

Przedmowa	13
1. Wiadomości wstępne	15
1.1. Wielkości i jednostki używane w elektrotechnice	15
1.2. Pojęcia podstawowe elektrotechniki	16
2. Elementy obwodów elektrycznych	24
2.1. Klasyfikacja elementów	24
2.2. Elementy pasywne	26
2.2.1. Rezystor	26
2.2.2. Cewka	30
2.2.3. Kondensator	32
2.2.4. Elementy pasywne rzeczywiste	34
2.3. Elementy aktywne	35
2.3.1. Źródła niesterowane	36
2.3.2. Źródła sterowane	37
2.3.3. Elementy aktywne niezróżdłowe	38
3. Podstawowe prawa i właściwości obwodu elektrycznego	42
3.1. Pojęcia podstawowe	42
3.2. Właściwości obwodu elektrycznego	43
3.2.1. Liniowość obwodu	43
3.2.2. Stacjonarność obwodu	43
3.2.3. Pasywność obwodu	44
3.2.4. Obwód o parametrach skupionych i rozłożonych	44
3.3. Prawa Kirchhoffa	45
4. Sygnały elektryczne i ich klasyfikacja	46
4.1. Klasyfikacja sygnałów	46
4.2. Wielkości charakteryzujące sygnały okresowe	49

4.3.	Sygnal wykładniczy	50
4.4.	Sygnal sinusoidalny	52
4.5.	Sygnal jednostkowy i impulsowy	53
5.	Obwody liniowe prądu stałego	56
5.1.	Zastosowanie prawa Ohma i praw Kirchhoffa	56
5.2.	Przekształcanie schematów zastępczych źródeł energii	60
5.3.	Moc prądu stałego i bilans mocy	62
5.4.	Dopasowanie odbiornika do źródła i sprawności źródeł	64
5.5.	Metoda charakterystyk	67
6.	Obwody jednofazowe nierozgałęzione prądu sinusoidalnego	69
6.1.	Zastosowanie metody liczb zespolonych	69
6.2.	Wykresy wektorowe	72
6.3.	Analiza dwójników zawierających elementy RLC	73
6.3.1.	Dwójnik szeregowy RLC	73
6.3.2.	Dwójnik równoległy RLC	78
6.3.3.	Dwójniki szeregowy i równoległy RL oraz RC ; dwójniki idealne R, L, C	81
6.4.	Moc w obwodzie prądu sinusoidalnego	84
6.4.1.	Moc chwilowa	84
6.4.2.	Moc czynna, bierna i pozorna	87
6.4.3.	Trójkąt mocy	89
6.4.4.	Postać zespolona mocy pozornej	90
6.4.5.	Moc w rezystorze idealnym o rezystancji R	93
6.4.6.	Moc w cewce idealnej o indukcyjności L	94
6.4.7.	Moc w kondensatorze idealnym o pojemności C	95
6.4.8.	Moc w dwójniku szeregowym RLC	96
6.5.	Schematy zastępcze kondensatora rzeczywistego	98
6.6.	Schematy zastępcze cewki rzeczywistej	102
7.	Metody obliczania obwodów rozgałęzionych	105
7.1.	Pojęcia podstawowe z dziedziny topologii obwodów	105
7.2.	Macierze strukturalne	107
7.3.	Prawo Ohma i prawa Kirchhoffa w postaci macierzowej	111
7.4.	Metoda oczkowa	117
7.5.	Metoda węzłowa	125
7.6.	Twierdzenie o włączaniu dodatkowych idealnych źródeł napięcia	135
7.7.	Twierdzenie o włączaniu dodatkowych idealnych źródeł prądu	136
7.8.	Twierdzenie o wzajemności	138
7.9.	Przekształcanie i upraszczanie obwodów rozgałęzionych	139
7.9.1.	Twierdzenie o zastępczym źródle energii	140
7.9.2.	Zastępowanie n źródeł rzeczywistych połączonych równoległe jednym źródłem	144
7.9.3.	Przekształcanie trójkąta impedancji w gwiazdę impedancji i odwrotnie	147

8.	Rezonans w obwodach elektrycznych	150
8.1.	Rezonans napięć	150
8.2.	Rezonans prądów	156
8.3.	Rezonans w układach równoległo-szeregowych	163
8.4.	Charakterystyki częstotliwościowe idealnych układów rezonansowych	166
8.5.	Znaczenie praktyczne zjawiska rezonansu	168
9.	Obwody z indukcyjnością wzajemną	169
9.1.	Zjawiska fizyczne przy sprzężeniu magnetycznym elementów obwodów	169
9.2.	Zaciskj jednoimiennie i ich oznaczanie	174
9.3.	Połączenie szeregowo elementów sprzężonych magnetycznie	176
9.4.	Połączenie równoległe elementów sprzężonych magnetycznie	178
9.5.	Zastępowanie układu ze sprzężeniem układem bez sprzężenia	180
9.6.	Rozwiązywanie obwodów rozgałęzionych prądu sinusoidalnego zawierających elementy sprzężone magnetycznie	184
10.	Transformatory	187
10.1.	Zasada działania transformatora	187
10.2.	Transformator powietrzny	189
10.3.	Transformator z rdzeniem ferromagnetycznym	195
10.3.1.	Budowa transformatorów	195
10.3.2.	Odkształcenie krzywej prądu	196
10.3.3.	Straty w rdzeniu transformatora	197
10.3.4.	Równania i wykres wektorowy transformatora	200
10.3.5.	Transformator idealny	206
10.3.6.	Schematy zastępcze transformatora	208
11.	Układy trójfazowe	210
11.1.	Klasyfikacja układów trójfazowych i pojęcia podstawowe	210
11.2.	Obliczanie układów trójfazowych symetrycznych	215
11.2.1.	Połączenie odbiornika w gwiazdę	215
11.2.2.	Połączenie odbiornika w trójkąt	217
11.3.	Obliczanie układów trójfazowych niesymetrycznych	220
11.3.1.	Połączenie odbiornika w gwiazdę	220
11.3.2.	Połączenie odbiornika w trójkąt	223
11.4.	Pomiar mocy w układach trójfazowych	224
11.4.1.	Pomiar mocy w układach symetrycznych	224
11.4.2.	Pomiar mocy w układach niesymetrycznych	228
11.5.	Pole magnetyczne wirujące	230
11.6.	Metoda składowych symetrycznych	233
11.7.	Składowe α , β , 0	243
12.	Obliczanie obwodów elektrycznych przy przebiegach niesinusoidalnych	246
12.1.	Rozwinięcie funkcji okresowej w szereg Fouriera	246
12.2.	Postacie szeregu Fouriera i obliczanie współczynników szeregu	248

12.3.	Rodzaje symetrii sygnałów okresowych odkształconych	252
12.3.1.	Symetria względem osi odciętych	252
12.3.2.	Symetria względem osi rzędnych	253
12.3.3.	Symetria względem początku układu współrzędnych	253
12.4.	Twierdzenie Parsewala	255
12.5.	Wartość skuteczna napięcia i prądu niesinusoidalnego	256
12.6.	Moc przy przebiegach niesinusoidalnych	257
12.7.	Rozwiązywanie obwodów jednofazowych przy wymuszeniach okresowych niesinusoidalnych	259
12.8.	Zależność krzywej prądu od charakteru obwodu	262
12.9.	Wysze harmoniczne w układach trójfazowych	263
13.	Analiza częstotliwościowa	270
13.1.	Przekształcenie Fouriera i całka Fouriera	270
13.2.	Widmo amplitudowe i widmo fazowe	273
13.2.1.	Widmo amplitudowe i widmo fazowe funkcji okresowej	273
13.2.2.	Widmo amplitudowe i widmo fazowe funkcji nieokresowej	275
14.	Stany nieustalone w obwodach liniowych	277
14.1.	Pojęcia podstawowe	277
14.2.	Warunki początkowe, prawa komutacji	278
14.3.	Metody analizy obwodów liniowych w stanie nieustalonym	279
14.4.	Metoda klasyczna analizy stanów nieustalonych	280
14.4.1.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, L przy wymuszeniu stałym	282
14.4.2.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, L przy zwarcu	285
14.4.3.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, L przy wymuszeniu sinusoidalnym	287
14.5.	Metoda operatorowa analizy stanów nieustalonych	290
14.5.1.	Przekształcenie Laplace'a i jego właściwości	290
14.5.2.	Wyznaczanie oryginału funkcji operatorowej	293
14.5.3.	Impedancja, admitancja i transmitancja operatorowa, prawa Kirchhoffa dla transformat	296
14.5.4.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, C przy wymuszeniu stałym	300
14.5.5.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, C przy zwarcu	303
14.5.6.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, C przy wymuszeniu sinusoidalnym	305
14.5.7.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, L, C przy wymuszeniu stałym	308
14.5.8.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, L, C przy zwarcu	314
14.6.	Rozwiązywanie obwodów w stanie nieustalonym metodą klasyczną i operatorową łącznie	317
14.7.	Rozwiązywanie obwodów w stanie nieustalonym z zastosowaniem twierdzenia Thevenina i twierdzenia Nortona	320
14.8.	Rozwiązywanie obwodów w stanie nieustalonym przy zastosowaniu całki spłotowej i całki Duhamela	325
14.9.	Metoda zmiennych stanu	331
14.9.1.	Istota metody	331
14.9.2.	Formułowanie równań stanu	333
14.9.3.	Rozwiązywanie równania stanu	340
14.9.4.	Wartości własne i wektory własne macierzy kwadratowej	341

14.9.5.	Obliczanie macierzy e^{At}	343
14.9.6.	Zastosowanie metody zmiennych stanu do obliczania stanu nieustalonego w gałęzi R, L, C przy zwarciu	350
15.	Schematy blokowe i grafy przepływu sygnałów	353
15.1.	Elementy schematu blokowego	353
15.2.	Tworzenie schematu blokowego obwodu elektrycznego	354
15.3.	Reguły upraszczania schematów blokowych	355
15.3.1.	Połączenie kaskadowe bloków	355
15.3.2.	Połączenie równoległe bloków	356
15.3.3.	Schemat blokowy układu ze sprzężeniem zwrotnym	356
15.3.4.	Przenoszenie węzła zaczepowego	357
15.3.5.	Przenoszenie węzła sumacyjnego	358
15.4.	Wyznaczanie transmitancji zastępczej układu równoważnego	359
15.5.	Grafy przepływu sygnałów Masona. Pojęcia podstawowe	362
15.6.	Tworzenie grafu przepływowego obwodu elektrycznego	365
15.7.	Reguły redukcji grafów	367
15.7.1.	Połączenie kaskadowe gałęzi	367
15.7.2.	Połączenie równoległe gałęzi	368
15.7.3.	Eliminacja węzła pośredniego i pętli własnej	368
15.7.4.	Inwersja gałęzi grafu	370
15.8.	Reguła ogólna Masona	371
15.9.	Grafy wzmacniacza operacyjnego	372
16.	Czwórniki	379
16.1.	Określenia i właściwości n -wrotnika	379
16.2.	Pojęcia podstawowe dotyczące czwórników	382
16.3.	Równania czwórnika	383
16.4.	Warunki symetrii i odwracalności czwórnika	391
16.5.	Stany pracy czwórnika	392
16.6.	Impedancja wejściowa czwórnika	392
16.7.	Sens fizyczny parametrów łańcuchowych A, B, C, D	395
16.8.	Czwórniki pasywne	396
16.8.1.	Schematy zastępcze czwórników pasywnych	396
16.8.2.	Wyznaczanie parametrów łańcuchowych A, B, C, D w funkcji impedancji w stanie jałowym i w stanie zwarcia	399
16.8.3.	Impedancja charakterystyczna czwórnika symetrycznego	402
16.8.4.	Współczynnik tłumienia, współczynnik fazowy, współczynnik przenoszenia czwórnika symetrycznego	403
16.8.5.	Równania czwórnika symetrycznego uzależnione od funkcji hiperbolicznych	406
16.9.	Czwórniki aktywne	408
16.9.1.	Klasyfikacja czwórników aktywnych	408
16.9.2.	Schematy zastępcze czwórników aktywnych	408
16.9.3.	Źródła sterowane	410
16.9.4.	Konwertery impedancji	410
16.9.5.	Inwertery impedancji	412
16.9.6.	Realizacja źródeł sterowanych, konwerterów i inwerterów	415

16.9.7.	Układy nulatorowo-noratorowe	416
16.9.8.	Podstawowe układy wykorzystujące wzmacniacz operacyjny	419
16.10.	Połączenia czwórników	420
16.10.1.	Połączenie łańcuchowe czwórników	420
16.10.2.	Połączenie równoległe czwórników	423
16.10.3.	Połączenie szeregowe czwórników	424
16.10.4.	Połączenie szeregowo-równoległe czwórników	425
16.10.5.	Połączenie równoległo-szeregowe czwórników	427
17.	Filtry częstotliwościowe	430
17.1.	Określenia podstawowe i klasyfikacja filtrów	430
17.2.	Zależności ogólne dotyczące filtrów typu k	431
17.3.	Filtr dolnoprzepustowy	433
17.4.	Filtr górnoprzepustowy	436
17.5.	Filtr pasmowy i filtr zaporowy	439
17.6.	Filtry aktywne	443
18.	Synteza dwójników pasywnych	446
18.1.	Przedmiot syntezy obwodów	446
18.2.	Właściwości funkcji opisującej dwójnik	447
18.2.1.	Właściwości immitancji operatorowej dwójnika pasywnego	447
18.2.2.	Funkcje energetyczne	449
18.3.	Sprawdzanie warunków realizowalności immitancji	453
18.4.	Metoda Fostera realizacji dwójnika	454
18.5.	Metoda Cauera realizacji dwójnika	463
19.	Teoria linii długich	466
19.1.	Pojęcie linii długiej	466
19.2.	Parametry linii długiej	467
19.2.1.	Rezystancja jednostkowa R_0	468
19.2.2.	Indukcyjność jednostkowa L_0	468
19.2.3.	Pojemność jednostkowa C_0	469
19.2.4.	Uptywność jednostkowa G_0	470
19.3.	Równania linii długiej jednorodnej	470
19.4.	Stan ustalony w linii długiej jednorodnej przy wymuszeniu sinusoidalnym	474
19.5.	Wartości chwilowe napięcia i prądu w linii długiej	481
19.6.	Prędkość fazowa i długości fali	483
19.7.	Parametry falowe linii długiej i ich zależność od częstotliwości	484
19.8.	Impedancja wejściowa linii długiej	488
19.9.	Praca linii długiej przy dopasowaniu falowym	489
19.10.	Linia bez strat	492
19.11.	Linia niezniekształcająca	497
19.12.	Zastępowanie linii długiej czwórnikiem	499
19.13.	Stany nieustalone w liniach długich	500
19.13.1.	Stan nieustalony w linii długiej bez strat w stanie jałowym	502
19.13.2.	Stan nieustalony w linii długiej bez strat w stanie zwarcia	505

19.13.3.	Stan nieustalony w linii długiej przy obciążeniu impedancją falową	506
19.13.4.	Graf przepływowy linii długiej	506
20.	Obwody nieliniowe prądu stałego	509
20.1.	Elementy nieliniowe i ich charakterystyki	509
20.2.	Obliczanie obwodów nieliniowych prądu stałego metodami graficznymi	511
20.2.1.	Połączenie szeregowe elementów nieliniowych	511
20.2.2.	Połączenie równoległe elementów nieliniowych	512
20.3.	Obliczanie obwodów nieliniowych na podstawie twierdzenia Thevenina	513
21.	Obwody magnetyczne	514
21.1.	Definicje podstawowe	514
21.2.	Podstawowe pojęcia magnetyzmu i prawa obwodów magnetycznych	516
21.3.	Rozwiązywanie obwodu magnetycznego nierozgałęzionego ze szczeliną powietrzną	521
21.4.	Rozwiązywanie obwodu magnetycznego rozgałęzionego	526
21.5.	Obwód magnetyczny magnesu trwałego	530
22.	Obwody nieliniowe prądu zmiennego	533
22.1.	Opis elementów w obwodach nieliniowych prądu zmiennego	533
22.2.	Aproksymacja charakterystyk nieliniowych	535
22.3.	Obwody nieliniowe z elementami ferromagnetycznymi	537
22.3.1.	Cewka z rdzeniem ferromagnetycznym	537
22.3.2.	Zjawisko ferorezonansu	539
22.3.3.	Stabilizator ferorezonansowy	544
22.3.4.	Potrójce częstotliwości	546
22.3.5.	Układy ferromagnetyczne sterowane	549
22.4.	Obwody nieliniowe z elementami elektronicznymi	553
22.4.1.	Charakterystyki elementów prostownikowych	553
22.4.2.	Charakterystyki diod o specjalnym przeznaczeniu	554
22.4.3.	Obwody z prostownikami	556
22.5.	Drgania w układach nieliniowych	561
22.5.1.	Metoda bilansu harmonicznych	565
22.5.2.	Metoda funkcji opisującej	567
22.6.	Metoda płaszczyzny fazowej	568
22.6.1.	Pojęcia podstawowe	568
22.6.2.	Rodzaje punktów osobliwych	570
22.6.3.	Metoda izoklin	575
	Literatura	577
	Skorowidz	578