

Spis treści

Przedmowa	7
1. Wstęp	9
2. Podstawowe pojęcia metrologii	14
3. Błędy i niepewności pomiarowe	20
3.1. Wyznaczanie błędów pomiaru	20
3.2. Błędy graniczne	32
3.3. Niepewności typu A w pomiarach bezpośrednich i pośrednich	42
3.4. Niepewności typu B w pomiarach bezpośrednich i pośrednich	53
3.5. Niepewność złożona	56
3.6. Błędy nadmierne (grube).....	60
3.7. Zasady zapisu wartości liczbowych wyniku pomiarowego	62
4. Sygnały i ich parametry	66
4.1. Wartości sygnałów.....	66
4.2. Współczynniki sygnałów	73
5. Narzędzia pomiarowe	76
5.1. Klasyfikacja narzędzi pomiarowych	76
5.2. Parametry narzędzi pomiarowych	77
6. Wzorce jednostek miar	81
6.1. Wzorce napięcia elektrycznego.....	82
6.2. Wzorce prądu elektrycznego.....	86
6.3. Wzorce rezystancji.....	87
6.4. Wzorce indukcyjności i pojemności.....	90
6.5. Wzorce częstotliwości	92
6.5.1. Atomowe wzorce częstotliwości (etalony)	95
6.5.2. Generatory wzorcowe z rezonatorami kwarcowymi (wzorce użytkowe częstotliwości)	99

7. Przetworniki pomiarowe	103
7.1. Charakterystyki statyczne przetworników pomiarowych.....	103
7.2. Właściwości dynamiczne przetworników pomiarowych	114
7.2.1. Modele dynamiki przetworników pomiarowych.....	114
7.2.2. Błędy dynamiczne.....	117
7.2.3. Wyznaczanie charakterystyk i parametrów dynamicznych przetworników	119
7.2.4. Korekcja właściwości dynamicznych.....	133
7.3. Wybrane przetworniki pomiarowe.....	136
7.3.1. Dzielniki napięcia i prądu	137
7.3.2. Przekładniki przemiennoprądowe.....	139
7.3.3. Czujniki	142
8. Przyrządy pomiarowe	150
8.1. Przyrządy analogowe.....	150
8.2. Przyrządy cyfrowe	158
8.2.1. Przetwarzanie analogowo-cyfrowe	160
8.2.1.1. Próbkowanie	160
8.2.1.2. Kwantowanie	163
8.2.1.3. Kodowanie.....	163
8.2.2. Błędy przetworników analogowo-cyfrowych	168
8.2.3. Rodzaje przetworników analogowo-cyfrowych.....	172
8.2.3.1. Przetworniki z przetwarzaniem pośrednim	173
8.2.3.2. Przetworniki z przetwarzaniem bezpośrednim	184
9. Narzędzia umożliwiające wizualizację sygnałów pomiarowych.....	195
9.1. Rejestratory.....	195
9.2. Oscyloskopy	198
9.2.1. Oscyloskopy analogowe	198
9.2.1.1. Struktura oscyloskopu.....	198
9.2.1.2. Zastosowania pomiarowe oscyloskopu	205
9.2.2. Oscyloskopy cyfrowe.....	215
9.2.2.1. Metody próbkowania w oscyloskopach	220
9.2.2.2. Tryby wizualizacji przebiegów w oscyloskopach	224
9.2.2.3. Sposoby tworzenia przebiegów na ekranie oscyloskopu	226
9.2.2.4. Tryby akwizycji sygnałów w oscyloskopach	230
9.2.2.5. Metody wyzwalania stosowane w oscyloskopach	234
9.2.2.6. Operacje matematyczne realizowane w oscyloskopach	236

10. Pomiary prądów i napięć	239
10.1. Pomiar napięcia stałego metodą kompensacyjną.....	239
10.2. Pomiar wartości średniej i średniej wyprostowanej.....	249
10.3. Pomiar wartości skutecznej.....	251
10.4. Pomiar poziomu napięcia i mocy.....	255
10.5. Pomiar wartości maksymalnej.....	257
10.6. Pomiary współczynników sygnałów.....	262
11. Pomiary parametrów dwójników	265
11.1. Pomiary rezystancji.....	265
11.1.1. Metody techniczne pomiaru rezystancji.....	266
11.1.2. Mostki prądu stałego.....	270
11.1.2.1. Mostek Wheatstone'a.....	272
11.1.2.2. Mostek Thomsona.....	279
11.1.2.3. Przykłady zastosowań mostków stałoprądowych.....	283
11.2. Pomiary impedancji.....	287
11.2.1. Metody techniczne pomiaru impedancji.....	288
11.2.1.1. Metoda amperomierza, woltomierza i watomierza.....	288
11.2.1.2. Metoda trzech woltomierzy.....	289
11.2.1.3. Metoda rezonansowa.....	290
11.2.2. Elektroniczne mierniki impedancji.....	291
11.2.3. Mostki prądu zmiennego.....	294
11.2.3.1. Warunki równowagi mostków prądu zmiennego.....	295
11.2.3.2. Zasady równoważenia mostków prądu zmiennego.....	302
11.2.3.3. Niedokładność pomiarów mostkami prądu zmiennego.....	305
11.2.3.4. Mostki transformatorowe.....	311
12. Pomiary mocy i energii elektrycznej	313
12.1. Pomiary mocy.....	314
12.2. Pomiary energii.....	321
12.2.1. Liczniki indukcyjne.....	321
12.2.2. Elektroniczne liczniki energii.....	326
13. Pomiar częstotliwości, okresu i przesunięcia fazowego	329
13.1. Pomiar częstotliwości.....	329
13.2. Pomiar okresu.....	332
13.3. Komparacyjna metoda pomiaru dewiacji częstotliwości.....	334
13.4. Pomiar kąta przesunięcia fazowego.....	336

14. Pomiary magnetyczne	340
14.1. Pojęcia podstawowe.....	340
14.2. Pomiary wielkości charakteryzujących pole magnetyczne.....	344
14.2.1. Pomiar strumienia magnetycznego.....	344
14.2.2. Pomiar indukcji magnetycznej	347
14.2.2.1. Hallotrony	348
14.2.2.2. Gaussotrony	352
14.2.3. Pomiar natężenia pola magnetycznego	354
14.3. Pomiary właściwości materiałów ferromagnetycznych	360
14.3.1. Wyznaczanie krzywej magnesowania i pętli histerezy metodą komutacyjną.....	361
14.3.1.1. Wyznaczanie krzywej magnesowania.....	363
14.3.1.2. Wyznaczanie pętli histerezy	365
14.3.2. Wyznaczanie krzywej magnesowania i pętli histerezy metodą kolejnych przyrostów	366
14.3.3. Wyznaczanie pętli histerezy za pomocą oscyloskopu	366
14.3.4. Pomiar stratności materiału magnetycznego za pomocą aparatu Epsteina 25 cm	370
15. Dodatki	377
Dodatek 1. Definicje jednostek podstawowych, uzupełniających i niektórych pochodnych.....	377
Dodatek 2. Jednostki wybranych wielkości fizycznych i stosowane przedrostki.....	379
Dodatek 3. Wybrane wzory przydatne w analizie właściwości układów pomiarowych oraz przy opracowaniu wyników	381
Dodatek 4. Aproksymacja charakterystyk przetworników metodą najmniejszej sumy kwadratów	402
Dodatek 5. Regulacja prądu i napięcia w układach pomiarowych	408
Dodatek 6. Definicje wybranych pojęć dotyczących materiałów i obwodów magnetycznych	416
Literatura	419