

SPIS TREŚCI

	Strona
PRZEDMOWA	9
WSTĘP	11
1. POJĘCIA PODSTAWOWE I RODZAJE UKŁADÓW AUTOMATYKI	17
1.1. Automatyka, sterowanie i regulacja	17
1.2. Obiekt regulacji i proces sterowania	17
1.3. Układ otwarty i zamknięty	17
1.4. Sygnały	19
1.5. Elementy układów automatyki	20
1.6. Podział układów ze względu na liniowość elementów	21
1.7. Podział układów ze względu na rodzaj sygnałów	21
1.8. Podział układów ze względu na zadanie	21
1.9. Podział układów ze sztuczną inteligencją	23
1.10. Pytania.....	24
2. METODY OPISU UKŁADÓW AUTOMATYKI	25
2.1. Równanie różniczkowe	25
2.1.1. Zasada Hamiltona i równanie Lagrange’a	25
2.1.2. Podstawowe elementy rzeczywistych układów automatyki.....	27
2.1.3. Ogólne równanie różniczkowe	28
2.2. Transmitancja	30
2.2.1. Przekształcenie Laplace’a	30
2.2.2. Transmitancja operatorowa	32
2.2.3. Transmitancja widmowa	34
2.2.4. Macierz transmitancji	35
2.3. Równania stanu i wyjścia	36
2.3.1. Postać ogólna	36
2.3.2. Równania liniowe	37
2.4. Charakterystyki czasowe	38
2.4.1. Charakterystyka skokowa	38
2.4.2. Charakterystyka impulsowa	38
2.4.3. Charakterystyka prędkościowa	39
2.4.4. Charakterystyka przyspieszeniowa	39
2.5. Charakterystyki częstotliwościowe	39
2.5.1. Charakterystyki – amplitudowa i fazowa	40
2.5.2. Wykres Nyquista	42
2.5.3. Wykres Bode’a	43
2.6. Pytania	45

	Strona
3. PODSTAWOWE ELEMENTY UKŁADÓW AUTOMATYKI	47
3.1. Element bezinercyjny	47
3.1.1. Przykłady elementów bezinercyjnych	48
3.2. Element inercyjny	50
3.2.1. Element inercyjny I rzędu	50
3.2.2. Przykłady elementów inercyjnych I rzędu	50
3.2.3. Element inercyjny II rzędu	53
3.2.4. Przykłady elementów inercyjnych II rzędu	53
3.3. Element różniczkujący	55
3.3.1. Element różniczkujący idealny	55
3.3.2. Przykłady elementów różniczkujących idealnych	57
3.3.3. Element różniczkujący rzeczywisty	58
3.3.4. Przykłady elementów różniczkujących rzeczywistych	59
3.4. Element całkujący	61
3.4.1. Element całkujący idealny	61
3.4.2. Przykłady elementów całkujących idealnych	62
3.4.3. Element całkujący rzeczywisty	63
3.4.4. Przykłady elementów całkujących rzeczywistych	65
3.5. Element oscylacyjny	66
3.5.1. Przykłady elementów oscylacyjnych	68
3.6. Element opóźniający	70
3.6.1. Przykłady elementów opóźniających	71
3.7. Pytania	72
4. IDENTYFIKACJA OBIEKTÓW REGULACJI	74
4.1. Identyfikacja czynna	74
4.2. Identyfikacja bierna	75
4.3. Charakterystyki skokowe typowych obiektów regulacji	77
4.3.1. Obiekt statyczny	77
4.3.2. Obiekt astatyczny	78
4.4. Pytania	79
5. SCHEMATY BLOKOWE UKŁADÓW AUTOMATYKI	80
5.1. Układanie schematów	80
5.2. Zasady przekształcania schematów	81
5.2.1. Połączenie szeregowo	81
5.2.2. Połączenie równoległe	82
5.2.3. Połączenie ze sprzężeniem zwrotnym	82
5.2.4. Połączenie mieszane	83
5.3. Pytania	90

	Strona
6. WYMAGANIA DLA UKŁADÓW AUTOMATYKI	91
6.1. Zapas stabilności	91
6.1.1. Stabilność asymptotyczna	91
6.1.2. Kryterium Hurwitza	92
6.1.3. Kryterium Nyquista	95
6.1.4. Kryterium logarytmiczne	97
6.2. Jakość regulacji	99
6.2.1. Kryteria czasowe	99
6.2.2. Wskaźnik jakości regulacji	100
6.2.3. Kryteria całkowite	101
6.2.4. Linie pierwiastkowe	102
6.3. Uchyb ustalony	107
6.3.1. Uchyb nadążania	108
6.3.2. Uchyb zakłóceniewy	112
6.3.3. Warunki dla zerowego uchybu ustalonego	112
6.4. Pytania	113
7. REGULACJA CIĄGŁA	114
7.1. Rodzaje regulatorów	114
7.1.1. Podział regulatorów ze względu na wykorzystanie energii pomocniczej	114
7.1.2. Podział regulatorów ze względu na rodzaj nośnika energii	114
7.1.3. Podział regulatorów ze względu na rodzaj sygnału wyjściowego	114
7.2. Regulatory bezpośredniego działania	115
7.3. Dobór typu regulatora do obiektu	117
7.4. Regulator P	118
7.5. Regulator I	119
7.6. Regulator PI	120
7.7. Regulator PD	121
7.8. Regulator PID	122
7.8.1. Struktury realizacyjne regulatorów PID	124
7.9. Metody doboru nastaw regulatorów PID	127
7.9.1. Metoda Zieglera-Nicholsa	127
7.9.2. Metody tabelaryczne	128
7.9.3. Metody symulacyjne	130
7.10. Przykłady okrętowych regulatorów PID	132
7.11. Pytania	135
8. REGULACJA STANU OBIEKTU	136
8.1. Opis stanu obiektu sterowania	136
8.2. Schemat blokowy układu regulacji wykorzystującego zmienne stanu do sterowania	136

	Strona
8.3. Wyznaczanie współczynników regulatora stanu obiektu	138
8.4. Pytania	139
9. REGULACJA KOREKCYJNA.....	140
9.1. Korekcja szeregową.....	140
9.1.1. Człon korekcyjny różniczkujący	141
9.1.2. Człon korekcyjny całkujący	141
9.1.3. Człon korekcyjny różniczkująco-całkujący	142
9.1.4. Dobór korektora szeregowego do obiektu	143
9.1.5. Realizacja elektryczna członów korekcji szeregowej	146
9.2. Korekcja równoległa.....	147
9.2.1. Człon korekcyjny całkujący idealny	148
9.2.2. Człon korekcyjny różniczkujący rzeczywisty	148
9.2.3. Dobór korektora równoległego do obiektu	148
9.2.4. Korekcja równoległa addytywna	148
9.3. Korekcja ze sprzężeniem zwrotnym	150
9.3.1. Człon korekcyjny inercyjny	151
9.3.2. Człon korekcyjny różniczkujący rzeczywisty	151
9.3.3. Człon korekcyjny różniczkujący rzeczywisty z inercją	152
9.3.4. Dobór korektora w sprzężeniu zwrotnym do obiektu	152
9.4. Pytania	153
10. REGULACJA KASKADOWA	154
10.1. Linearyzacja nieliniowej charakterystyki statycznej obiektu	154
10.2. Kompensacja dynamiki części obiektu	156
10.3. Kompensacja zakłóceń.....	156
10.4. Układ zamknięto-otwarty.....	158
10.5. Pytania.....	159
11. REGULACJA WIELOWYMIAROWA	160
11.1. Wielowymiarowy układ regulacji	160
11.2. Wielowymiarowy obiekt regulacji	161
11.3. Regulator wielowymiarowy	162
11.4. Odsprężenie układu regulacji	162
11.5. Pytania	165
12. REGULACJA CYFROWA	166
12.1. Układ dyskretny	166
12.1.1. Twierdzenie Kotelnikowa-Shannona	168
12.1.2. Opis dyskretny obiektu ciągłego	169
12.1.3. Przekształcenie z	172
12.1.4. Transmitancja impulsowa	178
12.1.5. Stabilność układu	179

	Strona
12.2. Bezpośrednie sterowanie cyfrowe	181
12.2.1. Algorytm pozycyjny PID	182
12.2.2. Algorytm przyrostowy PID	183
12.3. Dobór parametrów regulatora metodą Takahashiego	183
12.4. Sterowniki programowalne PLC	184
12.5. Mikrokontrolery	187
12.6. Pytania	190
13. REGULACJA NIELINIOWA	191
13.1. Charakterystyki statyczne elementów nieliniowych	192
13.1.1. Zastępcze charakterystyki statyczne podstawowych połączeń układów nieliniowych	193
13.2. Stabilność układów nieliniowych	195
13.2.1. I metoda Lapunowa	197
13.2.2. II metoda Lapunowa	197
13.3. Metody analizy układów nieliniowych	198
13.3.1. Płaszczyzna fazowa	198
13.3.2. Funkcja opisująca	202
13.4. Kryterium stabilności Nyquista	206
13.5. Regulacja przekaźnikowa	207
13.5.1. Regulacja dwupołożeniowa	208
13.5.2. Regulacja trójpołożeniowa	210
13.5.3. Regulacja krokowa	210
13.5.4. Przemysłowe regulatory przekaźnikowe	212
13.6. Pytania	214
14. REGULACJA EKSTREMALNA	216
14.1. Struktury układów sterowania	217
14.2. Metody szukania ekstremum	218
14.3. Przebieg procesu regulacji	221
14.4. Pytania	223
15. STEROWANIE OPTYMALNE	224
15.1. Rodzaje zadań i metod optymalizacji	225
15.2. Optymalizacja statyczna	237
15.2.1. Metody deterministyczne	238
15.2.2. Metody stochastyczne	263
15.3. Optymalizacja dynamiczna	282
15.4. Optymalizacja wielokryterialna	301
15.4.1. Optymalizacja wielokryterialna statyczna	301
15.4.2. Optymalizacja wielokryterialna dynamiczna	309
15.5. Pytania	310

	Strona
16. STEROWANIE ADAPTACYJNE	311
16.1. Układ z przestrajaniem wzmacnienia	312
16.2. Układ z modelem odniesienia	312
16.3. Regulator samonastrajalny	314
16.4. Okrętowe regulatory adaptacyjne	315
16.5. Pytania	317
17. STEROWANIE ROZGRYWAJĄCE	318
17.1. Klasyfikacja gier	319
17.2. Gra różniczkowa procesu sterowania obiektami	319
17.3. Rozgrywające sterowanie statkiem	321
17.3.1. Rodzaje sterowania ruchem statku	323
17.3.2. Gra dynamiczna	324
17.3.3. Gra pozycyjna	326
17.3.4. Gra macierzowa	331
17.4. Wrażliwość sterowania rozgrywającego	336
17.5. Pytania	340
18. METODY SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W AUTOMATYCE	341
18.1. Systemy ekspertowe	341
18.2. Sterowanie rozmyte	354
18.3. Sztuczne sieci neuronowe	373
18.4. Algorytmy ewolucyjne	385
18.5. Pytania	394
19. AUTOMATYZACJA PROCESÓW STEROWANIA STATKIEM ..	395
19.1. Regulacja kursu	397
19.2. Stabilizacja trajektorii	412
19.3. Sterowanie prędkością	415
19.4. Sterowanie precyzyjne	418
19.5. Dynamiczne pozycjonowanie	425
19.6. Kompensacja przechyłów	437
19.7. Sterowanie bezpieczne	442
19.8. Optymalizacja drogi	448
19.9. Pytania	453
LITERATURA	455