

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



ПТВЕРЖДАЮ:
Директор института
С.Е. Гавришев
2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Направление подготовки (специальность)
21.05.04 Горное дело

Направленность (специализация) программы
Электрификация и автоматизация горного производства

Уровень высшего образования – специалитет

Форма обучения
очная

Институт
Кафедра
Курс
Семестр

горного дела и транспорта
горных машин и транспортно-технологических комплексов
4
7

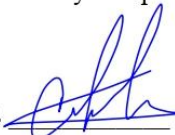
Магнитогорск
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 21.05.04 Горное дело, утвержденного приказом МОиН РФ от 17.10.2016 г. № 1298.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры горных машин и транспортно-технологических комплексов «27» января 2017 г., протокол № 7.

Зав. кафедрой  / А.Д. Кольга /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института горного дела и транспорта «31» января 2017 г., протокол № 7.


Председатель  / С.Е. Гавришев /

Рабочая программа составлена: доцент кафедры ГМиТТК, к.т.н., доцент

 / Б.М. Габбасов /

Рецензент:

заведующий лаборатории ООО «УралГеоПроект»

 / Ар.А. Зубков /

Лист регистрации изменений и дополнений

№ п/п	Раздел программы	Краткое содержание изменения/дополнения	Дата. № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой
1	№ 8	Актуализация учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	Протокол №1 от 31.08.17	
С 01.09.17 по 27.10.17 по распоряжению №10-39/70 от 01.09.2017				
2	№ 8	Актуализация учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	Протокол №3 от 23.10.18	
С 21.09.18 по 08.11.19 по распоряжению №10-39/75 от 21.09.18				
3	№ 8	Актуализация учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	Протокол №3 от 11.10.19	
С 21.023.10.19 по 01.11.19 по распоряжению №10-39/93 от 23.10.19				

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) «Электрические машины» являются:

- формирование и развитие способности к анализу и синтезу конструкций электрических машин и оборудования горного производства;
- формирование и развитие способности анализировать состояние и перспективы развития электрических машин и оборудования, их технологического оборудования и комплексов на их базе;
- формирование и развитие способности проводить стандартные испытания электрических машин технологического оборудования;
- формирование и развитие способности анализировать состояние и перспективы развития электрических машин, их технологического оборудования и комплексов на их базе;
- формирование и развитие способности определять способы достижения целей проекта, выявлять приоритеты решения задач при производстве, модернизации и ремонте электрических машин, их технологического оборудования и комплексов на их базе;
- формирование и развитие способности разрабатывать конкретные варианты решения проблем производства, модернизации и ремонта электрических машин и оборудования, проводить анализ этих вариантов, осуществлять прогнозирование последствий, находить компромиссные решения в условиях многокритериальности и неопределенности;
- формирование и развитие способности разрабатывать с использованием информационных технологий, конструкторско-техническую документацию для производства новых или модернизируемых образцов электрических машин и оборудования и их технологического оборудования;
- формирование и развитие способности проводить стандартные испытания электрических машин и оборудования.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра (магистра, специалиста)

Дисциплина «Электрические машины» входит в базовую часть блока профессионального цикла образовательной программы Б1.Б.42.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения предшествующих дисциплин и прохождения практик:

Б1.Б.01История

Б1.Б.02Иностранный язык

Б1.Б.03Философия

Б1.Б.04Экономика

Б1.Б.05Правоведение

Б1.Б.06Культурология и межкультурное взаимодействие

Б1.Б.07Технология командообразования и саморазвития

Б1.Б.08Безопасность жизнедеятельности

Б1.Б.09Математика

Б1.Б.10Физика

Б1.Б.11Геология

Б1.Б.12Механизация горного производства

Б1.Б.13Информатика

Б1.Б.14Химия

Б1.Б.15Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика

Б1.Б.16.01Теоретическая механика

Б1.Б.16.02Сопrotивление материалов

Б1.Б.16.03Прикладная механика

Б1.Б.17.01Подземная разработка МПИ

Б1.Б.17.03Строительная геотехнология

Б1.Б.18 Геодезия и маркшейдерия
Б1.Б.19 Основы переработки полезных ископаемых
Б1.Б.20.01 Обоснование проектных решений
Б1.Б.20.02 Технология производства работ
Б1.Б.20.03 Анализ и оценка результатов
Б1.Б.21 Продвижение научной продукции
Б1.Б.22 Горное право
Б1.Б.23 Экономика и менеджмент горного производства
Б1.Б.24 Горнопромышленная экология
Б1.Б.25 Электротехника
Б2.Б.01(У) Учебная - практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы при изучении следующих дисциплин, прохождении практик и ГИА:

Б1.Б.26 Конструкционные и инструментальные материалы в горном производстве
Б1.Б.27 Безопасность ведения горных работ
Б1.Б.28 Технология и безопасность взрывных работ
Б1.Б.29 Обогащение полезных ископаемых
Б1.Б.30 Физика электрических пород
Б1.Б.31 Метрология, стандартизация и сертификация в горном деле
Б1.Б.32 Аэрология электрических предприятий
Б1.Б.34 История горного дела
Б1.Б.35 Геомеханика
Б1.Б.36 Физические основы электроники
Б1.Б.37 Теория автоматического управления
Б1.Б.39 Электроснабжение горного производства
Б1.Б.40 Проектирование электрооборудования и электроснабжения электрических предприятий
Б1.Б.41 Силовая преобразовательная техника
Б1.В.ДВ.7.1 Средства электроавтоматики в гидро- и пневмоприводах
Б1.В.01 Гидромеханика
Б1.В.02 Теплотехника и ДВС
Б1.В.03 Организация работы и обслуживания электромеханического оборудования электрических предприятий
Б1.В.04 Автоматизированный электропривод машин и установок горного производства
Б1.В.05 Автоматика машин и установок горного производства
Б1.В.06 Электробезопасность на электрических предприятиях
Б1.В.ДВ.01.01 Управление техническими системами
Б1.В.ДВ.01.02 Спецкурс (Методы неразрушающего контроля)
Б1.В.ДВ.02.01 Электрооборудование обогатительных фабрик
Б1.В.ДВ.02.02 Электрооборудование шахт, карьеров и обогатительных предприятий
Б1.В.ДВ.03.01 Диагностика и надёжность автоматизированных систем
Б1.В.ДВ.03.02 Организация эксплуатации автоматизированных систем
Б1.В.ДВ.04.01 Монтаж и эксплуатация электроустановок
Б1.В.ДВ.04.02 Основы эксплуатации электроустановок
Б1.В.ДВ.05.01 Средства электроавтоматики в гидро- и пневмоприводе
Б1.В.ДВ.05.02 Теория автоматов
Б1.В.ДВ.06.01 Программируемые контроллеры в системах автоматизации производственных процессов
Б1.В.ДВ.06.02 Современные системы автоматизации на электрических предприятиях
Б2.Б.02(Н) Научно-исследовательская работа

Б2.Б.03(П)Производственная - практика по получению первичных профессиональных умений и навыков

Б2.Б.04(П)Производственная - преддипломная практика

Б3.Б.01 Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Б3.Б.02 Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электрические машины» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПСК-10.1 способностью и готовностью создавать и эксплуатировать электротехнические системы электрических предприятий, включающие в себя комплектное электрооборудование закрытого и рудничного исполнения, электрические сети открытых и подземных электрических и горно-строительных работ, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций	
Знать	- конструкции и принципы действия современных электрических машин и оборудования; - технические характеристики современных электрических машин и оборудования; - перспективные направления развития электрических машин и оборудования.
Уметь	- использовать актуальные стандарты и нормативную документацию в области машин и оборудования электрических машин и оборудования; - анализировать состояние и перспективы развития машин и оборудования электрических машин и оборудования; - использовать современные подходы к анализу машин электрических машин и оборудования.
Владеть	- методиками анализа состояния электрических машин и оборудования; - современными методиками расчета и проектирования электрических машин и оборудования; - навыками поиска и анализа информации о перспективных методах электрических машин и оборудования.
ПК-14 готовностью участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов	
Знать	- основные составные электрических машин и оборудования; - принципы функционирования электрических машин и оборудования; - технические характеристики и электрических машин и оборудования.
Уметь	- выделять в конструкции электрических машин и оборудования; - разрабатывать схемы электрических машин и оборудования; - оценивать параметры электрических машин и оборудования.
Владеть	- методикой структурно-функционального анализа электрических машин и оборудования; - методиками расчета основных параметров электрических машин и оборудования; - методиками проектирования деталей и узлов электрических машин и оборудования.

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 109,9 акад. часов:
 - аудиторная – 108 акад. часов;
 - внеаудиторная – 1,9 акад. часов
- самостоятельная работа – 70,1 акад. часов;
-

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Раздел: Введение	4							
1.1. Тема: Предмет курса «Электрические машины», его место в системе электротехнического образования. Связь курса со смежными дисциплинами электродинамического цикла. Краткие исторические сведения об электрических машинах и трансформаторах. Вклад в электротехнику и в электромашиностроение отечественных и зарубежных ученых. Классификация и основные виды электрических машин.	4	1				Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическими материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет).	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное сообщение на занятии.	ПК-14 ПСК-10.1
1.2. Тема: Коллекторная машина постоянного тока и основные элементы ее	4	1	3/1И	3/1И		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное со-	ПК-14 ПСК-10.1

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>конструкции. Магнитная цепь машины постоянного тока. Кривая намагничивания и магнитная характеристика машины. Понятия коэффициента насыщения.</p> <p>Конструкция и принципы построения обмоток якоря. ЭДС и электромагнитный момент машины постоянного тока.</p> <p>Магнитное поле машины постоянного тока при нагрузке, понятие реакции реакции якоря. Процесс коммутации, искрение на коллекторе. Способы улучшения и наладки коммутации. Особенности коммутации при пульсирующем напряжении. Электрические машины с полупроводниковыми коммутаторами.</p>					Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к практическому занятию и выполнение практических работ.	общение на занятии. Защита лабораторных работ. Проверка индивидуального задания и его защита.		
<p>1.3. Тема: Классификация генераторов по способу возбуждения. Энергетическая диаграмма и уравнения генератора. Условия самовозбуждения. Характеристики генераторов. Параллельная работа генераторов.</p>	4	1		1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное общение на занятии.	ПК-14 ПСК-10.1	

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						коммуникационные сети Интернет).		
1.4. Тема: Преобразование электрической энергии в механическую. Принцип обратимости электрических машин. Энергетическая диаграмма и уравнение ЭДС двигателя. Электро – механические характеристики двигателей. Условия устойчивой работы. Пуск в ход и регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока. Влияние коммутации на допустимые пределы регулирования частоты вращения. Тормозные режимы двигателей постоянного тока. Потери и к.п.д. машин постоянного тока. Методы определения потерь. Понятие о предельных машинах постоянного тока.	4	1	3/1И		1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическими материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к лабораторным занятиям.	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное сообщение на занятии. Защита лабораторных работ.	ПК-14 ПСК-10.1
1.5. Тема: Назначение, области применения трансформаторов. Классификация и конструкция трансформаторов. Принцип действия трансформатора. Процессы в трансформаторе при холостом ходе. Характеристика намагничивания.	4	1	3/1И		1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическими материалами, с электронными библиотеками	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное сообщение на занятии. Защита лабораторных работ.	ПК-14 ПСК-10.1

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>Форма кривой намагничивающего тока. Потери холостого хода.</p> <p>Векторные диаграммы трансформатора при холостом ходе. Схема замещения и уравнения ЭДС и МДС трансформатора. Работа трансформатора в режиме короткого замыкания. Работа трансформатора под нагрузкой. Внешние характеристики и изменение вторичного напряжения трансформатора.</p> <p>Экспериментальное определение параметров и потерь из опытов холостого хода и короткого замыкания трансформатора. Связь между размерами трансформатора и его электромагнитными нагрузками.</p>					и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к лабораторным занятиям.			
<p>1.6. Тема: Магнитные системы трехфазных трансформаторов. ЭДС трехфазных обмоток. Схемы и группы соединения трансформаторов, параллельная работа трансформаторов.</p> <p>Особенности холостого хода трехфазных трансформаторов. Высшие гармо-</p>	4	1	3/1И		1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное сообщение на занятии. Защита лабораторных работ.	ПК-14 ПСК-10.1

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
нические в кривых намагничивающих токов, магнитных потоков и ЭДС. Несимметричные режимы работы трехфазных трансформаторов. Методы исследования.						коммуникационные сети Интернет). Подготовка к лабораторным занятиям.		
1.7. Тема: Автотрансформаторы, трансформаторы для преобразования трехфазной системы в двухфазную, трансформаторы для преобразования частоты. Трансформаторы с плавным регулированием напряжения. Сварочные трансформаторы. Испытательные трансформаторы. Многообмоточные трансформаторы.	4	1	3/1И	3/1И	1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическими материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к практическому занятию и выполнение практических работ.	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное сообщение на занятии. Защита лабораторных работ. Проверка индивидуального задания и его защита.	ПК-14 ПСК-10.1
Итого по разделу	4	7	15/5И	6/2И	5			
2. Раздел:	4							
2.1. Тема: Классификация, конструкция, принцип действия машин переменного тока. ЭДС обмоток машин переменного тока. Принцип выполнения и ос-	4	1			1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с биб-	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное сообщение на занятии.	ПК-14 ПСК-10.1

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
новные типы обмоток переменного тока. Коэффициент воздушного зазора. Индуктивные сопротивления обмоток переменного тока. Разложения пульсирующей намагничивающей силы на две вращающиеся. Намагничивающая сила трехфазной обмотки.						лиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет).		
<p>2.2. Тема: Режим работы асинхронной машины, при заторможенном роторе. Основные уравнения, векторные диаграммы, схемы замещения.</p> <p>Приведение рабочего процесса вращающейся асинхронной машины к неподвижной. Основные уравнения, векторные диаграммы, схемы замещения. Режимы работы асинхронной машины. Электромагнитные мощность и момент. Механические и скоростные характеристики асинхронного двигателя. Рабочие характеристики при полном и пониженном напряжении. Построение рабочих характеристик с помощью круговых диаграмм.</p>	4	1	3/И	1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к лабораторным занятиям.	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное сообщение на занятии. Защита лабораторных работ.	ПК-14 ПСК-10.1	

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
2.3. Тема: Способы пуска асинхронных двигателей. Пусковые характеристики двигателей. Двигатели с улучшенными пусковыми характеристиками. Способы регулирования частоты вращения ротора. Электромагнитные процессы и характеристики при разных способах регулирования. Тормозные режимы асинхронных двигателей.	4	1		3/ИИ	1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическими материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к практическому занятию и выполнение практических работ.	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное сообщение на занятии. Проверка индивидуального задания и его защита.	ПК-14 ПСК-10.1
2.4. Тема: Принцип действия, схема и конструкция однофазных двигателей. Способы создания пускового момента. Исполнительные однофазные двигатели.	4	1			1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическими материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет).	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное сообщение на занятии.	ПК-14 ПСК-10.1
2.5. Тема: Назначение, области применения, конструкция, системы возбуждения и охлаждения. Электромагнитные процессы в синхронной машине при холо-	4	1		3/ИИ	1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с биб-	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное сообщение на занятии. Проверка индивидуального за-	ПК-14 ПСК-10.1

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
стом ходе. Форма магнитного поля и ЭДС при холостом ходе.						лиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет). Подготовка к практическому занятию и выполнение практических работ.	дания и его защита.	
2.6. Тема: Электромагнитные процессы в синхронной машине при симметричной нагрузке. Реакция якоря синхронной машины. Поперечное и продольное поле якоря. Влияние поля якоря на форму кривой напряжения синхронного генератора. Параметры обмотки статора при установившемся симметричном режиме нагрузки. Векторные диаграммы синхронных генераторов. Характеристики синхронных генераторов. Условия включения синхронных генераторов на параллельную работу и методы синхронизации. Электромагнитная мощность синхронных машин синхронизирующие мощность и момент. Статическая перегружаемость синхронных машин, понятие о статической	4	1			1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет).	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное сообщение на занятии.	ПК-14 ПСК-10.1

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
устойчивости. U – образные характеристики синхронных машин. Синхронный двигатель. Основные энергетические соотношения и векторные диаграммы синхронного двигателя. Рабочие характеристики синхронных двигателей. Реактивные синхронные двигатели. Регулирование активной и реактивной мощности. Синхронные компенсаторы								
2.7. Тема: Исполнительные двигатели постоянного и переменного тока. Тахогенераторы постоянного и переменного тока. Тихоходные двигатели с электромагнитной редукцией частоты вращения.	4	1			1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическим материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет).	Индивидуальное собеседование. Индивидуальное сообщение на занятии.	ПК-14 ПСК-10.1
Итого по дисциплине	4	46	18/6И	46/18И	64,1			

И – в том числе, часы, отведенные на работу в интерактивной форме.

5 Образовательные и информационные технологии

1. **Традиционные образовательные технологии** ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

2. **Технологии проблемного обучения** – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения:

Проблемная лекция – изложение материала, предполагающее постановку проблемных и дискуссионных вопросов, освещение различных научных подходов, авторские комментарии, связанные с различными моделями интерпретации изучаемого материала.

Практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

3. **Технологии проектного обучения** – организация образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи или выполнения учебного задания. Проект предполагает совместную учебно-познавательную деятельность группы студентов, направленную на выработку концепции, установление целей и задач, формулировку ожидаемых результатов, определение принципов и методик решения поставленных задач, планирование хода работы, поиск доступных и оптимальных ресурсов, поэтапную реализацию плана работы, презентацию результатов работы, их осмысление и рефлексию.

Основной тип проектов:

Исследовательский проект – структура приближена к формату научного исследования (доказательство актуальности темы, определение научной проблемы, предмета и объекта исследования, целей и задач, методов, источников, выдвижение гипотезы, обобщение результатов, выводы, обозначение новых проблем).

4. **Интерактивные технологии** – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий. Интерактивность подразумевает субъект-субъектные отношения в ходе образовательного процесса и, как следствие, формирование саморазвивающейся информационно-ресурсной среды.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

Лекция «обратной связи» – лекция–провокация (изложение материала с заранее запланированными ошибками), лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-прессконференция.

5. **Информационно-коммуникационные образовательные технологии** – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных про-

граммных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

Практическое занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных сред.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Электрические машины» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Самостоятельная работа по освоению дисциплины необходима для углубленного изучения материала курса. Самостоятельная работа студентов регламентируется графиками учебного процесса и самостоятельной работы.

Самостоятельная работа студентов состоит из следующих взаимосвязанных частей:

1) Изучение теоретического материала в форме:

- Самостоятельное изучение учебной и научно литературы по теме
- Поиск дополнительной информации по теме (работа с библиографическими материалами, с электронными библиотеками и ЭОР, информационно-коммуникационные сети Интернет).

Остаточные знания определяются результатами сдачи (зачета).

2) Подготовка к лабораторным занятиям

Самостоятельная работа выполняется студентами на основе учебно-методических материалов дисциплины, приведенных в разделе 7.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине (модулю) за период обучения и проводится в форме зачета.

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПСК-10.1 способностью и готовностью создавать и эксплуатировать электротехнические системы горных предприятий, включающие в себя комплектное электрооборудование закрытого и рудничного исполнения, электрические сети открытых и подземных горных и горно-строительных работ, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций		
Знать	<ul style="list-style-type: none">- конструкции и принципы действия современных электрических машин;- технические характеристики современных электрических машин;- перспективные направления развития электрических машин.	Теоретические вопросы к зачету (перечень вопросов приведен в разделе 7)
Уметь	<ul style="list-style-type: none">- использовать актуальные стандарты и нормативную документацию в электрических машин;- анализировать состояние и перспективы развития электрических машин;- использовать современные подходы к анализу электрических машин.	Практические задания для зачета (примерный перечень заданий приведен в разделе 7,
Владеть	<ul style="list-style-type: none">- методиками анализа состояния электрических машин и оборудования;- современными методиками расчета и проектирования электрических машин;- навыками поиска и анализа информации о перспективных методах электрических ма-	Теоретические вопросы к зачету (перечень вопросов приведен в разделе 7)

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	шин.	
ПК-14 готовностью участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> - основные составные части электрических машин и оборудования; - принципы функционирования электрических машин и оборудования; - технические характеристики и параметры электрических машин и оборудования. 	Теоретические вопросы к зачету (перечень вопросов приведен в разделе 7)
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> - выделять в конструкции электрических машин и оборудования основные составные части; - разрабатывать кинематические схемы электрических машин и оборудования; - оценивать параметры электрических машин и оборудования. 	Практические задания для зачета (примерный перечень заданий приведен в разделе 7,
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> - методикой структурно-функционального анализа электрических машин и оборудования; - методиками расчета основных параметров электрических машин и оборудования; - методиками проектирования деталей и узлов электрических машин и оборудования. 	Теоретические вопросы к зачету (перечень вопросов приведен в разделе 7)

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Электрические машины» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме по теоретическим вопросам.

Показатели и критерии оценивания зачета:

– на оценку **«зачтено»** – обучающийся демонстрирует уровень сформированности компетенций выше порогового: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«не зачтено»** – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Для проведения контроля знаний, умений и навыков студентов по дисциплине разработаны:

– теоретические вопросы для самоконтроля при подготовке к зачету;

1. Принцип работы электрических машин и его реализация в генераторах постоянного тока (ГПТ).
2. Принцип работы электрических машин и его реализация в двигателях постоянного тока (ДПТ).
3. Представить эскизный поперечный разрез машины постоянного тока (МПТ) с перечнем всех ее составных элементов и объяснением их функционального назначения.
4. Коммутация. Как Вы понимаете ее сущность? Причины возникновения искрения по коллектору.
5. Реакция якоря. Сущность явления. Существует ли режим работы МПТ при котором реакция якоря отсутствует?
6. Способы регулирования частоты вращения ДПТ.
7. Почему у ДПТ параллельного возбуждения, который работает с $M_c = \text{const.}$, при уменьшении основного магнитного потока частота вращения возрастает (рассмотреть физику процесса).
8. Почему ДПТ последовательного возбуждения может идти в «разнос». Объясните физику процесса.
9. Потери в МПТ. Условия максимума КПД.
10. Что выгоднее, ускоренная или замедленная коммутация?

Трансформаторы

11. Принцип работы трансформатора и как он реализуется в трансформаторе.
12. Почему при нагрузке трансформатора его ток в первичной обмотке растёт?
13. Почему в однофазном трансформаторе ток первичной обмотки имеет 3-ю гармонику, а во вторичной обмотке она отсутствует?
14. Почему у большинства трехфазных трансформаторов одна из обмоток соединяется в треугольник?
15. Как определить начала и концы обмоток трехфазных трансформаторов?
16. Приведенный трансформатор. Цель преобразований.
17. Опыт короткого замыкания (к.з.). Зачем его проводят? Почему U_k дается на заводской бирке каждого трансформатора?
18. Зачем нужны схемы замещения трансформаторов?

19. Магнитные системы трехфазных трансформаторов.
20. Условия включения трансформаторов на параллельную работу.

Асинхронные машины

21. Может ли ротор асинхронного двигателя (АД) вращаться синхронно с вращающимся магнитным полем.
22. Объяснить конструкцию короткозамкнутого и фазного роторов АД.
23. Принцип работы АД. Реализация принципа в АД.
24. Из каких участков состоит магнитная цепь асинхронной машины. Какова цель расчета магнитной цепи?
25. В чем сходство и в чем различие между АД и трансформатором.
26. Объясните, почему с ростом нагрузки на валу АД увеличивается ток в статоре (физика процесса).
27. В чем сущность эффекта вытеснения тока. Почему он возникает при пуске АД и практически исчезает при установившемся режиме.
28. Режимы работы асинхронной машины. Поясните это на эскизах, показывающих направления усилий, создаваемых магнитными полями.
29. Определение начала и концов фазных обмоток статора. Поясните на эскизах сущность происходящих при этом электромагнитных процессов.
30. Т-образная схема замещения АД. Ее отличие от соответствующей схемы трансформатора.

Синхронные машины

31. Реакция якоря. Роль реакции якоря в синхронной машине.
32. Принцип работы синхронных машин. Реализация принципа в синхронном генераторе.
33. Принцип работы синхронных машин (СМ). Реализация принципа в синхронном двигателе.
34. Виды потерь в СМ. Условия максимума КПД.
35. U-образные кривые СГ. Пояснить физику процесса.
36. Достоинства и недостатки СД по сравнению с АД.
37. Условия включения СГ на параллельную работу. Чем они обусловлены.
38. Сравнительный анализ конструкции явнополюсных и неявнополюсных СМ. Элементы конструкций. Причины различия.
39. Углы φ , ψ , θ в синхронных машинах. Что они выражают, предельные значения. Что происходит в машине, когда углы превышают предельные значения.
40. Как изменить активную и реактивную мощность СГ, работающего параллельно с сетью и в автономном режиме.

Примеры практических заданий для промежуточной аттестации

Машины постоянного тока

41. Найти полезную мощность и электромагнитный момент ГПТ параллельного возбуждения, если известно, что: $R_v=220 \text{ Ом}$; $U=220 \text{ В}$; $R_a=0,09 \text{ Ом}$; $E_a=230 \text{ В}$; $n=1500 \text{ об/мин}$.
42. Найти момент на валу электродвигателя M_2 , если известно что: $M_0=1,25 \text{ Нм}$; $C_m=50$; $\Phi=0,015 \text{ Вб}$; $I_a=30 \text{ А}$.
43. Найти электромагнитную мощность $P_{эм}$, электромагнитный момент M , противо-ЭДС E_a ДПТ при: $U=220 \text{ В}$, $I_a=40 \text{ А}$, $n=2000 \text{ об/мин}$, $p=4$, $N=600$, $a=2$, $\Phi=0,01 \text{ Вб}$
44. Найти машинную постоянную для ЭДС (C_e) генератора постоянного тока, если извест-

но: $\Phi=0,015$ Вб; $n=1500$ об/мин; $U=220$ В; $I_a=20$ А; $R_a=0,09$ Ом.

45. Найти момент M_2 на валу двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, если известно: $U=220$ В; $R_v=200$ Ом; $I_a=36$ А; $\eta = 90\%$; $n=1500$ об/мин.
46. Найти, потребляемую из сети двигателем постоянного тока, мощность, если: $M_2=10$ Нм; $\eta =89\%$; $n =1500$ об/мин.
47. Найти пусковые токи и моменты двигателя постоянного тока параллельного возбуждения при прямом и реостатном пуске, если: $U=220$ В; $R_a=0,061$ Ом; $R_{пуск} = 0,2$ Ом; $C_m = 50$; $\Phi = 0,015$ Вб (Магнитная система не насыщена $\Phi = \text{const}$).
48. ДПТ параллельного возбуждения номинальной мощностью $P_{ном}=75$ кВт, работает от сети $U=220$ В. КПД двигателя при номинальной нагрузке $\eta_{ном} =0.89$. Найти подводимую к двигателю мощность, ток, потребляемый двигателем при номинальной нагрузке, суммарные потери.
49. Найти пусковой ток при прямом пуске двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, а также сопротивление пускового реостата, чтобы $I_a \text{ пуск} = 2I_a \text{ ном}$, если: $R_a=0.1$ Ом, $U=220$ В, $E_a=210$ В при номинальном режиме.
50. Найти скорости вращения ДПТ параллельного возбуждения, если в цепь последовательно обмотке якоря включить дополнительное сопротивление $R_{доб1}=0,2$ Ом, если известно что: $I_a \text{ ном} =30$ А; $C_m=50$; $\Phi=0,015$ Вб; $R_a=0,09$ Ом.

Трансформаторы

51. Трехфазный трансформатор с $S_n=25$ кВ*А и $U_{1н}=10$ кВ имеет потери холостого хода $0,13$ кВт; потери короткого замыкания $0,6$ кВт. Определить КПД при $\cos \varphi = 0,8$; $\cos \varphi = 1$.
52. Найти ЭДС $E_1; E_2$; коэффициент трансформации трансформатора, если известны следующие параметры: $f=50$ Гц; $w_1=220$ В; $w_2=40$; $\Phi_{max}=0,015$ Вб
53. При проведении опытов холостого хода и короткого замыкания однофазного трансформатора получены следующие результаты: $P_0=40$ Вт; $P_k=160$ Вт; $U_{1н}= 230$ В; $U_k=5,5\%$; $S_n=230$ Вт; $I_0=1,2\%$. Принять $R_1=R_2'$; $X_1=X_2'$. Найти параметры схемы замещения трансформатора: R_m ; X_m ; R_1 ; X_1 ; R_2' ; X_2'
54. Найти коэффициент трансформации; фазные и линейные напряжения, если известны следующие параметры: $U_{1н}=380$ В; $U_{2н}=36$ В. Трехфазный трансформатор соединен по схеме звезда\треугольник.
55. Трехфазный двухобмоточный трансформатор имеет номинальные данные: $S=320$ кВА, $U_{1л}=10$ кВ, $U_{2л}=525$ В. Схема соединения звезда\треугольник -11. Магнитная индукция в стержне $B_c=1.4$ Тл. Сечение стержня сердечника $S_c=360$ мм². Коэффициент заполнения сталью $K=0.9$. Определить число витков обмоток высшего и низшего напряжения.
56. Трехфазный двухобмоточный трансформатор имеет номинальные данные: $S=320$ кВА, $U_{1л}=10$ кВ, $U_{2л}=525$ В. Схема соединения звезда\треугольник -11. Потери холостого хода составляют $p_{xx} = 300$ Вт., $I_0= 3\%I_n$, $R_1 = 0,8$ Ом, $X_1 = 1$ Ом. Определить X_m .
57. Трехфазный трансформатор имеет сечение стержня $S_c=400$ мм². Коэффициент заполнения сталью $K=0.8$; $f=50$ Гц; $B_{cp} = 1.4$ Тл. Определить величину ЭДС одного витка обмот-

ки высшего напряжения. Какая изоляция использована для изоляции пластин магнитопровода.

58. Однофазный двухстержневой трансформатор имеет число витков первичной обмотки $W_1 = 400$. Его ток холостого хода $I_0 = 5$ А. Высота стержня магнитопровода $h_c = 50$ см, а длина ярма 60 см. Определить напряженность магнитного поля в стержне.
59. Трехфазный двухобмоточный трансформатор работает вхолостую. $I_0 = 4$ А; $X_1 = 0.8$ Ом; $R_1 = 0.2$ Ом; $R_m = 2$ Ом; $X_m = 40$ Ом. Определить полное сопротивление холостого хода, $\cos\phi_0$, потери холостого хода.
60. Однофазный одностержневой трансформатор в режиме холостого хода имеет на зажимах вторичной обмотки $U_2 = 0.4$ кВ. Число витков $W_2 = 400$. Какое сечение стержня имеет трансформатор, если индукция в стержне 1,5 Тл. Коэффициент заполнения сталью выбрать самостоятельно.

Асинхронные машины

61. Трехфазный АД имеет номинальные данные: $P_n = 5.5$ кВт; $U_n = 380$ В; $\eta_n = 82\%$; схема обмотки - Y. При нагрузке $P_2 = 0.8P_n$ двигатель имеет $\eta_{max} = 1.05 \eta_n$ и работает с $\cos\phi = 0.79$ при $s = 2\%$. Определить постоянные потери в двигателе, R_k и момент на валу двигателя (M_2).
62. Определить ЭДС, наведенную в фазе статора АД, фазную ЭДС в обмотке неподвижного и вращающегося ротора и если: $W_1 = 210$, $f_1 = 50$ Гц, $\Phi = 0.01$ Вб, $n_n = 1460$ об/мин, $W_2 = 0.5p$, $K_{об1} = 0.93$, $K_{об2} = 1$.
63. Асинхронный двигатель имеет следующие параметры: $P_n = 22$ кВт, $\eta = 91\%$, $M_p / M_n = 1.9$, $s_n = 0.04$; $2p = 2$. Определить: потребляемую мощность P_1 , номинальный момент M_n ; пусковой M_p .
64. Асинхронный двигатель $P_n = 11$ кВт имеет $M_n = 30$ Нм. При номинальном напряжении сети $M_m / M_n = 2.2$. Останется ли двигатель в работе, если напряжение сети снизится до $U = 0.6 U_n$, а момент сопротивления на валу машины будет равен $M_c = 28$ Нм.
65. Определить номинальную мощность асинхронного двигателя, номинальный и пусковой токи, если: $I_n = 60$ А; $U_n = 380$ В; $\cos\phi_1 = 0.82$; $\eta = 90\%$; $I_p / I_n = 7$ А.
66. Определить величину добавочного сопротивления R_d , которое нужно включить в фазу ротора АД с фазным ротором для уменьшения скорости вращения его вала с $n_n = 970$ об/мин до $n = 680$ об/мин при номинальной нагрузке, если $p = 3$; $R_2 = 0.05$ Ом. Для АД справедливо следующие соотношение: $R_2 / s_n = (R_2 + R_d) / s$.
67. Определить переменные потери в асинхронном двигателе $P_n = 22$ кВт; $U_n = 380$ В; $\eta = 92\%$; $\cos\phi = 0.83$ в номинальном режиме, если: $R_1 = 0.09$ Ом; $R_2 = 2R_1$.
68. Определить электромагнитную мощность ($P_{эм}$) и потери в обмотке ротора (P_{22}) АД, если: $p = 2$; $n = 1460$ об/мин; $f_1 = 50$ Гц; $I_2' = 30$ А; $R_2' = 0.06$ Ом.
69. Найти пусковой фазный ток АД, если известны следующие параметры: $R_1 = R_2' = 0.6$ Ом; $X_1 = X_2' = 1.4$ Ом; $U_n = 380$ В, обмотка статора соединена по схеме Y.
70. Определить КПД асинхронного двигателя с фазным ротором, если АД потребляет из се-

ти $P_1 = 23,3$ кВт; $U_H = 380$ В; $\cos\varphi = 0,83$; $R_1 = 0,08$ Ом;
 $I_2' = 32$ А; $R_2' = 0,05$ Ом. Добавочные потери $P_{доб} = 0,005P_1$; магнитные потери $P_{магн} = 70$ Вт, $P_{мех} = 40$ Вт. Обмотки двигателя соединены по схеме Y.

Синхронные машины

71. Синхронный турбогенератор имеет следующие параметры: $U_H = 10$ кВ; Фазная ЭДС, созданная обмоткой возбуждения $E_0 = 5120$ В, $X_c = 0,12$ Ом; $f_1 = 50$ Гц; $p = 2$; $\theta = 27^\circ$. Определить электромагнитную мощность и момент машины.
72. Найти электромагнитный момент, мощность явнополюсного синхронного генератора, если $U_1 = 3500$ В; $E_{0ф} = 4000$ В; $X_d = 0,7$ Ом; $X_q = 0,4$ Ом; $p = 2$; $\theta = 30^\circ$; $f_1 = 50$ Гц.
73. Синхронный двигатель имеет следующие параметры $P_H = 630$ кВт, $\cos\varphi_H = 0,8$. Суммарные потери мощности 12 кВт. Определить полную мощность двигателя.
74. Определить мощность на валу приводного двигателя СГ, если известны следующие параметры: $U_1 = 10,5$ кВ; $I_1 = 1020$ А; $\cos\varphi = 0,8$; сопротивление обмотки статора $R_1 = 0,08$ Ом; $R_B = 130$ Ом; $I_B = 130$ А; $dU_{щ} = 2,2$ В; коэффициент полезного действия возбудителя $\text{КПД} = 0,8$. Потери в стали статора $P_{ст} = 4,3$ кВт; добавочные потери составляют $0,4\%$ от полезной мощности.
75. Нарисовать векторную диаграмму неявнополюсного синхронного генератора при активно-индуктивном характере нагрузки, если $U_1 = 10$ кВ; $P_H = 63$ МВт; $\cos\varphi = 0,8$; $X_c = 0,9$ Ом.
76. Турбогенератор при номинальной нагрузке работает с углом $\theta = 30^\circ$. Определить перегрузочную способность генератора.
77. Определить мощность потребляемую синхронным двигателем из сети и ток в цепи ротора при: $P_{ном} = 500$ кВт, $\eta = 96,5\%$, $\cos\varphi = 0,9$. Напряжение питающей сети $U_c = 10$ кВ.
78. Синхронный явнополюсный генератор работает с нагрузкой $P = 3200$ кВт; $U_{лс} = 10$ кВ; $X_q = 50$ Ом; $X_d = 80$ Ом. Генератор потерял возбуждение. Выпадет ли он из синхронизма?
79. Определить частоту вращения синхронного генератора (n), при: $p = 2$, $f_1 = 100$ Гц.
80. Определить коэффициент синхронизирующей мощности ($p_{сн}$) турбогенератора, работающего с углом $\theta = 90^\circ$, если $E_0 = 5600$ В; $U_{лн} = 10$ кВ; $X_d = 60$ Ом.

6 Примеры решения задач

При знакомстве с решением типовых задач следует помнить, что конкретные решения задач, как правило, не являются единственным, а лишь служат образцом для решения аналогичных задач.

Пример -1 (машины постоянного тока)

Задача 1.1 ДПТ параллельного возбуждения имеет параметры: $U = 220$ В, $E_a = 210$ В, $r_a = 0,5$ Ом, $\eta = 85\%$, $n = 1500$ об/мин. Найти потребляемую мощность P_1 , полезную мощ-

ность P_2 , момент на валу двигателя M_2 .

Решение:

1. Находим ток якоря

$$I_a = U - E_a / \sum r = 220 - 210 / 0,5 = 20 \text{ A}$$

примем $\sum r \approx r_a$

2. Потребляемая мощность

$$P_1 = U \times I_a = 220 \times 20 = 4400 \text{ Вт}$$

3. Полезная мощность

$$P_2 = P_1 \times \eta = 4400 \times 0.85 = 3740 \text{ Вт}$$

4. Момент на валу двигателя

$$M_2 = 9,55 \times P_2 / n = 9,55 \times 3740 / 1500 = 23,8 \text{ Н*м}$$

Ответ: $P_1 = 4400 \text{ Вт}$; $P_2 = 3740 \text{ Вт}$; $M_2 = 23,8 \text{ Н*м}$

Задача 1.2 Генератор постоянного тока независимого возбуждения мощностью $P_{\text{ном}}=20\text{кВт}$ и напряжением $U_{\text{ном}}=230\text{В}$ имеет сопротивление обмоток в цепи якоря, приведенное к рабочей температуре, $\sum r$; в генераторе применены электрографитированные щетки марки ЭГ ($\Delta U_{\text{щ}}=2,5\text{В}$). Определить номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки.

Решение:

1. Ток в номинальном режиме

$$I_a \text{ ном} = P_{\text{ном}} / U_{\text{ном}} = 20 \times 10^3 / 230 = 87 \text{ A.}$$

2. ЭДС генератора

$$E_a = U_0 = U_{\text{ном}} + I_a \text{ ном} \sum r + \Delta U_{\text{щ}} = 230 + 87 \times 0,12 + 2,5 = 243 \text{ В.}$$

3. Номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки

$$\Delta U_{\text{ном}} = (U_0 - U_{\text{ном}}) / U_{\text{ном}} \times 100 = (243 - 230) / 230 \times 100 = 5,65\%$$

Ответ: $\Delta U_{\text{ном}} = 5,65\%$

Пример -2 (трансформаторы)

Задача 2.1 Обмотки трехфазного трансформатора соединены по схемам звезда / треугольник; $U_{1\text{ном}}=380 \text{ В}$, $U_{2\text{ном}}=36 \text{ В}$, $S_{\text{ном}} = 25 \text{ кВ*А}$. Найти фазные напряжения первичной и вторичной обмоток, коэффициент трансформации, фазные токи.

Решение:

1. Фазные напряжения

$$U_{1\text{ф}} = U_{1\text{ном}} / \sqrt{3} = 380 / \sqrt{3} = 220 \text{ В}$$

$$U_{2\text{ф}} = U_{2\text{ном}} = 36 \text{ В}$$

2. Коэффициент трансформации

$$k = \omega_1 / \omega_2 = U_{1\text{ф}} / U_{2\text{ф}} = 220 / 36 = 6,1$$

3. Фазные токи:

$$I_{1\text{ф}} = I_{2\text{ном}} = S_{\text{ном}} / \sqrt{3} \times U_{1\text{ном}} = 2500 / \sqrt{3} \times 380 = 37,98 \text{ А}$$

$$I_{2\text{ф}} = I_{2\text{ном}} / \sqrt{3} = S_{\text{ном}} / \sqrt{3} \times \sqrt{3} \times U_{1\text{ном}} = 2500 / 3 \times 36 = 231,48 \text{ А}$$

Ответ: $U_{1\text{ф}} = 220 \text{ В}$; $U_{2\text{ф}} = 36 \text{ В}$; $k = 6,1$; $I_{1\text{ф}} = 37,98 \text{ А}$; $I_{2\text{ф}} = 231,48 \text{ А}$

Задача 2.2 Однофазный двухобмоточный трансформатор с номинальным током во вторичной цепи $I_{2\text{ном}} = 172 \text{ А}$ при нормальном вторичном напряжении $U_{2\text{ном}} = 400 \text{ В}$ имеет коэффициент трансформации $k = 15$. Максимальное значение магнитной индукции в

стержне $B_{\max} = 1,5$ Тл; ЭДС одного витка $E_{\text{вТК}} = 5$ В, частота переменного тока в сети $f = 50$ Гц. Определить номинальную мощность $S_{\text{ном}}$, число витков в обмотках w_1 и w_2 , площадь поперечного сечения стержня $Q_{\text{ст}}$.

Решение:

1. Максимальное значение основного магнитного потока
 $\Phi_{\max} = E_{\text{вТК}} / (4,44fw) = 5 / (4,44 \times 50 \times 1) = 0,0225$ Вб
2. Площадь поперечного сечения стержня магнитопровода
 $Q_{\text{ст}} = \Phi_{\max} / (B_{\max} k_c) = 0,0225 / (1,5 \times 0,95) = 0,0158$ м²
3. Число витков вторичной обмотки
 $w_2 = U_{2\text{ном}} / (4,44f\Phi_{\max}) = 400 / (4,44 \times 50 \times 0,0225) = 80$ витков
4. Число витков первичной обмотки
 $w_1 = w_2 k = 80 \times 15 = 1200$ витков
5. Полная номинальная мощность трансформатора
 $S_{\text{ном}} = U_{2\text{ном}} \times I_{2\text{ном}} = 400 \times 172 = 68,8$ кВ*А

Ответ: $S_{\text{ном}} = 68,8$ кВ*А; $w_1 = 1200$ витков; $w_2 = 80$ витков; $Q_{\text{ст}} = 0,0158$ м²

Пример -3 (асинхронные машины)

Задача 3.1 Трехфазный асинхронный двигатель включен в сеть напряжением 380 В, частотой 50 Гц, обмотка статора соединена «звездой». Статический нагрузочный момент на валу двигателя $M_c = 180$ Н*м, КПД $\eta_{\text{ном}} = 82$ %, коэффициент мощности $\cos\phi_1 = 0,80$, число полюсов $2p = 6$, скольжение $s_{\text{ном}} = 4$. Определить полезную мощность двигателя $P_{\text{ном}}$, потребляемую из сети мощность $P_{1\text{ном}}$, величину тока в фазной обмотке статора $I_{1\text{ном}}$.

Решение:

1. Номинальная частота вращения
 $n_{\text{ном}} = n_1(1 - s_{\text{ном}}) = 1000(1 - 0,04) = 960$ об/мин.
2. Полезная мощность двигателя
 $P_{\text{ном}} = 0,105 M_c n_{\text{ном}} = 0,105 \times 180 \times 960 = 18\,144$ Вт.
3. Потребляемая двигателем мощность
 $P_{1\text{ном}} = P_{\text{ном}} / \eta_{\text{ном}} = 18\,144 / 0,82 = 22\,126$ Вт.
4. Потребляемый двигателем ток статора
 $I_{1\text{ном}} = P_{1\text{ном}} / (m_1 U_1 \cos\phi_1) = 22\,126 / (3 \times 220 \times 0,8) = 41,9$ А.

Ответ: $n_{\text{ном}} = 960$ об/мин; $P_{\text{ном}} = 18\,144$ Вт; $P_{1\text{ном}} = 22\,126$ Вт; $I_{1\text{ном}} = 41,9$ А

Задача 3.2 Трехфазный асинхронный двигатель номинальной мощностью $P_{\text{ном}} = 10$ кВт включен в сеть напряжением 380 В, с частотой 50 Гц, обмотка статора соединена «звездой». Вращаясь с частотой $n_{\text{ном}} = 1455$ об/мин, двигатель потребляет ток $I_{1\text{ном}} = 32$ А при коэффициенте мощности $\cos\phi_1 = 0,85$. При работе в режиме холостого хода двигатель потребляет из сети мощность $P_{10} = 820$ Вт при токе $I_{10} = 7,0$ А; активное сопротивление фазной обмотки статора при рабочей температуре $r_1 = 0,25$ Ом. Определить все виды потерь двигателя в режиме номинальной нагрузки, приняв величину механических потерь $P_{\text{мех}} = 160$ Вт.

Решение:

1. Электрические потери в обмотке статора в режиме холостого хода
 $P_{\text{э}10} = m_1 I_{10}^2 r_1 = 3 \times 7^2 \times 0,25 = 37$ В
2. Постоянные потери (сумма магнитных и механических потерь)

$$P_{\text{пост}} = P_{10} - P_{\text{э}10} = 820 - 37 = 783 \text{ Вт}$$

3. Магнитные потери

$$P_{\text{м}} = P_{\text{пост}} - P_{\text{мех}} = 383 - 160 = 223 \text{ Вт.}$$

4. Мощность, потребляемая из сети при номинальной нагрузке

$$P_{1\text{ном}} = m_1 U I_{1\text{ном}} \cos \varphi_1 = 3 \times 220 \times 32 \times 0.85 = 17952 \text{ Вт}$$

5. Суммарные потери

$$\sum P = P_{1\text{ном}} - P_{\text{ном}} = 17952 - 15000 = 2952 \text{ Вт}$$

6. КПД двигателя в номинальном режиме

$$\eta_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} / P_{1\text{ном}} = 15 / 17.95 = 0.83$$

7. Переменные потери (сумма электрических потерь в обмотках статора и ротора и добавочных потерь) в номинальном режиме

$$P_{\text{пер.ном}} = \sum P - P_{\text{пост}} = 2952 - 783 = 2169 \text{ Вт}$$

8. Добавочные потери в номинальном режиме

$$P_{\text{доб.ном}} = 0.005 P_{1\text{ном}} = 0.005 \times 17952 = 90 \text{ Вт}$$

9. Электрические потери в обмотке статора в номинальном режиме

$$P_{\text{э}1\text{ном}} = m_1 I_{1\text{ном}}^2 r_1 = 3 \times 32^2 \times 0.25 = 768 \text{ Вт}$$

10. Электрические потери в обмотке ротора в номинальном режиме

$$P_{\text{э}2\text{ном}} = P_{\text{пер.ном}} - P_{\text{э}1\text{ном}} - P_{\text{доб.ном}} = 2169 - 768 - 90 = 1311 \text{ Вт}$$

$$\text{Ответ: } P_{\text{э}1\text{ном}} = 768 \text{ Вт; } P_{\text{э}2\text{ном}} = 1311 \text{ Вт; } P_{\text{м}} = 223 \text{ Вт } P_{\text{доб.ном}} = 90 \text{ Вт}$$

Пример -4 (синхронные машины)

Задача 4.1 Синхронный генератор имеет параметры: $n_1 = n_2 = 300$ об/мин, $f_1 = 50$ Гц. Сколько полюсов имеет машина?

Решение:

Угловая скорость вращения

$$\omega = 2\pi \times n / 60 = 2 \times 3.14 \times 300 / 60 = 31.4 \text{ об/мин}$$

Количество полюсов

$$p = 2\pi \times f_1 / \omega = 2 \times 3.14 \times 50 / 31.4 = 10$$

Ответ: $p = 10$

Задача 4.2 Трехфазный синхронный двигатель номинальной мощностью $P_{\text{ном}} = 500$ кВт, число полюсов $2p = 12$, КПД $\eta_{\text{ном}} = 93.7\%$; кратности –пускового тока $I_{\text{п}} / I_{\text{ном}} = 5.2$ А, пускового момента $M_{\text{п}} / M_{\text{ном}} = 1.0$; максимального синхронного момента $M_{\text{max}} / M_{\text{ном}} = 1.9$, асинхронного момента при скольжении $s = 5\%$ (момент входа в синхронизм) $M_{5\%} / M_{\text{ном}} = 1.3$; соединение обмоток статора «звездой». Определить: частоту вращения, номинальный и пусковой ток в цепи статора, номинальный, максимальный синхронный, пусковой моменты и асинхронный момент входа в синхронизм (при $s = 5\%$).

Напряжение питающей сети $U_{\text{с}} = 10$ кВ при частоте 50 Гц, коэффициент мощности $\cos \varphi_1 = 0.8$.

Решение

1. Частота вращения

$$n_1 = 60 f / p = 60 \times 50 / 6 = 500 \text{ об/мин.}$$

2. Потребляемая двигателем мощность в режиме номинальной нагрузки

$$P_{1\text{ном}} = P_{\text{ном}} / \eta_{\text{ном}} = 500 / 0.937 = 534 \text{ кВт.}$$

3. Ток в цепи статора в режиме номинальной нагрузки

$$I_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} / (\sqrt{3} U_1 \cos \varphi_1) = 534 / (1.73 \times 10 \times 0.8) = 39 \text{ А.}$$

4. Пусковой ток в цепи статора

$$I_{\text{п}} = I_{\text{ном}} (I_{\text{п}} / I_{\text{ном}}) = 39 \times 5.2 = 203 \text{ А.}$$

5. Момент на валу двигателя в режиме номинальной нагрузки

$$M_{\text{ном}} = 9.55 P_{\text{ном}} / n_1 = 9.55 \times 500 \times 10^3 / 500 = 9550 \text{ Н*м.}$$

6. Максимальный (синхронный) момент

$$M_{\text{max}} = M_{\text{ном}} (M_{\text{max}} / M_{\text{ном}}) = 9550 \times 1.9 = 18\,145 \text{ Н*м.}$$

7. Пусковой момент

$$M_{\text{п}} = M_{\text{ном}} (M_{\text{п}} / M_{\text{ном}}) = 9550 \times 1.0 = 9550 \text{ Н*м.}$$

8. Момент входа в синхронизм (асинхронный момент при скольжении 5%)

$$M_{5\%} = M_{\text{ном}} (M_{5\%} / M_{\text{ном}}) = 9550 \times 1.3 = 12\,415 \text{ Н*м.}$$

Ответ: $n_1 = 500$ об/мин; $I_{\text{ном}} = 39 \text{ А}$; $I_{\text{п}} = 203 \text{ А}$; $M_{\text{ном}} = 9550 \text{ Н*м}$;
 $M_{\text{max}} = 18\,145 \text{ Н*м}$; $M_{\text{п}} = 9550 \text{ Н*м}$; $M_{5\%} = 12\,415 \text{ Н*м}$

Заключительной аттестацией по данной дисциплине является зачет.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература

1. Беспалов В.Я. Электрические машины. [Текст]: учебное пособие / В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец. – 3-е изд., стер. – М.: Академия, 2018. – 313 с., ил., табл. – (Высшее проф. Образование: Электромеханика). – ISBN 5 – 7695- 2228 – 3.

2. Бондаренко В.И. Электрические машины.[Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И.Бондаренко. - М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2017.

3. Епифанов А.П. Электрические машины [Электронный ресурс]: учебник. СПб: Издательство «Лань», 2016. – 272 с.: ил. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/591/> - Загл. с экрана.- ISBN – 8114 – 0669 – X.

б) Дополнительная литература

1. Гольдберг О.Д. Электромеханика [Электронный ресурс]: учебник / О.Д.Гольдберг, С. П. Хелемская; под ред. О.Д.Гольдберга. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 504 с. <http://techlibrary.ru/>.

2. Вольдек А.И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы.[Текст]: учебник / А.И.Вольдек, В.В.Попов.: Питер, 2007. – 319с.: ил. – (Учебник для ВУЗов) – ISBN 5 – 469 – 01380 – 4.

3. Вольдек А.И. Электрические машины. Машины переменного тока.[Текст]: учебник / А.И.Вольдек, В.В.Попов.: Питер, 2008. – 349 с.: ил. – (Учебник для ВУЗов) – ISBN 978- 5 – 469 – 01381 -5.

4. Токарев Б.Ф. Электрические машины. Учебное пособие для ВУЗов. / Б.Ф.Токарев. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.: ил. ISBN 5 – 283 – 00595 – X.

6. Кацман М.М. Электрические машины. Учеб. для учащихся электротехн. спец. техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. шк., 1990. – 463с.

7. Шевчик Н.Е., Подгайский Г.Д. Электрические машины. Учеб. пособие для учащихся средних спец. учебных заведений электротехн. Специальностей.– Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 256с.

8. Токарев Б.Ф. Электрические машины. Учебник для техникумов.– М.: Энергоатом-

издат, 1989.– 672 с.

9. Пиотровский Л.М. Электрические машины. Учеб. для учащихся энергетических техникумов. – Л.: Энергия, 1975.– 504 с.
10. Костенко М.П. и Пиотровский Л.М. Электрические машины. Учебник для высших технических учебных заведений, в двух частях. – М.-Л.: Энергия, 1965, ч.1.–с.383, ч11.– с.704.
11. Кацман М.М. Сборник задач по электрическим машинам: Учеб. Пособие для студ. Учреждений сред. Проф. Образования - М: изд. центр "Академия" 2003г.-160 с.

68. Периодические издания:

- Научно-технический журнал – “Вестник КузГТУ”
http://www.kuzstu.ru/science/scientific_editions/kuzstu_vestnik/index.php
- Журнал “Горное оборудование и электромеханика”
<http://novtex.ru/gormash>
- Журнал “Уголь”
<http://www.ugolinfo.ru>
- Журнал “Горная промышленность”
<http://www.mining-media.ru>
- Журнал “Глюкауф” на русском языке
<http://www.gluckauf.ru>
- Журнал “Горный информационно-аналитический бюллетень”
<http://www.giab-online.ru>
- Журнал “Горный журнал”
- Журнал “Горный журнал”
<http://www.rudmet.ru/catalog/journals/1>
- Журнал “Обогащение руд”
<http://www.rudmet.ru/catalog/journals/2>

в) Интернет-ресурсы

1. Интернет портал: <http://ru.wikipedia.org>
2. Интернет портал http://elmech.mpei.ac.ru/em/EM/EM_cont_0.htm
3. Интернет портал <http://ets.ifmo.ru/kardonov/ogl.htm>
4. Интернет портал <http://electrono.ru/elektricheskie-mashiny>

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Лекционная аудитория	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. Модели машин, образцы элементов электрических машин и оборудования общего и специального назначения. Плакаты, диапозитивы, фолии, рисунки для кодоскопа. Лабораторные установки.
Компьютерный класс	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета