

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

**Дзержинский политехнический институт (филиал)**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

А.М.Петровский

“ 08 ” июня 2023г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.20 Электрические машины**

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность: Электроснабжение

Форма обучения: очная, заочная

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы

Кафедра-разработчик: Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы

Объем дисциплины: 324/9 часов/з.е

Промежуточная аттестация: экзамен

Разработчик: ст. преподаватель Кокорев А.А.

Дзержинск, 2023г.



Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 28 февраля 2018 года № 144 на основании учебного плана, принятого УС ДПИ НГТУ

протокол от 02.06.2023 № 9

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика РПД «Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы»  
протокол от 08.06.2023 № 8

Зав. кафедрой к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Л.Ю. Вадова  
(подпись)  
(подпись)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Л.Ю. Вадова  
(подпись)

Начальник ОУМБО

\_\_\_\_\_ И.В. Старикова  
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в ОУМБО: 13.03.02 - 20

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля).....	4
4 Структура и содержание дисциплины.....	7
5 Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	16
шкал оценивания.....	18
6 Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	21
7 Информационное обеспечение дисциплины.....	22
8 Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	23
9 Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	23
10 Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	24
11 Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	27

## 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1 Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является изучение устройства, характеристик и режимов работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов.

### 1.2 Задачи освоения дисциплины (модуля):

- знание устройства и принципов работы трансформаторах и вращающихся электрических машинах, необходимого для практической деятельности в электроэнергетике.
- применение знаний о трансформаторах и вращающихся электрических машинах для решения практических задач в различных областях науки и техники;

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина Электрические машины включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Математика, Физика, Электротехническое и конструкционное материаловедение, Теоретические основы электротехники, Теоретическая механика, Техническая механика.

Дисциплина Электрические машины является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Электрические станции и подстанции, Электроэнергетические системы и сети, Эксплуатация и монтаж систем электроснабжения.

Рабочая программа дисциплины "Электрические машины" для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению.

Рабочая программа дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению.

## 3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1а

### Формирование компетенции ОПК-4 дисциплинами очной формы обучения

Компетенция	Названия учебных дисциплин, модулей, практик, участвующих в формировании компетенции вместе с данной дисциплиной	Семестры формирования компетенции							
		1 курс семестр		2 курс семестр		3 курс семестр		4 курс семестр	
		1	2	3	4	5	6	7	8
ОПК-4	Теоретические основы электротехники			■	■	■			
	Электрические машины					■	■		
	Электрический привод							■	
	Промышленная электроника				■				
	Электрические и электронные аппараты				■				
	Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР								■

Таблица 1б

### Формирование компетенции ОПК-4 дисциплинами заочной формы обучения

Компетенция	Названия учебных дисциплин, модулей, практик, участвующих в формировании компетенции вместе с данной дисциплиной	Семестры формирования компетенции				
		1 курс	2 курс	3 курс	4 курс	5 курс
ОПК-4	Теоретические основы электротехники					
	Электрические машины					
	Электрический привод					
	Промышленная электроника					
	Электрические и электронные аппараты					
	Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР					

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Таблица 2

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ОПК-4. Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ИОПК-4.3. Применяет знания основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами	<b>Знать:</b> законы электромагнитного поля и теории магнитных цепей;	<b>Уметь:</b> использовать основные законы магнитных цепей и методы, основанные на этих законах при изучении специальных электротехнических дисциплин	<b>Владеть:</b> навыками решения задач и проведения лабораторных экспериментов по теории электромагнитного поля	Собеседование и отчеты при сдаче лабораторных работ	Вопросы для устного собеседования: билеты (44 билета)
	ИОПК-4.5. Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик	<b>Знать:</b> Принцип действия современных типов электрических машин, особенности их эксплуатации и характеристики	<b>Уметь:</b> Ориентироваться в использовании полученных знаний при испытании и эксплуатации электрических машин	<b>Владеть:</b> Навыками элементарных расчетов и испытаний электрических машин		

## 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 9зач. ед./324 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в табл. 3 и 4.

Таблица 3

**Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очного обучения**

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
		5	6
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:</b>	145	72	73
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	136	68	68
- лекции (Л)	68	34	34
- лабораторные работы (ЛР)	34	17	17
- практические занятия (ПЗ)	34	17	17
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	9	4	5
- групповые консультации по дисциплине	4	2	2
- групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)	4	2	2
- индивидуальная работа преподавателя	1	–	1
- по проектированию: проект (работа)	–	–	–
- по выполнению РГР	1	–	1
- по выполнению КР	–	–	–
- по составлению реферата (доклада, эссе)	–	–	–
<b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>	107	36	71
<b>Вид промежуточной аттестации: экзамен</b>	72	36	36
<b>Общая трудоёмкость, часы/зачетные единицы</b>	324/9	144/4	180/5

Таблица 4

**Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов заочного обучения**

Вид учебной работы	Всего часов	Зкурс
<b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:</b>	33	33
<b>1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	26	26
- лекции (Л)	12	12
- лабораторные работы (ЛР)	12	12
- практические занятия (ПЗ)	2	2
<b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	7	7
- групповые консультации по дисциплине	3	3
- групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)	2	2
- индивидуальная работа преподавателя	–	–
- по проектированию: проект (работа)	–	–
- по выполнению РГР	–	–
- по выполнению КР	2	2
- по составлению реферата (доклада, эссе)	–	–

<b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>	282	282
<b>Вид промежуточной аттестации: экзамен</b>	9	9
<b>Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы</b>	324/9	324/9

## 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Содержание дисциплины, структурированное по темам, приведено в таблицах 5 и 6.

Таблица 5

### Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПКи индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся				
		Лекции, час	Лабораторные	Практические					
<b>5 семестр</b>									
ОПК-4, ИОПК-4.3,4.5	Тема 1.1. Общие вопросы электромеханического преобразования энергии.	2	–	–	2	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 3-80.	Собеседование		
	Тема 1.2. Физические основы электрических машин.	2	–	–	1				
	Тема 2.1. Назначение, принцип действия и устройство трансформатора	2	–	2	2	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 81-145; Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы.6.2.1, подготовка к выполнению за-	Собеседование		
	Тема 2.2. Уравнения, схема замещения и векторная диаграмма трансформатора.	3	–	2	2				
	Тема 2.3. Исследование трансформатора с помощью опытов холостого хода и короткого замыка-	3	6	2	2				

	ния. Определение изменения напряжения и коэффициента полезного действия.								
	Тема 2.4. Трехфазные трансформаторы.	2	–	1	2				
	Тема 2.5. Параллельная работа трансформаторов и работа в ненормальных режимах.	3	–	2	2				
	Тема 2.6. Регулирование напряжения в трансформаторах. Специальные трансформаторы.	2	–	–	1				
	Тема 2.7. Допустимые эксплуатационные нагрузки, методы испытаний, обслуживание трансформаторов.	1	–	–	1				
	Тема 3.1. Область применения машин постоянного тока, принцип действия, устройство.	3	–	–	2	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 146-202; Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы.6.2.2, подготовка к выполнению заданий на практических занятиях	Собеседование		
	Тема 3.2. Понятие об обмотках якоря машин постоянного тока, электродвижущая сила и электромагнитный момент.	3	–	2	5				
	Тема 3.3. Магнитное поле машины постоянного тока, реакция якоря, коммутация	3	–	–	2				
	Тема 3.4. Генераторы постоянного тока.	2	6	3	6				
	Тема 3.5. Двигатели постоянного тока.	3	5	3	6				

	Итого за 5 семестр	34	17	17	36				
<b>6 семестр</b>									
ОПК-4, ИОПК-4.3,4.5	Тема 4.1. Область применения машин переменного тока. Вращающееся магнитное поле.	2	–	–	2	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: 202-252; Подготовка к выполнению заданий на практических занятиях	Собеседование		
	Тема 4.2. Принцип выполнения многофазных обмоток машин переменного тока.	2	–	2	4				
	Тема 4.3. Электродвижущая сила и электромагнитный момент машины переменного тока.	2	–	–	2				
	Тема 5.1. Устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя. Работа при вращающемся роторе.	4	–	–	2	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: 253-301; Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.2.3, 6.2.5, подготовка к выполнению заданий на практических занятиях	Собеседование		
	Тема 5.2. Рабочие характеристики асинхронного двигателя.	4	5	4	12				
	Тема 5.3. Пуск асинхронных двигателей и регулирование частоты вращения. Основные эксплуатационные требования к асинхронным двигателям.	4	–	4	6				
	Тема 5.4. Асинхронные микродвигатели.	2	6	–	7				
	Тема 6.1. Назначение, принцип действия и устройство синхронной	4	–	–	1			Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий	Собеседование

	машины. Реакция якоря. Тема 6.2. Анализ работы синхронной машины в режимах генератора и двигателя.	4	–	3	4	для самостоятельной работы. 6.1.1: 302-389; Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.2.4; подготовка к выполнению заданий на практических занятиях			
	Тема 6.3. Параллельная работа синхронного генератора с электросетью большой мощности.	3	6	2	7				
	Тема 6.4. Синхронный двигатель.	3	–	2	4				
	Написание РГР	–	–	–	20				
	Итого за 6 семестр	34	17	17	71				
	<b>Самостоятельная работа</b>				107				
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>68</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>107</b>				

Таблица 6

**Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов заочного обучения**

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПКи индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся				
		Лекции, час	Лабораторные	Практические					
<b>3курс</b>									

ОПК-4, ИОПК-4.3,4.5	Тема 1.1. Общие вопросы электромеханического преобразования энергии.	0,5			8	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнению заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 3-80	Собеседование		
	Тема 1.2. Физические основы электрических машин.	0,5			8				
	Тема 2.1. Назначение, принцип действия и устройство трансформатора	0,2 5			4	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнению заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 81-145; Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы.6.2.1, подготовка к выполнению заданий на практических занятиях	Собеседование		
	Тема 2.2. Уравнения, схема замещения и векторная диаграмма трансформатора.	0,5		0,5	12				
	Тема 2.3. Исследование трансформатора с помощью опытов холостого хода и короткого замыкания. Определение изменения напряжения и коэффициента полезного действия.	0,5	3	0,5	19				
	Тема 2.4. Трехфазные трансформаторы.	0,5			4				
	Тема 2.5. Параллельная работа трансформаторов и работа в ненормальных режимах.	0,5			4				
	Тема 2.6. Регулирование напряжения в трансформаторах. Специальные трансформаторы.	0,2 5			4				
	Тема 2.7. Допустимые эксплуатационные нагрузки, методы испыта-	0,5			4				

	ний, обслуживание трансформаторов.								
	Тема 3.1. Область применения машин постоянного тока, принцип действия, устройство.	0,4			9	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 146-202; Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы.6.2.2	Собеседование		
	Тема 3.2. Понятие об обмотках якоря машин постоянного тока, электродвижущая сила и электромагнитный момент.	0,4			9				
	Тема 3.3. Магнитное поле машины постоянного тока, реакция якоря, коммутация	0,4			9				
	Тема 3.4. Генераторы постоянного тока.	0,4			9				
	Тема 3.5. Двигатели постоянного тока.	0,4	3		33				
	Тема 4.1. Область применения машин переменного тока. Вращающееся магнитное поле.	0,2 5			9	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: 202-252	Собеседование		
	Тема 4.2. Принцип выполнения многофазных обмоток машин переменного тока.	0,5			9				
	Тема 4.3. Электродвижущая сила и электромагнитный момент машины переменного тока.	0,2 5			9				
	Тема 5.1. Устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя. Работа при вращающемся роторе.	0,5			7	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1:	Собеседование		

	Тема 5.2. Рабочие характеристики асинхронного двигателя.	0,5	3	0,5	31	253-301; Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.2.3, подготовка к выполнению заданий на практических занятиях			
	Тема 5.3. Пуск асинхронных двигателей и регулирование частоты вращения. Основные эксплуатационные требования к асинхронным двигателям.	0,5		0,5	20				
	Тема 5.4. Асинхронные микродвигатели	0,5			7				
	Тема 6.1. Назначение, принцип действия и устройство синхронной машины. Реакция якоря.	1			9	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: 302-389; Подготовка отчета о лабораторной работе, подготовка к собеседованию при сдаче лабораторной работы. 6.2.4	Собеседование		
	Тема 6.2. Анализ работы синхронной машины в режимах генератора и двигателя.	1			9				
	Тема 6.3. Параллельная работа синхронного генератора с электросетью большой мощности.	0,5	3		26				
	Тема 6.4. Синхронный двигатель.	0,5			10				
	<b>Самостоятельная работа</b>				282				
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>282</b>				

## 5 ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

#### *Пример задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы*

1. Использую приведенные значения параметров трехфазных масляных трансформаторов марки ТМ: тип ТМ-20/10; число витков первичной обмотки  $W_1 = 2950$  шт.; номинальное первичное напряжение  $U_{1ном} = 10$  кВ; номинальное вторичное напряжение  $U_{2ном} = 0,40$  кВ, определить амплитуду магнитного потока  $\Phi_m$ , Вб; число витков вторичной обмотки  $W_2$ , шт.; поперечное сечение магнитопровода  $F_{ст}$ , м<sup>2</sup> при  $B_m = 1,5$  Тл; коэффициент трансформации  $n$ , о.е. Обмотки соединены по схеме обмотки соединены по схеме Y/Y. Частоты тока в сети  $f = 50$  Гц. Коэффициент заполнения стержня сталью  $k_c = 0,95$ .

2. Использую приведенные значения параметров трехфазных масляных трансформаторов: номинальная мощность трансформатора  $S_{ном} = 25$  кВ·А; номинальное напряжение первичной обмотки  $U_{1ном} = 6$  кВ; напряжение короткого замыкания трансформатора  $u_{к} = 4,5\%$ ; ток холостого хода трансформатора  $i_0 = 2,7\%$ ; потери холостого хода  $P_0 = 0,115$  кВт; потери короткого замыкания  $P_k = 0,610$  кВт, определить: номинальный ток первичной обмотки  $I_{1ном}$ , А; активную  $u_{к,а}$ , % и реактивную  $u_{к,р}$ , % составляющую напряжения короткого замыкания, коэффициент мощности холостого хода ( $\cos \varphi_0$ ), о.е. и короткого замыкания ( $\cos \varphi_k$ ) о.е., полное сопротивление короткого замыкания  $Z_k$ , Ом и его активную  $r_k$ , Ом и реактивную  $x_k$ , Ом составляющие, номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки  $\Delta U_{ном}$ , % при коэффициенте мощности нагрузки трансформатора  $\cos \varphi_2 = 0,8$  о.е. (характер нагрузки – индуктивный). Соединение обмоток трансформатора Y/Y.

3. Генератор постоянного тока параллельного возбуждения имеет номинальные данные: мощность  $P_{ном} = 6$  кВт, напряжение  $U_{ном} = 115$  В, частота вращения  $n_{ном} = 1000$  об./мин, сопротивление обмотки в цепи якоря  $\sum r = 0,13$  Ом, падение напряжения в щеточном контакте пары щеток  $\Delta U_{щ} = 2$  В, сопротивление цепи обмотки возбуждения  $r_b = 82,0$  Ом, КПД в номинальном режиме  $\eta_{ном} = 78\%$ . Требуется определить параметры: ток генератора  $I_{ном}$ , ток в цепи возбуждения  $I_b$ , ток цепи якоря  $I_a$ , ЭДС якоря  $E_a$ , электромагнитная мощность  $P_{эм}$ , электромагнитный момент при номинальной нагрузке  $M_{ном}$ , мощность приводного двигателя  $P_{1ном}$ .

4. Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет следующие данные: номинальная мощность  $P_{ном} = 26,0$  кВт, напряжение питания  $U_{ном} = 220$  В, номинальная частота вращения  $n_{ном} = 3150$  об./мин, сопротивление обмотки в цепи якоря  $\sum r = 0,04$  Ом, сопротивление цепи возбуждения  $r_b = 49,2$  Ом; КПД в номинальном режиме  $\eta_{ном} = 89\%$ , падение напряжение в щеточном контакте щеток  $\Delta U_{щ} = 2$  В.

Требуется определить потребляемый двигателем ток в режиме номинальной нагрузки  $I_{ном}$ , сопротивление пускового реостата  $R_{п,р}$ , при котором начальный пусковой ток в цепи якоря двигателя был бы равен  $2,5 \cdot I_a$ , начальный пусковой момент  $M_{п}$ , частоту вращения  $n_0$  и ток  $I_0$  в режиме холостого хода, номинальное изменение частоты вращения якоря двигателя при сбросе нагрузки. Влиянием реакции якоря пренебречь.

5. Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором имеет паспортные данные: тип двигателя АИР56А2; номинальная мощность двигателя  $P_{ном} = 0,18$  кВт; номинальная частота вращения  $n_{ном} = 2730$  об./мин; номинальный КПД двигателя  $\eta_{ном} = 65\%$ ; коэффициент мощности обмотки статора  $\cos \varphi_1 = 0,78$  о.е.; кратность пускового тока  $I_{п}/I_{ном} = 5,0$  о.е.; кратность пускового момента  $M_{п}/M_{ном} = 2,2$  о.е.; кратность максимального момента  $M_{max}/M_{ном} = 2,2$  о.е.; напряжения питания обмотки статора при соединении обмоток в «треугольник» и в «звезду» соответственно  $U_1 = 220/380$  В. Определить число пар полюсов  $p$ , скольжение при номинальной нагрузке  $s_{ном}$ , момент на валу  $M_{ном}$ , начальный пусковой  $M_{п}$  и максимальный  $M_{max}$  моменты, потребляемую двигателем из

сети активную мощность  $P_{1\text{ном}}$ , суммарные потери при номинальной нагрузке  $\sum P$ , номинальный и пусковые токи  $I_{1\text{ном}}$  и  $I_{\text{п}}$  в питающей сети при соединении обмоток статора «звездой» и «треугольником».

6. Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором включен в сеть напряжением 380 В частотой 50 Гц при соединении обмоток статора «треугольником». Паспортные данные двигателя: тип двигателя АИР80В8; номинальная мощность двигателя  $P_{\text{ном}} = 0,55 \text{ кВт}$ ; номинальная частота вращения  $n_{\text{ном}} = 680 \text{ об/мин}$ ; номинальный КПД двигателя  $\eta_{\text{ном}} = 58,0\%$ ; коэффициент мощности обмотки статора  $\cos \varphi_1 = 0,6 \text{ о.е.}$ . При нагрузке  $P_2 = 0,85 \cdot P_{\text{ном}}$  КПД двигателя имеет наибольшее значение  $\eta_{\text{max}} = 1,03 \cdot \eta_{\text{ном}}$ . Необходимо определить все виды потерь для режима нагрузки.

7. Для трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором тип МТН 011-6; номинальная мощность двигателя  $P_{\text{ном}} = 1,4 \text{ кВт}$ ; номинальная частота вращения  $n_{\text{ном}} = 890 \text{ об/мин}$ ; активное сопротивление фазы обмотки ротора  $r_2 = 0,625 \text{ Ом}$ ; кратность максимального момента  $M_{\text{max}}/M_{\text{ном}} = 2,6 \text{ о.е.}$ ; кратность пускового момента  $M_{\text{п}}/M_{\text{ном}} = 2,0 \text{ о.е.}$ , требуется рассчитать сопротивление резисторов трехступенчатого пускового реостата ПР. Принять значение момента переключения равным номинальному моменту.

8. Параметры трехфазного синхронного двигателя: типоразмер СД2-85/57-6; активная номинальная мощность  $P_{\text{ном}} = 800 \text{ кВт}$ ; синхронная частота вращения  $n = 1000 \text{ об./мин}$ ; генератора при номинальной нагрузке  $\eta_{\text{ном}} = 95,6\%$ ; кратность максимального момента  $M_{\text{max}}/M_{\text{ном}} = 2,2 \text{ о.е.}$ ; кратность пускового момента  $M_{\text{п}}/M_{\text{ном}} = 1,0 \text{ о.е.}$ ; кратность момента входа в синхронизм  $M_{5\%}/M_{\text{ном}} = 1,3 \text{ о.е.}$  кратность пускового тока  $I_{\text{п}}/I_{\text{ном}} = 5,9 \text{ о.е.}$ . Определить: число пар полюсов, номинальный и пусковые токи в цепи статора, номинальный, максимальный синхронный, пусковой моменты и асинхронный момент входа в синхронизм (при  $s = 5\%$ ). Напряжение питающей сети  $U_c = 6 \text{ кВ}$  при частоте 50 Гц, коэффициент мощности  $\cos \varphi_1 = 0,8$ .

#### ***Пример задания для расчетно-графической работы для обучающихся очной формы***

Задание на проектирование трехфазного двухобмоточного силового трансформатора включает следующие основные параметры и эксплуатационные характеристики:

- номинальная полная мощность  $S$ , кВ А;
- номинальные линейные напряжения: первичное  $U_{1н}$  и вторичное  $U_{2н}$ , кВ;
- схемы соединения и группы соединения обмоток;
- параметры короткого замыкания: напряжение  $u_k$  % и потери  $P_k$ , кВт;
- параметры холостого хода: ток  $V_{ix}$ , % и потери  $P_x$ , кВт.

Одинаковыми для всех вариантов являются:

Частота тока 50 Гц, число фаз 3, число обмоток на стержне – 2 (одна первичная и одна вторичная), способ охлаждения – масляное, режим работы - продолжительный, регулирование напряжения  $\pm 2 \times 2,5 \%$  (+5; +2,5; 0; - 2,5; - 5) % за счет переключения ответвлений (ПБВ) обмотки высшего напряжения (ВН).

В соответствии с указанными данными необходимо:

- провести электромагнитный и конструктивный расчеты, определить размеры магнитопровода и обмоток;
- определить параметры холостого хода и короткого замыкания и сравнить их с заданными;
- рассчитать и построить:
  - зависимость изменения напряжения  $\Delta U_2$  от коэффициента мощности нагрузки  $\cos \varphi_2$  при номинальном токе;
  - зависимость вторичного напряжения  $U_2$  от коэффициента нагрузки при  $\cos \varphi_2 = 0,8$ ;
  - зависимость коэффициента полезного действия (КПД) от коэффициента

ента нагрузки при  $\cos \varphi_2 = 0,8$ ;

При окончательном расчете трансформатора допускается отклонение расчетных параметров от заданных:

- по току холостого хода до 15%;
- по потерям холостого хода до 7,5%;
- по напряжению и потерям короткого замыкания не более чем на  $\pm 5\%$ .

#### **Пример задания для контрольной работы для обучающихся заочной формы**

1.Трехфазный асинхронный двигатель с числом полюсов  $2p = 4$  включен в сеть напряжением 380 В, частотой 50 Гц при соединении обмотки статора «треугольником». Параметры двигателя, соответствующие его номинальной нагрузке: мощность двигателя  $P_{\text{ном}} = 5,5$  кВт; КПД  $\eta_{\text{ном}} = 85\%$ ; коэффициент мощности  $\cos(\varphi_1) = 0,82$  о.е.; номинальное скольжение  $s_{\text{ном}} = 4,0\%$ . При нагрузке  $P_2 = 0,85P_{\text{ном}}$  КПД двигателя имеет наибольшее значение  $\eta_{\text{max}} = 1,03 \eta_{\text{ном}}$ . Необходимо определить все остальные виды потерь двигателя для режима номинальной нагрузки.

2. Технические данные трехфазных асинхронных двигателей с фазным ротором серии 4АК мощность двигателя  $P_{\text{ном}} = 11$  кВт; КПД  $\eta_{\text{ном}} = 86,5\%$ ; коэффициент мощности  $\cos(\varphi_1) = 0,86$  о.е.; номинальное скольжение  $s_{\text{ном}} = 5,0\%$ ; кратность максимального момента  $M_{\text{max}}/M_{\text{ном}} = 3$  о.е. Требуется определить все виды потерь при номинальной нагрузке двигателя. Напряжение питания 660 В, обмотка статора соединена «звездой»; частота тока 50 Гц; кратность пускового тока  $\lambda_1 = 5,7$ ; коэффициент мощности короткого замыкания принять  $\cos(\varphi_k) = 0,5 \cos(\varphi_1)$ .

3. Потребители электрической энергии питаются от трехфазного двухобмоточного понижающего трансформатора с номинальной мощностью  $S_{\text{ном}} = 25$  кВ·А при номинальных первичном  $U_{1\text{ном}} = 6$  кВи вторичном  $U_{2\text{ном}} = 0,23$  кВ линейных напряжениях с номинальной частотой  $f = 50$  Гц.

Технические данные трансформатора: потери мощности при холостом ходе  $P_0 0,13$  кВт, потери мощности при коротком замыкании  $P_k = 0,60$  кВт, напряжение короткого  $u_k = 4,5\%$  ,при токах в обмотках  $I_{1\text{ном}}$  и  $I_{2\text{ном}}$  равных номинальным. Способ соединения обмоток трансформатора «звезда».

Принимая во внимание паспортные данные трансформатора, определить коэффициент трансформации  $K$ , коэффициент полезного действия  $\eta_{\text{ном}}$  при номинальной нагрузке,  $\cos \varphi_2 = 0,8$ , токи в первичной  $I_{1\text{ном}}$  и во вторичной  $I_{2\text{ном}}$  обмотках, фазные первичное  $U_{10}$  и вторичное  $U_{20}$  напряжения при холостом ходе, сопротивления короткого замыкания  $R_k$  и  $X_k$ , активные  $R_1$  и  $R_2$  реактивные  $X_1$  и  $X_2$  сопротивления обмоток, активное  $U_{kR}$  и индуктивное  $U_{kL}$  падения напряжения при коротком замыкании, вторичное напряжение  $U_2$  при токе нагрузки  $I_2 = 2I_{2\text{ном}}$  и  $\cos \varphi_2 = 0,7$ .

Построить зависимость  $\Delta U_2\% = f(\cos \varphi_2)$  процентного изменения напряжения на вторичной обмотке трансформатора при номинальной нагрузке и изменении коэффициента мощности  $\cos \varphi_2$ .

#### **5.2 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся очной формы и традиционная система контроля и оценки успеваемости обучающихся заочной формы. Основные требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине и шкала оценивания приведены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7

#### **Требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине**

Виды работ	Количество под- видов ра- боты	Максимальные баллы за подвид работы																Штрафные баллы за нару- шение сроков сдачи		
		—																		
Тестирование	4	9	9	9	9															
Выполнение лабораторных работ	6	3	3	3	3	3	3													2
Выполнений практических работ	16	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4
РГР	1	6																		2
Посещение за- нятий	1	4																		
Активность	1	4																		

**Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-54% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 55-70% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 71-85% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 86-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ОПК-4. Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ИОПК-4.3. Применяет знания основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами ИОПК-4.5. Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не знает основ изучаемой дисциплины, не может использовать их в рамках поставленных целей и задач, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания по основам изучаемой дисциплины. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при формулировании основных положений и их применении	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании

**Критерии оценивания**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
Высокий уровень «5» (отлично) - зачтено	оценку « <b>отлично</b> » заслуживает обучающийся, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо) - зачтено	оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает обучающийся, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно) - зачтено	оценку « <b>удовлетворительно</b> » заслуживает обучающийся, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно) – не зачтено	оценку « <b>неудовлетворительно</b> » заслуживает обучающийся, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

**6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ****6.1 Учебная литература**

6.1.1 Электротехника: учебное пособие для вузов: в 3 кн. Кн.2: Электрические машины. Промышленная электроника. Теория автоматического управления/ Под ред. П.А. Бутырина.-Челябинск-Москва: Изд-во ЮУрГУ, 2004.–711с.

6.1.2 Рекус Г.Г., Белоусов А.И. Сборник задач по электротехнике и основам электроники. Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1991

6.1.3 Брускин Д.Э. «Электрические машины и микромашины»: учебник для вузов/ Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович, В.С. Хвостов/ М.: Высшая школа, 1990

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных выше на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

**6.2 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

6.2.1 Исследование однофазного силового трансформатора: метод.указания к выполнению лабораторной работы /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост. А.А. Кокорев. – Н.Новгород, 2020.– 18 с.

6.2.2 Исследование двигателя и генератора постоянного тока: метод.указ. к лабораторным работам/ сост. С.Е. Невский.- Н. Новгород, 2011

6.2.3 Исследование трехфазного асинхронного электродвигателя: метод.указания к выполнению лабораторной работы /НГТУ им. Р.Е. Алексеева; Сост. А.А. Кокорев. - Н. Новгород, 2020.- 17с.

6.2.4 Исследование однофазного синхронного генератора при автономной нагрузке: метод.указ. к лабораторной работе/ сост. С.Е. Невский.- Н. Новгород, 2013.

6.2.5 Исследование двухфазного асинхронного электродвигателя с амплитудно-фазовым управлением: метод.указ. к лабораторным работам/ сост. С.Е. Невский.- Н. Новгород, 2007. 14 с.

## 7 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### 7.1 Перечень информационных справочных систем

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента.

Информационные технологии применяются в следующих направлениях: при подготовке и оформлении отчетов о лабораторных работах, выполнении заданий для самостоятельной работы.

Таблица 10

#### Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>

7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины

Таблица 11

#### Программное обеспечение

№ п/п	Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	Microsoft Windows 10 (подписка MSDN 700593597, подписка DreamSpark Premium, 19.06.19)	Adobe Acrobat Reader <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html</a>
2	Microsoft office 2010 (Лицензия № 49487295 от 19.12.2011)	OpenOffice <a href="https://www.openoffice.org/ru/">https://www.openoffice.org/ru/</a>
3	КонсультантПлюс	PTC Mathcad Express <a href="https://www.mathcad.com/ru">https://www.mathcad.com/ru</a>

#### Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 12 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ).

Таблица 12

#### Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>
3	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	<a href="https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus">https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus</a>
4	Справочная правовая система «Консультант Плюс»	доступ из локальной сети

## 8 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 13 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 13

### Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 14 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДПИ НГТУ.

Таблица 14

### Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	1161 Аудитория для лекционных занятий и демонстрационный кабинет Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт.; Экран – 1 шт.	
2	1150 Аудитория для лекционных занятий и демонстрационный кабинет Нижегородская обл., г.	Комплект демонстрационного оборудования.	

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49		
3	1146 Лаборатория «Электрических машин» Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплекты лабораторных установок (12 комплектов)	
5	1234 Научно-техническая библиотека ДПИ НГТУ, студенческий читальный зал; Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе <i>Intel Pentium G4560</i> 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20" – 1 шт. Мультимедийный проектор <i>Epson</i> - 1 шт.; Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Microsoft Windows 10</i> Домашняя (поставка с ПК)</li> <li>• <i>LibreOffice 6.1.2.1.</i> (свободное ПО)</li> <li>• <i>FoxitReader</i> (свободное ПО);</li> <li>• <i>7-zip</i> для <i>Windows</i> (свободное ПО)</li> </ul>
6	1443а компьютерный класс- помещение для СРС, курсового проектирования(выполнения курсовых работ),Нижегородская обл.,г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	ПК на базе <i>Intel Celeron</i> 2,67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор <i>Acer 17"</i> – 4 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Microsoft Windows 7</i> (подписка <i>Dream Spark Premium</i>)</li> <li>• <i>Apache OpenOffice 4.1.8</i> (свободное ПО);</li> <li>• <i>Mozilla Firefox</i> (свободное ПО);</li> <li>• <i>Adobe Acrobat Reader</i> (свободное ПО);</li> <li>• <i>7-zip</i> для <i>Windows</i> (свободное ПО);</li> <li>• Консультант Плюс (ГПД №0332100025418000079 от 21.12.2018);</li> </ul>

## 10 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная, а также проводится в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- текущий контроль знаний в форме тестирования собеседования.

При преподавании дисциплины «Электрические машины», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность обучающихся при

освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

На лекциях, лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет обучающимся проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием как встреч с обучающимися, так и современных информационных технологий (электронная почта).

Иницируется активность обучающихся, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы обучающегося, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса в основном освоено. При устных собеседованиях обучающийся последовательно излагает учебный материал; при затруднениях способен после наводящих вопросов продолжить обсуждение, справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если обучающийся при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2 Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (таблица 5 и 6). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

### **10.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах**

Подготовку к каждой лабораторной работе обучающийся должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень ответственности результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

### **10.4. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях практического типа**

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины.

### **10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающихся к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающихся на занятиях и в качестве выполненных заданий для самостоятельной работы и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины, обучающиеся могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (таблица 14). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

### **10.6 Методические указания для выполнения расчетно-графической работы обучающимися очной формы**

При выполнении расчетно-графической работы рекомендуется проработка материалов лекций по темам, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в разделе 6.

Выполнение расчетно-графической работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине.

### **10.7 Методические указания для выполнения контрольной работы обучающимися заочной формы**

При выполнении контрольной работы рекомендуется проработка материалов лекций по

темам, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в разделе 6.

Выполнение контрольной работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине.

## **11 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **11.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости**

Для текущего контроля знаний, обучающихся по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- проведение лабораторных работ;
- проведение практических занятий;
- выполнение и защита РГР;
- тестирование на сайте по различным разделам курса;
- проведение контрольных работ для обучающихся заочной формы;
- выполнение заданий для самостоятельной работы для обучающихся очной формы;
- экзамен.

#### **11.1.1 Типовые задания для лабораторных работ**

Типовые задания для лабораторных работ:

Лабораторная работа «Исследование двигателя постоянного тока с независимым возбуждением»

1. Поясните назначение основных частей двигателя постоянного тока.
2. Напишите формулы ЭДС индукции и электромагнитного момента двигателя постоянного тока.
3. Укажите достоинства и недостатка различных способов регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока. С помощью какого способа можно получить наибольший диапазон регулирования.
4. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения имеет следующие номинальные данные: мощность 10 кВт, напряжение 220 В, частота вращения 1500 об/мин, номинальный ток якоря 52,2 А. Сопротивление обмотки якоря 0,182 Ом. Определите пусковой ток при пуске без пускового сопротивления. Определите пусковое сопротивление, которое необходимо включить в цепь якоря для ограничения пускового тока до двух кратного от номинального и величину пускового момента при этих условиях.

Лабораторная работа «Исследование асинхронного электродвигателя и изучение аппаратуры управления и защиты»

#### Вариант 3.

1. Какое число пар полюсов должен иметь асинхронный двигатель, питающийся от промышленной сети, при частоте вращения магнитного поля статора 600 об/мин.
2. Укажите основные достоинства асинхронного двигателя.
3. Напряжение питающей сети снизилось на 10 %. как изменится вращающий момент асинхронного двигателя к короткозамкнутым роторам?
4. Асинхронный электродвигатель имеет номинальную мощность 75 кВт и номинальную частоту вращения 1450 об/мин. Определите номинальный момент на валу двигателя.

#### Вариант 5.

1. Скольжение четырехполюсного асинхронного двигателя изменяется от 0,3 до 5%. Определите диапазон изменения частоты вращения ротора, если частота питающего напряжения 50 Гц.
2. Какие достоинства имеет асинхронный двигатель с фазным ротором по сравнению с короткозамкнутым?
3. Что такое саморегулирование асинхронного электродвигателя? Как протекает процесс саморегулирование в двигателе?
4. Для трехфазного асинхронного двигателя известны номинальные данные: мощность 40 кВт, напряжение 380 В, коэффициент мощности и полезного действия 0,89 и 0,91. Определите потребляемый ток, потребляемую полную активную и реактивную мощности.

### 11.1.2 Типовые тестовые задания

*Примеры тестовых заданий* по дисциплине (оценочные средства в полном объеме хранятся на кафедре «Автоматизация, энергетика, математика и информационные системы»):

#### Вопрос 1

В теории машин переменного тока:

- a. Подвижную часть называют ротор, неподвижную - статор;
- b. Подвижную часть называют статор, неподвижную - ротор;
- c. Подвижную часть называют якорь, неподвижную – статор.

#### Вопрос 2

В основе принципа действия машин переменного тока лежит:

- a. Вращающее магнитное поле, созданное неподвижными катушками;
- b. Вращающее магнитное поле, созданное вращающимися катушками;
- c. Статическое магнитное поле.

#### Вопрос 3

Для чего применяют распределенную обмотку в машинах переменного тока

- a. Для улучшения формы кривой магнитной индукции;
- b. Для повышения КПД машин;
- c. Для повышения  $\cos(\varphi)$  машины.

#### Вопрос 4

Что обозначает термин «укороченный шаг» в обмотках машин переменного тока:

- a. Расстояние в пазах между началами двух соседних секций равно полюсному делению;
- b. Расстояние в пазах между проводниками одной секции меньше полюсного деления;
- c. Расстояние в пазах между началами соседних фаз больше полюсного деления.

#### Вопрос 5

Магнитная система статора машин переменного тока набирается из отдельных листов электротехнической стали:

- a. Для уменьшения потерь на вихревые токи и гистерезис;
- b. Для уменьшения потерь на вихревые токи;
- c. Для уменьшения потерь на гистерезис.

#### Вопрос 6

Способы соединения обмоток статора машин трехфазного переменного тока:

- a. Звезда и треугольник;
- b. Звезда с нулем и треугольник;
- c. Треугольник и зигзаг.

#### Вопрос 7

Частота тока ротора асинхронного двигателя зависит от:

- a. Только от частоты питающей сети;
- b. От частоты питающей сети и скольжения;
- c. От частоты питающей сети и сопротивления ротора.

#### Вопрос 8

Скорость вращения МДС статора асинхронного двигателя относительно неподвижных частей:

- a. Равна скорости вращения магнитного поля статора;
- b. Равна скорости вращения ротора;
- c. Равна скорости вращения магнитного поля статора умноженной на скольжение.

### Вопрос 9

Точке идеального холостого хода на механической характеристике асинхронного двигателя соответствуют координаты:

- a. Момент нагрузки отсутствует, частота вращения равна синхронной частоте;
- b. Момент нагрузки отсутствует, частота вращения равна номинальной частоте вращения;
- c. Момент нагрузки отсутствует, частота вращения равна 90% от частоты вращения магнитного поля.

### Вопрос 10

Точке номинального режима на механической характеристике асинхронного двигателя соответствуют координаты:

- a. Частота вращения равна частоте вращения магнитного поля, момент равен номинальному моменту двигателя;
- b. Частота равна номинальной частоте вращения, момент равен номинальному моменту двигателя;
- c. Частота равна номинальной частоте вращения, момент равен критическому моменту.

### Вопрос 11

При уменьшении напряжения питания асинхронного двигателя механическая характеристика:

- a. Становится мягче, максимальный момент не изменяется, критическая частота вращения уменьшается;
- b. Становится мягче, максимальный и пусковой момент становятся меньше, критическая частота вращения не изменяется;
- c. Становится жёстче, максимальный момент уменьшается, критическая частота вращения уменьшается.

### Вопрос 12

При увеличении активного сопротивления цепи ротора асинхронного двигателя механическая характеристика:

- a. Становится мягче, максимальный момент не изменяется, критическая частота вращения уменьшается, пусковой момент сперва растёт до максимального, затем снижается;
- b. Становится мягче, максимальный и пусковой момент становятся меньше, критическая частота вращения не изменяется;
- c. Становится жёстче, максимальный момент уменьшается, критическая частота вращения уменьшается.

## 11.1.3 Типовые задания для контрольной работы обучающихся заочной формы

Вариант 1

1. Параметры генератора постоянного тока независимого возбуждения: номинальное напряжение и ток якоря 230 В и 767 А. Сопротивления: нагрузки 0,3 Ом, обмотки якоря 0,0181 Ом, обмотки возбуждения 22 Ом. Известна типовая характеристика

холостого хода в относительных единицах. Какое сопротивление необходимо включить в цепь возбуждения при неизменном сопротивлении нагрузки, чтобы уменьшать напряжение в два раза?

2. Построить механическую характеристику двигателя постоянного тока параллельного возбуждения с номинальными данными: мощность 130 кВт, напряжение 220 В, ток 640 А, частота вращения 600 об/мин. Известны сопротивления якоря 0,00725 Ом и обмотки возбуждения – 43,2 Ом.

Вариант 2

1. Синхронный турбогенератор имеет номинальные данные: полная мощность 100000 кВА, напряжение 15,75 кВ, частота вращения 3000 об/мин. Синхронное сопротивление 3,2 Ом, коэффициент мощности 1,0. Определить ток статора, ЭДС фазы обмотки статора при соединении фаз звездой, угол рассогласования, максимальный момент, перегрузочную способность.
2. Синхронный двигатель имеет номинальные данные: мощность 2500 кВт, напряжение 6 кВ, частота вращения 3000 об/мин. Коэффициент мощности 1,0, перегрузочная способность 1,5, синхронное сопротивление 12,8 Ом. Определить для номинального режима номинальный и максимальный моменты, угол рассогласования, ЭДС обмотки статора. Определить те же параметры и коэффициент мощности при перевозбуждении на 30%. Построить угловые характеристики в этих режимах.

#### **11.1.4 Типовые задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы**

Вариант 1

1. Определить параметры упрощенной схемы замещения трехфазного трансформатора с номинальной мощностью 50 кВА, если обмотки соединены по схеме «Звезда», номинальные линейные напряжения 6000 В и 525 В, параметры холостого хода: ток 7%, мощность 350 Вт, параметры опыта короткого замыкания: напряжение 5,5%, мощность 725 Вт.
2. Однофазный трансформатор имеет номинальные параметры: полная мощность 57,5 кВА, напряжения 6000/230 В. Напряжение короткого замыкания 5,35%, мощность – 1600 Вт. Нагрузки трансформатора 40 кВт при коэффициенте мощности 0,82. Найти вторичное напряжение в этом режиме.

Вариант 2

1. В заданном режиме измерительные приборы зафиксировали следующие параметры асинхронного двигателя: напряжение на обмотке статора 375 В, ток статора 6 А, потребляемая мощность 2,9 кВт, частота вращения 1450 об/мин, момент на валу 16 Нм. Определить КПД и коэффициент мощности для этого режима.
2. Определить величину регулировочного сопротивления, которое надо включить в цепь ротора асинхронного двигателя с фазным ротором, чтобы при том же моменте на валу частота вращения снизилась от номинального значения 950 об/мин до 600 об/мин, если сопротивление фазы обмотки ротора 0,009 Ом. Во сколько раз увеличатся потери в цепи ротора при включении регулировочного сопротивления.

#### **11.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе аттестации по дисциплине**

Форма проведения аттестации по дисциплине - экзамен: по результатам накопительного рейтинга или в форме письменного экзамена для обучающихся очной формы и заочной формы.

**Перечень вопросов к экзамену по дисциплине Б1.Б.20 «Электрические машины»**

##### **ЧАСТЬ 1**

1. Электромеханическое преобразование энергии в электрической машине.

2. Классификация электрических машин по назначению, роду тока и конструктивному исполнению.
3. Физические законы, лежащие в основе работы электрических машин.
4. Актуальные проблемы и тенденции развития электрических машин.
5. Область применения и устройство трансформатора.
6. Принцип действия трансформатора, коэффициент трансформации.
7. Уравнения трансформатора.
8. Эквивалентная электрическая схема трансформатора.
9. Векторная диаграмма трансформатора.
10. Работа трансформатора в режиме холостого хода, опыт холостого хода.
11. Опыт короткого замыкания трансформатора.
12. Внешняя характеристика трансформатора.
13. Коэффициент полезного действия трансформатора.
14. Трехфазные трансформаторы: магнитная система, схемы соединения обмоток.
15. Параллельная работа трансформаторов.
16. Несимметричная нагрузка трехфазных трансформаторов.
17. Переходные процессы в трансформаторах.
18. Регулирование напряжения в трансформаторах.
19. Трехобмоточные трансформаторы.
20. Автотрансформаторы.
21. Группы соединений трехфазных трансформаторов.
22. Изменение вторичного напряжения трансформатора.
23. Опытное определение параметров схемы замещения трансформатора.
24. Принцип работы генератора и двигателя постоянного тока.
25. Устройство машин постоянного тока, область применения.
26. Петлевая обмотка якоря машины постоянного тока.
27. Волновая обмотка якоря машин постоянного тока.
28. Электродвижущая сила индукции машины постоянного тока и ее роль в генераторе и двигателе.
29. Электромагнитный момент машины постоянного тока и его роль в генераторе и двигателе.
30. Магнитное поле возбуждения машины постоянного тока.
31. Реакция якоря в машинах постоянного тока.
32. Коммутация в машинах постоянного тока.
33. Способы улучшения коммутации в машинах постоянного тока.
34. Способы возбуждения генераторов постоянного тока.
35. Характеристика холостого хода генератора постоянного тока.
36. Внешние характеристики генераторов постоянного тока с различным способом возбуждения.
37. Регулирование напряжения генератора постоянного тока, регулировочные характеристики.
38. Классификация двигателей постоянного тока по способу возбуждения, электрические схемы.
39. Электрическая схема замещения цепи якоря двигателя постоянного тока, частота вращения.
40. Механические характеристики двигателей постоянного тока с независимым и параллельным возбуждением.
41. Механические характеристики двигателей постоянного тока с последовательным и смешанным возбуждением.
42. Реверсирование и электрическое торможение двигателей постоянного тока.
43. Пуск двигателей постоянного тока.

44. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока изменением сопротивления цепи якоря.
45. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока изменением магнитного потока.
46. Регулирование частоты вращения двигателей постоянного тока изменением напряжения на якоре.

## ЧАСТЬ 2

1. Вращающееся магнитное поле электрических машин переменного тока.
2. Классификация и основные расчетные величины обмоток машин переменного тока.
3. Схема двухслойной обмотки двухполюсной машины переменного тока.
4. Электродвижущая сила обмоток машин переменного тока, обмоточный коэффициент.
5. Электромагнитный момент машины переменного тока.
6. Устройство трехфазного асинхронного двигателя. область применения.
7. Принцип действия трехфазного асинхронного двигателя, скольжение.
8. Работа асинхронного двигателя при вращающемся роторе, уравнения цепей статора и ротора.
9. Эквивалентная электрическая схема замещения асинхронного двигателя.
10. Электромагнитный момент асинхронного двигателя.
11. Механическая характеристика трехфазного асинхронного двигателя.
12. Работа асинхронного двигателя при неноминальных условиях.
13. Влияние напряжения питания и активного сопротивления ротора на механическую характеристику асинхронного двигателя.
14. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя, коэффициент полезного действия.
15. Коэффициент мощности и потребляемый ток асинхронного двигателя.
16. Пуск трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.
17. Пуск трехфазных асинхронных двигателей с фазным ротором.
18. Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей.
19. Реверсирование и торможение трехфазных асинхронных двигателей.
20. Микродвигатели переменного тока.
21. Принцип действия, устройство и область применения синхронных машин.
22. Реакция якоря в синхронной машине.
23. Уравнение напряжений для одной фазы обмотки статора синхронного генератора, электрическая схема замещения.
24. Электромагнитный момент синхронной машины.
25. Угловая характеристика синхронного генератора. Область устойчивой работы.
26. Параллельная работа синхронного генератора с сетью, синхронизация.
27. Параллельная работа синхронного генератора с сетью, регулирование активной и реактивной мощности.
28. Векторная диаграмма синхронного генератора при работе с индуктивным сдвигом фаз.
29. Отличные условия работы генераторов с явнополюсным и неявнополюсным роторами.
30. Влияние тока возбуждения на коэффициент мощности синхронного генератора.
31. Уравнение цепи статора синхронного двигателя, схема замещения.
32. Механическая и угловая характеристики синхронного двигателя.
33. Регулирование коэффициента мощности синхронного двигателя.
34. Векторная диаграмма синхронного двигателя с явнополюсным и неявнополюсным роторами.
35. Пуск синхронного двигателя.

36. Регулирование частоты вращения и торможение синхронного двигателя.
37. Вентильный двигатель, синхронный компенсатор.
38. Задачи по обеспечению безотказной работы электрических машин.
39. Обслуживание электрических машин.
40. Особенности конструкции электрических машин, определяемые условиями эксплуатации.
41. Причины возникновения эллиптического вращающегося магнитного поля, его влияние на работу двигателя переменного тока.
42. Зависимость электромагнитного момента асинхронного двигателя от скольжения. Режимы работы.

**Регламент проведения текущего контроля в форме компьютерного тестирования.**

Компьютерное тестирование не предусмотрено.