

## PŘEDMLUVA

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1.      | ÚVOD . . . . .  | 3  |
| 1.1     | Systémové pojetí výrobních strojů ve vztahu k manipulaci s materiálem . . . . .   | 3  |
| 1.1.1   | Analýza stupně automatizace výrobního stroje vzhledem k výrobnosti . . . . .  | 3  |
| 1.1.2   | Výrobní stroj jako systém . . . . .   | 4  |
| 1.2     | Rozdělení manipulačních zařízení s příklady typických představitelů . . . . .   | 7  |
| 2.      | NÁHRADA ČLOVĚKA ROBOTEM VE VÝROBNÍM PROCESU . . . . .   | 14 |
| 2.1     | Systémové pojetí PRaM, rozdělení robotiky . . . . .   | 14 |
| 2.2     | Aspekty pro posuzování PRaM . . . . .   | 16 |
| 2.3     | Řízení, jako určující složka vývojového stupně PRaM ..  | 18 |
| 2.4     | Základní pojmy o řízení PRaM a jejich programování s ohledem na jejich konstrukci . . . . .   | 20 |
| 2.5     | Definice robotů, průmyslových robotů a manipulátorů ..  | 24 |
| 2.6     | Generace průmyslových robotů . . . . .  | 27 |
| 3.      | AKČNÍ SYSTÉM PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ . . . . .   | 31 |
| 3.1     | Kinematické dvojice v konstrukci PRaM, účel, rozdělení a znázorňování . . . . .   | 31 |
| 3.2     | Kinematický řetězec PRaM, rozdělení ústrojí PRaM . . . . .  | 32 |
| 3.3     | Pojezdové (lokomoční) ústrojí . . . . .   | 34 |
| 3.4     | Polohovací ústrojí - základní kinematický řetězec (ZKŘ) PRaM a jeho teorie . . . . .  | 44 |
| 3.4.1   | Spojení kinematických dvojic v ZKŘ a jejich počet . . . . .   | 44 |
| 3.4.2   | Uspořádání kinematických dvojic v jednotlivých spoje-<br>ních . . . . .   | 46 |
| 3.4.3   | Kombinatorické algoritmy uspořádání KD a jejich vyhod-<br>nocování . . . . .  | 47 |
| 3.4.3.1 | Obecné určení počtu možných uspořádání KD v ZKŘ . . . . .   | 47 |
| 3.4.3.2 | Teoretický počet možných uspořádání KD základního<br>kinematického řetězce PRaM se třemi stupni volnosti ..                                     | 48 |
| 3.4.4   | Příklady vyhodnocování kombinatorických algoritmů uspořá-<br>dání KD v některých jejich spojeních . . . . .                                     | 50 |
| 3.4.4.1 | Vyhodnocení kombinatorického algoritmu uspořádání KD<br>ve spojení TTT . . . . .  | 50 |
| 3.4.4.2 | Vyhodnocení kombinatorického algoritmu uspořádání KD<br>ve spojení RTT . . . . .  | 51 |
| 3.4.4.3 | Vyhodnocení kombinatorického algoritmu uspořádání KD<br>ve spojení RRT . . . . .  | 54 |
| 3.4.5   | Komplexní vyhodnocení všech uspořádání pro konstrukci<br>základního kinematického řetězce PRaM pro tři stupně<br>volnosti ( $n = 3$ ) . . . . . | 55 |
| 3.4.6   | Základní typy PRaM . . . . .  | 57 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 3.4.6.1   | Charakteristika a příklady základních typů PRaM .....   | 57  |
| 3.4.6.2   | Otázky přesnosti polohování základních typů PRaM .....  | 63  |
| 3.4.6.3   | Porovnání pracovních prostorů základních typů PRaM ....   | 67  |
| 3.4.7     | Odvozené typy PRaM .....  | 69  |
| 3.4.7.1   | Typy odvozené ze základních spojení jiným uspořádáním<br>KD .....   | 69  |
| 3.4.7.2   | Typy PRaM z odvozených spojení kinematických dvojic ...   | 72  |
| 3.4.8     | Speciální případy v pojetí základního kinematického<br>řetězce (ZKR) PRaM .....   | 77  |
| 3.4.8.1   | Průmyslové roboty s prodlouženým ZKR .....  | 77  |
| 3.4.8.2   | Průmyslové roboty se zkráceným ZKR .....  | 79  |
| 3.4.8.3   | Kloubové roboty s paralelogramy .....   | 80  |
| 3.4.9     | Další konstrukční faktory, mající vliv na architekturu<br>ZKR .....   | 80  |
| 3.5       | Orientační ústrojí PRaM .....   | 86  |
| 3.5.1     | Teorie stavby orientačního ústrojí PRaM .....   | 86  |
| 3.5.2     | Praktická stránka řešení orientačního ústrojí PRaM ....   | 89  |
| 3.5.3     | Příklady konkrétního provedení orientačního ústrojí<br>PRaM .....   | 90  |
| 3.5.3.1   | Stavebnicové provedení orientačního ústrojí PRaM .....  | 90  |
| 3.5.3.2   | Integrované provedení orientačního ústrojí PRaM .....   | 90  |
| 3.5.3.3   | Integrovaná orientační ústrojí se dvěma stupni volnosti   | 94  |
| 3.5.3.3.1 | Orientační ústrojí vkomponované do koncového členu ZKR ..   | 94  |
| 3.5.3.3.2 | Orientační ústrojí transformovaná přes dva členy ZKR ..   | 95  |
| 3.5.3.4   | Integrovaná orientační ústrojí se třemi stupni volnosti   | 96  |
| 4.        | ZÁKLADNÍ PRINCIPY STAVBY PRaM .....   | 103 |
| 4.1       | Stavebnicové a integrované roboty, modulární systémy ..   | 103 |
| 4.2       | Konstrukční řešení translačního pohybu .....  | 108 |
| 4.3       | Konstrukční řešení rotačního pohybu .....   | 116 |
| 4.3.1     | Rotační pohybové jednotky .....   | 116 |
| 4.3.2     | Kývavé jednotky .....   | 117 |
| 4.3.3     | Šroubové jednotky .....   | 122 |
| 4.4       | Konstrukce některých základních typů PRaM .....   | 122 |
| 4.4.1     | Konstrukce cylindrického průmyslového robotu VERSATRAN<br>-500 .....  | 122 |
| 4.4.2     | Konstrukce sférického průmyslového robotu UNIMATE-2000  | 129 |
| 4.4.3     | Konstrukce antropomorfních robotů typu TRALLFA .....  | 131 |
| 4.5       | Netradiční prvky ve stavbě PRaM .....   | 135 |
| 5.        | POHONY A PŘEVODY PRaM .....   | 137 |
| 5.1       | Rozdělení pohonů PRaM .....   | 137 |
| 5.2       | Pohon PRaM elektrickými krokovými motory (KM) .....   | 138 |
| 5.2.1     | Princip krokového servopohonu .....   | 138 |
| 5.2.1.1   | Základní vlastnosti krokových motorů .....  | 138 |
| 5.2.1.2   | Číslicové servopohony s krokovými motory .....  | 146 |
| 5.2.2     | Matematicko-fyzikální řešení rozběhu a doběhu servopo-<br>hony s konkrétním krokovým motorem Z 42 ZZ 128 z MEZu<br>Náchod ..... | 150 |

|                          |   |     |
|--------------------------|---|-----|
| 5.2.2.1                  | Krokový motor Z 42 ZZ 128 a jeho charakteristika .....                              | 150 |
| 5.2.2.2                  | Řešení rozběhu servopohonu s KM Z 42 ZZ 128 .....                                   | 153 |
| 5.2.2.3                  | Řešení doběhu servopohonu s KM Z 42 ZZ 128 .....                                    | 157 |
| 5.2.2.4                  | Vyhodnocení dynamických možností krokového motoru<br>Z 42 ZZ 128 .....              | 161 |
| 5.2.3                    | Zobecnění získaných výsledků pro aplikaci krokových<br>motorů v pohonech PRaM ..... | 162 |
| 5.2.4                    | Autonomní servopohon s krokovými motory .....                                       | 165 |
| 5.3                      | Mechanický pohon průmyslových robotů a manipulátorů ..                              | 167 |
| 5.4                      | Kombinované pohony .....  | 169 |
| 5.4.1                    | Analýza kombinovaných pohybů .....  | 169 |
| 5.4.2                    | Příklady kombinovaných pohonů .....   | 171 |
| 5.4.2.1                  | Pneumatickomechanický pohon .....   | 171 |
| 5.4.2.2                  | Pneumohydraulický pohon .....   | 172 |
| 5.4.2.3                  | Elektrohydraulické pohony .....   | 173 |
| 5.5                      | Princip hydraulických servopohonů .....   | 175 |
| 5.6                      | Převody v pohonech PRaM .....   | 180 |
| 5.6.1                    | Převodovky s vysokým převodovým poměrem .....                                       | 180 |
| 5.6.2                    | Speciální problematika řešení převodů při pohonu s kro-<br>kovými motory .....      | 181 |
| DOSLOV .....             |   | 185 |
| POUŽITÁ LITERATURA ..... |   | 186 |

