

Приложение 3 РПД Б1.Б.11

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

**Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

**Уровень высшего образования: бакалавриат**

**Профиль подготовки: «Электроснабжение»**

**Срок обучения: 5 лет**

**Форма обучения: заочная**

Смоленск – 2016 г.

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

**Целью освоения дисциплины** является подготовка обучающихся к производственно-технологической деятельности по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

**Задачами дисциплины** является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для

Дисциплина направлена на формирование следующей профессиональной компетенции:

ОК-3: способностью использовать основы эконом. знаний в различных сферах жизнедеятельности;

ОПК-3: способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей;

ПК-5: готовностью определять параметры оборудования объектов профес. деятельности;

ПК-7: готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике

В результате изучения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

- методы анализа и моделирования электрических цепей применительно к электромеханическим преобразователям энергии и электромеханическим системам (ОПК-3);
- способы определения электрических параметров электрооборудования с целью определения его основных характеристик и свойств (ПК-5);

### **Уметь:**

- разрабатывать простые конструкции электроэнергетических и электротехнических объектов ПК-5, ПК-7
- обеспечивать оптимальные режимы работы электромагнитных устройств и электромеханических преобразователей (ПК-7);
- оценивать экономическую эффективность при использовании электромеханических преобразователей в электроэнергетических системах (ОК-3);

### **Владеть:**

- способностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике (ПК-7).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части дисциплин цикла Б1 образовательной программы подготовки бакалавров по программе «Электрические машины», направления «Электроэнергетика и электротехника».

В соответствии с учебным планом по направлению «Электроэнергетика и электротехника» дисциплина «Электрические машины» базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.9 Теоретические основы электротехники

Б1.В.ОД.1 Прикладные математические задачи

Б1.В.ОД.2 Введение в электроэнергетику

Б1.В.ОД.9 Электрооборудование электрических станций и подстанций

Б1.В.ДВ.6.1 Экономика электроэнергетики

Б1.В.ДВ.8.1 Основы производства электроэнергии

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой для изучения следующих дисциплин:

Б1.В.ОД.6 Электроснабжение потребителей электрической энергии

Б1.В.ОД.8 Электротехнологические установки

Б1.В.ОД.13 Электроснабжение

Б1.В.ОД.14 Электропривод промышленных установок

Б1.В.ДВ.4.1 Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах

**3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

**Аудиторная работа**

Цикл:	Б1	Курс
Часть цикла:	базовая	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Б.11	
Часов (всего) по учебному плану:	360	4
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	10 ЗЕТ	4
Лекции (ЗЕТ, часов)	12 (0,33 ЗЕТ)	4
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	12 (0,33 ЗЕТ)	4
Лабораторные занятия (ЗЕТ, часов)	8 (0,22 ЗЕТ)	4
Курсовой проект	4 (0,11)	4
Объем сам. работы по уч. плану (ЗЕТ, часов всего)	315 (8,75 ЗЕТ)	4
Экзамен	9 (0,25 ЗЕТ)	4

**Самостоятельная работа студентов**

Вид работ	Трудоемкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лк)	90 (2,5 ЗЕТ)
Подготовка к практическим занятиям (пз)	54 (1,5 ЗЕТ)
Подготовка к лабораторным занятиям (лз)	18 (0,5 ЗЕТ)
Выполнение расчетного задания	-
Курсовая работа	72 (1,5 ЗЕТ)
Сам. изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС)	99 (2,75 ЗЕТ)
Объем сам. работы по уч. плану (ЗЕТ, часов всего)	315 (8,75 ЗЕТ)
Экзамен	9 (0,25 ЗЕТ)

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических и видов учебных занятий**

№ п/п	Темы дисциплины	Всего часов на тему	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах)				
			лк	пр	лаб	КР	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>4 курс</b>							
<b>1.</b>	<b>Трансформаторы</b>	<b>94</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>82</b>
1.1	Конструкция трансформатора. Схемы соединения обмоток. Физические процессы при работе трансформатора на холостом ходу. Работа трансформатора при нагрузке, основные уравнения, схема замещения. Эксплуатационные характеристики трансформатора: внешняя характеристика $U_2 = f(I_2)$ и коэффициент полезного действия $\eta = f(P_2)$ при $\cos\varphi_2 = \text{const}$ .	48	2	2	2	-	42
1.2	Регулирование вторичного напряжения трансформатора. Параллельная работа трансформатора.	46	2	2	-	2	40

	тора. Условия включения. Специальные измерительные трансформаторы тока и напряжения.							
<b>2.</b>	<b>Общие вопросы теории электрических машин переменного тока</b>	<b>58</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>52</b>	
2.1.	Конструктивные схемы устройства машин переменного тока. Типы и схемы обмоток переменного тока. Методы расчета магнитной цепи электрических машин.	58	2	2	-	2	52	
<b>3.</b>	<b>Асинхронные машины</b>	<b>72</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>66</b>	
3.1	Математическое описание электромагнитных процессов в асинхронной машине. Схема замещения, энергетическая диаграмма. Механическая характеристика АД $n = f(M)$ при $U_1 = \text{const}$ . Рабочие характеристики асинхронного двигателя $P_1, I_1, \eta, \cos\varphi_1 = f(P_2)$ при $U_1 = \text{const}$ . Проблема пуска АД. Методы решения пускового режима. Регулирование частоты вращения АД. Работа асинхронной машины в качестве индукционного регулятора.	72	2	2	2	-	66	
<b>4.</b>	<b>Синхронные машины</b>	<b>66</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	
4.1	Конструктивные схемы и принцип действия синхронной машины. Схемы возбуждения. Работа синхронного генератора (СГ) на автономную нагрузку. Параллельная работа СГ: регулирование активной мощности и реактивной мощности, U-образные характеристики. Физические особенности работы в двигательном режиме, угловые характеристики. Синхронный компенсатор.	66	2	2	2	-	60	
<b>5.</b>	<b>Машины постоянного тока</b>	<b>61</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>55</b>	
5.1	Работа машины постоянного тока в качестве генератора и двигателя. Основные характеристики. Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока.	61	2	2	2	-	55	
	Экзамен	<b>9</b>					<b>9</b>	
<b>Всего на дисциплину:</b>		часов	<b>360</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>324</b>
		ЗЕТ	<b>10,0</b>	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>	<b>0,22</b>	<b>0,11</b>	<b>9,0</b>

## Содержание по видам учебных занятий

### Дисциплина «Электрические машины»

#### Тема 1. Трансформаторы

**Лекция 1.** Роль и значение трансформаторов. Конструкция трансформатора. Схемы соединения обмоток. Физические процессы при работе трансформатора. Работа трансформатора при холостом ходе. Работа трансформатора при нагрузке. Основные уравнения, описывающие рабочий процесс. Векторная диаграмма трансформатора при различном характере нагрузки. Схема замещения трансформатора. Опыт короткого замыкания. Зависимости  $I_{1к}, P_k = f(U_1)$  (2 часа).

**Практическое занятие 1.** По техническим данным трехфазного трансформатора определение параметров схемы замещения, фазных и линейных токов, построение энергетической и векторной диаграммы при заданной величине и характере нагрузки (2 часа) .

**Лекция 2.** Эксплуатационные характеристики трансформатора: внешняя характеристика  $U_2 = f(I_2)$  при  $\cos\varphi_2 = \text{const}$ ; изменение напряжения на вторичной обмотке; коэффициент полезного действия  $\eta = f(P_2)$  при  $\cos\varphi_2 = \text{const}$ . Регулирование вторичного напряжения трансформатора. Параллельная работа трансформатора. Условия включения. Измерительные трансформаторы (2 часа).

**Практическое занятие 2.** Работа трансформаторов при невыполнении условий включения их на параллельную работу. Регулирование напряжения различными способами (2 часа).

**Лабораторное занятие 1.** Работа трансформатора в режимах холостого хода, короткого замыкания и нагрузки (2 часа).

**Самостоятельная работа 1.** Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, работа над курсовой работой, работа с конспектом лекций и рекомендуемой литературой (82 часа).

### Тема 2. Общие вопросы теории электрических машин переменного тока

**Лекция 3.** Конструктивные схемы машин переменного тока. МДС обмотки переменного тока и магнитное поле в электрических машинах. ЭДС, индуцируемые в обмотках переменного тока. Типы и схемы обмоток переменного тока. Методы расчета магнитной цепи электрических машин постоянного и переменного тока (2 часа).

**Практическое занятие 3.** Расчет обмоток трансформатора цилиндрической, винтовой и катушечной. Особенности расчета магнитной системы трансформатора (2 часа).

**Самостоятельная работа 2.** Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, работа над курсовой работой, работа с конспектом лекций и рекомендуемой литературой (62 часа).

### Тема 3. Асинхронные машины

**Лекция 4.** Назначение, устройство и принцип действия асинхронных машин. Математическое описание электромагнитных процессов, схема замещения асинхронной машины. Энергетическая диаграмма. Механическая характеристика АД  $n = f(M)$  при  $U_1 = \text{const}$ , характерные точки характеристики. Рабочие характеристики асинхронного двигателя  $P_1, I_1, \eta, \cos\varphi_1 = f(P_2)$  при  $U_1 = \text{const}$ . Проблема пуска асинхронного двигателя. Методы решения пускового режима. Регулирование частоты вращения АД. Работа асинхронной машины в качестве индукционного регулятора (2 часа).

**Практическое занятие 4.** Используя паспортные и др. данные асинхронного двигателя определяются параметры схемы замещения, выполняется построение механической характеристики, энергетической и векторной диаграммы. Рассматриваются вопросы выполнения заданных условий пуска различными способами для АД с короткозамкнутым и фазным ротором (2 часа).

**Лабораторное занятие 2.** Асинхронный двигатель в режимах холостого хода, короткого замыкания и нагрузки.

**Самостоятельная работа 3.** Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, выполнение курсовой работы, работа с конспектом лекций и рекомендуемой литературой (66 часов).

### Тема 4. Синхронные машины

**Лекция 5.** Конструктивные схемы и принцип действия синхронной машины. Схемы возбуждения синхронной машины. Работа синхронного генератора (СГ) под нагрузкой: векторная диаграмма неявнополюсного генератора; реакция якоря в явнополюсном СГ, метод двух реакций; векторная диаграмма явнополюсного СГ; характеристики и энергетическая диаграмма СГ. Параллельная работа СГ: включение на параллельную работу; регулирование активной мощности, угловые характеристики активной мощности; угловые характеристики реактивной мощности, U-образные характеристики. Физические особенности двигательного режима (2 часа).

**Практическое занятие 5.** На основании паспортных данных СГ рассматривается его работа на автономную сеть с различным характером и величиной нагрузки (2 часа)..

**Лабораторное занятие 3.** Синхронный генератор при работе на автономную сеть (2 часа).

**Самостоятельная работа 4.** Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, выполнение курсовой работы, работа с конспектом лекций и рекомендуемой литературой (60 часов).

### Тема 5. Машины постоянного тока

**Лекция 5.** Конструктивные схемы и принцип действия машины постоянного тока. Схемы возбуж-

дения машины постоянного тока. Работа машины постоянного тока в качестве генератора: внешние и регулировочные характеристики. Двигатели постоянного тока: механические и регулировочные характеристики. Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока (2 часа).

**Практическое занятие 6.** Рассматривается работа машины постоянного тока при различных схемах возбуждения в генераторном и двигательном режимах работы (2 часа).

**Лабораторное занятие 4.** Генератор постоянного тока с различными схемами возбуждения (2 часа).

**Самостоятельная работа 5.** Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, выполнение курсовой работы, работа с конспектом лекций и рекомендуемой литературой 55 часов).

Лекционные занятия проводятся в интерактивной форме (используются технологии типа «лекция-провокация», т.е. в процессе лекции делается преднамеренная ошибка с последующим опросом студентов на следующей лекции и организацией диалога «преподаватель-студент», «студент-студент» с целью выявления ошибки и установления истины.

На практических занятиях используется бригадный метод выполнения задания с разграничением функциональных обязанностей студента при выполнении задания – анализ исходных данных, разработка алгоритма решаемой задачи или исследуемого вопроса, выбор технологии моделирования. Затем усилия объединяются, и организуется активный диалог студентов с преподавателем и между собой для подведения итогов решения задания.

На лабораторных занятиях оттачиваются навыки экспериментального исследования электрических машин, умения компьютерной обработки полученных результатов и представление их в виде отчета для защиты.

**Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен.**

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Экзамен проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № И-23.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Для обеспечения самостоятельной работы разработаны:

- демонстрационные слайды лекций по дисциплине;
- методические указания по самостоятельной работе при подготовке к практическим занятиям /4/ дополнительной учебной литературы.
- методические указания для выполнения курсовой работы на тему «Силовой трансформатор» /2/ дополнительной учебной литературы.

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования**

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции: ОК-3, ОПК-3, ПК-5, ПК-7.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов).
2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе защит лабораторных работ, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи экзамена.

## 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описания шкал оценивания

Сформированность компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков - на пороговом уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Уровень сформированности каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлен различными видами оценочных средств.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ОПК-3 «способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей» и ПК-5 «готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности» преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защитах лабораторных работ и консультациях курсовой работы, ответах на практических занятиях.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- основных принципов построения электрических машин (ЭМ);
- схемотехники силовых частей и теоретических основ построения систем управления ЭМ;
- вариантов построения замкнутых систем регулирования скорости и момента в ЭМ.

наличие **умения**:

- пользоваться методами построения датчиковых и бездатчиковых систем регулирования выходных параметров ЭМ;

присутствие **навыка**:

- расчета и моделирования подсистем ЭМ (электрической, магнитной, механической и тепловой).

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в процессе выполнения и защиты лабораторных работ, в результате выполнения заданий на практических занятиях и расчетах курсового проекта.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции ОПК-3 и ПК-5 в процессе защиты лабораторных работ, как формы текущего контроля. На защите соответствующих лабораторных работ (методические указания: «Божин Ю.М., Заводянская Е.А., Максимкин В.Л. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Электрические машины.») задается 2 вопроса из примерного перечня:

1. Две формулировки закона электромагнитной индукции и сравните их использование.
2. Приведите закон электромагнитных сил и покажите как его использовать в ЭМ.
3. Поясните, какие узлы необходимы для работы электрических машин,
4. Какие требования можно предъявить к активным материалам для ЭМ?
5. Что такое изоляция ЭМ и каковы ее особенности?
6. Какие законы магнитных цепей используются в ЭМ?

7. На чем основана работа трансформаторов?
8. Из каких материалов изготавливаются трансформаторы ?
9. От чего зависит ЭДС обмоток трансформаторов?
10. Что понимают под коэффициентом трансформации и как его определить?
11. Куда девается энергия, потребляемая трансформатором в режиме ХХ?
12. Какие виды потерь энергии имеются в трансформаторах и как их определить?
13. От чего зависит КПД трансформатора?
14. Для чего трансформаторы включают параллельно?
15. Какие условия надо выполнить перед включением трансформаторов параллельно?
16. Назовите виды схем замещения асинхронного двигателя. Что собой представляет схема замещения?
17. Нарисуйте схему замещения асинхронного двигателя и обозначьте входящие в нее параметры.

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню).

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции ОПК-3 и ПК-5 в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Оценивается активность работы студента на практических занятиях, глубина ответов студента «у доски» при устных опросах в процессе выполнения заданий к каждому практическому занятию.

Способность называть при устном ответе основные законы, приводить простейшие соотношения частотного регулирования, определять типы регуляторов при заданной структуре системы управления и заданных технологических требованиях соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, в дополнение к пороговому самостоятельно задавать структуру скалярной и векторной систем управления – соответствует продвинутому уровню; в дополнении к продвинутому способен рассчитывать параметры регуляторов, синтезировать полную схему модели – соответствует эталонному уровню).

Сформированность уровня компетенции не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является зачет с оценкой (экзамен), оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Экзамен по дисциплине «Электрические машины» проводится в устной форме.

Критерии оценивания (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практические задание

Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнившему практические задание, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомы с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившим другие практические задания из того же раздела дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные проблемы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент: после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

В зачетную книжку студента и выписку к диплому выносятся оценка экзамена по дисциплине за 4 курс.

### **6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной (примерные вопросы по лекционному материалу дисциплины):

1. Основные физические явления, используемые в электромеханике.
2. Основные законы электромеханики.
3. Физические процессы при работе трансформатора.
4. Работа трансформатора при нагрузке. Основные уравнения, описывающие рабочий процесс.
5. Векторная диаграмма трансформатора при различном характере нагрузки.
6. Схема замещения трансформатора. Параметры схемы замещения, их физический смысл.
7. Внешняя характеристика  $U_2 = f(I_2)$  при  $\cos\varphi_2 = \text{const}$ .
8. КПД трансформатора  $\eta = f(P_2)$  при различных значениях  $\cos\varphi_2$ . Энергетическая диаграмма.
9. Математическое описание электромагнитных процессов в асинхронной машине.
10. Схема замещения асинхронной машины. Энергетическая диаграмма.
11. Механическая характеристика АД  $n = f(M)$  при  $U_1 = \text{const}$ , характерные точки характеристики.
12. Рабочие характеристики асинхронного двигателя  $P_1, I_1, \eta, \cos\varphi_1 = f(P_2)$  при  $U_1 = \text{const}$ .
13. Проблема пуска асинхронного двигателя. Методы решения пускового режима.
14. Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя.
15. Работа неявнополюсного СГ на автономную нагрузку. Векторная диаграмма.
16. Работа явнополюсного СГ на автономную нагрузку. Векторная диаграмма.
17. Потери и КПД синхронного генератора СГ. Энергетическая диаграмма СГ.
18. Параллельная работа синхронных генераторов СГ. Включение СГ на параллельную работу.
19. Регулирование активной мощности, угловые характеристики активной мощности СГ.
20. Угловые характеристики реактивной мощности, U-образные характеристики СГ.
21. Физические особенности двигательного режима. Угловые характеристики СД.

22. Особенности пуска синхронного двигателя.
23. Генераторы постоянного тока (ГПТ). Основные уравнения рабочего процесса.
24. Внешние характеристики генераторов постоянного тока при различных схемах возбуждения.
25. Регулировочные характеристики ГПТ при различных схемах возбуждения.
26. КПД генератора постоянного тока. Энергетическая диаграмма. Потери, КПД генератора.
27. Условия самовозбуждения генератора параллельного возбуждения.
28. Двигатели постоянного тока (ДПТ). Основные уравнения ДПТ. Механическая характеристика.
29. Рабочие характеристики двигателя параллельного возбуждения.
30. Способы пуска двигателей постоянного тока.
31. Регулирование скорости вращения двигателей постоянного тока.

Вопросы по приобретению и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной (примеры вопросов к практическим занятиям)

1. Векторная диаграмма трансформатора при различном характере нагрузки.
2. Схема замещения трансформатора. Параметры схемы замещения, их физический смысл.
3. Опыт короткого замыкания. Зависимости  $I_{1к}$ ,  $P_k = f(U_1)$ .
4. Внешняя характеристика  $U_2 = f(I_2)$  при  $\cos\varphi_2 = \text{const}$ .
5. КПД трансформатора  $\eta = f(P_2)$  при различных значениях  $\cos\varphi_2$ . Энергетическая диаграмма.
6. Регулирование вторичного напряжения трансформатора.
7. Параллельная работа трансформатора. Условия включения.
8. Схема замещения асинхронной машины. Энергетическая диаграмма.
9. Механическая характеристика АД  $n = f(M)$  при  $U_1 = \text{const}$ , характерные точки характеристики.
10. Рабочие характеристики асинхронного двигателя  $P_1$ ,  $I_1$ ,  $\eta$ ,  $\cos\varphi_1 = f(P_2)$  при  $U_1 = \text{const}$ .
11. Методы пуска асинхронной машины.
12. Работа неявнополюсного СГ на автономную нагрузку. Векторная диаграмма.
13. Работа явнополюсного СГ на автономную нагрузку. Векторная диаграмма.
14. Потери и КПД синхронного генератора. Энергетическая диаграмма СГ.
15. Параллельная работа синхронных генераторов. Включение СГ на параллельную работу.
16. Регулирование активной мощности, угловые характеристики активной мощности СГ.
17. Угловые характеристики реактивной мощности, U-образные характеристики СГ.
18. Генераторы постоянного тока. Основные уравнения рабочего процесса.
19. Внешние характеристики генераторов постоянного тока при различных схемах возбуждения.
20. Регулировочные хар-ки генераторов постоянного тока при различных схемах возбуждения.
21. КПД генератора постоянного тока. Энергетическая диаграмма. Потери, КПД генератора.
22. Условия самовозбуждения генератора параллельного возбуждения.
23. Двигатели постоянного тока. Основные уравнения ДПТ. Механическая характеристика.
24. Рабочие характеристики двигателя параллельного возбуждения.
25. Способы пуска двигателей постоянного тока.
26. Регулирование скорости вращения двигателей постоянного тока.

Вопросы по закреплению теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями (вопросы к экзамену)

1. Основные физические явления, используемые в электромеханике.
2. Электротехнические материалы, применяемые в трансформаторах и электрических машинах.
3. Основные законы электромеханики.
4. Конструкция трансформатора. Физические процессы при работе трансформатора.
5. Работа трансформатора при нагрузке. Основные уравнения, описывающие рабочий процесс.
6. Векторная диаграмма трансформатора при различном характере нагрузки.
7. Схема замещения трансформатора. Параметры схемы замещения, их физический смысл.

8. Опыт короткого замыкания. Зависимости  $I_{1к}, P_k = f(U_1)$ .
9. Внешняя характеристика  $U_2 = f(I_2)$  при  $\cos\varphi_2 = \text{const}$ .
10. Изменение напряжения на вторичной обмотке.
11. КПД трансформатора  $\eta = f(P_2)$  при различных значениях  $\cos\varphi_2$ . Энергетическая диаграмма.
12. Регулирование вторичного напряжения трансформатора.
13. Параллельная работа трансформатора. Условия включения.
14. Назначение, устройство и принцип действия асинхронной машины.
15. Математическое описание электромагнитных процессов в асинхронной машине.
16. Схема замещения асинхронной машины. Энергетическая диаграмма.
17. Механическая характеристика АД  $n = f(M)$  при  $U_1 = \text{const}$ , характерные точки характеристики.
18. Рабочие характеристики асинхронного двигателя  $P_1, I_1, \eta, \cos\varphi_1 = f(P_2)$  при  $U_1 = \text{const}$ .
19. Проблема пуска асинхронного двигателя. Методы решения пускового режима.
20. Регулирование частоты вращения асинхронного двигателя.
21. Работа асинхронной машины в качестве индукционного регулятора, фазовращателя.
22. Принцип действия синхронной машины. Схемы возбуждения синхронной машины.
23. Работа неявнополюсного СГ на автономную нагрузку. Векторная диаграмма.
24. Работа явнополюсного СГ на автономную нагрузку. Векторная диаграмма.
25. Потери и КПД синхронного генератора. Энергетическая диаграмма СГ.
26. Параллельная работа синхронных генераторов. Включение СГ на параллельную работу.
27. Регулирование активной мощности, угловые характеристики активной мощности СГ.
28. Угловые характеристики реактивной мощности, U-образные характеристики СГ.
29. Физические особенности двигательного режима. Угловые характеристики синхронного двигателя.
30. Особенности пуска синхронного двигателя.
31. Синхронный компенсатор. Конструктивные особенности. Области применения.
32. Конструкция машины постоянного тока (МПТ), принципы работы.
33. Генераторы постоянного тока (ГПТ). Основные уравнения рабочего процесса.
34. Внешние характеристики генераторов постоянного тока при различных схемах возбуждения.
35. Регулировочные характеристики ГПТ при различных схемах возбуждения.
36. КПД генератора постоянного тока. Энергетическая диаграмма. Потери, КПД генератора.
37. Условия самовозбуждения генератора параллельного возбуждения.
38. Двигатели постоянного тока (ДПТ). Основные уравнения ДПТ. Механическая характеристика.
39. Рабочие характеристики двигателя параллельного возбуждения.
40. Способы пуска двигателей постоянного тока.
41. Регулирование скорости вращения двигателей постоянного тока.

#### **6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, изложены в методических указаниях /2 и 4/ дополнительной учебной литературы, в которые входят методические рекомендации к выполнению курсовой работы, практических занятий и расчетного задания.

#### **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

##### **а) основная литература**

1. **Электрические машины** [Текст]: учебник для студ. электромехан. и электроэнергет. спец. вузов /под ред. И.П. Копылова –2-е изд. — М.: Юрайт, 2012. -675 с.
2. **Беспалов В.Я., Котеленец Н.Ф.** «Электрические машины», - М.: Изд. центр «Академия», 2006. - 320 с

#### б) дополнительная литература

3. **Иванов-Смоленский А.В.** «Электрические машины» Учебник для ВУЗов.-М.: Изд.МЭИ,2004, том 1.-448 с, том 2 -536 с.
4. **Баловнев, Д.И.** Методические указания к лабораторным работам по курсу «Электрические машины и аппараты» [Текст]. – Смоленск: РИО филиала ГОУВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Смоленске, 2009. – 68 с.

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

1. Электрические машины учебник [http://elmech.mpei.ac.ru/EM/EM/EM\\_cont\\_0.htm](http://elmech.mpei.ac.ru/EM/EM/EM_cont_0.htm)
2. Сайт Электротехника <http://electrono.ru/>
3. Сайт посвященный вопросам электротехники <http://elektro-tex.ru/>

#### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное изучение курса «Электрические машины» требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

Во время *лекции* студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом рекомендуется помечать материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

Обучающемуся необходимо регулярно отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

*Практические занятия* составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Основная цель проведения практических занятий - формирование у студентов аналитического, творческого мышления путем приобретения практических навыков расчета с использованием компьютера, оформления пояснительной записки расчетного задания, расчетно-пояснительной записки курсовой работы и графической части к ней.

Методические указания к практическим (семинарским) занятиям по дисциплине наряду с рабочей программой и графиком учебного процесса относятся к методическим документам, определяющим уровень организации и качества образовательного процесса.

Содержание *практических занятий* фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

Важнейшей составляющей любой формы практических занятий являются упражнения (задания). Основа в упражнении - пример, который разбирается с позиций теории, развитой в лекции. Как правило, основное внимание уделяется формированию конкретных умений, навыков, что и определяет содержание деятельности студентов - решение задач, графические работы, уточнение категорий и понятий науки, являющихся предпосылкой правильного мышления и речи.

Практические занятия выполняют следующие задачи:

стимулируют регулярное изучение рекомендуемой литературы, а также внимательное отношение к лекционному курсу;

закрепляют знания, полученные в процессе лекционного обучения и самостоятельной работы над литературой;

расширяют объем профессионально значимых знаний, умений, навыков;

позволяют проверить правильность ранее полученных знаний;

прививают навыки самостоятельного мышления, устного выступления;

предоставляют преподавателю возможность систематически контролировать уровень самостоятельной работы студентов.

При подготовке к **практическим занятиям** необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

В ходе выполнения индивидуального расчетного задания студент готовит пояснительную записку (в программе *MS Word* или любом другом текстовом редакторе). В нее заносятся результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы (графики), таблицы, расчеты, ответы на вопросы пунктов задания, выводы и т.п.). Примерный образец оформления отчета имеется у преподавателя (*либо прилагается к настоящей программе*).

После проверки пояснительной записки преподаватель может проводить устный или письменный опрос студентов для контроля усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме задания (студенты должны знать смысл полученных ими результатов и ответы на контрольные вопросы).

**Самостоятельная работа студентов (СРС)** по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

При проведении **лекционных** занятий используется *система* мультимедиа.

При проведении **практических занятий** предусматривается использование систем мультимедиа и компьютерного моделирования.

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

##### **Лекционные занятия:**

Аудитория, оснащенная презентационной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

**Практические занятия** по данной дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

**Лабораторные занятия** по данной дисциплине проводятся в лабораториях кафедры:

- лабораторная работа №1 – в лаборатории «Трансформаторы» (ауд. В110);
- лаб. работы №2 и 3 – в лаборатории «Общего курса электрических машин» (ауд. В01);
- лабораторная работа № 4 – в лаборатории «Машины постоянного тока» (ауд. В02);

Автор

канд.техн.наук, доцент

Кулик Ю.Д.

Зав. кафедрой, к.т.н., доцент

Рожков В.В.

Согласовано:

И.о.зав.кафедрой ЭЭС к.т.н., доцент

Солопов Р.В.

Программа одобрена на заседании кафедры ЭМС 12.10.2015 г. протокол № 3

Программа одобрена на заседании кафедры ЭЭС от 08.09. 2016 г., протокол № 1

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер изме- мене- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	изме- нен- ных	заме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ванн- ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10