

**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 энергетики, информационных  
технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент  А. В. Белоусов

« 20 »  2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД**

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электропривод и автоматика

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

**Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем**  
**Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 144 от 28 февраля 2018 г.;
- плана учебного процесса БГТУ им. В. Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_  А. Н. Семернин

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 15 » мая 2021 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_  А. В. Белоусов

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_  А. В. Белоусов

« 15 » мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 20 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_  А. Н. Семернин

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Проектные	ПК-1. Способен принимать участие в проектировании электрических приводов в соответствии с заданием, соблюдая технические и энергоэффективные требования.	ПК-1.3. Выполняет расчет элементов электропривода с учетом технических и энергоэффективных требований при решении задач проектирования	<p><b>Знание</b> видов электрических приводов, их классификацию, математическое описание элементов, схемы включения электроприводов различного типа, основные параметры, методы расчета характеристик и энергетических показателей электроприводов в различных режимах с учетом заданного технологического процесса; основные способы уменьшения потерь энергии при работе электропривода, повышение его к.п.д.</p> <p><b>Умение</b> применять методы расчета и выбора основных элементов электрических приводов; анализировать процессы, протекающие в электроприводе при совместной работе электродвигателя и производственного механизма; рассчитывать мощность электродвигателя для стандартных режимов работы электропривода и проверять выбранный двигатель по нагреву и перегрузочной способности.</p> <p><b>Навыки</b> сборки электрических схем управления электродвигателями; проведения на лабораторных стендах экспериментальных исследований режимов работы электрических приводов; построения статических и динамических характеристик в установившемся и переходном режимах электропривода в соответствии с заданной методикой.</p>

Проектные	ПК-2. Способен разрабатывать простые узлы и блоки системы электропривода с применением современного программного обеспечения	ПК-2.1. Рассчитывает и выбирает узлы и блоки электропривода переменного тока с программно-логической системой управления с применением систем компьютерной алгебры	<p><b>Знание</b> способов получения результатов при проектировании типовых узлов электропривода с выполнением расчетов в программе Mathcad; методики выбора электродвигателя, расчета и построения характеристик электропривода, алгоритма расчета сопротивлений реостата, условия выбора режимов пуска и торможения электропривода, составления и описания схем автоматизированного электропривода.</p> <p><b>Умение</b> формировать законченное представление о принятых решениях и получение результата в виде отчета; обосновывать принятие конкретного технического решения при проектировании электропривода, применяя инженерные методы и нормативные документы; выполнять расчеты типовых элементов электропривода в программе Mathcad.</p> <p><b>Навыки</b> применения инженерных расчетов элементов электропривода, построения принципиальных, структурных и функциональных схем; навыками обоснования принятия технического решения при расчете типовых узлов электропривода с применением программы Mathcad.</p>
-----------	--	--	--

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-1.** Способен принимать участие в проектировании электрических приводов в соответствии с заданием, соблюдая технические и энергоэффективные требования.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Инженерная экология
2	Теория автоматического управления
3	Электрический привод
4	Электроснабжение цеховых электроприемников
5	Электроснабжение промышленных предприятий
6	Системы управления электроприводов
7	Электропривод в современных технологиях
8	Автоматизированные системы диспетчерского управления
9	Экономика энергетики

**2. Компетенция ПК-2.** Способен разрабатывать простые узлы и блоки системы электропривода с применением современного программного обеспечения.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Электрический привод
2	Мехатронные системы
3	Системы управления электроприводов
4	Микроконтроллеры в электроприводе
5	Электропривод в современных технологиях

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зач. единиц, 360 часов.

Форма промежуточной аттестации экзамен (5 семестр), экзамен (6 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	360	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	<b>128</b>	<b>72</b>	<b>56</b>
лекции	51	34	17
лабораторные	34	17	17
практические	34	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	9	4	5
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	<b>232</b>	<b>108</b>	<b>124</b>
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	36		36
Расчетно-графическое задание	18	18	
Индивидуальное домашнее задание			
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	106	54	52
Экзамен	72	36	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 3 Семестр 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>1. Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения.</b>					
1	Основные понятия и определения. Структурная схема автоматизированного электропривода. Элементы электропривода: силовая, управляющая и электромеханическая части. Классификация электроприводов. Регулирование координат и принципы управления электроприводами.	2		1	2
<b>2. Механика электропривода.</b>					
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.	2	2	4	7
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.	2	2		3
<b>3. Электроприводы с двигателями постоянного тока.</b>					
1	Общие сведения о двигателях постоянного тока (ДПТ). Схемы включения ДПТ. Уравнения, описывающие работу ДПТ параллельного и независимого возбуждения (НВ). Механические и электромеханические характеристики ДПТ параллельного и независимого возбуждения. Энергетические режимы работы ДПТ НВ.	2	1	6	8
2	Регулирование скорости, тока и момента ДПТ НВ с помощью резисторов в цепи якоря, изменением магнитного потока, изменением напряжения, подводимого к якорю.	4	2	4	9
3	Уравнения, описывающие работу ДПТ последовательного возбуждения (ПВ). Механические и электромеханические характеристики ДПТ ПВ. Регулирование скорости ДПТ ПВ с помощью резисторов в цепи обмотки якоря. Регулирование скорости ДПТ ПВ изменением напряжения. Изменение направления вращения ДПТ ПВ.	4	2		4
4	Переходные процессы в электроприводах с ДПТ. Допущения, применяемые при исследовании процессов пуска двигателя. Понятие электромеханической посто-	4	2		4

	янной времени электропривода. Дифференциальное уравнение, описывающее переходный процесс пуска двигателя. Построение графиков переходного процесса $\omega=f(t)$ и $I=f(t)$ при пуске ДПТ НВ.				
5	Виды торможения 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; при спуске груза. Торможение противовключением. Построение графиков переходного процесса $\omega=f(t)$ и $I=f(t)$ при динамическом торможении ДПТ НВ.	4	2		4
6	Методика построения статических электромеханических характеристик и графиков переходного процесса при пуске и торможении ДПТ НВ с помощью реостатов в цепи обмотки якоря.	2	2		3
7	Системы преобразователь – ДПТ. Работа электропривода по системе “генератор-двигатель”. Электроприводы с полупроводниковыми преобразователями: система тиристорный преобразователь – двигатель; система транзисторный преобразователь – двигатель.	2		2	3
<b>4. Выбор электродвигателя по мощности</b>					
1	Общие положения по выбору электродвигателя, порядок выбора электродвигателя. Нагрузочная диаграмма и тахограмма рабочей машины, график динамического момента и момента двигателя.	2	1		3
2	Нагрев и охлаждение двигателей. Классификация режимов работы.	2			1
3	Проверка двигателей: для продолжительного режима работы; в кратковременном режиме работы; для повторно-кратковременного режима работы. Допустимая частота включений электродвигателей.	2	1		3
	<b>ИТОГО:</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>54</b>

### Курс 3 Семестр 6

№ 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
<b>6. Электроприводы с двигателями переменного тока</b>					
1	Асинхронный двигатель (АД). Схема включения, электромеханические и механические характеристики асинхронных двигателей. Определение параметров	2	2	6	10

	схемы замещения АД по справочным данным, по каталожным данным. Построение естественных механической и электромеханической характеристик АД. Переходный процесс при пуске АД прямым включением в сеть. Динамическая механическая характеристика АД.				
2	Регулирование координат АД с помощью резисторов. Включение добавочных резисторов в цепь статора АД. Включение добавочных резисторов в цепь ротора АД. Искусственные механические и электромеханические характеристики АД при реостатном способе регулирования координат. Расчет регулировочных резисторов.	2	3	4	9
3	Влияние напряжения питающей сети на изменение оборотов вращения АД. Схема силовых цепей нереверсивного и реверсивного тиристорного регулятора напряжения. Искусственные механические и электромеханические характеристики АД при регулировании напряжения на обмотке статора.	2	2		5
4	Системы частотного регулирования угловой скорости АД. Регулирование оборотов вращения АД изменением числа пар полюсов. Переключение статорных обмоток АД с “треугольника на двойную звезду” и со “звезды на двойную звезду”. Механические характеристики АД при разных схемах соединения обмоток. Выбор схемы соединения обмоток от характера нагрузки.	2	2		4
5	Системы частотного регулирования угловой скорости АД. Регулирование скорости АД изменением частоты напряжения статора двигателя. Законы частотного управления. Механические и электромеханические характеристики производственных механизмов и электроприводов преобразователь частоты (ПЧ) – АД. Преобразователи частоты с непосредственной связью. Автономный инвертор тока. Асинхронный электропривод с автономным инвертором напряжения, выполненным на IGBT – транзисторах. Функциональная схема скалярного частотного управления скоростью АД.	2	2	4	8
6	Тормозные режимы работы электропривода с АД. Генераторное торможение с отдачей электрической энергии в сеть. Режим противоблокировки. Динамическое торможение с независимым возбуждением и самовозбуждением.	2	2	2	6
7	Синхронный двигатель (СД). Схема включения, особенности конструкции СД. Пусковая и статическая механические характеристики СД. Электромеханические свойства явнополюсных и неявнополюсных СД. Пуск и синхронизация СД. Регулирование скорости СД. Динамическое торможение СД.	2	2		4
<b>7. Энергетика электропривода</b>					
1	Потери мощности и энергии в установившемся режиме работы электропривода. Потери энергии в переходных процессах работы электропривода. Способы уменьшения потерь энергии в электроприводе.	2	1		2
2	Расчет КПД электрического привода, способы повышения КПД. Коэффициент мощности электрического привода, Изменение $\cos\phi$ в функции мощности и от	1	1	1	4



	величины загрузки электродвигателя. Основные способы энеогосбережения в электроприводах.					
		ИТОГО:	17	17	17	52
		ВСЕГО:	51	34	34	106

#### 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
<b>семестр №5</b>				
1	Механика электропривода	Приведение моментов инерции кинематической схемы к расчетной. Приведение моментов и усилий к валу электродвигателя.	2	2
2	Механика электропривода	Расчет механических характеристик рабочих машин. Расчет режимов работы электропривода.	2	2
3	Электроприводы с двигателями постоянного тока	Расчет и построение механических и электромеханических характеристик при различных способах пуска и торможения электропривода с ДПТ НВ и ДПТ ПВ.	5	5
4	Электроприводы с двигателями постоянного тока	Переходные процессы в электроприводах с ДПТ. Вычисление электромеханической постоянной времени электропривода. Построение графиков переходного процесса $\omega=f(t)$ и $I=f(t)$ при пуске ДПТ НВ.	3	3
5	Электроприводы с двигателями постоянного тока	Виды торможения двигателя постоянного тока. Динамическое торможение ДПТ НВ при замыкании обмотки якоря на тормозные сопротивления. Построение графиков переходного процесса $\omega=f(t)$ и $I=f(t)$ при динамическом торможении ДПТ НВ.	3	3
6	Выбор электродвигателя по мощности	Построение нагрузочной диаграммы и тахограммы рабочей машины. Расчет мощности электродвигателя и выбор двигателя по каталогу для повторно – кратковременного режима работы.	2	2
ИТОГО:			17	17
<b>семестр №6</b>				
7	Электропривод с двигателями переменного тока	Определение параметров схемы замещения АД по справочным данным, по каталожным данным. Построение естественных механической и электромеханической характеристик АД.	2	2
8		Регулирование координат АД с помощью резисторов. Построение искус-	3	3

		ственных механических характеристики АД с фазным ротором при реостатном способе регулирования координат. Расчет регулировочных реостатов. Выбор типового ящика сопротивлений.		
9		Расчет и построение искусственных механических и электромеханических характеристики АД при регулировании напряжения на обмотке статора.	2	2
10		Переключение статорных обмоток АД с “треугольника на двойную звезду” и со “звезды на двойную звезду”. Вид механические характеристики АД при разных схемах соединения обмоток. Выбор схемы соединения обмоток от характера нагрузки.	2	2
11		Законы частотного управления. Построение механических и электромеханических характеристик АД при частотном управлении.	2	2
12		Тормозные режимы работы электропривода с АД. Расчет сопротивления реостата при торможении АД с фазным ротором в двигательном режиме и режиме динамического торможения.	2	2
13		Синхронный двигатель (СД). Расчет и построение угловых и механических характеристик неявнополусных и явнополусных СД.	2	2
14	Энергетика электропривода	Потери мощности и энергии в установившемся режиме и переходных процессах работы электропривода.	1	1
15		Расчет энергетических показателей электроприводов.	1	1
ИТОГО:			17	17

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 5				
1	Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения. Механика электропривода	Изучение схем запуска электромашинных агрегатов М1-М2, М3-М4. Определение момента инерции и махового момента агрегатов методом свободного выбега.	5	5
2	Электроприводы с двигателями постоянного тока. Энергетика электропривода.	Определение параметров и основных характеристик электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением.	3	3

3	Электроприводы с двигателями постоянного тока. Энергетика электропривода.	Определение параметров и основных характеристик генератора постоянного тока с независимым возбуждением.	3	3
4	Электроприводы с двигателями постоянного тока	Исследование регулировочных свойств электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения в системе “генератор-двигатель”	6	6
ИТОГО:			17	17
семестр № 6				
6	Электропривод с двигателями переменного тока. Энергетика электропривода.	Исследование асинхронного трехфазного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при включении обмоток статора звездой.	4	4
7	Электропривод с двигателями переменного тока	Исследование схемы пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.	3	3
8	Электропривод с двигателями переменного тока	Исследование реверсивной схемы управления трехфазным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с торможением противовключением	6	6
9	Электропривод с двигателями переменного тока	Исследование схемы управления трехфазным асинхронным двигателем с фазным ротором.	4	4
ИТОГО:			17	17

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Учебным планом предусмотрена курсовая работа в 6 семестре по расчету автоматизированного электропривода переменного тока грузовой лебедки.

Содержание курсовой работы включает следующие разделы:

1. Расчет мощности электродвигателя:

- Предварительный выбор двигателя;
- Расчет и построение нагрузочных диаграмм;
- Проверка выбранного электродвигателя.

2. Построение пусковых диаграмм и расчет пусковых реостатов:

- Построение естественной механической характеристики;
- Построение пусковой диаграммы;
- Расчет требуемого сопротивления реостата на участке M1-M2;
- Расчет сопротивления реостата на участке диаграммы M3-M4;

3. Построение тормозных диаграмм и расчет тормозных реостатов:

- Расчет сопротивления реостата на участке диаграммы M7-M8;
- Расчет требуемого сопротивления реостата на участке M9-M10;
- Расчет требуемого сопротивления реостата на участке диаграммы M11-M12.

4. Выбор реостата:

- Схемы соединений реостатов;
- Определение расчетных сопротивлений секций реостатов;

- Определение рабочих токов ступеней реостата;
- Время работы ступеней и секций реостата;
- Расчет эквивалентных токов секций реостата при включении по схеме “звезда”;
- Выбор типового ящика сопротивлений.

5. Построение полной пусковой и тормозной характеристик.

6. Расчет и построение кривых переходных процессов при пуске и торможении.

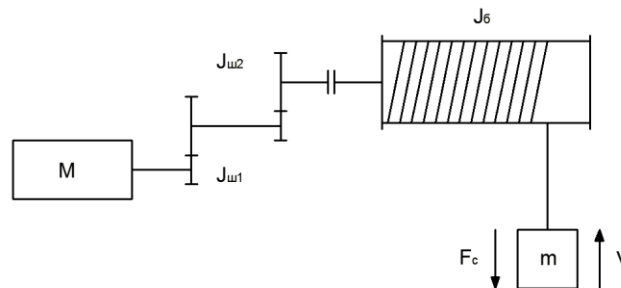
7. Выбор основных коммутационных аппаратов и принципов управления электроприводом:

- Выбор коммутационных аппаратов силовой цепи;
- Выбор коммутационных аппаратов РКСУ;
- Разработка программно – логической системы управления электроприводом.

Курсовая работа состоит из пояснительной записки объемом до 30 листов машинописного текста (формат А4). Записка должна иметь титульный лист, оглавление с указанием страниц разделов работы, задание на курсовую работу с подписями исполнителя и руководителя, исходные данные с кинематической схемой механизма, основной текст с расчетами согласно разделов курсовой работы и список используемой литературы.

Пример задания на курсовую работу:

В соответствии с кинематической схемой привода заданы в таблице №1 исходные данные для выполнения курсовой работы.



Кинематическая схема механизма

Таблица №1

Исходные данные вариантов задания для выполнения курсовой работы

Вариант	$m, \text{ т}$	$J, \text{ т м}^2$	$F_{с.н}, \text{ кН}$	$F_{с.к}, \text{ кН}$	$i$	$D_6, \text{ м}$	$v_{н.н.}, \text{ м/с}$	$v_1, \text{ м/с}$	$v_5, \text{ м/с}$	$a_1, \text{ м/с}^2$	$a_2, \text{ м/с}^2$	$a_4, \text{ м/с}^2$	$a_6, \text{ м/с}^2$	$t_3, \text{ с}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	44	158	110	100	20	5	7,72	0,7	0,3	0,2	0,6	0,8	0,1	60
1	12	50	55	45	10,5	3	5,46	0,7	0,3	0,2	0,6	0,7	0,1	40
2	18	52,5	52	47	10,5	3	7,32	0,8	0,3	0,3	0,7	0,8	0,15	50
3	24	80	80	70	20	3,5	5,4	0,9	0,3	0,4	0,8	0,9	0,2	60
4	30	48	65	55	11,5	4	8,92	1	0,3	0,45	0,9	1	0,1	70
5	36	75	130	120	20	4	5,18	0,7	0,3	0,2	0,6	1,1	0,15	80
6	42	158	80	70	11,5	5	11,26	0,8	0,3	0,3	0,7	1,1	0,2	40
7	48	170	125	115	10,5	5	9,22	0,9	0,3	0,4	0,8	1	0,1	50
8	14	50	66	60	10,5	3	4,34	1	0,3	0,45	0,9	0,9	0,15	60
9	20	52,5	74	64	11,5	3	4,98	0,7	0,3	0,2	0,6	0,8	0,2	70
10	26	92	60	50	11,5	3,5	7,8	0,8	0,3	0,3	0,7	0,7	0,1	80
11	32	75	90	80	20	4	6,17	0,9	0,3	0,4	0,8	0,8	0,15	40
12	38	90	98	88	10,5	4	7,38	1	0,3	0,45	0,9	0,9	0,2	50
13	50	170	97	97	11,5	5	11,26	0,8	0,3	0,3	0,7	0,9	0,15	70
14	16	50	80	70	10,5	3	3,59	0,9	0,3	0,4	0,8	1	0,2	80
15	22	52,5	90	80	11,5	3	3,96	1	0,3	0,45	0,9	1,1	0,1	40
16	28	80	85	85	10,5	3,5	5,06	0,7	0,3	0,2	0,6	1	0,15	50
17	34	48	100	90	10,5	4	5,78	0,8	0,3	0,3	0,7	0,9	0,2	60
18	40	90	130	124	11,5	4	5,37	0,9	0,3	0,4	0,8	0,8	0,1	70
19	46	158	107	97	11,5	5	8,42	1	0,3	0,45	0,9	0,9	0,15	80

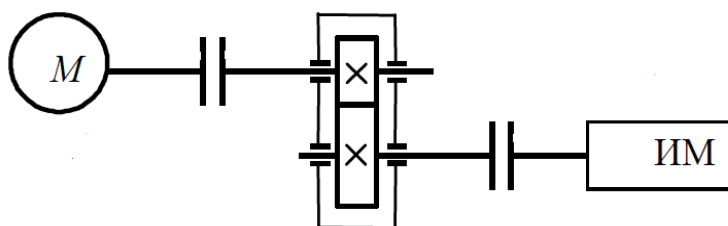
20	52	170	140	130	20	5	7,78	0,7	0,3	0,2	0,6	0,7	0,1	70
21	15	60	55	50	10,5	3	6,12	0,8	0,3	0,3	0,7	0,7	0,2	80
22	20	45	60	50	11,5	4	5,6	1	0,3	0,4	0,6	0,6	0,15	70
23	35	55	85	75	11,5	4	6,2	0,9	0,3	0,45	0,7	0,7	0,1	60
24	45	85	95	90	11,5	5	5,2	0,8	0,3	0,2	0,8	0,8	0,15	80
25	50	120	90	80	10,5	4	7,4	1	0,3	0,3	0,9	0,9	0,2	50
26	60	130	105	90	20	5	8,2	0,7	0,3	0,4	0,6	0,6	0,1	60
27	30	55	70	60	11,5	5	9,6	0,8	0,3	0,45	0,7	0,7	0,15	70
28	25	80	65	55	11,5	4	5,6	0,9	0,3	0,3	0,8	0,8	0,2	80
29	45	90	95	85	10,5	4	6,2	1	0,3	0,4	0,9	0,9	0,15	50

#### 4.5. Содержание расчетно-графического задания.

Учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графического задания в 5 семестре. РГЗ состоит из пояснительной записки объемом до 15 листов машинописного текста (формат А4).

Задание заключается в разработке электропривода производственного механизма, удовлетворяющего следующим техническим условиям:

1. В качестве регулируемого электропривода принять привод постоянного тока с регулированием скорости изменением активного сопротивления в цепи обмотки якоря.
2. Кинематическая схема электропривода имеет вид, представленный на рисунке.



Кинематическая схема электропривода

3. Электропривод должен обеспечить заданные технологические частоты вращения рабочего органа производственного механизма и время работы.

Исходные данные для выполнения РГЗ приведены в таблице №2.

Необходимо: построить тахограмму и нагрузочную диаграмму производственного механизма; выполнить расчет мощности электродвигателя и выбрать его по каталогу; построить электромеханические характеристики электродвигателя при пуске и торможении; изобразить схему силовой цепи электродвигателя для полного цикла работы; выполнить расчет и построение графиков переходного процесса электропривода для полного цикла работы.

Таблица №2

Значения для выполнения расчетно - графического задания

№ варианта	Частота вращения механизма $n1$ , об/мин	Время работы $t_{p1}$ , с	Частота вращения механизма $n2$ , об/мин	Время работы $t_{p2}$ , с	Время паузы $t_0$ , с	Момент механизма, $H \times m$	Характер нагрузки	КПД передачи при максимальной частоте вращения	Момент инерции механизма, $кг \cdot м^2$
1	50	25	60	25	70	500	активная	0,94	30
2	100	20	75	20	40	1500		0,95	60
3	200	30	150	20	90	250		0,96	20
4	20	15	25	40	60	800		0,94	40
5	150	40	100	30	100	1000		0,97	50
6	300	35	200	30	110	1200		0,95	50
7	125	30	75	45	100	1500		0,96	60
8	120	50	60	15	120	1200		0,97	50
9	40	70	50	35	110	1000		0,94	50
10	250	50	220	25	150	800		0,95	40
11	50	40	60	20	150	600		0,95	30
12	100	45	80	30	120	500		0,97	30
13	200	50	160	50	150	350		0,94	20

14	20	30	25	30	100	250	0,95	20
15	150	40	120	40	200	1500	0,96	60
16	300	50	200	50	140	1200	0,97	50
17	125	30	80	60	120	1000	0,94	50
18	120	40	90	40	150	800	0,95	40
19	40	60	45	40	100	600	0,96	30
20	250	50	150	60	150	500	0,97	30
21	50	30	55	30	120	350	0,94	20
22	100	45	60	45	90	250	0,95	20
23	200	50	120	70	150	1500	0,96	60
24	20	40	25	40	120	1000	0,97	50
25	150	30	100	30	70	800	0,95	40
26	180	55	75	30	90	750	0,96	45
27	270	70	200	65	250	850	0,98	35
28	100	40	105	40	90	300	0,94	35
29	220	25	180	45	70	1100	0,95	50
30	300	50	303	40	100	800	0,96	55
31	250	55	200	35	110	1300	0,98	65
32	220	42	190	18	70	1000	0,97	55
33	180	34	150	26	60	900	0,96	50
34	140	25	100	50	85	800	0,95	45

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

### 5.1. Реализация компетенций

**1. Компетенция ПК-1.** Способен принимать участие в проектировании электрических приводов в соответствии с заданием, соблюдая технические и энергоэффективные требования.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.3. Выполняет расчет элементов электропривода с учетом технических и энергоэффективных требований при решении задач проектирования	Экзамены, защита лабораторных работ, практические занятия, собеседование

**2. Компетенция ПК-2.** Способен разрабатывать простые узлы и блоки системы электропривода с применением современного программного обеспечения.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.1. Рассчитывает и выбирает узлы и блоки электропривода переменного тока с программно-логической системой управления с применением систем компьютерной алгебры	Защита курсовой работы, собеседование

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

**Промежуточная аттестация** осуществляется в конце 5 семестра изучения дисциплины в форме экзамена и после завершения изучения дисциплины в конце 6 семестра в форме экзамена и защиты курсовой работы.

Экзамены включают две части: теоретическую (2 вопроса) и практическую, решение задачи. Для подготовки к ответу на вопросы билета и решение задачи, которые студент выбирает случайным образом, отводится 50 минут. После проверки задачи и ответа на теоретическую часть билета, преподаватель может задать дополнительные вопросы. Распределение вопросов и заданий по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена по дисциплине.

Допуск курсовой работы к защите осуществляется после проверки преподавателем оформленной расчетно-пояснительной записки согласно заданию на выполнение курсовой работы. Защита курсовой работы происходит в форме собеседования студента с преподавателем, в ходе которых проверяется знание студентом методики выполненных расчетов, способность анализировать, обосновывать и аргументировать результаты, полученные в ходе расчетов.

### Вопросы для теоретической части экзамена (5 семестр)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Структурная схема автоматизированного ЭП. Электрическая и механическая части ЭП. Энергетическая эффективность ЭП.</li> <li>2. Классификация ЭП.</li> <li>3. Величины, характеризующие движение рабочей машины. Работа (энергия), мощность, динамическая сила и момент, момент инерции.</li> <li>4. Регулирование координат ЭП. Схема с общим усилителем и схема с подчиненным регулированием координат.</li> <li>5. Принципы построения разомкнутых и замкнутых систем управления ЭП.</li> </ol>
2	Механика электропривода.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Приведение моментов и сил сопротивления, инерционных масс и моментов инерции.</li> <li>2. Уравнение движения электропривода.</li> <li>3. Режимы работы ЭП.</li> <li>4. Условия выполнимости установившегося режима ЭП.</li> <li>5. Приводные характеристики машин и механизмов. Механические характеристики производственных механизмов.</li> <li>6. Механические характеристики электродвигателей.</li> <li>7. Жесткость механической характеристики ЭП.</li> </ol>
3	Электроприводы с двигателями постоянного тока.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Механические характеристики электродвигателей. Естественная и искусственная механические характеристики.</li> <li>2. Схемы включения ДПТ и их естественные механические характеристики.</li> <li>3. Основные соотношения для ДПТ. Уравнения механической и электромеханической характеристики ДПТ.</li> <li>4. Естественные и искусственные механические характеристики ДПТ независимого возбуждения.</li> <li>5. Естественные и искусственные механические характеристики ДПТ последовательного возбуждения.</li> <li>6. Регулирование скорости, тока и момента с помощью резисторов в цепи якоря.</li> <li>7. Пуск ДПТ НВ в одну и две ступени реостатным способом.</li> <li>8. Пуск и реверс ДПТ НВ реостатным способом.</li> <li>9. Регулирование скорости ДПТ НВ изменением магнитного потока.</li> <li>10. Регулирование скорости ДПТ ПВ шунтированием обмотки возбуждения.</li> <li>11. Регулирование скорости ДПТ НВ изменением подводимого к якорю напряжения.</li> <li>12. Регулирование скорости ДПТ ПВ при питании от управляемого преобразователя.</li> <li>13. Электропривод по системе “генератор - двигатель”.</li> <li>14. Электропривод по системе “управляемый выпрямитель - двигатель”.</li> <li>15. Электропривод по системе “широотно-импульсный преобразователь - двигатель”.</li> <li>16. Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Генераторное торможение.</li> <li>17. Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Динамическое торможение.</li> <li>18. Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Торможение противовключением.</li> </ol>
4	Выбор электродвигателя по мощности	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общие положения по выбору электродвигателя. Расчет мощности и предварительный выбор электродвигателя.</li> <li>2. Классы изоляции в электрических машинах.</li> <li>3. Уравнение теплового баланса. Кривые нагревания и охлаждения двигателя.</li> </ol>

		4. Продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный режимы работы двигателя.
--	--	---

### Вопросы для теоретической части экзамена (6 семестр)

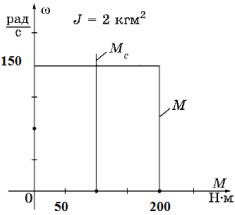
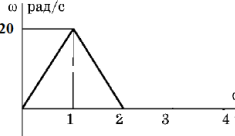
№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Электроприводы с двигателями переменного тока	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Т-образная схема замещения, основные уравнения и векторная диаграмма асинхронного двигателя</li> <li>2. Механические и электромеханические характеристики асинхронного двигателя.</li> <li>3. Способы регулирования скорости асинхронного двигателя. Условия ограничения на прямой пуск асинхронного двигателя.</li> <li>4. Особенности определения параметров схемы замещения асинхронного двигателя по справочным и каталожным данным.</li> <li>5. Расчет и построение естественной механической и электромеханической статических характеристик АД</li> <li>6. Динамическая механическая характеристика АД при пуске прямым включенным в сеть.</li> <li>7. Регулирование координат АД с помощью резисторов. Включение добавочных резисторов в цепь статора и ротора.</li> <li>8. Влияние напряжения питающей сети на изменение оборотов вращения АД. Принцип работы тиристорного регулятора напряжения (ТРН).</li> <li>9. Асинхронный электропривод с фазовым регулированием угловой скорости. Схемы силовых цепей нереверсивного и реверсивного ТРН.</li> <li>10. Системы частотного регулирования угловой скорости короткозамкнутого АД. Законы регулирования скорости в системах ПЧ-АД</li> <li>11. Функциональная схема ЭП по системе ПЧ-АД реализующая законы управления класса U/f. Механические характеристики производственных механизмов и ЭП ПЧ-АД.</li> <li>12. Расчет электромеханических и механических характеристик при частотном регулировании скорости асинхронного двигателя.</li> <li>13. Преобразователи частоты с непосредственной связью. Достоинства и недостатки.</li> <li>14. Автономные инверторы тока. Схема силовых цепей трехфазного мостового инвертора тока.</li> <li>15. Автономные инверторы напряжения. Схема силовых цепей асинхронного ЭП с АИН, выполненным на IGBT-транзисторах.</li> <li>16. 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.</li> <li>17. Регулирование оборотов вращения АД изменением числа пар полюсов. Схема переключения статорных обмоток многоскоростного АД с КЗ ротором со “звезды” на “двойную звезду”. Механические характеристики.</li> <li>18. Тормозные режимы работы ЭП с АД. Генераторное торможение. Способы перехода АД в генераторный режим работы.</li> <li>19. Тормозные режимы работы ЭП с АД. Торможение противовключением. Реализация возможных режимов противовключения.</li> </ol>



		<p>20. Тормозные режимы работы ЭП с АД. Динамическое торможение с независимым возбуждением и самовозбуждением.</p> <p>21. Синхронный двигатель. Преимущества СД перед другими типами электрических машин. Условные графические обозначения СД.</p> <p>22. Схемы включения, особенности конструкции СД. Пусковая и статические механические характеристики СД.</p> <p>23. Электромеханические свойства неявнополюсных синхронных двигателей. Угловая и механическая характеристики.</p> <p>24. Электромеханические свойства явнополюсных синхронных двигателей. Угловая и механическая характеристика.</p> <p>25. Пуск и синхронизация СД. Схема силовых цепей СД. Способ токоограничения при пуске СД введением реакторов в цепи обмоток статора.</p> <p>26. Пуск и синхронизация СД. Схема силовых цепей СД. Способ ограничения тока статора СД с применением автотрансформатора.</p> <p>27. Уравнение электромагнитного момента для явнополюсного СД.</p> <p>28. Законы регулирования скорости СД. Механическая характеристика производственных механизмов и ЭП ПЧ-СД.</p> <p>29. Динамичное торможение СД. Схема динамического торможения.</p>
2	Энергетика электропривода	<p>30. Потери мощности и энергии в установившемся режиме работы ЭП. Потери энергии в переходных процессах работы ЭП.</p> <p>31. Способы уменьшения потерь энергии в ЭП.</p> <p>32. Расчет КПД электрического провода.</p> <p>33. Коэффициент мощности электрического привода.</p>

### Задачи для практической части экзамена (5 семестр)

1.	<p>Определите статический момент на валу двигателя при подъеме груза?</p>
2.	<p>Определите статический момент на валу двигателя при тормозном спуске груза?</p>
3.	<p>Определите статический момент вентилятора <math>M_c(\omega)</math>, если угловая скорость увеличится в два раза относительно <math>\omega_n</math>, а статический момент рабочей машины при номинальной скорости равен <math>M_{CH}=5H \cdot m</math>. Моментом трения пренебречь.</p>

4.	<p>Определите угловую скорость электропривода металлорежущего станка <math>\omega</math> при увеличении статического момента <math>M_c(\omega)</math> в 3 раза относительно номинального момента <math>M_{сн}</math>, если номинальная угловая скорость <math>\omega_n=90</math> рад/сек. Моментом трения пренебречь.</p>														
5.	<p>Определите время разгона двигателя с 20рад/сек до 120рад/сек, если электромагнитный момент двигателя <math>M=200</math> Н·м. Момент сопротивления <math>M_c=const=100</math> Н·м . Момент инерции привода <math>J=2</math> кг·м<sup>2</sup>.</p>														
6.	<p>Определите время разгона двигателя с 20рад/сек до 120рад/сек, если электромагнитный момент двигателя <math>M=200</math> Н·м. Момент сопротивления <math>M_c=const=100</math> Н·м . Момент инерции привода <math>J=2</math> кг·м<sup>2</sup>.</p>														
7.	<p>Определите время торможения электродвигателя от 100 рад/с до 10 рад/с., если электромагнитный момент двигателя <math>M=150</math> Н·м, а момент сопротивления <math>M_c=const=100</math> Н·м. Момент инерции привода <math>J=2</math> кг·м<sup>2</sup>.</p>														
8.	<p>Определите время пуска двигателя.</p> 														
9.	<p>Рассчитать момент двигателя при равноускоренном пуске электропривода с заданным ускорением <math>\varepsilon=50</math> рад/с<sup>2</sup> при моменте сопротивления <math>M_c=M_n</math> (<math>M_n</math>- номинальный момент двигателя). Данные двигателя: номинальная мощность <math>P_n=10</math> кВт, номинальная частота вращения <math>n=1500</math> об/мин. Приведенный момент инерции механической системы <math>J=1</math>кг·м<sup>2</sup>.</p>														
10.	<p>Рассчитать время торможения электропривода с номинальной скорости до угловой частоты 10 рад/сек при тормозном моменте <math>M_t=2M_n</math>, моменте сопротивления <math>M_c=0,5M_n</math> (<math>M_n</math>- номинальный момент двигателя). Данные двигателя: номинальная мощность <math>P_n=55</math> кВт, номинальная угловая частота <math>\omega=125</math> рад/сек. Приведенный момент инерции механической системы <math>J=20</math>кг·м<sup>2</sup>.</p>														
11.	<p>Рассчитать время торможения электропривода с номинальной скорости до полной остановки при тормозном моменте <math>M_t=1,5M_n</math>, моменте сопротивления <math>M_c=0,5M_n</math> (<math>M_n</math>- номинальный момент двигателя). Данные двигателя: номинальная мощность <math>P_n=75</math> кВт, номинальная частота вращения <math>n=1500</math> об/мин. Приведенный момент инерции механической системы <math>J=25</math>кг·м<sup>2</sup></p>														
12.	<p>Рассчитать и построить график зависимости <math>M(t)</math> приложенного к механической части электропривода, позволяющего обеспечить заданную тахограмму <math>\omega(t)</math> при реактивном статическом моменте <math>M_c=20</math> Н·м и моменте инерции механической части электропривода <math>J=1,5</math> кг·м<sup>2</sup>.</p> 														
13.	<p>Для ДПТ независимого возбуждения построить естественную электромеханическую характеристику.</p> <table border="1" data-bbox="323 1825 1369 1953"> <thead> <tr> <th>Тип</th> <th><math>U_n</math>, В</th> <th><math>P_n</math>, кВт</th> <th><math>n_n</math>, об/мин</th> <th><math>I_n</math>, А</th> <th><math>R_{я} + R_{дп}</math> при 15 °С, Ом</th> <th><math>J_{дв}</math>, кг·м<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>МП-12</td> <td>220</td> <td>2.5</td> <td>1300</td> <td>14.2</td> <td>1. 3</td> <td>0.05</td> </tr> </tbody> </table> <p>В качестве расчетного принять сопротивление якорной цепи при температуре 75°С.</p>	Тип	$U_n$ , В	$P_n$ , кВт	$n_n$ , об/мин	$I_n$ , А	$R_{я} + R_{дп}$ при 15 °С, Ом	$J_{дв}$ , кг·м <sup>2</sup>	МП-12	220	2.5	1300	14.2	1. 3	0.05
Тип	$U_n$ , В	$P_n$ , кВт	$n_n$ , об/мин	$I_n$ , А	$R_{я} + R_{дп}$ при 15 °С, Ом	$J_{дв}$ , кг·м <sup>2</sup>									
МП-12	220	2.5	1300	14.2	1. 3	0.05									

14.	Для ДПТ независимого возбуждения построить естественную механическую характеристику.	Тип	$U_n$ , В	$P_n$ , кВт	$n_n$ , об/мин	$I_n$ , А	$R_{я} + R_{дп}$ при 15 °С, Ом	$J_{дв}$ , кг·м <sup>2</sup>
		МП-12	220	2.5	1300	14.2	1.33	0.05
В качестве расчетного принять сопротивление якорной цепи при температуре 75 <sup>0</sup> С.								
15.	Определить значение напряжения $U$ на якоре двигателя ДПТ с независимой обмоткой возбуждения, чтобы при статической нагрузке на валу $M_c=0,5M_n$ угловая скорость $\omega$ двигателя составляла $0,8\omega_0$ (скорости идеального холостого хода $\omega_0$ ). Построить искусственную механическую характеристику двигателя в абсолютных единицах. Принять сопротивление якорной цепи при $t=100^0$ С. Паспортные данные двигателя указаны в таблице.	Тип	$U_n$ , В	$P_n$ , кВт	$n_n$ , об/мин	$I_n$ , А	$R_{я} + R_{дп}$ при 15 °С, Ом	$J_{дв}$ , кг·м <sup>2</sup>
		ДП- 2	220	32	760	164	0.0545	1.87
16.	Рассчитайте величину добавочного сопротивления $R_d$ в цепи якоря, чтобы при статической нагрузке $M_c=1,5M_n$ скорость $\omega$ составляла $0,3\omega_0$ . Постройте искусственную механическую характеристику. Принять сопротивление якорной цепи при $t=65^0$ С. Паспортные данные двигателя указаны в таблице.	Тип	$U_n$ , В	$P_n$ , кВт	$n_n$ , об/мин	$I_n$ , А	$R_{я} + R_{дп}$ при 15 °С, Ом	$J_{дв}$ , кг·м <sup>2</sup>
		МП-32	220	9	900	48	0.348	0.305
17.	Выполнить расчет и построить искусственную механическую характеристику ДПТ с независимой обмоткой возбуждения при ослаблении магнитного потока $\Phi=0,7\Phi_n$ , и статическом моменте сопротивления $M_c=1,1M_n$ . Принять сопротивление якорной цепи при $t=55^0$ С. Паспортные данные двигателя указаны в таблице.	Тип	$U_n$ , В	$P_n$ , кВт	$n_n$ , об/мин	$I_n$ , А	$R_{я} + R_{дп}$ при 15 °С, Ом	$J_{дв}$ , кг·м <sup>2</sup>
		МП-52	22	33	650	168	0.0495	3.03
18.	Выполнить расчет и построить искусственную электромеханическую характеристику ДПТ с независимой обмоткой возбуждения при ослаблении магнитного потока $\Phi=0,5\Phi_n$ . Принять сопротивление якорной цепи при $t=65^0$ С. Паспортные данные двигателя указаны в таблице.	Тип	$U_n$ , В	$P_n$ , кВт	$n_n$ , об/мин	$I_n$ , А	$R_{я} + R_{дп}$ при 15 °С, Ом	$J_{дв}$ , кг·м <sup>2</sup>
		МП-32	220	9	900	8	0.348	0.305

## Задачи для практической части экзамена (6 семестр)

### Задача №1

№ варианта	Типоразмер двигателя	Мощность, кВт	При номинальной нагрузке			$\frac{M_n}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{mix}}{M_{ном}}$	$\frac{I_n}{I_{ном}}$
			S, %	$\eta$ , %	cos $\phi$				
Синхронная частота вращения 3000 об/мин.									
1	АИР160М2	18,5	3	89,5	0,9	1,8	2,7	1,7	7

По данным таблицы рассчитать: номинальную частоту вращения ротора двигателя  $n_{2н}$ ; номинальный вращающий момент  $M_{ном}$ ; критический момент  $M_{max}$ ; пусковой момент  $M_{п}$ ; мощность, потребляемая из сети  $P_{1н}$ ; номинальный ток  $I_{ном}$ ; пусковой ток  $I_{п}$ ;

### Задача №2

№ варианта	Типоразмер двигателя	Мощность, кВт	При номинальной нагрузке			$\frac{M_n}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{mix}}{M_{ном}}$	$\frac{I_n}{I_{ном}}$
			S, %	$\eta$ , %	cos $\phi$				
Синхронная частота вращения 3000 об/мин.									
1	АИР112М2	7,5	3,5	87,5	0,88	2	2,2	1,6	7,5

По данным таблицы определить изменение пускового тока  $I_{п}$  и пускового момента  $M_{п}$  двигателя при изменении напряжения сети на 5%, 10%, 15%; 20%

### Задача №3

№ варианта	Тип двигателя	Мощность, кВт	При номинальной нагрузке			$\frac{M_n}{M_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{mix}}{M_{ном}}$	$\frac{I_n}{I_{ном}}$
			S, %	$\eta$ , %	cos $\phi$				
Синхронная частота вращения 1500 об/мин.									
1	АИР80В4	1,5	7	78	0,83	2,2	2,2	1,6	5,5

Составить “шильдик” асинхронного двигателя АИР80В4 с заданными в таблице параметрами.

#### Задача №4

№ варианта	Тип двигателя	$P_n$ , кВт	При номинальной нагрузке			$I_n$ , А	$M_n$ , Н·м	$\frac{M_{п}}{M_n}$	$\frac{I_{п}}{I_n}$	$\frac{M_{ма}}{M_n}$	J, кг·м <sup>2</sup>	Масса, кг
			$n_n$ , об/мин	$\eta$ , %	cos $\phi$							
Синхронная скорость 3000 об/мин												
1.	5А80МА2	1.5	2820	81	0,85	3,3	5,1	2,5	6,5	2,6	0.0018	14

Определить параметры Т – образной схемы замещения АД по данным таблицы.

#### Задача №5

Для короткозамкнутого асинхронного двигателя типа 4А112МВ6У3 определить параметры Т-образной схемы замещения если известны следующие технические данные: номинальная мощность двигателя  $P_n = 4$  кВт; номинальное фазное напряжение 220 В; коэффициент полезного действия в режиме номинальной мощности (100%-я нагрузка)  $\eta_n = 82,0\%$ ; коэффициент мощности в режиме номинальной мощности (100%-я нагрузка)  $\cos 0,81$  о.е.; активное сопротивление обмотки статора 0,077 о.е.; индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора 0,073 о.е.; активное сопротивление обмотки ротора, приведенное к обмотке статора 0,062 о.е.; индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора, приведенное к обмотке статора 0,11 о.е.; индуктивное сопротивление контура намагничивания (главное индуктивное сопротивление) 2,0 о.е.

#### Задача №6

Для короткозамкнутого асинхронного двигателя типа 4А112МВ6У3 рассчитать и построить естественные механическую и электромеханическую статические характеристики. Основные параметры асинхронного двигателя и его схемы замещения:

$P_n$ , кВт	$U_{1n}$ , В	$S_n$ , о.е	$I_{1n}$ , А	$R_1$ , Ом	$X_{1\sigma}$ , Ом	$R_2$ , Ом	$X_{2\sigma}$ , Ом	$I_n/I_{1n}$	$M_{max}/M_n$	$M_{min}/M_n$
4	220	0,051	9,125	1,878	2,248	1,393	2,994	6	2,2	1,6

#### Задача №7

Рассчитать и построить механические и электромеханические статические характеристики для следующих напряжений обмотки статора:  $0,6U_{1n}$ ;  $0,8U_{1n}$ ;  $U_{1n}$

$P_n$ , кВт	$U_{1n}$ , В	$S_n$ , о.е	$I_{1n}$ , А	$R_1$ , Ом	$X_{1\sigma}$ , Ом	$R_2$ , Ом	$X_{2\sigma}$ , Ом	$I_n/I_{1n}$	$M_{max}/M_n$	$M_{min}/M_n$	$n_0$ об/мин
4	220	0,051	9,125	1,878	2,248	1,393	2,994	6	2,2	1,6	1000

#### Задача №8

Для короткозамкнутого асинхронного двигателя типа 4А112МВ6У3, работающего в системе автономный инвертор напряжения – асинхронный двигатель, рассчитать и построить статические механические и электромеханические характеристики при частотном регулировании скорости в соответствии с законом регулирования  $U/f = \text{const}$  при следующих значениях частот напряжений обмотки статора: 50, 25, 10, 5 Гц.

$P_n$ , кВт	$U_{1n}$ , В	$S_n$ , о.е	$I_{1n}$ , А	$R_1$ , Ом	$X_{1\sigma}$ , Ом	$R_2$ , Ом	$X_{2\sigma}$ , Ом	$I_n/I_{1n}$	$M_{max}/M_n$	$M_{min}/M_n$	$n_0$ об/мин
4	220	0,051	9,125	1,878	2,248	1,393	2,994	6	2,2	1,6	1000

#### Задача №9

Для короткозамкнутого асинхронного двигателя типа 4А112МВ6У3, работающего в системе автономный инвертор напряжения – асинхронный двигатель, рассчитать и построить статические механические и электромеханические характеристики при частотном регулировании скорости в соответствии с законом регулирования

$U^2/f = \text{const}$  при следующих значениях частот напряжений обмотки статора: 50, 25, 10, 5 Гц.

$P_H$ , кВт	$U_{1H}$ , В	$S_H$ , о.е	$I_{1H}$ , А	$R_1$ , Ом	$X_{1\sigma}$ , Ом	$R_2$ , Ом	$X_{2\sigma}$ , Ом	$I_n/I_{1H}$	$M_{\max}/M_H$	$M_{\min}/M_H$	$n_0$ об/мин
4	220	0,051	9,125	1,878	2,248	1,393	2,994	6	2,2	1,6	1000

### Задача №10

Для короткозамкнутого асинхронного двигателя типа 4А112МВ6У3, работающего в системе автономный инвертор напряжения – асинхронный двигатель, рассчитать и построить статические механические и электромеханические характеристики при частотном регулировании скорости в соответствии с законом регулирования  $U/f^2 = \text{const}$  при следующих значениях частот напряжений обмотки статора: 50, 25, 10, 5 Гц.

$P_H$ , кВт	$U_{1H}$ , В	$S_H$ , о.е	$I_{1H}$ , А	$R_1$ , Ом	$X_{1\sigma}$ , Ом	$R_2$ , Ом	$X_{2\sigma}$ , Ом	$I_n/I_{1H}$	$M_{\max}/M_H$	$M_{\min}/M_H$	$n_0$ об/мин
4	220	0,051	9,125	1,878	2,248	1,393	2,994	6	2,2	1,6	1000

### Задача №11

Рассчитать и построить угловую характеристику неявнополюсного синхронного двигателя серии СТДП-6300-2УХЛ4. Технические данные двигателя.

$P_H$ , кВт	$U_{1H}$ , В	$n_H = n_0$ , Об/мин	$\frac{M_{\max}}{M_H}$	$\eta_H$ , %	$X_1$ , Ом
6300	6000	3000	2,2	97,4	7,3

### Задача №12

Рассчитать и построить механическую характеристику неявнополюсного синхронного двигателя серии СТДП-6300-2УХЛ4. Технические данные двигателя.

$P_H$ , кВт	$U_{1H}$ , В	$n_H = n_0$ , Об/мин	$\frac{M_{\max}}{M_H}$	$\eta_H$ , %	$X_1$ , Ом
6300	6000	3000	2,2	97,4	7,3

### Задача №13

Рассчитать и построить угловую характеристику явнополюсного синхронного двигателя серии СДКП2-16-29-10КУХЛ4. Технические данные двигателя.

$P_H$ , кВт	$U_{1H}$ , В	$n_H = n_0$ , Об/мин	$\frac{M_{\max}}{M_H}$	$\eta_H$ , %	$X_{1d}$ , Ом	$X_{1q}$ , Ом	$J$ , кг·м <sup>2</sup>	$\frac{M_{s=0,05}}{M_H}$	$\frac{I_n}{I_{1H}}$	$I_{1H}$ , А	$\cos \varphi_H$	$\frac{M_n}{M_H}$
500	6000	600	2	94	31,2	19,4	$0,53 \cdot 10^3$	1,5	5	57	0,9	0,8

### Задача №14

Рассчитать и построить механические характеристики явнополюсного синхронного двигателя серии СДКП2-16-29-10КУХЛ4. Технические данные двигателя.

$P_H$ , кВт	$U_{1H}$ , В	$n_H = n_0$ , Об/мин	$\frac{M_{\max}}{M_H}$	$\eta_H$ , %	$X_{1d}$ , Ом	$X_{1q}$ , Ом	$J$ , кг·м <sup>2</sup>	$\frac{M_{s=0,05}}{M_H}$	$\frac{I_n}{I_{1H}}$	$I_{1H}$ , А	$\cos \varphi_H$	$\frac{M_n}{M_H}$
500	6000	600	2	94	31,2	19,4	$0,53 \cdot 10^3$	1,5	5	57	0,9	0,8

## Вопросы для защиты курсовой работы

1. По каким параметрам осуществляется предварительный выбор двигателя?
2. Объясните методику построения тахограммы и нагрузочной диаграммы рабочей машины.
3. Каким условиям должен удовлетворять предварительно выбранный двигатель?

4. По какой формуле осуществляется построение естественной механической характеристики?
5. Какой вид имеет механическая характеристика рабочего механизма?
6. Объясните методику вычисления сопротивлений в курсовой работе.
7. Объясните методику вычисления сопротивлений реостата на участках диаграммы: а) М1-М2; б) М3-М4.
8. Сформулируйте условия выбора способа торможения эл. привода.
9. Объясните расчет сопротивления реостата на участке диаграммы М7-М8 при торможении: а) в двигательном режиме; б) в режиме динамического торможения.
10. Как рассчитывается сопротивление реостата на участке диаграммы М9-М10 для обеспечения работы эл. привода с постоянной скоростью  $\omega_5$ ?
11. Как выполняется расчет сопротивления реостата на участке диаграммы М11- М12?
12. Как определяются рабочие токи ступеней реостата?
13. Как вычисляется время работы ступеней и секций реостата?
14. Объясните особенности выбора типового ящика сопротивлений.
15. Как выполняется расчет и построение полной пусковой и тормозной диаграммы с учетом реальных сопротивлений ступеней реостата?
16. По графикам переходных процессов объясните работу электропривода при пуске и торможении.
17. Запишите условия выбора коммутационных аппаратов силовой цепи и источника динамического торможения.

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

Текущий контроль осуществляется в форме собеседования во время проведения практических занятий в 5 и 6 семестрах, защиты лабораторных работ в 5 и 6 семестрах и защиты расчетно-графического задания в 5 семестре.

На практических занятиях внимание уделяется решению типовых задач по всем разделам дисциплины с целью закрепления теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях, с последующим обсуждением полученных результатов с целью более глубокого усвоения изученных вопросов. При проведении занятий используются профессиональные термины и понятия, изученные в рамках теоретического материала с конкретной практической задачей, выявляются взаимосвязи между отдельными изучаемыми разделами, проводится сравнение между теоретическими и практическими результатами. Оценивание практических занятий проводится в виде собеседования, а типы рассматриваемых задач приводятся в экзаменационных билетах (5 семестр) и учитываются при проведении промежуточной аттестации в виде зачета (6 семестр).

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 оформления отчета и правильности выполнения работы. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабора-

торной работы.

Защита РГЗ осуществляется после проверки преподавателем оформленной расчетно-пояснительной записки согласно заданию. Защита РГЗ проходит в форме собеседования студента с преподавателем. Проверяется знание студентом методики выполненных расчетов, способность анализировать, обосновывать и аргументировать результаты, полученные в ходе расчетов.

### Примеры типовых задач для практических занятий (5 семестр)

Типовые задачи для проведения практических занятий приведены в практической части экзамена.

### Примеры типовых задач для практических занятий (6 семестр)

Для каждого студента подготовлены индивидуальные задачи на вычисление параметров и построение механических и электромеханических характеристик электропривода с двигателями переменного тока.

## Задание №1

Таблица №1

№ вар.	Типоразмер двигателя	Мощность, кВт	При номинальной нагрузке			$\frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{mix}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{ном}}}$
			S, %	$\eta$ , %	cosφ				
Синхронная частота вращения 3000 об/мин.									
1	АИР71В2	1,1	6,5	79	0,83	2,1	2,2	1,6	6
2	АИР80В2	2,2	0,05	83	0,87	2	2,2	1,6	7
3	АИР112М2	7,5	3,5	87,5	0,88	2	2,2	1,6	7,5
4	АИР132М2	11	3	88	0,9	1,6	2,2	1,2	7,5
5	АИР160М2	18,5	3	89,5	0,9	1,8	2,7	1,7	7
Синхронная частота вращения 1500 об/мин									
6	АИР71В4	0,75	10	73	0,73	2,2	2,2	1,6	5
7	АИР80В4	1,5	7	78	0,83	2,2	2,2	1,6	5,5
8	АИР112М4	5,5	4,5	87,5	0,88	2	2,2	1,6	7
9	АИР132М4	11	3,5	87,5	0,87	2	2,2	1,6	7,5
10	АИР160М4	18,5	3	90	0,89	1,9	2,9	1,8	7

1. По данным таблицы №1 рассчитать:

- номинальную частоту вращения ротора двигателя  $n_{2н}$ ;
- номинальный вращающий момент  $M_{\text{ном}}$ ;
- Критический момент  $M_{\text{max}}$ ;
- Пусковой момент  $M_{\text{п}}$ ;
- Мощность, потребляемая из сети  $P_{1н}$ ;





1	СДКП2-16-29-10	500	6000	600	57	0,9	2	39,4	24			
2	СДКП2-16-24-12	315	6000	500	37			62,7	37,6			
3	СДКП2-16-29-12	400	6000	500	45			49,4	29,6			
4	СДКП2-16-36-12	500	6000	500	57			39,5	23,7			
5	СДКП2-17-26-12	630	6000	500	71			31,3	18,8			
6	СДКП2-17-31-12	800	6000	500	90,5			24,7	14,8			
7	СДКП2-16-24-12	315	10000	500	21,9			174,32	104,632			
8	СДКП2-17-26-12	630	10000	500	43,1			87,159	52,316			

#### Задание №4

Рассчитать и построить угловую и механическую характеристики явнополюсного синхронного двигателя серии СДКП2-16-29-10КУХЛ4. Технические данные двигателя.

$P_H$ , кВт	$U_{1H}$ , В	$n_H = n_0$ , Об/мин	$\frac{M_{max}}{M_H}$	$\eta_H$ , %	$X_{1d}$ , Ом	$X_{1q}$ , Ом	$J$ , кг·м <sup>2</sup>	$\frac{M_{s=0,05}}{M_H}$	$\frac{I_{II}}{I_{IH}}$	$I_{1H}$ , А	$\cos \varphi_H$	$\frac{M_{II}}{M_H}$
500	6000	600	2	94	31,2	19,4	$0,53 \cdot 10^3$	1,5	5	57	0,9	0,8

#### Вопросы для защиты лабораторных работ

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа №1. Изучение схем запуска электромашинных агрегатов М1-М2, М3-М4. Определение момента инерции и махового момента агрегатов методом свободного выбега.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поясните схему и порядок операций при включении электродвигателя М1 электромашинного агрегата М1-М2.</li> <li>2. Поясните схему и порядок операций при включении электродвигателя М3 электромашинного агрегата М3-М4 (первый способ определения момента инерции и махового момента второго электромашинного агрегата).</li> <li>3. Поясните схему и порядок операций при включении электродвигателя М4 электромашинного агрегата М3-М4 (второй способ определения момента инерции и махового момента второго электромашинного агрегата).</li> <li>4. На какие свойства электропривода влияет величина момента инерции и махового момента?</li> <li>5. Что такое маховый момент и какова его зависимость от момента инерции?</li> <li>6. На чем основан метод свободного выбега для определения момента инерции?</li> <li>7. Что представляет собой кривая выбега и каков порядок снятия данных для её построения?</li> <li>8. Как изменится время выбега агрегата, если на валу двигателя установить маховик?</li> </ol>
2.	Лабораторная работа	1. По какому признаку классифицируются двигатели постоянного тока

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
	<p>№2. Определение параметров и основных характеристик электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением.</p>	<p>(ДПТ)?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Какими характеристиками оцениваются рабочие свойства ДПТ?</li> <li>3. В чем состоят особенности пуска ДПТ параллельного возбуждения?</li> <li>4. Какие способы уменьшения пускового тока применяются в ДПТ?</li> <li>5. Напишите формулы, характеризующие работу ДПТ.</li> <li>6. Изобразите схемы ДПТ параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. Покажите на них токи и ЭДС?</li> <li>7. Почему в момент пуска ДПТ ток якоря в несколько раз больше номинального значения и уменьшается в процессе пуска?</li> <li>8. Каким путем регулируют частоту вращения ДПТ?</li> </ol>
3.	<p>Лабораторная работа №3. Определение параметров и основных характеристик генератора постоянного тока с независимым возбуждением.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Объясните принцип действия генератора постоянного тока и назначение его основных частей.</li> <li>2. Назовите условия самовозбуждения генератора.</li> <li>3. От каких величин зависит напряжение на зажимах генератора?</li> <li>4. Какие системы возбуждения применяются в генераторах постоянного тока?</li> <li>5. Что такое реакция якоря, и каково ее влияние на работу генератора?</li> <li>6. От каких величин зависит ЭДС, наводимая в якоре, величина противодействующего и электромагнитного моментов?</li> <li>7. Напишите уравнение электрического состояния для генератора?</li> </ol>
4.	<p>Лабораторная работа №4. Исследование регулировочных свойств электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения в системе “генератор-двигатель”.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что собой представляет система “генератор-двигатель”?</li> <li>2. Назовите способы регулирования частоты вращения при работе электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения в системе “генератор-двигатель”.</li> <li>3. Каковы достоинства и недостатки системы “генератор-двигатель”?</li> <li>4. Как будет изменяться частота вращения ДПТ при уменьшении тока возбуждения генератора?</li> <li>5. Какова кратность регулирования частоты вращения ДПТ в системе “генератор-двигатель” при изменении напряжения в цепи якоря и при изменении тока возбуждения ДПТ?</li> <li>6. Почему механические характеристики ДПТ в системе “генератор-двигатель” почти прямолинейные?</li> <li>7. Как изменить направление вращения якоря ДПТ в системе “генератор-двигатель”?</li> <li>8. Изменится ли жесткость механических характеристик ДПТ в системе “генератор-двигатель”, если в цепь якорей ДПТ и генератора ввести добавочное сопротивление?</li> </ol>
5.	<p>Лабораторная работа №5. Исследование асинхронного трехфазного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при включении обмоток статора звездой.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расскажите принцип действия асинхронного двигателя. Почему он называется асинхронным?</li> <li>2. Почему cosφ асинхронного двигателя всегда меньше единицы?</li> <li>3. Что такое скольжение асинхронной машины и как оно определяется?</li> <li>4. На табличке асинхронной машины указано номинальное напряжение обмотки статора 220/380В. сеть имеет напряжение 380В. По какой схеме нужно соединить обмотку статора?</li> <li>5. Перечислите условия, необходимые для получения вращающегося магнитного поля.</li> <li>6. Как изменить направление вращения трехфазного асинхронного электродвигателя?</li> <li>7. Как изменяется максимальный (критический) момент асинхронного электродвигателя с изменением питающего напряжения?</li> </ol>
6.	<p>Лабораторная работа №6. Исследование схемы пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите способы пуска асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.</li> <li>2. Какими основными характеристиками оцениваются пусковые свойства двигателей?</li> <li>3. Когда применяется прямой пуск асинхронных двигателей?</li> <li>4. В чем состоят недостатки прямого пуска асинхронного двигателя?</li> <li>5. Как рассчитать пусковой ток и пусковой момент асинхронного двигателя?</li> <li>6. Начертите электрическую схему пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с помощью автотрансформатора. Используя механические характеристики, поясните порядок пуска.</li> </ol>
7.	<p>Лабораторная работа №7. Исследование реверсивной схемы управления трехфазным асинхронным двигателем.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чем состоят недостатки прямого пуска асинхронного двигателя?</li> <li>2. Как рассчитать по паспортным данным пусковой ток и пусковой момент асинхронного двигателя?</li> <li>3. Напряжение сети 380В. Номинальное напряжение асинхронного двигателя</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
	лем с короткозамкнутым ротором с торможением противовключением.	<p>ля 380/220В. Можно ли применить при пуске двигателя переключение обмоток статора со звезды на треугольник?</p> <p>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?</p> <p>5. Какими основными характеристиками оцениваются пусковые свойства двигателей?</p> <p>6. Когда применяется прямой пуск асинхронных двигателей?</p> <p>7. Назовите способы пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.</p>
8.	Лабораторная работа №8. Исследование схемы управления трехфазным асинхронным двигателем с фазным ротором.	<p>1. Изложите последовательность срабатывания пускателей и реле (на лабораторном стенде) при нажатии на кнопку SB 701.</p> <p>2. Для чего нужен шунтирующий контакт K2.1(на лабораторном стенде) к кнопке SB 701?</p> <p>3. Как происходит двухступенчатый пуск двигателя с фазным ротором?</p> <p>4. Что такое динамическое торможение асинхронного двигателя?</p> <p>5. Изложите последовательность срабатывания пускателей и реле при динамическом торможении на лабораторном стенде при нажатии на кнопку SB 701.</p>

### Вопросы для защиты РГЗ

1. Объясните методику построения тахограммы и нагрузочной диаграммы производственного механизма.
2. Как рассчитывается мощность электродвигателя и осуществляется его выбор по каталогу?
3. Объясните методику построения электромеханических характеристик эл. двигателя для работы на технологических скоростях.
4. Объясните методику построения пусковых электромеханических характеристик эл. двигателя.
5. Как выполняется расчет сопротивлений реостатов в цепи обмотки якоря двигателя для работы на технологических скоростях?
6. Как выполняется расчет сопротивлений реостатов в цепи обмотки якоря двигателя для работы на пусковых характеристиках?
7. Как выполняется построение тормозной электромеханической характеристики?
8. Как вычисляется тормозное сопротивление реостата?
9. Объясните методику вычисления добавочных сопротивлений в цепи якоря.
10. Используя принципиальную схему силовых цепей электропривода, рассмотрите режимы пуска и торможения.
11. Как выполняется расчет электромеханических постоянных времени для каждой реостатной характеристики?
12. По каким уравнениям выполняется расчет переходного процесса тока якоря и скорости двигателя?
13. По графикам переходного процесса объяснить пуск электропривода и его работу на технологических скоростях.
14. По переходным графикам объяснить процесс торможения электропривода.

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

При промежуточной аттестации в форме экзамена (5 семестр) используется

следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета (6 семестр) используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

При промежуточной аттестации в форме экзамена (6 семестр) 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, понятий применяемых при изучении дисциплины электрический привод
	Полнота ответов на вопросы
	Логика изложения знаний
Умения	Полнота и качество выполнения курсовой работы и ответов на вопросы практической части экзамена
	Самостоятельность выполнения задания
	Умение делать выводы по результатам выполненного практического задания
	Качество оформления задания
Навыки	Выбор методики выполнения задания
	Анализ и обоснование полученных результатов

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

При промежуточной аттестации в форме экзамена (5 семестр):  
Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий применяемых при изучении дисциплины электрический привод	Не знает терминов и определений, понятий используемых при ответе на вопросы билета, принципов действия элементов электрического привода постоянного тока	Знает термины и определения, принципы действия элементов электрического привода постоянного тока, но допускает неточности формулировок при ответе на вопросы билета	Знает технические термины и определения, принципы действия элементов электрического привода постоянного тока, правильно использует формулировки при ответе на вопросы билета	Свободно владеет техническими терминами и определениями, может корректно сформулировать их самостоятельно при ответе на вопросы билета
Полнота ответов на вопросы экзаменационного билета	Не знает материал лекционного курса, не дает ответы на большинство задаваемых вопросов	Имеет поверхностные знания основного материала дисциплины, не усвоив его детали, допускает неточности при ответе	Дает полные ответы на большую часть заданных вопросов, знает материал дисциплины в полном объеме	Дает полные, развернутые ответы на вопросы экзаменационного билета, обладает твердыми и полными знаниями в

		на вопросы билета		рамках лекционного материала, владеет дополнительными знаниями
Логика изложения знаний	Излагает знания без логической последовательности, не иллюстрирует изложение знаний поясняющими формулами, графиками, рисунками и примерами	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности, выполняет поясняющие формулы, графики и рисунки небрежно и с ошибками	Излагает знания без нарушений в логической последовательности, выполняет поясняющие формулы, рисунки и схемы корректно и правильно	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя, выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний

*Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.*

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота и качество выполнения ответов на вопросы практической части экзамена	Имеются существенные ошибки при ответе на вопросы билета, допускаются грубые ошибки	Ответы даны не в полном объеме, допускает ошибки, не носящие принципиальный характер	Ответы на вопросы практического задания раскрыты полностью	Ответы даны полностью, рациональным способом
Самостоятельность выполнения задания	Не может подготовить ответы, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение делать выводы по результатам выполненного практического задания	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы при ответе на вопросы практического задания	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов на вопросы практического задания	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов на вопросы практического задания	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать полученные результаты на основании применяемого теоретического материала, а также делает верные выводы в рамках задаваемых вопросов
Качество оформления задания	Ответы на вопросы экзаменационного билета оформлены настолько неряшливо, что не поддаются проверке	Ответы оформлены неаккуратно, отсутствует большинство необходимых пояснений в виде графиков и формул	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями в виде графиков и формул	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники

*Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.*

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения	Методика выполнения практического задания	Методика выполнения задания	Выбрана верная, рациональная методика

ния	нения практической части экзаменационного билета	ской части экзаменационного билета выбрана верно, но имеются замечания к полученным результатам	выбрана верно, замечаний к результатам решения задачи нет	тодика решения задачи, замечаний к результатам нет
Анализ и обоснование полученных результатов	Не произведен анализ результатов решения задачи, представляемые результаты не обоснованы	Анализ результатов, полученных при решении задачи, выполняется только при помощи преподавателя, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи, ответы обоснованы и в целом аргументированы	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны исчерпывающие выводы, представляемые результаты ответов обоснованы, четко аргументированы с указанием ссылок на учебно-методические указания и лекционный материал

**При промежуточной аттестации в форме экзамена (6 семестр):  
Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.**

<i>Критерий</i>	<i>Уровень освоения и оценка</i>			
	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Знание терминов, определений, понятий применяемых при изучении дисциплины электрический привод	Не знает терминов и определений, понятий используемых при ответе на вопросы билета, принципов действия элементов электрического привода переменного тока	Знает термины и определения, принципы действия элементов электрического привода переменного тока, но допускает неточности формулировок при ответе на вопросы билета	Знает технические термины и определения, принципы действия элементов электрического привода переменного тока, правильно использует формулировки при ответе на вопросы билета	Свободно владеет техническими терминами и определениями, может корректно сформулировать их самостоятельно при ответе на вопросы билета
Полнота ответов на вопросы экзаменационного билета	Не знает материал лекционного курса, не дает ответы на большинство задаваемых вопросов	Имеет поверхностные знания основного материала дисциплины, не усвоив его детали, допускает неточности при ответе на вопросы билета	Дает полные ответы на большую часть заданных вопросов, знает материал дисциплины в полном объеме	Дает полные, развернутые ответы на вопросы экзаменационного билета, обладает твердыми и полными знаниями в рамках лекционного материала, владеет дополнительными знаниями
Логика изложения знаний	Излагает знания без логической последовательности, не иллюстрирует изложение знания поясняющими формулами, графиками, рисунками и примерами	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности, выполняет поясняющие формулы, графики и рисунки небрежно и с ошибками	Излагает знания без нарушений в логической последовательности, выполняет поясняющие формулы, рисунки и схемы корректно и правильно	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя, выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и

				аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний
--	--	--	--	---

*Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.*

<i>Критерий</i>	<i>Уровень освоения и оценка</i>			
	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Полнота и качество выполнения ответов на вопросы практической части экзамена	Имеются существенные ошибки при ответе на вопросы билета, допускаются грубые ошибки	Ответы даны не в полном объеме, допускает ошибки, не носящие принципиальный характер	Ответы на вопросы практического задания раскрыты полностью	Ответы даны полностью, рациональным способом
Самостоятельность выполнения задания	Не может подготовить ответы, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение делать выводы по результатам выполненного практического задания	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы при ответе на вопросы практического задания	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов на вопросы практического задания	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов на вопросы практического задания	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать полученные результаты на основании применяемого теоретического материала, а также делает верные выводы в рамках задаваемых вопросов
Качество оформления задания	Ответы на вопросы экзаменационного билета оформлено настолько неряшливо, что не поддаются проверке	Ответы оформлены неаккуратно, отсутствует большинство необходимых пояснений в виде графиков и формул	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями в виде графиков и формул	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники

*Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.*

<i>Критерий</i>	<i>Уровень освоения и оценка</i>			
	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения практической части экзаменационного билета	Методика выполнения практической части экзаменационного билета выбрана верно, но имеются замечания к полученным результатам	Методика выполнения задания выбрана верно, замечаний к результатам решения задачи нет	Выбрана верная, рациональная методика решения задачи, замечаний к результатам нет
Анализ и обоснование полученных результатов	Не произведен анализ результатов решения задачи, представляемые результаты не обоснованы	Анализ результатов, полученных при решении задачи, выполняется только при помощи преподавателя, отсутствует в	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи, ответы обоснованы и в целом	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны исчерпывающие выводы, представляемые результаты ответов

		достаточной степени их обоснование	аргументированы	обоснованы, четко аргументированы с указанием ссылок на учебно-методические указания и лекционный материал
--	--	------------------------------------	-----------------	--

**При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета  
Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий применяемых при выполнении курсовой работы	Не знает терминов и определений, понятий используемых при выполнении курсовой работы	Знает основные термины и определения, но допускает неточности формулировок при ответе на вопросы при защите курсовой работы	Знает технические термины и определения, используемые при ответе на вопросы для защиты курсовой работы	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно при ответе на вопросы во время защиты курсовой работы
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство задаваемых вопросов, не знает закономерностей, соотношений, принципов действия элементов электрического привода в объеме курсовой работы	Дает неполные ответы на вопросы, имеет представление об основных закономерностях, соотношениях и принципе действия элементов электрического привода в объеме курсовой работы	Знает материал курсовой работы в полном объеме, дает полные ответы на большую часть заданных вопросов	Дает полные, развернутые ответы на все поставленные вопросы по теме курсовой работы, обладает твердыми и полными знаниями материала курсовой работы, владеет дополнительными знаниями
Логика изложения знаний	Излагает знания без логической последовательности, не иллюстрирует изложение знаний поясняющими формулами, графиками, схемами	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности, поясняющие формулы, графики и схемы выполняются небрежно и с замечаниями	Излагает знания без нарушений в логической последовательности, выполняет поясняющие формулы, графики и схемы корректно и правильно	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно интерпретируя и анализируя с помощью поясняющих формул, графиков и схем, раскрывая полноту усвоенных знаний

**Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота и качество выполнения курсовой работы  <i>Полнота выполненных ответов на вопросы курсовой работы</i>	Курсовая работа выполнена с существенными замечаниями, связанными с выполнением расчетной и графической части	Курсовая работа выполнена с замечаниями связанными с выполнением графической части в соответствии с требованиями методического пособия	Курсовая работа выполнена без существенных замечаний, в соответствии с требованиями методического пособия	Курсовая работа выполнена полностью, рациональным способом в соответствии с требованиями методического пособия



Самостоятельность выполнения задания курсовой работы	Курсовая работа выполнена не самостоятельно, студент не ориентируется в содержании пояснительной записки	Курсовая работа выполнена в основном самостоятельно, студент ориентируется в содержании пояснительной записки с дополнительной помощью	Курсовая работа выполнена самостоятельно, студент хорошо ориентируется в содержании пояснительной записки без посторонней помощи	Курсовая работа выполнена самостоятельно, студент отлично ориентируется в содержании пояснительной записки, ссылаясь на применяемый теоретический материал
Умение делать выводы по результатам выполненной курсовой работы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы при ответе на вопросы при защите курсовой работы, при объяснении теоретического материала допускаются грубые ошибки	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов по результатам выполненной курсовой работы, объясняя теоретический материал, студент допускает ошибки, которые может исправить только с дополнительной помощью	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов, полученных при выполнении курсовой работы, теоретический материал применяет и интерпретирует в целом правильно	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать результаты, полученные при выполнении курсовой работы на основании теоретических знаний, а также делает верные выводы в рамках задаваемых дополнительных вопросов
Качество оформления задания	Пояснительная записка оформлена настолько неряшливо, что не поддается проверке	Пояснительная записка оформлена неаккуратно, отсутствует большинство необходимых пояснений в виде графиков и формул	Пояснительная записка оформлена аккуратно, с необходимыми пояснениями в виде графиков и формул	Пояснительная записка оформлена аккуратно с учетом требований методических указаний, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения курсовой работы	Методика выполнения курсовой работы выбрана в целом верно, но допускаются неточности при описании расчетных зависимостей и графического материала	Методика выполнения курсовой работы выбрана верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным расчетным зависимостям и графическому материалу	Выбрана верная, рациональная методика выполнения курсовой работы, рекомендованная в учебном пособии
Анализ и обоснование полученных результатов	анализ полученных результатов курсовой работы не выполнен, ответы на вопросы касающиеся защиты курсовой работы не обоснованы	Анализ результатов, полученных при выполнении курсовой работы, выполняется только при помощи преподавателя, имеются заме-	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов выполнения курсовой работы, представляемые результаты ответов	Выполнен анализ результатов, полученных при выполнении курсовой работы, ответы на вопросы курсовой работы обоснованы, четко

	ваны	чания касающиеся обоснования ответов на вопросы курсовой работы	на вопросы курсовой работы обоснованы и в целом аргументированы	аргументированы с указанием ссылок на учебно-методическую литературу
--	------	---	---	--

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

### 1.1. 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	Учебные аудитории для проведения практических занятий, лабораторных работ, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, информационные стенды. Учебные лабораторные стенды “Электротехника и основы электроники” НТЦ – 01.00.000. (6 стендов). Учебные лабораторные стенды “Электропривод” НТЦ – 13.00.000. (2 стенда).
3	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 лицензии 19.08.2022г.

4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	Mathcad Praim	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

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

1. Бекишев Р.Ф. Общий курс электропривода [Электронный ресурс]: учебное пособие / Р.Ф. Бекишев, Ю.Н. Дементьев; Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 302 с. –Режим доступа– ЭБС издательство “Лань” — URL: <https://e.lanbook.com/book/62911>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
1. Никитенко Г.В. Электропривод производственных механизмов [Электронный ресурс]: Учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 224 с. –Режим доступа– ЭБС издательство “Лань”— URL: [https://e.lanbook.com/book/5845?category\\_pk=937#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/5845?category_pk=937#book_name). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 2.Епифанов А. П., Малайчук Л. М., Гущинский А. Г. Электропривод [Электронный ресурс]: Учебник / Под ред. А. П. Епифанова. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 400 с. –Режим доступа– ЭБС издательство “Лань”— URL: [https://e.lanbook.com/book/3812?category\\_pk=931#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/3812?category_pk=931#book_name). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Проектирование электропривода переменного тока с программно - логической системой управления: учебное пособие для студентов направления подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника / М.А. Авербух, А.В. Белоусов, А.Н. Семернин. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 92с.
4. Электропривод: сборник заданий: учебное пособие для студентов направления подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника / М.А. Авербух, А.В. Белоусов, А.Н. Семернин. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 91с.
5. Электрический привод [Электронный ресурс]: методические рекомендации к выполнению расчетно – графического задания для студентов направления подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника / сост. А.Н. Семернин, Д.И. Прокопишин, А.В. Погорелов – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 63с.
6. Электрический привод [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Электрический привод», «Основы электропривода», «Электрические машины и электропривод» для студентов направления бакалавриата 13.03.02. - Электроэнергетика и электротехника и студентов специальности 15.05.01 -Проектирование технологических машин и комплексов. Ч.2 / БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. электротехники и автоматики ; сост. А. И. Лимаров [и др.]. - Электрон. текстовые дан. - Белгород: Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018.
7. Электрический привод [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Электрический привод», «Основы электропривода», «Электрические машины и электропривод» для студентов направления бакалавриата 13.03.02. -Электроэнергетика и электротехника и студентов специальности 15.05.01 -Проектирование технологических машин и ком-

плексов. Ч.1 / БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. электротехники и автоматики ; сост. А. И. Лимаров [и др.]. - Электрон. текстовые дан. - Белгород: Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018.

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

1. Официальный сайт Музылевой И.В. <http://cifra.studentmiv.ru/about/>
2. Разработка и производство шаговых вентильных и коллекторных электроприводов. <http://electroprivod.ru/products.htm>

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 202\_\_/202\_\_ учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО