

УДК 621.396.67

ББК 32.845

Ч-34

Рецензенты: доктор физ.-мат. наук, профессор *И. Ф. Будагян*; доктор техн. наук, профессор *Э. Л. Портнов*; доктор техн. наук, профессор *А. Ю. Гринев*

Чебышев В. В.

Ч-34 Основы проектирования антенных систем. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – 150 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0559-7.

Изложены основы проектирования антенных систем. Даны общие понятия электродинамики и теории электромагнитного поля применительно к решению электродинамических задач теории антенн. Рассмотрены основные численные методы решения, такие, как проекционные методы, метод конечных разностей, метод конечных элементов и метод интегральных уравнений. Изложены основные теоретические сведения, необходимые для численного анализа антенн с использованием пакетов прикладных программ MWO, HFSS и ЭДЭМ. Рассмотрены основные положения теории проволочных и микрополосковых антенн, имеющих широкое практическое применение для систем связи.

Для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (степени «бакалавр» и «магистр»), будет полезно для магистров по направлению подготовки «Радиотехника» по профилю «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов» и студентов других радиотехнических специальностей.

ББК 32.845

Все права защищены.

Любая часть этого издания не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения правообладателя

© ООО «Научно-техническое издательство «Горячая линия – Телеком»
www.techbook.ru

© В. В. Чебышев

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Основные понятия электродинамики и теории электромагнитного поля	7
1.1. Постановка электродинамической задачи возбуждения. Единственность решения.....	7
1.2. Электродинамические потенциалы для векторов поля. Функция Грина и решение неоднородного волнового уравнения	9
1.3. Постановка задачи возбуждения и основные соотношения для поля в слоистой среде	11
1.4. Численные методы решения электродинамических задач	15
Глава 2. Проекционные методы решения электродинамических задач	20
2.1. Ортогональные системы функций и ортогональные ряды.....	20
2.2. Метод моментов	23
Глава 3. Метод конечных разностей.....	29
3.1. Конечно-разностная аппроксимация	29
3.2. Конечно-разностная аппроксимация в некоторых задачах	31
3.3. Конечно-разностная аппроксимация для граничных узлов	33
3.4. Пример анализа СВЧ структур методом конечных разностей	36
Глава 4. Метод конечных элементов	39
4.1. Дискретизация пространства и линейные интерполяционные полиномы	40
4.2. Решение одномерных задач методом конечных элементов	44
4.3. Решение скалярного уравнения Гельмгольца методом КЭ.....	46
4.4. Определение поля излучения по известным значениям полей в ближней зоне.....	50
Глава 5. Метод интегральных уравнений	55

5.1. Функция Грина волнового уравнения	55
5.2. Интегральные представления поля через функцию Грина	57
5.3. Общие сведения об интегральных уравнениях	59
5.4. Примеры интегральных уравнений для задач электродинамики	63
5.5. Пакет программ ЭДЭМ для численного анализа антенн	66
Глава 6. Теоретические основы работы программы MWO	72
6.1. Формулировка электромагнитной задачи и описание моделируемой структуры	73
6.2. Разбиение форм на ячейки. Метод моментов	75
6.3. Алгоритм, формирование матрицы метода моментов	78
6.4. Численное решение матрицы моментов	82
Глава 7. Теоретические основы работы программы HFSS	89
7.1. Дискретизация пространства. Вариационная формулировка МКЭ	90
7.2. Базисные функции и интерполяционные формулы	92
7.3. Вывод и решение СЛАУ	
Глава 8. Теория проволочных антенн	
8.1. Математическая модель антенны для произвольного провода	101
8.2. Интегральные уравнения для тока криволинейной проволочной антенны	103
8.3. Проекционные методы решения интегральных уравнений	106
Глава 9. Теория микрополосковых антенн	114
9.1. Математическая модель полосковой антенны в виде планарной структуры	
9.2. Алгоритмы численного решения интегро-дифференциальных уравнений и интегральных уравнений 1-го рода	119
9.3. Микрополосковый вибратор на многослойной подложке	121
9.4. Микрополосковые спиральные антенны	126
9.5. Микрополосковая антенна резонаторного типа	133
9.6. Микрополосковая спираль в составе фазированной антенной решетки	140
Литература	147