

# OBSAH

PŘEDMLUVA . . . . .	9
ÚVOD . . . . .	11
<b>A. ZÁKLADNÍ MATEMATICKÉ POUČKY A VZTAHY . . . . .</b>	<b>20</b>
1. Diskrétní funkce . . . . .	20
2. Diskrétní Laplaceova transformace . . . . .	24
3. Základní poučky DL-transformace . . . . .	29
3.1 Teorém lineárnosti . . . . .	29
3.2 Posunutí v originále. . . . .	30
3.3 Posunutí v obraze . . . . .	31
3.4 Obraz diferencí . . . . .	31
3.5 Obraz součtu . . . . .	32
3.6 Násobení originálu výrazem $n^k$ . . . . .	32
3.7 Násobení originálu výrazem $n^{(k)}$ . . . . .	33
3.8 Dělení originálu výrazem $n^k$ . . . . .	33
3.9 Derivace obrazu podle parametru . . . . .	34
3.10 Integrace obrazu podle parametru . . . . .	34
3.11 Konvoluce v originále . . . . .	35
3.12 Obraz posloupnosti vzorků s poměrnou periodou $\lambda \neq 1$ . . . . .	36
3.13 Součet vzorků . . . . .	38
3.14 Teorém o konečné hodnotě . . . . .	38
3.15 Teorém o počáteční hodnotě . . . . .	38
3.16 Zpětná transformace . . . . .	39
3.17 Konvoluce obrazů . . . . .	41
3.18 Obraz součinů dvou funkcí s posunutou nezávisle proměnnou. . . . .	42
3.19 Souvislost spojitě a diskrétní Laplaceovy transformace . . . . .	43
4. Součet dvojmocí diskrétních hodnot . . . . .	47
5. Přenos spojitého členu při nespojitém vstupním signálu . . . . .	53
5.1 Vstupní signál tvaru posloupnosti impulsů zanedbatelně malé šířky . . . . .	54
5.2 Přenos spojitého členu s dopravním zpožděním při vstupním signálu tvaru posloupnosti impulsů zanedbatelně malé šířky . . . . .	55
5.3 Přenos spojitého členu při vstupním signálu tvaru posloupnosti impulsů šířky $\gamma$ . . . . .	62
5.4 Výpočet obrazu v DL-transformaci z vypočteného průběhu originálu . . . . .	66

6. Výpočet originálu k danému obrazu v DL-transformaci . . . . .	71
6.1 Řešení diferenčních rovnic . . . . .	71
6.2 Výpočet originálu funkce pomocí rozkladu obrazu na zlomky . . . . .	73
6.3 Výpočet originálu rekurentním vzorcem . . . . .	77
6.4 Výpočet originálu maticemi . . . . .	79
7. Algebraická kritéria stability. . . . .	84
7.1 Kontrola stability po transformaci charakteristické rovnice substitucí $z = (v + 1)/(v - 1)$ . . . . .	85
7.2 Přímá kontrola stability v rovině $z$ . . . . .	89
8. Podmínky fyzikální realizovatelnosti . . . . .	96
9. Programování číslicového počítače pro regulační účely . . . . .	98
9.1 Přímé programování . . . . .	98
9.2 Sériové programování . . . . .	101
9.3 Paralelní programování . . . . .	102
9.4 Modelování číslicových korekčních členů na analogovém počítači . . . . .	103
<b>B. OBECNÁ TEORIE SYNTÉZY ČÍSLICOVÉ REGULACE . . . . .</b>	<b>111</b>
10. Předpoklady a cíle syntézy. . . . .	111
11. Mnohparametrové regulační obvody . . . . .	116
12. Teorie syntézy řízení . . . . .	127
12.1 Podmínky stability . . . . .	127
12.2 Požadavek nulové trvalé regulační odchylky . . . . .	139
12.3 Požadavek autonomnosti . . . . .	140
12.4 Konečný počet kroků regulace . . . . .	141
12.5 Nehybridní mnohparametrové regulační obvody . . . . .	161
12.51 Neautonomní nehybridní mnohparametrové regulační obvody . . . . .	161
12.52 Autonomní nehybridní mnohparametrové regulační obvody . . . . .	162
12.53 Konečný počet kroků regulace . . . . .	162
12.6 Hybridní jednoparametrové regulační obvody . . . . .	163
12.7 Nehybridní jednoparametrové regulační obvody . . . . .	165
12.8 Hybridní regulační obvody s minimálním počtem proporcionálních spojitě pracujících regulátorů. . . . .	167
12.9 Přehled hlavních výsledků kapitoly 12 . . . . .	167
12.10 Řešené příklady . . . . .	171
13. Teorie syntézy kompenzace poruch . . . . .	182
13.1 Hybridní invariantní mnohparametrové regulační obvody . . . . .	182
13.2 Nehybridní invariantní mnohparametrové regulační obvody. . . . .	184
13.3 Invariantní jednoparametrové regulační obvody . . . . .	185
13.4 Neinvariantní hybridní mnohparametrové regulační obvody. . . . .	186
13.41 Podmínky stability . . . . .	186
13.42 Požadavek nulové trvalé regulační odchylky . . . . .	191
13.43 Quasiinvariantní regulační obvody . . . . .	192
13.44 Konečný počet kroků regulace . . . . .	192

13.5	Neinvariantní nehybridní mnohparametrové regulační obvody . . .	195
13.6	Neinvariantní nehybridní jednoparametrové regulační obvody . . .	195
13.7	Současné řízení a kompenzace vlivu poruch v neinvariantních hybridních mnohparametrových regulačních obvodech . . . . .	196
13.8	Přehled hlavních výsledků kapitoly 13 . . . . .	201
13.9	Řešené příklady . . . . .	208
14.	Regulační obvody s odlišnou strukturou . . . . .	211
15.	Omezení výstupního signálu číslicového korekčního členu . . . . .	221
16.	Závislost periody vzorkování na omezení výstupního signálu číslicového korekčního členu při konečném počtu kroků regulace . . . . .	226
17.	Kvadratické kritérium jakosti regulace a omezení výstupního signálu číslicového korekčního členu . . . . .	237
18.	Kombinace konečného počtu kroků regulace a kvadratického kritéria jakosti regulace . . . . .	245
18.1	Formulace úlohy . . . . .	245
18.2	Odvození podmínek pro minimum integrálu čtverce odchylky . . . . .	247
18.3	Schema pro vyčíslení koeficientů pomocné funkce $D(z,0)$ . . . . .	251
18.4	Modifikace výpočtu pro případ nulového pólu přenosu $S(p)$ . . . . .	254
18.5	Číselný příklad . . . . .	255
19.	Kompenzace dopravního zpoždění . . . . .	259
19.1	Kompenzace dopravního zpoždění modelem regulované soustavy . . . . .	260
19.2	Kompenzace dopravního zpoždění pomocí predikčního filtru . . . . .	264
20.	Číslicová analogie spjitých regulátorů P, PI a PID . . . . .	270
<b>C. STOCHASTICKÉ REGULAČNÍ PROCESY . . . . .</b>		<b>289</b>
21.	Základní vlastnosti náhodných procesů . . . . .	289
21.1	Úvod . . . . .	289
21.2	Korelační funkce . . . . .	296
21.3	Výkonová spektrální hustota . . . . .	300
22.	Průchod náhodného diskrétního signálu spjitou regulovanou soustavou . . . . .	306
23.	Optimální řízení jednoparametrového regulačního obvodu . . . . .	313
23.1	Minimalizace střední kvadratické odchylky — přenos uzavřené smyčky nedeterminovaný . . . . .	314
23.2	Minimalizace střední kvadratické odchylky — přenos uzavřené smyčky částečně determinovaný . . . . .	324
24.	Optimální kompenzace poruchy v jednoparametrovém regulačním obvodu . . . . .	329

25. Syntéza mnohparametrického regulačního obvodu . . . . .	336
25.1 Vstupní signály vzájemně nekorelované . . . . .	336
25.2 Vstupní signály vzájemně korelované . . . . .	343
26. Syntéza regulace při vyjádření střední hodnoty kvadrátu odchylky v obrazech . . . . .	348
27. Syntéza při omezení vstupního signálu regulované soustavy . . . . .	356
27.1 Regulační obvod s jedním korekčním členem . . . . .	356
27.2 Regulační obvod s přímou kompenzací poruchy . . . . .	359
28. Souvislost minima střední kvadratické odchylky s podmínkou in- variantnosti. . . . .	363
29. Počet průchodů náhodného signálu stacionáru mezi . . . . .	366
30. Syntéza mnohparametrických obvodů v maticovém tvaru . . . . .	370
31. Syntéza podle kritéria minimální střední kvadratické odchylky spo- jitě výstupní veličiny . . . . .	375
32. Řešené příklady k odstavci C . . . . .	379
<b>D. DYNAMICKÁ AUTOMATICKÁ OPTIMALIZACE . . . . .</b>	<b>391</b>
33. Úvod . . . . .	391
34. Teorie syntézy optimalizace podle integrálu účelové funkce $\eta(t)$ . . . . .	394
35. Optimalizace mnohparametrických regulačních obvodů podle střed- ní hodnoty účelové funkce . . . . .	410
Příloha A: Odvození DL—obrazů funkcí $w(t) = t^p / p!$ . . . . .	419
Příloha B: Integrál funkce komplexní proměnné podle nezávislého parametru . . . . .	423
Příloha C: Faktorizace matic . . . . .	427
Literatura . . . . .	436
Tab. I: Slovník obrazů a originálů funkcí . . . . .	447
Tab. II: Prvky matice $Q_n$ vypočtené podle determinantu (6.74) . . . . .	459
Rejstřík . . . . .	460