

Spis treści

PRZEDMOWA	1
1. ZNACZENIE MIERNICTWA PRZEMYSŁOWEGO	3
2. CHARAKTERYSTYKA WIELKOŚCI MIERZONYCH	5
3. METODY POMIAROWE	7
3.1. Pomiar analogowy i dyskretny	10
3.2. Analogowe metody pomiarowe	12
3.2.1. Metoda wychyłowa	12
3.2.2. Metoda różnicowa	13
3.2.3. Metoda kompensacyjna	14
3.3. Cyfrowe metody pomiarowe	14
4. ZESPÓŁ POMIAROWY	17
5. SYSTEMY POMIAROWO-REGULACYJNE	20
5.1. Analogowy system pneumatyczny	22
5.2. Analogowy system elektryczny	24
5.3. Systemy dyskretny	24
6. UKŁADY SYGNALIZACYJNE	32
7. STATYCZNE I DYNAMICZNE WŁAŚCIWOŚCI UKŁADÓW POMIAROWYCH ...	34
7.1. Statyczne błędy pomiaru	35
7.1.1. Błąd systematyczny	35
7.1.2. Błąd przypadkowy	36
7.1.3. Klasa niedokładności przyrządu	37
7.1.4. Legalność przyrządu	39
7.1.5. Inne statyczne właściwości urządzeń pomiarowych	41
7.2. Dynamiczne błędy pomiaru	41
8. POMIARY PODSTAWOWYCH WIELKOŚCI ELEKTRYCZNYCH	44
8.1. Pomiary prądu, napięcia i siły elektromotorycznej	44
8.1.1. Rezystancja wewnętrzna przyrządu	45

8.1.2. Miernik magnetoelektryczny	46
8.1.3. Kompensator napięcia	48
8.1.4. Woltomierz elektroniczny	49
8.2. Pomiary rezystancji	49
8.2.1. Wpływ rezystancji linii	50
8.2.2. Mostek pomiarowy	51
8.2.3. Elektroniczny przetwornik rezystancji	52
8.3. Pomiary pojemności i indukcyjności	53
8.4. Pomiary częstotliwości i liczby impulsów	54
9. POMIARY CZASU	56
10. POMIARY WIELKOŚCI MECHANICZNYCH	59
10.1. Pomiary przesunięcia liniowego	59
10.1.1. Mechaniczne pomiary przesunięcia	60
10.1.2. Pneumatyczny przetwornik przesunięcia	60
10.1.3. Elektryczne stykowe przetworniki przesunięcia	62
10.1.4. Elektryczne resystancyjne przetworniki przesunięcia	63
10.1.5. Strunowy przetwornik przesunięcia	66
10.1.6. Magnetyczne przetworniki przesunięcia	66
10.1.7. Pojemnościowe przetworniki przesunięcia	70
10.1.8. Fotoelektryczne przetworniki przesunięcia	71
10.2. Pomiary przesunięcia kąтового	72
10.3. Pomiary prędkości liniowej i kątovej	74
10.3.1. Magnetyczne przetworniki prędkości kątovej	75
10.3.2. Fotoelektryczne przetworniki prędkości kątovej	76
10.4. Pomiary liczby sztuk	76
10.5. Pomiary poziomu cieczy	78
10.5.1. Bezpośrednie pomiary poziomu cieczy	78
10.5.2. Przetworniki pływakowe	79
10.5.3. Hydrostatyczne przetworniki manometryczne	81
10.5.4. Elektryczne przetworniki poziomu cieczy	84
10.5.5. Wagowe przetworniki poziomu cieczy	85
10.5.6. Falowe przetworniki poziomu cieczy	86
10.6. Pomiary poziomu materiałów sypkich	88
10.7. Pomiary siły	89
10.7.1. Sprężyste przetworniki siły	89
10.7.2. Kompensacyjne przetworniki siły	92
10.8. Pomiary masy i strumienia masy	95
10.9. Pomiary ciśnienia i różnicy ciśnień	97
10.9.1. Cieczowe przetworniki ciśnienia	99
10.9.2. Sprężyste przetworniki ciśnienia	100
10.9.3. Kompensacyjne przetworniki ciśnienia	104
10.10. Pomiary przepływu płynów	105
10.10.1. Przepływomierze spiętrzeniowe	106
10.10.2. Wirnikowe przepływomierze i liczniki przepływu	112
10.10.3. Przepływomierze cieplne	114
10.10.4. Przepływomierze indukcyjne	115

10.10.5. Przepływomierze wirowe	117
10.10.6. Przepływomierze ultradźwiękowe	119
11. POMIARY TEMPERATURY	121
11.1. Skale termometryczne	121
11.2. Warunki pomiarów temperatury	124
11.3. Termometry rozszerzalnościowe	126
11.3.1. Termometry cieczowe	126
11.3.2. Termometry ciśnieniowe	128
11.3.3. Termometry dylatacyjne	129
11.3.4. Termometry bimetalowe	130
11.4. Termometry rezystancyjne	131
11.4.1. Termorezystory	131
11.4.2. Termistory	134
11.5. Termometry termoelektryczne	134
11.6. Termometry chemiczne	138
11.7. Termometry emisyjne	139
11.7.1. Pirometry radiacyjne	140
11.7.2. Pirometry monochromatyczne	141
11.7.3. Pirometry polichromatyczne	142
11.7.4. Termowizja	143
11.7.5. Pastylkowe rejestratory temperatury	145
12. BEZPOŚREDNIE I POŚREDNIE POMIARY STĘŻENIA SUBSTANCJI	147
12.1. Pomiary stężenia suchej masy w roztworach	147
12.1.1. Refraktometria	148
12.1.2. Wiskozymetria	149
12.1.3. Densymetria	153
12.1.4. Absorpcja mikrofali	164
12.2. Pomiary wilgotności	165
12.2.1. Pomiary wilgotności gazów	165
12.2.2. Pomiary zawartości wody w cieczach i substancjach stałych	173
12.3. Termokonduktometria gazów	179
12.4. Pomiary optycznych właściwości substancji	181
12.5. Pomiary elektrycznych właściwości substancji	186
12.5.1. Pomiary potencjału elektrochemicznego	186
12.5.2. Pomiary konduktywności elektrolitów	195
12.6. Automatyczne analizatory chemiczne	200
12.7. Biosensory	201
12.8. Pomiary wielkości nietypowych	203
13. POMOCNICZE CZŁONY UKŁADU POMIAROWEGO	204
13.1. Wzmacniacze pomiarowe	204
13.1.1. Wzmacniacze elektroniczne	205
13.1.2. Wzmacniacze pneumatyczne	206
13.2. Przetworniki międzysystemowe	208
13.3. Separatory sygnałów	209
13.4. Urządzenia zasilające	210
13.5. Urządzenia wyjściowe	210

14. AUTOMATYZACJA POMIARÓW PRZEMYSŁOWYCH	215
14.1. Pomiar z sygnalizacją ekstremalną	215
14.2. Zautomatyzowane blokowe systemy pomiarowe	216
14.3. Systemy informatyczne	217
15. ZADANIA AUTOMATYZACJI PROCESÓW	221
15.1. Sterowanie w układzie otwartym	223
15.2. Sterowanie w układzie zamkniętym	224
15.2.1. Sterowanie ręczne	224
15.2.2. Regulacja automatyczna	226
16. STATYCZNE I DYNAMICZNE WŁAŚCIWOŚCI UKŁADÓW POMIAROWYCH I REGULACYJNYCH	229
16.1. Opis matematyczny układów liniowych	229
16.1.1. Właściwości statyczne	230
16.1.2. Właściwości dynamiczne	231
16.1.3. Rodzaje wymuszeń dynamicznych	232
16.2. Podstawowe elementy układów liniowych	234
16.2.1. Element proporcjonalny	235
16.2.2. Element opóźniający	236
16.2.3. Element inercyjny I rzędu	238
16.2.4. Element oscylacyjny	245
16.2.5. Element różniczkujący	246
16.2.6. Element całkujący	250
16.3. Złożone układy liniowe	253
16.3.1. Rodzaje połączeń elementów	253
16.3.2. Właściwości dynamiczne układów złożonych	255
16.4. Analiza układów nieliniowych	258
17. KLASYFIKACJA UKŁADÓW REGULACJI AUTOMATYCZNEJ	260
17.1. Pochodzenie wielkości zadanej	261
17.1.1. Regulacja stałowartościowa	261
17.1.2. Regulacja programowa	262
17.1.3. Regulacja nadążna stosunku	262
17.1.4. Regulacja nadążna kaskadowa	264
17.1.5. Regulacja nadążna z kompensacją zakłóceń	265
17.2. Zasilanie energią	265
17.2.1. Regulacja bezpośrednia	265
17.2.2. Regulacja pośrednia	267
17.3. Charakter sygnału regulującego	268
17.3.1. Regulacja dyskretna	268
17.3.2. Regulacja cyfrowa	268
17.3.3. Regulacja analogowa	269
17.4. Stopień złożoności	269
18. STATYCZNE I DYNAMICZNE WŁAŚCIWOŚCI REGULATORÓW	271
18.1. Regulatory przekaźnikowe	271
18.1.1. Regulator dwupołożeniowy	272
18.1.2. Regulator trójpoleżeniowy	274

18.1.3. Regulator impulsowy	275
18.2. Regulatory ciągłe	278
18.2.1. Regulator proporcjonalny	278
18.2.2. Regulator proporcjonalno-całkujący	284
18.2.3. Regulator proporcjonalno-różniczkujący	287
18.2.4. Regulator PID	289
18.3. Regulatory cyfrowe	291
18.4. Programowalne sterowniki logiczne	293
19. URZĄDZENIA PERYFERYJNE UKŁADÓW REGULACJI	294
19.1. Zadajniki	294
19.2. Urządzenia wykonawcze	296
19.2.1. Siłowniki elektryczne	296
19.2.2. Siłowniki pneumatyczne	298
19.2.3. Siłowniki hydrauliczne	301
19.2.4. Nastawniki elektryczne	301
19.2.5. Zawory regulacyjne	306
19.2.6. Urządzenia dozujące	312
19.3. Urządzenia pomocnicze	313
20. UKŁADY STEROWANIA, SYGNALIZACJI I BLOKADY	314
20.1. Elementy logiczne	314
20.1.1. Bramka logiczna OR	315
20.1.2. Bramka logiczna AND	315
20.1.3. Bramka logiczna NOT	316
20.1.4. Logiczne bramki złożone	316
20.1.5. Przerzutniki	317
20.1.6. Liczniki	317
20.2. Układy sterowania	319
20.2.1. Sterowanie ręcznie	319
20.2.2. Sterowanie automatyczne	319
20.2.3. Sterowanie sekwencyjne	319
20.2.4. Sterowanie logiczne	321
20.3. Sygnalizacja	322
20.4. Blokada	323
21. PROGRAMOWALNE STEROWNIKI LOGICZNE	325
22. WSKAŹNIKI JAKOŚCI REGULACJI AUTOMATYCZNEJ	333
22.1. Statyczna dokładność regulacji	333
22.2. Dynamiczna dokładność regulacji	334
22.2.1. Stabilność asymptotyczna	334
22.2.2. Cechy odpowiedzi skokowej	335
22.2.3. Całkowe wskaźniki jakości regulacji	337
23. PROJEKTOWANIE UKŁADÓW REGULACJI	338
23.1. Identyfikacja obiektu regulacji	338
23.1.1. Właściwości statyczne	338
23.1.2. Właściwości dynamiczne	339
23.2. Wybór i optymalizacja regulatora	342

23.2.1. Wybór regulatora	342
23.2.2. Optymalne nastawy regulatora PID	343
23.2.3. Przykład doboru regulatora i jego nastaw z tabel	348
23.3. Schematy technologiczne automatyki	351
24. UKŁADY STEROWANIA PARAMETRAMI PROCESÓW W PRZEMYŚLE	
SPOŻYWCZYM	354
24.1. Przepływ płynów	354
24.2. Poziom cieczy	355
24.3. Ciśnienie gazu	356
24.4. Temperatura	357
24.5. Stężenie jonów wodorowych	358
24.6. Proces ekstrakcji	359
24.7. Proces suszenia	360
24.8. Proces krystalizacji	362
24.9. Proces rektyfikacji	363
25. PERSPEKTYWY ROZWOJU AUTOMATYKI	366
25.1. Wyższe stopnie automatyzacji	366
25.1.1. Regulacja nadrzędna	367
25.1.2. Bezpośrednie sterowanie cyfrowe	368
25.2. Blokowe systemy pomiarowo-regulacyjne i informatyczne	369
25.2.1. Warstwowa struktura układu pomiarow-regulacyjnego	369
25.2.2. Systemy redundantne	372
25.3. Przemysłowe sieci komunikacyjne	372
25.3.1. Klasyfikacja sieci komunikacyjnych	372
25.3.2. Protokoły transmisji	374
25.4. Rozproszone systemy sterowania	379
25.5. Mikrokontrolery	385
25.5.1. Architektura mikrokontrolerów	386
25.5.2. Programowanie mikrokontrolerów	387
25.6. Urządzenia mobilne	387
25.7. Roboty przemysłowe	388
25.7.1. Proces uczenia robota przemysłowego	390
25.7.2. Bezpieczeństwo pracy robota	391
26. POMIARY NIETYPOWYCH PARAMETRÓW PROCESÓW PRZEMYSŁU	
SPOŻYWCZEGO	392
26.1. Miernik zakażenia mikrobiologicznego zawartości ekstraktora cukrowniczego ...	392
26.2. Automatyczny analizator kondensatu z wyparki	396
26.3. Alkalimetr konduktometryczny	400
26.4. Elektrochemiczny analizator związków wapnia	402
26.5. Inne nietypowe przetworniki pomiarowe	408
27. LITERATURA	409
28. NORMY I PRZEPISY LEGALIZACYJNE	413
29. PROSPEKTY I KATALOGI FIRM	415
30. WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW	416