

Spis treści

Wprowadzenie	7
1. Cyfrowy tor regulacji	9
1.1. Wstęp	9
1.2. Opis matematyczny sygnałów dyskretnych	14
1.3. Informacje o wykorzystanych w skrypcie narzędziach informatycznych	17
2. Próbkowanie i kwantowanie sygnałów ciągłych	19
2.1. Wstęp	19
2.2. Dziedzina częstotliwości	19
2.3. Okres próbkowania	23
2.4. Proces kwantowania sygnału	26
2.5. Efekty nieprawidłowej dyskretyzacji	30
3. Funkcje układowe	32
3.1. Impulsowa funkcja przejścia	32
3.2. Splot dyskretny	37
3.3. Przekształcenie \mathcal{Z}	41
3.4. Transformata odwrotna \mathcal{Z}^{-1}	44
3.4.1. Metoda rozkładu na ułamki proste	45
3.4.2. Metoda dzielenia przez mianownik	50
3.4.3. Metoda residuów	51
3.4.4. Własności przekształcenia \mathcal{Z}	54
3.5. Transmitancja dyskretna	55
3.6. Transmitancja obiektów złożonych	57
3.6.1. Połączenie szeregowo	57
3.6.2. Połączenie równoległe	58
3.6.3. Sprzężenie zwrotne	58
3.6.4. Reguły zamiany położenia węzłów	59
3.6.5. Metoda uproszczona	61

4. Dyskretyzacja modelu obiektu	64
4.1. Wstęp	64
4.2. Aproksymacja równania różniczkowego obiektu	64
4.3. Dyskretyzacja odpowiedzi impulsowej	70
4.4. Dyskretyzacja obiektu z ekstrapolatorem	72
4.5. Odwzorowanie zer i biegunów układu ciągłego	75
5. Stabilność układów cyfrowych	81
5.1. Transformacja biliniowa	81
5.2. Kryteria algebraiczne	82
5.3. Kryterium Nyquista	87
6. Algorytmy regulacji	88
6.1. Wstęp	88
6.2. Metoda bezpośrednia	90
6.3. Algorytmy sterowania typu PID	99
6.4. Całkowe kryteria jakości układu regulacji	104
6.5. Dobór nastaw regulatorów cyfrowych PID	105
6.6. Regulacja minimalnowariancyjna	110
7. Metody przestrzeni stanu	115
7.1. Wstęp	115
7.2. Pojęcia podstawowe	115
7.3. Dyskretne równania stanu obiektu ciągłego	117
7.4. Sterowalność i obserwowalność	118
7.5. Hierarchiczne struktury sterowania	121
7.6. Postać kanoniczna Kalmana	123
7.7. Użyteczne postaci kanoniczne	124
8. Regulatory stanu	130
8.1. Wstęp	130
8.2. Koncepcja podstawowa	130
8.3. Metoda Ackermanna	132
8.4. Sterowanie modalne	137
8.5. Algorytmy skończonego czasu ustalania się przebiegów	140
9. Estymatory stanu	145
9.1. Wstęp	145
9.2. Obserwatory zupełne	145
9.3. Macierz transmitancji regulatora	147

9.4. Projektowanie predykcyjnego obserwatora zupełnego	150
9.5. Obserwatory zredukowane	160
9.6. Projektowanie układu zamkniętego z obserwatorem zredukowanym	164
9.7. Estymator stanu Kalmana	167
Zakończenie	171
 Dodatki	
A. Elementy całkowania numerycznego równań różniczkowych zwyczajnych	173
A.1. Podstawowe zagadnienia	173
A.2. Metody jednokrokowe i wielokrokowe	174
A.3. Koncepcja predykcji i korekcji	180
A.4. Stały i zmienny krok całkowania	181
A.5. Koncepcja zmiennego rzędu metody	188
B. Programowanie nieliniowe	191
B.1. Uwagi wstępne	191
B.2. Przykłady algorytmów bez ograniczeń	193
B.3. Metoda stochastyczna Monte-Carlo	194
B.4. Metoda pełzającego sympleksu Nelder-Meada	195
Literatura	200