

Spis treści

Przedmowa do wydania drugiego	11
Konwencje i ważniejsze oznaczenia	13
1. Rachunek i analiza wektorowa	17
1.1. Wielkości skalarne i wektorowe	17
1.2. Układy współrzędnych	20
1.2.1. Układ współrzędnych kartezjańskich (prostokątnych)	20
1.2.2. Układ współrzędnych walcowych (cyldrycznych)	21
1.2.3. Układ współrzędnych kulistych (sferycznych)	23
1.2.4. Układ współrzędnych biegunowych (kołowych)	25
1.3. Algebraiczne operacje wektorowe	26
1.3.1. Dodawanie i odejmowanie wektorów	26
1.3.2. Iloczyn skalarny wektorów	27
1.3.3. Iloczyn wektorowy wektorów	30
1.3.4. Iloczyn mieszany	32
1.4. Operator nabla	33
1.5. Operator Laplace'a (laplasjan)	33
1.6. Różniczkowanie pól skalarnych i wektorowych względem czasu	34
1.7. Różniczkowanie wektora wodzącego	35
1.8. Delta Diraca	37
1.9. Pochodna kierunkowa i gradient pola skalarnego	38
1.9.1. Pochodna kierunkowa	38
1.9.2. Gradient	39
1.10. Strumień i dywergencja pola wektorowego	42
1.10.1. Strumień pola wektorowego	42
1.10.2. Dywergencja	43
1.10.3. Twierdzenie Gaussa-Ostrogradskiego	46
1.11. Cyrkulacja i rotacja pola wektorowego	48
1.11.1. Całka liniowa i cyrkulacja pola wektorowego	48
1.11.2. Rotacja	49
1.11.3. Twierdzenie Stokesa	53
1.12. Potencjały	54
1.12.1. Potencjał skalarny	54
1.12.2. Potencjał wektorowy	57

2. Pole elektrostatyczne.....	59
2.1. Ładunki elektryczne	59
2.2. Prawo Coulomba	61
2.3. Natężenie pola elektrycznego	62
2.4. Potencjał i napięcie elektryczne	69
2.5. Dielektryki. Polaryzacja i indukcja elektryczna	77
2.5.1. Zjawisko polaryzacji elektrycznej.....	77
2.5.2. Wektor polaryzacji	78
2.5.3. Związek polaryzacji z budową materii i jej właściwościami elektrycznymi	80
2.5.4. Wektor indukcji elektrycznej	80
2.5.5. Prawo Gaussa	82
2.5.6. Wytrzymałość elektryczna dielektryków	85
2.6. Pole elektrostatyczne w przewodnikach i w ich otoczeniu	86
2.6.1. Pole elektryczne przewodnika w równowadze elektrycznej	86
2.6.2. Przewodnik w polu elektrycznym.....	89
2.7. Pole elektryczne na granicy nieciągłości materiałowej	95
2.8. Równania pola elektrostatycznego	100
2.9. Pojemność elektryczna. Kondensatory	103
2.10. Energia pola elektrycznego	106
2.10.1. Energia układu ładunków punktowych	107
2.10.2. Energia ciągłego rozkładu ładunków	109
2.10.3. Energia naładowanego kondensatora	109
2.10.4. Postać lokalna energii pola elektrycznego	111
2.11. Obliczanie pól elektrostatycznych.....	112
3. Pole przepływowo	114
3.1. Prąd elektryczny	114
3.2. Prąd przewodzenia. Prawo Ohma w postaci różniczkowej	117
3.3. Prąd przesunięcia.....	120
3.4. Równanie ciągłości prądu.....	122
3.5. Równania pola przepływowego.....	124
3.6. Pole przepływowo na granicy nieciągłości materiałowej	126
3.7. Rezystancja.....	130
3.8. Uziomy	133
3.9. Straty mocy. Prawo Joule'a-Lenza	134
3.10. Źródło napięcia stałego.....	137
3.11. Prawa Kirchhoffa.....	139
4. Pole magnetostaticzne.....	142
4.1. Prawo Biota-Savarta	142
4.2. Oddziaływanie pola magnetycznego na ładunki	149
4.2.1. Siła magnetyczna	149
4.2.2. Siła działająca na przewod z prądem elektrycznym.....	150

4.3.	Oddziaływanie pola magnetycznego z materią	152
4.3.1.	Zjawisko magnetyzacji.....	152
4.3.2.	Wektor magnetyzacji (namagnesowania)	153
4.3.3.	Wektor natężenia pola magnetycznego.....	155
4.3.4.	Magnetyczne właściwości materii	157
4.4.	Prawo przepływu	162
4.5.	Strumień indukcji magnetycznej	167
4.6.	Równania i potencjały pola magnetostatycznego.....	169
4.6.1.	Równania pola magnetostatycznego	169
4.6.2.	Skalarny potencjał magnetyczny.....	169
4.6.3.	Wektorowy potencjał magnetyczny	171
4.7.	Pole magnetyczne na granicy nieciągłości materiałowej	176
4.8.	Indukcyjność własna i wzajemna obwodów	182
4.8.1.	Współczynnik indukcyjności własnej	182
4.8.2.	Współczynnik indukcyjności wzajemnej	187
4.8.3.	Obwody sprzężone magnetycznie.....	193
4.9.	Energia pola magnetycznego.....	194
4.10.	Podsumowanie.....	199
4.10.1.	Obliczanie pola magnetostatycznego	199
4.10.2.	Magnetostatyka a elektrostatyka – podobieństwa i różnice	199
5.	Indukcja elektromagnetyczna	201
5.1.	Zjawisko indukcji elektromagnetycznej.....	201
5.2.	Zjawisko indukcji własnej i wzajemnej.....	208
5.3.	Wnioski z prawa Faradaya	211
5.3.1.	Różniczkowa postać prawa Faradaya	211
5.3.2.	Dywergencja indukcji pola magnetycznego.....	212
6.	Pole elektromagnetyczne.....	213
6.1.	Równania Maxwella	213
6.2.	Warunki brzegowe.....	218
6.3.	Moc pola elektromagnetycznego. Twierdzenie Poyntinga.....	218
6.4.	Falowy charakter pola elektromagnetycznego	223
6.4.1.	Równanie falowe dla pola magnetycznego	223
6.4.2.	Równanie falowe dla pola elektrycznego.....	224
6.4.3.	Przypadki szczególne	226
6.4.4.	Równanie dla prądu przewodzenia	226
6.5.	Potencjały elektrodynamiczne.....	227
6.5.1.	Określenie potencjałów	227
6.5.2.	Cechowanie potencjałów	228
6.5.3.	Równanie dla potencjału wektorowego	228
6.5.4.	Równanie dla potencjału skalarnego	229
6.5.5.	Równania dla potencjałów w dielektryku idealnym	229
6.5.6.	Potencjały opóźnione	230

7. Harmoniczne pole elektromagnetyczne	231
7.1. Zespolona wartość skuteczna	231
7.2. Równania Maxwella w postaci zespolonej.....	234
7.3. Zależności energetyczne.....	234
7.3.1. Gęstość mocy związanej z przepływem prądu.....	235
7.3.2. Gęstość mocy i energii pola elektrycznego.....	236
7.3.3. Gęstość mocy i energii pola magnetycznego	237
7.3.4. Zespolony wektor Poyntinga.....	238
7.3.5. Twierdzenie Poyntinga.....	238
7.3.6. Moc pozorna, czynna i bierna w układzie niezawierającym źródeł.....	239
7.3.7. Straty mocy w dielektryku rzeczywistym	240
7.3.8. Zespolona przenikalność elektryczna.....	242
7.3.9. Zespolona przenikalność magnetyczna	243
7.4. Równania falowe w postaci zespolonej.....	243
7.5. Zespolone potencjały elektrodynamiczne.....	245
7.6. Promieniowanie	246
7.6.1. Potencjał wektorowy wytwarzany przez przewodnik liniowy z prądem.....	247
7.6.2. Podstawowe założenia upraszczające	248
7.6.3. Dipol Hertza – promieniowanie dipolowe elektryczne	249
7.6.4. Promieniowanie dipolowe magnetyczne.....	254
7.6.5. Moc i rezystancja promieniowania	257
7.6.6. Ogólna antena liniowa.....	258
8. Wolnozmiennne pole harmoniczne.....	261
8.1. Przybliżenie quasi-statyczne.....	261
8.2. Indukcja elektromagnetyczna w przewodniku nieruchomym	262
8.3. Prądy wirowe w rozległej płycie	264
8.4. Zjawisko naskórkowości	269
8.4.1. Zjawisko naskórkowości w rozległej płycie	269
8.4.2. Zjawisko naskórkowości w przewodzie walcowym	273
8.5. Zjawisko zbliżenia w dwóch równoległych płytach.....	277
8.6. Modelowanie obwodowe układów polowych	282
8.6.1. Impedancja własna przewodu	282
8.6.2. Impedancja własna i wzajemna obwodów sprzężonych magnetycznie.....	285
9. Płaska fala elektromagnetyczna	289
9.1. Płaska fala elektromagnetyczna w dielektryku idealnym.....	289
9.2. Harmoniczna fala płaska	294
9.2.1. Harmoniczna fala płaska w dielektryku bezstratnym.....	298
9.2.2. Harmoniczna fala płaska w środowisku dobrze przewodzącym.....	300

9.2.3.	Polaryzacja fali.....	303
9.2.4.	Parametry falowe środowiska	307
9.2.5.	Równania Maxwella dla fali płaskiej	309
9.3.	Harmoniczna fala płaska na granicy środowisk – padanie prostopadłe	311
9.3.1.	Zależności ogólne.....	311
9.3.2.	Padanie prostopadłe na granicę dielektryków bezstratnych	313
9.3.3.	Padanie prostopadłe w układzie dielektryk bezstratny- -przewodnik.....	315
9.3.4.	Padanie prostopadłe w układzie dielektryk bezstratny- -przewodnik idealny	317
9.4.	Harmoniczna fala płaska na granicy środowisk – padanie ukośne....	318
9.4.1.	Wnioski z prawa Snella.....	320
9.4.2.	Polaryzacja prostopadła	321
9.4.3.	Polaryzacja równoległa	327
10.	Linie przesyłowe. Linia długa	331
10.1.	Zagadnienia wstępne	331
10.1.1.	Klasyfikacja fal elektromagnetycznych	331
10.1.2.	Klasyfikacja przewodnic EM.....	331
10.1.3.	Równania pola elektromagnetycznego dla fali przewodzonej	332
10.2.	Fale TEM w liniach przesyłowych.....	334
10.2.1.	Zależności ogólne.....	334
10.2.2.	Kabel koncentryczny jako linia przesyłowa TEM	336
10.3.	Linia długa.....	339
10.3.1.	Schemat zastępczy i równania linii dwuprzewodowej.....	339
10.3.2.	Linia jednorodna przy wymuszeniu sinusoidalnym.....	341
10.3.3.	Parametry jednostkowe linii długiej.....	347
10.3.4.	Parametry charakterystyczne (falowe) linii długiej.....	351
10.3.5.	Linia nieodkształcająca	354
10.3.6.	Impedancja wejściowa linii	356
10.3.7.	Szczególne stany pracy linii długiej.....	358
10.3.8.	Moc i sprawność linii	360
10.4.	Linia długa bezstratna.....	361
10.4.1.	Parametry i równania linii bezstratnej.....	361
10.4.2.	Prąd i napięcie	363
10.4.3.	Stan dopasowania falowego	364
10.4.4.	Stan jałowy.....	366
10.4.5.	Stan zwarcia	368
10.4.6.	Linia bezstratna obciążona rezystancją.....	370
10.4.7.	Linia bezstratna obciążona idealną reaktancją.....	373
10.4.8.	Bezstratna linia długa obciążona dowolną impedancją.....	375
10.4.9.	Impedancja wejściowa	378

10.4.10. Moc w linii bezstratnej.....	379
10.4.11. Linia bezstratna jako transformator dopasowujący.....	381
10.4.12. Wykres Smitha.....	383
11. Falowody rurowe o ściankach przewodzących.....	387
11.1. Zagadnienia wstępne.....	387
11.2. Falowód o przekroju prostokątnym.....	389
11.2.1. Fala typu H.....	392
11.2.2. Fala typu E.....	396
11.3. Falowód o przekroju kołowym.....	399
11.3.1. Fala typu H.....	400
11.3.2. Fala typu E.....	403
11.4. Ogólne właściwości falowodów o ściankach idealnie przewodzących.....	405
11.5. Falowody stratne.....	406
12. Światłowody.....	410
12.1. Falowody dielektryczne.....	410
12.2. Światłowód płaski.....	411
12.2.1. Fala typu H.....	413
12.2.2. Fala typu E.....	416
12.3. Światłowód włóknisty o przekroju kołowym.....	417
12.3.1. Mody typu H.....	419
12.3.2. Mody typu E.....	421
12.3.3. Mody mieszane.....	422
12.3.4. Światłowody o słabym przewodzeniu. Mody LP.....	426
13. Rezonatory.....	431
13.1. Rezonatory wnękowe.....	431
13.2. Kabel koncentryczny jako rezonator.....	432
13.3. Tory przesyłowe jako rezonatory.....	437
13.4. Rezonator prostopadłościenny o ściankach przewodzących.....	438
13.5. Rezonator cylindryczny o ściankach przewodzących.....	441
13.6. Ogólne zależności czasowe i przestrzenne.....	447
13.7. Dobroć rezonatora.....	450
Bibliografia.....	455
Skorowidz.....	458