

Wstęp .....	9
1. Inżynieria sterowania .....	11
1.1. Opis systemu .....	13
1.2. Typy układów sterowania .....	17
1.3. Komputerowe systemy sterowania .....	19
1.4. Komputery i ich programowanie .....	21
1.5. Oprogramowanie zorientowane aplikacyjnie .....	25
2. Systemy cyfrowe .....	27
2.1. Układy przełączające .....	28
2.2. Ciągi czasowe .....	31
2.3. Równanie różnicowe i transmitancja dyskretna .....	32
2.4. Dyskretyzacja transmitancji ciągłej regulatora .....	34
2.5. Faktoryzacja transmitancji dyskretnej .....	37
2.6. Przekształcenie transmitancji dyskretnej na postać równania różnicowego .....	39
2.7. Struktury modeli dyskretnych .....	42
2.8. Budowa modeli i badania symulacyjne .....	43
2.9. Podstawowe pojęcia z mechaniki teoretycznej niezbędne do budowy modeli .....	46
3. Bezpośrednie sterowanie cyfrowe .....	49
3.1. Algorytm pozycyjny PID .....	53
3.2. Synchronizacja czasowa, realizacja próbkowania .....	55
3.3. Praktyczne modyfikacje regulatora PID i algorytm prędkościowy .....	57
3.4. Wskaźniki jakości regulacji .....	62
3.5. Struktury układów regulacji .....	64
3.6. Dobór nastaw regulatora .....	66
4. Urządzenia wejściowe i wyjściowe .....	71
4.1. Budowa toru pomiarowego .....	72
4.2. Jednowymiarowe przetworniki pomiarowe .....	72
4.3. Wielowymiarowe przetworniki pomiarowe .....	75
4.4. Postacie sygnału podczas transmisji .....	78
4.5. Zwielenianie kanałów .....	81
4.6. Zastosowanie światłowodów .....	82
4.7. Cyfrowe przetworniki wejściowe .....	85
4.8. Analogowe przetworniki wejściowe .....	87
4.8.1. Pomiar napięć większych niż zakres wejściowy .....	87
4.8.2. Zastosowanie pętli prądowej .....	87
4.8.3. Pomiar dużych prądów .....	89
4.9. Pomiar i regulacja temperatury .....	90
4.10. Urządzenia wyjściowe .....	96
4.11. Dobór kart pomiarowych w małych systemach .....	101
5. Architektura i dobór sterownika .....	103
5.1. Budowa sterownika .....	104
5.2. Obszary pamięci użytkownika w sterowniku na przykładzie sterownika CP1H .....	107
5.3. Kryteria doboru sterownika .....	110
5.4. Tryby pracy sterowników .....	112
5.5. Opis sterownika CP1H i oprogramowania CX One firmy Omron .....	112
6. Programowanie przy użyciu instrukcji podstawowych .....	117
6.1. Elementy oprogramowania sterowników .....	120
6.2. Instrukcje podstawowe .....	121
6.3. Funkcje logiczne na bitach .....	122
6.4. Układy pamięciowe .....	127

6.5. Znaczniki zbocza .....	128
6.6. Zegary .....	129
6.7. Liczniki .....	132
7. Konstrukcje językowe .....	135
7.1. Rozgałęzienia warunkowe programu .....	138
7.2. Pętle .....	141
7.3. Podprogramy .....	141
7.4. Makroinstrukcje .....	142
7.5. Przerwania .....	143
8. Adresowanie pośrednie .....	151
8.1. Podstawowe typy adresowania .....	152
8.2. Adresowanie pośrednie obszarów pamięci .....	152
8.3. Adresowanie pośrednie wykorzystujące rejestry indeksowe .....	155
8.4. Zastosowanie adresowania pośredniego do sterowania silnikiem krokowym .....	157
Spis treści	
5	
9. Praktyczna realizacja regulatora PID w sterowniku .....	161
9.1. Dokładność przetwarzania a rozdzielczość .....	163
9.2. Problem znaku podczas operacji odejmowania .....	164
9.3. Mnożenie w przypadku współczynników ułamkowych .....	164
9.4. Całkowanie .....	165
9.5. Różniczkowanie .....	166
9.6. Pełna wersja programu .....	168
9.6. Testowanie programu regulatora .....	169
9.7. Firmowe instrukcje do sterowania .....	170
9.8. Zasady dostrajania parametrów regulatorów PID .....	175
10. Procedura tworzenia oprogramowania sterownika .....	177
10.1. Strukturyzacja oprogramowania .....	178
10.2. Sterowanie sekwencyjne .....	180
10.3. Procedura tworzenia oprogramowania do sterownika .....	184
10.4. Czas cyklu .....	186
10.5. Czas odpowiedzi .....	188
10.6. Wytyczne do tworzenia oprogramowania optymalnego czasowo .....	191
11. Zwiększenie niezawodności systemów sterowania .....	195
11.1. Redundancja programowa .....	196
11.2. Redundancja sprzętowa .....	199
11.3. Bezpieczeństwo w systemach sterowania .....	201
11.4. Najważniejsze normy dotyczące systemów bezpieczeństwa .....	204
11.5. Diagnostyka maszyn .....	206
12. Sztuczna inteligencja a sterowniki .....	213
12.1. Systemy bazujące na logice rozmytej .....	215
12.2. Podstawowe pojęcia z teorii zbiorów rozmytych .....	216
12.3. Zasady projektowania rozmytego systemu sterowania .....	219
12.4. Zasady podłączenia modułu rozmytego FZ001 do sterownika .....	221
12.5. Typy systemów wnioskowania rozmytego .....	222
12.6. Zalety i wady systemów sterowania bazujących na logice rozmytej .....	224
12.7. Wykorzystanie CX-Process Tool do zaprojektowania regulatora rozmytego .....	225
13. Programowane bloki funkcji .....	227
13.1. Wprowadzanie programowanych bloków funkcji .....	228
13.2. Edycja programowanego bloku funkcji .....	230

## Spis treści

6

13.3. Edycja zmiennych programowanego bloku funkcji .....	230
13.4. Obszary występowania zmiennych .....	232
13.5. Wstawianie programowanego bloku funkcji do programu .....	233
13.6. Sprawdzanie adresów przypisanych blokom funkcji .....	234
13.7. Różnice w programowanych blokach funkcji .....	235
13.8. Przykłady bloków funkcji .....	236
13.8.1. Licznik dwukierunkowy o ustawialnej wartości kroku .....	236
13.8.2. Generator fali prostokątnej .....	238
13.8.3. Generator fali prostokątnej z modulacją szerokości impulsu .....	242
14. Język tekstu strukturalnego .....	243
14.1. Podstawowe konstrukcje języka tekstu strukturalnego .....	244
14.2. Zagnieżdżanie bloków funkcji .....	248
14.3. Operatory języka tekstu strukturalnego .....	249
14.4. Funkcje wbudowane języka tekstu strukturalnego .....	250
14.5. Funkcje konwersji zmiennych .....	251
14.6. Przykłady bloków funkcji .....	251
14.6.1. Regulator PID z ograniczeniem sumowania całkowitego i wartości sygnału wyjściowego .....	251
14.6.2. Funkcja skalowania .....	254
15. Realizacja regulatora rozmytego w programowanym bloku funkcji .....	257
15.1. Opis funkcji przynależności .....	258
15.2. Opis rozmywania .....	258
15.3. Baza reguł .....	259
15.4. Wnioskowanie i wyostrzanie .....	259
15.5. Procedura podłączenia bloku funkcji .....	259
15.6. Schemat blokowy programu bloku funkcji regulatora rozmytego .....	263
15.7. Opis zmiennych występujących w bloku funkcji regulatora rozmytego .....	264
15.8. Przykład wykorzystania regulatora do sterowania prędkością przekładni hydrostatycznej .....	267
16. Instalacja sterowników .....	273
16.1. Różnicowanie typów zakłóceń .....	274
16.2. Wybór typu obudowy .....	274
16.3. Podłączenie wejść do sterownika .....	275
16.4. Ogólne zalecenia do instalacji sterowników .....	277
16.5. Ochrona przed przepięciami i doziemieniami .....	279

## Spis treści

7

17. Połączenia pomiędzy sterownikami .....	283
17.1. Bezpośrednie łączenie sterowników .....	284
17.2. Połączenie wykorzystujące wspólne obszary pamięci danych .....	285
17.3. Sieci komputerowe .....	286
17.4. Topologia sieci .....	287
17.5. Media transmisyjne .....	287
17.6. Rodzaj transmisji i metody kodowania .....	289
17.7. Metody dostępu do sieci .....	289
17.8. Protokoły komunikacyjne .....	290
17.9. Heterogeniczność sieci .....	292
17.10. Sieci przemysłowe .....	292
17.11. Sieci przemysłowe w sterownikach firmy Omron .....	295
17.12. Protokół komunikacyjny Host Link firmy Omron .....	296

17.13. Protokół FINS .....	298
17.14. Firmowe bloki funkcji .....	300
17.15. Bezszwowa komunikacja pomiędzy sterownikami firmy Omron .....	301
18. Sterowniki modułowe i wbudowane .....	303
18.1. Sterowniki przemysłowe PC .....	305
18.2. Sterowniki przemysłowe z magistralą CompactPCI .....	305
18.3. Sterowniki przemysłowe z magistralą VMEbus .....	306
18.4. Sterowniki przemysłowe wbudowane .....	307
19. Systemy informatyczne w wyższych warstwach sterowania .....	309
19.1. Oprogramowanie SCADA .....	310
19.2. Protokoły i technologie komunikacyjne .....	312
19.3. Charakterystyki wybranych systemów SCADA .....	315
19.3.1. Programy firmy Intellution .....	315
19.3.2. Programy firmy GE Fanuc i Intellution .....	316
19.3.3. Programy firmy Progea .....	318
19.3.4. Programy firmy Wonderware .....	319
19.3.5. Program firmy Kessler-Ellis .....	323
19.3.6. Oprogramowanie SCADA innych firm .....	323
19.4. Platforma Systemowa firmy Wonderware .....	324
19.4.1. Integracja, unifikacja i dystrybucja informacji .....	325
19.4.2. Komponenty platformy systemowej .....	326
19.4.3. Projektowanie aplikacji .....	327
Spis treści	
8	
19.4.4. Zarządzanie i rozwój aplikacji .....	328
19.4.5. Aplikacja .....	328
19.5. System e-F@ctory firmy Mitsubishi Electric .....	329
20. Podsumowanie .....	331
Literatura .....	333
Skorowidz .....	338
Spis treści	