

Е. А. Колосовский

УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

2-е издание, стереотипное

Рекомендовано УМО по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Радиотехника» направления подготовки дипломированных специалистов «Радиотехника»

Москва
Горячая линия – Телеком
2012

УДК 621.396.62075.8
ББК 32.849
К61

Рецензент: канд. техн. наук, доцент *М. Е. Шевченко*

Колосовский Е. А.

К61 Устройства приема и обработки сигналов. Учебное пособие для вузов. – 2-е изд. – М: Горячая линия–Телеком, 2012. – 456 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0265-7.

Систематизированы сведения по всем разделам вузовской программы одноименного курса. Изложены теоретические основы приема сигналов на фоне помех, принципы построения трактов сигнальной и промежуточной частоты радиоприемных устройств, основные положения теории синтеза частот, способы обеспечения регулировок и структуры частных трактов при приеме сигналов с различными видами модуляции. Рассмотрены факторы, влияющие на качественные показатели радиоприемных устройств.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Радиотехника» направления «Радиотехника». Может быть использовано для повышения квалификации специалистами.

ББК 32.849

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Учебное издание

Колосовский Евгений Анатольевич
УСТРОЙСТВА ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ
Учебное пособие

Редактор И. Н. Алексеева
Художник В. Г. Ситников
Подготовка оригинал-макета Ю.Н. Рысева

Подписано в печать 17.05.2012. Формат 60х88 1/16.
Усл. печ. л. 28,5. Изд. № 120265. Тираж 100 экз.

ISBN 978-5-9912-0265-7

© Е. А. Колосовский, 2007, 2012
© Оформление издательства
«Горячая линия–Телеком», 2012

Предисловие

В современных системах радиосвязи с помощью радиоприемного устройства осуществляется не только прием (в узком смысле), но и обработка сигналов. Осуществление такой обработки предъявляет повышенные требования к стабильности частоты, работе систем автоматического и ручного управления, структуре частных трактов приемника. В связи с этим возросла роль радиоприемника как устройства, обеспечивающего как прием слабых радиосигналов, так и преобразование их к виду, необходимому для извлечения содержащейся в них информации. Поэтому радиоприем является не только важнейшей, но одной из наиболее трудных задач радиотехники.

Дисциплина «Устройства приема и обработки сигналов» является базовой для изучения специальных дисциплин и вносит непосредственный вклад в подготовку выпускника по специальности «Радиотехника».

Курс лекций по дисциплине соответствует учебной программе и рассчитан на обучаемых всех специализаций. Он имеет целью оказать помощь в самостоятельном изучении теоретических основ и принципов построения радиоприемных устройств, способов обеспечения их качественных показателей. Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении общепрофессиональных дисциплин: «Основы теории цепей», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Электродинамика и распространение радиоволн», «Радиоматериалы и радиокомпоненты», «Схемотехника аналоговых электронных устройств», «Цифровые устройства и микропроцессоры». Вследствие этого ряд вопросов, ранее традиционно рассматривавшихся в учебниках по курсу радиоприемных устройств (усилители, преобразователи частоты, детекторы и др.), данный курс лекций не охватывает.

Учебное пособие условно состоит из двух частей. Первая часть посвящена рассмотрению физических основ приема сигналов на фоне помех, принципов построения трактов сигнальной и промежуточной частоты радиоприемника супергетеродинного типа различных диапазонов волн, факторов, влияющих на качественные пока-

затели РПУ. Вторая часть содержит основные положения по теории синтеза частот, способам обеспечения регулировок и построению частных трактов радиоприемного устройства при приеме сигналов с различными видами модуляции. Поэтому учебное пособие призвано обеспечить необходимый объем знаний, достаточный для самостоятельного изучения существующих и перспективных устройств приема и обработки сигналов.

Материалы курса лекций представляют собой обобщение и систематизацию теоретических положений из источников, приведенных в списке использованной литературы, их структура соответствует сложившейся на кафедре методике чтения лекций и изучения радиоприемных устройств, разработанной и внедренной в учебный процесс преподавателями кафедры специальных радиоэлектронных средств Череповецкого ВИИРЭ Н.А. Поповым, Н.В. Черепанкиным, В.В. Казаковым и другими.

Автор выражает глубокую благодарность рецензенту рукописи канд. техн. наук, доценту кафедры РЭС Санкт-Петербургского электротехнического университета «ЛЭТИ» М.Е. Шевченко за ценные рекомендации, высказанные при рецензировании пособия и Е.В. Миськовой за помощь в подготовке издания в печать.

Введение

Одним из основных этапов профессиональной подготовки по специальности «Радиотехника» является изучение дисциплины «Устройства приема и обработки сигналов», закладывающей основание в специальную подготовку выпускников.

Важность изучаемой дисциплины состоит в ее практической значимости. Без преувеличения можно сказать, что не менее 40% всей радиоэлектронной аппаратуры, находящейся в эксплуатации – радиоприемные устройства. Любой пост в составе комплексов специального приема включает в свой состав от 1 до 4 и более радиоприемников. Их умелое использование, эксплуатация и ремонт в значительной мере предопределяет выполнение поставленных задач.

Число образцов устройств приема и обработки сигналов, с которыми придется иметь дело, достаточно велико, а их список, в силу оперативной необходимости, постоянно расширяется, усложняется их структура.

Для их успешного освоения и применения нужны как фундаментальная теоретическая подготовка, так и навыки практической работы с радиоприемной аппаратурой.

Таким образом, выпускник института должен в совершенстве владеть сложной радиоэлектронной техникой, обеспечивать ее безаварийную эксплуатацию, находить наиболее эффективные пути использования ее в изменяющихся условиях, уметь в кратчайшие сроки осваивать новые образцы техники. Все эти качества призвана дать дисциплина, основные теоретические положения которой изложены в данной книге.

Предмет, цели и задачи дисциплины

Радиоприемное устройство (РПУ) является основной частью системы связи (рис. 1).

В любой системе связи осуществляется передача информации и ее прием. Поэтому система связи состоит из следующих основных

Введение

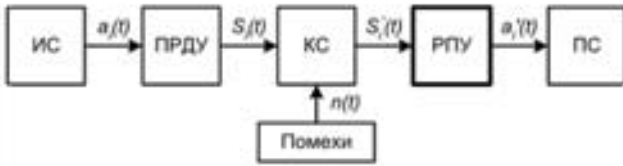


Рис. 1. Обобщенная схема системы связи

частей: источника сообщений ИС, передающего устройства ПРДУ, радиоприемного устройства РПУ и получателя сообщений ПС. Среда, в которой электромагнитные волны распространяются от передающего устройства к приемному, называется каналом связи.

Радиоприемное устройство как элемент системы связи содержит антенно-фидерную систему АФС, собственно радиоприемник РПМ и оконечное устройство ОУ (рис. 2). Таким образом, под РПУ будем понимать АФС, радиоприемник и оконечное устройство, объединенные для выделения передаваемой информации с требуемым качеством.

Антенно-фидерная система преобразует энергию электромагнитных волн в энергию высокочастотных колебаний и подводит их ко входу радиоприемника. Современные АФС могут состоять из нескольких антенн с устройствами коммутации и фазирования.

Радиоприемник выделяет из подведенных к его входу колебаний полезные сигналы, усиливает их и преобразует к виду, необходимому для приведения в действие оконечного устройства.

Оконечное устройство служит для обработки, регистрации, воспроизведения сообщения в требуемой форме: визуальной, звуковой, в виде печатного текста, управляющих сигналов и т.д.

В простейшем случае в вещательных радиоприемниках эти элементы конструктивно выполняются как единое целое (внутренняя магнитная антенна – радиоприемник – динамическая головка).

В сложных профессиональных приемниках эти элементы выполняются конструктивно законченными блоками. Иногда с целью повышения качества и надежности приема в состав радиоприемного устройства может входить несколько радиоприемников и антенн.

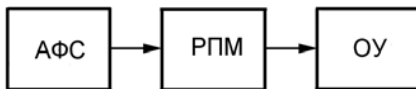


Рис. 2. Обобщенная схема РПУ

Оглавление

Предисловие	3
Введение	5
Глава 1. Основные типы структурных схем радиоприемников	19
1.1. Назначение, состав и классификация радиоприемных устройств	19
1.2. Функции радиоприемника и основные типы структурных схем	25
Глава 2. Качественные показатели радиоприемников	40
2.1. Основные качественные показатели радиоприемников	41
2.2. Обобщенная структурная схема радиоприемника	52
Глава 3. Входные устройства радиоприемников	58
3.1. Назначение, основные параметры входного устройства	59
3.2. Обобщенная эквивалентная схема входного устройства и ее анализ	64
Глава 4. Входные устройства при различной связи с антенной	74
4.1. Особенности построения входных устройств при различной связи с антенной	75
4.2. Многоконтурные входные устройства	85
Глава 5. Коэффициент шума радиоприемного устройства	94
5.1. Коэффициент шума входного устройства и первого каскада усиления	95
5.2. Коэффициент шума радиоприемного устройства	102
Глава 6. Чувствительность радиоприемника	109
6.1. Чувствительность радиоприемника в различных единицах измерения	113
6.2. Выбор элементов и структуры радиотракта с точки зрения обеспечения заданной чувствительности	119
Глава 7. Односигнальная избирательность	123
7.1. Односигнальная избирательность приемника	123

7.2. Выбор элементов и структуры тракта принимаемой частоты с точки зрения обеспечения односигнальной избирательности	134
Глава 8. Нелинейные явления в радиотракте	139
8.1. Блокирование и его оценка	139
8.2. Перекрестная модуляция и ее оценка	143
8.3. Взаимная модуляция и ее оценка	146
Глава 9. Особенности радиоприемников СВЧ диапазона	151
9.1. Особенности элементной базы РПУ СВЧ диапазона	152
9.2. Особенности структурных схем тракта сигнальной частоты РПУ СВЧ диапазона	156
Глава 10. Общая характеристика тракта промежуточной частоты ...	167
10.1. Назначение, состав тракта ПЧ и функции элементов тракта	167
10.2. Тракт первой промежуточной частоты	175
10.3. Тракт основной промежуточной частоты	180
Глава 11. Общие сведения о системах стабилизации частоты	191
11.1. Общие сведения о системах стабилизации частоты	195
11.2. Влияние стабильности и чистоты спектра гетеродинного напряжения на качество приема	209
11.3. Классификация методов синтеза частот	211
Глава 12. Аналоговые синтезаторы частоты	215
12.1. Принципы построения пассивных аналоговых синтезаторов частоты	216
12.2. Структурные схемы активных аналоговых синтезаторов частоты. Системы ЧАП и ФАПЧ и их параметры	227
Глава 13. Цифровые синтезаторы частоты	242
13.1. Принципы построения активных цифровых СЧ	243
13.2. Прямой цифровой синтез частоты	256
Глава 14. Общая характеристика систем управления радиоприемным устройством	269
14.1. Назначение и виды регулировок радиоприемных устройств	270
14.2. Способы регулирования коэффициента усиления в радиоприемниках	272
14.3. Ручные регулировки в радиоприемниках	277
Глава 15. Автоматические регулировки усиления	294
15.1. Назначение, принципы построения и типы систем АРУ	294
15.2. Характеристики систем АРУ	304
15.3. Цифровая АРУ	309

Глава 16. Автоматическая настройка и подстройка частоты	314
16.1. Назначение, принципы построения и типы систем АНП и АПЧ	315
16.2. Технические параметры и структурные схемы АПЧ	325
Глава 17. Радиоприемники амплитудно-модулированных сигналов	345
17.1. Структурная схема радиоприемника АМ сигналов.....	348
17.2. Структурная схема радиоприемника АТ сигналов	360
Глава 18. Радиоприемники однополосных сигналов	368
18.1. Требования к приемнику однополосных сигналов	369
18.2. Структурные схемы приемников ОПС. Помехоустойчивость приемника ОП сигналов	374
Глава 19. Радиоприемники частотно-модулированных сигналов ...	385
19.1. Структурные схемы приемников ЧМ сигналов. Искажения ЧМ сигналов в общем радиотракте приемника	387
19.2. Особенности детектирования ЧТ сигналов	406
Глава 20. Пути развития устройств приема и обработки информации	415
20.1. Анализ современной сигнальной обстановки и направлений ее развития.....	416
20.2. Перспективы развития устройств приема и обработки сигналов	433
Список сокращений.....	446
Список литературы	452