

Předmluva	9
1. <u>Popis regulačních obvodů pracujících spojitě a diskrétně klasickými metodami</u>	10
1.1 Lineární obvody pracující spojitě	10
1.1.1 Popis diferenciální rovnicí	10
1.1.2 Popis v Laplaceově transformaci	10
1.1.3 Impulsová funkce, impulsová charakteristika	11
1.1.4 Přechodová funkce, přechodová charakteristika	11
1.1.5 Frekvenční přenos, frekvenční charakteristika	11
1.2 Nelineární obvody pracující spojitě	13
1.2.1 Rovnice, popisující nelineární blok	13
1.2.2 Fázová rovina	13
1.2.3 Ekvivalentní přenos	15
1.3 Lineární diskrétní regulační obvody	16
1.3.1 Matematický popis diskrétních funkcí	16
1.3.2 Matematický popis bloků diskrétních regulačních obvodů	21
1.3.2.1 Bloky s diskrétním vstupem a výstupem	21
1.3.2.2 Spojitě pracující část regulačního obvodu	22
L i t e r a t u r a	27
2. <u>Popis regulačních obvodů stavovými proměnnými</u>	28
2.1 Vymezení základních pojmů	28
2.2 Přepis obyčejné diferenciální a diferenční rovnice na stavové rovnice	31
2.3 Převod stavových rovnic na diferenciální a diferenční rovnice	38
2.4 Základní vlastnosti systémů	40
L i t e r a t u r a	42
3. <u>Vybrané partie z teorie lineárních a nelineárních regulačních obvodů</u>	43
3.1 Základní pojmy a vztahy lineárních regulačních obvodů	43
3.2 Přesnost regulačních obvodů	47
3.3 Inženýrské metody syntézy lineárních regulačních obvodů	50
3.3.1 Úvod	50
3.3.2 Metoda logaritmických frekvenčních charakteristik	50
3.3.2.1 Odvození Nyquistova kritéria stability	50
3.3.2.2 Regulační obvody s minimální fází	52
3.3.2.3 Regulační obvody s neminimální fází	52
3.3.2.4 Frekvenční charakteristika uzavřeného obvodu	53
3.3.2.5 Hodnocení dynamických vlastností uzavřeného obvodu dle frekvenční charakteristiky otevřené smyčky	53
3.3.2.6 Syntéza regulačních obvodů metodou logaritmických frekvenčních charakteristik	56
3.3.2.7 Zajištění uspokojivé odezvy na poruchu	59
3.3.2.8 Zajištění uspokojivé odezvy s časově závislým čidlem	61
3.3.2.9 Zajištění uspokojivé odezvy při nenulových počátečních podmínkách	61
3.3.2.10 Zhodnocení metody logaritmických frekvenčních charakteristik	62
3.3.3 Metoda geometrického místa kořenů charakteristické rovnice	62
3.3.3.1 Princip metody	62
3.3.3.2 Doporučený postup návrhu parametrů regulátoru	64

3.3.3.3	Zhodnocení metody 6 MK	66
3.3.4	Metoda optimálního modulu	67
3.3.4.1	Princip metody	67
3.3.4.2	Obecná metoda syntézy pro systémy n-tého řádu	67
3.3.4.3	Metoda optimálního modulu aplikovaná pouze na modul charakteristické rovnice systému	68
3.3.4.4	Optimalizační kritéria optimálního modulu a symetrického optima, používaná v elektrických pohonech	69
3.3.4.5	Zhodnocení metod optimálního modulu, symetrického optima	73
3.3.5	Zásady návrhu servomechanizmů	73
3.4	Nelineární regulace	75
3.4.1	Charakteristické vlastnosti nelineární regulace	75
3.4.2	Řešení nelineárních regulačních obvodů	75
3.4.3	Linearizace matematického modelu	76
3.4.4	Metoda harmonické rovnováhy	80
<b>L i t e r a t u r a</b>		
4.	<u>Návrh řídicích algoritmů diskrétních regulačních obvodů</u>	81
4.1	Syntéza diskrétních regulačních obvodů metodami spojitě pracujících obvodů	81
4.1.1	Diskrétní regulační obvod	81
4.1.2	Ekvivalentní spojitý obvod	83
4.1.3	Číslicové ekvivalenty analogových regulátorů	83
4.1.3.1	Složkový tvar algoritmu PS regulátoru	85
4.1.3.2	Rekurentní tvar algoritmu PS regulátoru	86
4.1.3.3	Složkový tvar algoritmu PSD regulátoru	87
4.1.3.4	Rekurentní tvar algoritmu PSD regulátoru	87
4.1.3.5	Problematika omezení výstupního signálu	90
4.1.3.6	Srovnání složkového a rekurentního algoritmu	91
4.2	Matematický popis diskrétních regulačních obvodů	91
4.2.1	Ekvivalentní obvody se vzorkováním signálů	92
4.2.2	Regulátory	93
4.2.3	Přenos řízení	94
4.2.4	Přenos poruchy	96
4.2.5	Stabilita	96
4.3	Vybrané metody syntézy diskrétních regulačních obvodů	96
4.3.1	Metoda transformovaných frekvenčních charakteristik	101
4.3.2	Metoda optimálního modulu	103
4.3.3	Princip metody konečného počtu kroků přechodového jevu	107
4.3.4	Princip modelního řízení	113
4.4	Problematika kvantování signálů	114
4.5	Problematika volby periody vzorkování	114
4.5.1	Vliv periody vzorkování na zkreslení frekvenčního spektra signálů	116
4.5.2	Určení mezního kmitočtu	118
4.5.3	Vliv periody vzorkování na stabilitu soustavy	120
4.6	Filtrace rušivých signálů	120
4.6.1	Frekvenční charakteristiky diskrétních regulačních obvodů	121
4.6.2	Analogové filtry	121
4.6.3	Číslicové filtry	122
<b>L i t e r a t u r a</b>		

5. <u>Struktury regulačních obvodů</u>	123
5.1 Úvod	123
5.2 Struktury s omezením veličin	123
5.3 Struktury s výběrem regulované veličiny	126
5.4 Struktury s kaskádním řazením regulátorů	126
5.5 Struktury s použitím korekčních členů	127
5.6 Struktury kombinovaného způsobu řízení	128
5.7 Struktury komparčního způsobu řízení	128
5.8 Struktura obvodu s přímou vazbou od řídící veličiny	129
5.9 Struktura obvodu optimálního podle kvadratického kritéria	129
5.10 Struktura obvodu časově optimálního	130
5.11 Struktura obvodu s proměnným tlumením	131
5.12 Struktura s generováním stavových veličin dle hrubé identifikace regulované soustavy	132
5.13 Výběr vhodné struktury	135
<b>L i t e r a t u r a</b>	136
6. <u>Vybrané partie z teorie optimálního řízení</u>	137
6.1 Vymezení úlohy optimálního řízení	137
6.2 Optimalizace lineárních objektů podle kvadratického kritéria	138
6.3 Časově optimální řízení lineárních objektů	148
6.4 Vliv omezení u ss motoru a jeho potřebný výkon	160
6.5 Deterministický rekonstruktor stavu	165
6.6 Problematika realizace optimálních obvodů	168
6.7 Příklad řešení obvodu optimálního podle kvadratického kritéria	173
6.7.1 Výběr akčního členu a sestavení matematického modelu řízení soustavy	173
6.7.2 Návrh regulátoru	174
6.7.3 Vyšetření vlivu nelinearit	180
6.7.4 Diskuze otázky přesnosti optimálního regulačního obvodu v ustáleném stavu	181
6.7.5 Řešení úlohy dosažení astatismu I. řádu vzhledem k poruše 1 řízení	189
6.7.6 Realizace regulátoru	190
6.8 Příklad výpočtu rekonstruktoru stavu	192
<b>L i t e r a t u r a</b>	198
7. <u>Úvod do teorie adaptivního řízení</u>	199
7.1 Principy činnosti adaptivních systémů	199
7.2 Kritéria ztrát a metody jejich minimalizace	203
7.2.1 Kritéria ztrát	203
7.2.2 Gradientní metody	204
7.2.3 Citlivostní funkce	205
7.2.4 Metoda náhodného hledání	206
7.3 Adaptivní identifikace	208

7.3.1 Adaptivní identifikace s paralelním modelem	209
7.3.2 Adaptivní identifikace se seriové paralelním modelem	210
7.4 Adaptivní řízení	211
7.4.1 Adaptivní řízení s modelem	213
7.4.2 Duální řízení	215
7.4.3 Adaptivní řízení s číselnou informací o požadovaném chování	217
7.4.4 Řízení systémů, je-li cíl řízení zadán nerovnostmi	219
7.5 Metody syntézy adaptivních obvodů	220
<b>L i t e r a t u r a</b>	
<b>ČAST II</b>	
<b>8. Přehled regulačních obvodů pohonů se stejnosměrnými motory</b>	221
8.1 Výkonové obvody stejnosměrných pohonů	221
8.2 Regulace proudu	222
8.3 Regulace rychlosti	226
8.3.1 Regulace rychlosti s proudovým omezením	226
8.3.2 Regulace rychlosti s podřazenou smyčkou proudu	228
8.3.3 Regulace rychlosti s reverzací momentu buzením	229
8.3.4 Regulace rychlosti se "závislým buzením"	231
8.4 Regulace polohy	231
8.4.1 Průběžná regulace polohy	231
8.4.2 Cílová regulace polohy	234
8.5 Regulace momentu	234
8.6 Regulace výkonu	235
<b>L i t e r a t u r a</b>	
9. Inženýrské metody syntézy stejnosměrných pohonů	237
9.1 Náhradní přenos tyristorového usměrňovače	237
9.2 Přenos motoru s konstantním buzením, napájeného usměrňovačem při nepřerušovaném proudu	237
9.3 Přenos motoru s konstantním buzením, napájeného usměrňovačem při přerušovaném proudu	239
9.4 Lineárizovaný přenos motoru s proměnným buzením	240
9.5 Návrh parametrů proudové smyčky	241
9.6 Návrh parametrů rychlostní smyčky	244
9.6.1 Konstantní buzení motoru	244
9.6.2 Proměnné buzení motoru	248
9.7 Návrh parametrů nadřazených regulačních smyček a regulačních obvodů se zvláštními požadavky	249
<b>L i t e r a t u r a</b>	251

10. <u>Matematický popis střídavých motorů a napájecích zdrojů</u>	252
10.1 Úvod	252
10.2 Transformace "prostorový vektor"	252
10.2.1 Definiční vztahy	252
10.2.2 Výkonově neinvariantní transformace	252
10.2.3 Výkonově invariantní transformace	253
10.2.4 Převádění prostorových vektorů do vzájemně se otáčejících souřadných systémů	254
10.3 Matematický popis asynchronních motorů	256
10.3.1 Transformace výrazů pro spřažené magnetické toky	256
10.3.2 Napěťové rovnice asynchronního motoru	258
10.3.3 Moment motoru	260
10.4 Matematický popis synchronních motorů	262
10.4.1 Transformace výrazů pro spřažené magnetické toky	262
10.4.2 Napěťové rovnice synchronního motoru	263
10.4.4 Moment motoru	263
10.5 Matematický popis střídače se stejnosměrným obvodem	264
10.5.1 Asynchronní motor, proudový střídač	264
10.5.2 Asynchronní motor, napěťový střídač	267
10.5.3 Synchronní motor	270
10.6 Příklady použité odvozené teorie	274
<u>L i t e r a t u r a</u>	278
11. <u>Přehled regulačních obvodů pohonů se střídavými motory</u>	279
11.1 Asynchronní motor nakrátko	279
11.1.1 Teoretický úvod	279
11.1.2 Výkonové obvody pohonu s asynchronním motorem nakrátko	281
11.1.3 Struktury regulačních obvodů s nepřímou regulací magnetického toku	282
11.1.4 Struktury s vektorově orientovaným řízením	286
11.1.4.1 Princip	286
11.1.4.2 Vektorově orientované řízení v souřadném systému statoru	287
11.1.4.3 Vektorově orientované řízení v souřadném systému magnetického toku	289
11.1.5 Zhodnocení způsobu řízení	290
11.2 Asynchronní motor s vinutým rotorem	291
11.2.1 Polovodičové kaskády	291
11.2.1.1 Teoretický úvod	291
11.2.1.2 Podsyncronní polovodičová kaskáda	293
11.2.1.3 Nadsynchronní polovodičová kaskáda	294
11.2.2 Polovodičová regulace odporu rotoru a napětí statoru	295
11.3 Synchronní motor	296
11.3.1 Teoretický úvod	296
11.3.2 Výkonový obvod ventilového motoru	298
11.3.3 Regulační obvody ventilových motorů	299
<u>L i t e r a t u r a</u>	300

12. <u>Negativní působení tyristorových měničů na činnost vlastních regulačních obvodů</u>	301
12.1 Vliv zvládněného proudu na činnost proudového regulátoru	301
12.2 Vliv "neúplné řiditelnosti" měniče na vznik proudových špiček	302
<u>L i t e r a t u r a</u>	304
13. <u>Číslicově řízené pohony</u>	305
13.1 Koncepce číslicově řízených pohonů	305
13.2 Číslicově řízené pohony s regulátory realizovanými mikropočítači	311
13.2.1 Regulátory realizované z mikropočítačových stavebnic	311
13.2.2 Regulátory realizované z jednočipových mikropočítačů	317
13.3 Číslicově řízené pohony s regulátory realizovanými z diskř.součástí	335
13.3.1 Systémy s fázovým závěsem	338
13.3.2 Systémy s mezipřevodem na kmitočet	341
<u>L i t e r a t u r a</u>	344
14. <u>Přehled samobuzených kmitů, vyskytujících se v elektrických pohonech</u>	345
14.1 Úvod	345
14.2 Subharmonické kmitý v obvodech s tyristorovými měniči	345
14.2.1 Kmitý způsobené diskřétní činností měniče	346
14.2.2 Kmitý způsobené neúplnou řiditelností měniče	347
14.3 Kmitý způsobené pulzací momentu	350
14.4 Kmitý způsobené nelinearitami	350
14.4.1 Jednosměrná vodivost výkonového obvodu	351
14.4.2 Nelinearita releového typu, určující polaritu momentu	351
14.4.2.1 Ss reverzační pohony bez okruhových proudů	351
14.4.2.2 Střídavé pohony	354
14.4.3 Nelinearita "absolutní hodnota" zapojená před regulátor proudu	354
<u>L i t e r a t u r a</u>	354
<u>D o d a t e k :</u>	355
1. Některé typy matic	356
2. Pravidla maticového počtu	362
3. Program regulátor rychlosti	365
4. Program regulátor polohy	