

Министерство образования и науки Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.П. ГОРБАЧЕВ, Ю.О. ФИЛИМОНОВА

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В ПРЯМОУГОЛЬНЫХ И КРУГЛЫХ ВОЛНОВОДАХ

Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК
2012

УДК 621.372.82(075.8)
Г 672

Рецензенты:

Г.Н. Девятков, д-р техн. наук, профессор;
Г.С. Шадрина, ст. преподаватель

Работа подготовлена на кафедре «Радиоприемные и радиопередающие устройства» для студентов факультета «Радиотехника и электроника» (образовательные программы 210300 – Радиотехника и 210400 – Телекоммуникации) всех форм обучения

Горбачев А.П.

Г 672 Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах : учеб. пособие / А.П. Горбачев, Ю.О. Филимонова. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2012. – 212 с.

ISBN 978-5-7782-1975-5

Рассматриваются основы теории прямоугольных и круглых волноводов. Основное внимание сосредоточено на детальном изложении вопросов, не нашедших должного освещения в учебно-методической литературе последних десятилетий. Представлены процедуры формирования и оценивания структур электромагнитных полей различных типов волн. Подробно описываются особенности основных типов волн прямоугольного и круглого волноводов.

УДК 621.372.82(075.8)

ISBN 978-5-7782-1975-5

© Горбачев А.П., Филимонова Ю.О., 2012
© Новосибирский государственный
технический университет, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАДИОТЕХНИКА	5
1.1. Электромагнетизм.	5
1.2. Радиотехника и антенны.	7
2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ РЕГУЛЯРНЫХ ВОЛНОВОДОВ	9
2.1. Определения и ограничения	9
2.2. Теорема единственности решений уравнений электромагнитного поля (метод частных решений)	11
2.3. Волновые уравнения	13
2.4. Гармонические функции и комплексные амплитуды	15
2.5. Решения волновых уравнений.....	22
2.6. Взаимосвязь поперечных и продольных составляющих комплексных амплитуд поля в волноводах	26
2.7. Граничные условия в волноводах. Классификация типов волн	34
2.8. Вещественный характер собственных чисел уравнений Гельмгольца при нулевых граничных условиях.....	44
2.9. Дисперсионные свойства волноводов	47
2.10. Групповая скорость ансамбля гармонических волн с близкими частотами	61
3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ВОЛНОВОДАХ	71
3.1. Частные решения уравнения Гельмгольца в декартовой системе координат	71
3.1.1. Граничное условие $\psi(x, y) = 0$ на контуре C	74
3.1.2. Граничное условие $\partial\psi / \partial n = 0$ на контуре C	76
3.2. Выражения для составляющих поля волн E и H -типов	79
3.2.1. Продольная составляющая поля волн E (ТМ)	79

3.2.2. Продольная составляющая поля волн H (ТЕ).....	80
3.2.3. Поперечные составляющие поля волн E (ТМ)	82
3.2.4. Поперечные составляющие поля волн H (ТЕ).....	83
3.3. Структура поля основной (нижней) волны H_{10} (ТЕ ₁₀) прямоугольного волновода.....	84
3.4. Определение скорости переноса энергии волной H_{10} (ТЕ ₁₀) вдоль оси волновода.....	95
4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В КРУГЛЫХ ВОЛНОВОДАХ.....	103
4.1. Частные решения скалярного уравнения Гельмгольца в полярной системе координат.....	103
4.2. Выражения для составляющих поля и критические длины волн типа E (ТМ) в круглом волноводе.....	114
4.3. Примеры структур полей волн ТМ (типа E).....	121
4.4. Выражения для составляющих поля и критические длины волн типа H (ТЕ) в круглом волноводе	128
4.5. Примеры структур полей волн ТЕ (типа H).....	133
4.6. Итоговые ключевые положения в теории прямоугольных и круглых волноводов.....	139
5. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ СВЧ	141
5.1. Общие положения	141
5.2. Процессы обработки деталей волноводов давлением	146
5.3. Обработка деталей волноводов резанием	155
5.4. Процессы соединения деталей волноводов сваркой и пайкой.....	171
5.5. Технология обработки керамических подложек и деталей волноводных узлов.....	187
Библиографический список.....	210