

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Арженовский Михаил Григорьевич  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячина  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
Дата подписания: 2025.02.25 14:52:48  
Уникальный программный ключ:  
3097683b38557fe8e27027e8e64c5f15ba3ab904

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячина  
Кафедра автоматизации и роботизации технологических процессов  
имени академика И.Ф. Бородина

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики  
и энергетики имени В.П. Горячина  
А.Г. Арженовский  
“24” марта 2025 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.О.35 «Электрические машины»

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность: Инжиниринг теплоэнергетических систем

Курс 3

Семестр 6

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2025 г.

Москва, 2025

Разработчик: Уманский П.М., к.т.н.  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Уманский  
(подпись)

«20» июне 2025 г.

Уманский

Рецензент: Нормов Д.А., д. т. н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)  
(подпись)

«20» июне 2025 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина

протокол № 10 «20» июне 2025 г.

И.о заведующего кафедрой автоматизации и роботизации технологических процессов Шабаев Е.А., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Шабаев  
(подпись)

### Согласовано:

Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкого Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Протокол № 5 «20» 06 2025 г.

(подпись)

И.о. зав. выпускающей кафедрой электроснабжение и теплоэнергетика имени академика И.А. Будзко», Нормов Д.А., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«20» июне 2025 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ Алесей Сидоров Д.А.  
«20» июне 2025 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>6</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>6</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>7</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>9</b>
4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре .....	9
4.2 Содержание дисциплины.....	9
4.3 Лекции/лабораторные/практические занятия .....	13
4.4 Самостоятельное изучение разделов дисциплины .....	19
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>20</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>22</b>
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности .....	22
6.2 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания .....	31
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>33</b>
7.1 Основная литература .....	33
7.2 Дополнительная литература.....	33
7.3 Нормативные правовые акты .....	34
7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям .....	35
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>35</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>36</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>37</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .</b>	<b>38</b>
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ .....</b>	<b>40</b>
<b>ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>40</b>

## Аннотация

**рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.35 «Электрические машины» для подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, направленность «Инжиниринг теплоэнергетических систем»**

**Цель освоения дисциплины:** формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих освоение теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области использования электрических машин в теплоэнергетики и теплотехники сельскохозяйственного производства для инжиниринга и теплоэнергетических систем:

- использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин;
- использовать методы расчета электрических и магнитных цепей, электрических машин;
- применение базовых знаний современных цифровых технологий, используемых при расчете электрических машин, развитие технической направленности мышления студентов.
- решать типовые задачи по электрическим машинам на основе знаний основных законов математических наук с применением информационно-коммуникационных технологий;
- проводить экспериментальные исследования электрических машин;
- реализовать современные технологии по обеспечению работоспособности электрических машин и аппаратов в сельскохозяйственном производстве.

Приобретение навыков владения программами Mathcad, Matlab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft Power Point и др.

Приобретение студентами умений пользоваться электронными системами поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru (технология Big Data).

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в обязательную часть Блока 1 дисциплины «Дисциплины (модуля)» учебного плана по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, направленность Инжиниринг теплоэнергетических систем.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы достижения компетенции): ОПК- 6 (ОПК-6.1).

### Краткое содержание дисциплины:

Трансформаторы. Роль электрических машин в жизни современного общества. Вклад отечественных и зарубежных ученых в развитие электрических машин. Устройство силовых трансформаторов, области применения. Масляные и сухие трансформаторы, конструкции баков. Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания. Основные эксплуатационные характеристики трансформатора. Несимметричные режимы работы трансформаторов. Схемы и группы соединения обмоток трансформаторов. Условия включения трансформаторов на параллельную работу и их анализ. Трехобмоточные трансформаторы, автотрансформаторы, сварочные трансформаторы. Распределительные и блочные трехобмоточные трансформаторы. Конструктивные особенности автотрансформаторов, схемы включения обмоток, основные соотношения. Область применения автотрансформаторов, их преимущества и

недостатки.

### **Асинхронные машины.**

Общие вопросы теории электрических машин переменного тока. Краткая историческая справка. Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения. Области использования асинхронных двигателей, достоинства и недостатки. Двигатели с фазным ротором и с ротором типа «беличья клетка». Режимы работы асинхронной машины: двигательный, генераторный и электромагнитного тормоза. Уравнения напряжения и МДС двигателя. Схемы замещения, векторная и энергетическая диаграммы двигателя. Механическая характеристика асинхронного двигателя. Пуск и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей. Пуск двигателей с фазным ротором. Пуск двигателей с обмоткой ротора типа «беличья клетка». Пуск двигателей с обмоткой ротора специального исполнения. Однофазный асинхронный двигатель. Конденсаторный двигатель.

### **Синхронные машины.**

Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин. Назначение, области применения и принцип действия синхронных машин. Системы возбуждения, явнополюсные и неявнополюсные машины. Векторная диаграмма синхронного генератора при различном характере нагрузки. Характеристика генератора при автономной нагрузке. Параллельная работа синхронных машин. Условия включения синхронного генератора на параллельную работу с сетью большой мощности. Параллельная работа генераторов соизмеримой мощности. Синхронные двигатели и компенсаторы. Области использования синхронных двигателей. Способы пуска синхронного двигателя, назначение пусковой обмотки. Рабочие характеристики двигателя. Индукторные синхронные генераторы.

### **Машины постоянного тока**

Особенности устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока. Краткая историческая справка. Устройство и принцип действия машины постоянного тока. Характеристики генераторов постоянного тока. Схемы возбуждения, потери мощности и энергетическая диаграмма. ЭДС обмотки якоря. Уравнения равновесия напряжений. Характеристики генераторов при различном включении обмоток возбуждения. Параллельная работа генераторов. Характеристики двигателей постоянного тока. Уравнение равновесия напряжений. Характеристики двигателей при различном включении обмоток возбуждения. Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Способы пуска двигателей. Способы регулирования скорости. Специальные машины постоянного тока. Электромагнитный усилитель. Универсальный коллекторный двигатель. Исполнительный двигатель, тахогенераторы: тахогенератор постоянного тока, синхронный тахогенератор, асинхронный тахогенератор. Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в индикаторном режиме. Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в трансформаторном режиме. Двигатели БАС: Двигатели БПЛА. Двигатели внутреннего горания (ДВС). Редуктора. Управление двигателем ДВС. Электродвигатели переменного и постоянного тока. Устройство и управление электродвигателями. Современные тенденции в использовании бесщёточных электродвигателей в БАС и средствах индивидуальной мобильности.

**Общая трудоемкость дисциплины: 4 зач. единицы (144 часа).**

**Промежуточный контроль:** экзамен.

## **1. Цель освоения дисциплины**

**Целью освоения** дисциплины «Электрические машины» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих освоение теоретических и практических знаний в области использования электрических машин в технологических процессах сельскохозяйственного производства для их электрификации и автоматизации и способностью:

- использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин;
- использовать методы расчета электрических и магнитных цепей, электрических машин.

Дисциплина «Электрические машины» является в своей основе теоретической и способствует развитию у студентов логического и абстрактного мышления с практической реализацией ее содержания.

Применение базовых знаний современных цифровых технологий, используемых при расчете и выборе электрических машин; развитие технической направленности мышления студентов.

Приобретение навыков владения программами Mathcad, Matlab, КОМПАС, Microsoft Power Point, Miro и др.

Приобретение студентами умений пользоваться электронными системами поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru (технология Big Data).

## **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Электрические машины» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модуля) учебного плана. Дисциплина «Электрические машины» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, направленность Инжиниринг теплоэнергетических систем.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электрические машины» являются курсы: электротехнические материалы (1 курс, 2 семестр), введение в профессиональную деятельность (1 курс, 2 семестр), информатика (1 курс, 1 семестр), высшая математика (1 курс, 1, 2 семестры), физика (1 курс, 1,2 семестр), основы электротехники (2 курс, 3 семестр), теоретические основы электротехники (2 курс, 4 семестр), компьютерное проектирование (2 курс, 3 семестр), цифровые технологии (1, 2 курс 1, 2, 3 семестр).

Дисциплина «Электрические машины» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: электропривод (3 курс, 5 семестр), электроснабжение предприятий (4 курс, 7 семестр).

Данная дисциплина «Электрические машины» используется при подготовке студентами выпускных квалификационных работ.

Рабочая программа дисциплины «Электрические машины» 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, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компе- тенции	Содержание компе- тенции (или её ча- сти)	Индикаторы компетен- ций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ОПК-6	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники	ОПК-6.1  Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность	средства измерения электрических и неэлектрических величин нормы и регламенты, определяющие порядок измерения электрических и неэлектрических величин, методы обработки результатов измерений и оценки их погрешности, методы расчета электрических машин, использовать программный интерфейс Microsoft Office для выполнения задач профессиональной деятельности	применять нормы и регламенты, определяющие порядок измерения электрических и неэлектрических величин, методы обработки результатов измерений и оценки их погрешности, методы расчета электрических машин, использовать программный интерфейс Microsoft Office для выполнения задач профессиональной деятельности	навыками применения норм и регламентов, определяющих порядок измерения электрических и неэлектрических величин, методами обработки результатов измерений и оценки их погрешности, методами расчета электрических машин в соответствии с ГОСТ, ПУЭ и ПТБ; навыками применения программных интерфейсов Microsoft Office для выполнения задач профессиональной деятельности

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа), их распределение по видам работ в семестре № 6 представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Вид учебной работы	Трудоёмкость		
	час.	в т. семестре	№ 6
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	144	144	
<b>1. Контактная работа:</b>	86,4	86,4	
<b>Аудиторная работа</b>	86,4	86,4	
<i>в том числе:</i>			
лекции (Л)	34	34	
практические занятия (ПЗ)	16	16	
лабораторные работы (ЛР)	34	34	
консультации перед экзаменом	2	2	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4	0,4	
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	57,6	57,6	
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям.)	30,6	30,6	
Подготовка к экзамену (контроль)	27	27	
Вид промежуточного контроля:			экзамен

### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 4

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (уточнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Раздел 1 «Трансформаторы»	52	14	4	6		28
Раздел 2 «Асинхронные машины»	44	12	6	12		14
Раздел 3 «Синхронные машины»	27	4	2	6		15
Раздел 4 «Машины постоянного тока»	30	4	4	10		12
консультации перед экзаменом	2				2	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4				0,4	
Подготовка к экзамену (контроль)	27				27	
<b>Всего за 6 семестр</b>	144	34	16	34	29,4	57,6
<b>Итого по дисциплине</b>	144	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>29,4</b>	<b>57,6</b>

## Раздел 1. Трансформаторы

**Тема 1.** Роль электромеханики в жизни современного общества Рассматриваемые вопросы.

Роль электромеханики в жизни современного общества. Вклад отечественных и зарубежных ученых в развитие электротехники и электромеханики.

**Тема 2.** Устройство силовых трансформаторов, области применения Рассматриваемые вопросы.

Устройство трансформаторов: магнитные системы, обмотки. Масляные и сухие трансформаторы, конструкции баков. Двух- и трехобмоточные трансформаторы. Преобразователи электрической энергии в трансформаторе.

**Тема 3.** Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания

Рассматриваемые вопросы.

Основной магнитный поток и потоки рассеяния. ЭДС обмоток. Коэффициент трансформации. Потери и то холостого хода.

Эксплуатационное короткое замыкание и опыт к. з. Напряжение короткого замыкания, физическая сущность. Потери короткого замыкания.

**Тема 4.** Процессы в трансформаторе при нагрузке

Рассматриваемые вопросы.

Уравнения равновесия напряжений и МДС. Приведенный трансформатор. Основные эксплуатационные характеристики трансформатора. Регулирование напряжения без возбуждения трансформатора и под нагрузкой. Несимметричные режимы работы трансформаторов.

Схемы и группы соединения обмоток трансформаторов. Условия включения трансформаторов на параллельную работу и их анализ. Нагрев и охлаждения трансформаторов.

**Тема 5.** Переходные процессы в трансформаторах

Рассматриваемые вопросы.

Переходные процессы в трансформаторах: при включении на холостой ход и при внезапном коротком замыкании. Анализ токов тока трансформатора и их влияния на его работу.

**Тема 6.** Трехобмоточные трансформаторы, автотрансформаторы, сварочные трансформаторы

Рассматриваемые вопросы.

Распределительные и блочные трехобмоточные трансформаторы. Конструктивные особенности автотрансформаторов, схемы включения обмоток, основные соотношения. Область применения автотрансформаторов, их преимущества и недостатки. Сварочные трансформаторы, внешняя характеристика.

## Раздел 2. Асинхронные машины

**Тема 1.** Общие вопросы теории электрических машин переменного тока

Рассматриваемые вопросы.

Краткая историческая справка. Условия создания вращающегося магнитного поля трехфазной распределенной обмотки. Формула для синхронной скорости вращения поля. Построение схем трехфазной распределенной обмотки.

**Тема 2.** Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения

Рассматриваемые вопросы.

Области использования асинхронных двигателей, достоинства и недостатки. Номинальные данные двигателей. Единые серии двигателей. Двигатели с фазным ротором и

с ротором типа «беличья клетка». Понятие скольжения и основные электрические величины ротора. Режимы работы асинхронной машины: двигательный, генераторный и электромагнитного тормоза.

Уравнения напряжения и МДС двигателя. Схемы замещения, векторная и энергетическая диаграммы двигателя. Коэффициент полезного действия и коэффициент мощности двигателя.

**Тема 3.** Механическая характеристика асинхронного двигателя Рассматриваемые вопросы.

Механическая характеристика двигателя. Формулы для электромагнитного момента. Графическая интерпретация, характерные точки. Перегрузочная способность двигателя. Зависимость критического скольжения, максимального и пускового моментов от параметров схемы замещения двигателя. Статическая устойчивость системы «Асинхронный двигатель - Рабочий механизм».

**Тема 4.** Пуск и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей Рассматриваемые вопросы.

Пуск двигателей с фазным ротором. Пуск двигателей с обмоткой ротора типа «беличья клетка». Пуск двигателей с обмоткой ротора специального исполнения. Регулирования частоты вращения двигателей с фазным ротором и с обмоткой ротора типа «беличья клетка».

**Тема 5.** Однофазный асинхронный двигатель

Рассматриваемые вопросы.

Способы создания пускового момента. Конденсаторный двигатель. Трехфазный двигатель при однофазном включении с конденсатором.

### **Раздел 3. Синхронные машины**

**Тема 1.** Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин Рассматриваемые вопросы.

Назначение, области применения и принцип действия синхронных машин. Системы возбуждения, явнополюсные и неявнополюсные машины. Диапазон мощностей синхронных генераторов и двигателей. Номинальные данные синхронных машин.

**Тема 2.** Магнитное поле, параметры и характеристики синхронной машины Рассматриваемые вопросы.

Магнитное поле в режиме холостого хода и при нагрузке. Реакция якоря, составляющие по продольной и поперечной осям. Индуктивные сопротивления неявнополюсной и явнополюсной синхронной машины. Векторная диаграмма синхронного генератора при различном характере нагрузки. Характеристика генератора при автономной нагрузке.

**Тема 3.** Параллельная работа синхронных машин

Рассматриваемые вопросы.

Условия включения синхронного генератора на параллельную работу с сетью большей мощности. Способы синхронизации генератора с сетью. Регулирование активной и реактивной мощностей. Угловая и V-образная характеристики. Параллельная работа генераторов соизмеримой мощности.

**Тема 4.** Синхронные двигатели и компенсаторы

Рассматриваемые вопросы.

Области использования синхронных двигателей. Способы пуска синхронного двигателя, назначение пусковой обмотки. Рабочие характеристики двигателя. Синхронный компенсатор: назначения, V - образная характеристика.

## **Тема 5. Специальные синхронные машины**

Рассматриваемые вопросы.

Индукторные синхронные генераторы. Генераторы для ветроустановок и для малых ГЭС. Синхронные микродвигатели

## **Раздел 4. Машины постоянного тока**

**Тема 1.** Особенности устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока

Рассматриваемые вопросы.

Краткая историческая справка. Устройство и принцип действия машины постоянного тока. Коллектор. Обмотки возбуждения. Якорные обмотки машин постоянного тока. Магнитное поле машины при холостом ходе и при нагрузке. Реакция якоря. Компенсационная обмотка. Коммутация в машинах постоянного тока. Области применения машин постоянного тока.

**Тема 2. Характеристики генераторов постоянного тока**

Рассматриваемые вопросы.

Схемы возбуждения, потери мощности и энергетическая диаграмма. ЭДС обмотки якоря. Уравнения равновесия напряжений. Электромагнитный момент. Характеристики генераторов при различном включении обмоток возбуждения. Параллельная работа генераторов.

**Тема 3. Характеристики двигателей постоянного тока**

Рассматриваемые вопросы.

Потери мощности и энергетическая диаграмма. Противо-ЭДС обмотки якоря. Уравнение равновесия напряжений. Электромагнитный момент. Характеристики двигателей при различном включении обмоток возбуждения.

**Тема 4. Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока**

Рассматриваемые вопросы.

Способы пуска двигателей. Способы регулирования скорости.

**Тема 5. Специальные машины постоянного тока**

Рассматриваемые вопросы.

Электромагнитный усилитель. Универсальный коллекторный двигатель. Исполнительный двигатель, тахогенераторы: тахогенератор постоянного тока, синхронный тахогенератор, асинхронный тахогенератор.

Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в индикаторном режиме.

**Тема 6. Двигатели БАС: Двигатели БПЛА. Двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Редуктора. Управление двигателем ДВС. Электродвигатели переменного и постоянного тока. Устройство и управление электродвигателями. Современные тенденции в использовании бесщёточных**

**4.3 Лекции/лабораторные/практические занятия**  
**Содержание лекций/лабораторного практикума/практических занятий и контрольные мероприятия**

Таблица 4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/лабораторных/практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	<b>Раздел 1 «Трансформаторы»</b>				<b>24</b>
	<b>Тема 1.</b> Роль электромеханики в жизни современного общества <b>Тема 2.</b> Устройство силовых трансформаторов, области применения (мультимедиа лекция Power Point)	Лекция № 1. Роль электромеханики в жизни современного общества. Устройство силовых трансформаторов, области применения (мультимедиа лекция Power Point)	ОПК-6 (ОПК-6.1)		1
	<b>Тема 3.</b> Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания	Лекция № 2. Процессы в трансформаторе в режиме холостого хода (с мультимедиа элементами)	ОПК-6 (ОПК-6.1)		1
		Лекция № 3. Процессы в трансформаторе в режиме короткого замыкания (с мультимедиа элементами)	ОПК-6 (ОПК-6.1)		2
		Лабораторная работа № 4. Исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора КОМПАС, AutoCAD, Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита лабораторной работы	2
		Практическое занятие № 1. Определение параметров Т-образной схемы замещения трансформатора по его паспортным данным.	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Дискуссия Устный опрос. Тестирование. Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лек- ций/лабораторных/ практи- ческих занятий	Формируемые компетенции (ин- дикаторы дости- жения компетен- ции)	Вид контроль- ного мероприя- тия	Кол- во ча- сов
<b>Тема 4. Процессы в трансформаторе при нагрузке</b>	Лекция № 4. Процессы в трансформаторе при нагрузке (с мультимедиа элементами)	ОПК-6 (ОПК-6.1)			2
	Лекция № 5. Работа трансформатора при несимметрии напряжения (с мультимедиа элементами).	ОПК-6 (ОПК-6.1)			2
	Практическое занятие № 2. Построение векторной диаграммы трансформатора под нагрузкой.	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени		2
	Лабораторная работа № 2. Исследование параллельной работы трехфазных трансформаторов	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита лабораторной работы		2
	Лабораторная работа № 3. Исследование несимметричных нагрузок трехфазного трехстержневого двухобмоточного трансформатора	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита лабораторной работы		2
<b>Тема 5. Переходные процессы в трансформаторах</b>	Лекция № 6. Переходные процессы в трансформаторах (с мультимедиа элементами).	ОПК-6 (ОПК-6.1)			2
<b>Тема 6. Трехобмоточные трансформаторы, автотрансформаторы, сварочные трансформаторы</b>	Лекция № 7. Трехобмоточные трансформаторы (с мультимедиа элементами).	ОПК-6 (ОПК-6.1)			2
	Лекция № 8. Автотрансформаторы, сварочные трансформаторы (с мультимедиа элементами)	ОПК-6 (ОПК-6.1)			2
2	<b>Раздел 2 «Асинхронные машины»</b>				30
	<b>Тема 1. Общие вопросы теории электрических машин переменного тока</b>	Лекция № 9. Общие вопросы теории электрических машин переменного тока (с мультимедиа элементами).	ОПК-6 (ОПК-6.1)		1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лек- ций/лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы до- стижения ком- петенции)	Вид кон- трольного мероприятия	Кол- во ча- сов
		Лабораторная работа № 4. Трехфазная асинхронная машина с неподвижным ротором. КОМПАС, Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Mi	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита лабораторной работы	2
	<b>Тема 2.</b> Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения	Лекция № 10. Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин (с мультимедиа)	ОПК-6 (ОПК-6.1)		1
		Лекция № 11. Т- и Г-образные схемы замещения асинхронной машины (с мультимедиа)	ОПК-6 (ОПК-6.1)		1
		Лабораторная работа № 5. Исследование трехфазного асинхронного двигателя в режиме генератора. AutoCAD, Matlab, Mathcad, Mi	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита лабораторной работы	2
		Лабораторная работа № 6. Трехфазный асинхронный двигатель с обмоткой ротора типа «белочья клетка». AutoCAD, Matlab, Mathcad,	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита лабораторной работы	2
		Практическое занятие № 3. Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя по данным опытов холостого хода и короткого	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2
		Практическое занятие № 4. Построение круговой (векторной) диаграммы асинхронной машины	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2
		Практическое занятие № 5. Построение рабочих характеристик асинхронного двигателя на основе круговой диа	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Устный опрос Тестирование Решение задач	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций / лаборатор- ных/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Вид кон- трольного мероприя- тия	Кол- во ча- сов
	<b>Тема 3.</b> Механиче- ская ха- рактеристика асинхрон- ного двигателя	Лекция № 12. Механическая ха- рактеристика асинхронного дви- гателя. Кратности моментов и то- ков асинхронного двигателя (с	ОПК-6 (ОПК-6.1)		1
		Лекция № 13. Устойчивость ра- боты системы «Асинхронный двигатель - Рабочий механизм» (с	ОПК-6 (ОПК-6.1)		1
		Лабораторная работа № 7. Трех- фазный асинхронный двигатель с фазным ротором. КОМПАС, AutoCAD, Matlab, Mathcad, Mi-	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита ла- бораторной работы	2
		Лабораторная работа № 8. Испы- тание асинхронного двигателя с повышенным пусковым момен- том. КОМПАС, AutoCAD, Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита ла- бораторной работы	2
	<b>Тема 4.</b> Пуск и ре- гулирова- ние ча- стоты вра- щения асинхрон-	Лекция № 14. Пуск и регулирова- ние частоты вращения асинхрон- ных двигателей. Пуск асинхрон- ного двигателя с фазным ротором	ОПК-6 (ОПК-6.1)		2
		Лекция № 15. Пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (с мультимедиа элемен-	ОПК-6 (ОПК- 6.1)		2
	<b>Тема 5. Од- нофазный асинхрон- ный двига- тель</b>	Лекция № 16. Однофазный кон- денсаторный асинхронный дви- гатель	ОПК-6 (ОПК-6.1)		1
		Лекция № 17. Трехфазный асин- хронный двигатель в схеме одно- фазного включения с конденса-	ОПК-6 (ОПК-6.1)		2
		Лабораторная работа № 9. Трех- фазный асинхронный двигатель в однофазном режиме. КОМПАС, Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита ла- бораторной работы	2
3	<b>Раздел 3 «Синхронные машины»</b>				<b>12</b>
	<b>Тема 1.</b> Об- ласти при- менения, устройство и режимы работы синхрон- ных машин	Лекция № 18. Области приме- нения, устройство и режимы ра- боты синхронных машин	ОПК-6 (ОПК- 6.1)		1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций / лаборатор- ных/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Вид кон- трольного мероприя- тия	Кол- во ча- сов
<b>Тема 2.</b> Магнитное поле, параметры и характеристики синхронной машины	Лекция № 19. Магнитное поле, параметры и характеристики син-	ОПК-6 (ОПК-6.1)			1
	Практическое занятие № 6. Построение векторной диаграммы синхронного генератора с неявно выраженным полюсами при различных видах нагрузки	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Устный опрос тестирование Решение типовых задач в условиях ограничения		2
	Лабораторная работа № 10. Испытание трехфазного синхронного генератора, работающего на автономную сеть. КОМПАС, Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита лабораторной работы		2
	Лабораторная работа № 11. Опытное определение параметров явнополюсного синхронного генератора. КОМПАС, AutoCAD,	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита лабораторной работы		1
<b>Тема 3.</b> Параллельная работа синхронных машин	Лекция № 14. Параллельная работа синхронных машин (с мультимедиа элементами)	ОПК-6 (ОПК-6.1)			2
	Лабораторная работа № 12. Параллельная работа синхронного генератора с сетью бесконечно большой мощности. КОМПАС,	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита лабораторной работы		2
<b>Тема 4.</b> Синхронные двигатели и компенсаторы <b>Тема 5.</b> Специальные синхронные машины	Лекция № 15. Синхронные двигатели, компенсаторы и специальные синхронные машины (с мультимедиа элементами)	ОПК-6 (ОПК-6.1)			1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/лабора- торных/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы достижения компетенции)	Вид контроль- ного мероприя- тия	Кол- во часов
4.	<b>Раздел 4 «Машины постоянного тока»</b>				18
	<b>Тема 1. Особенности устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока</b>	Лекция № 16. Особенности устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока. Характеристики генераторов постоянного тока (с мультимедиа элементами)	ОПК-6 (ОПК-6.1)		1
	<b>Тема 2. Характеристики генераторов постоянного тока</b>	Лабораторная работа № 13. Исследование генератора постоянного тока при различных способах возбуждения. КОМПАС, Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита лабораторной работы	2
	<b>Тема 3. Характеристики двигателей постоянного тока</b>	Лекция № 17. Характеристики двигателей постоянного тока (с мультимедиа элементами)	ОПК-6 (ОПК-6.1)		1
		Лабораторная работа № 14. Исследование двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением. КОМПАС, Matlab, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита лабораторной работы	2
	<b>Тема 4. Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока</b>	Лекция № 18. Характеристики двигателей постоянного тока (с мультимедиа элементами)	ОПК-6 (ОПК-6.1)		1
		Практическое занятие № 7. Расчет пусковых сопротивлений для двигателей постоянного тока с различными схемами возбуждения	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Устный опрос Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2
		Практическое занятие № 8. Расчет регулировочных сопротивлений для двигателей постоянного тока с различными схемами возбуждения	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Устный опрос Тестирование Решение типовых задач в условиях ограничения времени	2
		Лабораторная работа № 15. Исследование двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением. Matlab, Mathcad, Microsoft Excel, Microsoft Word	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита лабораторной работы	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лек- ций/лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции (ин- дикаторы дости- жения компетен- ции)	Вид контроль- ного мероприя- тия	Кол- во часов
	Тема 5. Специаль- ные машины посто- янного тока	Лекция № 19. Специ- альные машины посто- янного тока (с мульти- медиа элементами)	ОПК-6 (ОПК-6.1)		1
		Лабораторная работа № 16. Исследование тахо- генераторов. КОМПАС, AutoCAD, Matlab, Mathcad, Microsoft Ex- cel, Microsoft Word	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита ла- бораторной работы	1
		Лабораторная работа № 17. Исследование элек- тромашинного усили- теля (ЭМУ)	ОПК-6 (ОПК-6.1)	Защита лабора- торной работы	1
	Тема 6. Двигатели БАС	Лекция № 20. Двига- тели БАС.	ОПК-6 (ОПК-6.1)		2

#### 4.4 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5  
Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятель- ного изучения
<b>Раздел 1 «Трансформаторы»</b>		
1.	Тема 3. Процессы в транс- форматоре при нагрузке	Условия включения трансформаторов на параллельную работу и их анализ (ОПК-6 (ОПК-6.1)).
2.	Тема 5. Трехобмоточные трансформаторы, авто- трансформаторы, свароч- ные трансформаторы	Распределительные и блочные трехобмоточные трансформа- торы. Конструктивные особенности автотрансформаторов, трансформаторы, свароч- ные трансформаторы схемы включения обмоток, основные соотношения. Область применения автотрансформаторов, их преимущества и недо- статки. Сварочные трансформаторы, внешняя характеристика (ОПК-6 (ОПК-6.1)).
<b>Раздел 2 «Асинхронные машины»</b>		
3.	Тема 2. Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных ма- шин, схема замещения	Режимы работы асинхронной машины: генераторный и электро- магнитного тормоза (основные формулы, принцип действия, за- висимость электромагнитного момента от скольжения/частоты вращения ротора) (ОПК-6 (ОПК-6.1)).
4.	Тема 4. Пуск и регулиро- вание частоты вращения асинхронных двигателей	Пуск двигателей с обмоткой ротора специального исполнения (пуск двигателя с глубокими пазами на роторе; пуск двигателя с двойной беличье клеткой на роторе) (ОПК-6 (ОПК-6.1)).

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятель- ного изучения
<b>Раздел 3 «Синхронные машины»</b>		
5.	<b>Тема 2.</b> Магнитное поле, параметры и характеристики синхронной машины	Характеристики генератора при автономной работе: холостого хода, короткого замыкания, нагрузочная, индукционная, внешняя, регулировочная (ОПК-6 (ОПК-6.1))
6.	<b>Тема 4.</b> Параллельная работа синхронных машин	Регулирование активной и реактивной мощности. Параллельная работа генераторов соизмеримой мощности (ОПК-6 (ОПК-6.1))
7.	<b>Тема 5.</b> Специальные синхронные машины	Индукторный синхронный генератор, генераторы для ветроустановок и для малых ГЭС, синхронные микродвигатели (устройство, принцип действия, области применения) (ОПК-6 (ОПК-6.1)).
<b>Раздел 4 «Машины постоянного тока»</b>		
8.	<b>Тема 1.</b> Особенности устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока	Коммутация в машинах постоянного тока (основные формулы; нормальная, замедленная и ускоренная коммутация, основные причины искрения под щетками) (ОПК-6 (ОПК-6.1)).
9.	<b>Тема 2.</b> Характеристики генераторов постоянного тока	Параллельная работа генераторов (способы синхронизации генератора с сетью большой мощностью: ламповый синхроноскоп; самосинхронизация; электромагнитный синхроноскоп, автоматические приборы точной синхронизации) (ОПК-6 (ОПК-6.1))
10.	<b>Тема 5.</b> Специальные машины постоянного тока	Универсальный коллекторный двигатель, исполнительный двигатель, тахогенератор (устройство, принцип действия, области применения) (ОПК-6 (ОПК-6.1))

## 5. Образовательные технологии

1. В процессе преподавания дисциплины «Электрические машины» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологией обучения используются элементы инновационных технологий.
2. Для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) и активные и интерактивные технологии (проблемное обучение, информационно-коммутационная технология, контекстное обучение).
3. Основные формы теоретического обучения: лекции, мультимедиа-лекция, лекция-визуализация, консультация, экзамен.
4. Основные формы практического обучения: практические занятия и лабораторные работы.
5. Дополнительные формы организации обучения: расчетно-графическая работа и самостоятельная работа студентов.

Соотнесенность тем в структуре содержания дисциплины, применяемых для их изучения технологий и соответствующих им форм, и методов (и средств) обучения представлены ниже (в таблице 6).

Таблица 6

**Применение активных и интерактивных образовательных технологий**

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1.	Роль электромеханики в жизни современного общества. Устройство современных электрических машин и трансформаторов	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
2.	Общие вопросы теории электрических машин переменного тока.	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция).
3.	Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения.	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
4.	Механическая характеристика асинхронного двигателя	Л	Технология проблемного обучения (лекция-визуализация)
5.	Специальные машины постоянного тока (шаговый двигатель)	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
6.	Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин.	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
7.	Особенности устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока.	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
8.	Исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора.	ЛБ	Технология проблемного обучения
9.	Трехфазный асинхронный двигатель с обмоткой ротора типа «беличья клетка».	ЛБ	Технология проблемного обучения
10.	Определение параметров Т-образной схемы замещения трансформатора по его паспортным данным.	ПЗ	Технология контекстного обучения.

11.	Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя по данным опытов холостого хода и короткого замыкания.	ПЗ	Технология контекстного обучения.
12.	Расчет пусковых сопротивлений для двигателей постоянного тока с различными схемами возбуждения.	ПЗ	Технология контекстного обучения.

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

При изучении разделов дисциплины «Электрические машины» в течение семестра используются следующие виды контроля:

- текущий,
- промежуточный.

**Текущий контроль** знаний предполагает посещение лекций, вопросы к устному опросу студентов на практических занятиях, вопросы для защиты лабораторных работ, выполнение тестов, решение типовых задач, проведение дискуссий.

**Промежуточный контроль знаний:** экзамен.

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

1) Пример тестового задания для текущего контроля знаний, обучающихся:

**Тема 2.** Устройство силовых трансформаторов, области применения

**Тема 3.** Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания

Практическое занятие № 1. Определение параметров Т-образной схемы замещения трансформатора по его паспортным данным.

Пример тестового задания для текущего контроля знаний, обучающихся (в онлайн режиме - <https://sdo.timacad.ru/course/view.php?id=1226> на платформе Moodle):

1. Трансформатор тока — это электрический аппарат, преобразующий (выберите правильный ответ):
  - а) механическую энергию в электрическую энергию;
  - б) механическую энергию одного вида в механическую энергию другого вида;
  - в) электрическую энергию одного вида в электрическую энергию другого вида;
  - г) , электрическую энергию в механическую энергию.
2. Для чего предназначен трансформатор?

- а) для повышения КПД;
  - б) для повышения коэффициента мощности;
  - в) для передачи электрической энергии от источника переменного тока к потребителю;
  - г) для снижения магнитных потерь.
3. Укажите параметры, определяющие коэффициент трансформации трансформатора.
- а) число витков первичной обмотки;
  - б) число витков вторичной обмотки;
  - в) магнитный поток;
  - г) числа витков первичной и вторичной обмоток.
4. Как изменится ток во вторичной обмотке трансформатора, если коэффициент трансформации увеличить в 4 раза?
- а) увеличится в 2 раза;
  - б) уменьшится в 4 раза;
  - в) увеличится в 4 раза;
  - г) не изменится.
5. Для определения, каких потерь в трансформаторе выполняют опыт холостого хода?
- а) электрических потерь в первичной обмотке;
  - б) электрических потерь во вторичной обмотке;
  - в) магнитных потерь;
  - г) механических потерь.
6. Для определения, каких потерь в трансформаторе выполняют опыт короткого замыкания?
- а) электрических потерь;
  - б) на гистерезис;
  - в) на вихревые токи;
  - г) механических.
7. При каком соотношении чисел витков обмоток трансформатор является повышающим?
- а)  $W_1 \gg W_2$ ;
  - б)  $W_1 > W_2$ ,
  - в)  $W_1 = W_2$ ;
  - г)  $W_1 < W_2$ .
8. В качестве какого устройства применяют автотрансформатор?
- а) повышающего трансформатора;
  - б) развязывающего устройства;
  - в) регулятора постоянного напряжения;
  - г) регулятора переменного напряжения.
9. Для чего предназначены измерительные трансформаторы?
- а) для повышения напряжения и тока до значений, которые можно измерить стандартными электроизмерительными приборами;
  - б) для уменьшения напряжения и увеличения тока в тех же целях;
  - в) для повышения напряжения и уменьшения тока в тех же целях;

- г) для понижения напряжения и тока в тех же целях.
10. В каком режиме работает трансформатор тока?
- холостого хода;
  - короткого замыкания;
  - согласованном;
  - оптимальном.
11. В каком режиме работает трансформатор напряжения?
- холостого хода;
  - короткого замыкания;
  - согласованном;
  - оптимальном.

2) Пример дискуссии для текущего контроля знаний, обучающихся:

По разделу 1 «Трансформаторы»

Тема 1. Устройство силовых трансформаторов, области применения Практическое занятие № 1. Определение параметров Т-образной схемы замещения трансформатора по его паспортным данным.

Тема дискуссии «Вклад отечественных и зарубежных ученых в развитие электротехники и электромеханики».

#### Вопросы к дискуссии

- Почему современная система электроснабжения использует трехфазную систему переменного тока?
- Кто изобрел трехфазный трансформатор?
- Кто описал математически главные законы электромагнитной индукции?
- В честь какого ученого названа единица измерения индукции магнитного поля?
- В честь какого ученого названа единица измерения величины магнитного потока?
- Закон электромагнитной индукции, открытый М. Фарадеем в 1831 г. - основа работы электрических машин и трансформаторов.
- В каком году и кто изобрел индукционную катушку?  
(В 1836 году ирландский физик Николас Калан).
- В каком году, в каком городе и где устанавливаются трансформаторы с разомкнутым сердечником? (В 1883 году на подстанциях Лондонского метрополитена).
- В каком году, в какой стране и кем были созданы первые трансформаторы с замкнутым сердечником? (В 1884 году в Англии братьями Джоном и Эдуардом Гопкинсон).
- В какой стране и кем был получен патент на параллельное включение первичных и вторичных обмоток трансформаторов? (Венгерский электромеханик Макс Дери).
- Первый электродвигатель для работы от гальванических элементов, построенный в 1834 году членом Петербургской Академии наук Б.С. Якоби.
- Первая установка однофазного тока для электроснабжения «свечей Яблочкова», осуществленная в 1878 г. П.Н. Яблочковым.
- Конструкции однофазных трансформаторов с замкнутым сердечником из изолированной стальной проволоки, разработанные в 1885 году инженерами М. Дери, О.Т. Блати и К. Циперновским (фирма Ганц в Будапеште).

14. Разработка в 80-х годах XIX в. Николой Тесла двухфазных синхронного генератора и двухфазного асинхронного двигателя.
15. Разработка М.О. Доливо-Добровольским системы трёхфазного тока - эпоха в развитии всех областей электроэнергетики и, в частности, электромашиностроения.
16. Изобретение М.О. Доливо-Добровольским в 1889 г. трёхфазного асинхронного двигателя и трёхфазного трансформатора (Германия, фирма AEG).
17. Международная электротехническая выставка в г. Франкфурт-на-Майне - осуществление и демонстрация первой установки трёхфазного тока, состоявшей из генератора мощностью 200 кВт на электростанции в г. Лауффене (на расстоянии 170 км от выставки), трёхфазной линии электропередачи напряжением 15 кВ и двух понижающих трансформаторов на территории выставки, один из которых подводил электроэнергию к трёхфазному асинхронному двигателю мощностью 75 кВт.
18. Изобретение в 1901 г. электротехнической стали, содержащей кремний, - важное значение для электромашиностроения.
19. «Метод двух реакций» разработанный в 1985 г. французским электротехником А. Блонделем, для анализа явнополюсной синхронной машины.
20. Векторная диаграмма, предложенная в 1900 г. французским электротехником А. Потье, для анализа явнополюсной синхронной машины.
21. Гидрогенераторы и турбогенераторы, изготовленные на заводе «Электросила» (Санкт-Петербург) в 30-е годы XX в. - результат большой творческой работы российских конструкторов и научных работников.

3) Пример типовых задач для текущего контроля знаний, обучающихся:

По разделу 1 «Трансформаторы»

**Тема 3.** Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания  
Практическое занятие № 1. Определение параметров Т-образной схемы замещения трансформатора по его паспортным данным

**Задача 1.** Как изменится реактивная составляющая тока холостого хода трансформатора, если частота питающей сети понизится с 50 до 49 Гц? Амплитудное значение магнитной индукции в сердечнике трансформатора, выполненного из электротехнической стали 3413,  $B_m = 1,65$  Тл.

**Задача 2.** Ток холостого хода  $I_x$  трехфазного трансформатора мощностью 25 кВ' А и фазным напряжением  $f7i_H = 5770$  В равен 0,046 А. При том же номинальном напряжении у трансформатора мощностью 630 кВА ток холостого хода увеличивается в 16 раз. В каком соотношении находятся токи холостого хода указанных трансформаторов, выраженные в относительных единицах?

4) Пример перечня вопросов для устного опроса студентов для текущего контроля знаний, обучающихся:

По разделу 1 «Трансформаторы»

**Тема 3.** Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания  
Практическое занятие № 1. Определение параметров Т-образной схемы замещения трансформатора по его паспортным данным.

Перечень вопросов для устного опроса.

1. Какова роль трансформатора в процессе передачи и распределения электроэнергии?
  2. Сформулируйте зависимость роста мощности трансформатора от его геометрических размеров.
  3. Перечислите основные элементы активных частей трансформатора.
  4. На каком физическом явлении основан принцип действия трансформатора?
  5. Укажите взаимосвязь между электрическими и магнитными величинами в трансформаторе.
  6. Назовите причину возникновения потоков рассеяния в трансформаторе?
  7. Каков коэффициент трансформации приведенного трансформатора?
  8. Уравнения равновесия ЭДС (напряжений) и МДС приведенного трансформатора.
  9. Начертите Т - образную схему замещения приведенного трансформатора.
  10. Из какого опыта определяется сопротивление  $R_b$   $R_2$  в схеме замещения трансформатора?
  11. Как влияет температура трансформатора на величину сопротивлений схемы замещения трансформатора?
  12. Как влияет величина первичного напряжения на потери стали магнитопровода трансформатора?
- 5) Пример контрольных вопросов при защите лабораторной работы для текущего контроля знаний, обучающихся:
- По разделу 1 «Трансформаторы»
- Тема 2. Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания. Лабораторная работа № 1. Трехфазный двухобмоточный трансформатор.
- Контрольные вопросы при защите лабораторной работы
1. Объясните назначение, устройство и принцип действия трансформатора.
  2. Что такое коэффициент трансформации?
  3. Почему токи холостого хода ( $x.x$ ) в обмотке трехстержневого трансформатора не одинаковы по фазам?
  4. Чем обусловлена необходимость проведения опытов холостого хода ( $x.x$ ) и короткого замыкания ( $k.z$ ) при испытаниях силовых трансформаторов?
  5. В чем смысл определения параметров и построения схемы замещения трансформатора?
  6. Дать понятие напряжения короткого замыкания ( $k.z$ ) трансформатора и пояснить его важность для целей практики.
  7. Почему мощность, потребляемую из сети в режиме холостого хода ( $x.x$ ), принимают за магнитные потери, а в режиме короткого замыкания ( $k.z$ ) - за электрические потери?
  8. Какие потери для трансформатора считаются постоянными, а какие - переменными?
  9. Что называется изменением вторичного напряжения трансформатора, отчего оно зависит и в каких единицах выражается?
  10. Чем объяснить, что у трехфазного трехстержневого трансформатора магнитная система несимметрична? Отражается ли это обстоятельство на рабочем режиме

трансформатора?

11. Дать понятие о коэффициенте полезного действия (КПД) и коэффициенте мощности трансформатора ( $\cos\phi$ ). Сопоставить эти коэффициенты.

12. Какая обмотка трансформатора называется первичной?

6) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен):

1. Материалы, применяемые в электромашиностроении. Роль трансформатора в процессе передачи и распределения электроэнергии.
2. Закон роста мощности и геометрических размеров трансформатора, основные положения.
3. Устройство трансформатора: магнитопровод, обмотки, бак масляного трансформатора, арматура бака.
4. Принцип действия трансформатора. Взаимосвязь между электрическими и магнитными величинами в трансформаторе. Роль потоков рассеяния в трансформаторе.
5. Уравнение равновесия ЭДС (напряжений) и МДС трансформатора.
6. Приведенный трансформатор. Уравнения равновесия ЭДС (напряжений) и МДС приведенного трансформатора.
7. Т - образная схема замещения приведенного трансформатора.
8. Векторная диаграмма приведенного трансформатора при R - L-нагрузке и R- C-нагрузке.
9. Режим холостого хода трансформатора.
10. Опыт холостого хода трансформатора.
11. Режим короткого замыкания трансформатора.
12. Опыт короткого замыкания трансформатора.
13. Эксплуатационные показатели трансформаторов: изменение напряжения на зажимах вторичной обмотки (внешняя характеристика); коэффициент полезного действия.
14. Характеристика схем соединения обмоток (звезда, треугольник, зигзаг) трансформатора, условные обозначения схем. Обозначение начал и концов обмоток.
15. Группы соединения обмоток трансформаторов. Маркировка зажимов обмоток согласно заданным схемам и группе соединения.
16. Параллельная работа трансформаторов. Условия включения трансформатора на параллельную работу и анализ условия тождественности групп соединений обмоток.
17. Параллельная работа трансформаторов, анализ условия равенства напряжений (равенство коэффициентов трансформации).
18. Параллельная работа трансформаторов, анализ условия равенства напряжений короткого замыкания.
19. Явления, возникающие при намагничивании магнитопровода однофазного трансформатора.
20. Явления, возникающие при намагничивании магнитопровода трехфазного трансформатора (анализируется явления при стержневом и групповом магнитопроводе и схемах соединения обмоток У/У: звезда-звезда, Д/У: треугольник-звезда, У/Д: звезда-треугольник).
21. Несимметричный режим работы трехфазных трансформаторов: токи и магнитные

потоки нулевой последовательности; схемы замещения трансформатора (У/ЗН: звезда-зигзаг с нулем, У/у<sub>н</sub>: звезда-звезда с нулем, Д/у<sub>н</sub>; треугольник-звезда с нулем) для токов нулевой последовательности.

22. Несимметричный режим работы трехфазного трансформаторов: экспериментальное определение сопротивлений нулевой последовательности, несимметричная нагрузка при наличии токов нулевой последовательности (У/Г<sub>н</sub>: звезда-зигзаг с нулем, У/у<sub>н</sub>: звезда-звезда с нулем, Д/у<sub>н</sub>: треугольник-звезда с нулем).

23. Регулирование напряжения с помощью трансформатора: трансформаторы с переключением без возбуждения (ПБВ).

24. Регулирование напряжения с помощью трансформатора: трансформаторы с регулированием под нагрузкой (РПН).

25. Автотрансформаторы: сопоставление автотрансформатора и трансформатора.

26. Сварочный трансформатор для дуговой электросварки. Условное обозначение типа трансформатора.

27. Приведенный трансформатор. Уравнения равновесия ЭДС (напряжений) и МДС приведенного трансформатора.

28. Т - образная схема замещения приведенного трансформатора.

29. Векторная диаграмма приведенного трансформатора при R - L-нагрузке и R- С-нагрузке.

30. Режим холостого хода трансформатора.

31. Опыт холостого хода трансформатора.

32. Режим короткого замыкания трансформатора.

33. Опыт короткого замыкания трансформатора.

34. Эксплуатационные показатели трансформаторов: изменение напряжения на зажимах вторичной обмотки (внешняя характеристика); коэффициент полезного действия.

35. Характеристика схем соединения обмоток (звезда, треугольник, зигзаг) трансформатора, условные обозначения схем. Обозначение начал и концов обмоток.

36. Группы соединения обмоток трансформаторов. Маркировка зажимов обмоток согласно заданным схемам и группе соединения.

37. Параллельная работа трансформаторов. Условия включения трансформатора на параллельную работу и анализ условия тождественности групп соединений обмоток.

38. Параллельная работа трансформаторов, анализ условия равенства напряжений (равенство коэффициентов трансформации).

39. Параллельная работа трансформаторов, анализ условия равенства напряжений короткого замыкания.

40. Явления, возникающие при намагничивании магнитопровода однофазного трансформатора.

41. Явления, возникающие при намагничивании магнитопровода трехфазного трансформатора (анализируется явления при стержневом и групповом магнитопроводе и схемах соединения обмоток У/У: звезда-звезда, Д/У: треугольник-звезда, У/Д: звезда-треугольник).

42. Несимметричный режим работы трехфазных трансформаторов: токи и магнитные потоки нулевой последовательности; схемы замещения трансформатора (У/ЗН: звезда-зигзаг с нулем, У/у<sub>н</sub>: звезда-звезда с нулем, Д/у<sub>н</sub>; треугольник-звезда с нулем) для токов нулевой последовательности.

43. Несимметричный режим работы трехфазного трансформаторов: экспериментальное определение сопротивлений нулевой последовательности, несимметричная нагрузка при наличии токов нулевой последовательности ( $U/G_n$ : звезда-зигзаг с нулем,  $U/u_n$ : звезда-звезда с нулем,  $D/u_n$ : треугольник-звезда с нулем).
44. Регулирование напряжения с помощью трансформатора: трансформаторы с переключением без возбуждения (ПБВ).
45. Регулирование напряжения с помощью трансформатора: трансформаторы с регулированием под нагрузкой (РПН).
46. Автотрансформаторы: сопоставление автотрансформатора и трансформатора.
47. Сварочный трансформатор для дуговой электросварки. Условное обозначение типа трансформатора.
48. Устройство асинхронной машины: активная часть, конструктивные элементы.
49. Условия создания кругового вращающего поля. Формула для синхронной скорости.
50. Особенности работы асинхронной машины в режимах: двигателя, генератора, электромагнитного тормоза.
51. Магнитодвижущая сила трехфазных пространственно распределительных обмоток переменного тока: МДС катушки, МДС катушечной группы, МДС фазы, МДС трехфазной обмотки.
52. Асинхронная машина при неподвижном роторе: режим трансформатора, трехфазный индукционный регулятор, фазорегулятор, регулируемое индукционное сопротивление.
53. Формулы для ЭДС, частоты ЭДС, токов сопротивления обмотки вращающего ротора. Эквивалентное замещение вращающегося ротора неподвижным ротором.
54. Т - образная и Г - образная схемы замещения асинхронного двигателя.
55. Векторная диаграмма и энергетическая диаграмма асинхронного двигателя.
56. Электромагнитный момент асинхронного двигателя при холостом ходе и нагрузке. Зависимость электромагнитного момента от скольжения.
57. Зависимость электромагнитного момента от активного сопротивления цепи обмотки ротора.
58. Устойчивость работы асинхронного двигателя. Уравнение равновесия моментов при постоянной и переменной скорости вращения ротора.
59. Опыты холостого хода и короткого замыкания асинхронного двигателя. Сопоставление результатов этих опытов с данными опытов х.х. и к.з. трансформатора.
60. Опытное определение рабочих характеристик асинхронного двигателя.
61. Построение круговой диаграммы асинхронной машины по данным опытов х.х. и к.з. Определение рабочих характеристик асинхронного двигателя по круговой диаграмме.
62. Пуск в ход асинхронного двигателя с фазным ротором.
63. Пуск в ход асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором: прямой пуск, пуск при пониженном напряжении, подводимом к обмотке статора (понижение напряжения посредством реактора, автотрансформатора, переключение обмотки статора с треугольника на звезду на период пуска).
64. Пуск в ход асинхронного двигателя с обмоткой ротора специального исполнения: обмотка типа - «беличья клетка» расположена в глубоких пазах; двойная - «беличья

клетка».

65. Регулирование скорости вращения асинхронного двигателя: а) изменения частоты подводимого напряжения, б) переключение числа пар полюсов обмотки статора; в) изменением скольжения (посредством ввода активного сопротивления в цепь обмотки ротора, посредством изменения напряжения).
66. Однофазный асинхронный двигатель.
67. Принцип действия синхронного генератора (СГ).
68. Реакция якоря синхронного генератора.
69. Уравнение равновесия напряжений и векторная диаграмма напряжений (ЭДС) неявнополюсного синхронного генератора (СГ).
70. Уравнение равновесия напряжений и векторная диаграмма напряжения (ЭДС) явнополюсного синхронного генератора (СГ).
71. Физическая природа синхронных индуктивных сопротивлений обмотки якоря по оси d ( $X_d$ ) и по оси q ( $X_q$ ).
72. Характеристики синхронного генератора при работе на автономную нагрузку.
73. Определение параметров в. д. напряжение (ЭДС): индуктивные сопротивления обмотки якоря  $X_d$  и  $X_q$ .
74. Условие включения синхронного генератора на параллельную работу с сетью бесконечно большой мощности (Б.Б.М.).
75. Синхронизация и включение синхронного генератора на параллельную работу с сетью бесконечно большой мощности (Б.Б.М.).
76. Особенности параллельной работы синхронного генератора с сетью бесконечно большой мощности.
- 56 Режим работы явнополюсного синхронного генератора (СГ) параллельно с сетью Б.Б.М., соответствующей угловой характеристике активной мощности. Физическая природа пространственного угла  $Q_{\text{пр}}$  и временного угла  $Q_{\text{Вр}}$ .
57. Статическая устойчивость синхронного генератора.
58. Режим работы явнополюсного синхронного генератора (СГ) параллельно с сетью Б.Б.М., соответствующий V-образной характеристике.
59. Принцип действия синхронного двигателя. Преимущества и недостатки синхронного двигателя (СД) по сравнению с асинхронным двигателем (АД).
60. Уравнение равновесия напряжений и векторная диаграмма напряжений (ЭДС) синхронного двигателя.
61. Режим работы синхронного двигателя параллельно с сетью бесконечно большой мощности, соответствующий V-образной характеристике.
62. Рабочие характеристики синхронного двигателя.
63. Способы пуска в ход синхронного двигателя.
64. Одноосный момент при синхронном способе пуска синхронного двигателя/явление Гёргеса (Gorges).
65. Синхронный компенсатор: устройство, назначение и принцип действия.
66. Устройство в области применения машин постоянного тока.
67. Принцип действия простейшего генератора постоянного тока.
68. Коммутация в машинах постоянного тока: основные понятия.
69. Реакция якоря в генераторе постоянного тока (ГПТ).
70. Классификация генераторов постоянного тока по способу возбуждения.

71. Принцип действия генератора постоянного тока (ГПТ). Формула для ЭДС обмотки якоря. Уравнение равновесия напряжений.
72. Энергетическая диаграмма генератора постоянного тока (ГПТ). Формула для электромагнитного момента. Уравнение равновесия моментов.
73. Характеристики генератора постоянного тока независимого возбуждения.
74. Условия самовозбуждения генератора постоянного тока параллельно возбуждения.
75. Характеристики генератора постоянного тока параллельного возбуждения.
76. Характеристики генератора постоянного тока последовательного возбуждения.
77. Характеристики генератора постоянного тока смешанного возбуждения.
78. Классификация двигателей постоянного тока по способу возбуждения.
79. Реакция якоря в двигателе постоянного тока (ДПТ).
80. Принцип действия двигателя постоянного тока (ДПТ). Формула для ЭДС обмотки якоря, противо-ЭДС. Уравнение равновесия напряжений.
81. Энергетическая диаграмма двигателя постоянного тока (ДПТ). Формула для электромагнитного момента. Уравнение равновесия моментов.
82. Прямой и реостатный способы пуска двигателей постоянного тока.
83. Рабочие характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.
84. Рабочие характеристики двигателя постоянного тока последовательного и смешанного возбуждения.
85. Назначение и устройство исполнительного двигателя постоянного тока. Механическая и регулировочная характеристики при якорном управлении.
86. Тахогенератор постоянного тока: устройство, назначение, выходная характеристика.
- 87 Асинхронный тахогенератор: устройство, назначение, выходная характеристика.
88. Синхронный тахогенератор: устройство, назначение, выходная характеристика.
- 89 Синхронный реактивный двигатель: устройство, принцип действия, области применения.
90. Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в индикаторном режиме.
91. Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в трансформаторном режиме.

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

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Электрические машины» применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника. Критерии выставления оценок по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» представлены в таблице 7.

Таблица 7

## Критерии оценивания результатов обучения(экзамена)

Оценка	Критерии оценки
<b>Высокий уровень «5» (отлично)</b>	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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне - высокий.</b>
<b>Средний уровень «4» (хорошо)</b>	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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне - хороший (средний).</b>
<b>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</b>	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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне - достаточный.</b>
<b>Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)</b>	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</b>

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Основная литература

1. Забудский, Евгений Иванович. Электрические машины: учебное пособие для вузов / В 4 частях. Ч. 1. Трансформаторы. Теория, устройство, эксперимент / Е. И. Забудский; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: Мегаполис, 2021. — 542 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/f20210623-1.pdf>
2. Забудский, Евгений Иванович. Электрические машины: учебное пособие рекомендовано Научно-методическим советом по технологиям, средствам механизации и энергетическому оборудованию в сельском хозяйстве Федерального УМО по сельскому, лесному и рыбному хозяйству. Ч. 2. Асинхронные машины / Е. И. Забудский. — Электрон. текстовые дан. — Москва: Мегаполис, 2017. — 305 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/2895.pdf>
3. Забудский, Евгений Иванович. Электрические машины: учебное пособие для вузов: в 4-х частях: рекомендовано Научно-методическим советом по технологиям, средствам механизации и энергетическому оборудованию в сельском хозяйстве Федерального УМО по сельскому, лесному и рыбному хозяйству. Ч. 3. Синхронные машины / Е. И. Забудский; Московский государственный агронженерный университет имени В.П. Горячкина. — 2-е издание, переработанное и дополненное. — Электрон. текстовые дан. — Москва: Мегаполис, 2019. — 295 с. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/f10.pdf>
4. Забудский, Евгений Иванович. Электрические машины: учебное пособие для вузов/ В 4 частях. Ч. 4. Коллекторные машины постоянного и переменного тока / Е. И. Забудский; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: Мегаполис, 2020. — Режим доступа: <http://elib.timacad.ru/dl/full/f20210623.pdf>
5. Копылов, И. П. Электрические машины: учебник для вузов / И. П. Копылов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 669 с. — (Высшее образование). Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://web5.urait.ru/bcode/568962>.

### 7.2 Дополнительная литература

1. Епифанов, А. П. Электрические машины: учебник / А. П. Епифанов, Г. А. Епифанов. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 300 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/209984>
2. Копылов, И.П. Проектирование электрических машин [Текст]: учебник для вузов/ И.П. Копылов [и др.]. — 4-е изд. перераб. и доп. — М.: Юрайт,

2012. – 767 с. – (Бакалавр. Углубленный курс).
3. Копылов, И. П. Проектирование электрических машин: учебник для вузов / И. П. Копылов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 828 с. — (Высшее образование). — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://web5.urait.ru/bcode/566208> (дата обращения: 14.10.2022).
  4. Вольдек, А.И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы [Текст]: учебник для вузов / А.И. Вольдек, В.В. Попов. – СПб.: Питер, 2007. – 320 с.
  5. Копылов, И.П. Электрические машины. В 2. Т. 1 [Текст]: учебник для академического бакалавриата / И.П. Копылов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 267 с.
  6. Копылов, И.П. Электрические машины. В 2. Т. 2 [Текст]: учебник для академического бакалавриата / И.П. Копылов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 407 с.
  7. Сторчевой В.Ф., Сучугов С.В., Уманский П.М. Электрические машины, электропривод, автоматизация машин и оборудования природообустроенных устройств: учебное пособие. – М.: МЭСХ, 2018. – 166 с.

### **Периодические издания**

1. Журнал «Электричество», URL-адрес: <http://www.znack.com> (открытый доступ);
2. Журнал «Электротехника», URL-адрес: <http://www.znack.com> (открытый доступ);
3. Журнал «Известия вузов. Электромеханика», URL-адрес: <http://electromeh.npi-tu.ru/> (открытый доступ);
4. Журнал «Энергохозяйство за рубежом», URL-адрес: <http://www.prosmi.ru/catalog/3906> (открытый доступ).

### **7.3 Нормативные правовые акты**

1. Правила устройства электроустановок. 7 издание, дополненное с исправлениями. – М.: Норматика, 2020. ([Ссылка на WEB ресурс](#))
2. ГОСТ 27471-87. Машины электрические врачающиеся. Термины и определения [Текст]: – М.: Издательство стандартов, 2006. – 320 с.
3. ГОСТ 16110-82. Трансформаторы силовые. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 2008. – 214 с.
4. ГОСТ 11677 – 85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2007. – 206 с.

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

1. Забудский, Е.И. Электрические машины [Текст]: учебное пособие для вузов. Ч.1. Трансформаторы / Е.И. Забудский. – М.: МГАУ имени В.П. Горячкина, 2002. – 167 с.
2. Сторчевой В.Ф., Сучугов С.В., Уманский П.М. Практикум по электротехнике, основам электроники и электрическим машинам природообустройства. – М.: МЭСХ, 2018. – 252 с.
3. Коряевых, В.С., Чистова, Я.С. Электрические машины малой мощности [Текст]: методические указания / В.С. Коряевых, Я.С. Чистова. – М.: РГАУ-МСХА, 2017. – 40 с.

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Электрические машины» являются лекции, лабораторные и практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Лекции проводятся на потоке, практические занятия в группах, лабораторные работы в подгруппах.

На лекциях излагается теоретический материал, лабораторные работы, практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний. По курсу предусмотрено выполнение контрольной работы.

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

Программы: Microsoft Word, Microsoft Excel, Power Point, Компас, Mathcad, Matlab, Elcats, Интернет, электронные ресурсы технических библиотек.

- а) Каталоги электрических машин и трансформаторов, изготавливаемых заводами России ([Каталоги трансформаторов \(transformator.ru\)](http://transformator.ru) (открытый доступ)  
– Свердловский завод трансформаторов тока (трансформаторы и другая электротехническая продукция) <http://www.cztt.ru/main.html> (открытый доступ);  
– Российские предприятия-производители трансформаторов и трансформаторных подстанций <https://productcenter.ru/> (открытый доступ);
- б) Информационные центры России, обрабатывающие и распространяющие научно-техническую информацию <http://www.feip.ru/> (открытый доступ);
- в) Всероссийский институт научной и технической информации РАН (ВИНИТИ РАН) <http://www.viniti.ru/> (открытый доступ);
- г) Всероссийский научно-технический информационный центр (ВНТИЦ) <http://www.vntic.org.ru> (открытый доступ);
- д) Защита интеллектуальной собственности (Роспатент) <https://rupto.ru/ru> (открытый доступ);
- е) Российский научно-технический центр по стандартизации (Стандартин форм) <http://www.gostinfo.ru/> (открытый доступ).

Электронные ресурсы технических библиотек, а также интернет-ресурсы:

1. <http://electro.hotmail.ru/> (Интернет-коллоквиум по электротехнике) (открытый доступ).
2. [http://window.edu.ru/window/library?p\\_rid=40524](http://window.edu.ru/window/library?p_rid=40524) (Электрические машины: лекции и примеры решения задач) (открытый доступ).
3. [http://window.edu.ru/window/library?p\\_rid=40470](http://window.edu.ru/window/library?p_rid=40470) (Электротехника и электроника: учебное пособие) (открытый доступ).

4. <http://www.kodges.ru/> (тексты книг по электротехническим дисциплинам, в основном, в формате .pdf для бесплатного перекачивания) (открытый доступ).

5. <http://www.electrolibrary.info> (электронная электротехническая библиотека) (открытый доступ).

6. <http://www.rsl.ru> (официальный сайт российской государственной библиотеки) (открытый доступ).

7. <http://www.cnshb.ru/elbib.shtml> (электронная библиотека ЦНСХБ) (открытый доступ).

8. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/> (открытый доступ).

- <https://psytests.org/iq/shtur/shturA-run.html>
- <https://portal.timacad.ru>
- <https://onlinetestpad.com/vmptgicdboani>

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8

### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Раздел 1. Трансформаторы.	Microsoft Word Microsoft Excel  Компас  Power Point	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft Microsoft  АСКОН  Microsoft	2016 2016  2020  2016
2.	Раздел 2. Асинхронные машины.	Microsoft Word Microsoft Excel Mathcad  Компас  Power Point	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft Microsoft <u>Mathsoft</u>  АСКОН  Microsoft	2019 2019  2019  2019
3.	Раздел 3. Синхронные машины.	Microsoft Word Microsoft Excel Mathcad  Компас	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного	Microsoft Microsoft <u>Mathsoft</u>  АСКОН	2019 2019  2019

		Power Point	проектирования (САПР) Презентация	Microsoft	2019
4.	Раздел 4. Машины постоян- ного тока.	Microsoft Word Microsoft Excel Mathcad  Компас  Power Point	Оформительская Расчетная, состав- ление таблиц и диаграмм Система автома- тизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft Microsoft <u>Mathsoft</u>  АСКОН  Microsoft	2019 2019  2019  2019

## 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 9  
**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
Корпус № 24, аудитория № 306	Компьютерный класс тип 2: компьютеров – 26 шт., интерактивная доска – 1 шт., проектор Acer H 6517ST – 1 шт., инв. № 210124558132028
Корпус № 24, аудитория № 13  Лаборатория «Электрических машин»	Лаборатория «Трансформаторов», лабораторные стенды: 1. Исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора – 1 шт. № 64536. 2. Исследование параллельной работы трехфазных трансформаторов – 2 шт. № 64537. 3. Исследование несимметричных нагрузок трехфазного трехстержневого двухобмоточного трансформатора – 1 шт. № 64538.
Корпус № 24, аудитория № 15.  Лаборатория «Электрических машин»	Лаборатория «Асинхронных машин», лабораторные стенды: 1. «Трехфазный асинхронный двигатель с фазным ротором» и «Испытание асинхронного двигателя с повышенным пусковым моментом» – 1 шт. (один стенд) инв. № 410136000005378; 2. Исследование трехфазного асинхронного двигателя в однофазном режиме и в режиме генератора – 1 шт. (один стенд) № 64544.
Корпус № 24, аудитория № 14  Лаборатория «Электрических машин»	Лаборатория «Синхронных машин», лабораторные стенды:

	<p>1. «Трехфазная асинхронная машина с неподвижным ротором» и «Параллельная работа синхронного генератора сетью бесконечно большой мощности» – 1 шт. (один стенд) инв. № 410136000005379.</p> <p>2. Испытание синхронного двигателя с явновыраженными полюсами, опытное определение параметров синхронного генератора» – 1 шт. № 64539.</p> <p>3. Испытание трехфазного синхронного генератора, работающего на автономную сеть - 1 шт. № 64540.</p>
<p>Корпус № 24, аудитория № 15</p> <p>Лаборатория «Электрических машин»</p>	<p>Лаборатория «Машины постоянного тока», лабораторные стенды:</p> <p>1. Исследование генератора постоянного тока при различных способах возбуждения – 1 шт. № 64541.</p> <p>2. Исследование двигателя постоянного тока с параллельным и последовательным возбуждением – 1 шт. № 64542.</p> <p>3. Испытание электромашинного усилителя (ЭМУ) и сельсина – 1 шт. № 64543.</p>
<p>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.</p>	

## 11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Образовательный процесс по дисциплине «Электрические машины» 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);
  - практические занятия, лабораторные работы (занятия семинарского типа);
  - курсовое проектирование (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.

Учебный курс «Электрические машины» является основополагающим для студентов, обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия, направленность Автоматизация и роботизация технологических процессов. В этом курсе студент получает знания о современных научно-инженерных решениях, используемых при разработке электротехнологических процессов. Полученные знания необходимы студенту для успешной работы на производстве по выбранному направлению.

Методические рекомендации для успешного освоения студентом дисциплины «Электрические машины» сводятся к следующему:

1. Активно изучать теоретический материал, излагаемый на *лекциях*. Самостоятельно производить расчеты при обработке экспериментальных данных и осуществлять их графическую интерпретацию с использованием интерактивных программных сред.

2. К выполнению *лабораторной* работы необходимо заранее самостоятельно изучить теоретический материал указанный преподавателем литературы: учебники, учебное пособие, лекции, методические указания, а также по методическим указаниям подготовить протокол для проведения экспериментальных исследований. Подготовить ответы на контрольные вопросы, предложенные преподавателем к защите данной лабораторной работе. На лабораторных занятиях необходимо обдуманно выполнять задания, произвести расчеты, начертить схемы и проанализировать полученные результаты. Защищать лабораторную работу по возможности следует в день ее выполнения или ближайшее время.

3. *На практических занятиях* обдуманно выполнять задания, самостоятельно производить расчеты, анализировать полученные результаты, в том числе с применением цифровых инструментов

4. Максимально использовать возможности производственной практики технологической (проектно-технологической) для изучения электрооборудования, имеющегося на предприятии.

5. Регулярно посещать тематические выставки, например «Золотая осень» и др.

*Самостоятельная работа студентов* предполагает проработку лекционного материала, подготовку к самостоятельным работам по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых разделов курса, подготовку докладов и сообщений на секции студенческой научной конференции, выполнение домашнего задания (контрольная и курсовая работы).

При самостоятельной работе следует рекомендовать студентам использовать электронные учебные пособия, компьютерное тестирование по разделам дисциплин.

*Контрольную работу* рекомендуется выполнять последовательно и систематически по мере изучения соответствующего раздела дисциплины. При

возникновении трудностей следует обращаться к преподавателю.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший лекционное занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему и ответить в устной форме на вопросы, задаваемые преподавателем по теме лекции.

Студент, пропустивший практическое занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему, решить задачи и ответить в устной форме на вопросы, задаваемые преподавателем по теме практического занятия.

Студент, пропустивший лабораторную работу, должен самостоятельно изучить теоретический материал по теме лабораторной работы, порядок ее проведения и отработать ее в соответствии с установленным кафедрой графиком отработок лабораторных работ.

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

Формы организации учебного процесса по дисциплине «Электрические машины» являются лекции, лабораторные занятия, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов.

На *лекциях* излагается теоретический материал: рассматривается роль дисциплины в учебном процессе, значение электроэнергетики для всех сфер народного хозяйства, генерации и потребления электроэнергии; основы электромеханического преобразования энергии; генераторы и двигатели, их типы по роду тока, исполнению; назначение, устройство, характеристики и режимы работ: трансформаторов, асинхронных машин, синхронных машин, машин постоянного тока.

*Лабораторные работы* проводятся в лабораториях электрических машин, оборудованных всеми необходимыми испытательными стендами, источниками электрической энергии, приборами и регулировочной аппаратурой.

На *практических занятиях* студенты знакомятся с данными каталогов; решают конкретные задачи с применением основных законов электротехники: расчет характеристик и параметров электрических машин; овладевают методиками и программами расчета. Метод иллюстраций предполагает показ компьютерных презентаций, макетов, слайдов, иллюстративных пособий: плакатов, таблиц. Метод демонстраций обычно связан с демонстрацией приборов, технических установок, электрооборудования.

На *лекциях, лабораторных работах и практических занятиях* следует обратить особое внимание на устройство электрических машин и трансформаторов.

1. Желательно содержание разделов с описанием устройства электрических машин и трансформаторов сопроводить демонстрацией реальных физических моделей.

2. Занятия рекомендуется проводить в учебных лабораториях «Электрические машины» с активным использованием компьютера, мультимедийного проектора и мультимедийных учебных пособий, с одновременным решением нескольких задач:

- а) Знакомство с устройством электрических машин и трансформаторов по натуральным образцам и при демонстрации мультимедийных учебных материалов с использованием компьютера;
- б) Изучение методик расчета электрических машин и трансформаторов на компьютере;
- в) Выполнение обработки результатов экспериментальных исследований на компьютере и последующей графической интерпретацией результатов и интерактивных программных средах.

Занятия целесообразно проводить в интерактивной форме. Например, при проведении практических занятий первый час занятия – в форме показа преподавателем методики решения типовой задачи. Второй час каждого занятия проводится в интерактивной форме. Для этого предложить студентам решить индивидуальные задания. Преподаватель оценивает решения и проводит анализ результатов.

**Самостоятельная работа** студентов включает проработку лекционного материала, подготовку к лабораторным работам, выполнение расчетно-графической и курсовой работ, изучение дополнительной литературы, подготовку к общению 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 осуществляется 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:**

Уманский П.М., к.т.н., ст. преподаватель

---

**РЕЦЕНЗИЯ**  
**на рабочую программу дисциплины Б1.О.35 «Электрические машины»**  
**ОПОП ВО по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника,**  
**направленность «Инжиниринг теплоэнергетических систем»**  
**(квалификация выпускника - бакалавр)**

Нормовым Дмитрием Александровичем., д.т.н., и.о. заведующего кафедрой «Электроснабжение и теплоэнергетика имени академика И.А. Будзко», ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», доктором технических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Электрические машины» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, направленность «Инжиниринг теплоэнергетических систем» (уровень обучения – бакалавр) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет МСХА имени академика К.А. Тимирязева», на кафедре автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина (разработчик Уманский П. М., кандидат технических наук).

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

Предъявленная рабочая программа дисциплины «Электрические машины» далее по тексту Программа) *соответствует* требованиям ФГОС ВО по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, направленность «Инжиниринг теплоэнергетических систем». Программа *содержит* все основные разделы, *соответствует* требованиям к нормативно-методическим документам.

Представленная в Программе *актуальность* учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО *не подлежит сомнению* - дисциплина относится к обязательной части учебного цикла - Б1.

Представленные в Программе *цели* дисциплины *соответствуют* требованиям ФГОС ВО направления 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника. В соответствии с Программой за дисциплиной «Электрические машины» закреплена *одна компетенция*. Дисциплина «Электрические машины» 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.

Общая трудоёмкость дисциплины «Электрические машины» составляет четыре зачётные единицы (144 часа).

Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин *соответствует* действительности. Дисциплина «Электрические машины» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, и возможность дублирования в содержании отсутствует.

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

Программа дисциплины «Электрические машины» предполагает семь занятий в интерактивной форме. 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 оценки знаний: опрос, тест, дискуссия, решение типовых задач соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная программой, осуществляется в форме экзамена с оценкой, что *соответствует* статусу дисциплины, как дисциплины обязательной части учебного цикла - Б1 ФГОС ВО направления 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

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

Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой - 6 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 7 наименований, периодическими изданиями - 4 источника со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы- 8 источников и *соответствует* требованиям ФГОС направления 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Электрические машины» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Электрические машины».

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Электрические машины» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, направленность «Инжиниринг теплоэнергетических систем» (квалификация выпускника - бакалавр), разработанная Уманским Петром Михайловичем, ст. преподавателем, кандидатом технических наук кафедры автоматизации и robotизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина, соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент:

Нормов Д.А., и.о. заведующего кафедрой «Электроснабжение и теплоэнергетика имени академика И.А. Будзко», ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет -РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», д.т.н., профессор \_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025