

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Парлюк Е.А. Петровна

Должность: З. директор института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дата подписания: 11.07.2023 10:21:52

Уникальным идентификатором ключа:

7823a3d3181287ca51a80a4c69d33e1779345d45



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –

МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт Механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Кафедра Электроснабжение и электротехника имени академика И.А. Будзко

УТВЕРЖДАЮ:  
И.о. директор института механики  
и энергетики им. В.П. Горячкина  
И.Ю. Игнаткин  
2021 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.О.23 Электротехника и электроника

для подготовки бакалавров

Направление: 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность: Энергообеспечение предприятий

Курс 2

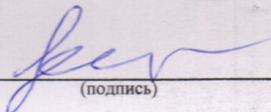
Семестр 3,4

Форма обучения: Очная

Год начала подготовки: 2021

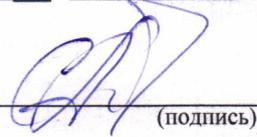
Москва, 2021

азработчик: Навроцкая Л.В. к.т.н., доцент.  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

« 26 » 08 2021 г.

Рецензент: Андреев С.А. к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

« 26 » 08 2021 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, ПООП, профессионального стандарта Б1.О.23. «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА» по направлению подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника и учебного плана.

Программа обсуждена на заседании кафедры  
ЭС и ЭТ им. акад. И.А. Будзко

Протокол № 1 от « 26 » 08 2021 г.

И.о. зав. кафедрой Электроснабжения и электротехники  
к.т.н., доцент Стушкина Н.А.  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

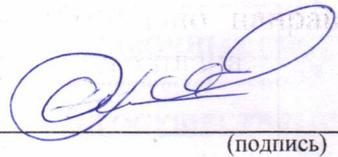
  
(подпись)

« 26 » 08 2021 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической  
комиссии института механики и энергетики  
имени В.П. Горячкина

Чистова Я.С., к.п.н.  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

« 18 » 10 2021 г.

Заведующий выпускающей кафедрой  
Теплотехники, гидравлики и энергообеспечения  
предприятий Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

« 26 » 08 2021 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ</b> .....	5
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	5
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ</b> .....	5
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b> .....	5
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	6
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	5
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	6
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ/ ЗАНЯТИЯ .....	7
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ/ ЗАНЯТИЯ .....	8
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	10
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	12
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности .....	12
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	16
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	18
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	18
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	18
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	18
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	18
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b> .....	18
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)</b> .....	18
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)</b> .....	19
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b> ..	20
Виды и формы отработки пропущенных занятий .....	20
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	20

## АННОТАЦИЯ

### **рабочей программы учебной дисциплины «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА» для подготовки бакалавра по направлению 13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника» направленности «Энергообеспечение предприятий»**

**Целью освоения дисциплины является:** подготовить студентов и привить навыки использования технических средств расчёта, измерений, освоения студентами основных сведений о технике передачи и распределения электроэнергии, методов расчета режимов электропередач и их работы, умение выбирать наиболее экономичные и надежные схемы работы сети.

Дисциплина «Теоретические основы электротехники» является в своей основе теоретической для оценки технического состояния и остаточного ресурса электротехнического оборудования и контроля основных параметров технологического процесса, а так же навыками проведения типовых экспериментальных исследований с использованием методики анализа и моделирования электрических цепей.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина «Электротехника и электроника» включена в обязательную часть, учебного плана по направлению подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-6.1.

#### **Краткое содержание дисциплины:**

Приводятся основные понятия теории цепей. Представлены методы расчёта электротехнических цепей и классификация средств измерений. Рассмотрены схемы и принципы работы электрических цепей. Показаны особенности применения средств и методов расчёта параметров электрических цепей постоянного и переменного электрического тока. Приводятся основы оценки результатов измерений и выбора методик измерений конкретных физических величин.

#### **1. Цели освоения дисциплины**

Научно-технический прогресс связан с широким использованием современных систем связи и коммуникаций, новых информационных технологий. В большинстве своём они основаны на использовании электроники, электротехники, радиотехники, компьютерных систем. В настоящее время значительная часть сложных электронных систем в процессе эксплуатации практически ежедневно требует измерения многих параметров и характеристик электронных компонентов и устройств. Практика показывает, что происходящее усложнение современных электронных систем приводит к увеличению требований как к качеству, так и к количеству измерений, в том числе к точности измерений различных физических величин, диапазону измеряемых параметров, чувствительности и быстродействия средств измерений.

Целью освоения дисциплины «Электротехника и электроника» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность анализа электрических и магнитных цепей как математических моделей электротехнических объектов; исследование электромагнитных процессов, протекающих в современных электротехнических установках; овладение современными методами моделирования электромагнитных процессов с использованием компьютерных технологий.

В результате изучения данной дисциплины студенты должны знать:

- методику расчёта токов и напряжений в цепях постоянного, синусоидального токов;
- методику расчёта токов трёхфазных цепей при соединении нагрузки звездой и треугольником;
- методику расчёта токов и напряжений переходных процессов;
- методику расчёта длинных линий;
- основы выполнения расчётов нелинейных элементов;
- основы выполнения расчётов магнитных цепей.

и способствует развитию у студентов логического и абстрактного мышления с практической реализацией ее содержания, развитие способности:

- к самоорганизации и самообразованию;
- применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.
- готовность к участию в испытаниях вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования.

## 2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Электротехника и электроника» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, профессионального стандарта Б1.О.23. «Электротехника и электроника» ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника» и включена в обязательную часть, учебного плана по направлению подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электротехника и электроника» являются «Математика» (курс 1,2; семестр 1,2,3), «Физика» (курс 1,2; семестр 2,3,4), «Метрология, стандартизация и сертификация» (курс 2, семестр 4).

Дисциплина является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Электрические машины», «Электрические измерения», «Электроснабжение», «Электротехнологии», «Электропривод» и др.

Особенностью дисциплины является методика расчета электрических цепей в разных режимах. Знание этих вопросов необходимо всем специалистам по электроэнергетике, теплоэнергетике, электрооборудованию и электротехнологиям.

Рабочая программа дисциплины «Электротехника и электроника» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине Б1.О.23 «Электротехника и электроника» соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.  
Таблица 1

### Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ОПК-6.1	Студент способен выбирать средства измерения, проводить электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность.	Выбирать средства измерений, проводить измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность	Режимы работы, методы и средства повышения эффективности работы основного энергетического и электротехнического оборудования	Использовать методы и средства повышения эффективности работы основного энергетического и электротехнического оборудования	Навыками расчета режимов работы основного энергетического и электротехнического оборудования

**4. Структура и содержание дисциплины**  
**4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

**Общая трудоёмкость дисциплины:** 216 часов (6 зачётных единиц).

**Промежуточный контроль:** в 3 семестре ЗаО, курсовая работа «Расчёт цепей постоянного, синусоидального и трёх фазного токов»; в 4 семестре экзамен и РГР «Расчёт переходных процессов в трёх фазных цепях».

**Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Таблица 2

Вид учебной работы	Трудоёмкость		
	час. всего	В т.ч. по семестрам	
		№ 3	№4
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>216</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>134,75</b>	<b>68,35</b>	<b>66,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>			
<i>в том числе:</i>			
<i>лекции (Л)</i>	66	34	32
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	32	16	16
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	32	16	16
<i>курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)</i>	2	2	
<i>консультации перед экзаменом</i>	2		2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,75	0,35	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>56,65</b>	<b>39,65</b>	<b>41,6</b>
<i>курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)</i>	36	36	
<i>расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)</i>	10		10
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)</i>	10,65	3,65	7
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	<b>24,6</b>		<b>24,6</b>
<i>Подготовка к зачёту/ зачёту с оценкой (контроль)</i>	9	9	
<b>Вид промежуточного контроля:</b>		ЗаОКР	Эк

**4.2 Содержание дисциплины  
ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ  
Тематический план учебной дисциплины**

Таблица 3

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеауди- торная работаСР
		Л	ПЗ/С всего	ЛР всего	ПКР всего	
Введение. Раздел 1. «Линейные электрические цепи постоянного тока»	24	8	8			8
Раздел 2. «Линейные электрические цепи синусоидального тока»	23	8		8		7
Раздел 3 «Трёхфазные цепи»	19	8	8			3
Раздел 4. «Двухполюсники и четырехполюсники»	16	8		4		4
Раздел 5. «Электрические цепи с несинусоидальными ЭДС, напряжениями и токами»	14,65	2		4		8,65
<i>курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)</i>	2				2	
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35				0,35	
<i>Зчёт (подготовка)</i>	9					9
<b>Всего за 1 семестр</b>	<b>108</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2,35</b>	<b>39,65</b>
Раздел 6. «Переходные процессы в электрических цепях»	20	8	8			4
Раздел 7. «Нелинейные электрические цепи»	20	8		8		4
Раздел 8. «Магнитные цепи при постоянных и переменных магнитных потоках»	20	8	8			4
Раздел 9. «Электрические цепи с распределенными параметрами. Длинные линии»	21	8		8		5
<i>консультации перед экзаменом</i>	2				2	
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4				0,4	
<i>Экзамен (подготовка)</i>	24,6					24,6
<b>Всего за 2 семестр</b>	<b>108</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2,4</b>	<b>41,6</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>216</b>	<b>66</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>4,75</b>	<b>81,25</b>

**Разделы и темы дисциплины**

**Раздел 1. Линейные электрические цепи постоянного тока.**

**Тема 1.** Электрическая цепь и ее основные элементы.

Физические процессы в электрических цепях. Электрический ток, потенциал, ЭДС, напряжение.

**Тема 2.** Основные законы электрических цепей

Законы Ома, закон Джоуля-Ленца. Расчет неразветвленных цепей постоянного тока. Уравнение баланса мощностей. Потенциальная диаграмма.

**Тема 3.** Методы расчета разветвленных электрических цепей. Законы Кирхгофа и их применение для расчета электрических цепей. Преобразование схем электрических цепей: преобразование последовательно и параллельно соединенных пассивных и активных элементов. Взаимное преобразование схем соединения элементов «звездой» и «треугольником». Метод контурных токов, метод узловых потенциалов, метод наложения. Пассивный и активный двухполюсники, метод эквивалентного генератора. Свойство взаимности. Теорема компенсации.

## **Раздел 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока.**

**Тема 1.** Синусоидальные токи и напряжения. Мгновенное значение синусоидальных токов и напряжений. Получение синусоидальной ЭДС, синхронный генератор. Амплитуда, частота, период, начальная фаза, угол сдвига фаз. Действующее и среднее значение синусоидальных токов и напряжений. Векторное представление синусоидальных функций времени, векторные диаграммы. Представление синусоидальных токов и напряжений комплексными числами.

**Тема 2. Основные элементы цепи синусоидального тока.**

Резистор в цепи синусоидального тока. Расчет тока. Мгновенная и активная мощность. Индуктивный элемент в цепи синусоидального тока. Расчет тока. Реактивное сопротивление. Мгновенная и реактивная мощность. Емкостной элемент в цепи синусоидального тока. Расчет тока. Мгновенная и реактивная мощность.

**Тема 3.** Комплексный метод расчета цепей синусоидального тока.

Расчет цепи синусоидального тока с последовательным и с параллельным соединением элементов  $R-L-C$ . Активное, реактивное, полное и комплексное сопротивления и проводимости. Активная, реактивная, полная и комплексная мощности. Баланс мощностей. Топографическая диаграмма цепи. Расчет разветвленных цепей синусоидального тока. Резонансы в электрических цепях.

**Тема 4.** Индуктивно связанные цепи.

Взаимная индукция и взаимная индуктивность. ЭДС и напряжение взаимной индукции. Коэффициент индуктивной связи. Расчет индуктивно связанных цепей. Экспериментальное определение взаимной индуктивности и одноименных полюсов катушек индуктивности.

## **Раздел 3. Трехфазные цепи.**

**Тема 1.** Трехфазная система ЭДС. Понятие о многофазных электрических цепях. Получение трехфазной системы ЭДС. Трехфазный источник. Фазные и линейные напряжения.

**Тема 2.** Схемы соединения и расчет трехфазных цепей.

Трехфазные цепи при соединении нагрузки звездой: расчет, векторные и топографические диаграммы. Трехфазные цепи при соединении нагрузки треугольником: расчет, векторные и топографические диаграммы. Мощности в трехфазных цепях. Расчет разветвленных трехфазных цепей

**Тема 3.** Метод симметричных составляющих расчета трехфазных цепей

Несимметричный трехфазный источник. Разложение несимметричных фазных и линейных напряжений на симметричные составляющие. Расчет трехфазных цепей с несимметричным трехфазным источником.

## **Раздел 4. Двухполюсники и четырехполюсники**

**Тема 1.** Пассивные двухполюсники.

Эквивалентные схемы замещения пассивных двухполюсников и расчет их параметров. Экспериментальное определение параметров.

**Тема 2.** Пассивные четырехполюсники.

Режимы работы четырехполюсников. Уравнения четырехполюсников. Коэффициенты четырехполюсников и их определение.

Передаточные функции четырехполюсников. Эквивалентные схемы замещения четырехполюсников.

## **Раздел 5. Электрические цепи с несинусоидальными ЭДС, напряжениями и токами**

**Тема 1.** Разложение не синусоидальных периодических функций времени в тригонометрический ряд. Основные характеристики не синусоидальных функций времени. Действующее и средние значения не синусоидального тока и напряжения.

**Тема 2.** Расчет однофазных цепей несинусоидального тока.

Метод наложения расчета цепей несинусоидального тока. Мощности цепи не синусоидального тока.

**Тема 3.** Высшие гармоники в трехфазных цепях.

Причины и последствия не синусоидальности напряжений трехфазного источника ЭДС. Разложение фазных и линейных напряжений трехфазного источника с несинусоидальными ЭДС на гармонические составляющие прямой, обратной и нулевой последовательности. Расчет симметричных трехфазных цепей с несинусоидальным источником ЭДС.

## **Раздел 6. Переходные процессы в электрических цепях**

**Тема 1.** Задача и методы расчета переходных процессов

Возникновение переходных процессов. Законы коммутации. Начальные условия. Установившаяся и свободная составляющая переходного процесса. Методы расчета переходных процессов.

**Тема 2.** Классический метод расчета переходных процессов. Расчет переходных процессов в не разветвленных цепях первого порядка. Расчет переходных процессов в разветвленных цепях первого порядка. Расчет переходных процессов в цепях второго порядка. Расчет переходных процессов в трехфазных цепях.

## **Раздел 7. Нелинейные электрические цепи**

**Тема 1.** Нелинейные электрические цепи постоянного тока. Нелинейные элементы и нелинейные цепи. Нелинейные резисторы и их характеристики. Графические и аналитические методы расчета нелинейных цепей постоянного тока. Методы линеаризации характеристик нелинейных элементов.

**Тема 2.** Нелинейные электрические цепи переменного тока.

Нелинейные электрические цепи переменного тока: нелинейная катушка индуктивности и нелинейный конденсатор. Расчет нелинейных электрических цепей переменного тока графическими и аналитическими методами.

## **Раздел 8. Магнитные цепи при постоянных и переменных магнитных потоках**

**Тема 1.** Магнитные цепи при постоянных магнитных потоках.

Основные характеристики магнитного поля. Ферромагнитные материалы и их характеристики. Нелинейные и линейные магнитные сопротивления. Электрические схемы замещения магнитных цепей. Основные законы магнитных цепей. Расчет магнитных цепей. Задача анализа и задача синтеза.

**Тема 2.** Магнитные цепи при переменных магнитных потоках.

Характеристики нелинейной катушки индуктивности в цепи переменного тока. Расчет тока в идеальной нелинейной катушке графическим и аналитическим методом. Схемы замещения. Векторные диаграммы. Расчет тока в нелинейной катушке индуктивности с реальным магнитопроводом. Эквивалентная синусоида. Определение параметров эквивалентных схем замещения реальных нелинейных катушек индуктивности.

## **Раздел 9. Электрические цепи с распределенными параметрами. Длинные линии**

**Тема 1.** Уравнения длинных линий.

Длинная линия как электрическая цепь с распределенными параметрами. Схема замещения длинной линии. Первичные параметры. Уравнения длинной линии в частных производных и в комплексной форме. Вторичные параметры. Задачи расчета длинной линии. Решение уравнений длинных линий.

**Тема 2.** Основные параметры и характеристики длинных линий.

Волновое сопротивление. Коэффициент затухания, коэффициент фазы, коэффициент распространения. Фазовая скорость и длина волны. Коэффициент отражения. Входное сопротивление.

### 4.3 Лекции/лабораторные занятия/практические занятия очная форма обучения

#### Содержание лекций/лабораторных работ/ практических занятий и контрольные мероприятия

Таблица 4

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/лабораторных/ практических занятий	Дормируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол. час.
<b>Семестр №3</b>					
<b>Раздел 1. Линейные электрические цепи постоянного тока</b>					<b>16</b>
1	<b>Тема 1.</b> Основные законы электрических цепей.	<b>Лекция №1.</b> Основные законы электрических цепей. Баланса мощностей. Потенциальная диаграмма. Законы Кирхгофа. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов.	ОПК-6.1		8
		<b>Практическое занятие №1.</b> Расчет цепей постоянного тока. Построение диаграмм векторных и топографических.	ОПК-6.1	Решение типовых задач.	8
<b>Раздел 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока</b>					<b>16</b>
2	<b>Тема 1.</b> Синусоидальные токи, напряжения. элементы цепи синусоидального тока.	<b>Лекция № 2.</b> Синусоидальные функции времени и их характеристики. Значения синусоидальных токов и напряжений. Индуктивные и емкостные элементы в цепи синусоидального тока. Резонансы в электрических цепях. Индуктивно связанных цепей.	ОПК-6.1		8
		<b>Лабораторная работа № 1.</b> Исследование резонансов в электрических цепях.	ОПК-6.1	Защита Лаб. раб. №1.	8
<b>Раздел 3. Трехфазные цепи</b>					<b>16</b>
3	<b>Тема 1.</b> Трехфазная система ЭДС.	<b>Лекция № 3.</b> Трехфазные цепи при соединении нагрузки звездой и треугольником. Расчет разветвленных трехфазных цепей.	ОПК-6.1		8
		<b>Практическое занятие № 2.</b> Расчет трёхфазных цепей.	ОПК-6.1	Решение типовых задач.	8
<b>Раздел 4. Двухполосники и четырехполосники</b>					<b>12</b>
	<b>Тема 1.</b> Пассивные двухполосники.	<b>Лекция № 4.</b> Эквивалентные схемы замещения пассивных двухполосников и расчет их параметров. Экспериментальное определение параметров.			8
	<b>Тема 1.</b> Пассивные четырехполосники.	<b>Лабораторная работа №2.</b> Пассивные четырехполосники. Режимы работы четырехполосников.			4
<b>Раздел 5. Электрические цепи с несинусоидальными ЭДС, напряжениями и токами</b>					<b>6</b>
4	<b>Тема 1.</b> Разложение несинусоидальных функций в тригонометрический ряд.	<b>Лекция № 5.</b> Разложение несинусоидальных периодических функций времени в тригонометрический ряд Эйлера-Фурье. Основные характеристики не синусоидальных функций времени.	ОПК-6.1		2
		<b>Лабораторная работа № 3.</b> Исследование цепи несинусоидальной тока.	ОПК-6.1	Защита Лаб. раб. № 2	4
<b>Семестр № 4</b>					
<b>Раздел 6. Переходные процессы в электрических цепях</b>					<b>16</b>
5	<b>Тема 1.</b> Задача и методы расчета переходных процессов.	<b>Лекция № 6.</b> Возникновение переходных процессов. Законы коммутации. В цепях постоянного тока. Расчет переходных процессов в цепях 1,2 порядка RL, RC, RLC.	ОПК-6.1		8
		<b>Практическое занятие № 3.</b> Расчет переходных процессов в цепях второго порядка. Расчет переходных процессов в трехфазных цепях.	ОПК-6.1	Решение типовых задач.	8
<b>Раздел 7. Нелинейные электрические цепи</b>					<b>16</b>
6	<b>Тема 1.</b> Нелинейные электрические цепи постоянного тока.	<b>Лекция № 7.</b> Нелинейные элементы цепей постоянного тока. Нелинейные резисторы и их характеристики. Графические методы расчета нлэ постоянного тока.	ОПК-6.1		8
		<b>Лабораторная работа № 4.</b> Исследование нелинейных цепей постоянного тока при последовательном и параллельном соединении их элементов.	ОПК-6.1	Защита Лаб. раб. № 3	8
<b>Раздел 8. Магнитные цепи при постоянных и переменных магнитных потоках</b>					<b>16</b>
7	<b>Тема 1.</b> Магнитные цепи	<b>Лекция № 8.</b> Основные характеристики магнитного поля. Ферромагнитные материалы и их характеристики, линейные магнитные сопротивления.	ОПК-6.1		8
		<b>Практическое занятие 4.</b> Расчет магнитных цепей постоянного тока.	ОПК-6.1	Решение Типовых задач	8
<b>Раздел 9. Электрические цепи с распределенными параметрами. Длинные линии</b>					<b>16</b>
8	<b>Тема 1.</b> Уравнения длинных линий.	<b>Лекция № 9.</b> Длинная линия как электрическая цепь с распределенными параметрами. Схема замещения длинной линии. Первичные параметры длинной линии.	ОПК-6.1		8
		<b>Лабораторная работа № 5.</b> Решение уравнений длинных линий.	ОПК-6.1	Защита Лаб. раб. № 4	8

**очная форма обучения**  
**Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины**

Таблица 5

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1. Линейные электрические цепи постоянного тока</b>		
1.	<b>Тема 1.</b> Электрическая цепь и ее основные элементы.	Внешние характеристики источников электрической энергии. ОПК-6.1
	<b>Тема 3.</b> Методы расчета разветвленных электрических цепей.	Расчет эквивалентных сопротивлений. ОПК-6.1
<b>Раздел 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока</b>		
2.	<b>Тема 2.</b> Основные элементы цепи синусоидального тока.	Резонансы в реальных колебательных контурах. Полоса пропускания колебательных контуров. ОПК-6.1)
	<b>Тема 3.</b> Комплексный метод расчета цепей синусоидального тока.	Взаимное преобразование цепи с последовательным и параллельным соединением элементов $R-L-C$ . ОПК-6.1
	<b>Тема 4.</b> Индуктивно связанные цепи.	Методы определения одноименных полюсов и взаимной индуктивности. ОПК-6.1
<b>Раздел 3. Трехфазные цепи</b>		
3.	<b>Тема 2.</b> Схемы соединения и расчет трехфазных цепей	Расчет и анализ аварийных режимов работы трехфазных цепей. Методы измерения активной и реактивной мощности в трехфазных цепях. Расчет разветвленных трехфазных цепей. ОПК-6.1
<b>Раздел 4. Двухполюсники и четырехполюсники</b>		
4.	<b>Тема 1.</b> Пассивные двухполюсники.	Частотные и фазовые характеристики двухполюсников. ОПК-6.1
	<b>Тема 2.</b> Пассивные четырехполюсники.	Передаточные функции и характеристические сопротивления пассивных четырехполюсников. ОПК-6.1
7.	<b>Тема 3.</b> Высшие гармоники в трехфазных цепях.	Количественные характеристики степени не синусоидальности фазных и линейных напряжений. ОПК-6.1
<b>Раздел 6. Переходные процессы в электрических цепях</b>		
8.	<b>Тема 2.</b> Классический метод расчета переходных процессов.	Расчет переходных процессов при некорректных коммутациях (цепи $R-L$ , $R-C$ ). ОПК-6.1
<b>Раздел 7. Нелинейные электрические цепи</b>		
10.	<b>Тема 1.</b> Нелинейные электрические цепи постоянного тока.	Методы линеаризации ВАХ нелинейных резисторов. Расчет разветвленных нелинейных электрических цепей постоянного тока. ОПК-6.1
	<b>Тема 2.</b> Нелинейные электрические цепи переменного тока.	Расчет разветвленных нелинейных электрических цепей переменного тока. ОПК-6.1
<b>Раздел 8. Магнитные цепи при постоянных и переменных магнитных потоках</b>		
11	<b>Тема 1.</b> Магнитные цепи при постоянных магнитных потоках.	Расчет разветвленных магнитных цепей постоянного тока. ОПК-6.1
	<b>Тема 2.</b> Магнитные цепи при переменных магнитных потоках.	Укрупненные методы расчета магнитных цепей синусоидального тока. ОПК-6.1
<b>Раздел 9. Электрические цепи с распределенными параметрами. Длинные линии</b>		
12	<b>Тема 1.</b> Уравнения длинных линий.	Уравнения длинной линии в гиперболических функциях. ОПК-6.1
	<b>Тема 2.</b> Основные параметры и характеристики длинных линий.	Режим стоячих волн в длинных линиях. ОПК-6.1.

**5. Образовательные технологии**  
**Применение активных и интерактивных образовательных технологий**

Таблица 6

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Современный пульт диспетчерского управления	ПЗ	технология активного обучения
2.	Подстанция 220/10 кВ	ПЗ	технология активного обучения

**6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

**6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

1). При изучении дисциплины «Электротехника и электроника» предусмотрено выполнение курсовой работы и расчётно-графической работы.

Задачей курсовой и расчётно-графической работ является закрепление теоретических знаний по курсу, развитие навыков самостоятельной работы. Для выполнения курсовой и расчётно-графической работ студенту следует изучить теоретический материал по литературе и с целью оценки степени усвоения ответить на контрольные вопросы.

Курсовая и расчётно-графическая работы выполняются студентом во внеурочное время с использованием любых информационных и программных материалов, носит расчетный характер и оформляется в текстовом редакторе Word и Office Excel для построения диаграмм и графиков. В конце работ необходимо дать перечень использованной литературы.

Курсовая и расчётно-графическая работы по дисциплине выполняются согласно номеру варианта индивидуального задания выданного преподавателем. Примерные темы курсовых работ: «Расчёт цепей постоянного тока»; «Расчёт цепей переменного тока»; «Расчёт цепей трёхфазного тока» в соответствии с вариантом.

При изучении дисциплины «Электротехника и электроника» в семестре №4 предусмотрена расчётно-графическая работа (РГР).

**Примерная тематика РГР:** «Расчет переходных процессов в трехфазных цепях».

2). Пример заданий и вопросов при защите лабораторной работы для текущего контроля знаний обучающихся:

Лабораторные работы по разделу 2. **Линейные электрические цепи синусоидального тока.**

**Лабораторная работа № 1. «Исследование характеристик простых цепей синусоидального тока».**

1. Исследовать зависимость сопротивлений реактивных элементов от частоты.
2. Экспериментально определить углы сдвига фаз активно-реактивных цепей.
3. Сравнить экспериментальные данные с результатами расчетов.

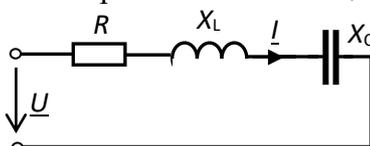
На защите лабораторной работы студент должен предъявить преподавателю отчет по лабораторной работе, содержащий:

1. Фамилию, имя, отчество студента и номер его группы.
2. Название лабораторной работы, схему измерений.
3. Результаты исследования в виде таблиц, графиков, векторных диаграмм.

Выводы по полученным результатам

Задания и контрольные вопросы при защите лабораторной работы.

1. Что характеризует угол  $\varphi$ ?
2. Запишите комплексные сопротивления  $Z_1 = -10 + j10$  и  $Z_2 = 10 - j10$  в показательной форме.
3. Дополните: сопротивление катушки индуктивностью  $L$  при частоте  $f$  синусоидального тока равно  $X_L =$  \_\_\_\_\_, конденсатора емкостью  $C$   $X_C =$  \_\_\_\_\_.
4. Напишите формулу полного сопротивления этой цепи:  $Z =$  \_\_\_\_\_.



5. В схеме последовательного колебательного контура  $u = 100 \sin 314t$ ,  $I = 2 \sin 314t$ ,  $R = X_L = 100$  Ом. Определить емкость конденсатора.

6. Определить действующее напряжение источника в схеме последовательного колебательного контура при  $U_R = 100$  В,  $U_L = 200$  В,  $U_C = 80$  В.

7. В схеме параллельного колебательного контура  $\underline{U} = j100$  В,  $I_R = 10$  А,  $I_L = 20$  А,  $I_C = 40$  А. Построить векторную диаграмму цепи.

8. Что покажет ваттметр на входе схемы параллельного колебательного контура при  $R_2 = 100$  Ом и  $I_2 = I_3 = I_4 = 1$  А?

9. Установите соотношение между мощностями в цепи с последовательным соединением элементов  $R-L-C$  в момент резонанса.

## Решение типовых задач

### Раздел 1. Линейные электрические цепи постоянного тока.

#### Задача 1 (рис. 1)

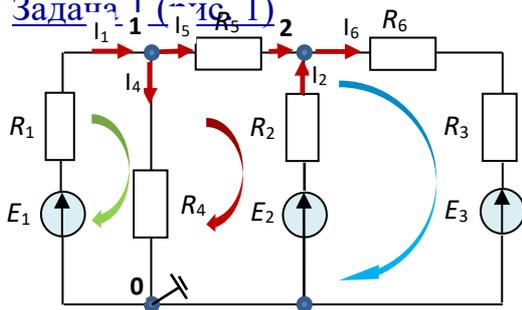


Рис. 1. Электрическая цепь постоянного тока.

Задано:  $E_1 = 20$  В,  $E_2 = 30$  В,  $E_3 = 50$  В,  $R_1 = 5$  Ом,  $R_2 = 4$  Ом,  $R_3 = 2$  Ом,  $R_4 = 6$  Ом,  $R_5 = R_6 = 10$  Ом.

При составлении уравнений Кирхгофа необходимо выполнить следующие действия: пронумеровать узлы, выбрать положительные направления токов и напряжений, выбрать систему независимых контуров и положительные направления их обхода.

Для узлов:  $I_1 - I_4 - I_5 = 0$ ,  $I_2 + I_5 - I_6 = 0$

Для контуров:

$$u_1 + u_4 = E_1, \quad -u_2 - u_4 + u_5 = -E_2, \quad u_3 + u_2 + u_6 = E_2 - E_3.$$

По методу узловых напряжений, обозначая через  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  потенциалы первого и второго узла, получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} (1/R_1 + 1/R_4 + 1/R_5)\varphi_1 - (1/R_5)\varphi_2 &= E_1/R_1 \\ -(1/R_5)\varphi_1 + (1/R_2 + 1/R_5 + 1/(R_3 + R_6))\varphi_2 &= E_2/R_2 + E_3/(R_3 + R_6). \end{aligned}$$

Подставляя, числа получаем:  $0.466\varphi_1 - 0.1\varphi_2 = 4$ ,  $-0.1\varphi_1 + 0.433\varphi_2 = 11.66$  (В).

Решая эту систему, определяем узловые потенциалы:  $\varphi_1 = 15.11$  (В),  $\varphi_2 = 30.43$  (В).

Найдем токи по закону Ома:  $I_1 = (E_1 - \varphi_1)/R_1 = 0.978$ ,  $I_2 = (E_2 - \varphi_2)/R_2 = -0.1075$  (А),

$I_3 = I_6 = (\varphi_2 - E_3)/(R_3 + R_6) = -1.63$ ,  $I_4 = \varphi_1/R_4 = 2.51$ ,  $I_5 = (\varphi_1 - \varphi_2)/R_5 = -1.532$  (А).

### Раздел 2. Линейные электрические цепи синусоидального тока.

#### Задача 2 (рис. 2).

Задано:  $E = 100$  В,  $f = 50$  Гц,  $L = 30$  мГн,  $R_1 = 5$  Ом,  $C = 200$  мкф,  $R_2 = 2$  Ом.

Находим комплексные сопротивления индуктивности и ёмкости:  $Z_C = 1/j\omega C = -j15.9$  (Ом);  $Z_L = j\omega L = j9.42$  (Ом),

тогда эквивалентное комплексное сопротивление цепи:

$$Z_{\text{эKB}} = R_1 + (Z_C(R_2 + Z_L)) / (R + Z_C + Z_L) = 15.99 + j19.73 \text{ (Ом)},$$

ток в цепи равен:  $\underline{I} = \underline{E}/Z_{\text{эKB}} = 2.479 - j3.059$  (А),

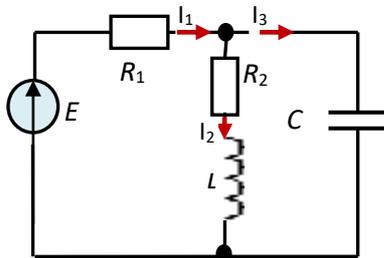


Рис. 2. Электрическая цепь синусоидального тока

$$\underline{U}_{R1} = R_1 \underline{I} = 12.39 - j15.29 \text{ (В)},$$

$$\underline{U}_C = E - R_1 \underline{I} = 87.61 + j15.29 \text{ (В)},$$

$$\underline{I}_C = U_C/Z_C = -0.961 + j5.51 \text{ (А)},$$

$$\underline{I}_L = I_{R2} = I - I_C = 3.436 - j8.569 \text{ (А)},$$

$$\underline{U}_{R2} = R_2 I_{R2} = 6.872 - j17.138 \text{ (В)},$$

$$\underline{U}_L = U_C - U_{R2} = 80.73 + j32.42 \text{ (В)},$$

Баланс мощностей:  $E I^* = U_{R1} I_{R1}^* + U_{R2} I_{R2}^* + U_L I_L^* + U_C I_C^*$  (ВА),

Подставляя значения, получаем  $247.9 + j305.9 = 247.9 + j305.5$ .

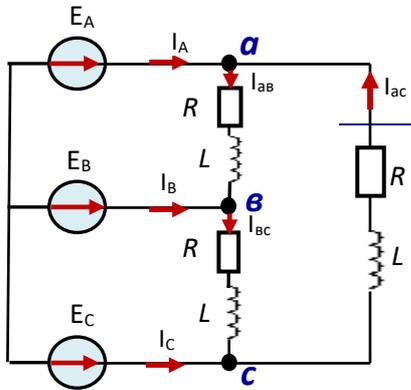


Рис. 3. Трёхфазная симметричная система

### Раздел 3. Трёхфазные цепи.

#### Задача 3 (рис. 3)

Задано:  $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$ ,  $f = 50 \text{ Гц}$ ,  $R = 20 \text{ Ом}$ ,  $X_L = 50 \text{ Ом}$ .

Определить фазные и линейные токи.

По условию задачи дано только линейное напряжение равное 380 Вольт. Но в этой схеме треугольника линейное напряжение равно фазному и поэтому  $U_{\text{л}} = U_{\text{ф}} = 380 \text{ В}$ . Фазные напряжения отличаются друг от друга фазами или углами в  $120^\circ$ . Запишем фазные напряжения для каждой фазы в показательном виде:

$$\underline{U}_{\text{ав}} = 380 \cdot e^{j0^\circ} (\text{В}); \quad \underline{U}_{\text{вс}} = 380 \cdot e^{-j120^\circ} (\text{В}); \quad \underline{U}_{\text{ас}} = 380 \cdot e^{+j120^\circ} (\text{В}).$$

Сопротивление одинаково в каждой фазе, определяется оно следующим образом:

$$\underline{Z} = R + jX_L = 20 + j50 = \sqrt{20^2 + 50^2} \cdot e^{j \arctg(X_L/R)} = 53,85 \cdot e^{j68,19^\circ} \text{ Ом}$$

Действующее значение тока в каждой фазе определяем по закону Ома:

$$\text{ток в фазе } \textit{ав} \text{ определяем: } \underline{I}_{\text{ав}} = \frac{U_{\text{ав}}}{Z} = \frac{380 \cdot e^{j0^\circ}}{53,85 \cdot e^{j68,19^\circ}} = 7,057 \cdot e^{-j68,19^\circ} \text{ А};$$

$$\text{ток фазы } \textit{вс} \text{ определяем: } \underline{I}_{\text{вс}} = \frac{U_{\text{вс}}}{Z} = \frac{380 \cdot e^{-j120^\circ}}{53,85 \cdot e^{j68,19^\circ}} = 7,057 \cdot e^{-j188,19^\circ} \text{ А};$$

$$\text{ток фазы } \textit{ас} \text{ определяем: } \underline{I}_{\text{ас}} = \frac{U_{\text{ас}}}{Z} = \frac{380 \cdot e^{j120^\circ}}{53,85 \cdot e^{j68,19^\circ}} = 7,057 \cdot e^{j51,81^\circ} \text{ А}.$$

Линейные токи в треугольнике больше фазных в корень из трёх и отстают от них на угол  $30^\circ$  т.е.:

$$\underline{I}_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot \underline{I}_{\text{ф}} \cdot e^{-j30^\circ}.$$

#### 6. Примерный перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (зачет с оценкой)

1. Обобщенный закон Ома и его применение для расчета электрических цепей постоянного тока (на примере простой цепи постоянного тока).
2. Законы Кирхгофа и их применение для расчета электрических цепей (на примере разветвленной цепи синусоидального тока)
3. Метод контурных токов и его применение для расчета цепей синусоидального тока (на примере разветвленной цепи синусоидального тока).
4. Метод узловых потенциалов и его применение для расчета электрических цепей (на примере разветвленной цепи синусоидального тока).
5. Расчет электрической цепи методом наложения (на примере цепи постоянного тока)
6. Метод эквивалентных преобразований и его применение для расчета электрических цепей постоянного и синусоидального тока: преобразование пассивных и активных элементов.
7. Синусоидальный ток и синусоидальное напряжение. Мгновенное, среднее и действующее значения синусоидального тока и напряжения.
8. Мощности в цепи синусоидального тока. Мгновенная и активная мощность. Векторная диаграмма.
9. Резистор и индуктивная катушка в цепи синусоидального тока. ЭДС самоиндукции, напряжение на катушке, мгновенная мощность и реактивная мощность, векторная диаграмма.
10. Резистор и конденсатор в цепи синусоидального тока, напряжение на конденсаторе, мгновенная и реактивная мощность, векторная диаграмма..
11. Комплексный метод расчета цепей синусоидального тока (на примере цепи с последовательным соединением элементов  $R, L, C$ ).

12. Последовательное соединение резистора, индуктивной катушки и конденсатора. Уравнение второго закона Кирхгофа в дифференциальной и комплексной формах, закон Ома. Топографическая диаграмма цепи.

13. Последовательное соединение резистора, индуктивной катушки и конденсатора. Векторная диаграмма. Активное, реактивное, полное и комплексное сопротивление цепи.

14. Параллельное соединение резистора, индуктивной катушки и конденсатора. Векторная диаграмма, треугольники проводимостей и мощностей.

15. Резонанс напряжений. Векторная диаграмма. Частотные характеристики и резонансные кривые последовательного колебательного контура.

16. Резонанс токов. Векторная диаграмма. Частотные характеристики и резонансные кривые параллельного колебательного контура.

17. Индуктивно связанные цепи. Явление взаимной индукции. ЭДС и напряжение взаимной индукции. Взаимная индуктивность.

18. Последовательное и параллельное соединение двух индуктивно связанных катушек: расчет цепи, топографическая диаграмма.

19. Получение трёхфазной системы ЭДС. Трёхфазный источник, фазные и линейные напряжения источника, векторная и топографическая диаграмма. Виды схем трёхфазных цепей.

20. Расчет симметричной и несимметричной четырех проводной трехфазной цепи без нагрузки в нейтральном проводе. Векторная диаграмма цепи.

21. Расчет трёхфазной цепи с несимметричной нагрузкой, соединённой звездой без нейтрального провода. Векторная диаграмма цепи.

22. Расчет трёхфазной цепи с симметричной и несимметричной нагрузкой, соединённой треугольником. Векторная диаграмма цепи.

23. Расчет трёхфазной цепи с несимметричной нагрузкой, соединённой звездой с нагрузкой в нейтральном проводе.

24. Активная, реактивная, полная и комплексная мощность в трёхфазных цепях.

25. Разложение не симметричных векторных величин на симметричные составляющие.

26. Расчет симметричной трехфазной цепи с не симметричным источником при соединении нагрузки "треугольником".

27. Расчет симметричной трехфазной цепи с не симметричным источником при соединении нагрузки "звездой".

28. Двухполюсники и их схемы замещения

29. Экспериментальное определение параметров элементов схем замещения двухполюсников.

30. Четырехполюсники. Уравнения и коэффициенты четырехполюсника.

31. Экспериментальное определение коэффициентов четырехполюсника.

32. Эквивалентная T-образная и П-образная схема замещения четырехполюсника.

### Вопросы к экзамену

1. Представление несинусоидальных периодических функций времени тригонометрическим рядом Эйлера-Фурье. Коэффициенты Фурье и их определение.

2. Расчет однофазных цепей с несинусоидальными ЭДС и токами (на примере цепи с последовательным соединением элементов  $R$ ,  $L$ ,  $C$ ).

3. Высшие гармоники в трехфазных цепях. Симметричные составляющие фазных и линейных напряжений трехфазного источника.

4. Расчет симметричной трехфазной цепи с не синусоидальным источником при соединении нагрузки "звездой".

5. Расчет симметричной трехфазной цепи с не синусоидальным источником при соединении нагрузки "треугольником".

6. Нелинейные элементы, их свойства и основные характеристики. Методы расчета нелинейных цепей.

7. Статическое и дифференциальное сопротивление нелинейного резистора.

8. Графический метод расчета нелинейных цепей постоянного тока при последовательном, параллельном и смешанном соединении элементов.

9. Линеаризация характеристик нелинейных элементов. Эквивалентные линейные схемы нелинейных элементов.

10. Аналитическая аппроксимация нелинейных характеристик. Метод наименьших квадратов определения коэффициентов аппроксимации.
11. Нелинейные элементы в цепях переменного тока и их основные характеристики.
12. Магнитная цепь и ее элементы. Основные величины, характеризующие магнитное поле.
13. Ферромагнитные материалы. Основные параметры и характеристики ферромагнитных материалов. Кривая первоначального намагничивания.
14. Ферромагнитные материалы. Основные параметры и характеристики ферромагнитных материалов. Петли гистерезиса.
15. Магнитное напряжение и магнитное сопротивление. Закон Ома для магнитной цепи.
16. Законы магнитной цепи. Аналогия между магнитной и электрической цепью.
17. Расчет неразветвленных магнитных цепей. Задача синтеза магнитной цепи (на примере не разветвленной магнитной цепи).
18. Расчет неразветвленных магнитных цепей. Задача анализа магнитной цепи. Графоаналитический метод (на примере не разветвленной магнитной цепи).
19. Нелинейная цепь переменного тока. Нелинейная катушка индуктивности и ее характеристики в цепи переменного тока. Вебер-амперная характеристика нелинейной катушки и ее построение.
20. Расчет тока в идеальной катушке индуктивности с нелинейной вебер-амперной характеристикой. Эквивалентная синусоида.
21. Расчет тока в реальной катушке индуктивности с нелинейной вебер-амперной характеристикой с учетом потерь в стали.
22. Возникновение переходных процессов. Законы коммутации. Начальные условия.
23. Классический метод расчета переходного процесса. Расчет переходных процессов в неразветвленных цепях 1-го порядка (включение цепи  $R-L$  на постоянное и синусоидальное напряжение).
24. Классический метод расчета переходного процесса. Расчет переходных процессов в неразветвленных цепях 1-го порядка (включение цепи  $R-C$  на постоянное и синусоидальное напряжение).
25. Переходные процессы в неразветвленной цепи второго порядка (включение цепи  $R, L, C$  на постоянное напряжение).
26. Переходные процессы в разветвленной цепи 1-го порядка.
27. Цепи с распределенными параметрами. Схема замещения. Первичные и вторичные параметры длинной линии и их физическое содержание.
28. Уравнения длинной линии в комплексной форме и их решение при заданных параметрах в начале и в конце линии. Режим смешанных волн.
29. Вторичные параметры длинной линии (коэффициент затухания, коэффициент фазы).

## 6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться балльно-рейтинговая/традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

В основу балльно-рейтинговой системы (БРС) положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего, промежуточного контроля и промежуточной аттестации знаний.

Таблица 7

Шкала оценивания	Экзамен/ Зачет с оценкой	Зачет
85-100	Отлично	зачет
70-84	Хорошо	
60-69	Удовлетворительно	
0-59	Неудовлетворительно	незачет

При использовании традиционной системы контроля и оценки успеваемости студентов должны быть представлены критерии выставления оценок по четырех балльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» либо «зачет», «незачет».

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	Оценку «отлично» заслуживает студент, выполнивший и представивший КР к защите в установленный срок; КР оформлена в соответствии с предъявляемыми требованиями; в полной мере объясняет полученные результаты расчетов; не затрудняется с ответом при видоизменении условий задания; при изложении материала владеет терминологией и символикой изучаемой дисциплины. Компетенции, ОПК-6.1 закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий, отлично.
Средний уровень «4» (хорошо)	Оценку «хорошо» заслуживает студент, выполнивший и представивший КР к защите в установленный срок; КР оформлена в соответствии с предъявляемыми требованиями; не допускающий существенных неточностей в ответе на вопросы; не затрудняется с ответом при видоизменении условий задания; при изложении материала владеет терминологией и символикой изучаемой дисциплины. Компетенции, ОПК-6.1 закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хорошо.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	Оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший тематику КР; освоил теоретический материал только по обязательному минимуму содержания. Студент допускает неточности в ответе, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении материала, четкость и убедительность ответа выражена слабо. В случае (без уважительных причин) сдачи КР на проверку преподавателю с опозданием более одной недели от установленных сроков, максимальная интегральная оценка, по защите курсовой работы - <i>удовлетворительно</i> . Компетенции, ОПК-6.1 закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – удовлетворительно
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	Оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания и теоретический материал по КР; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки при объяснении результатов КР. Компетенции, ОПК-6.1 закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – не-удовлетворительно.

## Критерии оценивания результатов обучения

Таблица 8.1

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	Оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Компетенции, ОПК-6.1 закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.
Средний уровень «4» (хорошо)	Оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. Компетенции, ОПК-6.1 закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	Оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. Компетенции, ОПК-6.1 закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	Оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. Компетенции, ОПК-6.1 закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Новожилов, О.П. Электротехника (теория электрических цепей): учебник для академического бакалавриата / О.П. Новожилов. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 644 с.
2. Кузовкин, В.А. Электротехника и электроника : учебник для академического бакалавриата / В.А. Кузовкин, В.В. Филатов. - М.: Юрайт, 2015. - 431 с.
3. Ляпин, В.Г. Электротехника и электроника. Элементы, схемы, системы: учебное пособие / В.Г. Ляпин, Г.С. Зиновьев, А.В. Соболев. - М.: ООО "Реарт", 2018. - 183 с.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Попов, В.П. Основы теории цепей: учебник для бакалавриата / В.П. Попов. – 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2016. – 696 с. [Электронный ресурс].
2. Белов, Н.В. Электротехника и основы электроники : учебное пособие / Н.В. Белов, Ю.С. Волков. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 432 с. — ISBN 978-5-8114-1225-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3553>
3. Иванов, И.И. Электротехника и основы электроники : учебник / И.И. Иванов, Г.И. Соловьев, В.Я. Фролов. — 10-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 736 с. — ISBN 978-5-8114-0523-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112073>.

Лабораторные работы выполняются в соответствии с «Журналом лабораторных работ» по дисциплине.

### 7.3 Нормативные правовые акты

1. ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила выполнения электрических схем.
2. ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
3. ГОСТ 2.728-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.
4. ГОСТ 2.723-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители.
5. ГОСТ 2.725-68 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутрующие.

### 7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Электротехника и электроника» являются лекции, лабораторные и практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. По курсу предусмотрено выполнение курсовой работы в семестре №3 и расчетно-графической работы в семестре № 4. На лекциях излагается теоретический материал, лабораторные и практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://www.shat.ru> (Электронные учебные материалы по электротехнике, МАНиГ).
2. [http://window.edu.ru/window/library?p\\_rid=24979](http://window.edu.ru/window/library?p_rid=24979) Электротехника и электроника. Трехфазные электрические цепи: учебное пособие (открытый доступ).
3. <http://www.cnsbh.ru>. Электронный каталог центральной научной сельскохозяйственной библиотеке – ГН ЦНСХБ Россельхозакадемии. (открытый доступ).
4. <http://www.kodges.ru/> (тексты книг по электротехническим дисциплинам, в формате. pdf для бесплатного перекачивания, открытый доступ).
5. <http://www.electrolibrary.info> (открытый доступ).
6. <http://opdo.timacad.ru/> Образовательный портал РГАУ МСХА им. К.А Тимирязева. Электронный ресурс кафедры «Электроснабжения и электротехники». Теоретические основы электротехники (открытый доступ).

**9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**  
**Перечень программного обеспечения**

Таблица 9

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Раздел 1. «Линейные электрические цепи постоянного тока.»	Elcalc	Расчетная	Куракин А.С., Марченко А.П.	1998
		Моделирование электрических схем (МЭС)	Обучающая	НИИ мех.и мат. Гос. ун. г. Алма-Ата	2000
2	Раздел 2. «Линейные электрические цепи синусоидального тока»	Elcalc	Расчетная	Куракин А.С., Марченко А.П.	1998
		QBASIC	Обучающая	Меренков А.А. Соболев А.В.	2008
3	Раздел 3. «Трёхфазные цепи»	Elcalc	Расчетная	Куракин А.С., Марченко А.П.	1998
		AutoCAD	Расчетная	Autodesk	2009
4	Раздел 4. «Двухполюсники и четырёхполюсники»	Elcalc	Расчетная	Куракин А.С., Марченко А.П.	1998
		QBASIC	Обучающая	Меренков А.А. Соболев А.В.	2008
5	Раздел 7. «Нелинейные электрические цепи»	QBASIC	Обучающая	Меренков А.А. Соболев А.В.	2008

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Таблица 10

**Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями**

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
24 корпус, аудитория № 103 учебная аудитория для проведения: занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, для групповых и индивидуальных консультаций, для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы	1. Парты 26 шт. 2. Стулья 52 шт. 3. Доска меловая 2 шт. 4. Экран (Инв. № 410138000002640) 5. Проектор (Инв. № 410138000002634)
24 корпус, аудитория № 106 учебная лаборатория для проведения занятий семинарского, лабораторно-практического типа, компьютерный класс с интерактивной доской	Инв. № 410124000602952 на весь компьютерный класс 1. Интерактивная доска 1 шт. 2. Системный блок 16 шт. 3. Монитор – 16 шт. 4 Парты – 18 шт. 5. Стулья – 32 шт. 6. Лабораторный стенд «Теория электрических цепей» (Инв. № 410124000603063) 7. Доска меловая – 1 шт.
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, включающая 9 читальных залов (в том числе 5 компьютеризированных), организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет – доступом.	
Общежития №4, №5 и № 11. Комнаты для самоподготовки	

## 11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Образовательный процесс по дисциплине «Электротехника и электроника» организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся). Учебные занятия (в том числе по реализации практической подготовки) представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости:

- лекции (занятия лекционного типа);
- семинары, практические занятия, лабораторные работы (занятия семинарского типа);
- выполнение курсовых работ;
- групповые консультации;
- индивидуальные консультации и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимся;
- самостоятельная работа обучающихся;
- занятия иных видов.

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные настоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

### Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший лекцию, обязан самостоятельно проработать материал и отчитаться в устной форме, ответив на вопросы лектора по теме лекции.

Студент, пропустивший практическое занятие, обязан самостоятельно изучить материал, который рассматривался на практическом занятии, и ответить на вопросы преподавателя.

Студент, пропустивший лабораторную работу, обязан ее отработать и защитить, ответив на вопросы преподавателя по данной работе.

## 12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Формы организации учебного процесса по дисциплине «Электротехника и электроника» являются лекции, лабораторные занятия, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Преподавание инженерной дисциплины «Электротехника и электроника» требует особых методических подходов вследствие специфики общей подготовки студентов.

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий. Они должны дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрировать внимание студентов на наиболее сложных и узловых вопросах. Объем читаемых лекций определяется графиком изучения дисциплины. Каждая лекция должна делиться на три части: введение, основная часть (учебные вопросы) и заключение. Лекции должны иметь логическую связь с ранее изученным материалом и быть ориентированы на последующее применение излагаемого материала.

Для этой цели во введении к лекции преподаватель формулирует тему, учебные вопросы, отражающие содержание лекции и четко определяет цель данной лекции. Начиная изложение рассматриваемого материала, преподаватель устанавливает логическую связь данной лекции с предыдущим материалом и изучаемыми ранее дисциплинами. Введение должно занимать не более 10 минут, но должно полностью подготовить студента к восприятию излагаемого далее основного содержания.

Поскольку объем лекций ограничен, то планируемый в лекциях материал должен отражать только основное содержание изучаемого вопроса, сочетаясь с примерами и, при необходимости, иллюстрируясь плакатами и другими техническими средствами обучения. При этом не следует, по возможности, включать в лекцию громоздкие выводы, пояснения и тому подобный материал, однако в таких случаях необходимо обязательно указывать разделы рекомендуемой литературы, где можно получить убедительные ответы на возникшие вопросы. Кроме этого, в лекции обращается внимание студентов на те вопросы изучаемого материала, которые он должен изучить самостоятельно по указанной в методических указаниях по данной дисциплине литературе. В заключительной части лекций преподаватель должен подвести итог и сформулировать общие выводы, вы-

текающие из содержания основной части лекции, и еще раз обратить внимание на тот объем материала, который подлежит самостоятельному изучению.

Самостоятельная работа студентов включает проработку лекционного материала, подготовку к лабораторным работам, выполнение КР, изучение дополнительной литературы, подготовку к сообщению на практических занятиях и конференциях.

Изучение курса сопровождается постоянным контролем самостоятельной работы студентов, разбором и обсуждением выполненных домашних заданий, с последующей корректировкой принятых ошибочных решений. Контроль выполнения индивидуальных домашних заданий осуществляет ведущий дисциплину преподаватель. Преподавание дисциплины основано на максимальном использовании активных форм обучения и самостоятельной работы студентов. Под руководством преподавателя студенты должны самостоятельно осуществлять поиск необходимой информации и принимать обоснованные решения по конкретным ситуациям.

**Программу разработал (и):**

Навроцкая Людмила Васильевна, к.т.н., доцент

---

(подпись)

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.О.23 «Электротехника и электроника»  
ОПОП ВОпо направлению 13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника»,  
направленность «Энергообеспечение предприятий» (квалификация выпускника –  
прикладной бакалавр)

Андреевым Сергеем Андреевичем, заведующим кафедрой «Автоматизации и роботизации технологических процессов» им. ак. И.Ф. Бородина», ФГБОУ ВО г. Москвы РГАУ-МСХА, к.т.н., профессором проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Электротехника и электроника» по направлению 13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность «Энергообеспечение предприятий» (квалификация выпускника – прикладной бакалавр) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре «Электроснабжение и электротехника им. академика И.А. Будзко» (разработчик – Навроцкая Людмила Васильевна, к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение и электротехника им. академика И.А. Будзко»).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Электротехника и электроника» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВОпо направлению 13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина включена в обязательную часть, отношений учебного цикла – Б1.

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления – 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Электротехника и электроника» закреплена 1 **компетенция** (индикаторы достижения компетенции) (ОПК-6.1) Дисциплина «Электротехника и электроника» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. **Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Электротехника и электроника» составляет 6 зачётных единиц и 216 часов. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Электротехника и электроника» взаимосвязана с другими дисциплинами Учебного плана по направлению 13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника» и возможность дублирования в содержании отсутствует. Поскольку дисциплина не предусматривает наличие специальных требований к входным знаниям, умениям и компетенциям студента, хотя может являться предшествующей для специальных, в том числе профессиональных дисциплин, использующих знания в области теплоэнергетики в профессиональной деятельности бакалавра по данному направлению подготовки.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Электротехника и электроника» предполагает применение занятий в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника».

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (защита лабораторных работ, защита курсовой работы соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам).

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета с оценкой, защиты КР, экзамен, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины базовой части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления **13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника»**.

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 3 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 3 наименования, соответствует требованиям ФГОС ВО направления **13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника»**.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины **«Электротехника и электроника»** и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине *дают* представление о специфике обучения по дисциплине **«Электротехника и электроника»**.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины **«Электротехника и электроника»** по направлению **13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника»**, направленность **«Энергообеспечение предприятий» (квалификация выпускника – прикладной бакалавр)**, разработанная Навроцкой Людмилой Васильевной, к.т.н., доцентом кафедры «Электроснабжение и электротехника им. академика И.А. Будзко» соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Андреев Сергей Андреевич, к.т.н., профессор кафедры «Автоматизации и роботизации технологических процессов» им. ак. И.Ф. Бородина»,

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.