

Spis treści

Przedmowa	7
1. Wprowadzenie	11
2. Sterowanie cyfrowe	14
2.1. Charakterystyka sterowania cyfrowego	14
2.2. Komputer w układach sterowania cyfrowego	19
2.2.1. Rozwój metod sterowania komputerowego	19
2.2.2. Systemy specjalizowane i otwarte	21
2.3. Struktury systemów sterowania cyfrowego	24
2.4. Projektowanie układów sterowania cyfrowego	35
Literatura	39
3. Modelowanie dyskretne	41
3.1. Modelowanie dyskretne a dyskretyzacja modeli	41
3.2. Dyskretny model liniowy	43
3.2.1. Próbkowanie i rekonstrukcja sygnału	43
3.2.2. Model liniowego układu jednowymiarowego (SISO)	49
3.2.3. Model liniowego układu wielowymiarowego (MIMO)	54
3.2.4. Predykcja stanu	56
3.2.5. Zachowanie własności dynamicznych przez model dyskretny	57
3.3. Stabilność systemów dyskretnych	60
3.3.1. Warunki stabilności dyskretnych systemów liniowych	61
3.3.2. Problem przejścia granicznego	62
3.3.3. Metody badania stabilności dyskretnych systemów liniowych	63
3.4. Modele układów z opóźnieniami	66
3.5. Dyskretyzacja modeli ciągłych	72
3.5.1. Aproksymacja pochodnych	72
3.5.2. Aproksymacja całek	73

3.6. Modele nieliniowe	79
3.6.1. Linearyzacja lokalna	82
3.6.2. Modele odcinkowe	84
3.6.3. Dyskretne modele odcinkowe Takagi–Sugeno	87
3.7. Dobór okresu próbkowania	89
3.8. Podsumowanie	96
Literatura	97
4. Komunikacja w systemach sterowania	99
4.1. Interfejsy standardowe	99
4.1.1. System interfejsu	101
4.1.2. Interfejsy standardowe szeregowo	103
4.1.3. Interfejsy standardowe równoległe	120
4.1.4. Uniwersalne karty połączenia z procesem	128
4.2. Komunikacja w rozproszonych układach sterowania cyfrowego	129
4.2.1. Ogólna charakterystyka przemysłowych sieci miejscowych	132
4.2.2. Warstwowy model sieci	137
4.2.3. Kontrola dostępu do medium komunikacyjnego	141
4.2.4. Losowe modele dostępu, metody rozstrzygania kolizji	143
4.2.5. Metody dostępu kontrolowanego	155
4.2.6. Modele wymiany danych	163
Literatura	166
5. Cyfrowa realizacja algorytmów sterowania	168
5.1. Regulatory liniowe	170
5.1.1. Regulatory PID	170
5.1.2. Podstawowy regulator od stanu	174
5.2. Dobór parametrów regulatorów liniowych	175
5.2.1. Strojenie regulatorów PID	176
5.2.2. Dobór parametrów uogólnionego regulatora SISO	180
5.2.3. Strojenie cyfrowego regulatora od stanu	183
5.3. Regulacja cyfrowa w układach z opóźnieniem	194
5.3.1. Predyktor Smitha	194
5.3.2. Regulator w rozszerzonej przestrzeni stanów	199
5.3.3. Optymalne sterowanie cyfrowe przy ograniczeniach	203
5.4. Regulatory nieliniowe	206
5.4.1. Linearyzujące sprzężenie zwrotne	206
5.4.2. Sterowniki rozmyte Takagi–Sugeno	210
5.4.3. Problemy nasycenia	212
Literatura	214

6. Algorytmy sterowania rozproszonego	217
6.1. Modele rozproszonych układów regulacji cyfrowej	219
6.1.1. Zależności czasowe w układach sterowania rozproszonego	219
6.1.2. Utrata danych	222
6.1.3. Modelowanie opóźnień transmisji	224
6.1.4. Modele dynamiki rozproszonych układów regulacji	227
6.2. Sterowanie w układach rozproszonych	230
6.2.1. Problem stabilności przy opóźnieniach zmiennych, model ciągły	233
6.2.2. Dobór długości cyklu	235
6.2.3. Stabilność przy opóźnieniach zmiennych, model dyskretny	238
6.2.4. Stabilność przy opóźnieniach wolnozmiennych	247
6.2.5. Sterowanie z bezpośrednią predykcją stanu	252
6.2.6. Regulator dla sieci o opóźnieniach wolnozmiennych	259
6.2.7. Stabilność przy utracie pakietów	263
Literatura	266
7. Uwagi końcowe	270
Indeks	273