

С.И. Богомолов

**«Радиотехнические цепи и сигналы»**

Методические указания  
по организации самостоятельной работы

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
Томский университет систем управления и радиоэлектроники

Радиотехнический факультет  
Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники

«Утверждаю»  
/Зав. кафедрой ТОР  
Е.Н. Ворошилин  
 2012 г.

**«Радиотехнические цепи и сигналы»**

Методические указания по  
организации самостоятельной работы  
по дисциплине  
«Радиотехнические цепи и сигналы»  
для студентов радиотехнического факультета

Составил:  
к.т.н., доцент С.И. Богомолов

Томск - 2012 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
Набор заданий к контрольным работам .....	6
Домашние задания при подготовке к лабораторным занятиям .....	14
Вопросы для самопроверки при подготовке к лабораторным работам .....	19
Перечень разделов (тем) вынесенных на самостоятельное изучение .....	22
Перечень вопросов, выносимых на экзамен по дисциплине «Радиотехнические цепи сигналов» .....	23
Список рекомендуемой литературы .....	25

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Радиотехнические цепи и сигналы» относится к циклу общепрофессиональных дисциплин (ОПД) (блок дисциплин по выбору) в составе учебного плана направления подготовки дипломированных специалистов 210401 «Физика и техника оптической связи».

Целью преподавания дисциплины «Радиотехнические цепи и сигналы» является ознакомление студентов с основными характеристиками радиотехнических сигналов и цепей, характерных для радиоэлектронных узлов и устройств, предназначенных для передачи, приема и обработки информации

Дисциплина «Радиотехнические цепи и сигналы» является одной из необходимых дисциплин в образовании специалиста по направлению «Телекоммуникации». Она дает основу для последующего изучения таких дисциплин, как «Теория электрической связи», «Основы схемотехники», «Устройства приема и обработки сигналов», «Основы построения телекоммуникационных систем и сетей» разделов ряда курсов, касающихся формирования и преобразования сигналов.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучение студентами основных положений теории сигналов и их преобразований в радиоэлектронных цепях и устройствах;
- освоение математического аппарата и методов описания воздействий и откликов в радиоэлектронных устройствах различного назначения;
- изучение основных принципов формирования и преобразований сигналов в радиоэлектронных устройствах передачи, приема и обработки информации.

В результате изучения курса студенты должны:

знать основные положения теории сигналов и цепей; методы анализа прохождения сигналов через линейные и нелинейные цепи; основные принципы дискретной обработки сигналов; основы синтеза цифровых фильтров; условия устойчивости линейных цепей; принципы работы генераторов гармонических колебаний;

уметь определять основные характеристики сигналов и це-

пей; проводить спектральный и корреляционный анализ сигналов; оценивать отклики цепи на воздействие сигналами произвольной формы; проектировать цифровые фильтры, обеспечивающие необходимые параметры преобразования сигналов;

*иметь навыки* анализа основных характеристик сигналов и цепей, решения задач прохождения сигналов через различные цепи и проектирования цепей с требуемыми характеристиками.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Радиотехнические цепи и сигналы» содержит следующие основные составляющие: проработка лекционного материала, подготовка к лабораторным работам и выполнение отчетов, подготовка к практическим занятиям и контрольным работам, изучение вопросов лекционного курса, вынесенных на самостоятельное изучение.

Проработка лекционного материала не требует особых методических указаний. Рекомендуется просматривать материалы лекции в тот же день после ее окончания, как говорится, «по горячим следам». Вопросы самостоятельной работы при подготовке к практическим занятиям и лабораторным работам отражены в соответствующих методических пособиях. В данном пособии основное внимание уделено организации самостоятельной работы при подготовке к контрольным работам и при изучении тем лекционного курса, вынесенных на самостоятельное изучение.

В процессе изучения дисциплины «Радиотехнические цепи и сигналы» на практических занятиях студенты выполняют четыре контрольные работы. Все контрольные работы выполняются после завершения изучения соответствующих тем на практических занятиях. Контрольные работы выполняются в письменном виде и содержат однотипные задания, предусматривающие несколько вариантов конкретных расчетов.

В качестве основного источника изучения по данной дисциплине следует использовать учебные пособия [1 - 3]. Кроме того, могут быть использованы разнообразные дополнительные материалы, в том числе и приведенные в списке рекомендуемой литературы [4 - 5].

## НАБОР ЗАДАНИЙ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

### Задание 1

1. Записать аналитическое выражение для одиночного импульса. Определить постоянную и переменную составляющие сигнала.

2. Получить аналитическое выражение и построить график для четной и нечетной составляющих сигнала.

3. Рассчитать энергию одиночного импульса. Получить аналитическое выражение для средней и мгновенной мощностей.

4. Записать аналитическое выражение для периодического сигнала с периодом, равным  $3\tau$ . Определить постоянную и переменную составляющие сигнала.

5. Получить аналитическое выражение и построить графики для четной и нечетной составляющих периодического сигнала.

6. Рассчитать значение средней мощности.

7. Рассчитать эффективную длительность сигнала для энергетического критерия  $\lambda = 0,9$ .

Варианты временного представления сигналов к заданию 1 приведены на рисунке 1.

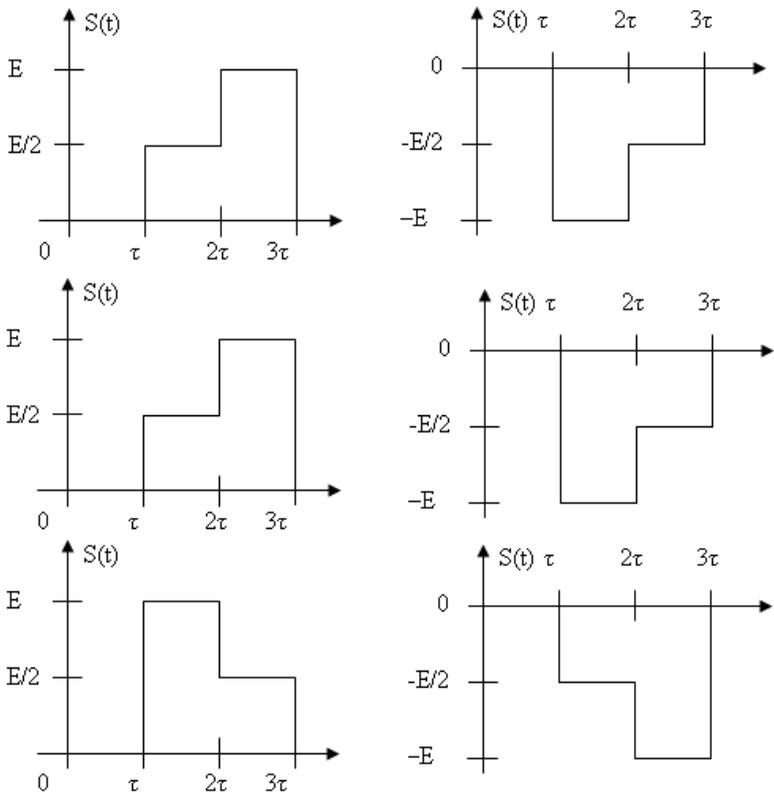


Рис. 1. Варианты временного представления сигналов к заданию 1

### Задание 2.

1. Для периодического сигнала с периодом, равным  $4\tau$ :
2. Дать математическое описание сигнала.
3. Вычислить три низшие ненулевые гармоники спектра сигнала и построить спектр амплитуд.
4. Рассчитать мощность (относительную) отброшенных спектральных составляющих.

Варианты временного представления сигналов к заданию 1 приведены на рисунке 2.

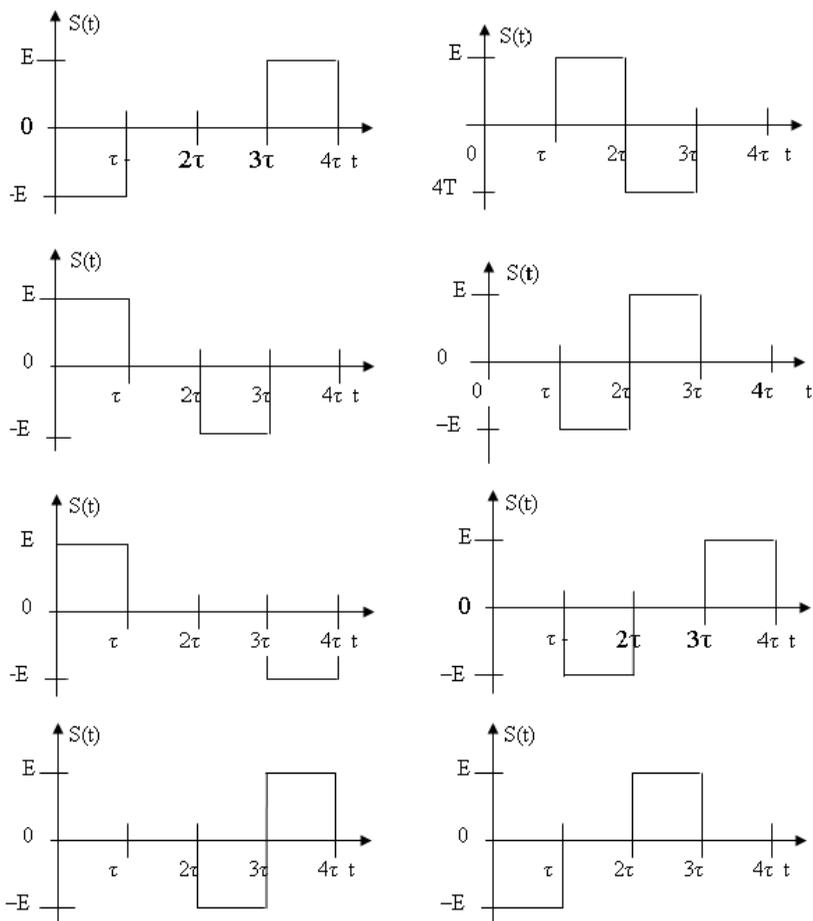


Рис. 2. Варианты временного представления сигналов к заданию 2

### Задание 3

1. Получить аналитическое выражение и построить график для АЧХ линейной цепи [масштаб частотной оси оценивать в

единицах  $\alpha$ , где  $\alpha = 1/(RC)$ ]. (Обязательные расчетные точки на оси частот:  $\omega = 0, \alpha, \infty$ .)

2. Рассчитать и построить временные характеристики цепи. (Обязательные расчетные точки на оси времени:  $t = 0, 1/\alpha, \infty$ .)

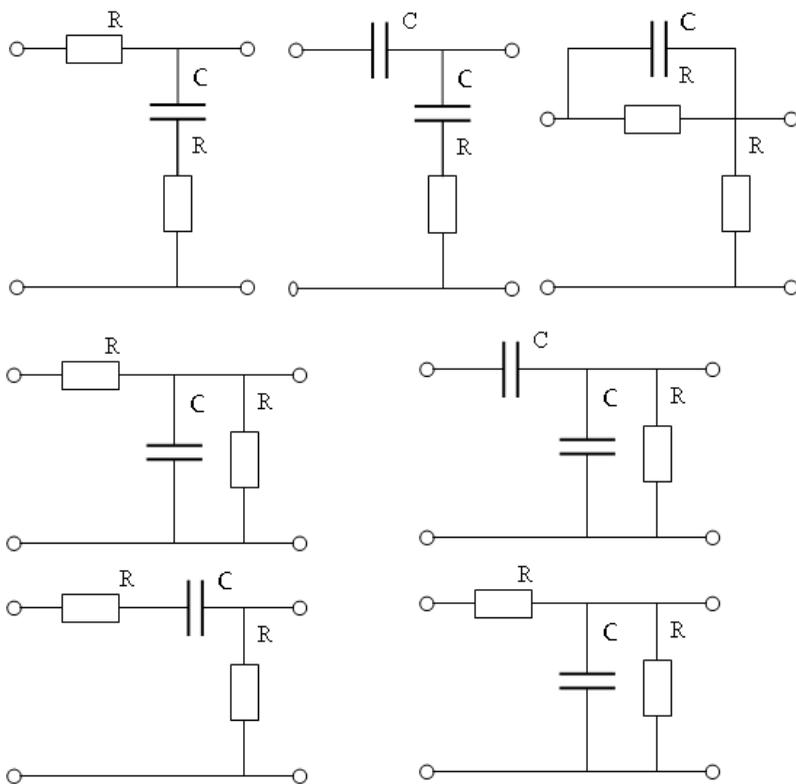


Рис. 3. Варианты схем линейной цепи к заданию 3

#### Задание 4

Для линейной аналоговой цепи:

1. Рассчитать и построить импульсную характеристику.
2. Выполнить дискретизацию импульсной характеристики.

3. Рассчитать количество отсчетов импульсной характеристики, величина которых превышает 10% от максимального значения характеристики.

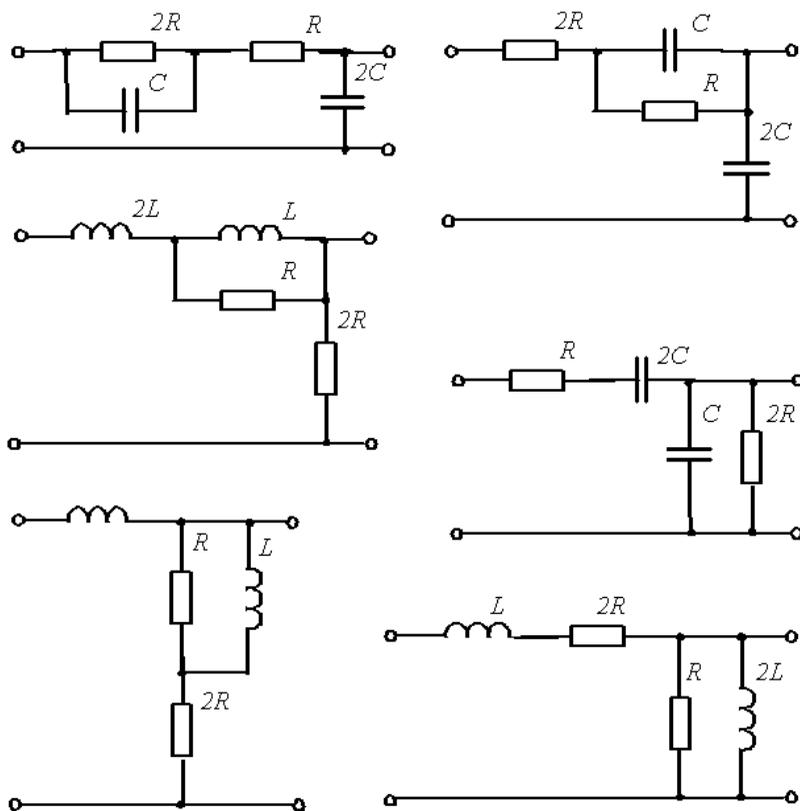


Рис. 4. Варианты схем линейной цепи к заданию 4

### Задание 5

К нелинейному элементу (НЭ) приложены сумма постоянного  $U_0$  и переменного с амплитудой  $E$  гармонического напряжений. В выходную цепь НЭ включен параллельный колебательный контур, настроенный в резонанс с частотой

входного сигнала. Параметры нагрузки нелинейного элемента: добротность контура  $Q = 65$ ; резонансная частота  $f_p = 235$  кГц; емкость контура  $C_k = 3500$  пФ.

1. Выполнить аппроксимацию вольтамперной характеристики НЭ степенным полиномом и отрезками прямых линий.

2. Рассчитать сопротивление нагрузки постоянному току и переменному току на частотах, равных частотам первой и второй гармоник входного сигнала.

Для полиномиальной аппроксимации:

3. Рассчитать величину постоянной составляющей, амплитуды первой и второй гармоник тока, протекающего через нелинейный элемент, если постоянное смещение  $U_0$  составляет  $0,3$  В, а амплитуда переменной гармонической составляющей  $E$  равна  $0,1$  В. Определить значения постоянной составляющей и амплитуд первой и второй гармоник напряжения на нагрузке при тех же сигналах.

4. (\*) Выбрать рабочую точку НЭ на середине линейного участка. Рассчитать коэффициент усиления для резонансного усилителя, работающего в линейном режиме. Определить максимально допустимую для линейного режима амплитуду сигнала на входе.

Для кусочно-линейной аппроксимации:

5. Выбрать смещение и амплитуду входного сигнала, которые обеспечивают максимальный импульс тока в режиме нелинейного резонансного усиления (угол отсечки  $\Theta = \pi/2$ ). Рассчитать величину постоянной составляющей, первой и второй гармоник тока НЭ для этого сигнала, а также величину постоянной составляющей, первой и второй гармоник напряжения на нагрузке. Определить коэффициент усиления нелинейного резонансного усилителя.

Для всех режимов работы НЭ полагать напряжения источников питания равными максимальным амплитудам выходных сигналов.

6. (\*) Сравнить коэффициенты полезного действия усилителей в линейном и нелинейном режимах, а также удвоителя частоты.

Примечание: Задания, обозначенные знаком \* являются необязательными.

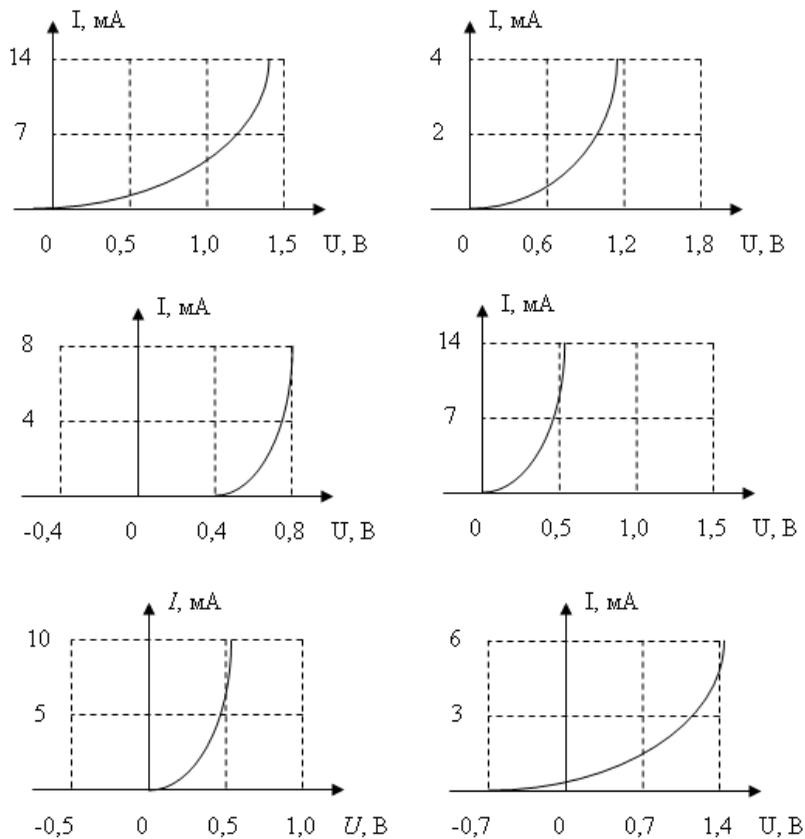


Рис. 5. Варианты вольтамперной характеристики нелинейного элемента к заданию 5

### Задание 6

Сопrotивление контура LC-автогенератора (АГ) на частоте резонанса равно  $4,3 \text{ кОм}$ . ВАХ нелинейного элемента (НЭ) представлена на рисунке, рабочую точку НЭ выбрать равной  $U_0 = -0,2 \text{ В}$ .

1. Рассчитать и построить колебательную характеристику АГ с разомкнутой обратной связью (ОС)

2. Рассчитать и построить график средней крутизны нелинейного элемента для АГ с разомкнутой ОС.

3. Определить коэффициенты ОС, при которых АГ входит в режим самовозбуждения и при которых автоколебания срываются.

4. Рассчитать и построить график зависимости амплитуды выходного напряжения АГ от коэффициента ОС.

5. Повторить вычисления при шунтировании контура резистором, сопротивление которого равно 4,3 кОм.

Для расчетов использовать вольтамперные характеристики нелинейных элементов, приведенных к заданию 5.

## **ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ**

Самостоятельная работа при подготовке к данным лабораторным занятиям заключается в следующем:

1) проработать лекционный материал и рекомендованную литературу по теме: «Спектральный анализ периодических сигналов»;

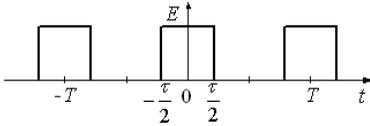
2) изучить временные свойства сигналов, представленных на рисунке 6;

3) по заданным в таблице 1 длительности импульса прямоугольной формы положительной полярности и временным свойствам дать временное представление сигнала на периоде; (значение частоты следования импульсов принять равным 2 кГц, номер варианта выбирать по номеру студента в списке группы)

4) рассчитать и построить спектр амплитуд и спектр фаз заданного сигнала (не менее 10 составляющих), произвести качественный анализ полученных спектров, сравнить временное и спектральное представление;

5) построить оценку сигнала из трех гармонических колебаний с максимальными амплитудами, частотами, кратными частоте исследуемого сигнала и соответствующими начальными фазами;

График сигнала  $s(t)$



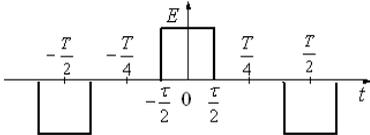
Временные свойства  $s(t)$

$$s(t) = s(-t)$$

Формулы для расчета  $a_n$  и  $b_n$

$$a_n = \frac{2E}{n\pi} \cdot \sin\left(n\pi \frac{\tau}{T}\right)$$

$$b_n = 0$$

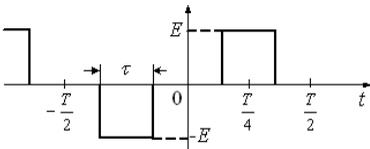


$$s(t) = s(-t)$$

$$s(T/4+t) = -s(T/4-t)$$

$$a_n = \frac{4E}{n\pi} \cdot \sin^2\left(\frac{n\pi}{2}\right) \cdot \sin\left(n\pi \frac{\tau}{T}\right)$$

$$b_n = 0$$



$$s(t) = -s(-t)$$

$$s(T/4+t) = s(T/4-t)$$

$$a_n = 0$$

$$b_n = \frac{4E}{n\pi} \cdot \sin\left(\frac{n\pi}{2}\right) \cdot \sin\left(n\pi \frac{\tau}{T}\right)$$

Рис.6. Временные представления сигналов и основные параметры спектра

б) рассчитать погрешность представления сигнала оценкой из трех гармонических колебаний.

Таблица 1. Временные характеристики и свойства сигнала

Параметры периодической последовательности импульсов прямоугольной формы																											
Шифр студента																											
	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
Длительность ? импульса, мкс	250			125			62,5			31,25			15,625			484,375			468,75			437,5			375		
Временные свойства сигналов	$s(t) = s(-t)$	+			+	+		+	+		+	+		+	+		+	+		+	+		+	+		+	+
	$s(t) = -s(-t)$		+				+		+			+			+		+		+		+			+		+	
	$s(T/4+t) = -s(T/4-t)$			+			+			+			+			+			+			+			+		
	$s(T/4+t) = -s(T/4-t)$	+			+			+			+			+			+			+			+			+	

## ПРОХОЖДЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ

Самостоятельная подготовка к данной лабораторной работе заключается в следующем:

1) проработать лекционный материал и рекомендованную литературу по теме "Прохождение детерминированных сигналов через линейные цепи", изучить методы анализа;

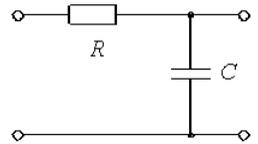
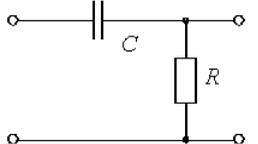
2) рассчитать и построить частотные (АЧХ и ФЧХ) и временные характеристики интегрирующей и дифференцирующей цепей, полагая, что постоянные времени интегрирующей  $\tau_{и}$  и дифференцирующей  $\tau_{д}$  цепей связаны с длительностью импульса  $\tau$  соотношением

$$\tau_{и} = \tau_{д} = \tau$$

3) рассчитать и построить спектры амплитуд и фаз на выходе цепей, совместить с учетом масштаба спектры входного и выходного сигналов на одной спектрограмме;

4) дать временное представление сигнала на выходе линейной цепи, изобразить на одном графике сигналы на входе и выходе цепей.

Таблица 2 – Исследуемые электрические цепи

Название цепи	Интегрирующая цепь	Дифференцирующая цепь
Электрическая схема		
Коэффициент передачи	$K_{\dot{\epsilon}}(p) = \frac{1}{p\tau + 1}$	$K_{\dot{a}}(p) = \frac{p\tau}{p\tau + 1}$
Комплексный коэффициент передачи	$K_{\dot{\epsilon}}(f) = \frac{1}{j2\pi f\tau + 1}$	$K_{\dot{a}}(f) = \frac{j2\pi f\tau}{j2\pi f\tau + 1}$
Обозначения	$\tau = RC$ $2\pi f = \omega$	$\tau = RC$ $2\pi f = \omega$

Примечание. Частоту в килогерцах менять в пределах от нуля до 10  $F_{сл}$  (рассчитать 5 - 10 точек). Частоту следования импульсов  $F_{сл}$  принять равной 2 кГц. Текущее время  $t$  менять в пределах от нуля до  $t_{max} = 1/3F_{сл}$  (в микросекундах). Между

любыми двумя разрывами сигнала следует брать не менее трех точек.

### АМПЛИТУДНАЯ МОДУЛЯЦИЯ

1. Изучить работу амплитудного модулятора применительно к схеме лабораторного макета.

2. Выбрать два значения входного напряжения  $U_m$ , соответствующих приблизительно 0,25 и 0,5 раствора характеристики УЭ и рассчитать семейство модуляционных характеристик.

ПРИМЕЧАНИЕ: При расчёте использовать кусочно-линейную аппроксимацию.

3. На модуляционных характеристиках выбрать линейный рабочий участок и рабочую точку на середине его, соответствующую наибольшей глубине неискажённой модуляции.

Рассчитать максимальный коэффициент модуляции по току  $M_i$  для выбранного участка модуляционной характеристики.

4. Изобразить ход зависимости коэффициента модуляции напряжения на контуре  $M_u$  от амплитуды модулирующего напряжения  $U_F$  для выбранной рабочей точки  $U_0$  и постоянного значения модулирующей частоты  $F$ .

5. Изобразить примерный ход зависимости  $M_u$  от модулирующей частоты  $F$  для выбранных значений  $U_0$  и  $U_F$  в диапазоне от 500 Гц до 15 кГц.

6. Изобразить спектральные диаграммы входных напряжений  $U_m$ , тока УЭ и напряжения на колебательном контуре амплитудного модулятора.

### ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО УСИЛИТЕЛЯ И УМНОЖИТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

1. Изучить схемы резонансного усилителя и умножителя частоты.

2. Задавшись максимальным импульсом коллекторного тока  $I_T = 40-50$  мА и крутизной характеристики нелинейного усилительного элемента  $S = 75$  мА/В, рассчитать значения напряжения смещения  $U_0$  и амплитуду входного сигнала  $U_m$ , необходимые для обеспечения режима нелинейного усиления с

углом отсечки  $\theta = 90^\circ$  и режима удвоения  $\theta = 60^\circ$ , приняв напряжение запираания  $E_0 = 0.4$  В.

3. Рассчитать коэффициент усиления резонансного усилителя в линейном (рабочая точка на середине линейного участка характеристики) и нелинейном режимах. Параметры нагрузки для каждого рабочего места приведены в таблице.

№ маке- та	Частота $f_p$ (кГц)	Емкость контура СЗ (пФ)	Добротность Q	Нагрузка R2 (кОм)
1	265	6800	40	2,2
2	300	5600	30	2,4
3	230	5600	35	2,7
4	245	5600	40	3,0
5	270	5600	45	3,3
6	250	5600	45	3,6
7	255	5600	35	3,9
8	250	5600	30	4,3
9	220	5600	40	4,7

4. Рассчитать коэффициент передачи усилителя в режиме с отсечкой тока.

5. Изобразить примерные колебательные характеристики усилителя в линейном и нелинейном режимах.

6. Ознакомиться с лабораторным заданием, контрольными вопросами и подумать какие таблицы и графики нужны при выполнении работы.

7. Изобразить спектральные диаграммы входного сигнала, тока нелинейного элемента, выходного сигнала усилителя и умножителя частоты.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

### ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ

Поясните:

1) какими свойствами обладают спектры периодических сигналов;

2) как влияет изменение длительности импульса и периода повторения на спектр периодической последовательности прямоугольных видеоимпульсов;

3) как отразится на спектре периодического сигнала изменение положения начала отсчета времени;

4) как изменится спектр периодического сигнала, если период повторения устремить в бесконечность;

5) какая связь существует между сплошным спектром непериодического сигнала и линейчатым спектром соответствующего периодического сигнала;

6) как связаны между собой длительности импульса и ширина спектра.

Постройте и сравните:

1) спектры периодической последовательности униполярных импульсов и периодической последовательности знакопеременных импульсов;

2) спектры периодической последовательности видеоимпульсов и пачки из нескольких этих же видеоимпульсов.

Запишите выражение для спектральной плотности периодическо-го сигнала.

### ПРОХОЖДЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ

Самостоятельная подготовка к данной лабораторной работе заключается в следующем:

Поясните:

1) на чем базируется спектральный метод расчета реакции линейной цепи на периодическое воздействие; на непериодическое воздействие;

2) на чем базируются методы временного интегрирования условно называемые метод интеграла Дюамеля и метод интеграла свертки;

3) какова связь между частотными и временными характеристиками линейных цепей;

4) как экспериментально снять временные характеристики линейных цепей;

5) почему меняется форма сигнала при прохождении его через линейную цепь;

6) каковы условия неискаженной передачи сигнала по каналу связи;

7) как отражаются искажения в области низких и высоких частот на форме сигнала;

8) как по графику переходной характеристики определить постоянную времени цепи;

9) смысл и размерность постоянных времени интегрирующих и дифференцирующих RC и RL-цепей;

10) при каких сочетаниях между постоянной времени цепи и длительностью импульса положительной полярности с выхода 13 "Генератора видеосигналов" этот импульс может служить моделью единичного скачка;

11) при каких условиях RC-фильтр верхних частот ведет себя как дифференцирующая цепь, неискажающая цепь (межкаскадная разделительная цепь);

12) при каких условиях RC-фильтр нижних частот приближается к интегралу (на основе временного и частотного подходов).

Изобразите:

1) частотные характеристики цепи, не искажающей сигнал;

2) схемы и графики АЧХ и ФЧХ интегрирующей и дифференцирующей RC и RL-цепей;

3) переходные характеристики ФВЧ и ФНЧ на RC и RL-цепях;

4) переходные характеристики полосопропускающей апериодической цепи.

## АМПЛИТУДНЫЙ МОДУЛЯТОР

1. Поясните физические процессы при амплитудной модуляции. Приведите временные диаграммы иллюстрирующие получение АМ колебаний.

2. Возможно ли осуществление амплитудной модуляции с помощью линейного элемента?

3. Дайте определение статической модуляционной характеристики.

4. Как по модуляционной характеристике определить рабочую точку максимальной амплитуду модулирующего сигнала, глубину модуляции?

5. Как выбирается угол отсечки в модуляторе?

6. В каких пределах может изменяться угол отсечки нелинейного элемента для получения малых искажений при модуляции?

7. Как изменяется коэффициент модуляции  $MU$  от величины модулирующего напряжения  $U_F$  при выбранной рабочей точке  $U_0$  и постоянном значении модулирующей частоты  $F$ .

8. Объясните, почему коэффициент модуляции напряжения на контуре уменьшается с увеличением модулирующей частоты?

9. Какие искажения передаваемого сигнала возможны при осуществлении амплитудной модуляции?

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО УСИЛИТЕЛЯ И УМНОЖИТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

1. Что такое линейный и нелинейный режимы усиления?

2. Что такое колебательная характеристика усилителя?

3. Чем определяется форма колебательной характеристики?

4. Укажите достоинства и недостатки нелинейного режима усиления.

5. Что такое угол отсечки тока нелинейного элемента?

6. Как выбирается угол отсечки в умножителе частоты?

7. Для каких целей в схеме усилителя используются дроссель, разделительный и блокировочный конденсаторы?

8. Что такое крутизна характеристики нелинейного элемента?

## **ПЕРЕЧЕНЬ РАЗДЕЛОВ (ТЕМ) ВЫНЕСЕННЫХ НА САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ**

При изучении дисциплины «Радиотехнические цепи и сигналы» на самостоятельную проработку выносятся следующие разделы лекционного курса:

- а) Дискретизация узкополосного сигнала;
- б) Прохождение радиоимпульса через резонансный усилитель;
- в) Прохождение фазоманипулированного колебания через избирательную цепь.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ НА ЭКЗАМЕН ПО ДИСЦИПЛИНЕ «РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ СИГНАЛОВ»**

1. Модели сигналов и их свойства. Динамическое представление сигналов. Энергетические характеристики сигналов
2. Разложение периодического сигнала по гармоникам. Спектральные характеристики периодического сигнала
3. Гармонический анализ непериодических сигналов. Спектральные характеристики непериодических сигналов
4. Теоремы о спектрах (сложение сигналов, изменение масштаба, сдвиг сигналов во времени, дифференцирование, интегрирование, произведение сигналов)
5. Свертывание двух сигналов. Корреляционные функции двух сигналов
6. Преобразование Лапласа. Обратное преобразование Лапласа
7. Свойства преобразования Лапласа (сложение сигналов, изменение масштаба, сдвиг сигналов во времени, дифференцирование, интегрирование, произведение сигналов)
8. Математические модели линейной электрической цепи. Передаточная, импульсная, переходная характеристика цепи.
9. Прохождение периодических сигналов через цепи (метод комплексных амплитуд). Прохождение непериодических сигналов через цепи (операторный метод)
10. Операторный метод определения установившейся реакции цепи на включение непериодического сигнала
11. Временные методы анализа (интегралы Дюамеля)
12. АМ колебания. Тональная модуляция гармонической несущей
13. Энергетические характеристики АМ колебаний. Балансная амплитудная модуляция
14. Угловая модуляция. Тональная угловая модуляция
15. Спектр сигналов угловой модуляции при малых индексах модуляции

16.Спектр сигналов угловой модуляции при произвольных индексах модуляции

17.Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Обобщенная структурная схема системы цифровой обработки сигналов.

18.Спектр дискретного сигнала. Влияние формы дискретизирующих импульсов на характеристики дискретного сигнала

19.Разложение сигналов в ряд Котельникова. Доказательство. Основные выводы

20.Прямое и обратное ДПФ. Связь ДПФ и спектра дискретного сигнала

21.Свойства ДПФ

22.Прямое и обратное Z-преобразования. Свойства Z-преобразований

23.Цифровые фильтры. Основные структуры. Характеристики цифровых фильтров

24.Системная функция цифрового фильтра. Устойчивость дискретных систем

25.Синтез цифровых фильтров (метод билинейного Z-преобразования, метод инвариантной импульсной характеристики)

26.Методы расчета отклика на выходе цифровых фильтров

27.Воздействие слабого гармонического сигнала на безинерционный нелинейный элемент

28.Воздействие сильного гармонического сигнала на безинерционный нелинейный элемент

29.Нелинейное резонансное усиление. Умножение частоты гармонических сигналов

30.Автоколебательная система. Общие положения. Стационарный режим работы ав-тогенератора

31.Возникновение колебаний в автогенераторах. Мягкий и жесткий режимы само-возбуждения автогенератора

32.RC-генераторы

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каратаева Н.А. Радиотехнические цепи и сигналы. Дискретная обработка сигналов и цифровая фильтрация : учебное пособие.- Томск : ТУСУР, 2007. – 263с.

2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высш. школа, 2005.-462с.

3. Каратаева Н.А. Радиотехнические цепи и сигналы. Томск: ТУСУР, 2003.-254с.

4. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь, 1994.-480с.

5. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Руководство к решению задач. Учебное пособие для радиотехнической специальности вузов. М.: Высш. школа.2002.-211с.

6. Радиотехнические цепи и сигналы. Примеры и задачи. Учебное пособие для вузов./Под ред. И.С. Гоноровского. М.: Радио и связь. 1989.-248с. [24 экземпляра в библиотеке ТУСУР]

7. Каганов В.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебное пособие. М.: Инфра-М, 2005.-431с. [31 экземпляр в библиотеке ТУСУР]

8. Каратаева Н.А. Лабораторный практикум по курсу «Радиотехнические цепи и сигналы», ч.1. Томск: ТУСУР, 2007. – 56 с.  
[Электронный ресурс] URL:  
<http://edu.tusur.ru/training/publications/1364>

9. Каминский В.Л. Лабораторный практикум по курсу «Радиотехнические цепи и сигналы», ч.2. Томск: ТУСУР, 2007. – 28 с.  
[Электронный ресурс] URL:  
<http://edu.tusur.ru/training/publications/1365>

10. Каратаева, Н. А. Радиотехнические цепи и сигналы: учебно-методическое пособие. - Томск: ТМЦДО, 2002. - 33 с. [8 экземпляров в библиотеке ТУСУР]