

Spis treści

1. Podstawy teorii obwodów elektrycznych	19
1.1. Natężenie pola elektrycznego	19
1.2. Potencjał i napięcie elektryczne	20
1.3. Pojemność elektryczna i kondensatory	21
1.3.1. Kondensator	21
1.3.2. Szeregowe połączenie kondensatorów	22
1.3.3. Równoległe połączenie kondensatorów	24
1.3.4. Wytrzymałość dielektryczna	24
1.3.5. Energia w kondensatorach	25
1.4. Prąd elektryczny	26
1.4.1. Rodzaje prądu elektrycznego	28
1.4.2. Gęstość prądu	28
1.5. Rezystancja	28
1.5.1. Łączenie rezystorów	29
1.6. Prawo Ohma	31
1.7. Źródła energii elektrycznej	33
1.7.1. Przekształcanie źródeł	34
1.8. Pole magnetyczne i indukcyjność	35
1.8.1. Indukcyjność	35
1.8.2. Energia w cewkach	38
1.9. Rzeczywiste elementy bierne	38
1.10. Moc i energia elektryczna	39
1.11. Obwód a jego elementy	41
1.11.1. Obwody i sieci	41
1.11.2. Elementy, przyrządy i komponenty	41
1.11.3. Klasyfikacja elementów	41
1.11.4. Systemy	43
1.12. Topologia i geometria obwodu	44
1.13. Klasyfikacja obwodów i systemów	45
1.13.1. Obwody pasywne a aktywne	46
1.13.2. Systemy liniowe a nieliniowe: twierdzenie o liniowości	46
1.13.3. Sieci o parametrach skupionych a rozłożonych	46

1.13.4. Systemy zmienne a niezmiennie w czasie	47
1.13.5. Sieci bilateralne a unilateralne	47
1.13.6. Układy ciągłe a dyskretne	47
1.13.7. Systemy przyczynowe a nieprzyczynowe	48
1.13.8. Obwody odwracalne a nieodwracalne	48
1.13.9. Sieci jednoportowe a wieloportowe	48
1.13.10. Obwody planarne a nieplanarne	48
1.13.11. Właściwości obwodów <i>RLC</i>	49
1.14. Pytania, problemy i quiz	49
1.14.1. Pytania	49
1.14.2. Problemy rozwiązane	50
1.14.3. Quiz	58
2. Obwody prądu stałego: prawa i metody analizy	59
2.1. Prawa Kirchhoffa	59
2.1.1. Napięciowe prawo Kirchhoffa	61
2.1.2. Szeregowe połączenie rezystorów	63
2.1.3. Dzielnik napięcia	65
2.1.4. Prądowe prawo Kirchhoffa	66
2.1.5. Równoległe połączenie rezystorów	67
2.1.6. Dzielnik prądu	70
2.2. Redukcja sieci rezystorów	71
2.2.1. Przekształcenie trójkąt-gwiazda i gwiazda-trójkąt	75
2.2.2. Podsumowanie	79
2.3. Metoda praw Kirchhoffa	79
2.4. Metoda prądów oczkowych	82
2.4.1. Rozwiązanie układu równań za pomocą wyznaczników (wzorów Cramera)	84
2.4.2. Porównanie metody prądów oczkowych z metodą praw Kirchhoffa	87
2.4.3. Uwagi odnośnie do metody prądów oczkowych	89
2.5. Metoda potencjałów węzłowych	94
2.5.1. Uwagi odnośnie do metody potencjałów węzłowych	96
2.5.2. Rozwiązanie ogólne	99
2.6. Kondensatory i cewki w obwodach prądu stałego	102
2.7. Pytania, problemy i quiz	103
2.7.1. Pytania	104
2.7.2. Problemy rozwiązane	105
2.7.3. Quiz	125

3. Twierdzenia stosowane do analizowania obwodów elektrycznych	127
3.1. Pojęcie liniowości i zasada superpozycji	127
3.2. Dowód zasady superpozycji	130
3.3. Twierdzenie Thevenina	131
3.4. Dowód twierdzenia Thevenina	135
3.5. Twierdzenie Nortona	137
3.6. Twierdzenie o wzajemności	140
3.6.1. Przypadek źródła napięcia	140
3.6.2. Przypadek źródła prądu	141
3.6.3. Uwagi odnośnie do twierdzenia o wzajemności	142
3.7. Twierdzenie o substytucji	143
3.8. Twierdzenie o kompensacji: dopełnienie twierdzenia o substytucji	143
3.9. Twierdzenie Millmana jako uzupełnienie	
metody potencjałów węzłowych	145
3.9.1. Przypadek źródeł napięcia	145
3.9.2. Przypadek źródeł prądu	146
3.10. Twierdzenie o mocy maksymalnej	147
3.10.1. Sprawność i moc maksymalna	148
3.10.2. Prąd a moc maksymalna	149
3.10.3. Napięcie a moc maksymalna	149
3.11. Pytania, problemy i quiz	151
3.11.1. Pytania	152
3.11.2. Problemy rozwiązane	154
3.11.3. Quiz	170
4. Przebiegi sinusoidalne i obwody prądu zmiennego	173
4.1. Przebiegi i sygnały okresowe	174
4.2. Obwody prądu sinusoidalnego	178
4.3. Elementy obwodów prądu zmiennego	178
4.3.1. Źródła prądu i napięcia sinusoidalnego (zależne i niezależne)	179
4.3.2. Rezystory w obwodach prądu sinusoidalnego	180
4.3.3. Kondensatory w obwodach prądu sinusoidalnego	181
4.3.4. Cewki w obwodach prądu sinusoidalnego	184
4.4. Obwody RLC prądu zmiennego	185
4.4.1. Szeregowe połączenie RLC i pojęcie impedancji	186
4.4.2. Równoległe połączenie RLC i pojęcie admitancji	189
4.5. Wartość średnia a skuteczna (rms)	191
4.5.1. Wartość średnia	192
4.5.2. Wartość skuteczna (rms)	196
4.5.3. Współczynniki kształtu i szczytu	197
4.6. Moc prądu zmiennego	197
4.6.1. Moc w rezystorach	198

4.6.2.	Moc w cewkach	198
4.6.3.	Moc w kondensatorach	200
4.6.4.	Moc w elementach idealnych	200
4.6.5.	Moc w obwodach RLC	200
4.6.6.	Współczynnik mocy	201
4.6.7.	Trójkąt mocy	202
4.7.	Pytania, problemy i quiz	203
4.7.1.	Pytania	203
4.7.2.	Problemy rozwiązane	204
4.7.3.	Quiz	207
5.	Analiza obwodów prądu sinusoidalnego metodą symboliczną	209
5.1.	Algebra zespolona	209
5.2.	Sposoby reprezentowania liczb zespolonych	211
5.2.1.	Postać algebraiczna/kanoniczna	211
5.2.2.	Interpretacja geometryczna	211
5.2.3.	Postać trygonometryczna	213
5.2.4.	Postać wykładnicza	213
5.2.5.	Postać biegunowa: moduł i kąt	213
5.3.	Przedstawienie napięcia sinusoidalnego z użyciem liczb zespolonych	214
5.3.1.	Wektorowa reprezentacja prądu i spadku napięcia na elemencie pasywnym	217
5.3.2.	Rezystor	217
5.3.3.	Cewka	218
5.3.4.	Kondensator	219
5.4.	Analizowanie połączeń RLC z użyciem liczb zespolonych	220
5.4.1.	Notacja zespolona jako sposób na ułatwienie analizy obwodów	220
5.4.2.	Szeregowe połączenie RLC i pojęcie impedancji zastępczej	220
5.4.3.	Równoległe połączenie RLC i pojęcie admitancji zastępczej	223
5.5.	Moc w notacji zespolonej	225
5.6.	Redukcja obwodów prądu zmiennego	227
5.7.	Prawa Kirchhoffa	230
5.8.	Dzielniki napięcia i prądu	231
5.9.	Metoda prądów oczkowych	233
5.10.	Metoda potencjałów węzłowych	235
5.11.	Zasada superpozycji	235
5.12.	Twierdzenie Thevenina	238
5.13.	Twierdzenie Nortona	239
5.14.	Twierdzenie o mocy maksymalnej	240
5.15.	Pytania, problemy i quiz	245
5.15.1.	Pytania	245

5.15.2. Problemy rozwiązane	246
5.15.3. Quiz	260
6. Rezonans	263
6.1. Rezonans szeregowy: rezonans napięć	263
6.1.1. Istota rezonansu napięć	263
6.1.2. Rezonans w szeregowym połączeniu RLC	265
6.1.3. Wykresy wektorowe	266
6.1.4. Wykresy częstotliwościowe	266
6.1.5. Podsumowanie	269
6.2. Interpretacja charakterystyk częstotliwościowych	270
6.2.1. Wpływ rezystancji R na wykresy częstotliwościowe	270
6.2.2. Dobroć szeregowego obwodu rezonansowego	270
6.2.3. Współczynnik tłumienia a selektywność cewki	271
6.2.4. Częstotliwości graniczne i szerokość pasma	272
6.2.5. Dobroć a szerokość pasma	275
6.2.6. Przestrzeganie obwodu rezonansowego	275
6.3. Rezonans równoległy: rezonans prądów	277
6.3.1. Dobroć równoległego obwodu rezonansowego	280
6.4. Praktyczne układy rezonansowe	280
6.4.1. Układ z rysunku 6.12a	280
6.4.2. Układ z rysunku 6.12b	282
6.4.3. Układ z rysunku 6.12c	284
6.4.4. Rezonator kwarcowy	284
6.5. Filtry elektryczne jako praktyczne zastosowanie rezonansu	285
6.6. Pytania, problemy i quiz	286
6.6.1. Pytania	287
6.6.2. Problemy rozwiązane	288
6.6.3. Quiz	293
7. Stany nieustalone	295
7.1. Istota stanu nieustalonego a funkcje wykładnicze	297
7.2. Szeregowe połączenie RC	297
7.2.1. Uwagi ogólne	297
7.2.2. Ładowanie kondensatora	298
7.2.3. Stała czasowa	300
7.2.4. Rozładowanie kondensatora	301
7.3. Szeregowe połączenie RL	302
7.3.1. Dołączenie szeregowego połączenia RL do źródła napięcia stałego	302

7.3.2.	Zamknięcie obwodu RL przy niezerowym warunku początkowym	304
7.4.	Porównanie obwodów RL i RC pod względem stanów nieustalonych	305
7.5.	Stan nieustalony w szeregowym połączeniu RLC	305
7.6.	Stany nieustalone w obwodach prądu zmiennego	309
7.7.	Przekształcenie Laplace'a jako podstawa operatorowej metody analizy obwodów	311
7.7.1.	Wprowadzenie	311
7.7.2.	Unilateralna transformacja Laplace'a	311
7.7.3.	Właściwości przekształcenia Laplace'a	314
7.7.4.	Wykorzystanie przekształcenia Laplace'a do analizowania obwodów RLC	316
7.8.	Pytania, problemy i quiz	319
7.8.1.	Pytania	319
7.8.2.	Problemy rozwiązane	320
7.8.3.	Quiz	330
8.	Diody półprzewodnikowe	331
8.1.	Półprzewodniki	331
8.2.	Złącze półprzewodnikowe pn	332
8.3.	Dioda prostownicza	333
8.4.	Dioda Zenera	336
8.5.	Inne rodzaje diod	336
8.5.1.	Wprowadzenie	336
8.5.2.	Dioda elektroluminescencyjna (LED)	336
8.5.3.	Dioda Schottky'ego	338
8.5.4.	Dioda pojemnościowa	339
8.5.5.	Dioda tunelowa	339
8.5.6.	Fotodiody	339
8.6.	Ograniczniki napięcia	340
8.7.	Układy przylegania	344
8.8.	Diodowe układy przełączające i bramki logiczne	346
8.9.	Pytania, problemy i quiz	347
8.9.1.	Problemy rozwiązane	347
9.	Tranzystory i ich zastosowania	357
9.1.	Tranzystory bipolarne	357
9.1.1.	Budowa i działanie	357
9.1.2.	Punkt pracy i polaryzacja	360
9.1.3.	Obliczeniowe modele tranzystora	362
9.2.	Wzmacniacze	364
9.2.1.	Ogólna charakterystyka układów wzmacniających	364

9.2.2.	Zasada działania wzmacniacza	367
9.2.3.	Wtórnik emiterowy	369
9.2.4.	Wzmacniacz różnicowy	370
9.3.	Tranzystory unipolarne	371
9.3.1.	Informacje ogólne	371
9.3.2.	Tranzystory unipolarne z izolowaną bramką (MOSFET) . .	372
9.3.3.	Tranzystory unipolarne złączowe (JFET)	374
9.4.	Tranzystory a wytwarzanie układów logicznych	376
9.4.1.	Ogólna zasada reprezentowania informacji z użyciem tranzystora	376
9.4.2.	Realizowanie bramek logicznych za pomocą tranzystorów bipolarnych	376
9.4.3.	Realizowanie bramek logicznych za pomocą tranzystorów unipolarnych	377
9.4.4.	Pobór energii a przełączanie bramek	379
9.5.	Tranzystory w wytwarzaniu pamięci	379
9.5.1.	Ogólna struktura układów pamięciowych	379
9.5.2.	Pamięci stałe	380
9.5.3.	Pamięci o dostępie swobodnym	381
9.5.4.	Pamięci dynamiczne	381
9.5.5.	Pamięci statyczne	382
9.6.	Sprężenie zwrotne	383
9.7.	Generatory	384
9.7.1.	Generatory sinusoidalne	384
9.7.2.	Generatory impulsów prostokątnych	386
9.8.	Pytania, problemy i quiz	387
9.8.1.	Problemy rozwiązane	387
10.	Wzmacniacze operacyjne	403
10.1.	Właściwości wzmacniaczy operacyjnych	404
10.2.	Komparatory	406
10.3.	Podstawowe konfiguracje wzmacniające	407
10.4.	Wtórnik napięciowy	409
10.5.	Układ sumujący	410
10.6.	Układ całkujący	411
10.7.	Układ różniczkujący	411
10.8.	Przesuwnik fazy	412
10.9.	Filtry aktywne	414
10.10.	Generatory	415
10.11.	Przetwornik napięcie-prąd	416
10.12.	Cyfrowe przetwarzanie sygnałów	417
10.13.	Przetwornik analogowo-cyfrowy	419

10.14. Przetwornik cyfrowo-analogowy	419
10.15. Pytania, problemy i quiz	420
10.15.1. Problemy rozwiązane	420
11. Zasilanie urządzeń elektronicznych	427
11.1. Ogólny schemat zasilacza	427
11.2. Transformator	430
11.3. Prostowniki	431
11.3.1. Prostownik półokresowy	431
11.3.2. Mostkowy prostownik pełnookresowy	433
11.3.3. Prostownik pełnookresowy z transformatorem o dzielonym uzwojeniu	434
11.4. Filtry wygładzające	436
11.5. Stabilizatory o działaniu ciągłym	437
11.5.1. Dioda Zenera jako parametryczny stabilizator napięcia . .	437
11.5.2. Równoległe stabilizatory kompensacyjne	438
11.5.3. Szeregowe stabilizatory kompensacyjne	440
11.5.4. Stabilizatory scalone	441
11.5.5. Zastosowania stabilizatorów o działaniu ciągłym	441
11.6. Stabilizatory i zasilacze impulsowe	442
11.7. Zasilanie bateryjne	444
11.7.1. Wprowadzenie	444
11.7.2. Baterie a akumulatory	445
11.7.3. Właściwości najpopularniejszych typów baterii	447
11.7.4. Ładowanie akumulatorów	448
11.8. Przetwornice napięcia stałego	449
11.9. Pytania, problemy i quiz	449
11.9.1. Problemy rozwiązane	449
Bibliografia	459
Bibliografia uzupełniająca	461