

Opis

Napisany zgodnie z podstawą programową kształcenia w zawodach z 2017 roku, bogato ilustrowany podręcznik poświęcony pomiarom elektrycznym i elektronicznym. Opisano w nim zagadnienia związane z bezpieczeństwem i higieną pracy podczas wykonywania pomiarów, z pomiarami wielkości elektrycznych (w tym m.in. z techniką wykonywania pomiarów, narzędziami i przyrządami pomiarowymi, a także opracowaniem wyników pomiarów) oraz z pomiarami elementów, układów i urządzeń elektronicznych (w tym m.in. elektronicznych elementów i układów analogowych oraz elektronicznych układów cyfrowych). Na końcu każdego podrozdziału zamieszczono przykładowe ćwiczenie dotyczące danego zagadnienia oraz pytania i polecenia kontrolne, umożliwiające uczniowi samoocenę stopnia opanowania materiału.

Książka jest przeznaczona dla uczniów kształcących się w zawodach technika elektryka i elektryka oraz uczestników kwalifikacyjnych kursów zawodowych w zakresie kwalifikacji EE.05. *Montaż, uruchamianie i konserwacja instalacji, maszyn i urządzeń elektrycznych.*

Nr ewidencyjny w wykazie podręczników MEN: 1.22./2018

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 porażień 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 szeregowe 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 Pomiar i zmiana wartości napięć w energetyce 201
 - 2.29.3 Pomiar 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 Pomiar indukcyjności własnej metodami techniczną, rezonansową i innymi 220
 - 2.31.1 Wprowadzenie 220
 - 2.31.2 Pomiar indukcyjności własnej metodą techniczną 221
 - 2.31.3 Pomiar indukcyjności własnej metodą rezonansową 223
 - 2.31.4 Pomiar indukcyjności własnej metodą bezpośrednią miernikiem RLC 224
 - 2.31.5 Pomiar 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 przemiennego 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 przemiennego 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 przemiennego 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	Tyrystor	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	