

Obsah

Osnova přednášek	1
Program cvičení	2
1. Normy signálů a systémů	3
1.1 Normy signálů	4
1.2 Normy systémů	5
1.3 Vlastnosti norem systémů	6
1.4 Výpočet kvadratické normy	7
1.4.1 Vnější popis	7
1.4.2 Vnitřní popis	8
1.5 Výpočet ∞ -normy	9
1.5.1 Vnější popis	9
1.5.2 Vnitřní popis	10
1.6 Norma výstupu pro testovací signály	12
1.7 Indukované normy systému	13
1.8 Výkonový popis stochastických signálů	16
2. Základní vlastnosti zpětnovazebních obvodů	18
2.1 Základní vlastnosti zpětnovazebních obvodů	19
2.1.1 Vnitřní stabilita, BIBO stabilita	20
2.1.2 Test vnitřní stability	21
2.2 Citlivostní funkce systému	22
2.2.1 Asymptotické sledování referenčního signálu	23
2.2.2 Kvalita regulace	24
2.2.3 Omezení dosažitelné citlivostní funkce systému	25
3. Popis neurčitosti, robustnost	28
3.1 Strukturovaná neurčitost	29
3.2 Nestrukturovaná neurčitost	30
3.2.1 Multiplikativní popis neurčitosti	30
3.2.2 Aditivní popis neurčitosti	32
3.2.3 Zpětnovazební popis neurčitosti	32
3.3 Robustnost	33
3.4 Robustní stabilita	34
3.5 Robustní kvalita řízení	36
3.6 Grafická interpretace (multiplikativní model)	39
3.7 Algebraická omezení na vlastnosti S, T	40
4. Stabilizující regulátory a jejich parametrizace	41
4.1 Obecná metoda syntézy	42
4.2 Parametrizace stabilizujících regulátorů pro stabilní soustavu	43
4.3 Nesoudělná faktorizace, Euklidův algoritmus	46

4.4	Polynomiální rovnice	49
4.5	Parametrizace stabilizujících regulátorů v okruhu polynomů	53
4.5.1	Výpočet nesoudělné faktorizace přenosu	55
4.5.2	Výpočet nesoudělné faktorizace pro stavový model	56
4.6	Parametrizace stabilizujících regulátorů pro obecnou soustavu	57
4.7	Silná a současná stabilizace	61
5. Algebraické metody syntézy, časově a kvadraticky optimální regulátory		62
5.1	Časově optimální diskrétní řízení	63
5.1.1	Konečné časově optimální ovládání	63
5.1.2	Stabilní časově optimální ovládání	64
5.1.3	Konečná časově optimální regulace	65
5.1.4	Stabilní časově optimální regulace	66
5.1.5	Časově optimální regulace s nenulovými počátečními podmínkami	67
5.2	Kvadraticky optimální diskrétní řízení	69
5.2.1	Kvadraticky optimální diskrétní ovládání	69
5.2.2	Kvadraticky optimální diskrétní regulace	72
6. Stavové metody syntézy, kvadraticky optimální regulátor		75
6.1	Dynamické programování, princip optimality	76
6.2	Diskrétní úloha kvadraticky optimálního řízení	77
6.2.1	Ustálené řešení Riccatiho rovnice	81
6.2.2	Metody výpočtu ustáleného řešení Riccatiho rovnice	84
6.2.3	Frekvenční vlastnosti diskrétního LQ regulátoru	85
6.2.4	Vlastnosti zpětné diference	86
6.2.5	Amplitudová a fázová bezpečnost	87
6.2.6	Chang-Letovova rovnice	88
6.3	Spojité kvadraticky optimální řízení	89
6.3.1	Frekvenční vlastnosti spojitého LQ regulátoru	91
6.3.2	Vlastnosti zpětné diference	92
6.3.3	Amplitudová a fázová bezpečnost	92
6.3.4	Chang-Letovova rovnice	93
6.4	Kvadraticky optimální sledování	94
6.4.1	Kvadraticky optimální servomechanismus	94
6.4.2	Kvadraticky optimální programové řízení	98
7. Prediktivní řízení		100
7.1	Prediktivní a zpětnovazební strategie řízení	101
7.2	Prediktivní řízení na základě vnějšího popisu	102
7.2.1	Analytické řešení – bez omezení	106
7.2.2	Numerické řešení – omezení na amplitudy vstupů a výstupů	107

7.2.3	Stabilizace	108
7.3	Prediktivní řízení na základě vnitřního popisu	109
7.3.1	Zobecnění pro nelineární systémy	111
8.	Přehled metod odhadování	112
8.1	Odhad minimalizující střední kvadratickou chybu	113
8.2	Lineární odhad minimalizující střední kvadratickou chybu	117
8.3	MS a LMS odhad pro normálně rozdělené veličiny	119
9.	Stochastický systém, Wienerův filtr	122
9.1	Lineární stochastický systém	123
9.1.1	Vývoj stavu a výstupu stochastického systému	123
9.1.2	Diskretizace spojitého lineárního stochastického systému	125
9.1.3	Spektrální faktorizace	129
9.2	Wienerův filtr	132
9.2.1	Formulace problému	132
9.2.2	Řešení W-H rovnice pro úlohu interpolace s nekonečným zpožděním	135
9.2.3	Řešení W-H rovnice pro úlohu kauzální filtrace	137
10.	Kalmanův filtr	144
10.1	Kalmanův filtr – formulace problému	145
10.1.1	Informace o stavu lineárního stochastického systému	145
10.1.2	Oddělený datový a časový krok pro nekorelované šумы	147
10.1.3	Spojitý Kalmanův filtr s diskrétním měřením výstupu	149
10.1.4	Rozšířený Kalmanův filtr	150
10.2	Vlastnosti Kalmanova filtru	154
10.2.1	Stochastické vlastnosti Kalmanova filtru	154
10.2.2	Kalmanův filtr pro barevný šum	156
10.2.3	Konvergence a stabilita Kalmanova filtru	159
10.2.4	Frekvenční vlastnosti Kalmanova filtru	162
11.	LQG regulátor	165
11.1	Úloha LQG regulátoru	166
11.2	Zpětná vazba od stavu pro stochastický systém	167
11.3	Zpětná vazba od výstupu	169
12.	Statistické metody identifikace	174
12.1	Model dynamického systému	175
12.2	Používané struktury lineárních modelů	176
12.2.1	ARX model	178
12.2.2	ARMAX model	180
12.2.3	Model s chybou výstupu	182
12.2.4	Polohové a přírůstkové modely	184

12.3	Identifikace parametrů ARX modelu	185
12.3.1	Jednorázová identifikace	185
12.3.2	Rekurzivní identifikace	188
12.4	Adaptivní řízení	189

Poznámka: v obsahu jsou uvedeny čísla slidů, nikoli čísla stránek.