Карл Ротхаммель

Энциклопедия современных антенн

ROTHAMMELS
ANTENNENBUCH

vollkommen neu bearbeitet und erweitert von
Dipl.-Ing. Alois Krischke

11., aktualisierte und erweiterte Auflage

Franckh-Kosmos
Verlags-GmbH&Co.,

КАРЛ РОТХАММЕЛЬ

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ СОВРЕМЕННЫХ АНТЕНН

Издание одиннадцатое, полностью переработанное и дополненное
инж. Алоизом Кришке

Москва, 2010

ББК 32.973-04
Р58

Ротхаммель К., Кришке А.
Р58 Энциклопедия современных антенн: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 416 с.: ил.

ISBN 978-5-94074-524-2

Настоящее издание является переводом книги известного немецкого радиолюбителя К. Ротхаммеля.

Содержание книги по сравнению с предыдущим выпуском расширено и дополнено за счет новейших технических разработок; при этом сохранено прежнее разделение по трем главным направлениям: основные понятия, типы антенн и их конструкции.

Книга предназначена для радиолюбителей, желающих расширить свои знания в области построения и практического использования антенных устройств.

ББК 32.973-04

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность наличия технических и просто человеческих ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 3-440-07018-2
ISBN 978-5-94074-524-2

© Franckh-Kosmos Verlags-GmbH&Co., Stuttgart
© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2010

Содержание

20. Рамочные антенны ... 11
20.1. Принцип действия рамочных антенн ... 11
20.2. Практика создания рамочных антенн ... 16
20.3. Электрически-магнитная антенна Groundplane ... 19
20.4. Преимущества рамочных антенн ... 21
20.5. Особенности излучения рамочных антенн ... 22
20.6. Указания по проектированию рамочных антенн ... 22

21. Активные антенны ... 25
21.1. Введение ... 25
21.2. Принципиальные положения ... 25
21.3. Применение ... 28
21.4. Заключение ... 29
21.5. Рекомендации по разработке ... 29

22. Практика применения антенн метрового и дециметрового диапазонов ... 34
22.1. Поляризация антенн УКВ и ДМВ диапазонов ... 34
22.2. Рекомендации по устройству и монтажу антенн УКВ и ДМВ диапазонов ... 35
22.3. Рациональный выбор антенны для УКВ и ДМВ диапазонов ... 36
22.4. УКВ и ДМВ антенны: мифы и реальность ... 37
22.5. Эталонные антенны для диапазонов УКВ и ДМВ ... 39

23. Продольные излучатели для УКВ и ДМВ диапазонов ... 42
23.1. Направленные УКВ и ДМВ антенны с двумя элементами ... 42
23.1.1. *Двухэлементная антенна для диапазона 2 м* ... 42
23.1.2. *Антенны HB9CV для диапазонов 2 м и 70 см* ... 42
23.2. Директорные антенны для диапазонов УКВ и ДМВ ... 44
23.2.1. *Принцип действия и усиление антенны «волновой канал»* ... 44
23.2.2. *Советы по самостоятельному изготовлению директорных антенн* ... 47
23.3. Короткие и длинные директорные антенны ... 53
23.3.1. *Короткие директорные антенны для диапазона 2 м* ... 53
23.3.2. *Короткие директорные антенны для диапазона 70 см* ... 57
23.3.3. *Длинные директорные антенны для двухметрового диапазона* ... 58
23.3.4. *Длинные директорные антенны для диапазона 70 см* ... 66
23.4. Квадратно-рамочные директорные антенны ... 69

24. Антенные решетки и многоэтажные директорные антенны для УКВ и ДМВ диапазонов ... 72
24.1. Антенные решетки ... 72
24.1.1. *Питание антенных решеток* ... 73
24.1.2. *Антенные решетки с рефлекторами* ... 78
24.1.3. *Антенные решетки с рефлекторным полотном* ... 78
24.1.4. *Практика антенных решеток* ... 79
24.2. Многоэтажные директорные антенны ... 85
24.2.1. *Принцип суперпозиции* ... 86
24.2.2. *Формирование антенных групп с оптимальными расстояниями* ... 87
24.2.3. *Возбуждение групповых директорных антенн* ... 89
24.2.4. *Практика построения групповых директорных антенн* ... 91
24.2.5. *Особые типы многоэтажных директорных антенн* ... 96

25. Антенны кругового излучения для УКВ и ДМВ диапазонов 102
25.1. Круговой УКВ излучатель вертикальной поляризации 102
25.1.1. *Коаксиальная антенна* 103
25.1.2. *J-образная антенна* 103
25.1.3. *Вертикальная антенна длиной 5λ/8* 106
25.1.4. *Многоэтажный круговой излучатель вертикальной поляризации* 107
25.1.5. *Многоэтажный излучатель длиной 5λ/8* 113
25.1.6. *Антенна DDRR на частоту 145 МГц* 115
25.1.7. *Дисконусный широкополосный круговой излучатель* 115
25.2. УКВ и ДМВ круговые излучатели горизонтальной поляризации 116
25.2.1. *Кольцевой вибратор* 116
25.2.2. *Угловой вибратор* 117
25.2.3. *Турникетная антенна* 119
25.2.4. *Рамочная антенна Алфорда* 119
25.2.5. *Антенна «мальтийский крест»* 120
25.2.6. *Антенна Big Wheel* 122
25.2.7. *Антенна Batwing и супертурникетная антенна* 125
25.2.8. *Антенна кругового излучения с парной спиралью* 126
25.2.9. *Круговой излучатель с двойной рамкой DL7QZ* 127

26. Особые типы антенн для УКВ и ДМВ диапазонов 130
26.1. Плоские вибраторы и их комбинации 130
26.1.1. *Плоский вибратор* 130
26.1.2. *Веерный вибратор* 131
26.1.3. *Угловой плоский вибратор* 132
26.2. Антенны с отражателем 133
26.2.1. *Широкополосные антенны с отражателем* 134
26.2.2. *Многоэтажные широкополосные вибраторы с отражателями* 135
26.2.3. *Уголковый отражатель* 136
26.3. Особые типы продольных излучателей 138
26.3.1. *Двухзеркальная антенна* 139
26.3.2. *Короткая двухзеркальная антенна* 140
26.4. Щелевые антенны 142
26.5. Антенны круговой поляризации 143
26.5.1. *Спиральная антенна* 144
26.5.2. *Директорные антенны круговой поляризации* 149
26.6. Логопериодические антенны для УКВ и ДМВ диапазонов 155
26.7. Спиральные антенны 161
26.8. Двойная спиральная антенна 162
26.9. Антенна Helikon 162

27. КВ антенны в диапазонах УКВ и ДМВ 165
27.1. Двухъярусная V-образная УКВ антенна 165
27.2. Ромбические антенны УКВ и ДМВ диапазонов 166
27.3. Двойной квадрат для УКВ 168
27.3.1. *Простой двойной квадрат* 168
27.3.2. *Многоэтажный двойной квадрат* 169
27.3.3. *Многовибраторная антенна из двойных квадратов диапазона 2 м* 169
27.3.4. *Двойной квадрат и гибридный двойной квадрат DL7KM* 170
27.3.5. *Четырехэтажный двойной квадрат* 174
27.4. Многопроводная квадратно-рамочная антенна 175
27.5. Многоэлементные квадратно-рамочные антенны 177
27.5.1. *Антенна Quagi* 177
27.5.2. *Квадратно-рамочная антенна с X-образными элементами* 177
27.6. Остронаправленная кольцевая УКВ антенна 178
27.7. Двухдиапазонная оконная рамка 179

28. Любительские антенны для мобильной связи 180
28.1. Антенны портативных радиостанций 180
28.2. КВ антенны для мобильной связи 181

28.2.1. *Механическое исполнение укороченных вертикальных антенн* ... 181
28.2.2. *Электрические свойства укороченных вертикальных антенн* ... 182
28.3. УКВ антенны для мобильной связи ... 189
28.3.1. *Мобильные УКВ антенны вертикальной поляризации* ... 190
28.4. Антенны для «охоты на лис» ... 191
28.4.1. *Пеленгаторные антенны 80-метрового диапазона* ... 191
28.4.2. *Пеленгаторные антенны для «охоты на лис» в двухметровом диапазоне* ... 194
28.5. Антенны Си-Би связи ... 196
28.5.1. *Антенны для карманных радиотелефонов 11-метрового диапазона* ... 198
28.5.2. *Антенны для автомобильных радиотелефонов на длину волны 11 м* ... 198
28.5.3. *Антенны для стационарных радиотелефонов 11-метрового диапазона* ... 199
28.5.4. *Остронаправленная мини-антенна 11-метрового диапазона* ... 200

29. Антенны для приема теле- и радиовещания ... 203
29.1. Распространение волн в диапазонах АМ вещания ... 203
29.1.1. *Особенности распространения коротких волн* ... 204
29.1.2. *Особенности распространения средних волн* ... 204
29.1.3. *Особенности распространения длинных волн* ... 204
29.2. Радиовещательные приемные антенны коротких, средних и длинных волн ... 205
29.2.1. *Высокие антенны* ... 205
29.2.2. *Антенны на ферритовых стержнях* ... 208
29.2.3. *Автомобильные антенны* ... 209
29.3. Антенны для приема телевизионных передач ... 210
29.3.1. *Одноэлементная антенна* ... 212
29.3.2. *Двухэлементная антенна* ... 212
29.3.3. *Трехэлементная директорная антенна* ... 212
29.3.4. *Четырехэлементная директорная антенна* ... 212
29.3.5. *Шестиэлементная многоканальная директорная антенна* ... 213
29.3.6. *Восьмиэлементная директорная антенна* ... 214
29.3.7. *Девятиэлементная директорная антенна* ... 214
29.3.8. *13-элементная многоканальная директорная антенна* ... 215
29.3.9. *20-элементная многоканальная директорная антенна* ... 217
29.3.10. *Телевизионные антенные решетки* ... 217
29.3.11. *Многоэтажные телевизионные директорные антенны* ... 217
29.3.12. *Телевизионные антенны дециметрового диапазона* ... 221
29.4. Приемные антенны УКВ ЧМ диапазона ... 227
29.5. Приемные антенны спутникового телевидения ... 227
29.5.1. *Введение* ... 227
29.5.2. *Искусственные спутники Земли* ... 229
29.5.3. *Антенны* ... 230

30. Защита от радиопомех ... 234
30.1. Общие мероприятия по подавлению помех ... 234
30.2. Фильтры ... 235
30.2.1. *Фильтр нижних частот* ... 236
30.2.2. *Фильтр верхних частот* ... 237
30.2.3. *Полосовой фильтр* ... 237
30.2.4. *Режекторный фильтр* ... 238
30.3. Антенный фильтр для любительского передатчика ... 239
30.3.1. *Фильтр нижних частот для передатчика QRP* ... 239
30.3.2. *Сдвоенный ФНЧ* ... 240
30.3.3. *Трехсекционный ФНЧ* ... 241
30.3.4. *Блокировка поверхностных волн* ... 242
30.3.5. *ФНЧ для передатчика УКВ* ... 242
30.4. Практические реализации фильтров для бытовой электроники ... 245
30.4.1. *Фильтры верхних частот* ... 245
30.4.2. *Высокочастотный разделительный трансформатор* ... 246
30.4.3. *Высокочастотный шлейф* ... 248
30.4.4. *Фильтры нижних частот* ... 248
30.4.5. *Дополнительные средства защиты от помех* ... 249

31. Измерительные приборы и измерения характеристик антенн ... 252
31.1. Приборы ... 252
31.1.1. *Индикаторы тока и напряжения* ... 252
31.1.2. *Индикатор резонанса* ... 253
31.1.3. *КСВ-метры* ... 259
31,1.4. *Измерители полного внутреннего сопротивления* ... 266
31.1.5. *Измерительная линия* ... 272
31.1.6. *Измерители напряженности поля* ... 273
31.2. Измерения ... 275
31.2.1. *Измерения резонанса* ... 275
31.2.2. *Измерения согласования* ... 277
31.2.3. *Измерение входного сопротивления* ... 277
31.2.4. *Измерения характеристик линий передачи* ... 280
31.2.5. *Измерение усиления* ... 281
31.2.6. *Измерения на моделях* ... 283
31.3. Принадлежности ... 284
31.3.1. *Эквивалентные нагрузки* ... 284
31.3.2. *Аттенюаторы* ... 285

32. Символьные методы и круговая диаграмма полных сопротивлений ... 289
32.1. Комплексное представление переменных величин ... 289
32.1.1. *Временной ход гармонической переменной величины* ... 289
31.1.2. *Комплексные числа* ... 289
32.1.3. *Комплексное представление синусоидальных переменных величин* ... 291
32.1.4. *Комплексное сопротивление* ... 291
32.2. Амплитудно-фазовые характеристики ... 292
32.3. Круговая диаграмма полных сопротивлений ... 293
32.3.1. *Гауссова числовая плоскость и диаграмма Смита* ... 294
32.3.2. *Представление комплексных сопротивлений и проводимостей на диаграмме Смита* ... 294
32.3.3. *Преобразование сопротивлений в проводимости* ... 295
32.3.4. *Преобразование сопротивлений с помощью диаграммы Смита* ... 296
32.3.5. *Преобразование сопротивления с помощью двух реактивных сопротивлений* ... 298
32.3.6. *Диаграмма Смита для линий передачи* ... 300

33. Практика создания антенн ... 304
33.1. Материалы для изготовления антенн ... 304
33.1.1. *Антенный канатик* ... 304
33.1.2. *Натяжные тросы* ... 305
33.1.3. *Трубы для антенн* ... 308
33.1.4. *Принадлежности* ... 308
33.2. Мачты для антенн ... 309
33.2.1. *Мачты и трубы* ... 310
33.2.2. *Прочность* ... 311
33.2.3. *Принадлежности* ... 312
33.3. Материалы ... 312
33.4. Коррозия ... 314
33.5. Поворотные устройства ... 314
33.6. Высокочастотные разъемы ... 315
33.7. Грозозащита и заземление ... 316
33.7.1. *Общие положения* ... 316
33.7.2. *Основные понятия* ... 317
33.7.3. *Защита от перегрузок по напряжению* ... 318
33.8. Стандарты антенн ... 319
33.9. Сооружение антенн и правила ... 319
33.9.1. *Разрешения* ... 319
33.9.2. *Заявка* ... 320

34. Стационарные специальные антенны ... 324
34.1. Радиовещательные передающие антенны ... 324
34.1.1. *Длинно- и средневолновые передающие антенны* ... 324
34.1.2. *Передающие КВ антенны* ... 326
34.1.3. *Передающие УКВ и телевизионные антенны* ... 328
34.2. Антенны направленной радиосвязи ... 330
34.2.1. *Антенны на частоты от 200 МГц до 2 ГГц* ... 330
34.2.2. *Антенны для диапазона 2–22 ГГц* ... 331

35. Специальные мобильные антенны ... 335
35.1. Автомобильные радиоантенны ... 335
35.1.1. *Сотовая и транкинговая радиосвязь* ... 335
35.1.2. *Антенны* ... 335
35.2. Судовые антенны ... 337
35.2.1. *Радиосвязь на море* ... 337
35.2.2. *Антенны для связи* ... 337
35.3. Самолетные антенны ... 340
35.3.1. *Авиационная радиосвязь* ... 340
35.3.2. *Антенны* ... 341

36. Микроволновые антенны ... 343
36.1. Введение ... 343
36.2. Многовибраторные антенны ... 343
36.2.1. *Директорная антенна для диапазона 23 см* ... 343
36.2.2. *40-элементная антенная решетка для диапазона 23 см* ... 343
36.2.3. *Рамочно-директорная антенна для диапазона 23 см* ... 344
36.3. Спиральные антенны ... 344
36.3.1. *Спиральная антенна для диапазона 23 см* ... 344
36.3.2. *Квадрифилярная спиральная антенна* ... 345
36.4. Антенны с отражателем ... 346
36.4.1. *Антенна с уголковым отражателем* ... 346
36.4.2. *Параболическая антенна* ... 346

37. Антенные усилители ... 349
37.1. Введение ... 349
37.2. Определения ... 349
37.2.1. *Шумы* ... 349
37.2.2. *Взаимная модуляция* ... 352
37.2.3. *Точка пересечения* ... 353
37.3. Рекомендации по созданию антенных усилителей ... 354

38. Опасность электромагнитного излучения ... 356
38.1. Введение ... 356
38.2. Основные понятия ... 356
38.3. Эффекты электромагнитных волн ... 357
38.4. Предельно допустимые значения и минимальные расстояния ... 358
38.5. Заключение ... 358

39. Программы и программное обеспечение ... 361
39.1. Общие сведения ... 361
39.2. Программы для расчета антенн ... 361
39.2.1. *Программы МККР для расчета антенн* ... 362
39.2.2. *Антенные программы MININEC* ... 362
39.2.3. *Прочие программы для расчета антенн* ... 364
39.2.4. *Профессиональные программы для расчета антенн* ... 365

39.3. Программы для расчета распространения радиоволн ... 365

40. Указатель литературы ... 369
40.1. Общие замечания ... 369
40.2. Книги об антеннах ... 369
40.3. Сообщения об антеннах ... 376
40.4. Специализированные технические журналы ... 379
40.5. Журналы для радиолюбителей ... 381

41. Приложения ... 383
41.1. Частотные диапазоны ... 383
41.2. Длины антенн ... 384
41.3. Коаксиальные кабели ... 384
41.4. Единицы измерений ... 384
41.5. Пересчет величин и параметров ... 393
41.6. Перевод англосаксонских мер ... 395
41.7. Диаграммы ... 403

Предметный указатель ... 408