



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 электропривода и электротехнологий

УТВЕРЖДАЮ:  
И.о. директора института механики  
и энергетики имени В.П. Горячкина

  
Ю.В. Катаев

“ 22 ” сентября 2019 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.06 «Электрические машины»

для подготовки бакалавров:  
(академический бакалавриат)

ФГОС ВО

Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность Электроснабжение

Курс 3

Семестры 5, 6

Форма обучения: очно-заочная.

Год начала подготовки: 2018 г.

Регистрационный номер \_\_\_\_\_

Москва, 2019

Разработчик: Корявых В.С., старший преподаватель  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

«15» января 2019 г.

Рецензент: Стушкина Н.А., зав.кафедрой, к. т. н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

«15» января 2019 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры электропривода и электротехнологий протокол № 04 «15» января 2019 г.

Заведующий кафедрой Кабдин Н.Е., к. т. н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина Парлюк Е.П., к.э.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

Протокол № 09 «21» января 2019 г.

Заведующий выпускающей кафедрой электроснабжения, электротехники имени академика И.А. Будзко Стушкина Н.А., к. т. н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

«15» января 2019 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

  
(подпись)

Л.Л. Иванова

**Бумажный экземпляр РПД, копии электронных вариантов РПД и оценочных средств получены:**

Методический отдел УМУ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

## СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	4
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....	6
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	7
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ ...Ошибка! Закладка не определена. по семестрам.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.2 Содержание дисциплины.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.3 Лекции/лабораторные работы/практические занятия.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.4 Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины .....	17
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	18
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	20
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности.....	20
6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания .....	30
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	32
7.1 Основная литература .....	32
7.2 Дополнительная литература.....	32
7.3 Нормативные правовые акты .....	33
7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям.....	33
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	33
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ ..... СИСТЕМ.....	35
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	36
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	37
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	38
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ..... ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	38

## **Аннотация**

рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.06 «Электрические машины» для подготовки бакалавра по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника», направленность Электроснабжение

**Цель освоения дисциплины:** освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области использования электрических машин в технологических процессах сельскохозяйственного производства для их электрификации и автоматизации и способности:

– применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, технического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;

– обрабатывать результаты методов сбора и экспериментальных данных по электрооборудованию;

– использовать технические средства для измерения электрического тока, напряжения, мощности и других электрических величин.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в обязательный перечень дисциплин учебного плана вариативной части.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции: ОПК-2, ПК-2, ПК-8.

### **Краткое содержание дисциплины:**

#### **Трансформаторы.**

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

#### **Асинхронные машины.**

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

клетка». Пуск двигателей с обмоткой ротора специального исполнения. Однофазный асинхронный двигатель. Конденсаторный двигатель.

### **Синхронные машины.**

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

### **Машины постоянного тока**

Особенности устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока. Краткая историческая справка. Устройство и принцип действия машины постоянного тока. Характеристики генераторов постоянного тока. Схемы возбуждения, потери мощности и энергетическая диаграмма. ЭДС обмотки якоря. Уравнения равновесия напряжений. Характеристики генераторов при различном включении обмоток возбуждения. Параллельная работа генераторов. Характеристики двигателей постоянного тока. Уравнение равновесия напряжений. Характеристики двигателей при различном включении обмоток возбуждения. Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Способы пуска двигателей. Способы регулирования скорости. Специальные машины постоянного тока. Электромагнитный усилитель. Универсальный коллекторный двигатель. Исполнительный двигатель, тахогенераторы: тахогенератор постоянного тока, синхронный тахогенератор, асинхронный тахогенератор. Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в индикаторном режиме. Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в трансформаторном режиме.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 7 зач. единиц (252 часа).

**Промежуточный контроль:** 3 курс, 5 семестр: зачет с оценкой;

3 курс, 6 семестр: защита курсовой работы, экзамен.

## **1. Цель освоения дисциплины**

**Целью освоения дисциплины «Электрические машины»** является освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области использования электрических машин в технологических процессах сельскохозяйственного производства для их электрификации и автоматизации и способности:

– применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, технического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;

- обрабатывать результаты методов сбора и экспериментальных данных по электрооборудованию;
- использовать технические средства для измерения электрического тока, напряжения, мощности и других электрических величин.

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 по электрообеспечению технологических процессов в сельском хозяйстве.
- владеть навыками элементарных расчетов и испытаний электрических машин.

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

Дисциплина «Электрические машины» включена в обязательный перечень дисциплин учебного плана вариативной части.

Дисциплина «Электрические машины» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение (академический бакалавриат).

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

Дисциплина «Электрические машины» является основополагающей для изучения следующих дисциплин, практик: «Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (эксплуатационная) (3 курс, 6 семестр), эксплуатация систем электроснабжения (4курс, 7 семестр), электроснабжение (4 курс, 7 и 8 семестры), электротехнология (4 курс, 8 семестр), электропривод (5 курс, 9 семестр), управление электроприводами (5 курс, 9 семестр), надежность систем электроснабжения (5 курс, 9 семестр).

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

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

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

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

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-2	способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, технического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.	основные положения, методы и законы естественно-научных дисциплин (математики, физики, химии и других смежных дисциплин).	применять основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности.	методами математического анализа и моделирования; навыками саморазвития и методами повышения квалификации.
2.	ПК-2	способностью обрабатывать результаты экспериментов	цели и принципы их достижения обработки результатов эксперимента в процессе электроснабжения предприятий и организаций	предлагать решения по созданию электротехнологий и приложения к ним знаний по электрическим машинам	методами сбора и обработки экспериментальных данных по электрооборудованию
3.	ПК-8	способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса	принципы измерения электрического тока, напряжения, мощности и других электрических величин. Методы расчета электрических и магнитных цепей, тепло-массопереноса, теплового баланса. Влияние условий окружающей среды на номинальные данные электрических машин и аппаратов. Методы расчета электрических машин и аппаратов.	выбирать оборудование для измерения электрических и механических величин. Определять погрешность измерения параметров. Читать и проектировать схемы контроля измеряемых параметров. Рассчитывать пределы изменения контролируемых параметров в аварийных режимах.	цифровыми и аналоговыми методами расчета и моделирования квазистационарных и переходных процессов в электрических машинах и аппаратах. Методиками испытания электрических машин и аппаратов в соответствии с ПУЭ и ПТБ.



#### 4. Структура и содержание дисциплины

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач.ед. (252 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</b> дисциплины по учебному плану	<b>252</b>	<b>108</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>54,75</b>	<b>18,35</b>	<b>36,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>54,75</b>	<b>18,35</b>	<b>36,4</b>
<i>в том числе:</i>			
<i>лекции (Л)</i>	18	8	10
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	10	–	10
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	22	10	12
<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>197,25</b>	<b>89,65</b>	<b>107,6</b>
<i>расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)</i>	20	20	-
<i>курсовая работа (КР) (подготовка)</i>	36	-	36
<i>самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)</i>	107,65	60,65	47
<i>Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)</i>	<b>9</b>	<b>9</b>	–
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	<b>24,6</b>	–	<b>24,6</b>
Вид промежуточного контроля:	защита КР, зачет с оценкой, экзамен	зачет с оценкой	защита КР, экзамен

##### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

##### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
<b>5 семестр</b>						
Раздел 1 «Трансформаторы»	48	4		6		38
Раздел 2 «Асинхронные машины»	50,65	4		4		42,65
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35				0,35	
Подготовка к зачету с оценкой (контроль)	9					9

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
<b>Всего за 5 семестр</b>	108	8		10	0,35	89,65
<b>6 семестр</b>						
Раздел 3 «Синхронные машины»	59	5	6	6		42
Раздел 4 «Машины постоянного тока»	56	5	4	6		41
<i>курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	2				2	
<i>консультации перед экзаменом</i>	2				2	
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4				0,4	
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	24,6					24,6
<b>Всего за 6 семестр</b>	144	10	10	12	4,4	107,6
<b>Итого по дисциплине</b>	252	18	10	22	4,75	197,25

## 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 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.

### **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.

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

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

**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
1.	<b>Раздел 1 «Трансформаторы»</b>				<b>10</b>
	<b>Тема 2.</b> Устройство силовых трансформаторов, области применения <b>Тема 3.</b> Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания	Лекция № 1. Устройство силовых трансформаторов, области применения. Процессы в трансформаторе в режиме холостого хода. Процессы в трансформаторе в режиме короткого замыкания	ОПК-2 ПК-2 ПК-8		2
	<b>Тема 3.</b> Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания	Лабораторная работа № 1. Трехфазный двухобмоточный трансформатор.	ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2
	<b>Тема 4.</b> Процессы в трансформаторе при нагрузке	Лекция № 2. Процессы в трансформаторе при нагрузке. Работа транс-	ОПК-2 ПК-2 ПК-8		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	ке <b>Тема 5.</b> Переходные процессы в трансформаторах	форматора при несимметрии напряжения. Переходные процессы в трансформаторах.			
	<b>Тема 4.</b> Процессы в трансформаторе при нагрузке	Лабораторная работа № 2.. Параллельная работа трехфазных трансформаторов.	ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2
		Лабораторная работа № 3. Несимметричная нагрузка трехфазных трансформаторов.	ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2
2.	<b>Раздел 2 «Асинхронные машины»</b>				<b>8</b>
	<b>Тема 2.</b> Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения	Лекция № 3. Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения. Устройство, назначение асинхронных машин их использование. Т- и Г-образные схемы замещения асинхронной машины	ОПК-2 ПК-2 ПК-8		2
	<b>Тема 1.</b> Общие вопросы теории электрических машин переменного тока	Лабораторная работа № 4. Трехфазная асинхронная машина с неподвижным ротором.	ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2
	<b>Тема 3.</b> Механическая характеристика асинхронного двигателя <b>Тема 4.</b> Пуск и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей	Лекция № 4. Механическая характеристика асинхронного двигателя. Кратности моментов и токов асинхронного двигателя. Устойчивость работы система «Асинхронный двигатель – Рабочий механизм». Пуск асинхронного двигателя с фазным ротором. Пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.	ОПК-2 ПК-2 ПК-8		2
	<b>Тема 3.</b> Механическая характеристика асинхронного двига-	Лабораторная работа № 5. Трехфазный асинхронный двигатель с обмоткой ротора типа	ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	теля	«беличья клетка».			
<b>6 семестр</b>					
3.	<b>Раздел 3 «Синхронные машины»</b>				<b>17</b>
	<b>Тема 1.</b> Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин <b>Тема 2.</b> Магнитное поле, параметры и характеристики синхронной машины	Лекции № 5, № 6. Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин. Магнитное поле, параметры и характеристики синхронной машины	ОПК-2, ПК-2, ПК-8		3
	<b>Тема 2.</b> Магнитное поле, параметры и характеристики синхронной машины	Лабораторная работа № 6. Испытание трехфазного синхронного генератора, работающего на автономную сеть.	ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2
		Лабораторная работа № 7. Опытное определение параметров синхронного генератора.	ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2
		Практическое занятие № 1. Построение векторной диаграммы синхронного генератора с неявновыраженными полюсами при различных видах нагрузки.	ОПК-2 ПК-8	Устный опрос Решение задач	2
	<b>Тема 3.</b> Параллельная работа синхронных машин	Лекция № 6. Параллельная работа синхронных машин	ПК-2 ПК-8		1
		Лабораторная работа № 8. Параллельная работа синхронного генератора с сетью бесконечно большой мощности.	ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2
		Практическое занятие № 2. Расчет параметров и характеристик синхронного генератора.	ОПК-2 ПК-8	Устный опрос Решение задач	2
	<b>Тема 4.</b> Синхронные двигатели и компенсаторы	Лекция № 7. Синхронные двигатели и компенсаторы.	ОПК-2 ПК-8		1
		Практическое занятие № 3. Расчет V-образных характеристик синхронного двигателя.	ОПК-2 ПК-8	Устный опрос Тестирование	1

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных работ/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Практическое занятие № 3. Расчет рабочих характеристик синхронного двигателя.	ОПК-2 ПК-8	Устный опрос Решение задач	1
4.	<b>Раздел 4 «Машины постоянного тока»</b>				<b>15</b>
	<b>Тема 1.</b> Особенности устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока	Лекция № 7 . Особенности устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока	ОПК-2 ПК-8		1
	<b>Тема 2.</b> Характеристики генераторов постоянного тока	Лекция № 8. Характеристики генераторов постоянного тока.	ОПК-2 ПК-2		2
		Практическое занятие № 4. Расчет внешних характеристик генератора постоянного тока	ОПК-2 ПК-8	Устный опрос Решение задач	1
		Лабораторная работа № 9. Исследование генератора постоянного тока при различных способах возбуждения	ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2
		Практическое занятие № 4. Расчет регулировочных характеристик генератора постоянного тока	ОПК-2 ПК-8	Устный опрос Тестирование	1
	<b>Тема 3.</b> Характеристики двигателей постоянного тока	Лекция № 9 . Характеристики двигателей постоянного тока	ОПК-2 ПК-2		1
		Лабораторная работа № 10. Исследование двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением.	ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2
		Практическое занятие № 5. Расчет характеристик двигателя постоянного тока.	ОПК-2 ПК-8	Устный опрос Тестирование Решение задач	2
	<b>Тема 4.</b> Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока	Лекция № 9. Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока	ОПК-2 ПК-2 ПК-8		1
		Лабораторная работа № 11. Исследование двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением.	ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2



#### 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 1.</b> Роль электрических машин в современной технике	Роль электрических машин в современной технике. Вклад отечественных и зарубежных ученых в развитие электротехники и электромеханики (ОПК-2, ПК-8).
2.	<b>Тема 2.</b> Устройство силовых трансформаторов, области применения	Устройство силовых трансформаторов, области применения (ОПК-2, ПК-2, ПК-8).
3.	<b>Тема 3.</b> Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания	Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания (ОПК-2, ПК-2, ПК-8).
4.	<b>Тема 4.</b> Процессы в трансформаторе при нагрузке	Условия включения трансформаторов на параллельную работу и их анализ (ОПК-2, ПК-2, ПК-8).
5.	<b>Тема 5.</b> Переходные процессы в трансформаторах	Переходные процессы в трансформаторах (ОПК-2, ПК-8).
6.	<b>Тема 6.</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-2, ПК-2, ПК-8).
<b>Раздел 2. «Асинхронные машины»</b>		
7.	<b>Тема 1.</b> Общие вопросы теории электрических машин переменного тока	Общие вопросы теории электрических машин переменного тока (ПК-2, ПК-8).
8.	<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-2, ПК-2, ПК-8).
9.	<b>Тема 3.</b> Механическая характеристика асинхронного двигателя	Механическая характеристика асинхронного двигателя (ОПК-2, ПК-2, ПК-8).
10.	<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-2, ПК-2, ПК-8).
11.	<b>Тема 5.</b> Однофазный асинхронный двигатель	Способы создания пускового момента. Конденсаторный двигатель. Трехфазный двигатель при однофазном включении с конденсатором (ОПК-2, ПК-2, ПК-8).

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 3. «Синхронные машины»</b>		
12.	<b>Тема 1.</b> Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин	Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин (ОПК-2, ПК-8).
13.	<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-2, ПК-2, ПК-8).
14.	<b>Тема 3.</b> Параллельная работа синхронных машин	Регулирование активной и реактивной мощностей. Параллельная работа генераторов соизмеримой мощности (ПК-2, ПК-8).
15.	<b>Тема 4.</b> Синхронные двигатели и компенсаторы	Синхронные двигатели и компенсаторы (ОПК-2, ПК-8).
16.	<b>Тема 5.</b> Специальные синхронные машины	Индукторный синхронный генератор, генераторы для ветроустановок и для малых ГЭС, синхронные микродвигатели (устройство, принцип действия, области применения) (ОПК-2, ПК-8).
<b>Раздел 4. «Машины постоянного тока»</b>		
17.	<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-2, ПК-8).
18.	<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-2, ПК-2).
19.	<b>Тема 3.</b> Характеристики двигателей постоянного тока	Характеристики двигателей постоянного тока. Расчет характеристик двигателей постоянного тока (ОПК-2, ПК-2)
20.	<b>Тема 4.</b> Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока	Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока (ОПК-2, ПК-2, ПК-8).
21.	<b>Тема 5.</b> Специальные машины постоянного тока	Универсальный коллекторный двигатель, исполнительный двигатель, тахогенератор (устройство, принцип действия, области применения) (ОПК-2, ПК-8).

## 5. Образовательные технологии

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1	Устройство силовых	Л Информационно-коммуникационная технология

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
	трансформаторов, области применения. Процессы в трансформаторе в режиме холостого хода. Процессы в трансформаторе в режиме короткого замыкания		(мультимедиа-лекция)
2	Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения. Устройство, назначение асинхронных машин их использование. Т- и Г-образные схемы замещения асинхронной машины	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
3.	Механическая характеристика асинхронного двигателя. Кратности моментов и токов асинхронного двигателя. Устойчивость работы система «Асинхронный двигатель – Рабочий механизм». Пуск асинхронного двигателя с фазным ротором. Пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.	Л	Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-лекция)
4.	Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин. Магнитное поле, параметры и характеристики синхронной машины	Л	Технология проблемного обучения (лекция-визуализация)
5.	Расчет параметров и характеристик синхронного двигателя	ПЗ	Технология контекстного обучения. (решение задач)
6.	Расчет внешних характеристик генератора постоянного тока	ПЗ	Технология контекстного обучения. (решение задач)
7.	Параллельная работа трехфазных трансформаторов.	ЛР	Технология проблемного обучения.
8.	Трехфазная асинхронная машина с неподвижным ротором.	ЛР	Технология проблемного обучения.
9.	Параллельная работа синхронного генератора с сетью бесконечно большой мощности.	ЛР	Технология проблемного обучения.

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

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

- текущий,
- промежуточный.

**Текущий контроль** знаний предполагает посещение лекций, вопросы к устному опросу студентов на практических занятиях, контрольные вопросы для защиты лабораторных работ, выполнение тестовых заданий, решение типовых задач, выполнение и защиту расчетно-графической работы.

### **5 семестр**

**Промежуточный контроль знаний:** зачет с оценкой.

### **6 семестр**

**Промежуточный контроль знаний:** защита курсовой работы, 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 расчетно-графической работы.

Задачей расчетно-графической работы является закрепление теоретических знаний по курсу, развитие навыков самостоятельной работы.

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

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

В конце расчетно-графической работы необходимо дать перечень использованной литературы.

Примерная тема расчетно-графической работы:

«Расчет основных размеров трехфазных трансформаторов».

Расчетно-графическая работа по дисциплине выполняется согласно номеру варианта индивидуального задания выданного преподавателем.

2) При изучении дисциплины «Электрические машины» в 6 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 к.з. ротором».

Критерии оценки курсовой работы представлены в таблице 7.

Таблица 7

### Критерии оценки курсовой работы

Оценка	Критерии оценивания
«отлично»	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.
«хорошо»	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 достаточных практических навыков. Чертежи выполнены в соответствии с ГОСТами. При защите курсовой работы студент владеет материалом, но отвечает не на все поставленные вопросы.
«удовлетворительно»	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.

3) Пример тестового задания для текущего контроля знаний обучающихся:

### **По разделу 3 «Синхронные машины»**

#### **Теме 4. Синхронные двигатели и компенсаторы**

Практическое занятие № 3. Расчет  $V$  – образных характеристик синхронного двигателя.

#### **Тест 1**

1. Чем синхронный двигатель отличается от асинхронного двигателя?
  - а) частоты вращения ротора и магнитного поля не совпадают;
  - б) частота вращения ротора равна частоте вращения магнитного поля;
  - в) частота вращения ротора выше частоты вращения магнитного поля;
  - г) частота вращения ротора ниже частоты вращения магнитного поля.
2. С какой целью ротор синхронного двигателя снабжают дополнительной обмоткой, аналогичной обмотке ротора асинхронного двигателя?
  - а) для создания начального вращающего момента;
  - б) для увеличения номинальной частоты вращения;
  - в) для быстрого торможения;
  - г) для уменьшения пусковых токов.
3. Что мешает ротору синхронного двигателя сразу же после подачи питания на обмотку статора придать во вращение?
  - а) кольца со щетками;
  - б) высокая частота изменения момента на валу и значительный момент инерции ротора;
  - в) высокий пусковой момент;
  - г) низкое напряжение на обмотке ротора.
4. Что положено в основу работы синхронного двигателя?
  - а) взаимодействие вращающегося магнитного поля, создаваемого обмотками статора, с вращающимся магнитным полем, создаваемым обмотками ротора;
  - б) синхронная работа;
  - в) преобразование электрической энергии в тепловую;
  - г) взаимодействие вращающегося магнитного поля, создаваемого обмотками статора, с постоянным магнитным полем, создаваемым обмотками ротора.
5. Можно ли статор асинхронной машины использовать в качестве статора синхронной машины?
  - а) можно при определенной доработке;
  - б) нельзя ни при каких условиях;
  - в) можно без всяких доработок;

- г) можно только при работе в режиме генератора.
- 6. Какая составная часть синхронной машины отсутствует у асинхронной машины с короткозамкнутым ротором?
  - а) статор;
  - б) ротор;
  - в) коллектор;
  - г) кольца со щетками.
- 7. Укажите назначение обмотки ротора синхронной машины.
  - а) создание постоянного магнитного поля;
  - б) создание переменного магнитного поля;
  - в) создание вращающегося магнитного поля;
  - г) создание электрического поля.
- 8. Почему именно синхронные машины применяются в лентопротяжных механизмах?
  - а) они просты в обслуживании;
  - б) они обеспечивают неизменную частоту вращения;
  - в) они надежны;
  - г) они имеют небольшой вес.

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

### **По разделу 1 «Трансформаторы»**

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

Лабораторная работа № 1. Трехфазный двухобмоточный трансформатор.

Контрольные вопросы при защите лабораторной работы.

- 1) Объясните назначение, устройство и принцип действия трансформатора.
- 2) Что такое коэффициент трансформации?
- 3) Почему токи холостого хода (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?

5) Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся:

**По разделу 4 «Машины постоянного тока»**

**Теме 3. Характеристики двигателей постоянного тока**

Практическое занятие № 5. Расчет характеристик двигателя постоянного тока

**Задача 1.** Двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением с частотой вращения 1500 об/мин потребляет ток  $I = 14$  А при напряжении  $U = 220$  В. Сопротивление цепи якоря  $R_a = 1,7$  Ом. Определить ЭДС якоря, электромагнитный момент двигателя, потребляемую мощность и электрические потери.

**Задача 2.** Двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением работает при напряжении на зажимах  $U = 220$  В. Якорь двигателя вращается с частотой  $n = 900$  об/мин и развивает на валу момент  $M = 250$  Н·м. Сопротивление цепи якоря  $R_a = 0,174$  Ом, КПД —  $\eta = 90$  %. Вычислить полезную мощность на валу двигателя, мощность, подводимую к двигателю, ток в обмотке якоря, электрические потери и ЭДС якоря.

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

**По разделу 4 «Машины постоянного тока»**

**Теме 2. Характеристики генераторов постоянного тока**

Практическое занятие № 4. Расчет внешних характеристик генератора постоянного тока.

Перечень вопросов для устного опроса.

- 1) Дайте определение внешней характеристики генератора постоянного тока.
- 2) Изобразите внешнюю характеристику генератора постоянного тока с параллельным возбуждением.
- 3) Изобразите внешнюю характеристику генератора постоянного тока с независимым возбуждением.
- 4) Изобразите внешнюю характеристику генератора постоянного тока с последовательным возбуждением.
- 5) Изобразите внешнюю характеристику генератора постоянного тока со смешанным возбуждением.
- 6) Как влияет насыщение магнитной системы генератора постоянного тока на внешние характеристики?
- 7) Как влияет положение щеток генератора постоянного тока на внешние характеристики?
- 8) Как влияет активное сопротивление обмотки якоря на внешние характеристики генератора постоянного тока?



- 9) Рассчитать и построить внешнюю характеристику по характеристике холостого хода при независимом возбуждении
- 10) Рассчитать и построить внешнюю характеристику по характеристике холостого хода при параллельном возбуждении
- 11) Рассчитать и построить внешнюю характеристику по характеристике холостого хода при последовательном возбуждении
- 12) Рассчитать и построить внешнюю характеристику по характеристике холостого хода при смешанном возбуждении
- 13) Рассчитать и построить внешнюю характеристику по характеристике холостого хода при смешанном возбуждении
- 14) Как влияет на характеристики генератора постоянного тока насыщение стали магнитопровода?

7) 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 обмотки 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.

8) 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  $X_{\text{са}}$ . 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  $\theta_{\text{пр}}$  и временного угла  $\theta_{\text{вр}}$ .
16. Режим работы явнополюсного СГ параллельно с сетью Б.Б.М., соответствующий угловой характеристике активной мощности. Физическая природа пространственного угла  $\theta_{\text{пр}}$  и временного угла  $\theta_{\text{вр}}$ .
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  $\theta_{\text{пр}}$  и временного угла  $\theta_{\text{вр}}$ .
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 (Gürges).
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.
31. Колебания и динамическая устойчивость синхронной машины (факультативно).
32. Устройство и области применения машин постоянного тока.
33. Принцип действия простейшего генератора постоянного тока.
34. Радиальная схема простой петлевой обмотки якоря машины постоянного тока.
35. Электрическая схема простой петлевой обмотки якоря машины постоянного тока.
36. Коммутация в машинах постоянного тока: основные понятия.
37. Реакция якоря в генераторе постоянного тока (ГПТ).
38. Классификация генераторов постоянного тока по способу возбуждения.
39. Принцип действия ГПТ. Формула для эдс обмотки якоря. Уравнение равновесия напряжений.
40. Энергетическая диаграмма ГПТ. Формула для электромагнитного момента. Уравнение равновесия моментов.
41. Характеристики генератора постоянного тока независимого возбуждения.
42. Условия самовозбуждения генератора постоянного тока параллельного возбуждения.
43. Характеристики генератора постоянного тока параллельного возбуждения.
44. Характеристики генератора постоянного тока последовательного возбуждения.
45. Характеристики генератора постоянного тока смешанного возбуждения.
45. Параллельная работа генераторов постоянного тока параллельного возбуждения.
47. Классификация двигателей постоянного тока по способу возбуждения.
48. Реакция якоря в двигателе постоянного тока (ДПТ).
49. Принцип действия ДПТ. Формула для ЭДС обмотки якоря, противоЭДС. Уравнение равновесия напряжений.
50. Энергетическая диаграмма ДПТ. Формула для электромагнитного момента. Уравнение равновесия моментов.
51. Прямой и реостатный способы пуска двигателей постоянного тока.
52. Рабочие характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.
53. Рабочие характеристики двигателя постоянного тока последовательного и смешанного возбуждения.
54. Назначение и устройство исполнительного двигателя постоянного тока. Механическая и регулировочная характеристики при якорном управлении.
55. Назначение и устройство исполнительного двигателя постоянного тока. Механическая и регулировочная характеристики при полюсном управлении.
56. Назначение и устройство исполнительного двигателя переменного тока. Механическая и регулировочная характеристики при амплитудном управлении.
57. Тахогенератор постоянного тока: устройство, назначение, выходная характеристика.

58. Асинхронный тахогенератор: устройство, назначение, выходная характеристика.
59. Синхронный тахогенератор: устройство, назначение, выходная характеристика.
60. Синхронный реактивный двигатель: устройство, принцип действия, области применения.
61. Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в индикаторном режиме.
62. Однофазный сельсин: устройство, назначение, особенности работы в трансформаторном режиме.

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

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

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника. Критерии выставления оценок по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» представлены в таблице 8 и таблице 9.

Зачет с оценкой. (5 семестр)

Таблица 8

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

Оценка	Критерии оценки
<b>Высокий уровень «5» (отлично)</b>	оценку <b>«отлично»</b> заслуживает студент, глубоко и прочно освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, излагающий его исчерпывающе, последовательно, системно и логически стройно; не затрудняется с ответом при видоизменении задания; справляется с нестандартными задачами, вопросами и другими видами применения знаний; при изложении материала владеет терминологией и символикой изучаемой дисциплины; показывает разносторонние знания основной и дополнительной литературы; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
<b>Средний уровень «4» (хорошо)</b>	оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала; усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; в основном сформировал практические навыки.
<b>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</b>	оценку <b>«удовлетворительно»</b> заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал только по обязательному минимуму содержания предмета, определенному программой дисциплины; знания основной литературы, рекомендованной программой, отрывочны и не

	системны. Студент допускает неточности в ответе, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении материала, четкость и убедительность ответа выражена слабо, испытывает затруднения в выполнении типовых практических заданий, некоторые практические навыки не сформированы.
<b>Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)</b>	оценку <b>«неудовлетворительно»</b> заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа контрольных вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки при выполнении типовых практических заданий; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы.

### Экзамен (6 семестр)

Таблица 9

#### **Критерии оценивания результатов обучения (экзамена)**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
<b>Высокий уровень «5» (отлично)</b>	оценку <b>«отлично»</b> заслуживает студент, глубоко и прочно освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, излагающий его исчерпывающе, последовательно, системно и логически стройно; не затрудняется с ответом при видоизменении задания; справляется с нестандартными задачами, вопросами и другими видами применения знаний; при изложении материала владеет терминологией и символикой изучаемой дисциплины; показывает разносторонние знания основной и дополнительной литературы; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
<b>Средний уровень «4» (хорошо)</b>	оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и логически правильно излагающий теоретический материал, не допускающий существенных неточностей в ответе на вопрос; владеющий терминологией и символикой изучаемой дисциплины при изложении материала; усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; в основном сформировал практические навыки.
<b>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</b>	оценку <b>«удовлетворительно»</b> заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал только по обязательному минимуму содержания предмета, определенному программой дисциплины; знания основной литературы, рекомендованной программой, отрывочны и не системны. Студент допускает неточности в ответе, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении материала, четкость и убедительность ответа выражена слабо, испытывает затруднения в выполнении типовых практических заданий, некоторые практические навыки не сформированы.
<b>Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)</b>	оценку <b>«неудовлетворительно»</b> заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал; не показал правильного понимания существа экзаменационных вопросов; не знает значительной части основного материала; допускает принципиальные ошибки при выполнении типовых практических заданий; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Забудский, Е.И. Электрические машины [Текст]: учебное пособие для вузов. Ч.3. Синхронные машины / Е.И. Забудский. – М.: УМЦ «Триода», 2008. – 196 с.
2. Забудский, Е.И. Электрические машины [Текст]: учебное пособие для вузов. Ч.4. Машины постоянного тока /Е.И. Забудский. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2014. – 160 с.
3. Забудский, Е.И. Электрические машины. Асинхронные машины [Текст]: учебное пособие для вузов / Е.И. Забудский. – М.: ООО «Мегаполис», 2017. – Ч.2. – 304 с.

### 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: Мегаполис, 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: тот же (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. ГОСТ 27471–81. Машины электрические вращающиеся. Термины и определения.
2. ГОСТ 12139–94. Машины электрические вращающиеся. Ряды номинальных мощностей и частот.
3. ГОСТ 28173–89. Машины электрические вращающиеся. Номинальные данные и рабочие характеристики.
4. ГОСТ Р 51689–2000. Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные мощностью от 0,12 до 400 кВт включительно.
5. ГОСТ 26772–85. Машины электрические вращающиеся. Обозначения выводов и направления вращения.
6. ГОСТ 2.710–81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.
7. ГОСТ Р МЭК 60204.1–99. Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Ч. 1. Общие требования.
8. Правила устройства электроустановок. 7 издание, дополненное с исправлениями. – М.: Норматика, 2018.

### **7.4 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 и практические занятия проводятся 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 и практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний. По курсу предусмотрено выполнение расчетно-графической и курсовой работ.

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

### **Программно – информационное обеспечение дисциплины**

Программы: Microsoft Word, Microsoft Excel, Power Point, AutoCAD, Mathcad 15.1., TurboPascal. Интернет, электронные ресурсы технических библиотек.

- а) Каталоги электрических машин и трансформаторов, изготавливаемых заводами России, etc. (интернет ресурс):
  - Свердловский завод трансформаторов тока (трансформаторы и другая электротехническая продукция) <http://www.cztt.ru/main.html> (открытый доступ);
  - Российские предприятия-производители трансформаторов и трансформаторных подстанций <https://productcenter.ru/> (открытый доступ);
- б) Информационные центры России, обрабатывающие и распространяющие научно-техническую информацию <http://www.feip.ru/> (открытый доступ);

- с) Всероссийский институт научной и технической информации РАН (ВИНИТИ РАН) <http://www.viniti.ru/> (открытый доступ);
- д) Всероссийский научно-технический информационный центр (ВНТИЦ) <http://www.vntic.org.ru> (открытый доступ);
- е) Защита интеллектуальной собственности (Роспатент) <https://rupto.ru/ru> (открытый доступ);
- ф) 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 видеофильм. 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 «Трансформаторы».	Microsoft Word	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft	2010
		Microsoft Excel		Microsoft	2010
		AutoCad		Autodesk	2009
		Power Point		Microsoft	2010
2.	Раздел 2 «Асинхронные машины».	Microsoft Word	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft	2010
		Microsoft Excel		Microsoft	2010
		AutoCad		Autodesk	2009
		Power Point		Microsoft	2010
3.	Раздел 3 «Синхронные машины».	Microsoft Word	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация	Microsoft	2010
		Microsoft Excel		Microsoft	2010
		AutoCad		Autodesk	2009
		Power Point		Microsoft	2010
4.	Раздел 4	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010

«Машины постоянного тока».	Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010
	AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesk	2009
	Power Point	Презентация	Microsoft	2010

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

Таблица 11

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

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
Корпус № 24, аудитория № 204	1. Проектор «Benq» W 1070 – 1 шт., инв. № 41013800002632. 2. Проекционный экран с электроприводом Digis Electra 240 x 240 NW (DSEM – 1106) – 1шт., инв. № 41013800002638.
Корпус № 24, аудитория № 206	Компьютерный класс тип 1: компьютеров – 7шт., интерактивная доска – 1 шт., проектор Acer H 6517ST – 1 шт., инв. № 210124558132028
Корпус № 24, аудитория № М-1.	Лаборатория «Трансформаторов», лабораторные стенды: 1. Исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора – 1 шт. № 64536. 2. Исследование параллельной работы трехфазных трансформаторов – 2 шт. № 64537. 3. Исследование несимметричных нагрузок трехфазного трехстержневого двухобмоточного трансформатора – 1 шт. № 64538.
Корпус № 24, аудитория № М-3.	Лаборатория «Асинхронных машин», лабораторные стенды: 1. «Трехфазный асинхронный двигатель с фазным ротором» и «Испытание асинхронного двигателя с повышенным пусковым моментом» – 1 шт. (один стенд) инв. № 41013600005378; 2. Исследование трехфазного асинхронного двигателя в однофазном режиме и в режиме генератора – 1 шт. (один стенд) № 64544.
Корпус № 24, аудитория № М-2.	Лаборатория «Синхронных машин», лабораторные стенды: 1. «Трехфазная асинхронная машина с неподвижным ротором» и «Параллельная работа синхронного генератора сетью бесконечно большой мощности» –

	<p>1 шт. (один стенд) инв. № 410136000005379.</p> <p>2. Испытание синхронного двигателя с явновыраженными полюсами, опытное определение параметров синхронного генератора» – 1 шт. № 64539.</p> <p>3. Испытание трехфазного синхронного генератора, работающего на автономную сеть - 1 шт. № 64540.</p>
Корпус № 24, аудитория № М-2.	<p>Лаборатория «Машины постоянного тока», лабораторные стенды:</p> <p>1. Исследование генератора постоянного тока при различных способах возбуждения – 1 шт. № 64541.</p> <p>2. Исследование двигателя постоянного тока с параллельным и последовательным возбуждением – 1 шт. № 64542.</p> <p>3. Испытание электромашинного усилителя (ЭМУ) и сельсина – 1 шт. № 64543.</p>
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 студентам по освоению дисциплины

Учебный курс «Электрические машины» является основополагающим для студентов, обучающихся по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение. 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 под-

готовить 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.

4. Максимально использовать возможности производственной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (электромонтажной) для изучения всего электрооборудования, имеющегося на предприятии, стремиться принять участие в ремонте электрических машин и трансформаторов.

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 (курсовая работа).

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

**Расчетно-графическую и курсовую работы** 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 занятия* проводятся в лабораториях электрических машин, оборудованных всеми необходимыми испытательными стендами, источниками электрической энергии, приборами и регулировочной аппаратурой.

На *практических занятиях* студенты знакомятся с данными каталогов; решают конкретные задачи с применением основных законов электротехники: расчет характеристик и параметров электрических машин; овладевают методиками и программами расчета.

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 выполнения индивидуальных домашних заданий осуществляет ведущий дисциплину преподаватель.

Преподавание дисциплины основано на максимальном использовании активных форм обучения и самостоятельной работы студентов. Под руководством преподавателя студенты должны самостоятельно осуществлять поиск необходимой информации и принимать обоснованные решения по конкретным ситуациям.

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

**Программу разработал:**

Корявых В.С., старший преподаватель

\_\_\_\_\_ (подпись)