

Spis treści

Wstęp	11
Rozdział 1. Metrologia — przedmiot i zadania	17
1.1. Przedmiot metrologii	17
1.2. Rola i zadania metrologii współczesnej w procesach produkcyjnych .	19
1.3. Główny Urząd Miar i inne instytucje ważne dla metrologii	20
1.4. Normy i ich znaczenie dla metrologii	28
Pytania kontrolne	31
Rozdział 2. „Wielkość”, „pomiar”, „wzorzec”, „przyrząd pomiarowy” i inne pojęcia metrologiczne	32
2.1. Wielkość — definicja i znaczenie	32
2.2. Pomiar we współczesnej metrologii jako źródło informacji, przy- kłady	32
2.2.1. Wartość wielkości, przykłady	33
2.2.2. Rozkłady wielkości, charakterystyki, funkcjonały i transfor- maty wielkości	34
2.3. Wzorzec — definicja i podział	36
2.4. Przyrządy pomiarowe — podział i charakterystyka	37
2.5. Metody pomiarowe — charakterystyka i podział	48
Pytania kontrolne	55
Rozdział 3. Czujniki i przetworniki pomiarowe	56
3.1. Właściwości czujników i przetworników pomiarowych	56
3.1.1. Charakterystyka statyczna	56
3.1.2. Charakterystyka dynamiczna	59
3.2. Rodzaje czujników	62
3.2.1. Czujnik a przetwornik	62

3.2.2.	Klasyfikacje czujników ze względu na sygnał	64
3.2.3.	Czujniki generacyjne i parametryczne	64
3.2.4.	Dobór czujnika do obiektu	65
3.3.	Przetwarzanie analogowe sygnału	66
3.3.1.	Filtracja sygnału	66
3.3.2.	Wzmacnianie sygnału	67
3.3.3.	Separacja galwaniczna	68
3.3.4.	Inne rodzaje kondycjonowania	69
3.4.	Przetwarzanie analogowo-cyfrowe	70
3.4.1.	Kwantowanie i próbkowanie	70
3.4.2.	Warunki doboru przetworników A/C	72
3.4.3.	Przetworniki o porównaniu bezpośrednim	74
3.4.4.	Przetworniki całkujące	75
3.4.5.	Przetworniki przyrostowe	76
3.5.	Czujniki inteligentne	77
	Pytania kontrolne	78
Rozdział 4. Międzynarodowy Układ Jednostek Miar (SI) i inne jednostki		79
4.1.	Wielkości podstawowe i jednostki podstawowe układu SI	79
4.2.	Wielkości pochodne i jednostki pochodne	84
4.3.	Legalne jednostki miar spoza układu SI	87
4.4.	Nowe podejście w definiowaniu jednostek miar	88
4.5.	Jednostki anglosaskie	89
4.6.	Jednostki historyczne staropolskie i europejskie	91
	Pytania kontrolne	92
Rozdział 5. Błędy pomiaru i jego składowe, niepewność pomiaru		93
5.1.	Pojęcia podstawowe	93
5.1.1.	Wartość prawdziwa wielkości podlegającej pomiarowi	93
5.1.2.	Błędy, oddziaływania i poprawki	94
5.1.3.	Niepewność pomiaru	96
5.2.	Rozważania praktyczne	98
5.3.	Maksymalny błąd graniczny przyrządu pomiarowego	100
5.4.	Błąd rozdzielczości	103
5.5.	Błąd paralaksy	104
5.6.	Błąd interpolacji	104
5.7.	Całkowity błąd odczytu	105
5.8.	Błędy spowodowane oddziaływaniami cieplnymi	105
5.9.	Błędy nadmierne	107
	Pytania kontrolne	107

Rozdział 6. Wyrażanie i wyznaczanie niepewności pomiaru według przewodnika ISO	109
6.1. Niepewność pomiaru — podstawowe definicje	109
6.1.1. Obliczanie niepewności standardowej	110
6.1.2. Obliczanie złożonej niepewności standardowej	110
6.1.3. Obliczanie niepewności rozszerzonej	111
6.2. Procedura obliczania i wyrażania niepewności	113
6.3. Opracowanie wyniku pomiaru	114
6.4. Rozkłady prawdopodobieństwa najczęściej wykorzystywane w praktyce metrologicznej	116
6.4.1. Krzywa rozkładu normalnego (krzywa Gaussa, krzywa dzwonna).	117
6.4.2. Standaryzacja rozkładu normalnego	119
6.4.3. Rozkład t-Studenta	120
6.4.4. Krzywa rozkładu jednostajnego (równomiernego, prostokątnego).	121
6.4.5. Krzywa rozkładu trójkątnego — Simpsona	122
6.5. Budżet niepewności pomiaru	124
6.6. Przykłady wyznaczania niepewności pomiaru	126
Pytania kontrolne	146
Rozdział 7. Pomiary wielkości geometrycznych	147
7.1. Specyfikacja geometrii wyrobów (GPS).	147
7.1.1. Zasady wymiarowania i tolerowania	147
7.1.2. Tolerancje geometryczne	151
7.1.3. Tolerowanie stożków, gwintów i kół zębatych	154
7.2. Wzorce i przyrządy do pomiaru długości i kąta	154
7.2.1. Wzorce długości i kąta	154
7.2.2. Inkrementalne i kodowe układy pomiarowe	155
7.2.3. Płytki wzorcowe, wałeczki pomiarowe i kulki pomiarowe	159
7.2.4. Czujniki pomiarowe	162
7.2.5. Maszyny pomiarowe	163
7.3. Pomiary długości	167
7.3.1. Pomiar długości z użyciem płytek wzorcowych	167
7.3.2. Pomiar długości suwmiarką i mikrometrem	168
7.3.3. Pomiary otworów	171
7.4. Pomiary kąta	173
7.4.1. Pomiary pośrednie kątów	173
7.4.2. Pomiary kątów kątomierzami	175
7.5. Pomiary odchyłek geometrycznych i struktury geometrycznej powierzchni	176

7.5.1.	Pomiary odchyłek kształtu	176
7.5.2.	Parametry opisujące chropowatość i falistość powierzchni . . .	180
7.5.3.	Profilometry.	182
7.5.4.	Metody optyczne i metody optoelektroniczne.	183
7.6.	Współrzędnościowa technika pomiarowa	184
7.6.1.	Istota współrzędnościowej techniki pomiarowej.	184
7.6.2.	Budowa i wyposażenie współrzędnościowych maszyn pomiarowych.	187
7.6.3.	Możliwości współrzędnościowych maszyn pomiarowych . . .	197
	Pytania kontrolne.	201
Rozdział 8. Pomiary wielkości elektrycznych		202
8.1.	Pomiar napięcia i prądu	202
8.1.1.	Wartość średnia i wartość skuteczna.	202
8.1.2.	Ustroje analogowych przyrządów pomiarowych.	203
8.1.3.	Oscyloskop analogowy i oscyloskop cyfrowy.	205
8.1.4.	Eliminacja zakłóceń i wpływów.	207
8.2.	Pomiar mocy i energii elektrycznej	209
8.2.1.	Moc i energia prądu stałego.	209
8.2.2.	Moc i energia czynna, bierna i pozorna prądu przemiennego .	210
8.2.3.	Przyrządy do pomiaru mocy i energii elektrycznej	213
8.3.	Pomiar rezystancji	214
8.3.1.	Metody pomiaru rezystancji	214
8.3.2.	Przyrządy do pomiaru rezystancji	219
8.4.	Pomiar impedancji.	221
8.4.1.	Pojęcie impedancji.	221
8.4.2.	Metody pomiaru pojemności	222
8.4.3.	Metody pomiaru indukcyjności.	223
8.5.	Ochrona przeciwporażeniowa	225
8.5.1.	Układy sieci elektroenergetycznej.	225
8.5.2.	Metody ochrony przeciwporażeniowej.	226
8.5.3.	Rola uziemienia w ochronie przeciwporażeniowej i technice pomiarowej.	227
	Pytania kontrolne.	228
Rozdział 9. Pomiary wielkości mechanicznych		229
9.1.	Pomiar kąta i prędkości kątowej.	229
9.1.1.	Metody czasowe i metody częstotliwościowe.	229
9.1.2.	Przetworniki generacyjne.	231
9.1.3.	Przetworniki indukcyjne i przetworniki magnetoindukcyjne .	232
9.1.4.	Przetworniki obrotowo-impulsowe.	234

9.2.	Pomiar przemieszczenia i prędkości liniowej	236
9.2.1.	Metody pomiaru przemieszczeń	236
9.2.2.	Pomiary tachometryczne	238
9.2.3.	Pomiary fazowe i czasowe w pomiarach odległości	239
9.2.4.	Grubościomierze ultradźwiękowe	241
9.2.5.	Dalmierze laserowe i dalmierze ultradźwiękowe	242
9.3.	Pomiar drgań	245
9.3.1.	Zjawiska wykorzystywane w pomiarach przyspieszeń	245
9.3.2.	Klasyczne układy do pomiaru drgań	246
9.3.3.	Bezkontaktowe układy do pomiaru drgań	248
9.4.	Pomiar sił	250
	Pytania kontrolne	254
 Rozdział 10. Pomiary wielkości termodynamicznych i hydraulicznych		256
10.1.	Pomiar temperatury	256
10.1.1.	Stykowe metody pomiaru temperatury	256
10.1.2.	Bezstykowe metody pomiaru temperatury	262
10.2.	Pomiar wilgotności	268
10.2.1.	Wilgotność względna i bezwzględna	268
10.2.2.	Czujniki do pomiaru wilgotności	269
10.3.	Pomiar ciśnień i ich różnic	272
10.3.1.	Ciśnienie bezwzględne, względne i różnicowe	272
10.3.2.	Hydrostatyczne metody pomiaru ciśnień	272
10.3.3.	Przetworniki do pomiaru ciśnienia	274
10.4.	Pomiar strumienia objętości i masy płynów	275
10.4.1.	Strumień objętości a strumień masy	275
10.4.2.	Metody pomiaru strumienia	278
10.4.3.	Przepływomierze przemysłowe	280
10.5.	Pomiar mocy i energii cieplnej	287
10.5.1.	Entalpia wody i pary wodnej	287
10.5.2.	Realizacja pomiaru strumienia ciepła	288
10.5.3.	Ciepłomierze stosowane w rozliczeniach	289
	Pytania kontrolne	290
 Rozdział 11. Spójność pomiarowa, hierarchiczny układ sprawdzeń		292
11.1.	Spójność pomiarowa	292
11.2.	Wzorcowanie (kalibracja) wyposażenia pomiarowego	293
11.2.1.	Wzorcowanie czujnika tarczowego mechanicznego	302
11.2.2.	Wzorcowanie mikrometru	302
11.2.3.	Wzorcowanie współrzędnościowych maszyn pomiarowych	303
11.3.	Klasyfikacja środków pomiarowych	306

11.4. Zasada budowy i charakterystyka hierarchicznego układu sprawdzań .	307
11.4.1. Układ sprawdzań jednostki masy.	308
11.4.2. Układ sprawdzań dla przyrządów do pomiaru długości, wzorcowanych za pomocą płytek wzorcowych.	309
11.4.3. Układ sprawdzań dla przyrządów do pomiaru długości, wzorcowanych za pomocą wzorców kreskowych	310
11.5. Laboratoria wzorcujące i badawcze (rola PCA).	310
11.6. Nadzorowanie wyposażenia pomiarowego.	312
Pytania kontrolne.	316
Rozdział 12. Prawna kontrola metrologiczna	318
12.1. Prawo o miarach, ocena zgodności i akty wykonawcze.	318
12.2. Organizacja nadzoru metrologicznego.	323
12.3. Międzynarodowa Organizacja Metrologii Prawnej (OIML).	324
Pytania kontrolne.	325
Słownik ważniejszych pojęć	326
Bibliografia	330
Indeks.	340