
В. А. КОТЕЛЬНИКОВ

СОБРАНИЕ ТРУДОВ



4

В.А. КОТЕЛЬНИКОВ

СОБРАНИЕ ТРУДОВ

В ПЯТИ ТОМАХ



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2015

ТОМ 4

В.А. КОТЕЛЬНИКОВ
А.М. НИКОЛАЕВ

ОСНОВЫ
РАДИОТЕХНИКИ

ЧАСТЬ 1

Издание второе, исправленное

*Допущено Министерством высшего образования СССР
в качестве учебника для электротехнических вузов и факультетов*



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2015

УДК 52.1
ББК 22.63
К 73

Котельников В.А. **Собрание трудов.** В 5 т. Т.4. Котельников В.А., Николаев А.М. **Основы радиотехники. Часть 1.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. — 368 с. — ISBN 978-5-9221-1567-4 (Т. 4).

Собрание трудов выдающегося российского ученого и инженера В.А. Котельникова подготовлено к 100-летию со дня его рождения. В четвертый том вошла 1-я часть классического двухтомного учебника «Основы радиотехники», написанного совместно с А.М. Николаевым на основе одноименного курса лекций, который В.А. Котельников читал в Московском энергетическом институте (МЭИ) в 40-е и 50-е гг. прошлого века. Изданные в 1950 г. 1-я часть (линейная радиотехника) и в 1954 г. 2-я часть (нелинейная радиотехника) явились энциклопедией инженерных теоретических знаний по радиотехнике того времени. По этому учебнику учились многие поколения студентов МЭИ и других вузов как в СССР, так и в КНР (оба тома были изданы там на китайском языке).

Уникальная структура двухтомника, методика подачи материала делает его интересным и для нынешнего поколения студентов, аспирантов, преподавателей и инженеров, а также для всех, кого интересует история становления науки и техники в нашей стране.

Составитель — А. С. Прохоров

Научное издание

КОТЕЛЬНИКОВ Владимир Александрович

СОБРАНИЕ ТРУДОВ

Том 4

ОСНОВЫ РАДИОТЕХНИКИ. ЧАСТЬ 1

Редактор *Е.С. Артоболевская*
Оригинал-макет: *Д.А. Воробьев*
Формлиение переплета: *В.Ф. Киселев*

Подписано в печать 10.06.2013. Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 23. Уч.-изд. л. 25,3. Тираж 300 экз. Заказ № 2377

Издательская фирма «Физико-математическая литература»
МАИК «Наука/Интерпериодика»
117342, Москва, ул. Бутлерова, 17 Б
E-mail: fizmat@maik.ru, fmlsale@maik.ru; <http://www.fml.ru>

Отпечатано с электронных носителей издательства
в ППП «Типография «Наука»
121099, г. Москва, Шубинский пер., 6

ISBN 978-5-9221-1567-4



9 785922 115674

ISBN 978-5-9221-1567-4 (Т. 4)

© ФИЗМАТЛИТ, 2013, 2015

ISBN 978-5-9221-1600-8

© А. С. Прохоров, 2013, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко 2-му изданию	10
О книге и ее авторах	13
Предисловие	18
Глава 1. Введение	20
§ 1.1. Предмет и задачи курса	20
§ 1.2. Первые попытки телеграфной передачи без проводов с помощью электричества	20
§ 1.3. Поле излучения	21
§ 1.4. Изобретение радио А.С. Поповым. Первая радиотелеграфная связь	30
§ 1.5. Распространение радиоволн различной длины	35
§ 1.6. Радиотелеграфия с применением электронных ламп	39
§ 1.7. Радиотелефония	44
§ 1.8. Телевидение	47
§ 1.9. Радиолокация	50
§ 1.10. Развитие радиотехники в СССР	51
§ 1.11. Содержание курса	54
Литература к I главе	55

Глава 2. Основные элементы радиотехнических цепей (конденсаторы, катушки индуктивности, элементы сопротивления)	56
§ 2.1. Вводные замечания	56
§ 2.2. Энергетический метод определения полного сопротивления	58
§ 2.3. Потери энергии в конденсаторе. Полное сопротивление конденсатора с потерями	60
§ 2.4. Типы и конструкции конденсаторов постоянной емкости	63
§ 2.5. Типы конденсаторов переменной емкости	69
§ 2.6. Потери энергии в катушках индуктивности. Полное сопротивление катушки (без учета электрического поля)	71

§ 2.7. Полное сопротивление катушки индуктивности (с учетом электрического поля)	78
§ 2.8. Способы получения катушек с малыми потерями	82
§ 2.9. Конструкции катушек постоянной индуктивности	85
§ 2.10. Конструкция катушек переменной индуктивности	90
§ 2.11. Схема замещения элемента сопротивления	92
§ 2.12. Конструкции элементов сопротивления	94
Литература к 2 главе	98
Глава 3. Экранирование электрических и магнитных полей	99
§ 3.1. Вводные замечания	99
§ 3.2. Экранирование электрических полей	99
§ 3.3. Экранирование магнитных полей	102
§ 3.4. Экранирование однопроводных и двухпроводных линий	110
Глава 4. Вынужденные колебания в последовательном колебательном контуре	112
§ 4.1. Вводные замечания	112
§ 4.2. Сопротивление последовательного колебательного контура	113
§ 4.3. Обобщенная расстройка. Относительная расстройка	115
§ 4.4. Полоса пропускания контура	121
§ 4.5. Добротность контура	123
§ 4.6. Напряжение на элементах последовательного колебательного контура	124
§ 4.7. Энергетические соотношения в колебательном контуре при резонансе	133
Глава 5. Вынужденные колебания в параллельных колебательных контурах	135
§ 5.1. Вводные замечания	135
§ 5.2. Реактивное сопротивление параллельных контуров без потерь	136
§ 5.3. Сопротивление параллельных контуров с потерями	142
§ 5.4. Параллельная схема замещения	151
§ 5.5. Соотношения между токами при параллельном резонансе	152
§ 5.6. Подключение параллельного контура к генератору	154
Глава 6. Амплитудно-модулированные колебания и их воздействие на колебательные контуры	157
§ 6.1. Вводные замечания	157
§ 6.2. Коэффициенты модуляции	158

§ 6.3. Обобщение комплексного метода на АМ колебания	159
§ 6.4. Разложение АМ колебания на колебания несущей и боковых частот	164
§ 6.5. Спектральная диаграмма АМ колебания	166
§ 6.6. Распределение несущих частот радиостанций с амплитудной модуляцией	167
§ 6.7. Векторная диаграмма АМ колебания	168
§ 6.8. Воздействие АМ напряжения на цепь с комплексной проводимостью (общий случай)	172
§ 6.9. Воздействие АМ напряжения на цепь, проводимость которой имеет симметричные значения относительно несущей частоты	176
§ 6.10. Обобщение результатов, полученных в предыдущих параграфах	178
§ 6.11. Воздействие АМ эдс на последовательный колебательный контур	180
§ 6.12. Воздействие АМ напряжения на параллельный колебательный контур	186
§ 6.13. Условие отсутствия искажений модуляции	191
§ 6.14. Мощность АМ колебаний	192

Глава 7. Частотно-модулированные и фазово-модулированные колебания и их воздействие на колебательные контуры 194

§ 7.1. Вводные замечания	194
§ 7.2. Частота колебания	195
§ 7.3. Частотно-модулированные колебания	197
§ 7.4. Фазово-модулированные колебания	199
§ 7.5. Векторные диаграммы ЧМ и ФМ колебаний	200
§ 7.6. Преимущества частотной и фазовой модуляции перед амплитудной	201
§ 7.7. Разложение ЧМ и ФМ колебаний на колебания несущей и боковых частот	204
§ 7.8. Спектральные диаграммы ЧМ и ФМ колебаний	209
§ 7.9. Воздействие ЧМ и ФМ напряжения на цепи с комплексной проводимостью	213
§ 7.10. Приближенный метод исследования схем при частотной и фазовой модуляции	216
Литература к главе 7	223

Глава 8. Воздействие импульсов на колебательные контуры. Метод спектральных функций 224

§ 8.1. Вводные замечания	224
§ 8.2. Собственные колебания в колебательном контуре	224
§ 8.3. Нестационарные процессы в колебательном контуре	228
§ 8.4. Разложение в ряд Фурье периодической последовательности импульсов	238

§ 8.5. Спектральные функции импульсов	242
§ 8.6. Отыскание импульса по его спектральной функции	258
§ 8.7. Нахождение токов и напряжений методом спектральных функций	263
§ 8.8. Приближенное рассмотрение воздействия импульсов на колебательный контур	265
§ 8.9. Воздействие непериодических колебаний на цепь с идеальной резонансной кривой	269
§ 8.10. Определение энергии, выделяемой импульсом, с помощью его спектральной функции	277
§ 8.11. Помехи радиоприему	278
Глава 9. Связанные контуры	281
§ 9.1. Вводные замечания. Примеры связанных контуров. Типы связи	281
§ 9.2. Схемы замещения первого и второго контура	282
§ 9.3. Резонансы в связанных контурах	288
§ 9.4. Энергетические соотношения в связанных контурах	289
§ 9.5. Резонансные явления в связанных контурах при изменении x_1	293
§ 9.6. Резонансные явления в связанных контурах при изменении x_2	301
§ 9.7. Резонансные явления в связанных контурах при изменении x_1 и x_2	303
§ 9.8. Резонансные явления в связанных контурах при изменении частоты эдс (один из контуров неколебательный, а другой колебательный)	308
§ 9.9. Резонансные явления в связанных колебательных контурах при изменении частоты эдс (контуры без потерь)	311
§ 9.10. Резонансные явления в связанных колебательных контурах при изменении частоты эдс (слабая связь и сильно отличающиеся резонансные частоты).	318
§ 9.11. Резонансные явления в связанных колебательных контурах при изменении частоты эдс (контуры одинаковые).	319
§ 9.12. Резонансные явления в связанных контурах при изменении частоты эдс (общий случай при близких частотах связи)	324
§ 9.13. Воздействие модулированных колебаний на системы связанных контуров	326
§ 9.14. Воздействие импульсов на связанные одинаковые контуры	327
§ 9.15. Воздействие импульсов на связанные контуры (общий случай)	337
Приложение 1. Доказательство ф-л (2.3), (2.4)	342
Приложение 2. Значения ϵ_r и $\operatorname{tg} \delta$ для некоторых диэлектриков, применяемых в радиотехнике	344

Приложение 3. Значения $TКC$ и $tg \delta$ для некоторых типов конденсаторов постоянной емкости	345
Приложение 4. Емкость плоского и цилиндрического конденсаторов	346
Приложение 5. Расчет формы пластин конденсаторов переменной емкости	348
Приложение 6. Основные параметры некоторых отечественных магнитодиэлектриков	352
Приложение 7. Расчет индуктивности катушек	353
Приложение 8. Нахождение оптимального диаметра провода катушки	357
Приложение 9. Средние значения $TКL$ некоторых типов катушек индуктивности	359
Приложение 10. Расчет взаимной индуктивности катушек	360
Приложение 11. Основные данные некоторых типов элементов сопротивления	367
Приложение 12. Сокращенные обозначения основных электрических и магнитных величин, встречающихся в книге	368