

Spis treści

Przedmowa	11
1. Pomiary wielkości elektrycznych	13
1.1. Przyrządy pomiarowe	16
1.2. Woltomierze elektromagnetyczne	18
1.3. Amperomierze elektromagnetyczne	19
1.4. Watomierze prądu przemiennego	22
1.4.1. Pomiary mocy w obwodach prądu jednofazowego	23
1.5. Pomiary oscyloskopowe	24
2. Pomiary w obwodach prądu stałego	27
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	38
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
3. Obwody jednofazowe prądu sinusoidalnego	47
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
4. Badanie obwodów trójfazowych	65
4.1. Powstawanie prądu trójfazowego	65
4.2. Połączenie odbiornika w gwiazdę	66
4.3. Połączenie odbiornika w trójkąt	70
4.4. Przełączanie gwiazda - trójkąt	72
4.5. Pomiary mocy w układach trójfazowych	73
4.6. Przykładowe pytania sprawdzające	75
4.7. Pomiary laboratoryjne	76
4.7.1. Badanie odbiornika rezystancyjnego połączonego w gwiazdę	76
4.7.2. Badanie odbiornika impedancyjnego	77
4.7.3. Badanie symetrycznego odbiornika rezystancyjnego połączonego w trójkąt	79
5. Elektryczne obwody rezonansowe	81
5.1. Zjawisko rezonansu w obwodach elektrycznych	81
5.2. Parametry charakteryzujące obwody rezonansowe	82
5.3. Szeregowy obwód rezonansowy	83
5.4. Równoległy obwód rezonansowy	87
5.5. Przykładowe pytania sprawdzające	89
5.6. Pomiary laboratoryjne	89
5.6.1. Badanie właściwości rezonansu napięć	89
5.6.2. Badanie właściwości rezonansu prądów	90
6. Badanie transformatora jednofazowego	91
6.1. Budowa i zasada działania transformatora	91
6.2. Stan jałowy transformatora	92
6.3. Stan obciążenia transformatora	95
6.4. Stan zwarcia transformatora	98
6.5. Przykładowe pytania sprawdzające	99
6.6. Pomiary laboratoryjne	100
6.6.1. Pomiar przekładni i próba stanu jałowego	100
6.6.2. Próba zwarcia	101
6.6.3. Próba obciążenia	103

7. Stany nieustalone	105
7.1. Zjawisko komutacji w obwodach elektrycznych	105
7.2. Załączenie napięcia w obwodzie RL	107
7.3. Załączenie napięcia w obwodzie RC	109
7.4. Stany nieustalone w szeregowym połączeniu RLC	111
7.5. Płaszczyzna fazowa	114
7.6. Przykładowe pytania sprawdzające	116
7.7. Pomiary laboratoryjne	116
7.7.1. Badanie obwodów RL i RC	116
7.7.2. Analiza zjawiska komutacji w obwodzie RLC	117
7.7.3. Badanie obwodu RLC metodami symulacyjnymi	118
8. Badanie silnika asynchronicznego	119
8.1. Budowa i zasada działania silnika asynchronicznego	119
8.2. Charakterystyki mechaniczne silnika	120
8.3. Poślizg, sprawność i prędkość obrotowa	121
8.4. Rozruch i regulacja prędkości silników indukcyjnych	123
8.5. Charakterystyka mechaniczna silnika pierścieniowego i klatkowego przy regulacji prędkości obrotowej	126
8.6. Przykładowe pytania sprawdzające	129
8.7. Pomiary laboratoryjne	129
8.7.1. Wyznaczanie charakterystyk mechanicznych silnika asynchronicznego przy częstotliwościowej regulacji obrotów	129
9. Badanie silnika prądu stałego	131
9.1. Budowa i zasada działania silnika prądu stałego	131
9.2. Podstawowe zależności opisujące pracę maszyn prądu stałego	132
9.3. Silniki samowzbudne i obcowzbudne	135
9.4. Rozruch i hamowanie silnika szeregowego	137
9.5. Rozruch i hamowanie silnika obcowzbudnego	141
9.6. Charakterystyki mechaniczne (zewnętrzne) silników prądu stałego	142
9.7. Przykładowe pytania sprawdzające	144
9.8. Pomiary laboratoryjne	145
9.8.1. Regulacja prędkości obrotowej silnika za pomocą zmiany napięcia w obwodzie twornika	145
9.8.2. Regulacja prędkości obrotowej silnika za pomocą prądu wzbudzenia	146

10. Układy napędowe z silnikiem prądu stałego	147
10.1. Metoda rezystancyjna regulacji prędkości	147
10.2. Regulacja prędkości przez zmianę strumienia magnetycznego Φ	148
10.3. Regulacja prędkości przez zmianę napięcia twornika	149
10.4. Układ Ward-Leonarda	149
10.4.1. Rozruch układu Leonarda	153
10.4.2. Praca hamulcowa	153
10.4.3. Wykorzystanie prostownika sterowanego	155
10.4.3.1. Stałe czasowe układu regulacji	157
10.5. Przykładowe pytania sprawdzające	160
10.6. Pomiary laboratoryjne	160
10.6.1. Badanie układu Leonarda	160
10.6.2. Badanie zespołu maszyn wraz ze sterownikiem tyristorowym	161
11. Badanie silnika skokowego	163
11.1. Idea funkcjonowania silnika skokowego	163
11.2. Budowa silnika skokowego	164
11.3. Algorytm sterowania silników skokowych	169
11.4. Charakterystyki statyczne silników skokowych	174
11.5. Charakterystyki dynamiczne silników skokowych	175
11.6. Przykładowe pytania sprawdzające	176
11.7. Pomiary laboratoryjne	177
11.7.1. Wyznaczenie charakterystyki mechanicznej	177
11.7.2. Wyznaczenie charakterystyk dynamicznych	178
11.7.2.1. Wyznaczenie częstotliwości rozruchowej	178
11.7.2.2. Wyznaczenie częstotliwości roboczej	178
12. Badanie układu nawrotnego	179
12.1. Charakterystyki mechaniczne silnika klatkowego przy pracy nawrotnej	179
12.2. Nagrzewanie się silnika przy pracy nawrotnej	180
12.3. Hamowanie elektryczne i rozruch silnika	183
12.4. Aparatura stosowana przy pracy nawrotnej	185
12.5. Przykładowe pytania sprawdzające	186
12.6. Pomiary laboratoryjne	187
13. Ochrona przeciwporażeniowa i zabezpieczenia urządzeń elektrycznych	189
13.1. Zabezpieczenia od zwarć i przeciążeń	189

13.1.1. Bezpieczniki topikowe	189
13.1.2. Zabezpieczenia elektromagnetyczne	191
13.1.3. Zabezpieczenia termiczne	192
13.1.4. Zasady doboru zabezpieczeń	193
13.2. Ochrona przeciwporażeniowa	195
13.2.1. Ochrona od porażen w urządzeniach elektrycznych	198
13.2.1.1. Uziemienie ochronne	201
13.2.1.2. Zerowanie ochronne	202
13.3. Przykładowe pytania sprawdzające	204
13.4. Pomiary laboratoryjne	204
13.4.1. Sprawdzenie skuteczności zerowania	204
13.4.2. Pomiar rezystancji izolacji	205
13.4.3. Zdejmowanie charakterystyki czasowo-prądowej zabezpieczenia termicznego	205
13.4.4. Badanie wyłącznika różnicowoprądowego	206
14. Badanie elektronicznych elementów półprzewodnikowych	207
14.1. Budowa półprzewodników i ich własności elektryczne	207
14.2. Złącze p-n	209
14.2.1. Własności złącza spolaryzowanego w kierunku prze- wodzenia	210
14.2.2. Własności złącza spolaryzowanego w kierunku zapo- rowym	210
14.3. Diody półprzewodnikowe	211
14.3.1. Półprzewodnikowe diody prostownicze	211
14.3.2. Dioda Zenera	212
14.3.3. Dioda pojemnościowa	213
14.3.4. Dioda tunelowa	214
14.3.5. Fotodioda i fotoogniwo	214
14.4. Tranzystory	215
14.5. Tyristor	219
14.6. Triak	221
14.7. Przykładowe pytania sprawdzające	222
14.8. Pomiary laboratoryjne	222
14.8.1. Badanie diod półprzewodnikowych	222
14.8.2. Wyznaczanie charakterystyk tranzystorów	224
14.8.3. Badanie tyristora	224
15. Badanie układu zasilającego prądu stałego	227
15.1. Idea funkcjonowania zasilacza	227
15.2. Prostowniki	228

15.2.1. Prostownik jednofazowy półokresowy	228
15.2.2. Prostownik jednofazowy pełnookresowy	230
15.2.3. Prostowniki wielofazowe	232
15.3. Filtry wygładzające RC, LC	233
15.4. Stabilizatory napięcia	235
15.4.1. Stabilizator równoległy	236
15.4.2. Stabilizator szeregowy	237
15.4.3. Stabilizator impulsowy	240
15.5. Przykładowe pytania sprawdzające	241
15.6. Pomiary laboratoryjne	242
15.6.1. Badanie prostownika jednopołówkowego i dwupo- łówkowego	242
15.6.2. Badanie właściwości prostownika z filtrem	243
15.6.3. Badanie członu stabilizatora	243
16. Badanie układów pracy wzmacniaczy operacyjnych	245
16.1. Idea działania wzmacniaczy operacyjnych	245
16.2. Własności idealnego wzmacniacza operacyjnego	247
16.3. Podstawowe układy pracy wzmacniaczy operacyjnych	248
16.3.1. Komparator	248
16.3.2. Wzmacniacz operacyjny ze sprzężeniem zwrotnym	249
16.4. Przykładowe pytania sprawdzające	258
16.5. Pomiary laboratoryjne	258
16.5.1. Badanie układu sumującego	258
16.5.2. Badanie układu różnicowego	259
16.5.3. Badanie układu różniczkującego	259
16.5.4. Badanie układu całkującego	260
16.5.5. Badanie wzmacniacza logarytmującego	260
16.5.6. Badanie układu mnożącego	262
17. Sprzężenie zwrotne	263
17.1. Pojęcie sprzężenia zwrotnego	263
17.2. Elementarna teoria sprzężenia zwrotnego	264
17.3. Rodzaje sprzężeń zwrotnych	265
17.3.1. Ujemne i dodatnie sprzężenie zwrotne	265
17.3.2. Układy sprzężenia zwrotnego	267
17.4. Wpływ ujemnego sprzężenia zwrotnego na parametry układu elektrycznego	268
17.4.1. Wpływ na zniekształcenia	268
17.4.2. Wpływ na parametry robocze wzmacniaczy	270
17.5. Przykładowe pytania sprawdzające	274

17.6. Pomiary laboratoryjne	274
17.6.1. Zdejmowanie charakterystyki przejściowej	275
17.6.2. Zdejmowanie charakterystyki amplitudowo- częstotliwościowej	276
17.6.3. Pomiar modułu impedancji wejściowej	277
17.6.4. Pomiar modułu impedancji wyjściowej	277
18. Podstawy techniki cyfrowej	279
18.1. Podstawowe pojęcia techniki cyfrowej	279
18.2. Minimalizacja funkcji logicznych	281
18.3. Podstawowe układy cyfrowe – bramki logiczne	282
18.4. Przerzutniki	284
18.5. Asynchroniczny przerzutnik RS	285
18.6. Przerzutniki synchroniczne	286
18.7. Liczniki	287
18.8. Rejestry	289
18.9. Multipleksery i demultipleksery	289
18.10. Konwertery kodów	290
18.11. Przykładowe pytania sprawdzające	291
18.12. Pomiary laboratoryjne	291
18.12.1. Badanie bramek logicznych	291
18.12.2. Badanie przerzutników	292
Literatura	293