

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
  
Уваров В.А.  
«25» 05 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

Электрические машины и аппараты строительного производства

направление подготовки (специальность):

08.03.01 Строительство

Направленность программы (профиль, специализация):

Электроснабжение и механизация строительства

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

очная

Инженерно-строительный институт

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

Белгород 2023

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 31 мая 2017 г. № 481;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2023 году

Составитель (составители): к.т.н., доц.

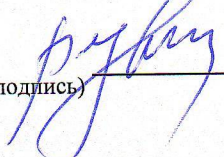
  
(ученая степень и звание, подпись)

(Н.Ю. Саввин)  
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 05 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2023 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф

  
(ученая степень и звание, подпись)

(В.А. Уваров)  
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 25 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2023 г., протокол № 10

Председатель канд. техн. наук, доцент  
(ученая степень и звание, подпись)

  
(А.Ю. Феоктистов)  
(инициалы, фамилия)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные	ПК-1 Способность проводить обследования технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства	ПК-1.1 Выбирает нормативно-технические, нормативно-методические документы, регламентирующие организацию и проведение обследования технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства	Знать: основной перечень нормативно-технических, нормативно-методических документов, регламентирующих организацию и проведение обследования технического состояния средств энергетического обеспечения строительства. Уметь: выполнять обследования технического состояния средств энергетического обеспечения строительства. Навыки: выбора нормативно-технических, нормативно-методических документов, регламентирующих организацию и проведение обследования технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства
		ПК-1.4 Выбирает способы выполнения работ по обследованию технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства в соответствии с техническим заданием	Знать: способы выполнения работ по обследованию технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства в соответствии с техническим заданием Уметь: выполнять работы по обследованию технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства в соответствии с техническим заданием Навыки: выполнения работ по обследованию технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства в соответствии с техническим заданием
		ПК-1.12 Контролирует соблюдение требований охраны труда при обследовании технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства	Знать: требования охраны труда при обследовании технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства Уметь: выполнять обследование технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства безопасными методами Навыки:
	ПК-3 Способность выполнять	ПК-3.6 Выбирает оборудование и материалы для системы	Знать: основные виды оборудования и материалов для

	обоснование проектных решений по техническому и энергетическому обеспечению строительства	электроснабжения	системы электроснабжения Уметь: выбирать оборудование и материалы для системы электроснабжения Навыки: выбора оборудования и материалов для системы электроснабжения.
--	-------------------------------------------------------------------------------------------	------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-1** Способность проводить обследования технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Специальные узлы и детали строительных машин и оборудования
2	Машины, оборудование и инструмент в строительстве
3	Грузоподъёмные машины и механизмы
4	Электробезопасность
5	Энергоаудит
6	Теоретические основы электротехники

**2. Компетенция ПК-3** Способность выполнять обоснование проектных решений по техническому и энергетическому обеспечению строительства

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Электроснабжение объектов капитального строительства
2	Электроэнергетические системы и сети
3	Основы автоматизированного проектирования систем электроснабжения
4	Машины, оборудование и инструмент в строительстве
5	Грузоподъёмные машины и механизмы
6	Воздухоснабжение производственных зданий
7	Организация и планирование технического обеспечения в строительстве
8	Планирование монтажа и ТЭО
9	Привод строительных машин
10	Теоретические основы электротехники

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Форма промежуточной аттестации дифференцированный зачет

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	68	68
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	17	17
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	112	112
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	52	52
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	60	60
Экзамен	36	Экзамен (36)

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1 Наименование тем, их содержание и объем**  
**Курс 3 Семестр 5**

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Введение</b>					
1.1	Предмет и содержание дисциплины. Краткие сведения об истории развития электроаппаратостроения в России и за рубежом. Значение электрических аппаратов для распределения электроэнергии, для защиты электроцепей при аварийных ситуациях, для управления современным электроприводом и автоматизированными промышленными объектами. Основные термины и определения. Классификация электрических и электронных аппаратов.	2	1	0	4
<b>2. Физические явления и процессы в электрических аппаратах</b>					
2.1	Источники теплоты в электрических аппаратах. Способы распространения теплоты в электрических аппаратах. Задачи тепловых расчетов. Теплоотдача конвекцией и излучением, теплопроводность в частях электрических аппаратов.	2	1	1	4
2.2	Режимы нагрева и термическая стойкость электрических аппаратов. Классификация электрических контактов.	2	1	1	5
2.3	Электрические аппараты низкого напряжения. Реле. Классификация. Принцип действия электромагнитных реле. Основные параметры реле. Выбор электромагнитных реле. Контактторы и магнитные пускатели. Назначение, принцип действия, основные узлы контакторов. Тепловые реле. Принцип действия. Аппараты температурной и токовой защиты. Автоматические выключатели. Расцепители. Виды	4	2	2	8
<b>3. Трансформаторы</b>					
3.1	Роль электрических машин и трансформаторов в производстве и преобразовании электрической энергии в строительном производстве. Классификация электромеханических преобразователей энергии. Устройство трансформатора. Конструкции магнитопроводов и обмоток. Электротехнические материалы. Схемы и группы соединения обмоток трехфазного трансформатора. Принцип действия. ЭДС обмоток. Коэффициент трансформации.	4	2	2	7

3.2	Испытание трансформатора и определение его параметров и характеристик. Опыты холостого хода (ХХ) и короткого замыкания (КЗ). Номинальное напряжение короткого замыкания. Определение параметров схемы замещения. Виды потерь электрической энергии в трансформаторах.	4	2	2	7
4. Электрические машины в строительном производстве					
4.1	Машины постоянного тока. Область применения. Устройство. Способы возбуждения. Якорные обмотки. Основные конструктивные параметры. Двигатели постоянного тока (ДПТ). Уравнение механической характеристики при независимом (параллельном) возбуждении. Механические характеристики ДПТ. Способы пуска и регулирования частоты вращения.	6	2	3	7
4.2	Асинхронные машины. Область применения. Конструкция основных частей. Принцип действия асинхронного двигателя (АД). Скольжение магнитного поля относительно ротора. Режимы работы асинхронной машины. Описание электромагнитных процессов. Разложение на составляющие магнитного поля. Основные ЭДС, индуцируемые в обмотках статора и ротора. Механическая характеристика. Способы пуска.	6	3	3	9
4.3	Синхронные машины. Классификация. Область применения. Устройство активных частей. Системы охлаждения. Системы возбуждения. Устройство. Системы возбуждения. Уравнение электрического равновесия обмотки якоря синхронного двигателя. Векторная диаграмма. Способы пуска синхронных двигателей. Синхронные компенсаторы. Область применения. Работа в режимах компенсации реактивной мощности и стабилизации напряжения.	6	3	3	9
ВСЕГО		34	17	17	60



## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 5				
1	Физические явления и процессы в электрических аппаратах	Расчет режимов нагрева и охлаждения в электрических аппаратах. Проверка электрических аппаратов на термическую стойкость	3	5
2	Физические явления и процессы в электрических аппаратах	Контактное сопротивление. Нагрев контактов.	2	4
3	Трансформаторы	Определение группы трехфазного трансформатора. Расчет электрических величин. Расчет изменения вторичного напряжения при нагрузке и внешняя характеристика трансформатора	4	8
4	Машины постоянного тока	Расчет параметров рабочего режима машин постоянного тока. Расчет механических характеристик ДПТ	2	4
5	Асинхронные машины	Расчет параметров рабочего режима АД. Расчет механической характеристики АД.	3	4
6	Синхронные машины	Расчет параметров рабочего режима синхронной машины. Построение векторных диаграмм.	3	5
ИТОГО:			17	30
ВСЕГО:				47

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 5				
1	Физические явления и процессы в электрических аппаратах	Исследование реле переменного и постоянного тока. Исследование твердотельного реле. Исследование контакторов и магнитных пускателей.	4	6
2	Трансформаторы	Исследование однофазного трансформатора	4	4
3	Машины постоянного тока	Исследование двигателя постоянного тока	3	4
4	Асинхронные машины	Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	3	4
5	Синхронные машины	Исследование работы синхронного двигателя	3	4
ИТОГО:			17	30
ВСЕГО:				47

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

#### 1 Компетенция ПК-1 Способность проводить обследования технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.1 Выбирает нормативно-технические, нормативно-методические документы, регламентирующие организацию и проведение обследования технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства	Собеседование, устный опрос
ПК-1.4 Выбирает способы выполнения работ по обследованию технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства в соответствии с техническим заданием	Собеседование, устный опрос
ПК-1.12 Контролирует соблюдение требований охраны труда при обследовании технического состояния средств технического и энергетического обеспечения строительства	Собеседование, устный опрос

#### 2 Компетенция ПК-3 Способность выполнять обоснование проектных решений по техническому и энергетическому обеспечению строительства

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-3.6 Выбирает оборудование и материалы для системы электроснабжения	Собеседование, устный опрос

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена / дифференцированного зачета / зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение	1. Определение «электрический аппарат» в современном представлении. 2. Назовите функции электрических аппаратов. 3. Признаки классификации электрических аппаратов. 4. Разделение аппаратов в зависимости от номинальных токов напряжений. 5. Функции коммутационных аппаратов. 6. Какие аппараты относятся к аппаратам распределения?

		<p>7. Назовите функции электрических аппаратов защиты.</p> <p>8. Перечислите аппараты, относящиеся к аппаратам управления.</p> <p>9. Какие аппараты относятся к ограничивающим аппаратам?</p> <p>10. Назовите функции аппаратов автоматического регулирования..</p>
2	Физические явления и процессы в электрических аппаратах	<p>11. Какие дополнительные источники теплоты появляются в аппаратах при переменном токе?</p> <p>12. Напишите тепловое уравнение Ньютона.</p> <p>13. Как передается теплота в твердых телах?</p> <p>14. Как называется разность температуры проводника и окружающей среды?</p> <p>15. Запишите условие теплового баланса аппарата.</p> <p>16. Запишите условие стационарного теплового режима.</p> <p>17. Чем определяется длительно допустимая температура проводника?</p> <p>18. Как выражается постоянная времени переходного процесса нагрева?</p> <p>19. Какие параметры связывает кривая адиабатического нагрева?</p> <p>20. Как проверить термическую стойкость токопровода?</p>
3	Трансформаторы	<p>21. Устройство трансформатора. Конструкции магнитопроводов и обмоток. Электротехнические материалы. Конструкции баков, способы охлаждения, арматура.</p> <p>22. Схемы и группы соединения обмоток трехфазного трансформатора.</p> <p>23. Принцип трансформации напряжений на примере трансформатора с идеальными обмотками и магнитопроводом.</p> <p>24. Магнитное поле реального трансформатора под нагрузкой и его разложение на составляющие. Индуктивные сопротивления рассеяния. Уравнения электрического равновесия по контурам первичной и вторичной обмоток.</p> <p>25. Уравнение равновесия МДС первичной и вторичной обмоток реального трансформатора. Зависимость намагничивающего тока от качества магнитопровода.</p> <p>26. Понятие о приведенном трансформаторе. Приведение значений вторичных величин к числу витков первичной обмотки при сохранении всех составляющих мощности. Уравнения приведенного трансформатора.</p> <p>27. Опыты холостого хода и короткого замыкания. Номинальное напряжение короткого замыкания. Определение параметров схемы замещения.</p> <p>28. Виды потерь электрической энергии в трансформаторах. КПД трансформатора и его зависимость от нагрузки.</p> <p>29. Изменение вторичного напряжения трансформатора при нагрузке. Вывод расчетного выражения для изменения напряжения. Внешняя характеристика трансформатора.</p>
4	Электрические машины в строительном производстве	<p>30. Машины постоянного тока. Область применения. Устройство.</p> <p>31. Способы возбуждения машин постоянного тока.</p>

		<p>32. Якорные обмотки. Основные конструктивные параметры.</p> <p>33. Двигатели постоянного тока. Назначение. Область применения. Принцип действия. Уравнение равновесия напряжений и ЭДС цепи якоря.</p> <p>34. Магнитное поле в воздушном зазоре. Режим ХХ. Режим нагрузки: поперечная и продольная реакция якоря и ее воздействие на магнитное поле.</p> <p>35. Конструкция основных частей асинхронного двигателя. Принцип действия. Скольжение магнитного поля относительно ротора. Режимы работы асинхронной машины.</p> <p>36. Разложение на составляющие магнитного поля асинхронного двигателя. Основные ЭДС, индуцируемые в обмотках статора и ротора. Коэффициент трансформации. ЭДС рассеяния и индуктивные сопротивления обмоток.</p> <p>37. Уравнение электрического равновесия обмоток статора и ротора. Интерпретация энергетических соотношений в схеме замещения цепи ротора. .</p> <p>38. Приведение параметров обмотки ротора асинхронного двигателя к числу витков и числу фаз обмотки статора. Система уравнений в приведенных величинах и их аналогия с уравнениями трансформатора. Схема замещения и физический смысл ее параметров.</p> <p>39. Аналитическое определение вращающего момента асинхронного двигателя. Механическая характеристика. Максимальный и пусковой моменты.</p> <p>40. Влияние нагрузки на валу асинхронного двигателя на параметры установившегося режима (скольжение и частота вращения, момент на валу, потребляемые из сети ток и активная мощность, коэффициент мощности и КПД).</p> <p>41. Классификация электрических машин. Область применения. Устройство активных частей. Системы охлаждения.</p> <p>42. Системы возбуждения. Магнитное поле возбуждения и улучшение формы кривой его распределения в зазоре.</p> <p>43. Магнитное поле синхронной машины и его разложение на составляющие.</p> <p>44. Регулирование реактивной мощности синхронной машины при параллельной работе с сетью в режиме постоянной активной мощности. U-образные характеристики.</p> <p>45. Синхронные двигатели. Область применения. Устройство. Системы возбуждения.</p> <p>46. Уравнение электрического равновесия обмотки якоря синхронного двигателя. Векторная диаграмма.</p> <p>47. Способы пуска синхронных двигателей.</p> <p>48. Синхронные компенсаторы. Область применения. Работа в режимах компенсации реактивной мощности и стабилизации напряжения.</p>
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### **5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы**

*Не предусмотрено учебным планом*

### 5.2.3. Перечень контрольных материалов для защиты лабораторных работ

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1	Лабораторная работа №1. Физические явления и процессы в электрических аппаратах	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие дополнительные источники теплоты появляются в аппаратах при переменном токе?</li> <li>2. Напишите тепловое уравнение Ньютона.</li> <li>3. Как передается теплота в твердых телах?</li> <li>4. Как называется разность температуры проводника и окружающей среды?</li> <li>5. Запишите условие теплового баланса аппарата.</li> <li>6. Запишите условие стационарного теплового режима.</li> <li>7. Чем определяется длительно допустимая температура проводника?</li> <li>8. Как выражается постоянная времени переходного процесса нагрева?</li> <li>9. Какие параметры связывает кривая адиабатического нагрева?</li> <li>10. Как проверить термическую стойкость токопровода?</li> </ol>
2	Лабораторная работа №2. Исследование однофазного трансформатора	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Устройство трансформатора. Конструкции магнитопроводов и обмоток. Электротехнические материалы. Конструкции баков, способы охлаждения, арматура.</li> <li>2. Схемы и группы соединения обмоток трехфазного трансформатора.</li> <li>3. Принцип трансформации напряжений на примере трансформатора с идеальными обмотками и магнитопроводом.</li> <li>4. Принцип трансформации токов в режиме нагрузки на примере трансформатора с идеальными обмотками и магнитопроводом.</li> <li>5. Магнитное поле реального трансформатора под нагрузкой и его разложение на составляющие. Индуктивные сопротивления рассеяния. Уравнения электрического равновесия по контурам первичной и вторичной обмоток.</li> <li>6. Уравнение равновесия МДС первичной и вторичной обмоток реального трансформатора. Зависимость намагничивающего тока от качества магнитопровода.</li> <li>7. Понятие о приведенном трансформаторе. Приведение значений вторичных величин к числу витков первичной обмотки при сохранении всех составляющих мощности. Уравнения приведенного трансформатора</li> </ol>
3	Лабораторная работа №3. Исследование двигателя постоянного тока	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация электрических машин. Основные элементы. Особенности магнитного поля. Число периодов. Полусное деление.</li> <li>2. Назначение обмоток возбуждения и якорных обмоток. Основные типы, конструктивные элементы и параметры якорных обмоток.</li> <li>3. ЭДС и электромагнитный момент якоря машины постоянного тока.</li> <li>4. Характеристики генераторов постоянного тока независимого, параллельного и смешанного возбуждения.</li> <li>5. Двигатели постоянного тока. Уравнение механической</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		<p>характеристики при независимом (параллельном) возбуждении.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Механические характеристики двигателей постоянного тока.</li> <li>7. Способы пуска и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока.</li> <li>8. Коммутация в машинах постоянного тока. Причины искрения на коллекторе. Степени искрения.</li> <li>9. Основное уравнение коммутации. Прямолинейная, ускоренная и замедленная коммутация.</li> <li>10. Способы улучшения коммутации в машинах постоянного тока.</li> </ol>
4	Лабораторная работа №4. Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение электрического равновесия обмоток статора и ротора. Интерпретация энергетических соотношений в схеме замещения цепи ротора.</li> <li>2. Уравнения равновесия МДС обмоток статора и ротора. Коэффициент приведения (трансформации) токов.</li> <li>3. Приведение параметров обмотки ротора асинхронного двигателя к числу витков и числу фаз обмотки статора. Система уравнений в приведенных величинах и их аналогия с уравнениями трансформатора. Схема замещения и физический смысл ее параметров.</li> <li>4. Аналитическое определение вращающего момента асинхронного двигателя. Механическая характеристика. Максимальный и пусковой моменты. Критическое скольжение.</li> <li>5. Асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми свойствами (с повышенным скольжением, с двойной клеткой, с глубокими пазам на роторе).</li> <li>6. Влияние нагрузки на валу асинхронного двигателя на параметры установившегося режима (скольжение и частота вращения, момент на валу, потребляемые из сети ток и активная мощность, коэффициент мощности и КПД).</li> <li>7. Способы пуска и регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.</li> </ol>
5	Лабораторная работа №5. Исследование работы синхронного генератора при работе на автономную нагрузку.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зависимость электромагнитной мощности и электромагнитного момента синхронной машины (явно- и неявнополюсной) от угла нагрузки. Угловая характеристика. Статическая устойчивость.</li> <li>2. Регулирование реактивной мощности синхронной машины при параллельной работе с сетью в режиме постоянной активной мощности. U-образные характеристики.</li> <li>3. Синхронные двигатели. Область применения. Устройство. Системы возбуждения.</li> <li>4. Уравнение электрического равновесия обмотки якоря синхронного двигателя. Векторная диаграмма.</li> <li>5. Способы пуска синхронных двигателей.</li> <li>6. Синхронные компенсаторы. Область применения. Работа в режимах компенсации реактивной мощности и стабилизации напряжения.</li> <li>7. Внезапное симметричное короткое замыкание на выводах</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		<p>синхронного генератора. Физические процессы при ВКЗ. Возникновение периодических и аperiodических составляющих токов в обмотках.</p> <p>8. Схема замещения синхронного генератора при ВКЗ и физический смысл ее параметров. Ударный ток короткого замыкания и его расчет. Возможные последствия ВКЗ.</p>

### **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.**

Учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графического задания объемом самостоятельной работы студента (СРС) 76 часов.

РГЗ выполняется с целью проверки умений студента применять полученные знания для закрепления теоретических знаний, полученных при изучении раздела «Асинхронные машины» дисциплины, приобретения навыков использования научно-технической и справочной литературы, программных средств. типовых электрических в установившихся и переходных режимах, используя различные методы.

На выполнение задания учебным планом отводится 18 часов.

Тема РГР: «Расчет и анализ характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в рабочем и пусковом режимах».

Содержание задания.

1). Краткое введение о применении асинхронных двигателей в электроприводах станций и подстанций.

2). Объяснить условное буквенно-цифровое обозначение асинхронного двигателя согласно варианту задания.

3). Составить схему прямого подключения к сети асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с использованием электрических аппаратов.

4). Изобразить схемы замещения асинхронного двигателя для рабочего и пускового режимов с указанием их параметров.

5). Определить величину номинального, максимального и пускового момента.

6). Определить ток и коэффициент мощности двигателя при пуске в ход.

7). Построить рабочие характеристики асинхронного двигателя  $\eta=f(P_2)$  и  $\cos\varphi=f(P_2)$  по данным табл. 2.1 [3].

8). Рассчитать механическую характеристику двигателя при номинальном напряжении ( $M=f(s)$  или  $n_2=f(M)$ ).

9). Построить приближенно (по пяти точкам) реальную механическую характеристику двигателя (рис. 3.1) [3] при номинальном и пониженном напряжении по данным табл. 3.1 [3]. Объяснить их различие. Сделать обоснованный вывод о возможности пуска двигателя при пониженном напряжении.

10). Сравнить при номинальном напряжении характеристику, рассчитанную по формуле Клосса, с реальной характеристикой и объяснить имеющееся различие.

11). Построить векторную диаграмму АД для номинального режима. Объяснить построение.

Объем работы должен составлять не менее 10 листов машинописного текста.

### Пример задания

#### Основные технические данные электродвигателей основного исполнения

Типоразмер электродвигателя (вариант №)	$P_{2ном}$ кВт	Пусковые свойства					Параметры схемы замещения, отн, ед,								
		Механическая характеристика					$i_{п}$	$X_{\mu}$	В номинальном режиме				При КЗ		
		$m_{п}$	$m_{м}$	$m_{к}$	$s_{н},\%$	$s_{к},\%$			$R_1$	$X_1$	$R_2$	$X_2$	$R_{2п}$	$R_{кп}$	$X_{кп}$
4A71B2	1,1	2,0	1,5	2,2	6,3	39,0	5,5	2,8	0,13	0,054	0,069	0,084	0,07	0,2	0,11

### 5.4. Перечень контрольных работ

Проведение контрольных работ учебным планом не предусмотрено.

### 5.5. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Показатель оценивания	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий, основных закономерностей в области электрических машин и аппаратов
	Полнота, точность и безошибочность ответов на вопросы
Умения	Умение пользоваться нормативной и справочной литературой
	Умение применять законы физики для расчета электрических машин
	Умение выполнять выбор необходимого дополнительного оборудования для целостной функциональности системы
Навыки	Владеть навыками сбора данных из нормативной и справочной литературы
	Владение навыками выбора и расчета электрических машин и аппаратов

#### Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Знание терминов, определений, понятий, основных закономерностей	Не знание терминов, определений, понятий, основных закономерностей	Удовлетворительное знание терминов, определений, понятий, основных закономерностей	Хорошее знание терминов, определений, понятий, основных закономерностей	Отличное знание терминов, определений, понятий, основных закономерностей



Полнота, точность и безошибочность ответов на вопросы	Отсутствие полноты, точности и безошибочности ответов на вопросы	Удовлетворительная полнота, точность и безошибочность ответов на вопросы	Полнота, точность и безошибочность ответов на вопросы на хорошем уровне	Полнота, точность и безошибочность ответов на вопросы
-------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение пользоваться нормативной и справочной литературой	Не умеет пользоваться нормативной и справочной литературой	Удовлетворительно умеет пользоваться нормативной и справочной литературой	Хорошо умеет пользоваться нормативной и справочной литературой	Отлично умеет пользоваться нормативной и справочной литературой
Умение применять законы физики для расчета электрических машин	Не умеет применять законы физики для расчета электрических машин	Удовлетворительно умеет применять законы физики для расчета электрических машин	Хорошо умеет применять законы физики для расчета электрических машин	Отлично умеет применять законы физики для расчета электрических машин
Умение выполнять выбор оборудования для функционирования электрических машин и аппаратов строительного производства	Не умеет выполнять выбор оборудования для функционирования электрических машин и аппаратов строительного производства	Удовлетворительно умеет выполнять выбор оборудования для функционирования электрических машин и аппаратов строительного производства	Хорошо умеет выполнять выбор оборудования для функционирования электрических машин и аппаратов строительного производства	Отлично умеет выполнять выбор оборудования для функционирования электрических машин и аппаратов строительного производства

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками сбора данных из нормативной и справочной литературы	Не владеет навыками сбора данных из нормативной и справочной литературы	Удовлетворительно владеет навыками сбора данных из нормативной и справочной литературы	Хорошо владеет навыками сбора данных из нормативной и справочной литературы	Отлично владеет навыками сбора данных из нормативной и справочной литературы
Владение навыками выбора и расчета электрических машин и	Не владеет навыками выбора и расчета электрических	Удовлетворительно владеет навыками выбора и расчета	Хорошо владеет навыками выбора и расчета	Отлично владеет навыками выбора и расчета

аппаратов строительного производства	машин и аппаратов строительного производства	электрических машин и аппаратов строительного производства	электрических машин и аппаратов строительного производства	электрических машин и аппаратов строительного производства
--------------------------------------------	-------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

## **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **6.1. Перечень основной литературы**

1. Электрические и электронные аппараты. Учебник и практикум для академического бакалавриата. Под. ред. П.А. Курбатова. – М.: Издательство Юрайт. 2016 - 440 с. ISBN 978-5-534-00953-8.

2. Электрические и электронные аппараты: учеб.: в 2 т. / ред.: А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанов. - М.: Издательский центр "Академия", Т. 1: Электромеханические аппараты. - 2010. - 344 с

3. Епифанов А.П. Электрические машины: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.П. Епифанов. – СПб.: Лань, 2006. – 263 с. – Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/591#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/591#book_name) – Загл. с экрана.

4. Усольцев А.А. Электрические машины: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.А. Усольцев. – Университет ИТМО 2013, – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/40871> – Загл. с экрана.

## 6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Курсовое и дипломное проектирование по низковольтным электрическим аппаратам: учебное пособие для техникумов / Г. А. Жукова, В. П. Жуков. - М.: Высш. шк., 1987. - 160 с.

2. Справочник по электротехнике и электрооборудованию: учеб. пособие для вузов / И. И. Алиев. - 4-е изд., доп. - М.: Высш. шк., 2003. - 447 с.

3. Сипайлова Н.Ю. Вопросы проектирования электрических аппаратов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.Ю. Сипайлова. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2014. — 168 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34657.html>

4. Бычков, Ю.А. Основы теоретической электротехники. [Электронный ресурс] / Ю.А. Бычков, В.М. Золотницкий, Э.П. Чернышев. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2009. — 592 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/36> — Загл. с экрана.

5. Теоретические основы электротехники: учебник: в 3 т. / К. С. Демирчян [и др.]. - 4-е изд., доп. для самостоятельного изуч. курса. - Санкт-Петербург: ПИТЕР, 2006. - (Учебник для вузов). Т. 1. - 462 с.

6. Теоретические основы электротехники: учебник: в 3 т. / К. С. Демирчян [и др.]. - 4-е изд., доп., для самостоятельного изуч. курса. - Санкт-Петербург: ПИТЕР, 2006. - (Учебник для вузов). Т. 2. - 575 с.

7. Теоретические основы электротехники: учебник: в 3 т. / К. С. Демирчян [и др.]. - 4-е изд., доп. для самостоятельного изуч. курса. - Санкт-Петербург: ПИТЕР, 2006. - (Учебник для вузов). Т. 3. - 376 с.

8. Трансформаторы и электрические машины: лабораторный практикум / [Электронный ресурс БГТУ им. В.Г. Шухова] / В.В.Сотников, В.Г.Соловьев, В.Н.Соколова [и др.]. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011.– 88 с. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2017112211172895900000659069>

9. Любицкий М.В., Колдаев А.И., Болдырев Д.В. Электрические машины. Практикум. [Электронный ресурс] / М.В. Любицкий, А.И. Колдаев, Д.В. Болдырев. Северо-Кавказский федеральный университет, 2014 – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63160.html> - Загл. с экрана.

### **6.3. Перечень интернет ресурсов**

1. Справочник электрослужбы. Выбор и расчет электрических аппаратов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elektrikii.ru/publ/7> – Заглавие с экрана.
2. Большая энциклопедия нефти и газа. Электрические аппараты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id75055p1.html> – Заглавие с экрана.
3. Радиоэлектроника и электротехника: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.radioingener.ru/>. – Заглавие с экрана.
4. ПУЭ8. Электрические машины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pue8.ru/elektricheskie-mashiny/>. – Заглавие с экрана.
5. Электрические сети: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://leg.co.ua/info/elektricheskie-mashiny/>. – Заглавие с экрана.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Лекционные занятия – поточная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, компьютер/ноутбук).

Практические занятия – учебный класс, оснащенный презентационной техникой (проектор, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия – лаборатория электрических машин и аппаратов, оснащенная учебными лабораторными стендами «Электрические машины0» и «Электрические аппараты».

Оборудование:

цифровые вольтметры;

цифровые мультиметры;

амперметры.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на \_\_\_\_\_ учебный год.

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от \_\_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Уваров  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ В.А. Уваров  
подпись, ФИО

подпись, ФИО

Рабочая программа утверждена на 20\_\_/20\_\_ учебный год без изменений:

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ **В.А. Уваров**  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ **В.А. Уваров**  
подпись, ФИО