

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета Небольсин В.А.

«30» августа 2017 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Теоретические основы электротехники»

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы

Ж.А. Ген /Ж.А. Ген/

/Заведующий кафедрой  
Электропривода, автомати-  
ки и управления в техниче-  
ских системах

Руководитель ОПОП

В.Л. Бурковский /В.Л. Бурковский/  
С.И. Рембеза /С.И. Рембеза /

Воронеж 2017

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

формирование у обучающихся представлений о фундаментальных положениях электротехники, основанных на законах электричества и магнетизма и определяющих важнейшие свойства и методы анализа и расчета линейных и нелинейных электрических цепей;

обучение основам аналитических методов расчета и анализа схем замещения линейных электрических цепей с источниками постоянного, синусоидального и импульсного токов и напряжений в установившихся и переходных режимах;

развитие навыков измерения электрических величин.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

знать фундаментальные положения электротехники; важнейшие свойства и характеристики электрических и магнитных цепей; методы расчета цепей во временной и частотной областях.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теоретические основы электротехники» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Электротехники» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и экспериментального исследования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать основы теории линейных и нелинейных электрических и магнитных цепей, основные законы электротехники и границы их применимости, методы расчета, анализа и экспериментальных исследований электрических цепей в установившихся и переходных режимах уметь составить эквивалентные расчетные схемы электрических цепей; в соответствии с задачей исследования выбрать теоретический материал дисциплины электротехники (законы, принципы, методы), позволяющий произвести решение задачи, описать электромагнитные процессы в электрических цепях, применять математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной при расчете электрических цепей, применять математический аппарат теории функции нескольких переменных, теории функций комплексного переменного, теории дифференциальных уравнений при расчете установившихся и переходных процессов в электрических цепях; применять математический аппарат численных методов при расчете электрических и магнитных цепей; проводить экспериментальные исследования и оформлять полученные результаты

	владеть навыками чтения электрических схем, расчетов по типовым методикам электрических и магнитных цепей, оформления расчетных данных, использования вычислительных средств, позволяющих решать задачи инженерной деятельности, навыками экспериментальных исследований, обработки и анализа результатов эксперимента.
--	---

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Электротехники» составляет 6 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	90	90
В том числе:		
Лекции	54	54
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	90	90
<b>Курсовая работа</b>	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации — экзамен, зачет с оценкой	+	+
<b>Общая трудоемкость академические часы</b>	216	216
<b>з.е.</b>	6	6

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Свойства линейных электрических цепей и методы их расчета. Электрические цепи постоянного тока	Определение линейных и нелинейных электрических цепей. Источник ЭДС и источник тока. Параметры. Схемы электрических цепей, их топологическое представление. Понятия ветвь, узел, контур. Закон Ома для пассивного и активного участков, обобщенный закон Ома. Законы Кирхгофа. Состав-	8	-	8	16	32

		ление уравнений для расчета токов в схемах с помощью законов Кирхгофа. Потенциальная диаграммы. Энергетический баланс. Измерение токов, напряжений, ЭДС и мощностей. Метод пропорциональных величин. Метод контурных токов. Теорема взаимности. Теорема компенсации. Принцип наложения. Метод наложения. Метод узловых потенциалов. Метод двух узлов. Эквивалентные преобразования пассивных участков схемы. Понятие о двухполюснике. Активные и пассивные двухполюсники. Метод эквивалентного генератора. Передача энергии от активного двухполюсника к пассивному.					
2	Электрические цепи однофазного синусоидального тока	Синусоидальный ток и его основные характеристики. Среднее и действующее значение синусоидальной величины. Изображение синусоидально изменяющейся величины вектором на комплексной плоскости. Комплексная амплитуда, комплекс действующего значения. Способы сложения и вычитания синусоидальных функций времени. Резистивный элемент в цепи синусоидального тока. Индуктивный элемент в цепи синусоидального тока. Емкостный элемент в цепи синусоидального тока. Основы символического метода расчета. Работа с комплексными числами. Расчет неразветвленной электрической цепи. Закон Ома в комплексной форме. Полное комплексное сопротивление и его составляющие. Треугольники сопротивлений и напряжений. Мощность в цепи синусоидального тока. Треугольник мощностей. Полная, активная и реактивная мощности. Измерение мощности с в цепи синусоидального тока. Коэффициент мощности и пути его повышения. Баланс мощностей. Расчет разветвленной электрической цепи. Полная, активная и реактивная проводимости. Треугольник проводимостей. Активная и реактивная составляющие тока. Треугольник токов. Зависимость между комплексным сопротивлением и комплексной проводимостью участка цепи. Экспериментальное определение параметров элементов электрической цепи синусоидального тока. Символический метод расчета сложных цепей синусоидального тока. Матричный метод формирования систем уравнений при расчете цепи. Топографические диаграммы. Резонансные явления в цепи синусоидального тока, резонансные кривые, частотные характеристики.	8	-	8	16	32
3	Четырехполюсники	Определение четырехполюсника. Классификация четырехполюсников. 6 форм записи уравнений четырехполюсника. Теоретическое определения коэффициентов четырехполюсника на примере А-формы. Экспериментальное определения коэффициентов четырехполюсника. Т- и П-схемы заме-	8	-	4	26	38

		щения четырехполюсника и их первичные параметры. Связь между коэффициентами разных форм. Вторичные параметры четырехполюсника. Входные сопротивления четырехполюсника. Работа четырехполюсника при согласованной нагрузке. Характеристические сопротивления и постоянная передачи четырехполюсника несимметричного и симметричного четырехполюсника.					
4	Электрические фильтры	Назначение и типы фильтров. К-фильтры, симметричные реактивные фильтры для нижних и верхних частот, полосные (полосовые) и заграждающие фильтры. Безындукционные фильтры. Область применения RC-фильтров. Передаточная функция. Амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики.	4	-	-	6	10
5	Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях	Определение периодических несинусоидальных токов и напряжений. Изображение несинусоидальных токов и напряжений с помощью рядов Фурье. Гармонический ряд периодических несинусоидальных электрических величин, наиболее часто встречаемых в электротехнике и электронике. Действующие и средние значения несинусоидальных токов и напряжений. Коэффициенты, характеризующие форму кривой. Измерение электрических величин в цепях с несинусоидальными токами и напряжениями. Применение метода наложения для расчета установившихся процессов в линейных цепях. Мощность несинусоидальных токов. Резонансные явления в цепях с несинусоидальными токами и напряжениями	4	-	4	6	14
6	Переходные процессы в линейных электрических цепях	Определение переходных процессов, причины и условия их возникновения. Приведение задачи о переходном процессе к решению линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами, принужденная и свободная составляющие. Законы коммутации. Начальные значения (независимые и зависимые, нулевые и ненулевые). Составление характеристического уравнения и его корни, постоянная времени. Классический метод расчета переходных процессов в цепях первого порядка при воздействии постоянных напряжений, определение постоянных интегрирования. Классический метод расчета переходных процессов в цепях первого порядка при воздействии синусоидальных напряжений. Переходные процессы в цепях второго порядка при воздействии постоянного напряжения. Аперриодический, критический и колебательный характер переходных процессов. Общий случай расчета переходных процессов в разветвленных цепях. Преобразование Лапласа и его применение к расчету переходных процессов. Изображение по Лапласу	8	-	4	6	18

		некоторых простых функций, производной и интеграла. Теорема разложения. Операторный метод расчета. Общие принципы расчета переходных процессов в электрических цепях операторным методом. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме. Операторная схема замещения. Переход от изображения к оригиналу.					
7	Нелинейные электрические цепи постоянного тока	Определения, ВАХ нелинейных элементов и способы их получения. Свойства нелинейных элементов. их характеристики - статическое и дифференциальные сопротивления. Применение законов Кирхгофа для расчета нелинейных электрических цепей. Графический метод расчетов нелинейных электрических цепей (последовательное, параллельное и смешанное соединение, замена нескольких параллельных ветвей эквивалентным нелинейным двухполосником). Замена участка с нелинейным элементом линейным участком. применение метода двух узлов, метода активного двухполосника для расчета нелинейных электрических цепей. Аппроксимация характеристик нелинейных элементов. Аналитические методы расчета нелинейных цепей постоянного тока.	4	-	4	4	12
8	Магнитные цепи	Основные характеристики магнитного поля, понятие магнитной цепи, законы электромагнетизма для расчета магнитных цепей. Понятие однородных и неоднородных участков магнитных цепей, линейных и нелинейных, неразветвленных и разветвленных магнитных цепей. Закон Ома и законы Кирхгофа для магнитных цепей. Аналогия между магнитными и электрическими цепями. Применение к магнитным цепям методов, используемых для расчета электрических цепей с нелинейными резисторами. Метод двух узлов.	4	-	-	4	8
9	Нелинейные электрические цепи переменного тока	НЭ как источники высших гармоник. НЭ, имеющие прямоугольную ВАХ в цепи с синусоидальным источником. Нелинейные цепи переменного тока с вентилями. Простейшие выпрямители. Сглаживание пульсации, емкостный и индуктивный фильтры. Цепи переменного тока с ферромагнитными элементами. Катушка со сталью, схема замещения, векторная диаграмма. Явление феррорезонанса.	6	-	4	6	16
<b>Итого</b>			<b>54</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>90</b>	<b>180</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Исследование разветвленной электрической цепи постоянного тока с помощью законов Ома и Кирхгофа.

Лабораторная работа № 2. Исследование разветвленной электрической цепи постоянного тока методом наложения и методом эквивалентного генератора.

Лабораторная работа № 3. Определение параметров приемников электрической энергии синусоидального тока и составление их схем замещения. Исследование режимов работы цепей синусоидального тока при последовательном и парал-

лельном соединении приемников.

Лабораторная работа № 4. Исследование разветвленной электрической цепи синусоидального тока.

Лабораторная работа № 5. Экспериментальное определение первичных и вторичных параметров пассивного четырехполюсника.

Лабораторная работа № 6. Анализ линейных электрических цепей при несинусоидальных ЭДС и токах.

Лабораторная работа № 7. Переходные процессы в линейных электрических цепях первого порядка.

Лабораторная работа № 8. Снятие вольт-амперных характеристик нелинейных элементов. Исследование неразветвленной и разветвленной электрических цепей постоянного тока с нелинейными элементами.

Лабораторная работа № 9. Исследование цепей переменного тока с нелинейными элементами.

## **6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 4 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Исследование фильтрующих свойств электрических цепей синусоидального тока»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- изучить методы анализа электрических цепей синусоидального тока;
- закрепить навыки построения векторных топографических диаграмм, совмещенных с векторной диаграммой токов;
- освоить методы получения передаточной функции четырехполюсника, выражений для амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик;
- овладеть навыками построения амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик, используя вычислительные средства, анализа фильтрующие свойства цепи и моделирования RC-фильтров.

Курсовой проект включают в себя расчетно-пояснительную записку.

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### **7.1.1 Этап текущего контроля**

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Код	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
-----	---	---------------------	------------	---------------

<b>нц ия</b>				
<b>ОП К- 1</b>	знать основы теории линейных и нелинейных электрических и магнитных цепей, основные законы электротехники и границы их применимости, методы расчета, анализа и экспериментальных исследований электрических цепей в установившихся и переходных режимах	Своевременное выполнение лабораторных и контрольных работ. Активная работа на практических и лабораторных занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь составить эквивалентные расчетные схемы электрических цепей; в соответствии с задачей исследования выбрать теоретический материал дисциплины электротехники (законы, принципы, методы), позволяющий произвести решение задачи, описать электромагнитные процессы в электрических цепях, применять математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной при расчете электрических цепей, применять математический аппарат теории функции нескольких переменных, теории функций комплексного переменного, теории дифференциальных уравнений при расчете установившихся и переходных процессов в электрических цепях; применять математический аппарат численных методов при расчете электрических и магнитных цепей; проводить экспериментальные исследования и оформлять полученные результаты	Решение стандартных практических задач, выполнение контрольных и лабораторных работ, представление результатов экспериментальных исследований в виде технического отчета	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками чтения электрических схем, расчетов по типовым методикам электрических и магнитных цепей, оформления расчетных данных, использования вычислительных средств, позволяющих решать задачи инженерной деятельности, навыками экспериментальных исследований, обработки и анализа результатов эксперимента.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение лабораторных работ и их оформление, выполнение контрольных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4, 3 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

<b>Комп ете нц ия</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Отлично</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Удовл.</b>	<b>Неудовл.</b>
<b>ОП К- 1</b>	знать основы теории линейных и нелинейных электрических и магнитных цепей, основные законы электротехники и границы их применимости, методы расчета, анализа и экспериментальных исследований электрических цепей в установившихся и переходных режимах	Тест	Выполнение теста на 90-100 %	Выполнение теста на 80-90 %	Выполнение теста на 70-80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов

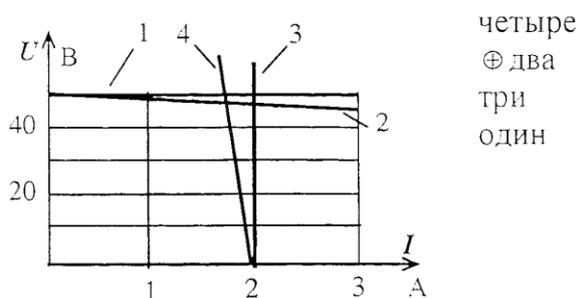
<p>уметь составить эквивалентные расчетные схемы электрических цепей; в соответствии с задачей исследования выбрать теоретический материал дисциплины электротехники (законы, принципы, методы), позволяющий произвести решение задачи, описать электромагнитные процессы в электрических цепях, применять математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной при расчете электрических цепей, применять математический аппарат теории функции нескольких переменных, теории функций комплексного переменного, теории дифференциальных уравнений при расчете установившихся и переходных процессов в электрических цепях; применять математический аппарат численных методов при расчете электрических и магнитных цепей; проводить экспериментальные исследования и оформлять полученные результаты</p>	<p>Решение стандартных практических задач</p>	<p>Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач</p>	<p>Задачи не решены</p>
<p>владеть навыками чтения электрических схем, расчетов по типовым методикам электрических и магнитных цепей, оформления расчетных данных, использования вычислительных средств, позволяющих решать задачи инженерной деятельности, навыками экспериментальных исследований, обработки и анализа результатов эксперимента.</p>	<p>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</p>	<p>Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач</p>	<p>Задачи не решены</p>

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

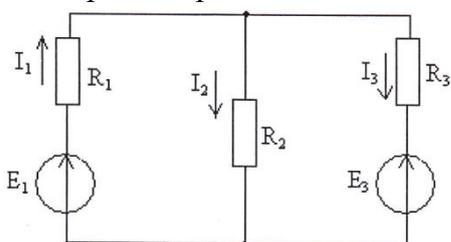
### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Вопрос 1.

Реальному источнику ЭДС соответствует внешняя характеристика под номером ...

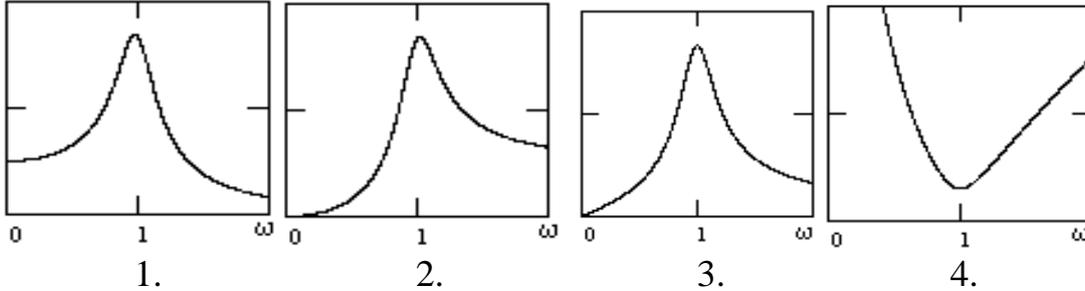


Вопрос 2. Уравнение баланса мощностей представлено выражением...



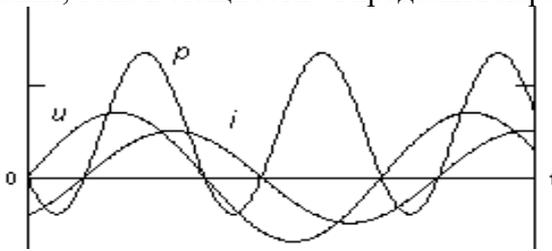
1.  $-E_1 I_1 + E_3 I_3 = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2$ ;
2.  $E_1 I_1 + E_3 I_3 = R_1 I_1^2 - R_2 I_2^2 - R_3 I_3^2$ ;
3.  $E_1 I_1 - E_3 I_3 = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2$ ;
4.  $E_1 I_1 + E_3 I_3 = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2$ .

Вопрос 3. Для последовательного соединения укажите график напряжения на индуктивности в зависимости от частоты. Укажите правильный ответ:



5. Правильного ответа нет.

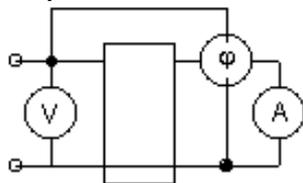
Вопрос 4. Для некоторого двухполюсника приведены графики мгновенных значений напряжения, тока и мощности. Определить характер нагрузки.



Укажите правильный ответ:

1. Активно-емкостный.
2. Активно-индуктивный.
3. Чисто индуктивный.
4. Чисто активный.
5. Чисто емкостный.
6. Правильного ответа нет.
- 6 Правильной схемы нет.

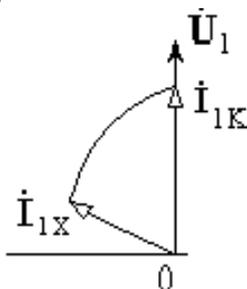
Вопрос 5. Какой из коэффициентов А, В, С, D можно определить по показаниям приборов ?

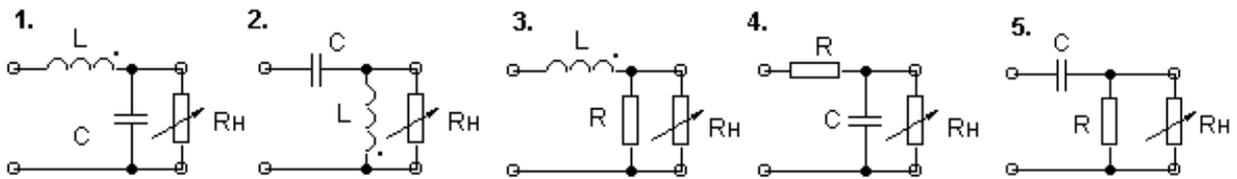


Укажите правильный ответ:

1. А; 2. В; 3. С; 4. D; 5. Определить нельзя.

Вопрос 6. Укажите схему четырехполюсника, соответствующую данной векторной диаграмме:



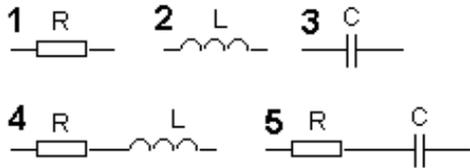


Вопрос 7. Известны напряжение и ток и двухполюсника:

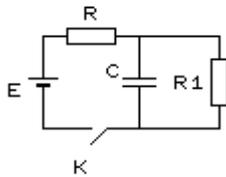
$$u(t) = 100 + 100\sin(\omega t - 45^\circ), \text{В};$$

$$i(t) = 1\sin(\omega t + 45^\circ), \text{А}.$$

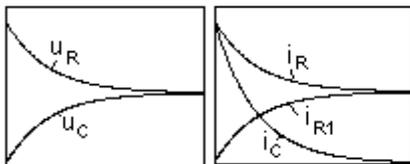
Укажите эквивалентную схему двухполюсника:



Вопрос 8. По какому закону будут изменяться токи и напряжения в схеме при замыкании ключа, если  $R_1 = R$ ?



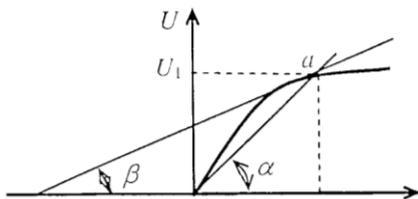
Указать неправильный график.



1.  $u_R$ ; 2.  $u_C$ ; 3.  $i_R$ ; 4.  $i_{R1}$ ; 5.  $i_C$ ; 6. Все графики правильные.

Вопрос 9.

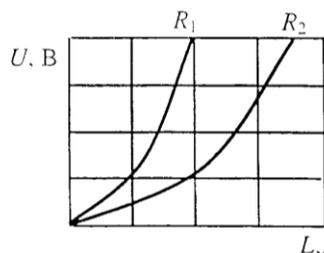
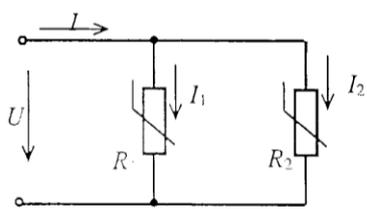
При заданной вольт-амперной характеристике дифференциальное сопротивление  $R_{диф}$  в точке  $a$  равно ...



- $\frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{m_u}{m_1} \operatorname{tg}(180 - \beta)$
- $\frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{m_u}{m_1} \operatorname{tg} \alpha$
- $\frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{m_u}{m_1} \operatorname{tg} \beta$
- $\frac{U_1}{I_1}$

Вопрос 10.

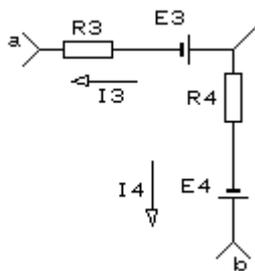
При параллельном соединении нелинейных сопротивлений, заданных характеристиками  $R_1$  и  $R_2$ , характеристика эквивалентного сопротивления  $R_3$  пройдет ...



- пройдет между ними
- пройдет выше характеристики  $R_1$
- $\oplus$  пройдет ниже характеристики  $R_2$
- совпадет с кривой  $R_2$

## 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Задание 1. Найти  $U_{ab}$ , если:  $R_3 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_4 = 6 \text{ Ом}$ ;  $E_3 = 120 \text{ В}$ ;  $E_4 = 80 \text{ В}$ ;  $I_3 = -20 \text{ А}$ ;  $I_4 = 5 \text{ А}$ .



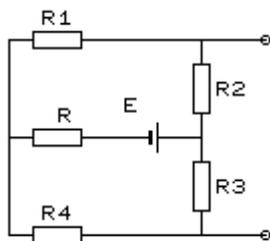
Укажите правильный ответ:

1. 200 В; 2. -90 В; 3. -150 В; 4. 310 В; 5. Правильного ответа нет.

Задание 2. Определить ЭДС генератора, эквивалентного заданной схеме, если:

$E = 50$  В, сопротивление  $R$  можно считать равным нулю,

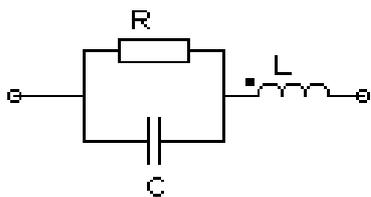
$R_1 = 4$  Ом;  $R_2 = 16$  Ом;  $R_3 = 7$  Ом;  $R_4 = 18$  Ом;



Укажите правильный ответ:

1. 0; 2. 50 В; 3. 54 В; 4. 26 В; 5. 25 В; 6. Правильного ответа нет.

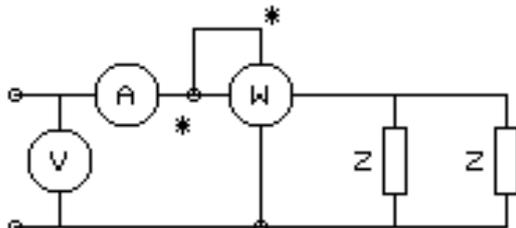
Задание 3. Дано:  $R = 50$  Ом;  $L = 63.66$  мГн;  $f = 50$  Гц. В цепи **резонанс**. Чему равна резонансная емкость ?



Укажите правильный ответ:

1. 25 мкФ; 2. 100 мкФ; 3. 130 мкФ и 32.5 мкФ; 4. 25 мкФ и 100 мкФ; 5. 10 мкФ; 6. Правильного ответа нет.

Задание 4. Дано:  $I = 10$  А;  $U = 100$  В;  $Z = R + jX$ , где  $X = 2R$ . Определить показание ваттметра.



Укажите правильный ответ:

1. 500 Вт; 2. 225 Вт ; 3. 750 Вт; 4. 865 Вт; 5. 1000 Вт; 6. Правильного ответа нет.

Задание 5. Выход четырехполосника замкнут накоротко. Определить мгновенное значение выходного тока, если комплексное действующее значение входного тока  $I_1 = 8e^{-j30}$  А, а коэффициент  $D = -j2$ .

Укажите правильный ответ:

1. Задачу решить нельзя. 2.  $i_{2k} = 4\sin(\omega t - 90^\circ)$ , А; 3.  $i_{2k} = 16\sqrt{2}\sin(\omega t + 51^\circ)$ , А; 4.  $i_{2k} = 4\sqrt{2}\sin(\omega t + 51^\circ)$ , А; 5.  $i_{2k} = 4\sin(\omega t - 51^\circ)$ , А.

Задание 6. Определить сдвиг фаз между входным током и напряжением симметричного четырехполосника, нагруженного характеристическим сопротивлением, если из опытов холостого хода и короткого замыкания известны:

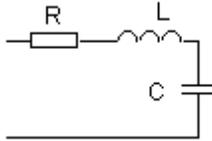
$U_{1x} = 100e^{j60}$ , В;  $I_{1x} = 10e^{j30}$ , А;

$$U_{1K} = 100e^{j30}, \text{ В}; \quad I_{1K} = 10e^{-j30}, \text{ А.}$$

Укажите правильный ответ:

1.  $\varphi = 0^\circ$ ; 2.  $\varphi = 90^\circ$ ; 3.  $\varphi = 30^\circ$ ; 4.  $\varphi = 60^\circ$ ; 5.  $\varphi = 45^\circ$ ; 6. Правильного ответа нет.

Задание 7. К двухполюснику приложено напряжение:  $u(t) = 100 + 141\sin(100t + 45^\circ)$ , В;  $R = \omega L = 1/\omega C = 100 \text{ Ом}$ .

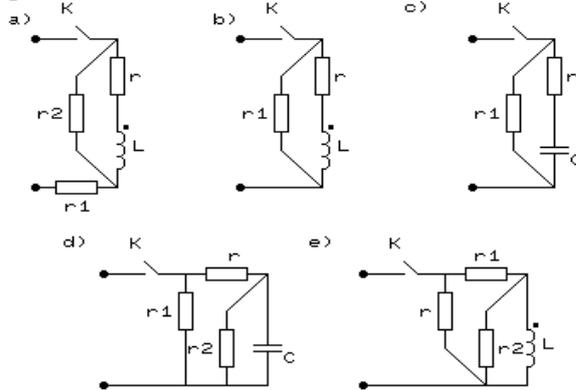


Определите активную мощность, потребляемую цепью.

Укажите правильный ответ:

1. 100 Вт. 2. 171 Вт. 3. 0 Вт. 4. 200 Вт. 5. 71 Вт. 6. Правильного ответа нет.

Задание 8. Дано:  $r=100 \text{ Ом}$ ;  $r_1=50 \text{ Ом}$ ;  $r_2=200 \text{ Ом}$ ;  $L=1.4 \text{ Гн}$ ;  $C=10 \text{ мкФ}$ . Определить постоянные времена  $\tau_a, \tau_b, \tau_c, \tau_d, \tau_e$  цепей после замыкания ключа в каждой схеме.

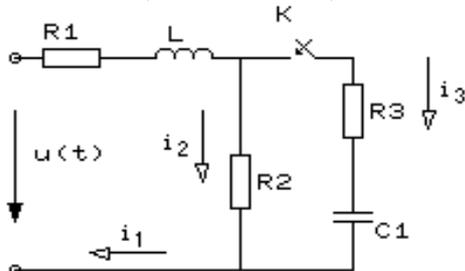


Указать неправильный ответ:

1.  $\tau_a=0.014 \text{ с}$ ; 2.  $\tau_b=0.014 \text{ с}$ ; 3.  $\tau_c=10^{-3} \text{ с}$ ; 4.  $\tau_d=0.667 \cdot 10^{-3} \text{ с}$ ; 5.  $\tau_e=0.035 \text{ с}$ ; 6. Все правильные.

Задание 9. Определить значение тока  $i_3(0_+)$ , если:  $u(t) = 141\sin(314t + 45^\circ)$  В;

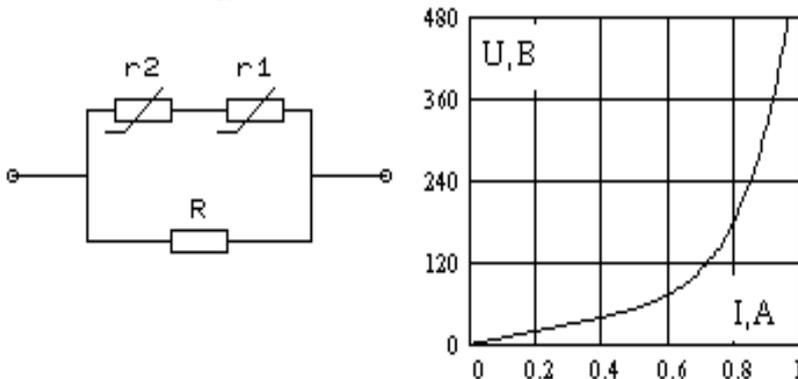
$R_1 = 4 \text{ Ом}$ ;  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ;  $R_3 = 2 \text{ Ом}$ ;  $L = 19.1 \text{ мГн}$ ;  $C = 300 \text{ мкФ}$ .



1. 7.5 А; 2. 10 А; 3. 0 А; 4. 2.5 А; 5. 5 А.

Задание 10. Два нелинейных элемента  $r_1$  и  $r_2$  имеют одинаковые вольт-амперные характеристики (см. рисунок). Определить ток  $I$  в неразветвленной части цепи, если:

$R = 150 \text{ Ом}$  и  $I_R = 0.8 \text{ А}$ .



1. 1.3 А
2. 0.5 А

3. 0.7 A
4. 0.85 A
5. Правильного ответа нет.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Задание 1. В схеме (рис. 1), имеющей источник ЭДС  $E=12$  В и резисторы с параметрами  $R_1=5$  Ом;  $R_2=20$  Ом;  $R_3=R_4=10$  Ом, определить напряжение  $U_{ab}$ .

Задание 2. Составить систему уравнений по законам Кирхгофа для определения токов в ветвях схемы рис.2 и записать ее в матричной форме.

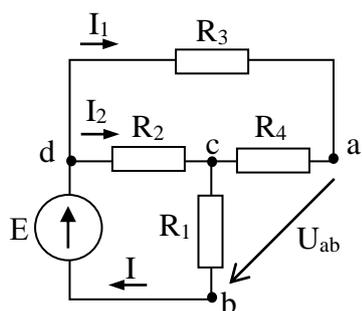


Рис. 1

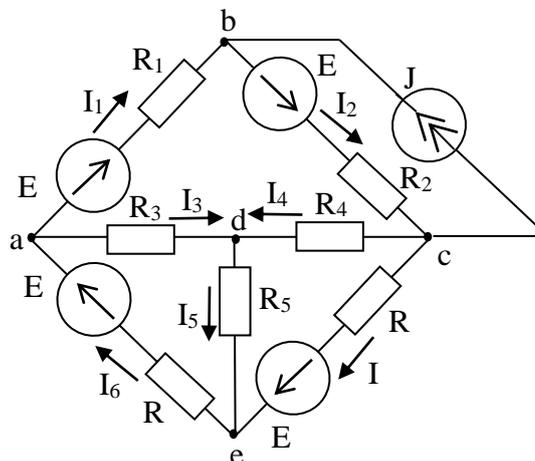


Рис. 2

Задание 3. В схеме рис. 3 определить показания измерительных приборов, если мгновенное значение входного тока  $i(t)=2\sin(\omega t+20^\circ)$ , А. Сопротивления элементов цепи заданы на схеме (рис. 3) в Омах.

Задание 4. В цепи, схема которой представлена на рис. 4, известен ток в пятой ветви:  $\dot{I}_5 = 1$  А и сопротивления элементов цепи указаны на схеме в Омах. Построить топографическую диаграмму, приняв потенциал узла  $\phi_d = 0$  и определить входное напряжение.

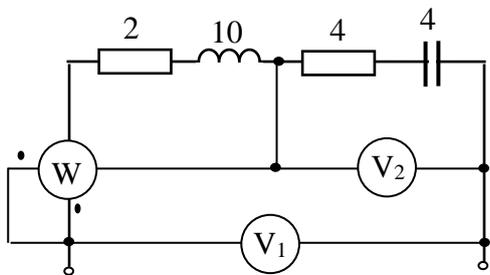


Рис. 3

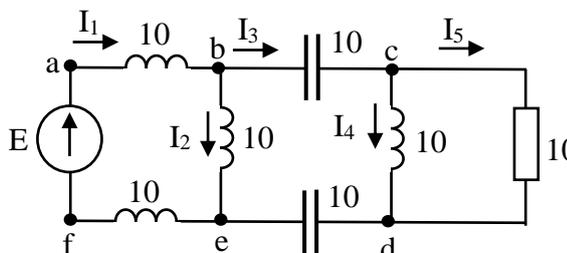


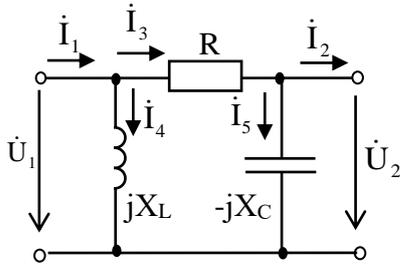
Рис. 4

Задание 5. **Пример варианта задания для предварительных расчетов к лабораторной работе по теме «Четырехполюсник»:**

Четырехполюсник, схема которого приведена на рисунке, имеет параметры:

$$R = X_L = 10 \text{ Ом}, \quad X_C = 20 \text{ Ом}.$$

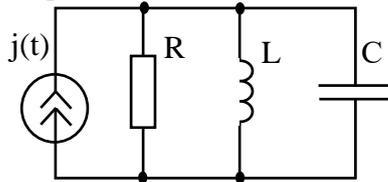
Определить коэффициенты А-формы записи уравнений четырехполюсника и убедиться, что результаты удовлетворяют соотношению  $AD-BC=1$ . Расчет коэффициентов выполнить с помощью законов Кирхгофа и по входным сопротивлениям в режимах холостого хода и короткого замыкания.



**Задание 6. Примеры задания для защиты лабораторной работы по теме «Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях»:**

Приемники питаются от источника периодического несинусоидального тока с частотой основной гармоники 50 Гц. Их параметры:  $R = 20 \text{ Ом}$ ;  $L = 31,8 \text{ мГн}$ ;  $C = 159 \text{ мкФ}$ . Ток источника изменяется по закону:  $j(t) = 1 + 1,57 \cos \omega t + 0,67 \cos 2\omega t - 0,12 \cos 4\omega t$ , А.

Найти мгновенные и действующие значения токов в приемниках, активную и полную мощности, развиваемые источником. Построить временную зависимость  $i_L(t)$ .



**Пример задания для защиты лабораторной работы по теме «Переходные процессы в линейных электрических цепях»:**

**Задание 7.** В электрической цепи, схема которой показана на рис.7, происходит коммутация ключа. Исходные данные:  $U = 100 \text{ В}$ ,  $R_1 = R_2 = 100 \text{ Ом}$ ,  $C = 10 \text{ мкФ}$ .

Найти мгновенные значения токов ветвей и напряжения конденсатора при переходном процессе.

**Задание 8.** В цепи, питающейся от источника с постоянным напряжением  $U = 120 \text{ В}$  (рис. 8) внезапно замыкается накоротко резистор  $R_1$ . Найти функцию изменения тока в катушке после замыкания ключа; начертить график изменения этого тока во времени. Параметры элементов цепи (рис. 8):  $L = 0,1 \text{ Гн}$ ;  $R = 10 \text{ Ом}$ ; первоначальное значение сопротивления  $R_1 = 30 \text{ Ом}$ .

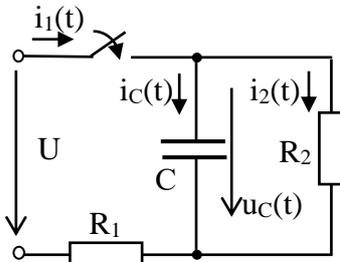


Рис. 7

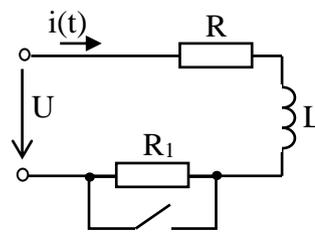
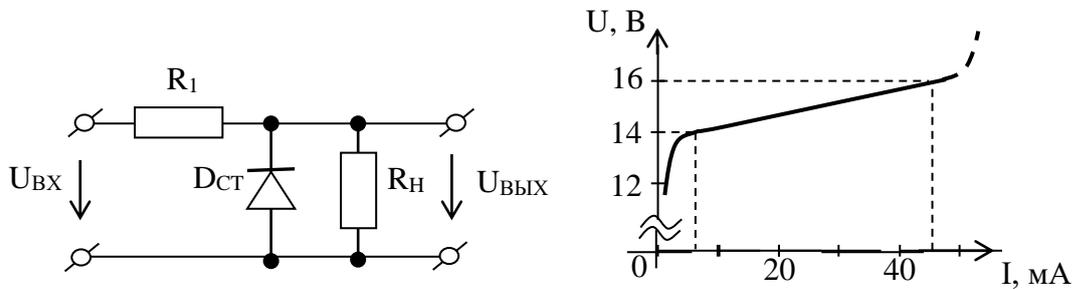


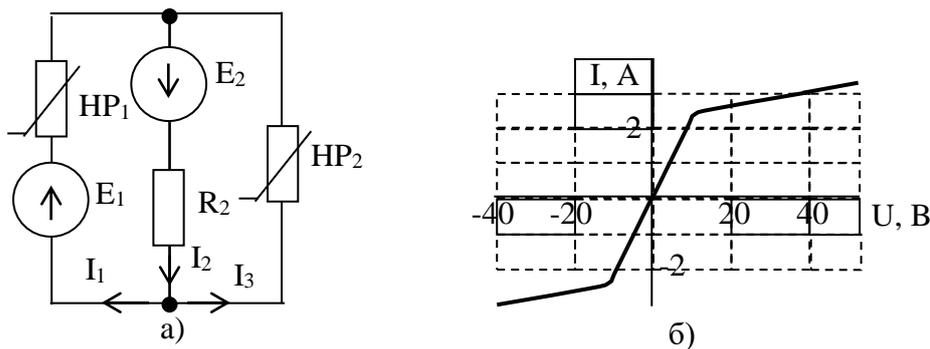
Рис. 8

**Пример задания для защиты лабораторной работы по теме «Нелинейные электрические цепи постоянного тока»**

**Задание 9.** На рис. приведена схема простейшего стабилизатора напряжения со стабилитроном и его вольтамперная характеристика. Напряжение на входе  $U = 24 \text{ В}$ , стабилизируемое напряжение  $U_{\text{ВЫХ}} = 15 \text{ В}$ ;  $R_H = 1 \text{ кОм}$ . Определить: а) величину балластного сопротивления  $R_1$ ; б) пределы колебания напряжения на входе схемы, при которых изменение напряжения на нагрузке не превышает  $\pm 0,5 \text{ В}$ ; в) коэффициент стабилизации  $\Delta U_{\text{ВЫХ}} / \Delta U_{\text{ВХ}}$ ; г) мощность, рассеиваемую в балластном сопротивлении.



Задание 10. Рассчитать токи в схеме рис. 10, а, если  $E_1 = 30 \text{ В}$ ;  $E_2 = 35 \text{ В}$ ;  $R_2 = 5 \text{ Ом}$ .  
 ВАХ одинаковых элементов  $HP_1$  и  $HP_2$  даны на рис. 10, б.



### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

### 7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Электрические цепи постоянного тока. Основные понятия: электрическая цепь, элемент цепи, источники ЭДС и источники тока.

Параметры электрических цепей: активное сопротивление  $R$ , индуктивность  $L$ , взаимная индуктивность  $M$ , емкость  $C$ .

Схемы замещения источников электрической энергии; ветвь, контур, узел.

Методы эквивалентных преобразований линейных электрических цепей (последовательное, параллельное соединение сопротивлений, преобразование «звезда-треугольник», вынесение ЭДС за узел).

Закон Ома для участка цепи и для неразветвленной цепи. Закон Ома для участка цепи с источником ЭДС.

Потенциальная диаграмма в цепи постоянного тока (на примере).

Законы Кирхгофа.

Использование законов Кирхгофа для расчета электрических цепей (на примере).

Матричная форма записи уравнений по законам Кирхгофа (на примере).

Метод контурных токов- МКТ (алгоритм и пример использования).

Метод узловых потенциалов- МУП (алгоритм и пример использования).

Метод двух узлов (алгоритм и пример использования).

Теорема: о компенсации и активном двухполюснике.

Метод эквивалентного генератора- МЭГ (алгоритм и пример использования).

Метод (принцип) наложения (суть и пример использования).

Мощность в цепи постоянного тока. Баланс мощности.

Передача мощности от активного двухполюсника в нагрузку.

Принцип получения синусоидальной ЭДС.

Электрические цепи переменного синусоидального тока. Общие понятия.

Понятие комплексного числа. Действия над комплексными числами. Представление синусоидальных величин комплексными числами.

Активный элемент  $R$  в цепи переменного тока.

Индуктивный элемент  $L$  в цепи переменного тока.

Емкостной элемент  $C$  в цепи переменного тока.

Комплексный метод расчета цепей переменного синусоидального тока (алгоритм и пример использования).

Последовательное соединение элементов  $R, L, C$ . Векторные диаграммы.

Параллельное соединение элементов  $R, L, C$ . Векторные диаграммы.

Мощность в цепи переменного тока. Понятие о комплексной мощности.

Коэффициент мощности. Баланс мощности в цепи переменного тока.

Резонанс напряжений (резонанс при последовательном соединении элементов  $R, L, C$ ).

Резонанс токов (резонанс при параллельном соединении элементов  $R, L, C$ ).

Анализ цепей при несинусоидальных токах и напряжениях.

Разложение несинусоидальной периодической функции в ряд Фурье.

Симметрия кривых. Амплитудно-частотный (амплитудный) и фазо-частотный спектры несинусоидального сигнала.

Действующее и среднее по модулю значение несинусоидальной периодической функции.

Величины, которые измеряют приборы при несинусоидальных сигналах.

Мощность в цепи несинусоидального тока.

Коэффициенты, характеризующие периодические несинусоидальные сигналы.

Расчет цепей несинусоидального тока. Метод наложения (на примере).

Метод эквивалентных синусоид.

Теория четырехполюсников. Определение и классификация четырехполюсников.

Уравнение четырехполюсника.

Определение коэффициентов четырехполюсника из опытов: с помощью омметра; используя непосредственно показания приборов.

Схемы замещения линейного четырехполюсника (Т- и П-образная).

Входное сопротивление четырехполюсника. Согласованный режим.

Постоянная передачи четырехполюсника. Согласованный режим.

Постоянная передачи симметричного четырехполюсника.

Уравнения симметричного четырехполюсника в гиперболической форме.

Основные определения и классификация фильтров.

Реактивные симметричные фильтры.

Реактивные низкочастотные фильтры.

Реактивные высокочастотные фильтры.

Полосные (полосовые) и заграждающие фильтры.

Безындукционные фильтры. Область применения RC-фильтров.

Возникновение переходных процессов. Законы коммутации и начальные условия.

Классический метод расчета переходных процессов в цепях первого порядка при воздействии постоянных напряжений.

Классический метод расчета переходных процессов в цепях первого порядка при воздействии синусоидальных напряжений.

Переходные процессы в цепях второго порядка. Апериодический, критический и колебательный характер переходных процессов. Общий случай расчета переходных процессов в разветвленных цепях.

Операторный метод расчета. Преобразование Лапласа и его применение к расчету переходных процессов. Изображение по Лапласу некоторых простых функций, производной и интеграла. Законы Ома и Кирхгофа в операторной форме. Операторная схема замещения. Переход от изображения к оригиналу. Теорема разложения. Общие принципы расчета переходных процессов в электрических цепях операторным методом.

Нелинейные элементы(НЭ) в электрических цепях. Параметры и свойства НЭ. Аппроксимация характеристик нелинейных элементов. Нелинейные цепи постоянного тока. Графические методы расчета.

Аналитические методы расчета нелинейных цепей постоянного тока. Итерационный метод.

Метод двух узлов, метод активного двухполюсника

Нелинейные магнитные цепи при постоянных потоках. Анализ неразветвленных и разветвленных магнитных цепей.

Цепи синусоидального тока с НЭ, имеющими прямоугольную характеристику. Нелинейные цепи переменного тока с вентилями. Простейшие выпрямители. Сглаживание пульсации, емкостный и индуктивный фильтры.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

*(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.*

*1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.*

*2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов*

*3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.*

*4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)*

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Свойства линейных электрических цепей и методы их расчета. Электрические цепи постоянного тока	ОПК-1	Тест, защита лабораторных работ

2	Электрические цепи однофазного синусоидального тока	ОПК-1	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
3	Четырехполюсники	ОПК-1	Тест, защита лабораторной работы, требования к курсовой работе
4	Электрические фильтры	ОПК-1	Тест, требования к курсовой работе
5	Периодические несинусоидальные токи в линейных электрических цепях	ОПК-1	Тест, защита лабораторной работы
6	Переходные процессы в линейных электрических цепях	ОПК-1	Тест, защита лабораторной работы
7	Нелинейные электрические цепи постоянного тока	ОПК-1	Тест, защита лабораторной работы
8	Магнитные цепи	ОПК-1	Тест
9	Нелинейные электрические цепи переменного тока	ОПК-1	Тест, защита лабораторной работы

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. - М.: Юрайт., 2012. – 701 с.
2. Сборник задач по теоретическим основам электротехники / под ред. Л.А. Бессонова.- М.: Высш. шк., 2000.
3. Зевеке Г.В. Основы теории цепей / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. - М.: Энергоатомиздат, 2002.

4. Никифорова Л.В. Теоретические основы электротехники : Сб. задач с примерами решений; Учеб. пособие. Ч. 1/ Л.В. Никифорова, Т.В. Попова– Воронеж : ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2007. –166 с.

5. Никифорова Л.В. Теоретические основы электротехники : Сб. задач с примерами решений; Учеб. пособие. Ч. 1/ Л.В. Никифорова, Т.В. Попова– Воронеж : ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008. – 91 с.

6. Никифорова Л.В. Расчетно-графические задания № 1-3 и методические указания к их выполнению по дисциплине «Теоретические основы электротехники» для студентов направления подготовки бакалавров 210100 «Электроника и наноэлектроника» профиля «Электронное машиностроение» очной формы обучения / Никифорова Л.В., Ген Ж.А. - Воронеж : ФГБОУ ВПО ВГТУ.-, 2012.

7. Никифорова Л.В. Исследование электромагнитных процессов в линейных и нелинейных электрических цепях: Лабораторный практикум : Учеб. пособие / Л.В.Никифорова, Т.В.Попова, Ж.А. Ген. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 170 с.

8. Никифорова Л.В. Теоретические основы электротехники: Материалы лекционных, практических и лабораторных занятий: Учеб. пособие / Л.В.Никифорова, Т.В.Попова, Ж.А. Ген. - Воронеж : ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 182 с.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Лицензионное программное обеспечение

1. Microsoft Office Word 2007;
2. Microsoft Office Excel 2007;
3. Microsoft Office Power Point 2007;
4. ABBYY FineReader 9.0.

Свободное ПО

1. бесплатный математический редактор РТС Mathcad Express.

Отечественное ПО

1. «Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ»»;

2. Модуль «Программный комплекс поиска текстовых заимствований в открытых источниках сети интернет «Антиплагиат-интернет»»;

3. Модуль обеспечения поиска текстовых заимствований по коллекции диссертаций и авторефератов Российской государственной библиотеки (РГБ);

4. Модуль поиска текстовых заимствований по коллекции научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://www.edu.ru/> . Образовательный портал ВГТУ.

Информационная справочная система

1. <http://window.edu.ru;>

2. <https://wiki.cchgeu.ru/>.

Современные профессиональные базы данных

1. Электротехнический портал. Адрес ресурса: [http://электротехнический - портал.рф/](http://электротехнический-портал.рф/);

2. Электроцентр. Адрес ресурса: <http://electrocentr.info/>;

3. All about circuits. Одно из самых крупных онлайн-сообществ в области электротехники. На сайте размещены статьи, форум, учебные материалы (учебные пособия, видеолекции, разработки, вебинары) и другая информация. Адрес ресурса: <https://www.allaboutcircuits.com/>;

4. Электрик. Адрес ресурса: <http://www.electrik.org/>.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Специализированная лекционная аудитория, оборудованная для лекционных занятий.

Лаборатория ТОЭ №141, где расположены 6 универсальных лабораторных стендов.

Измерительные приборы: амперметры, вольтметры, фазометры, осциллографы.

Источники питания: источники постоянных ЭДС, ЛАТры, трехфазные источники, звуковые генераторы.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Теоретические основы электротехники» .

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета линейных и нелинейных электрических и магнитных цепей, работающих от действия источников постоянного, синусоидального напряжений и импульсного воздействия. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой

работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.