

УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра
«Устройства радиосвязи»

РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА

Задачи и методические указания
по их решению

Ташкент - 2008

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Радиоприемные устройства» является одним из профилирующих курсов при подготовке бакалавров по направлениям образования «5522000-Радиотехника» и «5522100-Телевидение, радиосвязь и радиовещание».

Для овладения материалом курса необходимы прочные знания по таким общенаучным и общетехническим курсам как физика, высшая математика, теория линейных цепей, электроника и схемотехника, усилительные устройства, теория электрической связи, радиотехнические цепи и сигналы.

Студент, овладевший материалом курса радиоприемных устройств, должен:

- знать структурные схемы радиоприемных устройств (РПрУ) разных типов и принципиальные схемы каскадов РПрУ, основные технические характеристики РПрУ и их зависимость от структуры РПрУ и характеристик его каскадов;

- понимать принцип действия всех каскадов РПрУ, зависимость характеристик каскадов РПрУ от элементов, входящих в состав каждого каскада;

- уметь рассчитать любой каскад РПрУ и радиоприемное устройство в целом, экспериментально исследовать зависимость характеристик любого каскада РПрУ от его параметров.

Курс «Радиоприемные устройства» включает в себя лекции, практические и лабораторные занятия, курсовую работу.

Настоящий задачник охватывает основное содержание курса РПрУ и состоит из:

- задач с вариантами и подвариантами, для их самостоятельного решения;

- контрольных вопросов по тематике приведенных задач, для более глубокого понимания процессов в каскадах РПрУ;

- из приложений, для облегчения понимания и решения задачи.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РПРУ

Задание

1. Выучить определения следующих технических характеристик радиоприемного устройства:

- чувствительности $E_{\Delta 0}$;
- коэффициента шума приемника $\Pi_{\text{пр}}$;
- реальной чувствительности $E_{\Delta \text{р}}$;
- избирательности по соседнему каналу $\sigma_{\text{ск}}$;
- избирательности по зеркальному каналу $\sigma_{\text{зк}}$;
- коэффициента частотных искажений $\sigma_{\text{п}}$.

Необходимо понимать физический смысл этих определений и уметь ими пользоваться при решении задач.

2. Выучить формулы, определяющие технические характеристики РПРУ (см. приложение 1). Необходимо понимать физический смысл формул и уметь ими пользоваться при решении задач.

3. Выполнить индивидуальное задание, пользуясь исходными данными приведенными в табл. 1 - 5.

Задача 1.1

Нарисовать осциллограмму нормально-модулированного сигнала на входе приемника и осциллограмму этого же сигнала на выходе приемника. Показать на осциллограммах уровни, называемые чувствительностью $E_{\Delta 0}$ и нормальным выходным напряжением $U_{\text{вых.норм}}$.

По исходным данным, указанным в табл. 1, определите остальные величины, значения которых в таблице не указаны.

В таблице приняты следующие обозначения: $U_{\text{норм}}$ и $P_{\text{норм}}$ – нормальные значения напряжения и мощности на выходе; $U_{\text{ном}}$ и $P_{\text{ном}}$ – номинальные значения напряжения и мощности на выходе; $R_{\text{н}}$ – сопротивление нагрузки приемника; K_0 – коэффициент усиления приемника.

Таблица 1

Вариант	$E_{\Delta 0}$	$U_{\text{норм}}$	$U_{\text{ном}}$	$P_{\text{норм}}$	$P_{\text{ном}}$	$R_{\text{н}}$	K_0
	мкВ	В	В	мВт	мВт	Ом	
1	50	3,4				1	
2	70		4			1	
3	80					3	100000
4		5				3	100000
5			17			5	500000

Продолжение таблицы 1

6	90			50		2	
7	100				70	4	
8	110					6	10000
9				5		8	20000
10					60	10	20000
11	120			40			8000
12	30				50		20000
13	60	4,2				10	
14	140		6			8	
15	150					6	40000
16		3,8				12	600000
17			5,4			2	80000
18	160				90		20000
19	170			90			40000
20	180			20		2	
21	190				750	4	
22	200					6	30000
23				10		8	7000
24					950	10	30000
25			0,633			2	3700
26		0,55				4	9150
27	103	0,915				10	
28	40			70			400000
29	130					5	50000
30	10				140		600000

Задача 1.2

По исходным данным, указанным в табл. 2, определите величины, отмеченные в таблице знаком вопроса. Считать абсолютную температуру устройства равной $T=290$ К.

Таблица 2

Вариант	$E_{\Delta 0}$ мкВ	h^2	$\Pi_{эф}$ кГц	R_A Ом	$\Pi_{пр}$	Π_1	Π_2	Π_3	K_{P1}	K_{P2}
1	?	100	8	25	5					
2	1,2	?	6	35	6					
3	1,4	81	?	45	7					
4	1,6	64	4	?	8					
5	1,8	49	2	55	?					

Продолжение таблицы 2

6	?	36	3	65	9					
7	2,0	?	4	75	10					
8	2,2	25	?	85	9					
9	2,4	16	5	?	8					
10	2,6	9	6	95	?					
11	?	4	7	105	7					
12	2,8	?	8	115	6					
13	3,0	3	?	125	5					
14	3,2	4	10	?	6					
15	3,4	9	12	135	?					
16	?	16	14	20		2	2	2	3	3
17	3,6	?	12	30		2	4	4	6	6
18	3,8	25	?	40		3	3	6	8	8
19	4,0	36	11	?		3	4	5	8	6
20	?	49	10	50		4	4	4	10	10
21	4,2	?	9	60		4	6	6	10	8
22	4,4	64	?	70		5	5	5	7	8
23	4,6	81	8	?		5	6	8	9	8
24	?	100	7	80		4	5	6	10	9
25	4,8	?	6	90		3	4	5	8	8
26	5,0	81	?	100		2	3	4	8	6
27	5,2	64	5	?		2	6	8	10	10
28	?	48	4	110		3	8	8	10	8
29	5,4	?	3	120		4	6	8	6	6
30	5,6	36	?	130		5	6	7	7	9

Задача 1.3

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) колебательного контура имеет полосу $\Pi_{0,7}$ на уровне 0,7, полосу $\Pi_{0,1}$ на уровне 0,1 и коэффициент прямоугольности $K_{п,0,1}$ по уровню 0,1. По исходным данным, указанным в таблице 3, определите неизвестную величину.

Построить резонансную характеристику как функцию относительного коэффициента усиления Y от расстройки Δf , откладывая в одной клетке по оси абсцисс $\Delta f = 1$ кГц и в одной клетке по оси ординат $Y=0,2$.

Таблица 3

Вариант	$K_{п.0,1}$	$\Pi_{0,7}$	$\Pi_{0,1}$	Вариант	$K_{п.0,1}$	$\Pi_{0,7}$	$\Pi_{0,1}$
		кГц	кГц			кГц	кГц
1	4,75	3	?	16	2,18	?	37,1
2	?	4	6,8	17	2,3	18	?
3	2,4	?	12	18	?	19	32,7
4	2,2	6	?	19	1,97	?	39,4
5	?	7	12,25	20	1,85	21	?
6	3,7	?	29,6	21	?	22	40,8
7	3,03	9	?	22	1,67	?	38,4
8	?	10	34,5	23	1,56	24	?
9	3,23	?	35,5	24	?	25	45,5
10	3,13	12	?	25	1,93	?	50
11	?	13	38,2	26	2,94	27	?
12	2,6	?	36,4	27	?	28	133
13	2,4	15	?	28	1,72	?	50
14	?	16	35,5	29	2,1	5	?
15	2,8	?	25,7	30	?	11	33,6

Задача 1.4

Одиночный колебательный контур имеет резонансную частоту f_0 , добротность Q_K , полосу пропускания $\Pi_{0,7}$ на уровне 0,7, полосу Π_1 на уровне Y_1 , полосу Π_2 на уровне Y_2 . По исходным данным, указанным в таблице 4, определить величины, отмеченные знаком вопроса.

Построить АЧХ колебательного контура, соблюдая такой же масштаб, как и в предыдущей задаче.

На этом же графике показать пунктиром результирующую АЧХ двух таких одиночных колебательных контуров, имея в виду, что $Y_{результир.} = Y \cdot Y$.

Таблица 4

Вариант	f_0	Q_K	Π_1	Y_1	Π_2	Y_2	$\Pi_{0,2}$
	кГц		кГц		кГц		кГц
1	400	40	20	?			?
2			10	?			3
3	640	?	18,3	0,4			?
4	300	50			20	?	?
5	?	80	25,4	0,3			?
6			20	0,5	?	0,3	
7	200	40			10	?	?
8	300		20	?			6

Продолжение таблицы 4

	540	?			20	0,36	?
10	550	50	?	0,5			?
11	?	60			30	0,26	?
12	615		30	0,333	?	0,25	
13	630	70	?	0,5			?
14	800	?	20	0,4			?
15			6	0,82	?	0,25	
16	720	90	?	0,33			?
17					?	0,45	8
18	?	100	16	0,44			?
19					10	?	5
20			30	0,3	15	?	
21	200	?			?	0,48	5
22			?	0,5			11
23	300	?	?	0,28			6
24			24	?	18	0,5	
25	900		?	0,5			9
26	?	40	?	0,446			10
27			14	0,68	?	0,6	
28	465	150	?	0,1			?
29			6	0,8	?	0,3	
30	150	?			9	0,5	?

Задача 1.5

Преселектор содержит два одинаковых одиночных колебательных контура. Полоса пропускания одиночного колебательного контура Π_K лежит на уровне Y_K , полоса преселектора Π_2 лежит на уровне Y_2 . По исходным данным, указанным в таблице 5, определить причину, отмеченную в таблице знаком вопроса. Построить АЧХ одиночного колебательного контура (сплошной линией) и преселектора (пунктирной линией), соблюдая масштаб, как в задаче 1.3.

Таблица 5

Вариант	Π_1	Y_1	Π_2	Y_2	Π_K	Y_K
	кГц		кГц		кГц	
1	100	0,6	60	?		
2	70	0,63			100	?
3	90	0,8	?	0,27		
4	80	0,5	160	?		

Продолжение таблицы 5

5	120	0,2	?	0,86		
6	10	?			100	0,775
7	30	0,9	70	?		
8	48	0,5			160	?
9	100	0,1			?	0,8
10	42	0,4	32	?		
11	80	0,3	?	0,2		
12	68	?			150	0,4
13	150	0,3	70	?		
14	53	0,9			800	?
15	60	0,4			?	0,5
16	46	0,8	60	?		
17	24	0,9	?	0,45		
18	?	0,6			200	0,2
19	200	0,1	14	?		
20	43	0,5			?	0,855
21	?	0,7			160	0,3
22	32	?			90	0,8
23	72	0,4			84	?
24	12	0,8			?	0,92
25	16	?			40	0,9
26	?	0,9			20	0,85
27	90	0,8			120	?
28	58	0,2			?	0,6
29	84	0,7	?	0,3		
30	?	0,4			24	0,92

2. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР

Задание

1. Повторить и выучить наизусть формулы, показывающие связь элементов колебательного контура с его параметрами (см. приложение 2).

2. Продумать и понять отличие сопротивлений индуктивности X_L и емкости X_C от характеристического сопротивления колебательного контура ρ .

3. Продумать и понять взаимную связь параметров R_0 , g_k , r_k , а также влияние на эти параметры резисторов (шунтов), подсоединенных параллельно колебательному контуру.

4. Продумать и понять зависимость формы АЧХ колебательного контура от добротности и от резонансной частоты.

5. Выполнить индивидуальное задание, пользуясь исходными данными, приведенными в табл. 6 - 10.

Задача 2.1

По исходным данным, указанным в табл. 6, определите величины, отмеченные в таблице знаком вопроса.

Таблица 6

Вариант	L_k	C_k	f_0	ω_0	ρ
	мкГн	пФ	МГц	МГц	Ом
1	800	3000	?	?	?
2	4	?	3,5	?	?
3	?	180	?	?	250
4	60	?	0,4	?	?
5	3,5	?	?	?	90
6	?	220	?	14	?
7	25,9	?	?	4,4	?
8	?	400	5	?	?
9	?	?	60	?	66
10	17	?	?	?	106
11	2	350	?	?	?
12	?	150	?	?	660
13	?	1000	1,5	?	?
14	1,7	?	7	?	?
15	0,2	?	?	?	63
16	?	900	?	157	?
17	?	?	2	?	99
18	405	250	?	?	?
19	?	700	?	?	91
20	0,63	?	?	126	?
21	?	200	?	1,88	?
22	?	?	0,2	?	2650
23	?	200	?	?	80
24	0,29	?	35	?	?
25	200	?	?	40	?
26	?	500	15	?	?
27	70	?	?	?	700
28	?	300	?	30	?
29	?	?	2	?	70
30	?	600	?	?	120

Задача 2.2

По исходным данным, указанным в табл. 7, определите величины, отмеченные в таблице знаком вопроса. Иметь в виду, что f - это частота, на которой известны или определяются значения сопротивлений X_L и X_C .

Не производя вычисления значений резонансной частоты f_0 , определите, какая частота больше: f или f_0 .

Таблица 7

Вариант	f	X_L	X_C	L_K	C_K	ρ
	МГц	Ом	Ом	мкГн	пФ	Ом
1	0,18	2388	2948	?	?	?
2	11	?	?	1,27	?	80
3	?	66	?	?	70	64
4	2,8	101	?	?	?	91
5	18	?	?	?	100	79
6	0,45	3980	?	?	200	?
7	23	?	77	?	?	71
8	?	?	91	7,9	?	99
9	0,7	1780	?	?	250	?
10	2	?	?	11,27	?	106
11	5	53	?	?	300	?
12	55	69	?	?	?	63
13	1,2	?	?	?	1513	106
14	5	63	91	?	?	?
15	?	829	?	?	150	660
16	?	?	88	25,9	?	114
17	4	63	?	?	?	78
18	55	?	72	?	?	66
19	?	175	?	?	2641	151
20	3,5	?	105	?	?	90
21	2	?	?	23,19	?	325
22	0,15	754	?	?	3000	?
23	?	75	?	?	517	88
24	4	282	221	?	?	?
25	40	?	?	?	80	50
26	?	?	80	6	?	100
27	2,2	?	?	8,4	?	120
28	0,46	180	?	?	?	150
29	3	?	110	?	?	95
30	?	?	170	1,1	?	80

Задача 2.3

По исходным данным, указанным в табл. 8, определите величины, отмеченные в таблице знаком вопроса. Написать формулы, по которым можно определить другие величины, используя эти же исходные данные.

Таблица 8

Вариант	f_0	L_K	C_K	R_K	Q_K	d_K
	МГц	мкГн	пФ	Ом		
1	0,4	1800		30		?
2		300	?	30	70	
3	4		180	?		0,00833
4	0,6		278	13	?	
5	?	100		20		0,0125
6		2	350	?	75	
7		1800	87	45	?	
8	0,45		?	20		0,0167
9	3,5	3,5		?	90	
10	0,375	600		?		0,012
11		?	100	25	80	
12	0,15		3000	12,9		?
13	0,306		300	?	90	
14	?	150		30		0,014
15		5,8	700	1,1	?	
16		200	200	?	100	
17	0,55		?	35		0,016
18	18	0,63		1		?
19	0,45	?		20	60	
20		?	120	25		0,013
21	11		200	?	80	
22	?		90	35		0,015
23	0,45		200	?	45	
24		7,9	800	1,1		?
25	?	10		2	110	
26		?	400	18		0,02
27		40	?	4		0,01
28	?		500	12	50	
29	6	?		1	140	
30	8		?	1	160	

Задача 2.4

По исходным данным, указанным в табл. 9, определите величины, отмеченные в таблице знаком вопроса, а также полосу пропускания колебательного контура на уровне 0,7. Написать формулы, по которым можно определить другие величины, используя эти же исходные данные.

Таблица 9

Вариант	f_0	L_K	C_K	ρ	r_K	Q_K	d_K	g_K	R_0
	МГц	мкГн	пФ	Ом	Ом			мкОм	кОм
1	?		110		20	?			80
2		500	400		36			?	?
3	1000	?			?		0,015	33	
4		?	120		25		?	11	
5	400			?	24				50
6	1200		90		?	?			75
7	?	300			30	?			70
8	300			1000	34			?	?
9	1400	90			?	?			45
10		400	?		35	?		15	
11	?		130		?	50			40
12		80	150		?		?	23	
13	500		?		40	?			60
14		?	140		?		0,02	25	
15	1600		80			80		?	?
16	600	?			22		?	20	
17	?	500			?		0,016		30
18	1800	50				90		?	?
19	700		100		62			?	?
20		70	?		?	60		30	
21	?	90			14	?			45
22	800	200			26			?	?
23	900		?		?	70			90
24	1000			?	?	100			65
25	700		?		25	50			?
26	5000	5			2		?	?	
27	2000			?	5			15	
28	3000			100	?			100	?
29	1500	10			1	?			?
30	?	100	?		18				55

Задача 2.5

Варианты 1-20. Параллельный колебательный контур имеет параметры R_0 , g_k , r_k . Во сколько раз увеличится или уменьшится каждый из этих параметров, если к колебательному контуру параллельно подключить резистор $R=k \cdot R_0$?

Таблица 10.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	0,1	2	0,2	3	0,3	4	0,4	5	0,5	6
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
k	0,6	7	0,7	8	0,8	9	0,9	10	11	12

Варианты 21-30. Было два одинаковых параллельных колебательных контура. В каком из колебательных контуров эквивалентные параметры R_{Σ} , g_{Σ} , r_{Σ} станут больше, если параллельно первому подключить резистор R_1 , а параллельно второму - резистор R_2 ?

Таблица 10.2

Вариант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
R_1 , кОм	2	30	31	15	42	91	9	39	25	54
R_2 , кОм	20	25	37	5	48	42	90	29	71	66

3. ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ СВЯЗИ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ИСТОЧНИКОМ СИГНАЛА И НАГРУЗКОЙ НА ПАРАМЕТРЫ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Задание

1. Привести эквивалентную схему избирательной системы в виде одиночного параллельного колебательного контура с подключенными источником сигнала и нагрузкой для случаев, когда:

- источник сигнала - это источник ЭДС;
- источник сигнала - это источник тока.

2. Продумать и понять отличие понятий конструктивный параметр - эквивалентный параметр. Выучить формулы, определяющие эквивалентные параметры избирательной системы (g_{Σ} , Q_{Σ} , P_{Σ} , $f_{0\Sigma}$), а также формулы расстройки Δf и коэффициента передачи при резонансе K_0 (см. приложение 3).

3. Научиться объяснять зависимость расстройки, эквивалентной добротности и резонансного коэффициента передачи от коэффициентов p_1 и p_2 - коэффициентов связи избирательной системы с источником

сигнала и нагрузкой, соответственно.

4. Выполнить индивидуальное задание, пользуясь исходными данными, приведенными в табл. 11.

Задача 3.1

1. Определить значение коэффициента связи избирательной системы с источником сигнала (в вариантах 1-15) или с нагрузкой (в вариантах 16-30) в режиме согласования.

$$p_{1C} = \sqrt{(g_k + p_2^2 g_2) / g_1}$$

$$p_{2C} = \sqrt{(g_k + p_1^2 g_1) / g_2}$$

2. Для девяти значений p_1 (или p_2) рассчитать

Таблица 11

Варианты	Варианты	Варианты
1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28	2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29	3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30
$\Delta f = f_{OЭ} - f_{OK} \quad (1)$ $f_{OЭ} = 1/2\pi\sqrt{L_K \cdot C_Э} \quad (2)$ $C_Э = C_K + p_1^2 C_1 + p_2^2 C_2 \quad (3)$ $f_{OK} = 1/2\pi\sqrt{L_K \cdot C_K}$	$Q_Э = 1/\rho_Э \cdot g_Э \quad (1)$ $g_Э = g_k + p_1^2 g_1 + p_2^2 g_2 \quad (2)$ $C_Э = C_K + p_1^2 C_1 + p_2^2 C_2 \quad (3)$ $\rho_Э = \sqrt{L_K / C_Э}$	$K_0 = p_2 I_1' / g_Э U_1 = A/g \quad (1)$ $g_Э = g_k + p_1^2 g_1 + p_2^2 g_2 \quad (2)$ $I_1' = p_1 I_1, \text{ если } p_1 = \text{var} \quad (3)$ $A = p_2 I_1' / U_1, \text{ если } p_2 = \text{var}$

3. Повторить расчет, изменив параметр, в соответствии с параметрами, приведенными в таблице 12.

4. Построить рассчитанные зависимости (1)-(3).

5. Сделать выводы о влиянии коэффициента p_1 (или p_2), а также изменяющегося параметра на расстройку, добротность и коэффициент передачи избирательной системы.

Указания:

1. Исходные данные для расчета приведены в таблице 12.
 2. Расчеты произвести для пяти значений p (p_1 или p_2), отвечающих условию $p \leq p_C$ (например, $0,05 \cdot p_C$; $0,1 \cdot p_C$; $0,2 \cdot p_C$; $0,4 \cdot p_C$; p_C), и для четырех значений p , лежащих в интервале от p_C до 1.

3. Все расчеты по формуле (1)-(3) свести в таблицу.

4. Зависимости, рассчитанные для первого значения изменяющегося параметра, нарисовать сплошной линией, а зависимости, рассчитанные для второго значения этого параметра, нарисовать пунктирной линией на том же графике.

5. Считать $I_1 = 10^{-5}$ А, $U_1 = 250$ мкВ.

Таблица 12

Вар.	g_1	C_1	p_1	g_k	C_k	L_k	p_2	C_2	g_2	Изменяющийся параметр	
	мкСм	пФ		мкСм	пФ	мкГн		пФ	мкСм		
1	300	100	Изменяется	100	3000	40	0,1	20	50	$C_k = 1000$ пФ	
2	-"	-"		-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_k = 50$ мкСм
3	-"	-"		-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_1 = 100$ мкСм
4	250	90	-"	90	2500	45	0,2	15	60	$p_2 = 0,8$	
5	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_k = 180$ мкСм	
6	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_2 = 120$ мкСм	
7	200	80	-"	80	2000	55	0,12	10	70	$C_k = 500$ пФ	
8	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$p_2 = 0,6$	
9	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_k = 40$ мкСм	
10	170	70	-"	70	1500	75	0,25	5	80	$p_2 = 0,7$	
11	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_1 = 160$ мкСм	
12	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_2 = 100$ мкСм	
13	100	60	-"	60	1000	100	0,15	10	90	$C_k = 800$ пФ	
14	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_2 = 120$ мкСм	
15	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_k = 100$ мкСм	
16	90	50	0,1	50	950	120	Изменяется	60	100	$p_1 = 0,5$	
17	-"	-"	-"	-"	-"	-"		-"	-"	-"	$g_k = 90$ мкСм
18	-"	-"	-"	-"	-"	-"		-"	-"	-"	$p_1 = 0,4$
19	80	60	0,25	60	900	130	-"	50	150	$C_k = 600$ пФ	
20	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_k = 40$ мкСм	
21	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_1 = 40$ мкСм	
22	70	70	0,15	70	850	135	-"	40	200	$p_1 = 0,8$	
23	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$p_1 = 0,7$	
24	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_k = 50$ мкСм	
25	60	80	0,12	80	800	140	-"	30	250	$C_k = 400$ пФ	
26	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_1 = 100$ мкСм	
27	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_2 = 100$ мкСм	
28	50	90	0,2	90	750	150	-"	20	300	$p_1 = 0,6$	
29	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_2 = 90$ мкСм	
30	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	-"	$g_k = 45$ мкСм	

4. ВЫБОР СТЕПЕНИ СВЯЗИ ВХОДНОЙ ЦЕПИ С АНТЕННОЙ И УСИЛИТЕЛЬНЫМ ПРИБОРОМ В РАЗЛИЧНЫХ ДИАПАЗОНАХ

Задание 1

1. Запомнить основные качественные показатели входной цепи.
2. Продумать и понять особенности выбора условий связи входной цепи:

- с ненастроенной антенной в диапазонах ДВ, СВ, КВ;
 - с настроенной антенной в диапазонах КВ, УКВ;
 - с биполярным транзистором;
 - с полевым транзистором.
3. Выписать из конспекта формулы для расчета коэффициентов связи p_1 и p_2 из условий:
- допустимой расстройки;
 - требуемой добротности (требуемой избирательности по зеркальному каналу и допустимых частотных искажений);
 - требуемого резонансного коэффициента передачи.
4. Нарисовать схему входной цепи с внешней емкостной связью с антенной и внутренней емкостной связью с усилительным прибором, (см. приложение 4). Выписать формулы, показывающие связь:
- коэффициента p_1 с емкостью связи с антенной $C_{св.А}$;
 - коэффициента p_2 с емкостью связи с транзистором $C_{св.Т}$.
5. Проанализировать все описанные формулы, чтобы понять физическую сущность зависимостей, которые они отражают.
6. Выполнить индивидуальное задание, пользуясь исходными данными, приведенными в табл. 13, 14.

Задание 2

Нарисовать входную цепь с внешней емкостной связью с антенной и внутренней емкостной связью с транзистором. Определить элементы связи $C_{св.А}$ и $C_{св.Т}$, индуктивность контура, а также основные технические характеристики входной цепи: Δf , $\sigma_{зк}$, $\sigma_{п}$, K_0 . Исходные данные для расчета находятся в таблице 13 и 14.

Указания

1. В вариантах 21-30 требуется обеспечить согласование входной цепи с антенной.
2. В результате расчета должны выполняться условия:
3. $f_{ОЭ} = f_{о.треб}$; $\sigma_{зк} \geq \sigma_{зк.треб}$; $\sigma_{п} \leq \sigma_{п.треб}$; $\Delta f \leq B \cdot f_{ОЭ} / Q_K$.
4. Считать $f_{пр} = 465$ кГц, $f_r > f_0$.
5. Необходимые расчетные формулы приведены в приложениях 1-5.

Таблица 13

Вариант	C_A	ΔC_A	R_A	$C_{\text{вх.т}}$	$\Delta C_{\text{вх.т}}$	$R_{\text{вх.т}}$
	пФ	пФ	Ом	пФ	пФ	Ом
1	100	50	25	56	28	1200
2	130	65	60	32	16	700
3	120	60	35	48	24	1150
4	110	55	50	30	15	750
5	140	70	45	46	23	1100
6	100	50	40	28	14	600
7	100	50	55	40	20	950
8	120	60	65	38	19	900
9	140	70	75	36	18	800
10	150	75	70	34	17	850
11	15	7		8	4	1900
12	12	6		7	3	2000
13	18	9		6	3	650
14	16	8		5	2	750
15	10	5		34	17	600
16	14	7		40	20	800
17	20	10		46	23	900
18	11	5		56	28	1000
19	17	8		62	31	950
20	22	11		48	24	840
21			600	16	8	700
22			540	14	7	1700
23			440	12	6	800
24			340	10	5	1800
25			200	26	13	500
26			300	24	12	1500
27			400	22	11	600
28			240	9	4	900
29			500	18	9	750
30			180	20	10	1000

Таблица 14

Вариант	$\sigma_{\text{эк.треб}}$	$\sigma_{\text{п.треб}}$	$f_{0,\text{треб}}$	B	P_C	C_K	Q_K
	дБ	дБ	кГц		кГц	пФ	
1	40	7	200	0,25	10	500	40
2	36	3	900	0,4	3	240	90
3	38	6	300	0,3	9	450	50
4	34	3	1000	0,35	3	340	100

Продолжение таблицы 14

5	36	5	400	0,35	8	400	45
6	32	2	1500	0,3	4	440	50
7	40	4	500	0,4	7	350	50
8	42	4	600	0,45	6	300	60
9	40	4	700	0,5	5	250	70
10	38	3	800	0,45	4	200	80
11	30	1,3	6500	0,3	9	320	190
12	22	1,3	7000	0,25	6	220	200
13	24	1,2	7500	0,5	10	120	150
14	26	1,2	8000	0,4	8	230	120
15	20	1,1	8500	0,2	3	260	140
16	18	1,1	9000	0,2	5	180	110
17	16	1,2	9500	0,5	6	190	130
18	28	1,3	6000	0,45	7	210	180
19	21	1,4	5500	0,35	8	240	160
20	25	1,5	5000	0,25	9	250	170
21	30	1,5	4000	0,45	9	160	170
22	28	1,4	4500	0,5	10	260	150
23	24	1,4	5000	0,45	11	360	160
24	26	1,4	5500	0,4	12	460	170
25	34	2	2000	0,25	5	480	140
26	30	2	2500	0,3	6	380	110
27	30	1,5	3000	0,35	7	280	120
28	28	1,3	6000	0,35	3	420	180
29	22	1,2	3500	0,2	9	450	130
30	20	1,2	6500	0,5	8	430	150

5. УСИЛИТЕЛИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Задание

1. Нарисовать принципиальную схему УВЧ с одиночными колебательными контурами на входе и выходе транзистора. Включение колебательных контуров автотрансформаторное.
2. Нарисовать эквивалентную схему этого УВЧ.
3. Рассчитать и построить зависимость напряжения U_1 на входном колебательном контуре УВЧ от частоты (расстройки) без участия внутренней обратной связи в транзисторе.
4. Рассчитать значение $p_{2\text{пред.уст}}$, при котором $|K_{\text{уст}} - 1| = A$.
5. Взять значение $p_{2\text{пред}} = B \cdot p_{2\text{пред.уст}}$ и для него рассчитать и

построить зависимость напряжения на входном контуре УВЧ U_1^* от частоты (расстройки) при наличии входной проводимости $g_{вх.ос}$ транзистора, появляющейся из-за внутренней обратной связи.

6. Сделать выводы о влиянии внутренней обратной связи.

Указания

1. Зависимости построить при значениях Δf_1 , указанных в таблице 15.
2. Исходные данные для расчета находятся в таблице 16. Исходные данные для каждой тройки вариантов отличаются только значениями резонансной частоты выходного контура f_{02} . Результаты расчетов в каждой тройке вариантов следует сравнить между собой и сделать соответствующие выводы.
3. Расчеты необходимо свести в таблицу, в первой строчке которой указатель значения Δf_1 , а во второй - Δf_2 . В таблице должны быть указаны все величины, зависящие от расстройки.
4. Расстройка выходного контура $\Delta f_2 = \Delta f_1 - (f_{02} - f_{01})$.
5. $g_{вх.ос} = G \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\xi_2}{1 + \xi_2^2}$ См, где $\xi_2 = Q_{к2} \cdot 2\Delta f_2 / f_{02}$. Эта проводимость максимальна при $\xi_2 = 1$, т.е. при $2\Delta f_2 = \Pi_{0,7}$.
6. $U_1 = Y_1 \cdot I / g_{к1}$, $U_1^* = Y_1^* \cdot I / g_{э1}$, где $I = 10^{-5}$ А,
 $Y_1 = 1 / \sqrt{1 + (Q_{к1} \cdot 2\Delta f_1 / f_{01})^2}$,
 $Y_1^* = 1 / \sqrt{1 + (Q_{э1} \cdot 2\Delta f_1 / f_{01})^2}$,

Таблица 15

Варианты	Δf_1 , кГц					
	0	± 2	± 4	± 5	± 7	± 9
1, 2, 3	0	± 2	± 4	± 5	± 7	± 9
4, 5, 6	0	± 1	± 3	± 5	± 7	± 10
7, 8, 9	0	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7
10, 11, 12	0	± 1	± 3	± 5	± 7	± 9
13, 14, 15	0	± 2	± 3	± 5	± 6	± 7
16, 17, 18	0	± 2	± 4	± 6	± 8	± 10
19, 20, 21	0	± 3	± 5	± 7	± 9	± 11
22, 23, 24	0	± 2	± 4	± 8	± 10	± 12
25, 26, 27	0	± 2	± 4	± 8	± 9	± 10
28, 29, 30	0	± 3	± 5	± 7	± 10	± 11

Таблица 16

Варианты	f_{01} кГц	$Q_{к1}=$ $=Q_{к2}$	C_1	a	b	B	A	B	G
			пФ	f_{02} , кГц					
1, 2, 3	200	20	500	200	204	198	0,1	2,5	0,7
4, 5, 6	400	40	450	400	401	395	0,12	2	1,5
7, 8, 9	600	60	400	600	603	596	0,14	1,8	2
10, 11, 12	800	80	350	800	805	799	0,15	1,5	2,5
13, 14, 15	1000	100	300	1000	1002	997	0,16	1,6	3
16, 17, 18	1200	100	250	1206	1200	1196	0,17	1,7	3,5
19, 20, 21	1400	100	200	1405	1400	1393	0,18	1,9	4
22, 23, 24	1600	100	150	1604	1600	1592	0,2	2,2	4,5
25, 26, 27	1800	100	550	1808	1800	1798	0,19	2,1	5
28, 29, 30	2000	100	100	2007	2000	1903	0,13	2,3	5,5

6. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ

Задание

1. Понять назначения нелинейного элемента, гетеродина и избирательной системы в процессе преобразования частоты.
2. Продумать и понять, как меняется избирательность по соседнему каналу в приемниках прямого усиления и обеспечивается постоянство избирательности по соседнему каналу в супергетеродинных приемниках.
3. Освоить понятие "крутизна преобразования".
4. Проанализировать зависимость коэффициента передачи $K_{0,пр}$ от амплитуды напряжения гетеродина.
5. Выучить и понять определение дополнительных (побочных) каналов приема и проанализировать меры борьбы с ними.
6. Выяснить причины свиста в супергетеродинном приемнике при отсутствии помех и проанализировать меры борьбы с этим явлением.
7. Выполнить индивидуальное задание, пользуясь исходными данными, приведенными в табл. 17 - 19.

Задача 6.1

Смеситель собран на нелинейном элементе, у которого проводимость Y_{21} зависит от входного напряжения $U_{вх}$ так, как показано на рис.1. Используя эту зависимость, по исходным данным, указанным в таблице 17, определить и показать на рисунке величины, значения которых в таблице не указаны. Считать, что сопротивление нагрузки

преобразователя частоты $R_n = 10 \text{ кОм}$, а коэффициенты включения нагрузки $p_1 = p_2 = 1$.

Определить максимальное допустимое значение амплитуды гетеродина $U_{1\text{макс}}$, при котором будут только 2 побочных канала приема (напряжение смещения $U_{\text{вх.о}}$ соответствует условиям варианта).

Сравнить свой вариант с последующим, не производя дополнительных вычислений. В каком из этих вариантов:

- получается больший коэффициент усиления;
- можно получить больший коэффициент усиления при минимуме побочных каналов приема, если изменить U_1 , не изменяя $U_{\text{вх.о}}$?

Пояснения:

Y_{21o} – крутизна в рабочей точке;

Y_{21m} – амплитуда первой гармоники крутизны;

$Y_{21пр}$ – крутизна преобразования;

$Y_{21\text{макс}}$ – максимальное значение крутизны при амплитуде напряжения гетеродина U_1 ;

$Y_{21\text{мин}}$ – минимальное значение крутизны при амплитуде U_1 .

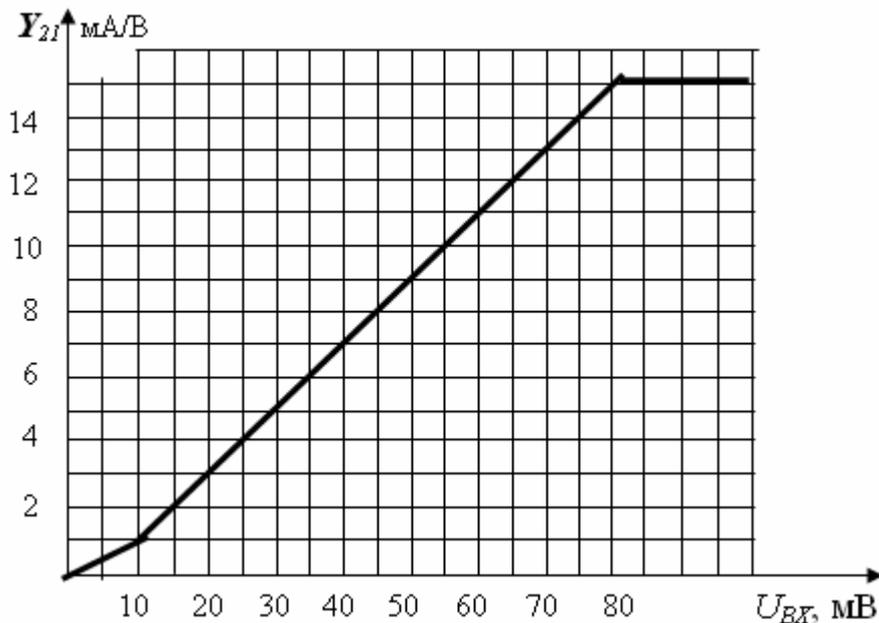


Рис. 1. Зависимость крутизны ВАХ НЭ от амплитуды входного сигнала

Таблица 17

Вари- ант	$U_{вх.о}$	U_1	$Y_{21о}$	$Y_{21м}$	$Y_{21пр}$	$Y_{21макс}$	$Y_{21мин}$	K_o для канала		
	мВ	мВ	мА/В	мА/В	мА/В	мА/В	мА/В	$f_{пр}$	f_o	$f_{эк}$
1	20	10								
2				2				40		
3						14				30
4			4							15
5	30					8				
6		20					2			
7	40			3						
8					2			50		
9						10			10	
10			6						20	
11	50						5			
12				2			10			
13	60				1					
14								60	15	
15						11				
16		15	10							
17							4	70		
18					1,5	9				
19	70								5	
20								80		20
21			12				9			
22			14		0,5					
23						13		90		
24							3			25
25	55									10
26			5	2						
27		5						30		
28				5		12				
29		30				15				
30							1		30	

Задача 6.2

Из-за неправильного выбора режима работы смесителя существуют гармоники частоты гетеродина $k=1, 2$ и гармоники принимаемых частот $n=1, 2$. Используя исходные данные из таблицы 18 и полагая, что $f_r > f_c$, а полоса пропускания тракта ПЧ 10 кГц, выполнить следующее:

- определить частоты побочных каналов приема на входе приемника;
- определить, в какие частоты превращаются эти каналы приема на выходе преобразователя частоты;
- определить, может ли частота помехи f_1 попасть на выход преобразователя частоты как дополнительный канал приема; если может, то определить частоту помехи на выходе преобразователя частоты;
- нарисовать спектр сигнала и побочных (дополнительных) каналов приема на входе приемника, указать на рисунке заданную частоту помехи;
- нарисовать спектр тех же каналов на выходе преобразователя частоты;
- перечислить способы борьбы с указанной помехой.

Таблица 18

Вариант	f_0	$f_{пр}$	f_1	Вариант	f_0	$f_{пр}$	f_1
	МГц	МГц	МГц		МГц	МГц	МГц
1	0,15	0,11	0,372	16	1,1	0,46	1,32
2	5	1,5	7,258	17	0,5	0,21	0,925
3	1,5	0,46	1,72	18	14	3	18,49
4	2,2	0,46	2,895	19	0,3	0,11	0,46
5	16	3	22,01	20	7	1,5	7,76
6	0,4	0,11	0,458	21	1,3	0,46	2,221
7	9	1,5	11,98	22	0,9	0,21	1,31
8	0,2	0,11	0,37	23	18	3	19,48
9	0,6	0,21	0,7	24	1,7	0,46	2,4
10	1,9	0,46	2,134	25	2,4	0,46	3,31
11	20	3	25,99	26	0,35	0,11	0,41
12	0,7	0,21	1,02	27	11	1,5	13,26
13	1	0,21	1,423	28	2	0,46	2,22
14	13	1,5	13,758	29	0,8	0,21	1,11
15	0,25	0,11	0,41	30	22	3	28,01

Задача 6.3

Из-за неправильного выбора режима работы смесителя существуют гармоники частоты гетеродина $k = 1, 2, 3$ и гармоники частоты сигнала $n = 1, 2, 3$. Используя исходные данные из таблицы 19 и полагая, что полоса пропускания тракта ПЧ 10 кГц выполнить следующее:

- определить радиочастоты, на которых возможен свист при

отсутствии помех;

- определить тон свиста на выходе приемника, создаваемый заданным сигналом, и номера гармоник k и n , взаимодействие которых создает этот свист (иметь в виду, что может быть несколько тонов свиста);
- перечислить способы борьбы со свистом.

Таблица 19

Вариант	f_0	$f_{пр}$	$f_{Г} <> f_{С}$	Вариант	f_0	$f_{пр}$	$f_{Г} <> f_{С}$
	МГц	кГц			МГц	кГц	
1	0,924	460	>	16	0,633	210	>
2	0,415	210	<	17	0,436	110	<
3	5,999	2000	<	18	3,002	1500	<
4	0,921	460	<	19	1,378	460	<
5	0,327	110	>	20	0,845	210	<
6	0,862	215	<	21	0,225	110	>
7	0,628	210	<	22	0,421	210	<
8	0,218	110	<	23	5,995	2000	>
9	4,005	2000	>	24	4,501	1500	<
10	1,378	460	>	25	0,922	460	<
11	6,002	2000	<	26	0,334	110	>
12	0,644	215	<	27	6,003	2000	<
13	0,422	210	<	28	1,845	460	<
14	0,219	110	<	29	6,004	2000	<
15	3,003	1500	>	30	0,643	215	>

7. ДЕТЕКТИРОВАНИЕ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Задача 7.1

Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода амплитудного детектора аппроксимировано ломаной линией:

$$i = \begin{cases} S \cdot u, & \text{при } u \geq 0; \\ 0, & \text{при } u < 0. \end{cases} \quad (1)$$

На вход детектора воздействует амплитудно-модулированное колебание

$$u = U_{\omega} (1 + m \cos 2 \pi F t) \cos 2 \pi f_0 t \quad . \quad (2)$$

Значения S , U_{ω} , m , f_0 , F и R_H приведены в таблице 20.

Требуется:

1. Рассчитать и построить зависимость коэффициента передачи детектора K_d от величины произведения $S R_H$.
2. Определить значение K_d и угла отсечки θ при заданных S и R_H .
3. Рассчитать и построить спектр напряжения на входе и выходе детектора.
4. Построить детекторную характеристику при $U_{\omega} = 1 \dots 3B$.
5. Произвести выбор величины емкости нагрузки C_H диодного детектора.

Методические указания

1. Для расчета зависимости K_d от SR_H в п.1. задачи следует воспользоваться формулами:

$$K_d = \cos\theta \quad \text{и} \quad \operatorname{tg}\theta - \theta = \frac{\pi}{SR_H} \quad (3)$$

Задаваясь 7 ... 10 значениями θ на интервале от $\pi/2$ до 0, по приведенным формулам рассчитать K_d и соответствующее ему значение SR_H .

2. С помощью построенного графика $K_d(SR_H)$ следует определить K_d для значений (SR_H) (п.2. задания).

Таблица 20

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
S, мА/В	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	40	25	50	65	40	30	35	40	45	60
U_ω, В	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
	2,7	2,5	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0
	2,1	1,8	1,7	1,8	2,4	2,7	2,5	2,9	2,3	2,4

Продолжение таблицы 20

<i>m</i>	0,8	0,85	0,9	0,55	0,5	0,3	0,35	0,4	0,45	0,6
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,7	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
	0,4	0,55	0,5	0,65	0,6	0,4	0,85	0,8	0,55	0,5
<i>f₀, кГц</i>	400	420	440	460	480	500	520	540	600	580
	590	570	550	530	510	490	470	450	430	410
	680	480	370	620	580	660	640	620	610	650
<i>F, кГц</i>	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
	3	2,5	4	3,5	5	4,5	5	5,5	1	2,5
	2	1,7	3	2,2	2	3,4	1	2,7	3	2,9
<i>R_n кОм</i>	3,3	3,0	2,7	2,4	2,2	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0
	7,5	2,5	6,2	5,6	5,1	4,7	4,3	4,1	3,9	3,2
	6,8	4,2	5,6	4,7	3,7	1,9	1,7	3,1	2,8	2,9

Задача 7.2

Амплитудный диодный детектор при воздействии на него «сильного» сигнала работает в линейном режиме, ВАХ которого можно аппроксимировать ломаной линией

$$i = \begin{cases} S \cdot u, & \text{при } u \geq 0, \\ 0, & \text{при } u < 0. \end{cases} \quad (1)$$

На вход детектора подается напряжение

$$u_{\text{вх}} = U_{\omega} (1 + m \cos \Omega t) \cos \omega t. \quad (2)$$

Значения R_n , S , U_{ω} и m заданы в таблице 21.

Требуется:

1. Нарисовать схему амплитудного детектора и написать условия выбора сопротивления нагрузки R_n и емкости нагрузки C_n .

2. Вычислить значение тока протекающего через R_n и изобразить в масштабе спектральные диаграммы входного и выходного напряжения для заданного значения R_n .

3. Доказать, что диодный детектор при последовательном включении диода имеет входное сопротивление $R_{вх} = R_H / 2$.

Таблица 21

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$S, mA/V$	2	4	0,8	4	3,3	0,8	3	2,7	5	2,8
	3,3	2	2	5,3	1,3	3,2	2,5	5,3	1	2
	2,8	1,5	2,5	3,6	4,3	2,8	4,1	2,2	3	1,7
U_{ω}, B	0,2	0,1	0,2	0,08	0,15	0,1	0,12	0,18	0,14	0,1
	0,15	0,15	0,14	0,06	0,2	0,15	0,1	0,07	0,09	0,2
	0,18	0,2	0,18	0,10	0,22	0,17	0,2	0,16	0,15	0,1
m	0,5	0,8	0,5	0,8	0,9	0,9	0,6	0,5	0,45	0,8
	0,8	0,4	0,7	0,7	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,7
	0,7	0,6	0,9	0,75	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,5
$R_H, k\Omega$	25	36	30	20	28	40	28	22	32	24

Методические указания

1. При выполнении п.1. необходимо учитывать, что через сопротивление нагрузки детектора R_H протекает лишь постоянная и низкочастотные составляющие тока. Высокочастотные составляющие тока протекают через емкость нагрузки C_H .

2. Постоянную составляющую тока через диод можно определить при помощи следующей формулы

$$I_0 = \frac{S \cdot U_{\omega}}{\pi} (\sin \theta - \theta \cos \theta). \quad (3)$$

3. Для определения θ необходимо пользоваться графиком зависимости $K_d = f(SR_H)$.

Задача 7.3

На рис. 2 изображена структурная схема синхронного детектора. На вход детектора подается сигнал $U = U_m(t) \cos \omega_0 t$. Напряжение, вырабатываемое генератором Γ изменяется по закону

$U_2(t) = U_r \cos(\omega t + \varphi)$. Умножитель предполагается идеальным, а в качестве ФНЧ используется цепочка из параллельного соединения резистора R_n и конденсатора C_n .

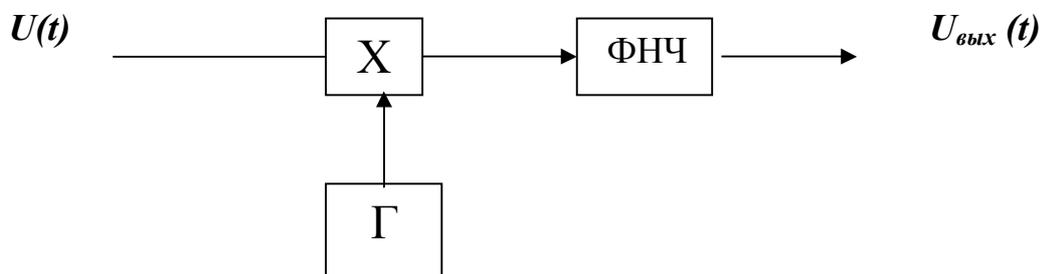


Рис. 2. Структурная схема синхронного детектора.

Требуется:

1. Определить спектральный состав напряжения на входе ФНЧ. Изобразить амплитудный спектр этого напряжения при $\omega = \omega_0$, $U(t) = U(1 + m \cos \Omega t)$ и $\varphi = 0$.

2. Объяснить возможность детектирования (демодуляции) с помощью синхронного детектора колебаний балансной и однополосной модуляции.

3. При заданных в таблице вариантов значениях R_n , C_n , f_0 рассчитать и построить амплитудно-частотную характеристику эквивалентного колебательного контура и определить его добротность Q .

Таблица 22

№ вар.	1 11	2 12	3 13	4 14	5 15	6 16	7 17	8 18	9 19	10 20
R_n Ом	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
C_n мкФ	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5
f_0 кГц	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
	210	230	250	270	290	310	330	350	370	390

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

ВХОДНАЯ ЦЕПЬ

1. Объясните зависимость эквивалентной добротности контура входной цепи Q_{Σ} от коэффициента включения антенны p_1 .
2. Нарисуйте резонансную характеристику контура. Покажите пунктиром, как она изменится, если добротность контура уменьшится. Сделайте вывод.
3. Объясните зависимость эквивалентной добротности контура входной цепи Q_{Σ} от коэффициента включения транзистора p_2 .
4. Объясните зависимость резонансного коэффициента передачи входной цепи K_0 от коэффициента включения антенны p_1 .
5. Объясните зависимость резонансного коэффициента передачи входной цепи K_0 от ёмкости связи с антенной $C_{СВ.А}$.
6. Объясните зависимость резонансного коэффициента передачи входной цепи K_0 от коэффициента включения транзистора p_2 .
7. Объясните зависимость резонансного коэффициента передачи входной цепи K_0 от емкости связи с транзистором $C_{СВ.Т}$.
8. Объясните зависимость расстройки контура входной цепи Δf от коэффициента включения антенны p_1 .

УСИЛИТЕЛЬ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

1. Объясните зависимость активной составляющей входной проводимости, которая появляется из-за внутренней обратной связи в транзисторе, $g_{ВХ.ОС}$ от расстройки выходного контура Δf относительно частоты сигнала.
2. "Если добротность контура в коллекторной цепи $Q_2 \uparrow$, то $U_2 \dots, I_{ОС} \dots, g_{ВХ.ОС} \dots$, проводимость, вносимая во входной контур, $g'_{ВХ.ОС} \dots$. Это приведет к тому, что на частотах $f > f_0$ проводимость входного контура $g_{\Sigma 1} \dots$, его добротность $Q_{\Sigma 1} \dots$, напряжение на этом контуре $U_1 \dots$. На частотах $f < f_0$ $g_{\Sigma 1} \dots, Q_{\Sigma 1} \dots, U_1 \dots$."
3. "Если коэффициент включения транзистора во входной контур $p_{2\text{пред}} \uparrow$, то $g'_{ВХ.ОС} \dots$. Это приведет к тому, что
на $f > f_0$ $g_{\Sigma 1} \dots, Q_{\Sigma 1} \dots, U_1 \dots$;
на $f < f_0$ $g_{\Sigma 1} \dots, Q_{\Sigma 1} \dots, U_1 \dots$."
4. "Если конструктивная добротность входного контура $Q_{К1} \uparrow$, то его проводимость $g_{К1} \dots$, при этом влияние проводимости $g'_{ВХ.ОС}$ на входной контур \dots ."
5. "Если коэффициент включения транзистора в коллекторный контур $p_1 \uparrow$, но связь остается слабой, то \dots ."

6. "Если коэффициент включения следующего каскада в коллекторный контур $p_2 \uparrow$, то"

7. "Если емкость коллекторного контура $C_2 \uparrow$, а его индуктивность $L_2 \downarrow$ так, что резонансная частота не изменилась, то"

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ

1. С какой целью осуществляется преобразование частоты в РПрУ?
2. Какова структурная схема преобразователя частоты? Объясните процесс преобразования частоты и назначение каждой из трех составных частей преобразователя частоты.
3. Каким должен быть режим работы преобразователя частоты?
4. Дайте определение понятию «крутизна преобразования» преобразователя частоты.
5. Поясните причину появления зеркальных каналов приема и способов уменьшения их уровня.
6. Установите причину изменения избирательности приемника прямого усиления по соседнему каналу.
7. В каких целях используют двойное и тройное преобразование частоты в РПрУ?

АМПЛИТУДНЫЙ ДЕТЕКТОР

1. Как происходит процесс детектирования сильного немодулированного сигнала в диодном детекторе?
2. Поясните с помощью рисунка процесс детектирования сильного модулированного сигнала.
3. Поясните процесс появления искажений из-за нелинейности детекторной характеристики.
4. Поясните процесс появления нелинейных искажений сигнала из-за большой постоянной времени разряда конденсатора нагрузки τ_p .
5. Поясните процесс появления нелинейных искажений сигнала из-за переходной цепочки к УНЧ.
6. Поясните причину появления частотных искажений в амплитудных детекторах.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИ РПРУ

Чувствительность – это минимальная ЭДС нормально-модулированного сигнала, подводимого ко входу приемника через стандартный эквивалент антенны, при которой на выходе приемника обеспечивается стандартное для данного типа приемников напряжение (или мощность).

$$E_{\Delta 0} = \frac{U_{\text{вых}}}{m \cdot K_0} = \frac{U_{\text{вых.норм}}}{0,3 \cdot K_0} = \frac{U_{\text{вых.ном}}}{K_0} \quad (1)$$

$$U_{\text{вых.норм}} = U_{\text{вых.ном}} \cdot 0,3$$

$$P_{\text{вых.норм}} = P_{\text{вых.ном}} \cdot 0,09$$

$$Ш_{\text{пр}} = 1 + \frac{P_{\text{ш.вых.соб}}}{P_{\text{ш.А.вх}} \cdot K_p}, \quad (2)$$

$$Ш_{\text{пр}} = Ш_1 + \frac{Ш_2 - 1}{K_{p1}} + \frac{Ш_3 - 1}{K_{p1} \cdot K_{p2}} + \dots \quad (3)$$

$$E_{\Delta p} = \sqrt{4kT_A \cdot R_A \cdot \Pi_{\text{эф}} \cdot Ш_{\text{пр}} \cdot h^2} \quad (4)$$

Для одиночного контура

$$\sigma_{\text{ск}} = \sqrt{1 + \left(\frac{2\Delta f_{\text{ск}}}{f_0} Q_{\text{ск}} \right)^2} \quad (5)$$

$$\sigma_{\text{зк}} = \sqrt{1 + \xi_{\text{зк}}^2} = \sqrt{1 + \left(\left| \frac{f_0}{f_{\text{зк}}} - \frac{f_{\text{зк}}}{f_0} \right| Q_{\text{зк}} \right)^2} \quad (6)$$

$$\sigma_{\text{п}} = \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot F_{\text{г}}}{f_0} Q_n \right)^2} \quad (7)$$

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ СХЕМЫ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ КОНТУРОВ

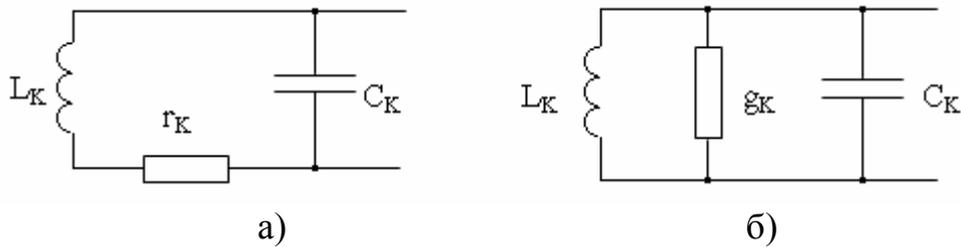


Рис. 3. Эквивалентные схемы колебательных контуров.

Элементы контура:

C_K – емкость контура; r_K – сопротивление активных потерь;
 L_K – индуктивность контура; g_K – активная проводимость контура.

Параметры контура:

f_0 – резонансная частота, ($\omega_0 = 2\pi f_0$), $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_K C_K}}$;

ρ – характеристическое (волновое) сопротивление – сопротивление любой реактивной ветви контура при резонансе

$$\rho = \omega_0 L_K = 1/(\omega_0 C_K) = \sqrt{\frac{L_K}{C_K}};$$

X_L – сопротивление индуктивности на частоте $f \neq f_0$, $X_L = \omega L_K$;

X_C – сопротивление емкости на частоте $f \neq f_0$, $X_C = 1/(\omega C_K)$;

Q_K – добротность (конструктивная), $Q_K = \rho/r_K$;

d_K – затухание (конструктивное), $d_K = 1/Q_K$;

R_{oe} – резонансное сопротивление, $R_{oe} = \rho Q_K = 1/g_K$;

$\Pi_{0,7}$ – полоса пропускания одиночного колебательного контура на уровне 0,7
 $\Pi_{0,7} = f_0/Q_K$;

Уравнение резонансной характеристики контура

$$y = \frac{K}{K_0} = \frac{1}{\sqrt{1+\alpha^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{2\Delta f}{f_0} Q_K\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{\Pi_y}{\Pi_{0,7}}\right)^2}};$$

y – относительный коэффициент передачи;

α – обобщенная расстройка, $\alpha = \varepsilon Q$;

ε – относительная расстройка, $\varepsilon = \frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}$;

Δf – абсолютная расстройка;

Π_y – полоса пропускания на уровне Y .

ОБОБЩЕННАЯ ЭКВИВАЛЕНТНАЯ СХЕМА ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

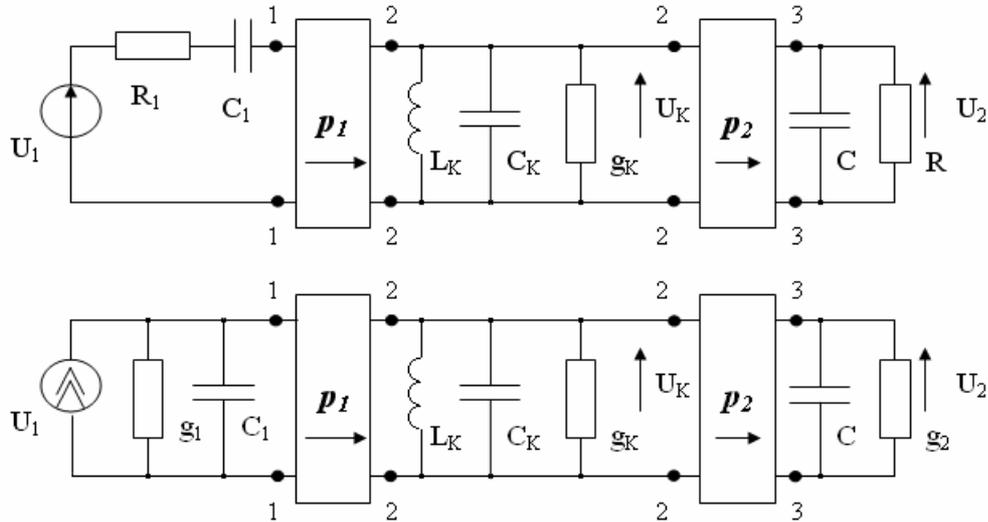


Рис. 4. Эквивалентные схемы избирательных систем УВЧ.

Источник сигнала $p_1 = \frac{U_1}{U_K}$ Избирательная система $p_2 = \frac{U_2}{U_K}$ Нагрузка

$$\dot{Z}_1 = R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}$$

$$|Z_1| = \sqrt{R_1^2 + \frac{1}{(\omega C_1)^2}}$$

$$\dot{y}_1 = 1/\dot{Z}_1 = g_1 + j\omega C_1$$

$$g_1 = R_1/|Z_1|^2 = R_1 \cdot (\omega C_1)^2 \text{ при } R_1 \ll X_1,$$

$$g_1 = R_1/|Z_1|^2 = 1/R_1 \text{ при } R_1 \gg X_1.$$

$$\Gamma'_1 = I_1 \cdot p_1$$

$$g'_1 = g_1 \cdot p_1^2$$

$$C'_1 = C_1 \cdot p_1^2$$

$$g'_2 = g_2 \cdot p_2^2$$

$$C'_2 = C_2 \cdot p_2^2$$

$$g_2 = 1/R_2$$

$$U_2 = U_K \cdot p_2$$

$$g_{\Sigma} = g_K + g'_1 + g'_2;$$

$$C_{\Sigma} = C_K + C'_1 + C'_2;$$

$$Q_{\Sigma} = \frac{1}{\rho_{\Sigma} \cdot g_{\Sigma}}; \quad f_{\Sigma} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_K C_{\Sigma}}}; \quad f_{0\text{реальн}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_K (C_{\Sigma} + \Delta C'_1 + \Delta C'_2)}};$$

$$\Pi_{\Sigma} = f_{\Sigma}/Q; \quad f_{\Sigma} = f_{0\text{греб}}; \quad \Delta f = f_{\Sigma} - f_{0\text{реальн}};$$

$$K_0 = \frac{I_1}{U_1} \cdot \frac{p_1 \cdot p_2}{g_{\Sigma}} = |y_1| \cdot \frac{p_1 \cdot p_2}{g_{\Sigma}}$$

ВЫБОР СТЕПЕНИ СВЯЗИ ВХОДНОЙ ЦЕПИ С АНТЕННОЙ И ТРАНЗИСТОРОМ УСИЛИТЕЛЯ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

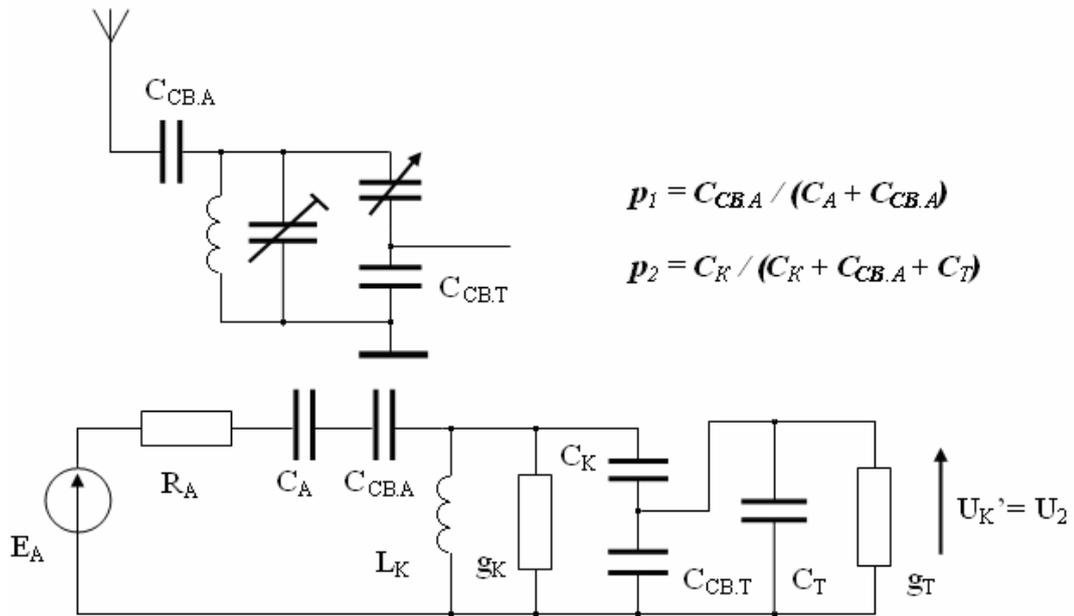


Рис. 5. Электрическая и эквивалентная схемы входной цепи РПЧУ.

1. Из условия требуемой эквивалентной добротности входной цепи

$$\begin{cases} Q_{зк} \leq Q_э \leq Q_{п} \\ Q_э < Q_{к} \end{cases}$$

$$Q_{к}/Q_э = A, \quad A_1 + A_2 = A - 1$$

$$p_{1Q} \leq \sqrt{A_1 g_k / g_A}$$

$$p_{2Q} \leq \sqrt{A_2 g_k / g_T}$$

Если $Z_A = 1/j\omega C_A$, то $A_1 = 0$. Если $Z_A = R_A$, то $A_1 = A/2$.

2. Из условия допустимой расстройки

$$p_{1\Delta f} \leq \sqrt{B \cdot C_k / (Q_k \Delta C_A)}$$

$$p_{2\Delta f} \leq \sqrt{B \cdot C_k / (Q_k \Delta C_T)} \quad B = \Delta f_{доп} \cdot Q_k / f_{оэ}$$

3. Из условия согласования с антенной

$$p_{1c} = \sqrt{(g_k + g_T \cdot p_2^2) / g_A} = \sqrt{0,5A \cdot g_k / g_A}$$

УСИЛИТЕЛИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

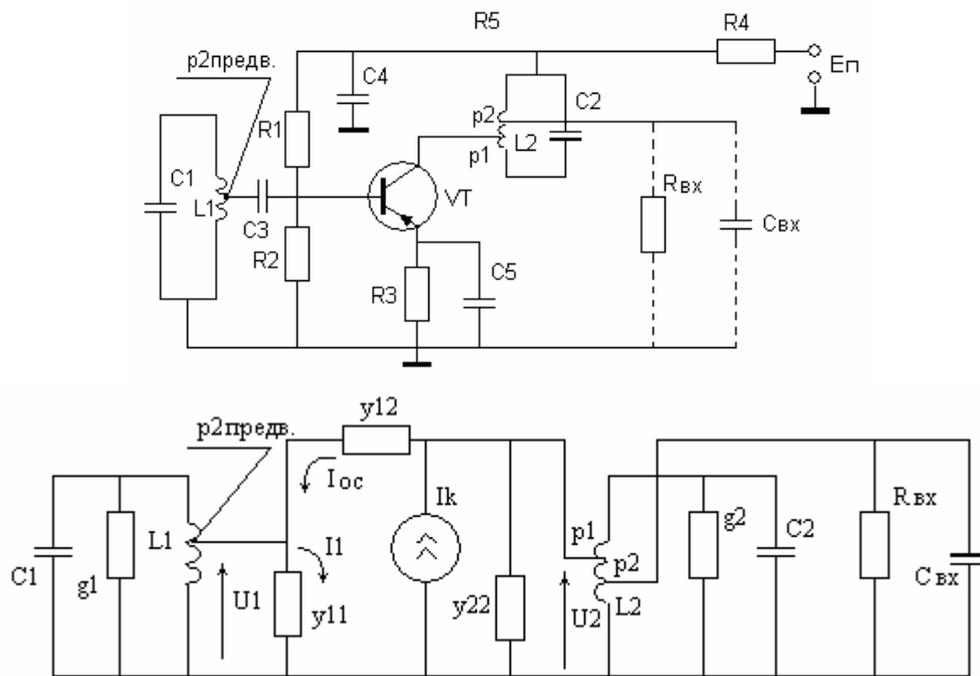


Рис. 6. Электрическая и эквивалентная схемы УВЧ.

$$\begin{aligned} \dot{y}_{11} &= g_{11} + j\omega C_{11}; & \dot{y}_{21} &= g_{21} + j\frac{1}{\omega L_{21}} \approx g_{21}; \\ \dot{y}_{22} &= g_{22} + j\omega C_{22}; & \dot{y}_{12} &= g_{12} + j\omega C_{12} \approx j\omega C_{12}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 & \\ \dot{I}_k &= \dot{U}_1 \cdot y_{21} \\ \dot{U}_2 &= \dot{I}_k \cdot p_1 \dot{Z}_H \\ \dot{I}_{oc} &= (\dot{U}_2 - \dot{U}_1) y_{12} \approx \dot{U}_2 \cdot j\omega C_{12} \\ \dot{y}_{вх.ос} &= \frac{\dot{I}_{oc}}{\dot{U}_1} = g_{вх.ос} + j\omega C_{вх.ос} \\ g_{вх.ос} &= \frac{\text{активный } I_{oc}}{U_1} \end{aligned}$$

ДИОДНЫЙ АМПЛИТУДНЫЙ ДЕТЕКТОР

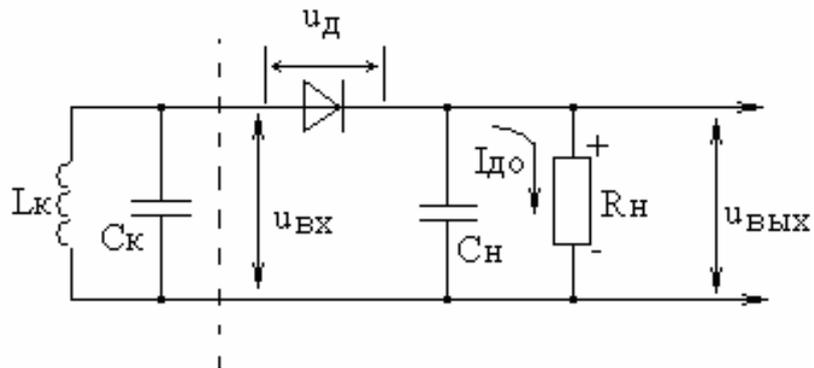


Рис. 7. Электрическая схема диодного амплитудного детектора.

1. Для малых θ справедливо следующее соотношение:

$$\theta \approx \sqrt[3]{3\pi(1 + S_{OBR}R_H) / S R_H} \quad (*),$$

где θ - угол отсечки; R_H – сопротивление нагрузки, S – крутизна линейного участка ВАХ диода.

2. Если можно пренебречь обратным током диода, т.е. при $S_{OBR}=0$, формула (*) примет вид:

$$\theta \approx \sqrt[3]{3\pi / S R_H} .$$

3. По найденному θ можно вычислить $U_{ВХ}$ при $E_{НАЧ.}=0$:

$$U_{ВХ} = E_d / \cos \theta .$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиоприёмные устройства. Учебник для вузов/ Н.Н.Фомин, Н.Н.Буга, О.В.Головин и др.; Под ред.Н.Н. Фомина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 520 с.: ил.
2. Головин О.В. Радиоприемные устройства. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 384 с.: ил.
3. Онищук А.Г., Забеньков И.И., Амелин А.М. Радиоприёмные устройства. Уч. пособие. – Минск, ООО «Новые знания», 2005. – 240 с.
4. Палшков В.В. Радиоприемные устройства. М.: Радио и связь, 1984.

Оглавление

Введение	3
1. Основные технические характеристики РПрУ.....	4
Задача 1.1.....	4
Задача 1.2.....	5
Задача 1.3.....	6
Задача 1.4.....	7
Задача 1.5.....	8
2. Колебательный контур.....	9
Задача 2.1.....	10
Задача 2.2.....	11
Задача 2.3.....	12
Задача 2.4.....	13
Задача 2.5.....	14
3. Влияние степени связи избирательной системы с источником сигнала и нагрузкой на параметры избирательной системы.....	14
Задача 3.1.....	15
4. Выбор степени связи входной цепи с антенной и усилительным прибором в различных диапазонах.....	16
Задание 1.....	16
Задание 2.....	17
5. Усилители высокой частоты.....	19
6. Преобразователь частоты	21
Задача 6.1.....	21
Задача 6.2.....	23
Задача 6.3.....	24
7. Детектирование амплитудно-модулированных сигналов.....	25
Задача 7.1.....	25
Задача 7.2.....	27
Задача 7.3.....	28
Контрольные вопросы.....	30
Приложения.....	32
Литература.....	39

РАДИОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА
Задачи и методические указания
по их решению

Рассмотрены на заседании кафедры УРС
«___» марта 2008 года (протокол №___)
и рекомендованы к печати

Рекомендовано к печати научно-методическим
советом ТУИТ (протокол №___ от_____)

Составители: А.А. Абдуазизов
 Д.А. Давронбеков
 Г.Н. Ахмедова
 З.Т. Хакимов
 Я.Т. Юсупов

Ответственный редактор: к.т.н., доцент А.А. Абдуазизов

Корректор: С.Х. Абдуллаева