

# Spis treści

Przedmowa	11
<b>1. Pomiary wielkości elektrycznych</b>	<b>13</b>
1.1. Przyrządy pomiarowe	16
1.2. Woltomierze elektromagnetyczne	18
1.3. Amperomierze elektromagnetyczne	19
1.4. Watomierze prądu przemiennego	21
1.4.1. Pomiary mocy w obwodach prądu jednofazowego	23
1.5. Pomiary oscyloskopowe	24
<b>2. Pomiary w obwodach prądu stałego</b>	<b>27</b>
2.1. Prąd elektryczny i jego parametry	27
2.2. Rodzaje prądu elektrycznego	30
2.3. Elementy obwodów elektrycznych prądu stałego	31
2.4. Podstawowe prawa obwodów prądu stałego	32
2.4.1. Prawo Ohma dla prądu stałego	32
2.4.2. Prawa Kirchhoffa dla prądu stałego	33
2.4.3. Współpraca rzeczywistego źródła z odbiornikiem	35
2.5. Pomiary prądu stałego	37
2.6. Pomiary napięcia stałego	37
2.7. Pomiary rezystancji	38
2.7.1. Pomiary rezystancji metodą techniczną	34
2.7.1.1. Układ poprawnie mierzonego prądu	39
2.7.1.2. Układ poprawnie mierzonego napięcia	40
2.7.2. Pomiary rezystancji metodami mostkowymi	41
2.8. Przykładowe pytania sprawdzające	42
2.9. Pomiary laboratoryjne	43
2.9.1. Pomiary prądów i napięć w obwodzie rozgałęzionym	43
2.9.2. Pomiary rezystancji metodą techniczną	44
2.9.3. Wyznaczanie parametrów źródła rzeczywistego	45
<b>3. Obwody jednofazowe prądu sinusoidalnego</b>	<b>47</b>
3.1. Graficzny i matematyczny opis przebiegu prądu sinusoidalnego	47
3.2. Prawo Ohma dla prądu sinusoidalnego	50
3.3. Moce przy prądzie sinusoidalnym	51

---

3.4. Impedancja szeregowego i admitancja równoległego połączenia elementów pasywnych	55
3.5. Kompensacja mocy biernej	56
3.6. Przykładowe pytania sprawdzające	59
3.7. Pomiary laboratoryjne	59
3.7.1. Badanie prostych obwodów prądu sinusoidalnego	59
3.7.2. Pomiary w obwodzie szeregowym RL (ze zmienną rezystancją)	60
3.7.3. Kompensacja mocy biernej indukcyjnej	62
<b>4. Badanie obwodów trójfazowych</b>	<b>65</b>
4.1. Powstawanie prądu trójfazowego	65
4.2. Połączenie odbiornika w gwiazdę	66
4.3. Połączenie odbiornika w trójkąt	69
4.4. Przełączanie gwiazda - trójkąt	71
4.5. Pomiary mocy w układach trójfazowych	71
4.6. Przykładowe pytania sprawdzające	73
4.7. Pomiary laboratoryjne	74
4.7.1. Badanie odbiornika rezystancyjnego połączonego w gwiazdę	74
4.7.2. Badanie odbiornika impedancyjnego	76
4.7.3. Badanie symetrycznego odbiornika rezystancyjnego połączonego w trójkąt	77
<b>5. Elektryczne obwody rezonansowe</b>	<b>79</b>
5.1. Zjawisko rezonansu w obwodach elektrycznych	79
5.2. Parametry charakteryzujące obwody rezonansowe	80
5.3. Szeregowy obwód rezonansowy	81
5.4. Równoległy obwód rezonansowy	85
5.5. Przykładowe pytania sprawdzające	87
5.6. Pomiary laboratoryjne	87
5.6.1. Badanie właściwości rezonansu napięć	87
5.6.2. Badanie właściwości rezonansu prądów	88
<b>6. Badanie transformatora jednofazowego</b>	<b>89</b>
6.1. Budowa i zasada działania transformatora	89
6.2. Stan jałowy transformatora	91
6.3. Stan obciążenia transformatora	93
6.4. Stan zwarcia transformatora	96
6.5. Przykładowe pytania sprawdzające	97
6.6. Pomiary laboratoryjne	98

---

6.6.1. Pomiar przekładni i próba stanu jałowego	98
6.6.2. Próba zwarcia	99
6.6.3. Próba obciążenia	100
<b>7. Stany nieustalone</b>	<b>101</b>
7.1. Zjawisko komutacji w obwodach elektrycznych	101
7.2. Załączenie napięcia w obwodzie $RL$	103
7.3. Załączenie napięcia w obwodzie $RC$	105
7.4. Stany nieustalone w szeregowym połączeniu $RLC$	107
7.5. Płaszczyzna fazowa	110
7.6. Przykładowe pytania sprawdzające	112
7.7. Pomiary laboratoryjne	112
7.7.1. Badanie obwodów $RL$ i $RC$	112
7.7.2. Analiza zjawiska komutacji w obwodzie $RLC$	113
7.7.3. Badanie obwodu $RLC$ metodami symulacyjnymi	114
<b>8. Badanie silnika asynchronicznego</b>	<b>115</b>
8.1. Budowa i zasada działania silnika asynchronicznego	115
8.2. Charakterystyki mechaniczne silnika	116
8.3. Poślizg, sprawność i prędkość obrotowa	117
8.4. Rozruch i regulacja prędkości silników indukcyjnych	119
8.5. Charakterystyka mechaniczna silnika pierścieniowego i klatkowego przy regulacji prędkości obrotowej	122
8.6. Przykładowe pytania sprawdzające	125
8.7. Pomiary laboratoryjne	125
8.7.1. Wyznaczanie charakterystyk mechanicznych silnika asynchronicznego przy częstotliwościowej regulacji obrotów	125
<b>9. Badanie silnika prądu stałego</b>	<b>127</b>
9.1. Budowa i zasada działania silnika prądu stałego	127
9.2. Podstawowe zależności opisujące pracę maszyn prądu stałego	128
9.3. Silniki samowzbudne i obcowzbudne	131
9.4. Rozruch i hamowanie silnika szeregowego	133
9.5. Rozruch i hamowanie silnika obcowzbudnego	137
9.6. Charakterystyki mechaniczne (zewnętrzne) silników prądu stałego	138
9.7. Przykładowe pytania sprawdzające	140
9.8. Pomiary laboratoryjne	141
9.8.1. Regulacja prędkości obrotowej silnika za pomocą zmiany napięcia w obwodzie twornika	141

9.8.2. Regulacja prędkości obrotowej silnika za pomocą prądu wzbudzenia	142
<b>10. Układy napędowe z silnikiem prądu stałego</b>	143
10.1. Metoda rezystancyjna regulacji prędkości	143
10.2. Regulacja prędkości przez zmianę strumienia magnetycznego $\Phi$	144
10.3. Regulacja prędkości przez zmianę napięcia twornika	145
10.4. Układ Ward-Leonarda	145
10.4.1. Rozruch układu Leonarda	148
10.4.2. Praca hamulcowa	149
10.5. Przykładowe pytania sprawdzające	152
10.6. Pomiary laboratoryjne	152
10.6.1. Badanie układu Leonarda	152
10.6.2. Badanie zespołu maszyn wraz ze sterownikiem tyrystorowym	153
<b>11. Badanie silnika skokowego</b>	155
11.1. Idea funkcjonowania silnika skokowego	155
11.2. Budowa silnika skokowego	156
11.3. Algorytm sterowania silników skokowych	161
11.4. Charakterystyki statyczne silników skokowych	166
11.5. Charakterystyki dynamiczne silników skokowych	167
11.6. Przykładowe pytania sprawdzające	168
11.7. Pomiary laboratoryjne	169
11.7.1. Wyznaczenie charakterystyki mechanicznej	169
11.7.2. Wyznaczenie charakterystyk dynamicznych	170
11.7.2.1. Wyznaczenie częstotliwości rozruchowej	170
11.7.2.2. Wyznaczenie częstotliwości roboczej	170
<b>12. Badanie układu nawrotnego</b>	171
12.1. Charakterystyki mechaniczne silnika klatkowego przy pracy nawrotnej	171
12.2. Nagrzewanie się silnika przy pracy nawrotnej	172
12.3. Hamowanie elektryczne i rozruch silnika	175
12.4. Aparatura stosowana przy pracy nawrotnej	177
12.5. Przykładowe pytania sprawdzające	178
12.6. Pomiary laboratoryjne	179
<b>13. Ochrona przeciwporażeniowa i zabezpieczenia urządzeń elektrycznych</b>	181
13.1. Zabezpieczenia od zwarć i przeciążeń	181

---

13.1.1. Bezpieczniki topikowe	181
13.1.2. Zabezpieczenia elektromagnetyczne	183
13.1.3. Zabezpieczenia termiczne	184
13.1.4. Zasady doboru zabezpieczeń	185
13.2. Ochrona przeciwporażeniowa	187
13.2.1. Ochrona od porażen w urządzeniach elektrycznych	190
13.2.1.1. Uziemienie ochronne	193
13.2.1.2. Zerowanie ochronne	194
13.3. Przykładowe pytania sprawdzające	196
13.4. Pomiary laboratoryjne	196
13.4.1. Sprawdzenie skuteczności zerowania	196
13.4.2. Pomiar rezystancji izolacji	197
13.4.3. Zdejmowanie charakterystyki czasowo-prądowej zabezpieczenia termicznego	197
13.4.4. Badanie wyłącznika różnicowoprądowego	198
<b>14. Badanie elektronicznych elementów półprzewodnikowych</b>	199
14.1. Budowa półprzewodników i ich własności elektryczne	199
14.2. Złącze p-n	201
14.2.1. Własności złącza spolaryzowanego w kierunku przewodzenia	202
14.2.2. Własności złącza spolaryzowanego w kierunku zapornym	202
14.3. Diody półprzewodnikowe	203
14.3.1. Półprzewodnikowe diody prostownicze	203
14.3.2. Dioda Zenera	204
14.3.3. Dioda pojemnościowa	205
14.3.4. Dioda tunelowa	206
14.3.5. Fotodioda i fotoogniwo	206
14.4. Tranzystory	207
14.5. Tyrystor	211
14.6. Triak	213
14.7. Przykładowe pytania sprawdzające	214
14.8. Pomiary laboratoryjne	214
14.8.1. Badanie diod półprzewodnikowych	214
14.8.2. Wyznaczanie charakterystyk tranzystorów	216
14.8.3. Badanie tyrystora	216
<b>15. Badanie układu zasilającego prądu stałego</b>	219
15.1. Idea funkcjonowania zasilacza	219
15.2. Prostowniki	220

15.2.1. Prostownik jednofazowy półokresowy	220
15.2.2. Prostownik jednofazowy pełnookresowy	222
15.2.3. Prostowniki wielofazowe	224
15.3. Filtry wygładzające RC, LC	225
15.4. Stabilizatory napięcia	227
15.4.1. Stabilizator równoległy	228
15.4.2. Stabilizator szeregowy	229
15.4.3. Stabilizator impulsowy	232
15.5. Przykładowe pytania sprawdzające	233
15.6. Pomiary laboratoryjne	233
15.6.1. Badanie prostownika jednopółokresowego i dwupółokresowego	233
15.6.2. Badanie właściwości prostownika z filtrem	234
15.6.3. Badanie członu stabilizatora	235
<b>16. Badanie układów pracy wzmacniaczy operacyjnych</b>	237
16.1. Idea działania wzmacniaczy operacyjnych	237
16.2. Własności idealnego wzmacniacza operacyjnego	239
16.3. Podstawowe układy pracy wzmacniaczy operacyjnych	240
16.3.1. Komparator	240
16.3.2. Wzmacniacz operacyjny ze sprzężeniem zwrotnym	241
16.4. Przykładowe pytania sprawdzające	250
16.5. Pomiary laboratoryjne	250
16.5.1. Badanie układu sumującego	251
16.5.2. Badanie układu różnicowego	251
16.5.3. Badanie układu różniczkującego	251
16.5.4. Badanie układu całkującego	252
16.5.5. Badanie wzmacniacza logarytmującego	252
16.5.6. Badanie układu mnożącego	254
<b>17. Sprzężenie zwrotne</b>	255
17.1. Pojęcie sprzężenia zwrotnego	255
17.2. Elementarna teoria sprzężenia zwrotnego	256
17.3. Rodzaje sprzężeń zwrotnych	257
17.3.1. Ujemne i dodatnie sprzężenie zwrotne	257
17.3.2. Układy sprzężenia zwrotnego	259
17.4. Wpływ ujemnego sprzężenia zwrotnego na parametry układu elektrycznego	260
17.4.1. Wpływ na zniekształcenia	260
17.4.2. Wpływ na parametry robocze wzmacniaczy	262
17.5. Przykładowe pytania sprawdzające	266

---

17.6. Pomiary laboratoryjne	266
17.6.1. Zdejmowanie charakterystyki przejściowej	267
17.6.2. Zdejmowanie charakterystyki amplitudowo- częstotliwościowej	268
17.6.3. Pomiar modułu impedancji wejściowej	269
17.6.4. Pomiar modułu impedancji wyjściowej	269
<b>18. Podstawy techniki cyfrowej</b>	<b>271</b>
18.1. Podstawowe pojęcia techniki cyfrowej	271
18.2. Minimalizacja funkcji logicznych	273
18.3. Podstawowe układy cyfrowe – bramki logiczne	274
18.4. Przerzutniki	275
18.5. Asynchroniczny przerzutnik RS	276
18.6. Przerzutniki synchroniczne	277
18.7. Liczniki	278
18.8. Rejestry	279
18.9. Multipleksery i demultipleksery	280
18.10. Konwertery kodów	281
18.11. Przykładowe pytania sprawdzające	281
18.12. Pomiary laboratoryjne	281
18.12.1. Badanie bramek logicznych	281
18.12.2. Badanie przerzutników	282
<b>Literatura</b>	<b>283</b>