

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»

Кафедра систем информационной безопасности

216-2015

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по дисциплине
«Устройства передачи и приема сигналов в СПЦС»
для студентов специальности
090302 «Информационная безопасность
телекоммуникационных систем»
очной формы обучения

Воронеж 2015

Составитель канд. техн. наук С. С. Куликов

УДК 004.05

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Устройства передачи и приема сигналов в СПЦС» для студентов специальности 090302 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. С. С. Куликов. Воронеж, 2015. 27 с.

Методические указания к практическим занятиям содержат расчетные задания по тематике входных цепей, усилителей радиосигналов, преобразователей и усилителей частоты, детекторов сигналов.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MW-2013 и содержатся в файле Куликов_ПЗ_Устройства ППС.pdf.

Табл. 8. Ил. 7. Библиогр.: 11 назв.

Рецензент д-р техн. наук, проф. А. Г. Остапенко

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. А. Г. Остапенко

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2015

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для студентов очной формы обучения, изучающих дисциплину «Устройства передачи и приема сигналов в СПЦС» и содержат методический материал, содержащий расчетные задания, теоретические задачи, контрольные вопросы и рекомендуемую литературу.

В процессе выполнения практической работы необходимо выполнить расчетное задание, содержащее расчет одной из характеристик исследуемого функционального узла устройства приема и обработки сигнала, решить указанные преподавателем задачи и ответить на контрольные вопросы, приведенные в каждой практической работе.

Выполнение заданий проверяется преподавателем в ходе практического занятия, а проверка ответов на контрольные вопросы – при защите практической работы.

Решенные расчетные задания представляются в виде отчета.

Практическое занятие № 1

Изучение входных цепей

Цель занятия: изучить характеристики входных цепей.

Расчетное задание

Рассчитать и построить графики зависимости резонансного коэффициента передачи родной цепи от частоты при емкостной связи с антенной и индуктивной связи с «удлиненной» и «укороченной» антеннами, используя следующие данные: $C_a = 200$ пФ, эквивалентное затухание контура входной цепи $\delta_3 = 2 \cdot 10^{-2}$; коэффициент включения $p_2 = 0,6$.

Остальные исходные данные следует выбрать из табл. 1 и табл. 2 в соответствии с вариантом, определяемым по последней цифре номера студента в списке группы.

Результаты расчета резонансного коэффициента передачи ВЦ занести в табл. 3.

Таблица 1

Исходные данные

Вариант	Частота, кГц			Индуктивность контура ВЦ, Гн
	f_{\min}	f_{cp}	f_{\max}	
1	550	600	700	$0,3 \cdot 10^{-3}$
2	560	650	750	$0,3 \cdot 10^{-3}$
3	750	800	1000	$0,2 \cdot 10^{-3}$
4	800	950	1050	$0,2 \cdot 10^{-3}$
5	750	800	950	$0,2 \cdot 10^{-3}$
6	750	850	950	$0,2 \cdot 10^{-3}$
7	800	900	1 000	$0,2 \cdot 10^{-3}$
8	800	950	1 050	$0,2 \cdot 10^{-3}$
9	1 000	1 200	1 300	$0,110^{-3}$
0	1 000	1 300	1 500	$0,110^{-3}$

Таблица 2

Исходные данные

Вариант	Вид связи с антенной			
	емкостная		индуктивная	
	$C_{св1}$, пФ	$C_{св2}$, пФ	$K_{вк} = K_{уд}$	$k_{св}$
1	11	15	1,2	$11 \cdot 10^{-2}$
2	15	20	1,3	$10 \cdot 10^{-2}$
3	22	30	1,5	$9 \cdot 10^{-2}$
4	24	33	1,6	$8 \cdot 10^{-2}$
5	27	36	1,5	$6 \cdot 10^{-2}$
6	36	43	1,7	$10 \cdot 10^{-2}$
7	39	47	1,3	$11 \cdot 10^{-2}$
8	39	51	1,5	$12 \cdot 10^{-2}$
9	47	56	1,4	$11 \cdot 10^{-2}$
0	30	51	1,5	$10 \cdot 10^{-2}$

Таблица 3

Результаты расчета

Вид связи	Частота, кГц		
	f_{\min}	f_{cp}	f_{\max}
Емкостная: $C_{св1}$ $C_{св2}$			
Индуктивная: $f_a' < f_{\min}$ $f_a' > f_{\min}$			

Задачи:

Задача 1. Преселектор приемника перестраивается переменным конденсатором ($C_{к \min} = 16$ пФ, $C_{к \max} = 318$ пФ). Индуктивность перестраиваемого контура $0,273$ мГн. Емкость монтажа, подключаемая к переменному конденсатору, 20 пФ. Рассчитайте крайние частоты ($f_{0\min}$ и $f_{0\max}$) диапазона перестройки приемника. Насколько процентов изменятся значения $f_{0\min}$ и $f_{0\max}$, если емкость монтажа уменьшить до 10 пФ?

Задача 2. В диапазоне коротких волн (КВ) вещательного приемника входная цепь содержит один колебательный контур, а усилитель радиочастоты отсутствует. Приемник настроен на частоту 12 МГц, эквивалентная добротность контура 100 . Определите, во сколько раз возрастет избирательность приемника по соседнему и зеркальному каналам, если ввести каскад одноконтурного усилителя радиочастот (УРЧ) с той же добротностью контура.

Задача 3. Преселектор вещательного приемника содержит один колебательный контур. Полоса пропускания контура в диапазоне длинных волн (ДВ) 8 МГц. Эквивалентная добротность контура в диапазоне КВ 120 . Как изменится избирательность приемника по зеркальному каналу, если с диапазона ДВ ($f_0 = 280$ кГц) переключится на диапазон КВ ($f_0 = 12,04$ МГц)?

Задача 4. Высокочастотный (ВЧ) блок приемника прямого усиления состоит из четырех идентичных каскадов с одиночными контурами, настроенными в резонанс. Какой должна быть эквивалентная добротность контуров, чтобы на частоте $1,5$ МГц полоса пропускания приемника равнялась 6 кГц?

Задача 5. Для увеличения чувствительности приемника имеется возможность добавить один избирательный усилительный каскад. Куда целесообразно его включить – до или после преобразователя частоты, если одновременно необходимо увеличить избирательность по каналу:

а) зеркальному, б) приема по промежуточной частоте, в) соседнему?

Задача 6. Одноконтурная ВЦ имеет следующие параметры: $f_0 = 100$ МГц, $C_{к.эк} = 20$ пФ, $g_k = 0,13$ мСм, $m_1 = 0,3$, $m_2 = 0,69$. Сопротивление антенны 150 Ом, проводимость нагрузки 1 мСм. Необходимо увеличить избирательность ВЦ на частоте помехи 157 МГц на 10 дБ. Определите новые значения коэффициентов включения. Чему равен проигрыш в коэффициенте передачи?

Задача 7. Во сколько раз уменьшится коэффициент передачи согласованной одноконтурной ВЦ, если от режима максимального коэффициента передачи перейти к режиму заданного расширения полосы пропускания ($g_1 = 20$ мСм, $g_k = 1,5$ мСм, $g_2 = 8$ мСм, $\gamma = 2,5$)?

Задача 8. Как будут отличаться зависимости от частоты настройки коэффициента передачи и полосы пропускания одноконтурной ВЦ с внешней емкостной связью антенны и сигнального контура, если $g_k \gg g_2 m_2^2$ и $g_k \ll g_2 m_2^2$? В обоих случаях $g_2 = a\omega_0$, $g_1 \approx 0$, перестройка ВЦ осуществляется конденсатором.

Задача 9. Рассчитайте геометрические размеры четвертьволнового трансформатора полного сопротивления на микрополосковой линии (МПЛ) ($f = 2$ ГГц, $\epsilon = 10$, $h = 1$ мм), согласующего $R_r = 50$ Ом с $R_n = 10$ Ом (R_r – активное сопротивление генератора, R_n – активное сопротивление нагрузки).

Задача 10. Подводящая линия с характеристическим сопротивлением $W_0 = 50$ Ом с помощью отрезка МПЛ (длина l , характеристическое сопротивление W) согласуется с нагрузками: а) $Z_n = 5 + j23$ Ом; б) $Z_n = 5 + j8$ Ом. В каком случае физически осуществимо согласование? Рассчитайте величины k_1 и W (k – волновое число).

Контрольные вопросы:

1. Объясните причины возникновения собственных шумов устройств приема и обработки сигналов, опишите их характеристики и источники возникновения.

2. Объясните причины возникновения шумов резистора и параллельного контура. Охарактеризуйте шумовую полосу контура.

3. Объясните причины возникновения шумов приемных антенн, биполярных и полевых транзисторов. Опишите эквивалентную шумовую схему транзистора.

4. Объясните смысл коэффициента шума радиоприемника.

5. Как определить коэффициент шума и шумовую температуру последовательно соединенных четырехполюсников?

6. Какова связь между чувствительностью радиоприемника и его коэффициентом шума?

7. Объясните пути повышения чувствительности.

Практическое занятие № 2

Изучение усилителей радиосигнала

Цель занятия: изучить характеристики усилителей радиосигналов.

Расчетное задание

Рассчитать и построить график зависимости резонансного коэффициента усиления УРС от частоты на микросхеме 2УС281 с нагрузкой в виде одиночного контура. Оценить устойчивый коэффициент усиления. Контур в коллекторную цепь включен трансформаторно. Принципиальная схема усилителя приведена в описании лабораторной работы. При расчетах использовать следующие данные:

индуктивность контура 1-го поддиапазона (540-760 кГц) ~ 25 мкГн, 3-го поддиапазона (1 120–1 600 кГц) – 11,2 мкГн;

коэффициент связи катушек индуктивности (L_1, L_2, L_3-L_6) – 0,2;

эквивалентное затухание контура – 0,05;

индуктивность связи $L_{св}$ 1-го поддиапазона – 200 мкГн; 2-го поддиапазона – 90 мкГн;

емкость коллекторной цепи – 10 пФ;

коэффициент включения контура со стороны входа следующего каскада $p_2 = 0,1$.

Значения сопротивления нагрузки, а также резонансные частоты для каждого варианта задания приведены в табл. 4. Полученные значения резонансного коэффициента усиления на верхней частоте поддиапазона сравнить с устойчивым коэффициентом усиления.

Таблица 4

Значения сопротивления нагрузки и резонансные частоты

Вариант	Ток коллектора I_k , мА	Расчетная частота $f_{рез}$, кГц	Номер поддиапазона
1	1,5	540	1
2	2,0	1 200	3
3	2,5	560	1
4	3,0	1 300	3
5	2,5	660	1
6	2,0	1 400	3
7	1,5	750	1
8	2,0	1 500	3
9	2,5	660	1
0	3,0	1 600	3

Задачи:

Задача 1. Составьте принципиальную схему одноконтурного УРС на полевом транзисторе КП302А по схеме с общим истоком (ОИ) и рассчитайте параметры элементов, обеспечивающие режим по постоянному току при $I_{0C} = 3,5$ мА, $U_{0ЗИ} = -1$ В, $U_{0СИ} = 7,5$ В, $E_{п} = 12$ В, частота сигнала 30 МГц.

Задача 2. В одноконтурном УРС контур настроен на частоту 800 кГц при эквивалентном затухании 0,04. На сколько децибел будут ослаблены в УРС сигналы станций, принимаемых по соседнему (расстройка $\Delta f_{ск} = 10$ кГц) и по зеркальному каналам ($f_{пр} = 465$ кГц)?

Задача 3. Какой из транзисторов обеспечивает большее усиление на частоте $f_0 = 100$ МГц в каскаде резонансного усилителя по схеме с общим эмиттером ОЭ (ОИ): КТ312А ($|Y_{21}| = 35$ мСм, $|Y_{12}| = 1,3$ мСм) или КП350А ($|Y_{21}| = 10$ мСм,

$C_{12} = 0,03$ пФ)? В обоих случаях считать $g_{к1 \text{ эк}} = g_{к2 \text{ эк}}$ и $m_{2(1)} = m_{2(2)}$.

Задача 4. Во сколько раз можно повысить коэффициент устойчивого усиления резонансного УРС, если от схемы с ОЭ перейти к каскадной схеме ОЭ–ОБ (общая база)?

Задача 5. Каскад УРС работает в режиме максимального усиления при заданной полосе пропускания, которая на 60 % превышает полосу пропускания изолированного контура, т.е. $P_{к \text{ эк}} = 1,6 P_k$. Как изменится усиление каскада, если полосу пропускания каскада $P_{к \text{ эк}}$ уменьшить на 30 %? В обоих случаях каскад работает устойчиво.

Задача 6. Рассчитайте максимально реализуемый коэффициент передачи напряжения одноконтурного УРС при заданной полосе пропускания $P_{к2 \text{ эк}} = 2$ МГц. Параметры транзистора и элементов схемы следующие: $|Y_{21}| = 32$ мСм; $|Y_{12}| = 0,4$ мСм; $g_{22} = 1,3$ мСм; $g_{к1 \text{ эк}} = 1$ мСм; $C_{к2 \text{ эк}} = 15$ пФ; $\gamma = 10$; $g_n = 13$ мСм; $m_{2(1)} = 1$; $k_y = 0,84$.

Задача 7. Проведите расчет одноконтурного УРС на транзисторе КТ312А ($I_k = 5$ мА). Необходимо обеспечить частоту настройки усилителя 120 МГц и полосу пропускания 40 МГц. Дано: собственное затухание контура $d_k = 0,005$; емкость нагрузки $C_n = 2$ пФ, проводимость нагрузки $g_n = 1$ мСм; емкость монтажа $C_m = 2$ пФ; проводимость входного контура $g_{к1 \text{ эк}} = 25$ мСм; $m_{2(1)} = 1$; $k_y = 0,84$.

Задача 8. Сравните каскады УРС диапазонов ДВ и КВ вещательного супергетеродинного приемника, контуры которых имеют одинаковую добротность. В каком из них будут больше нелинейные искажения огибающей амплитуды модуляции (АМ) сигнала при расстройке каждого из УРС на половину полосы пропускания УРС?

Задача 9. Транзистор имеет $S_{11} = 0,8 + j 0,8$. а) Является ли данный транзистор потенциально устойчивым и почему? б) Если $W_{02} = 50$ Ом, то каково входное сопротивление транзистора?

Задача 10. Рассчитайте сопротивление стабилизирующего резистора $R_{ст}$ для транзистора КТ391 ($f_o = 4,6$ ГГц, $K_{y АЭ} = 1,05$; транзистор включен по схеме с ОЭ). Найдите S-параметры составного активного элемента (АЭ) и его максимальный коэффициент передачи номинальной мощности: а) при параллельном и б) последовательном включении $R_{ст}$.

Контрольные вопросы:

1. Объясните назначение, перечислите основные параметры и типы ВЦ устройств приема и обработки сигналов умеренно высоких частот, перечислите их достоинства и недостатки.

2. Как определить коэффициент передачи для обобщенной структуры ВЦ?

3. Как определить коэффициент шума для обобщенной структуры ВЦ?

4. Опишите обобщенную эквивалентную схему одноконтурной ВЦ, перечислите ее параметры (коэффициент передачи и полоса пропускания) в режиме согласования и при заданной полосе пропускания.

5. Перечислите параметры одноконтурной ВЦ с внешнеемкостной связью с ненастроенной антенной.

6. Перечислите параметры одноконтурной ВЦ с индуктивной связью с ненастроенной антенной.

7. Перечислите возможные режимы работы и зависимость коэффициента передачи от частоты настройки.

Практическое занятие № 3 Изучение преобразователей частоты

Цель занятия: изучить характеристики преобразователей частоты.

Расчетное задание

Рассчитать коэффициент преобразования преобразователя частоты на микросхеме К2УС281 с двухконтурным полосовым фильтром с критической связью. Параметры транзистора 2Т307Б в режиме преобразования частоты определить аналитическим методом по приближенным формулам, связывающим Y -параметры ($Y_{21пр}$) транзистора в режиме преобразования и Y -параметры в режиме усиления. В качестве исходных данных использовать параметры транзистора 2Т307Б и данные табл. 5. Промежуточная частота 110 кГц, $t = 10^\circ\text{C}$, $L_7 = L_8 = 65 \text{ мкГн}$.

Таблица 5

Исходные данные

Параметры	Вариант				
	1	2	3	4	5
$I_k, \text{ мА}$	2,0	1,3	1,0	2,0	1,5
$f_c, \text{ кГц}$	600	600	700	800	900
Параметры	Вариант				
	6	7	8	9	0
$I_k, \text{ мА}$	1,0	2,0	1,5	2,4	2,0
$f_c, \text{ кГц}$	1 000	1 100	1 200	1 300	1 400

Эквивалентное затухание контуров полосового фильтра принять равным 0,3, коэффициенты включения $p_1 = 1$, $p_2 = 0,5$.

Задачи:

Задача 1. Зависимость тока стока I_c полевого транзистора, используемого в смесителе, от напряжения на затворе U_3 определяется формулой $I_c = bU_3^2$. Коэффициент $b = 1 \text{ мА/В}^2$, амплитуда напряжения $U_r = 1 \text{ В}$. Рассчитайте зависимость крутизны преобразования по первой гармонике колебания гетеродина от напряжения, смещения на затворе при изменении его от 0 до 3 В.

Задача 2. Транзистор КТ301 работает в качестве смесителя в следующем режиме: $U_r = 0,35 \text{ В}$, $U_{БЭ} = 0,35 \text{ В}$, $U_{КЭ} = 10 \text{ В}$. Пользуясь входной и выходной характеристиками этого транзистора (рис. 1), определите крутизну преобразования по первой гармонике колебания гетеродина.

Задача 3. Проходная характеристика транзистора $I_k = bU_{БЭ}^2$ ($b = 100 \text{ мА/В}^2$). Амплитуда напряжения гетеродина $U_r = 100 \text{ мВ}$. Определите максимально возможную крутизну преобразования по первой гармонике колебания гетеродина.

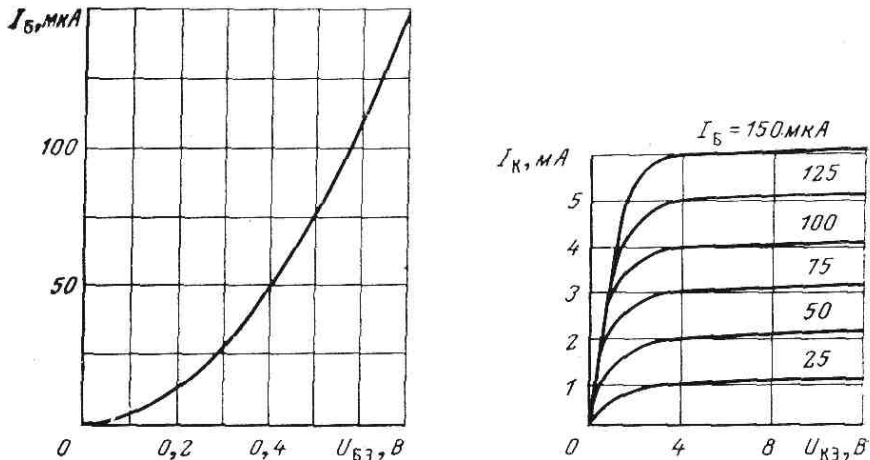


Рис. 1. Схема к задаче 2

Задача 4. Диодный смеситель (рис. 2) работает при амплитуде напряжения гетеродина $U_r = 1 \text{ В}$. Рассчитайте

крутизну преобразования по первой гармонике колебания гетеродина. Вольт-амперную характеристику (ВАХ) диода считать кусочно-линейной с крутизной $S = 10 \text{ мА/В}$.

Задача 5. Проходная характеристика транзистора и ВАХ диода совершенно одинаковы и описываются формулами $I_k = bU^2$ БЭ, $I = bU^2$. Напряжения гетеродина в транзисторном и диодном смесителях (рис. 2) одинаковые. В какой схеме – транзисторного или диодного смесителя – можно получить большую крутизну преобразования по первой гармонике колебания гетеродина и во сколько раз?

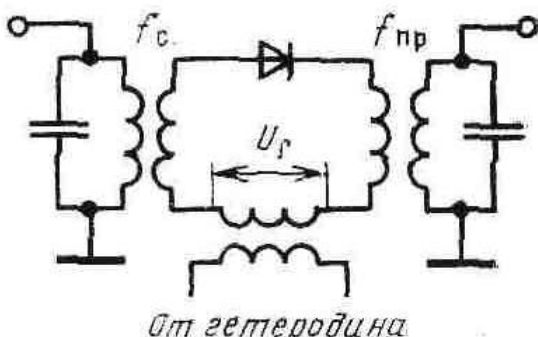
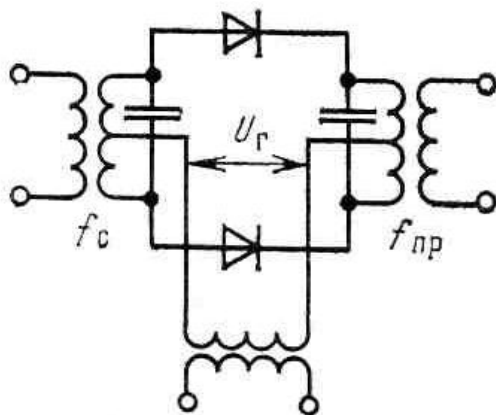


Рис. 2. Схема к задачам 4-7

Задача 6. Рассчитайте зависимости коэффициента передачи: напряжения и потерь преобразования диодного смесителя (рис. 2) от амплитуды напряжения гетеродина, изменяющейся от 0 до 0,2 В. ВАХ диода аппроксимируйте экспонентой с коэффициентом $a = 20 \text{ В}^{-1}$.

Задача 7. Определите коэффициент передачи диодного смесителя (рис. 2) при линейно-ломаной аппроксимации ВАХ диода.

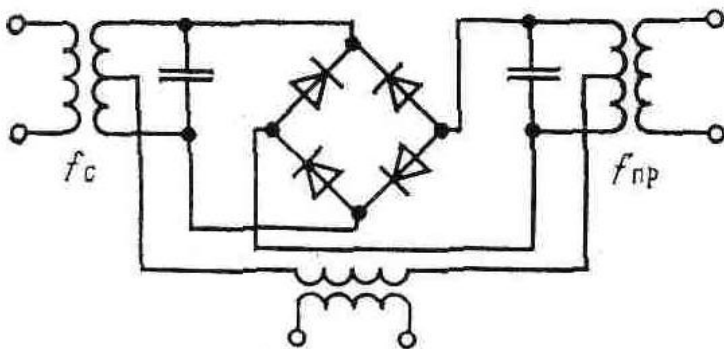
Задача 8. Используя аппроксимацию ВАХ диода вида $I = I_0 + aU = bU^2$, покажите, что в балансном диодном преобразователе (рис. 3) отсутствует составляющая тока с частотой гетеродина в сигнальном контуре и в контуре, настроенном на промежуточную частоту.



От гетеродина

Рис. 3. Схема к задаче 8

Задача 9. Используя аппроксимацию ВАХ диода вида $I = I_0 + aU + bU^2$, покажите, что в балансном кольцевом диодном преобразователе (рис. 4) отсутствует канал прямого прохождения.



От гетеродина

Рис. 4. Схема к задаче 9

Задача 10. На рис. 5 приведены зависимости потерь преобразования L_d и коэффициента шума $K_{ш}$ смесительного диода от подводимой мощности гетеродина.

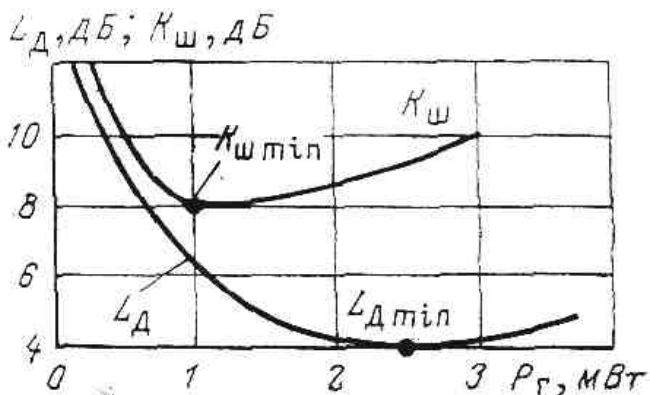


Рис. 5. Схема к задаче 10

Какую мощность гетеродина следует подать на диодный балансный смеситель для достижения: а) максимального коэффициента передачи смесителя; б) максимальной чувствительности приемника без УРЧ при коэффициенте шума УПЧ, равном 2,1?

Контрольные вопросы:

1. Назначение, типы и основные характеристики преобразователей частоты.
2. Общая теория преобразования частоты. Внутренние параметры и эквивалентная схема ПЧ.
3. Влияние величины гетеродинного напряжения на параметры ПЧ. Выбор величины напряжения гетеродина.
4. Шумовые свойства ПЧ.
5. Побочные каналы приема в супергетеродинном радиоприемнике. Частотная характеристика ПЧ при различных уровнях сигнала. Критерии выбора промежуточной частоты.
6. Особенности диодных ПЧ СВЧ диапазона. Схемы диодных СВЧ смесителей.
7. Параметры диодных СВЧ смесителей. Как определить коэффициент шума диодного ПЧ?

Практическое занятие № 4

Изучение усилителей промежуточной частоты

Цель занятия: изучить характеристики усилителей промежуточной частоты.

Расчетное задание

Рассчитать коэффициент усиления двухкаскадного УПЧ на микросхеме К2УС282. Проверить на устойчивость коэффициента усиления. Схема УПЧ приводилась в лекционном материале. Частота настройки усилителя 110 кГц. Значения индуктивностей $L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = 4$ мГн. Значения параметра связи между контурами и тока коллектора в схеме ОЭ-ОБ указаны в табл. 6.

Таблица 6

Значения параметра связи между контурами и тока коллектора в схеме ОЭ-ОБ

Вариант	Ток коллектора I_k , мА	Параметр связи η
1	1,0	0,5
2	1,5	1,0
3	2,0	1,5
4	2,5	2,0
5	3,0	1,5
6	0,8	1,0
7	1,2	0,5
8	1,6	1,0
9	1,8	1,5
0	2,2	2,0

Эквивалентное затухание контуров $\delta_{y1} = \delta_{y2} = \delta_{y3} = \delta_{y4} = 0,3$. Коэффициенты включения p_1 и p_2 для обоих каскадов принять равными $p_1 = 1$; $p_2 = 0,5$.

Все дополнительные исходные данные выбирать самостоятельно.

Задачи:

Задача 1. Необходимо построить шестикаскадный усилитель промежуточной частоты с полосой пропускания $\Pi = 1$ МГц, промежуточной частотой $f_{\text{пр}} = 30$ МГц и амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) формы В. Какой тип УПЧ реализуется на контурах с добротностью $Q = 30$?

Задача 2. Имеется четырехкаскадный УПЧ с одиночными настроенными в резонанс контурами, $\Pi = 1$ МГц, $f_{\text{пр}} = 30$ МГц. Для увеличения избирательности предлагается попарно расстроить контуры и получить АЧХ формы С с провалом до -3 дБ на частоте $f_{\text{пр}}$. Осуществимо ли это предложение, если добротность контуров $Q = 50$?

Задача 3. Можно ли реализовать двухкаскадный УПЧ с двухконтурными полосовыми фильтрами, АЧХ формы В, $f_{\text{пр}} = 465$ кГц, $\Pi = 10$ кГц, располагая контурами с добротностью $Q = 53$?

Задача 4. Определите частоты настройки контуров четырехкаскадного УПЧ с попарно расстроенными контурами, $f_{\text{пр}} = 10$ МГц и $\Pi = 0,1$ МГц для АЧХ формы В и С с провалом до -3 дБ на частоте $f_{\text{пр}}$.

Задача 5. В УПЧ с двухконтурными полосовыми фильтрами по конструктивным соображениям коэффициент связи $k_{\text{св}}$ между контурами не должен превышать $0,1$. Определите максимально допустимое число каскадов УПЧ, если $f_{\text{пр}} = 60$ МГц и АЧХ формы В.

Задача 6. В четырехкаскадном УПЧ с АЧХ формы В два контура настроены на частоту $9,5$ МГц и два – на $10,5$ МГц. На какие частоты нужно настроить контуры этого УПЧ при реализации АЧХ формы С с провалом до -3 дБ на частоте $f_{\text{пр}}$ при сохранении прежней полосы УПЧ?

Задача 7. Может ли УПЧ с одиночными настроенными в резонанс контурами и полосой пропускания 10 кГц обеспечить избирательность по соседнему каналу ($\Delta f_{\text{с.к}} = 10$ кГц) 20 дБ?

Задача 8. В n -каскадном УПЧ на биполярных транзисторах с одиночными настроенными в резонанс контурами увеличили полосу пропускания, вдвое увеличив коэффициенты включения последующих каскадов к контурам. Во сколько раз изменился коэффициент усиления УПЧ? Считать, что эквивалентная проводимость контуров усилителя определяется трансформированной входной проводимостью последующего каскада и проводимость нагрузки последнего каскада равна g_{11} .

Задача 9. Во сколько раз изменится полоса пропускания двухкаскадного УПЧ на полевых транзисторах с одиночными настроенными в резонанс контурами, если ввести расстройку $\xi_0 = 1$, сохранив прежнее значение коэффициента усиления за счет изменения эквивалентной добротности контуров?

Задача 10. Требуется рассчитать четырехкаскадный УПЧ на одиночных настроенных на одну частоту контурах, с частотой настройки 30 МГц и полосой пропускания 2 МГц, используя транзисторы ГТЗ13А ($|Y_{21}| = 76 \text{ мСм}$, $|Y_{12}| = 0,45 \text{ мСм}$, $g_{11} = 2,9 \text{ мСм}$). Затухание контура $d_k = 0,01$, индуктивность $L_k = 0,5 \text{ мкГн}$. Чему равен наибольший коэффициент усиления? При расчете влиянием выходной проводимости транзистора на эквивалентную проводимость пренебречь.

Контрольные вопросы:

1. Раскройте определение, назначение, основные характеристики и типы УРС. Как выбрать параметры преселектора (коэффициент передачи и полосупропускания)?

2. Опишите обобщенную эквивалентную схему резонансного усилителя, его коэффициент усиления и характеристики полосы пропускания.

3. Как определить максимальный коэффициент усиления УРС с общим эмиттером при произвольной и при заданной полосе пропускания?

4. Как определить устойчивость УРС? Методы стабилизации параметров УРС. Причины самовозбуждения УРС. Как определить коэффициент устойчивости и коэффициент устойчивого усиления? Методы повышения устойчивости.

5. Объясните причины искажения сигналов в УРС. Поясните влияние помех на искажения сигналов. Объясните способы уменьшения искажений.

6. Как определить коэффициент шума УРС и ВЦ?

7. Объясните способы уменьшения коэффициента шума.

Практическое занятие № 5 Изучение детекторов АМ-сигнала

Цель занятия: изучить характеристики детекторов АМ-сигнала.

Расчетное задание

Рассчитать коэффициент передачи и входное сопротивление последовательного диодного детектора в режиме детектирования сильных сигналов. Внутреннее сопротивление диода Д9А $R_i = 100 \text{ Ом}$, обратная проводимость $0,025 \text{ мксм}$. Сопротивление нагрузки детектора выбрать из табл. 7.

Таблица 7

Сопротивление нагрузки детектора

Вариант	Сопротивление нагрузки детектора, кОм
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
0	10

Задачи:

Задача 1. В последовательном амплитудном детекторе (АД) используется диод, аппроксимация ВАХ которого кусочно-линейная ($S = 70 \text{ мА/В}$, $R_{\text{обр}} = 250 \text{ кОм}$). Сопротивление нагрузки 100 кОм . Определите коэффициент передачи и входное сопротивление детектора.

Задача 2. ВАХ диода последовательного АД аппроксимируется экспонентой. Определите коэффициент передачи и входное сопротивление детектора при следующих данных: $a = 20 \text{ В}^{-1}$, $I_0 = 1 \text{ мкА}$, $U = 0,3 \text{ В}$, $R = 100 \text{ кОм}$. Проверьте допустимость принятой аппроксимации ВАХ.

Задача 3. Даны параметры экспоненты, аппроксимирующей ВАХ диода: $a = 15 \text{ В}^{-1}$, $I_0 = 2 \text{ мкА}$. Выберите сопротивление нагрузки последовательного АД, чтобы его входное сопротивление возможно меньше зависело от амплитуды входного напряжения. Рассчитайте значение входного сопротивления.

Задача 4. Определите частоту модуляции, при которой возникают нелинейные искажения на выходе последовательного диодного АД (детекторная характеристика линейная, $R = 0,1 \text{ МОм}$, $C = 100 \text{ пФ}$, $R_{\text{обр}} = 0,2 \text{ МОм}$, $m = 0,8$).

Задача 5. На вход последнего каскада УПЧ (рис. 6) подается испытательное воздействие в виде радиоимпульсов с прямоугольной огибающей. Определите длительность фронта и спада видеоимпульсов на выходе АД ($R_{\text{к}} = 3 \text{ кОм}$, $C_{\text{к}} = 8 \text{ пФ}$, $m_2 = 0,7$, $S = 100 \text{ мСм}$, $R = 10 \text{ кОм}$, $C = 12 \text{ пФ}$, $m_1^2 g_{22} \ll g_{\text{к}}$).

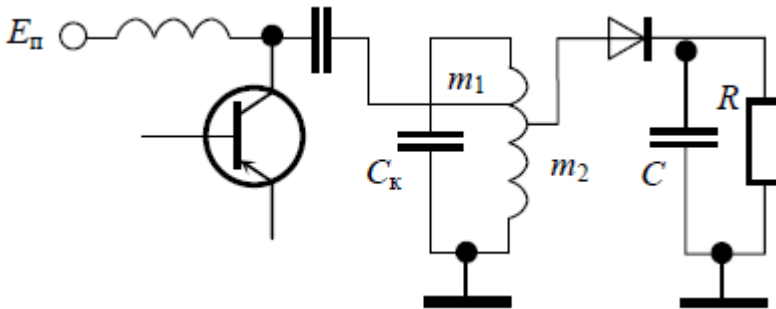


Рис. 6. Схема к задаче 5

Контрольные вопросы:

1. Объясните назначение, типы и основные характеристики амплитудных детекторов (АД). Опишите схемы диодных и транзисторных АД.

2. Опишите эквивалентную схему амплитудного детектора и его коэффициент передачи.

3. Перечислите параметры АД в режиме детектирования малых и больших сигналов.

4. Дайте сравнительную оценку квадратичного и линейного детектирования.

5. Объясните причины искажения сигналов в АД. Какие критерии выбора сопротивления и емкости нагрузки АД вы знаете?

6. Каково действие на линейный АД шума и смеси немодулированного сигнала и шума?

7. Охарактеризуйте форму спектра и отношение сигнал/шум на выходе АД. Дайте понятие сильного сигнала.

Практическое занятие № 6 Изучение детекторов ЧМ-сигнала

Цель занятия: изучить характеристики детекторов ЧМ-сигналов.

Расчетное задание

Рассчитать и построить (в координатах $U_{\text{вых.}} \Delta f$) детекторную характеристику ЧД со связанными контурами. Резонансные частоты контуров $f_{01} = f_{02} = 6,5$ МГц. Коэффициент передачи ограничителя 2. Коэффициент передачи диодной части схемы 0,6. Амплитуда сигнала на входе ограничителя 0,1 В. Остальные исходные данные выбрать из табл. 8.

Таблица 8

Исходные данные

Показатели	Вариант				
	1	2	3	4	5
Параметр связи между контурами μ	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
Эквивалентные затухания контуров $\delta_{\gamma} \cdot 10^{-2}$	5	4	3	2	6
Показатели	Вариант				
	6	7	8	9	0
Параметр связи между контурами μ	3,0	2,0	1,0	0,5	2,0
Эквивалентные затухания контуров $\delta_{\gamma} \cdot 10^{-2}$	7	8	8	10	5

Задачи:

Задача 1. Изменится ли детекторная характеристика частотного детектора (ЧД) на рис. 7, если: а) разорвать провод между точками *a* и *б*; б) разорвать провод между точками *a* и *б* и замкнуть дроссель D_p . При решении считать, что $R_1 = R_2 \gg R_{к. эк}$.

Задача 2. В ЧД на рис. 7 сопротивление резисторов R_1 и R_2 по 100 кОм. Диоды Д1 и Д2 имеют линейно-ломаную ВАХ с крутизной 5 и 10 мА/В соответственно. Симметрична ли детекторная характеристика ЧД?

Задача 3. Как нужно изменить параметры связанных контуров M и $Q_{к. эк}$ ЧД (рис. 7), если необходимо, не изменяя переходной частоты f_0 , увеличить в 1,41 раза раствор детекторной характеристики P_p и при этом не изменить ее крутизну. Исходное значение фактора связи $\beta = 1$, $C_1 = C_2$, $L_1 = L_2$.

Задача 4. Рассчитайте крутизну и раствор детекторной характеристики ЧД (рис. 7) при следующих параметрах элементов схемы и входного сигнала: $U = 1$ мВ, $|Y_{21}| = 50$ мСм, $L_1 = L_2 = 5$ мкГн, $C_1 = C_2 = 50$ пФ, $Q_{к. эк} = 20$, $M = 0,5$ мкГн, $R_1 = R_2 = 50$ кОм. Для симметрирования ЧД вторичный контур зашунтирован резистором 16,7 кОм; входное сопротивление АД принято равным $R_1/2$, а его $K_d \approx 1$.

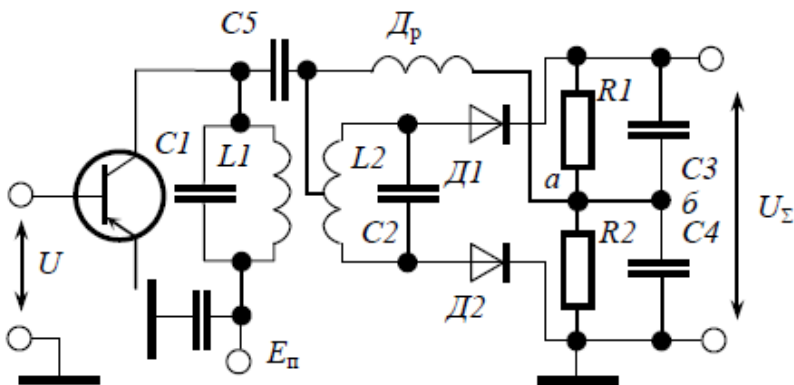


Рис. 7. Схема к задачам 1-4

Контрольные вопросы:

1. Объясните назначение, классификацию, основные характеристики частотных детекторов (ЧД).
2. Опишите схемы ЧД.
3. В чем причины искажения сигналов в ЧД.
4. Объясните способы уменьшения искажений.
5. Опишите прохождение сигнала и шума через ЧД при различных отношениях сигнал/шум на входе.
6. Охарактеризуйте форму спектра и отношение сигнал/шум на выходе ЧД.
7. Перечислите пороговые свойства ЧД.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радиоприемные устройства [Текст] / под ред. В. И. Сифорова. – М. : Сов. радио, 1974.
2. Проектирование радиоприемных устройств [Текст] / под ред. А. П. Сиверса. – М. : Сов. радио, 1976.
3. Справочник по интегральным микросхемам [Текст] / Б. В. Тарабрин, С. В. Якубовский, Н. А. Барканов [и др.]; под ред. Б. В. Тарабрина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1981.
4. Сифоров, В. И. Сборник задач и упражнений по курсу радиоприемных устройств [Текст] / В. И. Сифоров. – М. : Радио и связь, 1984.
5. Справочник по учебному проектированию приемно-усилительных устройств [Текст] / под ред. М. К. Белкина. – Киев : Выща шк., 1988.
6. Колосовский, Е. А. Устройства приема и обработки сигналов [Текст]: учеб. пособие для вузов / Е. А. Колосовский. – М. : Горячая линия–Телеком, 2007.
7. Румянцев, К. Е. Прием и обработка сигналов [Текст]: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / К. Е. Румянцев. – М. : Академия, 2004.
8. Радиоприемные устройства [Текст]: учебник для вузов / Н. Н. Фомин, Н. Н., Буга, О. В. Головин [и др.]. – М. : Радио и связь, 1996.
9. Богданович, Б. М. Радиоприемные устройства [Текст]: учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов / Б. М. Богданович. – Минск : Вышэйш. шк., 1991.
10. Радиоприемные устройства [Текст]: учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов / Ю. Т. Давыдов, Ю. С. Данич, А. П. Жуковский [и др.]. – М. : Высш. шк., 1989.
11. Буга, Н. Н. Радиоприемные устройства [Текст]: учебник для вузов / Н. Н. Буга, А. И. Фалько, И. Н. Чистяков. – М. : Радио и связь, 1986.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	1
Практическое занятие № 1	
Изучение входных цепей.....	2
Практическое занятие № 2	
Изучение усилителей радиосигнала.....	7
Практическое занятие № 3	
Изучение преобразователей частоты	11
Практическое занятие № 4	
Изучение усилителей промежуточной частоты	16
Практическое занятие № 5	
Изучение детекторов АМ-сигнала	20
Практическое занятие № 6	
Изучение детекторов ЧМ-сигнала.....	23
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	26

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по дисциплине
«Устройства передачи и приема сигналов в СПЦС»
для студентов специальности
090302 «Информационная безопасность
телекоммуникационных систем»
очной формы обучения

Составитель
Куликов Сергей Сергеевич

В авторской редакции

Подписано к изданию 27.04.2015.

Уч.-изд. л. 1,7.

ФГБОУВПО «Воронежский государственный
технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14