

УДК 621.396.62

Галочкин В.А.

Устройства приема и обработки сигналов. Учебное пособие (конспект лекций) - Самара: ФГОБУ ВПО ПГУТИ, 2015г - 425 с
ISBN 978-5-904029-40-1

Учебное издание по учебной дисциплине «Устройства приема и обработки сигналов» состоит из учебного пособия - «Конспект лекций» и учебного пособия - «Методическая разработка к лабораторным работам». В конспекте лекций изложены основы теории и построения устройств приема и обработки сигналов (УПОС). В первом разделе конспекта лекций приведены краткие сведения о работе основных узлов УПОС додетекторного тракта (входных цепей, усилителей радиочастоты, преобразователей частоты, амплитудных и частотных детекторов, устройств автоматической регулировки усиления, устройств автоматической подстройки частоты в УПОС). Во втором разделе конспекта лекций рассмотрены вопросы радиоприема и обработки непрерывных, дискретных и широкополосных сигналов. В учебном пособии - «Методическая разработка к лабораторным работам» по каждому теоретическому разделу конспекта лекций приведены методические разработки по выполнению соответствующих лабораторных работ. Учебное издание предназначено для студентов радиотехнических и телекоммуникационных специальностей дневной и заочной форм обучения, а также инженеров, изучающих радиотехнические системы и устройства.

Рецензенты:

А.И.Тяжев - д.т.н., профессор, проректор ФГОБУ ВПО
ПГУТИ

С.В. Севостьянов - к.т.н., начальник научного отдела ФГУП НИИР -
СОНИИР

ФГОБУ ВПО «Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»

ISBN 978-5-904029-40-1

© Галочкин В.А., 2015г

Содержание

Список сокращений и обозначений	12
Предисловие	15
Лекция 1. Тема 1. Введение. Составные части и функции устройств приема и обработки сигналов	20
1.1. Назначение и классификация УПОС.....	20
1.2. Структурная электрическая схема приемника прямого усиления.....	23
1.3. Структурная электрическая схема и принцип работы супергетеродинного приемника.....	24
1.4. Способы ослабления побочных каналов приема.....	29
1.5. Выводы по теме.....	31
1.6. Контрольные вопросы по теме раздела «Введение».....	32
Лекция 2. Тема 2. Показатели качества устройств приема и обработки сигналов	34
2.1. Чувствительность.....	34
2.2. Коэффициент шума и шумовая температура приемника.....	36
2.2.1. Определения коэффициента шума.....	36
2.2.2. Определение шумовой мощности, поступающей на вход приемника от антенны.....	40
2.2.3. Связь коэффициента шума приемника с параметрами его отдельных каскадов.....	41
2.2.4. Шумовая температура приемника.....	43
2.2.5. Связь коэффициента шума и чувствительности.....	43
Лекция 3 2.3. Селективность	45
2.4. Стабильность характеристик приемника.....	48
2.5. Искажения сигнала в приемнике. Динамический диапазон.....	50
2.6. Выводы по теме.....	55
2.7. Контрольные вопросы по теме раздела «Показатели качества устройств приема и обработки сигналов».....	57
Лекция 4. Тема 3. Входные цепи радиоприемника	59
3.1. Назначение, структура и классификация входных	

В.А.Галочкин

цепей.....	59
3.2. Варианты схем входных цепей.....	61
3.2.1.Одноконтурная входная цепь с внешнеемкостной связью с антенной.....	60
3.2.2. Входная цепь с двухконтурным полосовым фильтром и трансформаторной связью с антенной.....	62
3.2.3. Входная цепь с дискретным конденсатором.....	63
3.2.4. Входная цепь с варикапной настройкой.....	64
3.3. Примеры схем входных цепей.....	66
3.4. Способы перекрытия диапазона частот.....	68
3.5. Коэффициент передачи, селективность и полоса пропускания одиночного колебательного контура входной цепи.....	70
Лекция 5. 3.6. Определение затухания и емкости, вносимых в контур следующим каскадом.....	76
3.7. Входная цепь при связи с настроенной антенной.....	78
3.8. Входная цепь при связи с ненастроенной антенной.....	82
3.8.1. Емкостная связь с антенной.....	82
3.8.2. Индуктивная связь с антенной.....	83
3.9. Выводы по теме.....	85
3.10. Контрольные вопросы по теме раздела «Входные цепи радиоприемника».....	87
Лекция 6. Тема 4. Резонансные усилители радиочастоты.....	89
4.1.Назначение, классификация и требования к резонансным усилителям.....	89
4.2.Варианты схем резонансных усилителей на невзаимных усилительных элементах.....	90
4.3. Эквивалентная схема невзаимного усилительного элемента.....	93
4.4. Анализ одноконтурного резонансного усилителя с автотрансформаторным включением колебательного контура.....	96
Лекция 7. 4.5. Резонансный усилитель в диапазоне частот.....	101

4.6. Влияние внутренней обратной связи через усилительный прибор на устойчивость работы резонансного усилителя.....	106
4.7. Способы повышения устойчивости усилителей.....	112
Лекция 8. 4.8. Нелинейные явления в УРЧ.....	114
4.9. Полосовые усилители.....	119
4.9.1. Двухкаскадный усилитель с одиночными взаимно расстроенными контурами (расстроенная пара).....	119
4.9.2. Усилитель с двухконтурным полосовым фильтром.....	123
4.10. Усилитель с электромеханическим фильтром.....	124
Лекция 9. 4.11. Усилитель с кварцевым фильтром.....	125
4.12. Усилитель с фильтром на поверхностных акустических волнах.....	127
4.13. Параметрические усилители СВЧ диапазона.....	128
4.13.1. Регенеративный усилитель.....	128
4.14. Выводы по теме.....	131
4.15. Контрольные вопросы по теме раздела «Резонансные усилители радиочастоты».....	134
Лекция 10. Тема 5. Преобразователи частоты	137
5.1. Назначение, основные требования и классификация преобразователей частоты.....	137
5.2. Варианты схем преобразователей частоты.....	141
Лекция 11. 5.3. Общая теория преобразователей частоты на безынерционных преобразующих элементах.....	146
Лекция 12. 5.4. Частотная характеристика ПЧ.....	156
5.5. Свисты в преобразователях.....	158
5.6. Одноручечная настройка приемника. Сопряженная настройка.....	159
5.7. Диодные преобразователи.....	163
5.7.1. Диодный резистивный преобразователь частоты.....	163
Лекция 13. 5.7.2. Диодный емкостный преобразователь частоты.....	168
5.8. Выводы по теме.....	171
5.9. Контрольные вопросы по теме раздела «Преобразователи частоты».....	174

Лекция 14. Тема 6. Амплитудные детекторы.....	176
6.1. Назначение, требования и классификация амплитудных детекторов.....	176
6.2. Параметрические АД (синхронные).....	179
6.3. Диодные амплитудные детекторы	181
6.4. Варианты построения аналоговых амплитудных детекторов.....	185
6.4.1. Последовательный амплитудный диодный детектор в режиме детектирования сильного сигнала.....	185
Лекция 15. 6.4.2. Последовательный диодный детектор в режиме детектирования слабых сигналов.....	189
6.5. Эмиттерный детектор.....	192
6.6. Диодный детектор с удвоением напряжения.....	193
6.7. Синхронный амплитудный детектор на операционном усилителе.....	195
6.8. Входное сопротивление последовательного диодного АД.....	196
Лекция 16. 6.9. Параллельный диодный детектор.....	198
6.10. Нелинейные искажения при детектировании АМ колебаний.....	200
6.10.1. Искажения из-за нелинейности ВАХ.....	200
6.10.2. Искажения из-за большой постоянной времени нагрузки.....	200
6.10.3. Искажения из-за соизмеримости частоты модуляции и частоты несущей	201
6.10.4. Искажения из-за разделительного конденсатора	202
6.10.5. Искажения, обусловленные различием сопротивлений нагрузки амплитудного детектора по постоянному и переменному току.....	204
6.11. Работа амплитудного детектора при воздействии двух колебаний.....	205
Лекция 17. 6.12. Детектирование радиоимпульсов.....	209
6.13. Пиковый детектор.....	212
6.14. Выводы по теме.....	215
6.15. Контрольные вопросы по теме раздела «Амплитудные детекторы».....	219

Лекция 18. Тема 7. Амплитудные ограничители	221
7.1. Амплитудные ограничители (АО). Назначение.	
Виды ограничителей	221
7.2. Варианты построения амплитудных ограничителей	224
7.2.1. Амплитудный ограничитель с односторонним ограничением и переменной отсечкой	224
7.2.2. Двусторонний амплитудный ограничитель	
7.3. Выводы по теме	228
7.4. Контрольные вопросы по теме раздела «Амплитудные ограничители»	229
Тема 8. Детекторы угловой модуляции	230
8.1. Аналоговые фазовые детекторы. Балансный диодный фазовый детектор	230
8.2. Кольцевой фазовый детектор	232
8.3. Ключевой фазовый детектор	234
8.4. Выводы по теме	236
8.5. Контрольные вопросы по теме раздела «Детекторы угловой модуляции»	236
Лекция 19. Тема 9. Частотные детекторы	238
9.1. Назначение, основные характеристики частотных детекторов	238
9.2. Принципы частотного детектирования	240
9.2.1. Частотный детектор с использованием преобразователя частотно-модулированного сигнала в АЧМ сигнал	242
9.2.2. Частный детектор с использованием фазосдвигающей цепи	243
9.3. Варианты построения аналоговых частотных детекторов	246
9.3.1. Балансный детектор со связанными контурами	246
9.3.2. Балансный диодный частотный детектор с взаимно расстроенными контурами	251
Лекция 20. 9.3.3. Дробный частотный детектор (детектор отношений)	253
9.3.4. Мультипликативный частотный детектор	260
9.4. Выводы по теме	264
9.5. Контрольные вопросы по теме раздела	

«Частотные детекторы».....	266
Лекция 21. Тема 10. Регулировки в радиоприемнике.....	267
10.1. Назначение и виды регулировок в РПУ.....	267
10.2. Принцип действия, классификация систем автоматической регулировки усиления(АРУ).....	267
10.3. Структурные электрические схемы АРУ.....	271
10.3.1. Обратная АРУ.....	271
10.3.2. Прямая АРУ.....	272
10.3.3. Смешанная (комбинированная) АРУ.....	273
10.3.4. Режимная АРУ.....	274
10.4. Варианты схем электронных регуляторов усиления.....	276
10.4.1. Регулятор усиления на полевом транзисторе.....	276
Лекция 22. 10.4.2. Регулятор усиления на основе трехтранзисторного дифференциального каскада.....	277
10.4.3. Регулятор усиления изменением глубины отрицательной обратной связи.....	278
10.4.4. Регулятор усиления на операционном усилителе с дискретной коммутацией резисторов, включенных в цепь обратной связи.....	279
10.4.5. Регулятор усиления на основе делителя напряжения с регулируемым коэффициентом усиления.....	280
10.5. Характеристика регулирования простой обратной АРУ.....	281
10.6. Регулировка полосы пропускания.....	283
Лекция 23. 10.7. Частотная автоматическая подстройка частоты.....	285
10.7.1. Классификация устройства автоматической подстройки частоты.....	286
10.7.2. Характеристика регулирования системы АПЧ.....	292
Лекция 24. 10.8. Фазовая автоматическая автоподстройка частоты.....	299
10.8.1. Структурная схема додетекторного тракта приемника с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ). Фазовый портрет.....	299
10.8.2. Характеристика регулирования системы ФАПЧ.....	302
10.9. Выводы по теме.....	303
10.10. Контрольные вопросы по теме раздела по теме	

раздела «Регулировки в радиоприемнике».....	307
Лекция 25. Тема 11. Радиоприем непрерывных сигналов	310
11.1. Область применения и виды приемников.....	310
11.2. Радиоприем сигналов амплитудной модуляции.....	314
11.2.1. Прохождение АМ сигнала через частотно-избирательную систему радиоприемника. Влияние АЧХ и ФЧХ на искажения сигнала.....	314
11.2.2. Взаимодействие сигнала и синусоидальной помехи при детектировании.....	318
Лекция 26. 11.2.3. Взаимодействие сигнала и шума в амплитудном детекторе.....	320
11.2.4. Радиоприем однополосных сигналов.....	322
11.3. Радиоприем ЧМ сигналов.....	324
11.3.1. Прохождение ЧМ сигнала через селективный тракт приемника.....	324
11.3.2. Нелинейные искажения сигнала в частотном детекторе.....	327
11.3.3. Действие синусоидальной помехи на приемник частотной модуляции.....	328
Лекция 27. 11.3.4. Действие флуктуационной помехи на приемник частотной модуляции.....	331
11.4. Выводы по теме.....	337
11.5. Контрольные вопросы по теме раздела «Радиоприем непрерывных сигналов».....	338
Лекция 28. Тема 12. Радиоприем дискретных сигналов	339
12.1. Радиоприем сигналов частотной манипуляции.....	340
12.2. Радиоприем сигналов минимальной частотной манипуляции.....	346
Лекция 29. 12.3. Радиоприем сигналов фазовой манипуляции.....	348
12.4. Радиоприем сигналов фазоразностной манипуляции.....	352
12.4.1. Автокорреляционный демодулятор сигнала ФРМ.....	353

12.14.2. Когерентный демодулятор сигнала ФРМ.....	354
12.5. Выводы по теме.....	356
12.6. Контрольные вопросы по теме	
раздела «Радиоприем дискретных сигналов».....	357
Лекция 30. Тема 13. Радиоприём широкополосных	
(шумоподобных) сигналов.....	358
13.1. Сущность широкополосной связи.....	358
13.2. Структурные схемы передатчика и приёмника	
в системе с расширением спектра методом прямой	
последовательности(Direct Sequence Spread Spectrum –	
DSSS).....	361
13.3. Структурные схемы передатчика и приёмника	
в системе с расширением спектра методом	
скачкообразного изменения частоты.....	366
Лекция 31. 13.4. Особенности использования РПУ	
в системах приёма ШПС.....	369
13.4.1 Широкополосные входные каскады.....	369
13.4.2. Требования к системе АРУ.....	370
13.5. Выводы по теме.....	372
13.6. Контрольные вопросы по теме раздела «Радиоприём	
широкополосных (шумоподобных) сигналов».....	374
Лекция 32. Тема 14. Заключение. Пути развития	
устройств приема и обработки сигналов.....	375
14.1. Краткая историческая справка по развитию УПОС.	
Современная техника УПОС.....	375
14.2. Перспективы развития устройств приема	
и обработки сигналов.....	381
Ответы на контрольные вопросы по темам.....	386
Литература.....	398
Глоссарий по темам.....	399