

Obsah

Předmluva	9
1. Úvod	11
1.1. Literatura	12
2. Adaptivní řídicí systémy	15
2.1. Formulace problému adaptivního řízení	15
2.2. Klasifikace adaptivních řídicích systémů	19
2.2.1. Adaptivní regulátory založené na heuristickém přístupu	20
2.2.2. Adaptivní systémy s referenčním modelem	21
2.2.3. Samočinně se nastavující regulátory	22
2.2.3.1 Algoritmická struktura samočinně se nastavujícího regulátoru	24
2.2.3.2 Historický vývoj samočinně se nastavujících regulátorů	28
2.3. Literatura	28
3. Modelování a identifikace procesů pro použití v samočinně se nastavujících regulátorech	31
3.1. Modely stochastických procesů	31
3.2. Identifikace procesu	34
3.2.1. Typické problémy identifikace pro adaptivní řízení	35
3.2.2. Algoritmy identifikace	37
3.2.3. Princip metody nejmenších čtverců	37
3.2.4. Průběžná identifikace metodou nejmenších čtverců	38
3.3. Literatura	42
4. Samočinně se nastavující PID regulátory	43
4.1. Číslicové regulátory typu PID	44
4.2. Modifikace číslicových PID regulátorů	50
4.2.1. Filtrace derivační složky	50
4.2.2. Regulovaná veličina do proporcionální a derivační složky	52
4.3. Nelineární PID regulátory	53
4.4. Volba periody vzorkování	57
4.5. PID regulátory pro provozní použití	60
4.5.1. Počáteční podmínky a beznárazové připojení regulátoru	61
4.5.2. Omezování integrační složky, wind-up regulátoru	64

4.5.3.	Omezená přesnost výpočtu	71
4.5.4.	Filtrace měřených veličin	72
4.5.5.	Průmyslové PID regulátory	73
4.6.	Přehled samočinně se nastavujících PID regulátorů	74
4.7.	Vybrané algoritmy samočinně se nastavujících PID regulátorů	76
4.7.1.	Dahlinův PID regulátor	76
4.7.2.	Bányászové a Keviczského PID regulátor	77
4.7.3.	Číslicové PID regulátory založené na metodě přiřazení pólů	79
4.7.3.1	Struktura regulačního obvodu PID – A	79
4.7.3.2	Struktura regulačního obvodu PID – B	83
4.7.4.	Číslicové PID regulátory založené na modifikovaném Ziegler-Nicholsově kritériu	85
4.7.4.1	Výpočet kritických parametrů pro model n-tého řádu	86
4.7.4.2	Výpočet kritického zesílení pro model prvního řádu	89
4.7.4.3	Výpočet kritického zesílení pro model druhého řádu	89
4.7.4.4	Výpočet kritického zesílení pro model třetího řádu	95
4.8.	Simulační ověřování	97
4.8.1.	Ověřování modelu S1	97
4.8.2.	Ověřování modelu S2	102
4.8.3.	Diskuse výsledků simulačního ověřování	105
4.9.	Matlab toolbox STC PID	106
4.9.1.	Seznam jednotlivých funkcí toolboxu	107
4.9.2.	Ovládací menu	110
4.10.	Literatura	112
5.	Algebraické metody v návrhu adaptivních algoritmů	117
5.1.	Pojmy algebry v metodách syntézy regulačních obvodů	117
5.1.1.	Okruhy, tělesa a diofantické rovnice	117
5.2.	Operátory a modely používané v algoritmech řízení	120
5.3.	Formulace rovnic pro přiřazení pólů charakteristické rovnice	122
5.4.	Jednorozměrové adaptivní algoritmy	123
5.4.1.	Diskrétní z-reprezentace	123
5.4.1.1	Systémy prvního řádu	124
5.4.1.2	Systémy druhého řádu	127
5.4.2.	Delta reprezentace	131
5.4.2.1	Systémy prvního řádu	133
5.4.2.2	Systémy druhého řádu	135
5.4.3.	Hybridní reprezentace	139
5.4.3.1	Systémy prvního řádu	140
5.4.3.2	Systémy druhého řádu	141
5.5.	Popis Matlab toolboxu pro simulaci adaptivních regulátorů	143
5.6.	Ilustrativní příklady	149
5.6.1.	Simulační experimenty	149

5.6.2. Řízení reálného objektu	152
5.7. Literatura	153
6. Adaptivní LQ řízení	159
6.1. Principy návrhu regulátorů podle minimalizace kvadratického kritéria	160
6.1.1. Kritérium	160
6.1.2. Model	161
6.1.3. Optimalizační postup	163
6.2. Užití regulátorů, příklady a simulace	165
6.2.1. Kompenzace stochastické poruchy	168
6.2.2. Řízení na změnu žádané hodnoty	172
6.3. Adaptivní regulace	174
6.3.1. Stochastický přístup k návrhu LQ regulátoru	176
6.3.2. Syntéza kvadratického řízení v reálném čase	177
6.4. Vlastnosti regulačního obvodu s LQ regulátorem	178
6.4.1. Stabilita	179
6.4.2. Charakteristické rysy LQ řízení v časové oblasti	182
6.4.3. Charakteristické rysy LQ řízení ve frekvenční oblasti	212
6.5. Nastavování LQ regulátorů	222
6.5.1. Nastavování regulátorů	222
6.5.2. Implementace LQ regulátorů	227
6.6. Vícerozměrová regulace	229
6.7. Minimalizace kvadratického kritéria	230
6.7.1. Standardní minimalizace kvadratického kritéria	230
6.7.2. Minimalizace kvadratického kritéria v odmocninové formě	233
6.7.3. Algoritmus minimalizace	235
6.7.4. Realizace procedury pro minimalizaci	235
6.8. LQ toolbox	238
6.9. Literatura	241