

**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  
  
И.А. Новиков  
«20» 05 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**Электрические машины**

Направление подготовки:

**23.05.03 Подвижной состав железных дорог**

Профиль:

**Технология производства и ремонт подвижного состава**

Квалификация

**инженер путей сообщения**

Форма обучения

**очная**

Институт Транспортно-технологический

Кафедра Подъемно-транспортные и дорожные машины

Белгород 2023


Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 23.05.03 подвижной состав железных дорог, утвержденного приказа Минобрнауки России от 27 марта 2018 г. N 215;
- Учебного плана по направлению подготовки 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2022 году.

Составитель (составители): ст. преподаватель  Духанин С.А.  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)


Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 10 » 05 20 23 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой: д.т.н., доцент  А.А. Романович

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 17 » 05 20 23 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доц.  Орехова Т.Н.

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования	ОПК-1.14 Использует методы выбора электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам	<b>Знания:</b> основных терминов и определений электрических машин, конструкций различных типов электрических машин, методов выбора электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам <b>Умения:</b> использовать на практике сведения о конструкциях различных типов электрических машин, осуществлять выбор электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам <b>Навыки:</b> владения методами расчета и выбора электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ОПК-1 Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования.

Данные компетенции формируются следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1.	Математика
2.	Физика
3.	Химия
4.	Инженерная экология
5.	Теоретическая механика
6.	Сопротивление материалов
7.	Начертательная геометрия и инженерная графика
8.	Системы автоматизированного моделирования наземных транспортных систем
9.	Теория механизмов и машин
10.	Детали машин и основы конструирования
11.	Термодинамика и теплопередача
12.	Материаловедение
13.	Технология конструкционных материалов
14.	Электротехника и электроника
15.	Общей курс железнодорожного транспорта

16.	Основы электропривода технологических установок
17.	Электрические машины
18.	Грузоподъемные машины
19.	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 (четыре) зач. единиц, 144 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации \_\_\_\_\_ экзамен  
(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	55	55
лекции	17	17
лабораторные	17	17
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	4	4
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	89	89
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	53	53
Экзамен	36	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям <sup>1</sup>
<b>1. Трансформаторы</b>					
1.1	Предмет, структура курса и основные задачи его изучения. Роль электрических машин и трансформаторов в производстве и преобразовании электрической энергии	1	-	-	1
1.2	Устройство трансформатора. Конструкции магнитопроводов и обмоток. Схемы и группы соединения обмоток трехфазного трансформатора. Принцип действия. ЭДС обмоток. Коэффициент трансформации.	1	2	-	1
1.3	Испытание трансформатора и определение его параметров и характеристик. Опыты холостого хода (ХХ) и короткого замыкания (КЗ). Определение параметров схемы замещения. Виды потерь электрической энергии в трансформаторах. КПД трансформатора и его зависимость от нагрузки.	1	2	3	1
1.4	Трехобмоточные трансформаторы. Область применения. Основные уравнения и схема замещения. Трансформаторы с расщепленной обмоткой: конструктивные особенности и их влияние на работу.	1	-	-	2
1.5	Автотрансформаторы. Трансформация напряжений и токов. Электромагнитная, электрическая и проходная мощность. Сравнительная оценка автотрансформатора и двухобмоточного трансформатора	1	-	-	2
<b>2. Общие вопросы теории машин переменного тока</b>					
2.1	Электрические машины переменного тока и их роль в производстве и преобразовании электрической энергии. Классификация. Основные элементы. Особенности магнитного поля. Назначение обмоток. Основные типы, конструктивные элементы и параметры якорных обмоток.	1	-	-	3
2.2	Понятие о МДС распределенной обмотки. Графическое построение кривой МДС. Расчет МДС фазы. Влияние на МДС распределения катушечной группы по пазам, укорочения шага, скоса пазов. Обмоточный коэффициент. Образование вращающейся волны МДС с помощью трехфазной обмотки и ее расчет. Частота вращения волны МДС основной гармоники. Круговое и эллиптическое вращение. МДС высших пространственных гармоник.	1	2	-	3
<b>3. Асинхронные машины</b>					
3.1	Область применения. Конструкция основных частей. Принцип действия асинхронного двигателя (АД) и генератора (АГ). Скольжение магнитного поля относительно ротора. Описание электромагнитных процессов.	1	-	-	4
3.2	Схема замещения (Т- и Г-образная) и физический смысл ее параметров. Аналитическое определение вращающего момента	1	2	-	4

<sup>1</sup> Указать объем часов самостоятельной работы для подготовки к лекционным, практическим, лабораторным занятиям

	АД. Механическая характеристика. Максимальный и пусковой моменты. Критическое скольжение. Режимы работы асинхронной машины.				
3.3	Способы пуска. Прямой пуск, пусковой ток и способы его снижения. Пуск при пониженном напряжении. Пуск асинхронного двигателя с фазным ротором. Способы регулирования частоты вращения. Частотное регулирование. Изменение числа пар полюсов. Изменение крутизны механической характеристики.	1	2	4	4
<b>4. Синхронные машины</b>					
4.1	Классификация. Область применения. Устройство активных частей. Системы охлаждения. Системы возбуждения. Принцип действия синхронного генератора (СГ) при работе на автономную нагрузку. Реакция якоря синхронного генератора при работе на автономную нагрузку и ее зависимость от характера нагрузки.	1	-	-	4
4.2	Рабочие характеристики СГ при работе на автономную нагрузку: холостого хода, внешняя, регулировочная. Характеристика трехфазного КЗ. Параллельная работа синхронного генератора на сеть большой мощности. Условия включения. Методы синхронизации. Перевод синхронной машины при параллельной работе с сетью в режим генератора и двигателя. Регулирование активной мощности.	1	3	4	4
4.3	Синхронные двигатели. Область применения. Устройство. Системы возбуждения. Уравнение электрического равновесия обмотки якоря синхронного двигателя. Векторная диаграмма. Способы пуска синхронных двигателей. Синхронные компенсаторы.	1	-	-	4
<b>5. Машины постоянного тока</b>					
5.1	Область применения. Устройство. Способы возбуждения. Якорные обмотки. Основные конструктивные параметры. Простая петлевая обмотка. Уравнительные соединения. Простая волновая обмотка.	1	-	-	4
5.2	Принцип действия генератора и двигателя постоянного тока. Режим ХХ. Режим нагрузки: поперечная и продольная реакция якоря и ее воздействие на магнитное поле. ЭДС и электромагнитный момент якоря.	1	2	-	4
5.3	Генераторы постоянного тока (ГПТ). Принцип самовозбуждения. Характеристики ГПТ независимого, параллельного и смешанного возбуждения.	1	-	3	4
5.4	Двигатели постоянного тока (ДПТ). Уравнение механической характеристики при независимом (параллельном) возбуждении. Механические характеристики ДПТ. Способы пуска и регулирования частоты вращения.	1	2	3	4
	<b>ВСЕГО</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>53</b>

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	К-во часов СРС
<b>семестр № 7</b>				
1	Трансформаторы	Определение группы трехфазного трансформатора. Расчет электрических величин.	2	2
		Расчет параметров схемы замещения, потерь и КПД трансформатора.	2	2
2	Общие вопросы теории машин переменного тока.	Схемы обмоток машин переменного тока. Графическое построение кривой МДС.	2	2
3	Асинхронные машины	Расчет параметров рабочего режима АД.	2	2
		Расчет механической характеристики АД.	2	2

4	Синхронные машины	Определение величины и частоты генерируемого напряжения синхронного генератора, скорости вращения и числа полюсов.	3	3
5	Машины постоянного тока	Расчет параметров рабочего режима машин постоянного тока.	2	2
		Расчет параметров пускового режима ДПТ.	2	2
ВСЕГО:			17	17

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 7				
1	Трансформаторы	Исследование однофазного трансформатора	3	3
2	Асинхронные машины	Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	4	4
3	Синхронные машины	Исследование работы синхронного генератора при работе на автономную нагрузку	4	4
4	Машины постоянного тока	Исследование генератора постоянного тока	3	3
		Исследование двигателя постоянного тока	3	3
ВСЕГО:			17	17

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом.

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

### 5.1. Реализация компетенций

- Компетенция** ОПК-1 Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.14 Использует методы выбора электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам	Собеседование, защита и выполнение лабораторных работ, выполнение практических работ, экзамен

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

## 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена (Компетенция ОПК-1)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Трансформаторы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Устройство трансформатора. Конструкции магнитопроводов и обмоток.</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> <li>8. Т-образная схема замещения приведенного трансформатора и физический смысл ее параметров. Г-образная и упрощенная схемы замещения. «Сквозное» уравнение и упрощенная векторная диаграмма трансформатора.</li> <li>9. Опыты холостого хода и короткого замыкания. Номинальное напряжение короткого замыкания. Определение параметров схемы замещения.</li> <li>10. Виды потерь электрической энергии в трансформаторах. КПД трансформатора и его зависимость от нагрузки.</li> <li>11. Изменение вторичного напряжения трансформатора при нагрузке. Вывод расчетного выражения для изменения напряжения. Внешняя характеристика трансформатора.</li> <li>12. Регулирование напряжения в силовых трансформаторах. Устройства регулирования без возбуждения и под нагрузкой.</li> <li>13. Параллельная работа трансформаторов и ее технико-экономические преимущества. Оптимальные условия включения на параллельную работу.</li> <li>14. Трехобмоточные трансформаторы. Область применения. Основные уравнения и схема замещения. Работа трехобмоточного трансформатора под нагрузкой.</li> <li>15. Трансформаторы с расщепленной обмоткой: конструктивные особенности и их влияние на работу.</li> <li>16. Автотрансформаторы. Трансформация напряжений и токов. Электромагнитная, электрическая и проходная мощность. Сравнительная оценка автотрансформатора и двухобмоточного трансформатора.</li> </ol>
2	Общие вопросы теории машин переменного 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. Понятие о МДС распределенной обмотки. Графическое построение кривой МДС. Определение МДС фазы.</li> <li>4. Влияние на МДС распределения катушечной группы по пазам, укорочения шага. Вывод расчетных формул для коэффициентов распределения и укорочения.</li> <li>5. Скос пазов и его влияние на индукционное взаимодействие обмоток. Вывод расчетной формулы для коэффициента скоса. Обмоточный коэффициент.</li> <li>6. Образование вращающейся волны МДС с помощью трехфазной обмотки.</li> </ol>



3	Асинхронные машины	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Конструкция основных частей асинхронного двигателя. Принцип действия. Скольжение магнитного поля относительно ротора. Режимы работы асинхронной машины.</li> <li>2. Разложение на составляющие магнитного поля асинхронного двигателя. Основные ЭДС, индуцируемые в обмотках статора и ротора. Коэффициент трансформации. ЭДС рассеяния и индуктивные сопротивления обмоток.</li> <li>3. Уравнение электрического равновесия обмоток статора и ротора. Интерпретация энергетических соотношений в схеме замещения цепи ротора.</li> <li>4. Уравнения равновесия МДС обмоток статора и ротора. Коэффициент приведения (трансформации) токов.</li> <li>5. 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>6. Аналитическое определение вращающего момента асинхронного двигателя. Механическая характеристика. Максимальный и пусковой моменты. Критическое скольжение.</li> <li>7. Асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми свойствами (с повышенным скольжением, с двойной клеткой, с глубокими пазами на роторе).</li> <li>8. 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>9. Способы пуска и регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.</li> </ol>
4	Синхронные машины	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация. Область применения. Устройство активных частей. Системы охлаждения.</li> <li>2. Системы возбуждения. Магнитное поле возбуждения и улучшение формы кривой его распределения в зазоре.</li> <li>3. Назначение и принцип действия синхронного генератора (при работе на автономную нагрузку).</li> <li>4. Магнитное поле синхронной машины и его разложение на составляющие. Реакция якоря синхронного генератора при работе на автономную нагрузку и ее зависимость от характера нагрузки. Моделирование процессов в явнополюсном синхронном генераторе методом двух реакций.</li> <li>5. Уравнения электрического равновесия обмотки статора явнополюсного и неявнополюсного синхронных генераторов. Векторные диаграммы.</li> <li>6. Характеристики синхронного генератора при работе на автономную нагрузку: холостого хода, внешняя, регулировочная. Характеристика трехфазного КЗ. Отношение короткого замыкания.</li> <li>7. Параллельная работа синхронного генератора на сеть большой мощности. Условия включения. Методы синхронизации.</li> <li>8. Перевод синхронной машины при параллельной работе с сетью в режим генератора и двигателя. Регулирование активной мощности.</li> <li>9. Зависимость электромагнитной мощности и электромагнитного момента синхронной машины (явно- и неявнополюсной) от угла нагрузки. Угловая характеристика. Статическая устойчивость.</li> <li>10. Регулирование реактивной мощности синхронной машины при параллельной работе с сетью в режиме постоянной активной мощности. U-образные характеристики.</li> <li>11. Синхронные двигатели. Область применения. Устройство. Системы возбуждения.</li> <li>12. Уравнение электрического равновесия обмотки якоря синхронного двигателя. Векторная диаграмма.</li> <li>13. Способы пуска синхронных двигателей.</li> <li>14. Синхронные компенсаторы. Область применения. Работа в режимах компенсации реактивной мощности и стабилизации напряжения.</li> </ol>
5	Машины постоянного тока	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Машины постоянного тока. Область применения. Устройство.</li> <li>2. Способы возбуждения машин постоянного тока.</li> </ol>

		<p>3. Якорные обмотки. Основные конструктивные параметры.</p> <p>4. Простая петлевая обмотка. Шаги обмотки. Число параллельных ветвей. Уравнительные соединения.</p> <p>5. Простая волновая обмотка. Шаги обмотки. Число параллельных ветвей.</p> <p>6. Генераторы постоянного тока. Назначение. Область применения. Принцип действия. Уравнение равновесия напряжений и ЭДС цепи якоря.</p> <p>7. Генераторы постоянного тока с самовозбуждением. Принцип самовозбуждения.</p> <p>8. Двигатели постоянного тока. Назначение. Область применения. Принцип действия. Уравнение равновесия напряжений и ЭДС цепи якоря.</p> <p>9. Магнитное поле в воздушном зазоре. Режим ХХ. Режим нагрузки: поперечная и продольная реакция якоря и ее воздействие на магнитное поле.</p> <p>10. ЭДС и электромагнитный момент якоря машины постоянного тока.</p> <p>11. Характеристики генераторов постоянного тока независимого, параллельного и смешанного возбуждения.</p> <p>12. Двигатели постоянного тока. Уравнение механической характеристики при независимом (параллельном) возбуждении.</p> <p>13. Механические характеристики двигателей постоянного тока.</p> <p>14. Способы пуска и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока.</p> <p>15. Коммутация в машинах постоянного тока. Причины искрения на коллекторе. Степени искрения.</p>
--	--	---

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

Не предусмотрено учебным планом.

### **5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре**

**Текущий контроль** осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты лабораторных работ, решения тестов, собеседования.

С целью текущего контроля и подготовки студентов к изучению новой темы вначале каждого занятия преподавателем проводится собеседование по выполненным лабораторным работам предыдущей темы, а также проводится тестирование по прошедшему материалу дисциплины.

#### **Контрольные вопросы для собеседования (Компетенция ОПК-1)**

№ п/п	Тема лабораторного занятия	Контрольные вопросы
1	Исследование однофазного трансформатора	<p>1. Поясните устройство и принцип действия трансформатора.</p> <p>2. Как маркируются выводы обмоток трансформатора?</p> <p>3. Назовите номинальные данные трансформатора.</p> <p>4. Какое соотношение между первичными и вторичными напряжениями, первичными и вторичными токами трансформатора?</p> <p>5. Объясните принцип саморегулирования трансформатора.</p> <p>6. Объясните назначение опытов холостого хода и короткого замыкания трансформатора. При каких</p>

		<p>условиях они проводятся?</p> <p>7. Изобразите Г-образную схему замещения трансформатора. Как рассчитываются ее параметры?</p> <p>8. Объясните физический смысл параметров схемы замещения трансформатора?</p> <p>9. Какие виды потерь учитываются мощностью холостого хода?</p> <p>10. Какие виды потерь учитываются мощностью короткого замыкания?</p> <p>11. Перечислите рабочие характеристики трансформатора.</p> <p>12. Что называется внешней характеристикой трансформатора?</p> <p>13. Объясните зависимость вторичного напряжения от тока нагрузки.</p> <p>14. Объясните зависимость вторичного напряжения от характера нагрузки.</p> <p>15. Как рассчитывается относительное изменение напряжения трансформатора?</p> <p>16. Напишите уравнение баланса активных мощностей трансформатора?</p> <p>17. Что называется коэффициентом полезного действия трансформатора?</p> <p>18. При каком соотношении постоянных и переменных потерь мощности КПД трансформатора имеет максимальное значение?</p> <p>19. Что называется коэффициентом мощности трансформатора?</p>
2	<p>Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором</p>	<p>1. Опишите устройство и принцип работы трехфазного асинхронного двигателя?</p> <p>2. Какие схемы используют для соединения фаз обмоток статора и фазного ротора трехфазного асинхронного двигателя?</p> <p>3. Изложите принцип создания вращающегося магнитного поля?</p> <p>4. Приведите формулу для частоты вращения магнитного поля. От каких параметров зависит эта частота вращения?</p> <p>5. Что называется скольжением асинхронного двигателя и каковы пределы его изменения в различных режимах?</p> <p>6. Как частота вращения ротора асинхронного двигателя связана со скольжением?</p> <p>7. Почему при пуске асинхронный короткозамкнутый двигатель потребляет максимальный ток, а по мере разгона ток уменьшается?</p> <p>8. Какими способами уменьшают пусковой ток асинхронного двигателя?</p> <p>9. Почему пусковой ток асинхронного двигателя при соединении фаз обмотки статора в звезду в три раза меньше, чем при соединении в треугольник?</p> <p>10. Назовите рабочие характеристики асинхронного двигателя и объясните их характер.</p> <p>11. Почему изменение нагрузки на валу двигателя вызывает изменение тока, потребляемого из сети?</p> <p>12. Что называется механической характеристикой двигателя? Напишите выражение электромагнитного момента через скольжение. Нарисуйте график соответствующей зависимости.</p> <p>13. Какие основные точки механической характеристики приводятся в справочной литературе и чем это обусловлено?</p> <p>14. Как рассчитать номинальный вращающий момент асинхронного двигателя по его паспортным</p>

		<p>данным?</p> <p>15. По каким причинам нежелательна работа двигателя со значительной недогрузкой?</p> <p>16. Почему при холостом ходе асинхронные двигатели потребляют относительно большой ток и имеют небольшой коэффициент мощности?</p> <p>17. Как изменить направление вращения асинхронного двигателя?</p>
3	Исследование работы синхронного генератора при работе на автономную нагрузку	<p>1. Объясните устройство синхронного генератора.</p> <p>2. Какие существуют способы возбуждения синхронных генераторов?</p> <p>3. Объясните принцип работы СГ.</p> <p>4. От чего зависит частота напряжения генератора? Определите ее реальное значение в опыте.</p> <p>5. Напишите уравнение электрического состояния фазы статорной обмотки СГ.</p> <p>6. В чем заключается реакция якоря в синхронном генераторе, и как она проявляется при различном характере нагрузок?</p> <p>7. Как и в каких пределах изменяется угол нагрузки от электрической мощности генератора?</p> <p>8. Чем определяется величина момента первичного двигателя, вращающего ротор генератора?</p> <p>9. Что называется характеристикой холостого хода? Как она снимается?</p> <p>10. Объясните нелинейность характеристики холостого хода?</p> <p>11. Что называется внешней характеристикой? Как она снимается?</p> <p>12. Объясните причины изменения напряжения на зажимах генератора, питающего автономную нагрузку, при изменении ее величины и характера.</p> <p>13. Как осуществляется регулировать напряжение синхронного генератора, работающего на автономную нагрузку?</p> <p>14. Что называется регулировочной характеристикой. Как она снимается?</p> <p>15. Объясните характер регулирования тока возбуждения при изменении величины и характера нагрузки для поддержания напряжения на зажимах генератора неизменным.</p>
4	Исследование генератора постоянного тока	<p>1. Объясните устройство и принцип действия генератора постоянного тока.</p> <p>2. Какую роль выполняет щеточно-коллекторный узел в генераторе постоянного тока?</p> <p>3. Как реально расположены щетки, установленные «на линии геометрической нейтрали»?</p> <p>4. Как классифицируются генераторы постоянного тока по способу соединения обмоток возбуждения с цепью якоря?</p> <p>5. От чего зависит величина напряжения на зажимах генератора при холостом ходе?</p> <p>6. Назовите условия самовозбуждения генератора постоянного тока.</p> <p>7. С какой целью и где устанавливаются добавочные полюсы?</p> <p>8. Напишите формулы, характеризующие работу генератора постоянного тока с параллельным возбуждением.</p> <p>9. Какое уравнение характеризует электрическое состояние якоря генератора с параллельным возбуждением?</p> <p>10. Составьте уравнение баланса мощностей генератора постоянного тока с параллельным возбуждением.</p>

		<p>11. Как рассчитать мощность нагрузки генератора постоянного тока?</p> <p>12. Что представляет собой характеристика холостого хода генератора и каково ее значение?</p> <p>13. Как снимается характеристика холостого генератора опытным путем?</p> <p>14. Что такое реакция якоря и как она отражается на работе генератора?</p> <p>15. Какую роль играет последовательная обмотка возбуждения в генераторе со смешанным возбуждением при согласном и встречном включении с параллельной обмоткой?</p> <p>16. Что представляет собой внешняя характеристика генератора постоянного тока и каково ее значение?</p> <p>17. Опишите методику снятия опытным путем внешней характеристики генератора.</p> <p>18. Укажите причины и характер изменения напряжения на зажимах генератора при нагрузке и различных способах возбуждения.</p> <p>19. Что называется регулировочной характеристикой генератора постоянного тока и какое ее практическое значение?</p> <p>20. Опишите методику снятия опытным путем регулировочной характеристики генератора.</p> <p>21. Объясните вид регулировочных характеристик.</p>
5	Исследование двигателя постоянного тока	<p>1. Поясните устройство и принцип работы двигателя постоянного тока.</p> <p>2. Приведите классификацию двигателей постоянного тока по способу возбуждения.</p> <p>3. Какую роль выполняет щеточно-коллекторный узел в двигателе постоянного тока?</p> <p>4. Напишите выражения для ЭДС якоря и электромагнитного момента двигателя постоянного тока.</p> <p>5. Напишите уравнение электрического равновесия цепи якоря двигателя.</p> <p>6. Составьте уравнение баланса мощностей двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением.</p> <p>7. Какие физические величины определяют электромагнитный момент двигателя постоянного тока?</p> <p>8. Как рассчитать мощность и ток, потребляемые двигателем постоянного тока параллельного возбуждения от источника питания?</p> <p>9. В чем состоит свойство саморегулирования момента двигателя постоянного тока?</p> <p>10. Объясните, как изменяется ток якоря двигателя постоянного тока параллельного возбуждения при изменении момента сопротивления на валу.</p> <p>11. Почему двигатели постоянного тока имеют большой пусковой ток и как его можно ограничить? Опишите способы пуска.</p> <p>12. Как рассчитать пусковой ток двигателя?</p> <p>13. Что называется механической характеристикой двигателя? Каким условиям снятия соответствует естественная характеристика?</p> <p>14. Напишите аналитическое выражение уравнения механической характеристики.</p> <p>15. Какими способами можно регулировать частоту вращения двигателей постоянного тока параллельного возбуждения? Изобразите соответствующие регулировочные характеристики.</p>

Для оценки качества формирования знаний, умений и навыков студенты выполняют тестовые задания на занятиях. Пример тестового билета:

### Билет №

**Задача 1.** Выберите правильное функциональное назначение:

В синхронном двигателе: 1) электрическая энергия преобразуется в механическую энергию; 2) электрическая энергия с одними параметрами напряжения, тока и частоты преобразуется в электрическую энергию с другими параметрами напряжения, тока и частоты; 3) механическая энергия преобразуется в электрическую энергию; 4) химическая энергия преобразуется в механическую энергию; 5) иное функциональное назначение.

**Задача 2.** Какие функции выполняет обмотка 1, расположенная в полюсных наконечниках индуктора синхронного двигателя?

- 1) Создает вращающий момент при замедлении ротора.
- 2) Создает тормозной момент при ускорении ротора.
- 3) Создает вращающий момент при асинхронном пуске.
- 4) Выполняет все вышеперечисленные функции.



**Задача 3.** Какое из приведенных ниже уравнений электрического равновесия соответствует обмотке якоря синхронного турбодвигателя, если при записи уравнения принято, что условное положительное направление тока в якоре совпадает с направлением действия приложенного напряжения?

- 1)  $\underline{U}_1 = E_1 + r_1 I_1 + jx_1 I_1$ ; 2)  $\underline{U} = E_0 - jx_d I_d - r I$ ; 3)  $\underline{U} = E_0 + jx_c I + r I$ ; 4)  $\underline{U} = E_0 - jx_d I_d - jx_q I_q - r I$ ;
- 5)  $\underline{U} = E_0 + jx_d I_d + jx_q I_q + r I$ ; 6)  $\underline{U}_2 = E_2 - r_2 I_2 - jx_2 I_2$ ;

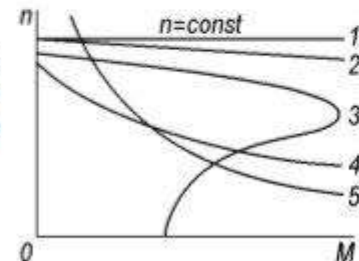
**Задача 4.** Рассчитайте ток якоря трехфазного синхронного генератора по следующим данным: подводимая к генератору мощность  $P_1 = 100$  кВт,  $\eta = 0.92$ , напряжение на зажимах обмотки якоря  $U_n = 500$  В,  $\cos \varphi_n = 0.8$ . Схема соединения обмотки якоря – звезда.

Ответы: 1) 64, 2 А; 2) 86,6 А; 3) 98,1 А; 4) 132,6 А; 5) 156,9 А

**Задача 5.** Функциональное назначение какой из частей машины постоянного тока указано ошибочно?

- 1). По обмотке якоря протекает ток нагрузки и в ней наводится ЭДС.
- 2). Обмотка возбуждения главных полюсов создает рабочий магнитный поток.
- 3). Добавочные полюсы служат для улучшения коммутации.
- 4). Щеточно-коллекторный узел соединяет вращающуюся обмотку якоря с внешней цепью.
- 5). Станина – часть магнитопровода машины, по которой замыкается рабочий магнитный поток и поток добавочных полюсов.
- 6). Компенсационная обмотка компенсирует поле добавочных полюсов.

**Задача 6.** На рисунке представлены механические характеристики ряда электрических двигателей. Какая из них соответствует двигателю постоянного тока параллельного возбуждения?



**Задача 7.** Уравнение  $I_a = I_b$ , связывающее токи якоря и возбуждения, соответствует: 1) генератору независимого возбуждения; 2) двигателю независимого возбуждения; 3) генератору параллельного возбуждения; 4) двигателю параллельного возбуждения; 5) генератору последовательного возбуждения; 6) двигателю параллельного возбуждения.

## 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, классификаций, понятий.
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов.
	Объем освоенного материала.
	Полнота ответов на вопросы.
	Четкость изложения и интерпретации знаний.
Умения	Умение использовать на практике сведения о конструкциях различных типов электрических машин, осуществлять выбор электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам
Навыки	Владение методами расчета и выбора электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений различных типов электрических машин	Знает термины и определения различных типов электрических машин, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения различных типов электрических машин	Знает термины и определения различных типов электрических машин, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные

				вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и, по существу, излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение использовать на практике сведения о конструкция различных типов электрических машин, осуществлять выбор электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам	Не умеет самостоятельно решать практические задачи с использованием сведений о конструкция различных типов электрических машин, осуществлять выбор электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам	Умеет с помощью решать практические задачи с использованием сведений о конструкция различных типов электрических машин, осуществлять выбор электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам	Умеет самостоятельно решать практические задачи с использованием сведений о конструкция различных типов электрических машин, осуществлять выбор электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам	Умеет самостоятельно решать и использовать сведения о конструкция различных типов электрических машин, осуществляет выбор электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение методами расчета и выбора электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам	Не владеет методами расчета и выбора электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам	Владеет теоретическими методами расчета и выбора электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам	Владеет методами расчета и выбора электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам	Владеет различными методами и выбора электрических машин с учетом их конструктивных особенностей применительно к различным технологическим процессам



## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий, объектов физической культуры и спорта с перечнем основного оборудования	Адрес (местоположение) учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий, объектов физической культуры и спорта (с указанием площади и номера помещения в соответствии с документами бюро технической инвентаризации)
1	Учебные аудитории лекционных, практических и лабораторных занятий, специализированная мебель, специализированные лабораторные стенды	308012, Белгородская область, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, УК 4 № 221, 58,8 кв. м, этаж 2, помещение 29
2	Читальный зал библиотеки с выходом в сеть Интернет для самостоятельной работы: специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.	308012, Белгородская область, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, Библиотека № 303, 83,1 кв. м, этаж 3, помещение 9

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2023г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Сотников В.В. Электрические машины: в 2 ч. Ч. 1. Трансформаторы.

Общие вопросы теории электрических машин. Асинхронные двигатели: учебное пособие / В. В. Сотников. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. – 160 с.

2. Сотников В.В. Электрические машины: в 2 ч. Ч. 2. Синхронные машины. Машины постоянного тока: учебное пособие / В. В. Сотников. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. – 126 с.

3. Ванурин В.Н. Электрические машины: учеб. для вузов [Электронный ресурс] / В.Н. Ванурин. – СПб.: Лань, 2021. – 304 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/171848>. Для авториз. пользователей

4. Ионов А.А. Электрические машины: задачник. / Ионов А.А. Самарский ГУПС, 2019. – 115 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/145823>. Книга доступна для чтения в рамках проекта СЭБ.

5. Электрические машины постоянного тока: метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов всех специальностей / БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. электроэнергетики; сост.: С. А. Духанин, Ю. И. Рудаков. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. - 28 с. - 10.92 р. М/у N 1789. Копия на CD: Э.Р. N 1581. Документ имеется в электронной библиотеке.

#### **6.4. Перечень дополнительной литературы**

1. Электрические машины постоянного тока [Электронный ресурс БГТУ им. В.Г. Шухова]: метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов всех специальностей / БГТУ им. В.Г. Шухова, каф. электроэнергетики; сост.: С.А. Духанин, Ю.И. Рудаков. – 3-е изд., перераб. – Электрон. текстовые дан. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917321059953600005528> - Загл. с экрана.

2. Кобозев В.А. Электрические машины: учебное пособие. Часть 1. Машины постоянного тока. Трансформаторы. / Кобозев В.А. – Ставропольский ГАУ, 2015. 208 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/82225>. Книга доступна для чтения в рамках проекта СЭБ.

3. Кобозев В.А. Электрические машины: учебное пособие. Часть 2. Электрические машины переменного тока. / Кобозев В.А. – Ставропольский ГАУ, 2015. 200 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/82226>. Книга доступна для чтения в рамках проекта СЭБ.

#### **6.5. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. Сайт научно-технической библиотеки БГТУ им. В.Г. Шухова: <http://elib.bstu.ru/>

2. Сайт Электронно-библиотечной системы издательства «Лань»: <http://edanbook.com/>

3. Сайт РОСПАТЕНТА: <http://www1.fips.ru/>

4. Сайт Электронно-библиотечной системы «IPRbooks»:  
<http://www.iprbookshop.ru/>

5. Школа для электрика. Электрические машины. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/>

6. Электротехника. Электронный ресурс. Режим доступа:  
<https://electrono.ru/elektricheskie-mashiny/>