

**УДК**

**Г**

**Галочкин В.А.**

Устройства приема и обработки сигналов. Конспект лекций (учебное пособие) - Самара: ГОУВПО ПГУТИ, 2011г - 424 с

Изложены основы теории и построения устройств приема и обработки сигналов (УПОС). В первой части 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). Каждый теоретический раздел сопровождается методическими разработками по выполнению соответствующих лабораторных работ. Во второй части пособия рассмотрены вопросы радиоприема и обработки непрерывных, дискретных и широкополосных сигналов. Учебное пособие 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 ГОУВПО ПГУТИ

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

НИИР - СОНИИР

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

© Галочкин В.А., 2011г

## Содержание

<b>Список сокращений и обозначений.....</b>	<b>11</b>
<b>Предисловие.....</b>	<b>14</b>
<b>Лекция 1. Тема 1. Введение. Составные части и функции устройств приема и обработки сигналов .....</b>	<b>19</b>
1.1. Назначение и классификация УПОС.....	19
1.2. Структурная электрическая схема приемника прямого усиления.....	22
1.3. Структурная электрическая схема и принцип работы супергетеродинного приемника.....	23
1.4. Способы ослабления побочных каналов приема.....	28
1.5. Выводы по теме.....	30
1.6. Контрольные вопросы по теме раздела «Введение».....	32
<b>Лекция 2. Тема 2. Показатели качества устройств приема и обработки сигналов.....</b>	<b>33</b>
2.1. Чувствительность.....	33
2.2. Коэффициент шума и шумовая температура приемника.....	35
2.2.1. Определения коэффициента шума.....	35
2.2.2. Определение шумовой мощности, поступающей на вход приемника от антенны.....	39
2.2.3. Связь коэффициента шума приемника с параметрами его отдельных каскадов.....	40
2.2.4. Шумовая температура приемника.....	42
2.2.5. Связь коэффициента шума и чувствительности.....	43
<b>Лекция 3 2.3. Селективность.....</b>	<b>44</b>
2.4. Стабильность характеристик приемника.....	47
2.5. Искажения сигнала в приемнике. Динамический диапазон.....	49
2.6. Выводы по теме.....	54
2.7. Контрольные вопросы по теме раздела «Показатели качества устройств приема и обработки сигналов».....	56
<b>Лекция 4. Тема 3. Входные цепи радиоприемника.....</b>	<b>58</b>
3.1. Назначение, структура и классификация входных	

цепей.....	58
3.2. Варианты схем входных цепей.....	60
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.....	61
3.2.3. Входная цепь с дискретным конденсатором.....	62
3.2.4. Входная цепь с варикапной настройкой.....	63
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.....	69
<b>Лекция 5. 3.6. Определение затухания и емкости, вносимых в контур следующим каскадом.....</b>	<b>75</b>
3.7. Входная цепь при связи с настроенной антенной.....	77
3.8. Входная цепь при связи с ненастроенной антенной.....	81
3.8.1. Емкостная связь с антенной.....	81
3.8.2. Индуктивная связь с антенной.....	82
3.9. Выводы по теме.....	84
3.10. Контрольные вопросы по теме раздела «Входные цепи радиоприемника».....	86
<b>Лекция 6. Тема 4. Резонансные усилители радиочастоты.....</b>	<b>88</b>
4.1. Назначение, классификация и требования к резонансным усилителям.....	88
4.2. Варианты схем резонансных усилителей на невзаимных усилительных элементах.....	89
4.3. Эквивалентная схема невзаимного усилительного элемента.....	92
4.4. Анализ одноконтурного резонансного усилителя с автотрансформаторным включением колебательного контура.....	95
<b>Лекция 7. 4.5. Резонансный усилитель в диапазоне частот.....</b>	<b>100</b>

4.6. Влияние внутренней обратной связи через усилительный прибор на устойчивость работы резонансного усилителя.....	106
4.7. Способы повышения устойчивости усилителей.....	112
<b>Лекция 8.</b> 4.8. Нелинейные явления в УРЧ.....	114
4.9. Полосовые усилители.....	118
4.9.1. Двухкаскадный усилитель с одиночными взаимно расстроенными контурами (расстроенная пара).....	118
4.9.2. Усилитель с двухконтурным полосовым фильтром.....	122
4.10. Усилитель с электромеханическим фильтром.....	123
<b>Лекция 9.</b> 4.11. Усилитель с кварцевым фильтром.....	125
4.12. Усилитель с фильтром на поверхностных акустических волнах.....	126
4.13. Параметрические усилители СВЧ диапазона.....	128
4.13.1. Регенеративный усилитель.....	128
4.14. Выводы по теме.....	130
4.15. Контрольные вопросы по теме раздела «Резонансные усилители радиочастоты».....	133
<b>Лекция 10. Тема 5. Преобразователи частоты</b> .....	136
5.1. Назначение, основные требования и классификация преобразователей частоты.....	136
5.2. Варианты схем преобразователей частоты.....	140
<b>Лекция 11.</b> 5.3. Общая теория преобразователей частоты на безынерционных преобразующих элементах.....	145
<b>Лекция 12.</b> 5.4. Частотная характеристика ПЧ.....	158
5.5. Свисты в преобразователях.....	160
5.6. Одноручечная настройка приемника. Сопряженная настройка.....	161
5.7. Диодные преобразователи.....	165
5.7.1. Диодный резистивный преобразователь частоты.....	165
<b>Лекция 13.</b> 5.7.2. Диодный емкостный преобразователь частоты.....	170
5.8. Выводы по теме.....	173
5.9. Контрольные вопросы по теме раздела «Преобразователи частоты».....	176

<b>Лекция 14. Тема 6. Амплитудные детекторы.....</b>	<b>178</b>
6.1. Назначение, требования и классификация амплитудных детекторов.....	178
6.2. Параметрические АД (синхронные).....	181
6.3. Диодные амплитудные детекторы .....	183
6.4. Варианты построения аналоговых амплитудных детекторов.....	186
6.4.1. Последовательный амплитудный диодный детектор в режиме детектирования сильного сигнала.....	186
<b>Лекция 15.</b> 6.4.2. Последовательный диодный детектор в режиме детектирования слабых сигналов.....	191
6.5. Эмиттерный детектор.....	194
6.6. Диодный детектор с удвоением напряжения.....	195
6.7. Синхронный амплитудный детектор на операционном усилителе.....	197
6.8. Входное сопротивление последовательного диодного АД.....	198
<b>Лекция 16.</b> 6.9. Параллельный диодный детектор.....	200
6.10. Нелинейные искажения при детектировании АМ колебаний.....	201
6.10.1. Искажения из-за нелинейности ВАХ.....	201
6.10.2. Искажения из-за большой постоянной времени нагрузки.....	202
6.10.3. Искажения из-за соизмеримости частоты модуляции и частоты несущей .....	203
6.10.4. Искажения из-за разделительного конденсатора .....	204
6.10.5. Искажения, обусловленные различием сопротивлений нагрузки амплитудного детектора по постоянному и переменному току.....	206
6.11. Работа амплитудного детектора при воздействии двух колебаний.....	207
<b>Лекция 17.</b> 6.12. Детектирование радиоимпульсов.....	210
6.13. Пиковый детектор.....	213
6.14. Выводы по теме.....	216
6.15. Контрольные вопросы по теме раздела «Амплитудные детекторы».....	220

<b>Лекция 18. Тема 7. Амплитудные ограничители</b>	222
7.1. Амплитудные ограничители (АО). Назначение.	
Виды ограничителей	222
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	226
7.3. Выводы по теме	228
7.4. Контрольные вопросы по теме раздела «Амплитудные ограничители»	229
<b>Тема 8. Детекторы угловой модуляции</b>	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
<b>Лекция 19. Тема 9. Частотные детекторы</b>	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	250
<b>Лекция 20. 9.3.3. Дробный частотный детектор (детектор отношений)</b>	252
9.3.4. Мультипликативный частотный детектор	259
9.4. Выводы по теме	264
9.5. Контрольные вопросы по теме раздела	

«Частотные детекторы».....	265
<b>Лекция 21. Тема 10. Регулировки в радиоприемнике</b> .....	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.....	273
10.4. Варианты схем электронных регуляторов усиления.....	276
10.4.1. Регулятор усиления на полевом транзисторе.....	276
<b>Лекция 22.</b> 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.....	280
10.6. Регулировка полосы пропускания.....	282
<b>Лекция 23.</b> 10.7. Частотная автоматическая подстройка частоты.....	285
10.7.1. Классификация устройства автоматической подстройки частоты.....	286
10.7.2. Характеристика регулирования системы АПЧ.....	291
<b>Лекция 24.</b> 10.8. Фазовая автоматическая автоподстройка частоты.....	298
10.8.1. Структурная схема додетекторного тракта приемника с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ). Фазовый портрет.....	298
10.8.2. Характеристика регулирования системы ФАПЧ.....	301
10.9. Выводы по теме.....	302
10.10. Контрольные вопросы по теме раздела по теме	

раздела «Регулировки в радиоприемнике».....	305
---	-----

## **Лекция 25. Тема 11. Радиоприем непрерывных**

<b>сигналов</b> .....	308
-----------------------	-----

11.1. Область применения и виды приемников.....	308.
---	------

11.2. Радиоприем сигналов амплитудной модуляции.....	312
--	-----

11.2.1. Прохождение АМ сигнала через частотно-избирательную систему радиоприемника. Влияние АЧХ и ФЧХ на искажения сигнала.....	312
---	-----

11.2.2. Взаимодействие сигнала и синусоидальной помехи при детектировании.....	317
--	-----

<b>Лекция 26.</b> 11.2.3. Взаимодействие сигнала и шума в амплитудном детекторе.....	319
--	-----

11.2.4. Радиоприем однополосных сигналов.....	321
---	-----

11.3. Радиоприем ЧМ сигналов.....	323
-----------------------------------	-----

11.3.1. Прохождение ЧМ сигнала через селективный тракт приемника.....	323
---	-----

11.3.2. Нелинейные искажения сигнала в частотном детекторе.....	326
---	-----

11.3.3. Действие синусоидальной помехи на приемник частотной модуляции.....	327
---	-----

<b>Лекция 27.</b> 11.3.4. Действие флуктуационной помехи на приемник частотной модуляции.....	331
---	-----

11.4. Выводы по теме.....	336
---------------------------	-----

11.5. Контрольные вопросы по теме раздела «Радиоприем непрерывных сигналов».....	338
--	-----

## **Лекция 28. Тема 12. Радиоприем дискретных**

<b>сигналов</b> .....	340
-----------------------	-----

12.1. Радиоприем сигналов частотной манипуляции.....	341
--	-----

12.2. Радиоприем сигналов минимальной частотной манипуляции.....	347
--	-----

<b>Лекция 29.</b> 12.3. Радиоприем сигналов фазовой манипуляции.....	349
--	-----



12.4. Радиоприем сигналов фазоразностной манипуляции.....	353
12.4.1. Автокорреляционный демодулятор сигнала ФРМ.....	353
12.4.2. Когерентный демодулятор сигнала ФРМ.....	355
12.5. Выводы по теме.....	356
12.6. Контрольные вопросы по теме раздела «Радиоприем дискретных сигналов».....	358
<b>Лекция 30. Тема 13. Радиоприём широкополосных (шумоподобных) сигналов.....</b>	<b>359</b>
13.1. Сущность широкополосной связи.....	359
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.....	367
<b>Лекция 31. 13.4. Особенности использования РПУ в системах приёма ШПС.....</b>	<b>369</b>
13.4.1 Широкополосные входные каскады.....	369
13.4.2. Требования к системе АРУ.....	371
13.5. Выводы по теме.....	373
13.6. Контрольные вопросы по теме раздела «Радиоприём широкополосных (шумоподобных) сигналов».....	374
<b>Лекция 32. Тема 14. Заключение. Пути развития устройств приема и обработки сигналов.....</b>	<b>376</b>
14.1. Краткая историческая справка по развитию УПОС. Современная техника УПОС.....	376
14.2. Перспективы развития устройств приема и обработки сигналов.....	382
<b>Ответы на контрольные вопросы по темам.....</b>	<b>387</b>
<b>Литература.....</b>	<b>398</b>
<b>Глоссарий по темам.....</b>	<b>399</b>