

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан

\_\_А. Г. Коротаяев

« \_\_20\_\_ » 08\_20\_23 г.

Рабочая программа дисциплины

**Радиоэлектроника**

по направлению подготовки / специальности

**11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**

Направленность (профиль) подготовки / специализация:  
**Радиоэлектронные системы передачи информации**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Инженер**

Год приема  
**2023**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.19

СОГЛАСОВАНО:

Председатель УМК  
А.П. Коханенко

Томск – 2023

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-4 Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.

ПК-3 Способен формулировать математические модели процес-сов и явлений, происходящих в радиоэлектронных системах и на их основе проводить компьютерное моделирование и оптимизацию.

ПК-5 Способен формировать и реализовывать программы макетных и экспериментальных исследований.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 4.1 Использует основные методы и средства проведения экспериментальных исследований

ИОПК 4.2 Подбирает и использует измерительное оборудование для проведения экспериментальных исследований

ИОПК 4.3 Владеет способами обработки и представления полученных экспериментальных результатов

ИПК 3.1 Использует фундаментальные знания о физической природе и физических явлениях происходящих элементах и объектах радиоэлектронных систем и комплексах

ИПК 3.2 Разрабатывает математические модели исследуемых физических процессов, приборов, схем и электронных систем

ИПК 5.1 Формирует программу проведения экспериментальных исследований

ИПК 5.2 Обосновывает программу эксперимента, обрабатывает результаты эксперимента, оценивает погрешности экспериментальных результатов

ИПК 5.3 Владеет: методикой и техникой проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники; методами анализа результатов измерений

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить аппарат теории цепей и методики экспериментального измерения характеристик электрических цепей.

– Научиться применять понятийный аппарат теории цепей для выполнения теоретических расчетов и решения практических задач профессиональной деятельности.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части учебного плана

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Третий семестр, зачет

Четвертый семестр, экзамен

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Б1.О.02 Математический анализ; Б1.О.03 Физика; Б1.О.04 Аналитическая геометрия, Б1.О.08 Линейная алгебра, Б1.О.06 Введение в специальность.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 з.е., 324 часов, из которых:

-лекции: 62 ч.

-лабораторные: 78 ч.

в том числе практическая подготовка: 78 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

### **Тема 1. Введение**

Краткий исторический обзор развития радиоэлектроники: структура канала связи, преобразования сигнала в канале связи, особенности распространения радиоволн различной длины. Место курса среди радиофизических наук. Предмет и содержание курса.

### **Тема 2. Линейные цепи.**

Основные понятия теории цепей. Параметры цепи. Идеализированные пассивные элементы – двухполюсники. Простейшая цепь постоянного тока: последовательная эквивалентная схема генератора напряжения; последовательная эквивалентная схема генератора тока. Основные законы электрических цепей.

### **Тема 3. Электрические сигналы и их характеристики.**

Понятия: информация, сообщение, сигнал. Представления сигналов. Математическое описание сигналов. Спектральное представление периодических сигналов рядами Фурье. Непериодический сигнал. Прямое и обратное преобразование Фурье. Некоторые свойства преобразования Фурье. Спектры непериодических функций. Теорема Котельникова. Распределение энергии в спектре непериодического сигнала. Равенство Парсеваля. Спектральная плотность. Спектры модулированных колебаний.

### **Тема 4. Переходные процессы в электрических цепях с сосредоточенными параметрами.**

Основные понятия и определения. Классический метод расчета переходных процессов. Временной метод, метод интеграла Дюамеля. Функция Хевисайда. Единичный импульс. Переходные характеристики цепей. Заряд емкости через резистор.

### **Тема 5. Линейные цепи при гармоническом воздействии.**

Символическая форма представления гармонического колебания, комплексные амплитуды напряжения и тока. Законы Ома и Кирхгофа для комплексных амплитуд. Элементарные цепи переменного тока. Эквивалентные схемы генератора гармонических колебаний. Согласование генератора с нагрузкой.

### **Тема 6. Анализ линейных цепей при гармоническом воздействии.**

Частотные характеристики. Двухполюсники и четырехполюсники. Дифференцирующие и интегрирующие цепи. RC фильтры. Компенсированный делитель напряжения. Идеализированные элементы R, L и C при гармонических воздействиях. Возбуждение RC цепи гармонической ЭДС.

### **Тема 7. Влияние внешних факторов на линейные цепи.**

Скин-эффект при гармоническом воздействии. Расчет сопротивления проводника переменному току. Влияние температуры на сопротивление проводника.

### **Тема 8. Процессы в различных цепях.**

Последовательный колебательный контур. Входные и передаточные функции последовательного контура. Влияние внутреннего сопротивления генератора на избирательные свойства последовательного колебательного контура. Параллельный колебательный контур. Входные и передаточные функции параллельного контура. Влияние внутреннего сопротивления генератора на избирательные свойства параллельного колебательного контура. Сложные схемы колебательных контуров. Цепи с распределёнными параметрами.

### **Тема 9. Линии передачи.**

Типы линий, телеграфные уравнения, волновые уравнения, фазовая скорость, волновое сопротивление, распределение амплитуды волны в линии, применения линий передач.

**Тема 10. p-n переход. Диоды.**

Носители тока в полупроводниках, образование p-n перехода, свойства p-n диодов, диодов Шоттки, туннельных диодов, варикапов.

**Тема 11. Биполярные транзисторы**

Структура, механизм работы и вольтамперные характеристики биполярных транзисторов, схемы питания транзисторов от одной батареи.

**Тема 12. Полевые транзисторы.**

Структура, механизм работы и вольтамперные характеристики полевых транзисторов, схемы питания транзисторов от одной батареи.

**Тема 13. Усилительные устройства.**

Принцип построения усилителя электрических сигналов, типы усилителей, усилители на биполярных и полевых транзисторах – схемы, анализ свойств в линейном режиме (эквивалентные схемы, расчёт характеристик).

**Тема 14. Виды усилителей.**

Общие характеристики усилителей – частотные, амплитудные, шумовые.

Усилители с обратной связью, понятие и типы обратной связи, влияние обратных связей на характеристики усилителей. Варианты схем усилителей с обратной связью.

Некоторые схемы усилителей – дифференциальный усилитель, двухтактный усилитель (и сшивание характеристик). Резонансный усилитель – схемы, режимы усиления, классы усиления.

**Тема 15. Генерация электрических колебаний.**

Типы автогенераторов. Генераторы на активных двухполюсниках – схемы, условие самовозбуждения колебаний, развитие и установление колебаний. Автогенераторы на усилителях с обратной связью – схемы, механизм развития колебаний, условия баланса амплитуд и баланса фаз. Мягкий и жёсткий режимы возбуждения колебаний. Трёхточечные схемы автогенераторов.

**Тема 16. Нелинейные элементы, преобразование спектра гармонического сигнала.**

Функциональная схема канала связи, необходимые преобразования сигнала в тракте. Способы модуляции амплитуды, частоты и фазы несущего колебания. Преобразование частоты несущего колебания. Нелинейное и синхронное детектирование модулированных колебаний.

**9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости лекционных и практических занятий, тестов по лекционному материалу и входных тестов при подготовке к лабораторным занятиям, выполнения домашних заданий, составления конспектов самоподготовки к лабораторным и практическим занятиям и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Для успешного прохождения текущего контроля необходимо выполнить все контрольные задания. Проверка заданий осуществляется преподавателем или автоматически в системе MOODLE.

Выполнение заданий учитывается в балльно-рейтинговой системе.

**9.1. Балльные оценки для элементов контроля**

Таблица 9.1 – Балльные оценки для элементов контроля в третьем семестре

Элемент учебной деятельности	Максимальный балл на первую контрольную точку	Максимальный балл на вторую контрольную точку	Максимальный балл между второй контрольной точкой и концом семестра	Всего за семестр

Конспект самоподготовки	2	2	2	6
Отчет по индивидуальному заданию-докладу	2	2	2	6
Отчет по расчетному заданию	4	4	4	12
Отчет по контрольному заданию	2	2	2	6
Расчетное задание	4	4	4	12
Тест	8	10	10	28
Итого максимум за период	22	24	24	70
Зачет				30
Нарастающий итог	22	46	70	100

Таблица 9.2 – Балльные оценки для элементов контроля в четвертом семестре

Элемент учебной деятельности	Максимальный балл на первую контрольную точку	Максимальный балл на вторую контрольную точку	Максимальный балл между второй контрольной точкой и концом семестра	Всего за семестр
Конспект самоподготовки	2	2	2	6
Отчет по индивидуальному заданию-докладу	2	2	2	6
Отчет по расчетному заданию	4	4	4	12
Отчет по контрольному заданию	2	2	2	6
Расчетное задание	4	4	4	12
Тест	8	10	10	28
Итого максимум за период	22	24	24	70
Экзамен				30
Нарастающий итог	22	46	70	100

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос и одно практическое задание. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов:

Вопрос 1. Понятия – информация, сигнал, сигналы в радиоэлектронике.

Вопрос 2. Электромагнитная волна, физическое содержание, математическое описание, параметры.

Вопрос 3. Распространение радиоволн различных диапазонов. На каких частотах можно осуществлять связь между радиостанциями, расположенными на Земле; на Земле и в Космосе; только в Космосе?

Вопрос 4. Подробная функциональная схема канала связи с обсуждением преобразования сигнала во всех блоках. В связи с чем в радиопередатчике приходится вводить генератор высокочастотного несущего электрического напряжения?

Вопрос 5. Как можно внести информацию в несущее колебание в передатчике? Как называется эта процедура?

Вопрос 6. Каковы главные достижения в науке Майкла Фарадея, Джеймса К. Максвелла, Генриха Герца?

- Вопрос 7. Какова схема опыта Г. Герца? Что такое вибратор Герца?
- Вопрос 8. Что сделали для радиосвязи Александр Степанович Попов, Гульельмо Маркони, Никола Тесла?
- Вопрос 9. Сформулируйте закон Ома для постоянного тока.
- Вопрос 10. Сформулируйте правила Кирхгофа для постоянного тока.
- Вопрос 11. Последовательная эквивалентная схема генератора напряжения, последовательная эквивалентная схема генератора тока.
- Вопрос 12. Основные соотношения между токами и напряжениями для пассивных компонентов на переменном токе.
- Вопрос 13. Скин-эффект при гармоническом воздействии. Расчет сопротивления проводника переменному току.
- Вопрос 14. Каким образом целесообразно классифицировать сигналы, какие сигналы являются носителями информации?
- Вопрос 15. Что такое гармонический сигнал, сигнал включения (функция Хевисайда), прямоугольный импульс, сигнал в виде функции Дирака? Математическое описание этих сигналов, параметры сигналов.
- Вопрос 16. Какова связь сигналов в виде функций Хевисайда и Дирака?
- Вопрос 17. Почему для описания чисто гармонического сигнала достаточно знание его трёх (каких) параметров? Что такое спектрограмма?
- Вопрос 18. Как Вы представляете понятие «спектр сигнала» в радиоэлектронике? Что такое гармоника?
- Вопрос 19. Какие сигналы, и при каких условиях могут быть разложены в ряд Фурье (представлены рядом Фурье)? Три формы ряда Фурье. Формулы для вычисления коэффициентов ряда.
- Вопрос 20. Докажите, что энергия, переносимая сигналом за период, распределена между всеми гармониками сигнала.
- Вопрос 21. Подробный анализ (расчёт) спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов тока.
- Вопрос 22. Понятие регулярного непериодического сигнала. При каких условиях для него можно осуществить интегральные преобразования Фурье? Что такое «спектральная плотность» сигнала, её размерность, почему приходится вводить это понятие?
- Вопрос 23. Равенство Парсеваля, что оно определяет?
- Вопрос 24. Основные свойства интегральных преобразований Фурье: аддитивность, теоремы о запаздывании и смещении спектра, теоремы об изменении масштаба времени, о свёртке.
- Вопрос 25. Спектральная плотность сигнала в виде функции включения, получить, обсудить результат.
- Вопрос 26. Спектральная плотность сигнала в виде функции Дирака, получить, обсудить результат.
- Вопрос 27. Каков смысл леммы Римана – Лебега?
- Вопрос 28. Введите понятие технической ширины спектра.
- Вопрос 29. Теорема Котельникова – формулировка, область применения, доказательство (любой вариант).
- Вопрос 30. Проведите полный анализ простейших фильтров нижних и верхних частот, собранных на CR и RL элементах, определите граничные частоты полос пропускания и заграждения.

Вопрос 31. Заряд конденсатора от источника ЭДС через резистор: принципиальная схема, процессы, уравнение движения, начальные условия (правило Мандельштама), решение уравнения, переходной и установившийся процессы, постоянная времени цепи, время установления.

Вопрос 32. Заряд катушки самоиндукции от источника ЭДС через резистор: схема, процессы, уравнение движения, начальные условия (правило Мандельштама), решение уравнения, переходной и установившийся процессы, постоянная времени цепи, время установления.

Примеры практических заданий:

Задание 1. Провести дискретизацию сигнала заданной формы.

Задание 2. Провести измерение спектра сигнала заданной формы.

Задание 3. Определить параметры третьей гармоники в спектре периодической последовательности прямоугольных импульсов тока.

Задание 4. Провести полный анализ простейшего RC фильтра нижних частот.

Задание 5. Провести полный анализ простейшего RC фильтра верхних частот

Задание 6. Провести полный анализ простейшего RL фильтра нижних частот.

Задание 7. Провести полный анализ простейшего RL фильтра верхних частот.

Задание 8. Рассчитать и собрать делитель напряжения на заданный коэффициент деления.

Задание 9. Рассчитать сопротивление токоограничивающего резистора в схеме включения светодиода. Собрать схему и определить протекающий ток.

Задание 10. Определить все параметры прямоугольного импульса.

Задание 11. Рассчитать импеданс реактивных компонентов по варианту и провести его измерение.

Задание 12. Определить реальные значения главных параметров пассивных компонентов, используя измерительные приборы. Вычислить допуск.

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Для получения оценки **зачтено** в третьем семестре необходимо выполнить все следующие условия.

1. Набрать не менее 70% от максимальной оценки по каждому из текущих тестов в системе Moodle.

2. Предоставлять на проверку преподавателю конспекты самоподготовки к практическим занятиям.

3. Выполнить индивидуальное расчетное/творческое задание и получить оценку.

4. Вовремя, согласно графику, выполнить все практические задания и получить за них не ниже 62% в системе MOODLE. За отчет, сданный после срока, начисляются штрафные баллы.

5. Ответить на вопросы итогового теста за третий семестр.

6. При условии выполнения пп.1–5 на минимальный балл, в случае несогласия с пересчитанной оценкой, студент может исправить оценку, ответив устно на вопрос по билету.

Экзамен в четвертом семестре проводится в устной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть представляет собой тест из 20 вопросов, проверяющих ИОПК 1.2 и ИОПК 1.3, а также ИОПК 3.1 и 3.2. Ответы на вопросы первой части даются путем выбора из списка предложенных, нахождения соответствия, вычисления по общим формулам.

Вторая часть содержит одно задание, проверяющее ИПК 1.1 и ИПК 1.2 и ИПК 1.3 оформленное в виде практического задания. Ответы на вопросы второй части предполагают выполнение практического задания и краткую интерпретацию полученных результатов.

#### Примерный перечень теоретических вопросов

Вопрос 1. Введите понятие комплексного сопротивления RLC цепи: схема, интегро-дифференциальные уравнения, переход к алгебраическому уравнению в комплексной форме, понятия активного и реактивного сопротивлений цепи, сдвиг фаз между током и напряжениями на элементах цепи.

Вопрос 2. Вынужденные колебания в RLC контуре: схема, процессы, уравнение движения, определение вынужденных колебаний тока, понятие явления резонанса, амплитудно-частотная характеристика контура (резонансная кривая), резонансная частота векторная картина напряжений на элементах контура на резонансной частоте.

Вопрос 3. Собственные колебания электрического контура с потерями (разряд конденсатора через катушку самоиндукции и резистор): схема, процессы, возможные виды движений, уравнение движения тока, смысл величин  $\omega_0$ ,  $d_0$ ,  $\rho$ .

Вопрос 4. Частотные свойства последовательного колебательного контура: схема с источником гармонической ЭДС, уравнение для тока в комплексной форме, амплитудно- и фазово-частотные характеристики, полоса пропускания, её связь со временем установления. Резонансное сопротивление контура.

Вопрос 5. Уравнение движения тока для последовательного электрического контура. Проведите исследование возможных видов движений, введите понятия времени релаксации, собственного затухания, добротности, времени установления стационарного движения.

Вопрос 6. Частотные свойства параллельного колебательного контура: схема с источником гармонического тока, уравнение для напряжения на контуре, амплитудно- и фазо-частотные характеристики, полоса пропускания, её связь со временем установления. Резонансное сопротивление контура (сравните с резонансным сопротивлением последовательного контура).

Вопрос 7. Металлы и полупроводники; возникновения в полупроводниках носителей заряда. Основные и неосновные носители тока; p-n переход, образование обеднённого слоя, барьерной и диффузионной ёмкостей; вольтамперная характеристика.

Вопрос 8. Типы полупроводниковых диодов: выпрямительные, стабилитроны, радиочастотные, диоды с барьером Шоттки, туннельные диоды (физический смысл отрицательной проводимости), варикапы. Эквивалентная схема диода.

Вопрос 9. Механизм работы биполярного транзистора, входные и выходные статические вольтамперные характеристики, влияние на них эффекта Эрли.

Вопрос 10. Понятие нагрузки, нагрузочной прямой на ВАХ биполярного транзистора, понятие рабочей точки, способах её установления на практике. Области ВАХ, уравнение их линейной части, эквивалентная схема транзистора.

Вопрос 11. Физика работы полевых транзисторов с p-n и изолированным затвором, вольтамперные характеристики, рабочая точка.

Вопрос 12. Понятие нагрузки, нагрузочной прямой на ВАХ полевого транзистора, рабочей точки, способах её установки на практике. Области ВАХ, уравнение их линейной части, эквивалентная схема транзистора.

Вопрос 13. Понятие усилителей электрических сигналов – структура, понятие коэффициента усиления. Резистивные усилители на БПТ с общим эмиттером и с общим



коллектором (эмиттерный повторитель), диаграммы напряжений, их характеристики – коэффициенты усиления, входное и выходное сопротивление (без расчёта).

Вопрос 14. Линейный усилитель на БПТ как четырёхполюсник, уравнения в  $h$ -параметрах, физический смысл параметров, измерения  $h$ -параметров, расчёт коэффициентов усиления, входного и выходного сопротивлений.

Вопрос 15. Схемы питания биполярных и полевых транзисторов от одного источника, возникновение отрицательной обратной связи (ООС) по току, исключение ООС для переменных сигналов.

Вопрос 16. Две схемы линейных усилителей на полевом транзисторе, диаграммы напряжений, сравнение их свойств (коэффициенты усиления, входное и выходное сопротивление, без расчёта).

Вопрос 17. Линейный усилитель на полевом транзисторе как четырёхполюсник, уравнения в параметрах, их физический смысл и измерения, расчёт коэффициентов усиления и входной и выходной проводимостей через  $y$  – параметры.

Вопрос 18. Общие характеристики усилителей электрических сигналов – частотные характеристики (АЧХ и ФЧХ), коэффициент линейных искажений; амплитудная характеристика, коэффициент нелинейных искажений, динамический диапазон; коэффициент шума.

Вопрос 19. Полная принципиальная схема усилителя на полевом транзисторе с общим истоком, эквивалентная схема для малых переменных сигналов, упрощенная схема для переменных сигналов, расчёт АЧХ, нижняя и верхняя частоты усиления, коэффициент линейных (частотных) искажений, полоса усиления.

Вопрос 20. Усилители с обратной связью – схема, понятие положительной и отрицательной обратной связи, общий коэффициент усиления; влияние типа обратной связи на частотные свойства (АЧХ, полоса усиления), влияние обратной связи на нелинейные искажения, стабильность, устойчивость.

Вопрос 21. Три схемы усилителей на БПТ, диаграммы напряжений, сравнение их свойств (коэффициенты усиления, входное и выходное сопротивление, без расчёта).

Вопрос 22. Резонансные усилители – схема, особенности работы, возможность умножения частоты. Классы усиления А, В, С. Недонапряжённый, критический и перенапряжённый режимы работы резонансных усилителей.

Вопрос 23. Автоколебательные системы – понятие, типы, возможные варианты возникновения нарастающих колебаний. Автогенераторы на двухполюсниках – компенсация потерь, возникновение, нарастание и ограничение роста амплитуды колебаний.

Вопрос 24. Автогенератор на резонансном усилителе с положительной обратной связью – схема, условия самовозбуждения по амплитуде и по фазе. Условия стационарности – баланс амплитуд и фаз. Роль контура в стабилизации частоты, фиксирующая способность.

Вопрос 25. Мягкий и жёсткий режимы возбуждения автоколебаний – выбор рабочей точки на динамической передаточной характеристике транзистора, понятия средней за период крутизны, колебательной характеристики и прямой обратной связи, их графики зависимости от амплитуды напряжения на входе транзистора; графики зависимости амплитуды колебаний от коэффициента обратной связи.

Вопрос 26. Трёхточечные схемы автогенераторов – обобщённая трёхточка, выбор элементов контура; ёмкостная и индуктивная трёхточки; полная принципиальная схема ёмкостного трёхточечного автогенератора.

Вопрос 27. Амплитудно-модулированное колебание – его вид при гармонической модуляции. Что такое глубина модуляции? Спектр АМ колебания при тональной и импульсной модуляции.

Вопрос 28. Почему есть смысл использовать АМ колебание с подавлением несущей и однополосную модуляцию?

Вопрос 29. Каков вид частотно-модулированного и фазово-модулированного колебаний при импульсном и при гармоническом модулирующем информационном сигнале? Что такое девиация частоты и индекс модуляции фазы?

Вопрос 30. Как связаны частота и полная фаза колебания? Как зависят от частоты информационного сигнала девиация частоты и индекс модуляции фазы?

Вопрос 31. Каков спектр колебания с угловой модуляцией при малом и большом индексе модуляции?

Вопрос 32. Как зависит ширина спектра частотно-модулированного и фазово-модулированного колебаний от частоты модулирующего (информационного) сигнала?

Вопрос 33. Сравните ширину спектра АМ колебания и колебания с угловой модуляцией. В каких частотных диапазонах радиосвязи можно использовать амплитудную, в каких – угловую модуляцию?

Вопрос 34. Обсудите помехоустойчивость колебаний с амплитудной и угловой модуляцией.

Вопрос 35. Модуляция амплитуды автоколебаний – перемножение несущего и информационного сигналов, спектры исходных и модулированного сигналов. Нелинейный способ модуляции амплитуды автоколебаний – однодиодная и двухдиодная (балансная) схемы модуляторов. Параметрический модулятор на двухзатворном полевом транзисторе.

Вопрос 36. Способ модуляции частоты колебаний – идея, схемное решение. Способы модуляции фазы колебаний.

Вопрос 37. Преобразование частоты – понятие, однодиодная и балансная схемы преобразователей частоты, параметрическая схема на двухзатворном транзисторе, анализ спектров входных и преобразованных сигналов.

Вопрос 38. Детектирование модулированных колебаний – общие понятия. Нелинейное детектирование амплитудно-модулированных колебаний. Нелинейное детектирование частотно модулированных колебаний. Детектирование фазовомодулированных колебаний.

Вопрос 39. Временные характеристики линейной цепи. Определение выходного сигнала при произвольном входном сигнале (интеграл Дюамеля).

Вопрос 40. Введите понятие комплексного коэффициента передачи цепи, введите понятия амплитудно-частотной (АЧХ) и фазово-частотной (ФЧХ) характеристик цепи. Установите связь выходного и произвольного входного сигналов, если известен комплексный коэффициент передачи цепи.

Вопрос 41. Схема двух RLC – контуров с трансформаторной связью, возможные применения, понятие коэффициента связи контуров, уравнения системы в общем случае и в случае идентичности контуров, обозначения ( $\rho$ ,  $\omega$ ,  $\epsilon$ ,  $d$ ). Формулы для коэффициента передачи и входного сопротивления.

Вопрос 42. Система связанных одинаковых контуров как фильтр – АЧХ и ФЧХ, экстремумы,  $K_{кр}$ , уровень пиков АЧХ, полоса пропускания при  $K < K_{кр}$ ,  $K = K_{кр}$ ,  $K > K_{кр}$ , избирательность.

Вопрос 43. Частотные свойства входного сопротивления связанной системы – расчёт и построение графиков Вина, быстрая и медленная частоты.

Вопрос 44. Входное сопротивление длинной линии в общем виде, зависимость входного сопротивления от длины линии при коротком замыкании и холостом ходе на выходе, использование линии как элемента схемы.

Вопрос 45. Распределение амплитуды волны напряжения в линии – постановка задачи, коэффициент отражения  $\Gamma$ , его связь с нагрузкой, определение  $\Gamma$  при коротком замыкании, холостом ходе и при чисто реактивной нагрузке на выходе. Определение амплитуд напряжения и тока на выходе  $U(L)$ ,  $I(L)$  при коротком замыкании и холостом ходе.

Вопрос 46. Понятие распределённых систем, примеры линий передачи, волны в линии, погонные параметры линии, телеграфные уравнения.

Вопрос 47. Частотные свойства длинных линий – телеграфные уравнения в комплексной форме, волновые уравнения для комплексных амплитуд волн напряжения и тока. Решение, постоянная распространения, падающая и отражённая волны, фазовая скорость, волновое число.

Вопрос 48. Волновое сопротивление линии, условие отсутствия отражённой волны (согласование на выходе), условие отбора максимальной мощности от источника ЭДС (условие согласования на входе).

Вопрос 49. Входное сопротивление длинной линии без потерь, зависимость входного сопротивления от длины линии при коротком замыкании и холостом ходе на выходе, использование линии как элемента схемы.

Вопрос 50. Подробно поясните применение длинных линий – линия передачи, элемент схемы, волномер, измеритель полных сопротивлений.

Примеры заданий:

Задание 1. Определить реальные значения главных параметров пассивных компонентов, используя измерительные приборы. Вычислить допуск. (вариант компонента выбирается из базы)

Задание 2. Определить основные характеристики электрической цепи (вариант выбирается из базы).

Задание 3. Найти ошибку в электрической схеме, используя измерительные приборы. (виртуальный или реальный эксперимент, по заданию преподавателя)

Задание 4. Для предоставленной электрической схемы усилителя (по заданию преподавателя) определить коэффициент усиления и полосу пропускания.

Задание 5. Для предоставленной электрической схемы мультивибратора определить все параметры импульса и его спектр.

Задание 6. Определить коэффициент пульсаций и коэффициент сглаживания схемы одно- или двухполупериодного выпрямителя.

Задание 7. Определить полосу пропускания фильтра (RC или RLC, по заданию преподавателя).

Задание 8. Определить коэффициент деления резистивного делителя.

Задание 9. Определить, как влияют элементы схемы на характеристики усилителя на биполярном транзисторе.

Задание 10. Собрать дифференцирующую цепь на операционном усилителе и определить параметры выходного сигнала. Доказать, что производится дифференцирование сигнала заданной формы.

Задание 11. Собрать интегрирующую цепь на операционном усилителе и определить параметры выходного сигнала. Доказать, что производится интегрирование сигнала заданной формы.

Задание 12. Рассчитать и собрать усилитель на операционном усилителе на заданный коэффициент усиления.

Задание 13. Определить коэффициент стабилизации по напряжению в схеме компенсационного стабилизатора.

Задание 14. Рассчитать элементы схемы для подключения RGB светодиода к заданному источнику напряжения.

**Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».**

Для допуска к экзамену в четвертом семестре необходимо выполнить все следующие условия.

1. Получить зачет в третьем семестре.
2. Набрать не менее 70% от максимальной оценки по каждому из текущих тестов в системе Moodle.
3. Предоставлять на проверку преподавателю конспекты самоподготовки к лабораторным работам.
4. Выполнить индивидуальное расчетное/творческое задание и получить оценку.
5. Вовремя, согласно графику, выполнить все лабораторные работы и получить за них не ниже 62% в системе MOODLE. За отчет, сданный после срока, начисляются штрафные баллы.
6. Ответить на вопросы итогового теста по дисциплине.
7. Итоговое тестирование по дисциплине должно быть пройдено не менее, чем на 70%. В случае, если набрано меньшее количество правильных ответов, преподаватель проводит на консультации перед экзаменом устное собеседование с целью определения уровня подготовленности обучающегося к экзамену.

#### **Процедура экзамена**

1. Если на первом итоговом тестировании по дисциплине набрано менее 70%, то обучающийся проходит повторное тестирование.
2. Обучающийся выполняет практическое задание, поясняя свои действия. При необходимости проводит расчеты. Необходимо дать корректные ответы на вопросы по практической части (всего не более пяти вопросов).
3. Устный ответ по билету.
4. Оценка за экзамен выставляется как средняя оценка за третий семестр, итоговый тест по дисциплине, выполнение практического задания и устный ответ.

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 10.1

Таблица 10.1 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ 2	2

Пересчет суммы баллов в традиционную оценку представлен в таблице 10.2

Таблица 10.2 – Пересчет суммы баллов в традиционную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный зачет/экзамен
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100
4 (хорошо) (зачтено)	70 - 89
3 (удовлетворительно) (зачтено)	60 - 65
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронные учебные курсы по дисциплине в электронном университете «Moodle»:

- «Радиоэлектроника. Лекции 2 курс (РФФ.Б.С.1 сем.)»,  
<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=26837>

- «Радиоэлектроника. Лекции 2 курс (РФФ.Б.С.2 сем.)»,  
<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=2410>

- «Радиоэлектроника. Практикум (РФФ.Б.С.1 сем.)»,  
<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=1817>

- «Радиоэлектроника. Лабораторный практикум 2курс (РФФ.Б.С.2 сем.)»,  
<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=2543>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине, размещенные в электронном учебном курсе «Радиоэлектроника. Практикум (РФФ.Б.С.1 сем.)».

г) Методические указания по проведению лабораторных работ, размещенные в электронном учебном курсе «Радиоэлектроника. Лабораторный практикум 2курс (РФФ.Б.С.2 сем.)» в электронном университете «Moodle».

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, размещенные в электронных учебных курсах «Радиоэлектроника. Лекции 2 курс (РФФ.Б.С.1 сем.)» и «Радиоэлектроника. Лекции 2 курс (РФФ.Б.С.2 сем.)».

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Белов, Л. А. Радиоэлектроника. Формирование стабильных частот и сигналов : учебник для вузов / Л. А. Белов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 268 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14694-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/479061>

– Гололобов, В. Н. Радиоэлектроника. От азов до создания практических устройств : самоучитель / В. Н. Гололобов. — Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2020. — 528 с. — ISBN 978-5-94387-895-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/175404>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

– Каганов, В. И. Радиотехника: от истоков до наших дней : учебное пособие / В.И. Каганов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. — 352 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-00091-495-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1115107>. – Режим доступа: по подписке.

б) дополнительная литература:

– Теоретические основы радиотехники. Ч. 1 / А. И. Астайкин, А. П. Помазков ; под ред. А. И. Астайкина. - Саров : ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2003. - 553 с.

– Манаев Е. И. Основы радиоэлектроники / Е. И. Манаев. - Изд. 4-е. - Москва : ЛИБРОКОМ, 2013. – 511 с.

– Нефедов, В. И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов / В. И. Нефедов, А. С. Сигов ; под редакцией В. И. Нефедова. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 266 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02408-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490091>

– Основы радиоэлектроники : компьютерный лабораторный практикум / Г. М. Дейкова, В. А. Журавлев, А. С. Майдановский [и др. ; под ред. А. С. Майдановского]. – Томск : Изд-во НТЛ, 2006. – 216 с.

– Титце, У. Полупроводниковая схемотехника / У. Титце, К. Шенк. — 12-е изд. — Москва : ДМК Пресс, [б. г.]. — Том 1 — 2009. — 832 с. — ISBN 978-5-94120-200-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/915> (дата обращения: 05.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

– Титце, У. Полупроводниковая схемотехника / У. Титце, К. Шенк. — 12-е изд. — Москва : ДМК Пресс, [б. г.]. — Том II — 2009. — 942 с. — ISBN 978-5-94120-201-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/916> (дата обращения: 05.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

– Хоровиц П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл ; пер. с англ. Б. Н. Бронина [и др.]. - Изд. 7-е. - Москва : БИНОМ, 2014. - 704 с.: ил.. URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000504507/000504507.pdf>

в) ресурсы сети Интернет:

– Основы электротехники и электроники - <https://openedu.ru/course/urfu/ELB/>

– Журнал «Известия вузов. Радиоэлектроника» - <https://re.eltech.ru/>

– Журнал «Радиотехника и электроника» - <https://sciencejournals.ru/>

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office 2010 Russian Academic Open, Microsoft Windows Professional 7 Academic Open (Лицензия №47729022 от 26.11.2010)

– Пакет программного обеспечения PTC MathCad Education (Договор поставки №7193 от 14.10.2015).

– Пакет программного обеспечения MathWorks MATLAB Education (Договор поставки №7193 от 14.10.2015).

– Dr.Web Desktop Security Suite (Договор поставки №1095 от 21.10.2020);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### 14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лаборатории, оборудованные :

- Комплекты виртуальных измерительных приборов NI ELVIS II+

- Стандартные измерительные приборы

- Макеты исследуемых систем

## **15. Информация о разработчиках**

Доценко Ольга Александровна, доцент, канд. физ.-мат. наук, доцент каф.  
радиоэлектроники