

**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

« 11 » *ноябрь* 2016 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**

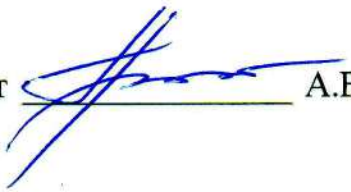
Белгород – 2016

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 № 955 от 3 сентября 2015 г;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

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


Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

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

« 11 » июль 2016 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 11 » июль 2016 г., протокол № 15

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

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

« 16 » июль 2016 г., протокол № 2.1

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

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Профессиональные</b>			
1	ПК-3	Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> назначение и виды современных электрических приводов, математическое описание их 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>Уметь:</b> использовать 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>Владеть:</b> навыками сборки электрических схем управления электродвигателями и проводить на лабораторных стендах экспериментальные исследования режимов работы электрических приводов; навыками построения статических и динамических характеристик в установившемся и переходном режимах электропривода в соответствии с заданной методикой.</p>
2	ПК-4	Способность проводить обоснование проектных решений.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> способы получения результатов при проектировании электропривода; методику выбора электродвигателя, методику расчета и построения характеристик электропривода, алгоритм расчета сопротивлений реостата, условия выбора режимов пуска и торможения электропривода, составления и описания схем автоматизированного электропривода.</p> <p><b>Уметь:</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.</p> <p><b>Владеть:</b> методикой инженерных расчетов, выбора электромеханического оборудования, построения принципиальных, структурных и функциональных схем; навыками обоснования принятия технического решения при проектировании электропривода, применяя инженерные методы и нормативную документацию; опытом публичной защиты курсового проекта.</p>

3	ПК-9	Способность составлять и оформлять типовую техническую документацию.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> виды и наименования конструкторских документов; основные этапы выполнения работ при проектировании электрооборудования и стадии разработки; правила оформления текстовой и графической документации; классификацию электрических схем; основные требования технического задания на проектирование.</p> <p><b>Уметь:</b> Различать конструкторские документы в зависимости от способа выполнения и характера использования; соотносить стадии разработки конструкторской документации с этапом выполнения работ; оформлять текстовые и графические документы в соответствии с ГОСТ.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками оформления пояснительной записки, условными обозначениями, применяемыми при графическом изображении принципиальных электрических и функциональных схем электропривода; навыками применения пакетов прикладных компьютерных программ графических редакторов для оформления пояснительной записки и графической части курсового проекта.</p>
---	------	--	---

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Высшая математика
2	Физика
3	Информатика
4	Начертательная геометрия и инженерная графика
5	Теоретическая механика
6	Теоретические основы электротехники
7	Экология
8	Электрические аппараты
9	Электрические машины
10	Особенности профессиональной деятельности
11	Электроника
12	Теория автоматического управления

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Системы управления электроприводов
2	Электропривод в современных технологиях
3	Электроснабжение цеховых электроприемников
4	Электроснабжение производственных объектов
5	Датчики и регуляторы в электроприводе
6	Автоматизация процессов и оборудования
7	Автоматизированные системы управления технологическими процессами
8	Микроконтроллеры в электроприводе

9	Программирование промышленных контроллеров
10	Монтаж, наладка и эксплуатация электроприводов
11	Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования
12	Силовая электроника
13	Преобразовательная техника
14	Профессиональная практика
15	Преддипломная практика
16	Государственная итоговая аттестация

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 11 зач. единиц, 396 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5	Семестр №6
Общая трудоемкость дисциплины, час	396	180	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	119	68	51
лекции	51	34	17
лабораторные	34	17	17
практические	34	17	17
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	277	112	165
Курсовой проект	54	-	54
Курсовая работа	-	-	-
Расчетно-графические задания	18	18	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	133	58	75
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	72	Экзамен (36)	Экзамен (36)

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем

##### Курс 3 Семестр 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения.					
1	Основные понятия и определения. Структурная схема	2		1	3

	автоматизированного электропривода. Элементы электропривода: силовая, управляющая и электромеханическая части. Классификация электроприводов. Регулирование координат и принципы управления электроприводами.				
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.	2	2	4	6
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		4
3. Электроприводы с двигателями постоянного тока.					
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.	2	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 постоянной времени электропривода. Дифференциальное уравнение, описывающее переходный процесс пуска двигателя. Построение графиков переходного процесса $\omega=f(t)$ и $I=f(t)$ при пуске ДПТ НВ.	4	2		4
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 посторения 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		2
2	Нагрев и охлаждение двигателей. Классификация режимов работы.	2			2
3	Проверка двигателей: для продолжительного режима работы; в кратковременном режиме работы; для повторно-кратковременного режима работы. Допустимая частота включений электродвигателей.	2	1		2
<b>5. Оформление конструкторско – технической документации и основные этапы проектирования электрооборудования</b>					
1	Нормы и правила разработки технической документации, виды и наименования конструкторских документов. Основные этапы проектирования электрооборудования, стадии разработки и этапы выполнения работ.	1			2
2	Правила оформления текстовой и графической документации. Классификация электрических схем и их назначение. Формирование технического задания и этапы на проектирование электрооборудования.	1			2
	<b>ИТОГО:</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>58</b>
<b>Курс 3 Семестр 6</b>					
<b>6. Электроприводы с двигателями переменного тока</b>					
1	Асинхронный двигатель (АД). Схема включения, электромеханические и механические характеристики асинхронных двигателей. Определение параметров 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	2	6	11
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	2	3	4	12

	регулирования координат. Расчет регулировочных резисторов.				
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		7
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		7
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	12
6	Тормозные режимы работы электропривода с АД. Генераторное торможение с отдачей электрической энергии в сеть. Режим противовключения. Динамическое торможение с независимым возбуждением и самовозбуждением.	2	2	2	9
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		7
7. 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.	2	1		4
2	Расчет КПД электрического привода, способы повышения КПД. Коэффициент мощности электрического привода, Изменение $\cos\phi$ в функции мощности и от величины загрузки электродвигателя. Основные способы энергосбережения в электроприводах.	1	1	1	6
	ИТОГО:	17	17	17	75
	ВСЕГО:	51	34	34	133



## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №5				
1	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
5	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
семестр №6				
6	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
7	Электропривод с двигателями переменного тока	Регулирование координат АД с помощью резисторов. Построение искусственных механических характеристики АД с фазным ротором при реостатном способе регулирования координат. Расчет регулировочных реостатов. Выбор типового ящика сопротивлений.	3	3
8	Электропривод с двигателями переменного тока	Расчет и построение искусственных механических и электромеханических характеристики АД при регулировании напряжения на обмотке статора.	2	2

9	Электропривод с двигателями переменного тока	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
10	Электропривод с двигателями переменного тока	Законы частотного управления. Построение механических и электромеханических характеристик АД при частотном управлении.	2	2
11	Электропривод с двигателями переменного тока	Тормозные режимы работы электропривода с АД. Расчет сопротивления реостата при торможении АД с фазным ротором в двигательном режиме и режиме динамического торможения.	2	2
12	Электропривод с двигателями переменного тока	Синхронный двигатель (СД). Расчет и построение угловых и механических характеристик неявнополюсных и явнополюсных СД.	2	2
13	Энергетика электропривода	Потери мощности и энергии в установившемся режиме и переходных процессах работы электропривода.	1	1
14	Энергетика электропривода	Расчет энергетических показателей электроприводов.	1	1
ИТОГО:			17	17
ВСЕГО:			34	34

### 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	6	6

		“генератор-двигатель”		
		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
		ВСЕГО:	34	34

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения	Электропривод (ЭП), общие понятия и определения. ЭП, как средство энерго- и ресурсосбережения.
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.
1	Механика электропривода.	Величины, характеризующие движение рабочей машины. Работа (энергия), мощность, динамическая сила и момент, момент инерции.
2		Приведение моментов и сил сопротивления, инерционных масс и моментов инерции.
3		Уравнение движения электропривода.
4		Режимы работы ЭП.
5		Приводные характеристики машин и механизмов. 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.
1	Электроприводы с двигателями постоянного тока	Общие сведения о двигателях постоянного тока (ДПТ). Область применения.
2		Схемы включения ДПТ и их естественные механические характеристики.

3		Основные соотношения для ДПТ. Уравнения механической и электромеханической характеристики ДПТ.
4		Естественные и искусственные механические характеристики ДПТ независимого возбуждения.
5		Естественные и искусственные механические характеристики ДПТ последовательного возбуждения.
6		Регулирование скорости, тока и момента с помощью резисторов в цепи якоря.
7		Пуск ДПТ НВ в одну и две ступени реостатным способом.
8		Пуск и реверс ДПТ НВ реостатным способом.
9		Регулирование скорости ДПТ НВ изменением магнитного потока.
10		Регулирование скорости ДПТ ПВ с помощью резисторов в цепи обмотки якоря.
11		Регулирование скорости ДПТ НВ изменением подводимого к якору напряжения.
12		Регулирование скорости ДПТ ПВ при питании от управляемого преобразователя.
13		Электропривод по системе “генератор - двигатель”.
14		Электропривод по системе “управляемый выпрямитель - двигатель”.
15		Электропривод по системе “широтно-импульсный преобразователь - двигатель”.
16		Понятие электромеханической постоянной времени электропривода.
17		Дифференциальное уравнение, описывающее переходный процесс пуска двигателя.
18		Построение графиков переходного процесса $\omega=f(t)$ и $I=f(t)$ при пуске ДПТ НВ.
19		Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Генераторное торможение.
20		Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Динамическое торможение.
21		Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Торможение противовключением.
1	Выбор электродвигателя по мощности	Общие положения по выбору электродвигателя. Расчет мощности и предварительный выбор электродвигателя.
3		Нагрев и охлаждение двигателей. Классы изоляции в электрических машинах.
4		Нагрев и охлаждение двигателя. Уравнение теплового баланса. Кривые нагревания и охлаждения двигателя.
5		Продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный режимы работы двигателя.
1		Электропривод с двигателями переменного тока
2		Механические и электромеханические характеристики асинхронного двигателя.
3		Способы регулирования скорости асинхронного двигателя. Условия ограничения на прямой пуск асинхронного двигателя.
4		Особенности определения параметров схемы замещения асинхронного двигателя по справочным и каталожным данным.
5		Расчет и построение естественной механической и электромеханической статических характеристик АД
6		Динамическая механическая характеристика АД при пуске прямым включением в сеть.
7		Регулирование координат АД с помощью резисторов. Включение добавочных резисторов в цепь статора и ротора.
8		Влияние напряжения питающей сети на изменение оборотов вращения АД. Принцип работы тиристорного регулятора напряжения (ТРН).
9		Асинхронный электропривод с фазовым регулированием угловой скорости. Схемы силовых цепей нереверсивного и реверсивного ТРН.
10		Системы частотного регулирования угловой скорости короткозамкнутого АД. Законы регулирования скорости в системах ПЧ-АД
11		Функциональная схема ЭП по системе ПЧ-АД реализующая законы

		управления класса U/f. Механические характеристики производственных механизмов и ЭП ПЧ-АД.
12		Расчет электромеханических и механических характеристик при частотном регулировании скорости асинхронного двигателя.
13		Преобразователи частоты с непосредственной связью. Достоинства и недостатки.
14		Автономные инверторы тока. Схема силовых цепей трехфазного мостового инвертора тока.
15		Автономные инверторы напряжения. Схема силовых цепей асинхронного ЭП с АИН, выполненным на IGBT-транзисторах.
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.
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.
19		Тормозные режимы работы ЭП с АД. Генераторное торможение. Способы перехода АД в генераторный режим работы.
20		Тормозные режимы работы ЭП с АД. Торможение противовключением. Реализация возможных режимов противовключения.
21		Тормозные режимы работы ЭП с АД. Динамическое торможение с независимым возбуждением и самовозбуждением.
23		Синхронный двигатель. Преимущества СД перед другими типами электрических машин. Условные графические обозначения СД.
24		Схемы включения, особенности конструкции СД. Пусковая и статическая механические характеристики СД.
25		Электромеханические свойства неявнополюсных синхронных двигателей. Угловая и механическая характеристики.
26		Электромеханические свойства явнополюсных синхронных двигателей. Угловая и механическая характеристика.
27		Пуск и синхронизация СД. Схема силовых цепей СД. Способ токоограничения при пуске СД введением реакторов в цепи обмоток статора.
28		Пуск и синхронизация СД. Схема силовых цепей СД. Способ ограничения тока статора СД с применением автотрансформатора.
29		Уравнение электромагнитного момента для явнополостного СД. Законы регулирования скорости СД. Механическая характеристика производственных механизмов и ЭП ПЧ-СД.
30		Динамичное торможение СД. Схема динамического торможения.
1	Энергетика электропривода	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		Кэффициент мощности электрического привода.
6		Энергосбережение ЭП.
1	Оформление конструкторско – технической документации и основные этапы проектирования электрооборудования	Виды и наименования конструкторских документов.
2		Классификация комплекта конструкторской документации.
3		Стадии разработки конструкторской документации и этапы выполнения работ.
4		Правила оформления текстовых документов.
5		Классификация графической документации, и её оформление.
6		Классификация электрических схем.
7		Техническое задание на проектирование электрооборудования.
8		Этапы проектирования электрооборудования.

## 5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ,

### **их краткое содержание и объем.**

Учебным планом предусмотрен курсовой проект в 6 семестре по расчету автоматизированного электропривода переменного тока грузовой лебедки.

Содержание курсового проекта 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:

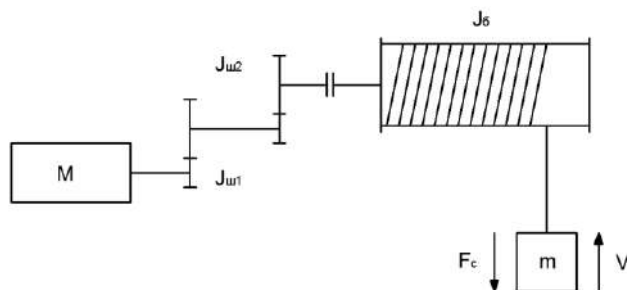
- Выбор коммутационных аппаратов силовой цепи;
- Выбор коммутационных аппаратов РКСУ;
- Разработка программно – логической системы управления электроприводом.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки объемом до 35 листов машинописного текста (формат А4). Записка должна иметь титульный лист, оглавление с указанием страниц разделов работы, задание на курсовой проект с подписями исполнителя и руководителя, исходные данные с кинематической схемой механизма, основной текст с расчетами согласно разделов курсового проекта и список используемой литературы. Графическая часть проекта включает в себя лист формата А1. На листе приводится: кинематическая схема привода, тахограмма, диаграмма ускорений, нагрузочная диаграмма, механические характеристики, графики переходных процессов, электрические схемы. Схемы и графики на листах должны иметь названия, а листы штамп. Оформление

графической части должно соответствовать требованиям ЕСКД и быть выполнено согласно ГОСТам.

Пример задания на курсовой проект:

В соответствии с кинематической схемой привода для варианта 01 приведены следующие исходные данные:



Кинематическая схема механизма

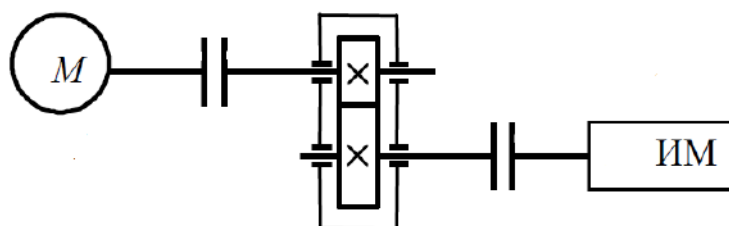
- Масса всех поступательно движущихся частей системы  $m = 60$  т;
- Момент инерции барабана  $J = 130$  т·м<sup>2</sup>;
- Статические усилия в начале и конце рабочего цикла  $F_{с.н} = 105$  кН и  $F_{с.к} = 90$  кН;
- Передаточное отношение механической передачи  $i = 20$ ;
- Диаметр барабана  $D_6 = 4,23$  м;
- Установившаяся скорость подъема груза  $V_{уст} = 8,2$  м/с;
- Скорость в конце первого участка разгона  $V_1 = 0,7$  м/с;
- Скорость дотягивания при торможении  $V_5 = 0,3$  м/с;
- ускорение  $a_1 = 0,4$  м/с<sup>2</sup>;
- ускорение  $a_2 = 0,6$  м/с<sup>2</sup>;
- ускорение  $a_4 = 0,6$  м/с<sup>2</sup>;
- ускорение  $a_6 = 0,1$  м/с<sup>2</sup>;
- время равномерного движения  $t_3 = 60$  с;
- время равномерного движения  $t_5 = 4$  с;
- время паузы  $t_0 = 15$  с;

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

Учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графического задания в 5 семестре. РГЗ состоит из пояснительной записки объемом до 10 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.

Пример исходных данных:

Первая технологическая частота вращения механизма 108 об/мин.

Время работы на первой технологической частоте вращения 65 с.

Вторая технологическая частота вращения механизма 120 об/мин.

Время работы на второй технологической частоте вращения 90 с.

Время паузы 80 с.

Момент сопротивления механизма 2500 Н·м.

Характер нагрузки – активная.

КПД передачи при максимальной частоте вращения – 0,96.

Момент инерции механизма – 32 кг·м<sup>2</sup>.

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.

### 5.4. Перечень контрольных работ.

Контрольная работа учебным планом не предусмотрена.

## 6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 6.1. Перечень основной литературы

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” [https://e.lanbook.com/book/5845?category\\_pk=937#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/5845?category_pk=937#book_name).
2. Епифанов А. П., Малайчук Л. М., Гуцинский А. Г. Электропривод [Электронный ресурс]: Учебник / Под ред. А. П. Епифанова. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 400 с. –Режим доступа– ЭБС издательство “Лань” [https://e.lanbook.com/book/3812?category\\_pk=931#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/3812?category_pk=931#book_name).
3. 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.
4. 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.

### 6.2. Перечень дополнительной литературы

5. Москаленко В.В. Электрический привод: Учебник. – М.: Издательский центр “Академия”, 2007. – 368с.
6. Фролов Ю. М., Шелякин В. П. Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу [Электронный ресурс]: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 368с. –Режим доступа– ЭБС издательство “Лань” [https://e.lanbook.com/book/3185?category\\_pk=931#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/3185?category_pk=931#book_name).
7. Ильинский Н.Ф. Электропривод энерго и ресурсосбережение: Учебное пособие.



/ Н.Ф. Ильинский, ВВ. Москаленко.– М.: Издательский центр “Академия” , 2008. – 208с.

8.Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: Учебник / Г. Г. Соколовский. - 2-е изд., испр. – М.: Академия, 2007. – 272с.

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

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. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Лекционные занятия проводятся в аудиториях, оснащенных презентационной техникой (проектор, интерактивная доска).

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях М218, М221 с использованием оборудования:

- Учебные лабораторные стенды “Электротехника и основы электроники” НТЦ – 01.00.000. (6 стендов).
- Учебные лабораторные стенды “Электропривод” НТЦ – 13.00.000. (2 стенда).

В учебном процессе используются:

- MathcadPrime 4.0 Express (свободно распространяемое ПО в соответствии с условиями лицензионного соглашения)
- Программное обеспечение AutoCAD. Договор №7053026340 с Autodesk Education Master Suite.
- Программное обеспечение LOGO! Soft Comfort.Version 5.0 № 6ED1058-0BA01-0YA0.
- Электронные плакаты “Основы электропривода” 68 шт. Разработчик НПИ “Учебная техника и технологии” ЮУрГУ.

Для самостоятельной работы студентов предусмотрен компьютерный класс, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета, а так же участием в программах Microsoft Office 365 для образования (студенческий) (№ дог. E04002C51M) с возможностью бесплатной загрузки программного обеспечения Microsoft.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2017/2018 учебный год.

Протокол № 15 заседания кафедры от « 10 » 06 2017 г.

Заведующий кафедрой ЭиА \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

**Список изменений и дополнений в рабочей программе.**

*В пункт 6.3 добавлены следующие интернет-источники:*

Проектирование электроприводов крановых механизмов [Электронный ресурс]. –  
Режим доступа: <https://profsector.com/media/catalogs/566dcd7cb36cc.pdf>

Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2018/2019 учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от « 14 » 05 2018 г.

Заведующий кафедрой ЭиА \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

**Список изменений и дополнений в рабочей программе.**

*В пункт 6.3 добавлены следующие интернет-источники:*

Дискретный электропривод с шаговыми двигателями [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=EzbXPbMqLn0>– Заглавие с экрана.

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.

Протокол № 13 заседания кафедры от «07» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой ЭиА \_\_\_\_\_ А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС \_\_\_\_\_ А.В. Белоусов

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от «14» июня 2020г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

подпись, ФИО



А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_

подпись, ФИО



А.В. Белоусов

**Утверждение рабочей программы без изменений.**

Рабочая программа без изменений утверждена на 20 21/2022 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от « 15 » мая 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Электропривод в современных условиях является основным звеном в управлении технологическим производством, средством энерго и ресурсосбережения.

Основная цель дисциплины заключается в формировании у будущих бакалавров-энергетиков знаний, позволяющих самостоятельно и творчески решать задачи проектирования и эксплуатации высокоэффективных автоматизированных электроприводов, а также их исследование в эксплуатационных условиях с целью совершенствования и модернизации элементов и систем электроприводов.

Основная задача дисциплины заключается в формировании у студентов знаний по теории и методам расчета и выбора электроприводов машин, а также по основам автоматического управления электроприводами машин и технологических линий в промышленности.

В результате изучения дисциплины студент:

- должен знать основы теории и методы расчета электропривода, основные принципы автоматического управления и регулирования электроприводов технологического оборудования;
- должен уметь рассчитывать и выбирать электроприводы с учетом особенностей работы технологического оборудования, проектировать простейшие системы автоматического управления электроприводами производственных механизмов и анализировать их работу.

### **Методические рекомендации студентам по самостоятельному изучению дисциплины.**

Дисциплина “Электрический привод”, состоит из семи разделов:

Первый раздел “Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения” включает рассмотрение основных понятий и определений используемых в электроприводе. Приводится структурная схема автоматизированного электропривода, его силовая, управляющая и электромеханическая части. Дается классификация электроприводов. Рассматриваются общие принципы управления электроприводами и регулирование координат. Самостоятельно познакомиться с содержанием этого раздела можно в лит. [1, стр.5-14] и [2, стр. 11-32].

Во втором разделе “Механика электропривода” приводятся 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. Особое внимание уделяется уравнению движения электропривода и режимам его работы. Рассматриваются приводные характеристики типовых машин и механизмов, а также механические характеристики электродвигателей. Рассматривая совместную работу двигателя и производственного механизма, дается понятие условия выполнимости установившегося режима работы электропривода. Для самостоятельного изучения рекомендуется лит. [2, стр. 33-46.].

Изучение 3-го раздела “Электроприводы с двигателями постоянного тока” начинается с рассмотрения основных параметров двигателя постоянного тока. Построение механических и электромеханических характеристик приводятся для ДПТ параллельного, независимого и последовательного возбуждения. Особое внимание уделяется изучению энергетических режимов работы ДПТ независимого возбуждения лит. [2, стр. 55-62] более подробное рассмотрение этого вопроса дано в лит. [5, стр. 75-77]. Изучение способов регулирования скорости, тока и момента ДПТ начинается с самого простого, реостатного способа, который реализуется включением дополнительных резисторов в цепь якоря. Следует отметить, что экономичность регулирования оценивается по капитальным затратам на реализацию способа и стоимости потерь энергии при регулировании. Поэтому такой способ регулирования может быть рациональным только в маломощных приводах, когда удельный вес стоимости электроэнергии невелик. Вторым рассматривается способ регулирования скорости путем изменения магнитного потока. Этот способ широко применяется на практике вследствие простоты его реализации и экономичности как в двигателях независимого, так и последовательного возбуждения. Третий способ заключается в изменении подводимого к якорю напряжения, что позволяет в широких пределах регулировать скорость идеального холостого хода двигателя. При этом напряжение можно только уменьшать ниже номинального, но в сочетании с ослаблением магнитного потока получают двухзонное регулирование. Следует отметить, что на практике нашли применение три системы: “генератор — двигатель”; “управляемый выпрямитель—двигатель”; “широотно-импульсный преобразователь — двигатель”. Принцип действия этих систем рассмотрен в лит.[2, стр. 72-82]. При изучении курса особое внимание следует уделить видам торможения ДПТ. 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 противотоком. Самостоятельно изучить эти вопросы можно по лит. [1, стр 39-51].

В 4-м разделе курса “Выбор электродвигателя по мощности” рассматриваются вопросы надежной и экономичной работы электропривода. Эффективная работа электропривода возможна только при соответствии двигателя режимам, в которых он должен работать совместно с производственным механизмом, и ожидаемой нагрузкой. Основным требованием при выборе электродвигателя является соответствие его мощности условиям технологического процесса. Определяющими при выборе мощности являются нагрев его обмоток, а также возможные кратковременные перегрузки. При работе двигателя температура изоляции обмоток не должна превышать предельных допустимых значений для используемого класса изоляции. При недостаточной мощности наблюдается повышенный нагрев, ускоренное старение изоляции и возможен выход двигателя из строя. При избыточной мощности растет стоимость привода, потери энергии из-за снижения КПД, а для асинхронного электропривода и коэффициента мощности. Для самостоятельного изучения раздела рекомендуется лит. [2, стр. 206-232].



В 5-м разделе курса рассматриваются вопросы оформления конструкторско – технической документации и основные этапы проектирования электрооборудования. Изучение этого раздела начинается с изучения межгосударственных стандартов ЕСКД, которые распределяются по классификационным группам и ГОСТов определяющих виды конструкторских документов необходимых для разработки и изготовления электрооборудования. Изучая раздел необходимо подробно рассмотреть следующие вопросы: классификацию комплекта конструкторской документации; стадии разработки конструкторской документации и этапы выполнения работ; правила оформления текстовой и графической документации; классификацию электрических схем; правила оформления технологической документации; требования, предъявляемые к разработке технического задания на проектирование.

6-й раздел курса “Электропривод с двигателями переменного тока” можно считать основным, т.к. в настоящее время асинхронный регулируемый электропривод вытесняет привод на основе ДПТ. Изучение этого раздела начинается с электропривода на базе асинхронного двигателя. Рассматриваются: схема включения, построение электромеханических и механических характеристик асинхронного двигателя см. лит. [1, стр.55-59] и лит. [2, стр. 96-109]. Следует обратить внимание на определение параметров схемы замещения АД по справочным и каталожным данным, а также рассмотреть переходный процесс электромагнитного момента при пуске АД с короткозамкнутым ротором прямым включением в сеть и динамическую механическую характеристику АД.

Вопросы связанные с 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, а также изучение асинхронного привода с фазовым регулированием угловой скорости, схему силовых цепей нереверсивного и реверсивного тиристорного регулятора напряжения. Системы частотного регулирования угловой скорости АД с короткозамкнутым ротором: преобразователи частоты с непосредственной связью; автономные инверторы тока; автономный инвертор напряжения рассмотрены в лит. [1, стр. 60-77], лит. [2, стр.110-136], лит. [5, стр.157-180]. Самостоятельно познакомиться с тормозными режимами работы электропривода с АД можно по лит. [1, стр.79-86].

Завершает 6-й раздел курса материал по электроприводам с синхронными двигателями (СД). Необходимо рассмотреть схемы включения и особенности конструкции СД. Что представляет собой пусковая и статическая механические характеристики СД. Необходимо рассмотреть электромеханические свойства явнополюсных и неявнополюсных СД, а также пуск и синхронизацию СД. Регулирование скорости СД и динамическое торможение. Для самостоятельного изучения рекомендуется лит. [2, стр. 141-152.] и лит. [5, стр. 220-233].

7-й раздел курса - “Энергетика электропривода”. Необходимость изучения этого раздела связана с тем, что в процессе проектирования и эксплуатации электроприводов необходимо учитывать потребление и потери электроэнергии, а также влияние электропривода на сеть и на работу других электрических приемников. Оценка этих свойств осуществляется с помощью энергетических показателей: коэффициента полезного действия, коэффициента мощности, потерь

мощности и энергии. Потери мощности и энергии в ЭП складываются из потерь в электродвигателе, механической передаче, преобразователе, системы управления, однако основными являются потери в двигателе, которым и уделяется основное внимание. Для самостоятельного изучения этого раздела рекомендуется лит. [1, стр. 103-111] и лит. [5, стр. 273-306].

При выполнении курсового проекта рекомендуется пользоваться лит. [3]. Подготовка к практическим занятиям выполняется с использованием лит. [7]. Подготовка, выполнение и защита лабораторных работ выполняется по методическому пособию лит. [4].