

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Парлюк Екатерина Петровна  
Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Дата подписания: 17.07.2023 10:52:09  
Уникальный программный ключ:  
7823a3d3181287ca51a86a4c69d33e1779345d45

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 автоматизации и роботизации технологических процессов  
имени академика И.Ф. Бородина

УТВЕРЖДАЮ:  
И.о. директора института механики  
и энергетики имени В.П. Горячкина  
Е.П. Парлюк  
" 20 " *август* 2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.О.29 «Электрические машины»

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 35.03.06 Агроинженерия

Направленности: Электрооборудование и электротехнологии;

Автоматизация и роботизация технологических процессов

Курс 3

Семестры 5, 6

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2022г.

Москва, 2022

Разработчик: Большин Р.Г., к.т.н.  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)  
« 21 » август 2022 г.

Рецензент: Загинайлов В.И., д. т. н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)  
« 24 » август 2022 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры Автоматизация и роботизация технологических процессов имени И.Ф. Бородина протокол № 1 « 29 » август 2022 г.

Заведующий кафедрой Сторчевой В.Ф., д. т. н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

**Согласовано:**

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

(подпись)

Протокол № 2 « 15 » 09 2022 г.

Заведующий выпускающей кафедрой автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина Сторчевой В.Ф., д. т. н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)  
« 29 » 08 2022 г.

/ Заведующий отделом комплектования ЦНБ

(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	4
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....	7
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	7
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	10
4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам .....	10
4.2. Содержание дисциплины.....	10
4.3 Лекции/лабораторные работы/практические занятия.....	14
4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины .....	23
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	24
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	25
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности.....	26
6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания .....	38
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	40
7.1 Основная литература .....	40
7.2 Дополнительная литература.....	40
7.3 Нормативные правовые акты .....	41
Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям.....	41
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	42
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ.....	43
СИСТЕМ.....	43
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	44
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	46
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	47
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ .....	47
ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	47

### Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.29 «Электрические машины» для подготовки бакалавра по направлению 35.03.06 Агроинженерия, направленности Электрооборудование и электротехнологии; Автоматизация и роботизация технологических процессов

**Цель освоения дисциплины:** является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способности:

– решать типовые задачи по электрическим машинам на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий;

– проводить экспериментальные исследования электрических машин;

– реализовывать современные технологии по обеспечению работоспособности электрических машин и аппаратов в сельскохозяйственном производстве.

– применять сквозные цифровые технологии, системы управления и мониторинга работы электрических машин, освоить выбор оборудования, подключаемого на входы и выходы ПЛК для осуществления контроля работы оборудования.

– **познакомить** студентов с понятием искусственного интеллекта и возможностью применения его и управления технологическими процессами с использованием микропроцессорных систем на примере программ Matlab, SimInTech.

– получить знания по использованию интернета вещей (IoT), например, от датчиков для создания цифровой системы автоматического управления работой электрических машин в режиме on-line используемых в сельском хозяйстве, для улучшения качества продукции, снижения производственных затрат.

- получить знания о программных продуктах, предназначенных для проектирования и расчета параметров электрической машины, на примере модулей ELCUT.

- получить навыки владения программами Mathcad, Matlab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom и др., а так же, приобретение студентами умений пользоваться электронными системами поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, cyberleninka.ru (технология Big Data) для решения задач входящих в цели освоения дисциплины «Электрические машины» и поиска необходимой информации.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана по направлению 35.03.06 Агроинженерия, направленности Электрооборудование и электротехнологии; Автоматизация и роботизация технологических процессов.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы достижения компетенции): ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.2), ОПК-5 (ОПК-5.1).

**Краткое содержание дисциплины:**

### **Трансформаторы.**

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

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

Основной магнитный поток и потоки рассеяния. ЭДС обмоток. Коэффициент трансформации. Потери и ток холостого хода. Эксплуатационное короткое замыкание и опыт к.з. Напряжение короткого замыкания, его физическая сущность. Потери короткого замыкания.

Уравнение 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 охлаждение трансформаторов.

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

Трехобмоточные трансформаторы, автотрансформаторы, сварочные трансформаторы. Конструктивные особенности автотрансформаторов, схемы включения обмоток, основные соотношения. Область применения автотрансформаторов, их преимущества и недостатки. Сварочные трансформаторы, внешняя характеристика.

### **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 диа-

грамма 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. Индукторные синхронные генераторы. Синхронные микродвигатели. Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в индикаторном режиме и в трансформаторном режиме.

### **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. Электромашинный усилитель. Универсальный коллекторный двигатель. Исполнительный двигатель, тахогенератор.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 6 зач. единиц (216 часов).

**Промежуточный контроль:** 5 семестр – защита курсовой работы, зачет с оценкой; 6 семестр – экзамен.

## **1. Цель освоения дисциплины**

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

В результате изучения данной дисциплины студенты должны:

- знать и понимать принцип действия современных типов электрических машин;
- знать особенности их устройства, уравнения, схемы замещения и характеристики;
- иметь общее представление о проектировании и испытаниях электрических машин;
- уметь использовать полученные знания при решении практических задач в области электрических машин в сельском хозяйстве.
- владеть навыками элементарных расчетов и испытаний электрических машин.
- иметь общее представление о понятии искусственного интеллекта и возможностью применения его и управления технологическими процессами с использованием микропроцессорных систем на примере программ Matlab, SimInTech.
- знать особенности использования интернета вещей (IoT), например, от датчиков для создания цифровой системы автоматического управления работой электриче-

ских машин в режиме on-line используемых в сельском хозяйстве, для улучшения качества продукции, снижения производственных затрат.

- иметь общее представление о программных продуктах, предназначенных для проектирования и расчета параметров электрической машины, на примере модулей ELCUT.

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

Дисциплина «Электрические машины» включена в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Дисциплина «Электрические машины» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия, направленность Электрооборудование и электротехнологии; ; Автоматизация и роботизация технологических процессов.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электрические машины» являются курсы: математика (1 курс, 1-2 семестры; 2 курс, 3 семестр), информатика и цифровые технологии (1 курс, 2 семестр), физика (1 курс, 2 семестр; 2 курс, 2-3 семестры), теоретические основы электротехники (2 курс, 3-4 семестры), компьютерное проектирование (2 курс, 3 семестр).

Дисциплина «Электрические машины» является основополагающей для изучения следующих дисциплин:

– для направленности Электрооборудование и электротехнологии: электропривод (4 курс, 7 семестр), эксплуатация электрооборудования (4 курс, 7 семестр), сервис электротехнического оборудования в АПК (4 курс, 7 семестр), электротехнологии в АПК (4 курс, 7 семестр), проектирование систем электрификации (4 курс, 8 семестр), электропривод сельскохозяйственных машин (4 курс, 8 семестр), управление электроприводами (4 курс, 7 семестр).

– для направленности Автоматизация и роботизация технологических процессов: электропривод (4 курс, 7 семестр), эксплуатация электрооборудования (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**

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 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-1	способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий	ОПК-1.1 Использует основные законы естественных дисциплин для решения стандартных задач в соответствии с направлением профессиональной деятельности	основные положения и законы математических и естественных наук необходимых для решения типовых задач по электрическим машинам, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google, ELCUTS, приложения электронных таблиц и построения диаграмм)	применять основные законы математических и естественных наук для решения типовых задач по электрическим машинам, использовать электронные ресурсы, официальные расчетные системы. (EXEL, ELCUTS)	методами решения задач с использованием основных законов математических и естественных наук для решения типовых задач по электрическим машинам, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google, ELCUTS, приложения электронных таблиц и построения диаграмм)
			ОПК-1.2 Использует знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии	специфику использования основных законов математических и естественных наук, необходимые для решения стандартных задач по электрическим машинам, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google, ELCUTS, приложения электронных таблиц и построения диаграмм)	применять основные законы математических и естественных наук, необходимые для решения стандартных задач по электрическим машинам, в том числе с использованием электронных ресурсов, официальных расчетных системы. (EXEL, ELCUTS)	методами решения задач с использованием основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач по электрическим машинам, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google, ELCUTS, приложения электронных таблиц и построения диаграмм)
			ОПК-1.3 Применяет информационно-коммуникационные технологии в решении	информационно-коммуникационные и компьютерные технологии при решении ти-	применять информационно-коммуникационные технологии и соответствующее программное обеспеч-	методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками



			типовых задач профессиональной деятельности	повых задач по электрическим машинам, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google, ELCUTS, приложения электронных таблиц и построения диаграмм)	печение при решении типовых задач по электрическим машинам, ориентироваться в современных цифровых технологиях и программном обеспечении.	работы с компьютером, как средством управления информацией для решения типовых задач по электрическим машинам, с применением современных цифровых технологий и программного обеспечения
2	ОПК-4	способен реализовывать современные технологии и обосновывать их применение в профессиональной деятельности	ОПК-4.2 Обосновывает и реализует современные технологии по обеспечению работоспособности машин и оборудования в сельскохозяйственном производстве	современные технологии по обеспечению работоспособности электрических машин и аппаратов в сельскохозяйственном производстве	применять современные технологии по обеспечению работоспособности электрических машин и аппаратов в сельскохозяйственном производстве	навыками применения современных технологий по обеспечению работоспособности электрических машин и аппаратов в сельскохозяйственном производстве
3.	ОПК-5	способен к участию в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности	ОПК-5.1 Использует современные методы экспериментальных исследований и испытаний в профессиональной деятельности, в том числе с применением современных эмулирующих и моделирующих программных продуктов	современные методы экспериментальных исследований электрических машин, том числе с современными эмулирующими и моделирующими программными продуктами	проводить экспериментальные исследования электрических машин по заданным методикам с последующей обработкой и анализом результатов. применять для заданных целей современные цифровые инструменты (Google, Miro, средства MS Office или аналогичные)	методиками экспериментальных исследований электрических машин по заданным методикам с последующей обработкой и анализом результатов, в том числе и с применением современных цифровых технологий и программного обеспечения

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зач.ед. (216 часов), их распределение по видам работ по семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 2

##### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость		
	час.	в т.ч. по семестрам	
		№ 5	№6
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>216</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>114,75</b>	<b>68,35</b>	<b>46,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>114,75</b>	<b>68,35</b>	<b>46,4</b>
<i>в том числе:</i>			
<i>лекции (Л)</i>	48	34	14
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	16	16	–
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	46	16	30
<i>курсовая работа (КР) (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>101,25</b>	<b>39,65</b>	<b>61,6</b>
<i>контрольная работа (К)</i>	10	-	10
<i>курсовая работа (КР) (подготовка)</i>	25	25	–
<i>самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям)</i>	32,65	5,65	27,0
<i>Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)</i>	9	9	–
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	<b>24,6</b>	–	<b>24,6</b>
Вид промежуточного контроля:	Защита КР, зачет с оценкой; экзамен	Защита КР, зачет с оценкой	экзамен

##### 4.2. Содержание дисциплины

Таблица 3

##### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнено)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
<b>5 семестр</b>						
Раздел 1 «Трансформаторы»	31	16	6	6		3
Раздел 2 «Асинхронные машины»	40,65	18	10	10		2,65
<i>курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	2				2	
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35				0,35	

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
курсовая работа (КР) (подготовка)	25					25
Подготовка к зачету с оценкой (контроль)	9					9
<b>Всего за 5 семестр</b>	<b>108</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2,35</b>	<b>39,65</b>
<b>6 семестр</b>						
Раздел 3 «Синхронные машины»	52	8		20		24
Раздел 4 «Машины постоянного тока»	29	6		10		13
консультации перед экзаменом	2				2	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4				0,4	
Подготовка к экзамену (контроль)	24,6					24,6
<b>Всего за 6 семестр</b>	<b>108</b>	<b>14</b>		<b>30</b>	<b>2,4</b>	<b>61,6</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>216</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>46</b>	<b>4,75</b>	<b>101,25</b>

## Раздел 1. Трансформаторы

**Тема 1.** Роль электрических машин в современной технике

**Рассматриваемые вопросы.**

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

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

**Рассматриваемые вопросы.**

Устройство трансформаторов: магнитные системы, обмотки. Масляные и сухие трансформаторы, конструкции баков. Двух- и трехобмоточные трансформаторы. Преобразование 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 ток холостого хода. Эксплуатационное короткое замыкание и опыт к.з. Напряжение короткого замыкания, его физическая сущность. Потери короткого замыкания.

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

**Рассматриваемые вопросы.**

Уравнение 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 охлаждение 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 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 обмоткой. Формула для синхронной скорости вращения поля. Построение схем трехфазных распределенных обмоток. Магнитодвижущие силы и магнитные поля трехфазной распределенной обмоткой.

**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 напряжений 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 асинхронного 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. Регулирование 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 синхронные 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 большой 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: назначение, V-образная характеристика.

**Тема 5.** Специальные синхронные машины

Рассматриваемые вопросы.

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

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

### **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. Уравнение 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.

Электромашинный усилитель. Универсальный коллекторный двигатель. Исполнительный двигатель, тахогенератор.

### 4.3 Лекции/лабораторные работы/практические занятия

Таблица 4

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

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
5 семестр					
1.	<b>Раздел 1 «Трансформаторы»</b>				<b>28</b>
	<b>Тема 1.</b> Роль электрических машин в современной технике <b>Тема 2.</b> Устройство силовых трансформаторов, области применения	Лекция № 1. Роль электрических машин в современной технике. Устройство силовых трансформаторов, области применения (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
	<b>Тема 3.</b> Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания	Лекция № 2. Процессы в трансформаторе в режиме холостого хода. (цифровая презентация, использование ПК и проектора) Лекция № 3. Процессы в трансформаторе в ре-	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
			ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2),		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		жиме холостого хода. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-4 (ОПК-4.2)		
		Лабораторная работа № 1. Исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора. С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
	<b>Тема 4.</b> Процессы в трансформаторе при нагрузке	Лекция № 4. Процессы в трансформаторе при нагрузке. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Практическое занятие № 1. Расчёт изменения вторичного напряжения трансформатора при различном характере нагрузки. Применение программных цифровых продуктов для решения задач, (моделирование процессов в Exel, CAD)	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.2)	Дискуссия. Устный опрос Решение задач	2
		Практическое занятие № 2. Расчет распределения нагрузки параллельно включенных трансформаторов при различных напряжениях к.з. Применение программных цифровых продуктов для решения задач, (моделирование процессов в Exel, CAD)	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.2)	Устный опрос Тестирование Решение задач	2
		Лекция № 5. Работа трансформатора при несимметрии напряжения. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 2. Исследование параллель-	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3),	Защита лаборатор-	2



№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		ной работы трехфазных трансформаторов. С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-5 (ОПК-5.1)	ной работы	
		Лабораторная работа № 3. Исследование несимметричных нагрузок трехфазного трансформатора. С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
	<b>Тема 5.</b> Переходные процессы в трансформаторах	Лекция № 6. Переходные процессы в трансформаторах. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Практическое занятие № 3. Расчёт ударного тока короткого замыкания при внезапном трёхфазном к.з. трансформатора. Применение программных цифровых продуктов для решения задач, (моделирование процессов в Excel, CAD)	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.2)	Устный опрос Решение задач	2
	<b>Тема 6.</b> Трехобмоточные трансформаторы, автотрансформаторы, сварочные трансформаторы	Лекция № 7. Трехобмоточные трансформаторы. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Лекция № 8. Автотрансформаторы, сварочные трансформаторы. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
2.	<b>Раздел 2 «Асинхронные машины»</b>				<b>38</b>
	<b>Тема 1.</b> Об-	Лекция № 9. Общие во-	ОПК-1		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	щие вопросы теории электрических машин переменного тока	просы теории электрических машин переменного тока. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	(ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		
		Практическое занятие № 4. Построение развёрнутых схем однослойных трёхфазных пространственно-распределенных обмоток. Применение программных цифровых продуктов для решения задач, (моделирование процессов в Excel, САД и др.)	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.2)	Устный опрос Решение задач	2
		Лабораторная работа № 4. Трёхфазная асинхронная машина с неподвижным ротором. С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
	<b>Тема 2.</b> Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения	Лекция № 10. Устройство, назначение асинхронных машин, использование. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Практическое занятие № 5. Построение развёрнутых схем двухслойных трёхфазных пространственно-распределенных обмоток. Расчет задачи с использованием цифровых инструментов для расчета и моделирования работы электрической машины.	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.2)	Устный опрос Решение задач	2
		Практическое занятие № 6. Расчёт обмоточного коэффициента и его составляющих трёхфазной пространственно-распределенной обмотки. Расчет задачи с использо-	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.2)	Устный опрос Решение задач	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		ванием цифровых инструментов для расчета и моделирования работы электрической машины.			
		Лекция № 11. Т- и Г-образные схемы замещения асинхронной машины. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 5. Трехфазный асинхронный генератор. С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
	<b>Тема 3.</b> Механическая характеристика асинхронного двигателя	Лекция № 12. Кратности моментов и токов асинхронного двигателя. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Практическое занятие № 7. Расчет электромагнитного момента трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутой обмоткой ротора. Расчет задачи с использованием цифровых инструментов для расчета и моделирования работы электрической машины.	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.2)	Устный опрос Решение задач	2
		Лекция № 13. Устойчивость работы система «Асинхронный двигатель – Рабочий механизм». (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 6.Трехфазный асинхронный двигатель с обмоткой ротора типа «беличья клетка». С проведением расчетов	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL			
	<b>Тема 4.</b> Пуск и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей	Лекция № 14. Пуск асинхронного двигателя с фазным ротором. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Лекция № 15. Пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Практическое занятие № 8. Построение круговой диаграммы трёхфазного асинхронного двигателя и определение рабочих характеристик. Расчет задачи с использованием цифровых инструментов для расчета и моделирования работы электрической машины.	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-4 (ОПК-4.2)	Устный опрос Решение задач Тестирование	2
		Лабораторная работа № 7. Трёхфазный асинхронный двигатель с фазным ротором. С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
	<b>Тема 5.</b> Однофазный асинхронный двигатель	Лекция № 16. Однофазный конденсаторный асинхронный двигатель. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Лекция № 17. Трёхфазный асинхронный двигатель в схеме однофазного включения с конденсатором. (цифровая презентация, использование ПК и	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		проектора)			
		Лабораторная работа № 8.Трехфазный асинхронный двигатель в однофазном режиме. С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
<b>6 семестр</b>					
<b>3.</b>	<b>Раздел 3 «Синхронные машины»</b>				<b>28</b>
	<b>Тема 1.</b> Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин	Лекция № 18. Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
	<b>Тема 2.</b> Магнитное поле, параметры и характеристики синхронной машины	Лекция № 19. Магнитное поле, параметры и характеристики синхронной машины (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 9. Испытание трехфазного синхронного генератора, работающего на автономную сеть. С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	4
		Лабораторная работа № 10. Опытное определение параметров синхронного генератора. С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	4
	<b>Тема 3.</b> Параллельная работа син-	Лекция № 20. Параллельная работа синхронных машин	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	хронных машин	(цифровая презентация, использование ПК и проектора)			
		Лабораторная работа № 11. Параллельная работа синхронного генератора с сетью бесконечно большой мощности С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	4
	<b>Тема 4.</b> Синхронные двигатели и компенсаторы	Лекция № 21. Синхронные двигатели и компенсаторы. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		1
		Лабораторная работа № 12. Испытание трехфазного синхронного двигателя С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	4
	<b>Тема 5.</b> Специальные синхронные машины	Лекция № 21 . Специальные синхронные машины (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		1
		Лабораторная работа № 13. Испытание тахогенераторов различной конструкции С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	4
4.	<b>Раздел 4 «Машины постоянного тока»</b>				<b>16</b>
	<b>Тема 1.</b> Особенности устройства, принцип действия и об-	Лекция № 22. Особенности устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	ласти применения машин постоянного тока	(цифровая презентация, использование ПК и проектора)			
	<b>Тема 2.</b> Характеристики генераторов постоянного тока	Лекция №23. Характеристики генераторов постоянного тока (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 14. Исследование генератора постоянного тока при различных способах возбуждения С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
	<b>Тема 3.</b> Характеристики двигателей постоянного тока	Лекция № 24. Характеристики двигателей постоянного тока. (цифровая презентация, использование ПК и проектора)	ОПК-1 (ОПК-1.1,ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 15. Исследование двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением. С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
	<b>Тема 4.</b> Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока	Лабораторная работа № 16. Исследование двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением. С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	2
		Лабораторная работа № 17. Исследование электромашинного усилителя при различной	ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3), ОПК-5 (ОПК-5.1)	Защита лабораторной работы	4



№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		компенсации С проведением расчетов и построением графических характеристик с использованием ПО Matcad и EXEL			

#### 4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

Таблица 5

#### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1 «Трансформаторы»</b>		
1.	<b>Тема 3.</b> Процессы в трансформаторе при нагрузке	Условия включения трансформаторов на параллельную работу и их анализ (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).
2.	<b>Тема 5.</b> 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. Сварочные трансформаторы, внешняя характеристика (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).
<b>Раздел 2 «Асинхронные машины»</b>		
3.	<b>Тема 2.</b> Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения	Режимы работы асинхронной машины: генераторный и электромагнитного тормоза (основные формулы, принцип действия, зависимость электромагнитного момента от скольжения/частоты вращения ротора) (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).
4.	<b>Тема 4.</b> Пуск и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей	Пуск двигателей с обмоткой ротора специального исполнения (пуск двигателя с глубокими пазами на роторе; пуск двигателя с двойной беличьей клеткой на роторе) (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).
<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-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).
6.	<b>Тема 3.</b> Параллельная работа синхронных машин	Регулирование активной и реактивной мощностей. Параллельная работа генераторов соизмеримой мощности (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).
7.	<b>Тема 5.</b> Специальные синхрон-	Индукторный синхронный генератор, генераторы для ветроустановок и для малых ГЭС, синхронные микродвигатели (устройст-

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	ные машины	во, принцип действия, области применения). Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в индикаторном и в трансформаторном режиме. (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).
<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-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).
9.	<b>Тема 2.</b> Характеристики генераторов постоянного тока	Параллельная работа генераторов (способы синхронизации генератора с сетью большой мощности: ламповый синхроскоп; самосинхронизация; электромагнитный синхроскоп, автоматические приборы точной синхронизации) (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).
10.	<b>Тема 5.</b> Специальные машины постоянного тока	Электромашинный усилитель. Универсальный коллекторный двигатель. Исполнительный двигатель, тахогенератор. (ОПК-1 (ОПК-1.1, ОПК-1.2), ОПК-4 (ОПК-4.2)).

## 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания применяется, в основном, традиционная (объяснительно-иллюстративная) технология обучения. Согласно учебному плану и графику учебного плана для организации процесса освоения студентами дисциплины «Электротехнологии» используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологии:

- основные формы теоретического обучения: лекции, индивидуальные консультации, групповые консультации;
- основные формы практического обучения: практические занятия, лабораторные работы;
- дополнительные формы организации обучения: самостоятельная работа студентов.
- цифровые технологии (проблемное обучение, информационно-коммуникационная технология, проектное обучение, Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom).

Кроме этого, при проведении занятий предусмотрено использование современных методов обучения, указанных 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)
-------	----------------------	---

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1	.Роль электрических машин в современной технике. Устройство силовых трансформаторов, области применения	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
2	Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
3.	Особенности устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
4.	Устройство, назначение асинхронных машин, использование.	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
5.	Пуск асинхронного двигателя с фазным ротором.	Л	Технология проблемного обучения (лекция-визуализация)
6.	Специальные синхронные машины	Л	Технология проблемного обучения (лекция-визуализация)
7.	Трехфазная асинхронная машина с неподвижным ротором	ЛР	Технология проблемного обучения
8.	Испытание трехфазного синхронного генератора, работающего на автономную сеть	ЛР	Технология проблемного обучения
9.	Расчет параметров и характеристик синхронного двигателя	ПЗ	Технология контекстного обучения
10.	Расчет параметров рабочих характеристик синхронного двигателя	ПЗ	Технология контекстного обучения.
11.	Расчет характеристик двигателя постоянного тока	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.

### 5 семестр

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

**Промежуточный контроль знаний:** защита КР, зачет с оценкой.

### 6 семестр

**Текущий контроль** знаний предполагает посещение лекций, вопросы для защиты лабораторных работ, выполнение тестовых заданий, выполнение контрольной работы.

**Промежуточный контроль знаний:** экзамен.

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

1) При изучении дисциплины «Электрические машины» в 5 семестре учебным планом предусмотрено выполнение курсовой работы.

Задачей курсовой работы является закрепление теоретических знаний по курсу, развитие навыков самостоятельной работы.

Для выполнения курсовой работы студенту следует изучить теоретический материал по литературе и с целью оценки степени усвоения ответить на контрольные вопросы.

Курсовая работа выполняется студентом во внеурочное время с использованием любых информационных и программных материалов, носит расчетный характер и оформляется в текстовом редакторе Microsoft Word и Microsoft Excel для составления таблиц, диаграмм и вычисления простых и сложных функций.

В графической части выполняется чертеж асинхронного двигателя с к.з. ротором (на листе формата А1 в среде AutoCad). На чертеже наносятся габаритные размеры асинхронного двигателя с к.з. ротором.

В конце курсовой работы необходимо дать перечень использованной литературы.

Курсовая работа по дисциплине выполняется согласно номеру варианта индивидуального задания выданного преподавателем.

Примерная тема курсовой работы:

«Расчет асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором».

Основные разделы курсовой работы

1. Основная часть (расчетная часть)

1.1. Выбор главных размеров.

1.2. Определение  $Z_1$ ,  $w_1$  и сечения провода обмотки статора.

1.3. Расчет размеров зубцовой зоны статора и воздушного зазора.

- 1.4. Расчет ротора.
- 1.5. Расчет намагничивающего тока.
- 1.6. Параметры рабочего режима.
- 1.7. Расчет потерь.
- 1.8. Расчет рабочих характеристик.
- 1.9. Расчет пусковых характеристик.
2. Графическая часть
  - 2.1. Рис.1. Развернутая схема трехфазной однослойной обмотки статора;
  - 2.2. Рис.2. Изоляция паза обмотки статора;
  - 2.3. Рис 3. Пазы двигателя: а) – статора, б) – ротора;
  - 2.4. Рис 4. Рабочие характеристики двигателя.

Каждый из рисунков выполняется на отдельном листе формата А4 или А3 в среде AutoCad.

2.5. Чертеж Асинхронного двигателя на листе формата А1 в среде AutoCad. На чертеже наносятся установочные и габаритные размеры асинхронного двигателя.

При оценке курсовой работы учитывается:

- степень самостоятельности выполнения работы;
- актуальность и новизна работы;
- сложность и глубина разработки темы;
- знание современных подходов на исследуемую проблему;
- использование периодических изданий по теме;
- качество оформления;
- четкость изложения доклада на защите;
- правильность ответов на вопросы.

Критерии оценивания курсовой работы представлены в таблице 7.

Таблица 7

#### Критерии оценки выполнения и защиты курсовой работы

Оценка	Критерии оценивания
<b>«отлично»</b>	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены точно и верно. Студентом сформулированы собственные аргументированные выводы по теме курсовой работы. Студент владеет специальной терминологией; стилистические и грамматические ошибки отсутствуют. Оформление курсовой работы соответствует предъявляемым требованиям. При написании и защите курсовой работы студентом продемонстрирован высокий уровень развития профессиональных компетенций, теоретических знаний и наличие практических навыков. Чертежи выполнены в соответствии с ГОСТами. При защите курсовой работы студент отвечает на вопросы.
<b>«хорошо»</b>	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены с неточностями. Имеются замечания к оформлению курсовой работы. Студент владеет специальной терминологией. При написании и защите курсовой работы студентом продемонстрирован средний уровень развития профессиональных компетенций, наличие теоретических знаний и наличие практических навыков.

	ретических знаний и достаточных практических навыков. Чертежи выполнены в соответствии с ГОСТами. При защите курсовой работы студент владеет материалом, но отвечает не на все поставленные вопросы.
<b>«удовлетворительно»</b>	курсовая работа выполнена в соответствии с утвержденным планом; расчеты, таблицы, графики и схемы выполнены с ошибками. Студентом не сделаны собственные выводы по теме курсовой работы. Грубые недостатки в оформлении курсовой работы; слабое владение специальной терминологией; стилистические и грамматические ошибки. При защите курсовой работы, испытывал затруднения при ответах на вопросы.
<b>«неудовлетворительно»</b>	курсовая работа выполнена не в соответствии с утвержденным планом, не раскрыто содержание каждого вопроса; допустил грубые ошибки в расчетах, таблицах, графиках и схемах. Студентом не сделаны выводы по теме курсовой работы. Грубые недостатки в оформлении курсовой работы. На защите курсовой работы студент показал поверхностные знания по теме, не правильно отвечал на вопросы.

2) При изучении дисциплины «Электрические машины» в 6 семестре учебным планом предусмотрено выполнение контрольной работы.

Задачей контрольной работы является закрепление теоретических знаний по курсу, развитие навыков самостоятельной работы.

Контрольная работа – самостоятельная работа студента, основанная на изучении литературных и иных источниках информации по заданной теме. Объем контрольной работы не должен превышать 20 страниц печатного текста, включая таблицы, графики, эскизы, схемы и фотографии, необходимые для иллюстрации и раскрытия сути заданной темы.

Контрольная работа выполняется студентом во внеурочное время с использованием специализированных информационных материалов и современных цифровых инструментов. Оформляется расчетно-графическая работа в текстовом редакторе Microsoft Word и Microsoft Excel для построения диаграмм и графиков.

В конце контрольной работы необходимо дать перечень использованной литературы.

Примерная тема контрольной работы:

«Построение векторной диаграммы синхронного генератора и определение его характеристик».

Задание на контрольную работу

Для трехфазного синхронного генератора:

1. Построить векторную диаграмму для номинального режима работы.
2. С помощью векторной диаграммы определить:
  - 2.1. Ток возбуждения  $I_{\text{н}}$  в относительных единицах и в амперах.
  - 2.2. Напряжение на обмотке возбуждения в вольтах.
  - 2.3. Изменение напряжения при сбросе нагрузки.

3. Построить регулировочную характеристику генератора  $I_f = f(I_a)$  при номинальном коэффициенте мощности  $\cos\varphi_n$  и номинальном напряжении  $U_n$ .

Контрольная работа по дисциплине «Электрические машины» выполняется согласно номеру варианта индивидуального задания выданного преподавателем.

3) Пример тестового задания для текущего контроля знаний обучающихся:

### По разделу 2 «Асинхронные двигатели»

**Теме 4. Пуск и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей**

Практическое занятие № 8. Построение круговой диаграммы трёхфазного асинхронного двигателя и определение рабочих характеристик.

#### Тест 1 (Вариант № 1).

1. Что лежит в основе работы асинхронных электрических машин?
  - а) пульсирующее магнитное поле;
  - б) вращающееся магнитное поле;
  - в) постоянное магнитное поле;
  - г) переменное магнитное поле.
2. Что произойдет, если частота вращения ротора асинхронного двигателя станет равной частоте вращающегося магнитного поля?
  - а) в обмотке ротора не будет наводиться ЭДС;
  - б) ток в обмотке ротора станет равен нулю;
  - в) не будет создаваться вращающий момент;
  - г) происходит все перечисленное.
3. Укажите верное выражение для синхронной частоты вращения.
  - а)  $n_1 = 60/p$ ;
  - б)  $n_1 = 60p/f$ ;
  - в)  $n_1 = 60f/p$ ;
  - г)  $n_1 = f/(60p)$ .
4. Как изменится ЭДС во вращающемся роторе при уменьшении скольжения?
  - а) не изменится;
  - б) увеличится;
  - в) уменьшится;
  - г) поведет себя непредсказуемо.
5. Как изменится частота вращения асинхронного двигателя российского производства, если его включить в американскую электрическую сеть?
  - а) не изменится;
  - б) увеличится;
  - в) уменьшится;
  - г) поведет себя непредсказуемо.
- б. Укажите основные узлы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
  - а) статор и ротор;
  - б) коллектор и статор;
  - в) ротор и щетки;



- г) щетки и кольца.
7. С какой целью статор АД изготавливают из тонких электрически изолированных ферромагнитных пластин?
- для уменьшения механических потерь;
  - для уменьшения потерь на вихревые токи и гистерезис;
  - для уменьшения потерь на демпфирование;
  - для уменьшения электрических потерь.
8. Как могут быть включены обмотки статора трехфазного АД?
- последовательно;
  - параллельно;
  - смешанно;
  - звездой или треугольником.
9. Как обозначают начала обмоток статора трехфазного АД?
- $U_1, W_1, V_2$ ;
  - $U_1, V_1, W_1$ ;
  - $U_2, V_2, W_2$ ;
  - $V_1, U_2, W_2$ .
10. Какие потери присутствуют в асинхронном двигателе, но отсутствуют в трансформаторе?
- электрические;
  - механические;
  - асинхронные;
  - магнитные.
11. Где нашел основное применение трехфазный АД?
- в электрокарах;
  - на транспорте;
  - в металлорежущих станках и подъемных механизмах;
  - в быту.

4) Пример дискуссии для текущего контроля знаний обучающихся:

#### **По разделу 1 «Трансформаторы»**

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

Практическое занятие № 1. Расчёт изменения вторичного напряжения трансформатора при различном характере нагрузки.

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

#### Вопросы к дискуссии

- 1) Закон электромагнитной индукции, открытый М. Фарадеем в 1831 г. – основа работы электрических машин и трансформаторов.
- 2) В каком году и кто изобрел индукционную катушку?  
(В 1836 году ирландский физик Николас Калан).
- 3) В каком году, в каком городе и где устанавливаются трансформаторы с разомкнутым сердечником? (В 1883 году на подстанциях Лондонского метрополитена).

- 4) 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).
- 5) В какой стране и кем был получен патент на параллельное включение первичных и вторичных обмоток трансформаторов? (Венгерский электромеханик Макс Дери).
- 6) Первый электродвигатель для работы от гальванических элементов, построенный в 1834 году членом Петербургской Академии наук Б.С. Якоби.
- 7) Первая установка однофазного тока для электроснабжения «свечей Яблочкова», осуществленная в 1878 г. П.Н. Яблочковым.
- 8) 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).
- 9) Разработка в 80-х годах XIX в. Николой Тесла двухфазных синхронного генератора и двухфазного асинхронного двигателя.
- 10) Разработка М.О. Доливо-Добровольским системы трёхфазного тока – эпоха в развитии всех областей электроэнергетики и, в частности, электромашиностроения.
- 11) Изобретение М.О. Доливо-Добровольским в 1889 г. трёхфазного асинхронного двигателя и трёхфазного трансформатора (Германия, фирма АЕГ).
- 12) 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.
- 13) Изобретение в 1901 г. электротехнической стали, содержащей кремний, – важное значение для электромашиностроения.
- 14) «Метод двух реакций» разработанный в 1895 г. французским электротехником А. Блонделем, для анализа явнополюсной синхронной машины.
- 15) Векторная диаграмма, предложенная в 1900 г. французским электротехником А. Потье, для анализа явнополюсной синхронной машины.
- 16) Гидрогенераторы и турбогенераторы, изготовленные на заводе «Электросила» (Санкт-Петербург) в 30-е годы XX в. – результат большой творческой работы российских конструкторов и научных работников.

5) Пример контрольных вопросов при защите лабораторной работы для текущего контроля знаний обучающихся:

**По разделу 1 «Трансформаторы»**

**Теме 2.** Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания.

Лабораторная работа № 1. Исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора.

Контрольные вопросы при защите лабораторной работы.

1. Объясните назначение, устройство и принцип действия трансформатора.

2. Что такое коэффициент трансформации?
3. Почему токи холостого хода (х.х) в обмотке трехстержневого трансформатора не одинаковы по фазам?
4. Чем обусловлена необходимость проведения опытов холостого хода (х.х) и короткого замыкания (к.з) при испытаниях силовых трансформаторов?
5. В чем смысл определения параметров и построения схемы замещения трансформатора?
6. Дать понятие напряжения короткого замыкания (к.з) трансформатора и пояснить его важность для целей практики.
7. Почему мощность, потребляемую из сети в режиме холостого хода (х.х), принимают за магнитные потери, а в режиме короткого замыкания (к.з) - 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 ( $\cos \varphi$ ). Сопоставить эти коэффициенты.
12. Какая обмотка трансформатора называется первичной?

б) Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся:

**По разделу 1 «Трансформаторы».**

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

Практическое занятие № 1. Расчёт изменения вторичного напряжения трансформатора при различном характере нагрузки.

**Задача 1.** Трехфазный трансформатор имеет следующие данные: номинальная мощность  $S_{\text{ном}} = 100$  кВА, номинальное напряжение на зажимах первичных обмоток  $U_{1\text{ном}} = 660$  В, номинальное напряжение на зажимах вторичных обмоток  $U_{2\text{ном}} = 230$  В, потери мощности в стали трансформатора  $P_{\text{ст}} = 500$  Вт, потери мощности в обмотках при номинальном токе в них  $P_{\text{об.ном}} = 1500$  Вт. Первичные и вторичные обмотки трансформатора соединены в звезду. От трансформатора потребляется активная мощность  $P_2 = 60$  кВт при коэффициенте мощности  $\cos \varphi_2 = 0,8$ . Определить:  $K$  – линейный коэффициент трансформации,  $I_{1\text{ном}}$  и  $I_{2\text{ном}}$  – номинальные токи в первичных и вторичных обмотках трансформатора,  $K_{\text{нг}}$  – коэффициент нагрузки,  $I_1$  и  $I_2$  – токи в первичных и вторичных обмотках трансформатора при фактической нагрузке,  $\Sigma P_{\text{ном}}$  – суммарные потери мощности при номинальной нагрузке трансформатора,  $\Sigma P$  – суммарные потери мощности при фактической нагрузке трансформатора,  $\eta_{\text{ном}}$  – коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке трансформатора,  $\eta$  – коэффициент полезного действия при фактической нагрузке трансформатора.

**Задача 2.** Мощность потребляемая однофазным понижающим трансформатором,  $S_1 = 500$  ВА. Напряжение сети  $U_c = 100$  В. Коэффициент трансформации  $k = 10$ . Определить ток нагрузки

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

### По разделу 1 «Трансформаторы»

#### Теме 4. Процессы в трансформаторе при нагрузке

Практическое занятие № 1. Расчет изменения вторичного напряжения трансформатора при различном характере нагрузки

Перечень вопросов для устного опроса.

1. Объясните устройство и принцип действия трансформатора.
2. Что такое коэффициент трансформации и как его определить опытным путем?
3. Почему токи  $x. x.$  в обмотках трехфазного трансформатора не одинаковы?
4. Почему с увеличением первичного напряжения при опыте  $x. x.$  уменьшается коэффициент мощности трансформатора?
5. Почему мощность  $x. x.$  принимают за магнитные потери, а мощность  $k. з.$  — за электрические потери?
6. Почему при опыте  $k. з.$  ток в первичной обмотке достигает номинального значения при напряжении в несколько раз меньшем номинального?
7. Почему с ростом напряжения короткого замыкания  $U_k$  график  $I_{1к} = f(U_k)$  прямолинеен, а график  $P_k = f(U_k)$  — криволинеен?
8. Сформулируйте условие максимума коэффициента полезного действия трансформатора.
9. Почему у силовых трансформаторов потери короткого замыкания при номинальном токе больше, чем потери холостого хода при номинальном напряжении? Такое соотношение задается стандартом.
10. Как влияет на форму внешней характеристики трансформатора характер нагрузки, подключенной к вторичной обмотке трансформатора?
11. Почему в силовом распределительном трансформаторе первичную и вторичную обмотки фазы располагают на стержне концентрически.

8) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (зачет с оценкой):

(5-й семестр)

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. Уравнения 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 соединений обмоток трансформаторов. Маркировка зажимов обмоток трансформатора согласно заданной схеме 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 (анализируются явления при стержневом и групповом магнитопроводе и схемах соединения обмоток У/У, Д/У, У/Д).
21. Несимметричный режим работы трехфазного трансформаторов: токи и магнитные потоки нулевой последовательности; схемы замещения трансформатора ( $U/U_n$ ,  $D/U_n$ ) для токов нулевой последовательности.
22. Несимметричный режим работы трехфазного трансформаторов: экспериментальное определение сопротивления нулевой последовательности, несимметричная нагрузка при наличии токов нулевой последовательности ( $D/U_n$ ,  $U/U_n$ ,  $U/Z_n$ ).
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. Трехобмоточные трансформаторы: распределительные и блочные.
27. Переходные режимы работы трансформаторов: внезапное короткое замыкание на зажимах вторичной обмотки, витковое короткое замыкание.
28. Переходные режимы работы трансформаторов: включение трансформатора на холостой ход.
29. Сварочный трансформатор для дуговой электросварки. Условное обозначение типа трансформатора.

30. Устройство асинхронной машины: активная часть, конструктивные элементы.
31. Условия создания кругового вращающегося поля. Формула для синхронной скорости.
32. Особенности работы асинхронной машины в режимах: двигателя, генератора, электромагнитного тормоза.
33. Понятие об образовании трехфазных пространственно-распределенных обмоток электрической машины переменного тока. Построение схемы развернутой петлевой обмотки.
34. Магнитодвижущая сила трехфазных пространственно-распределенных обмоток переменного тока: МДС катушки, МДС катушечной группы, МДС фазы, МДС трехфазной обмотки.
35. Асинхронная машина при неподвижном роторе: режим трансформатора, трехфазный индукционный регулятор, фазорегулятор, регулируемое индуктивное сопротивление.
36. Формулы для ЭДС, частоты ЭДС, тока и сопротивления обмотки вращающегося ротора.  
Эквивалентное замещение вращающегося ротора неподвижным ротором.
37. Т-образная и Г-образная схемы замещения асинхронного двигателя. Приведение обмотки ротора к числу витков обмотки статора.
38. Векторная диаграмма и энергетическая диаграмма асинхронного двигателя.
39. Электромагнитный момент асинхронного двигателя при холостом ходе и нагрузке. Зависимость электромагнитного момента от скольжения.
40. Зависимость электромагнитного момента от активного сопротивления цепи обмотки ротора.
41. Устойчивость работы асинхронного двигателя. Уравнение равновесия моментов при постоянной и переменной скорости вращения ротора.
42. Асинхронные паразитные электромагнитные моменты асинхронного двигателя, меры их устранения.
43. опыты холостого хода и короткого замыкания асинхронного двигателя. Сопоставление результатов этих опытов с данными опытов х.х. и к.з. трансформатора.
44. Опытное определение рабочих характеристик асинхронного двигателя.
45. Построение круговой диаграммы асинхронной машины по данным опытов х.х. и к.з. Определение рабочих характеристик асинхронного двигателя по круговой диаграмме.
46. Пуск в ход асинхронного двигателя с фазным ротором.
47. Пуск в ход асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором: прямой пуск, пуск при пониженном напряжении, подводимом к обмотке статора (понижение напряжения посредством реактора, автотрансформатора, переключения обмотки статора с треугольника на звезду на период пуска).
48. Пуск в ход асинхронного двигателя с обмоткой ротора специального исполнения: обмотка типа “беличья клетка” расположена в глубоких пазах; двойная “беличья клетка”.
49. Регулирование скорости вращения асинхронного двигателя: а) изменением частоты подводимого напряжения, б) переключением числа пар полюсов об-

мотки статора; в) изменением скольжения (посредством ввода активного сопротивления в цепь обмотки ротора, посредством изменения напряжения).

50. Однофазный асинхронный двигатель.

51. Асинхронный генератор, работающий на автономную нагрузку.

52. Характеристика серий асинхронных двигателей, выпускаемых отечественной промышленностью.

9) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен):  
(6-й семестр)

1. Назначение и устройство синхронных машин.

2. Принцип действия синхронного генератора (СГ).

3. Реакция якоря синхронного генератора.

4. Уравнение равновесия напряжений и векторная диаграмма напряжений (ЭДС) неявнополюсного СГ.

5. Уравнение равновесия напряжений и векторная диаграмма напряжений (ЭДС) явнополюсного СГ.

6. Физическая природа синхронных индуктивных сопротивлений обмотки якоря по оси  $d$  ( $X_d$ ) и по оси  $q$  ( $X_q$ ).

7. Векторная диаграмма напряжений (ЭДС) явнополюсного СГ при симметричном трехфазном коротком замыкании.

8. Характеристики синхронного генератора при работе на автономную нагрузку.

9. Определение параметров в. д. напряжений (ЭДС): индуктивные сопротивления обмотки якоря  $X_d$  и  $X_q$ .

10. Определение параметров векторной диаграммы напряжений (ЭДС): индуктивное сопротивление обмотки якоря  $X_{\sigma a}$ . Реактивный треугольник.

11. Отношение короткого замыкания (О.К.З.) синхронного генератора.

12. Условия включения синхронного генератора на параллельную работу с сетью бесконечно большой мощности (Б.Б.М.).

13. Синхронизация и включение синхронного генератора на параллельную работу с сетью бесконечно большой мощности (Б.Б.М.).

14. Особенности параллельной работы синхронного генератора с сетью бесконечно большой мощности.

15. Режим работы неявнополюсного СГ параллельно с сетью Б.Б.М., соответствующий угловой характеристике активной мощности. Физическая природа пространственного угла  $\theta_{пр}$  и временного угла  $\theta_{вр}$ .

16. Режим работы явнополюсного СГ параллельно с сетью Б.Б.М., соответствующий угловой характеристике активной мощности. Физическая природа пространственного угла  $\theta_{пр}$  и временного угла  $\theta_{вр}$ .

17. Статическая устойчивость синхронного генератора.

18. Режим работы явнополюсного СГ параллельно с сетью Б.Б.М., соответствующий V-образной характеристике.

19. Параллельная работа двух соизмеримых по мощности СГ, подключенных к автономной нагрузке.

20. Принцип действия синхронного двигателя. Преимущества и недостатки СД по сравнению с АД.

21. Уравнение равновесия напряжений и векторная диаграмма напряжений (ЭДС) синхронного двигателя.
22. Режим работы СД параллельно с сетью Б.Б.М., соответствующий угловой характеристике активной мощности. Физическая природа пространственного угла  $\theta_{пр}$  и временного угла  $\theta_{вр}$ .
23. Режим работы синхронного двигателя параллельно с сетью бесконечно большой мощности, соответствующий V-образной характеристике.
24. Рабочие характеристики синхронного двигателя.
25. Способы пуска в ход синхронного двигателя.
26. Одноосный момент при асинхронном способе пуска синхронного двигателя / явление Гёргеса (Girges).
27. Синхронный компенсатор: устройство, назначение и принцип действия.
28. Внезапное симметричное трехфазное к.з. обмотки якоря СГ: индуктивные сопротивления обмотки якоря периодической составляющей тока якоря.
29. Внезапное симметричное трехфазное к.з. обмотки якоря СГ: индуктивные сопротивления обмотки якоря аperiodической составляющей тока якоря.
30. Внезапное несимметричное к.з. обмотки якоря СГ. Ударный ток короткого замыкания.
30. Колебания и динамическая устойчивость синхронной машины (*факультативно*).
31. Устройство и области применения машин постоянного тока.
32. Принцип действия простейшего генератора постоянного тока.
33. Радиальная схема простой петлевой обмотки якоря машины постоянного тока.
34. Электрическая схема простой петлевой обмотки якоря машины постоянного тока.
35. Коммутация в машинах постоянного тока: основные понятия.
36. Реакция якоря в генераторе постоянного тока (ГПТ).
37. Классификация генераторов постоянного тока по способу возбуждения.
38. Принцип действия ГПТ. Формула для ЭДС обмотки якоря. Уравнение равновесия напряжений.
39. Энергетическая диаграмма ГПТ. Формула для электромагнитного момента. Уравнение равновесия моментов.
40. Характеристики генератора постоянного тока независимого возбуждения.
41. Условия самовозбуждения генератора постоянного тока параллельного возбуждения.
42. Характеристики генератора постоянного тока параллельного возбуждения.
43. Характеристики генератора постоянного тока последовательного возбуждения.
44. Характеристики генератора постоянного тока смешанного возбуждения.
45. Параллельная работа генераторов постоянного тока параллельного возбуждения.
46. Классификация двигателей постоянного тока по способу возбуждения.
47. Реакция якоря в двигателе постоянного тока (ДПТ).
48. Принцип действия ДПТ. Формула для ЭДС обмотки якоря, противоЭДС. Уравнение равновесия напряжений.



49. Энергетическая диаграмма ДПТ. Формула для электромагнитного момента. Уравнение равновесия моментов.
50. Прямой и реостатный способы пуска двигателей постоянного тока.
51. Рабочие характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.
52. Рабочие характеристики двигателя постоянного тока последовательного и смешанного возбуждения.
53. Назначение и устройство исполнительного двигателя постоянного тока. Механическая и регулировочная характеристики при якорном управлении.
54. Назначение и устройство исполнительного двигателя постоянного тока. Механическая и регулировочная характеристики при полюсном управлении.
55. Назначение и устройство исполнительного двигателя переменного тока. Механическая и регулировочная характеристики при амплитудном управлении.
56. Тахогенератор постоянного тока: устройство, назначение, выходная характеристика.
57. Асинхронный тахогенератор: устройство, назначение, выходная характеристика.
58. Синхронный тахогенератор: устройство, назначение, выходная характеристика.
59. Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в индикаторном режиме.
60. Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в трансформаторном режиме.

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

### 5 семестр (зачет с оценкой)

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 8 (зачет с оценкой) и таблице 9 (экзамен).

Таблица 8

#### **Критерии оценивания результатов обучения (зачета с оценкой)**

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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>

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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	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>

6 семестр (экзамен)

Таблица 9

**Критерии оценивания результатов обучения (экзамена)**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>
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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
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. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	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, Е.И. 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: Мегapolis, 2017. — 305 с. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/full/2895.pdf>

2. Забудский, Е. И. 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: Мегapolis, 2021. — 542 с.: цв.ил., рис., табл. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/full/f20210623-1.pdf>

3. Забудский, Е. И. 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 агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. — 2-е издание, переработанное и дополненное. — Электрон. текстовые дан. — Москва: Мегapolis, 2019. — 295 с. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — 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: Мегapolis, 2020. — 294 с.: цв.ил., граф., табл. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/full/f20210623.pdf>

### 7.2 Дополнительная литература

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. Забудский, Е.И. Электрические машины [Текст]: учебное пособие для вузов. Ч.3. Синхронные машины / Е.И. Забудский. – 2-е изд., перераб. и доп., в четырех частях. – Москва: Мегapolis, 2019. – 295 с.

3. 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.

4. 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).

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. Корявых, В.С., Чистова, Я.С. Электрические машины малой мощности [Текст]: методические указания / В.С. Корявых, Я.С. Чистова. – М.: РГАУ-МСХА, 2017. – 40 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 вращающиеся. Термины и определения [Текст]: – М.: Издательство стандартов, 2006. – 320 с. ([Ссылка на WEB ресурс](#))
3. ГОСТ 16110-82. Трансформаторы силовые. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 2008. – 214 с. ([Ссылка на WEB ресурс](#))
4. ГОСТ 11677 – 85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2007. – 206 с. ([Ссылка на WEB ресурс](#))

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

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 (методические указания по выполнению лабораторных работ размещены в Интернете на

web-сайтах, профессора Е.И. Забудского. URL – адреса: <http://zei/narod/ru>, <http://zabudsky/ru> (открытый доступ)).

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

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

- Программы: Microsoft Word, Microsoft Excel, Power Point, AutoCAD, Mathcad 17.1., Elcats, Интернет, электронные ресурсы технических библиотек.
- a) Каталоги электрических машин и трансформаторов, изготавливаемых заводами России, etc. (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);
  - b) Информационные центры России, обрабатывающие и распространяющие научно-техническую информацию <http://www.feip.ru/> (открытый доступ);
  - c) Всероссийский институт научной и технической информации РАН (ВИНИТИ РАН) <http://www.viniti.ru/> (открытый доступ);
  - d) Всероссийский научно-технический информационный центр (ВНТИЦ) <http://www.vntic.org.ru> (открытый доступ);
  - e) Защита интеллектуальной собственности (Роспатент) <https://rupto.ru/ru> (открытый доступ);
  - f) Российский научно-технический центр по стандартизации (Стандартин форм) <http://www.gostinfo.ru/> (открытый доступ).

### **Компьютерные программы и электронные ресурсы в сети Интернет**

На сайте (<http://zabudsky.ru> (открытый доступ)) представлены также следующие материалы профессора, д.т.н., Забудского Е.И.:

- 1) Мультимедиа-иллюстрация условий создания вращающегося магнитного поля трехфазной распределенной обмоткой. М.: МГАУ, 2005 – 365.13 КБ (среда разработки: Macromedia Flash; AutoCAD).  
Видео Electric motor assembly (ENGLISH);  
Видео Сборка асинхронного двигателя (RUSSIAN);  
Видео Montaje motor electrico (SPANISH).
- 2) Мультимедиа-иллюстрация. Радиальная и электрическая схемы обмотки якоря машины постоянного тока: Укладка обмотки в пазы сердечника якоря. Выпрямление коллектором переменной э.д.с. обмотки якоря. М.: МГАУ, 2005 – 1.18 МБ (среда разработки: Macromedia Flash; AutoCAD).
- 3) Конструкция и технология сборки электрических машин. Звуковой видеofilm. В 5-ти частях. – М.: МГАУ, – 2004 (разработано в Power Point).

- Ч.1. Трансформаторы: 58 слайдов;  
 Ч.2. Асинхронные машины: 74 слайда;  
 Ч.3. Синхронные машины: 126 слайдов;  
 Ч.4. Машины постоянного тока: 46 слайдов;  
 Ч.5. Общие виды тепло- и гидроэлектростанций: 46 слайдов.
- 4) Шаговый двигатель. Устройство, принцип действия, назначение. Мультимедиа-Учебное пособие. Вторая редакция. – М.: МГАУ, 2012. – 11 МБ (среда разработки: Macromedia Flash; AutoCAD).
- 5) Мультимедиа-лекция по теме «Реакция якоря синхронной машины». В четырех частях (среда разработки: Macromedia Flash, AutoCAD):  
 1-я часть. Основные положения теории реакции якоря.  
 2-я часть. Устройство активной части СМ и основы теории реакции якоря.  
 3-я часть. Построение векторных диаграмм, иллюстрирующих теорию реакции якоря. 4-я часть.
- 6) Забудский Е. И. Электрические машины (Учебно-методический комплекс). Москва: МГАУ. 2016.  
 (УМК размещен в Интернете – <http://zabudsky.ru> (открытый доступ)).
- 7) Забудский Е.И. Паскаль–программа «Расчет рабочих характеристик асинхронного двигателя». – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2000.
- 8) Забудский Е.И. Компьютерный фильм «Геометрическая интерпретация результатов расчета магнитного поля в устройствах электромеханики»: Пакет компьютерных программ / Зарегистрирован в Отраслевом фонде алгоритмов и программ НИИВО Минобразования РФ. Регистр. № 94696, 16.02.94. Сертификат № 3/93 от 10.09.93 г.
- 9) Забудский Е.И. Паскаль-программа «Расчет характеристик холостого хода трансформатора». – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2000.
- 10) Забудский Е.И. Паскаль-программа «Расчет характеристик холостого хода асинхронного двигателя и разделение потерь». – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2000.
- 11) Забудский Е.И. Паскаль-программа «Расчет в системе относительных единиц экспериментальной функциональной зависимости вида  $Y = f(X)$ ». – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2000.
- 12) Забудский Е.И. Паскаль-программа «Расчет рабочих характеристик двигателя постоянного тока параллельного возбуждения». – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2001.

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 10

### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Раздел 1.	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2016

	Трансформаторы.	Microsoft Excel AutoCad Power Point	Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft Autodesk Microsoft	2016 2020 2016
2.	Раздел 2. Асинхронные машины.	Microsoft Word Microsoft Excel Mathcad AutoCad Power Point	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft Microsoft <u>Mathsoft</u> Autodesk Microsoft	2016 2016 2019 2016
3.	Раздел 3. Синхронные машины.	Microsoft Word Microsoft Excel Mathcad AutoCad Power Point	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft Microsoft <u>Mathsoft</u> Autodesk Microsoft	2016 2016 2019 2016
4.	Раздел 4. Машины постоянного тока.	Microsoft Word Microsoft Excel Mathcad AutoCad Power Point	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft Microsoft <u>Mathsoft</u> Autodesk Microsoft	2016 2016 2019 2016

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

Таблица 11

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

<b>Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>
<b>1</b>	<b>2</b>
Корпус № 24, аудитория № 206	Компьютерный класс тип 1: компьютеров – 10 шт., интерактивная доска – 1 шт., проектор Acer H 6517ST – 1 шт., инв. № 210124558132028

Корпус № 24, аудитория № 204	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проектор «Beng» W 1070 – 1 шт., инв. № 410138000002632.</li> <li>2. Проекционный экран с электроприводом Digis Electra 240 x 240 NW (DSEM – 1106) – 1шт., инв. № 410138000002638.</li> </ol>
Корпус № 24, аудитория № М-1.	<p>Лаборатория «Трансформаторов», лабораторные стенды:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора – 1 шт. № 64536.</li> <li>2. Исследование параллельной работы трехфазных трансформаторов – 2 шт. № 64537.</li> <li>3. Исследование несимметричных нагрузок трехфазного трехстержневого двухобмоточного трансформатора – 1 шт. № 64538.</li> </ol>
Корпус № 24, аудитория № М-3.	<p>Лаборатория «Асинхронных машин», лабораторные стенды:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. «Трехфазный асинхронный двигатель с фазным ротором» и «Испытание асинхронного двигателя с повышенным пусковым моментом» – 1 шт. (один стенд) инв. № 410136000005378;</li> <li>2. Исследование трехфазного асинхронного двигателя в однофазном режиме и в режиме генератора – 1 шт. (один стенд) № 64544.</li> </ol>
Корпус № 24, аудитория № М-2.	<p>Лаборатория «Синхронных машин», лабораторные стенды:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. «Трехфазная асинхронная машина с неподвижным ротором» и «Параллельная работа синхронного генератора сетью бесконечно большой мощности» – 1 шт. (один стенд) инв. № 410136000005379.</li> <li>2. Испытание синхронного двигателя с явновыраженными полюсами, опытное определение параметров синхронного генератора» – 1 шт. № 64539.</li> <li>3. Испытание трехфазного синхронного генератора, работающего на автономную сеть - 1 шт. № 64540.</li> </ol>
Корпус № 24, аудитория № М-2.	<p>Лаборатория «Машины постоянного тока», лабораторные стенды:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследование генератора постоянного тока при различных способах возбуждения – 1 шт. № 64541.</li> <li>2. Исследование двигателя постоянного тока с параллельным и последовательным возбуждением – 1 шт. № 64542.</li> <li>3. Испытание электромашинного усилителя (ЭМУ) и сельсина – 1 шт. № 64543.</li> </ol>
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.	



Четыре лаборатории для проведения лабораторных работ, практических занятий и выполнения НИР. Фотографии и их описание размещены на сайте, URL-адрес-<http://zabudsky.ru>: (открытый доступ).

## 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, направленности Электрооборудование и электротехнологии; 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, 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 всего электрооборудования, имеющегося на предприятии.

5. Регулярно посещать тематические выставки, например, «Агропродмаш», «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.

**Курсовую работу и 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 методами и программами расчета.

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 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 вы-

полнения 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.

В Интернете расположен учебно-методический комплекс по дисциплине «Электрические машины»: URL-адрес web-сайта <http://zabudsky.ru>: (открытый доступ).

**Программу разработал:**

Большин Р.Г., к.т.н.



(подпись)