

PRŮMYSLOVÉ ROBOTY.....CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.

PŘEDMLUVA KE 2. VYDÁNÍ.....3

1 ÚVOD.....10

1.1 DEFINICE PRŮMYSLOVÉHO ROBOTU.....10

1.2 HLAVNÍ ČÁSTI PR.....11

1.3 KONFIGURACE PR.....12

1.3.1 KONFIGURACE KARTÉZSKÁ (SOUŘADNICE KARTÉZSKÉ X-Y-Z).....13

1.3.2 KONFIGURACE CYLINDRICKÁ (SOUŘADNICE CYLINDRICKÉ).....13

1.3.3 KONFIGURACE KULOVITÁ (SOUŘADNICE POLÁRNÍ).....14

1.3.4 ANTROPOMORFNÍ KONFIGURACE (SOUŘADNICE KLOUBOVÉ).....14

1.3.5 SCARA.....15

1.3.6 KONFIGURACE FLEXIBILNÍ.....15

1.3.7 DOPORUČENÍ PRO POUŽITÍ KINEMATICKÝCH STRUKTUR:.....16

1.4 TECHNICKÉ PARAMETRY PR.....16

2 MECHANICKÉ ČÁSTI PR.....18

2.1 PRVKY PRO PŘENOS SÍLY.....18

2.1.1 JEDNODUCHÉ PRVKY PRO PŘENOS POHYBU.....18

2.1.2 SPECIÁLNÍ PŘEVODY.....18

2.2 EFEKTORY.....21

2.2.1 CHAPADLA.....21

2.2.2 EFEKTOROVÉ NÁSTROJE.....24

2.3 BRZDY.....26

2.4 VYVAŽOVÁNÍ.....26

3 ZÁKLADY KINEMATIKY ROBOTŮ [30].....27

3.1 SOUŘADNICOVÉ SYSTÉMY A VEKTORY.....27

3.1.1 SOUŘADNICOVÉ SYSTÉMY ROBOTU [78].....27

3.1.2 POZICE A ORIENTACE PEVNÉHO TĚLESA V PROSTORU.....28

3.2 VEKTOROVÉ VELIČINY V TROJROZMĚRNÉM PROSTORU.....28

3.2.1 SKALÁRNÍ (VNITŘNÍ) SOUČIN $\mathbf{p,q}$29

3.2.2 ELEMENTÁRNÍ ROTACE SOUŘADNÉHO SYSTÉMU.....29

3.2.3 OBECNÁ ROTACE SOUŘADNÉHO SYSTÉMU, POSTAČUJÍCÍ PODMÍNKY ORIENTACE.....31

3.2.4 PŘEVOD VEKTORU DO JINÉHO SS (POČÁTKY SYSTÉMŮ TOTOŽNÉ).....31

3.2.5 POLOHA A ORIENTACE PEVNÉHO TĚLESA V PROSTORU.....32

3.2.6 SKLÁDÁNÍ ROTAČNÍCH MATIC.....32

3.2.7 ROTACE KOLEM LIBOVOLNÉ OSY „R“.....33

3.2.8 INVERSNÍ PROBLÉM.....34

3.2.9 VLASTNOSTI ROTAČNÍ MATICE.....35

3.2.10 HOMOGENNÍ TRANSFORMACE.....36

3.3 PŘÍMÁ KINEMATIKA.....37

3.3.1 DENAVIT - HARTENBERGŮV ZPŮSOB STANOVENÍ SOUŘADNÝCH SYSTÉMŮ.....38

3.3.2 FUNKCE PŘÍMÉ KINEMATIKY - VÝSLEDNÁ TRANSFORMACE SOUŘADNIC.....	40
3.3.3 UZLOVÝ A OPERAČNÍ PROSTOR	41
<u>4 DIFERENCIÁLNÍ KINEMATIKA A STATIKA.....</u>	43
4.1 GEOMETRICKÝ JAKOBIÁN J	43
4.2 DERIVACE ROTAČNÍ MATICE	44
4.2.1 DERIVACE ROTAČNÍ MATICE.....	44
4.2.2 SLOŽKY VÝSLEDNÉ RYCHLOSTI V BODĚ OPERAČNÍHO PROSTORU	45
4.3 VÝPOČET GEOMETRICKÉHO JAKOBIÁNU	47
4.4 ANALYTICKÝ JAKOBIÁN – PŘEVOD OPERAČNÍHO PROSTORU NA UZLOVÝ PROSTOR	49
<u>5 DYNAMIKA ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ</u>	52
5.1 LAGRANGEOVA ROVNICE DRUHÉHO DRUHU	52
5.1.1 PŘÍKLAD.....	52
5.1.2 ZOBECNĚNÝ TVAR POHYBOVÝCH ROVNIC	54
5.1.3 DYNAMICKÝ MODEL MANIPULÁTORU PRO UZLOVÝ PROSTOR	55
5.2 POZNÁMKY K ŘEŠENÍ DYNAMIKY	55
5.2.1 KINETICKÁ ENERGIE JAKO FUNKCE UZLOVÝCH PROMĚNNÝCH	55
5.2.2 VÝPOČET POTENCIÁLNÍ ENERGIE KINEMATICKÝCH ČLÁNKŮ.....	57
5.2.3 PŘÍKLAD VÝPOČTU DYNAMICKÉHO MODELU JEDNODUCHÉHO MANIPULÁTORU	57
5.3 DYNAMICKÝ MODEL MANIPULÁTORU PRO OPERAČNÍ PROSTOR	59
<u>6 POHYBY MANIPULÁTORŮ.....</u>	60
6.1 DRUHY POHYBŮ.....	60
6.1.1 TRAJEKTORIE V UZLOVÉM PROSTORU	60
6.1.2 TRAJEKTORIE V OPERAČNÍM PROSTORU	61
6.1.3 INTERPOLACE	66
6.1.4 KOPÍROVÁNÍ DRÁHY	67
<u>7 ELEKTRICKÉ POHONY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ.....</u>	68
7.1 PERMANENTNÍ MAGNETY	68
7.2 KROKOVÉ ROTAČNÍ SERVOMOTORY	70
7.3 STEJNOSMĚRNÉ SERVOMOTORY [23,16,14].....	73
7.4 SERVOPOHONY ROBOTŮ S PŘÍMÝMI MOTORY.....	75
7.4.1 PŘÍMÝ SERVOMOTOR STEJNOSMĚRNÝ	76
7.4.2 PŘÍMÝ SERVOMOTOR RELUKTANČNÍ	76
7.5 ELEKTRONICKY KOMUTOVANÉ SERVOMOTORY	77
7.5.1 ELEKTRONICKY KOMUTOVANÝ SERVOMOTOR DC (DIRECT CURRENT).....	77
PŘÍMÝ BEZKARTÁČOVÝ MOTOR.....	79
7.5.2 ELEKTRONICKY KOMUTOVANÝ SERVOMOTOR AC.....	80
7.6 OPTIMÁLNÍ MECHANICKÝ PŘEVOD SERVOMOTORU	81
7.7 LINEÁRNÍ MOTORY	82
7.7.1 ZÁKLADNÍ VZTAHY, PLATNÉ PRO LINEÁRNÍ MOTORY	83
7.7.2 LINEÁRNÍ MOTOR SYNCHRONNÍHO TYPU	83
7.7.3 LINEÁRNÍ MOTOR ASYNCHRONNÍHO TYPU	85
7.7.4 LINEÁRNÍ KROKOVÝ MOTOR	86

8	<u>ZDROJE NAPÁJENÍ ELEKTRICKÝCH MOTORŮ PRAM.....</u>	87
8.1	NAPÁJENÍ STEJNOSMĚRNÝCH SERVOMOTORŮ.....	88
8.1.1	ZDROJ INDIVIDUÁLNÍHO NAPÁJENÍ	88
8.1.2	ZDROJE SKUPINOVÉHO NAPÁJENÍ (PULSNÍ SPÍNAČE).....	88
8.2	NAPÁJENÍ STŘÍDAVÝCH MOTORŮ	91
8.2.1	NAPÁJENÍ SERVOMOTORŮ DC	91
8.2.2	NAPÁJENÍ SERVOMOTORŮ AC	91
8.3	NAPÁJENÍ KROKOVÝCH MOTORŮ.....	92
8.4	NAPÁJENÍ PŘÍMÝCH MOTORŮ.....	94
8.4.1	NAPÁJENÍ PŘÍMÉHO DC MOTORU [10]	94
8.4.2	NAPÁJENÍ PŘÍMÉHO RELUKTANČNÍHO MOTORU [31].....	94
9	<u>ČIDLA PRAM.....</u>	95
9.1	VYMEZENÍ NĚKTERÝCH POJMŮ.....	95
9.2	ČIDLA PROUDU.....	96
9.3	ČIDLA RYCHLOSTI.....	96
9.3.1	ANALOGOVÁ ČIDLA ÚHLOVÉ RYCHLOSTI (VYBRANÉ TYPY)	96
9.3.2	DIGITÁLNÍ ČIDLA ÚHLOVÉ RYCHLOSTI (VYBRANÉ TYPY).....	98
9.4	ČIDLA POLOHY (POZICE).....	100
9.4.1	ANALOGOVÁ ČIDLA POLOHY HŘÍDELE	100
9.4.2	DIGITÁLNÍ ČIDLA POLOHY PRO ROTAČNÍ POHYB	102
9.4.3	DIGITÁLNÍ ČIDLA POLOHY PRO LINEÁRNÍ POHYB (DRÁHY)	105
9.5	ČIDLA ZRYCHLENÍ	106
9.6	ČIDLA PŮSOBENÍ SIL A MOMENTU - DOTYKOVÁ (TAKTILNÍ)	106
9.7	BEZDOTYKOVÁ ČIDLA PŘIBLÍŽENÍ (NETAKTILNÍ)	109
9.8	ČIDLA SPECIÁLNÍ	110
9.9	ROZPOZNÁVACÍ SYSTÉMY	111
10	<u>REGULAČNÍ OBVODY MANIPULÁTORŮ</u>	114
10.1	PROBLEMATIKA A POŽADAVKY, KLADENÉ NA REGULAČNÍ OBVODY.....	114
10.1.1	ŘÍZENÍ V UZLOVÉM PROSTORU	114
10.1.2	ŘÍZENÍ V OPERAČNÍM PROSTORU	115
10.2	REGULACE V UZLOVÉM PROSTORU	115
10.2.1	DYNAMICKÝ MODEL MANIPULÁTORU	115
10.2.2	DECENTRALIZOVANÉ ŘÍZENÍ UZLU (NEZÁVISLÉ).....	118
10.2.3	CENTRALIZOVANÉ ŘÍZENÍ	123
10.3	REGULACE V OPERAČNÍM PROSTORU.....	127
10.3.1	OBECNÉ SCHÉMA REGULACE, PLATNÉ PRO OPERAČNÍ PROSTOR.....	127
10.3.2	PD REGULACE S KOMPENZACÍ GRAVITACE.....	128
11	<u>REGULACE PŘI INTERAKCI MANIPULÁTORU S PROSTŘEDÍM.....</u>	129
11.1	PODDAJNOST (TUHOST) MANIPULÁTORU A PROSTŘEDÍ	129
11.2	REGULACE TUHOSTI (PASIVNÍ, AKTIVNÍ).....	131
11.3	ADMITANČNÍ ŘÍZENÍ	134
11.4	HYBRIDNÍ ZPŮSOBY ŘÍZENÍ	134
12	<u>ŘÍDICÍ SYSTÉMY PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ.....</u>	135

12.1 ŘÍDICÍ SYSTÉM VKR C2.....	135
12.1.1 SKŘÍŇ ŘÍZENÍ	136
12.1.2 NAPÁJECÍ JEDNOTKA KPS 600.....	136
12.1.3 REGULOVANÉ SERVOMĚNIČE TYPOVÉHO OZNAČENÍ KSD	137
12.1.4 NÍZKONAPĚŤOVÝ ZDROJ KPS 27	137
12.1.5 SÍŤOVÝ FILTR.....	137
12.1.6 SERVOMOTORY	138
12.1.7 NÁVLEKOVÝ RESOLVER	138
12.2 ŘÍDICÍ SYSTÉM MERLIN	141
12.2.1 POČÍTAČOVÝ SYSTÉM MERLIN.....	142
12.2.2 RUČNÍ PROGRAMOVACÍ PŘÍSTROJ.....	143
12.2.3 KROKOVÉ MOTORY A ZDROJE NAPÁJENÍ	144
12.2.4 KRÁTKÝ INSTRUKTIVNÍ PROGRAM	144