

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 24.10.2023 13:59:21  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

Приложение к ОПОП  
«Микроволновая электроника»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТА»**

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

по профилю

**«Микроволновая электроника»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н. Шевченко С.А.

доцент, к.т.н. Иванов Б.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МВЭ

10.03.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией

ФЭЛ, 24.03.2022, протокол № 01/22

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра	МВЭ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	3
Семестр	5
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Лабораторные занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	75
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Дифф. зачет (курс)	3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТА»**

Основной целью изучения дисциплины НИРС является овладение методами самостоятельной научно-исследовательской работы в области изучения физических явлений (процессов в вакуумных и полупроводниковых приборных структурах с помощью методов моделирования и различных методов электрофизических измерений), используемых в современной микроволновой электронике и наноэлектронике, а также обучение современным инженерно-технологическим методам создания приборов и материалов, применяемых в микроволновой электронике.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«STUDENT RESEARCH WORK (NIRS)»**

The main goal of the student research work (NIRS) discipline is to master the methods of independent research in the study of physical phenomena (processes in vacuum and semiconductor device structures using simulation methods and various methods of electrophysical measurements) used in modern microwave electronics and nanoelectronics, as well as training in modern engineering -technological methods for creating instruments and materials used in microwave electronics.

## 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целью дисциплины является освоение обучающимися основных методов и подходов к самостоятельной научно-исследовательской работе в области изучения физических явлений в электронных схемах на основе пассивных и активных элементов (в т.ч. вакуумных и полупроводниковых), используемых в современной микроволновой электронике и наноэлектронике.

2. К задачам дисциплины относятся:

-закрепление навыков и знаний, полученных в курсе «Теоретические основы электротехники»;

-освоение методов приближенных оценок параметров электронных схем на основе пассивных элементов с активными и реактивными сопротивлениями;

-приобретение навыков стационарного, динамического и частотного анализа электронных схем;

-ознакомление с принципами моделирования активных элементов в составе электронных схем, а также методами создания моделей таких элементов.

3. Дисциплина обеспечивает формирование у обучающихся знаний о современных принципах и методах моделирования электронных схем.

4. Дисциплина формирует у обучающихся умения умения проводить расчеты простейших электронных схем с использованием современных программных средств SPICE-моделирования.

5. Дисциплина обеспечивает освоение обучающимися навыков владения основными программными средствами, реализующими технологию SPICE-моделирования электронных схем.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Информационные технологии»
2. «Теоретические основы электротехники»
3. «Методы математической физики»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Аналоговая схемотехника»
2. «Твердотельная электроника»
3. «Основы проектирования электронной компонентной базы»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-1	Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
<i>ПК-1.1</i>	<i>Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков</i>
<i>ПК-1.2</i>	<i>Владеет навыками компьютерного моделирования</i>
ПК-3	Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
<i>ПК-3.1</i>	<i>Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов</i>
<i>ПК-3.2</i>	<i>Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Аналитические методы расчета электрических цепей	4	4	0	8
2	Методы обработки и анализа результатов вычислительных и натурных экспериментов с помощью современных программных средств: MS Excel, Matlab, Origin	2	2	0	6
3	Знакомство с методами SPICE-моделирования. Виды расчетов. Примеры применения различных компьютерных программ.	2	2	0	5
4	Интегрирующие и дифференцирующие цепи	4	4	0	4
5	Линейные цепи при гармоническом воздействии	2	2	0	8
6	Последовательный колебательный контур	2	2	0	6
7	Параллельный колебательный контур	2	2	0	6
8	Магнитно-связанные цепи	2	2	0	4
9	Анализ частотных и динамических характеристик цепей с помощью компьютерных программ	4	4	0	6
10	Расчет динамических и частотных характеристик двухполупериодного выпрямителя на основе диодного моста	2	2	0	6
11	Особенности анализа электронных схем при большом и малом сигнале. Принципы построения малосигнальных эквивалентных схем	2	2	0	2
12	Методы синтеза SPICE-моделей активных элементов	2	2	0	6
13	Анализ схемы триодного усилителя напряжения. Расчет частотных и временных характеристик усилителя, работающего в различных классах усиления (А, В, С)	4	4	1	8
	Итого, ач	34	34	1	75
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4			



## 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Аналитические методы расчета электрических цепей	Элементы электрической цепи. Независимые источники тока и напряжения. Закон Ома для участка цепи. Обобщенный закон Ома. Законы Кирхгофа. Методы расчета сложных цепей постоянного тока: метод контурных токов, метод узловых напряжений.
2	Методы обработки и анализа результатов вычислительных и натурных экспериментов с помощью современных программных средств: MS Excel, Matlab, Origin	Требования к оформлению графических материалов, установленные ГОСТ 2.004-88, ГОСТ 2.319-81, ГОСТ 2.303-68, ГОСТ 3.1105-84. Общие методики работы с модулями визуализации, встроенные в программы Microsoft Excel, Mathworks MATLAB, Origin. Обзор способов подготовки наглядных иллюстративных материалов.
3	Знакомство с методами SPICE-моделирования. Виды расчетов. Примеры применения различных компьютерных программ.	Обзор актуального и современного программного обеспечения, предназначенного для схемотехнических (в частности, SPICE) расчетов: B2Spice, Microcap, OrCad, Multisim, AWR Mirowave Office, LTSPICE, Synopsys HSPICE. Расчет рабочей точки. Анализ схемы по постоянному току. Расчет АЧХ и ФЧХ схемы. Расчет переходных характеристик.
4	Интегрирующие и дифференцирующие цепи	Физический смысл понятий "емкость" и "индуктивность". Методы аналитического расчета электрической емкости и индуктивности тел. Источники электрического и магнитного полей. Переходные процессы в RC-цепи: включение на постоянное напряжение, разряд конденсатора на сопротивление. Переходные процессы в RL-цепи: включение на постоянное напряжение, разряд катушки на сопротивление, включение на линейно изменяющееся напряжение. Дифференцирующая цепь: вывод уравнения цепи, передаточная функция цепи, временные и частотные характеристики, виды дифференцирующих цепей. Интегрирующая цепь: вывод уравнения цепи, передаточная функция цепи, временные и частотные характеристики, виды интегрирующих цепей.
5	Линейные цепи при гармоническом воздействии	Понятия мгновенного, действующего и среднего значения величины. Понятие векторной диаграммы. Основные законы и формулы комплексной арифметики. Алгебраическая, показательная и тригонометрическая формы записи синусоидальной функции. Понятия активного и реактивного сопротивлений. Комплексное сопротивление. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Комплексная мощность. Баланс мощностей.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
6	Последовательный колебательный контур	Понятие передаточной функции цепи. Амплитудно-частотная характеристика цепи. Фазочастотная характеристика цепи. Единицы логарифмические измерения ширины частотных диапазонов. Логарифмические единицы измерения энергетических характеристик и силовых величин. Понятие резонанса. Резонанс напряжений в последовательном колебательном контуре. Входное сопротивление последовательного колебательного контура. Условие резонанса напряжений. Характеристическое сопротивление контура. Понятия добротности и затухания контура. Понятие расстройки. Уравнение резонансной кривой.
7	Параллельный колебательный контур	Параллельный колебательный контур. Резонанс тока. Условие резонанса. Резонансная частота в параллельном колебательном контуре. Сопротивление контура при резонансе. Добротность контура. Частный случай резонанса токов: цепь без потерь.
8	Магнитно-связанные цепи	Закон Фарадея. Магнитное поле и магнитный поток. Магнитно-связанные цепи. Понятие взаимной индуктивности. Согласное и встречное включение катушек. Коэффициент связи. Индуктивно связанные колебательные контуры. Понятие фактора связи. Критическая связь. Передаточная функция системы, состоящей из двух индуктивно связанных контуров. Трансформатор напряжения. Коэффициент трансформации. Применения индуктивно-связанных цепей.
9	Анализ частотных и динамических характеристик цепей с помощью компьютерных программ	Фильтры (ФНЧ, ФВЧ, полосно-пропускающий фильтр, полосно-заграждающий фильтр, гребенчатый фильтр). Понятия полосы пропускания и полосы заграждения фильтра. Анализ схем по переменному сигналу. Методы расчета АЧХ и ФЧХ. Понятие переходной характеристики. Стандартные радиотехнические уровни, по которым измеряются перепады величин во времени. Методы расчета переходных характеристик.
10	Расчет динамических и частотных характеристик двухполупериодного выпрямителя на основе диодного моста	Выпрямитель электрического тока. Краткие сведения о работе полупроводникового диода с р-п переходом. Вольтамперная характеристика диода. Временные диаграммы работы однополупериодного выпрямителя. Временные диаграммы работы двухполупериодного выпрямителя на основе диодного моста. Методы приближенных оценок параметров выпрямительных схем.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
11	Особенности анализа электронных схем при большом и малом сигнале. Принципы построения малосигнальных эквивалентных схем	Линейные и нелинейные электрические цепи. H-параметры, Z-параметры и Y-параметры многополюсников. Понятие малосигнального приближения при анализе нелинейных цепей на основе активных элементов с нелинейными вольтамперными характеристиками. Линеаризация поведения нелинейных элементов. Алгоритм расчета частотных характеристик схем в малосигнальном приближении.
12	Методы синтеза SPICE-моделей активных элементов	Виды моделей электронных компонентов. Понятие SPICE-модели. Методы экстракции SPICE-параметров дискретных электронных компонентов. Электронная лампа. Применения ЭЛ. Вакуумный диод с термокатодом. Закон "степени трех вторых". Принцип управления электронным потоком с помощью дополнительных электродов. Скоростная модуляция. Вакуумный триод. Действующий потенциал. Основные характеристики триода. Эквивалентная схема замещения триода. Методика синтеза SPICE-параметров триода. Понятие макромодели и директива .subckt.
13	Анализ схемы триодного усилителя напряжения. Расчет частотных и временных характеристик усилителя, работающего в различных классах усиления (А, В, С)	Усилитель. Понятия коэффициентов усиления по мощности, по напряжению и по току. Общие сведения об усилителях. Усилитель как четырехполюсное устройство. Линейная теория усилителей. Входное и выходное сопротивление. Ламповый усилитель. Варианты включения лампы в усилительный каскад. Связь Y-параметров триода с его ВАХ. Интегральный график и нагрузочная характеристика. Рабочая точка схемы усилителя. Режимы работы усилителя (классы колебаний). Режим работы усилителя в условиях сильных искажений выходного сигнала (clipping). Коэффициент нелинейных искажений. Коэффициент гармонических искажений. Основные параметры усилителей.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Исследование характеристик линейных цепей в режиме анализа по постоянному току	5
2. Исследование переходных процессов в цепях с реактивными элементами	5
3. Одиночные колебательные контуры	5
4. Исследование цепей с индуктивной связью	4
5. Моделирование двухполупериодного выпрямителя на основе диодного моста	6
6. Синтез SPICE-модели триода	3
7. Исследование триодного усилителя	6
Итого	34

### 4.3 Перечень практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

### 4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

### 4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

### 4.6 Индивидуальное домашнее задание

#### Пример одного из индивидуальных домашних заданий

Цель ИДЗ: освоение методов моделирования электронных схем в программном обеспечении LTSPICE на персональных электронных вычислительных машин (ПЭВМ).

Два источника тока соединены в цепь (рис. 1.57). Ток первого  $I_1 = 3$  мА, его внутренняя проводимость  $G_1 = 0,05$  См, второго  $I_2 = 2$  мА,  $G_2 = 0,01$  См. Сопротивления  $R_3 = 5$  Ом,  $R_4 = 30$  Ом. Построить модель схемы в программе LTSPICE, рассчитать ее рабочую точку и определить токи во всех ветвях схемы. В качестве ответа укажите ток, проходящий через сопротивление  $R_4$  и величину падения на нем напряжения.

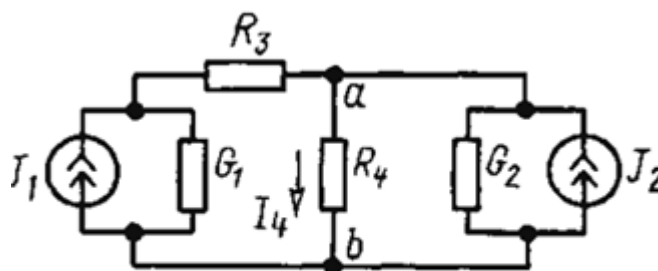


Рис. 1.57

ИДЗ должно быть оформлено в виде пояснительной записки объемом до 5 стра-

ниц. При выполнении ИДЗ ссылки на источники указывать не обязательно. Пояснительная записка должна содержать следующие структурные элементы: титульный лист, перечень задач к самостоятельному решению, решение этих задач в виде аналитических выкладок, а также снимков экрана персональной электронной вычислительной машины (ПЭВМ), содержащих результаты расчета схем в программном обеспечении LTSPICE. Требования к оформлению пояснительной записки регламентируются нормами, указанными в ГОСТ 7.32-2017 СИБИД. Преподавателю сдается твердая копия пояснительной записки в одном экземпляре за подписью обучающегося.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной

дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	30
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	15
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	10
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	5
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	15
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>75</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Разевиг, Всеволод Данилович. Применение программ P-CAD и PSpice для схемотехнического моделирования на ПЭВМ: В 4 вып. [Текст]. Вып. 3 : Моделирование аналоговых устройств : монография, 1992. -120 с.	83
2	Основы теоретической электротехники [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 210300 "Радиотехника" / Ю.А. Бычков, В.М. Золотницкий, Э.П. Чернышев, А.Н. Белянин, 2008. -592 с.	873
3	Шимони, Карой. Теоретическая электротехника [Текст] : монография / К. Шимони ; пер. с нем. под ред. К.М. Поливанова, 1964. -773 с.	39
4	Шебес, Михаил Романович. Задачник по теории линейных электрических цепей [Текст] : учеб. пособие для электротехн. и радиотехн. специальностей вузов / М.Р. Шебес, 1982. -488 с.	33
5	Зернов, Николай Викторович. Теория радиотехнических цепей [Текст] / Н.В. Зернов, В.Г. Карпов, 1972. -815, [1] с.	14
Дополнительная литература		
1	Моделирование электрических цепей с применением программных средств [Текст] : лаб. практикум по ТОЭ / [А. П. Барков [и др.] ; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ". Ч. 1, 2011. -157, [2] с.	339
2	Хоровиц, Пауль. Искусство схемотехники [Текст] / П. Хоровиц, У. Хилл ; пер. с англ. Б.Н. Бронина [и др.], 2003. -704 с.	33

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Центр инженерных технологий и моделирования Экспонента <a href="http://www.exponenta.ru">www.exponenta.ru</a>
2	ДОСТУП ЧЕРЕЗ КЛИЕНТ VPN: Руководство пользователя по программе LTSPICE <a href="https://www.analog.com/media/en/simulation-models/spice-models/">https://www.analog.com/media/en/simulation-models/spice-models/</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=12601>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Научно-исследовательская работа студента» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

#### Зачет с оценкой

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.



## Особенности допуска

Промежуточная аттестация в виде зачета с оценкой производится при выполнении всех показателей текущей аттестации:

- защищены лабораторные работы;
- решены все контрольные работы (примеры вопросов к которым приведены в п. 6.2);
- решены все индивидуальные домашние задания;
- у студента имеется конспект лекций.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Запишите закон Ома для участка цепи и в обобщенной форме.
2	Укажите, в чем состоит сущность метода контурных токов и метода узловых напряжений.
3	Укажите основные требования к оформлению научно-технических отчетов, регламентируемые ГОСТ 7.32-2017.
4	Укажите основные применения SPICE-программ моделирования. Приведите примеры расчетов, которые можно проводить с помощью таких программ.
5	Приведите пример входных данных, требующихся для SPICE-расчета рабочей точки электрической схемы.
6	Приведите пример входных данных, требующихся для SPICE-расчета схемы по постоянному току.
7	Приведите пример входных данных, требующихся для малосигнального SPICE-расчета электрической схемы.
8	В чем состоит физический смысл понятий "электрическая емкость" и "индуктивность участка проводника"? Приведите примеры аналитических соотношений, по которым рассчитывается электрическая емкость плоского конденсатора и индуктивность катушки, состоящей из 10 витков.
9	Выведите решение системы уравнений для расчета переходного процесса в RC-цепи при условии, что цепь включается на постоянное напряжение.
10	Выведите решение системы уравнений для расчета переходного процесса в RL-цепи при условии, что цепь включается на постоянное напряжение.
11	Каково функциональное назначение фильтров нижних и верхних частот?
12	Укажите, в чем состоят различия между понятиями мгновенного, действующего и среднего значения физической величины. Что такое импеданс?
13	Запишите законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме.

14	Что такое резонанс в колебательном контуре? Укажите основные параметры, численно характеризующие колебательные контуры.
15	Объясните понятия "резонанс напряжений" и "резонанс токов". Запишите уравнения резонансных кривых для последовательного и параллельного колебательных контуров.
16	Раскройте понятие "индуктивной связи". Какие цепи считаются магнитно-связанными?
17	Почему в системе, состоящей из двух индуктивно связанных колебательных контуров, появляется несколько резонансов на частотах, отличающихся от резонансных частот одиночных контуров с идентичными параметрами?
18	Укажите, что такое трансформатор напряжения? Как рассчитывается коэффициент трансформации?
19	Приведите примеры применения индуктивно-связанных цепей.
20	Укажите принципиальное различие между понятиями "амплитудный спектр сигнала" и "амплитудно-частотная характеристика цепи"
21	Опишите принцип работы двухполупериодного выпрямителя на основе диодного моста.
22	Какой из элементов схемы двухполупериодного выпрямителя на основе диодного моста наиболее сильно влияет на амплитуду пульсаций выходного напряжения?
23	Что включает в себя понятие "малосигнального приближения" при анализе цепей на основе элементов с нелинейными вольтамперными характеристиками?
24	Каким образом происходит процедура линеаризации нелинейных элементов электрических схем?
25	Какую модель активного элемента можно считать SPICE-моделью?
26	Опишите принцип работы вакуумного триода. Какие основные характеристики выделяются у триодов?
27	Укажите все известные вам эквивалентные схемы замещения триодов.
28	Что такое усилитель? Какие виды усилителей выделяются?
29	Какие варианты включения лампы в усилительный каскад существуют? Как связаны Y-параметры триода с его ВАХ?
30	Как подбирается рабочая точка схемы усилителя и рассчитывается его нагрузочная характеристика?
31	Какие выделяются классы колебаний? По какому критерию происходит деление?

## Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Примерные вопросы для контрольных работ:

1. Найти все токи и определить потенциалы точек  $a$ ,  $b$ ,  $c$  относительно земли 0 (рис. 1.40) при  $E_1 = 85$  В,  $E_2 = 84$  В,  $E_3 = 5$  В,  $E_4 = 12$  В,  $R_1 = 8$  Ом,  $R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 10$  Ом,  $R_6 = 4$  Ом. Решить задачу методом контурных токов. Построить схему в LTSPICE и рассчитать ее рабочую точку. Сравнить расчетные значения потенциалов точек  $a$ ,  $b$ ,  $c$  со значениями, полу-

ченными при моделировании схемы.

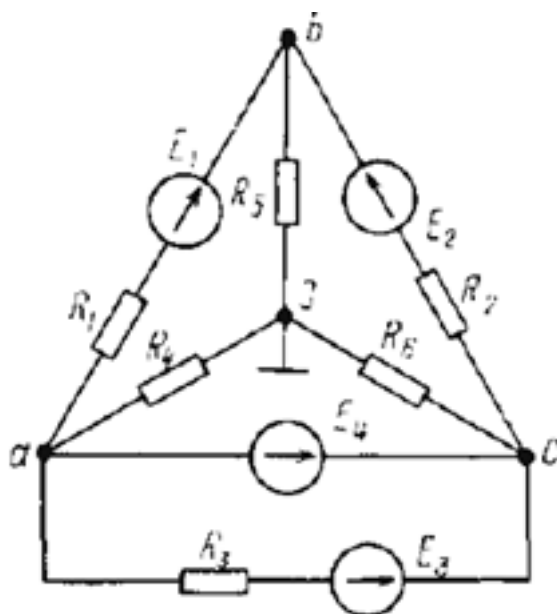


Рис. 1.40

2. Конденсатор емкостью  $C_1 = 45$  мкФ заряжается через резистор, сопротивление которого  $R_1 = 10$  кОм от источника энергии с напряжением  $U = 500$  В. Чему равен заряд конденсатора, когда ток составляет половину своего начального значения? С какой скоростью нарастает заряд в этот момент? Построить схему в LTSPICE и рассчитать ее переходные характеристики при включении конденсатора на указанное напряжение.

3. Определить емкость  $C_1$  конденсатора, который надо включить последовательно с катушкой, имеющей резистивное сопротивление  $R_1 = 16$  Ом и индуктивность  $L_1 = 158$  мкГн для того, чтобы цепь была настроена на резонанс при частоте  $f_0 = 1$  МГц. Найти ток, выделяемую в цепи мощность, напряжения на конденсаторе и катушке при резонансе, если приложенное к цепи напряжение  $U = 0,8$  В. Построить схему в LTSPICE и рассчитать ее АЧХ и ФЧХ.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сфор-

мированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
2	Аналитические методы расчета электрических цепей	Контрольная работа
3	Знакомство с методами SPICE-моделирования. Виды расчетов. Примеры применения различных компьютерных программ.	Отчет по лаб. работе
4	Знакомство с методами SPICE-моделирования. Виды расчетов. Примеры применения различных компьютерных программ.	ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
5	Интегрирующие и дифференцирующие цепи	Отчет по лаб. работе
6	Последовательный колебательный контур Параллельный колебательный контур	Отчет по лаб. работе
7	Последовательный колебательный контур Параллельный колебательный контур	ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
8	Магнитно-связанные цепи	Отчет по лаб. работе
9	Расчет динамических и частотных характеристик двухполупериодного выпрямителя на основе диодного моста	Отчет по лаб. работе
10	Особенности анализа электронных схем при большом и малом сигнале. Принципы построения малосигнальных эквивалентных схем	Коллоквиум
11	Методы синтеза SPICE-моделей активных элементов	Отчет по лаб. работе
14	Анализ схемы триодного усилителя напряжения. Расчет частотных и временных характеристик усилителя, работающего в различных классах усиления (А, В, С)	Отчет по лаб. работе
15	Анализ схемы триодного усилителя напряжения. Расчет частотных и временных характеристик усилителя, работающего в различных классах усиления (А, В, С)	Коллоквиум

### 6.4 Методика текущего контроля

#### Методика текущего контроля

##### 1. Методика текущего контроля на лекционных занятиях

1.1. Текущий контроль включает в себя:

- контроль посещаемости (не менее 80% занятий);

- выполнение контрольных, оценки за которые по четырехбалльной шкале

выставляются по следующим критериям:

«отлично» - вопрос раскрыт полностью, задача решена правильно;

«хорошо» - вопрос раскрыт не полностью, задача решена частично;

«удовлетворительно» - в ответе на вопрос имеются существенные ошибки; задача не решена или решена неправильно, ход решения правильный;

«неудовлетворительно» - отсутствует ответ на вопрос или содержание ответа не совпадает с поставленным вопросом, задача не решена, ход решения неправильный;

- выполнение 2 индивидуальных домашних задания, оценка за которые выставляется в соответствии со следующими критериями:

«отлично» - вопрос раскрыт полностью, задача решена правильно;

«хорошо» - вопрос раскрыт не полностью, задача решена частично;

«удовлетворительно» - в ответе на вопрос имеются существенные ошибки; задача не решена или решена неправильно, ход решения правильный;

«неудовлетворительно» - отсутствует ответ на вопрос или содержание ответа не совпадает с поставленным вопросом, задача не решена, ход решения неправильный;

- выполнение 8 заданий к самостоятельному выполнению по лабораторно-практическим работам.

1.2. В ходе проведения занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

### **3. Методика текущего контроля на лабораторных занятиях**

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине «Научно-исследовательская работа студента» студент обязан выполнить 7 лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспе-

риментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После каждых 5 лабораторных работ предусматривается проведение коллоквиума на 10 и 15 неделях, на которых осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется индивидуально. Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Примеры контрольных вопросов приведены в критериях оценивания.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на экзамен.

## **2. Методика текущего контроля самостоятельной работы студентов.**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных занятиях студентов по методикам, описанным выше.



## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, ЭВМ, маркерная доска, маркер, экран, проектор, презентер.	Для преподавателя: 1) Операционная система Microsoft Windows XP и выше; 2) пакет офисных программ Microsoft Office 2007 и выше; 3) программа Mathworks MATLAB версии R2013b и выше; 4) программа LTSPICE.
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, проектор, экран, меловая или маркерная доска. Помещение должно быть оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	Для студента: 1) Операционная система Microsoft Windows XP и выше; 2) пакет офисных программ Microsoft Office 2007 и выше; 3) программа Mathworks MATLAB версии R2013b и выше; 4) программа LTSPICE.

<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Помещение для самостоятельной работы</p>	<p>Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.</p>	<p>Для студента:  1) Операционная система Microsoft Windows XP и выше;  2) пакет офисных программ Microsoft Office 2007 и выше;  3) программа Mathworks MATLAB версии R2013b и выше;  4) программа LTSPICE.</p>
-------------------------------	---	---	---

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>