

Podręcznik do kształcenia w zawodach

**elektryk
technik elektryk**



**Michał Cedro
Daniel Wilczkowski**

Pomiary elektryczne i elektroniczne

Kwalifikacja EE.05

Wydawnictwa Komunikacji i Łączności
Warszawa

Projekt okładki i wnętrza: *Dariusz Litwiniec*
Konsultacja merytoryczno-metodyczna: *mgr inż. Maria Krogulec-Sobowiec*
Opracowanie językowe: *mgr Barbara Głuch*
Redaktor merytoryczny: *mgr inż. Zbigniew Otczyński*
Redaktor techniczny: *mgr inż. Ewa Kęsicka*
Korekta: *Zespół*

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania oraz wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia w zawodach na podstawie opinii rzeczoznawców: *dr Małgorzaty Burty, mgr inż. Gerarda Lipińskiego, mgr inż. Piotra Zbysińskiego.*

Typ szkoły: **branżowa szkoła I stopnia i technikum.**
Zawody: **elektryk i technik elektryk.**
Kwalifikacja: **EE.05. Montaż, uruchamianie i konserwacja instalacji, maszyn i urządzeń elektrycznych.**

Rok dopuszczenia: **2018.**

621.3.8+621.38

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.

Odbiorcy: uczniowie kształcący się w zawodach technik elektryk i elektryk oraz uczestnicy kwalifikacyjnych kursów zawodowych w zakresie kwalifikacji EE.05. Montaż, uruchamianie i konserwacja instalacji, maszyn i urządzeń elektrycznych.

ISBN 978-83-206-1997-3

© Copyright by Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o., Warszawa 2018

Podręcznik szkolny dotowany przez Ministra Edukacji Narodowej.

Znaki handlowe oraz nazwy firm i produktów zaprezentowane lub wymienione w książce należą do ich właścicieli i zostały użyte tylko w celach informacyjnych lub ilustracyjnych.

Utwór ani w całości, ani w fragmentach nie może być skanowany, kserowany, powielany bądź rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, w tym również nie może być umieszczany ani rozpowszechniany w postaci cyfrowej zarówno w Internecie, jak i w sieciach lokalnych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o.
ul. Kazimierzowska 52, 02-546 Warszawa

Wydanie 1. Warszawa 2018

Objętość 30 ark. wyd. Nakład 1400 egz.

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 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 przemianego	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 przemianego	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 przemianego	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	Fototryistor	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 multiplekserów	451
3.17.1	Wprowadzenie	452
3.17.2	Łączenie multiplekserów	452
3.17.3	Realizacja funkcji logicznych	453
3.17.4	Ćwiczenie.	454
3.17.5	Sprawdzenie wiadomości	456
3.18	Badanie demultiplekserów	457
3.18.1	Wprowadzenie	457
3.18.2	Łączenie demultiplekserów	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

Niniejszy podręcznik napisaliśmy dla uczniów techników i szkół branżowych I stopnia kształcących się w zawodach technika elektryka i elektryka oraz dla uczestników kursów zawodowych w zakresie kwalifikacji EE.05. *Montaż, uruchamianie i konserwacja instalacji, maszyn i urządzeń elektrycznych*. Zagadnienia przedstawione w książce są zgodne z podstawą programową kształcenia w zawodach z 2017 roku. Zawierają treści z zakresu wspólnych efektów kształcenia, stanowiących podbudowę do kształcenia w zawodzie lub grupie zawodów oznaczonych kodem PKZ dotyczących technika elektryka i elektryka.

Podręcznik ten ma stanowić pomoc w zajęciach praktycznych, dlatego każdy podrozdział (nawet ten, który wydaje się czysto teoretyczny) zawiera propozycję ćwiczeń laboratoryjnych wraz z instrukcjami. Natomiast wiadomości teoretyczne podane w każdym podrozdziale umożliwiają stworzenie także innych zadań pomiarowych przez nauczyciela prowadzącego zajęcia w pracowni. Podręcznik podzieliliśmy na trzy rozdziały, z których każdy stanowi spójną całość i traktuje o odrębnych zagadnieniach z zakresu elektrotechniki i elektroniki. W rozdziale pierwszym skupiliśmy się na bezpieczeństwie wykonywania pomiarów elektrycznych i elektronicznych. Drugi rozdział przedstawia podstawowe przyrządy pomiarowe wykorzystywane w elektrotechnice oraz typowe pomiary przeprowadzane za ich pomocą. W trzecim rozdziale opisaliśmy elektroniczne układy analogowe i cyfrowe, jak również sposoby wyznaczania ich parametrów. Natomiast podrozdziały drugiego rzędu stanowią odrębne ćwiczenia laboratoryjne. Na początku każdego z nich podajemy, co zawiera dany podrozdział (blok „**Z tego podrozdziału dowiesz się:**”). W kolejnym module skupiamy się na teorii niezbędnej do poprawnego i przede wszystkim bezpiecznego wykonania danego ćwiczenia. Dalej opisany jest przykładowy tok postępowania podczas pomiarów. Ma on strukturę tak zwanego tekstu przewodniego w celu realizacji metody dydaktycznej umożliwiającej samodzielne wykonanie zadania przy wsparciu konsultacyjnym nauczyciela i pod jego nadzorem. Całości dopełnia blok umożliwiający sprawdzenie poziomu przyswojenia wiedzy z danego tematu. Składają się na niego: „**Pytania i polecenia kontrolne**” (usystematyzowanie wiadomości teoretycznych) oraz „**Sprawdź, czy potrafisz:**” (ugruntowanie umiejętności praktycznych).

Mamy nadzieję, że samodzielne wykonanie ćwiczeń zaproponowanych w podręczniku ułatwi zgłębienie tajników prawidłowego wykonywania pomiarów oraz przyczyni się do praktycznego opanowania umiejętności, które towarzyszą pracy każdego fachowca branży elektrycznej.

BHP podczas wykonywania pomiarów elektrycznych

Zagrożenia wynikające z działania prądu elektrycznego na organizm ludzki

1.1

Z tego podrozdziału dowiesz się:

- dlaczego podczas pracy z urządzeniami zasilanymi energią elektryczną należy zachować szczególną ostrożność,
- jakie są najczęstsze przyczyny porażen prądem elektrycznym,
- jakie czynniki decydują o sile porażenia,
- jak prąd elektryczny, przepływając przez ciało człowieka, wpływa na jego poszczególne organy.

Wprowadzenie

1.1.1

Energia elektryczna jest najdogodniejszą postacią energii pod względem eksploatacyjnym. Wystarczy rozejrzeć się wokół, żeby stwierdzić prawdziwość powyższego zdania. W każdym gospodarstwie domowym znajdziemy co najmniej kilkanaście urządzeń codziennego użytku działających dzięki energii elektrycznej. Także przemysł i rolnictwo w dzisiejszych czasach nie są w stanie poprawnie funkcjonować bez elektryczności. Powszechna dostępność elektryczności jest bez wątpienia dobrodziejstwem. Musimy sobie jednak zdawać sprawę, iż użytkowanie energii elektrycznej wiąże się również z dużą odpowiedzialnością i ryzykiem. Każdy(a) z nas zapewne słyszał(a) nie raz o wypadkach porażenia prądem elektrycznym. Jednak nie do końca zdawaliśmy sobie wtedy sprawę, co tak naprawdę dzieje się z organizmem ludzkim, gdy przepływa przez niego prąd elektryczny. Na to pytanie postaramy się odpowiedzieć w tym rozdziale podręcznika. Wiedza tu zawarta na pewno przyczyni się do przestrzegania zasad BHP podczas eksploatacji urządzeń będących pod napięciem.

Przyczyny porażen prądem elektrycznym

1.1.2

Przyczyn porażen jest bardzo wiele. Jednak analiza wypadków podczas eksploatacji urządzeń elektrycznych pozwoliła na wskazanie najczęstszych. Są to:

- nieznanomość przepisów BHP lub ich lekceważenie;
- nieznanomość instrukcji obsługi urządzenia lub jej lekceważenie;
- nieostrożność i niedbałość podczas wykonywania pracy;

- zła organizacja pracy lub jej całkowity brak;
- brak wiedzy i umiejętności;
- wykorzystywanie podczas pracy niesprawnych lub uszkodzonych narzędzi i przyrządów;
- brak należytej koncentracji podczas pracy (rutyna) – zapewne każdy słyszał jakże niemądre powiedzenie: „elektryka prąd nie tyka”, właśnie przez to nawet elektrycy z długoletnim stażem ulegają porażeniom;
- nieszczęśliwy zbieg okoliczności.

Jeżeli zaistnieje przynajmniej jeden z powyższych powodów, najczęściej dochodzi do dotknięcia **części czynnych** (znajdujących się pod napięciem podczas normalnej pracy urządzenia) lub **części przewodzących dostępnych** (mogących znaleźć się pod napięciem w wyniku przebicia) i następuje przepływ prądu rażeniowego przez ciało człowieka.

1.1.3 Czynniki decydujące o stopniu porażenia prądem elektrycznym

O tym, jak poważne skutki będzie miał przepływ prądu przez organizm ludzki, decydują niżej wymienione czynniki.

Rodzaj prądu rażeniowego

Prąd elektryczny stały (przepływający w jednym kierunku) powoduje inne obrażenia niż prąd przemienny (którego kierunek przepływu się zmienia). Z doświadczenia wiadomo, że człowiek wykazuje większą wrażliwość na działanie prądu przemiennego niż stałego o takim samym natężeniu. Także szybkość zmian kierunku przepływu prądu przemiennego, zwana częstotliwością, ma istotny wpływ na skutki porażenia.

Wartość natężenia prądu rażeniowego

Nikomiu nie trzeba tłumaczyć, że im większe natężenie prądu, tym większe wywoła spustoszenia w organizmie człowieka. Z wartością prądu rażeniowego są związane następujące pojęcia:

- próg czucia – najmniejsza wartość prądu elektrycznego, który przepływając przez elektrodę trzymaną w dłoni, powoduje odczuwanie (czasem mówimy „mrowienie”); wartość ta jest różna dla mężczyzn i kobiet ze względu na różną grubość skóry i jej inny odczyn chemiczny i wynosi:
 - dla mężczyzn 5 mA (prąd stały) i 1,1 mA (prąd przemienny),
 - dla kobiet 3,5 mA (prąd stały) i 0,7 mA (prąd przemienny);
- prąd samouwolnienia – największa wartość natężenia prądu rażeniowego, przy której pomimo skurczu mięśni zginających palce człowiek jest jeszcze w stanie sam oderwać się od przewodnika; tu również wartość natężenia prądu jest różna dla mężczyzn i kobiet, jednak żeby uniknąć nieporozumień przyjęto wartość 10 mA dla prądu przemiennego i 30 mA dla prądu stałego przy skokowych zmianach.

Czas przepływu prądu rażeniowego przez organizm

Jeżeli ograniczymy czas trwania porażenia do około 0,5 s (a to jest zadanie odpowiednio dobranych zabezpieczeń przeciwporażeniowych), to skutki będą znacznie łagodniejsze. Ma to związek przede wszystkim z wystąpieniem migotania komór serca.

Droga przepływu prądu przez ciało człowieka

Im większa część prądu rażeniowego przepływa przez serce, tym porażenie jest cięższe. Człowiek najczęściej zamyka obwód elektryczny poprzez kontakt ręki (napięcie dotykowe) lub nogi (napięcie krokowe) z elementami urządzeń znajdujących się pod napięciem. W związku z tym rozróżniamy następujące drogi przepływu prądu rażeniowego (współczynnik pokazuje część ogólnego prądu rażenia przepływającą przez serce):

- a) ręka – ręka – 3,3%,
- b) lewa ręka – nogi – 3,7%,
- c) prawa ręka – nogi – 6,7% (dzieje się tak, ponieważ oś podłużna serca leży na tej drodze),
- d) noga – noga – 0,4%.

Stan psychofizyczny porażonego

Z własnych doświadczeń wiemy, że jeżeli jesteśmy zmęczeni, zdenerwowani, przestraszeni itp., to następuje większe wydzielanie potu. Skutkiem tego jest zmniejszenie rezystancji ciała i w przypadku porażenia, zgodnie z prawem Ohma, przepływ większego prądu niż w normalnych warunkach. Warto też zwrócić uwagę na fakt, iż po spożyciu alkoholu rezystancja ciała ludzkiego także maleje.

Skutki przepływu prądu elektrycznego przez organizm człowieka

1.1.4

Jak już wiemy, jednym z czynników decydujących o stopniu porażenia jest rodzaj prądu rażeniowego. Zatem prześledźmy, co dzieje się z ciałem ludzkim podczas przepływu przez nie prądu stałego oraz przemiennego o różnych częstotliwościach.

Prąd stały

Zapewne znany z biologii jest fakt, że ciało ludzkie w około 60% składa się z różnego rodzaju płynów ustrojowych (płyny wewnątrzkomórkowe i płyny przestrzeni pozakomórkowej). Mają one odpowiednie stężenie jonów, które decyduje o prawidłowej pracy poszczególnych narządów. Natomiast fizyka uczy nas o procesie elektrolizy, czyli zmianie rozkładu jonów w substancjach (najczęściej ciekłych) pod wpływem przepływającego prądu stałego. Jeżeli połączymy te dwa fakty, od razu zauważymy, jak przepływ prądu stałego oddziałuje na żywy organizm. Podczas porażenia następuje elektroliza płynów ustrojowych, co prowadzi do zaburzeń w pracy organów. Jeśli porażenie trwa dostatecznie długo, zmiany te mogą być nieodwracalne i następuje zgon. Ponadto prąd, przepływając przez przewodnik, a tak należy traktować ciało ludzkie podczas porażenia, powoduje jego nagrzewanie. Zatem kolejnym skutkiem będą poparzenia, których stopień zależy od natężenia prądu i czasu jego przepływu.

Prąd przemienny o częstotliwości przemysłowej 50–60 Hz

Z prądem tym mamy najczęściej do czynienia, gdyż jest on powszechnie wykorzystywany do zasilania większości urządzeń zarówno domowych, jak i przemysłowych. Niestety, jest on również najniebezpieczniejszy, ponieważ przy tej częstotliwości dochodzi do fibrylacji

serca. Porażenie prądem o częstotliwości przemysłowej wpływa negatywnie praktycznie na wszystkie układy ludzkiego organizmu.

- **Układ krwionośny**

Podczas przepływu prądu przez serce często dochodzi do wspomnianej już fibrylacji serca, inaczej zwanej migotaniem komór serca. Polega ona na tym, że komory zamiast pracować miarowo zaczynają kurczyć się nieokresowo około 500 razy na minutę. Powoduje to spadek ciśnienia krwi, a nawet zatrzymanie krążenia. Skutkiem tego jest utrata przytomności. Jednak fibrylacja nie występuje zawsze. Jeżeli porażenie trwa do 0,2 s, to praktycznie nie wystąpi. Przy dłuższych impulsach decyduje moment porażenia. Jeśli jest to skurcz komory, to prawdopodobieństwo zaistnienia migotania jest niewielkie.

- **Układ mięśniowy i kostny**

W telewizji niekiedy jest pokazywana reklama urządzenia do bezwysiłkowego spalania tkanki tłuszczowej i rzeźbienia muskulatury. Jego praca polega na tym, że przymocowane do konkretnej części ciała wysyła impuls elektryczny, który mimo woli człowieka powoduje skurcz mięśnia. Zatem naocznie możemy się przekonać, że prąd elektryczny, przepływając przez mięśnie, powoduje ich skurcz. Oczywiście we wspomnianym urządzeniu wartość i czas impulsu elektrycznego są ściśle kontrolowane, natomiast podczas porażenia nie mamy wpływu na te parametry. Przy dużym natężeniu prądu rażeniowego skurcz może być na tyle silny, że dochodzi do przerwania włókien mięśniowych, zerwania ścięgien i naruszenia struktury kości.

- **Układ oddechowy**

Oddychanie człowieka można porównać do pracy miecha kowalskiego. Gdy kowal chce podsyć ogień za pomocą strumienia powietrza, wykorzystuje właśnie to urządzenie.

Rozciągając je własnymi rękami, powoduje napełnienie miecha powietrzem.

Następnie, wykonując nacisk na miech, powoduje podmuch. Podobnie ma się rzecz z płucami. Same z siebie nie mogą pracować (tak jak miech sam nie dmucha, tylko potrzebuje kowala). Funkcję „kowala” w układzie oddechowym pełni mięsień zwany przeponą. To jego prawidłowa praca umożliwia oddychanie. W momencie porażenia następuje skurcz przepony, wydech powietrza i niemożność ponownego zaczerpnięcia tlenu. W efekcie może dojść do uduszenia.

- **Skóra**

Wnikając do ciała ludzkiego, prąd elektryczny musi pokonać opór skóry. W normalnych warunkach przyjmuje się rezystancję ciała ludzkiego na poziomie około 1000 Ω . Zatem naturalne jest, że podczas porażenia wydziela się ciepło. Skóra ulega nagrzananiu i dochodzi do poparzeń, które mogą być groźne dla życia nawet po ustaniu działania prądu elektrycznego.

- **Układ nerwowy**

Jak już wiemy, podczas porażenia wydziela się energia w postaci ciepła. Wszystkie narządy organizmu ludzkiego są wrażliwe na wzrost temperatury, lecz najbardziej czuły jest mózg. Przy dostatecznie dużej ilości ciepła już w ciągu kilku sekund może dojść w nim do nieodwracalnych zmian.

Prąd przemienny o wysokiej częstotliwości (powyżej 1000 Hz)

Badania wykazały, że im większa częstotliwość prądu rażeniowego, tym płycej wnika on w ludzki organizm. Zatem w przypadku porażenia takim prądem można mówić w zasadzie „tylko” o poparzeniach.

Pośrednie działanie prądu elektrycznego

1.1.5

Jeżeli prąd elektryczny przepływa przez ciało człowieka, to powoduje skutki, o których mowa była poprzednio. Jest to bezpośrednie działanie prądu rażeniowego. Natomiast pośrednie działanie prądu występuje, gdy obrażenia nie są wywołane przepływem prądu przez organizm, natomiast są następstwem obecności prądu elektrycznego. Zaliczamy do nich poniższe przypadki.

Upadek z wysokości i związane z nim obrażenia

Najczęściej dzieje się tak na budowach. W momencie porażenia następuje odruchowa reakcja „odrzućcia” od przewodnika (jeżeli wartość prądu jest niższa niż prąd samouwolnienia). Porażenie samo w sobie jest wtedy niegroźne, ale jeśli sytuacja ma miejsce na dużej wysokości, na przykład na rusztowaniu, to człowiek może spaść.

Działanie łuku elektrycznego

Łuk elektryczny można potraktować w dużym uproszczeniu jako przepływ prądu elektrycznego przez zjonizowane powietrze (lub inny gaz). Zjawisku temu towarzyszy wydzielanie się bardzo dużej ilości energii cieplnej i świetlnej. Dzięki temu znalazło ono szerokie zastosowanie w przemyśle (spawanie elektryczne, piece łukowe, oświetlenie łukowe itp.). W takim przypadku łuk elektryczny jest pod ścisłą kontrolą. Jednak zapłon może nastąpić również samoistnie i w sposób niekontrolowany, na przykład podczas rozwierania styków wyłączników. Dochodzi wtedy do uszkodzeń mechanicznych skóry (ma to postać ran ciętych), a także świetlnych uszkodzeń oczu (dlatego spawacz ma odpowiednią maskę chroniącą wzrok).

Ćwiczenie

1.1.6

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest nabycie umiejętności wskazywania najczęstszych przyczyn porażen prądem elektrycznym, czynników decydujących o tym, jak ciężkie będzie porażenie, oraz skutków przepływu prądu elektrycznego przez organizm ludzki. Dzięki znajomości tych zagadnień nie zaniedbasz żadnych środków ostrożności podczas pracy z urządzeniami elektrycznymi.

Przebieg ćwiczenia

Wykorzystując aktywizujące metody pracy (np. mapę myśli), opracuj następujące zagadnienia:

1. przyczyny porażen prądem elektrycznym,
2. czynniki wpływające na stopień porażenia,
3. skutki przepływu prądu przez organizm ludzki,
4. pośrednie działanie prądu elektrycznego na człowieka.

W ramach sprawozdania przygotuj prezentację multimedialną na jeden z powyższych tematów (wybrany przez prowadzącego).

1.1.7 Sprawdzenie wiadomości

Pytania i polecenia kontrolne

1. Jaka jest różnica między częściami czynnymi a częściami przewodzącymi w urządzeniach elektrycznych?
2. Jakie czynniki decydują o stopniu porażenia prądem elektrycznym?
3. Co to jest prąd samouwolnienia?
4. Wymień negatywne skutki przepływu prądu stałego przez ciało człowieka.
5. Na czym polega pośrednie działanie prądu elektrycznego na organizm ludzki?

Samocena nabytych wiadomości i umiejętności

Sprawdź, czy potrafisz:

- wskazać różnice między działaniem pośrednim a bezpośrednim prądu elektrycznego na organizm ludzki;
- wyjaśnić zależność stopnia porażenia od drogi przepływu prądu rażeniowego przez ciało ludzkie;
- opisać w uproszczeniu działanie ludzkiego układu oddechowego i wyjaśnić zaburzenia powstałe w wyniku przepływu przez niego prądu elektrycznego.

Jeżeli wykonanie wszystkich podanych poleceń nie sprawiło Ci trudności, gratulujemy – założone cele zostały osiągnięte i możesz przejść do podrozdziału 1.2.

Jeśli jednak nie udało Ci się wykonać choćby jednego z podanych poleceń, musisz powrócić jeszcze do odpowiedniej partii materiału w podrozdziale 1.1.

1.2 Zasady BHP podczas wykonywania pomiarów elektrycznych i elektronicznych

Z tego podrozdziału dowiesz się:

- w jaki sposób postępować, aby uniknąć zagrożeń wynikających z nieprawidłowej eksploatacji sprzętu elektrycznego;
- jakie są ogólne zasady bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania pomiarów elektrycznych i elektronicznych, ze szczególnym uwzględnieniem zajęć w pracowni elektrycznej i elektronicznej.

1.2.1 Wprowadzenie

Lekcje, podczas których są wykonywane pomiary elektryczne lub elektroniczne, zdecydowanie różnią się od typowych zajęć szkolnych, jakie znaliśmy do tej pory. Będą one wymagać przyswojenia wiedzy teoretycznej przed przystąpieniem do ćwiczeń, a podczas ich trwania – dużej samodzielności. Wynika to ze specyfiki nauczania tego przedmiotu, gdzie główną metodą dydaktyczną jest metoda tekstu przewodniego, którym jest instruk-

cja do ćwiczenia (zawarta w niniejszym podręczniku lub opracowana w szkole). Nauczyciela prowadzącego należy zatem postrzegać jako:

- *mentora*, który podczas wprowadzenia do ćwiczeń objaśnia sposób ich wykonywania i opracowania wyników;
- *nadzorcę*, który w czasie ćwiczeń czuwa nad bezpieczeństwem uczniów i prawidłowym wykonywaniem przez nich pracy.

W każdym z ćwiczeń możemy wyodrębnić dwie części. Są nimi: praktyka (połączenie obwodów i wykonanie pomiarów) oraz opracowanie wyników (przygotowanie sprawozdania z ćwiczenia).

W części praktycznej najpierw należy połączyć obwód pomiarowy zgodnie ze schematem montażowym i przepisami BHP. Następnie należy wykonać pomiary według wytycznych zawartych w instrukcji laboratoryjnej i wskazówek prowadzącego.

Opracowanie wyników polega na narysowaniu charakterystyk badanych elementów i urządzeń (nie wszystkie ćwiczenia wymagają wykreślenia charakterystyk) oraz wyciągnięciu wniosków z uzyskanych wyników.

Spełnienie powyższych wymagań jest konieczne do zaliczenia ćwiczenia (otrzymania oceny pozytywnej).

Przepisy BHP

1.2.2

W celu zapewnienia prawidłowego i sprawnego przebiegu ćwiczenia oraz przede wszystkim bezpiecznego wykonania pomiarów, należy ściśle przestrzegać poniższych wymogów.

1. Przychodząc na zajęcia, uczeń powinien być przygotowany teoretycznie i praktycznie do wykonywania ćwiczeń zgodnie z ustalonym podczas wprowadzenia harmonogramem.
2. Przed przystąpieniem do wykonywania ćwiczeń należy pobrać od nauczyciela aparaturę kontrolno-pomiarową oraz przewody, zwracając uwagę na ich stan techniczny. Wszelkie zauważone uszkodzenia przewodów, przyrządów, urządzeń lub stanowisk pomiarowych należy natychmiast zgłosić nauczycielowi.
3. Układy pomiarowe i wszelkiego rodzaju połączenia należy wykonywać w stanie beznapięciowym, zgodnie ze schematem i zaleceniami nauczyciela. W celu uniknięcia pomyłek podczas łączenia obwodów pomiarowych i lepszego zrozumienia zasady pomiaru, słuszne jest połączenie najpierw obwodów prądowych, a następnie napięciowych. Przewody, w których będzie płynął duży prąd (należące do obwodów prądowych), powinny mieć większy przekrój poprzeczny i mieć końcówki widełkowe (rys. 1.1) przeznaczone do zacisków śrubowych (zapewniających pewniejsze połączenie). W obwodach napięciowych można stosować przewody o mniejszym przekroju z wtykami „banankowymi” (rys. 1.2).
4. Po wykonaniu i sprawdzeniu układu połączeń lub po dokonaniu w nich zmian, należy przed załączeniem napięcia powiadomić nauczyciela, aby jeszcze raz sprawdził układ.
5. Podczas wykonywania ćwiczenia należy zajmować ściśle określone miejsce przy własnym stanowisku, ograniczając do minimum poruszanie się po pomieszczeniu.
6. Niedopuszczalne jest przenoszenie przyrządów i urządzeń pomiarowych na inne stanowiska bez zgody nauczyciela.
7. Wymiana bezpieczników, naprawa przyrządów i urządzeń pomiarowych oraz urządzeń zasilających wymaga bezwzględnej zgody nauczyciela.



Rys. 1.1 | Widelkowe końcówki przewodów do łączenia obwodów pomiarowych



Rys. 1.2 | „Banankowe” końcówki przewodów do łączenia obwodów pomiarowych

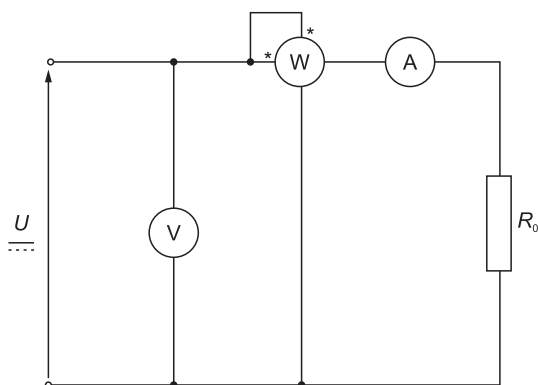
8. Stanowisko pomiarowe powinno być tak skonstruowane, aby między źródłem prądu a badanym obwodem był umieszczony wyłącznik, a jeden z ćwiczących znajdował się obok niego.
9. Nie wolno dotykać przewodów, przyrządów i urządzeń elektrycznych, a zwłaszcza ich nieizolowanych części po załączeniu obwodu pod napięcie.
10. Obwód można rozłączyć i rozmontować po uprzednim wyłączeniu go spod napięcia.
11. Należy zachować szczególne środki ostrożności przy wyłączaniu i załączaniu do obwodu kabli i kondensatorów, tj. układów o dużej pojemności i indukcyjności. Przed załączeniem do obwodu kabli i kondensatorów należy je uprzednio rozładować przez zwarcie zacisków kondensatora lub żył kabla.
12. Wszystkie zauważone nienormalne stany pracy obwodu, usterki lub uszkodzenia budzące wątpliwości wymagają natychmiastowego wyłączenia układu spod napięcia i powiadomienia o tym nauczyciela.
13. W przypadku wystąpienia pożaru w pracowni należy natychmiast wyłączyć zasilanie, powiadomić nauczyciela, spokojnie przystąpić do ewakuacji i w miarę możliwości do gaszenia źródła ognia znajdującymi się w pracowni gaśnicami.

1.2.3 Ćwiczenie

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie przepisów BHP podczas wykonywania pomiarów elektrycznych i elektronicznych oraz nabycie umiejętności organizowania pracy w pracowni elektrycznej i elektronicznej zgodnie z tymi przepisami. Ponadto ćwiczenie ma na celu zapoznanie uczniów z zasadami prawidłowego i przejrzystego łączenia obwodów pomiarowych.

Schemat pomiarowy



Rys. 1.3

Przykładowy schemat pomiarowy do ćwiczenia łączenia obwodów prądowych i pomiarowych

Przebieg ćwiczenia

Uwaga. Całe ćwiczenie jest wykonywane w stanie beznapięciowym!

1. Na zadanych przez prowadzącego schematach pomiarowych (np. rys. 1.3) wyodrębnij obwody prądowe i napięciowe.
2. Dobierz odpowiednie przewody do obwodów prądowych i napięciowych.
3. Połącz obwody pomiarowe zgodnie z zasadą, że najpierw łączymy obwody prądowe, a następnie napięciowe.
4. Zasymuluj proces zmiany konfiguracji obwodu pomiarowego zgodnie z wytycznymi podanymi przez prowadzącego i obowiązującymi w pracowni przepisami BHP.

Sprawdzenie wiadomości

1.2.4

Pytania i polecenia kontrolne

1. Z jakich części składają się zajęcia w pracowni?
2. Na czym polega opracowanie wyników pomiarów?
3. Co to są wtyki „banankowe”?
4. Kiedy można podać zasilanie na badany układ?
5. Kiedy można wyłączyć zasilanie stanowiska laboratoryjnego?

Samoocena nabytych wiadomości i umiejętności

Sprawdź, czy potrafisz:

- wskazać różnice między przewodami z wtykami „banankowymi” a przewodami z końcówkami widelkowymi, ze szczególnym uwzględnieniem ich przeznaczenia;
- przedstawić prawidłową kolejność wykonywanych czynności, gdy zaistnieje potrzeba zmiany konfiguracji obwodu pomiarowego.

Jeżeli wykonanie wszystkich podanych poleceń nie sprawiło Ci trudności, gratulujemy – założone cele zostały osiągnięte i możesz przejść do podrozdziału 1.3.

Jeśli jednak nie udało Ci się wykonać choćby jednego z podanych poleceń, musisz powrócić jeszcze do odpowiedniej partii materiału w podrozdziale 1.2.

1.3 Zasady BHP w zakresie montażu układów elektronicznych

Z tego podrozdziału dowiesz się:

- o sposobach organizowania stanowiska pracy, by wykonywana praca była efektywna i bezpieczna;
- na co zwrócić uwagę podczas posługiwania się narzędziami do montażu elementów elektronicznych;
- jakie zagrożenia mogą wystąpić w razie niezachowania ostrożności przy montażu elementów elektronicznych.

1.3.1 Wprowadzenie

Prace związane z montażem elementów i układów elektronicznych, jak zapewne wiemy, wymagają posługiwania się urządzeniami elektrycznymi, takimi jak lutownice i odsysacze (niektóre mają grzałkę wewnętrzną). Poza elektrycznymi urządzeniami wykorzystujemy także różnego rodzaju narzędzia: kleszcze, obcinaki, noże, wkrętaki, pęsety i wiele innych, w zależności od potrzeb. W przypadku montażu elementów na płytkach elektronicznych, które wykonujemy od podstaw, czyli od surowego laminatu, jesteśmy zmuszeni do wykonywania takiego procesu jak przenoszenie schematu montażowego na laminat. Proces ten może być wykonywany na wiele sposobów, przykładowo przez przerysowywanie, termotransfer, frezowanie lub metodą fotolitograficzną. Konieczne jest wykonanie otworów w płytce, w których później umieścimy nóżki montowanych elementów. Zatem możemy stwierdzić, iż droga od pojedynczych elementów do gotowego układu elektronicznego wymaga wielu czynności stwarzających zagrożenie dla naszego zdrowia, a niekiedy życia, jeżeli nie będziemy przestrzegali podstawowych zasad bezpieczeństwa lub nie będziemy świadomi grożących nam niebezpieczeństw.

1.3.2 Przed przystąpieniem do pracy

Przed rozpoczęciem pracy poznajemy:

- wyjścia oraz drogi ewakuacyjne;
- miejsca zamontowania wyłącznika napięcia stanowiska i wyłącznika bezpieczeństwa całego pomieszczenia;
- miejsce, w którym znajduje się gaśnica lub inne środki przeciwpożarowe;
- miejsce, gdzie znajduje się apteczka lub pomoc medyczna;
- zasady postępowania w przypadku alarmów (pożarowego, bombowego i innych);
- zasady postępowania w przypadku pożaru czy porażenia elektrycznego;

- regulamin laboratorium, pracowni;
- zasady udzielania pierwszej pomocy (podrozdział 1.5).

Zwracamy uwagę na wymagany ubiór ochronny, gdyż nasz strój codzienny może ulec zniszczeniu podczas prac np. z lutownicą lub stwarzać dla nas zagrożenie, jeżeli będziemy używać wiertarki czy szlifierki. Tam, gdzie to konieczne, zakładamy okulary ochronne, rękawice itp.

Organizacja stanowiska pracy

1.3.3

Przed przystąpieniem do pracy powinniśmy zastanowić się i zaplanować kolejność wykonywania czynności. Zapoznajemy się z zadaniem, jakie mamy do wykonania, wyjaśniamy wszelkie niezrozumiałe bądź niecisłe zagadnienia z prowadzącym zajęcia. Następnie gromadzimy niezbędne narzędzia i przyrządy, zwracamy przy tym uwagę na odpowiednie ich ułożenie na stanowisku pracy. Rozmieszczenie poszczególnych narzędzi uzależniamy od ich gabarytów, częstości używania podczas prac, zwracamy uwagę na ergonomię, ale przede wszystkim na bezpieczeństwo nasze i otoczenia. Narzędzia większe umieszczamy w większej odległości, narzędzia mniejsze – nieco bliżej. Zwracamy uwagę na grupowanie narzędzi o podobnym przeznaczeniu, np. wkrętaki blisko siebie, szczypce, kleszcze, pęsety koło siebie. Usprawni nam to pracę i wpłynie na skrócenie czasu jej wykonywania. Rozmieszczając elementy na stanowisku pracy, zwracamy uwagę na mogące wystąpić zagrożenia, przykładowo: nie możemy ograniczyć lub całkowicie zasłonić dostępu do wyłącznika



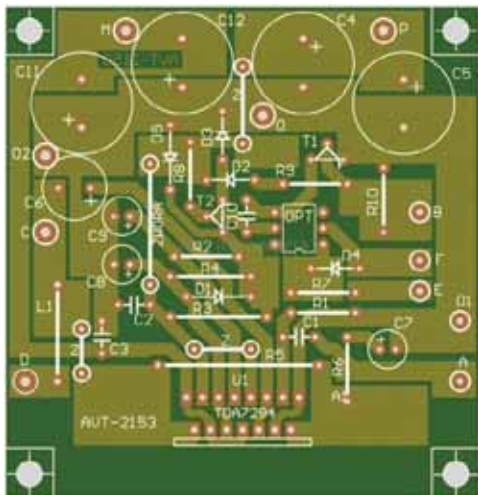
Rys. 1.4 Przykładowe rozmieszczenie przyrządów i narzędzi na stanowisku pracy
1 – stacja lutownicza, 2 – lutownica z podstawką, 3 – system wentylacji stanowiska pracy, 4 – narzędzia, 5 – elementy elektroniczne, 6 – dokumentacja układu elektronicznego, 7 – płytką montażową w uchwycie monterskim z lupą

bezpieczeństwa, urządzeń elektrycznych nie umieszczamy tak, by groził im upadek (blisko krawędzi stołu), gdyż może to spowodować uszkodzenie obudowy i narazić na porażenie elektryczne. Pamiętajmy, że lutownice i odsysacze rozgrzewają się do temperatury kilkuset stopni Celsjusza, zatem układamy je na stanowisku pracy w taki sposób, aby się nie oparzyć przez przypadkowe dotknięcie oraz nie uszkodzić termicznie innych elementów lub – co gorsza – nie spowodować pożaru. Wnioskujemy zatem, że dobra i przemyślana organizacja stanowiska pracy, uwzględniająca przewidywanie zagrożeń, ład i porządek pozytywnie wpłynie na nasze bezpieczeństwo. Przykładową organizację stanowiska pracy pokazano na rysunku 1.4.

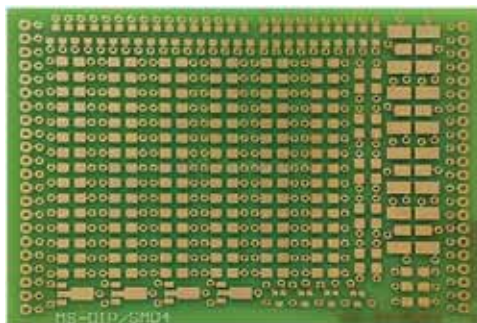
1.3.4 Wykonywanie montażu urządzeń elektronicznych

Mamy już przygotowane stanowisko pracy, wiemy, gdzie znajduje się wyłącznik bezpieczeństwa, umiemy się zachować w przypadku zagrożenia. Możemy zatem przystąpić do prac montażowych. Na płytce umieszczamy w odpowiednich miejscach elementy elektroniczne, począwszy od najmniejszych, zwracając szczególną uwagę na polaryzację, np. przy kondensatorach nóżkę oznaczaną znakiem minus umieszczamy na potencjale niższym (masy układu lub napięciu ujemnym), zgodnie ze schematem.

a

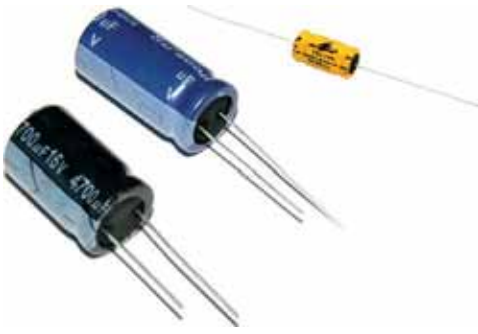


b



Rys. 1.5 Widok przykładowej płytki montażowej (a) i widok przykładowej płytki montażowej uniwersalnej (b)

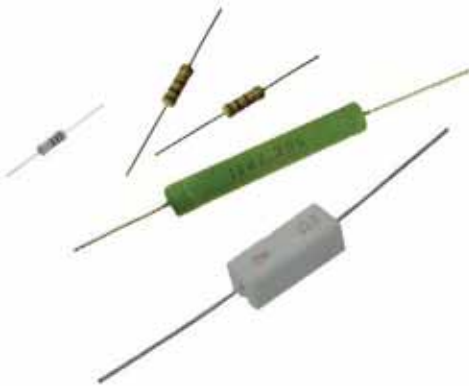
Rysunek 1.5b przedstawia płytkę montażową uniwersalną, bez gotowych ścieżek. Natomiast na rysunku 1.5a producent wyraźnie zaznaczył miejsca umieszczenia poszczególnych elementów, takich jak kondensatory (C_1, C_2, \dots), rezystory (R_1, R_2, R_3, \dots), diody (D_1, D_2, D_3, \dots) oraz układy scalone (U_1). Zwróćmy uwagę, że kondensatory mają zaznaczoną polaryzację, a diody prawidłowy kierunek włączenia w obwód, podobnie jak układ scalony.

**Rys. 1.6**

Kondensatory elektrolityczne z oznaczoną polaryzacją

Na rysunku 1.6 widzimy m.in. trzy kondensatory elektrolityczne, które mają dwa wyprowadzenia, przy czym krótsze oznacza „minus”, a dłuższe „plus”. Ponadto na obudowie kondensatora przy jednej nóżce wyraźnie zaznaczono symbol „-”, oznaczający potencjał niski.

Przy niektórych elementach pasywnych, takich jak rezystory czy dławiki, nie jest istotny sposób włączenia, nie mają one oznaczenia plus czy minus. Przykład możemy zobaczyć na rysunku 1.7.

**Rys. 1.7**

Rezystory

Niedostosowanie się do oznaczeń w przypadku kondensatorów lub układów scalonych prowadzi najczęściej do ich uszkodzenia, stwarzając przy tym zagrożenie dla naszego zdrowia. Może bowiem dojść do eksplozji tych elementów, a wtedy ich kawałki mogą nas poparzyć, uszkodzić narząd wzroku, gdy nastąpi to w niewielkiej odległości od oczu, poza tym zazwyczaj w takich przypadkach pojawiają się szkodliwe opary, a nawet dym. Montaż zaczynamy od elementów najmniejszych, ponieważ montując najpierw elementy duże utrudnilibyśmy sobie albo nawet uniemożliwiliśmy montaż tych mniejszych i narazilibyśmy się przykładowo na poparzenie lutownicą. Elementy elektroniczne mają zazwyczaj nóżki znacznie dłuższe niż docelowo nam potrzeba, zatem po zamontowaniu elementu nadmiar wypustu odcinamy obcinaczkami czołowymi, bocznymi lub innymi. Podczas wykonywania tej czynności jesteśmy narażeni na okaleczenie bądź ułknięcie, musimy więc zachować szczególną ostrożność.

Pamiętajmy, iż montaż elektroniczny to również wykonywanie zamocowań dla wykonanych płytek elektronicznych, umieszczanie ich w obudowach lub też ich zabudowy-

wanie. Spotkamy się również niejednokrotnie z koniecznością chłodzenia elementów półprzewodnikowych, a co za tym idzie – z montowaniem radiatorów i wiatraczków lub wykonywaniem otworów wentylacyjnych w obudowach. Trzeba wówczas użyć wiertarki, niekiedy gwintownika i piłki do metalu czy tworzywa sztucznego. Więcej o warunkach bezpiecznego posługiwania się tymi narzędziami dowiesz się w podrozdziale 1.4.

Podczas wykonywania wszystkich czynności jesteśmy zobowiązani do skupienia, nierozpraszania uwagi, przewidywania zagrożeń. Takie podejście pozwoli na bezpieczne wykonanie zadań montażowych.

1.3.5 Ćwiczenie

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest nabycie umiejętności przemyślanego organizowania stanowiska pracy, zapewniającego efektywne i bezpieczne wykonanie zadań montażowych, oraz poznanie zasad bezpiecznej obsługi narzędzi i przyrządów.

Przebieg ćwiczenia

1. Przygotuj płytkę montażową oraz elementy elektroniczne niezbędne do wykonania układu.
2. Zgromadź niezbędne narzędzia, materiały i przyrządy do prac montażowych.
3. Przygotuj stanowisko pracy, odpowiednio rozmieszczając elementy, narzędzia i urządzenia.
4. Sprawdź stan techniczny przygotowanych przyrządów.
5. Sprawdź działanie wyłączników bezpieczeństwa przez próbne wyłączenie napięcia.
6. Wykonaj montaż kilku elementów elektronicznych na płytce.
7. Sprawdź poprawność wykonanych prac.
8. Po zakończeniu prac wyłącz napięcie, uprzątnij stanowisko, pamiętając o odpowiedniej segregacji odpadów i oczyszczeniu narzędzi.

Podsumowanie

W ramach sprawozdania opisz czynniki wpływające na bezpieczne wykonywanie prac montażowych.

1.3.6 Sprawdzenie wiadomości

Pytania i polecenia kontrolne

1. Znajomość umiejscowienia których elementów na sali ma wpływ na bezpieczeństwo (wyłączników, środków gaśniczych, dróg ewakuacyjnych)?
2. Wymień przykładowe narzędzia, którymi posługujemy się przy montażu elementów elektronicznych.
3. Omów przykładowe zagrożenia, z jakimi możemy się spotkać, posługując się poszczególnymi narzędziami stosowanymi podczas prac montażowych.

4. Omów, w jaki sposób należy zorganizować stanowisko pracy, czym kierować się podczas rozmieszczania narzędzi i elementów elektronicznych.
5. Czy kolejność montażu poszczególnych elementów jest ważna? Odpowiedź uzasadnij.

Samoocena nabytych wiadomości i umiejętności

Sprawdź, czy potrafisz:

- przygotować stanowisko do wykonywania prac montażowych;
- rozpoznać i zlokalizować środki bezpieczeństwa, takie jak wyłącznik napięcia, wyjście i droga ewakuacyjna, apteczka;
- zastosować zasady bezpiecznej pracy podczas prac montażowych;
- wskazać czynniki niebezpieczne przy pracach montażowych;
- zaplanować kolejność czynności i prac zapewniających efektywność i bezpieczeństwo;
- wskazać i uzasadnić kolejność montażu elementów elektronicznych.

Jeżeli wykonanie wszystkich podanych poleceń nie sprawiło Ci trudności, gratulujemy – założone cele zostały osiągnięte i możesz przejść do podrozdziału 1.4.

Jeśli jednak nie udało Ci się wykonać choćby jednego z podanych poleceń, musisz powrócić jeszcze do odpowiedniej partii materiału w podrozdziale 1.3.

Zasady BHP w zakresie wykonywania połączeń w układach elektronicznych

1.4

Z tego podrozdziału dowiesz się:

- na jakie zagrożenia jesteśmy narażeni podczas wykonywania połączeń w układach elektronicznych;
- jakie środki ostrożności należy przedsięwziąć, aby nie narażać swojego zdrowia i bezpiecznie wykonać prace.

Wprowadzenie

1.4.1

Jak dobrze wiemy, aby między dwoma punktami popłynął prąd elektryczny czy aby odprowadzić ciepło z jednego elementu na inny, potrzebne jest odpowiednie połączenie tych elementów lub punktów. Aby nasze urządzenie elektroniczne wyglądało schludnie, było użyteczne i proste w obsłudze, a do tego bezpieczne, umieszczamy je w obudowie lub szafce sterowniczej, odpowiednio mocując. I tu znów spotykamy się z połączeniami, tym razem mechanicznymi. Jak łatwo zauważyć, mamy wiele rodzajów połączeń wykorzystywanych w różnych celach i miejscach. W układach elektronicznych najczęściej będziemy się spotykać z połączeniami **elektrycznymi** i **mechanicznymi**, które dzielą się na **rozłączne** i **nierozłączne**.