

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 4 от « 12 » января 2022 г.

Зав. кафедрой  / Р.Б. Салихов

Согласовано:  
Председатель УМК института

 / М.Х. Балапанов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина «Теория электрических цепей»

*(наименование дисциплины)*

Б1.О.28. обязательная часть

*(указать часть (обязательная часть или часть, формируемая участниками образовательных отношений, факультатив))*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

*(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки


Оптические системы и сети связи

*(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация

бакалавр

*(указывается квалификация)*

Разработчик (составитель) <u>доцент, к.ф.-м.н.</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 / <u>Л.А. Габдрахманова</u> (подпись, Фамилия И.О.)
---	--


Для приема: 2022

Уфа 2022 г.

Составитель: Л.А. Габдрахманова

Рабочая программа дисциплины *утверждена* на заседании кафедры протокол от « 12 » января 2022 г. № 4

Заведующий кафедрой

 / Р.Б. Салихов

## **Список документов и материалов**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
  - 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций (при наличии ОПК)	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	<p><i>ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</i></p>	<p><i>ОПК-1.1. Знать фундаментальные законы природы и основные физические математические законы</i></p>	<p><i>Знать методы и средства экспериментального исследования электрических цепей и измерения их параметров</i></p>
		<p><i>ОПК-1.2. Знать фундаментальные законы природы и основные физические математические законы</i></p>	<p><i>Знать основы теории электрических аналоговых и дискретных фильтров, частотные характеристики электрических цепей; основные методы анализа и синтеза электрических цепей</i></p>
		<p><i>ОПК-1.3. Владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач</i></p>	<p><i>Владеть современными методами анализа, синтеза и расчёта электрических цепей, а также, методами моделирования и исследования различных режимов электрических цепей на персональных компьютерах</i></p>
		<p><i>ОПК-1.4. Владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач</i></p>	<p><i>Владеть навыками чтения и изображения электрических цепей, навыками составления эквивалентных расчетных схем на базе принципиальных электрических схем цепей</i></p>
	<p><i>ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных</i></p>	<p><i>ОПК-2.1. Уметь выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования</i></p>	<p><i>Уметь объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на функциональные свойства и переходные процессы электрических цепей</i></p>

		<i>ОПК-2.2. Уметь выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования</i>	<i>Уметь рассчитывать и измерять параметры и характеристики линейных и нелинейных электрических цепей</i>
		<i>ОПК-2.3. Уметь выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования</i>	<i>Уметь использовать знания, при изучении теории электрических цепей для успешного овладения характеристиками и параметрами электрических цепей</i>
		<i>ОПК-2.4. Владеть способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений</i>	<i>Владеть навыками работы с контрольно-измерительными приборами</i>

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Теория электрических цепей» относится к обязательной части.

Дисциплина изучается на 1-2 курсах в 2-3 семестрах.

Цели изучения дисциплины: изучение студентами теории различных электрических цепей для решения проблем передачи, обработки и распределения электрических сигналов в системах связи, а также усвоение современных методов анализа, синтеза и расчёта электрических цепей, методов моделирования и исследования различных режимов электрических цепей на персональных ЭВМ.

Данная дисциплина предназначена для студентов направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Учебная дисциплина «Теория электрических цепей» является первой дисциплиной, в которой студенты изучают основы построения, преобразования и расчета электрических цепей инфокоммуникационных устройств. Она находится на стыке дисциплин, обеспечивающих базовую и специальную подготовку студентов. Изучая эту дисциплину, студенты впервые знакомятся с принципами функционирования, методами анализа и синтеза рассматриваемых электрических цепей. Изучаемая дисциплина формирует общетехнический фундамент подготовки будущих специалистов в области инфокоммуникационных технологий и систем связи, а приобретенные студентами знания и навыки необходимы как для квалифицированной эксплуатации инфокоммуникационной аппаратуры, так и для разработки устройств, связанных с передачей и обработкой сигналов.

В результате изучения настоящей дисциплины студенты получают знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и являющиеся фундаментом для изучения ряда последующих специальных дисциплин и практической работы специалистов в области оптической связи.

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотношенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Код и формулировка компетенции:

ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности;

ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
<i>ОПК-1.1. Знать фундаментальные законы природы и основные физические математические законы</i>	<i>Знать методы и средства экспериментального исследования электрических цепей и измерения их параметров</i>	<i>Не знает методов и средств экспериментального исследования электрических цепей и измерения их параметров</i>	<i>Имеет частичные и отрывочные знания методов и средств экспериментального исследования электрических цепей и измерения их параметров</i>	<i>Достаточно уверенно знает методов и средств экспериментального исследования электрических цепей и измерения их параметров</i>	<i>Уверенно знает методов и средств экспериментального исследования электрических цепей и измерения их параметров</i>
<i>ОПК-1.2. Знать фундаментальные законы природы и основные физические математические законы</i>	<i>Знать основы теории электрических аналоговых и дискретных фильтров, частотные характеристики электрических цепей; основные методы анализа и синтеза электрических цепей</i>	<i>Не знает основы теории электрических аналоговых и дискретных фильтров, частотные характеристики электрических цепей; основные методы анализа и синтеза электрических цепей</i>	<i>Имеет частичные и отрывочные знания по основам теории электрических аналоговых и дискретных фильтров, частотные характеристики и электрических цепей; основные методы анализа и синтеза электрических цепей</i>	<i>Достаточно уверенно знает основы теории электрических аналоговых и дискретных фильтров, частотные характеристики и электрических цепей; основные методы анализа и синтеза электрических цепей</i>	<i>Уверенно знает основы теории электрических аналоговых и дискретных фильтров, частотные характеристики и электрических цепей; основные методы анализа и синтеза электрических цепей</i>
<i>ОПК-1.3. Владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач</i>	<i>Владеть современными методами анализа, синтеза и расчёта электрических цепей, а</i>	<i>Не владеет современным и методами анализа, синтеза и расчёта электрических цепей, а также,</i>	<i>Владеет частично современными методами анализа, синтеза и расчёта электрических цепей, а</i>	<i>Достаточно уверенно владеет современными методами анализа, синтеза и расчёта электрических</i>	<i>Уверенно владеет современными методами анализа, синтеза и расчёта электрических цепей, а</i>

	также, методами моделирования и исследования различных режимов электрических цепей на персональных компьютерах	методами моделирования и исследования различных режимов электрических цепей на персональных компьютерах	также, методами моделирования и исследования различных режимов электрических цепей на персональных компьютерах	цепей, а также, методами моделирования и исследования различных режимов электрических цепей на персональных компьютерах	также, методами моделирования и исследования различных режимов электрических цепей на персональных компьютерах
ОПК-1.4. Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	Владеет навыками чтения и изображения электрических цепей, навыками составления эквивалентных расчетных схем на базе принципиальных электрических схем цепей	Не владеет навыками чтения и изображения электрических цепей, навыками составления эквивалентных расчетных схем на базе принципиальных электрических схем цепей	Владеет частично навыками чтения и изображения электрических цепей, навыками составления эквивалентных расчетных схем на базе принципиальных электрических схем цепей	Достаточно уверенно владеет навыками чтения и изображения электрических цепей, навыками составления эквивалентных расчетных схем на базе принципиальных электрических схем цепей	Уверенно владеет навыками чтения и изображения электрических цепей, навыками составления эквивалентных расчетных схем на базе принципиальных электрических схем цепей
ОПК-2.1. Уметь выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования	Уметь объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на функциональные свойства и переходные процессы электрических цепей	Не умеет объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на функциональные свойства и переходные процессы электрических цепей	Частично и отрывочно умеет объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на функциональные свойства и переходные процессы электрических цепей	Достаточно уверенно умеет объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на функциональные свойства и переходные процессы электрических цепей	Уверенно умеет объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на функциональные свойства и переходные процессы электрических цепей
ОПК-2.2. Уметь выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования	Уметь рассчитывать и измерять параметры и характеристики линейных и нелинейных электрических цепей	Не умеет рассчитывать и измерять параметры и характеристики линейных и нелинейных электрических цепей	Частично и отрывочно умеет рассчитывать и измерять параметры и характеристики линейных и нелинейных электрических цепей	Достаточно уверенно умеет рассчитывать и измерять параметры и характеристики линейных и нелинейных электрических цепей	Уверенно умеет рассчитывать и измерять параметры и характеристики линейных и нелинейных электрических цепей
ОПК-2.3. Уметь выбирать способы и	Уметь использовать знания, при изучении	Не умеет использовать знания, при	Частично и отрывочно умеет использовать	Достаточно уверенно умеет использовать	Уверенно умеет использовать знания, при

<i>средства измерений и проводить экспериментальные исследования</i>	<i>теории электрических цепей для успешного овладения характеристиками и параметрами электрических цепей</i>	<i>изучении теории электрических цепей для успешного овладения характеристиками и параметрами электрических цепей</i>	<i>знания, при изучении теории электрических цепей для успешного овладения характеристиками и параметрами электрических цепей</i>	<i>знания, при изучении теории электрических цепей для успешного овладения характеристиками и параметрами электрических цепей</i>	<i>изучении теории электрических цепей для успешного овладения характеристиками и параметрами электрических цепей</i>
<i>ОПК-2.4. Владеть способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений</i>	<i>Владеть навыками работы с контрольно-измерительными приборами</i>	<i>Не владеет навыками работы с контрольно-измерительными приборами</i>	<i>Владеет частично навыками работы с контрольно-измерительными приборами</i>	<i>Достаточно уверенно владеет навыками работы с контрольно-измерительными приборами</i>	<i>Уверенно владеет навыками работы с контрольно-измерительными приборами</i>

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине**

<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине</b>	<b>Оценочные средства</b>
<i>ОПК-1.1. Знать фундаментальные законы природы и основные физические математические законы</i>	<i>Знать методы и средства экспериментального исследования электрических цепей и измерения их параметров</i>	<i>Индивидуальный, групповой опрос; письменные ответы на вопросы; устный опрос; выполнение лабораторных работ и составление отчетов; текущие контрольные работы</i>
<i>ОПК-1.2. Знать фундаментальные законы природы и основные физические математические законы</i>	<i>Знать основы теории электрических аналоговых и дискретных фильтров, частотные характеристики электрических цепей; основные методы анализа и синтеза электрических цепей</i>	<i>Индивидуальный, групповой опрос; письменные ответы на вопросы; устный опрос; выполнение лабораторных работ и составление отчетов; текущие контрольные работы</i>
<i>ОПК-1.3. Владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач</i>	<i>Владеть современными методами анализа, синтеза и расчёта электрических цепей, а также, методами моделирования и исследования различных режимов электрических цепей на персональных компьютерах</i>	<i>Защита лабораторных работ; контрольные работы; компьютерное моделирование электрических цепей</i>
<i>ОПК-1.4. Владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач</i>	<i>Владеть навыками чтения и изображения электрических цепей, навыками составления эквивалентных расчетных схем на</i>	<i>Защита лабораторных работ; контрольные работы; компьютерное моделирование электрических цепей</i>



	<i>базе принципиальных электрических схем цепей</i>	
<i>ОПК-2.1. Уметь выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования</i>	<i>Уметь объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на функциональные свойства и переходные процессы электрических цепей</i>	<i>Контрольные работы; работы по расчету линейных разветвленных цепей постоянного тока и результатов лабораторных работ</i>
<i>ОПК-2.2. Уметь выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования</i>	<i>Уметь рассчитывать и измерять параметры и характеристики линейных и нелинейных электрических цепей</i>	<i>Контрольные работы; работы по расчету линейных разветвленных цепей постоянного тока и результатов лабораторных работ</i>
<i>ОПК-2.3. Уметь выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования</i>	<i>Уметь использовать знания, при изучении теории электрических цепей для успешного овладения характеристиками и параметрами электрических цепей</i>	<i>Контрольные работы; работы по расчету линейных разветвленных цепей постоянного тока и результатов лабораторных работ</i>
<i>ОПК-2.4. Владеть способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений</i>	<i>Владеть навыками работы с контрольно-измерительными приборами</i>	<i>Защита лабораторных работ; контрольные работы; компьютерное моделирование электрических цепей</i>

Критериями оценивания при модульно-рейтинговой системе являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

## Рейтинг – план дисциплины

### Теория электрических цепей

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

курс 1, семестр 2

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за время освоения модуля	Баллы за время освоения модуля	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль I. Основные законы и общие методы расчета электрических цепей. Цепи гармонического тока.</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Получение допуска и выполнение лабораторных работ	3	3	0	9
2. Выполнение расчетов и оформление отчетов по лабораторным работам	2	3	0	6
3. Защита отчетов по лабораторным работам	2	3	0	6
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Письменная контрольная работа	14	1	0	14
<b>Всего баллов за модуль</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Модуль II. Колебательные (резонансные) цепи. Переходные процессы в линейных цепях. Электрические фильтры. Спектральный метод представления электрических сигналов и колебаний.</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
1. Получение допуска и выполнение лабораторных работ	3	3	0	9
2. Выполнение расчетов и оформление отчетов по лабораторным работам	2	3	0	6
3. Защита отчетов по лабораторным работам	2	3	0	6
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Письменная контрольная работа	14	1	0	14
<b>Всего баллов за модуль</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Участие в конференциях	10	1	0	10
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Непосещение лекционных занятий			0	-6
2. Непосещение практических занятий			0	-10
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Экзамен				30
2. Курсовая работа				

## Рейтинг – план дисциплины

### Теория электрических цепей

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

курс 2, семестр 3

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1:</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Текущий контроль</b>			0	15
1. Коллоквиум	5	3	0	15
<b>Рубежный контроль</b>			0	20
1. Коллоквиум	5	4	0	20
<b>Модуль 2:</b>			<b>0</b>	<b>35</b>
<b>Текущий контроль</b>			0	15
1. Коллоквиум	5	3	0	15
<b>Рубежный контроль</b>				20
1. Коллоквиум	5	4	0	20
<b>Поощрительные баллы</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
1. Участие в конференциях, публикация статей	10	1	0	10
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			0	-6
2. Посещение практических (семинарских занятий)			0	-10
<b>Итоговый контроль</b>				
Экзамен				30

### Экзаменационные билеты

Структура экзаменационного билета:

*экзаменационный билет состоит из двух вопросов, взятых из соответствующих модулей рабочей программы.*

#### Перечень вопросов для экзамена на 1 курсе во 2 семестре:

1. Потенциальные точки. Напряжения. Ток. Мощность. Энергия. Резистивное сопротивление. Ёмкость. Индуктивность.
2. Закон Ома. Законы Кирхгофа.
3. Электрическая цепь. Элементы электрической цепи.
4. Электрическая схема. Элементы электрической схемы.
5. Планарные и не планарные электрические цепи.
6. Свойства идеальных элементов электрической цепи: резистор, конденсатор, катушка индуктивности.
7. Источник энергии,
8. Операционный усилитель.
9. Последовательное соединение элементов электрической цепи (сопротивление, индуктивность, конденсатор и источники эдс).

10. Параллельное соединение элементов электрической цепи (сопротивление, индуктивность, конденсатор и источники тока).
11. Смешанное соединение элементов электрической цепи.
12. Маркировка и типы пассивных элементов электрической цепи: маркировка, типы сопротивлений и конденсаторов.
13. Расчет токов и напряжений в параллельных и последовательных цепях.
14. Независимые уравнения, составленные по 1-му Закону Кирхгофа.
15. Независимые уравнения, составленные по 2-му Закону Кирхгофа.
16. Метод токов ветвей.
17. Метод контурных токов (частное).
18. Расчет мостовой схемы методом контурных токов.
19. Метод узловых напряжений.
20. Расчет массовой схемы методом узловых напряжений.
21. Метод наложения.
22. Расчет схемы методом наложения.
23. Гармонические колебания. Генерирование гармонических колебаний.
24. Действующее и среднее значение гармонического тока.
25. Представление гармонических колебаний вращающимися векторами.
26. Представление гармонических колебаний с помощью комплексных чисел: комплексные числа, комплексное представление гармонических колебаний.
27. Три формы представления гармонического напряжения.
28. Гармонический ток в сопротивлении.
29. Гармонический ток в индуктивности.
30. Гармонический ток в конденсаторе.
31. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме.
32. Гармонический ток в последовательно соединённых элементах  $R, L, C$ .
33. Гармонический ток в параллельно соединённых элементах  $R, L, C$ .
34. Эквивалентные участки эл. цепи.
35. Преобразование треугольника в эквивалентную звезду.
36. Преобразование звезды в эквивалентный треугольник.
37. Преобразование симметричных схем.
38. Эквивалентные источники напряжения и тока.
39. Колебательные (резонансные) цепи.
40. Последовательный колебательный контур.
41. Добротность колебательного контура.
42. Частотные характеристики последовательного колебательного контура.
43. Параллельный колебательный контур.
44. Связанные колебательные контуры.
45. Трансформаторы. Идеальный трансформатор.
46. Переходные процессы в ЭЦ и понятие коммутации и начальные условия.
47. Принужденный и свободный режимы переходных процессов.
48. Классический метод анализа электрических цепей.
49. Электрические фильтры. Классификация и рабочие параметры.

### **Перечень вопросов для экзамена на 2 курсе в 3 семестре:**

1. Электронные приборы как нелинейные сопротивления.
2. Характеристики газоразрядных (ионных) приборов.
3. Неоновая лампа, стабилитрон.
4. Тиратрон тлеющего разряда, тиратрон с накаливаемым катодом.
5. Характеристики фотоэлектронных приборов.
6. Фотоэлементы.
7. Фоторезисторы.
8. Фотодиоды.

9. Нелинейные сопротивления на p-n переходах. Туннельный диод.
10. Обращенный диод, варикап.
11. Фототранзистор.
12. Тиристоры.
13. Нелинейные активные сопротивления, управляемые магнитным полем.
14. Эффект Холла.
15. Варисторы. Их вольт-амперные характеристики.
16. Терморезисторы и их вольт-амперные характеристики.
17. Свойства термисторов, их вольт-амперные характеристики.
18. Позисторы.
19. Электрическая дуга.
20. Нелинейные индуктивности и емкости.
21. Устройства на нелинейных индуктивностях.
22. Магнитный усилитель мощности
23. Характеристики ферромагнитных материалов.
24. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы.
25. Потери, обусловленные гистерезисом и вихревыми токами.
26. Динамические петли гистерезиса.
27. Нелинейные конденсаторы – вариконды.
28. Антисегнетоэлектрики.
29. Аппроксимация характеристик для мгновенных значений. Кусочно – линейная аппроксимация.
30. Аналитическая аппроксимация.
31. Аппроксимация гистерезисной кривой.
32. Формирование нелинейных двухполюсников с заданными ВАХ. Типичные нелинейности механических систем. Воспроизведение нелинейных зависимостей при использовании метода структурных моделей.
33. Формирование двухполюсников с заданными ВАХ при использовании диодов и источников опорного напряжения.
34. Реализация вогнутых монотонных ВАХ.
35. Реализация выпуклых монотонных ВАХ.
36. Характеристики двухполюсников с туннельными диодами.
37. Встречные соединения двух туннельных диодов одинаковых с одинаковыми ВАХ.
38. Многоступенчатые ВАХ для средних за полпериода значений токов и напряжений.
39. Синтез нелинейных элементов с помощью новых схемных элементов. Свойства мутатора. Реализация мутаторов и их применения.
40. Синтез нелинейных элементов с помощью новых схемных элементов. Свойства и реализация скалоров. Некоторые применения нового элемента.
41. Синтез нелинейных элементов с помощью новых схемных элементов. Свойства и реализация рефлекторов и их применения.
42. Синтез нелинейных элементов с помощью новых схемных элементов. Свойства и реализация ротаторов и их применения.
43. Отрицательные дифференциальные параметры цепей. Причины образования отрицательных сопротивлений.
44. Методы получения отрицательных индуктивностей и емкостей.
45. ВАХ, вебер-амперные и кулон-вольтные характеристики S- и N-типов.
46. Возникновение падающих участков на характеристиках.
47. Двухполюсник с отрицательным входным сопротивлением.
48. Основы теории устойчивости. Виды устойчивости.
49. Исследование устойчивости в малом.
50. Исследование устойчивости в большом.
51. Исследование устойчивости по Ляпунову.
52. Фазовая плоскость, фазовые траектории.


Образец экзаменационного билета:

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1  
по дисциплине «Теория электрических цепей»  
Направление 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»  
Профиль Оптические системы и сети связи

1. Потенциал точки электрического поля. Напряжения. Ток. Мощность. Энергия. Резистивное сопротивление. Ёмкость. Индуктивность.
2. Гармонические колебания. Генерирование гармонических колебаний.

Заведующий кафедрой


 / Р.Б. Салихов

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2  
по дисциплине «Теория электрических цепей»  
Направление 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»  
Профиль Оптические системы и сети связи

1. Электронные приборы как нелинейные сопротивления.
2. Динамические петли гистерезиса.

Заведующий кафедрой

 / Р.Б. Салихов

### Критерии оценки (в баллах):

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос;

- **0-10 баллов** выставляется студенту, если он отказался от ответа или не смог ответить на вопросы билета, ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### Задания для курсовых работ

Курсовые работы по дисциплине «Теория электрических цепей» представляют собой расчет представленных схем линейных электрических цепей по вариантам. Задания для курсовых работ составлены в десяти вариантах. Каждый студент выполняет задание по одному из вариантов в соответствии с предпоследней и последней цифры зачетной книжки. Представленные расчетные задания призваны закрепить пройденный теоретический материал вышеназванного курса. Все задания выполняются самостоятельно, для этого студенту необходимо иметь учебники, указанные в списках литературы соответствующих разделов.

Пример варианта для курсовых работ:

#### Задание 1.1.

Рассчитать параметры элементов делителя напряжения (аттенюатора) приведенной на рис.1.1. так, чтобы его входное сопротивление равнялось  $R_{ВХ}$  и напряжение на его выходе при разомкнутых зажимах могло принимать значения  $U_{ВЫХ}$  (12.5 В; 25 В; 40 В; 50 В; 75 В) при заданном входном напряжении  $U_{ВХ}$ .

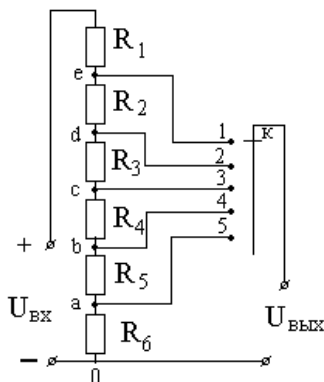


Рис.1.1. Делитель напряжения

### Задание 1.2.

Рассчитать ток  $I_2$  в цепи (рис. 1.2.) методом эквивалентного источника напряжения.

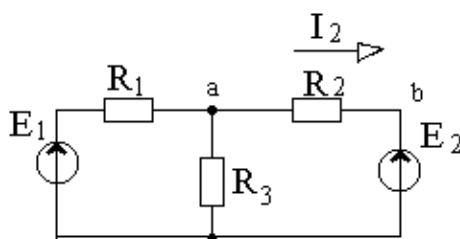
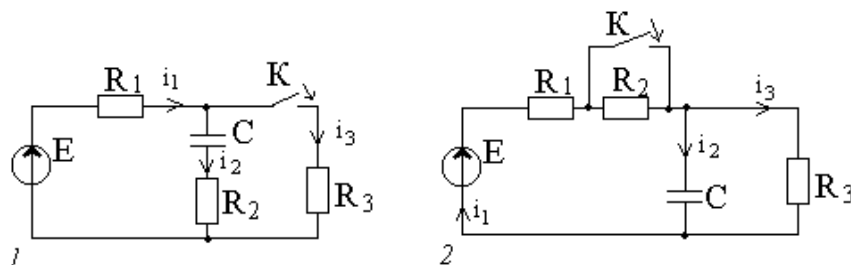


Рис. 1.2. Электрическая схема Задания 1.2

### Задание 1.3.

Рассчитать и анализировать переходные процессы в цепи первого порядка, содержащей резисторы, конденсатор или индуктивность. В момент времени  $t=0$  происходит переключение ключа  $K$ , в результате чего в цепи возникают переходные процессы.

1. Перерисуйте схему цепи (см. рис.1.4.), соответствующей вашему варианту.
2. Выпишите числовые данные для схемы вашего варианта (таблица 1.4.1).
3. Рассчитайте все токи и напряжение на  $C$  и  $L$  в три момента времени  $t: 0_-, 0_+, \infty$ .
4. Рассчитайте классическим методом переходные процессы в виде  $u_C(t)$ ,  $i_2(t)$ ,  $i_3(t)$  в схемах 1-5 и  $i_2(t)$ ,  $i_3(t)$ ,  $u_L(t)$  в схемах 6-10. Проверьте правильность расчетов, выполненных в п.4, путем сопоставления их с результатами расчетов в п.3.
5. Постройте графики переходных токов и напряжений, рассчитанных в п.4. Определите длительность переходного процесса, соответствующую переходу цепи в установившееся состояние с погрешностью 5%.
- 6.



### Критерии оценки (в баллах):

- **10 баллов** выставляется студенту, если студент привел полное правильное решение всех заданий, включающее правильный выбор электрической схемы и расчет величин элементов, работу хорошо оформил;

- **5-9 баллов** выставляется студенту, если студент не все задания правильно решил, не правильно выбрал электрическую схему, работу оформил небрежно;

- **0 баллов** выставляется студенту, если не правильно выполнил задание.



## Задания для письменных опросов

Пример листа письменного опроса (тест):

Лист № \_\_\_\_. Группа \_\_\_\_\_. Фамилия И.О. \_\_\_\_\_. Дата \_\_\_\_\_

№	Вопросы	Балл	Ответы
1	Как определяется потенциал электрического поля? В каких единицах измеряется потенциал?		
2	Какие электрические цепи называются цепями переменного тока?		
3	Что такое идеальный источник напряжения и каково его внутреннее сопротивление?		
4	Как определяется эквивалентная индуктивность параллельно соединенных катушек индуктивности?		
5	Как связаны между собой амплитудное и действующее значения напряжения $u(t)=10 \sin(\omega t+20^\circ)$ , В		

### Критерии оценки (в баллах):

- **10-15 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все вопросы, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов электрической цепи;

- **5-9 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на вопросы допущены небольшие неточности и несущественные ошибки;

- **1-4 баллов** выставляется студенту, если при ответе на вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Вопросы в целом изложены недостаточно и имеются принципиальные ошибки в логике построения ответов на вопросы.

### Темы лабораторных работ

1. Изучение параметрического стабилизатора.
2. Изучение триодного тиристора.
3. Изучение полупроводниковых выпрямителей.
4. Исследование работы диодного ограничителя амплитуды.

Пример лабораторной работы:

## ИЗУЧЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Цели и задачи:

Ознакомление с устройством и принципом работы однофазных полупроводниковых выпрямителей, экспериментальное определение их основных параметров.

### СТРУКТУРА ВЫПРЯМИТЕЛЯ

Питание электронной аппаратуры, устройств автоматики и вычислительной техники осуществляется постоянным напряжением. Наиболее распространенным источником электрической энергии является промышленная сеть переменного напряжения частотой 50 Гц. Выпрямители применяют для преобразования переменного синусоидального напряжения сети в постоянное напряжение.

Электрическая схема, предназначенная для преобразования переменного напряжения в постоянное напряжение, называется выпрямителем. Выпрямление переменного напряжения в постоянное производится при помощи полупроводниковых диодов (вентилей), обладающих односторонней проводимостью.

Выпрямительное устройство обычно имеет следующую структуру (рис.1). Схема любого выпрямителя содержит три основных элемента:

- силовым трансформатором - устройством, предназначенное для понижения или повышения напряжения питающей сети и для гальванической развязки сети и нагрузки;
- выпрямительным элементом (вентиль) имеет одностороннюю проводимость, предназначен для получения из переменного синусоидального тока ток, имеющий одно направление;
- фильтром служит для сглаживания пульсаций напряжения.

Выпрямительное устройство, в зависимости от схемы соединения и назначения, может быть однофазным и трехфазным, управляемым и неуправляемым. Для питания электронных схем обычно требуются небольшие мощности. Поэтому в них часто применяют однофазные выпрямители с диодами малой и средней мощности. Для выпрямления однофазного переменного тока применяются как однополупериодные, так и двухполупериодные схемы выпрямителей.



Рис. 1. Структурная схема выпрямителя

### ОДНОПОЛУПЕРИОДНОЕ ВЫПРЯМЛЕНИЕ

Схема однополупериодного выпрямителя переменного тока приведена на рис.2. Здесь  $U_1$  – напряжение на первичной обмотке трансформатора Т;  $U_2$  – напряжение на вторичной обмотке трансформатора;  $U_H$  – напряжение на нагрузке  $R_H$ ;  $I_H$  – ток, протекающий через нагрузку.

В положительный полупериод переменного напряжения в точке  $a$  будет положительный потенциал относительно точки  $b$ . При этом диод  $D$  открыт и через него проходит ток  $I_H$ . В результате на нагрузке  $R_H$  будет создаваться падение напряжения  $U_H = I_H \times R_H$ , практически равное напряжению  $U_2$ , т.к. диод в проводящем состоянии обладает низким сопротивлением. В отрицательный полупериод переменного напряжения в точке  $a$  будет отрицательный потенциал

относительно точки b. Диод D будет закрыт и через нагрузку ток не протекает, следовательно,  $I_H = 0$  и выходное напряжение равно нулю. Таким образом, ток, протекающий через нагрузку, и напряжение на нагрузке являются пульсирующими. Временные диаграммы тока и напряжения на нагрузке представлены на рис.3.

Величину пульсаций тока или напряжения характеризуют коэффициентом пульсации, равным отношению амплитуды первой гармоники тока или напряжения к

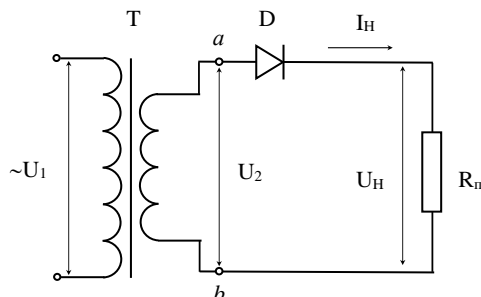


Рис. 2. Схема однополупериодного выпрямителя

постоянной составляющей тока или напряжения:

$$p = \frac{I_{1m}}{I_0} = \frac{U_{1m}}{U_0} \quad (1)$$

Можно показать, что из разложения пульсирующего напряжения в ряд Фурье

$$U_H(t) = \frac{2}{\pi} U_m \left( \frac{1}{2} + \frac{\pi}{4} \cos \omega t + \frac{1}{3} \cos 3\omega t - \frac{1}{15} \cos 5\omega t + \dots \right) \quad (2)$$

следует:

- среднее значение выпрямленного напряжения  $U_0$  равно:

$$U_0 = \frac{U_m}{\pi} \quad (3)$$

здесь  $U_m$  – амплитуда напряжения.

- амплитуда первой гармоники напряжения  $U_{1m} = \frac{U_m}{2}$  (4).

- коэффициент пульсаций  $p = \frac{U_{1m}}{U_0} = \frac{\pi}{2} = 1.57$  (5)

$U_0$  – постоянная составляющая напряжения.

Недостатками однополупериодной схемы выпрямления являются:

- высокий уровень пульсации ( $p = 1,57$ ) выпрямленного напряжения;

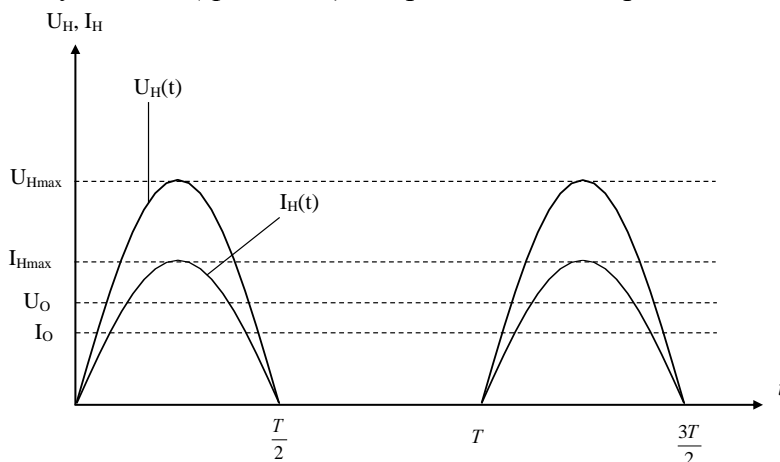


Рис. 3. Зависимость тока через нагрузку и падения напряжения на нагрузочном сопротивлении от времени при однополупериодном выпрямлении

- низкий КПД, т.к. выпрямитель работает только в течение половины периода переменного напряжения;
- значительно больший, чем в других схемах, вес применяемого трансформатора и нерациональное использование в трансформаторе меди и стали.

Данная схема выпрямителя применяется крайне редко и только в тех случаях, когда выпрямитель используется для питания цепей с низким током потребления.

### ДВУХПОЛУПЕРИОДНОЕ ВЫПРЯМЛЕНИЕ

Для снижения коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения  $p$  и повышения к.п.д. выпрямителя применяют двухполупериодные схемы выпрямления. Наиболее часто применяется в самых различных устройствах мостовая схема выпрямителя, показанная на рис.4.

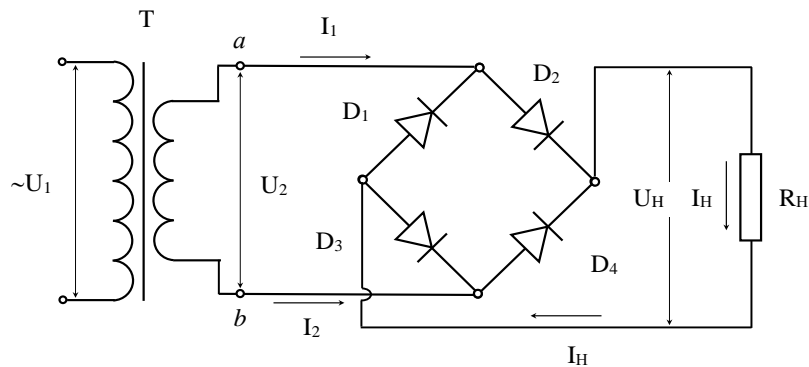


Рис. 4. Схема двухполупериодного мостового выпрямителя

В положительный полупериод напряжения точка  $a$  имеет положительный потенциал, а точка  $b$  - отрицательный. При этом диоды  $D_2$  и  $D_3$  будут открыты. В этот период ток протекает по цепи: точка  $a$  - диод  $D_2$  - сопротивление нагрузки  $R_n$  - диод  $D_3$  - точка  $b$ . При отрицательном полупериоде потенциал точки  $a$  будет отрицательным, а точки  $b$  - положительным. Диоды  $D_4$  и  $D_1$  открываются, а диоды  $D_2$  и  $D_3$  закрываются. В этот полупериод ток протекает по цепи: точка  $b$  - диод  $D_4$  - сопротивление нагрузки  $R_n$  - диод  $D_1$  - точка  $a$ . Таким образом, как в положительный полупериод, так и в отрицательный ток через нагрузочное сопротивление  $R_n$  имеет одно и то же направление.

На рис.5 представлены зависимости напряжения  $U_n$  и тока  $I_n$  от времени двухполупериодном выпрямлении. Из графиков видно, что при двухполупериодном выпрямлении частота пульсаций напряжения и тока на выходе выпрямителя вдвое превышает частоту входного питающего напряжения, тогда как при однополупериодном выпрямлении частота пульсаций совпадает с частотой питающего напряжения.

Выпрямленное двухполупериодной схемой напряжение можно разложить в ряд Фурье:

$$U_n(t) = \frac{2}{\pi} U_m \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \cos 2\omega t - \frac{1}{15} \cos 4\omega t + \frac{1}{35} \cos 6\omega t + \dots \right) \quad (6).$$

Из этого разложения вытекает, что по сравнению с однополупериодным выпрямлением:

- а) среднее значение выпрямленного напряжения  $U_0$  в два раза больше  
(7)

$$U_0 = \frac{2U_m}{\pi}$$

- б) амплитуда первой гармоники напряжения  $U_{1m} = \frac{4U_m}{3\pi}$  (8)

- в) а коэффициент пульсаций меньше  $p = \frac{U_{1m}}{U_0} = \frac{2}{3} = 0.67$  (9)

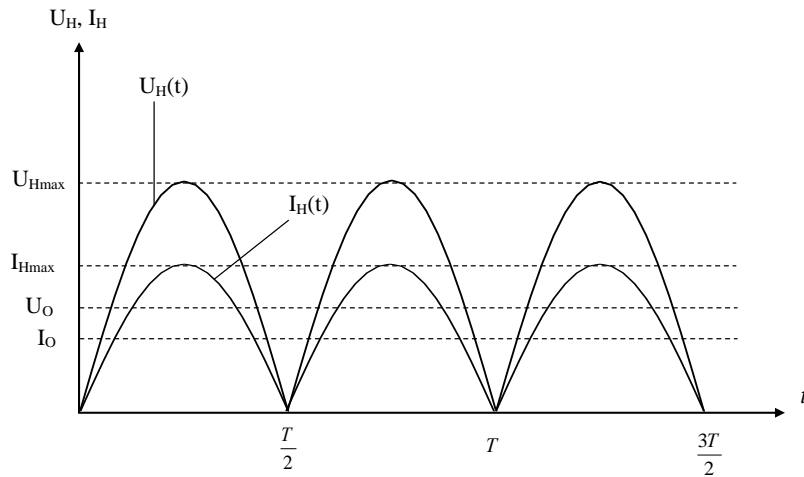


Рис. 5. Зависимость тока через нагрузку и падения напряжения на нагрузочном сопротивлении от времени при двухполупериодном выпрямлении

В двухполупериодной мостовой схеме ток через нагрузку в оба полупериода протекает в одном направлении. Ток во вторичной обмотке трансформатора также протекает в течение обоих полупериодов и является синусоидальным, что исключает дополнительное намагничивание сердечника.

Из рис.3 и 5 видно, что напряжение, выпрямленное как по однополупериодной схеме, так и по двухполупериодной, имеет значительные пульсации. Пульсации могут быть уменьшены с помощью сглаживающего фильтра. Простейшим фильтром является конденсатор, который включается параллельно нагрузке. В положительный полупериод напряжения конденсатор заряжается до максимального входного напряжения  $U_{max}$ , затем в отрицательный полупериод разряжается через нагрузку  $R_H$ . Емкость конденсатора выбирают такой величины, чтобы для частоты пульсаций  $\omega_H$  реактивное сопротивление конденсатора  $X_C$  было много меньше сопротивления нагрузки  $R_H$ . Тогда постоянная времени разряда цепи  $\tau_{раз} = C_{\phi} \times R_H$  значительно больше периода пульсаций, конденсатор разряжается сравнительно медленно и напряжение на нем уменьшается незначительно. Это приводит к увеличению среднего значения выпрямленного напряжения  $U_0$  на нагрузочном резисторе  $R_H$  и к снижению коэффициента пульсаций  $p$ .

На рис.6 иллюстрирует влияние конденсатора на форму выходного напряжения однополупериодного выпрямителя. Выходное напряжение содержит значительную по величине постоянную составляющую, на которую наложены малые пульсации напряжения.

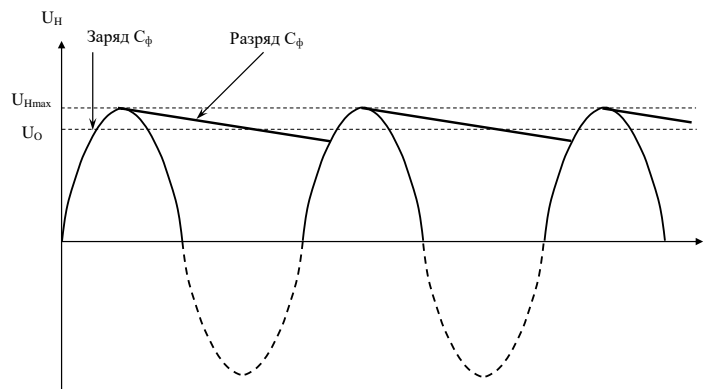


Рис. 6. Зависимость тока через нагрузку и падения напряжения на нагрузочном сопротивлении от времени при двухполупериодном выпрямлении

Амплитуда этих пульсаций определяется постоянной времени  $\tau_{раз}$  сглаживающего конденсатора  $C_{\phi}$  и нагрузочного резистора  $R_H$ . Поэтому конденсатор должен иметь значительную емкость - от 100 до 5000 мкФ и больше.

Эффективность фильтров оценивается коэффициентом сглаживания

$$q = \frac{P_{вх}}{P_{вых}}, \quad (10)$$

где  $p_{вх}$  и  $p_{вых}$  - коэффициенты пульсаций напряжений, соответственно, на входе и выходе фильтра.

### НАПРЯЖЕНИЕ ХОЛОСТОГО ХОДА

Напряжением холостого хода называется выходное напряжение выпрямителя при нулевом токе нагрузки, т.е. при отключенной нагрузке. На рис. 7 показан однополупериодный выпрямитель без нагрузочного резистора.

Накопительный конденсатор  $C_{\phi}$  заряжается до максимального входного напряжения. Если нагрузка не подключена, то конденсатор сохраняет свой заряд и обеспечивает тем самым постоянное значение выходного напряжения, равное максимальному входному напряжению без пульсаций. Таким образом, напряжение холостого хода это максимально возможное напряжение источника питания.

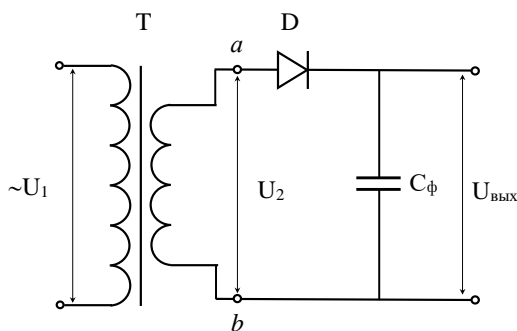


Рис. 7. Схема однополупериодного выпрямителя с фильтром и без нагрузки

### ВНЕШНЯЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫПРЯМИТЕЛЯ

Увеличение выходного тока выпрямителя (тока нагрузки) приводит к уменьшению его выходного напряжения. Это связано с тем, что выпрямитель имеет свое внутреннее сопротивление, представляющее собой сумму сопротивлений обмотки трансформатора и выпрямительных диодов.

На рис.8 приведена схематическая зависимость напряжения на выходе выпрямителя от тока нагрузки. Зависимость среднего выходного напряжения  $U_H$  от среднего выходного тока  $I_H$  называется внешней или нагрузочной характеристикой выпрямителя.

Выходное напряжение максимально, когда ток нагрузки равен нулю, т.е. при холостом ходе. Напряжение на выходе выпрямителя, которое он обеспечивает при установленной полной нагрузке или номинальном токе нагрузки, называется номинальным выходным напряжением  $U_{НОМ}$  источника питания.

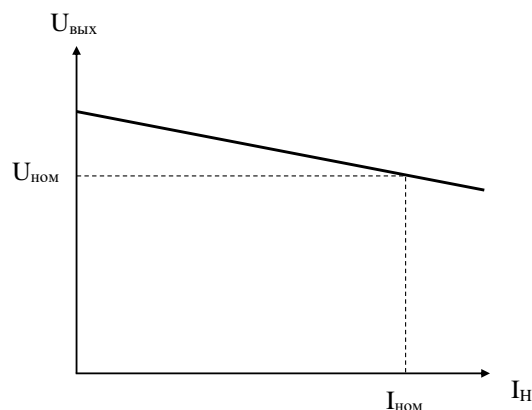


Рис. 8. Внешняя характеристика

## ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

**Основными характеристиками выпрямителей являются:**

1. *Номинальное напряжение постоянного тока  $U_0$*  это среднее значение выпрямленного напряжения. Номинальное напряжение определяется значением напряжения, необходимым для питаемых выпрямителем устройств.
2. *Номинальный выпрямленный ток  $I_0$*  это среднее значение выпрямленного тока, т.е. его постоянная составляющая, заданная техническими требованиями. Определяется результирующим током всех цепей, питаемых выпрямителем.
3. *Входное напряжение  $U_{вх}$*  это напряжение сети переменного тока, питающей выпрямитель. Стандартное значение этого напряжения для бытовой сети — 220 вольт с допускаемыми отклонениями не более 10 %.
4. *Пульсация* это переменная составляющая напряжения или тока на выходе выпрямителя.
5. *Частота пульсации  $f$*  частота наиболее резко выраженной гармонической составляющей напряжения или тока на выходе выпрямителя. Для самой простой однополупериодной схемы выпрямителя частота пульсаций равна частоте питающей сети. Двухполупериодные мостовые схемы и схемы удвоения напряжения дают пульсации, частота которых равна удвоенной частоте питающей сети. Многофазные схемы выпрямления имеют частоту пульсаций, зависящую от схемы выпрямителя и числа фаз.
6. *Коэффициент пульсаций  $p$*  - отношение амплитуды наиболее резко выраженной гармонической составляющей напряжения или тока на выходе выпрямителя к среднему значению напряжения или тока

$$p = \frac{U_{1m}}{U_0} \times 100\% \quad (11)$$

Различают коэффициент пульсаций на входе фильтра ( $P_0$ ) и коэффициент пульсаций на выходе фильтра ( $P$ ). Допускаемые значения коэффициента пульсаций на выходе фильтра определяются характером нагрузки.

7. *Коэффициент фильтрации (коэффициент сглаживания)* это отношение коэффициента пульсаций на входе фильтра к коэффициенту пульсаций на выходе фильтра  $q = p_{вх}/p_{вых}$ . Для многосвязных фильтров коэффициент фильтрации равен произведению коэффициентов фильтрации отдельных звеньев.

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В данной лабораторной работе исследуются однополупериодный и мостовой однофазные выпрямители.

## ИЗУЧЕНИЕ ОДНОПОЛУПЕРИОДНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать схему для исследования однополупериодного выпрямителя, показанную на рис.9, и представить для проверки преподавателю.

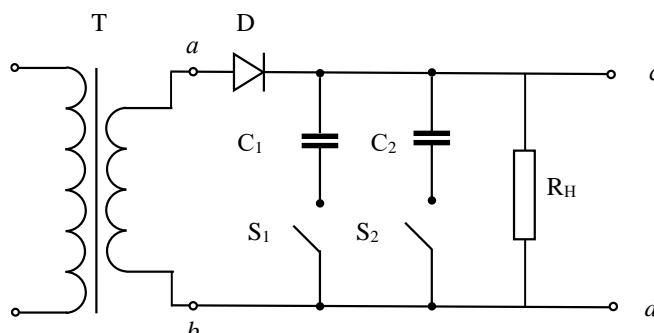


Рис. 9.

2. Выключатели  $S_1$  и  $S_2$  перевести в положение «ВЫКЛ».
3. Подать переменное напряжение на вход трансформатора со звукового генератора.
4. Подключить осциллограф к гнездам а—b. Подбирая длительность развертки и чувствительность осциллографа, установить на экране изображение двух-трех периодов сигналов входного напряжения. Зарисовать полученное изображение в отчет.
5. Подключить осциллограф к гнездам с-d. Подбирая длительность развертки и чувствительность осциллографа, установить на экране изображение двух-трех периодов сигналов выходного напряжения. Зарисовать полученное изображение в отчет.
6. Присоединить к схеме конденсатор фильтра  $C_1$ . Для этого включите тумблер  $S_1$ . Зарисовать полученное на экране осциллографа изображение в отчет.
7. П р и с о е д и н и т ь к схеме выпрямителя второй конденсатор фильтра  $C_2$ . Д л я этого включить тумблер  $S_2$ . Зарисовать полученное на экране осциллографа изображение в отчет.

## ИЗУЧЕНИЕ ДВУХПОЛУПЕРИОДНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Собрать схему для изучения двухполупериодного выпрямителя согласно рис.10 и представить для проверки преподавателю.

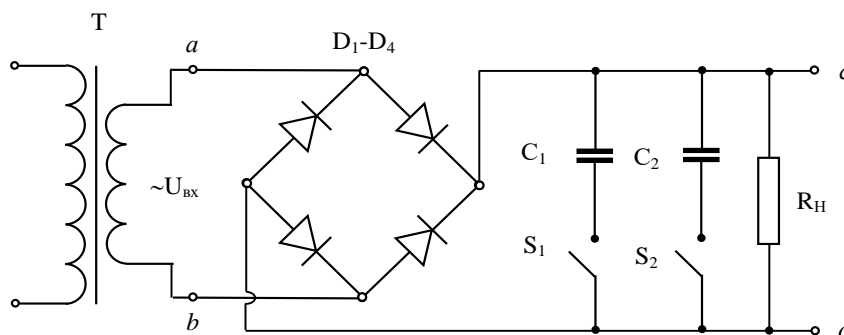


Рис.10

2. Выключатели  $S_1$  и  $S_2$  перевести в положение «ВЫКЛ» На вход трансформатора подать переменное напряжение с генератора.
3. Подключить осциллограф к гнездам а-b. Подбирая длительность развертки и



- чувствительность осциллографа, установить на экране изображение двух-трех периодов входного напряжения. Зарисовать изображение в отчет в масштабе .
4. Подключить осциллограф к гнездам *c-d*. Подбирая длительность развертки и чувствительность осциллографа, установить на экране изображение двух-трех периодов выходного напряжения. Зарисовать изображение в отчет в масштабе.
  5. Присоединить к схеме конденсатор фильтра  $C_1$  с помощью тумблера  $S_1$ . Установить на экране осциллографа изображение и зарисовать в отчет.
  6. Присоединить к схеме выпрямителя второй конденсатор фильтра  $C_2$  с помощью тумблера  $S_2$ . Установить на экране осциллографа изображение и зарисовать в отчет в масштабе.
  7. Мультиметром, включенным на измерение постоянного напряжения, измерить напряжение между точками *c-d*. Мультиметром, включенным на измерение переменного напряжения, измерить напряжение между точками *a-b* . Результаты измерений записать в отчет.

### СНЯТИЕ ВЫХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫПРЯМИТЕЛЯ

1. Собрать схему согласно рис.11 с переменным нагрузочным сопротивлением  $R=470$  Ом.

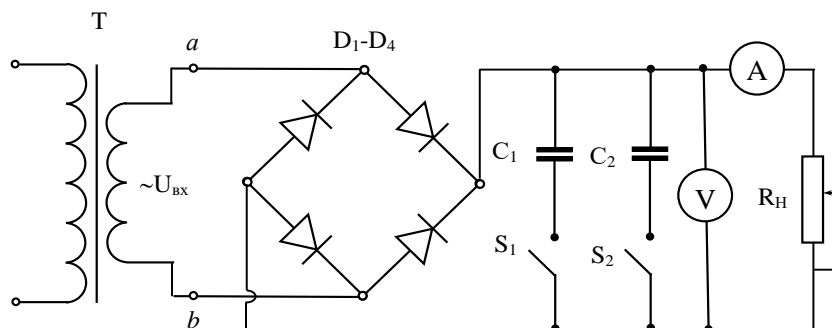


Рис.11

2. Изменяя с помощью переменного сопротивления  $R_H$  ток от 15 мА до 100 мА, снять показания приборов вольтметра  $V$  и амперметра  $A$  для 8 - 10 точек. Полученные данные занести в таблицу 1.

Таблица 1

№ п/п	$I_H, A$	$U_H, B$	$K_{П}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

### ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Из полученных осциллограмм определить амплитуду пульсаций  $U_{max}$ , пульсации напряжения  $\Delta U$ , период  $T$  и частоту  $f$  пульсирующего напряжения.
2. Рассчитать коэффициент пульсаций  $p$  двухполупериодного выпрямителя по формуле

$$p = \frac{U_{\approx}}{U_{=}} = \frac{U_{\text{вх}}}{U_H}$$

3. По данным таблицы 1. построить:

- а) выходную характеристику выпрямителя  $U_H = f(I_H)$ ;  
б) зависимость  $K_{П} = f(I_H)$ .

4. Сделать вывод о значении фильтра для получения постоянного напряжения и о влиянии величины емкости конденсатора фильтра на величину пульсаций выпрямленного напряжения.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое выпрямитель? Для чего они применяются?
2. Объяснить принцип работы однополупериодного и двухполупериодного выпрямителя.
3. Сравнить преимущества и недостатки однополупериодного и двухполупериодного выпрямителя.
4. Что называется коэффициентом пульсаций. Физический смысл коэффициента пульсаций. Как находят коэффициент пульсаций в выпрямителях?
5. Дать определение внешней (нагрузочной) характеристики выпрямителя.
6. Почему при увеличении тока нагрузки уменьшается выходное напряжение?
7. Какие существуют схемы выпрямителей? Приведите классификацию выпрямителей.
8. Назовите основные параметры выпрямителей.

#### Критерии оценки (в баллах):

- 7 баллов выставляется студенту, если студент полностью правильно оформил отчет, включающий правильные ответы на контрольные вопросы, правильно решенные задания и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов;

- 5 баллов выставляется студенту, если студент правильно оформил отчет, включающий не полностью правильные ответы на контрольные вопросы, но в решении заданий имеются один или несколько недостатков;

- 0 баллов выставляется студенту, если не выполнил лабораторную работу.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

#### Основная литература:

1. Атабеков Г.И. Основы теории цепей. Учебник для вузов. -СПб.: Издательство «Лань», 2006. -432 с.
2. Бакалов В.П., Дмитриков В.Ф., Крук Б.И. Основы теории цепей. Учебник для вузов. -М.: Радио и связь, 2000. -592 с.
3. Батура М.П., Кузнецов А.П., Курулёв А.П. Теория электрических цепей.: Издательство "Высшая школа", 2015. -608 с.

#### Дополнительная литература:

1. Теория электрических цепей [Электронный ресурс]: метод. указания к выполнению лабораторных работ для студ. ФТИ / Башкирский государственный университет; сост. Б.Г. Шакиров. — Уфа: РИЦ БашГУ, 2018. — Электрон. версия печ. публикации. — Доступ возможен через Электронную библиотеку БашГУ. — <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/local/Shakirov\\_sost\\_Teorija\\_elektrich\\_cepelj\\_mu\\_2018.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/local/Shakirov_sost_Teorija_elektrich_cepelj_mu_2018.pdf)>.
2. Шакиров Б.Г., Сушко Б.К. Основы теории цепей. Методические указания по выполнению курсовой работы. –Уфа: РИЦ БашГУ, 2007.
3. Логвинов В.В., Фриск В.В. Схемотехника телекоммуникационных устройств, радиоприемные устройства систем мобильной и стационарной радиосвязи, теория

электрических цепей. Лабораторный практикум – II на персональном компьютере. -2011.- 656 с. - <URL: <https://e.lanbook.com/book/13801#authors>>.

## 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронно- библиотечная система «ЭБ БашГУ». - Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. - <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online». - Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. - <http://www.biblioclub.ru/>
3. Электронно-библиотечная система издательства «Лань». - Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация из сети БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. - <http://e.lanbook.com/>

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитории 323, 324 или 415 (физико-математический корпус учебное)	Лекции	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска и т.д. Программное обеспечение: 1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014 г.
Лаборатория «Электрические цепи» к. № 430 (физико-математический корпус учебное)	Лабораторные работы	Наименование оборудования: лабораторные стенды, макеты электрических схем, генераторы электрических сигналов, контрольно-измерительные приборы, компьютеры, имеющие соответствующие обучающие программы
Читальный зал № 2 (физико-математический корпус учебное, 2 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Теория электрических цепей» на 2-3 семестры  
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	11/396
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	174,4
лекций	66
практических/ семинарских	-
лабораторных	104
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	4,4
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	140,6
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	20
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	81

Форма(ы) контроля:

экзамен 2-3 семестры

курсовая работа 2 семестр

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Теория электрических цепей» на 2-3 семестры  
(наименование дисциплины)

заочная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	11/396
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	45,4
лекций	14
практических/ семинарских	-
лабораторных	26
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	5,4
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	332,6
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	20
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	18

Форма(ы) контроля:

экзамен 2 курс летняя сессия

курсовая работа 2 курс летняя сессия

экзамен 3 курс зимняя сессия

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Задания по самостоятель ной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/ СЕМ	ЛР	СР		
1	2	3	4	5	6	7	8
	<b>Модуль 1: Электрическая цепь. Преобразование и расчет электрической цепи</b>						
1	Основные определения и законы электричества. Закон Ома. Законы Кирхгофа.	2		4	4	Подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
2	Электрическая цепь. Элементы электрической цепи. Электрическая схема. Элементы электрической схемы. Планарные и не планарные электрические цепи.	2		4	4	Подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
3	Свойства идеальных элементов электрической цепи. Последовательное, параллельное и смешанное соединение элементов электрической цепи. Маркировка и типы пассивных элементов электрической цепи.	4			4	Изучение теоретического материала	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
4	Расчет токов и напряжений в параллельных и последовательных цепях. Независимые уравнения, составленные по 1-му Закону Кирхгофа. Независимые уравнения, составленные по 2-му Закону Кирхгофа.	2		4	4	Подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
5	Метод токов ветвей и контурных токов. Расчет мостовой схемы методом контурных токов. Метод узловых напряжений. Расчет мостовой схемы методом узловых напряжений. Метод наложения. Расчет схемы методом узловых напряжений.	4			4	Выполнение домашнего задания	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
6	Эквивалентные участки. Преобразование треугольника в эквивалентную звезду. Преобразо-	2			4	Изучение теоретического	Устный опрос, лаб. работы,

	вание звезды в эквивалентный треугольник. Преобразование симметричных схем. Эквивалентные источники напряжения и тока.					о материала	экзамен
	<b>Модуль 2: Цепи гармонического тока. Колебательные (резонансные) цепи. Переходные процессы в линейных цепях. Электрические фильтры.</b>					Изучение теоретического о материала	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
7	Гармонические колебания. Генерирование гармонических колебаний. Действующее и среднее значение гармонического тока. Представление гармонических колебаний вращающимися векторами. Три формы представления гармонического напряжения.	2		4	4	Подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
8	Гармонический ток в сопротивлении, в индуктивности, в конденсаторе. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме.	2		8	4	Подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
9	Гармонический ток в последовательно соединённых элементах R,L,C. Гармонический ток в параллельно соединённых элементах R,L,C.	2		4	4	Подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
10	Колебательные (резонансные) цепи. Последовательный колебательный контур. Добротность и частотные характеристики последовательного колебательного контура. Параллельный колебательный контур. Связанные колебательные контуры. Трансформаторы.	2		6	4	Подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
11	Переходные процессы в линейных цепях. Законы коммутации и начальные условия. Принужденный и свободный режимы переходных процессов.	2			4	Выполнение домашнего задания	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
12	Переходный процесс в цепи RL. Интегрирующие и дифференцирующие RL цепи. Переходный процесс в цепи RC. Интегрирующие и дифференцирующие RC цепи. Порядок расчета переходного процесса классическим методом	2		8	4,8	Подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен

13	Классификация электрических фильтров. Рабочие параметры электрических фильтров. Задача синтеза электрического фильтра. Методы аппроксимации характеристик электрического фильтров.	2		8	4	Подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
14	Курсовая работа				26	Курсовая работа представляет собой выполнение выбираемую по вариантам расчет электрических цепей	
<b>Всего часов:</b>		<b>30</b>		<b>50</b>	<b>78,8</b>		



№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/ СЕМ	ЛР	СР		
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Модуль 1:</b>							
1.	Введение. Электронные приборы как нелинейные сопротивления. Характеристики газоразрядных (ионных) приборов. Неоновая лампа, стабилитрон, тиратрон тлеющего разряда, тиратрон с накаливаемым катодом.	3		4	6	Изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
2.	Характеристики фотоэлектронных приборов. Фотоэлементы, фоторезисторы, фотодиоды. Нелинейные сопротивления на р-п переходах. Туннельный диод, обращенный диод, варикап, фототранзистор. Тиристор.	3		4	6	Изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
3.	Нелинейные активные сопротивления, управляемые магнитным, электрическим или тепловым полем. Эффект Холла. Управляемый гиратор на основе эффекта Холла. Активные сопротивления, управляемые магнитным полем. Варисторы, терморезисторы. Свойства термисторов, их вольт-амперные характеристики (ВАХ). Позисторы. Электрическая дуга.	3		4	6	Изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
4.	Нелинейные индуктивности и емкости. Характеристики ферромагнитных материалов. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы.	3		4	6	Изучение теоретического материала,	Устный опрос, лаб. работы, экзамен

	Потери, обусловленные гистерезисом и вихревыми токами. Динамические петли гистерезиса. Нелинейные конденсаторы – вариконды. Антисегнетодиэлектрики.					подготовка к лабораторным работам	
5.	Аппроксимация характеристик для мгновенных значений. Кусочно – линейная аппроксимация. Аналитическая аппроксимация.	3		4	6	Изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
6.	Типы характеристик нелинейных элементов, многообразие типов характеристик. Методы воздействия управляющего фактора на нелинейный элемент. ВАХ по первым гармоникам, ВАХ по действующим значениям.	3		6	6	Изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
	<b>Модуль 2:</b>						
7.	Простейшая управляемая нелинейная индуктивность. Характеристики двухполюсников с туннельными диодами. Многоступенчатые ВАХ для средних за полпериода значений токов и напряжений.	3		4	6	Изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
8.	Некоторые свойства нелинейных элементов при воздействии на них постоянной и гармонически меняющейся составляющей. Свойства нелинейных элементов при воздействии на них постоянной и двух гармонически меняющихся составляющих.			4	6	Изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
9.	Энергетические преобразования в нелинейных цепях. Теорема Мэнли и Роу. Понятия и теоремы Миллара и Черри. Конвергентные цепи.	3		6	6	Изучение теоретического материала, подготовка к	Устный опрос, лаб. работы, экзамен

						лабораторным работам	
10.	Формирование нелинейных двухполосников с заданными ВАХ. Типичные нелинейности механических систем. Воспроизведение нелинейных зависимостей при использовании метода структурных моделей.	3		4	6	Изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
11.	Формирование двухполосников с заданными ВАХ при использовании диодов и источников опорного напряжения. Реализация вогнутых монотонных ВАХ. Реализация выпуклых монотонных ВАХ.	3		4	3,8	Изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
12.	Синтез нелинейных элементов с помощью новых схемных элементов. Свойства мутатора. Реализация мутаторов. Свойства и реализация скалоров. Свойства и реализация рефлекторов. Свойства и реализация ротаторов. Некоторые применения новых элементов.	3		6	4	Изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным работам	Устный опрос, лаб. работы, экзамен
	<b>Всего часов:</b>	<b>36</b>		<b>54</b>	<b>61,8</b>		

