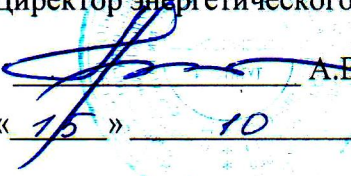
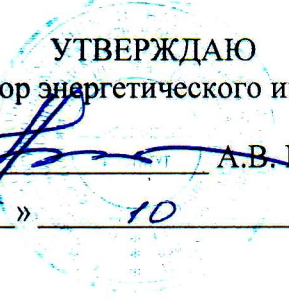


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

**СОГЛАСОВАНО**  
Директор института заочного обучения  
  
М.Н. Нестеров  
« 15 » 10 2015 г.



**УТВЕРЖДАЮ**  
Директор энергетического института  
  
А.В. Белоусов  
« 15 » 10 2015 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроснабжение

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

**Энергетический институт**

**Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород – 2015

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 2015 году.

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

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматики

« 13 » \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_ 2015 г., протокол № 2

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией энергетического института

« 15 » \_\_\_\_\_ 10 \_\_\_\_\_ 2015 г., протокол № 2

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

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ОПК-2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>знать:</b> назначение и виды современных электрических приводов, математическое описание их элементов, схемы включения, основные параметры, характеристики и свойства.</p> <p><b>уметь:</b> использовать методы расчета и выбора основных элементов электрических приводов; анализировать полученные результаты на основании выполненных математических вычислений.</p> <p><b>владеть:</b> навыками сборки электрических схем управления электродвигателями и проводить на лабораторных стендах экспериментальные исследования режимов работы электрических приводов</p>
Профессиональные			
2	ПК-7	Готовность обеспечить требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>знать:</b> схемы включения электроприводов различного типа, методы расчета характеристик и энергетических показателей электроприводов в различных режимах с учетом заданного технологического процесса.</p> <p><b>уметь:</b> 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 построения статических и динамических характеристик в установившемся и переходном режимах электропривода в соответствии с заданной методикой</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Химия
2	Физика
3	Высшая математика
4	Теоретическая механика
5	Общая энергетика
6	Теоретические основы электротехники
7	Электротехническое материаловедение
8	Электрические измерения
9	Электроника
10	Электрические машины
11	Электрические аппараты

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Электрические станции и подстанции
2	Техника высоких напряжений
3	Электрофизические процессы в диэлектриках
4	Эксплуатация систем электроснабжения
5	Эксплуатация электрооборудования станций и подстанций
6	Релейная защита и автоматика
7	Коммутационные и защитные аппараты в системах электроснабжения
8	Государственная итоговая аттестация

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №6	Семестр №7
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	2	214
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>20</b>
лекции	8	2	6
лабораторные	6	–	6
практические	8	–	8
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	<b>194</b>	<b>–</b>	<b>194</b>
Курсовой проект	-	–	-
Курсовая работа	-	–	-
Расчетно-графическое задания	18	–	18
Индивидуальное домашнее задание	-	–	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	140	–	140
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	Экзамен (36)		Экзамен (36)

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

#### 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
<b>1. Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения.</b>					
1.1	Основные понятия и определения. Структурная схема автоматизированного электропривода. Элементы электропривода: силовая, управляющая и электромеханическая части. Классификация электроприводов. Регулирование координат и принципы управления электроприводами	2	-	-	-
<b>ВСЕГО:</b>		<b>2</b>	-	-	-

#### Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>2. Механика электропривода</b>					
1	Величины, характеризующие движение рабочей машины при поступательном и вращательном движениях. Моменты инерции вращающихся тел. Коэффициент полезного действия механических передач. Приведение моментов и сил сопротивления, инерционных масс и моментов инерции.	-	1	-	20
2	Уравнение движения электропривода и режимы работы. Приводные характеристики машин и механизмов. Механические характеристики электродвигателей. Совместная работа двигателя и производственного механизма. Условия выполнимости установившегося режима работы электропривода	1	-	-	10
<b>3. Электроприводы с двигателями постоянного тока</b>					
1	Основные параметры двигателя постоянного тока (ДПТ). Механические и электромеханические	1		-	10

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	характеристики ДПТ параллельного, независимого и последовательного возбуждения. Энергетические режимы работы ДПТ независимого возбуждения				
2	Регулирование скорости тока и момента двигателя постоянного тока параллельного, независимого и последовательного возбуждения с помощью резисторов в цепи якоря; изменением магнитного потока; изменением напряжения, подводимого к якорю. Работа электропривода по системе “генератор-двигатель”, “управляемый выпрямитель - двигатель”, “широтно-импульсный преобразователь - двигатель”.	0,5	1	3	12
3	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	-	1		10
4. Электроприводы с двигателями переменного тока					
1	Асинхронный двигатель (АД). Схема включения, электромеханические и механические характеристики асинхронных двигателей. Определение параметров схемы замещения АД по справочным данным, по каталожным данным. Переходный процесс электромагнитного момента при пуске АД с короткозамкнутым ротором прямым включением в сеть и динамическая механическая характеристика АД	0,5	1	-	12
2	Регулирование координат асинхронных двигателей с помощью: включения добавочных резисторов в цепь статора; включения добавочных резисторов в цепь ротора; изменением напряжения; изменением числа пар полюсов; изменением частоты питающего напряжения	1	1	-	12
3	Асинхронный привод с фазовым регулированием угловой скорости, схема силовых цепей нереверсивного и реверсивного тиристорного регулятора напряжения. Системы частотного регулирования угловой скорости АД с короткозамкнутым ротором: преобразователи частоты с непосредственной связью; автономные инверторы тока; автономный инвертор напряжения. Функциональная схема скалярного частотного	-	1	3	12

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	управления скоростью АД. Тормозные режимы работы электропривода с АД.				
<b>5. 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	1	-	-	11
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 энеогосбережения в электроприводах	-	1	-	10
<b>6. Выбор электродвигателя по мощности</b>					
1	Общие положения по выбору электродвигателя, порядок выбора электродвигателя. Нагрузочная диаграмма и тахограмма рабочей машины	1	-	-	11
2	Нагрев и охлаждение двигателей. Классификация режимов работы. Проверка двигателей: для продолжительного режима работы; в кратковременном режиме работы; для повторно-кратковременного режима работы.		1	-	10
<b>ИТОГО:</b>		<b>6</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>140</b>

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-вочасов	К-во часов СРС
1	Механика электропривода	Приведение моментов инерции кинематической схемы к расчетной. Приведение моментов и усилий к валу электродвигателя.	1	4
		Расчет механических характеристик рабочих машин. Расчет режимов работы электропривода. Построение диаграммы скорости и моментов на валу двигателя.	-	5
2	Электроприводы с двигателями постоянного тока	Расчет и построение естественных механических и электромеханических характеристик ДПТ НВ и ДПТ ПВ.	-	4
		Расчет и построение механических и электромеханических характеристик	1	4

		ДПТ при реостатном пуске.		
		Расчет и построение механических и электромеханических характеристик ДПТ при изменении напряжения в цепи якоря.	-	4
		Расчет и построение механических и электромеханических характеристик при различных способах торможения ДПТ.	1	4
		Расчет и построение графиков переходных процессов скорости и тока при пуске ДПТ в две ступени	-	4
3	Электропривод с двигателями переменного тока	Определение параметров схемы замещения АД по справочным данным, по каталожным данным.	1	6
		Расчет и построение механических и электромеханических характеристик при различных способах пуска асинхронных двигателей.	1	6
		Расчет и построение механических и электромеханических характеристик при различных способах торможения асинхронных двигателей.	1	6
4	Энергетика электропривода	Расчет энергетических показателей электропривода постоянного и переменного тока в установившемся и динамическом режимах.	1	10
5	Выбор электродвигателя по мощности	Определение расчетной мощности электропривода для продолжительного, кратковременного и повторно-кратковременного режима работы.	1	10
<b>ВСЕГО:</b>			<b>8</b>	<b>67</b>

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-вочасов	К-во часов СРС
1	Электроприводы с двигателями постоянного тока	Исследование регулировочных свойств электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения в системе "генератор-двигатель"	3	6
2	Электропривод с двигателями переменного тока	Исследование реверсивной схемы управления трехфазным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с торможением противовключением	3	6
<b>ВСЕГО:</b>			<b>6</b>	<b>12</b>

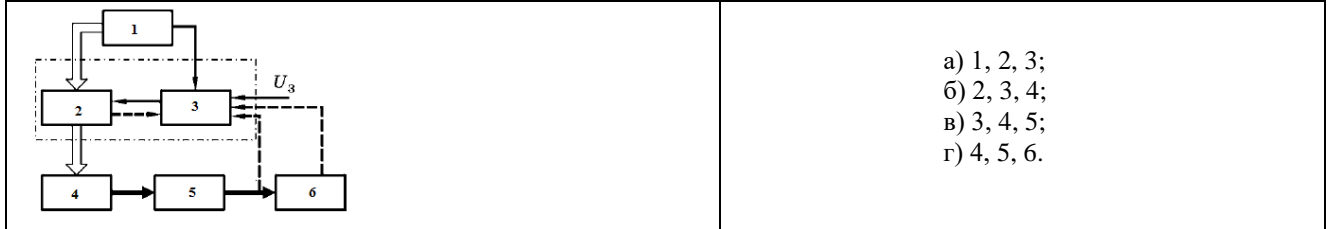


## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

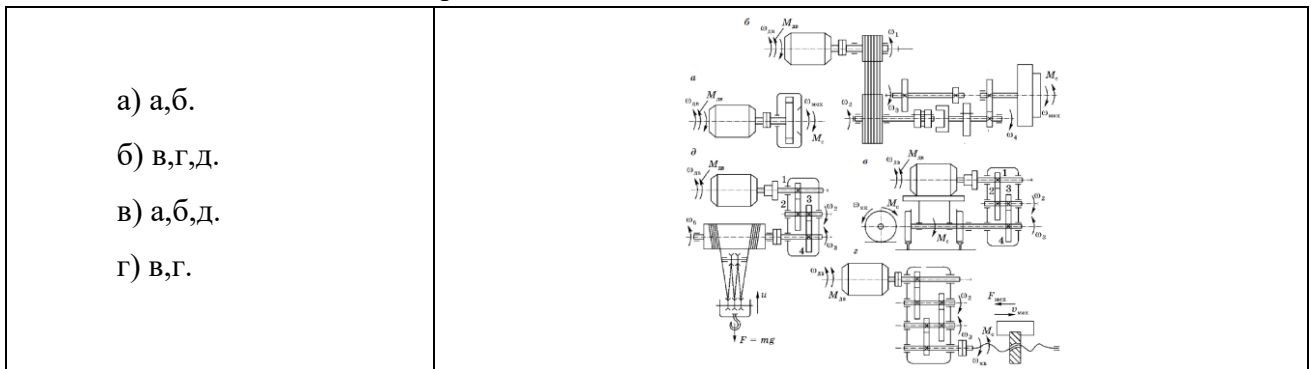
### а. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

#### i. Вариант теста

1. Под какими номерами на структурной схеме электропривода показаны: электродвигатель, механическое передаточное устройство и исполнительный орган



2. Классификация электроприводов по виду движения электродвигателя.
- а) регулируемый, нерегулируемый; б) редукторный, безредукторный, конструктивно-интегрированный; в) индивидуальный, групповой; г) вращательный, линейный, многокоординатный.
3. Основными регулируемыми координатами электропривода являются ...
- а) скорость, положение (угол поворота) и момент двигателя; б) диапазон регулирования  $D$ , направление регулирования (вверх, вниз), плавность регулирования; в) допустимая нагрузка на двигателе, экономичность регулирования, стабильностью скорости; г) жесткость механической характеристики, скорость исполнительного органа, диапазон регулирования.
4. Укажите величины, характеризующие вращательное движение рабочей машины.
- а) Путь  $S$ , динамический момент  $M$ , динамическая сила  $F$ , момент инерции  $J$ , масса  $m$ .  
 б) Динамическая сила  $F$ , ускорение  $a$ , масса  $m$ , скорость  $v$ , путь  $s$ .  
 в) Частота вращения  $n$ , угловое ускорение  $\epsilon$ , динамический момент  $M$ , момент инерции  $J$ , угол поворота  $\varphi$ .  
 г) Ускорение  $a$ , масса  $m$ , скорость  $v$ , путь  $s$ , частота вращения  $n$ .
5. На каких рисунках показаны кинематические схемы электроприводов с вращательным движением исполнительного органа.



6. Какой вид имеют механические характеристики подъемных механизмов, конвейеров.

<p>а) 1,2; б) 3; в) 4; г) 5.</p>	
--	--

7. На каком из рисунков показана схема включения ДПТ независимого возбуждения

<p>а)</p>	<p>б)</p>	<p>в)</p>	<p>г)</p>
-----------	-----------	-----------	-----------

8. ЭДС обмотки якоря ДПТ вычисляется по уравнению:

$\frac{I_a(R_a + R_{ад})}{C\Phi}$ <p>а)</p>	$C\Phi\omega$ <p>б)</p>	$C\Phi I_a'$ <p>в)</p>	$\frac{U}{C\Phi}$ <p>г)</p>
---	-------------------------	------------------------	-----------------------------

9. Какой вид имеет естественная механическая характеристика ДПТ последовательного возбуждения

	<p>Ответ: а) 1; б) 2,3; в) 4; г) 5.</p>
--	---

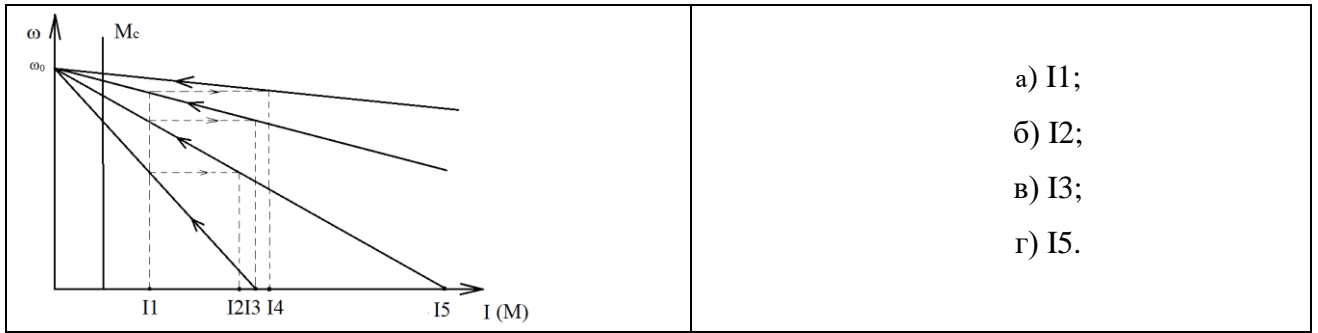
10. На каком из рисунков показан двигательный режим работы ДПТ

<p>а)</p>	<p>б)</p>	<p>в)</p>	<p>г)</p>
-----------	-----------	-----------	-----------

11. Допустимый ток на коллекторе ДПТ может превышать номинальный ток для двигателей общепромышленного назначения...

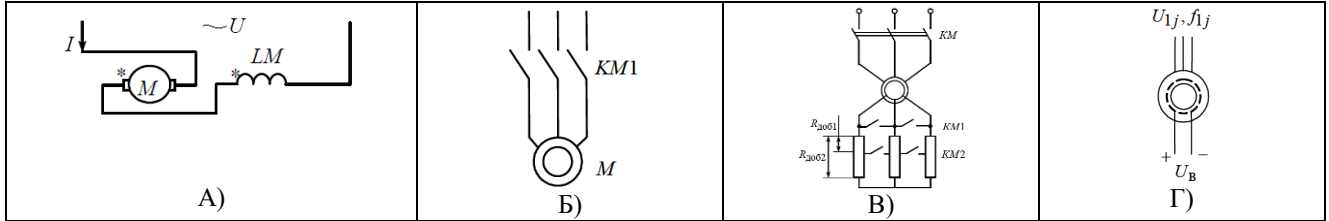
а) в 2-3 раза; б) в 4-5 раз; в) в 10-50 раз; г) в 50 и более раз.

12. При каком значении тока происходит переключение добавочных резисторов в цепи якоря ДПТ НВ

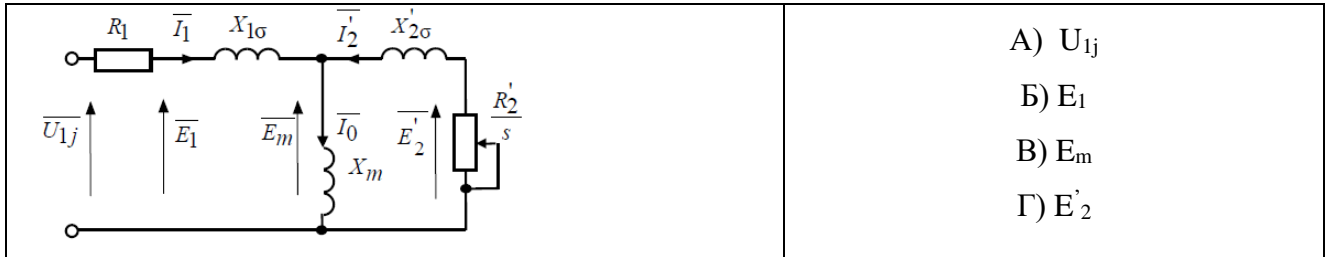


- а) I1;
- б) I2;
- в) I3;
- г) I5.

13. На каком из рисунков показана схема включения асинхронного двигателя с фазным ротором



14. Какой буквой на схеме замещения АД обозначена ЭДС обмотки статора



- А)  $U_{1j}$
- Б)  $E_1$
- В)  $E_m$
- Г)  $E_2'$

15. Определить синхронную частоту вращения асинхронного двигателя с паспортными данными:  $f_1 = 50$  Гц,  $n_H = 1420$  об/мин

$n_1 = 1450$ об/мин	$n_1 = 1475$ об/мин	$n_1 = 1500$ об/мин	$n_1 = 3000$ об/мин
А)	Б)	В)	Г)

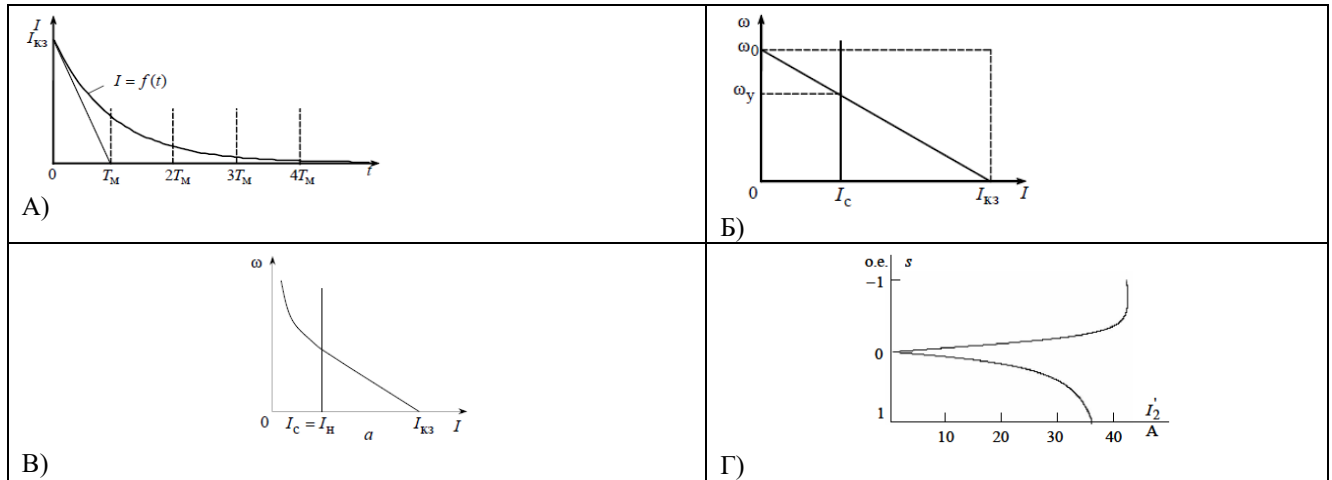
16. Скольжением АД называется ...:

- А) разность между синхронной угловой скоростью  $\omega_0$  и текущим значением угловой скорости ротора  $\omega$ , отнесенная к синхронной скорости  $\omega_0$ .
- Б) отношение числа пар полюсов  $p$  АД к частоте тока  $f$ .
- В) разность между синхронной угловой скоростью  $\omega_0$  и критическим значением угловой скорости ротора  $\omega_{кр}$ .
- Г) отношение максимального пускового момента  $M_{max}$  к номинальному моменту  $M_{ном}$ .

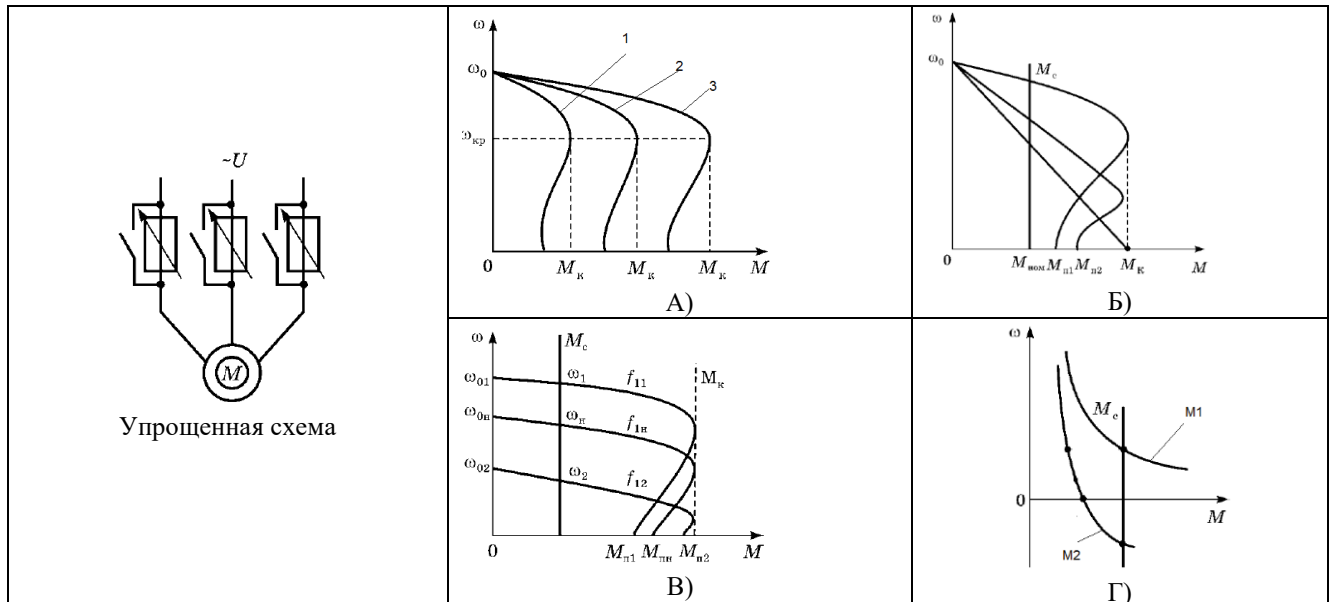
17. Критический момент АД определяется зависимостью:

<p>А) <math display="block">M = \frac{m_1 \cdot U_{1j}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot \left( R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + X_{кн}^2} \right)}</math></p>	<p>Б) <math display="block">M = \frac{2 \cdot M_k (1 + a \cdot s_k)}{\frac{s_k}{s} + \frac{s}{s_k} + 2 \cdot a \cdot s_k}</math></p>
<p>В) <math display="block">M = \frac{2 \cdot M_k}{\frac{s_k}{s} + \frac{s}{s_k}}</math></p>	<p>Г) <math display="block">M = \frac{3 \cdot U_{1j} \cdot E_{1j}}{\omega_0 \cdot X_1} \sin \theta</math></p>

18. На каком из графиков показана статическая электромеханическая характеристика АД



19. На рисунке приведена упрощенная схема регулирования угловой скорости вращения АД. Укажите вид механических характеристик для приведенной схемы



## ii. Перечень контрольных вопросов

№ 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. Электропривод (ЭП), общие понятия и определения. ЭП, как средство энерго- и ресурсосбережения.</li> <li>2. Структурная схема автоматизированного ЭП. Электрическая и механическая части ЭП. Энергетическая эффективность ЭП.</li> <li>3. Классификация ЭП.</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>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
2	Механика электропривода	<p>6. Величины, характеризующие движение рабочей машины. Работа (энергия), мощность, динамическая сила и момент, момент инерции.</p> <p>7. Приведение моментов и сил сопротивления, инерционных масс и моментов инерции.</p> <p>8. Уравнение движения электропривода.</p> <p>9. Режимы работы ЭП.</p> <p>10. Приводные характеристики машин и механизмов. Механические характеристики производственных механизмов.</p> <p>11. Механические характеристики электродвигателей. Жесткость механической характеристики ЭП.</p> <p>12. Механические характеристики электродвигателей. Естественная и искусственная механические характеристики.</p> <p>13. Условия выполнимости установившегося режима ЭП.</p>
3	Электроприводы с двигателями постоянного тока	<p>14. Схемы включения ДПТ и их естественные механические характеристики.</p> <p>15. Основные соотношения для ДПТ. Уравнения механической и электромеханической характеристики ДПТ.</p> <p>16. Естественные и искусственные механические характеристики ДПТ независимого возбуждения.</p> <p>17. Естественные и искусственные механические характеристики ДПТ последовательного возбуждения.</p> <p>18. Регулирование скорости, тока и момента с помощью резисторов в цепи якоря.</p> <p>19. Пуск ДПТ НВ в одну и две ступени реостатным способом.</p> <p>20. Пуск и реверс ДПТ НВ реостатным способом.</p> <p>21. Регулирование скорости ДПТ НВ изменением магнитного потока.</p> <p>22. Регулирование скорости ДПТ ПВ шунтированием обмотки возбуждения.</p> <p>23. Регулирование скорости ДПТ НВ изменением подводимого к якорю напряжения.</p> <p>24. Регулирование скорости ДПТ ПВ при питании от управляемого преобразователя.</p> <p>25.</p>
3	Электроприводы с двигателями постоянного тока	<p>26. Электропривод по системе “генератор - двигатель”.</p> <p>27. Электропривод по системе “управляемый выпрямитель - двигатель”.</p> <p>28. Электропривод по системе “широотно-импульсный преобразователь - двигатель”.</p> <p>29. Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Генераторное торможение.</p> <p>30. Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Динамическое торможение.</p> <p>31. Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока. Торможение противовключением.</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
4	Электропривод с двигателями переменного тока	<p>32. Т-образная схема замещения, основные уравнения и векторная диаграмма асинхронного двигателя</p> <p>33. Механические и электромеханические характеристики асинхронного двигателя.</p> <p>34. Способы регулирования скорости асинхронного двигателя. Условия ограничения на прямой пуск асинхронного двигателя.</p> <p>35. Расчет и построение естественной механической и электромеханической статических характеристик АД</p> <p>36. Регулирование координат АД с помощью резисторов. Включение добавочных резисторов в цепь статора и ротора.</p> <p>37. Влияние напряжения питающей сети на изменение оборотов вращения АД. Принцип работы тиристорного регулятора напряжения (ТРН).</p> <p>38. Асинхронный электропривод с фазовым регулированием угловой скорости. Схемы силовых цепей нереверсивного и реверсивного ТРН.</p> <p>39. Системы частотного регулирования угловой скорости короткозамкнутого АД. Законы регулирования скорости в системах ПЧ-АД</p> <p>40. Функциональная схема ЭП по системе ПЧ-АД реализующая законы управления класса U/f. Механические характеристики производственных механизмов и ЭП ПЧ-АД.</p> <p>41. Расчет электромеханических и механических характеристик при частотном регулировании скорости асинхронного двигателя.</p> <p>42. Преобразователи частоты с непосредственной связью. Достоинства и недостатки.</p> <p>43. Автономные инверторы тока. Схема силовых цепей трехфазного мостового инвертора тока.</p> <p>44. Автономные инверторы напряжения. Схема силовых цепей асинхронного ЭП с АИН, выполненным на IGBT-транзисторах.</p> <p>45. 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.</p> <p>46. Регулирование оборотов вращения АД изменением числа пар полюсов. Схема переключения статорных обмоток многоскоростного АД с КЗ ротором со “звезды” на “двойную звезду”. Механические характеристики.</p> <p>47. Регулирование оборотов вращения АД с КЗ с помощью электромагнитной муфты скольжения.</p> <p>48. Тормозные режимы работы ЭП с АД. Генераторное торможение. Способы перехода АД в генераторный режим работы.</p> <p>49. Тормозные режимы работы ЭП с АД. Торможение противовключением. Реализация возможных режимов противовключения.</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		50. Тормозные режимы работы ЭП с АД. Динамическое торможение с независимым возбуждением. 51. Тормозные режимы работы ЭП с АД. Динамическое торможение с самовозбуждением.
5	Энергетика электропривода	52. Потери мощности и энергии в установившемся режиме работы ЭП. 53. Потери энергии в переходных процессах работы ЭП. 54. Способы уменьшения потерь энергии в ЭП. 55. Расчет КПД электрического привода. 56. Коэффициент мощности электрического привода. 57. Энергосбережение в ЭП.
6	Выбор электродвигателя по мощности	58. Общие положения по выбору электродвигателя. Расчет мощности и предварительный выбор электродвигателя. 59. Классы изоляции в электрических машинах. 60. Уравнение теплового баланса. Кривые нагревания и охлаждения двигателя. 61. Продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный режимы работы двигателя.

### **в. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем**

Учебным планом выполнение курсового проекта и курсовой работы не предусмотрено.

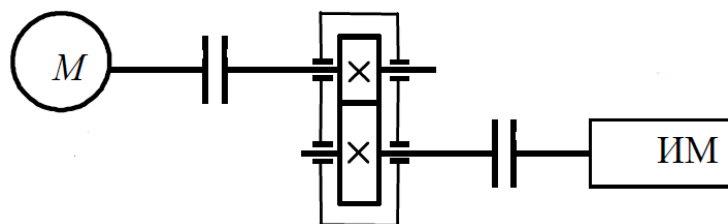
### **с. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий**

Учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графического задания в 5 семестре. РГЗ состоит из пояснительной записки объемом до 12 листов машинописного текста (формат А4).

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

1. В качестве регулируемого электропривода принять привод с двигателем постоянного тока независимого возбуждения 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>.

В результате выполнения РГЗ необходимо:

1. Построить тахограмму и нагрузочную диаграмму производственного механизма.
2. Выполнить расчет мощности электродвигателя и выбрать его по каталогу.
3. Выполнить расчет и построить электромеханические характеристики электродвигателя при пуске и торможении.
4. Расчитать добавочные резисторы и построить схему силовой цепи электродвигателя для полного цикла работы.

#### **d. 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: Учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 224 с. — Режим доступа — ЭБС издательства «Лань» [https://e.lanbook.com/book/5845?category\\_pk=937#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/5845?category_pk=937#book_name)
2. Елифанов А. П., Малайчук Л. М., Гуцинский А. Г. Электропривод: Учебник / Под ред. А. П. Елифанова. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 400 с. — Режим доступа — ЭБС издательства «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: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 368с.— Режим доступа — ЭБС издательства “Лань”[https://e.lanbook.com/book/3185?category\\_pk=931#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/3185?category_pk=931#book_name)

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

### 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Официальный сайт Музылевой И.В. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://cifra.studentmiv.ru/about/>

2. Разработка и производство шаговых вентильных и коллекторных электроприводов. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://electroprivod.ru/products.htm>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Лекционные занятия проводятся в специализированной лаборатории М211, оснащенной презентационной техникой (проектор, интерактивная доска).

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях М218, М221с 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:

- Программное обеспечение РТС MathCAD 14.0. № дог. 2480616 от 11.03.2008г.
- Электронные плакаты “Основы электропривода” 68 шт. Разработчик НИИ “Учебная техника и технологии” ЮУрГУ.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2016/2017 учебный год

Протокол № 45 заседания кафедры от « 11 » 06 2016 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 литературные источники:*

1. Электрические приводы. Типы. Принцип работы. [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/ustrojstva/elektricheskie-privody/> – Загл. с экрана.
2. Многооборотные приводы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.auma.com/index.php?id=230&L=9> . – Загл. с экрана.
3. Электропривод с изменяемой скоростью AUMA SEVEN [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.auma.com/ru/produkcija/mногоoborotnye-privody/ehlektroprivod-s-izmenjaemoi-skorostju-seven/> . – Загл. с экрана.

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 литературные источники:*

1. Прямоходные приводы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.auma.com/ru/produkcija/prjamokhodnye-privody/>. – Загл. с экрана.

4. Электрические приводы AUMA [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.navalrus.ru/products/45> . – Загл. с экрана.

5. Преобразователи частоты Powtran серии PI8100a [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://electroprivod.ru/pi8100a.htm> . – Загл. с экрана.

Рабочая программа без изменений и дополнений 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

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 20~~20~~/20~~21~~ учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от «14» июня 20~~20~~г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

подпись, ФИО



А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_

подпись, ФИО



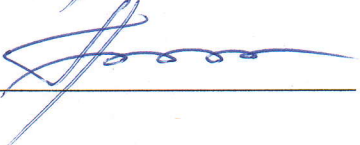
А.В. Белоусов

**Утверждение рабочей программы без изменений.**

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 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 энергетической базой посторения технологических процессов в различных отраслях. Является основным звеном вуправлении поточным производством, средством энерго и ресурсосбережения.

Основная цель дисциплины заключается в формирование 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 автоматическогоуправления 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 “Основы электропривода”, состоит из шести 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. Самостоятельнопознакомится 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].

4-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].

Пятый 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 наработку 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].

В шестом 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 завышенной 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].

При подготовке к практическим занятиям и при выполнении РГЗ рекомендуется лит. [6]. Подготовка к лабораторным занятиям проводится с использованием методических указаний [4], [9].