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
_____ А.В. Белоусов
«_28_» _апреля_ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Электрические машины и электропривод
специальность:

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

специализация:
15.05.01-10 Проектирование технологических комплексов механосборочных производств

15.05.01-24 Проектирование технологических машин и комплексов

Квалификация

инженер

Форма обучения
очная

Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра электроэнергетики и автоматики

Белгород 2022

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов, утв. 09.08.2021г. № 732
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2022 году.

Составитель: к.т.н., доцент _____ (О.Ю. Приходько)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и электротехники

«26» 04 2022 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой: к.т.н., доцент _____ (А.В. Белоусов)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой Механического оборудования

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф. _____ (В.С. Богданов)

«26» апреля 2022 г.

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой Технологии машиностроения

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф. _____ (Т.А. Дуюн)

«27» апреля 2022 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института ИЭИТУС

«28» апреля 2022 г., протокол № 8

Председатель к.т.н., доцент _____ (А.Н. Семернин)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
ОПК-9 Способен подготавливать технические задания на разработку проектных решений, принимать участие в работах по расчету и проектированию машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроительных конструкций: разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты с использованием средств автоматизации и передового опыта разработки конкурентноспособных изделий, участвовать в рассмотре-нии различной технической документации, подготавливать обзоры, отзывы, заключения	**ОПК-9.11** – Использует знание особенностей, алгоритмов выбора и применения разных типов электродвигателей в профессиональной деятельности	**Знания** Знание видов, особенностей и основных схем включения электрических двигателей, их основных параметров. **Умения** Умение использовать методы расчета и выбора электрических двигателей и основных элементов электрических приводов. **Навыки** Владение навыками выбора и применения разных типов электрических двигателей в зависимости от технического задания.
	ОПК-9.12 - Анализирует системы управления электропривода, выполняет расчеты рабочих характеристик для обеспечения заданных режимов работы электродвигателей	**Знания** Знание особенностей режимов работы электрических двигателей, их характеристик и свойств; Знание математического описания элементов электропривода **Умения** Умение выполнять расчеты рабочих характеристик для обеспечения заданных режимов работы электродвигателей; Умение анализировать полученные результаты на основании выполненных математических вычислений. **Навыки** Владение навыками сборки электрических схем Владение навыками управления электродвигателями Владение навыками проведения на лабораторных стендах экспериментальных исследований режимов работы электрических приводов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Компетенция ОПК-9 Способен подготавливать технические задания на разработку проектных решений, принимать участие в работах по расчету и проектированию машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроительных конструкций: разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты с использованием средств автоматизации и передового опыта разработки конкурентноспособных изделий, участвовать в рассмотре-нии различной технической документации, подготавливать обзоры, отзывы, заключения

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Теория механизмов и машин
2	Детали машин и основы проектирования
3	Гидропривод и гидропневмоавтоматика
4	Технические основы создания машин
5	Электрические машины и электропривод
6	Материаловедение
7	Надежность механических систем

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единиц, 108 часов.

Форма промежуточной аттестации зачет (7 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	**53**	**53**
лекции	17	17
лабораторные	17	17
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	**55**	**55**
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	55	55
Экзамен	-	-

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 з занятия	Самостоятельная работа
1. Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения.					
1	Основные понятия и определения. Структурная схема автоматизированного электропривода. Элементы электропривода: силовая, управляющая и электромеханическая части. Классификация электроприводов. Регулирование координат и принципы управления электроприводами.	1	-	-	3
2. Механика электропривода.					
1	Величины, характеризующие движение рабочей машины при поступательном и вращательном движениях. Моменты инерции вращающихся тел. К.П.Д. механических передач. Приведение моментов и сил сопротивления, инерционных масс и моментов инерции.	1	-	3	4
2	Уравнение движения электропривода и режимы работы. Приводные характеристики машин и механизмов. Механические характеристики электродвигателей. Совместная работа двигателя и производственного механизма. Условия выполнимости установившегося режима работы электропривода.	1	2	-	4
3	Неустановившееся движение электропривода при постоянном динамическом моменте. Неустановившееся движение электропривода при линейной зависимости моментов двигателя и исполнительного органа от скорости. Неустановившееся движение электропривода при произвольной зависимости динамического момента от скорости.	1	2	-	4
3. Электроприводы с двигателями постоянного тока.					
1	Основные параметры двигателя постоянного тока. Механические и электромеханические характеристики ДПТ параллельного, независимого и последовательного возбуждения. Энергетические режимы работы ДПТ независимого возбуждения.	2	2	3	5
2	Регулирование скорости тока и момента ДПТ параллельного, независимого и последовательного возбуждения с помощью резисторов в цепи якоря; изменением магнитного потока; изменением напряжения, подводимого к якорю. Работа электропривода по системе “генератор-двигатель”, “управляемый выпрямитель - двигатель”, “широтно-импульсный преобразователь - двигатель”.	2	2	3	4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные з занятия	Самостоятельная работа
3	Виды тормозных режимов двигателя постоянного тока. Генераторное торможение: переход в рекуперативный режим торможения за счет ускорения исполнительного механизма; с отдачей энергии в сеть в результате снижения напряжения. Динамическое торможение: при замыкании обмотки якоря на тормозные сопротивления. Торможение противовключением.	1	2	-	4
4.	Электроприводы с двигателями переменного тока				
1	Асинхронный двигатель (АД). Схема включения, электромеханические и механические характеристики асинхронных двигателей. Определение параметров схемы замещения АД. Переходный процесс электромагнитного момента при пуске АД с короткозамкнутым ротором прямым включением в сеть и динамическая механическая характеристика АД.	2	2	-	5
2	Регулирование координат АД с помощью: включения добавочных резисторов в цепь статора; включения добавочных резисторов в цепь ротора; изменением напряжения; изменением числа пар полюсов; изменением частоты питающего напряжения.	2	2	4	5
3	Асинхронный привод с фазовым регулированием угловой скорости, схема силовых цепей нереверсивного и реверсивного тиристорного регулятора напряжения. Системы частотного регулирования угловой скорости АД с короткозамкнутым ротором. Тормозные режимы работы электропривода с АД.	2	2	4	5
5.	Энергетика электропривода				
1	Потери мощности и энергии в установившемся режиме работы электропривода. Потери энергии в переходных процессах работы электропривода. Способы уменьшения потерь энергии в электроприводе. Расчет КПД электрического привода, способы повышения КПД. Коэффициент мощности электрического привода, Изменение cosφ в функции мощности и от величины загрузки электродвигателя. Основные способы энеогосбережения в электроприводах.	1	-	-	4
6.	Выбор электродвигателя по мощности				
1	Общие положения по выбору электродвигателя, порядок выбора электродвигателя. Нагрузочная диаграмма и тахограмма рабочей машины.	1	-	-	4
2	Нагрев и охлаждение двигателей. Классификация режимов работы. Проверка двигателей: для продолжительного режима работы; в кратковременном режиме работы; для повторно-кратковременного режима работы.	-	1	-	4
	ИТОГО:	17	17	17	55

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	Механика электропривода	Приведение моментов инерции кинематической схемы к расчетной. Приведение моментов и усилий к валу электродвигателя	2	2
		Расчет механических характеристик рабочих машин. Построение временных характеристик для разных видов неустановившегося движения.	2	2
2	Электроприводы с двигателями постоянного тока	Расчет и построение естественных механических и электромеханических характеристик ДПТ НВ и ДПТ ПВ.	2	2
		Расчет и построение механических и электромеханических характеристик ДПТ, схем управления в функции времени, скорости и тока при реостатном пуске.	2	2
		Расчет и построение механических и электромеханических характеристик, схем управления для различных способов торможения ДПТ.	2	2
3	Электропривод с двигателями переменного тока	Определение параметров схемы замещения АД по справочным данным, по каталожным данным.	2	2
		Расчет и построение механических и электромеханических характеристик при различных способах пуска асинхронных двигателей.	2	2
		Расчет и построение механических и электромеханических характеристик при различных способах торможения асинхронных двигателей.	2	2
4	Выбор электродвигателя по мощности	Определение расчетной мощности электропривода для продолжительного, кратковременного и повторно-кратковременного режима работы.	1	1
		ВСЕГО:	17	17

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	Механика электропривода	Изучение схем запуска электромашинных агрегатов М1-М2, М3-М4. Определение момента инерции и махового момента агрегатов методом свободного выбега.	3	3
2	Электроприводы с	Определение параметров и основных	3	3

	двигателями постоянного тока.	характеристик электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением.		
		Исследование регулировочных свойств электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения в системе “генератор-двигатель”	3	3
3	Электропривод с двигателями переменного тока.	Исследование реверсивной схемы управления трехфазным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с торможением противовключением	4	4
		Исследование схемы управления трехфазным асинхронным двигателем с фазным ротором.	4	4
		ВСЕГО:	17	17

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрены учебным планом.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. **Компетенция ОПК-2 –** Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач в машиностроении

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-9.11 - Использует знание особенностей, алгоритмов выбора и применения разных типов электродвигателей в профессиональной деятельности	Устный опрос по выполнению практических занятий и собеседование по контрольным вопросам. Защита лабораторных работ и собеседование по контрольным вопросам. Зачет по результатам текущей работы студента в семестре, собеседование.
ОПК-9.12 - Анализирует системы управления электропривода, выполняет расчеты рабочих характеристик для обеспечения заданных режимов работы электродвигателей	Устный опрос по выполнению практических занятий и собеседование по контрольным вопросам. Защита лабораторных работ и собеседование по контрольным вопросам. Зачет по результатам текущей работы студента в семестре, собеседование.

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется после завершения изучения дисциплины в конце **седьмого семестра** в форме **зачета**.

5.2.1. Перечень контрольных вопросов для подготовки к зачету

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения	1. Электропривод (ЭП), общие понятия и определения. 2. Структурная схема автоматизированного ЭП. Электрическая и механическая части ЭП. Энергетическая эффективность ЭП. 3. Классификация ЭП. 4. Регулирование координат ЭП. Схема с общим усилителем и схема с подчиненным регулированием координат. 5. Принципы построения разомкнутых и замкнутых систем управления ЭП. 6. Неустановившееся движение электропривода при постоянном динамическом моменте.

		7. Неустановившееся движение электропривода при линейной зависимости моментов двигателя и исполнительного органа от скорости. 8.Неустановившееся движение электропривода при произвольной зависимости динамического момента от скорости
2	Механика электропривода.	1. Величины, характеризующие движение рабочей машины. Работа (энергия), мощность, динамический момент, момент инерции. 2.Приведение моментов и сил сопротивления, инерционных масс и моментов инерции. 3. Уравнение движения электропривода. 4. Режимы работы ЭП. 5. Механические характеристики производственных механизмов. 6.Механические характеристики электродвигателей. Жесткость механической характеристики ЭП. 7. Механические характеристики электродвигателей. Естественная и искусственная механические характеристики. 8.Условия выполнимости установившегося режима ЭП.
3	Электроприводы с двигателями постоянного тока	1. Схемы включения ДПТ и их естественные механические характеристики. 2.Основные соотношения для ДПТ. Уравнения механической и электромеханической характеристики ДПТ. 3.Естественные и искусственные механические характеристики ДПТ независимого возбуждения. 4.Регулирование скорости, тока и момента с помощью резисторов в цепи якоря. 5.Пуск ДПТ НВ в одну и две ступени реостатным способом. 6.Пуск и реверс ДПТ НВ реостатным способом. 7.Регулирование скорости ДПТ НВ изменением магнитного потока. 8.Регулирование скорости ДПТ НВ изменением подводимого к якорю напряжения. 8. Электропривод по системе “генератор - двигатель”. 9. Электропривод по системе “управляемый выпрямитель - двигатель”. 10.Электропривод по системе “широтно-импульсный преобразователь - двигатель”. 11.Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Генераторное торможение. 12.Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Динамическое торможение. Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Торможение противовключением.
4	Электропривод с двигателями переменного тока	1. Т-образная схема замещения, основные уравнения асинхронного двигателя 2. Механические и электромеханические характеристики асинхронного двигателя. 3. Способы регулирования скорости асинхронного двигателя. 4. Расчет и построение естественной механической и электромеханической статических характеристик АД 5. Регулирование координат АД с помощью резисторов. Включение добавочных резисторов в цепь статора и ротора.

		6. Влияние напряжения питающей сети на изменение оборотов вращения АД. Принцип работы тиристорного регулятора напряжения (ТРН). 7. Системы частотного регулирования угловой скорости короткозамкнутого АД. Законы регулирования скорости в системах ПЧ-АД 8. Регулирование оборотов вращения асинхронного двигателя изменением числа пар полюсов. Схема переключения статорных обмоток многоскоростного АД с КЗ ротором – с “треугольника” на “двойную звезду”. Механические характеристики. 9. Регулирование оборотов вращения АД изменением числа пар полюсов. Схема переключения статорных обмоток многоскоростного АД с КЗ ротором со “звезды” на “двойную звезду”. Механические характеристики. 10.Тормозные режимы работы ЭП с АД. Генераторное торможение. Способы перехода АД в генераторный режим работы. 11.Тормозные режимы работы ЭП с АД. Торможение противовключением. Тормозные режимы работы ЭП с АД. Динамическое торможение с независимым возбуждением.
5	Энергетика электропривода	1.Потери мощности и энергии в установившемся режиме работы ЭП. 2.Потери энергии в переходных процессах работы ЭП. 3.Способы уменьшения потерь энергии в ЭП. 4. Расчет КПД электрического провода. 5. Коэффицент мощности электрического привода. 6.Энергосбережение в ЭП.
6	Выбор электродвигателя по мощности	1.Общие положения по выбору электродвигателя. Расчет мощности и предварительный выбор электродвигателя. 2.Уравнение теплового баланса. Кривые нагревания и охлаждения двигателя. 3.Продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный режимы работы двигателя.

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 7 семестра - в форме защиты лабораторных работ и выполнения практических заданий.

Примеры типовых вопросов и задач для практических занятий

1. Как вычисляются ток $I_{ном}$, потребляемый двигателем из сети; ток возбуждения $I_{в.ном}$; суммарные потери мощности в двигателе $\Delta P_{ном}$; электромагнитную мощность $Рэм_{ном}$; электродвигательную силу (ЭДС) $E_{ном}$?

2. Как вычисляется частота вращения якоря n_0 в режиме идеального холостого хода.?
3. Как определить частоту вращения якоря при вращающем моменте M = 0,6 $M_{ном}$?
4. Как определить сопротивление Rp регулировочного реостата, который нужно включить в цепь якоря (рис. 2) для ограничения пускового тока якоря до $I_{я\ пуск}$=2,4$I_{я}$ ном, если двигатель включается при пуске на номинальное напряжение $U_{ном}$?
5. Как найти величину напряжения питания при пуске $U_{пуск}$, до которой его надо снизить при включении двигателя, чтобы пусковой ток якоря $I_{я\ пуск}$ не превысил бы $I_{япуск}$=2,3$I_{яном}$ без включения дополнительных сопротивлений?
6. Каковы особенности пуска ДПТ НВ в (1 или 2 ступени) в функции времени?
7. Каковы особенности пуска ДПТ НВ в (1 или 2 ступени) в функции ЭДС?
8. Каковы особенности пуска ДПТ НВ в (1 или 2 ступени) в функции тока?
9. Каковы особенности динамического торможения ДПТ НВ?
10. Каковы особенности торможения противовключением ДПТ НВ?
11. Как определить синхронную частоту вращения поля статора n_1, номинальную $n_{2ном}$ и критическую $n_{2кр}$ частоту вращения ротора?
12. Как определить мощность $P_{1ном}$, которую двигатель потребляет из сети, и суммарные потери мощности в двигателе $\Delta P_{ном}$ в номинальном режиме; номинальный $I_{ном}$ и пусковой $I_{пуск}$ токи двигателя, его номинальный $M_{ном}$ и максимальный M_{max} вращающие моменты.
13. Какой формулой можно воспользоваться для того, чтобы рассчитать и построить график зависимости M(S)?
14. В чем отличие рассчитанных и построенных в одной координатной системе трех механических характеристик?
15. Каковы особенности пуска АД с ФР в (1 или 2 ступени) в функции времени?
16. Каковы особенности пуска АД с ФР в (1 или 2 ступени) в функции ЭДС?
17. Каковы особенности пуска АД с ФР в (1 или 2 ступени) в функции тока?
18. Каковы особенности динамического торможения АД с ФР?
19. Каковы особенности торможения противовключением АД с ФР?

Задача

ДПТ НВ имеет следующие параметры: $P_н$ = 2,5кВт; $U_н$ = 220В; $I_н$ = 14А; $n_н$=1300об/мин; $\eta_н$ = 75%. Рассчитать $R_д$ при котором $I_{доп}$ = 2$I_{н.}$

Задача

ДПТ НВ имеет следующие параметры: $P_н$ = 4,8кВт; $U_н$ = 220В; $I_н$ = 24,2А; $n_н$=1500об/мин; $R_я$ = 0,38 Ом. Рассчитать $R_д$, включение которого ограничит ток при пуске и торможении противовключением до уровня $I_{доп}$ = 3$I_{н.}$

Задача

Каким должно быть $R_д$ ДПТ НВ по сравнению с $R_я$ для того, чтобы перепад скорости при заданном токе увеличился в 3 раза.

Задача

М=50 Нм; Мс=100 Нм; J=0,1кг м^2; $\omega_{нач}$=100рад/с. Рассчитать и построить ω(t) ДПТ НВ и определить $t_{пп}$, за которое скорость снизится в 2 раза.

Задача

$\omega_{нач}$=100рад/с; Мкз=100 Нм; Мс=50 Нм; J=0,1кг м^2 Для ДПТ НВ рассчитать и построить ω(t) и М(t).

Задача

$\omega_{нач}$=200рад/с; Мс=0 Нм; J=0,1кг м^2 Для ДПТ НВ рассчитать и построить ω(t) и М(t).

Задача

ДПТ НВ работал в установившемся режиме в т.А, преодолевая $M_{с1}$=150 Нм, в момент времени t_1 =1,2 с произошло скачкообразное изменение нагрузки до $M_{с2}$=250 Нм. Рассчитать и построить ω(t) и М(t).

Задача

ДПТ НВ имеет следующие параметры: $P_н$ = 300кВт; $U_н$ = 440В; $I_н$ = 750А; $n_н$=1250об/мин; $\eta_н$ = 75%. Рассчитать и построить ω(М) и ω (I).

Задача

ДПТ НВ имеет следующие параметры: $P_н$ = 300кВт; $U_н$ = 440В; $I_н$ = 750А; $n_н$=1250об/мин; $\eta_н$ = 75%; $R_д$ = 10 Ом. Рассчитать и построить ω(М) и ω (I) при пуске и динамическом торможении.

Задача

АД с КР имеет следующие параметры: $P_н$ = 15кВт; $n_н$=1465об/мин; $I_{1н}$ = 29,3А; $\lambda_м$=$M_к$/$M_{ном}$=2,3; λ_I= $I_{1п}$/$I_{1ном}$=7; p=2; $U_{1н}$=380В; $f_{1н}$=50 Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

Задача

АД с КР имеет следующие параметры: $P_н$ = 1,5кВт; $s_н$=0,072; $\lambda_м$=$M_к$/$M_{ном}$=2,2; p=1; $f_{1н}$=50 Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

Задача

АД с КР имеет следующие параметры: $P_н$ = 2,2кВт; $s_н$=0,069; $\lambda_м$=$M_к$/$M_{ном}$=2,2; p=1; $f_{1н}$=50 Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

Задача

АД с КР имеет следующие параметры: $P_н$ = 3кВт; $s_н$=0,067; $\lambda_м$=$M_к$/$M_{ном}$=2,2; p=1; $f_{1н}$=50 Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

Задача

АД с КР имеет следующие параметры: $P_н$ = 4кВт; $s_н$=0,065; $\lambda_м$=$M_к$/$M_{ном}$=2,2; p=1; $f_{1н}$=50 Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

Задача

АД с КР имеет следующие параметры: $P_н$ = 5,5кВт; $s_н$=0,064; $\lambda_м=M_к/M_{ном}$=2,2; p=1; $f_{1н}$=50 Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

Задача

АД с КР имеет следующие параметры: $P_н$ = 11кВт; $s_н$=0,05; $\lambda_м=M_к/M_{ном}$=2,4; p=1; $f_{1н}$=50 Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

Задача

АД с КР имеет следующие параметры: $P_н$ = 0,09кВт; $s_н$=0,086; $\lambda_м=M_к/M_{ном}$=2,2; p=2; $f_{1н}$=50 Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

Задача

АД с КР имеет следующие параметры: $P_н$ = 5,5кВт; $s_н$=0,049; $\lambda_м=M_к/M_{ном}$=2,5; p=3; $f_{1н}$=50 Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

Задача

АД с КР имеет следующие параметры: $P_н$ = 7,5кВт; $s_н$=0,048; $\lambda_м=M_к/M_{ном}$=2,5; p=3; $f_{1н}$=50 Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику.

Задача

АД с КР имеет следующие параметры: $P_н$ = 0,18кВт; $s_н$=0,1; $\lambda_м=M_к/M_{ном}$=2,2; p=3; $f_{1н}$=50 Гц. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику

Защита лабораторных работ

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, приведен порядок выполнения работы, содержание отчета и перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения работы и оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа №1. Изучение схем запуска электромашинных агрегатов М1-М2, М3-М4. Определение момента	1. Пояснить схему и порядок операций при включении электродвигателя Ml электромашинного агрегата Ml-M2. 2. Пояснить схему и порядок операций при включении электродвигателя М3 электромашинного агрегата М3-М4 (первый способ определения момента инерции и махового момента второго электромашинного агрегата).

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
	инерции и махового момента агрегатов методом свободного выбега.	3. Пояснить схему и порядок операций при включении электродвигателя М4 электромашинного агрегата М3-М4 (второй способ определения момента инерции и махового момента второго электромашинного агрегата). 4. На какие свойства электропривода влияет величина момента инерции и махового момента? 5. Что такое маховый момент и какова его зависимость от момента инерции? 6. На чем основан метод свободного выбега для определения момента инерции? 6. Что представляет собой кривая выбега и каков порядок снятия данных для её построения? 7. Как изменится время выбега агрегата, если на валу двигателя установить маховик?
2.	Лабораторная работа №2. Определение параметров и основных характеристик электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением.	1. По какому признаку классифицируются двигатели постоянного тока? 2. Какими характеристиками оцениваются рабочие свойства двигателя? 3. В чем состоят особенности пуска двигателей параллельного возбуждения? 4. Какие способы уменьшения пускового тока применяются в двигателях постоянного тока? 5. Поясните устройство и назначение основных частей машины постоянного тока. 6. Напишите формулы, характеризующие работу двигателя постоянного тока. 7. Изобразите схемы двигателей параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. Покажите на них токи и ЭДС. 8. На примере двигателя параллельного возбуждения поясните физические процессы и особенности пуска в ход двигателя постоянного тока. 9. Изобразите и поясните механические характеристики двигателя параллельного и последовательного возбуждения. 10. В каком случае и почему возможен «разнос» двигателей параллельного возбуждения, последовательного возбуждения? 11. Объясните принцип действия двигателя постоянного тока. 12. Почему в момент пуска ток якоря двигателя в несколько раз больше номинального значения и уменьшается в процессе пуска? 13. Как осуществляется пуск двигателя? 14. Какова зависимость вращающего момента двигателя от тока якоря
3.	Лабораторная работа №3. Исследование регулировочных свойств электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения в системе “генератор-двигатель”.	1. Что собой представляет система Г-Д? 2. Назовите способы регулирования частоты вращения при работе электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения в системе Г-Д. 3. Каковы достоинства и недостатки системы Г-Д? 4. Как будет изменяться частота вращения ИД при уменьшении тока возбуждения генератора? 5. Какова обычно бывает кратность регулирования частоты вращения ИД в системе Г-Д при изменении напряжения в цепи якоря и при изменении тока возбуждения ИД? 6. Почему механические характеристики ИД в системе Г-Д по-

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		чти прямолинейны? 7. Как изменить направление вращения якоря ИД в системе Г-Д? 8. Изменится ли жесткость механических характеристик ИД в системе Г-Д, если в цепь якорей ИД и Г ввести добавочное сопротивление?
4.	Лабораторная работа №4. Исследование реверсивной схемы управления трехфазным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с торможением противовключением	1. В чем состоят недостатки прямого пуска асинхронного двигателя? 2. Как рассчитать по паспортным данным пусковой ток и пусковой момент асинхронного двигателя? 3. Напряжение сети 380 В. Номинальное напряжение асинхронного двигателя Uном = 380/220В. Можно ли применить при пуске двигателя переключение обмоток статора со звезды на треугольник? 4. Начертите схемы пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при включении в цепь статора пусковых резисторов, пусковых катушек и автотрансформатора. В чем достоинства и недостатки рассматриваемых способов пуска? 5. Какими основными характеристиками оцениваются пусковые свойства двигателей? 6. Когда применяется прямой пуск асинхронных двигателей? 7. Назовите способы пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?
5.	Лабораторная работа №5 Исследование схемы управления трехфазным асинхронным двигателем с фазным ротором.	1. Изложите последовательность срабатывания пускателей и реле при нажатии на кнопку SB701. 2. Для чего нужен шунтирующий контакт К 2.1 к кнопке SB701? 3. Как происходит двухступенчатый пуск двигателя с фазным ротором? 4. Достоинства и недостатки асинхронного двигателя с фазным ротором? 5. Что такое динамическое торможение асинхронного двигателя? 6. Изложите последовательность срабатывания пускателей и реле при динамическом торможении (при нажатии на кнопку SB701).

5.4.Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание видов, особенностей и основных схем включения электрических двигателей, их основных параметров. Знание особенностей режимов работы электрических двигателей, их характеристик и свойств;

	Знание математического описания элементов электропривода
Умения	Умение использовать методы расчета и выбора электрических двигателей и основных элементов электрических приводов. Умение выполнять расчеты рабочих характеристик для обеспечения заданных режимов работы электродвигателей; Умение анализировать полученные результаты на основании выполненных математических вычислений.
Навыки	Владеет навыками выбора и применения разных типов электрических двигателей в зависимости от технического задания. Владение навыками сборки электрических схем Владение навыками управления электродвигателями Владение навыками проведения на лабораторных стендах экспериментальных исследований режимов работы электрических приводов.

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

Оценка сформированности компетенций по показателю *Знания*.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Знание видов, особенностей и основных схем включения электрических двигателей, их основных параметров.	Не знает математического описания элементов электропривода	Знает математическое описания элементов электропривода
Знание особенностей режимов работы электрических двигателей, их характеристик и свойств;	Не знает особенностей режимов работы электрических двигателей, их характеристик и свойств;	Знает особенности режимов работы электрических двигателей, их характеристик и свойств;
Знание математического описания элементов электропривода	Не знает математического описания элементов электропривода	Знает математическое описание элементов электропривода

Оценка сформированности компетенций по показателю *Умения*.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Умение использовать методы расчета и выбора электрических двигателей и основных элементов электрических приводов.	Не умеет использовать методы расчета и выбора электрических двигателей и основных элементов электрических приводов.	Умеет использовать методы расчета и выбора электрических двигателей и основных элементов электрических приводов.
Умение выполнять расчеты рабочих характеристик для обеспечения заданных режимов работы электродвигателей.	Не умеет выполнять расчеты рабочих характеристик для обеспечения заданных режимов работы электродвигателей.	Умеет выполнять расчеты рабочих характеристик для обеспечения заданных режимов работы электродвигателей.
Умение анализировать полученные результаты на основании выполненных математических вычислений.	Не умеет анализировать полученные результаты на основании выполненных математических вычислений.	Умеет анализировать полученные результаты на основании выполненных математических вычислений.

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Владеет навыками выбора и применения разных типов электрических двигателей в зависимости от технического задания.	Не владеет навыками выбора и применения разных типов электрических двигателей в зависимости от технического задания.	Владеет навыками выбора и применения разных типов электрических двигателей в зависимости от технического задания.
Владение навыками сборки электрических схем	Не владеет навыками сборки электрических схем	Владеет навыками сборки электрических схем
Владение навыками управления электродвигателями	Не владеет навыками управления электродвигателями	Владеет навыками управления электродвигателями
Владение навыками проведения на лабораторных стендах экспериментальных исследований режимов работы электрических приводов.	Не владеет навыками проведения на лабораторных стендах экспериментальных исследований режимов работы электрических приводов.	Владеет навыками проведения на лабораторных стендах экспериментальных исследований режимов работы электрических приводов.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий, лабораторных работ, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель. Переносные лабораторные стенды: изучение магнитострикционного эффекта; исследование влияния температуры на сопротивление проводников и полупроводников; исследование влияния материала сердечника катушки индуктивности на характеристики колебательного контура; исследование свойств магнитных материалов. Специализированное оборудование: осциллографы Instek GOS - 620, цифровые мультиметры DT-890+, M-890D, генераторы Г3-112/1,
3	Мастерская для проведения лабораторной работы по изучению пайки электротехнических материалов	Специализированная мебель. Специализированное оборудование: паяльной станцией Lukey 852D^{+}. Расходные материалы: проволока (медная, алюминиевая); флюсы (канифоль, активный флюс); припои (ПОС-61, сплав Вуда).
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

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 ли-

		цензии 19.08.2022г.
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. Никитенко Г.В. Электропривод производственных механизмов: Учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 224 с. – Режим доступа – ЭБС издательства “Лань” https://e.lanbook.com/book/5845?category_pk =937#book_name

2. Епифанов А. П., Малайчук Л. М., Гущинский А. Г. Электропривод: Учебник / Под ред. А. П. Епифанова. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 400 с. – Режим доступа – ЭБС издательства “Лань” https://e.lanbook.com/book/3812?category_pk=931#book_name

3. Основы электропривода: методические рекомендации к выполнению расчетно-графического задания для студентов направления бакалавриата 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника/ сост.: О.Ю.Приходько, Н.А.Корнилова, В.В.Фролов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. – 43с.

4. Электрический привод: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 140604 – Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов/ сост.: М.А. Авербух, Д.И. Пожаров. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 50с.

5. Электропривод: методические указания к выполнению лабораторных работ/ сост.:А.Н. Семернин, А.Н. Потапенко, А.И. Лимаров, Ф.М. Гребенчук. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 89с.

6. Москаленко В.В. Электрический привод: Учебник. – М.: Издательский центр “Академия”, 2007. – 368с.

7. Фролов Ю. М., Шелякин В. П. Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 368с. – Режим доступа – ЭБС издательства “Лань” https://e.lanbook.com/book/3185?category_pk=931#book_name

8. Электрические машины: методические указания к выполнению лабораторных работ/ сост.:А.И. Лимаров, Ф.М. Гребенчук, Н.Б. Сибирцева и др.. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 64с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Официальный сайт Музылевой И.В. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://cifra.studentmiv.ru/about/- Заглавие с экрана

2. Разработка и производство шаговых вентильных и коллекторных электроприводов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://electroprivod.ru/products.htm - Заглавие с экрана

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ[1]

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год без изменений / с изменениями, дополнениями[2]

Протокол № _____ заседания кафедры от «____»_____ 20___ г.

Заведующий кафедрой_____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

[1] Заполняется каждый учебный год на отдельных листах
[2] Нужное подчеркнуть