

Przedmowa	13
1. Wiadomości wstępne	15
1.1. Wielkości i jednostki używane w elektrotechnice	15
1.2. Pojęcia podstawowe elektrotechniki	19
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 nieźródłowe	38
3. Podstawowe prawa i właściwości obwodu elektrycznego ...	41
3.1. Pojęcia podstawowe	41
3.2. Właściwości obwodu elektrycznego	42
3.2.1. Liniowość obwodu	42
3.2.2. Stacjonarność obwodu	42
3.2.3. Pasywność obwodu	43
3.2.4. Obwód o parametrach skupionych i rozłożonych	43
3.3. Prawa Kirchhoffa	44
4. Sygnały elektryczne i ich klasyfikacja	45
4.1. Klasyfikacja sygnałów	45
4.2. Wielkości charakteryzujące sygnały okresowe	48
4.3. Sygnał wykładniczy	50

4.4.	Sygnał sinusoidalny	52
4.5.	Sygnał 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	63
5.4.	Dopasowanie odbiornika do źródła i sprawność źródeł	65
5.5.	Metoda charakterystyk	68
6.	Obwody jednofazowe nierozgałęzione prądu sinusoidalnego	70
6.1.	Zastosowanie metody liczb zespolonych	70
6.2.	Wykresy wektorowe	73
6.3.	Analiza dwójników zawierających elementy RLC	74
6.3.1.	Dwójnik szeregowy RLC	74
6.3.2.	Dwójnik równoległy RLC	79
6.3.3.	Dwójniki szeregowe i równoległe RL oraz RC ; dwójniki idealne R, L, C	82
6.4.	Moc w obwodzie prądu sinusoidalnego	85
6.4.1.	Moc chwilowa	85
6.4.2.	Moc czynna, bierna i pozorna	88
6.4.3.	Trójkąt mocy	90
6.4.4.	Postać zespolona mocy pozornej	91
6.4.5.	Moc w rezystorze idealnym o rezystancji R	94
6.4.6.	Moc w cewce idealnej o indukcyjności L	95
6.4.7.	Moc w kondensatorze idealnym o pojemności C	96
6.4.8.	Moc w dwójniku szeregowym RLC	97
6.5.	Schematy zastępcze kondensatora rzeczywistego	99
6.6.	Schematy zastępcze cewki rzeczywistej	103
7.	Metody obliczania obwodów rozgałęzionych	106
7.1.	Pojęcia podstawowe z dziedziny topologii obwodów	106
7.2.	Macierze strukturalne	108
7.3.	Prawo Ohma i prawa Kirchhoffa w postaci macierzowej	112
7.4.	Metoda oczkowa	118
7.5.	Metoda węzłowa	126
7.6.	Twierdzenie o włączaniu dodatkowych idealnych źródeł napięcia	136
7.7.	Twierdzenie o włączaniu dodatkowych idealnych źródeł prądu	137
7.8.	Twierdzenie o wzajemności	139
7.9.	Przekształcanie i upraszczanie obwodów rozgałęzionych	140
7.9.1.	Twierdzenie o zastępczym źródle energii	141
7.9.2.	Zastępowanie n źródeł rzeczywistych połączonych równoległe jednym źródłem ..	145
7.9.3.	Przekształcanie trójkąta impedancji w gwiazdę impedancji i odwrotnie	148
8.	Rezonans w obwodach elektrycznych	151
8.1.	Rezonans napięć	151
8.2.	Rezonans prądów	157
8.3.	Rezonans w układach równoległo-szeregowych	163

8.4.	Charakterystyki częstotliwościowe idealnych układów rezonansowych	167
8.5.	Znaczenie praktyczne zjawiska rezonansu	168
9.	Obwody z indukcyjnością wzajemną	170
9.1.	Zjawiska fizyczne przy sprzężeniu magnetycznym elementów obwodów	170
9.2.	Zaciski jednoimienne i ich oznaczanie	174
9.3.	Połączenie szeregowe 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	214
11.2.1.	Połączenie odbiornika w gwiazdę	214
11.2.2.	Połączenie odbiornika w trójkąt	217
11.3.	Obliczanie układów trójfazowych niesymetrycznych	219
11.3.1.	Połączenie odbiornika w gwiazdę	219
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	254
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.	Wyższe harmoniczne w układach trójfazowych	263
13.	Analiza częstotliwościowa	272
13.1.	Przekształcenie Fouriera i całka Fouriera	272
13.2.	Widmo amplitudowe i widmo fazowe	275
13.2.1.	Widmo amplitudowe i widmo fazowe funkcji okresowej	275
13.2.2.	Widmo amplitudowe i widmo fazowe funkcji nieokresowej	277
14.	Stany nieustalone w obwodach liniowych	279
14.1.	Pojęcia podstawowe	279
14.2.	Warunki początkowe, prawa komutacji	280
14.3.	Metody analizy obwodów liniowych w stanie nieustalonym	281
14.4.	Metoda klasyczna analizy stanów nieustalonych	282
14.4.1.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, L przy wymuszeniu stałym	284
14.4.2.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, L przy zwarcu	287
14.4.3.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, L przy wymuszeniu sinusoidalnym	289
14.5.	Metoda operatorowa analizy stanów nieustalonych	292
14.5.1.	Przekształcenie Laplace'a i jego własności	292
14.5.2.	Wyznaczanie oryginału funkcji operatorowej	295
14.5.3.	Impedancja, admitancja i transmitancja operatorowa, prawa Kirchhoffa dla transformat	298
14.5.4.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, C przy wymuszeniu stałym	302
14.5.5.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, C przy zwarcu	305
14.5.6.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, C przy wymuszeniu sinusoidalnym	307
14.5.7.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, L, C przy wymuszeniu stałym	310
14.5.8.	Stan nieustalony w gałęzi szeregowej R, L, C przy zwarcu	316
14.6.	Rozwiązywanie obwodów w stanie nieustalonym metodą klasyczną i operatorową łącznie	319
14.7.	Rozwiązywanie obwodów w stanie nieustalonym z zastosowaniem twierdzenia Thevenina i twierdzenia Nortona	322
14.8.	Rozwiązywanie obwodów w stanie nieustalonym przy zastosowaniu całki splotowej i całki Duhamela	327
14.9.	Metoda zmiennych stanu	334
14.9.1.	Istota metody	334
14.9.2.	Formułowanie równań stanu	336
14.9.3.	Rozwiązywanie równania stanu	339
14.9.4.	Wartości własne i wektory własne macierzy kwadratowej	341
14.9.5.	Obliczanie macierzy e^{At}	342
14.9.6.	Zastosowanie metody zmiennych stanu do obliczania stanu nieustalonego w gałęzi R, L, C przy zwarcu	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 w zależności 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	411
16.9.5.	Inwertery impedancji	412
16.9.6.	Realizacja źródeł sterowanych, konwerterów i inwerterów	415
16.9.7.	Podstawowe układy wykorzystujące wzmacniacz operacyjny	416
16.10.	Połączenia czwórników	418
16.10.1.	Połączenie łańcuchowe czwórników	418
16.10.2.	Połączenie równoległe czwórników	420
16.10.3.	Połączenie szeregowe czwórników	422
16.10.4.	Połączenie szeregowo-równoległe czwórników	423
16.10.5.	Połączenie równoległo-szeregowe czwórników	425
17.	Filtry częstotliwościowe	428
17.1.	Określenia podstawowe i klasyfikacja filtrów	428
17.2.	Zależności ogólne dotyczące filtrów typu k	429

17.3.	Filtr dolnoprzepustowy	431
17.4.	Filtr górnoprzepustowy	434
17.5.	Filtr pasmowy i filtr zaporowy	437
17.6.	Filtry aktywne	441
18.	Synteza dwójników pasywnych	444
18.1.	Przedmiot syntezy obwodów	444
18.2.	Własności funkcji opisującej dwójnik	445
18.2.1.	Własności imitancji operatorowej dwójnika pasywnego	445
18.2.2.	Funkcje energetyczne	447
18.3.	Sprawdzanie warunków realizowalności imitancji	451
18.4.	Metoda Fostera realizacji dwójnika	452
18.5.	Metoda Cauera realizacji dwójnika	461
19.	Teoria linii długich	464
19.1.	Pojęcie linii długiej	464
19.2.	Parametry linii długiej	465
19.2.1.	Rezystancja jednostkowa R_0	466
19.2.2.	Indukcyjność jednostkowa L_0	466
19.2.3.	Pojemność jednostkowa C_0	467
19.2.4.	Uptywność jednostkowa G_0	468
19.3.	Równania linii długiej jednorodnej	468
19.4.	Stan ustalony w linii długiej jednorodnej przy wymuszeniu sinusoidalnym	472
19.5.	Wartości chwilowe napięcia i prądu w linii długiej	479
19.6.	Prędkość fazowa i długość fali	481
19.7.	Parametry falowe linii długiej i ich zależność od częstotliwości	482
19.8.	Impedancja wejściowa linii długiej	486
19.9.	Praca linii długiej przy dopasowaniu falowym	487
19.10.	Linia bez strat	490
19.11.	Linia niezniesztalająca	495
19.12.	Zastępowanie linii długiej czwornikiem	497
19.13.	Stany nieustalone w liniach długich	498
19.13.1.	Stan nieustalony w linii długiej bez strat w stanie jałowym	500
19.13.2.	Stan nieustalony w linii długiej bez strat w stanie zwarcia	503
19.13.3.	Stan nieustalony w linii długiej przy obciążeniu impedancją falową	504
19.13.4.	Graf przepływowy linii długiej	504
20.	Obwody nieliniowe prądu stałego	507
20.1.	Elementy nieliniowe i ich charakterystyki	507
20.2.	Obliczanie obwodów nieliniowych prądu stałego metodami graficznymi	509
20.2.1.	Połączenie szeregowe elementów nieliniowych	509
20.2.2.	Połączenie równoległe elementów nieliniowych	510
20.3.	Obliczanie obwodów nieliniowych na podstawie twierdzenia Thevenina	511
21.	Obwody magnetyczne	512
21.1.	Definicje podstawowe	512
21.2.	Podstawowe pojęcia magnetyzmu i prawa obwodów magnetycznych	514

21.3.	Rozwiązywanie obwodu magnetycznego nierozgałęzionego ze szczeliną powietrzną	519
21.4.	Rozwiązywanie obwodu magnetycznego rozgałęzionego	524
21.5.	Obwód magnetyczny magnesu trwałego	526

22. Obwody nieliniowe prądu zmiennego 531

22.1.	Opis elementów w obwodach nieliniowych prądu zmiennego	531
22.2.	Aproksymacja charakterystyk nieliniowych	533
22.3.	Obwody nieliniowe z elementami ferromagnetycznymi	535
22.3.1.	Cewka z rdzeniem ferromagnetycznym	535
22.3.2.	Zjawisko ferorezonansu	537
22.3.3.	Stabilizator ferorezonansowy	542
22.3.4.	Potrąjacz częstotliwości	544
22.3.5.	Układy ferromagnetyczne sterowane	546
22.4.	Obwody nieliniowe z elementami elektronicznymi	550
22.4.1.	Charakterystyki elementów prostownikowych	550
22.4.2.	Charakterystyki diod o specjalnym przeznaczeniu	552
22.4.3.	Obwody z prostownikami	553
22.5.	Drgania w układach nieliniowych	558
22.5.1.	Metoda bilansu harmonicznych	562
22.5.2.	Metoda funkcji opisującej	564
22.6.	Metoda płaszczyzny fazowej	566
22.6.1.	Pojęcia podstawowe	566
22.6.2.	Rodzaje punktów osobliwych	567
22.6.3.	Metoda izoklin	573

Literatura 575

Skorowidz 576