



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к первому изданию . . . . .	3
Предисловие ко второму изданию . . . . .	5
Введение . . . . .	7
Основные обозначения . . . . .	13

### ЧАСТЬ ПЕРВАЯ ОСНОВЫ КЛАССИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

<i>Глава 1. Основные уравнения теории электромагнитного поля . . . . .</i>	<i>16</i>
1.1. Уравнения Максвелла . . . . .	16
1.2. Материальные уравнения . . . . .	20
1.3. Электродинамические потенциалы и векторы Герца . . . . .	27
1.4. Граничные условия на поверхности раздела сред . . . . .	31
1.5. Уравнения электродинамики для комплексных амплитуд . . . . .	34
1.6. Временная и пространственная дисперсия среды . . . . .	37
1.7. Работа, энергия и мощность электромагнитного поля . . . . .	44
1.8. Баланс энергии гармонических колебаний . . . . .	49
1.9. Лемма Лоренца и теорема взаимности . . . . .	52
1.10. Начально-краевые задачи электродинамики, условия существования и единственности их решений . . . . .	55
<i>Глава 2. Электрофизические свойства сред . . . . .</i>	<i>59</i>
2.1. Диэлектрики . . . . .	59
2.2. Магнетики . . . . .	68
2.3. Проводники и сверхпроводники . . . . .	74
2.4. Анизотропные среды . . . . .	79
2.5. Искусственные диэлектрики, метаматериалы и фотонные кристаллы . . . . .	90
<i>Глава 3. Электромагнитные волны в однородной изотропной среде . . . . .</i>	<i>96</i>
3.1. Плоские однородные волны . . . . .	96
3.2. Поляризация электромагнитных волн . . . . .	101

3.3. Волны с произвольным направлением распространения . . . . .	106
3.4. Волны в диссипативных средах . . . . .	108
3.5. Дисперсия волн . . . . .	111
3.6. Волны в средах с отрицательным показателем преломления . . . . .	116
<b>Глава 4. Электромагнитные волны в анизотропной среде . . . . .</b>	
4.1. Общие свойства плоских волн в анизотропных средах . . . . .	120
4.2. Волны в немагнитных кристаллах . . . . .	125
4.3. Волны в гиротропных средах . . . . .	131
4.4. Распространение волн в бианизотропных средах . . . . .	138
<b>Глава 5. Электромагнитные волны в неоднородных средах . . . . .</b>	
5.1. Отражение и преломление на границе раздела однородных изотропных сред . . . . .	142
5.2. Стоячие волны . . . . .	146
5.3. Полное прохождение и полное отражение . . . . .	149
5.4. Преломление на границе раздела сред с положительной и отрицательной дисперсией . . . . .	151
5.5. Отражение и преломление на границе раздела изотропной и анизотропной сред . . . . .	155
5.6. Отражение на границе раздела диэлектрик–металл. Граничные условия Леонтовича . . . . .	157
5.7. Волны в средах с плавно изменяющимися параметрами . . . . .	159
<b>Глава 6. Излучение и дифракция электромагнитных волн . . . . .</b>	
6.1. Элементарные источники излучения . . . . .	169
6.2. Запаздывающие и опережающие потенциалы. Функции Грина . . . . .	172
6.3. Общие свойства поля излучения . . . . .	178
6.4. Поле излучения элементарного диполя . . . . .	182
6.5. Принцип Гюйгенса. Вторичные источники излучения . . . . .	187
6.6. Дифракция электромагнитных волн . . . . .	193
6.7. Волновые пучки . . . . .	218

ЧАСТЬ ВТОРАЯ  
НАПРАВЛЕННЫЕ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

<b>Глава 7. Общая теория направляющих систем . . . . .</b>	
7.1. Классификация направляющих систем . . . . .	226
7.2. Распространение волн между двумя параллельными плоскостями . . . . .	229
7.3. Скалярные уравнения Гельмгольца для регулярной линии передачи и их общее решение . . . . .	233
7.4. Дисперсия в линиях передачи . . . . .	239

7.5. Электромагнитное поле свободных волн в линии передачи . . . . .	244
7.6. Граничные условия для мембранной функции . . . . .	249
7.7. Спектр типов волн в линии передачи и их ортогональность . . . . .	252
7.8. Передаваемая мощность и затухание в линиях передачи . . . . .	259
<b>Глава 8. Односвязные закрытые линии передачи . . . . .</b>	<b>267</b>
8.1. Прямоугольный волновод . . . . .	267
8.2. Основной тип волны в прямоугольном волноводе . . . . .	273
8.3. Круглый волновод . . . . .	279
8.4. Волноводы со сложной формой поперечного сечения . . . . .	287
<b>Глава 9. Многосвязные линии передачи . . . . .</b>	<b>295</b>
9.1. Поперечные волны в многосвязных ЛП . . . . .	295
9.2. Нормальные волны в многопроводных ЛП . . . . .	301
9.3. Передаваемая мощность и затухание . . . . .	304
9.4. Двухпроводная симметричная ЛП . . . . .	306
9.5. Коаксиальная линия передачи . . . . .	309
9.6. Радиальная линия передачи . . . . .	314
9.7. Полосковые линии передачи . . . . .	316
<b>Глава 10. Открытые линии передачи . . . . .</b>	<b>327</b>
10.1. Металлодиэлектрические открытые ЛП . . . . .	327
10.2. Общие свойства диэлектрических волноводов . . . . .	329
10.3. Плоский диэлектрический волновод . . . . .	333
10.4. Круглый диэлектрический волновод . . . . .	341
10.5. Структура и параметры диэлектрических волноводов. Световоды . . . . .	345
10.6. Квазиоптические линии передачи . . . . .	350
<b>Глава 11. Замедляющие системы . . . . .</b>	<b>353</b>
11.1. Условия существования медленных волн . . . . .	353
11.2. Свойства симметрии замедляющих систем . . . . .	358
11.3. Волны в периодических структурах. Пространственные гармоники . . . . .	364
11.4. Характеристики и параметры замедляющих систем . . . . .	372
11.5. Основные типы замедляющих систем . . . . .	378
<b>Глава 12. Объемные резонаторы . . . . .</b>	<b>404</b>
12.1. Принцип действия и основные типы объемных резонаторов . . . . .	404
12.2. Общие свойства и параметры свободных колебаний в резонаторах . . . . .	409
12.3. Закрытые волноводные резонаторы . . . . .	418
12.4. Закрытые аксиально-симметричные резонаторы . . . . .	429
12.5. Диэлектрические резонаторы . . . . .	439
12.6. Открытые волноводные резонаторы . . . . .	441
12.7. Открытые зеркальные резонаторы . . . . .	448

<b>Глава 13. Нерегулярные электродинамические системы . . . . .</b>	<b>452</b>
13.1. Возбуждение волн в линиях передачи . . . . .	452
13.2. Элементы возбуждения . . . . .	456
13.3. Возбуждение колебаний в объемных резонаторах . . . . .	459
13.4. Расчет коэффициентов возбуждения в ЛП и резонаторах . . . . .	465
13.5. Теория возмущений . . . . .	470
13.6. Неоднородности в линиях передачи . . . . .	477
<b>Глава 14. Численные методы моделирования волновых электромагнитных полей . . . . .</b>	<b>487</b>
14.1. Постановка начально-краевых задач электродинамики и основные этапы их решения . . . . .	487
14.2. Классы начально-краевых задач электродинамики и их математическая формулировка . . . . .	490
14.3. Основные методы численного решения краевых задач электродинамики . . . . .	495
14.4. Метод конечных разностей . . . . .	506
14.5. Метод конечных элементов . . . . .	511
14.6. Структура программ моделирования электромагнитных полей . . . . .	517
14.7. Примеры моделирования . . . . .	521

### ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

## МИКРОВОЛНОВАЯ ТЕХНИКА

<b>Глава 15. Основы теории микроволновых цепей . . . . .</b>	<b>528</b>
15.1. Эквивалентные напряжения и токи в линиях передачи . . . . .	528
15.2. Коэффициенты отражения и стоячей волны. Входное сопротивление линии передачи . . . . .	534
15.3. Круговая диаграмма полных сопротивлений (проводимостей) . . . . .	538
15.4. Основные режимы работы линии передачи . . . . .	542
15.5. Согласование линий передачи . . . . .	545
15.6. Микроволновые многополюсники <sup>®</sup> и их волновые матрицы . . . . .	552
15.7. Основные свойства матриц рассеяния . . . . .	561
<b>Глава 16. Методы анализа микроволновых устройств . . . . .</b>	<b>568</b>
16.1. Постановка задачи анализа и основные этапы ее решения. Метод декомпозиции . . . . .	568
16.2. Методы построения дескрипторов автономных блоков . . . . .	572
16.3. Методы рекомпозиции . . . . .	576
<b>Глава 17. Взаимные микроволновые устройства . . . . .</b>	<b>584</b>
17.1. Двухполюсники . . . . .	584
17.2. Простейшие четырехполюсники . . . . .	592

17.3. Микроволновые фильтры и устройства широкополосного согласования . . . . .	599
17.4. Микроволновые шестиполосники . . . . .	604
17.5. Направленные ответвители . . . . .	615
17.6. Мостовые микроволновые устройства . . . . .	625
<b>Глава 18. Ферритовые и сегнетоэлектрические микроволновые устройства . . . . .</b>	<b>631</b>
18.1. Намагниченность феррита. Типы прецессии вектора намагниченности . . . . .	631
18.2. Фазовращатели . . . . .	637
18.3. Вентили . . . . .	642
18.4. Циркуляторы . . . . .	645
18.5. Ферритовые фильтры . . . . .	648
18.6. Многофункциональные ферритовые устройства . . . . .	652
<b>Заключение . . . . .</b>	<b>657</b>

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Некоторые сведения из векторной алгебры и векторного анализа . . . . .	660
Приложение 2. Некоторые сведения из функционального анализа . . . . .	663
Приложение 3. Функции Грина . . . . .	666
Приложение 4. Некоторые сведения о функциях Бесселя . . . . .	669
Приложение 5. Локальные элементы кривой . . . . .	672
Приложение 6. Соотношения Крамерса–Кронига . . . . .	675
Приложение 7. Уравнения силовых линий векторов поля свободных волн в ЛП . . . . .	677
Приложение 8. Некоторые сведения из линейной алгебры . . . . .	679
Приложение 9. Связь между волновыми матрицами четырехполосников . . . . .	682
Приложение 10. Теорема Фостера . . . . .	684
Приложение 11. Расчет индуктивности петли связи . . . . .	686
Приложение 12. Электрофизические свойства некоторых диэлектриков . . . . .	687
Приложение 13. Электрофизические параметры некоторых металлов . . . . .	688
Приложение 14. Стандартные прямоугольные волноводы . . . . .	689
Приложение 15. Диапазоны радиочастот по регламенту Международной электротехнической комиссии . . . . .	691
<b>Литература . . . . .</b>	<b>692</b>
<b>Предметный указатель . . . . .</b>	<b>694</b>

