

Spis treści

Przedmowy 11

1. Wprowadzenie i pojęcia podstawowe 13

- 1.1. Podstawowe pojęcia mechatroniki 13
- 1.2. Analiza procesowa systemów mechatronicznych 16
- 1.3. Tworzenie modeli i pojęcie funkcji w mechatronice 20
- 1.4. Projektowanie systemów mechatronicznych 26

Literatura 28

2. Aktory 29

- 2.1. Budowa i sposób działania aktorów 29
- 2.2. Aktory elektromagnetyczne 34
 - 2.2.1. Podstawy przetworników elektrodynamicznych 34
 - 2.2.2. Rodzaje budowy przetworników elektrodynamicznych 39
 - 2.2.3. Podstawy przetworników elektromagnetycznych 43
 - 2.2.4. Rodzaje wykonania i parametry aktorów elektromagnetycznych 48
- 2.3. Aktory pływne 52
 - 2.3.1. Porównanie aktorów hydraulicznych i pneumatycznych 55
 - 2.3.2. Podstawy przetworników hydraulicznych 56
 - 2.3.3. Rodzaje wykonania i parametry aktorów hydraulicznych 60
- 2.4. Aktory nowego rodzaju 61
 - 2.4.1. Przegląd 63
 - 2.4.2. Podstawy przetworników piezoelektrycznych 64
 - 2.4.3. Rodzaje wykonania i parametry aktorów piezoelektrycznych 67
- 2.5. Porównanie wybranych aktorów 69

Literatura 71

3. Sensory 72

- 3.1. Stopnie integracji i wymagania stawiane sensorom 72
- 3.2. Parametry sensorów 75
 - 3.2.1. Pojęcia i definicje 75
 - 3.2.2. Statyczne zachowanie się systemów pomiarowych 77
- 3.3. Zasady pomiaru wielkości kinematycznych i dynamicznych 80

3.4. Pomiar drogi i kąta	81
3.4.1. Metody potencjometryczne	81
3.4.2. Metody indukcyjne	83
3.4.3. Metody pomiaru za pomocą sensorów pola magnetycznego	86
3.4.4. Pojemnościowe metody pomiarowe	87
3.4.5. Ultradźwiękowe metody pomiarowe	88
3.4.6. Magnetostrykcyjne czujniki drogi	92
3.4.7. Nadajniki wartości absolutnej	93
3.4.8. Inkrementalne metody pomiarowe	94
3.5. Systemy pomiaru prędkości	96
3.6. Systemy pomiaru przyspieszenia	97
3.6.1. Piezoelektryczne sensory przyspieszenia	97
3.6.2. Mikromechaniczne sensory przyspieszenia	99
3.7. Jednoosiowy pomiar siły i momentu	100
3.7.1. Tensometryczne czujniki siły i momentu	101
3.7.2. Optyczne metody pomiaru siły	105
3.7.3. Piezoelektryczne sensory siły i momentu	107
3.7.4. Magnetosprężyste sensory siły	107
3.7.5. Metody kompensacyjne pomiaru siły	108
3.8. Wieloskładowe sensory siły	109
Literatura	111
4. Sygnały i przetwarzanie sygnałów	112
4.1. Podział i przedstawienie sygnałów	112
4.1.1. Parametry i charakterystyki sygnałów	114
4.1.2. Wpływ okien czasowych przy przekształceniu Fouriera	119
4.1.3. Nakładanie się sygnałów	122
4.2. Sygnały nieciągłe w czasie	127
4.2.1. Dyskretne i szybkie przekształcenie Fouriera (DFT i FFT)	129
4.2.2. Ocena modeli sygnałów (filtry kształtu)	132
Literatura	134
5. Przetwarzanie danych procesowych	135
5.1. Definicja pojęcia przetwarzania danych w czasie rzeczywistym	135
5.2. Podstawowe struktury programowania reaktywnego	137
5.2.1. Odpytywanie sterowane programem	137
5.2.2. Odpytywanie sterowane przerwaniem czasowymi	138
5.2.3. Odpytywanie sterowane przerwaniem zbiorczymi	141
5.2.4. System przerwania priorytetowego	141
5.3. Wielozadaniowość i wieloprzetwarzanie	143
5.3.1. Wielozadaniowość prosta	143
5.3.2. Architektury multiprocesorowe	149
5.3.3. Problem zawłaszczania	149
5.4. Szeregowanie czasowe i zdarzeniowe	152
5.5. Synchronizacja procesów	152
5.5.1. Sytuacje konfliktowe przy kilku procesach	152
5.5.2. Semafor	155

5.5.3. Monitory	159
5.5.4. Zmienna bolt	160
5.5.5. Semafor liczący	161
5.5.6. Rendez-vous	162
5.5.7. Kanały	164
5.6. Zakleszczenie	165
5.7. Ocena rozwiązań czasu rzeczywistego	165
5.8. Sieci sensorowe/aktorowe odpowiednie dla czasu rzeczywistego	169
Literatura	171
6. Tworzenie modeli układów wielociałowych	173
6.1. Kinematyka układów wielociałowych	174
6.1.1. Układy współrzędnych i transformacje układów współrzędnych	175
6.1.2. Przykłady dla macierzy rotacji (macierzy obrotu)	177
6.1.3. Współrzędne jednorodne i transformacje jednorodne	182
6.1.4. Mechaniczne układy zastępcze o strukturze drzewiastej	187
6.1.5. Notacja Denavita–Hartenberga (notacja DH)	191
6.1.6. Kinematyka prosta i odwrotna	195
6.1.7. Kinematyka różniczkowa i macierz Jacobiego	199
6.2. Kinetyka układów wielociałowych	203
6.2.1. Podstawowe równania dla ciała sztywnego	204
6.2.2. Metoda Newtona–Eulera	207
6.2.3. Metoda Lagrange’a	212
Literatura	218
7. Planowanie trajektorii	219
7.1. Kinematyczne planowanie toru	220
7.1.1. Opis krzywych przestrzennych	221
7.1.2. Profile dla prędkości w punkcie toru	222
7.1.3. Generowanie trajektorii ogólnych przez wielomiany interpolacyjne	225
7.1.4. Planowanie toru dla układów redundantnych	228
7.2. Planowanie trajektorii i dynamika odwrotna	230
7.2.1. Parametryzacja równań ruchu	231
7.2.2. Uwagi do optymalnego planowania trajektorii	235
Literatura	236
8. Regulacja systemów mechatronicznych	237
8.1. Linearyzacja równań ruchu	239
8.1.1. Opis systemów liniowych za pomocą przestrzeni stanów	241
8.1.2. Inne przedstawienia systemów liniowych niezmiennych w czasie	245
8.2. Projekt regulacji dla liniowych systemów wielowielkościowych	246
8.2.1. Struktura systemów wielowielkościowych	247
8.2.2. Liniowe regulacje wielowielkościowe	249
8.2.3. Projektowanie regulacji przez wyznaczanie biegunów	253
8.2.4. Wyznaczanie biegunów dla obiektów regulacji z jedną ingerencją nastawczą	257
8.2.5. Regulacja modalna	260

8.2.6. Optymalna regulacja liniowa (regulacja LQ)	262
8.2.7. Projekt obserwatora i regulacja	268
8.3. Regulacja cyfrowa (regulacja odczytująca)	270
8.3.1. Odczytywanie i człon trzymający	271
8.3.2. Układy nieciągłe w przestrzeni czasowej	273
8.3.3. Układy nieciągłe w przestrzeni częstotliwościowej	279
8.3.4. Projektowanie regulacji cyfrowych	283
8.4. Spojrzenie na inne metody regulacji	289
Literatura	295
9. Wybrane przykłady systemów mechatronicznych	297
9.1. Modelowanie i obliczanie robota przemysłowego	297
9.1.1. Model kinematyczny	299
9.1.2. Kinematyka różniczkowa i statyka	302
9.1.3. Planowanie trajektorii (planowanie toru)	307
9.1.4. Model dynamiczny	310
9.1.5. Regulacja pojedynczej osi	314
9.2. Stabilizacja podwójnego wahadła	318
9.2.1. Opis urządzenia	318
9.2.2. Modelowanie urządzenia	320
9.2.3. Zlinearyzowane równania ruchu	320
9.2.4. Projekt obserwatora podsystemów	322
9.2.5. Sprzężenie zwrotne od stanu dla całego układu	325
9.2.6. Parametry regulacji	326
9.2.7. O realizacji na komputerze procesowym	327
9.3. Liniowa prowadnica magnetyczna dla obrabiarek	328
9.3.1. Tworzenie modelu	329
9.3.2. Regulacja stopni swobody	334
9.3.3. Odsprężona regulacja kaskadowa	337
9.3.4. Wyniki pomiarów	340
9.4. Modelowanie i regulacja elastycznego podłoża jezdnego	341
9.4.1. Przedstawienie problemu	342
9.4.2. Różniczkowe równanie ruchu	343
9.4.3. Rozwiązanie przez szeregi Fouriera	344
9.4.4. Model elementów skończonych dla podłoża jezdnego	346
9.4.5. Utworzenie równania ruchu	346
9.4.6. Modelowanie mechanizmu podparcia	348
9.4.7. Przekształcenie modalne	350
9.4.8. Regulacja wspomagana obserwatorem	352
9.4.9. Liniowe sprzężenie zwrotne od stanu	353
9.4.10. Układ pomiarowy	354
9.4.11. Wyniki	354
Literatura	355
A. Podstawy matematyczne	356
A.1. Przekształcenie Laplace'a i Fouriera	356
A.1.1. Przekształcenie Laplace'a	356

A.1.2. Przekształcenie Fouriera	358
A.2. Rachunek macierzowy	359
A.2.1. Pojęcia i proste reguły obliczania	359
A.2.2. Wartości własne, wektory własne	360
A.2.3. Przekształcenie podobieństwa (przekształcenie osi głównych)	362
A.2.4. Liniowe układy równań i rozkład na wartości osobliwe	363
A.3. Liniowe, niezmiennie w czasie układy dynamiczne	365
A.3.1. Macierz fundamentalna i jej właściwości	367
A.3.2. Przekształcenie modalne	368
A.3.3. Sterowalność i obserwowalność	369
Literatura	369

Skorowidz rzeczowy	370
--------------------	-----