

# Obsah

<b>1 Automatické řízení</b>	<b>9</b>
1.1 Pohled do historie . . . . .	9
1.2 Základní pojmy . . . . .	10
1.3 Předmět diskretního automatického řízení . . . . .	12
<b>2 Diskretní dynamické systémy</b>	<b>14</b>
2.1 Diskretizace spojitého signálu . . . . .	14
2.1.1 Vzorkování a diskretní čas . . . . .	15
2.1.2 Vztah mezi periodou vzorkování a frekvencí změn . . . . .	15
2.1.3 Souvislost mezní frekvence s frekvenční charakteristikou . . . . .	16
2.2 Popis diskretních systémů . . . . .	17
2.2.1 Z-transformace, základní vztahy a vlastnosti . . . . .	17
2.2.2 Popis diskretního objektu diferenční rovnicí . . . . .	19
2.2.3 Stavové rovnice diskretních systémů . . . . .	22
2.2.4 Převod spojitého systému na diskretní . . . . .	24
2.2.5 Vnější popis . . . . .	25
2.2.5.1 Tvarování diskretizovaného signálu . . . . .	25
2.2.5.2 Diferenční rovnice a přenos v Z-transformaci . . . . .	28
2.2.5.3 Regresní model diskretních systémů . . . . .	29
2.2.5.4 Inverzní diskretní model . . . . .	30
2.2.5.5 Delta model diskretního systému . . . . .	30
2.2.5.6 Impulzní posloupnost . . . . .	31
2.2.5.7 Přechodová posloupnost . . . . .	31
2.2.5.8 Frekvenční přenos a frekvenční charakteristiky systému . . . . .	31
2.2.6 Vnitřní popis . . . . .	32
2.2.6.1 Přímá metoda stavové reprezentace diskretního systému . . . . .	32
2.2.6.2 Řešení stavových rovnic diskretních systémů . . . . .	36



2.2.6.3	Matice impulzních posloupností diskretních systémů . . . . .	38
2.3	Souvislost spojitého a diskretního popisu systému . . . . .	39
2.3.1	Odezva spojitého systému v diskretních časových okamžicích . . . . .	39
2.3.2	Výpočet matice přechodu spojitého t-invariantního systému . . . . .	42
2.3.3	Výpočet matice vstupu diskretního t-invariantního systému . . . . .	43
2.3.4	Diskretní popis spojitě části diskretního systému . . . . .	44
2.3.4.1	Tvarovací člen nultého řádu . . . . .	44
2.3.4.2	Tvarovací člen 1. řádu . . . . .	49
2.3.5	Přibližné metody určení diskretního popisu spojitě části . . . . .	49
2.4	Stabilita diskretních dynamických systémů . . . . .	51
2.4.1	Rozložení pólů diskretního systému . . . . .	52
2.4.2	Kritéria (absolutní) stability diskretních systémů . . . . .	54
2.4.2.1	Juryho kritérium stability . . . . .	55
2.4.2.2	Routhovo kritérium stability a bilineární transformace . . . . .	61
2.5	Řiditelnost a pozorovatelnost diskretních systémů . . . . .	62
2.5.1	Kritérium úplné říditelnosti . . . . .	62
2.5.2	Kritérium úplné pozorovatelnosti . . . . .	63
2.6	Diskretní řídicí systémy . . . . .	65
2.6.1	Přenos číslicového regulátoru . . . . .	65
2.6.2	Zpětnovazební číslicový systém automatického řízení . . . . .	67
2.6.3	Diskretní PID regulátor . . . . .	67
2.6.4	Optimální nastavení parametrů číslicového PID regulátoru . . . . .	71
2.6.5	Porovnání frekvenčních vlastností analogového a číslicového PID regulátoru . . . . .	74
<b>3</b>	<b>Logické systémy</b> . . . . .	<b>80</b>
3.1	Kombinační a sekvenční logické obvody . . . . .	80
3.2	Logické funkce a jejich vlastnosti . . . . .	81



3.3	Booleova algebra . . . . .	83
3.3.1	Základní pravidla Booleovy algebry . . . . .	84
3.4	Syntéza kombinačních logických obvodů (KLO) . . . . .	85
3.4.1	Základní věta Booleovy algebry . . . . .	86
3.4.2	Minimalizace logických funkcí . . . . .	86
3.4.3	Realizace kombinačních logických obvodů . . . . .	87
<b>4</b>	<b>Nelineární systémy</b> . . . . .	<b>94</b>
4.1	Základní vlastnosti nelineárních systémů . . . . .	94
4.2	Analýza chování nelineárních systémů . . . . .	95
4.2.1	Stavový prostor – fázová rovina . . . . .	96
4.2.2	Ustálené stavy nelineárních systémů . . . . .	99
4.3	Stabilita nelineárních systémů . . . . .	101
4.3.1	Ljapunovova teorie stability . . . . .	101
4.3.2	Ljapunovovy věty o stabilitě . . . . .	102
<b>5</b>	<b>Fuzzy systémy</b> . . . . .	<b>109</b>
5.1	Úvod . . . . .	109
5.2	Ostré množiny a fuzzy množiny . . . . .	110
5.3	Základní pojmy a vlastnosti fuzzy množin . . . . .	112
5.4	Operace s fuzzy množinami . . . . .	116
5.5	Fuzzy relace . . . . .	122
5.6	Lingvistická proměnná . . . . .	124
5.7	Fuzzy aproximace . . . . .	127
5.8	Fuzzifikace . . . . .	135
5.8.1	Standardní tvary funkce příslušnosti . . . . .	138
5.8.2	Analytické tvary funkce příslušnosti . . . . .	141
5.8.3	Funkce příslušnosti odhadované z dat . . . . .	141
5.9	Defuzzifikace . . . . .	142
5.10	Fuzzy systémy . . . . .	144
5.11	Fuzzy regulátory . . . . .	145
5.11.1	Základní struktura fuzzy regulátoru . . . . .	145
5.11.2	Fuzzy regulátor PID . . . . .	148



5.11.3 Fuzzy regulátor P . . . . .	149
5.11.4 Fuzzy regulátor PD . . . . .	149
5.11.5 Fuzzy regulátor PI . . . . .	150
5.12 Návrh jednoduchých fuzzy regulátorů . . . . .	150
5.13 Profesionální software pro vývoj a realizaci Fuzzy Logic Control (FLC) . . . . .	153
5.13.1 Fuzzy Logic Toolbox for Matlab – podrobnější popis . . . . .	156
5.13.2 Aplikační příklad . . . . .	157
5.13.3 Propojení s prostředím Simulink . . . . .	166
<b>6 Příloha A – Slovníky</b>	<b>168</b>
6.1 Základní vlastnosti a věty Z-transformace . . . . .	168
6.2 Základní slovník Laplaceovy a Z-transformace . . . . .	169
<b>7 Příloha B – Zadání laboratorních cvičení</b>	<b>170</b>
7.1 Simulace a analýza chování spojitého SAŘ v prostředí Matlab/Simulink . . . . .	170
7.2 Simulace a analýza chování diskrétního SAŘ v prostředí Matlab/Simulink . . . . .	172
7.3 Syntéza fuzzy regulátoru a jeho experimentální optimalizace	174
7.4 Syntéza logických systémů (varianta a) . . . . .	175
7.5 Syntéza logických systémů (varianta b) . . . . .	177
7.6 Syntéza logických systémů (varianta c) . . . . .	178
7.7 Syntéza logických systémů (varianta d) . . . . .	180
7.8 Analýza chování nelineárního dynamického systému . . . . .	181
<b>8 Literatura</b>	<b>182</b>