

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

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	Знания: 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 Умения: 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: 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
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	55	55
лекции	17	17
лабораторные	17	17
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	4	4
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	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 ¹
1. Трансформаторы					
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
2. Общие вопросы теории машин переменного тока					
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
3. Асинхронные машины					
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

¹ 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
4. Синхронные машины					
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
5. Машины постоянного тока					
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
	ВСЕГО	17	17	17	53

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 7				
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"> 1. Устройство трансформатора. Конструкции магнитопроводов и обмоток. 2. Схемы и группы соединения обмоток трехфазного трансформатора. 3. Принцип трансформации напряжений на примере трансформатора с идеальными обмотками и магнитопроводом. 4. Принцип трансформации токов в режиме нагрузки на примере трансформатора с идеальными обмотками и магнитопроводом. 5. Магнитное поле реального трансформатора под нагрузкой и его разложение на составляющие. Индуктивные сопротивления рассеяния. Уравнения электрического равновесия по контурам первичной и вторичной обмоток. 6. Уравнение равновесия МДС первичной и вторичной обмоток реального трансформатора. Зависимость намагничивающего тока от качества магнитопровода. 7. Понятие о приведенном трансформаторе. Приведение значений вторичных величин к числу витков первичной обмотки при сохранении всех составляющих мощности. Уравнения приведенного трансформатора. 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. 9. Опыты холостого хода и короткого замыкания. Номинальное напряжение короткого замыкания. Определение параметров схемы замещения. 10. Виды потерь электрической энергии в трансформаторах. КПД трансформатора и его зависимость от нагрузки. 11. Изменение вторичного напряжения трансформатора при нагрузке. Вывод расчетного выражения для изменения напряжения. Внешняя характеристика трансформатора. 12. Регулирование напряжения в силовых трансформаторах. Устройства регулирования без возбуждения и под нагрузкой. 13. Параллельная работа трансформаторов и ее технико-экономические преимущества. Оптимальные условия включения на параллельную работу. 14. Трехобмоточные трансформаторы. Область применения. Основные уравнения и схема замещения. Работа трехобмоточного трансформатора под нагрузкой. 15. Трансформаторы с расщепленной обмоткой: конструктивные особенности и их влияние на работу. 16. Автотрансформаторы. Трансформация напряжений и токов. Электромагнитная, электрическая и проходная мощность. Сравнительная оценка автотрансформатора и двухобмоточного трансформатора.
2	Общие вопросы теории машин переменного тока.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация электрических машин. Основные элементы. Особенности магнитного поля. Число периодов. Полусное деление. 2. Назначение обмоток возбуждения и якорных обмоток. Основные типы, конструктивные элементы и параметры якорных обмоток. 3. Понятие о МДС распределенной обмотки. Графическое построение кривой МДС. Определение МДС фазы. 4. Влияние на МДС распределения катушечной группы по пазам, укорочения шага. Вывод расчетных формул для коэффициентов распределения и укорочения. 5. Скос пазов и его влияние на индукционное взаимодействие обмоток. Вывод расчетной формулы для коэффициента скоса. Обмоточный коэффициент. 6. Образование вращающейся волны МДС с помощью трехфазной обмотки.

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

		<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) $\underline{U}_1 = \underline{E}_1 + r_1 \underline{I}_1 + jx_{1l} \underline{I}_1$; 2) $\underline{U} = \underline{E}_0 - jx_c \underline{I} - r \underline{I}$; 3) $\underline{U} = \underline{E}_0 + jx_c \underline{I} + r \underline{I}$; 4) $\underline{U} = \underline{E}_0 - jx_d \underline{I}_d - jx_q \underline{I}_q - r \underline{I}$;
- 5) $\underline{U} = \underline{E}_0 + jx_d \underline{I}_d + jx_q \underline{I}_q + r \underline{I}$; 6) $\underline{U}_2 = \underline{E}_2 - r_2 \underline{I}_2 - jx_2 \underline{I}_2$;

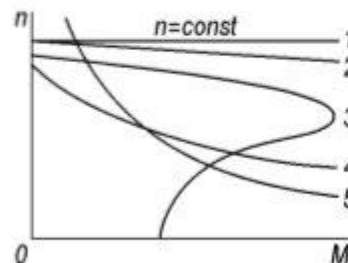
Задача 4. Рассчитайте ток якоря трехфазного синхронного генератора по следующим данным: подводимая к генератору мощность $P_1 = 100$ кВт, $\eta = 0.92$, напряжение на зажимах обмотки якоря $U_n = 500$ В, $\cos \varphi_n = 0.8$. Схема соединения обмотки якоря – звезда.

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/>