

SPIS TREŚCI

Przedmowa	9
1. Wprowadzenie	11
1.1. Proces poznawczy	11
1.2. Metrologia i jej zadania	13
2. Pomiar	20
2.1. Pomiar a obserwacja bezpośrednia	20
2.2. Definicja pomiaru	23
2.3. Jednostki i wzorce	27
2.3.1. Skąd się wzięły jednostki	27
2.3.2. Wielkości podstawowe i pochodne	28
2.3.3. Układy jednostek miar	29
2.3.4. Układ SI	30
2.3.5. Solidny fundament – stałe fizyczne	36
2.4. Wielkości elektryczne	37
2.4.1. Jednostka napięcia – wolt	37
2.4.2. Jednostka rezystancji – om	44
2.4.3. Jednostka pojemności – farad	50
2.4.4. Jednostka indukcyjności – henr	54
2.5. Hierarchia wzorców	56
3. Błąd i niepewność pomiaru	59
3.1. Przyczyny i źródła błędów pomiarowych	59
3.2. Błędy pomiarowe	63
3.2.1. Błąd bezwzględny i względny	63
3.2.2. Zasady przedstawiania błędów bezwzględnych i względnych	65
3.3. Błędy systematyczne i przypadkowe	68
3.4. Inne klasyfikacje błędów – uzupełnienie	70
3.5. Analiza błędów	71
3.5.1. Błędy systematyczne w pomiarach bezpośrednich	71
3.5.2. Błędy systematyczne w pomiarach pośrednich	78
3.5.3. Błędy przypadkowe	79
3.6. Niepewność pomiaru	88
3.6.1. Jak oszacować niepewność?	88
3.6.2. Wyznaczanie niepewności typu A	90
3.6.3. Wyznaczanie niepewności typu B	95
3.7. Skale pomiarowe	98

4. Elementy toru pomiarowego	104
4.1. Struktura przyrządu pomiarowego	104
4.2. Przetworniki analogowo-cyfrowe	112
4.3. Aparatura pomiarowa i pomocniczy sprzęt pomiarowy	117
4.3.1. Zasilacz stabilizowany	119
4.3.2. Generator funkcyjny	123
4.3.3. Woltomierz elektromechaniczny	126
4.3.4. Multimetr cyfrowy	132
4.3.5. Częstościomierz cyfrowy	135
4.3.6. Oscyloskopy	137
5. Pomiary napięć i prądów stałych	155
5.1. Sposoby łączenia przyrządu ze źródłem	155
5.2. Metody bezpośrednie	159
5.3. Metoda kompensacyjna	161
5.4. Metoda różnicowa	164
6. Pomiary parametrów sygnałów	167
6.1. O sygnałach i ich klasyfikacjach	167
6.2. Przemiana analogowo cyfrowa	175
6.3. Parametry energetyczne sygnałów okresowych	178
6.4. Parametry czasowe sygnałów okresowych	182
6.5. Pomiary parametrów napięć zmiennych	182
6.5.1. Mierniki analogowe	183
6.5.2. Techniki cyfrowe	186
6.5.3. Prostowniki	187
6.6. Pomiary parametrów czasowych sygnałów okresowych	200
6.6.1. Oscyloskopowe pomiary częstotliwości i czasu	200
6.6.2. Integryjny pomiar częstotliwości	203
6.6.3. Pomiar częstotliwości metodą rezonansową	204
6.6.4. Metoda interferencyjna (heterodynowa)	205
6.6.5. Cyfrowe metody pomiaru częstotliwości i czasu	207
6.6.6. Pomiar przesunięcia fazowego	212
7. Metody pomiarów elementów obwodów elektrycznych	219
7.1. Ogólna charakterystyka rezystorów	219
7.2. Pomiary rezystancji przy prądzie stałym	221
7.2.1. Metoda techniczna	222
7.2.2. Omomierze cyfrowe	225
7.2.3. Metody wieloprzewodowe	227
7.2.4. Metody zerowe	229
7.2.5. Metody porównawcze	235
7.3. Pomiary parametrów elementów reaktancyjnych	237
7.3.1. Metoda techniczna	239
7.3.2. Metody mostkowe	242
8. Systemy pomiarowe	250
8.1. Definicja systemu pomiarowego	250
8.1.1. Jak zrozumieć system?	250
8.1.2. Cechy systemów pomiarowych	254
8.2. Kategoryzacja systemów pomiarowych	255
8.3. Budowa i funkcjonowanie systemów pomiarowych	256

8.3.1. Przepływ informacji w systemach pomiarowych	257
8.3.2. Elementy systemów pomiarowych	261
8.3.3. Rozwój technik telekomunikacyjnych a systemy pomiarowe – internet rzeczy i big data	268
8.4. Projektowanie i realizacja systemów pomiarowych	272
9. Opracowanie wyników pomiarów i analiza danych pomiarowych	277
9.1. Dokumentacja procesu pomiarowego i protokół pomiarowy	277
9.2. Metody numeryczne przydatne w miernictwie	280
9.2.1. Aproksymacja	281
9.2.2. Interpolacja	288
9.2.3. Ekstrapolacja	300
9.2.4. Korelacja	302
9.3. Multimedialna prezentacja danych pomiarowych i interpretacji wyników	306

DODATKI

Dodatek I. Co mierzymy, czyli podstawowe prawa i definicje elektrotechniki	315
DI.1. Klasyfikacja obwodów elektrycznych	315
DI.2. Obwody prądu stałego	317
DI.3. Obwody prądu zmiennego	330
DI.4. Metoda symboliczna	337
DI.5. Pojęcie impedancji	339
Dodatek II. Organizacja Laboratorium Podstaw Pomiarów	347
DII.1. Cele i zadania Laboratorium Podstaw Pomiarów (LPP)	347
DII.2. Organizacja stanowiska pomiarowego	348
DII.3. Aparatura i sprzęt pomiarowy	349
DII.4. Narzędzia informatyczne	352
DII.5. Pomoce dydaktyczne	353
DII.6. Organizacja pracy studenta	353
Dodatek III. Krótki słownik pojęć metrologicznych	356
Bibliografia	364