

OBSAH

1. Sekvenční logické řízení	7
1.1 Kombinační logická funkce, Karnaughova mapa	7
1.1.1 Binární proměnné	7
Př. 1.1: <i>Řízení plnicího čerpadla</i>	
1.1.2 Kombinační logická funkce	9
1.1.3 Karnaughova mapa	10
1.2 Booleova algebra	11
1.3 Syntéza kombinační logické funkce	13
1.3.1 Zjednodušení logické funkce podle K-mapy	14
Př. 1.2 – 1.5: <i>Funkce „dva ze tří“, Detekce poruch snímačů, Řízení plnicího čerpadla</i>	
1.4 Kombinační logická funkce jako zapojení fiktivních spínačů	18
Př. 1.6 – 1.8: <i>Funkce „dva ze tří“, Detekce poruch snímačů, Řízení plnicího čerpadla</i>	
1.5 Bloková schémata kombinačních logických funkcí	21
Př. 1.9 – 1.10 <i>Detekce poruch snímačů, Řízení plnicího čerpadla</i>	
1.6 Sekvenční logické funkce	22
1.6.1 Graf přechodů	23
Př. 1.11: <i>Řízení střídavého pohybu</i>	
1.6.2 Vytvoření jednoduché sekvenční funkce zpětnou vazbou	25
Př. 1.12: <i>Zpětnovazební syntéza klopného obvodu</i>	
1.7 Syntéza sekvenční logické funkce pomocí klopných obvodů RS	27
1.7.1 Použití klopného obvodu RS v syntéze sekvenčního logického řízení	27
Př. 1.13 – 1.18: <i>Řízení střídavého pohybu, Řízení hlavního a pomocného čerpadla, Dodatečné zabezpečení železničního přejezdu, Temperování chemické reakce, Řízení procesu tváření, Dávkování do obalů</i>	
1.8 Sekvenční logická funkce jako zapojení fiktivních spínačů	39
Př. 1.19: <i>Řízení hlavního a pomocného čerpadla</i>	
1.9 Další funkce logického řízení	40
2. Modely spojitě řízených soustav	41
2.1 Model řízené soustavy v regulačním obvodu	42
Př. 2.1: <i>Řízení kočky jeřábu</i>	
2.1.1 Diferenciální rovnice regulované soustavy	44
2.2 Rovnovážné stavy regulační smyčky	46
2.2.1 Statická charakteristika regulované soustavy	46
2.2.2 Statické charakteristiky ve zpětnovazební smyčce	47
2.3 Dopředný a zpětnovazební princip v řízení	50
Př. 2.2: <i>Ekvitermně řízené vytápění</i>	
2.4 Přechodové a impulsní charakteristiky regulovaných soustav	53
2.4.1 Přechodová charakteristika	53
2.4.2 Impulsní charakteristika	53
2.4.3 Soustava prvního řádu	54
Př. 2.3 – 2.4: <i>Řízení otáček soustrojí, Dynamika akumulace</i>	
2.4.4 Soustavy druhého řádu	58
2.4.5 Nekmitavá soustava druhého řádu	59
Př. 2.5: <i>Nekmitavá soustava druhého řádu</i>	
2.4.6 Kmitavá soustava druhého řádu	61
Př. 2.6 – 2.7: <i>Kmitavá soustava, Kapalínový tlakoměr</i>	
2.4.7 Astatická soustava druhého řádu	65

Př. 2.8 – 2.10: *Řízení kormidlem, Valení řízené sklonem dráhy, Měření malého průtoku*

2.4.8	Zpoždění a doby průtahu a náběhu přechodové charakteristiky	67
3.	Regulátor – návrh parametrů	69
3.1	Dvoupolohová regulace dynamické soustavy	69
3.1.1	Dvoupolohová regulace soustavy prvního řádu	70
3.2.2	Dvoupolohová regulace soustavy vyššího řádu, se zpožděním	72
	Př. 3.1: <i>Kmitání dvoupolohové regulace</i>	
3.2	Princip algebraického návrhu regulátoru	74
3.2.1	Obrazová rovnice soustavy	74
3.2.2	Obrazová rovnice regulátoru a regulačního obvodu	75
3.2.3	Charakteristický polynom – vztah mezi kořeny a koeficienty	76
3.2.4	Požadavek tlumeně kmitavé odezvy regulačního obvodu	79
3.2.5	Stodolova a Hurwitzova podmínka stability	79
3.3	Ovlivnění dynamiky regulátory typu P – I – D	81
3.3.1	Proporcionální regulátor a trvalá regulační odchylka	81
	Př. 3.2 – 3.3: <i>Roztěžňkový regulátor, Vznik TRO</i>	
3.3.2	Integrační princip regulátoru, odstranění TRO	84
	Př. 3.4 – 3.5: <i>Hydromotor – integrační regulátor, Porovnání P a I činnosti regulátoru</i>	
3.3.3	Proporcionálně integrační regulátor	86
3.3.4	Derivační složka a regulátory PID a PD	88
3.4	Návrh regulátorů P – I – D pro soustavy prvního a druhého řádu	89
3.4.1	Návrh regulátoru PI pro soustavu prvního řádu	89
	Př. 3.6: <i>Návrh regulátoru - požadované maximum regulační odchylky</i>	
3.4.2	Návrh regulátoru PI pro soustavy druhého řádu	92
	Př. 3.7 – 3.10: <i>PI pro soustavu druhého řádu, regulátor kormidla, regulátor kmitavé soustavy, Nemožnost regulace PI netlumených kmitů</i>	
3.4.3	Návrh regulátoru PID pro soustavy druhého řádu	97
	Př. 3.11 – 3.13: <i>PID pro nekmitavou soustavu, Valení řízené sklonem dráhy, Regulace kývání břemena</i>	
3.4.4	Návrh regulátoru PD pro soustavy druhého řádu	101
	Př. 3.14 – 3.15: <i>PD regulace soustavy druhého řádu</i>	
3.4.5	Návrh PID pro soustavu třetího řádu	103
	Př. 3.16: <i>Regulátor PID pro soustavu třetího řádu</i>	
3.4.6	Omezené možnosti regulátoru u soustavy se zpožděním	105
4.	Frekvenční vlastnosti v řízení	107
4.1	Frekvenční charakteristika	107
4.2	Obrazový a frekvenční přenos dynamické soustavy	109
4.2.1	Popis vynuceného kmitání pomocí fázorů	110
4.2.2	Frekvenční rovnice dynamické soustavy	111
	Př. 4.1: <i>Vynucené kmity soustavy prvního řádu</i>	
4.3	Logaritmická frekvenční charakteristika – Bodeho graf	113
4.3.1	Asymptoty Bodeho grafu pro soustavu prvního řádu	113
4.4	Frekvenční charakteristiky vybraných soustav	115
4.4.1	Frekvenční charakteristika nekmitavé soustavy druhého řádu	115
	Př. 4.2: <i>Nekmitavá soustava druhého řádu</i>	
4.4.2	Frekvenční charakteristika kmitavé soustavy druhého řádu	117
	Př. 4.3: <i>Kmitavá soustava druhého řádu</i>	
4.4.3	Frekvenční charakteristika integračního členu	120

4.4.4	Frekvenční charakteristika soustavy se zpožděním	120
4.4.5	Frekvenční charakteristiky regulátorů PI, PD a PID	122
4.5	Frekvenční přenos rozpojeného regulačního obvodu	125
4.5.1	Pojem přenosu rozpojené regulační smyčky Př. 4.4: <i>Přenos rozpojené regulační smyčky</i>	125
4.5.2	Souvislost charakteristické rovnice regulačního obvodu s přenosem $L(j\omega)$ Př. 4.5: <i>Stabilita regulačního obvodu podle frekvenčních charakteristik</i>	127
4.6	Kritérium stability podle přenosu rozpojené smyčky	129
	Př. 4.6: <i>Amplitudová a fázová bezpečnost</i>	
4.7	Frekvenční přenosy poruchy a řízení regulačním obvodem	131
4.8	Seřízení regulátoru podle kritického zesílení	134
4.8.1	Seřízení regulátoru PI a PID podle kritického zesílení a kritické frekvence	135
4.8.2	Seřízení regulátoru PI a PID podle doby průtahu a náběhu	135
4.8.3	Určení kritického zesílení reléovou zpětnou vazbou	136
4.9	Návrh regulátoru pro soustavu prvního řádu se zpožděním	138
	Př. 4.7: <i>Návrh PID pro soustavu se zpožděním</i>	
5.	Digitální implementace regulátorů	144
5.1	Digitální regulační obvod	144
5.2	Diskrétní regulátor PID	145
5.3	Volba vzorkovací frekvence a její důsledky	147
Literatura		149