

Spis treści

Od autorów 15

- 1 BHP podczas wykonywania pomiarów elektrycznych 17
 - 1.1 Zagrożenia wynikające z działania prądu elektrycznego na organizm ludzki 17
 - 1.1.1 Wprowadzenie 17
 - 1.1.2 Przyczyny porażen prądem elektrycznym 17
 - 1.1.3 Czynniki decydujące o stopniu porażenia prądem elektrycznym 18
 - 1.1.4 Skutki przepływu prądu elektrycznego przez organizm człowieka 19
 - 1.1.5 Pośrednie działanie prądu elektrycznego 21
 - 1.1.6 Ćwiczenie 21
 - 1.1.7 Sprawdzenie wiadomości 22
 - 1.2 Zasady BHP podczas wykonywania pomiarów elektrycznych i elektronicznych 22
 - 1.2.1 Wprowadzenie 22
 - 1.2.2 Przepisy BHP 23
 - 1.2.3 Ćwiczenie 24
 - 1.2.4 Sprawdzenie wiadomości 25
 - 1.3 Zasady BHP w zakresie montażu układów elektronicznych 26
 - 1.3.1 Wprowadzenie 26
 - 1.3.2 Przed przystąpieniem do pracy 26
 - 1.3.3 Organizacja stanowiska pracy 27
 - 1.3.4 Wykonywanie montażu urządzeń elektronicznych 28
 - 1.3.5 Ćwiczenie 30
 - 1.3.6 Sprawdzenie wiadomości 30
 - 1.4 Zasady BHP w zakresie wykonywania połączeń w układach elektronicznych 31
 - 1.4.1 Wprowadzenie 31
 - 1.4.2 Wykonywanie połączeń elektrycznych 32
 - 1.4.3 Wykonywanie połączeń mechanicznych 35
 - 1.4.4 Ćwiczenie 37
 - 1.4.5 Sprawdzenie wiadomości 38
 - 1.5 Zasady udzielania pierwszej pomocy porażonym prądem elektrycznym 39

1.5.1	Wprowadzenie	39
1.5.2	Postępowanie podczas ratowania porażonych prądem elektrycznym	39
1.5.3	Ćwiczenie	43
1.5.4	Sprawdzenie wiadomości	44
1.6	Test kontrolny	44
2	Pomiary wielkości elektrycznych	48
2.1	Technika wykonywania pomiarów	48
2.1.1	Wprowadzenie	48
2.1.2	Podział i rodzaje wykonywanych pomiarów	48
2.1.3	Sposób dokonywania pomiarów	49
2.1.4	Ćwiczenie	52
2.1.5	Sprawdzenie wiadomości	53
2.2	Opracowanie wyników pomiarów	53
2.2.1	Wprowadzenie	53
2.2.2	Notowanie wskazań mierników	54
2.2.3	Opracowanie dokonanych pomiarów	55
2.2.4	Wykresy i prezentacja wyników pomiarów	55
2.2.5	Ćwiczenie	56
2.2.6	Sprawdzenie wiadomości	57
2.3	Narzędzia pomiarowe i ich właściwości	58
2.3.1	Pojęcia ogólne	58
2.3.2	Podział narzędzi pomiarowych	59
2.3.3	Od pomiaru do wyniku	59
2.3.4	Właściwości przyrządów pomiarowych	60
2.3.5	Ćwiczenie	62
2.3.6	Sprawdzenie wiadomości	62
2.4	Rodzaje elektrycznych przyrządów pomiarowych	63
2.4.1	Podział przyrządów pomiarowych	63
2.4.2	Analogowe przyrządy pomiarowe	64
2.4.3	Cyfrowe przyrządy pomiarowe	66
2.4.4	Mierniki cęgowe	67

- 2.4.5 Ćwiczenie 68
- 2.4.6 Sprawdzenie wiadomości 68
- 2.5 Oznaczenia i symbole na miernikach 69
 - 2.5.1 Wprowadzenie 69
 - 2.5.2 Mierniki analogowe 69
 - 2.5.3 Multimetry cyfrowe 70
 - 2.5.4 Ćwiczenie 71
 - 2.5.5 Sprawdzenie wiadomości 72
- 2.6 Pomocniczy sprzęt pomiarowy 73
 - 2.6.1 Wprowadzenie 73
 - 2.6.2 Transformator 73
 - 2.6.3 Autotransformator 75
 - 2.6.4 Stycznik 75
 - 2.6.5 Rezystor suwakowy 76
 - 2.6.6 Rezystor dekadowy 77
 - 2.6.7 Kondensator dekadowy i indukcyjność dekadowa 78
 - 2.6.8 Przekładnik prądowy 79
 - 2.6.9 Ćwiczenie 80
 - 2.6.10 Sprawdzenie wiadomości 81
- 2.7 Zakres pomiarowy i klasa dokładności miernika 81
 - 2.7.1 Wprowadzenie 82
 - 2.7.2 Zakres pomiarowy 82
 - 2.7.3 Klasa dokładności 83
 - 2.7.4 Ćwiczenie 83
 - 2.7.5 Sprawdzenie wiadomości 84
- 2.8 Rozszerzanie zakresu pomiarowego miernika 85
 - 2.8.1 Wiadomości ogólne o miernikach i ich zakresach pomiarowych 85
 - 2.8.2 Rozszerzanie zakresu pomiarowego miernika prądu za pomocą bocznika 85
 - 2.8.3 Rozszerzanie zakresu pomiarowego napięcia za pomocą posobnika 87
 - 2.8.4 Rozszerzanie zakresu pomiarowego za pomocą przekładników 88
 - 2.8.5 Przekładniki napięciowe 88

- 2.8.6 Przekładniki prądowe 89
- 2.8.7 Ćwiczenia 92
- 2.8.8 Sprawdzenie wiadomości 95
- 2.9 Włączanie mierników w obwód elektryczny 95
 - 2.9.1 Wprowadzenie 95
 - 2.9.2 Włączanie woltomierza w obwód 96
 - 2.9.3 Włączanie amperomierza w obwód 97
 - 2.9.4 Włączanie omomierza w obwód 97
 - 2.9.5 Włączanie watomierza w obwód 98
 - 2.9.6 Włączanie miernika częstotliwości w obwód 100
 - 2.9.7 Włączanie fazomierza w obwód 101
 - 2.9.8 Włączanie licznika energii elektrycznej w obwód 101
 - 2.9.9 Ćwiczenie 104
 - 2.9.10 Sprawdzenie wiadomości 104
- 2.10 Szacowanie wartości wielkości mierzonej 105
 - 2.10.1 Wprowadzenie 105
 - 2.10.2 Szacowanie wartości prądu i napięcia 106
 - 2.10.3 Szacowanie wartości mocy 111
 - 2.10.4 Ćwiczenie 113
 - 2.10.5 Sprawdzenie wiadomości 113
- 2.11 Obliczanie wartości wielkości mierzonej na podstawie wskazań miernika 116
 - 2.11.1 Wprowadzenie 116
 - 2.11.2 Stała miernika i wynik pomiaru 116
 - 2.11.3 Ćwiczenie 117
 - 2.11.4 Sprawdzenie wiadomości 118
- 2.12 Odczytywanie wskazań miernika cyfrowego 118
 - 2.12.1 Wprowadzenie 118
 - 2.12.2 Budowa mierników cyfrowych 119
 - 2.12.3 Zasada działania mierników cyfrowych 119
 - 2.12.4 Opis funkcjonalny mierników cyfrowych 120
 - 2.12.4.1 Opis funkcji pomiarowych 120

2.12.4.2	Odczytywanie wskazań mierników cyfrowych	122
2.12.5	Ćwiczenie	123
2.12.6	Sprawdzenie wiadomości	124
2.13	Dokładność pomiaru	125
2.13.1	Wprowadzenie	125
2.13.2	Błąd bezwzględny i poprawka	125
2.13.3	Błąd względny	126
2.13.4	Błąd graniczny	126
2.13.5	Ćwiczenie	127
2.13.6	Sprawdzenie wiadomości	127
2.14	Błędy i niepewności pomiarowe	128
2.14.1	Wprowadzenie	128
2.14.2	Błędy przyrządów wskazówkowych	128
2.14.3	Wyznaczanie błędów przyrządów cyfrowych	130
2.14.4	Błąd metody	130
2.14.5	Niepewność pomiaru	131
2.14.6	Ćwiczenie	131
2.14.7	Sprawdzenie wiadomości	132
2.15	Bezpośredni pomiar napięcia stałego	132
2.15.1	Wprowadzenie	132
2.15.2	Pomiar napięcia stałego woltomierzem	133
2.15.3	Ćwiczenie	133
2.15.4	Sprawdzenie wiadomości	134
2.16	Pomiary napięcia z zastosowaniem dzielnika napięcia	134
2.16.1	Wprowadzenie	134
2.16.2	Ćwiczenie	135
2.16.3	Sprawdzenie wiadomości	136
2.17	Nastawianie i odczytywanie żądanych wartości napięcia stałego	137
2.17.1	Wprowadzenie	137
2.17.2	Układ jednostopniowy	137
2.17.3	Układ dwustopniowy równoległy	138

- 2.17.4 Układ dwustopniowy szeregowy 138
- 2.17.5 Ćwiczenie 139
- 2.17.6 Sprawdzenie wiadomości 142
- 2.18 Pomiary bezpośrednie i pośrednie prądu stałego 142
 - 2.18.1 Wprowadzenie 142
 - 2.18.2 Bezpośredni pomiar prądu stałego 143
 - 2.18.3 Pośredni pomiar prądu stałego 143
 - 2.18.4 Ćwiczenie 144
 - 2.18.5 Sprawdzenie wiadomości 145
- 2.19 Nastawianie i odczytywanie żądanych wartości natężenia prądu stałego 145
 - 2.19.1 Wprowadzenie 146
 - 2.19.2 Układ jednostopniowy 146
 - 2.19.3 Układ dwustopniowy 146
 - 2.19.4 Ćwiczenie 147
 - 2.19.5 Sprawdzenie wiadomości 149
- 2.20 Badanie źródeł prądu stałego 149
 - 2.20.1 Wprowadzenie 150
 - 2.20.2 Rezystancja wewnętrzna źródła prądu stałego . 150
 - 2.20.3 Siła elektromotoryczna źródła prądu stałego 150
 - 2.20.4 Pojemność elektrochemicznego źródła prądu stałego 151
 - 2.20.5 Ćwiczenie 152
 - 2.20.6 Sprawdzenie wiadomości 154
- 2.21 Badanie układów połączeń rezystorów – wyznaczanie rezystancji zastępczej 155
 - 2.21.1 Wprowadzenie 155
 - 2.21.2 Połączenie szeregowo rezystorów 156
 - 2.21.3 Połączenie równoległe rezystorów 156
 - 2.21.4 Połączenie mieszane rezystorów 157
 - 2.21.5 Ćwiczenie 158
 - 2.21.6 Sprawdzenie wiadomości 160
- 2.22 Sprawdzenie podstawowych praw elektrotechniki (prawa Ohma i praw Kirchhoffa) 161

- 2.22.1 Wprowadzenie 161
- 2.22.2 Prawo Ohma 162
- 2.22.3 Pierwsze prawo Kirchhoffa 162
- 2.22.4 Drugie prawo Kirchhoffa 163
- 2.22.5 Ćwiczenie 164
- 2.22.6 Sprawdzenie wiadomości 166
- 2.23 Pomiar rezystancji metodą bezpośrednią 167
- 2.23.1 Wprowadzenie 167
- 2.23.2 Omomierz szeregowy 168
- 2.23.3 Omomierz równoległy 168
- 2.23.4 Ćwiczenie 169
- 2.23.5 Sprawdzenie wiadomości 170
- 2.24 Pomiar rezystancji metodami technicznymi 170
- 2.24.1 Wprowadzenie 170
- 2.24.2 Układ poprawnie mierzonego napięcia 171
- 2.24.3 Układ poprawnie mierzonego prądu 171
- 2.24.4 Ćwiczenie 172
- 2.24.5 Sprawdzenie wiadomości 173
- 2.25 Pomiar rezystancji metodami porównawczymi 174
- 2.25.1 Wprowadzenie 174
- 2.25.2 Metoda porównawcza prądowa 174
- 2.25.3 Metoda porównawcza napięciowa 175
- 2.25.4 Ćwiczenie 175
- 2.25.5 Sprawdzenie wiadomości 176
- 2.26 Pomiar rezystancji metodami mostkowymi 177
- 2.26.1 Wprowadzenie 177
- 2.26.2 Mostek Wheatstone'a 177
- 2.26.3 Mostek Thomsona 180
- 2.26.4 Ćwiczenie 183
- 2.26.5 Sprawdzenie wiadomości 185
- 2.27 Pomiar mocy w obwodach prądu stałego 186

- 2.27.1 Wprowadzenie 186
- 2.27.2 Bezpośredni pomiar mocy 186
- 2.27.3 Pomiar pośredni z wykorzystaniem rezystora wzorcowego i woltomierza 188
- 2.27.4 Ćwiczenie 188
- 2.27.5 Sprawdzenie wiadomości 190
- 2.28 Badanie wpływu napięcia na natężenie prądu – wykres $I = f(U)$ elementów liniowych i nieliniowych (warystor i termistor) 190
 - 2.28.1 Wprowadzenie 190
 - 2.28.2 Warystory – elementy nieliniowe 191
 - 2.28.3 Termistory – elementy nieliniowe 193
 - 2.28.4 Ćwiczenie 195
 - 2.28.5 Sprawdzenie wiadomości 200
- 2.29 Regulacja i pomiar napięcia przemiennego 201
 - 2.29.1 Wprowadzenie 201
 - 2.29.2 Pomiary i zmiana wartości napięć w energetyce 201
 - 2.29.3 Pomiary i zmiana wartości napięć w przemyśle i laboratorium 204
 - 2.29.4 Ćwiczenie 207
 - 2.29.5 Sprawdzenie wiadomości 210
- 2.30 Regulacja i pomiar prądu przemiennego 211
 - 2.30.1 Wprowadzenie 211
 - 2.30.2 Od czego zależy wartość prądu przemiennego? 212
 - 2.30.3 Pomiar i regulacja prądu przemiennego 214
 - 2.30.4 Ćwiczenie 216
 - 2.30.5 Sprawdzenie wiadomości 220
- 2.31 Pomiary indukcyjności własnej metodami techniczną, rezonansową i innymi 220
 - 2.31.1 Wprowadzenie 220
 - 2.31.2 Pomiary indukcyjności własnej metodą techniczną 221
 - 2.31.3 Pomiary indukcyjności własnej metodą rezonansową 223
 - 2.31.4 Pomiary indukcyjności własnej metodą bezpośrednią miernikiem RLC 224
 - 2.31.5 Pomiary indukcyjności własnej metodą porównawczą 224
 - 2.31.6 Ćwiczenie 225

- 2.31.7 Sprawdzenie wiadomości 228
- 2.32 Pomiary pojemności metodami techniczną, rezonansową i innymi 228
 - 2.32.1 Wprowadzenie 228
 - 2.32.2 Pomiary pojemności metodą techniczną 230
 - 2.32.3 Pomiary pojemności metodą rezonansową 231
 - 2.32.4 Pomiary pojemności metodą bezpośrednią miernikiem RLC 232
 - 2.32.5 Pomiary pojemności metodą porównawczą 232
 - 2.32.6 Ćwiczenie 233
 - 2.32.7 Sprawdzenie wiadomości 235
- 2.33 Pomiary mocy w obwodach jednofazowych prądu przemiennego 236
 - 2.33.1 Wprowadzenie 236
 - 2.33.2 Prądy, napięcia i moce w obwodach prądu przemiennego 237
 - 2.33.3 Ćwiczenie 240
 - 2.33.4 Sprawdzenie wiadomości 242
- 2.34 Badanie szeregowego obwodu RLC (rezonans napięć) 243
 - 2.34.1 Wprowadzenie 243
 - 2.34.2 Szeregowy obwód RLC 243
 - 2.34.3 Częstotliwość rezonansowa 244
 - 2.34.4 Zależność napięcia na cewce i kondensatorze od częstotliwości napięcia zasilania 245
 - 2.34.5 Ćwiczenie 246
 - 2.34.6 Sprawdzenie wiadomości 248
- 2.35 Badanie równoległego obwodu RLC (rezonans prądów) 248
 - 2.35.1 Wprowadzenie 249
 - 2.35.2 Częstotliwość rezonansowa 249
 - 2.35.3 Zależność prądu cewki i kondensatora od częstotliwości napięcia zasilania 250
 - 2.35.4 Rezonans prądów w obwodzie z elementami rzeczywistymi 252
 - 2.35.5 Ćwiczenie 253
 - 2.35.6 Sprawdzenie wiadomości 254
- 2.36 Badanie obwodów trójfazowych połączonych w gwiazdę i w trójkąt 255
 - 2.36.1 Wprowadzenie 255
 - 2.36.2 Prądy, napięcia i połączenia odbiorników w obwodach trójfazowych prądu

przemiennej 257

2.36.2.1 Połączenie obwodu trójfazowego w gwiazdę 257

2.36.2.2 Połączenie obwodu trójfazowego w trójkąt 258

2.36.3 Ćwiczenie 260

2.36.4 Sprawdzenie wiadomości 262

2.37 Pomiary mocy czynnej w obwodach trójfazowych 263

2.37.1 Wprowadzenie 263

2.37.2 Układy pomiaru mocy czynnej stosowane w obwodach trójfazowych prądu
przemiennej 264

2.37.3 Ćwiczenie 267

2.37.4 Sprawdzenie wiadomości 270

2.38 Pomiary mocy biernej w obwodach trójfazowych 271

2.38.1 Wprowadzenie 271

2.38.2 Układy pomiaru mocy biernej stosowane w obwodach trójfazowych prądu
przemiennej 272

2.38.3 Ćwiczenie 274

2.38.4 Sprawdzenie wiadomości 276

2.39 Pomiary za pomocą oscyloskopu 277

2.39.1 Wprowadzenie 277

2.39.2 Budowa oscyloskopu analogowego 277

2.39.3 Zasada działania oscyloskopu analogowego 278

2.39.4 Obsługa oscyloskopu analogowego 279

2.39.5 Oscyloskopy cyfrowe 280

2.39.6 Podstawowe pomiary oscyloskopem 282

2.39.7 Ćwiczenie 285

2.39.8 Sprawdzenie wiadomości 287

2.40 Testy kontrolne 288

2.40.1 Test kontrolny nr 1 288

2.40.2 Test kontrolny nr 2 291

2.40.3 Test kontrolny nr 3 294

2.40.4 Test kontrolny nr 4 297

2.40.5	Test kontrolny nr 5	300
2.40.6	Test kontrolny nr 6	303
3	Pomiary elementów, układów i urządzeń elektronicznych	307
3.1	Pomiary parametrów diod półprzewodnikowych	307
3.1.1	Wprowadzenie	307
3.1.2	Rodzaje i parametry diod półprzewodnikowych	307
3.1.2.1	Diody prostownicze	309
3.1.2.2	Diody elektroluminescencyjne LED	311
3.1.2.3	Diody Zenera	314
3.1.2.4	Fotodiody	315
3.1.2.5	Inne diody półprzewodnikowe	316
3.1.3	Ćwiczenie	317
3.1.4	Sprawdzenie wiadomości	319
3.2	Pomiary parametrów półprzewodnikowych elementów przełączających	320
3.2.1	Wprowadzenie	320
3.2.2	Rodzaje i parametry półprzewodnikowych elementów przełączających	320
3.2.2.1	Dynistor	321
3.2.2.2	Diak	321
3.2.2.3	Tyristor	322
3.2.2.4	Triak	324
3.2.3	Ćwiczenie	326
3.2.4	Sprawdzenie wiadomości	330
3.3	Pomiary parametrów elementów optoelektronicznych	330
3.3.1	Wprowadzenie	330
3.3.2	Rodzaje elementów optoelektronicznych i ich parametry	331
3.3.2.1	Fotorezystor	331
3.3.2.2	Fototranzystor	332
3.3.2.3	Fototyristor	334
3.3.2.4	Transoptor	334
3.3.2.5	Fotoogniwo	336
3.3.3	Ćwiczenie	337

3.3.4	Sprawdzenie wiadomości	342
3.4	Pomiary parametrów tranzystorów bipolarnych i unipolarnych	342
3.4.1	Wprowadzenie	343
3.4.2	Rodzaje tranzystorów i ich parametry	343
3.4.2.1	Tranzystory bipolarne BJT	343
3.4.2.2	Tranzystory polowe (unipolarne) FET	346
3.4.2.3	Tranzystory bipolarne z izolowaną bramką IGBT	349
3.4.3	Ćwiczenie	350
3.4.4	Sprawdzenie wiadomości	356
3.5	Pomiary w układach prostowniczych	356
3.5.1	Wprowadzenie	356
3.5.2	Rodzaje i parametry prostowników	357
3.5.2.1	Prostowniki jednofazowe jedno- i dwupulsowe	357
3.5.2.2	Prostowniki trójfazowe trzy- i sześciopulsowe	359
3.5.2.3	Prostowniki sterowane	362
3.5.3	Ćwiczenie	362
3.5.4	Sprawdzenie wiadomości	363
3.6	Pomiary w układach powielaczy napięcia	364
3.6.1	Wprowadzenie	364
3.6.2	Rodzaje i parametry powielaczy napięcia	365
3.6.2.1	Symetryczny podwajacz napięcia	365
3.6.2.2	Niesymetryczny podwajacz napięcia	365
3.6.2.3	Wielostopniowy powielacz napięcia	366
3.6.3	Ćwiczenie	367
3.6.4	Sprawdzenie wiadomości	369
3.7	Pomiary w układach stabilizatorów	369
3.7.1	Wprowadzenie	369
3.7.2	Rodzaje i parametry stabilizatorów napięcia	370
3.7.2.1	Prosty stabilizator zbudowany na diodzie Zenera	370
3.7.2.2	Stabilizator szeregowy z tranzystorem regulującym	371
3.7.2.3	Stabilizator równoległy	371

3.7.2.4	Stabilizatory impulsowe	372
3.7.2.5	Stabilizatory elektroniczne trójkońcówkowe (monolityczne)	373
3.7.3	Parametry stabilizatorów napięcia	373
3.7.4	Ćwiczenie	374
3.7.5	Sprawdzenie wiadomości	375
3.8	Pomiary w układach kształtujących przebiegi elektryczne	376
3.8.1	Wprowadzenie	376
3.8.2	Podstawowe pojęcia	377
3.8.3	Układy kształtujące przebiegi elektryczne	378
3.8.3.1	Układ całkujący	378
3.8.3.2	Układ różniczkujący	381
3.8.3.3	Układy ograniczające napięcie	382
3.8.4	Ćwiczenie	385
3.8.5	Sprawdzenie wiadomości	387
3.9	Pomiary w układach zasilaczy	388
3.9.1	Wprowadzenie	388
3.9.2	Budowa zasilaczy sieciowych	389
3.9.2.1	Zasilacz impulsowy	389
3.9.2.2	Zasilacz liniowy (tradycyjny)	390
3.9.2.3	Zasilacz bezprzerwowy UPS	391
3.9.3	Parametry zasilaczy	391
3.9.4	Ćwiczenie	392
3.9.5	Sprawdzenie wiadomości	394
3.10	Pomiary w układach wzmacniaczy	395
3.10.1	Wprowadzenie	395
3.10.2	Budowa wzmacniaczy elektronicznych	395
3.10.2.1	Wzmacniacze z tranzystorami bipolarnymi	396
3.10.2.2	Wzmacniacze z tranzystorami unipolarnymi	401
3.10.3	Parametry wzmacniaczy	402
3.10.4	Ćwiczenie	402
3.10.5	Sprawdzenie wiadomości	403

3.11	Pomiary w układach ze wzmacniaczem operacyjnym	404
3.11.1	Wprowadzenie	404
3.11.2	Układy pracy wzmacniaczy operacyjnych	405
3.11.2.1	Wzmacniacz odwracający	405
3.11.2.2	Wzmacniacz nieodwracający	406
3.11.2.3	Wzmacniacz sumujący	407
3.11.2.4	Wzmacniacz odejmujący	408
3.11.2.5	Wtórnik napięcia	409
3.11.3	Parametry wzmacniaczy operacyjnych	410
3.11.4	Ćwiczenie	410
3.11.5	Sprawdzenie wiadomości	411
3.12	Pomiary w układach filtrów częstotliwościowych	411
3.12.1	Wprowadzenie	412
3.12.2	Układy filtrów częstotliwościowych	413
3.12.2.1	Filtr dolnoprzepustowy	413
3.12.2.2	Filtr górnoprzepustowy	414
3.12.3	Filtry aktywne	415
3.12.3.1	Filtry aktywne dolnoprzepustowe	415
3.12.3.2	Filtry aktywne górnoprzepustowe	416
3.12.4	Parametry filtrów częstotliwościowych	416
3.12.5	Ćwiczenie	417
3.12.6	Sprawdzenie wiadomości	418
3.13	Pomiary w układach generatorów	419
3.13.1	Wprowadzenie	419
3.13.2	Układy generatorów	420
3.13.2.1	Generator RC i CR	420
3.13.2.2	Generator LC z dzieloną pojemnością – Colpittsa	421
3.13.2.3	Generator LC z dzieloną indukcyjnością – Hartleya	423
3.13.2.4	Generator LC Meissnera	424
3.13.2.5	Generator przebiegu prostokątnego i trójkątnego	425
3.13.3	Zastosowanie generatorów	426

3.13.4	Parametry generatorów	426
3.13.5	Ćwiczenie	426
3.13.6	Sprawdzenie wiadomości	430
3.14	Badanie bramek logicznych	431
3.14.1	Wprowadzenie	431
3.14.2	Algebra Boole'a	431
3.14.3	Bramki logiczne	433
3.14.4	Ćwiczenie	434
3.14.5	Sprawdzenie wiadomości	438
3.15	Synteza układów kombinacyjnych	438
3.15.1	Wprowadzenie	438
3.15.2	Dwójkowy system zapisu liczb	439
3.15.3	Realizacja układów logicznych na bramkach	440
3.15.4	Minimalizacja funkcji logicznych	441
3.15.5	Ćwiczenie	445
3.15.6	Sprawdzenie wiadomości	445
3.16	Badanie konwerterów kodów	446
3.16.1	Wprowadzenie	446
3.16.2	Kodery	447
3.16.3	Dekodery	448
3.16.4	Ćwiczenie	449
3.16.5	Sprawdzenie wiadomości	451
3.17	Badanie multiplexerów	451
3.17.1	Wprowadzenie	452
3.17.2	Łączenie multiplexerów	452
3.17.3	Realizacja funkcji logicznych	453
3.17.4	Ćwiczenie	454
3.17.5	Sprawdzenie wiadomości	456
3.18	Badanie demultiplexerów	457
3.18.1	Wprowadzenie	457
3.18.2	Łączenie demultiplexerów	458

- 3.18.3 Ćwiczenie 458
- 3.18.4 Sprawdzenie wiadomości 460
- 3.19 Badanie przerzutników 461
 - 3.19.1 Wprowadzenie 461
 - 3.19.2 Najczęściej stosowane przerzutniki 462
 - 3.19.3 Sposoby wyzwalania przerzutników 464
 - 3.19.4 Parametry przerzutników 464
 - 3.19.5 Dwójka licząca 465
 - 3.19.6 Ćwiczenie 465
 - 3.19.7 Sprawdzenie wiadomości 469
- 3.20 Badanie liczników asynchronicznych 470
 - 3.20.1 Wprowadzenie 470
 - 3.20.2 Budowa liczników asynchronicznych modulo K 470
 - 3.20.3 Liczniki asynchroniczne w technologii scalonej 472
 - 3.20.4 Realizacja liczników mod K na układzie 7490 473
 - 3.20.5 Licznik dwudekadowy na układzie 7490 474
 - 3.20.6 Ćwiczenie 475
 - 3.20.7 Sprawdzenie wiadomości 476
- 3.21 Badanie liczników synchronicznych 477
 - 3.21.1 Wprowadzenie 477
 - 3.21.2 Zasada działania liczników synchronicznych 477
 - 3.21.3 Liczniki synchroniczne w technologii scalonej 478
 - 3.21.4 Ćwiczenie 479
 - 3.21.5 Sprawdzenie wiadomości 482
- 3.22 Badanie rejestrów 483
 - 3.22.1 Wprowadzenie 483
 - 3.22.2 Rejestry równoległe 484
 - 3.22.3 Rejestry szeregowo 484
 - 3.22.4 Rejestry scalone 485
 - 3.22.5 Ćwiczenie 487
 - 3.22.6 Sprawdzenie wiadomości 488

3.23 Badanie scalonych układów cyfrowych 489

3.23.1 Wprowadzenie 489

3.23.2 Minialarm domowy 489

3.23.2.1 Tablica prawdy – określenie wartości wyjścia układu w zależności od stanu wejść 489

3.23.2.2 Metoda Karnaugh'a i jej reguły 491

3.23.2.3 Od wzoru do schematu elektrycznego 492

3.23.3 Ćwiczenie 497

3.23.4 Sprawdzenie wiadomości 498

3.24 Testy kontrolne 499

3.24.1 Test kontrolny nr 1 499

3.24.2 Test kontrolny nr 2 502

3.24.3 Test kontrolny nr 3 506

3.24.4 Test kontrolny nr 4 509

Bibliografia 512

Źródła ilustracji 513

Rozwiązania testów kontrolnych 517