPS 202 and subsequently to create several alternatives of this assembly station. I summarized all advantages and disadvantages of every single alternative and proposed the way of improvement. My Master thesis also contains brief instruction manual how to operate and program the robot, including the description of programming software environment. The paper can be used as the teaching aid for the students and should contribute for better understanding of this topic. Particular alternatives can be used as assignments in the classes of Robotics Basics. The objective of theoretical part is primarily to divide and describe various types of industrial robots and manipulators.

Keywords: Robot, program, assembly station, pneumatics

Na tomto místě chci poděkovat především svému vedoucímu diplomové práce Ing. Davidu Sámkovi, Ph.D., za odborné vedení, podnětné rady a trvalý zájem při vypracování této práce. Dále bych rád poděkoval za poskytnuté materiály a rady ohledně správného zapojení robota, které mi poskytli pánové Ing. Miroslav Andršt ze společnosti Festo s.r.o. Praha a Ing. Pavel Votrubec ze SPŠ SaE Ústí nad Labem.

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

Ve Zlíně

.....
Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY A MANIPULÁTORY	10
1.1 ROZŠÍŘENOST ROBOTŮ VE SVĚTĚ.....	10
1.2 CHARAKTERISTICKÉ TYPY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ	14
1.2.1 Univerzální průmyslové roboty a manipulátory	14
1.2.2 Montážní průmyslové roboty a manipulátory	15
1.2.3 Svařovací průmyslové roboty a manipulátory	17
1.2.4 Průmyslové roboty a manipulátory pro další technologie	18
1.3 ROZDĚLENÍ MANIPULAČNÍCH ZAŘÍZENÍ	19
1.3.1 Manipulátory	19
1.3.2 Jednoduché průmyslové roboty (1. generace)	21
1.3.3 Průmyslové roboty (2. generace).....	21
1.3.4 Kognitivní roboty (3. generace)	22
1.4 ŘÍDÍCÍ SYSTÉMY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ.....	23
1.4.1 Řízení souslednosti úkonů.....	24
1.4.2 Řízení polohy výstupní hlavice	24
1.5 POHONY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ.....	25
1.5.1 Mechanické pohony	26
1.5.2 Elektrické pohony.....	28
1.5.2.1 Harmonická převodovka (vlnová převodovka).....	28
1.5.3 Hydraulické pohony	29
1.5.4 Pneumatické pohony	30
1.5.5 Kombinované pohony	31
1.6 PRACOVNÍ HLAVICE.....	32
1.6.1 Úchopné hlavice	32
1.6.2 Technologické, kontrolní a měřící hlavice	33
1.6.3 Kombinované hlavice.....	34
1.6.4 Speciální hlavice	35
2 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY MITSUBISHI MELFA	36
2.1 MITSUBISHI MELFA RV-2AJ	37
2.1.1 Technická specifikace robotu Melfa RV-2AJ	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
3 STANICE S ROBOTEM (ROBOT STATION)	41
3.1 ÚCHOPNÁ HLAVICE	42
3.2 KOMPLETAČNÍ STANICE.....	42
3.3 VSTUPNÍ ZÁSOBNÍK	43
4 MONTÁŽNÍ STANICE (ASSEMBLY STATION)	44

4.1	ZÁSOBNÍK NA PRUŽINY	45
4.2	ZÁSOBNÍK NA VÍČKA	46
4.3	ČELNÍ PANEL	47
5	COSIMIR INDUSTRIAL	49
5.1	POPIS PROSTŘEDÍ PROGRAMU	49
5.1.1	Panel základního menu	50
5.1.2	Panel nástrojů	51
5.1.3	Okno pro simulaci pracovního prostředí (Workcell)	57
5.1.4	RCI Explorer	58
5.1.5	Okno pro tvorbu programu (MELFA-BASIC IV-Program)	60
5.1.6	Okno s pozicemi (Position List).....	61
5.1.7	Okno zpráv (Messages).....	62
5.2	NAVÁZÁNÍ SPOJENÍ MEZI PC A ŘÍDÍCÍ JEDNOTKOU ROBOTA.....	63
5.3	ZALOŽENÍ NOVÉHO PROJEKTU	65
5.4	SESTAVENÍ SEZNAMU POZIC (POSITION LISTU)	67
5.4.1	Manipulace s robotem pomocí ovládacího panelu.....	67
5.4.2	Manipulace s robotem pomocí programu COSIMIR INDUSTRIAL	70
5.5	STAŽENÍ PROGRAMU A SEZNAMU POZIC DO ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY.....	72
5.6	SPUŠTĚNÍ PROGRAMU	73
5.7	ZÁKLADNÍ PŘÍKAZY JAZYKU MELFA-BASIC-IV	76
6	POPIS PŘIPRAVENÝCH LABORATORNÍCH ÚLOH.....	78
6.1	LABORATORNÍ ÚLOHA Č.1 – ÚPRAVA RYCHLOSTI POHYBU.....	78
6.2	LABORATORNÍ ÚLOHA Č.2 – PŘECHYCENÍ VÍČKA	79
6.3	LABORATORNÍ ÚLOHA Č.3 – OSAZOVÁNÍ ČEPŮ PRUŽINAMI	80
6.4	LABORATORNÍ ÚLOHA Č.4 – MONTÁŽ SESTAVY	81
6.5	LABORATORNÍ ÚLOHA Č.5 – MONTÁŽ SESTAVY SLOŽENÉ ZE DVOU DÍLŮ.....	82
6.6	LABORATORNÍ ÚLOHA Č.6 – MONTÁŽ DVOU RŮZNÝCH SESTAV.....	83
6.7	LABORATORNÍ ÚLOHA Č.7 – KONTROLA ODKLÁDACÍHO MÍSTA.....	84
6.8	LABORATORNÍ ÚLOHA Č.8 – TŘÍDĚNÍ VÍČEK A PRUŽIN.....	86
	ZÁVĚR	87
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	90
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	92
	SEZNAM OBRÁZKŮ	93
	SEZNAM TABULEK.....	95
	SEZNAM PŘÍLOH.....	96

ÚVOD

Rostoucí tlak na zvyšování produktivity a kvality výroby je jedním z důvodů rostoucího zájmu o využívání automatických výrobních zařízení. V rámci automatizace celé řady úkonů i celých procesů v různých odvětvích se čím dál tím více prosazují manipulátory a průmyslové roboty. Zvyšování produktivity práce nelze zajistit bez modernizace, rekonstrukce a automatizace výrobního zařízení. Při všech automatizačních, ale i mechatizačních projektech je nezanedbatelná ekonomika, a to jak u výrobce automatizačních či mechatizačních prostředků, tak zvláště u jejich uživatelů.

V teoretické části této diplomové práce se pokusím rozdělit a stručně popsat manipulační zařízení. Dále se zaměřím na popis pohonů průmyslových robotů a manipulátorů a na rozdělení pracovních hlavic.

Praktická část bude věnována popisu průmyslového robota MITSUBISHI MELFA RV-2AJ a také popisu programovacího softwaru COSIMIR INDUSTRIAL. Tento robot je k dispozici studentům Fakulty Technologické, kteří se s ním budou setkávat ve cvičení z předmětu Základy robotiky. Práce bude sloužit jako manuál pro ovládání a programování tohoto robota. Přílohou k mé diplomové práci bude několik variant montážní stanice, jichž lze využít jako zadání laboratorních úloh pro studenty v předmětu Základy robotiky.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY A MANIPULÁTORY

Roboty jsou konstruovány převážně jako „kloubové roboty“ s „ramením kloubem“, „loketním kloubem“ a „zápěstním kloubem“. Jedná se tedy převážně o manipulátory s tříkloubovými mechanickými rameny s úchopem na konci. Pracovní dosah středně velkých manipulátorů (robotů) odpovídá přibližně dosahu ruky stojícího člověka. Únosnost manipulátorů bývá kolem 300 N. Některé roboty však mají únosnost přes 3 000 N. Roboty mohou pohybovat uchopenými předměty větší rychlostí než lidská ruka, a to rychlostí přibližně 1 m/s.

Řízení pohybu robotu je velmi složité, protože výsledná dráha je závislá na pohybech ve všech kloubech. Souhra pohybů vedoucí například k přímočarému pohybu uchopeného předmětu nebo nástroje na konci ramena vyžaduje řídicí systém s výkonným procesorem.

1.1 Rozšířenost robotů ve světě

Většina průmyslových robotů se již tradičně používá v automobilovém průmyslu a při výrobě vozidel. V Německu bylo v roce 2002 nově uvedeno do provozu téměř 12 000 průmyslových robotů, zatímco v USA to bylo ve stejném období jen 10 000 robotů. Tímto stoupl celkový počet robotů provozovaných v Německu zhruba na 105 000 kusů a tím poprvé v historii překročil celkový počet robotů instalovaných v USA (104 000 kusů). V roce 2002 se předpokládalo, že trh průmyslových robotů poroste v Německu v období 2003 až 2006 ročně v průměru asi o 4 % až na 13 900 nových instalací v roce 2006. Tím by se v této době zvýšil stav nasazených průmyslových robotů v Německu přibližně na 136 000 kusů.

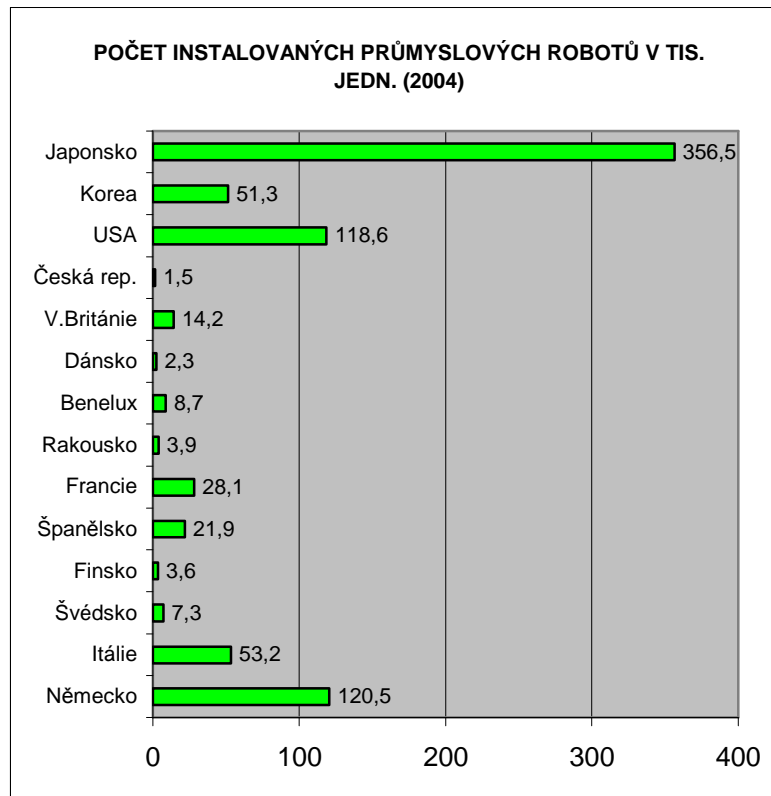
Pro objektivní posouzení úrovně trhu průmyslových robotů je velmi důležitým kritériem hustota jejich nasazení, tzn. počet skutečně provozovaných robotů na 10 000 pracovníků v průmyslu. U našich západních sousedů bylo například koncem roku 2002 nasazeno 135 průmyslových robotů na 10 000 pracovníků a tím se Německo dostalo s hustotou robotů na špici pomyslného žebříčku průmyslově vyspělých států (ponecháme-li ovšem stranou Japonsko s hustotou 310 robotů na 10 000 pracovníků). Za Německem pak následuje na druhém místě Itálie se 109 a na třetím místě Švédsko s 91 roboty na 10 000 pracovníků ve výrobním průmyslu (viz Tab. 1). Za povšimnutí stojí, že hustota nasazení

výrobním průmyslu (viz Tab. 1). Za povšimnutí stojí, že hustota nasazení průmyslových robotů je celkově v zemích EU zhruba o 50 % větší než v USA.

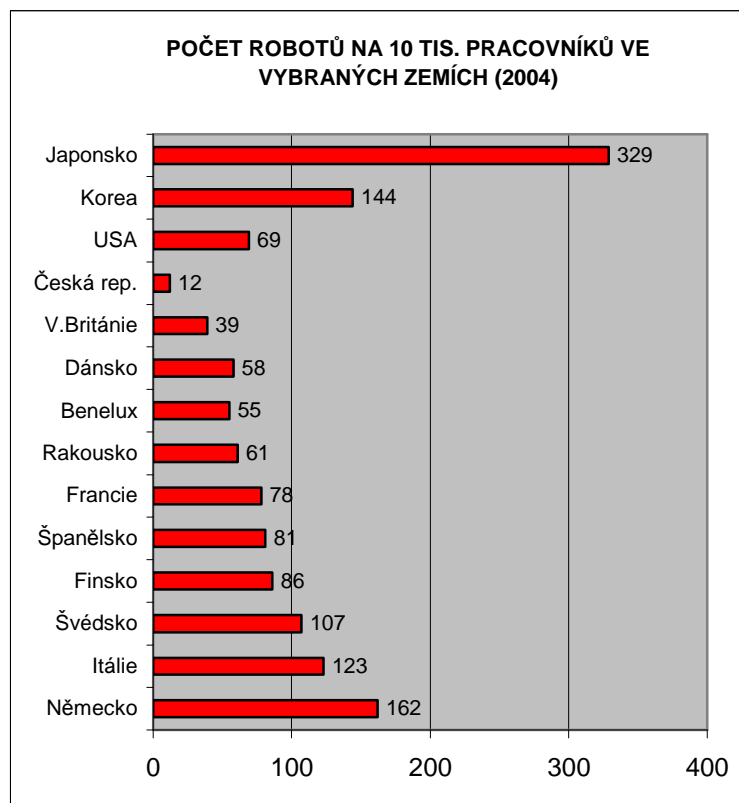
Tab. 1. Nasazení robotů v roce 2002. [5]

Hustota nasazení průmyslových robotů	
Země	Počet robotů na 10 000 pracovníků
Německo	135
Itálie	109
Švédsko	91
Finsko	68
Francie	67
Rakousko	54
Dánsko	43
Velká Británie	36
EU	86
USA	58

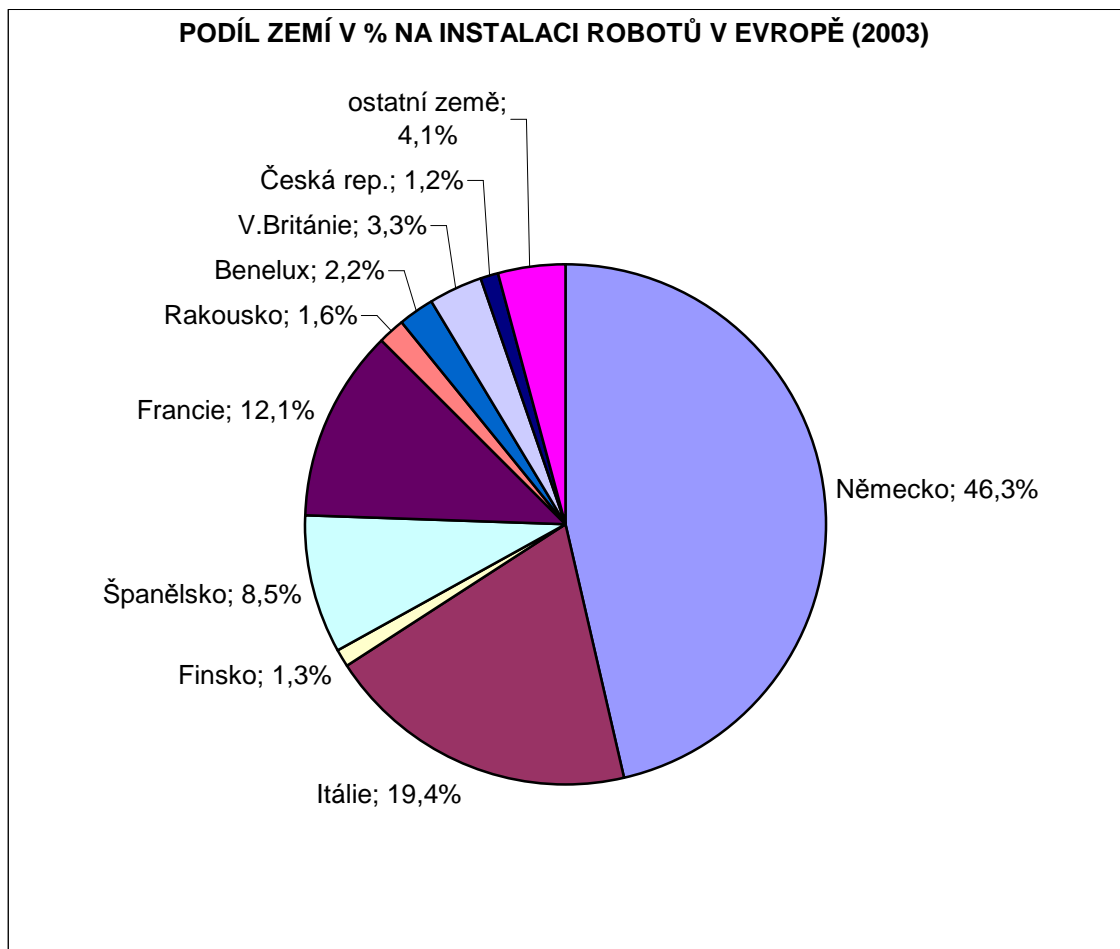
V roce 2004 nebylo podle statistik International Federation of Robotics (IFR) postavení Česka, s 12 jednotkami průmyslových robotů na 10 tis. pracovníků v průmyslu, příliš lichotivé. Počtem instalací mezi roky 1997 a 2004 a růstem o 195 % na 1533 jednotek, z toho o 661 za roky 2003 a 2004, však Česko zaujímá bezkonkurenčně nejlepší postavení mezi novými zeměmi EU a mírou přírůstku 8. místo v Evropě. Stagnací v západní Evropě a zprovozněním automobilky TPCA v Kolíně se může postavení Česka ještě zlepšit. Ve světě bylo koncem roku 2004 provozováno nejméně 848 tis. jednotek průmyslových robotů. Údaj vychází ze životnosti 12 let; při skutečně dosahované životnosti 15 let může počet přesáhnout 1,1 mil. jednotek. Růst za 1. pololetí roku 2005 byl 13 %, na něm se však podíleli automobiloví subdodavatelé, elektronika, chemie, farmacie a potravinářství, nikoliv výroba automobilů. Světová prognóza IFR na léta 2005 až 2008 předpokládala 6% meziroční růst. [7]



Obr. 1. Rozšířenost průmyslových robotů. [7]



Obr. 2. Počet robotů na 10 tis. Pracovníků. [7]



Obr. 3. Podíl zemí na instalaci robotů v Evropě. [7]

1.2 Charakteristické typy průmyslových robotů a manipulátorů

Průmyslové roboty a manipulátory lze klasifikovat buď podle uspořádání jejich mechanické stavby reprezentované kinematickým řetězcem, nebo podle jejich užití.

PRaM v hrubých rysech rozdělujeme na:

- univerzální průmyslové roboty a manipulátory (určené pro převážně manipulační účely)
- montážní průmyslové roboty a manipulátory
- svařovací průmyslové roboty a manipulátory
- průmyslové roboty a manipulátory pro další technologie

1.2.1 Univerzální průmyslové roboty a manipulátory

Vykonávají převážně manipulační funkci - tj. přemísťují objekty mezi různými manipulačními polohami po požadovaných trajektoriích. Mívají převážně 6 stupňů volnosti (v nejsložitější variantě), někdy doplněné možností nezávislého přísuvu úchopné hlavice. Z hlediska širšího využití na různých pracovištích bývají víceúčelové. Na rozdíl od montážních PRaM je zde kladen důraz spíše na možnost realizace delších trajektorií a jejich průběhu před „ustavovacími“ pohyby v omezeném manipulačním prostoru.

Uvedené typy průmyslových robotů a manipulátorů představují manipulační mechanismy, vhodné především jen pro manipulaci (vyhovující budou však všechny složitější PRaM, i když jejich ekonomická vhodnost pro příslušné manipulační úkony bude sporná).



Obr. 4. SCARA robot Cobra s800. [10]



Obr. 5. Manipulační robot IRB 4400. [6]

1.2.2 Montážní průmyslové roboty a manipulátory

Vývoj robotů dává předpoklady i k jejich širšímu nasazení při montážních operacích. Při realizaci montážních operací přichází v úvahu použití i dvou úplně rozdílných typů robotů. Na jedné straně se jedná o využití jednoúčelových robotů v automatických montážních linkách a na straně druhé o využití tzv. „inteligentních robotů“.

V návaznosti na technickou úroveň současných a budoucích robotů i s ohledem na předpokládaný rozvoj montážní techniky lze rozdělit oblasti jejich společného využití do sedmi skupin:

- 1) Nasazení robotů místo živé pracovní síly v jednom místě vícemístného postupového pracoviště s dopravním taktovým zařízením. Robot zde může buď utahovat

matice zachycené na jeden závit, nebo je ovládat při automatickém přívodu matic, eventuálně podávat matice ze zásobníku a utahovat je.

- 2) Robot může pracovat jako pomocná pracovní síla nebo silový mechanismus při montáži těžších předmětů.
- 3) Vykonání celé montáže výrobku na jednom pracovním místě, přičemž si robot bere součástky z různých zásobovacích poloh.
- 4) Nasazení robotu na vícepolohovém pracovišti automatické montáže s využitím montážních strojů. Robot zde zajišťuje buď mezioperační manipulaci smontovaných podskupin, nebo vkládá některé součástky do montážní hlavice.
- 5) Namísto člověka může robot obsluhovat některé pracovní stanice montážních strojů, např. vkládat a vykládat součástky, popřípadě paletizovat výrobky.
- 6) Robot může zajišťovat výměnu kazetových zásobníků u vysocevýkonných montážních strojů, přičemž plné a prázdné zásobníky jsou uloženy v paletách.
- 7) Robot bude orientovat, popřípadě paletizovat součástky nebo je třídit. Součástky zde přicházejí neorientované na páse nebo na jiném manipulačním zařízení.

Schopnost průmyslového robotu zjistit vnější stavy i omezení a přizpůsobit jim trajektorie chapadla se nazývá aktivní adaptibilita. K realizaci tohoto úkolu je třeba vybavit hlavice snímači. Takováto hlavice vyžaduje interakci s řídicím systémem průmyslového robotu.



Obr. 6. Paletovací robot. [15]

1.2.3 Svařovací průmyslové roboty a manipulátory

Tyto roboty musí umožňovat pohyb svařovacího nástroje po předepsané dráze (prostorové trajektorii), orientaci svařovacího nástroje tak, aby svíral s tečnou rovinou svaru předepsaný úhel a prováděl svařovací úkony v předepsaném časovém limitu. Ten je úměrný délce vykonaného svaru v daných podmínkách, popř. počtu svařovaných bodů u bodového svařování.

Počátek rozvoje svařovacích PRaM se vyznačoval využíváním typických manipulačních PRaM pro účely svařování. To vedlo k tomu, že nosnost těchto PRaM často značně převyšovala hmotnost svařovacích nástrojů (i s ústrojím pro přívod svařovacího drátu). Nové typy mají proto nosnost již přizpůsobenou, využívají se konstrukce méně tuhé s přesností dostačující pro kladení kvalitního svaru. Pouze u bodového svařování vyšší hmotnost bodovacích kleští ospravedlňuje použití PRaM stejné konstrukce jako pro užití při manipulaci.

Nutno však zdůraznit, že tzv. „svařovací PRaM“ jsou vlastně stejně jen PRaM s manipulační funkcí, kde se manipuluje se svařovacím nástrojem.



Obr. 7. Svařovací robot Fanuc Arc Mate 100iB. [9]

1.2.4 Průmyslové roboty a manipulátory pro další technologie

Těmito dalšími technologiemi jsou nejčastěji:

- Nanášení nátěrových hmot (povrchová úprava)
- Plnění nádob (chemický a farmakologický průmysl)
- Kladení stavebních dílců, aj.

Na rozdíl od jednoúčelových manipulátorů používaných u těchto technologií jsou zmíněné PRaM využitelné v rámci jedné technologie u více různých pracovišť. Je zde tedy zvýšená využitelnost při kooperaci s různými výrobními zařízeními pro určitou technologii. Ekonomická rozvaha o vhodnosti „univerzálního“ nebo jednoúčelového PRaM je tedy vždy nezbytná.

Ve většině případů jsou použity PRaM pro manipulační funkci s upravenými nebo rozšířenými výstupními hlavicemi, které umožňují realizovat danou technologii, popř. přizpůsobeným řídicím systémem.

Neobvyklé pracovní prostředí (záření, vysoké teploty, výbušnost atd.) nese s sebou požadavky na vyhovující provedení pohonu, řízení, ale i mechanické stavby, popř. na jejich ochranu. To musí pak být v souladu s platnými předpisy o bezpečnosti a ochraně při práci.

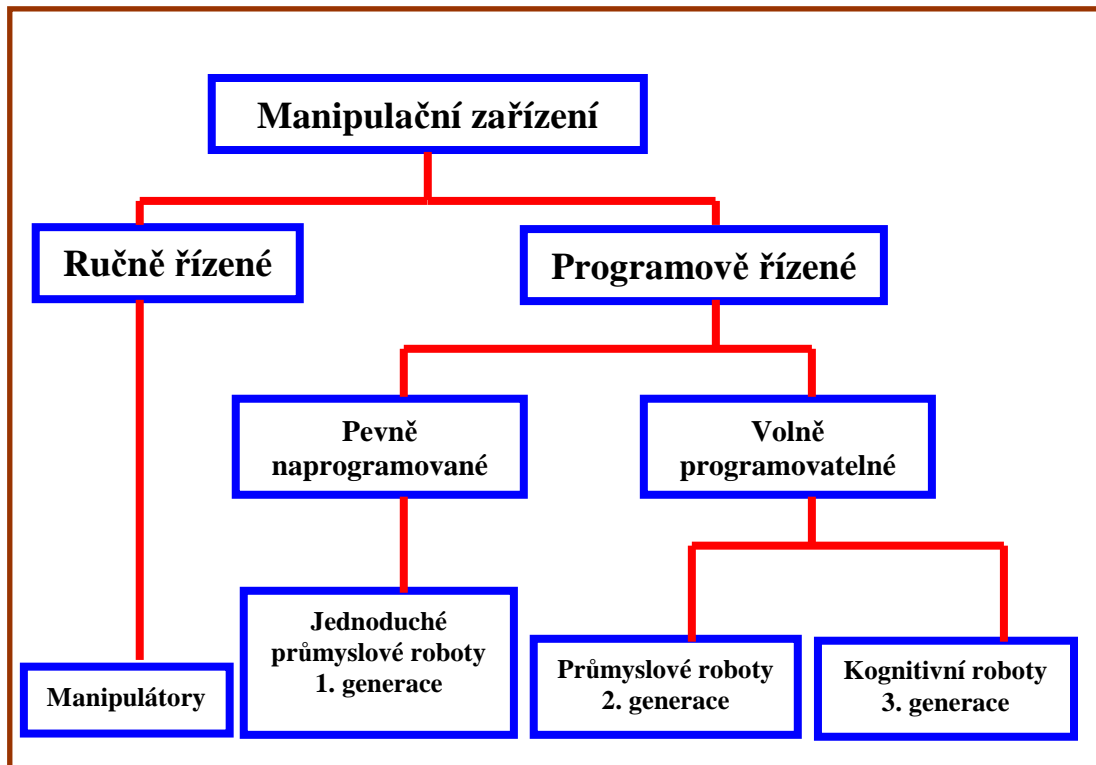


Obr. 8. Lakovací robot. [8]

1.3 Rozdělení manipulačních zařízení

V různých publikacích najdeme různorodé dělení robotů a manipulátorů. Jedním z kritérií mohou být jejich schopnosti (tj. například kvalita řídicího systému, nosnost, dosah, přesnost, kinematika,.. . [16]

Níže je uvedeno dělení manipulačních zařízení podle způsobu řízení.



Obr. 9. Rozdělení manipulačních zařízení.

1.3.1 Manipulátory

Ručně řízené manipulátory (teleoperátory) jednoúčelové i víceúčelové, jsou manipulační zařízení ovládané člověkem. Jejich úkolem je zesilňovat síly, respektive moment a pohybové možnosti operátora. Rozdíl mezi jednoúčelovými a univerzálními je v konstrukčním provedení.

Jednoúčelové synchronní manipulátory mají omezenou možnost použití pro jiné případy manipulace. Jako příklad lze uvést jednoúčelové teleoperátory (balancéry), pro zdvihání těžkých předmětů.



Obr. 10. Jednoučelový synchronní manipulátor.

Univerzální synchronní manipulátory jsou konstrukčně složitější, kopírují pohyby člověka (řídícího pracovníka) a přenášejí je na dálku.

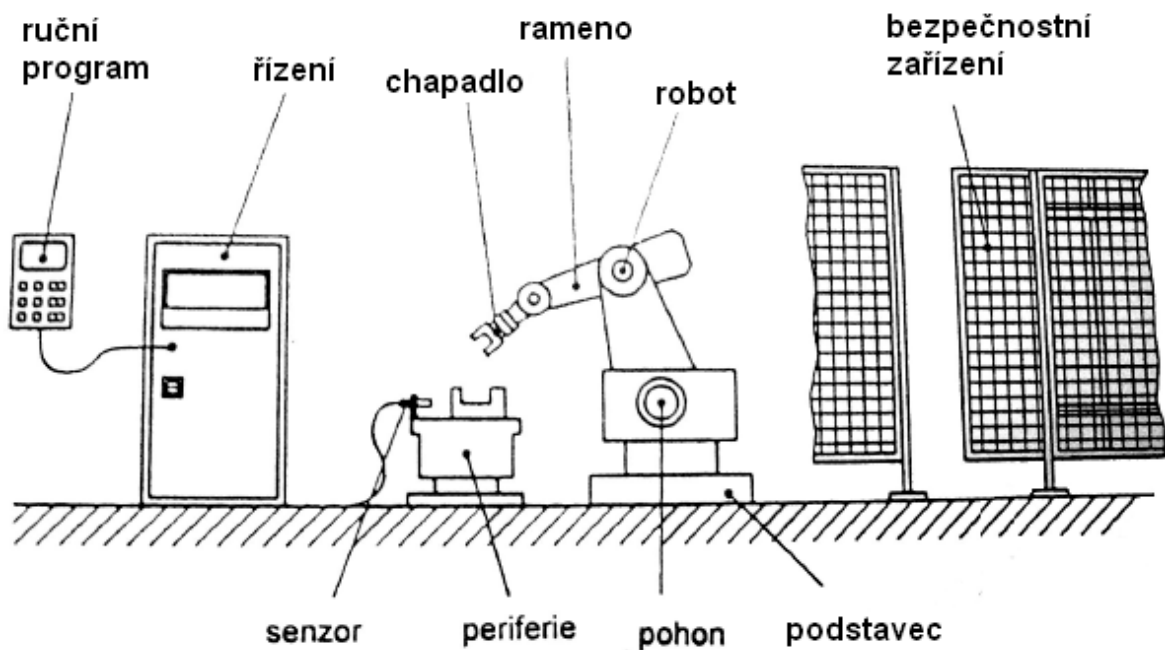
Jsou nazývány zařízeními pracujícími na principu master-slave. Na obsluhovaném stroji jsou nezávislé. Manipulátor a člověk tvoří uzavřenou smyčku.



Obr. 11. Univerzální synchronní manipulátor.

1.3.2 Jednoduché průmyslové roboty (1. generace)

Jsou to manipulační zařízení s programovým řízením, určené pro vykonávání pevně naprogramovaných postupných operací. Program je sestaven k dosažení cíle činnosti pro určenou výrobní operaci, která je stálá. Při změně cíle nebo situace se uskuteční změna programu. Jednoduchost změny programu je činí dostatečně univerzálními v systému „zdvihni a umísti“.



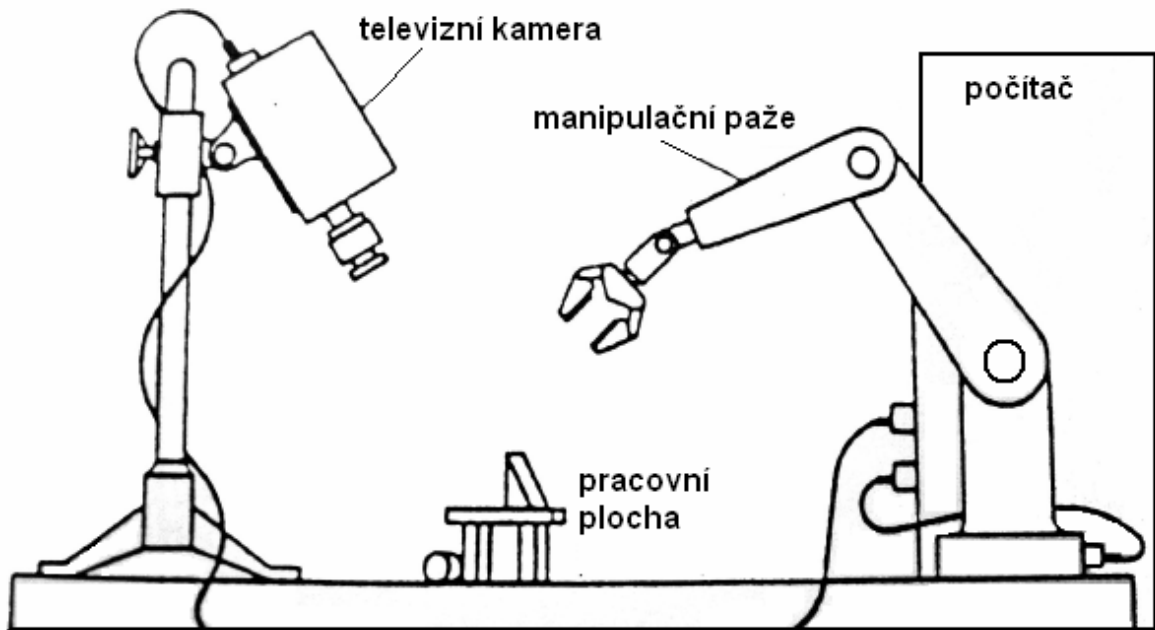
Obr. 12. Schéma průmyslového robota 1. generace.

1.3.3 Průmyslové roboty (2. generace)

„Průmyslový robot je automatický anebo počítačem řízený integrovaný systém, schopný autonomní, cílově orientované interakce s přirozeným prostředím, podle instrukcí od člověka. Tato interakce spočívá ve vnímání a rozpoznávání tohoto prostředí a v manipulování s předměty, popř. v pohybování se v tomto prostředí.“ [17]

Tyto průmyslové roboty mají možnost změny programu během své činnosti v kterémkoliv cyklu (větvení programu). Mohou disponovat i adaptivním řízením. K tomu ovšem potřebují vnímat. Na rozdíl od jednoduchých průmyslových robotů 1. generace jsou

vybaveny velkým počtem senzorů. Sensory jsou vnější (optické, hmatové, ...), ale i vnitřní (snímače tlaku, polohy, zrychlení, ...). Jsou také vybaveny o mnoho složitějším řídicím programem. Zvládají koordinaci označovanou „oko-ruka“.



Obr. 13. Schéma průmyslového robota 2. generace.

1.3.4 Kognitivní roboty (3. generace)

Jsou to roboty vybavené možností vnímání a racionálního myšlení (kognitivní proces = proces vnímání a racionálního myšlení).

Principiálně se liší od robotů 2. generace složitostí a objemem řídicího systému, zahrnujícího prvky umělé inteligence. Inteligentní roboty nejsou určeny pouze k napodobení fyzické činnosti člověka, ale i pro automatizaci intelektuální činnosti. Jednou z charakteristických vlastností inteligentních robotů je schopnost učit se a adaptace (autonomnost) v procesu řešení úloh. Toto autonomní chování je důležité například v kosmickém výzkumu, kde musí řídicí systém rozhodovat samostatně. Třetí generace robotů má mít i základní inteligenci pro manipulaci s díly, hlavně při montáži. [16]

1.4 Řídicí systémy průmyslových robotů a manipulátorů

Řídicí systém manipulátorů a průmyslových robotů zajišťuje především řízení sou slednosti a průběhu jednotlivých úkonů. Řídicí systémy průmyslových robotů bývají často i centrálním řídicím systémem celého robotizovaného pracoviště.

Pracovní cyklus PRaM je tvořen převážně sledem pohybů, takže v případě řízení průběhu úkonů se jedná o nastavování polohy výstupní hlavice, řízení tvaru dráhy pohybu výstupní hlavice a rychlosti pohybu.

U manipulátorů přichází v úvahu z větší části nastavování určité polohy, popřípadě orientace výstupní hlavice, zatímco u průmyslových robotů pro provádění technologických operací je nutné velmi často zajistit pohyb po předepsané křivce. Příkladem jsou svařovací roboty.

Řídicí systém provádí zpracování zadaných informací o požadované činnosti PRaM spolu s dalšími informacemi o skutečném průběhu činnosti, o vlastnostech prostředí (teplota), podmínkách činnosti (zatížení) apod.

Za základní lze označit rozdělení řídicích systémů na:

- Řídicí systémy s pevným programem (vačky, dorazy, apod.)
- Řídicí systémy s pružným programem (programovatelné systémy)

Důležitým zdrojem vstupních informací pro řídicí systém jsou různé typy snímačů a čidel. Jejich signály slouží jednak pro řízení průběhu jednotlivých úkonů a jednak pro řízení jejich souslednosti. Mezi nejdůležitější patří snímače polohy výstupní hlavice a odměřovací zařízení.

1.4.1 Řízení souslednosti úkonů

Rozlišují se dva základní systémy:

- Otevřené (bez zpětné vazby)
- Uzavřené

V prvním případě zajišťuje řídicí systém zvolený sled úkonů bez zpětné kontroly jejich provedení. K jednotlivým pohonům přicházejí v určitém pořadí ovládací signály pro zahájení úkonů, které probíhají nezávisle na sobě. Frekvence ovládacích signálů musí být nastavena s ohledem na časové trvání úkonů, vyžaduje-li se zároveň jejich postupná návaznost.

Otevřený systém není schopen zaregistrovat nesplnění některého z úkonů, takže může dojít k opakování i neúplného cyklu.

Činnost uzavřených řídicích systémů vychází ze sledování dokončení jednotlivých úkonů, které podmiňuje pokračování pracovního cyklu. Není-li dokončen některý z úkonů, přeruší se celý cyklus.

Průmyslové roboty jsou v dnešní době vybaveny zcela výhradně elektronickými systémy pro zajištění požadovaného sledu úkonů.

1.4.2 Řízení polohy výstupní hlavice

Při pohybu výstupní hlavice PRaM se sleduje buď jen dosažení jednotlivých poloh a orientace bez ohledu na tvar dráhy mezi jednotlivými polohami, nebo se požaduje, aby se výstupní hlavice pohybovala po určité předepsané dráze.

Podle toho se rozlišuje:

- Řízení konečné polohy a orientace výstupní hlavice (tzv. řízení „bod po bodu“)
- Řízení pohybu výstupní hlavice po určité dráze (souvislé řízení „Contouring Control“)

V prvním případě nejsou pohyby v jednotlivých souřadnicích vzájemně vázány a mohou probíhat jak současně, tak jeden po druhém, avšak nezávisle na sobě. Pohybový cyklus je rozdělen na pohyby v jednotlivých souřadnicích a u každého pohybu se sleduje jen dosažení jeho konečného bodu.

Při požadovaném pohybu výstupní hlavice po předepsané křivce je nutné řídit současný pohyb ve dvou i třech souřadnicích. Pohyb po křivce je nahrazen pohybem po malých úsecích, např. přímkových. Řízení dráhy v každé souřadnici musí být svázáno s řízením rychlosti pohybu. Poloha výstupní hlavice PRaM se řídí řídicími systémy:

- Bez zpětné vazby — otevřené systémy
- Se zpětnou vazbou — uzavřené systémy

U systémů bez zpětné vazby se po dosažení předvolené souřadnice zastaví motor. Působením setrvačných sil, popřípadě vlivem zpoždění při přenosu signálu pro zastavení (u pneumatických systémů) se skutečná poloha liší od polohy předvolené.

U systémů se zpětnou vazbou se porovnává skutečná poloha se zadanou hodnotou a výsledek tohoto porovnání se využívá pro řízení pohonu. Dochází k opravování skutečné polohy tak, aby rozdíl od zadané hodnoty byl minimální. Přesnost nastavení je dána vlastnostmi systému, především jeho citlivostí, ale i místem snímání skutečné polohy.

1.5 Pohony průmyslových robotů a manipulátorů

Pohony robotů jsou převážně tvořeny trojfázovými servomotory. Výjimkami jsou roboty pro extrémně velké zátěže a roboty pro práce v prostředí s nebezpečím výbuchu (například v lakovnách) s hydraulickými pohony. Pneumatické pohony se používají jen u jednoduchých zařízení, vykonávajících jednoduché opakující se pohyby přesouvání předmětů.

Servomotory pohánějící mechanismy robotů jsou umístovány pokud možno tak, aby jejich setrvačná hmotnost nezpomalovala pohyby ramen, tedy co nejblíže ke střední nepohyblivé části robotu. Potřebný výkon a tedy velikost motoru je určena převážně odporem setrvačných sil, nikoliv statickým zatěžováním robotu vahou břemene. [1]

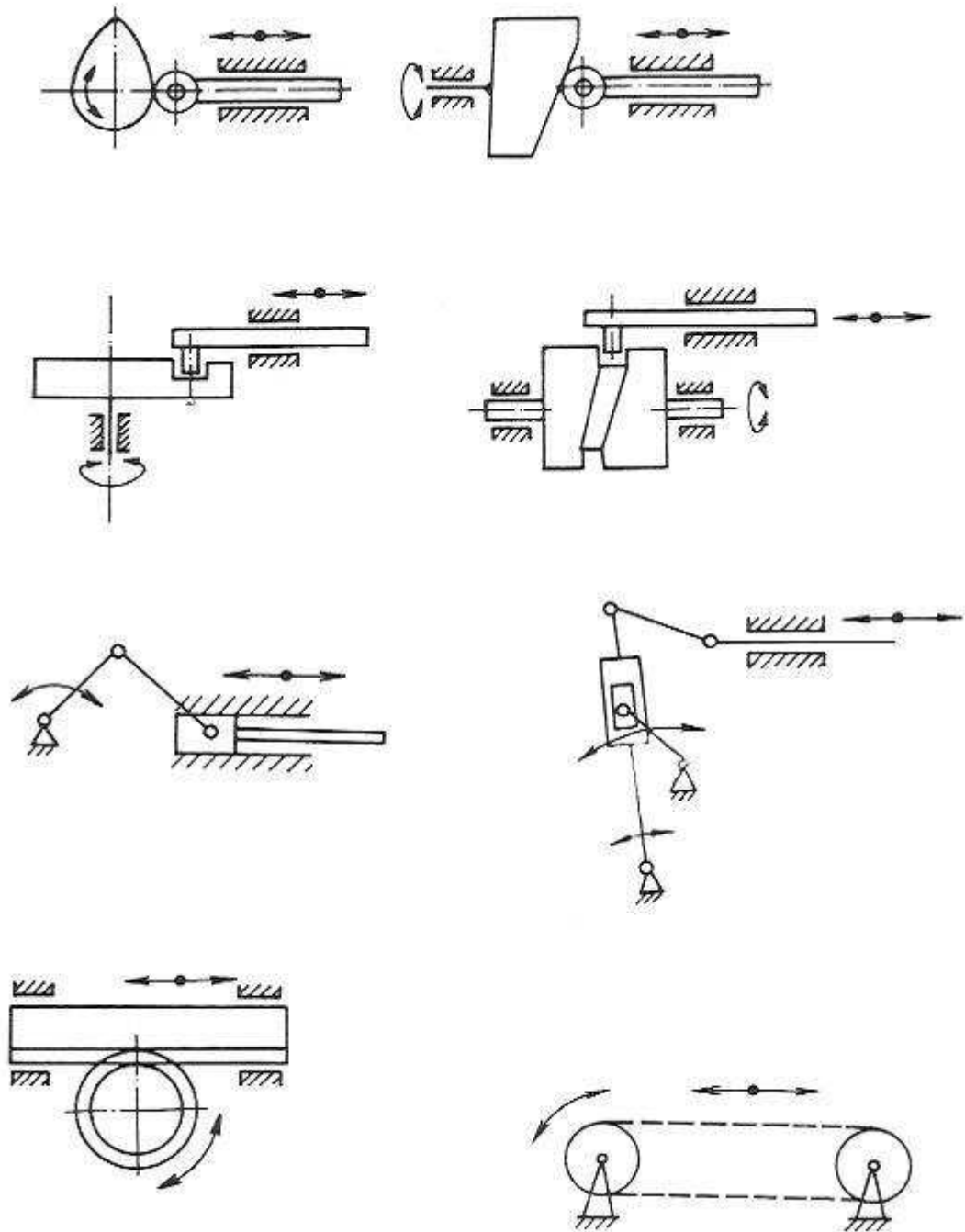
1.5.1 Mechanické pohony

U tohoto typu pohonu není pohybový mechanismus výstupní hlavice manipulátoru opatřen vlastním motorem, ale je spojen s pohonem jiného zařízení. Tím je nejčastěji pohon výrobního stroje, který je manipulátorem obsluhován. Může být ale využit i pohon jiného manipulátoru, s kterým uvažovaný manipulátor spolupracuje. Vyskytují se i takové konstrukce pohonů, u nichž některé pohybové mechanismy mají vlastní motor a ostatní pohyby jsou odvozeny napojením ve vhodném místě jejich kinematického řetězce.

Mechanický pohon se využívá u jednodušších manipulátorů, především jednoúčelových podavačů konstruovaných většinou jako součást stroje. Typickým příkladem jsou podavače soustružnických automatů. Na rozvodovém hřídeli jsou vedle vaček pro pohyb suportů umístěny i vačky pro pohon podavače.

Předností mechanického pohonu je především jednoduchost a spolehlivost vazby mezi jednotlivými pohyby manipulátoru a spolehlivost synchronní činnosti se zařízením, s kterým je pohybový mechanismus manipulátoru spojen.

Závažnou nevýhodou je značná konstrukční složitost manipulátoru jako celku, která se projevuje zejména u provedení se společným vstupem pro několik pohybových mechanismů a při větší odlehlosti vstupu a výstupu.



Obr. 14. Mechanické transformační členy druhu pohybu. [11]

1.5.2 Elektrické pohony

Pohon je tvořen trojfázovým elektronicky řízeným servomotorem s elektromagnetickou brzdou a odměřovacím systémem měření úhlu natočení.

Servomotory mají oproti běžným motorům velmi malý setrvačný moment rotoru vzhledem ke krouticímu momentu, mají tedy velké úhlové zrychlení. Maximální otáčky těchto motorů bývají kolem $3\,000/\text{min} = 50/\text{s}$. Maximální otáčky otáčení ramen robotu kolem rotačních os jsou však jen asi $0,5/\text{s}$. Proto musí být otáčení motoru zpomaleno převodem v poměru 100:1. K tomuto převodu se používá většinou harmonická (vlnová) převodovka (Harmonic Drive) nebo výjimečně planetový převod.

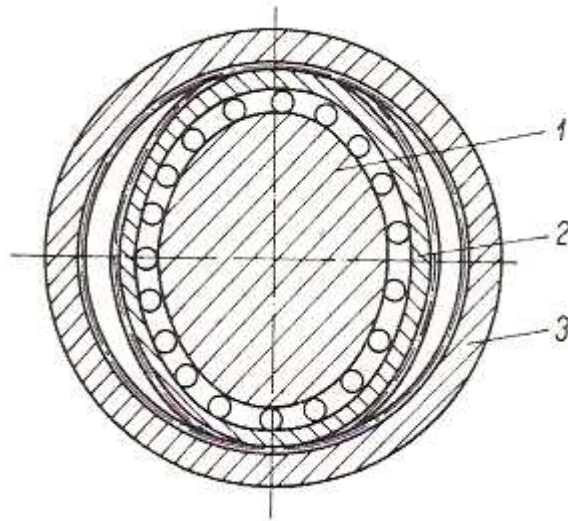
1.5.2.1 Harmonická převodovka (vlnová převodovka)

Skládá se z vnitřního oválného (eliptického) hnacího unášeče, který se protáčí v pružném pouzdře s vnějším ozubením, zapadajícím postupně (v místech roztažení průměru) do vnitřního ozubení pevného vnějšího prstence. Prostor mezi hnacím diskem a postupně oválně deformovaným hnaným pouzdrem je vyplněn kuličkami. Vlivem vlnění pružného pouzdra zapadá ozubení tohoto pouzdra do ozubení vnějšího prstence ve dvou protilehlých místech. Počet zubů pružného pouzdra je menší (například o 2) než počet zubů vnějšího prstence.

Má-li pružné pouzdro například 200 zubů a vnější prstenec 202 zubů, pak se při odvalování pouzdra po vnitřní straně pevného vnějšího prstence pootočí toto pouzdro po jedné otáčce hnacího disku o dva zuby, tedy o $1/100$ celé otáčky. Převod do pomala je tedy 1:100.

Harmonická převodovka je velmi jednoduchá a lehká, má dobrou účinnost (lepší než 80%), nemá volný chod a zabírá málo místa. Vlnící se pouzdro se otáčí pomaleji a opačným směrem než hnací disk. [1]

Na následujícím obrázku je naznačen princip převodu harmonické převodovky. Generátor 1 oválného tvaru se otáčí vstupními otáčkami a přes valivé uložení deformuje pružný prstenec 2, který má vnější ozubení. Prstenec 2 zabírá do vnitřního ozubení kroužku 3. Při zastavení kroužku 3 se pružný prstenec odvaluje po vnitřním ozubení a otáčí se.

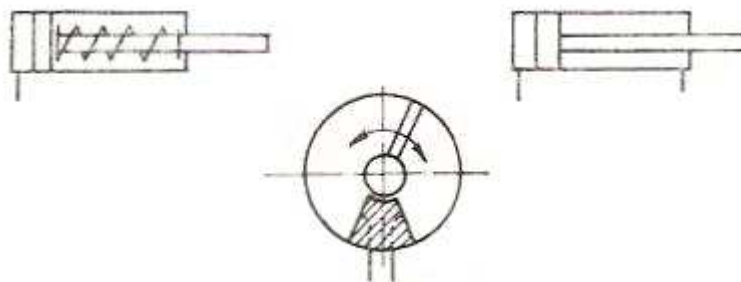


Obr. 15. Schéma harmonické převodovky. [11]

1.5.3 Hydraulické pohony

Jako hydraulické pohony jsou používány hydraulické válce ve spojení s klikovými mechanismy nebo kyvné válce zabudované přímo v ramenech robotu a také axiální pístové motory nebo radiální lopatkové motory.

Hydraulické pohony jsou řízeny pomocí servoventilů. Předností hydraulických pohonů je poměrně malá hmotnost i malá setrvačná hmotnost vzhledem k silám a momentům sil, kterých dosahují. Hydraulické pohony jsou bezpečné ve výbušném prostředí. Nevýhodou je náročná údržba a náročný rozvod tlakové kapaliny přes ohebné klouby. Hydraulické pohony mají často roboty s únosností větší než 200 kN a roboty pro práci ve výbušném prostředí.



Obr. 16. Příklady hydraulických pohonů.

1.5.4 Pneumatické pohony

Pneumatické pohony lze využít u PRaM, ale i u jiných zařízení menšího výkonu. Je to dáno zejména nižším pracovním tlakem, který se pohybuje většinou do 0,6 MPa. Pneumatický pohon je zpravidla zásobován stlačeným vzduchem z centrálního zdroje, na který navazuje skupina prvků tvořící zařízení pro úpravu vzduchu (odlučovač vody s filtrem, redukční ventil, maznice a tlakoměr). Další část tvoří řídicí prvky (rozvaděč, škrťací ventil a zpětný ventil) a vlastní pneumatický motor.

K výhodám pneumatických mechanismů patří zejména možnost napojení na centrální zdroj energie bez potřeby zpětného vedení, možnost dosažení rychlých přímočarých pohybů s velkými zdvihy, konstrukční jednoduchost a spolehlivost a možnost nasazení i v nejsložitějších pracovních podmínkách (v prostředí s nebezpečím výbuchu, ve vlhku, při vysokých teplotách okolí apod.). K nevýhodám patří zejména vysoká energetická náročnost související s přípravou a rozvodem tlakové energie, obtížné udržení rovnoměrného pohybu při pomalých rychlostech, malá tuhost a obtížnější řízení rychlosti a polohy zastavení.

Nejpoužívanější jsou motory s přímočarým pohybem. V důsledku setrvačných sil působících zejména na držený předmět a vlastní pracovní hlavici není možné využít vysokých rychlostí, kterých lze u těchto motorů snadno dosáhnout. Konstrukce pneumatických motorů s přímočarým pohybem je obdobná jako u hydraulických motorů. Pro malé zdvihy lze využít membránových motorů. Rotační pneumatické motory nejsou příliš vhodná zejména pro vysoké provozní otáčky, jelikož se obtížně řídí a jsou hlučné. Jejich výhodou je možnost přetížení bez nebezpečí poškození. Pneumatické motory s kývavým pohybem mají také obdobnou konstrukci i použití jako motory hydraulické.

Aby bylo možné pneumatický pohon použít i pro náročnější aplikace, je nutno obvod vybavit prvky pro řízení rychlosti, řízení směru pohybu a polohy zastavení.

Pro registraci polohy se u PRaM s pneumatickým pohonem často používají pneumatické koncové spínače pracující na principu klapka - tryska. Řízení rychlosti se v těchto případech řeší výhradně škrťacími ventily. Výhodnější je škrcení výstupní větve, neboť lze nastavit i poměrně nízké rychlosti pohybu (až $1 \cdot 10^{-2} \text{ ms}^{-1}$) při přijatelné nerovnoměrnosti pohybu. Pro zastavení se využívají pevné dorazy. Aby bylo zabráněno velkým rázům, používají se mechanické nebo hydraulické tlumiče, které zajišťují zpomalení pohybu. [2]

1.5.5 Kombinované pohony

Smyslem této koncepce pohonu je soustředění výhodných vlastností různých druhů pohonů v jednom pohonu. I když je teoreticky možné při uvažování elektrického, hydraulického a pneumatického pohonu vytvořit 6 různých typů kombinovaného pohonu, má zatím praktický význam jen elektrohydraulický a pneumohydraulický pohon.

V případě elektrohydraulického pohonu se sleduje využití možností řízení elektromotorů, jejich jednoduchého spojení s elektrickými řídicími systémy a výhodných vlastností hydromotorů. U tohoto typu pohonu je na vstupu elektromotor, nejčastěji stejnosměrný nebo krokový, a na výstupu hydromotor. Způsob spojení mezi oběma motory je proveden tak, že dochází k přenosu pohybu od elektromotoru na hydromotor v přesně definovaném poměru natočení. Podstatnou vlastností spojení je tedy polohová zpětná vazba. Elektromotor plní řídicí funkci a jeho pohyb je sledován hydromotorem se zesíleným výkonem.

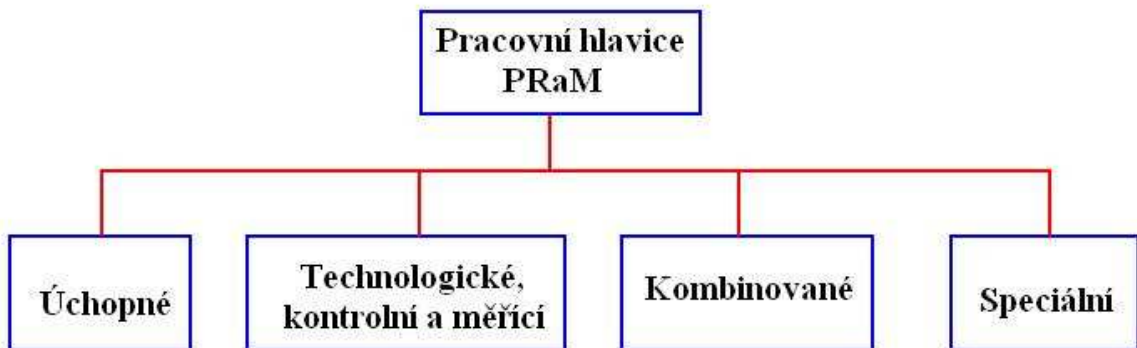
Rozlišují se elektrohydraulické pohony rotační a přímočaré. U obou je na vstupu elektromotor s rotačním pohybem, který představuje prvek pro ovládání rozvodu tlakové kapaliny do hydromotoru. V rámci tohoto prvku je zároveň realizována mechanická polohová zpětná vazba od výstupu pohonu na vstup.

Z čistě provozního hlediska je samozřejmě výhodnější uplatnění pohonů se stejným druhem pracovního média a z tohoto důvodu nejsou kombinované pohony uvedeného typu příliš rozšířené. Dá se říci, že kombinace různých typů pohonů u jedné konstrukce je častější u jednoúčelových provedení zejména manipulátorů.

1.6 Pracovní hlavice

Výstupní (pracovní) hlavice je část manipulátoru nebo robotu, která uzavírá pohovací a orientační kinematický řetězec - představuje jeho výstupní část (orgán). Hlavice je tedy ústrojí manipulátoru nebo robotu, které přímo přichází do styku s objekty manipulace nebo technologického procesu

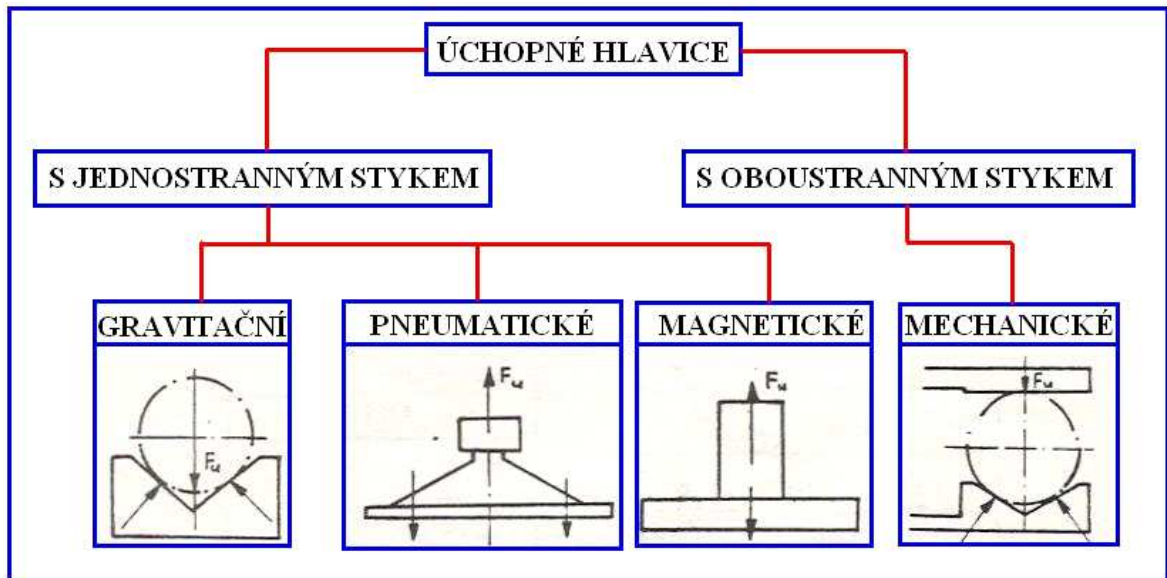
Pracovní hlavice by měly být co nejlehčí, protože jejich hmotnost snižuje užitečné zatížení. V současné době se dosahuje snížení hmotnosti pracovních hlavic zejména využíváním kompozitních materiálů.



Obr. 17. Rozdělení pracovních hlavic.

1.6.1 Úchopné hlavice

Úchopné hlavice provádějí uchopení a uvolnění předmětu. Uchopení je realizováno mechanickým stykem úchopných prvků s povrchem předmětu. Úchopné síly jsou vyvozeny mechanickými prostředky a působí proti sobě v protilehlých stranách (mechanické čelisti) nebo se k uchopení tělesa využívá působení gravitačních, magnetických nebo podtlakových sil. Úchopné hlavice jsou více či méně složité mechanismy, které mají vhodným způsobem rozmístěné úchopné prvky zajišťující snadné uchopení i uvolnění tělesa. Podle povahy styku úchopné hlavice s objektem je lze rozdělit na dvě skupiny: [2]



Obr. 18. Rozdělení úchopných hlavic.

1.6.2 Technologické, kontrolní a měřicí hlavice

Technologické hlavice jsou výstupní pracovní částí především průmyslových robotů a bezprostředně realizují příslušnou technologickou operaci. Podle charakteru prováděné operace se rozlišují technologické hlavice svařovací, stříkací, montážní aj.

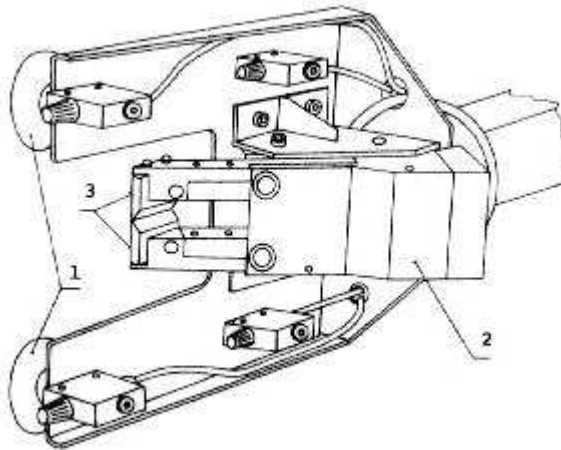
Konstrukce robotu zajišťuje nastavování polohy technologické hlavice v prostoru podle požadavků technologické operace. Vlastní funkce technologické hlavice je zajišťována zpravidla samostatným systémem. Například při vybavení robotu svařovací hlavicí pro obloukové svařování je součástí této hlavice systém pro přísun svařovacího drátu a hlavice je spojena s regulačním systémem pro udržování optimálních parametrů při svařování.

Velká pozornost se věnuje realizaci automatické montáže s využitím průmyslových robotů. Tato automatizace montáže klade vysoké nároky na konstrukci speciálních montážních hlavic. Montážní hlavice se řeší při respektování těchto podmínek:

- Schopnost přizpůsobení relativní polohy při montážním pohybu součástí
- Řízení montážní síly [11]

1.6.3 Kombinované hlavice

Kombinované hlavice mohou zajišťovat v rámci jedné konstrukce dvě i několik funkcí. Jde například o kombinaci úchopné a technologické funkce tak, jak je naznačeno na obrázku níže.



Obr. 19. Příklad kombinované hlavice.

Tato hlavice umožňuje manipulaci s výstřiky s paralelní realizací technologické operace odstřížení vtoku. Úchopná část je opatřena čtyřmi podtlakovými ejektorovými komorami "1", technologickou část tvoří pneumaticky ovládané nůžky "2", zakončené břity "3". Popsaný typ kombinované pracovní hlavice se projeví v dané aplikaci na jedné straně ve zkrácení pracovního cyklu, neboť se překrývá čas pro manipulaci při vyjímání výstřiku ze stroje s časem pro oddělení vtoku. Druhým efektem je zjednodušení struktury pracoviště, u kterého je odstříhovací stanice nahrazena integrací technologické části do pracovní hlavice. Významná je i skutečnost, že odpadá nutnost řešení zakládání výstřiku do odstříhovací stanice a jeho vyjímání.

1.6.4 Speciální hlavice

Speciální pracovní hlavice jsou určeny pro činnosti, které nejsou zastoupeny u předcházejících kategoriích

Může jít o činnosti, které by ohrožovaly zdraví člověka (např. manipulace s radioaktivními látkami, doplňování paliva letadel,...)



Obr. 20. Speciální hlavice pro doplňování paliva.

2 PRŮMYSLOVÉ ROBOTY MITSUBISHI MELFA

Průmyslové roboty Mitsubishi Melfa nabízejí zajímavá technická řešení a řadu užitečných funkcí a vlastností. Ramena robotů se dělí do dvou kategorií - sférické nebo SCARA. Počet stupňů volnosti je 4 až 6, opakovací přesnost v rozmezí $\pm 0,01$ až $0,005$ mm, nosnost 1 až 12 kg, dosah je od 410 až do 1384 mm, rychlost 2100 až $9500 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, krytí IP30 až IP65. K velkým přednostem robotických systémů patří víceúlohový řídicí systém, možnost ovládání až 8 dodatečných os a 8 chapadlových systémů, rychlá příprava a uvedení do provozu. Snadno a rychle zvládnutelný programovací software sloužící rovněž k monitorování funkcí robota. Užitečné funkce zahrnují detekci kolize bez použití senzoru, přejezd singulárních pozic, nastavení krouticího momentu každé osy, určení a oznámení servisu z analýzy zatížení a doby provozu každé osy, jemné polohování, sledování dopravního pásu, řadu komunikačních možností či spolupráci s kamerovými systémy.



Obr. 21. Roboty MITSUBISHI MELFA. [5]

2.1 Mitsubishi Melfa RV-2AJ

Tento robot se vyznačuje výjimečnými výkonovými parametry a je více než zdatným nástupcem robota RV-M1. Ideálně se hodí pro použití ve stejných aplikacích jako jeho předchůdce – testovací činnosti, manipulace s materiálem, výukové účely, servisní práce apod. Díky svým technickým parametrům je model RV-2AJ vhodný také pro zcela nové oblasti použití. Zdokonalené základní vlastnosti jsou nyní následující - rychlost je 2,100 mm/s, významně se zlepšila přesnost polohování na hodnotu ± 0.02 mm a nosnost byla zvýšena do 2 kg. [4]



Obr. 22. Robot MITSUBISHI MELFA RV-2AJ.

2.1.1 Technická specifikace robotu Melfa RV-2AJ

Robot RV-2AJ je schopen obsloužit pracovní prostor do vzdálenosti 410 mm, to umožňuje instalovat poměrně lehké rameno robota (17 kg) do míst kde by normálně nebyl prostor pro složitý automatizovaný manipulátor. Možnost závěsné – stropní instalace rozšiřuje způsoby uplatnění a zvyšuje flexibilitu konfigurace systému.

Absolutní poziční enkóдеры odstraňují potřebu přejezdu do nulové referenční polohy po každém výpadku napájení. Všechny osy jsou vybaveny střídavými servomotory, které zajišťují maximální mobilitu a nekladou žádné nároky na údržbu. Další pozitivní vlastnosti tohoto robota - týkající se uživatele - jsou rychlé a snadné pochopení programovacího jazyka a kompletní diagnostické funkce.

Srdcem robotického systému RV-2AJ je řídicí jednotka s malými rozměry, jejímž základem je velmi rychlý 64-bitový RISC procesor. Řídicí jednotka nové generace dále nabízí rychlou komunikaci, podporu plného víceúlohového provozu a připojení do sítě Ethernet. Ve víceúlohovém režimu je procesor schopen zpracovávat až 32 úloh najednou, to znamená, že robot se může používat k ovládní jiných zařízení a ve stejném čase vykonávat svoje vlastní úkoly. Jediná řídicí jednotka je schopna ovládat až 12 os.

Tab. 2. Technická specifikace robotu MELFA RV-2AJ.

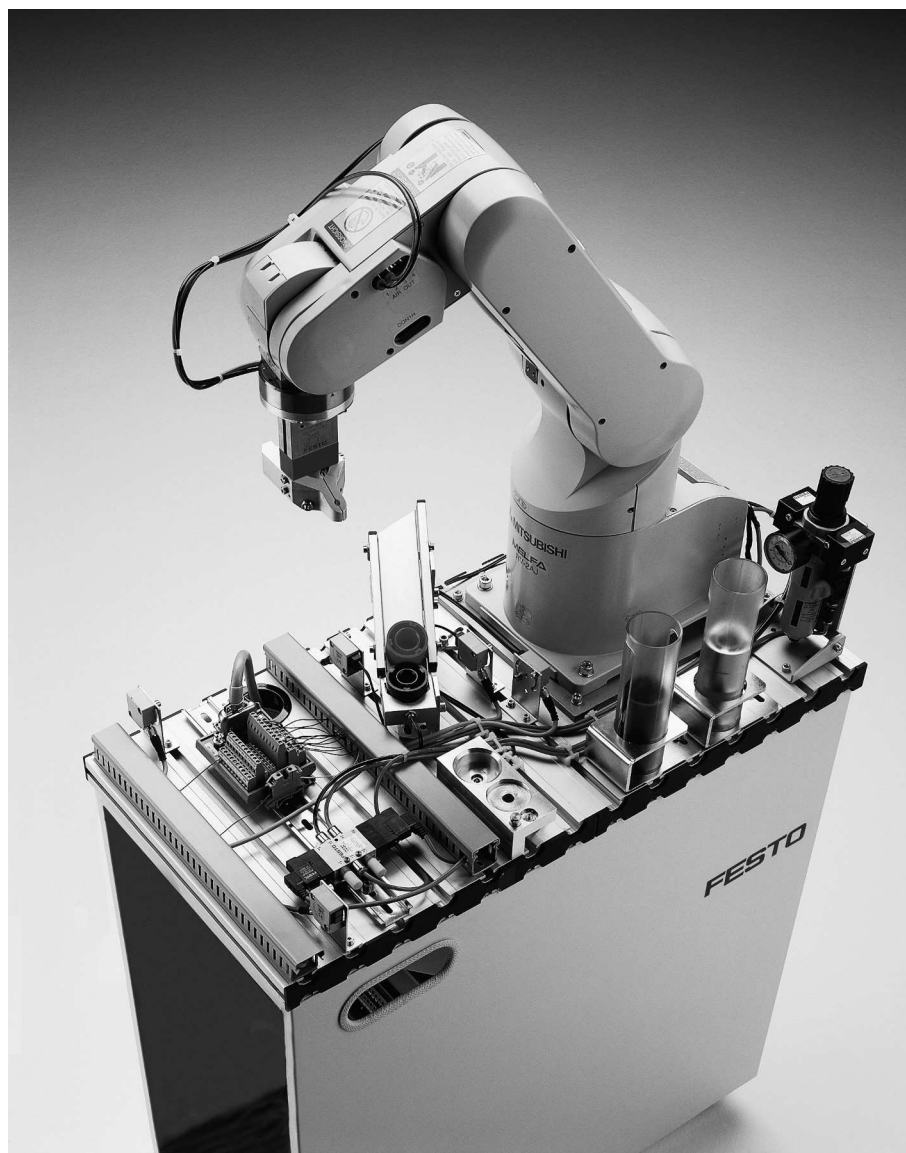
Model		RV-2AJ	
Počet stupňů volnosti			5
Poloha pro instalaci			Vodorovná, svislá (stěna, strop)
Konstrukce			Vertikální, kloubový typ
Druh pohonu			Střídavé servo motory (bez kartáčů)
Typy motorů			Klouby J1 až J3: 50W s brzdou, klouby J4 a J6: 15W bez brzd, kloub J5: 15W s brzdou
Způsob detekce polohy			Absolutní enkodéry
Počet digitálních vstupů a výstupů			16/16 (max. 240/240)
Způsoby řízení			Otáčení kloubů / lineární / kruhová interpolace, víceúčelové řízení (max. 32 úloh), adaptivní řízení, podmíněné provádění větvení a podprogramů
Programovací jazyk			MELFA BASIC IV, Movemaster Command
Maximální počet pozičních bodů			2 500 pozic / program
Maximální počet řádků programu			5 000
Maximální počet programů			88
Rozměry řídicí jednotky (š x v x h)			212 mm x 165 mm x 290 mm
Délky jednotlivých částí ramene	Otáčení ramena	mm	0
	Horní rameno		250
	Předloktí		160
	Otáčení lokte		0
	Délka zápěstí		72
Rozsah pohybů jednotlivých kloubů	J1	stupně	300 (od -150 do +150)
	J2		180 (od -60 do +120)
	J3		230 (od -110 do +120)
	J5		180 (od -90 do +90)
	J6		400 (od -200 do +200)
Rychlost pohybů jednotlivých kloubů	J1	stupně / s	180
	J2		90
	J3		135
	J5		180
	J6		210
Maximální výsledná rychlost		mm / s	Přibližně 2 100
Nosnost	Maximální (Pozn.1)	Kg	2
	Jmenovitá		1,5
Přesnost polohování		mm	±0,02
Pracovní teplota		°C	0 – 40
Hmotnost robota		Kg	Přibližně 17
Poloměr (dosah) ramene (vztaženo k čelnímu středovému bodu na přírubě)		mm	410
Tlak		MPa	0,5 ±10%
<i>Pozn. 1) Maximální nosnost je hmotnost, při které směřuje čelo příruby dolů ±10 stupňů</i>			

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 STANICE S ROBOTEM (ROBOT STATION)

Stanice s robotem obsahuje kromě samotného robota také tři zásobníky, z nichž jeden je osazen snímačem, který informuje o stavu zásobníku. Zbývající dva zásobníky slouží pouze pro odkládání již hotových, sestavených celků. Posledním prvkem, který stojí za zmínku je kompletační stanice, která umožňuje rozpoznávat barvy jednotlivých plastových dílců a také zabraňuje pootáčení dílců během montáže.

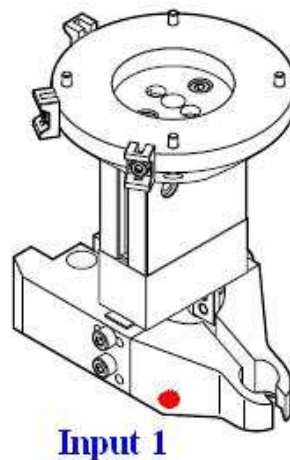
V následujících podkapitolách se krátce zmíním pouze o prvcích, které jsou vybaveny senzory a jsou ovládány pomocí PLC.



Obr. 23. Stanice s robotem.

3.1 Úchopná hlavice

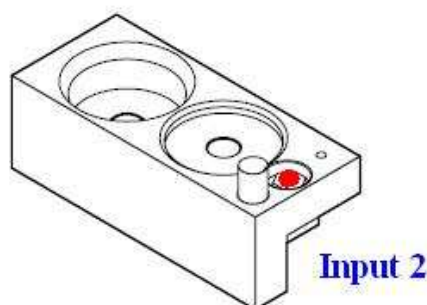
Použitá úchopná hlavice umožňuje uchopení plastových dílů většího průměru ve dvou místech a to jednak na okraji a také ve středu hlavice. Zúženou okrajovou částí lze uchopit například čepy nebo pružiny, které jsou na pracovišti k dispozici. Optický senzor umístěný na pravé přední části hlavice má v PLC přiřazen INPUT 1 a lze ho využít například pro kontrolu odkládacího místa nebo pro ověření přítomnosti dílu před jeho uchopením.



Obr. 24. Úchopná hlavice.

3.2 Kompletační stanice

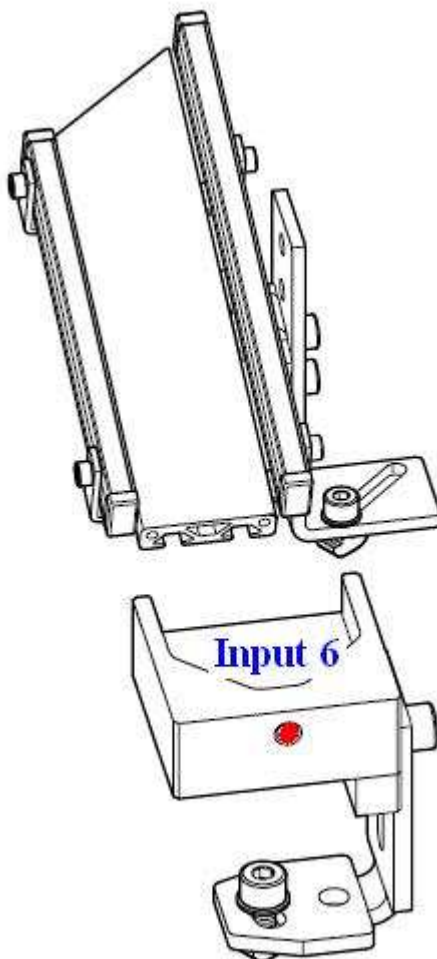
Kompletační stanice má dva různě hluboké otvory, přičemž hlubší z nich je vybaven pevným čepem, který zabraňuje pootáčení sestavy během „šroubování“ víčka. Senzor slouží ke zjišťování přesné polohy otvoru ve dně plastového dílu. Díky tomu je možné plastový díl přesně usadit na pevný čep.



Obr. 25. Kompletační stanice.

3.3 Vstupní zásobník

Vstupní zásobník je tvořen nakloněnou rovinou, po které postupně „sklouzávají“ plastové díly do místa, odkud je může robot pomocí úchopné hlavice pohodlně odebírat. Odebírací místo je sledováno senzorem, kterému je v PLC přiřazen INPUT 6.



Obr. 26. Vstupní zásobník.

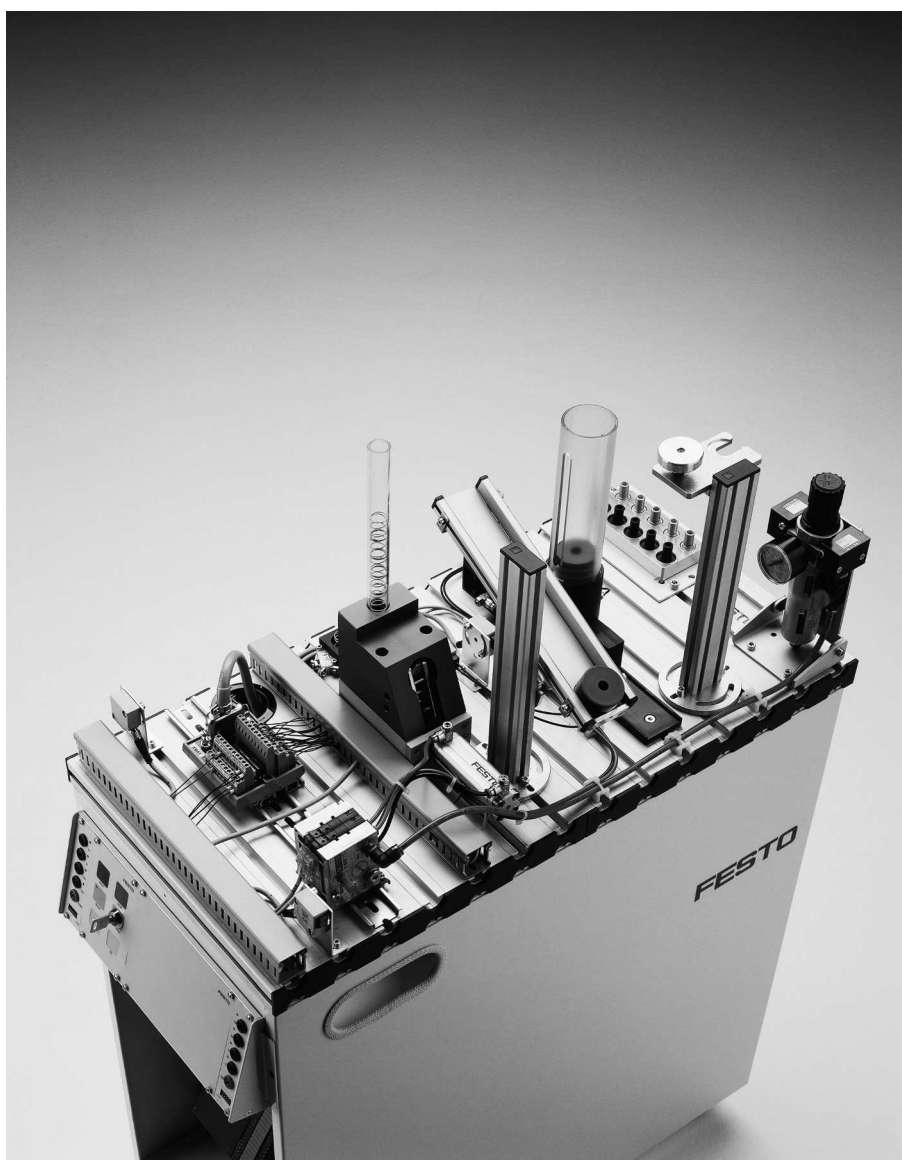
- Souhrnný přehled vstupů a výstupů stanice s robotem

Tab. 3. Vstupy a výstupy stanice s robotem

	Vstupy	Výstupy
Úchopná hlavice	INPUT 1	-
Kompletační stanice	INPUT 2	-
Vstupní zásobník	INPUT 6	-

4 MONTÁŽNÍ STANICE (ASSEMBLY STATION)

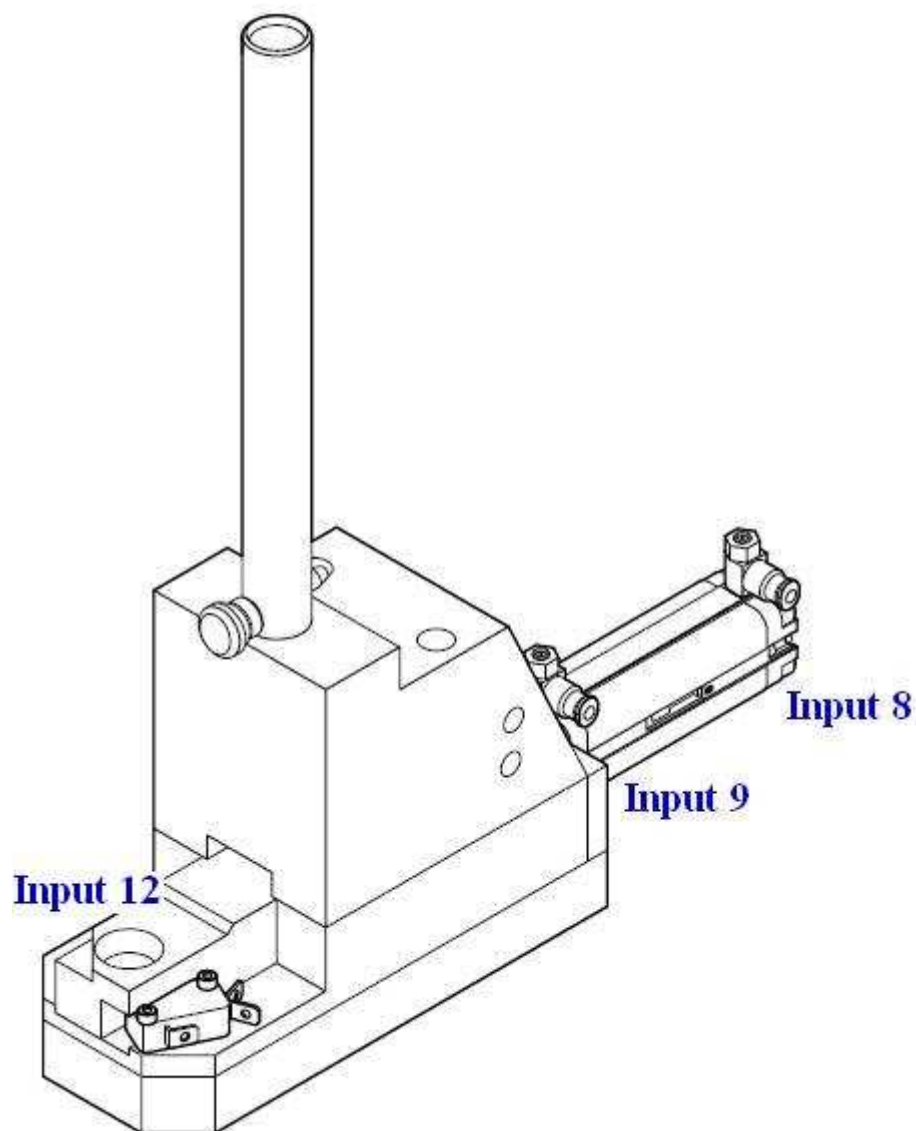
Součástí montážní stanice jsou zejména dva pneumaticky ovládané zásobníky, které slouží pro zásobování stanice plastovými víčky a pružinami. V zadní části se nachází pevný zásobník obsahující 4 plastové a 4 hliníkové čepy. Oba pneumatické zásobníky jsou osazeny snímači, který informují o stavu zásobníku a o poloze zásobníku. Posledním prvkem stanice je odkládací místo, které slouží pro ukládání smontovaných celků.



Obr. 27. Montážní stanice.

4.1 Zásobník na pružiny

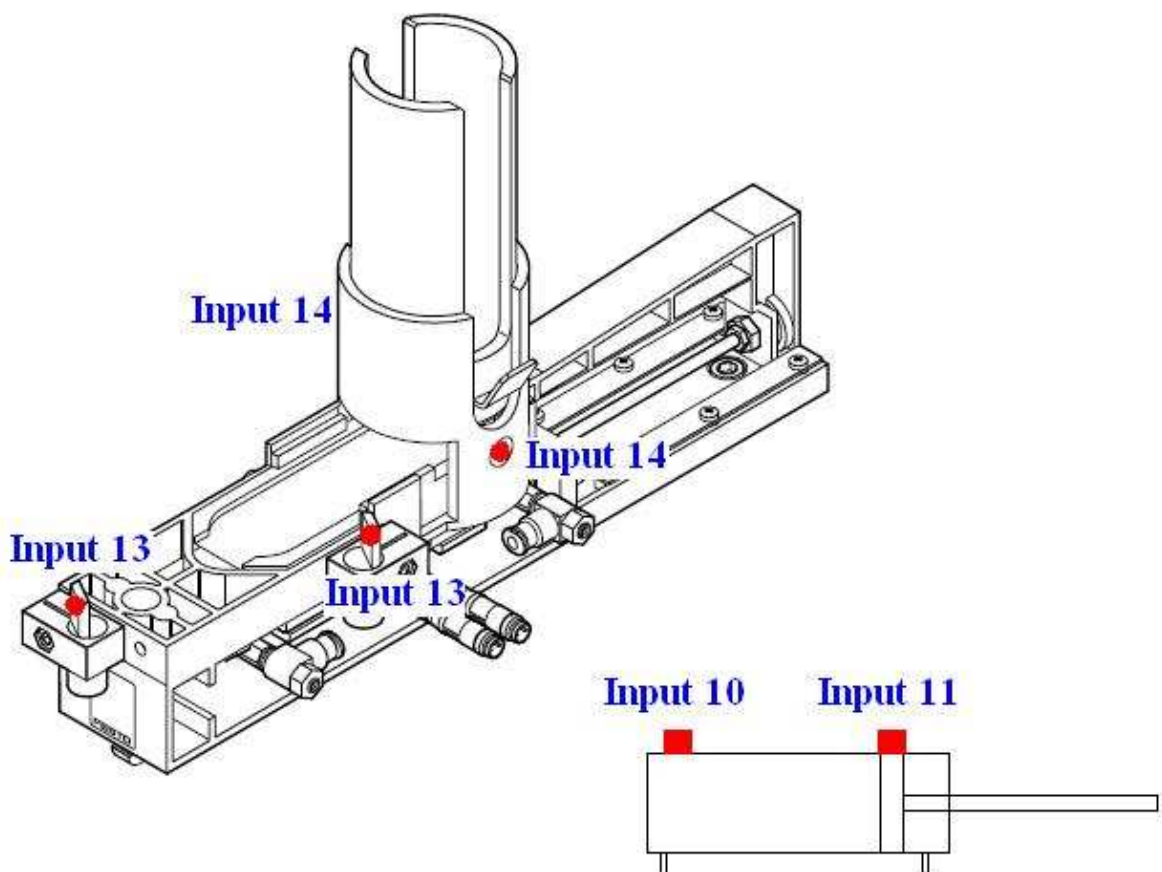
Pro zásobování pracoviště pružinami slouží tento zásobník, k jehož pohonu je využíván dvojčinný pneumotor. Pružiny jsou umístěny nad sebou ve svislém vedení a odtud jsou postupně odebírány a přesouvány do okrajové části zásobníku díky přímočarému, vratnému pohybu přípravku upevněnému na pístnici pneumotoru. To, zda je zásobník vyjetý nebo zajetý signalizují senzory umístěné na pneumotoru. Těmto je přiřazen INPUT 8 a INPUT 9. Zaplnění odbíracího místa je signalizováno díky mechanickému spínači (INPUT 12). K ovládání zásobníku slouží OUTPUT 8.



Obr. 28. Zásobník na pružiny.

4.2 Zásobník na víčka

Zásobník uvedený na obrázku slouží pro postupné přemísťování víček ze svislého vedení na místo odkud je může robot pomocí chapadla odebírat. Oproti zásobníku na pružiny je zde plastový díl připraven k odběru robotem v okamžiku, když je pístnice pneomotoru zajetá. Opět se zde nachází dva snímače, které slouží k signalizaci polohy pístnice (INPUT 10 a INPUT 11). Další senzory kontrolují, zda jsou ve svislém vedení zásobníku ještě nějaká víčka a také zda se nějaké víčko nachází v místě odkud jej robot odebírá. Tyto senzory fungují na principu vysílač–přijímač a je jim přiřazen INPUT 13 a INPUT 14. Oproti všem ostatním sensorům, umístěným na stanici s robotem a montážní stanici, jsou tyto „rozpínací“. K ovládní zásobníku slouží OUTPUT 9.

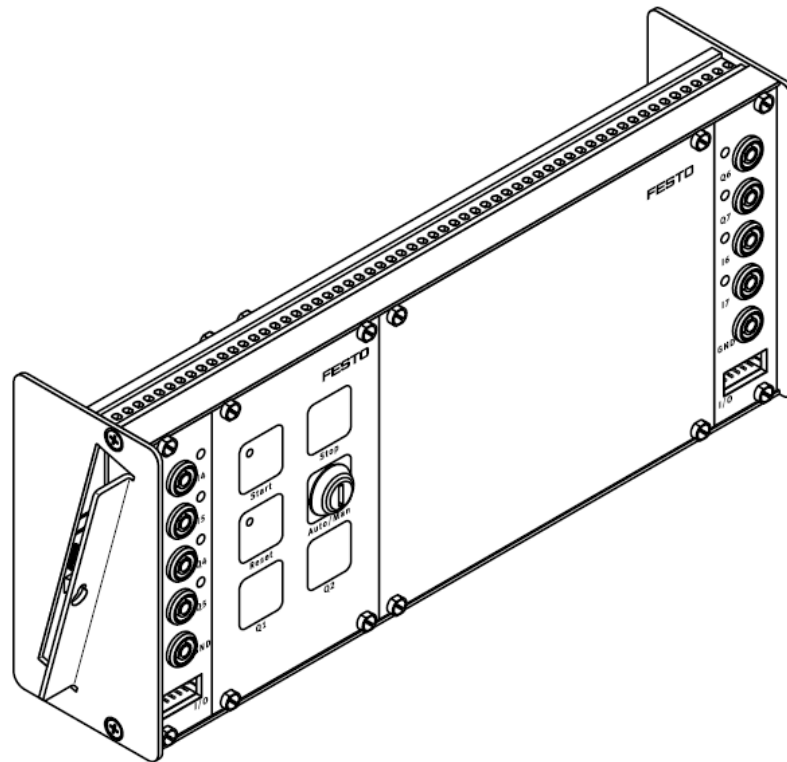


Obr. 29. Zásobník na víčka.

4.3 Čelní panel

Čelní panel montážní stanice je stejně jako I/O terminál stanice s robotem a I/O terminál montážní stanice připojen k PLC. Nachází se na něm tři tlačítka a dvě signálky. Tlačítku START je přiřazen INPUT 3, tlačítku STOP INPUT 4 (rozpínací) a RESET má INPUT 5. Signálky Q1 a Q2 lze využít pro signalizaci různých stavů pracoviště. Mohou signalizovat například úplné vyprázdnění zásobníku. Tyto signálky ovládáme jako OUTPUT 2 a OUTPUT 3.

Oproti panelu vyobrazenému na obrázku níže je skutečný panel na pracovišti doplněn ještě o tlačítko CENTRAL STOP, které je pro obsluhu robota snadno přístupné a umožňuje okamžité přerušování práce a tím zabránění případné kolize.



Obr. 30. Čelní panel

- Souhrnný přehled vstupů a výstupů montážní stanice

Tab. 4. Vstupy a výstupy montážní stanice

	Vstupy	Výstupy
Čelní panel	START - INPUT 3	Q1 - OUTPUT 2
	STOP - INPUT 4	Q2 - OUTPUT 3
	RESET - INPUT 5	-
Zásobník na pružiny	INPUT 8	OUTPUT 8
	INPUT 9	-
	INPUT 12	-
Zásobník na víčka	INPUT 10	OUTPUT 9
	INPUT 11	-
	INPUT 13	-
	INPUT 14	-

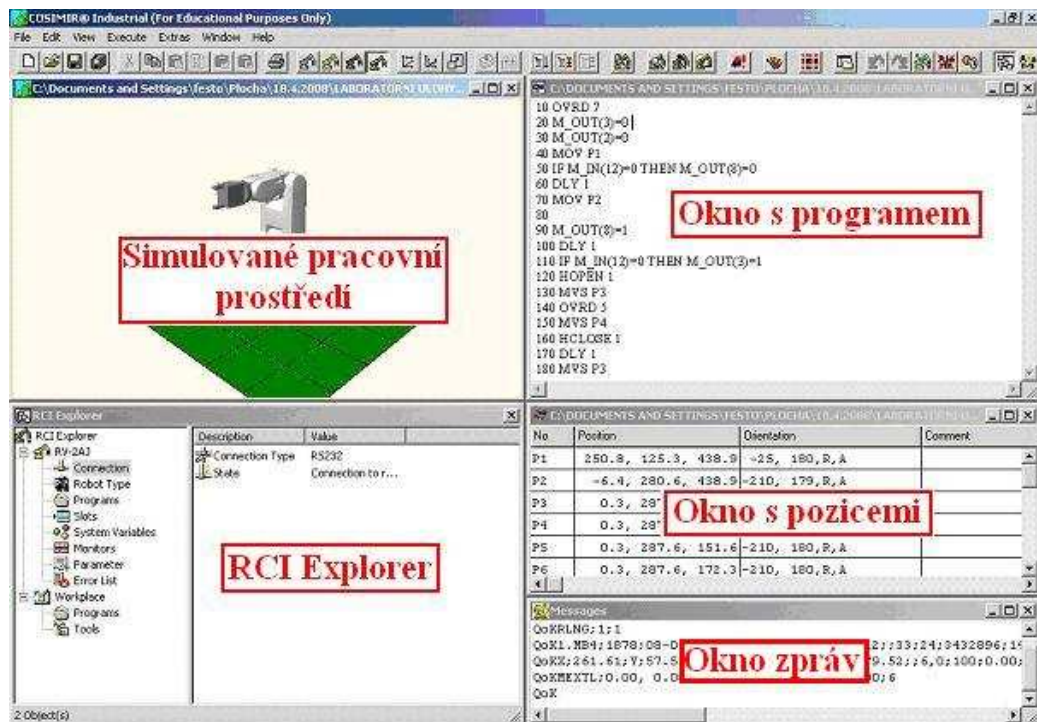
5 COSIMIR INDUSTRIAL

Tento software slouží pro simulaci robotů, programování řídicí jednotky apod. Umožňuje simulovat celou pracovní skupinu, tj. systémy samotného robota a jeho interakci s okolím.

Nástroje COSIMIRU pomáhají realizovat fázi plánování, programování a zkoušení. Kontrola dosažitelnosti již na začátku plánovací fáze pomáhá vybrat nejvhodnější robotický systém pro danou úlohu. V simulaci lze přemísťovat roboty a další prvky pracovní skupiny podle přání, což usnadňuje optimalizaci uspořádání celého systému. COSIMIR využívá pro programování jazyky MELFA-BASIC nebo Movemaster Command pro naprogramování robotů v rámci simulačního prostředí. Výhodou je, že takto vytvořené programy nevyžadují při přenosu do skutečných robotů žádné další konverzní nebo procesní kroky.

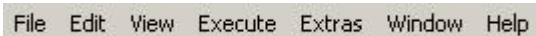
5.1 Popis prostředí programu

Pracovní prostředí programu COSIMIR Industrial je tvořeno několika okny, z nichž ty nejpoužívanější jsou zobrazeny na následujícím obrázku. Dále je zde v horní části klasický panel obsahující všechny potřebné příkazy pro práci s tímto softwarem. Jednotlivá okna a příkazy jsou podrobně popsány níže.



Obr. 31. Pracovní prostředí programu COSIMIR Industrial.

5.1.1 Panel základního menu



Obr. 32. Panel základního menu.

Je to klasický panel, ve kterém jsou pod jednotlivými záložkami skryty všechny příkazy týkající se práce se soubory a jejich editováním, volby pohledu, přepínání mezi okny a nalezneme zde i většinu příkazů pro samotné programování a komunikaci s robotem. Některé příkazy jsou ovšem snáze přístupné z okna RCI Explorer, které se standardně nachází v levé dolní části pracovní plochy.








Dále je zde možné měnit nastavení týkající se vzhledu okna pro simulaci pracovního prostředí (Workcell).

Další důležitou záložkou je záložka „Help“, ve které lze nalézt řešení případného problému s programem, významy jednotlivých příkazů a spoustu dalších cenných informací.

5.1.2 Panel nástrojů

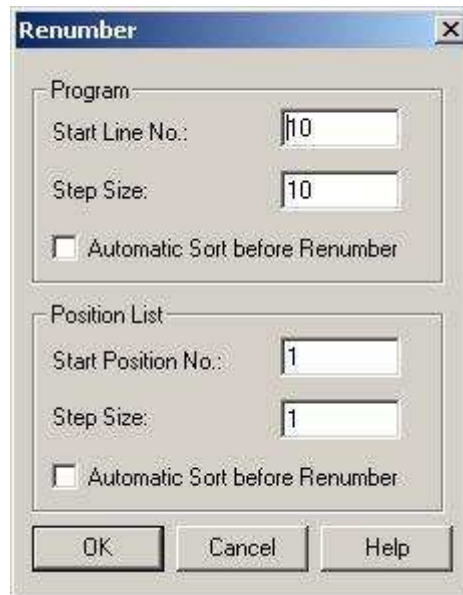


Obr. 33. Panel nástrojů.

-  ... NEW (Ctrl + N) - Tento příkaz umožní uživateli vytvořit nový soubor (program a seznam pozic). Na výběr je několik programovacích jazyků, jako například SRPL (Simple Robot Programming Language), IRL (Industrial Robot Language), MRL (Mitsubishi Robot Language) a MELFA Basic Program. Celkem je na výběr několik možností s následujícími příponami: *.PGM, *.IRL, *.MRL, *.PSL, *.POS, *.MBA, *.BAP, *.V2, *.PRG, *.SRC a *.IRD. Důležité je mít předem otevřený WORKCELL (pracovní plochu), který má příponu *.MOD.
-  ... OPEN (Ctrl + O) - Tímto příkazem lze otevřít již vytvořený soubor (Workcell, program, nebo seznam pozic). Soubory se otevírají jako samostatná okna, ve kterých je lze jednoduše editovat, tisknout apod.
-  ... SAVE (Shift + F12) - Ukládá data v právě aktivním okně. Příkaz je aktivní pouze v případě, že aktivní okno obsahuje program nebo seznam pozic. Umožňuje průběžně ukládat již existující soubory.
-  ... SAVE ALL - Ukládá všechny otevřené soubory bez ohledu na právě aktuální okno. Příkaz je aktivní pouze v případě, že alespoň jedno z oken obsahuje program nebo seznam pozic.
-  ... CUT (Ctrl + X) - Tímto příkazem je možné vyjmout část textu a uložit jej do dočasné paměti (clipboard). Každé nové vyjmutí textu maže předchozí obsah dočasné paměti.
-  ... COPY (Ctrl + C) - Lze kopírovat celý obsah nebo jen vybrané části programů do dočasné paměti. Nové kopírování opět maže předchozí obsah paměti.
-  ... PASTE (Ctrl + V) - Vloží obsah dočasné paměti na místo kurzoru v aktivním okně.



... RENUMBER (Ctrl + R) - Tento příkaz umožňuje přečíslovat řádky programu nebo seznam pozic. V dialogovém okně, které je vidět na následujícím obrázku je možné zadat číslo řádku od kterého se začne přečíslovávat a také krok.



Obr. 34. Dialogové okno Renumber.



... INSERT POSITION (Shift + F2) - Příkaz je funkční pouze pokud je aktivní okno se seznamem pozic. Nový řádek (pozice) se vloží před kurzor.



... ACCEPT POSITION (Ctrl + F2) - Je-li označený libovolný řádek v seznamu pozic, přiřadí mu tento příkaz aktuální souřadnice robota.



... PRINT (Ctrl + P) - Vytiskne požadované informace z právě aktivního okna (program, seznam pozic, apod.).












... WIREFRAME (F11) - Tento příkaz změní vzhled okna pro simulaci pracovního prostředí (Workcell). Robot a další prvky pracovního prostředí budou zobrazeny jako drátový model.



... FILLED (Shift + F11) - Příkaz změní vzhled všech objektů v okně pro simulaci pracovního prostředí. Nyní budou mít všechny objekty plné plochy.



... FLAT-SHADED (Ctrl + F11) - Jedná se o další způsob zobrazení všech objektů.

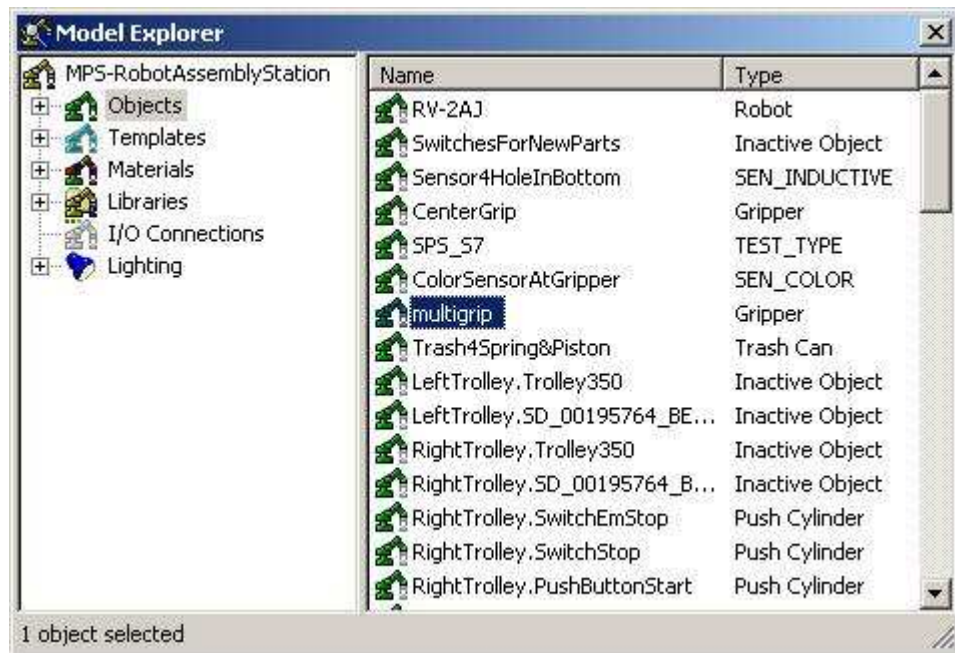
-  ... SMOOTH-SHADED (Shift + Ctrl + F11) - Tato poslední možnost zobrazení je dostupná pouze u 32 bitových verzí COSIMIRu. Objekty mají hladké, vystínované povrchy
-  ... MOVE (Shift + myš) - Příkaz slouží k pohybování s objekty v okně pracovního prostředí.
-  ... ROTATE (Ctrl + myš) - Příkaz slouží k rotaci s objekty v okně pracovního prostředí.
-  ... ZOOM (Shift + Ctrl + myš) - Při současném držení kláves Shift, Ctrl a levého tlačítka myši lze přibližovat nebo oddalovat zobrazené pracovní prostředí. Kromě tohoto příkazu je možné pro přibližování a oddalování využít také kláves „ + “ a „ - “. Je ovšem nutné mít aktivní právě okno Workcell.
-  ... COMPILE (Alt + F9) - Spustí se kompilování programu v aktuálním projektu. V okně zpráv se zobrazí informace o počtu chyb a varování.
-  ... COMPILE+LINK (Ctrl + F9) - Spustí se kompilování a linkování programu do IRDATA kódu. Pokud proběhne sestavení a spojení v pořádku, bude program v IRDATA kódu načten automaticky.
-  ... START (Ctrl + Q) - Pomocí příkazu Start je možné otestovat vytvořený program ještě před tím, než bude nahrán do řídicí jednotky robota. Simulaci je možné přerušit ikonkou Stop, která se nachází hned vedle ikonky START a je aktivní jen během simulace. Pro větší přehlednost se průběžně zvýrazňují právě prováděné řádky programu a seznamu pozic.
-  ... NEXT STEP (Shift + F10) - Kliknutím na tuto ikonku se robot v simulačním okně přestaví do pozice, která následuje za právě označeným řádkem seznamu pozic. V případě, že je aktivní programové okno, provádí jednotlivé kroky programu.
-  ... PREVIOUS STEP (Ctrl + F10) - Kliknutím na tuto ikonku se robot v simulačním okně přestaví do pozice, která předchází právě označenému řádku seznamu pozic. V případě, že je aktivní programové okno, je tento příkaz nefunkční.



... RELEASE MANAGEMENT - Otvírá okno, ve kterém je možné nastavit vlastnosti simulačního modelu, nebo zpřístupnit existující simulační model.



... MODEL EXPLORER ON/OFF (Ctrl + T) - Příkaz zapíná/vypíná okno Model exploreru. V tomto okně je možné konfigurovat jednotlivé objekty, přidávat další objekty apod.



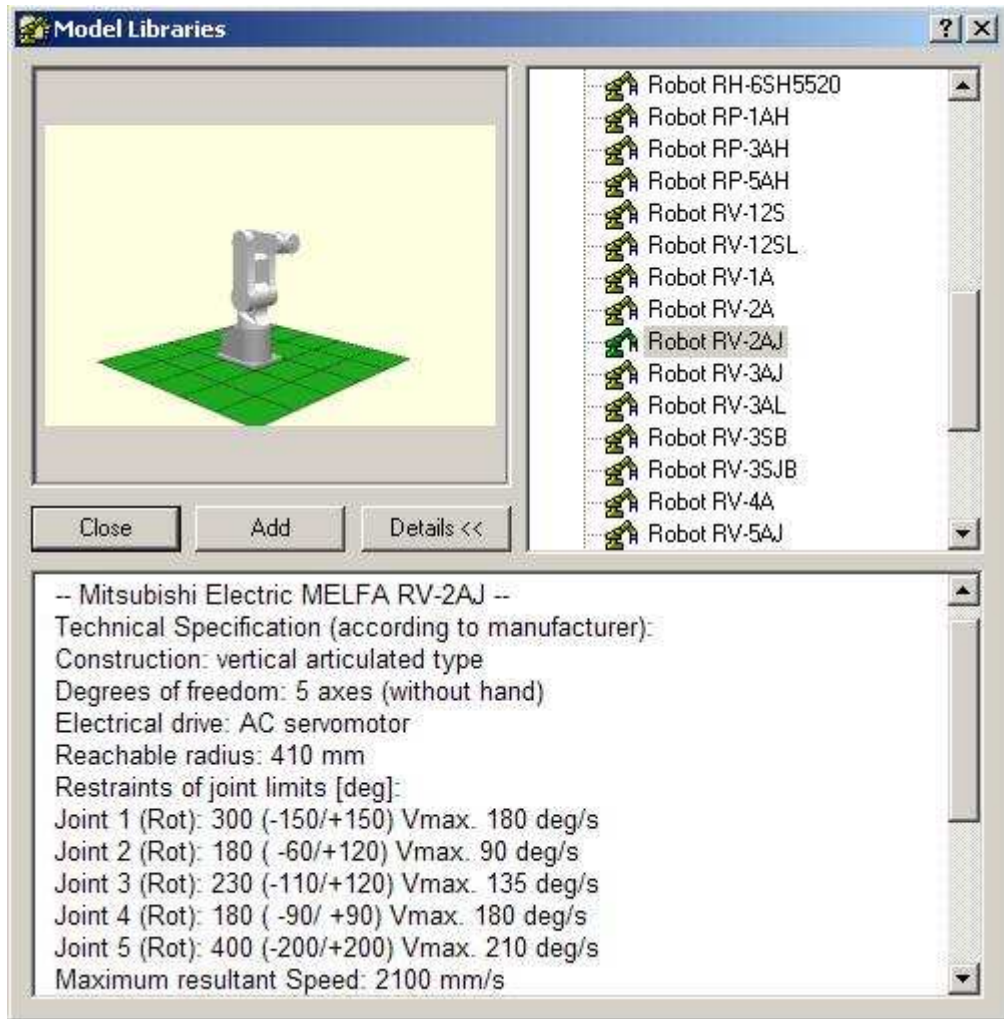
Obr. 35. Okno Model Explorer.



... EDIT MODE ON/OFF (Ctrl + E) - Příkaz slouží pro zapnutí nebo vypnutí editačního módu. Je-li editační mód zapnutý, je například možné v okně pro simulaci pracovního prostředí zjišťovat vzdálenosti jednotlivých objektů. Měření se provede stisknutím levého tlačítka myši a tažením.



... MODEL LIBRARIES - Tímto příkazem se zobrazuje okno knihovny, ze které je možné vkládat různé druhy robotů, zásobníků, apod. Postupně je možné sestavit celé pracovní prostředí (Workcell), odpovídající skutečnému stavu pracoviště.



Obr. 36. Okno Model Libraries.



... COLLISION DETECTION - Aktivuje (deaktivuje) kontrolu kolizí. Lze vybrat jednotlivé objekty pro kontrolu kolizí nebo zvolit všechny objekty potvrzením dialogového okna, které se zobrazí. V případě kolize je uživatel informován formou zprávy.



... VERTEX NORMALS - Tento příkaz spustí výpočet vrcholů vektorů a umožní reálnou prezentaci povrchů součástí. Důležité je předem vybrat povrch součásti. To se provede pomocí Model Exploreru.



... TEXTURES - Vypne nebo zapne strukturu mapování.



... OPEN PROJECT MANAGEMENT - Otevře okno správy projektu, ve kterém se nastavují cesty k souborům projektu, název projektu, vlastnosti, apod.



... DOWNLOAD - Tímto příkazem se nahrává program nebo seznam pozic z PC do řídicí jednotky robota. Příkaz je dostupný pouze pokud je aktivní okno s programem nebo se seznamem pozic.



... UPLOAD - Tímto příkazem je možné stáhnout program popřípadě seznam pozic z řídicí jednotky do PC. Příkaz je dostupný pouze pokud je aktivní okno s programem nebo se seznamem pozic.



... ROBOT POSITION → PC - Tento příkaz zjistí aktuální pozici robota z řídicí jednotky a provede přestavení ramene v okně pro simulaci pracovního prostředí.



... ALARM RESET - Maže aktuální chybu robota. Příkaz je proveditelný pouze za předpokladu, že je zajištěno spojení mezi řídicí jednotkou a PC.



... INIT CONNECTION - Tento příkaz je nutné použít pro úspěšné navázání spojení mezi PC a řídicí jednotkou robota. Pokud se spojení zdaří, zobrazí se informační okno. V případě, že k navázání spojení nedojde během 5 s, je nutné ověřit správnost nastavení. Této problematice bude věnována podrobněji kapitola 5.2.



... RCI EXPLORER - Zobrazí nebo vypne okno RCI Exploreru.



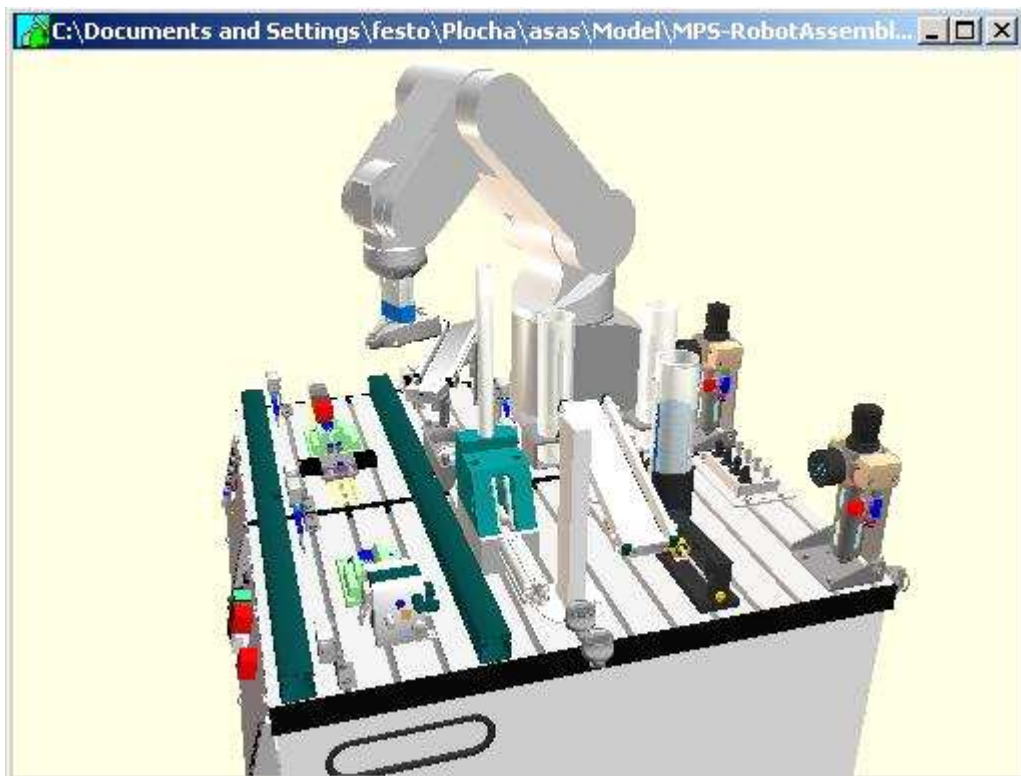
... DISPLAYS THE CURRENT ERROR MESSAGE OF THE ROBOT - Zobrazí zprávu o poslední chybě robota.

5.1.3 Okno pro simulaci pracovního prostředí (Workcell)

Okno pro simulaci pracovního prostředí se většinou nachází v levém horním rohu pracovní plochy. Je to okno které se otevírá jako první ještě dřív než program nebo seznam pozic. Soubory obsahující simulované pracovní prostředí mají příponu *.MOD.

Uživatel si může toto okno vytvořit dle vlastních požadavků. Všechny běžné komponenty jsou k dispozici v knihovně, ze které se dají snadno přidat do pracovního prostředí.

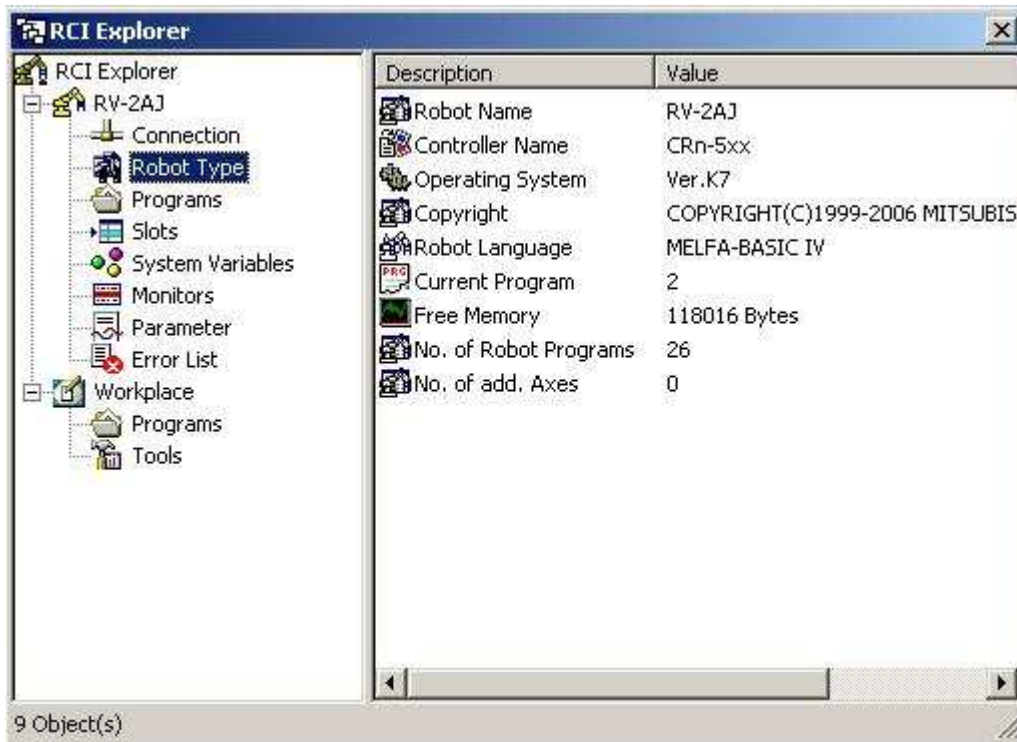
Velmi užitečné je toto okno především díky možnosti odzkoušení a doladění programu před samotným spuštěním na robotu. Model robota se pohybuje v souladu s vykonávanými příkazy, ale reálný robot se nepohybuje.



Obr. 37. Okno pro simulaci pracovního prostředí.

5.1.4 RCI Explorer

RCI Explorer (Robot Controller Interface) je rozdělen na dvě hlavní složky. Běžně se nachází v levém dolním rohu pracovní plochy. Je-li vypnutý, je možné ho opět zobrazit díky ikonce z panelu nástrojů.



Obr. 38. RCI Explorer.

Název první složky je odvozen od typu robota, který byl zvolen během instalace programu COSIMIR INDUSTRIAL. Tato hlavní složka obsahuje následujících osm pod-složek:

- Connection – Slouží pro navázání spojení mezi PC a řídicí jednotkou.
- Robot Type – V této složce jsou zobrazeny informace týkající se typu robota, verze operačního systému, stavu paměti řídicí jednotky, aj.
- Programs – Po přepnutí na tuto složku se provede aktualizace stavu paměti řídicí jednotky a zobrazí se všechny programy v ní uložené. Odtud je možné jednotlivé programy spouštět, zastavovat, otevírat, apod.
- Slots – Zobrazuje stav osmi dostupných slotů a umožňuje do nich ukládat programy.

- System Variables – Složka obsahuje systémové proměnné.
- Monitors – Ve složce Monitors se nacházejí nástroje pro sledování zatížení jednotlivých motorů během programového cyklu, sledování rychlosti, kontrolu vstupů a výstupů, apod.
- Parameter – Složka obsahuje parametry robota.
- Error List – Zobrazuje většinu chyb a varování, ke kterým došlo během práce s robotem.


Druhá složka slouží jako pracoviště „Workplace“. Obsahuje jednak data umístěná v PC v příslušném projektu (programy a seznamy pozic) a také složku „Tools“, která obsahuje především nástroje pro manipulaci s robotem a možnost přímého odesílání příkazů do řídicí jednotky.

5.1.5 Okno pro tvorbu programu (MELFA-BASIC IV-Program)

Okno pro vytvoření programu v jazyce MELFA-BASIC-IV je vidět na obrázku níže. Program se píše v jednotlivých na sebe navazujících krocích, přičemž každý krok má své číselné označení. Každý program je omezen počtem 5000 kroků. Na obrázku je vidět jednoduchý program, který začíná zvolením rychlosti pohybu (5% z maximální rychlosti robota) a dále pokračuje příkazy pro přemísťování mezi jednotlivými pozicemi. Každý správně napsaná a funkční program musí být ukončen příkazem END.

Pomocí tohoto okna se dá rychle zjistit význam použitých příkazů z nabídky HELP. Stačí pomocí myši označit příkaz a zmáčknout klávesu F1. Tímto se zobrazí podrobný popis příkazu, často doplněný také krátkým programem, který ukazuje možnosti jeho použití.

Je-li zapotřebí do programu vepisovat dodatečně kroky, lze celý program přechíslit příkazem „Renumber“, který se nachází na panelu nástrojů.



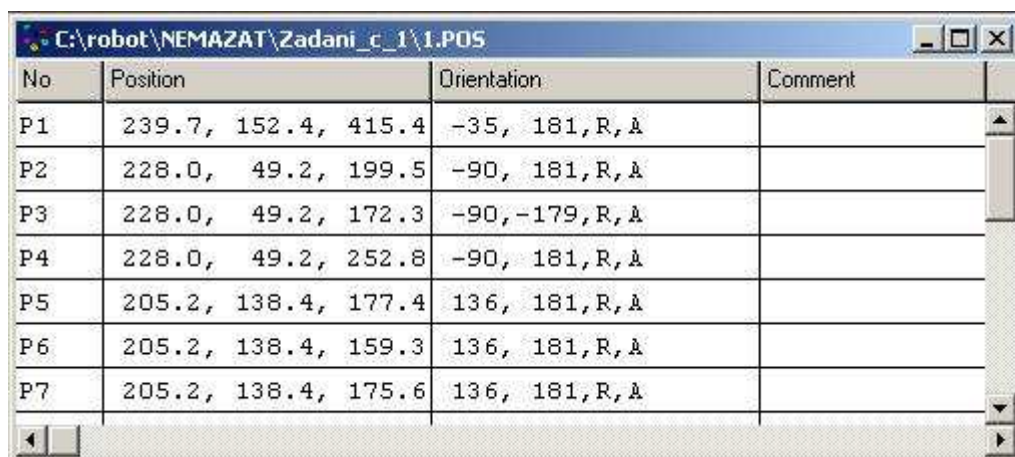
```
C:\ROBOT\NEMAZAT\ZADANI_C_1\1.MB4
10 OVRD 5
20 MOV P1
30 MOV P2
40 HOPEN 1
50 MOV P3
60 HCLOSE 1
70 MOV P4
80 MOV P5
90 MOV P6
100 HOPEN 1
110 MOV P7
120 MOV P8
130 MOV P9
140 MOV P10
150 HCLOSE 1
160 MOV P11
170 MOV P12
```

Obr. 39. Okno pro tvorbu programu.

5.1.6 Okno s pozicemi (Position List)

Jednotlivé pozice, potřebné pro správnou funkci programu, jsou zaznamenávány do následujícího okna. Existuje několik možností, jak tyto pozice (souřadnice robota) získat. Podrobný popis nastavování souřadnic je popsán v kapitole 5.4. Každý program má svůj vlastní seznam pozic, který musí mít shodné označení s programem a liší se tedy pouze příponou. Pro větší přehlednost je možné přejmenovat jednotlivé řádky seznamu pozic a nebo ponechat automaticky předvolené označení (P1, P2, P3, ...). Přejmenování se provede tak, že se na řádek klikne pravým tlačítkem myši a z roletového menu se zvolí možnost „Properties“. V dialogovém okně které se zobrazí je možné změnit název pozice, popřípadě poopravit souřadnice. Dále je možné ke každé pozici připsat krátkou poznámku do sloupce „Comment“, což je výhodné pro snazší orientaci mezi jednotlivými pozicemi. Poznámka se píše opět do dialogového okna „Properties“.

Jelikož je obtížné představit si podle uvedených souřadnic přesnou polohu robota, je výhodné využít okna pro simulaci pracovního prostředí (Workcell), které se standardně nachází v levé horní části obrazovky. Dvojklikem na řádek s požadovanou pozicí se rameno robota v okně Workcell automaticky přestaví do přesné polohy dle souřadnic ze seznamu pozic.

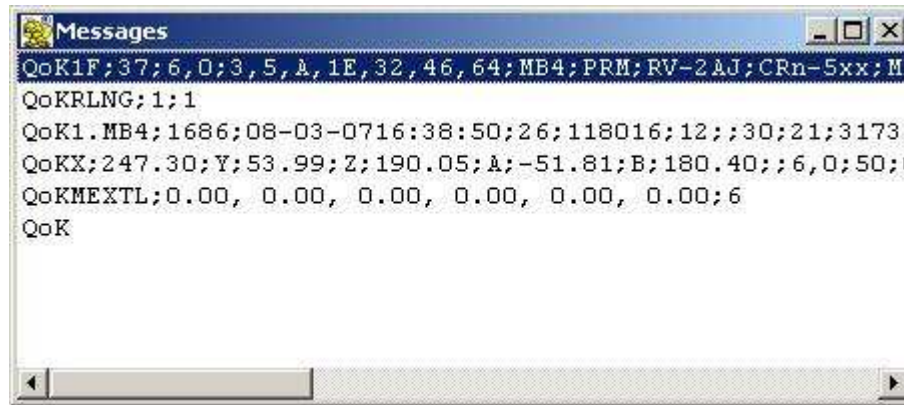


No	Position	Orientation	Comment
P1	239.7, 152.4, 415.4	-35, 181, R, A	
P2	228.0, 49.2, 199.5	-90, 181, R, A	
P3	228.0, 49.2, 172.3	-90, -179, R, A	
P4	228.0, 49.2, 252.8	-90, 181, R, A	
P5	205.2, 138.4, 177.4	136, 181, R, A	
P6	205.2, 138.4, 159.3	136, 181, R, A	
P7	205.2, 138.4, 175.6	136, 181, R, A	

Obr. 40. Okno s pozicemi.

5.1.7 Okno zpráv (Messages)

Pozice tohoto okna je většinou vpravo dole. Zobrazuje především průběh komunikace mezi robotem a PC, dále například výsledek kontroly syntaxe programu (počet chyb a varování), informace o programech nahraných v řídicí jednotce, atp.

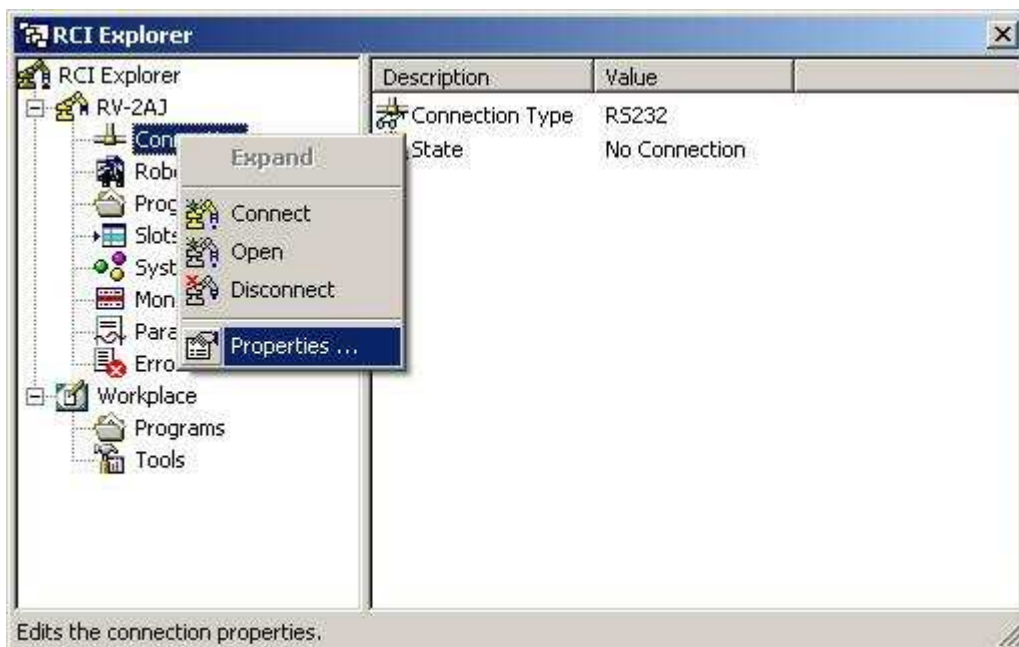


Obr. 41. Okno zpráv.

5.2 Navázání spojení mezi PC a řídicí jednotkou robota

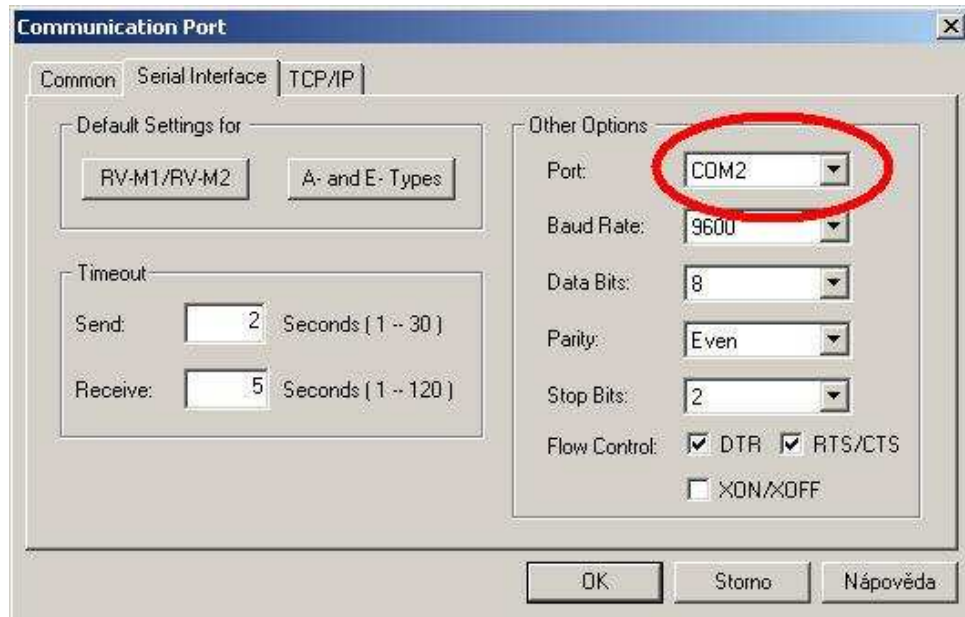
Navázání spojení mezi PC a řídicí jednotkou je první věc, kterou je nutné udělat ihned po založení nového projektu popř. otevření staršího již hotového programu. Pro připojení se využívá RCI Explorer nebo přímo ikonka „Init Connection“. Ikonku z panelu nástrojů je možné použít jen u starších projektů. U nových projektů je nutné postupovat podle následujícího návodu, protože se ve vlastnostech mění port z COM 2 na COM 1.

V RCI Explorer klikněte pravým tlačítkem na složku „Connection“ a v roletovém menu zvolte možnost „Properties“.



Obr. 42. Roletové menu Connection.

Po zobrazení dialogového okna je možné nastavovat vlastnosti ve třech záložkách, ale pro úspěšné spojení stačí ve druhé záložce změnit Port COM 2 na COM 1, jak je vidět na následujícím obrázku.



Obr. 43. Dialogové okno.

Nyní můžete toto okno zavřít kliknutím na tlačítko „OK“ a navázat spojení příkazem „Init Connection“ z panelu nástrojů, nebo zvolením možnosti „Connect“ v roletovém menu (viz Obr. 42).

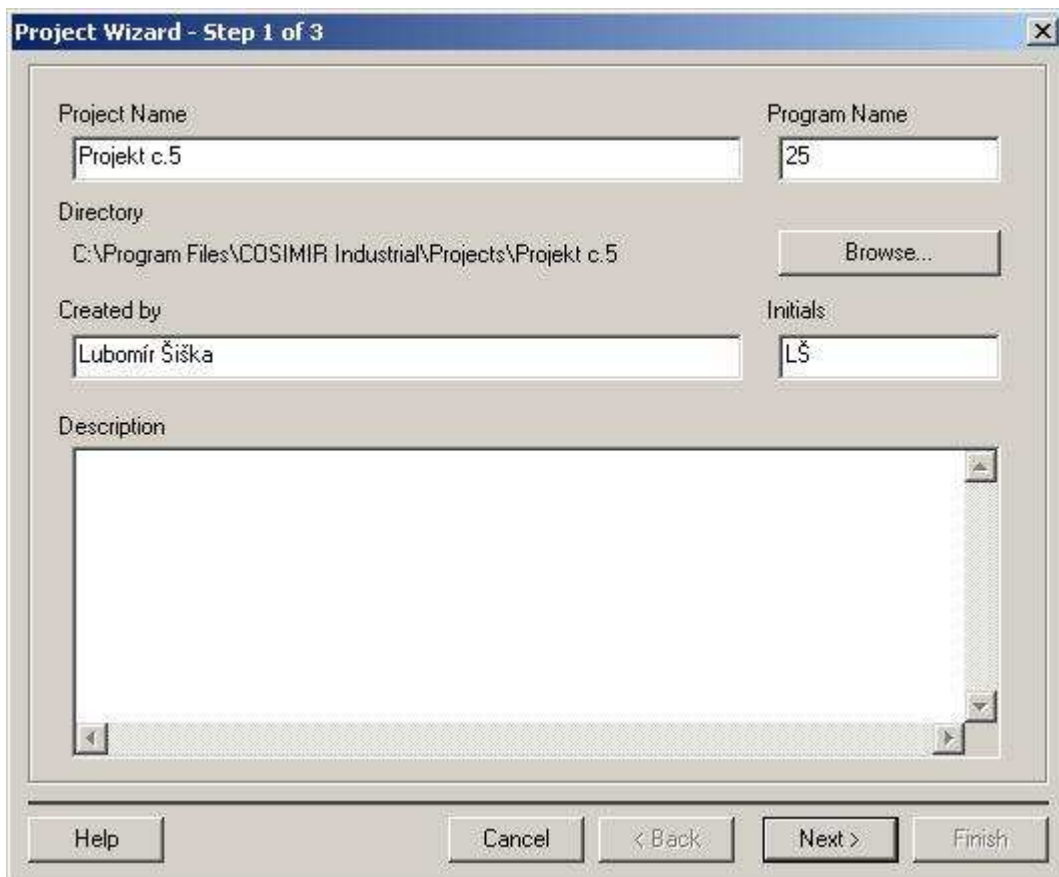
V případě, že navázání spojení mezi PC a řídicí jednotkou proběhlo úspěšně, zobrazí se dialogové okno (viz Obr. 44), ve kterém je zobrazen typ robota a programovací jazyk. Toto okno potvrďte tlačítkem „OK“.



Obr. 44. Informační okno o připojení.

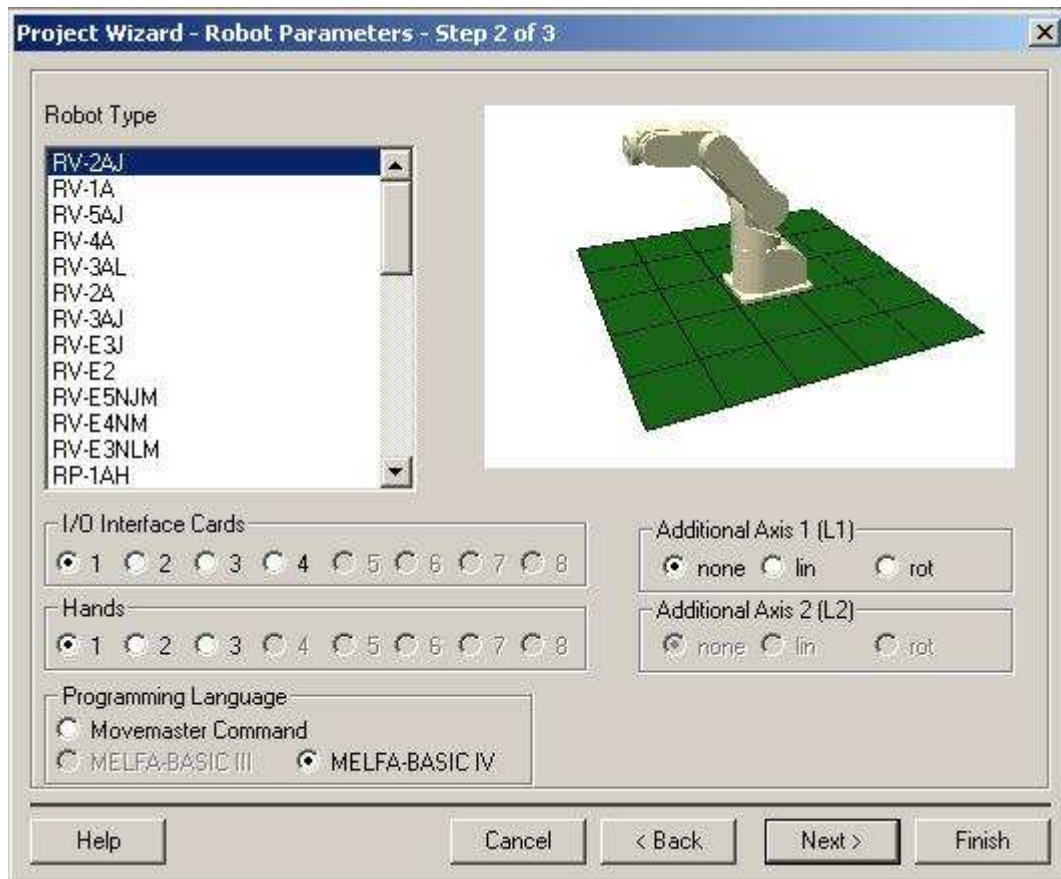
5.3 Založení nového projektu

Pro vytvoření nového projektu je nutné použít „Project Wizard“, který se otvírá z roletového menu „File“. Tento průvodce je složen ze tří kroků. V prvním kroku se vyplní název projektu, číslo programu, jméno a umístění projektu na disku. Dále je možné vepsat krátký komentář popisující činnost následně vytvořeného programu apod. Tento komentář se později zobrazuje v základní složce RCI Exploreru.



Obr. 45. Project Wizard – krok 1.

Ve druhém kroku je nutné správně zvolit typ robota – v našem případě RV-2AJ. Jako poslední je zapotřebí vybrat mezi dvěma způsoby programování (Movemaster Command nebo MELFA-BASIC IV). Jelikož se v celé diplomové práci zabývám pouze programovacím jazykem MELFA-BASIC IV a také příložená cvičení jsou sestavena pro tento jazyk, zvolte tuto možnost.



Obr. 46. Project Wizard – krok 2.

Po takto nastavených vstupních informacích je možné vynechat krok č.3, ve kterém se prakticky nic nenastavuje, a kliknout přímo na tlačítko „Finish“. Nyní se na pracovní ploše automaticky otevřou všechna potřebná okna v klasickém rozmístění.

5.4 Sestavení seznamu pozic (Position Listu)

Vytvoření seznamu pozic je velmi jednoduché. Uživatel má možnost volby mezi dvěma způsoby jimiž lze nastavit rameno do požadované polohy. První způsob je pomocí programu COSIMIR INDUSTRIAL a druhý pomocí ovládacího panelu, který je součástí celé stanice. Obě možnosti jsou podrobně popsány v následujících dvou kapitolách.

5.4.1 Manipulace s robotem pomocí ovládacího panelu

Pro manipulaci s robotem pomocí ovládacího panelu je nezbytné mít klíč v řídicí jednotce nastaven do pozice „TEACH“ a klíč na ovládacím panelu v pozici „ENABLE“.



Obr. 47. Ovládací panel.



Obr. 48. Zadní strana ovládacího panelu

- 1) EMERGENCY STOP
- 2) Zapnutí/vypnutí ovládacího panelu
- 3) Displej
- 4) Volba ovládání robota (natáčení kolem jednotlivých os/pohyb v souřadném systému XYZ)
- 5) MENU (Zobrazí hlavní nabídku)
- 6) STOP (okamžité vypnutí robota – funguje i ve chvíli, kdy je ovládací panel přepnut do polohy DISABLE)

- 7) STEP/MOVE (při současném stisknutí s deadmanswitch a „12“ lze manuálně pohybovat s robotem). Při současném stisknutí tlačítka Deadmanswitch dojde k zapnutí serva.
- 8) +/FORWD (Při současném stisknutí tlačítka STEP/MOVE lze zvyšovat rychlost pohybu).
- 9) -/BACKWD (Při editování programu zobrazí předchozí krok. Při současném stisknutí tlačítka STEP/MOVE lze snižovat rychlost pohybu).
- 10) COND (Návrat z prostředí pro manuální ovládání robota do okna pro editování programu)
- 11) ERROR/RESET (Vymaže vzniklé chyby)
- 12) Klávesnice sloužící pro psaní čísel a písmen (ovládání stejné jako u mobilního telefonu). Pro psaní písmen je nutné současně držet tlačítko POS/CHAR. Dále klávesy slouží k pohybování s robotem (viz výše)
- 13) ADD/↑ (Uloží data o pozici robota. Umožňuje pohyb kursoru směrem nahoru)
- 14) RPL/↓ (Umožňuje pohyb kursoru směrem dolů)
- 15) DEL/← (Maže zadaná data a umožňuje pohyb kursoru směrem doleva)
- 16) HAND/→ (Umožňuje pohyb kursoru směrem doprava)
- 17) INP/EXE (Toto tlačítko slouží pro vkládání programu)
- 18) POS/CHAR (Umožňuje psaní textu)
- 19) DEADMAN SWITCH (Nutné držet stisknuté po dobu manuálního pohybování s robotem)

Jak již bylo naznačeno v předchozím popisu jednotlivých tlačítek ovládacího panelu, k manipulaci s robotem slouží tlačítka klávesnice (-X, +X, -Y, +Y, -Z, +Z, -A, +A, -B, +B, -C, +C) a to při současném stisku tlačítek STEP/MOVE a DEADMAN SWITCH.

Jakmile je dosaženo požadované polohy výstupní hlavice, přeneseme se tato pozice do PC. To se provede za pomoci příkazu „Robot Position → PC“, který je součástí roletového menu záložky „Execute“. Robot simulovaném pracovním prostředí se tímto nastaví do stejné

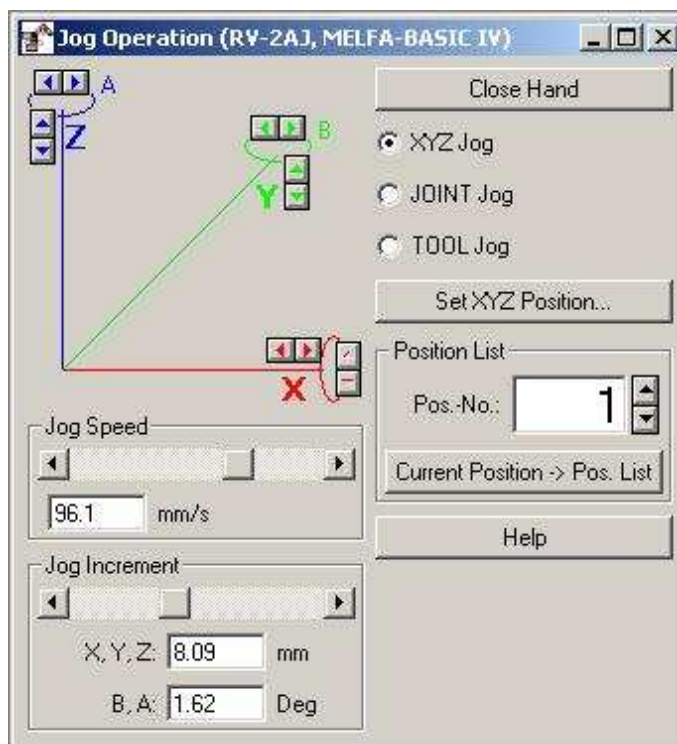
polohy, v jaké se nachází skutečný robot. V tomto okamžiku stačí pouze otevřít dialogové okno „Jog Operation“, které je přístupné ze složky „Tools“ v RCI Exploreru a kliknutím na tlačítko „Current Position → Pos. List.“, tuto pozici uložit. Důležité je vyplnit políčko s číslem pozice pod kterým se tato následně uloží. Je-li nutné během nastavování pozic, aby byl vyjetý některý ze dvou pneumaticky ovládaných zásobníků, lze to provést pomocí dialogového okna „I/O Monitor“, které se nachází v RCI Explorer v záložce „Monitors“.

5.4.2 Manipulace s robotem pomocí programu COSIMIR INDUSTRIAL

Klíč v řídicí jednotce je otočen klasicky do polohy „AUTO (Ext.)“ a ovládací panel je vypnutý (klíč v poloze „DISABLE“).

Pro manipulaci s robotem slouží dialogové okno „Jog Operation“, které je přístupné ze složky „Tools“ v RCI Exploreru. Po nastavení velikosti kroku (Jog Increment) a rychlosti (Jog Speed) je možné pomocí myši pohybovat s robotem. Tlačítko „Close Hand“ slouží pro sevření/otevření úchopné hlavice.

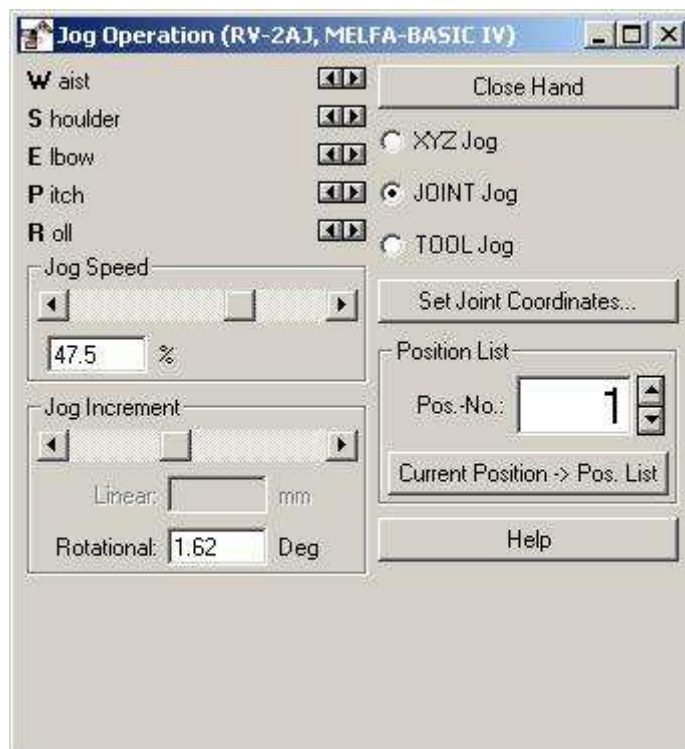
Na následujícím obrázku je vidět okno přepnuté do režimu „XYZ Jog“, které umožňuje lineární pohyb ramene v souřadném systému XYZ, přičemž osa X je rovnoběžná s delší hranou stolu, osa Y je kolmá na X a Z je osa svislá.



Obr. 49. Ovládání v souřadném systému XYZ.

Po přepnutí do režimu „JOINT Jog“ lze využít možnosti pohybu jednotlivých kloubů. První řádek „Waist“ umožňuje otáčet s robotem kolem svislé osy. Následující řádky jsou přiřazeny postupně k jednotlivým kloubům po délce ramene až po řádek „Roll“, který natáčí úchopnou hlavici kolem vlastní osy.

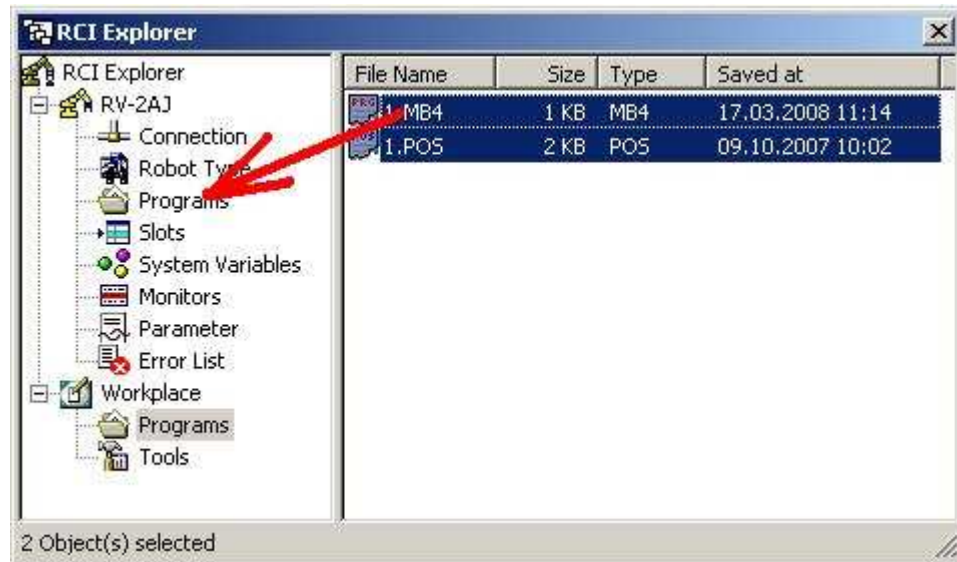
Nyní pokud je robot nastaven v požadované pozici, stačí kliknutím na tlačítko „Current Position → Pos. List“ pozici uložit. Souřadnice se přenesou do okna se seznamem pozic a uživatel může pokračovat v nastavování další pozice.



Obr. 50. Ovládání jednotlivých kloubů.

5.5 Stažení programu a seznamu pozic do řídicí jednotky

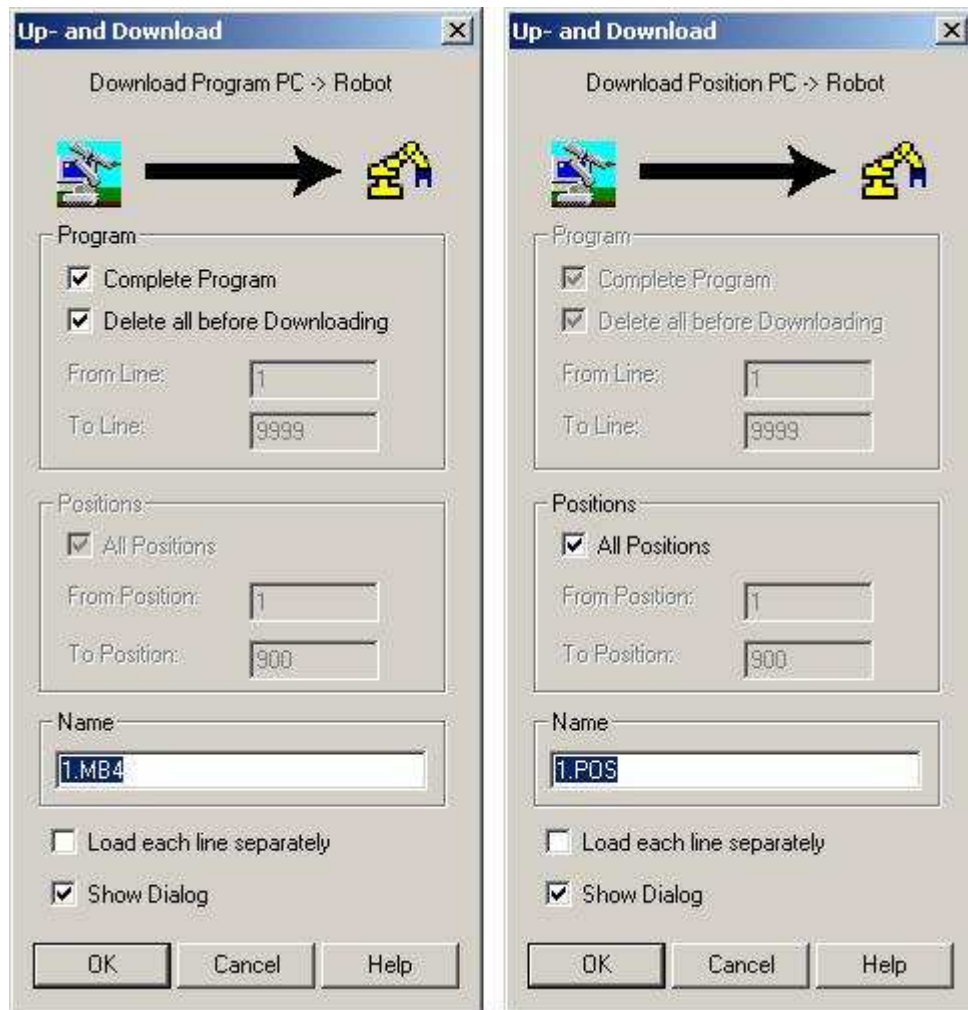
Hotový program se seznamem pozic se nahraje do řídicí jednotky za pomoci RCI Exploreru. Tažením myší se přetáhne program (*.MB4) současně se seznam pozic (*.POS) ze složky Programs (Workplace/Programs) do složky Programs (RV-2AJ/Programs).



Obr. 51. Stažení programu a seznamu pozic do řídicí jednotky.

V dialogovém okně, které se zobrazí jako první, jsou automaticky zatrhnuty horní dvě možnosti („Complete Program“ a „Delete all before Downloading“). Není zde potřeba nic měnit a stačí okno potvrdit tlačítkem „OK“.

Nyní se zobrazí druhé dialogové okno, které slouží k nastavení přenosu seznamu pozic. Opět není potřeba nic měnit, jen je nutné dbát na to, aby v kolonce „Name“ bylo uvedené stejné označení jako v předchozím okně. Pokud by byl název programu a seznamu pozic různý, program by byl nefunkční.



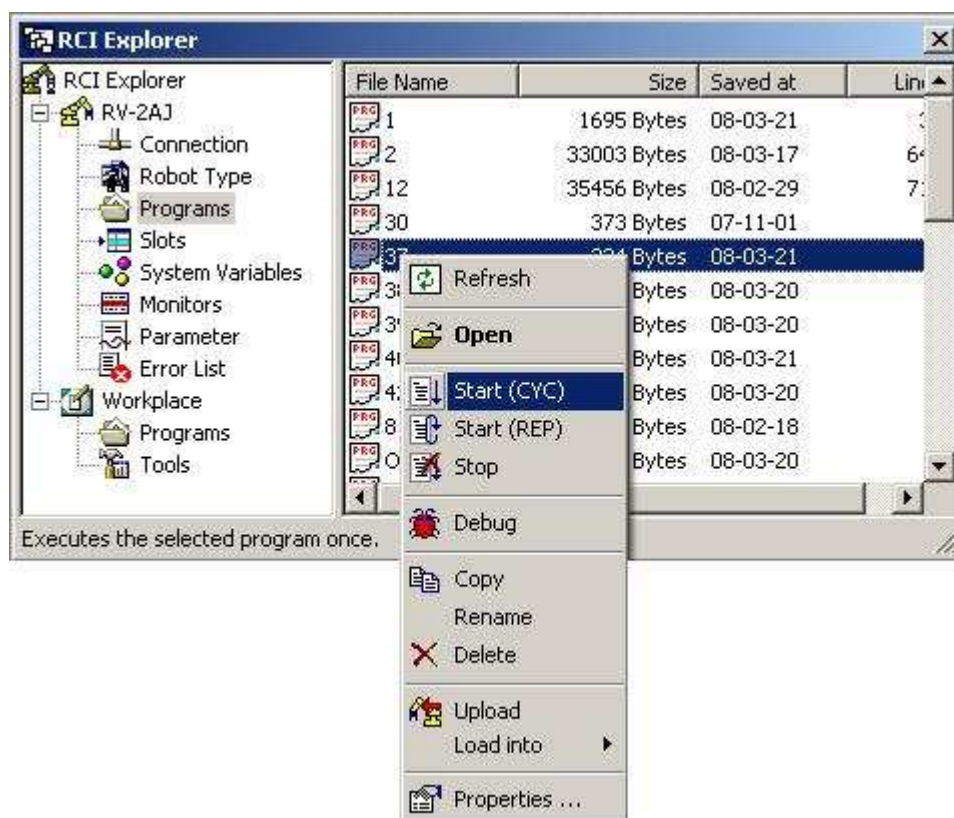
Obr. 52. Dialogová okna pro stažení programu se seznamem pozic.

5.6 Spuštění programu

Spuštění se provádí pomocí RCI Exploreru, který je rozdělen na dvě části. Je-li program spolu se seznamem pozic správně stažen v řídicí jednotce (viz kapitola 5.5), lze ho najít v horní složce „Programs“, ve které jsou umístěny všechny programy aktuálně uložené v řídicí jednotce.

Pro samotné spuštění je zapotřebí zobrazit roletové menu na požadovaném programu a z nabízených možností zvolit buď možnost „Start (CYC)“ nebo „Start (REP)“. V prvním případě bude proveden pouze jeden cyklus programu, kdežto ve druhém případě se cyklus neustále opakuje až do zastavení uživatelem pomocí příkazu „Stop“, který se nachází rovněž v tomto roletovém menu.

Před spuštěním programu je vždy nutné zkontrolovat, zda se nikdo nenachází v blízkosti robota.

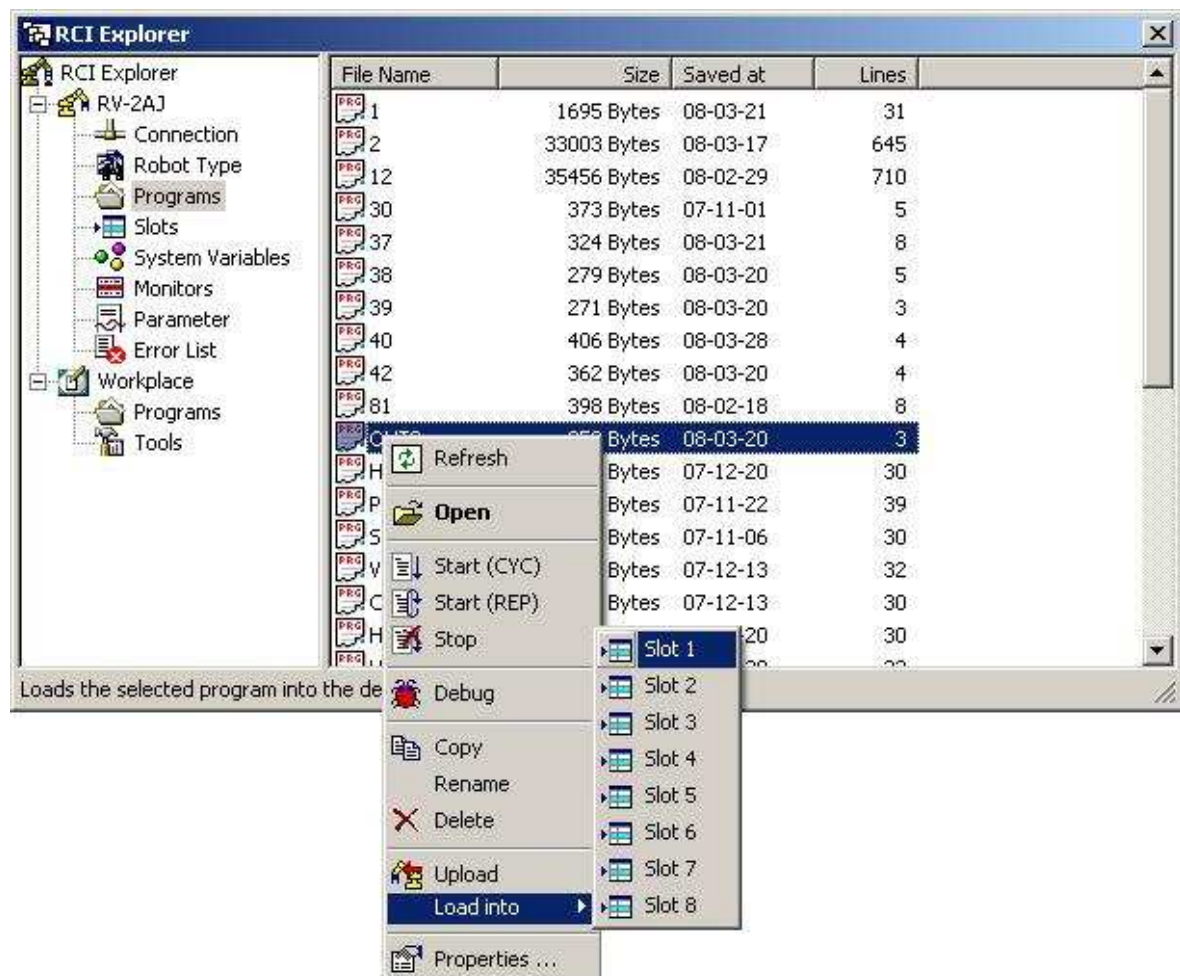


Obr. 53. Spuštění programu.

Dále je možné spustit program bez použití PC jen s využitím řídicí jednotky. Postup je následující. Požadovaný program se uloží do paměti řídicí jednotky a to do jednoho z 8 možných slotů. Výhodné je používat pouze slot číslo 1. U ostatních slotů se musí program ošetřit několika příkazy, aby jej bylo možné spustit. Výběr slotů se nachází v roletovém menu pod příkazem „Load into“ (viz Obr. 54).

Za předpokladu, že se nyní program nachází v paměti řídicí jednotky, je možné provést jeho spuštění. Nutným předpokladem pro úspěšné spuštění programu je mít klíč řídicí jednotky v poloze „AUTO (Op.)“. Stiskem tlačítka „CHNG DISP“ se uživatel přepíná mezi jednotlivými možnostmi zobrazení displeje až do doby než se na displeji zobrazí řádek s názvem jeho programu. V tomto okamžiku stačí jen pomocí tlačítka „SVO ON“ spustit servo a tlačítkem „START“ program spustit. Přerušení programového cyklu se pro-

vede tlačítkem „STOP“ a nebo je možné v případě hrozícího nebezpečí užít jednoho ze tří tlačítek „CENTRAL STOP“.



Obr. 54. Uložení programu do slotu.

5.7 Základní příkazy jazyku MELFA-BASIC-IV

Tab. 5. Tabulka příkazů MELFA-BASIC-IV [18]

Typ	Třída	Funkce	Vstupní formát (příklad)	
Ovládání pozic a operací.	Kloubová interpolace	Pohyb na určenou pozici pomocí kloubové interpolace.	MOV P1	
	Lineární interpolace	Pohyb na určenou pozici pomocí lineární interpolace.	MVS P1	
	Kruhová interpolace	Pohyb po určeném oblouku (výchozí bod – průchozí bod – konečný bod).	MVC P1,P2,P1	
		Pohyb po určeném oblouku (výchozí bod – průchozí bod – konečný bod).	MVR P1,P2,P3	
		Pohyb podél oblouku na protilehlé straně od určeného oblouku (výchozí bod – referenční bod – konečný bod).	MVR2 P1,P9,P3	
		Pohyb po sadě oblouků (vých. bod – kon. bod).	MVR3 P1,P3	
	Ovládání rychlosti	Nastaví rychlost pro jakoukoliv interpolaci v procentech (jednotka 0,1 %).	OVRD 100	
		Nastaví rychlost kloubové interpolace v procentech (jednotka 0,1 %).	JOVRD 100	
		Nastaví rychlost pro lineární a kruhovou interpolaci pomocí num. hodnoty (jednotka 0,1 mm/s).	SPD 123.5	
		Určí dobu zrychlení / dobu doběhu jako procento z předurčené maximální doby zrychlení / doby doběhu (jednotka 1 %).	ACCEL 50,80	
		Automaticky nastaví zrychlení / zpomalení shodně s proměnnou hodnotou nastavení.	OADL 1,5,20	
		Nastaví ruku i pracovní podmínky pro automatické přizpůsobení zrychlení / zpomalení.	LOADSET 1,1	
	Operace	Přidá proces do operace (nepodmíněně).	WTH	
		Přidá proces do operace (podmíněně).	WTHIF	
		Určí hladkou operaci (plynulý pohyb).	CNT 1,100,200	
		Určí podmínky pro dokončení umístění dané číslem pulsů.	FINE 200	
		Zapne / vypne servopohony pro všechny osy.	SERVO OFF	
		Nastaví točivý moment pro každou osu tak, že nemůže být překročen.	TORQ 4,60	
		Kontrola pozice	Nastaví základní souřadnicová data.	BASE P1
	Nastaví nástrojová souřadnicová data.		TOOL P1	
	„Plovoucí ovládání“	Tuhost ramene je nižší a měkčí.	CMP POSE ,00000011	
		Tuhost ramene se nastaví do původních hodnot.	CMP OFF	
		Nastavení tuhosti ramene.	CMP 1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0,1.0	
	Ovládání programu.	Větvení	Nepodmíněně větvení na určené místo.	GOTO 120
			Větví se podle určených podmínek.	IF M_IN(1)=1 THEN GOTO 100 ELSE GOTO 20
			Opakuje, dokud určené koncové podmínky nejsou splněné.	FOR M1=1 to 10 NEXT
			Opakuje, dokud určené podmínky jsou splněné.	WHILE M1<10 WEND
			Vykoná programový blok odpovídající určené adresové hodnotě ..	SELECT CASE 1 CASE 2 END SELECT
			Přeskočí řádek v programu.	SKIP
		Podprogram	Spustí určený podprogram (uvnitř programu).	GOSUB 200
	Návrat z podprogramu.		RETURN	
	Spustí podprogram, který odp. hodnotě proměnné		ON M1 GOSUB 100,200,300	

Typ	Třída	Funkce	Vstupní formát (příklad)
Ovládání programu.	Přerušení	Definuje podmínku přerušení a obslužný program.	DEF ACT 1 IN1=1 GOTO 100
		Zapne / Vypne přerušení.	ACT 1=1
		Definuje počáteční řádek programu, který se vykonává, když je vygenerováno přerušení od komunikační linky.	ON COM(1) GOSUB 100
		Zapíná přerušení od komunikační linky.	COM(1) ON
		Vypíná přerušení od komunikační linky.	COM(1) OFF
		Zastaví přerušení od komunikační linky.	COM(1) STOP
	Předčítání	Zastaví provádění předčítání.	SYNC
	Čekání	Nastaví čas čekání (jednotka 0.01 s).	DLY 0.5
		Čeká, dokud proměnná nebude odpovídat určené hodnotě.	WAIT M_IN(1)=1
	Stop	Zastaví vykonávání programu.	HLT
Generuje chybu. Může být určeno při vykonávání programu, pokračování, zastavení nebo při vypnutých servech.		ERROR 9000	
Konec	Ukončí vykonávání programu.	END	
Ruka	Otevři ruku	Otevře určenou ruku.	HOPEN 1
	Zavři ruku	Zavře určenou ruku.	HCLOSE 1
Vstup / Výstup	Přiřazení	Definuje Vstupně / Výstupní proměnné.	DEF IO PORT1=BIT,0
	Vstup	Získá vstupní signál (použitelné u podmínek).	M_IN(1)=1
	Výstup	Pošle signál pro vysunutí zásobníku.	M_OUT(8)=1
Paralelní vykonávání.	Nastavení mechanismu	Získání mechanismu s určeným číslem mechanismu.	GETM 1
		Uvolnění mechanismu s určeným číslem mechanismu.	RELM 1
	Výběr	Výběr určeného programu pro určený slot.	XLOAD 2,"P102"
	Start / Stop	Spustí paralelní vykonávání určeného programu.	XRUN 3,"100",0
		Zastaví paralelní vykonávání určeného programu.	XSTP 3
	Vrátí se zpět na první řádek určeného programu a spustí program.	XRST 3	
Ostatní.	Režim vysoké přesnosti trajektorie	Označuje, kde může být kontrola vysoké přesnosti trajektorie zapnuta nebo vypnuta.	PREC ON/OFF
	Definice	Definuje proměnnou jako typu Integer nebo jako Reálné číslo.	DEF INT KAISUU
		Definuje proměnnou jako řetězec.	DEF CHAR MESSAGE
		Definuje rozmístění proměnné (možné do 3-rozměrného uspořádání).	DIM PDATA(2,3)
		Definuje kloubovou proměnnou.	DEF JNT TAIHI
		Definuje poziční proměnnou.	DEF POS TORU
		Definuje funkci.	DEF FNTASU(A,B)=A+B
	Nulování	Vynuluje univerzální výstupní signály, proměnné v programu, proměnné mezi programy, atd.	CLR 1
	Soubor	Otevře soubor.	OPEN "COM1:" AS#1
		Zavře soubor.	CLOSE#1
		Vloží vstupy ze souboru.	INPUT#1,M1
		Vloží výstupy do souboru.	PRINT#1,M1
	Komentář	Označení komentáře.	REM "ABC"
	Návěští	Označuje místo větvení.	*SUB1

6 POPIS PŘIPRAVENÝCH LABORATORNÍCH ÚLOH

V této kapitole jsou postupně popsány všechny laboratorní úlohy, které byly připraveny jako součást diplomové práce a budou sloužit v předmětu Základy robotiky jako zadání pro studenty IV. ročníku. Při sestavování úloh byl kladen důraz zejména na to, aby byly všechny co do náročnosti stejně obtížné. V prvních sedmi úlohách se jedná především o nastavování jednotlivých pozic, potřebných pro bezchybné plnění předem daného úkolu a studenti se v těchto úlohách také seznámí se základními příkazy jazyku MELFA-BASIC-IV. Osmé zadání je víceméně samostatná práce, během níž si studenti sami napíší program a vytvoří seznam pozic. Tato úloha se ovšem svou náročností značně liší od předešlých sedmi.

Zadání všech úloh včetně pokynů k jejich úspěšnému zvládnutí jsou vzhledem ke své obsáhlosti umístěna na CD jako příloha k diplomové práci.

6.1 Laboratorní úloha č.1 – Úprava rychlosti pohybu

V této úloze mají studenti za úkol spustit již vytvořený program a následně ho upravit tak, aby se zkrátil čas pracovního cyklu. Jednoduchý program zajišťuje montáž sestavy složené ze dvou dílů (viz Obr. 55). Studenti si vyzkouší uložení programu a seznamu pozic do řídicí jednotky a seznámí se s prostředím softwaru COSIMIR INDUSTRIAL.

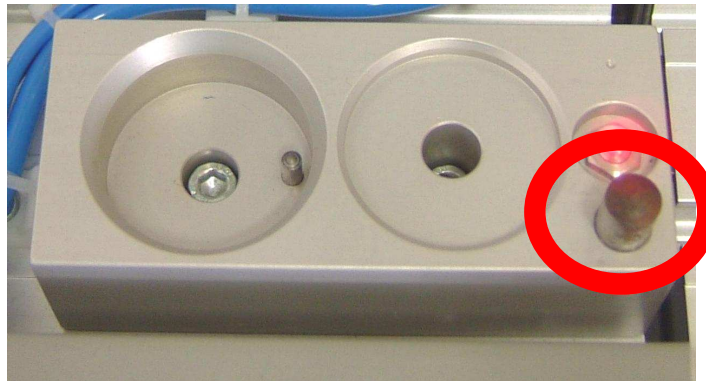


Obr. 55. Plastové díly pro montáž

Na závěr mají za úkol uvést do protokolu změny provedené v programu a také stručně okomentovat všechny použité příkazy. Díky tomu se naučí používat nápovědu, která je při programování velmi užitečná. Nápověda je snadno přístupná a jednotlivé příkazy jsou v ní podrobně popsány.

6.2 Laboratorní úloha č.2 – Přechycení víčka

Tato laboratorní úloha se skládá ze dvou částí. V první části je zapotřebí napsat program podle daného algoritmu, přičemž seznam pozic je dopředu vytvořený. Všechny potřebné příkazy jsou uvedeny v tabulce. Poté, co studenti dokončí program, nahrají ho i se seznamem pozic do řídicí jednotky a provedou spuštění jednoho cyklu programu. Robot uchopí plastové víčko, které poskytne zásobník na víčka, okrajovou částí chapadla a přenesení jej na ocelový čep, kde dojde k přechycení.



Obr. 56. Čep pro přechycení víčka

Po uchopení víčka střední částí chapadla je toto sejmuto z čepu a přeneseno na nakloněný zásobník.

Ve druhé části mají možnost vyzkoušet si manipulaci s robotem pomocí ovládacího panelu a také pomocí softwaru COSIMIR INDUSTRIAL, přičemž instrukce naleznou v příložených materiálech.

6.3 Laboratorní úloha č.3 – Osazování čepů pružinami

Po studentech je v této úloze požadováno, aby napsali program, který zajistí osazení čtyř čepů umístěných na paletě v zadní části pracoviště pružinami odebíranými z pneumaticky ovládaného zásobníku.



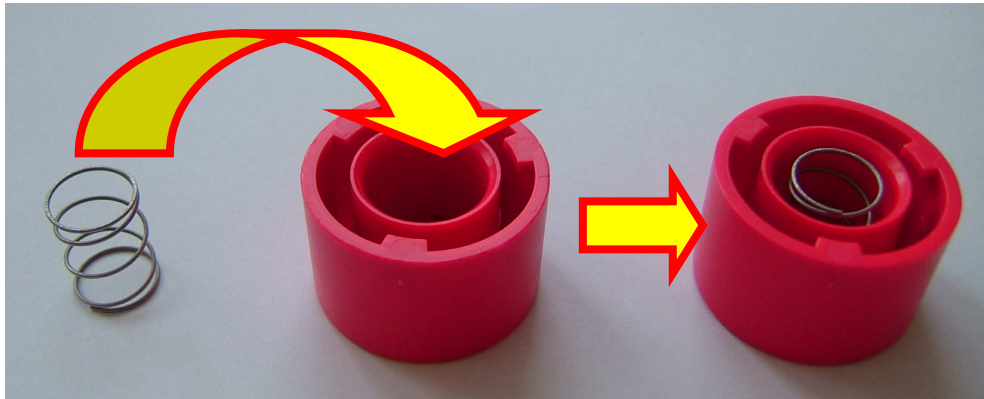
Obr. 57. Paleta s čepý

Jakmile budou všechny čepý osazeny, musí se na čelním panelu montážní stanice rozsvítit signálka Q1, která zhasne po výměně palety a opětovném spuštění programu. V případě, že v zásobníku dojdou pružiny může robot pokračovat tzv. „naprázdno“, musí se ovšem rozsvítit signálka Q2.

Všechny potřebné pozice jsou vzhledem k časové náročnosti předem připraveny a je u nich uveden také stručný popis. Program je z ¼ hotový, což znamená, že zajišťuje osazení čepu č.1 a zbytek programu musí dokončit studenti sami. Příkazy jsou popsány v přehledné tabulce a také u jednotlivých kroků předem připravené části programu.

6.4 Laboratorní úloha č.4 – Montáž sestavy

Po splnění všech požadavků ze zadání by měla tato úloha zaručovat bezchybnou montáž jednoduché sestavy (viz Obr. 58).



Obr. 58. Sestava

Robot má za úkol uchopit svou okrajovou částí chapadla červený plastový díl umístěný ve spodní části nakloněného dopravníku a přenést ho na montážní místo kompletační stanice. Nachází-li se červený díl na montážním místě, přeje robot k zásobníku pružin. Je-li pružina připravena, robot ji odebere a umístí do otvoru v červeném dílu. Jestliže pružina není připravena, zásobník zajede a vyjede znova. V případě, že je zásobník zcela vyprázdněn, bude zajíždět a vyjíždět neustále dokola, dokud obsluha pružiny do zásobníku nedoplní. Vytvořenou sestavu robot následně uchopí svou střední částí chapadla a přenesení ji nad nakloněný zásobník, kde ji odloží a přeje zpět do výchozí pozice.

Studenti mají za úkol dopsat začátek programu, tedy tu část, ve které robot uchopí červený díl a přenesení jej na montážní místo kompletační stanice. Protože samotné dopsání programu je velmi snadné, musí si k této části programu vytvořit také příslušné pozice, přičemž si mohou sami zvolit způsob manipulace s robotem (software popř. ovládací panel).

6.5 Laboratorní úloha č.5 – Montáž sestavy složené ze dvou dílů

Montuje se stejná sestava jako v předešlé úloze. Rozdíl je v tom, že studenti sami napíší celý program podle zadaného algoritmu.

Správně napsaný program musí zajistit, aby robot provedl montáž jednoduché sestavy. Robot má za úkol uchopit svou okrajovou částí chapadla červený plastový díl umístěný ve spodní části nakloněného dopravníku a přenést ho na montážní místo kompletační stanice. Během transportu tohoto dílu se musí **současně** aktivovat zásobník pružin a připravit pružinu pro odebrání. Je-li pružina připravena, robot ji odebere a umístí do otvoru v červeném dílu. Takto vytvořenou sestavu následně uchopí opět okrajovou částí chapadla a přenesení ji nad pevný zásobník, kde ji mírně zasune do zásobníku, aby se zajistilo lepší vedení během pádu a pustí ji.

Spuštění programu je možné pouze za předpokladu, že budou splněny následující dvě podmínky: Ve spodní části nakloněného dopravníku se nachází červený plastový díl **a** je stisknuto tlačítko „**START**“ na čelním panelu montážní stanice.

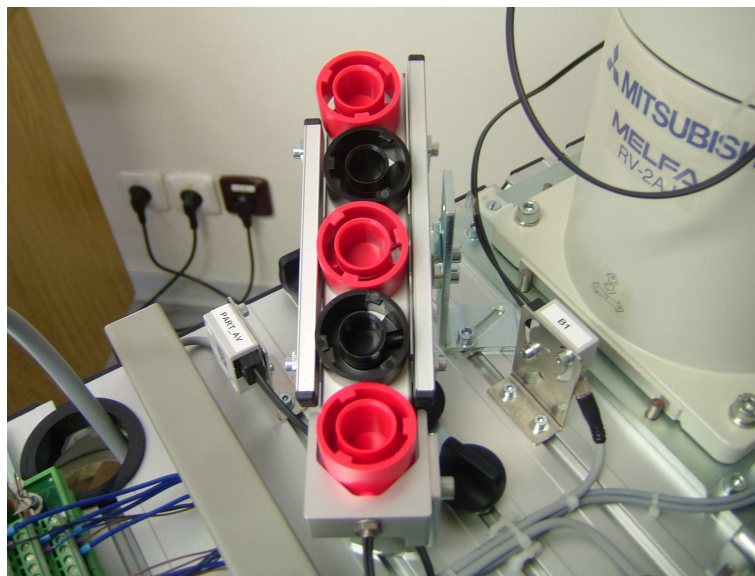
V případě, že zásobník vyjede bez pružiny, musí se pokusit o opětovné vysunutí pružiny. Pokud pružina nebude připravena ani po tomto opětovném vysunutí, je jisté, že v zásobníku došly pružiny a program se musí zastavit. Po doplnění zásobníku obsluha stiskne tlačítko „**START**“ na čelním panelu montážní stanice a program bude pokračovat dále.

6.6 Laboratorní úloha č.6 – Montáž dvou různých sestav

Cílem této úlohy je naučit studenty manipulovat s robotem pomocí ovládacího panelu (popř. pomocí softwaru COSIMIR). Jejich úkolem je vytvořit čtyři chybějící pozice (P29, P30, P35 a P36). Po jejich uložení do seznamu pozic bude program plně funkční.

Pracoviště s robotem je zásobováno **střídavě** dvěma druhy plastových dílů (červené a černé). Robot má za úkol zkontrolovat pomocí snímače umístěného na pravé straně chapadla, zda se plastový díl nachází ve spodní části šikmého dopravníku a pokud ano, odebere tento díl a přenes ho na montážní místo kompletační stanice. Následně do tohoto dílu usadí čep, který se nachází na paletě v zadní části pracoviště.

Je požadováno, aby byly do červených dílů umísťovány plastové čepy a do černých dílů čepy hliníkové. Jelikož robot nedokáže barvy rozeznat, musí se tento požadavek zajistit tak, že obsluha jako první pošle na pracoviště červený díl a tomu bude přizpůsoben program, který zajistí, aby byl jako první z palety odebrán plastový čep.



Obr. 59. Zásobování pracoviště červenými a černými díly

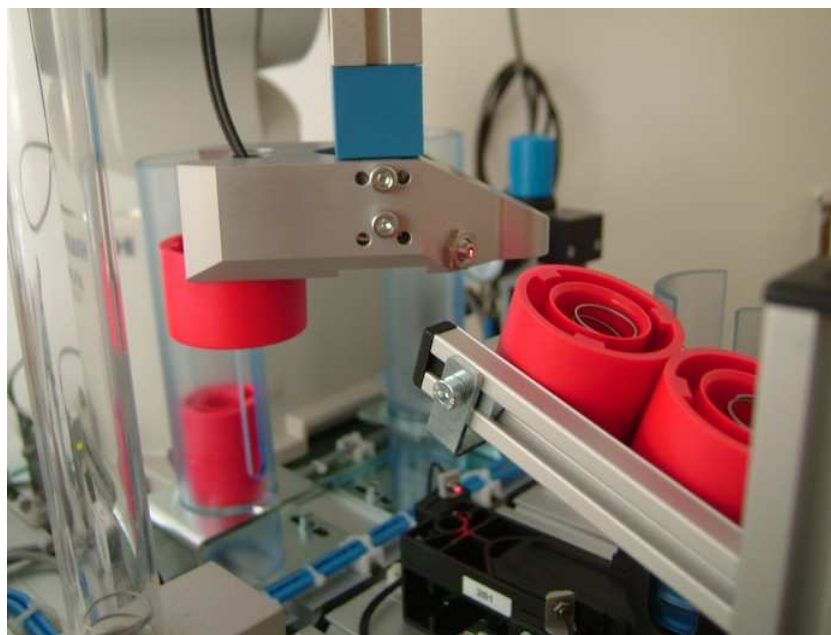
Hotové sestavy se přemísťují do pevných zásobníků vedle robota. Cyklus programu končí po odebrání posledního z 8 čepů tím, že se robot přemísťí do bezpečné vzdálenosti.

Kvůli bezpečnosti je do programu vložena podmínka, která zajistí, že pokud robot pomocí snímače na chapadle zjistí, že díl není připraven, odjede do bezpečné vzdálenosti a v této pozici vyčká na stisknutí tlačítka „START“. Po jeho stisknutí robot opět zkontroluje přítomnost dílu a pokračuje dalším krokem programu.

6.7 Laboratorní úloha č.7 – Kontrola odkládacího místa

Cílem této laboratorní úlohy je seznámit studenty s programovacím jazykem MELFA-BASIC-IV. V okně s programem mají napsaný program s vynechanými kroky 240 až 390, které musí podle daného algoritmu s využitím příkazů uvedených v tabulce doplnit. Jedná se o část programu, která zajišťuje umístění pružiny do plastového dílu. Po dokončení bude program fungovat následovně:

Pracoviště je zásobováno díky šikmému dopravníku plastovými díly červené popřípadě stříbrné barvy. Z důvodu bezpečnosti obsluhy při umísťování dílů na šikmý dopravník je do programu vložena podmínka, která zajistí, že pokud senzor umístěný ve spodní části dopravníku nebude signalizovat přítomnost dílu, robot vyčká v bezpečné vzdálenosti až do stisknutí tlačítka „START“. Po jeho stisknutí program opět přeskočí na krok, ve kterém se vyhodnocuje situace díky snímači a je-li díl připraven, může robot pokračovat dalším krokem programu. Robot tento díl uchopí okrajovou částí svého chapadla a přenes ho na montážní místo kompletační stanice. Nyní se do tohoto dílu umístí pružina, kterou poskytne zásobník na pružiny. Pro zjednodušení se nebere v úvahu možnost, kdy dojde k úplnému vyprázdnění zásobníku pružin. Program i v této situaci pokračuje dále. Po umístění pružiny robot uchopí celou sestavu a přenes ji na odkládací místo. Ještě před odložení sestavy musí robot pomocí snímače na chapadle zkontrolovat, zda není odkládací místo zcela zaplněno již hotovými sestavami (viz Obr. 60).



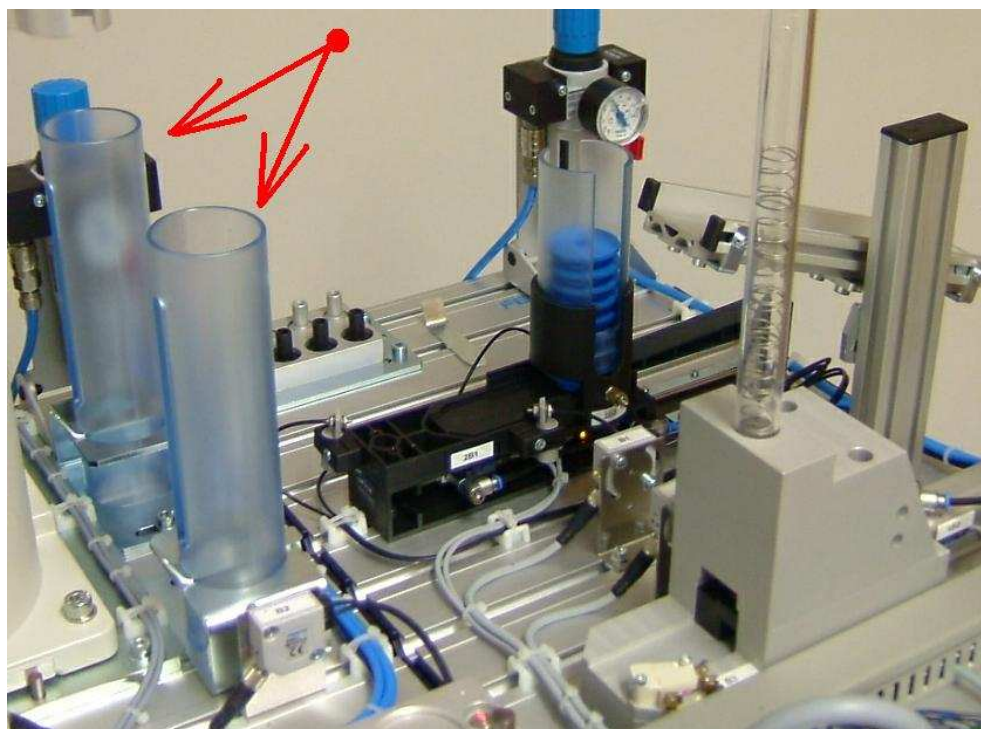
Obr. 60. Kontrola zaplnění

Pokud robot tímto způsobem zjistí, že již není místo pro bezpečné odložení sestavy, přene-
se ji nad pevný zásobník, umístěný vedle robota, a odloží ji zde. Pro lepší vedení během
pádu je nutné sestavu mírně zasunout do pevného zásobníku a až následně uvolnit čelisti
chapadla.

6.8 Laboratorní úloha č.8 – Třídění víček a pružin

Jak již bylo napsáno výše, osmé zadání je samostatná práce, během níž si studenti sami napíší program a vytvoří seznam pozic. Zadání je následující:

Je zapotřebí odebírat pružiny a víčka z pneumaticky ovládaných zásobníků a přemísťovat je do dvou pevných zásobníků umístěných vedle robota (viz Obr. 61).



Obr. 61. Pevné zásobníky

V případě, že se kterýkoliv zásobník zcela vyprázdní, musí se robot zastavit a vyčkat do doby, než obsluha provede naplnění zásobníku a stiskne tlačítko „**START**“ na čelním panelu montážní stanice.

Důležité je, aby studenti dbali zvýšené opatrnosti během nastavování jednotlivých pozic. Pozice je nutné nastavovat v bezpečné vzdálenosti od jednotlivých komponent umístěných na pracovišti. Dále je třeba počítat s nebezpečím zasažení některé části pracoviště v době přejezdu chapadla z jedné pozice do druhé. To se týká také hadiček, které přivádějí stlačený vzduch k chapadlu.

Jako pomůcku mají ke stručnému návodu přiložený také vzorový program s popisem, na kterém je vidět struktura jednoduchého programu. Dále mají k dispozici tabulku se všemi potřebnými příkazy.

ZÁVĚR

V první kapitole teoretické části diplomové práce jsou především rozděleny a popsány průmyslové roboty a manipulátory. Další podkapitoly jsou věnovány pohonům a pracovním hlavicím používaným v průmyslu u robotů a manipulátorů. Druhá kapitola se zabývá už konkrétně průmyslovým robotem MITSUBISHI MELFA RV-2AJ a je v ní uvedena obsáhlá tabulka obsahující technickou specifikaci tohoto modelu.

Praktická část obsahuje čtyři kapitoly, přičemž v prvních dvou kapitolách je popsáno pracoviště MPS-202 a zejména moduly obsahující optické senzory. Na konci každé z těchto kapitol je uvedena tabulka obsahující kompletní přehled vstupů a výstupů. Tohoto přehledu lze využít při programování robota. Třetí kapitola praktické části je věnována programovacímu softwaru COSIMIR INDUSTRIAL. Je v ní popsáno pracovní prostředí programu a základní operace, jako například stažení programu se seznamem pozic do řídicí jednotky, spuštění programu, manipulace s robotem a ukládání jednotlivých poloh do seznamu pozic, apod. V poslední kapitole je stručně shrnuto osm připravených laboratorních úloh, které budou sloužit jako zadání pro studenty v předmětu Základy robotiky. Vzhledem ke své obsáhlosti jsou pokyny k těmto laboratorním úlohám uvedeny pouze jako příloha na CD. U všech úloh byl kladen důraz zejména na to, aby byly všechny stejně obtížné a také na jejich časovou náročnost. Pro snazší orientaci a lepší pochopení každého zadání je v pokynech vždy kromě podrobného návodu umístěno také několik obrázků. Při sestavování úloh jsem vycházel z předpokladu, že se každý student během semestru dostane na toto pracoviště pouze jedenkrát. Kvůli tomuto předpokladu jsem se rozhodl úlohy vždy směřovat jen k tomu, aby studenti dokončili dle zadaného algoritmu rozepsaný program, popřípadě vytvořili několik pozic. U každé úlohy si studenti vyzkouší také práci s RCI Explorerem, protože musí svůj program z PC stáhnout do řídicí jednotky a provést jeho spuštění.

Po sestavení celého pracoviště a jeho zprovoznění jsem měl na výběr ze dvou možných programovacích jazyků (Melfa Basic IV nebo MoveMaster Command). Jelikož by z časových důvodů nebylo možné věnovat se plně oběma variantám, zvolil jsem jazyk Melfa Basic IV, jehož příkazy jsou zde popsány a je využíván také v laboratorních úlohách. Vzhledem k tomu, že jsem se zabýval pouze jedním z těchto dvou jazyků, nemůžu zhodnotit jejich výhody a nevýhody a provést jejich srovnání. Programování pomocí jazyku Melfa Basic IV je velmi jednoduché a také příkazy jsou srozumitelné a snadno zapamatovatelné.

Rád bych na tomto místě provedl také závěrečné zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých variant programu (laboratorních úloh). První úloha byla bez větších problémů odzkoušena již během zimního semestru 2007. V této úloze nehrozí žádné nebezpečí v podobě poškození pracoviště ani zranění obsluhy.

U druhé úlohy je využíváno ocelového čepu na kterém má dojít k přechycení víčka. Tento čep má na pracovišti sloužit pro zjišťování přesné polohy uzavíracího segmentu víčka pro jeho následnou montáž. Robot tuto polohu zjistí tak, že nasune víčko na čep a pomalu s ním na tomto čepu otáčí dokud senzor umístěný vedle čepu nesignalizuje změnu. S úplným odložením víčka na tomto čepu tedy nebylo počítáno a víčko po odložení nemusí zůstat ve vodorovné poloze, což může způsobit jeho špatné uchopení střední částí chapadla.

U třetí úlohy by mohlo dojít snad jen ke špatnému uchopení pružiny při odebírání ze zásobníku a jejímu následnému vypadnutí z chapadla. Toto je možné i přesto, že studenti pozice nevytvářejí sami, ale mají je předem s co možná největší přesností nachystány. Problém není ve špatném nastavení rychlosti nebo pozice pro uchopení, ale v natočení pružiny, která může být v určité poloze zachycena kladečkou snímající její přítomnost v odebíracím místě zásobníku.

Ve čtvrté úloze mají studenti mimo jiné za úkol také vytvořit čtyři pozice pro přenos dílu ze zásobníku na montážní místo. V pokynech k této úloze jsem se snažil co možná nejlépe vysvětlit postup nastavování pozic, ale i přesto se může stát, že při nezodpovědném přístupu dojde ke kolizi robota s pracovištěm. Tomuto nelze nikdy zcela zabránit.

Nevýhodou páté úlohy je občasné vyskočení pružiny z již hotové sestavy po jejím dopadu na dno pevného zásobníku. Problém lze eliminovat umístěním dvou nebo tří dílů do zásobníku, aby hotová sestava nepadala z tak velké výšky.

U šesté úlohy hrozí opět nebezpečí kolize během nastavování pozic. Dále je nutné dbát maximální pozornosti při umísťování dílů do vstupního zásobníku. Robot bude kompletovat dvě různé sestavy a vzhledem k tomu, že sám nedokáže rozpoznat barvy, je nutné jako první na pracoviště poslat červený díl a dále pracoviště zásobovat střídavě černými a červenými díly. V opačném případě by došlo k havárii, protože by se robot pokusil umístit plastový čep do černého dílu. Průměr otvoru a v černém dílu je menší než průměr plastového čepu.

Sedmá úloha je podle mého názoru zcela bezproblémová. Pokud robot zjistí, že je odkládací zásobník zcela zaplněn, začne sestavy umisťovat do pevného zásobníku poblíž robota. Samozřejmě je zde opět možnost vyskočení pružiny ze sestavy po dopadu na dno pevného zásobníku, ale lze tomu zabránit stejně jak o v úloze číslo 5.

Velkou nevýhodou osmé úlohy je její obtížnost a tudíž se nepředpokládá, že by byla běžně zadávána studentům v hodinách Základů robotiky. Může ovšem sloužit jako dobrovolné cvičení pro studenty, kteří mají zájem vyzkoušet si něco navíc.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SCHMID, Dietmar a kol. *Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku*. Praha: Europa - Sobotáles, 2005. 420 s. ISBN 80-86706-10-9.
- [2] MAŇAS, Miroslav. *Základy robotiky*. 1. vyd. Brno: VUT v Brně, 1991. 99 s. ISBN 80-214-0279-2.
- [3] *CONTROL ENGINEERING ČESKO* [online]. 2006- [cit. 2007-11-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.controlengcesko.com>>.
- [4] *AutoCont Control Systems* [online]. c2003-2006 [cit. 2007-12-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.autocontcontrol.cz/rs/shop.asp?depid=2110798>>.
- [5] Průmyslové robotické systémy Mitsubishi MELFA. *Automatizace* [online]. 2005 [cit. 2007-12-02]. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=685>>.
- [6] *ABB* [online]. c2007 [cit. 2007-12-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.abb.com>>.
- [7] *Technik : Technické a technologické novinky pro výzkum, výrobu a trh* [online]. c1996-2007 [cit. 2007-12-04]. Dostupný z WWW: <http://technik.ihned.cz/c4-10002520-20044430-800000_detail-dvouruke-roboty-hvezdami-vystav>.
- [8] *DIRECT INDUSTRY* [online]. c2007 [cit. 2007-12-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.directindustry.com/prod/inpatech/5-axis-articulated-painting-robot-with-carousel-22372-50598.html>>.
- [9] *KC Robotics* [online]. c2007 [cit. 2007-12-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.kcrobotics.com>>.
- [10] *Adept* [online]. c1996-2007 [cit. 2007-12-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.adept.com>>.
- [11] CHVÁLA, Břetislav, MATIČKA, Robert, TALÁCKO, Jaroslav. *Průmyslové roboty a manipulátory*. 1. vyd. Praha : SNTL , 1990. 280 s. ISBN 80-03-00361-X.
- [12] ČOP, V., BUDA, J., KOZYREV, J. G.. *Automatizácia technologických procesov priemyselnými robotmi a manipulátormi.*, 1985. 245 s. ISBN 80-05-00174-3.
- [13] OPLATEK, František, et al. *Automatizace a automatizační technika : Automatické systémy.*, 2000. 166 s. ISBN 80-7226-249-1.

- [14] BARTOŠ, Václav, et al. *Elektrické stroje*. 1. vyd. Plzeň : 2006. 140 s. ISBN 80-7043-444-9.
- [15] VÍTEK, Miloslav. Roboty při tvorbě paletových jednotek. *Logistika* [online]. 2006 [cit. 2007-12-02]. Dostupný z WWW: <http://logistika.ihned.cz/1-10024660-18768390-B00000_d-7e>.
- [16] REPÁK, Tomáš. *Trojosé manipulátory*., 2005. 75 s. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. Katedra řídicí techniky. Diplomová práce.
- [17] HAVEL, I.M. *Robotika : Úvod do teorie kognitivních robotů*., 1980. 234 s.
- [18] KULIČ, Jan. *Zprovoznění robota Mitsubishi RV-2AJ*. [s.l.], 2008. 100 s. Absolventská práce.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- IRL Industrial Robot Language.
- MRL Mitsubishi Robot Language.
- PC Personal Computer.
- PLC Programmable Logic Controller.
- PRaM Průmyslové Roboty a Manipulátory.
- RCI Robot Controller Interface.
- SRPL Simple Robot Programming Language.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Rozšířenost průmyslových robotů. [7].....	12
Obr. 2. Počet robotů na 10 tis. Pracovníků. [7]	12
Obr. 3. Podíl zemí na instalaci robotů v Evropě. [7]	13
Obr. 4. SCARA robot Cobra s800. [10]	14
Obr. 5. Manipulační robot IRB 4400. [6]	15
Obr. 6. Paletovací robot. [15]	16
Obr. 7. Svařovací robot Fanuc Arc Mate 100iB. [9]	17
Obr. 8. Lakovací robot. [8]	18
Obr. 9. Rozdělení manipulačních zařízení.....	19
Obr. 10. Jednoúčelový synchronní manipulátor.	20
Obr. 11. Univerzální synchronní manipulátor.	20
Obr. 12. Schéma průmyslového robota 1. generace.....	21
Obr. 13. Schéma průmyslového robota 2. generace.....	22
Obr. 14. Mechanické transformační členy druhu pohybu. [11]	27
Obr. 15. Schéma harmonické převodovky. [11]	29
Obr. 16. Příklady hydraulických pohonů.	29
Obr. 17. Rozdělení pracovních hlavice.....	32
Obr. 18. Rozdělení úchopných hlavice.....	33
Obr. 19. Příklad kombinované hlavice.	34
Obr. 20. Speciální hlavice pro doplňování paliva.....	35
Obr. 21. Roboty MITSUBISHI MELFA. [5].....	36
Obr. 22. Robot MITSUBISHI MELFA RV-2AJ.....	37
Obr. 23. Stanice s robotem.....	41
Obr. 24. Úchopná hlavice.	42
Obr. 25. Kompletační stanice.....	42
Obr. 26. Vstupní zásobník.	43
Obr. 27. Montážní stanice.....	44
Obr. 28. Zásobník na pružiny.....	45
Obr. 29. Zásobník na víčka.	46
Obr. 30. Čelní panel	47
Obr. 31. Pracovní prostředí programu COSIMIR Industrial.....	49

Obr. 32. Panel základního menu.	50
Obr. 33. Panel nástrojů.	51
Obr. 34. Dialogové okno Renumber.	52
Obr. 35. Okno Model Explorer.	54
Obr. 36. Okno Model Libraries.	55
Obr. 37. Okno pro simulaci pracovního prostředí.	57
Obr. 38. RCI Explorer.	58
Obr. 39. Okno pro tvorbu programu.	60
Obr. 40. Okno s pozicemi.	61
Obr. 41. Okno zpráv.	62
Obr. 42. Roletové menu Connection.	63
Obr. 43. Dialogové okno.	64
Obr. 44. Informační okno o připojení.	64
Obr. 45. Project Wizard – krok 1.	65
Obr. 46. Project Wizard – krok 2.	66
Obr. 47. Ovládací panel.	67
Obr. 48. Zadní strana ovládacího panelu	68
Obr. 49. Ovládání v souřadném systému XYZ.	70
Obr. 50. Ovládání jednotlivých kloubů.	71
Obr. 51. Stažení programu a seznamu pozic do řídicí jednotky.	72
Obr. 52. Dialogová okna pro stažení programu se seznamem pozic.	73
Obr. 53. Spuštění programu.	74
Obr. 54. Uložení programu do slotu.	75
Obr. 55. Plastové díly pro montáž	78
Obr. 56. Čep pro přechycení víčka	79
Obr. 57. Paleta s čepy.	80
Obr. 58. Sestava	81
Obr. 59. Zásobování pracoviště červenými a černými díly.	83
Obr. 60. Kontrola zaplnění	84
Obr. 61. Pevné zásobníky	86

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Nasazení robotů v roce 2002. [5].....	11
Tab. 2. Technická specifikace robotu MELFA RV-2AJ.	39
Tab. 3. Vstupy a výstupy stanice s robotem.....	43
Tab. 4. Vstupy a výstupy montážní stanice.....	48
Tab. 5. Tabulka příkazů MELFA-BASIC-IV [18].....	76

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P1: CD-R – Laboratorní úlohy, Pokyny k laboratorním úlohám, Přehled vstupů a výstupů pracoviště.