

# Obsah

## I Systémy a jejich popis

### 1 Úvod do obecné teorie systémů

1.1	Systémový přístup . . . . .	2
1.2	Objekt, systém, model . . . . .	3
1.2.1	Systémy . . . . .	4
1.2.2	Třídění systémů . . . . .	7
1.2.3	Modely . . . . .	9
1.3	Dynamické systémy . . . . .	9
1.4	Speciální druhy systémů . . . . .	12
1.5	Stavové rovnice spojitého systému . . . . .	14
1.5.1	Stavové rovnice . . . . .	14
1.5.2	Linearizace stavových rovnic . . . . .	17
1.6	Stavové rovnice diskrétních systémů . . . . .	22
1.7	Kontrolní otázky a příklady . . . . .	24

### 2 Vnější popisy dynamických systémů

2.1	Vnitřní a vnější popisy . . . . .	26
2.2	Vnější popisy spojitého systému . . . . .	26
2.2.1	Popis systému diferenciálními rovnicemi . . . . .	27
2.2.2	Přenos lineárního spojitého systému . . . . .	27
2.2.3	Impulsní a přechodová funkce systému . . . . .	29
2.2.4	Frekvenční přenos a frekvenční charakteristiky systému . . . . .	31
2.3	Vnější popisy diskrétních systémů . . . . .	32
2.3.1	Diferenční rovnice a přenos v $Z$ -transformaci . . . . .	33
2.3.2	Impulsní a přechodová posloupnost . . . . .	34
2.3.3	Frekvenční přenos a frekvenční charakteristiky systému . . . . .	35

### 3 Vnitřní a vnější popis systému

3.1	Vnější popis mnohazměrových systémů . . . . .	36
3.2	Stavové rovnice a přenosová matice . . . . .	37

3.3	Neurčitost vnitřní struktury . . . . .	42
3.4	Póly a nuly mnoharozměrových systémů . . . . .	45
3.5	Singulární systémy . . . . .	50
3.6	Kontrolní otázky a příklady . . . . .	53
<b>4</b>	<b>Určení vnitřního popisu systému</b>	<b>56</b>
4.1	Přímá metoda . . . . .	57
4.2	Kanonický tvar vzhledem k výstupu . . . . .	60
4.3	Jordanův kanonický tvar . . . . .	62
4.4	Počáteční podmínky a počáteční stav . . . . .	65
4.5	Transformace stavů . . . . .	66
4.6	Realizace diskrétních systémů . . . . .	70
4.7	Realizace mnoharozměrových systémů . . . . .	73
4.8	Generování vstupních signálů . . . . .	75
4.9	Kontrolní otázky a příklady . . . . .	77
<b>5</b>	<b>Vazby mezi systémy</b>	<b>80</b>
5.1	Základní vazby . . . . .	80
5.2	Bloková schémata a signálové diagramy . . . . .	88
5.3	Kontrolní otázky a příklady . . . . .	93
<b>II</b>	<b>Vnitřní dynamika, vstupní a výstupní omezení</b>	<b>97</b>
<b>6</b>	<b>Řešení stavových rovnic systémů</b>	<b>98</b>
6.1	Lineární stacionární spojité systémy . . . . .	98
6.2	Lineární nestacionární spojité systémy . . . . .	103
6.3	Výpočet stavové matice přechodu . . . . .	106
6.3.1	Výpočet stavové matice přechodu pomocí Laplaceovy transformace . . . . .	106
6.3.2	Určení stavové matice přechodu z odezvy systému na vhodně zvolené počáteční podmínky . . . . .	107
6.3.3	Výpočet stavové matice přechodu transformací systému do Jordanova tvaru . . . . .	108
6.3.4	Výpočet stavové matice přechodu rozvojem v řadu . . . . .	110
6.3.5	Výpočet stavové matice přechodu pomocí Cayleyovy – Hamiltonovy věty . . . . .	111
6.3.6	Výpočet stavové matice přechodu pomocí Sylvestrova interpolačního vztahu . . . . .	112
6.4	Řešení stavových rovnic diskrétních systémů . . . . .	114
6.5	Matice impulsních funkcí . . . . .	116

6.6	Kontrolní otázky a příklady . . . . .	118
<b>7</b>	<b>Souvislost spojitého a diskrétního popisu</b>	<b>121</b>
7.1	Určení hodnot odezvy spojitého systému . . . . .	121
7.2	Vnější diskrétní popis spojité části . . . . .	126
7.3	Vzorkování a tvarování signálu . . . . .	133
7.4	Kontrolní otázky a příklady . . . . .	138
<b>8</b>	<b>Řiditelnost a dosažitelnost</b>	<b>140</b>
8.1	Definice pojmů . . . . .	140
8.2	Dosažitelnost v diskrétních systémech . . . . .	141
8.3	Řiditelnost v diskrétních systémech . . . . .	145
8.4	Řiditelnost a dosažitelnost ve spojitéch systémech . . . . .	148
8.5	Další kritéria dosažitelnosti a řiditelnosti . . . . .	151
8.6	Dosažitelnost v nestacionárních systémech . . . . .	153
8.6.1	Diskrétní lineární nestacionární systém . . . . .	153
8.6.2	Spojité lineární nestacionární systém . . . . .	154
8.7	Řiditelnost výstupu a funkcionální řiditelnost . . . . .	157
8.8	Kontrolní otázky a příklady . . . . .	159
<b>9</b>	<b>Pozorovatelnost a rekonstruovatelnost</b>	<b>161</b>
9.1	Definice pojmů . . . . .	161
9.2	Pozorovatelnost diskrétních systémů . . . . .	162
9.3	Pozorovatelnost spojitéch systémů . . . . .	166
9.3.1	Kritérium pozorovatelnosti . . . . .	166
9.3.2	Další kritéria pozorovatelnosti . . . . .	167
9.3.3	Dualita dosažitelnosti a pozorovatelnosti . . . . .	168
9.4	Nedosažitelné a nepozorovatelné systémy . . . . .	169
9.5	Pozorovatelnost lineárních nestacionárních systémů . . . . .	170
9.5.1	Lineární nestacionární diskrétní systém . . . . .	171
9.5.2	Lineární nestacionární spojité systém . . . . .	171
9.6	Kontrolní otázky a příklady . . . . .	173
<b>10</b>	<b>Stabilita</b>	<b>174</b>
10.1	Fyzikální význam a definice . . . . .	174
10.2	Ljapunovy věty o stabilitě . . . . .	178
10.3	Nutné a postačující podmínky stability . . . . .	183
10.4	Kritéria stability . . . . .	186
10.4.1	Routhovo kritérium stability . . . . .	187
10.4.2	Hurwitzovo kritérium stability . . . . .	189

10.4.3	Routhovo–Schurovo kritérium stability . . . . .	192
10.5	Stabilita diskretních systémů . . . . .	193
10.6	Stabilizovatelnost a detekovatelnost systému . . . . .	195
10.7	Kontrolní otázky a příklady . . . . .	195
<b>III</b>	<b>Změna dynamických vlastností systému</b>	<b>197</b>
<b>11</b>	<b>Zpětná vazba od stavu</b>	<b>198</b>
11.1	Formulace úlohy . . . . .	198
11.2	Systémy s jedinou řídicí veličinou . . . . .	200
11.3	Systémy s více řídicími veličinami . . . . .	205
11.4	Kontrolní otázky a příklady . . . . .	207
<b>12</b>	<b>Rekonstrukce stavů systému</b>	<b>209</b>
12.1	Pozorovatel stavu systému tvořený modelem systému . . . . .	210
12.2	Identický pozorovatel . . . . .	210
12.3	Redukovaný pozorovatel . . . . .	213
12.4	Pozorování lineární funkce stavů . . . . .	215
12.5	Systém a pozorovatel ve zpětné vazbě . . . . .	216
12.6	Kontrolní otázky a příklady . . . . .	218
<b>13</b>	<b>Dekompozice a realizace systémů</b>	<b>220</b>
13.1	Ekvivalence systémů . . . . .	220
13.2	Kanonické tvary . . . . .	221
13.2.1	Systémy s jedním vstupem a výstupem . . . . .	222
13.2.2	Mnoharozměrové systémy . . . . .	225
13.3	Vyvážené realizace . . . . .	227
13.3.1	Základní pojmy . . . . .	227
13.3.2	Konstrukce vyvážené realizace . . . . .	229
13.3.3	Redukce řádu dynamického systému . . . . .	230
13.4	Kanonické dekompozice systému . . . . .	230
13.4.1	Určení dosažitelné části . . . . .	231
13.4.2	Určení pozorovatelné části systému . . . . .	235
13.5	Realizace systémů . . . . .	237
13.6	Kontrolní otázky a příklady . . . . .	244