

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. Zwiłokrotnianie 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 wyjściowy	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	