

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета энергетике и систем  
управления Бурковский А.В.

«31» Август 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Проектирование электрических машин»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электромеханика

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

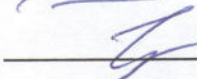
Форма обучения очная

Год начала подготовки 2021

Автор программы



/ к.т.н, доцент Тиунов А.В./



/ст. преподаватель Черных Т.Е./

И.о. заведующего кафедрой  
Электромеханических систем  
и электроснабжения



/ к.т.н, доцент Шелякин В.П./

Руководитель ОПОП



/ к.т.н, доцент Тикунов А.В./

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

формирование теоретических знаний, практических навыков и умений в области проектирования электромеханических преобразователей энергии, освоение методов и способов проектирования

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

- Овладение методами практического проектирования основных типов электрических машин.
- Приобретение навыков расчета и конструирования различных видов электрических машин.
- Получение навыков использования компьютерной техники при проектировании и конструировании электрических машин.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Проектирование электрических машин» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Проектирование электрических машин» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы

ПК-2 - Способен выполнять подготовку элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать основные законы электротехники, необходимые для решения задач анализа и синтеза объектов проектирования
	Уметь - рассчитывать и конструировать работоспособные детали и узлы, с учетом свойств необходимых материалов и наиболее подходящих способов получения заготовок; - выполнять принятое техническое решение по изготовлению деталей и узлов электрических машин и механизмов с заданными входными или выходными характеристикам;
	Владеть методами расчета, необходимыми для решения задач анализа и синтеза объектов проектирования
ПК-2	Знать требования ЕСКД при оформлении проектной и конструкторской документации
	Уметь подготавливать соответствующие разделы документации на основе разработанных технических решений
	Владеть навыками использования программных средств для автоматизации процесса подготовки проектно-конструкторской документации согласно требований ЕСКД

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Проектирование электрических машин» составляет 9 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		7	8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	162	90	72
В том числе:			
Лекции	60	36	24
Практические занятия (ПЗ), в том числе в форме практической подготовки	60 (28)	36 (16)	24 (12)
Лабораторные работы (ЛР), в том числе в форме практической подготовки	42 (16)	18 (8)	24 (8)
<b>Самостоятельная работа</b>	126	54	72
<b>Курсовой проект</b>	+	+	
Часы на контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет с оценкой	+	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	324	144	180
зач.ед.	9	4	5

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
<b>7 семестр</b>							
1	Общие вопросы проектирования электрических машин	Классификация электрических машин, как объектов проектирования. Особенности электрических машин. Подход к проектированию электрических машин. Проблемы оптимального проектирования и применение вычислительной техники при проектировании. Основные конструктивные исполнения электрических машин. Унификация и стандартизация в электромашиностроении. Номинальные данные электрических машин. Исполнения электрических машин по степени защиты и способу охлаждения. Конструктивные исполнения электрических машин и испол-	8	4	10	14	36

		нения по способу монтажа. Установочно-присоединительные размеры. Материалы, применяемые в электромашиностроении. Магнитные, проводниковые, электроизоляционные материалы, обмоточные провода, конструкционные материалы. Обмотки электрических машин: насыпные обмотки, обмотки из полужестких и жестких катушек, стержневые обмотки, обмотки короткозамкнутых роторов. Изоляция обмоток электрических машин. Схемы обмоток электрических машин. Процесс проектирования электрических машин. Стандартные этапы проектирования: техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочий проект. Постановка задачи проектирования. Современные методы проектирования.					
2	Проектирование машин постоянного тока	Постановка задачи проектирования. Особенности машин постоянного тока и области их применения. Основные конструктивные схемы электрических машин постоянного тока. Серии электрических машин постоянного тока. Расчетное проектирование машин постоянного тока. Семантические модели процесса расчетного проектирования машин постоянного тока. Генерация вариантов активной части машины. Методы синтеза вариантов активной части. Синтез на основе машинной постоянной. Выбор электромагнитных нагрузок и их влияние на технико-экономические, технико-эксплуатационные характеристики, на качество и надежность электрических машин постоянного тока. Определение главных размеров. Выбор рационального соотношения главных размеров в соответствии с техническим заданием на проектирование. Геометрическое подобие электрических машин постоянного тока. Расчет параметров якоря. Типы якорных обмоток машин постоянного тока. Выбор типа обмотки якоря. Определение обмоточных данных. Выбор формы паза. Расчет геометрии зубцовой зоны якоря. Определение коэффициента заполнения паза. Расчет магнитной системы. Характери-	28	16	-	40	84

		<p>стики намагничивания машины постоянного тока: характеристика холостого хода и переходная характеристика намагничивания. Реакция якоря при работе машины под нагрузкой. Определения размагничивающего действия поперечной составляющей реакции якоря. Система возбуждения машин постоянного тока. Расчет обмоток возбуждения. Конструкция обмоток возбуждения машин различных мощностей. Коммутационные параметры машин постоянного тока. Расчет коллектора и щеток. Назначение и расчет дополнительных полюсов. Расчет обмотки добавочных полюсов. Классификация потерь мощности. Основные и добавочные потери мощности. Расчет механических, электрических, магнитных потерь мощности. Коэффициент полезного действия. Номинальный режим работы машин постоянного тока. Расчет рабочих характеристик. Определение нагрузки, соответствующей максимальному коэффициенту полезного действия. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Тепловые процессы. Выбор и расчет систем охлаждения. Методы оценки теплового состояния. Режимы работы электрических машин постоянного тока. Выбор системы вентиляции. Методы оценки систем вентиляции. Расчет вентиляционных параметров при различных исполнениях электрических машин. Конструкторское проектирование машин постоянного тока. Оценка качества и технологичности. Конструирование общего вида и оригинальных элементов машин постоянного тока. Механические расчеты. Технико-экономический анализ спроектированной машины. Коэффициент использования</p>						
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	16	8	-	24	
		<b>8 семестр</b>						
3	Проектирование машин переменного тока	<p>Конструкции серийных синхронных машин общего назначения. Система относительных единиц. Выбор главных размеров. Обмотка и зубцовая зона статора. Сегментировка статора. Выбор и расчет пазов статора, обмотки и ярма. Расчет воздушного зазора и полюсов ро-</p>	16	8	16	45	85	

		тора. Расчет демпферной (пусковой) обмотки и магнитной цепи. Определение МДС реакции якоря, параметров обмотки статора для установившегося режима работы, МДС обмотки возбуждения при нагрузке. Построение векторных диаграмм. Расчет обмотки возбуждения. Определение параметров и постоянных времени. Расчет массы активных материалов. Потери и КПД. Характеристики синхронных машин. Расчет пусковых характеристик и некоторые особенности проектирования синхронных машин. Конструкции полюсов синхронных машин. Расчет крепления полюсов. Механический расчет ротора синхронной машины. Тепловой расчет. Вентиляционный расчет. Общие положения к расчету надежности электрических машин					
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	8	8	-	16
4	Проектирование трансформаторов	Конструкции силовых трансформаторов, выпускаемых серийно. Объем задания по расчету силового трансформатора. Выбор основных размеров трансформатора. Расчет обмоток. Расчет тока, числа витков и выбор размера проводников. Выбор типа обмоток высшего и низшего напряжений, изоляционных промежутков, размещение (раскладка) витков в окне магнитопровода. Расчет режима холостого хода трансформатора. Расчет режима нагрузки трансформатора. Определение потерь короткого замыкания. Расчет напряжения короткого замыкания	8	2	-	27	37
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	6	-	-	4
<b>Итого</b>			<b>60</b>	<b>60</b>	<b>42</b>	<b>126</b>	<b>288</b>

Практическая подготовка при освоении дисциплины проводится путем непосредственного выполнения обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, способствующих формированию, закреплению и развитию практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы на практических занятиях и (или) лабораторных работах:

№ п/п	Перечень выполняемых обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью	Формируемые профессиональные компетенции
1	Выполнение расчетного и конструкторского проектирования электродвигателя постоянного тока	ПК-1

2	Разработка конструкторской документации	ПК-2
3	Выполнение этапов расчетного проектирования электрических машин переменного тока	ПК-1
4	Выполнение этапов расчетного проектирования трансформаторов	ПК-1
5	Использования современного программного обеспечения на этапах расчетного, конструкторского и технологического проектирования	ПК-1, ПК-2

## 5.2 Перечень лабораторных работ

- Использование математических САПР для предварительных расчётов геометрии электрических машин
- Использование САПР для подготовки чертежей деталей
- Использование САПР для построения схем обмоток
- Использование информационных технологий для построения характеристик электрических машин
- Система трехмерного твердотельного моделирования "КОМПАС-3D LT":
  - Знакомство с операциями твердотельного моделирования: «кинематическая операция» и «операция по сечениям»;
  - Знакомство с дополнительными операциями твердотельного моделирования;
  - Построение трехмерных сборок
- Конструкторское и технологическое проектирование машин постоянного тока:
  - Построение схемы обмотки якоря двигателя постоянного тока;
  - Построение трехмерной модели якоря двигателя постоянного тока;
  - Построение трехмерной модели полюсов двигателя постоянного тока;
  - Построение трехмерных моделей деталей корпуса двигателя постоянного тока;
  - Построение трехмерной модели машины постоянного тока.
- Конструкторское и технологическое проектирование машин переменного тока:
  - Построение трехмерной модели ротора асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором;
  - Построение трехмерной модели статора машины переменного тока;
  - Построение трехмерных моделей конструктивных элементов машин переменного тока;
  - Построение трехмерной модели асинхронной машины с короткозамкнутым ротором.

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 7 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Проектирование электродвигателя постоянного тока»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Получения навыков использования типовых методик проектирования электрических машин и их отдельных узлов.
- Получение навыков использования методов синтеза и анализа при генерации вариантов активной части.
- Получение навыков использования современных программных средств на различных этапах проектирования.
- Получение навыков оформления конструкторской документации согласно требований ЕСКД.

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	Знать основные законы электротехники, необходимые для решения задач анализа и синтеза объектов проектирования	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь - рассчитывать и конструировать работоспособные детали и узлы, с учетом свойств необходимых материалов и наиболее подходящих способов получения заготовок; - выполнять принятое техническое решение по изготовлению деталей и	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах



	узлов электрических машин и механизмов с заданными входными или выходными характеристиками;			
	Владеть методами расчета, необходимыми для решения задач анализа и синтеза объектов проектирования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	Знать требования ЕСКД при оформлении проектной и конструкторской документации	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь подготавливать соответствующие разделы документации на основе разработанных технических решений	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками использования программных средств для автоматизации процесса подготовки проектно-конструкторской документации согласно требований ЕСКД	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 7, 8 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	Знать основные законы электротехники, необходимые для решения задач анализа и синтеза объектов проектирования	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь - рассчитывать и конструировать работоспособные детали и узлы, с учетом свойств необходимых материалов и наиболее подходящих	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный от-	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	способов получения заготовок; - выполнять принятое техническое решение по изготовлению деталей и узлов электрических машин и механизмов с заданными входными или выходными характеристиками;			вет во всех задачах		
	Владеть методами расчета, необходимыми для решения задач анализа и синтеза объектов проектирования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-2	Знать требования ЕСКД при оформлении проектной и конструкторской документации	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь подготавливать соответствующие разделы документации на основе разработанных технических решений	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками использования программных средств для автоматизации процесса подготовки проектно-конструкторской документации согласно требований ЕСКД	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

- По виду создаваемого в электрических машинах поля они делятся
  - А. на индуктивные, емкостные, индуктивно-емкостные
  - Б. на активные, индуктивные, емкостные
  - В. На индуктивные, емкостные, индукционные
- Начальный пусковой ток электродвигателя это
  - А. ток возбуждения, соответствующий работе машины в номинальном

режиме работы

Б. установившийся ток в обмотке при неподвижном роторе, номинальном напряжении и номинальной частоте

В. Ток, в статорной обмотке электродвигателя, в номинальном режиме работы

- В маркировке по степени защиты от внешних воздействий первая цифра характеризует
  - А. степень защиты от проникновения воды
  - Б. степень защиты от прикосновения и проникновения твердых тел в машину
  - В. степень защиты от проникновения внутрь загрязненного воздуха.
- В маркировке по способу охлаждения вторая цифра характеризует
  - А. устройство цепи для циркуляции хладагента
  - Б. количество цепей охлаждения
  - В. способ перемещения хладагента.
- В электромашиностроении для активных частей машин используются следующие виды материалов:
  - А. магнитные, диэлектрические и электрические
  - Б. диэлектрические и магнитные, конструкционные
  - В. магнитные, проводниковые, электроизоляционные
- Какая электротехническая сталь, не используется для магнитопроводов электрических машин:
  - А. холоднокатанная изотропная сталь
  - Б. горячекатанная изотропная сталь
  - В. литая сталь
- Техническое задание определяет
  - А. Назначение объекта проектирования, его основные технические данные и предъявляемые технико-экономические требования и условия.
  - Б. содержание отдельных разделов РПЗ, а также включает новые разделы по описанию и анализу возможных вариантов объекта проектирования.
  - В. способы и методы изготовления объекта проектирования.
- Главными размерами машины постоянного тока называют:
  - А. наружный диаметр якоря и длину воздушного зазора
  - Б. наружный диаметр якоря и величину воздушного зазора
  - В. внутренний и наружный диаметр магнитопровода якоря
- Число параллельных ветвей простой волновой обмотки равно
  - А.  $2a=4$
  - Б.  $2a=2$

В.  $2a=2m$

- Число параллельных ветвей простой петлевой обмотки равно
  - А.  $2a=4$
  - Б.  $2a=2$
  - В.  $2a=2m$

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения типовых задач

- Выберите тип якорной обмотки для двигателя постоянного тока номинальной мощностью 7,5 кВт и высотой оси вращения 160 мм
  - А. простая волновая
  - Б. простая петлевая.
  - В. комбинированная
- При проектировании машин постоянного тока для машин с  $D$  до 0,1 м принимают
  - А.  $2p=2$
  - Б.  $2p = 4$
  - В.  $2p = 8$
- Число зубцов якоря машины постоянного тока определяется по формуле:
  - А.  $Z = \pi D/t_1$
  - Б.  $Z = \pi D/A$
  - В.  $Z = N/t_1$
- Выберите тип обмотки для синхронного двигателя номинальной мощностью 500 кВт
  - А. простая волновая
  - Б. простая петлевая.
  - В. комбинированная
- В машинах постоянного тока при  $D > 250$  мм выполняется форма паза на якоре:
  - А. круглая
  - Б. грушевидная
  - В. прямоугольная
- Коэффициент заполнения паза якоря должен находиться в диапазоне:
  - А. 0,65...0,72
  - Б. 0,55...0,75
  - В. 0,95...0,97
- Магнитная индукция в воздушном зазоре машины постоянного тока находится по формуле:
  - А.  $B_\delta = \Phi_\delta/S_\delta$
  - Б.  $B_\delta = k_\delta/l_\delta$
  - В.  $B_\delta = \Phi_\delta/S_z$
- В синхронных машинах выполняются радиальные вентиляционные каналы на статоре
  - А. при  $l_\delta > 250$  мм

- Б. при  $l_\delta > 500$  мм
- В. в любом случае
- Для синхронных машин на статоре применяется
  - А. простая волновая
  - Б. простая петлевая.
  - В. комбинированная
- В синхронных машинах сегментировка магнитопровода статора применяется в случае
  - А.  $D_a > 990$  мм
  - Б.  $h > 250$  мм
  - В.  $l_\delta > 250$  мм

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

- Имеется двигатель постоянного тока со следующими данными: номинальная мощность 10 кВт, номинальное напряжение 220 В, КПД 0,84, высота оси вращения 180 мм. Определите диаметр якоря.
- Имеется трехфазный асинхронный двигатель работающий от сети  $U=380$  В,  $f=50$  Гц, при номинальной частоте вращения 1500 об/мин. Определите количество пар полюсов.
- Имеется трехфазный асинхронный четырехполюсный двигатель, работающий от сети  $U=380$  В,  $f=50$  Гц, который развивает на валу момент  $M_2=20$  Н\*м, при частоте вращения ротора 1435 об/мин и потребляемом токе  $I=6,25$  А,  $\cos\varphi=0,85$ . Определите полезную мощность  $P_2$  и потребляемую мощность  $P_1$ .
- Имеется трехфазный асинхронный двигатель со следующими данными: номинальная мощность 40 кВт, номинальное напряжение 220/380 В, номинальный ток 135/78,2 А, КПД 0,89. Определите коэффициент мощности двигателя.
- Имеется двигатель постоянного тока со следующими данными: номинальная мощность 10 кВт, номинальное напряжение 220 В, КПД 0,82. Определите номинальный ток двигателя.
- Имеется трехфазный асинхронный двигатель работающий от сети  $U=380$  В,  $f=50$  Гц, при номинальной частоте вращения 1500 об/мин. Внутренний диаметр статора электродвигателя 97 мм,  $2p=4$ . Определите величину полюсного деления.
- Рассчитайте геометрические размеры паза якоря двигателя постоянного тока ( $D=156$  мм,  $h_n = 20 \cdot 10^{-3}$  м,  $b_z = 7,5 \cdot 10^{-3}$  м.,  $Z=36$ ).
- Рассчитайте геометрические размеры паза ротора асинхронного двигателя ( $D=97$  мм,  $D_a=149$  мм  $h_{n,1} = 13,0 \cdot 10^{-3}$  м.,  $Z=36$ ).
- Рассчитайте параметры простой волновой обмотки двигателя постоянного тока ( $z=29$ ,  $K=87$ ,  $w_c=2$ ,  $N=348$ ).
- Рассчитайте параметры простой петлевой обмотки двигателя переменного тока ( $z=36$ ,  $q=3$ ,  $\tau=9$ ,  $\beta=1$ ).

### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

- Исполнение электрических машин по степени защиты от воздействия окружающей среды.
- Исполнение электрических машин по способу охлаждения.
- Конструктивное исполнение и способ монтажа электрических машин
- Режимы работы электрических машин.
- Магнитные материалы, применяемые в электромашиностроении
- Проводниковые материалы, применяемые в электромашиностроении
- Изоляционные материалы, применяемые в электромашиностроении
- Конструкционные материалы, применяемые в электромашиностроении
- Главные размеры машины постоянного тока, методы определения главных размеров.
- Типы обмоток якоря. Критерии выбора типа обмотки якоря.
- Параметры, относящиеся к обмоточным данным. Определение шагов обмотки якоря.
- Коэффициент заполнения паза обмоткой якоря.
- Воздушный зазор. Выбор величина воздушного зазора.
- Алгоритмы расчета магнитной цепи и характеристик намагничивания.
- Реакция якоря. Условия возникновения в машине реакция якоря. Составляющие реакции якоря.
- Методы определения размагничивающего действия поперечной составляющей реакции якоря.
- Типы систем возбуждения машин постоянного тока.
- Расчет обмоток при независимом или параллельном возбуждении.
- Расчет обмоток при последовательном возбуждении.
- Расчет обмоток при смешанном возбуждении.
- Конструкция катушек обмоток возбуждения.
- Коммутация. Параметры, характеризующие процесс коммутации. Факторы, влияющие на коммутацию и коммутационные параметры.
- Качественные и количественные критерии оценки коммутации.
- Степени искрения под щетками. Меры применяемые для снижения степени искрения под щетками.
- Реактивная ЭДС.
- Определение размеров щеток.
- Добавочные полюса. Алгоритмы расчета магнитной цепи и обмотки добавочных полюсов.
- Потери мощности.
- Алгоритм расчета номинальных параметров.
- Рабочие характеристики двигателей постоянного тока.
- Алгоритм расчета рабочих характеристик двигателя постоянного тока.
- Методы оценки теплового состояния электрических машин.
- Системы вентиляции электрических машинах постоянного тока.
- 

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для экзамена**

- Принцип действия и область применения синхронных машин.
- Конструкция явнополюсной синхронной машины.

- Конструкция неявнополюсной синхронной машины.
- Турбо- и гидрогенераторы.
- Задание на проектирование
- Выбор главных размеров.
- Обмотка статора синхронных машин.
- Расчет зубцовой зоны статора синхронных машин.
- Сегментировка статоров.
- Расчет размеров паза статора.
- Расчет обмотки статора синхронных машин.
- Расчет величины воздушного зазора.
- Расчет полюсов ротора.
- Демпферная обмотка.
- Расчет магнитной цепи синхронных машин.
- Определение МДС реакции якоря.
- Параметры обмотки статора.
- Определение МДС обмотки возбуждения.
- Векторные диаграммы для синхронных двигателей и генераторов.
- Системы возбуждения синхронных машин.
- Расчет обмотки возбуждения.
- Параметры и постоянные времени.
- Определение массы активных материалов синхронных машин.
- Потери в синхронных машинах.
- Определение КПД.
- Тепловой расчет обмотки статора.
- Основные характеристики синхронных двигателей.
- Основные характеристики синхронных генераторов.
- Регулировочная характеристика генератора.
- Внешняя характеристика.
- U-образные характеристики.
- Угловые характеристики.
- Рабочие характеристики двигателей.
- Расчет токов короткого замыкания.
- Пусковые характеристики.
- Конструкция силовых трансформаторов.
- Определение главных размеров силовых трансформаторов
- Расчет обмоток трансформаторов
- Расчет магнитопровода трансформаторов.
- Характеристики трансформаторов

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен и зачеты проводятся по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент на-

брал менее 10 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 10 до 14 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 15 до 18 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 19 до 20 баллов.)

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Общие вопросы проектирования электрических машин	ПК-1, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту.
2	Проектирование машин постоянного тока	ПК-1, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту.
3	Проектирование машин переменного тока	ПК-1, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту.
4	Проектирование трансформаторов	ПК-1, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту.

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**



Копылов И.П. Проектирование электрических машин. Учебник для бакалавров / под ред. И.П. Копылова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2014. - 767 с.

Титова Л.Н. Проектирование асинхронных двигателей. учеб. пособие. / Л.Н. Титова, А.В. Тикунов, С.А. Белозоров – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. - 129 с.

Белозоров С.А. Использование информационных технологий при проектировании и конструировании электрических машин: лабораторный практикум. Белозоров С.А., Тикунов А.В.; Черных Т.Е. Учебное пособие / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т", каф. электромеханических систем и электрооборудования. - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2017. - 112 с.

Рабочая по дисциплине «Проектирование электрических машин», раздел «Асинхронные машины», для бакалавров направления «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Электромеханика») всех форм обучения. ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Л.Н. Титова, А.В. Тикунов, Т.Е. Черных. Воронеж, 2013. – 36 с.

Методические указания к лабораторной работе «Знакомство с дополнительными операциями твердотельного моделирования» по дисциплинам «Проектирование электрических машин» для бакалавров направления 140400 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Электромеханика»). ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.В. Тикунов, С.А. Белозоров, Т.Е. Черных. Воронеж, 2014. 28 с.

Методические указания к лабораторной работе «Построение трехмерных сборок» по дисциплинам «Проектирование электрических машин» для бакалавров направления 140400 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Электромеханика»). ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.В. Тикунов, С.А. Белозоров, Т.Е. Черных. Воронеж, 2014. 21 с.

Методические указания к практическим занятиям и курсовому проектированию по дисциплине «Проектирование электрических машин» для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Электромеханика») очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Т.Е. Черных, А.В. Тикунов. Воронеж: Изд-во ВГТУ. 2020, 32 с.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

### 8.2.1 Программное обеспечение

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic;
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader
- Internet explorer;
- SMath Studio.
- Компас-График LT;
- AutoCAD;

### 8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>

### 8.2.3 Информационные справочные системы

- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>

### 8.2.4 Современные профессиональные базы данных

- Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.

URL: <http://docs.cntd.ru>

- Единая система конструкторской документации. URL: [https://standartgost.ru/0/2871-edinaya\\_sistema\\_konstruktorskoj\\_dokumentatsii](https://standartgost.ru/0/2871-edinaya_sistema_konstruktorskoj_dokumentatsii)

- Федеральный институт промышленной собственности. Информационно-поисковая система. URL: [www1.fips.ru](http://www1.fips.ru)

- Национальная электронная библиотека. URL: [elibrary.ru](http://elibrary.ru)

- Electrical 4U. Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник». Адрес ресурса: <https://www.electrical4u.com/>

- All about circuits. Одно из самых крупных онлайн-сообществ в области электротехники. На сайте размещены статьи, форум, учебные материалы (учебные пособия, видеолекции, разработки, вебинары) и другая информация. Адрес ресурса: <https://www.allaboutcircuits.com>

- Netelectro. Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>

- Marketelectro. Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг. Адрес ресурса: <https://marketelectro.ru/>

- Чертежи.ru Адрес ресурса: <https://chertezhi.ru/>

- Каталог электротехнического оборудования. URL: <https://electro.mashinform.ru;>

- Справочник обмотчика асинхронных электродвигателей. URL: <http://sprav.dvigatel.org;>

- Электродвигатели. <http://www.elecab.ru/dvig.shtml>

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

– **Специализированная лекционная аудитория**, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

– **Дисплейный класс**, оснащенный программным обеспечением для проведения лабораторного практикума.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Проектирование электрических машин».

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета и конструирования электрических машин, и их отдельных узлов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоя-

	<p>тельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>