



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:  
Декан факультета заочного образования  
О.А. Антимирова  
« 22 » *ноября* 2019 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Б1.В.06 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность – Электроснабжение

Курс – 3

Семестр – 5,6


Форма обучения – заочная

Год начала подготовки – 2018

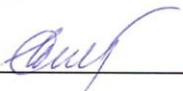
Регистрационный номер \_\_\_\_\_

Москва, 2019

Разработчик: к.п.н. Чистова Я.С.

  
«10» 01 2019 г.


Рецензент: к.т.н., доцент Стушкина Н.А.

  
«14» 01 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 № 4 от «15» 01 2019 г.

Зав. кафедрой – к.т.н., доцент Кабдин Н.Е.


  
(подпись)  
«15» 01 2019 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина – к.э.н., доцент Парлюк Е.П.

  
(подпись)  
Протокол № 9 «21» 01 2019 г.

Заведующий выпускающей кафедрой электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко – к.т.н., доцент Стушкина Н.А.

  
(подпись)  
«15» 01 2019 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

  
(подпись)

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

Методический отдел УМУ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>АННОТАЦИЯ.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>4</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>7</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	7
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
4.3 ЛЕКЦИИ, ЛАБОРАТОРНЫЕ, ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	12
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>16</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>17</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	18
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	24
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>26</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	26
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	26
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	27
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ.....	27
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>28</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>28</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>29</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>30</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий .....	31
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>31</b>

## Аннотация

### рабочей программы учебной дисциплины

### Б1.В.06 «Электрические машины»

для подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, направленность Электроснабжение

**Цель освоения дисциплины** «Электрические машины»: обладать способностью применять физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач; способностью обрабатывать результаты экспериментов и лабораторных исследований по изучению принципа работы электрических машин и аппаратов; способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров электрических машин и аппаратов.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина «Электрические машины» включена в вариативную часть учебного плана по направлению подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника.

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

**Краткое содержание дисциплины:** дисциплина «Электрические машины» включает в себя четыре раздела: трансформаторы, асинхронные машины, синхронные машины, машины постоянного тока

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

**Промежуточный контроль:** дифф. зачет, 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 в целом в электроэнергетической отрасли.

В результате изучения данной дисциплины обучающийся должен обладать способностью:

- применять физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач;
- обрабатывать результаты экспериментов;
- использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса.

## 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 по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электрические машины» являются: математика (1, 2 курс);

физика (1,2 курс); химия (1 курс); электротехнические материалы (1 курс); основы энергетики (1 курс); материаловедение и технология конструкционных материалов (2 курс); теоретические основы электротехники (2 курс); общая энергетика (2 курс).

Дисциплина «Электрические машины» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: электроснабжение (4 курс); надежность систем электроснабжения (4 курс); эксплуатация систем электроснабжения (4 курс); электроэнергетические системы и сети (4 курс); электрические станции и подстанции (4, 5 курс); электропривод (5 курс); электротехнология (5 курс).

Особенностью дисциплины «Электрические машины» является то, что объектом ее изучения являются электрические машины и аппараты, которые являются базовыми элементами всей энергетической системы.

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.

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины «Электрические машины»

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-2	Способность применять физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического 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	Способность 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	Способность 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, тепломассопереноса, 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 ре-жимах.	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 представлено в таблице 2. Дисциплина изучается на 3 курсе (5 и 6 семестр)

Таблица 2

#### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

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>26,75</b>	<b>12,35</b>	<b>14,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>26,75</b>	<b>12,35</b>	<b>14,4</b>
<i>в том числе:</i>			
<i>лекции (Л)</i>	12	6	6
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	4	–	4
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	8	4	4
<i>курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	2	2	
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,75	0,35	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>225,25</b>	<b>95,65</b>	<b>129,6</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 и т.д.)</i>	156,65	55,65	101
<i>Подготовка к зачёту с оценкой (дифференцированному зачёту) (контроль)</i>	4	4	–
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	<b>8,6</b>	–	<b>8,6</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 (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
<b>5 семестр</b>						
<b>Раздел 1 «Трансформаторы»</b>	<b>45</b>	<b>3</b>		<b>2</b>		<b>40</b>
Тема 1. Роль электрических машин в современной технике	5					5
Тема 2. Устройство силовых трансформаторов, области их применения	13	3				10
Тема 3. Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания	12			2		10
Тема 4. Процессы в трансформаторе при нагрузке	5					5
Тема 5. Переходные процессы в трансформаторах	5					5
Тема 6. Трехобмоточные трансформаторы, автотрансформаторы, сварочные трансформаторы	5					5
<b>Раздел 2 «Асинхронные машины»</b>	<b>56,65</b>	<b>3</b>		<b>2</b>		<b>51,65</b>
Тема 7. Общие вопросы теории электрических машин переменного тока	8,65					8,65
Тема 8. Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения	15	3				12
Тема 9. Механическая характеристика асинхронного двигателя	14			2		12
Тема 10. Пуск и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей	12					12
Тема 11. Однофазный асинхронный двигатель	7					7
<i>курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	2				2	
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35				0,35	
Подготовка к дифференцированному зачету (контроль)	4					4
<b>Всего за 5 семестр</b>	<b>108</b>	<b>6</b>		<b>4</b>	<b>2,35</b>	<b>95,65</b>
<b>6 семестр</b>						
<b>Раздел 3 «Синхронные машины»</b>	<b>68</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>61</b>
Тема 12. Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин	17	3	2			12
Тема 13. Магнитное поле, параметры и характеристики синхронной машины	15			2		13
Тема 14. Параллельная работа синхронных	12					12



Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
машин						
Тема 15. Синхронные двигатели и компенсаторы	12					12
Тема 16. Специальные синхронные машины	12					12
<b>Раздел 4 «Машины постоянного тока»</b>	<b>67</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>60</b>
Тема 17. Особенности устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока	18	3				15
Тема 18. Характеристики генераторов постоянного тока	15					15
Тема 19. Характеристики двигателей постоянного тока	17		2			15
Тема 20. Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока	2			2		-
Тема 21. Специальные машины постоянного тока	15					15
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4				0,4	
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	8,6					8,6
<b>Всего за 6 семестр</b>	<b>144</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2,4</b>	<b>129,6</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>252</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>4,75</b>	<b>149,2</b>

## Семестр 5

### 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 7.** 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 8.** 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 9.** 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 10.** 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 11.** Однофазный асинхронный двигатель

Рассматриваемые вопросы.

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

**6 семестр**

**Раздел 3. Синхронные машины**

**Тема 12.** 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 13.** 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 14.** 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 15.** 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 16.** Специальные синхронные машины

Рассматриваемые вопросы.

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

**Раздел 4. Машины постоянного тока**

**Тема 17.** 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 18.** 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 19.** Характеристики двигателей постоянного тока

Рассматриваемые вопросы.

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

**Тема 20.** Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока

Рассматриваемые вопросы.

Способы пуска двигателей. Способы регулирования скорости.

**Тема 21.** Специальные машины постоянного тока

Рассматриваемые вопросы.

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

### 4.3 Лекции, лабораторные, практические занятия

Таблица 4

#### Содержание лекций, лабораторного практикума, практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
<b>5 семестр</b>					
1.	<b>Раздел 1. Трансформаторы</b>				<b>5</b>
	Тема 2. Устройство силовых трансформаторов, области их применения	Лекция № 1. Роль электрических машин в современной технике. Устройство силовых трансформаторов, области применения	ОПК-2 ПК-8		3

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Тема 3. Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания	Лабораторная работа № 1. Исследование трехфазного двухобмоточного силового трансформатора	ОПК-2 ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2
2	<b>Раздел 2. Асинхронные машины</b>				<b>5</b>
	Тема 8. Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения	Лекция № 2. Устройство, назначение асинхронных машин, использование.	ОПК-2 ПК-8		3
	Тема 9. Механическая характеристика асинхронного двигателя	Лабораторная работа № 2. Испытание трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором.	ОПК-2 ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2
<b>6 семестр</b>					
3	<b>Раздел 3. Синхронные машины</b>				<b>7</b>
	Тема 12. Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин	Лекция № 3. Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин	ОПК-2 ПК-8		3
	режимы работы синхронных машин	Практическое занятие № 1. Построение векторной диаграммы синхронного генератора с неявновыраженными полюсами при различных видах нагрузки	ОПК-2 ПК-8	Устный опрос Решение задач	2
	Тема 13. Магнитное поле, параметры и характеристики синхронной	Лабораторная работа № 3. Испытание трехфазного синхронного генератора, работающего на автономную сеть	ОПК-2 ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	машины				
4	<b>Раздел 4. Машины постоянного тока</b>				7
	Тема 17. Особенность и устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока	Лекция № 4. Особенности устройства, принцип действия и области применения машин постоянного тока	ОПК-2 ПК-8		3
	Тема 19. Характеристики двигателей постоянного тока	Лабораторная работа № 4. Исследование двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением	ОПК-2 ПК-2 ПК-8	Защита лабораторной работы	2
	Тема 20. Пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока	Практическое занятие № 2. Расчет пусковых и регулировочных сопротивлений для двигателей постоянного тока с различными схемами возбуждения	ОПК-2 ПК-8	Устный опрос Решение задач	2

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.	Тема 1. Роль электрических машин в современной технике	Роль электромеханики в жизни современного общества. Вклад отечественных и зарубежных ученых в развитие электротехники и электромеханики. (ОПК-2)
2.	Тема 2. Устройство силовых трансформаторов, области их применения	Масляные и сухие трансформаторы, конструкции баков. Двух- и трехобмоточные трансформаторы. (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
3.	Тема 3. Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания	Основной магнитный поток и потоки рассеяния. ЭДС обмоток. Коэффициент трансформации. (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
4.	Тема 4. Процессы в	Уравнение равновесия напряжений и МДС. Регулирование

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	трансформаторе при нагрузке	напряжения без возбуждения трансформатора и под нагрузкой. Несимметричные режимы работы трансформаторов. Условия включения трансформаторов на параллельную работу и их анализ. Нагрев и охлаждение трансформаторов. (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
5.	Тема 5. Переходные процессы в трансформаторах	Переходные процессы в трансформаторах: при включении на холостой ход и при внезапном коротком замыкании. Анализ токов трансформатора и их влияния на его работу. (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
6.	Тема 6. 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.	Тема 7. Общие вопросы теории электрических машин переменного тока	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. (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
8.	Тема 8. Конструктивные особенности, основные соотношения и режимы работы асинхронных машин, схема замещения	Режимы работы асинхронной машины: двигательный, генераторный и электромагнитного тормоза. Схемы замещения, векторная и энергетическая диаграммы двигателя. (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
9.	Тема 9. Механическая характеристика асинхронного двигателя	Перегрузочная способность двигателя. Зависимость критического скольжения, максимального и пускового моментов от параметров схемы замещения двигателя. Статическая устойчивость системы «Асинхронный двигатель – Рабочий механизм» (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
10.	Тема 10. 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. Регулирование частоты вращения двигателей с фазным ротором и с обмоткой ротора типа «беличья клетка». (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
11.	Тема 11. Однофазный асинхронный двигатель	Способы создания пускового момента. Конденсаторный двигатель. Трехфазный двигатель при однофазном включении с конденсатором. (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
<b>Раздел 3. Синхронные машины</b>		
12.	Тема 13. Магнитное поле, параметры и характеристики синхронной машины	Индуктивные сопротивления неявнополюсной и явнополюсной синхронной машины. Векторная диаграмма синхронного генератора при различном характере нагрузки. Характеристика генератора при автономной нагрузке. (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
13.	Тема 14. Параллельная работа	Условия включения синхронного генератора на параллельную работу с сетью большой мощности. Способы синхронизации

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	синхронных машин	генератора с сетью. Регулирование активной и реактивной мощностей. Угловая и V-образная характеристики. Параллельная работа генераторов соизмеримой мощности. (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
14	Тема 15. Синхронные двигатели и компенсаторы	Области использования синхронных двигателей. Способы пуска синхронного двигателя, назначение пусковой обмотки. Рабочие характеристики двигателя. Синхронный компенсатор: назначение, V-образная характеристика. (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
15.	Тема 16. Специальные синхронные машины	Индукторные синхронные генераторы. Генераторы для ветроустановок и для малых ГЭС. Синхронные микродвигатели. (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
<b>Раздел 4. Машины постоянного тока</b>		
16.	Тема 18. Характеристики генераторов постоянного тока	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 (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
17.	Тема 19. Характеристики двигателей постоянного тока	Противо-ЭДС обмотки якоря. Уравнение равновесия напряжений. Электромагнитный момент. (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)
18.	Тема 21. Специальные машины постоянного тока	Электромашинный усилитель. Универсальный коллекторный двигатель. Исполнительный двигатель, тахогенератор. (ОПК-2; ПК-2; ПК-8)

## 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Электрические машины» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологией обучения используются элементы инновационных технологий.

Для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) и активные и интерактивные технологии (проблемное обучение, информационно-коммутационная технология, контекстное обучение).

Основные формы теоретического обучения: лекции, мультимедиа-лекция, лекция-визуализация, экзамен.

Основные формы практического обучения: практические занятия и лабораторные работы.

Дополнительные формы организации обучения: курсовая работа и самостоятельная работа студентов.

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



**Применение активных и интерактивных образовательных технологий**

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1.	Тема 2. Устройство силовых трансформаторов, области их применения Лекция № 1. Роль электрических машин в современной технике. Устройство силовых трансформаторов, области применения	Л	Информационно-коммуникационная технология (лекция-мультимедиа).
2.	Тема 12. Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин. Лекция № 3. Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин	Л	Технология проблемного обучения (эвристическая беседа, проблемная лекция).

### 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, устные ответы студентов на вопросы на практических занятиях, выполнение и защиту лабораторных работ, выполнение тестовых заданий, решение типовых задач, проведение дискуссий, выполнение и защиту расчетно-графической работы.

#### 5 семестр

**Промежуточный контроль знаний:** защита курсовой работы, дифференцированный зачет.

## 6 семестр

**Промежуточный контроль знаний:** экзамен.

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

#### 1) Примерная тематика курсовых работ

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. На чертеже наносятся габаритные размеры.

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»

Таблица 7

### **Критерии оценки курсовой работы**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
<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 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.
«неудовлетворительно»	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 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 выполняются 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» (6-й семестр).

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

2) Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся:  
По разделу 3 «Синхронные машины».

Теме 12. Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин

Задача 1. Определить поток основной гармоники поля возбуждения явнополюсной синхронной машины с полюсным делением  $\tau = 17,7$  см и расчетной данной  $l\delta = 11,5$  см, если амплитуда основной гармонической индукции в за-зоре  $B\delta_{1T} = 0,68$  Тл.

Ответ.  $F\omega_{1m} = 0,88 \cdot 10^{-2}$  Вб.

Задача 2. По известным значениям главных индуктивных сопротивлений обмотки якоря по продольной  $X_{ad} = 2,02$  Ом и поперечной  $X_{aq} = 1,53$  Ом осям гидрогенератора определить соответствующую ЭДС взаимной индукции

якоря  $E_{ad}$  и  $E_{aq}$  для режима работы, характеризуемого током  $I_a = 2800$  А и углом  $\psi = 50^\circ$  между ЭДС  $E_0$  и током  $I_a$ .

Ответ.  $E_{ad} = 4333$  В;  $E_{aq} = 2754$  В.

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

По разделу 3 «Синхронные машины»

Теме 12. Области применения, устройство и режимы работы синхронных машин

Практическое занятие № 3. Построение векторной диаграммы синхронного генератора с неявновыраженными полюсами при различных видах нагрузки

Перечень вопросов для устного опроса.

1. Перечислите параметры необходимые для построения векторной диаграммы Потье?
2. Каким образом учитывается влияние магнитного поля рассеяния синхронного генератора.
3. По данным каких опытов находится индуктивное сопротивление рассеяния обмотки якоря синхронного генератора?
4. Каким образом определяется намагничивающая сила якоря?
5. Что такое результирующая э.д.с воздушного зазора?
6. Каким образом строится вектор результирующей намагничивающей силы ( $F_\delta$ ) синхронного генератора?
7. Почему при емкостной нагрузке э.д.с. синхронного генератора возрастает?
8. При какой по характеру нагрузке падение напряжения на синхронном генераторе максимально?
9. При какой по характеру нагрузке возникает максимальный электромагнитный момент в синхронном генераторе?
10. Дайте определение явлению реакции якоря?

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

По разделу 1 «Трансформаторы»

Теме 3. Процессы в трансформаторе в режимах холостого хода и короткого замыкания.

Лабораторная работа № 1. Исследование трехфазного двухобмоточного силового 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?

5) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (дифф. зачет)

#### 5 семестр

1. Материалы, применяемые в электромашиностроении. Роль трансформатора в процессе передачи и распределения электроэнергии.
2. Устройство трансформатора: магнитопровод, обмотки, бак масляного трансформатора, арматура бака.
3. Принцип действия трансформатора. Взаимосвязь между электрическими и магнитными величинами в трансформаторе. Роль потоков рассеяния в трансформаторе.
4. Уравнения равновесия ЭДС (напряжений) и МДС трансформатора.
5. Приведенный трансформатор. Т-образная схема замещения приведенного трансформатора.
6. Векторная диаграмма приведенного трансформатора при R-L-нагрузке и R-C-нагрузке.
7. Режим и опыт холостого хода трансформатора.
8. Режим и опыт короткого замыкания трансформатора.
9. Эксплуатационные показатели трансформаторов: изменение напряжения на зажимах вторичной обмотки (внешняя характеристика); коэффициент полезного действия.
10. Характеристика схем соединения обмоток (звезда, треугольник, зигзаг) трансформатора, условные обозначения схем. Обозначение начал и концов обмоток.

11. Группы соединений обмоток трансформаторов. Маркировка зажимов обмоток трансформатора согласно заданной схеме и группе соединения.
12. Параллельная работа трансформаторов. Условия включения трансформатора на параллельную работу.
13. Несимметричный режим работы трехфазных трансформаторов: токи и магнитные потоки нулевой последовательности;
14. Автотрансформаторы: сопоставление автотрансформатора и трансформатора.
15. Устройство асинхронной машины: активная часть, конструктивные элементы.
16. Условия создания кругового вращающегося поля. Формула для синхронной скорости.
17. Особенности работы асинхронной машины в режимах: двигателя, генератора, электромагнитного тормоза.
18. Асинхронная машина при неподвижном роторе: режим трансформатора, трехфазный индукционный регулятор, фазорегулятор, регулируемое индуктивное сопротивление.
19. Формулы для ЭДС, частоты ЭДС, тока и сопротивления обмотки вращающегося ротора. Эквивалентное замещение вращающегося ротора неподвижным ротором.
20. Т-образная и Г-образная схемы замещения асинхронного двигателя. Приведение обмотки ротора к числу витков обмотки статора.
21. Векторная диаграмма и энергетическая диаграмма асинхронного двигателя.
22. Электромагнитный момент асинхронного двигателя при холостом ходе и нагрузке. Зависимость электромагнитного момента от скольжения.
23. Зависимость электромагнитного момента от активного сопротивления цепи обмотки ротора.
24. Опыты холостого хода и короткого замыкания асинхронного двигателя. Сопоставление результатов этих опытов с данными опытов х.х. и к.з. трансформатора.
25. Опытное определение рабочих характеристик асинхронного двигателя.
26. Пуск в ход асинхронного двигателя с фазным ротором.
27. 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).
28. 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).
29. Однофазный асинхронный двигатель.
30. Асинхронный генератор, работающий на автономную нагрузку.

1) б) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен)

## 6 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. Определение параметров в. д. напряжений (ЭДС): индуктивные сопротивления обмотки якоря  $X_d$  и  $X_q$ .
8. Определение параметров векторной диаграммы напряжений (ЭДС): индуктивное сопротивление обмотки якоря  $X_{\sigma a}$ . Реактивный треугольник.
9. Условия включения синхронного генератора на параллельную работу с сетью бесконечно большой мощности (Б.Б.М.).
10. Синхронизация и включение синхронного генератора на параллельную работу с сетью бесконечно большой мощности (Б.Б.М.).
11. Статическая устойчивость синхронного генератора.
12. Режим работы явнополюсного СГ параллельно с сетью Б.Б.М., соответствующий V-образной характеристике.
13. Принцип действия синхронного двигателя. Преимущества и недостатки СД по сравнению с АД.
14. Рабочие характеристики синхронного двигателя.
15. Способы пуска в ход синхронного двигателя.
16. Устройство и области применения машин постоянного тока.
17. Принцип действия простейшего генератора постоянного тока.
18. Коммутация в машинах постоянного тока: основные понятия.
19. Реакция якоря в генераторе постоянного тока (ГПТ).
20. Классификация генераторов постоянного тока по способу возбуждения.
21. Принцип действия ГПТ. Формула для эдс обмотки якоря. Уравнение равновесия напряжений.
22. Энергетическая диаграмма ГПТ. Формула для электромагнитного момента. Уравнение равновесия моментов.
23. Характеристики генератора постоянного тока независимого возбуждения.
24. Условия самовозбуждения генератора постоянного тока параллельного возбуждения.
25. Характеристики генератора постоянного тока параллельного возбуждения.
26. Характеристики генератора постоянного тока последовательного возбуждения.
27. Характеристики генератора постоянного тока смешанного возбуждения.
28. Параллельная работа генераторов постоянного тока параллельного возбуждения.
29. Классификация двигателей постоянного тока по способу возбуждения.
30. Реакция якоря в двигателе постоянного тока (ДПТ).

31. Принцип действия ДПТ. Формула для ЭДС обмотки якоря, противоЭДС. Уравнение равновесия напряжений.
32. Энергетическая диаграмма ДПТ. Формула для электромагнитного момента. Уравнение равновесия моментов.
33. Прямой и реостатный способы пуска двигателей постоянного тока.
34. Рабочие характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.
35. Рабочие характеристики двигателя постоянного тока последовательного и смешанного возбуждения.

## **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.

Дифференцированный зачет. (5 семестр)

Таблица 8

### **Критерии оценивания результатов обучения**

<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. Студент, выполнивший и защитивший курсовую работу на высоком качественном уровне; 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. Студент, выполнивший и защитивший курсовую работу; усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; обладающий основными профессиональными компетенциями; в основном сформировал практические навыки.



<p><b>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</b></p>	<p>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; выполнивший и защитивший курсовую работу; 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.</p>
<p><b>Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)</b></p>	<p>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. Студент, выполнивший и защитивший курсовую работу; основная литература по проблемам курса не усвоена, практические навыки не сформированы.</p>

Экзамен (6 семестр)

Таблица 9

**Критерии оценивания результатов обучения**

Оценка	Критерии оценки
<p><b>Высокий уровень «5» (отлично)</b></p>	<p>оценку <b>«отлично»</b> заслуживает студент, глубоко и прочно освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, излагающий его исчерпывающе, последовательно, системно и логически стройно. Студент, выполнивший и защитивший расчетно-графическую работу на высоком качественном уровне; 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.</p>
<p><b>Средний уровень «4» (хорошо)</b></p>	<p>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. Студент, выполнивший и защитивший расчетно-графическую работу; усвоивший основную литературу, рекомендованную программой дисциплины; обладающий основными профессиональными компетенциями; в основном сформировал практические навыки.</p>
<p><b>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</b></p>	<p>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;</p>

	выполнивший и защитивший расчетно-графическую работу; 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. Студент, выполнивший и защитивший расчетно-графическую работу; 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. Расчет асинхронного двигателя: сб. справ. – метод. материалов к курсовой работе по курсу «Электрические машины» / Е.И. Забудский. – М.: МГАУ имени В.П. Горячкина, 2000. – 200 с.
3. Копылов, И.П. Электрические машины [Текст]: учебник для вузов / И.П. Копылов, – М.: Высшая школа, 2004. – 607 с.
4. Копылов, И.П. Проектирование электрических машин [Текст]: учебник для вузов/ И.П. Копылов, Б. К. Клоков, В.П. Морозкин. Б. П. и др. – М.: Высшая школа, 2005. – 768 с.
5. Копылов, И.П. Электрические машины. В 2. Т. 1 [Текст]: учебник для академического бакалавриата / И.П. Копылов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 267 с.

6. Копылов, И.П. Электрические машины. В 2. Т. 2 [Текст]: учебник для академического бакалавриата / И.П. Копылов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 407 с.

7. 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.: Госэнергонадзор, 2009.

### **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 проводятся на потоке, практические занятия в группах, лабораторные работы в подгруппах.

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

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

- a) 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);
- 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).

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 9

### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Раздел 1 «Трансформаторы».	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesc	2009
		Power Point	Презентация	Microsoft	2010
2.	Раздел 2 «Асинхронные машины».	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010
		AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesc	2009
		Power Point	Презентация	Microsoft	2010
3.	Раздел 3. «Синхронные машины».	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
		Microsoft Excel	Расчетная, составление таблиц и диаграмм	Microsoft	2010

		AutoCad	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Autodesk	2009
		Power Point	Презентация	Microsoft	2010
4.	Раздел 4. «Машины постоянного тока».	Microsoft Word	Оформительская	Microsoft	2010
		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 10

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

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
Корпус № 24, аудитория № 206	Компьютерный класс тип 1.: компьютеров – 7 шт., проектор – 1 шт., интерактивная доска – 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. № 410136000005378; 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

	<p>ротором» и «Параллельная работа синхронного генератора сетью бесконечно большой мощности» – 1 шт. (один стенд) инв. № 41013600005379.</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	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.	Доступ в Интернет

## 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 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.

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.

**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 лаборатории электрических машин, оборудованной 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 машин; овладевают методиками и программами расчета.

На **лекциях, лабораторных 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.

**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.

**Программу разработал:**

к.п.н. Чистова Я.С.



(подпись)