

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

“УТВЕРЖДАЮ”

Декан ФТФ

профессор, д.ф.м.н. Дмитриев  
Александр Капитонович

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Радиотехнические цепи и сигналы

ООП: направление 140400.62 Техническая физика

Шифр по учебному плану: СД.Р.1

Факультет: физико-технический очная форма обучения

Курс: 2 3, семестр: 4 5

Лекции: 54

Практические работы: 16 Лабораторные работы: 34

Курсовой проект: - Курсовая работа: 4 РГЗ: 5

Самостоятельная работа: 41

Экзамен: 4 Зачет: 5

Всего: 151

Новосибирск

2011

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 553100 Техническая физика.(№ 344 тех/бак от 14.04.2000)

СД.Р.1, дисциплины национально- регионального (вузовского) компонента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Теоретических основ радиотехники протокол № 3 от 22.06.2011

Программу разработал

доцент, к.т.н.

Меренков Владимир Майевич

Заведующий кафедрой

профессор, д.т.н.

Спектор Александр Аншелевич

Ответственный за основную образовательную программу

профессор, д.ф.м.н.

Титов Евгений Анатольевич

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

Шифр дисциплины	Содержание учебной дисциплины	Часы
<b>СД.Р.1</b>	<p>Концептуальная записка по направлению подготовки 140400.62 - Техническая физика</p> <p>Радиотехнические цепи и сигналы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- элементы теории сигналов;</li> <li>- динамическое представление;</li> <li>- геометрические методы представления сигналов;</li> <li>- корреляционные представления сигналов;</li> <li>- сигналы и помехи;</li> <li>- дискретное представление сигналов;</li> <li>- радиосигналы;</li> <li>- линейные радиотехнические цепи;</li> <li>- методы анализа линейных РТЦ;</li> <li>- линейные системы с обратной связью;</li> <li>- преобразования сигналов в нелинейных и параметрических РТЦ;</li> <li>- генерирование гармонических колебаний.</li> </ul>	<b>151</b>

## 2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

Особенности (принципы) построения дисциплины

Особенность (принцип)	Содержание
Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности	Решение Ученого совета ФТФ протокол №6 от 10.06.2008
Адресат курса	Бакалавры 2-3 курса, обучающиеся по направлению 140400 - "Техническая физика"
Основная цель (цели) дисциплины	Изучение основ теории сигналов и их преобразований в радиотехнических цепях и устройствах. Разъяснение идей составляющих основы теории, выявление связи математического аппарата с физической стороной рассматриваемых явлений и с их практической реализацией.

Ядро дисциплины	Математическое описание радиотехнических сигналов и процессов, происходящих при обработке сигналов в радиотехнических цепях (линейных, нелинейных и параметрических). Методы анализа и элементы синтеза цепей. Способы реализации преобразований сигналов.
Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы	<p>Предшествующие по учебному плану дисциплины:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Математика</li> <li>2. Физика.</li> <li>3. Электротехника.</li> <li>4. Электроника.</li> </ol> <p>Последующие по учебному плану дисциплины.</p> <p>Радиотехнические устройства.</p>
Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся	<p>Знать.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Векторный анализ; дифференциальное и интегральное исчисление; гармонический анализ; дифференциальные уравнения; функции комплексного переменного; элементы функционального анализа и теории случайных процессов.</li> <li>2. Элементы физики колебаний и волн: гармонический и ангармонический осциллятор, свободные и вынужденные колебания</li> <li>3. Законы Ома и Кирхгофа; дифференциальные уравнения и методы их решения для простых цепей; контурные уравнения; анализ цепей переменного тока во временной области; использование преобразования Лапласа для анализа цепей; анализ в частотной области; частотные характеристики электрических цепей; системные функции цепей.</li> </ol> <p>Уметь.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вычислять модуль вектора, скалярное произведение и угол между векторами. Раскладывать вектор по координатному базису. Дифференцировать, интегрировать, раскладывать в ряд Фурье, применять преобразования Фурье и Лапласа. Составлять и решать линейные дифференциальные уравнения. Вычислять норму, метрику и скалярное произведение функций. Рассчитывать основные характеристики случайных процессов, записывать их законы распределения.</li> <li>2. Записать и решить дифференциальное уравнение гармонического осциллятора, отыскать свободные и вынужденные колебания.</li> <li>3. Рассчитывать токи и напряжения в электрических цепях во временной (переходной и установившийся режимы) и частотной областях. Моделировать электрические цепи на ЭВМ.</li> </ol>
Особенности организации учебного процесса по дисциплине	Использование модульно-рейтинговой системы обучения и контроля знаний.

### 3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

иметь представление	
1	О современных идеях передачи информации по радиотехническому каналу связи.
2	Об основных идеях, на которых базируется теория радиотехнических сигналов и цепей.
3	О физических процессах, происходящих при обработке сигналов в радиотехнических цепях.
4	О принципах действия, методах анализа и элементах синтеза базовых радиотехнических устройств.
знать	
5	Терминологию радиотехнических сигналов и цепей.
6	Различные представления сигналов: динамическое, спектральное, дискретное.
7	Методы исследования линейных, нелинейных и параметрических цепей.
8	принципы действия и способы анализа систем с обратной связью.
9	Элементы теории устойчивости.
10	Основные характеристики и параметры радиотехнических сигналов, приборов и устройств, а также их связь с процессом преобразования информации.
11	Элементы, корреляционного анализа и дискретной обработки сигналов.
уметь	
12	Записывать математические модели сигналов; представлять сигналы в базисе различных ортогональных функций (гармонических, комплексных экспоненциальных, Уолша, $\sin(x)/x\dots$ ).
13	Осуществлять спектральный и корреляционный анализы управляющих и модулированных сигналов.
14	Дискретизировать непрерывные сигналы; проводить во временной области операцию дискретной свертки и вычисления дискретной АКФ, а в частотной области дискретного преобразования Фурье (БПФ).
15	Рассчитать основные параметры модулированных сигналов (коэффициент амплитудной модуляции, индекс угловой модуляции, ширину полосы модулированных колебаний и т.д.).
16	Рассчитывать и измерять частотные и временные характеристик (полосу пропускания, и время установления стационарного режима и т.д.) линейных цепей, включая цепи с ОС.
17	Оценивать устойчивость линейных цепей с обратной связью, а также линейные искажения радиосигналов на выходе линейных апериодических и избирательных цепей.
18	Аппроксимировать характеристики нелинейных элементов.
19	Решать задачи анализа линейных и нелинейных радиотехнических цепей, как во временной, так и в частотной областях.
20	Подбирать типы нелинейных элементов и выбирать режимы их работы для осуществления различных функциональных преобразований радиотехнических сигналов (усиление, умножение, ограничение,

	модуляция, детектирование, преобразование частоты и т.д.); оценивать нелинейные искажения.
21	Рассчитывать и измерять основные параметры и характеристики усилителей, умно-жителей, ограничителей, модуляторов, детекторов, и преобразователей.
22	Рассчитывать автогенераторы (условия и тип самовозбуждения, стационарную ам-плитуду и частоту), измерять их параметры.
23	Самостоятельно оценивать особенности функционирования радиотехнических уст-ройств (причинно-следственных связей), а также возможных способов изменения режимов их работы с целью настройки, регулировки или модернизации.
24	Экспериментально исследовать все упомянутые выше радиотехнические устройства с помощью стандартных измерительных приборов (осциллограф, генератор стандарт-ных сигналов, электронный вольтметр и т.д.).
25	Проводить прямые и косвенные измерения характеристик сигналов и цепей, грамотно обрабатывать и записывать результаты измерений с учетом погрешности.
26	Интерпретировать полученные результаты своей деятельности, критически оценивать результаты расчетов и экспериментов.
27	Высказывать гипотезы о возможных несовпадениях данных предварительных расче-тов с результатами лабораторных экспериментов.
28	Адекватно осуществлять самоконтроль и самооценку (до, в ходе и после выполнения эксперимента).

#### 4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

(Модуль), дидактическая единица, тема	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 4		
Модуль: Элементы теории сигналов		
Дидактическая единица: Элементы теории сигналов		
Основные термины и определения. Обобщенная структурная схема радиотехнического канала передачи информации	2	1, 5
Дидактическая единица: Динамическое представление		
Классификация сигналов. Математическая модель сигнала. Принципы, лежа-щие в основе представления сигналов. Динамические методы при представ-лении сигналов.	2	1, 12, 5, 6
Дидактическая единица: Геометрические методы представления сигналов		
Обобщенный ряд Фурье. . Периодические сигналы и Ряд Фурье. Непериодические сигналы и интегральное преобразование Фурье. Преобразование Лапласа.	6	12, 13, 2, 5, 6
Дидактическая единица: Корреляционные		

представления сигналов		
Автокорреляционная функция и взаимная корреляционная функции.	1	11, 13, 2, 5, 6
Дидактическая единица: Сигналы и помехи		
Случайный процесс (СП) как сигнал и как помеха.	2	10, 13, 3, 5
Дидактическая единица: Дискретное представление сигналов		
Дискретизация непрерывных сигналов.	2	14, 2, 5, 6
Модуль: Модулированные колебания (радиосигналы)		
Дидактическая единица: Радиосигналы		
Амплитудно-модулированные колебания. Колебания с угловой модуляцией.	4	10, 15, 2, 5
Модуль: Элементы теории линейных РТЦ		
Дидактическая единица: Линейные радиотехнические цепи		
Радиотехнические цепи: термины, определения, классификация, задачи теории цепей, алгоритм анализа.	1	2, 3, 7
Дидактическая единица: Методы анализа линейных РТЦ		
Временной. частотный и классический анализ РТЦ	2	19, 2, 3, 5, 7
Обработка детерминированных сигналов ЛРЦ с постоянными параметрами.	4	10, 16, 17, 19, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 4, 5
Дидактическая единица: Линейные системы с обратной связью.		
Определение линейных систем с обратной связью (ОС). Коэффициент передачи, положительная и отрицательная ОС.	2	16, 2, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 5, 8
Устойчивость линейных систем и систем с ОС.	4	17, 2, 5, 9
Модуль: Элементы теории нелинейных и параметрических цепей		
Дидактическая единица: Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических РТЦ		
Сравнительная характеристика линейных, нелинейных и параметрических РТЦ. Термины, определения, классификации. Аппроксимация характеристик НЭ.	2	18, 2, 3, 4, 5
Семестр: 5		
Модуль: Элементы теории нелинейных и параметрических цепей		
Дидактическая единица: Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических РТЦ		
Анализ колебаний в нелинейных цепях.	2	18, 19, 2, 3, 4, 5, 7
Принцип использования НЦ и ПЦ для преобразования сигналов. Нелинейное резистивное усиление и умножение частоты.	4	2, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 3, 4, 5
Модуляция	4	2, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27,

		28, 3, 4, 5
Детектирование	2	2, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 3, 4, 5
Преобразование частоты	2	2, 20, 21, 5
Модуль: Генерирование колебаний		
Дидактическая единица: Генерирование гармонических колебаний.		
Генерирование гармонических колебаний.	4	2, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 3, 4, 5, 8

Практические занятия

Таблица 4.2

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 4			
Модуль: Элементы теории сигналов			
Дидактическая единица: Динамическое представление			
Математическая модель сигнала. Динамические методы при представлении сигналов.	Использование функций Хевисайда и Дирака. Динамическое представления сигналов. Представление сигналов в базисе функций Уолша. Анализ и синтез сигналов в базисе гармонических функций.	1	12, 13, 5
Дидактическая единица: Геометрические методы представления сигналов			
Геометрические методы при представлении сигналов.	Обобщённый ряд Фурье, спектр, энергетический спектр.	1	12, 13, 5
Спектры периодических и непериодических сигналов	Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Применение теорем о спектрах.	2	13, 5
Дидактическая единица: Корреляционные представления сигналов			
Корреляционный анализ детерминированных сигналов.	Вычисление АКФ, ВКФ и энергетического спектра сигналов.	1	13, 5
Дидактическая единица: Дискретное представление сигналов			

Дискретизация непрерывных сигналов.	Определение интервала Найквиста.	1	
Модуль: Модулированные колебания (радиосигналы)			
Дидактическая единица: Радиосигналы			
Модулированные сигналы	Математические модели, спектр и основные параметры АМ, ЧМ, ФМ сигналов.	2	15, 5
Модуль: Элементы теории линейных РТЦ			
Дидактическая единица: Методы анализа линейных РТЦ			
Обработка сигналов цепями первого и второго порядка.	Составление и решение дифференциальных уравнения. Частотный коэффициент передачи (АЧХ, ФЧХ). Импульсная и переходная характеристики, переходный режим. Резонансный усилитель в линейном режиме.	4	16, 5
Дидактическая единица: Линейные системы с обратной связью.			
Цепи с обратной связью.	Отрицательная и положительная ОС. Устойчивость цепей с ОС. Критерии Рауса-Гурвица, Найквиста. АФХ системы.	2	16, 17, 5, 8, 9
Модуль: Элементы теории нелинейных и параметрических цепей			
Дидактическая единица: Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических РТЦ			
Аппроксимация характеристик нелинейных элементов. Методы анализа нелинейных цепей.	Кусочно-линейная аппроксимация, метод угла отсечки, аппроксимация степенным полиномом, метод кратных дуг, аппроксимация экспоненциальным полиномом, метод функций Бесселя. Графоаналитический	2	18, 20, 4, 5

	метод трёх ординат.		
--	---------------------	--	--

Лабораторная работа

Таблица 4.3

<b>(Модуль), дидактическая единица, тема</b>	<b>Учебная деятельность</b>	<b>Часы</b>	<b>Ссылки на цели</b>
Семестр: 4			
Модуль: Элементы теории линейных РТЦ			
Дидактическая единица: Радиосигналы			
Дискретные (компьютерные) измерительные приборы и технология измерений в виртуальных и реальных схемах.	Знакомство с основными блоками лабора-торного стенда и виртуальными измери-тельными приборами (функциональный генератор, осциллограф, мультиметр). Измерение параметров простейших пе-риодических сигналов.	4	23, 24, 25, 26, 27, 28, 3, 5
Дидактическая единица: Линейные радиотехнические цепи			
РС-цепи и прохождение через них видеосигналов	Построение АЧХ, определение граничной частоты и полосы пропускания, а также времени окончания переходного режима; обработка простейших сигналов РС-фильтрами верхних и нижних частот.	4	10, 16, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 3, 4, 7
Дидактическая единица: Методы анализа линейных РТЦ			
Колебательные контуры	Резонансная частота, АЧХ, полоса про-пускания, время окончания переходного режима шунтированного и не шунтиро-ванного параллельного контура. Обработ-ка простейших сигналов настроенным и расстроенным контурами. Особенности работы	5	10, 16, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 3, 4, 7

	последовательного контура.		
Дидактическая единица: Линейные системы с обратной связью.			
Влияние обратной связи на характеристики линейной цепи.	Резонансный усилитель в линейном режиме. Коэффициент усиления, АЧХ, полоса пропускания, время окончания переходного режима усилителя без ОС, без ОС и при шунтировании контура, с шунтом и ПОС.	4	10, 16, 17, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 3, 4, 7
Семестр: 5			
Модуль: Основные преобразования сигналов в нелинейных и параметрических цепях			
Дидактическая единица: Преобразование сигналов в нелинейных и параметрических РТЦ			
Нелинейное резонансное усиление. Умножение частоты.	Резонансный усилитель в нелинейном режиме. Коэффициент усиления, амплитудная характеристика, средняя крутизна. Удвоитель частоты.	5	10, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 3, 4, 7
Амплитудная модуляция изменением смещения.	Статическая модуляционная характеристика, выбор рабочей точки. Подбор параметров несущего и управляющего сигналов. Получение неискажённой и искажённой однотоновой АМ.	4	10, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 3, 4, 7
Детектирование амплитудно-модулированных колебаний	Детекторная характеристика диодного детектора. Детектирование однотонового АМК и радиоимпульсов.	4	10, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 3, 4, 7
Модуль: Генерирование колебаний			
Дидактическая единица: Генерирование гармонических колебаний.			
LC-генератор гармонических колебаний с трансформаторной об-	Исследование автогенератора с	4	10, 22, 23, 24, 25, 26,

ратной связью	трансформаторной обратной связью. Мягкий и жёсткий режимы само возбуждения. Зависимость стационарной амплитуды от напряжения смещения.		27, 28, 3, 4, 5, 7
---------------	--	--	--------------------

## 5. Самостоятельная работа студентов

### Семестр- 4, Курсовая работа

В курсовой работе студенты исследуют основные характеристик сигналов и линейных цепей. Реализуют на практике основные идеи обработки сигналов линейными цепями как во временной, так и в частотной областях 8 час.

### Семестр- 4, Подготовка к экзамену

Решение задач и повторение материалов лекций - 8 час.

### Семестр- 4, Подготовка к занятиям

Работа с рекомендуемой литературой, самостоятельное решение задач, выполнение предварительных заданий к лабораторным работам - 7 час.

### Семестр- 5, Подготовка к зачету

Решение задач и повторение материалов лекций - 4 час.

### Семестр- 5, Контрольные работы

Контрольная работа представляет собой решение индивидуального задания из 10-12 задач в рамках одного-двух разделов плана - 5 час.

### Семестр- 5, РГЗ

Расчётно-графическая работа подводит практический итог изучения. В процессе её выполнения каждый студент по индивидуальному заданию рассчитывает тот или иной преобразователь сигналов и одну из разновидностей автогенератора - 5 час.

### Семестр- 5, Подготовка к занятиям

Работа с рекомендуемой литературой, самостоятельное решение задач, выполнение предварительных заданий к лабораторным работам - 4 час.

## 6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

Для аттестации студентов по дисциплине используется балльно-рейтинговая система. Рейтинг студента по дисциплине определяется как сумма баллов за работу в семестре и баллов, полученных в результате итоговой аттестации.

В таблице 6.1 приведено максимальное количество баллов, которое может набрать студент по видам учебной деятельности в 3-ем и 4-ом семестре. Так как полная сумма за семестр составляет 100 баллов, то в 4-ом семестре: текущий рейтинг – 60 баллов, итоговая аттестация – 40 баллов; в 5-ом семестре, соответственно, 80 и 20 баллов.

### *Правила текущей аттестации*

1. В процессе изучения дисциплины необходимо прослушать 24 лекции, посетить 8 практических занятий, выполнить и защитить 8 лабораторные работы, а также одну курсовую одну расчётно-графическую и одну контрольную работу в сроки, установленные учебным графиком. В сумме за посещение занятий в 4-ом семестре можно набрать 19 баллов, в 5-ом – 11 баллов. Каждое пропущенное занятие или два опоздания (не зависимо от причины) - минус 1 балл.
2. Явка на лабораторную работу (ЛР) оценивается 1 баллом. К ЛР допускаются студенты, выполнившие предварительное (домашнее задание), при этом они могут получить от 1 до 3 баллов. Студенты, пришедшие без домашнего задания или списавшие его, проводят расчёты во время, отведенное для практической части. В этом случае баллы не начисляются. Качество и полнота выполнения практической части и отчёта по ЛР оценивается в 1-2 балла. При неявке на ЛР без уважительной причины работа выполняется в согласованное с преподавателем время, но баллы не начисляются.
3. Курсовая, расчётно-графическая и контрольная работы (КР, РГР и КНР) выполняется поэтапно. Сроки сдачи и рейтинговая сумма баллов даны в Таблице 2. Последний день сдачи очередного этапа – пятница соответствующей недели контроля. Позже задания не принимаются, баллы не начисляются. опережение графика сдачи этапов КР, РГР и КНР поощряется 1 баллом за каждую неделю. Окончательная сумма баллов по каждому этапу контроля подтверждается в беседе с преподавателем. Соотношения между рейтинговой и пятибалльной шкалой оценок КР даны в Таблице 3. Не сданные вовремя части КР, РГР и КНР проверяются и защищаются на контрольной неделе, но баллы по ним не начисляются.
4. Трёхбалльное оценивание успеваемости ("0" – "1" – "2") по контрольным неделям осуществляется по следующим правилам. Менее 30% суммы баллов – оценка "0"; от 30% до 75% - оценка "1"; более 75% баллов – оценка "2".

### *Правила итоговой аттестации*

1. К экзамену в 4-ом семестре и зачёту в 5-ом допускаются студенты, защитившие все лабораторные работы, курсовую работу, контрольную и расчётно-графическую работы.
3. Зачет проводится исключительно в устной форме. На зачет выносятся один теоретический вопрос и одна задача. Рейтинговая сумма баллов учитывается на зачете следующим образом. Студенты, набравшие Максимальное количество баллов (36-40) выставляется, если все задания выполнены полностью без серьезных замечаний  
Количество баллов 30-35 выставляется, если 6 из 8 заданий выполнены полностью.  
Минимальное количество баллов 20-29, если выполнено 4 из 8 заданий, но с серьезными ошибками и замечаниями.

Таблица 6.1

№п/п	Вид учебной деятельности	Максимальное количество баллов	Диапазоны баллов	Срок представления и защиты (неделя семестра)
<b>Четвёртый семестр</b>				
1.	Посещения лекций и практических занятий	15	5-15	17
2.	Лабораторная работа №1	3	2-3	4 или 5
3.	Лабораторная работа №2	6	2-6	8 или 9
4.	Лабораторная работа №3	6	2-6	12 или 13
5.	Лабораторная работа №4	6	2-6	16 или 17
6.	Курсовая работа	24	12-24	16
Итого по текущему рейтингу		60	25-50	
7.	Экзамен	40	35-40	
Итого за четвёртый семестр		100	65-75(удовл); 76-90(хор.); 91-100(отл.).	
<b>Пятый семестр</b>				
1.	Посещения лекций и практических занятий	7	3-7	17
2.	Лабораторная работа №1	6	2-6	4 или 5
3.	Лабораторная работа №2	6	2-6	8 или 9
4.	Лабораторная работа №3	6	2-6	12 или 13
5.	Лабораторная работа №4	6	2-6	16 или 17
6.	Контрольная работа	10	3-10	6
7.	Расчётно-графическая работа	39		
Итого по текущему рейтингу		80	25-50	
8.	Зачёт	20	6-20	18
Итого за пятый семестр		100	85-100 (зачёт)	

Формой отчетности по дисциплине являются экзамены в 4 и зачёт в 5 семестрах. Ниже приведены примеры рейтинговых регистрационных карт и правила аттестации по с-рам.

## Семестр № 4

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета  
“ 15 ” февраля 2011

г.

### РЕГИСТРАЦИОННАЯ КАРТА

Дисциплина Радиотехнические цепи и сигналы (РТЦиС)

Часть I

Весенний (4-ый) семестр 2009/2010 учебного года

Факультет ФТФ

Кафедра ТОР

Группы ФЛ-81

Лектор доц. МЕРЕНКОВ В.М.

Объём нагрузки предусмотренный учебным планом

Л	ПР	ЛР	ИР	КР	РГЗ	КНР	ЗАЧ	ЭКЗ
34(17)	16(8)	16(4)	----	64				+

№ этапа контроля (модуль)	Срок выполнения (сдачи)	Максимальное количество баллов	Виды и формы контроля, на основании которых выставляются оценки и их критерии
1	6 нед.	15 3 7 4 1	В том числе: -Лаб. раб. № 1(посещение–1б.; выполнение –2б) -Кур. Раб. Ч-1(Кон. зад. №1.4 – 2б.;Кон. зад. №2.4.1 – 5б.) -Посещение лекций -Посещение практических занятий
2	11 нед.	19 6 8 4 1	В том числе: -Лаб. раб. № 4(посещ-1б., дом.з.-3б.,выполн. –2б.) -Кур. Р. Ч-2 (Кон. зад. 2.4.2 -2б., 2.4.3 -2б. Кон. зад. 3.4.2 -2б. 3.4.2 -2б) -Посещение лекций -Посещение практических занятий
3	16 нед.	26 12 9 4 1	В том числе: -Лаб. раб. № 6,8 (посещ-1б., дом.з.-3б.,выполн. –2б.)-по каждой. -Кур. Раб3.4.2 -2б. Ч-3 (Кон. зад. №5: 5.1-4б.;5.2-4б.;5.3-1б.) -Посещение лекций -Посещение практических занятий

Всего за семестр можно набрать **100 баллов**.

Последний день сдачи очередной части курсовой работы – пятница соответствующей недели контроля. Позже задания **не принимаются, баллы не начисляются!**

Опережение графика сдачи частей КР поощряется **1 баллом** за каждую неделю.

Студенты, не выполнившие хотя бы одну лабораторную работу, к экзамену **не допускаются!**

Студенты, набравшие менее 60 баллов, к экзамену **не допускаются!**

На аттестационный экзамен, который проводится совместно с кафедрой ОЭ, выносятся один теоретический вопрос и одна задача. Рейтинговая сумма баллов учитывается на экзамене следующим образом. Студенты, набравшие:

-**60...75** баллов сдают экзамен **полностью** и могут как улучшить, так и ухудшить свою оценку;

-**76...90** баллов сдают экзамен **полностью** и подтверждают или улучшают свою оценку;

-**91** баллов и выше – подтверждают или улучшают свою оценку в беседе по **одному** теоретическому вопросу.

## Семестр № 5

**УТВЕРЖДАЮ**  
 Декан факультета  
 “ 10 ” сентября 2011

г.

### РЕГИСТРАЦИОННАЯ КАРТА

Дисциплина Радиотехнические цепи и сигналы (РТЦиС)

#### Часть II

Осенний (5-ый) семестр 2009/2010 учебного года

Факультет ФТФ

Кафедра ТОР

Группы ФЛ-81

Лектор доц. МЕРЕНКОВ В.М.

Объём нагрузки предусмотренный учебным планом

Л	ПР	ЛР	ИР	КР	РГЗ	КнР	ЗАЧ	ЭКЗ
15(7)	----	16(4)	----	----	(1)	(1)	+	----

№ этапа контроля	Срок выставления оценок по разделам программы	Максимальное число баллов	Виды и формы контроля, на основании которых выставляются оценки и их критерии
<b>1</b>	<b>5 неделя</b>	18 6 10 2	В том числе: -Лаб. раб. № 1 (посещ-1б., дом.з.-3б.,выполн. –2б.) -Кон. раб. (Кон. зад. №8.4) -Посещение лекций
<b>2</b>	<b>10 неделя</b>	33 6 25 2	В том числе: -Лаб. раб. № 2 (посещ-1б., дом.з.-3б.,выполн. –2б.) -РГЗ Ч-1 (Кон. зад.№10-4) -Посещение лекций
<b>3</b>	<b>16 неделя</b>	29 12 14 3	В том числе: -Лаб. раб. № 3, 4 (пос.-1б., дом.з.-3б.,выполн. –2б. по каждой) -РГЗ Ч-2 (Кон. зад.№11-4) -Посещение лекций

Всего по 2-й части можно набрать за семестр **80 баллов**.

Последний день сдачи очередной части РГР и КнР – пятница соответствующей недели контроля. Позже задания **не принимаются**, баллы **не начисляются!**

Опережение графика сдачи частей РГЗ и КнР поощряется 1 баллом за каждую неделю.

Студенты, не выполнившие **всех** лабораторных работ, к зачету **не допускаются!**

Студенты, набравшие менее 60 баллов, к зачету **не допускаются!**

На зачет выносятся один теоретический вопрос и одна задача. Рейтинговая сумма баллов учитывается на зачете следующим образом. Студенты, набравшие:

-**60...75** баллов сдают зачет **полностью**;

-**76...90** баллов сдают зачет **только по теоретическому вопросу**;

-**91** баллов и выше –получают зачет **автоматически**.

**ВНИМАНИЕ! ЗАЧЕТ ПРИНИМАЕТСЯ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО В УСТНОЙ ФОРМЕ  
 С О О Т Н О Ш Е Н И Е    О Ц Е Н О К**

Таблица

6.2

Сумма баллов за семестр	Оценка
-------------------------	--------

По курсовой работе (из 25)	Предварительная (из 60)	Окончательная (из 100)	
12 . . . 18	30 . . . 45	65 . . . 75	Удовлетворительно
19 . . . 22	46 . . . 54	76 . . . 90	Хорошо
23 . . . 25	55 . . . 60	91 . . . 100	Отлично

## 7. Список литературы

### 7.1 Основная литература

#### В печатном виде

1. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов по специальности "Радиотехника" / С. И. Баскаков. - М., 2005. - 462 с. : ил. - Рекомендовано МО.
2. Радиотехнические цепи и сигналы. Задачи и задания : [учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов / В. Я. Баскей, В. Н. Васюков, Л. Г. Зотов и др.] ; под ред. А. Н. Яковлева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - М., 2003. - 347 с. : ил. - Рекомендовано УМО.
3. Иванов М. Т. Теоретические основы радиотехники : [учебное пособие для вузов по направлению "Радиотехника"] / М. Т. Иванов, А. Б. Сергиенко, В. Н. Ушаков ; под ред. В. Н. Ушакова. - М., 2008. - 305, [1] с. : ил. - Рекомендовано МО.
4. Радиотехнические цепи и сигналы. Лабораторные работы : учебное пособие / [В. Я. Баскей и др.] ; под ред. А. Н. Яковлева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 166, [1] с. : ил.
5. Стеценко О. А. Радиотехнические цепи и сигналы : [учебник для вузов по направлению подготовки "Радиотехника"] / О. А. Стеценко. - М., 2007. - 431, [1] с. : ил. - Рекомендовано МО.
6. Каганов В. И. Основы радиоэлектроники и связи : учебное пособие для вузов по специальности 210201 - "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления 210200 - "Проектирование и технология электронных средств" / В. И. Каганов, В. К. Битюков. - М., 2007. - 541, [1] с. : ил. - Рекомендовано МО.
7. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы : учебное пособие для вузов по направлению "Радиотехника". - М., 2006. - 719 с. : ил. - Рекомендовано МО.
8. Яковлев А. Н. Радиотехнические цепи и сигналы : учебное пособие [для 2-3 курсов РТФ] / А. Н. Яковлев, В. М. Меренков, В. Я. Баскей ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 154, [2] с. : ил.

#### В электронном виде

1. Радиотехнические цепи и сигналы. Лабораторные работы : учебное пособие / [В. Я. Баскей и др.] ; под ред. А. Н. Яковлева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 166, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/baskei.pdf>

### 7.2 Дополнительная литература

#### В печатном виде

1. Харкевич А. А. Основы радиотехники : [учебное пособие] / А. А. Харкевич. - М., 2007. - 510 с. : ил.
2. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : Учебник для вузов по спец. "Радиотехника". - М., 2003. - 462 с. : ил. - Рекомендовано МО.
3. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы. Руководство к решению задач : учебное пособие для вузов по специальности "Радиотехника" / С. И. Баскаков. - М., 2002. - 214 с. : ил.
4. Радиотехнические цепи и сигналы. Задачи и задания : учебное пособие [для 2-3 курсов радиотехнических специальностей] / В. Я. Баскей и др.] ; под ред. А. Н. Яковлева. - Новосибирск., 2002. - 347 с. : ил.
5. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : Учебник для вузов по спец. "Радиотехника" / С. И. Баскаков. - М., 2000. - 462 с. : ил.

6. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы : Учеб. пособ. для вузов по напр. "Радиотехника". - М., 1994. - 480 с. : ил.
7. Самойло К. А. Радиотехнические цепи и сигналы. Элементы теории колебаний : учебное пособие / К. А. Самойло, М. Р. Витоль, Э. М. Черниговская ; Моск. ин-т радиотехники, электроники и автоматики. - М., 1992. - 78 с. : ил.
8. Сиберт У. М. Цепи, сигналы, системы. В 2-х ч.. Ч. 2 / У. М. Сиберт ; пер. с англ. Э. Я. Пастрона, В. А. Усика ; под ред. И. С. Рыжака. - М., 1988. - 359 с. : ил.
9. Сиберт У. М. Цепи, сигналы, системы. В 2-х ч.. Ч. 1 / У. М. Сиберт ; пер. с англ. Э. Я. Пастрона, Л. А. Шпирга ; под ред. И. С. Рыжака. - М., 1988. - 336 с. : ил.
10. Радиотехнические цепи и сигналы : учебное пособие для вузов / [Д. В. Васильев, М. Р. Витоль, Ю. Н. Горшенков и др.] ; под ред. К. А. Самойло. - М., 1982. - 527 с. : ил.. - Авт. указаны на обороте тит. л..

### **В электронном виде**

1. Радиотехнические цепи и сигналы. Задачи и задания : учебное пособие [для 2-3 курсов радиотехнических специаобностей / В. Я. Баскей и др.] ; под ред. А. Н. Яковлева. - Новосибирск:, 2002. - 347 с. : ил.

## **8. Методическое и программное обеспечение**

### **8.1 Методическое обеспечение**

#### **В печатном виде**

1. Сигналы и их преобразования в линейных радиотехнических цепях : лабораторный практикум : учебное пособие / [В. Я. Баскей и др.] ; под ред. А. Н. Яковлева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирс, 2011. - 75, [2] с. : ил., схемы. - Инновационная образовательная программа НГТУ «Высокие технологии».
2. Яковлев А. Н. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях : учебное пособие / А. Н. Яковлев; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 188, [1] с. : ил.
3. Баскей В. Я. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях : учебное пособие / В. Я. Баскей, А. Н. Яковлев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 52, [2] с. : ил., табл.

#### **В электронном виде**

1. Сигналы и их преобразования в линейных радиотехнических цепях : лабораторный практикум : учебное пособие / [В. Я. Баскей и др.] ; под ред. А. Н. Яковлева ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирс, 2011. - 75, [2] с. : ил., схемы. - Инновационная образовательная программа НГТУ «Высокие технологии».
2. Яковлев А. Н. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях : учебное пособие / А. Н. Яковлев; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 188, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/yakovlev.pdf>
3. Баскей В. Я. Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях : учебное пособие / В. Я. Баскей, А. Н. Яковлев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 52, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/bask.pdf>. - Инновационная образовательная программа НГТУ «Высокие технологии».

### **8.2 Программное обеспечение**

1. National Instruments, National Instruments, все пакеты программного обеспечения National Instruments

## **9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине** **Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине**

Используются следующие контролирующие материалы.

1. Вопросы к экзаменам.
2. Экзаменационные задачи (прилагаются к экзаменационным билетам).
3. Задачи из учебного пособия кафедры ТОР.
4. Комплекты задач для самостоятельных работ по 2-й части курса.

Комплекты экзаменационных задач, задач, составляющих контрольные работы и отдельные части расчетно-графической или курсовой работы; можно использовать и как средство контроля остаточных знаний студентов (со стороны контролирующих лиц).

### **Вопросы к экзамену 4-го семестра**

#### **1. Элементы теории сигналов.**

1. Определение радиотехники. Канал связи. Сигналы: определение, математическая модель, классификация.
2. Динамическое представление сигналов (ДПС). Принцип ДПС, ДПС с помощью дельта и сигма функций.
3. Геометрические методы при представлении сигналов. Обобщенный ряд Фурье (ОРФ). Разложение сигналов по ортогональным полиномам.
4. Спектр периодического сигнала. Ряд Фурье. Не периодические сигналы и интегральное преобразование Фурье. Преобразование Лапласа. Основные теоремы о спектрах.
5. Распределение энергии в спектрах периодического и не периодического сигналов. Обобщенная формула Рэлея. Равенство Парсевала. Активная длительность и активная ширина спектра. Соотношение неопределенности для сигналов.
6. АКФ и ВКФ детерминированных сигналов. Основные свойства АКФ, связь с энергетическим спектром.
7. Сигналы с ограниченным спектром, их ортогонализация. Базис, ряд, теорема Котельникова. Дискретизация непрерывных сигналов.
8. Определение радиосигналов. Амплитудно-модулированные колебания (АМК), мат. модель, спектр, ширина полосы, энергия, вектор. диаграмма.
9. Колебания с угловой модуляцией: мат. модель, полная фаза, мгновенная частота, спектр при различных индексах модуляции, ширина полосы, энергия.
10. Колебания с импульсной модуляцией (ИМ): АИМ/АМ, ДИМ, ЧИМ, ФИМ/АМ. Блок-схема импульсного модулятора. Спектр колебаний с ИМ.
11. Случайные сигналы: определение, классификация, законы распределения, моментные функции.
12. Стационарные и эргодические случайные процессы. Плотность вероятности функции от случайной величины (пример).
13. Спектральный и корреляционный анализ СП. Теорема Винера-Хинчина. Эффективная длительность и эффективная ширина спектра СП, принцип неопределенности для СП. Белый шум.

#### **2. Элементы теории линейных цепей.**

1. Радиотехнические цепи (РТЦ): термины определения, классификация, прямая и обратная задачи теории цепей. Математическая модель РТЦ.
2. Принцип временного анализа РТЦ. Интеграл Дюамеля. Импульсная и переходная х-ка РТЦ.
3. Алгоритм анализа РТЦ с переходом в частотную область. Частотный коэффициент передачи. Связь между частотными и временными характеристиками РТЦ.
4. Классический метод анализа РТЦ. Собственные и вынужденные колебания, переходной и установившийся режимы.

5. RC-цепи: фильтры на базе RC-цепей, электрическое дифференцирование и интегрирование сигналов.

6. Колебательный контур как цепь второго порядка. Полосовой фильтр. Резонансный усилитель в линейном режиме.

7. Обработка АМК избирательной цепью. Условия неискаженной передачи сигналов через линейные цепи. Линейные искажения.

8. Линейные системы с обратной связью: коэффициент передачи, положительная и отрицательная ОС. Влияние ОС на х-ки резонансного усилителя.

9. Применение ООС для улучшения х-к усилителя. Виды ОС по способу соединения четырехполюсников.

10. Устойчивость линейных систем. Критерии устойчивости: определение, алгебраические и геометрические критерии. Использование АЧХ и ФЧХ для оценки устойчивости линейной системы.

11. Преобразование случайных процессов в линейных радиотехнических цепях: выходной энергетический спектр, АКФ, дисперсия.

### **Вопросы к зачёту 5-го семестра**

1. Линейные нелинейные и параметрические цепи. Сравнительная характеристика: выполнение принципа суперпозиции, соотношение спектров на входе и выходе, дифференциальные уравнения.

2. Классификация нелинейных элементов. Нелинейные резистивные элементы, разновидности их ВАХ, основные параметры. Классификация нелинейных преобразований сигналов.

3. Аппроксимация характеристик НЭ. Кусочно-линейная аппроксимация, аппроксимация степенным полиномом, аппроксимация экспоненциальным полиномом.

4. Общие закономерности анализа нелинейных цепей. Графический метод анализа. Формулы трех ординат. Аналитические методы гармонического анализа: метод кратных дуг, угла отсечки, функций Бесселя.

5. Нелинейное резистивное усиление колебаний. Режимы работы НЭ в усилителе. Коэффициент нелинейных искажений.

6. Нелинейное резонансное усиление колебаний. Колебательная характеристика, средняя крутизна, КПД.

7. Умножение частоты.

8. Амплитудная модуляция. Модуляция изменением смещения. Статическая модуляционная характеристика.

9. Балансные и однополосные модуляторы. Принципы построения и способы реализации.

10. Частотные модуляторы. Принципы построения и способы реализации.

11. Фазовые модуляторы. Принципы построения и способы реализации.

12. Принцип детектирования колебаний. Амплитудный детектор. Детекторная характеристика диодного детектора (ДД), линейное и квадратичное детектирование.

13. Фазовый детектор. Принципы построения и способы реализации.

14. Частотный детектор. Принципы построения и способы реализации.

15. Принципы использования нелинейных элементов в качестве параметрических. Преобразование частоты.

16. Синхронное (параметрическое) детектирование. Фазовая и частотная избирательность синхронного детектора.

17. Генерирование колебаний: основные определения, классификация автогенераторов (АГ). АГ с внешней обратной связью (ОС). Режим самовозбуждения и стационарный режим. Уравнения баланса амплитуд и фаз.

19. Графический метод анализа установления стационарной амплитуды с помощью построения Ламерея. Устойчивость стационарного режима АГ в “малом”. Мягкий и жесткий режимы самовозбуждения АГ.

20. Автогенераторы с внутренней ОС. Условия самовозбуждения и определение стационарной амплитуды.

### Примеры экзаменационных задач:

**Задача** (к билету № 18), цели 2, 5, 6, 12.

**ДАНО:** Спектр сигнала в базисе функций Уолша:

$C_0=0.5; C_1=0; C_2=-0.25; C_3=C_4=C_5=0; C_6=-0.125.$

**ТРЕБУЕТСЯ:**

1. Изобразить спектральную диаграмму.
2. Восстановить исходный вид сигнала.
3. Вычислить энергию аппроксимированного сигнала.
4. Вычислить полную энергию исходного сигнала.
5. Рассчитать среднеквадратическую погрешность аппроксимации.

**Задача** (к билету № 20) цели 2, 5, 6, 15.

**ДАНО:**

Однотональное ЧМ колебание:

$U_{\text{чм}}(t)=10 \cdot \cos[2 \cdot \pi \cdot 10^6 \cdot t + 0.1 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot t)]$

**ТРЕБУЕТСЯ:**

1. Записать выражение для мгновенной частоты сигнала  $U_{\text{чм}}(t)$ .
2. Определить девиацию ( $\Delta\omega$ ) частоты и индекс фазовой модуляции ( $\Delta\phi$ ).
3. Изобразить спектр сигнала.
4. Определить практическую ширину спектра сигнала ( $\Delta f$ ).
5. Рассчитать среднюю мощность сигнала ( $P$ ).

**Задача** (к билету № 11) цели 3, 5, 10, 16, 19-21.

**ДАНО:**

1. Резонансный усилитель на полевом транзисторе, к которому подключено сопротивление нагрузки  $R_n$ . Усилитель работает в линейном режиме. Параметры контура:

$R=10$  [Ом];  $L=10^{-4}/(2 \cdot \pi)$  [Гн];  $C=10^{-10}/(2 \cdot \pi)$  [Ф];  $R_n=10^5$  [Ом];  $S_i=10^{-2}$  [А/В]

2. Входной сигнал усилителя:

$U_{\text{вх}}(t) = 10^{-2} \cdot [1 + 0.5 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 10^5 \cdot t)] \cdot \cos[2 \cdot \pi \cdot 10^7 \cdot t]$  [В]

**ТРЕБУЕТСЯ:**

1. Определить коэффициент передачи  $K_{\text{рв}}(j\omega)$ .
2. Вычислить выходное напряжение и записать его выражение  $U_{\text{вых}}(t)$ .
3. Изобразить спектр сигнала на входе и выходе цепи.
4. Рассчитать полосу пропускания усилителя ( $2\Delta f$ ).
5. Оценить влияние нагрузки на степень линейных искажений.

### Примеры задач из комплекта для самостоятельных работ по 2-й части курса.

**Задача № 4-2**, цели 2, 5, 10, 18, 20.

1. ВАХ НЭ

$U_{\text{вх}}$ [В]	1	2	3	4	5	6
$i_{\text{вых}}$ [мА]	0.1	0.2	0.5	2	4	6

2. Входное напряжение:

$U_{\text{вх}1}(t)=1+\cos(\omega \cdot t); U_{\text{вх}2}(t)=2 \cdot \cos(\omega \cdot t); U_{\text{вх}3}(t)=5+\cos(\omega \cdot t); U_{\text{вх}4}(t)=6 \cdot \cos(\omega \cdot t);$

**ТРЕБУЕТСЯ:**

1. Дать определение аппроксимации характеристики нелинейного элемента.
2. Аппроксимировать ВАХ для всех входных напряжений. Обосновать аппроксимацию.
3. Рассчитать выходной ток для  $U_{\text{вх}1}(t); U_{\text{вх}3}(t)$ .
4. Изобразить спектр выходного тока для  $U_{\text{вх}1}(t); U_{\text{вх}3}(t)$ .

**Задача № 19** , цели 3-5, 10, 18-21.

**ДАНО:**

1. Диодный детектор АМ-колебаний.
2.  $U_{вх}(t) = [1 + 0.5 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot t)] \cdot \cos[2 \cdot \pi \cdot 10^6 \cdot t]$  [В]

3. ВАХ диода:

$$i(t) = \begin{cases} 0; & U_{вх} < 0,5 [В] \\ 4 \cdot (U_{вх} - 0,5) \cdot 10^{-2} [А]; & U_{вх} > 0,5 [В] \end{cases}$$

4.  $R_{\phi} = 3 \cdot 10^4$  [Ом]

**ТРЕБУЕТСЯ:**

1. Изобразить схему детектора и рассчитать  $C_{\phi}$ .
2. Определить угол отсечки и вычислить коэффициент передачи детектора  $K_d$ .
3. Определить эквивалентное входное сопротивление детектора.
4. Рассчитать АЧХ детектора.
5. Вычислить постоянную составляющую напряжения на диоде.

**Задача № 21** цели 3-5, 10, 22.

**ДАНО:**

1. Автогенератор на полевом триоде с трансформаторной ОС

2. ВАХ триода:

$$i(t) = \begin{cases} 0; & U_{вх} < -5 [В] \\ 2 \cdot (U_{вх} + 5) \cdot 10^{-3} [А]; & U_{вх} > -5 [В] \end{cases}$$

3. Коэффициент передачи цепи ОС  $\beta = 0,012$ .
4. Резонансная частота  $\Omega_r = 10^7$  [рад/сек].
5. Резонансное сопротивление контура  $Z_{кр} = 50 \cdot 10^3$  [Ом].
6. Сопротивление потерь контура  $R_{п} = 5$  [Ом].

**ТРЕБУЕТСЯ:**

1. Изобразить схему автогенератора.
2. Рассчитать  $L$ ,  $C$ ,  $M$ .
3. Определить коэффициент усиления, соответствующий порогу самовозбуждения  $K_{кр}$
4. Задать напряжения смещения, соответствующие мягкому и жесткому режимам самовозбуждения.
5. Графически определить стационарную амплитуду, для мягкого режима самовозбуждения.