

Spis treści

Przedmowa	7
1. Wprowadzenie do układów automatycznego sterowania	9
1.1. Wprowadzenie	9
1.2. Rys historyczny	9
1.3. Pojęcia podstawowe	11
1.4. Klasyfikacja układów automatycznego sterowania	14
1.5. Przykłady układów automatycznego sterowania	19
1.6. Sygnały w układach automatycznego sterowania	22
1.6.1. Sygnały ciągłe	23
1.6.2. Sygnały impulsowe	26
1.6.3. Sygnały dyskretne	27
1.6.4. Sygnały losowe	28
1.6.5. Podstawowe sygnały stosowane w automatyce	29
2. Modelowanie matematyczne układów dynamicznych	31
2.1. Wprowadzenie	31
2.2. Transmitancja operatorowa	34
2.3. Zapis transmitancji operatorowej	37
2.4. Modelowanie układów mechanicznych	43
2.5. Modelowanie układów elektrycznych	47
2.6. Modele układów elektromechanicznych	51
2.7. Modelowanie układów cieplnych i przepływowych	55
2.7.1. Przepływ ciepła	56
2.7.2. Przepływ cieczy nieściśliwych	59
2.8. Linearyzacja	63
2.8.1. Linearyzacja statyczna	64
2.8.2. Linearyzacja dynamiczna	65
2.9. Modelowanie w przestrzeni stanów	72
3. Opis układów automatyki za pomocą schematów strukturalnych	81
3.1. Schematy blokowe	81
3.1.1. Podstawowe elementy schematów blokowych	81

3.1.2. Budowa schematów blokowych	84
3.1.3. Przekształcenia schematów blokowych	94
3.2. Grafy przepływu sygnałów	99
3.2.1. Pojęcia podstawowe	100
3.2.2. Zasady redukcji grafów	103
3.2.3. Rozwiązanie grafów metodą Masona	106
4. Charakterystyki czasowe	117
4.1. Wprowadzenie	117
4.2. Sposoby oceny właściwości układów liniowych	117
4.3. Wprowadzenie do charakterystyk czasowych	119
4.4. Przykłady podstawowych elementów automatyki i ich charakterystyki czasowe	121
4.4.1. Element proporcjonalny (bezinercyjny)	121
4.4.2. Element inercyjny pierwszego rzędu	123
4.4.3. Element całkujący	126
4.4.4. Element całkujący rzeczywisty	128
4.4.5. Element różniczkujący rzeczywisty	130
4.4.6. Element oscylacyjny drugiego rzędu	131
4.4.7. Element inercyjny drugiego rzędu	134
4.4.8. Element opóźniający	137
5. Charakterystyki częstotliwościowe	139
5.1. Wprowadzenie	139
5.2. Charakterystyka amplitudowo-fazowa	142
5.3. Charakterystyki logarytmiczne	143
6. Układ regulacji, jego zadanie i struktura	159
6.1. Wprowadzenie	159
6.2. Obiekty regulacji	160
6.3. Regulatory	165
6.4. Regulatory dwupołożeniowe	169
7. Stabilność liniowych stacjonarnych układów sterowania	173
7.1. Ogólne warunki stabilności	173
7.2. Matematyczne warunki stabilności	176
7.3. Kryterium Hurwitza	182
7.4. Kryterium Michajłowa	185
7.5. Kryterium Nyquista	191
7.6. Logarytmiczne kryterium stabilności. Zapas stabilności	197
8. Ocena jakości liniowych układów regulacji	199
8.1. Wprowadzenie	199
8.2. Dokładność statyczna liniowych układów regulacji	200

8.3. Jakość dynamiczna	206
8.3.1. Ocena parametrów odpowiedzi skokowej	206
8.3.2. Kryteria całkowite	212
8.3.3. Kryteria częstotliwościowe	215
8.3.4. Metoda miejsc geometrycznych pierwiastków (wartości własnych)	218
9. Synteza układów liniowych sterowania automatycznego	223
9.1. Wprowadzenie	223
9.2. Synteza metodami klasycznymi	225
9.3. Dobór parametrów regulatora	227
9.3.1. Metoda Zieglera–Nicholsa	227
9.3.2. Metoda charakterystyk częstotliwościowych	229
9.3.3. Metoda linii pierwiastkowych	229
9.4. Synteza układów sterowania z uwzględnieniem wskaźników jakości. Metoda przestrzeni stanów	235
10. Podstawowe algorytmy sterowania	237
10.1. Wprowadzenie	237
10.2. Algorytm sterowania proporcjonalnego	237
10.3. Algorytm sterowania całkowego	238
10.4. Algorytm sterowania proporcjonalno-całkowego	240
10.5. Algorytm sterowania proporcjonalno-różniczkowego	241
10.6. Algorytm sterowania proporcjonalno-całkowo-różniczkowego	242
10.7. Regulacja prędkości silnika prądu stałego	243
11. Sterowanie cyfrowe	251
11.1. Wprowadzenie	251
11.2. Próbkowanie i kwantyzacja	253
11.2.1. Próbkowanie – „dzielenie czasu na kawałki”	253
11.2.2. Kwantyzacja – przetwarzanie analogowo-cyfrowe	254
11.2.3. Prawo Shanona–Kotelnikowa i aliasing	256
11.2.4. Przetwarzanie cyfrowo-analogowe	258
11.3. Modelowanie cyfrowe obiektów	258
11.3.1. Wprowadzenie	258
11.3.2. Transformata Z	259
11.3.3. Właściwości transformaty Z	262
11.3.4. Wskazówki przy dobieraniu częstotliwości próbkowania	264
11.4. Regulator PID	265
11.4.1. Wprowadzenie	265
11.4.2. Człon P	266

11.4.3. Człon I	266
11.4.4. Człon D	267
11.4.5. Regulator PID	267
11.4.6. Typowe rozszerzenia algorytmu PID	268
12. Synteza układów przełączających	271
12.1. Wprowadzenie	271
12.1.1. Pojęcia podstawowe	271
12.1.2. Algebra Boole'a	272
12.1.3. Ważniejsze funkcje przełączające	273
12.1.4. Realizacja funkcji przełączających	274
12.2. Układy kombinacyjne	276
12.2.1. Sposoby opisu układów kombinacyjnych	276
12.2.2. Minimalizacja funkcji przełączających	277
12.2.3. Synteza układów kombinacyjnych	283
12.3. Układy sekwencyjne	284
12.3.1. Pojęcia podstawowe	284
12.3.2. Synteza układów sekwencyjnych	286
Literatura	299