

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета _____ А.В. Бурковский
«31» августа 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Электрический привод»

Направление подготовки 13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРО-
ТЕХНИКА

Профиль Электропривод и автоматика

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 5 лет

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2017

Автор программы
Заведующий кафедрой
Электропривода, автомати-
ки и управления в техниче-
ских системах

 /Романов А.В./

Руководитель ОПОП

 /Бурковский В.И./
 /Питолин В.М./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины способность использовать современные информационные технологии, управлять информацией с применением прикладных программ; использовать сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных программ в своей предметной области; формирование знаний о физических особенностях механики электропривода, электромеханических и механических свойствах и характеристиках электродвигателей в статических режимах, динамические параметры электроприводов постоянного и переменного тока, расчетах мощности электропривода

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение электропривода как системы;
- изучение структурных схем электропривода, механической части силового канала электропривода;
- изучение физических процессов в электроприводах с машинами постоянного тока, асинхронными и синхронными машинами;
- изучение электрической части силового канала электропривода;
- изучение принципов управления электроприводами;
- изучение элементной базы информационного канала; синтез структур и параметров информационного канала.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Электрический привод» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Электрический привод» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

ПК-1 - способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике

ПК-2 - способность обрабатывать результаты экспериментов

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-2	Знать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях; - методы расчета механической части электропри-

	вода; - динамические параметры электропривода постоянного и переменного тока; - методы расчета мощности электропривода;
	уметь – математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях; -рассчитать мощность и выбрать электродвигатель при различных режимах работы;
	владеть- современной вычислительной техникой и специализированными программно-техническими средствами для анализа электроэнергетических систем;
ПК-1	Знать - основные методы энергосбережения при использовании современных электроприводов;
	уметь- составлять расчетные и структурные схемы механической части электропривода выполнять анализ динамических свойств систем электроприводов;
	владеть- средствами инструментального анализа и контроля основных показателей электроэнергии;
ПК-2	уметь- рассчитывать естественные и искусственные механические и электромеханические характеристики электродвигателей;
	владеть- информационной базой нормативно-технической документации «Электропривода»; - справочной технической литературой по дисциплине специализации; - методикой поиска необходимой информации в сети Интернет по заданным параметрам.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Электрический привод» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	54	54

В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	90	90
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы з.е.	180 5	180 5

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	24	24
В том числе:		
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	8	8
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
Самостоятельная работа	147	147
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы з.е.	0 5	180 5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение, основные термины и определения; механика электропривода	Определение электропривода. Классификация автоматизированных электроприводов. Краткая историческая справка о развитии электроприводов (ЭП). Работы отечественных и зарубежных ученых. Роль электропривода в народном хозяйстве. Структура и основные элементы современного автоматизированного электропривода. Понятие о многомассовых системах. Уравнение движения электропривода. Моменты и силы, действующие в механической части. Приведение движущихся масс, моментов инерции, действующих сил и моментов к расчетной скорости.	4	2	–	12	18
2	Механические и электромеханические характеристики двигателей постоянного тока; механические и электромеханические характеристики двигателей переменного тока	Естественные и искусственные механические и электромеханические характеристики ДПТ. Режимы работы двигателя постоянного тока независимого возбуждения и направление потоков мощности. Двигательный режим работы. Рекуперативное торможение. Динамическое торможение. Торможение противоблуждением. Физические особенности работы машины постоянного тока с последовательным возбуждением. Режимы торможения ДПТ ПВ.	8	8	12	36	64
3	Расчет мощности электропривода	Энергетические показатели. Тепловые переходные процессы в электродвигателях при работе в номинальных режимах. Нагрузочные диаграммы и тахограммы исполнительных органов рабочих машин. Расчет мощности, выбор двигателей.	4	2	8	24	38
4	Электрическая часть силового канала электропривода Информационный канал системы управления электроприводом.	Силовые электрические схемы: контакторные схемы; полупроводниковые (тиристорные и транзисторные) схемы. Применение программируемых контроллеров. Элементная база информационного канала: датчики напряжения, скорости, тока, времени, угла поворота, положения, магнитного поля.	2	4	4	12	24
Итого			18	18	18	90	144

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение, основные термины и определения; механика электропривода	Определение электропривода. Классификация автоматизированных электроприводов. Краткая историческая справка о развитии электроприводов (ЭП). Работы отечественных и зарубежных ученых. Роль электропривода в народном хозяйстве. Структура и основные элементы современного автоматизированного электропривода. По-	2	-	-	24	26

		нятие о многомассовых системах. Уравнение движения электропривода. Моменты и силы, действующие в механической части. Приведение движущихся масс, моментов инерции, действующих сил и моментов к расчетной скорости.					
2	Механические и электромеханические характеристики двигателей постоянного тока; механические и электромеханические характеристики двигателей переменного тока	Естественные и искусственные механические и электромеханические характеристики ДПТ. Режимы работы двигателя постоянного тока независимого возбуждения и направление потоков мощности. Двигательный режим работы. Рекуперативное торможение. Динамическое торможение. Торможение противовключением. Физические особенности работы машины постоянного тока с последовательным возбуждением. Режимы торможения ДПТ ПВ.	2	4	4	50	60
3	Расчет мощности электропривода	Энергетические показатели. Тепловые переходные процессы в электродвигателях при работе в номинальных режимах. Нагрузочные диаграммы и тахограммы исполнительных органов рабочих машин. Расчет мощности, выбор двигателей.	2	2	2	49	55
4	Электрическая часть силового канала электропривода. Информационный канал системы управления электроприводом.	Силовые электрические схемы: контакторные схемы; полупроводниковые (тиристорные и транзисторные) схемы. Применение программируемых контроллеров. Элементная база информационного канала: датчики напряжения, скорости, тока, времени, угла поворота, положения, магнитного поля.	2	2	2	24	30
Итого			8	8	8	147	171

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Исследование механических и электромеханических характеристик двигателя постоянного тока независимого возбуждения в различных режимах работы.

Лабораторная работа № 2. Исследование механических и электромеханических характеристик системы «Г-Д».

Лабораторная работа № 3. Исследование механических и электромеханических характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в различных режимах работы.

Лабораторная работа № 4. Исследование механических и электромеханических характеристик многоскоростного асинхронного двигателя в различных режимах работы.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 5 семестре для очной формы обучения, в 7 семестре для заочной формы обучения.

«Проектирование электропривода механизмов повтор-

но-кратковременного циклического режима работы с учетом его кинематической части(по вариантам)». Варианты заданий на курсовую работу: электропривод тележки мостового крана; электропривод подъемного устройства; электропривод поворота платформы экскаватора; электропривод подачи продольно-строгального станка, электропривод насоса водоснабжения.

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Изучение методики выбора по мощности электродвигателя для механизмов повторно-кратковременного режима работы, построение нагрузочной диаграммы и тахограммы.
- Изучение методики расчета кинематической части и формул приведения для перехода к расчетной схеме.
- Изучение методики построения естественных и искусственных механических и электромеханических характеристик электродвигателя.
- Изучение методики проверки по нагреву и по перегрузочной способности двигателей, методика расчета энергетических показателей электропривода.

Курсовой проект включают в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку. Основные методические рекомендации по выполнению курсового проекта и вариантам заданий приведены в методической литературе.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-2	Знать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях; - методы расчета механической части электропривода; - динамические параметры электропривода постоянного и переменного тока; - методы расчета мощности электропривода;	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь – математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях; -рассчитать мощность и выбрать электродвигатель при различ-	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	ных режимах работы; владеть- современной вычислительной техникой и специализированными программно-техническими средствами для анализа электроэнергетических систем;	укажите критерий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-1	Знать - основные методы энергосбережения при использовании современных электроприводов;	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь- составлять расчетные и структурные схемы механической части электропривода выполнять анализ динамических свойств систем электроприводов;	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть- средствами инструментального анализа и контроля основных показателей электроэнергии;	укажите критерий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2				
	уметь- рассчитывать естественные и искусственные механические и электромеханические характеристики электродвигателей;	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть- информационной базой нормативно-технической документации «Электропривода»; - справочной технической литературой по дисциплине специализации; - методикой поиска необходимой информации в сети Интернет по заданным параметрам.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения, 7 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-2	Знать процессы электро-механического преобразования энергии в электродвигателях; - методы расчета механической части электропривода; - динамические параметры электропривода постоянного и переменного тока;	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	- методы расчета мощности электропривода;					
	уметь – математически описать процессы электромеханического преобразования энергии в электродвигателях; -рассчитать мощность и выбрать электродвигатель при различных режимах работы;	Решение стандартных практически х задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть- современной вычислительной техникой и специализированными программами-техническими средствами для анализа электроэнергетических систем;	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-1	Знать - основные методы энергосбережения при использовании современных электроприводов;	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь- составлять расчетные и структурные схемы механической части электропривода выполнять анализ динамических свойств систем электроприводов;	Решение стандартных практически х задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть- средствами инструментального анализа и контроля основных показателей электроэнергии;	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-2						
	уметь- рассчитывать естественные и искусственные механические и электро-механические характеристики электродвигателей;	Решение стандартных практически х задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть- информационной базой нормативно-технической документации «Электропривода»; - справочной технической литературой по дисциплине специализации;	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	- методикой поиска необходимой информации в сети Интернет по заданным параметрам.			во всех задачах		
--	---	--	--	-----------------	--	--

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Какая из величин двигателя постоянного тока зависит от величины нагрузки?

- 1) ЭДС двигателя E
- 2) ток якоря I_a .
- 3) момент двигателя M

2. Какая из приведенных ниже зависимостей называется механической характеристикой двигателя

- 1) $w(M_c)$;
- 2) $w(I_a)$;
- 3) $w(M)$.

3. Для получения вращающего момента двигателя постоянного тока независимого возбуждения необходимо:

- 1) включить ток в обмотку возбуждения двигателя и вращать якорь машины;
- 2) включить ток в обмотку возбуждения и якорную цепь двигателя;
- 3) включить ток в цепь якоря двигателя и вращать его;

4. К чему обычно приводят значения скоростей и моментов при получении расчетной схемы механической части электропривода?

- 1) к валу двигателя.
- 2) к валу рабочей машины
- 3) используются нормированные значения скоростей и моментов.

5. Двигатель постоянного тока не может создать вращающий момент при отсутствии:

- 1) момента инерции ;
- 2) добавочного резистора в якорной цепи J ;
- 3) магнитного потока Φ и тока якоря I_a ;
- 4) угловой скорости вращения якоря ω ;
- 5) ток якоря I_a .

6. Асинхронный двигатель с к.з. ротором в двигательном режиме работает в диапазоне изменения скольжения:

- 1) от 0 до 2;
- 2) от -1 до 0;
- 3) от 1 до 0;
- 4) от -1 до 1.

7. Формула $M = \frac{2M_{кр}}{\frac{s}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s}}$ получена в предположении, что:

- 1) $R'_2 = 0$;
- 2) $x_1 = 0$;
- 3) $R_1 = 0$;
- 4) $x_1 = x_2$.

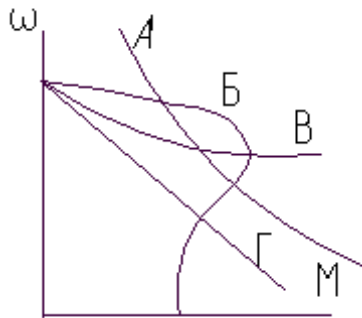
8. В чем разница между моментом двигателя M и моментом сопротивления M_c ?

- 1) M - может изменяться, а M_c - нет;
- 2) M - создается двигателем, а M_c - производственным механизмом;
- 3) M - движущий момент, а M_c - тормозной и всегда больше M ;
- 4) M - всегда превышает M_c по величине.

9. Какая из кривых является механической характеристикой асинхронного двигателя?

- 1) кривая A ;
- 2) кривая B ;
- 3) кривая B ;

4) кривая Г.



10. Какая из приведенных ниже зависимостей называется электромеханической характеристикой двигателя?

- 1) $\omega(M_c)$;
- 2) $\omega(I_g)$.
- 3) $\omega(M)$;

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Номинальный момент двигателя, работающего в продолжительном режиме, равен 50 Нм. При работе двигателя в повторно-кратковременном режиме с $B = 25\%$ номинальный момент составит:

- 1) 50 Нм ;
- 2) 100 Нм ;
- 3) 200 Нм ;
- 4) 25 Нм .

2. Номинальная мощность двигателя в продолжительном режиме 140 кВт. При работе с $PB = 25\%$ и пренебрежением постоянными потерями номинальная мощность его

- 1) 140 кВт ;
- 2) 560 кВт ;
- 3) 280 кВт ;
- 4) 70 кВт .

3. При работе двигателя в повторно-кратковременном режиме с $PB = 15\%$ его номинальная мощность равна 60 кВт. Номинальная мощность двигателя, работающего в повторно-кратковременном режиме с $PB = 60\%$ составит

- 1) 60 кВт ;
- 2) 120 кВт ;
- 3) 30 кВт ;
- 4) 15 кВт .

4. Для проверки по нагреву предварительно выбранного двигателя постоянного тока независимого возбуждения, работающего с переменной нагрузкой, регулирование угловой скорости вращения в котором осуществляется ослаблением его магнитного потока, следует воспользоваться методом:

- 1) эквивалентного момента;
- 2) эквивалентной мощности;
- 3) средних потерь.

5. Как повлияет на потери при пуске короткозамкнутого асинхронного двигателя входостую снижение питающего напряжения?

- 1) Потери уменьшатся;
- 2) Потери увеличатся.
- 3) Мало данных;

6. С уменьшением номинальной мощности асинхронного двигателя при одной и той же номинальной угловой скорости вращения КПД двигателя:

- 1) возрастает;
- 2) остается неизменным;

3) уменьшается;

4) мало данных.

7. Величина магнитного поля двигателя постоянного тока зависит:

1) от тока якоря I_a

2) от угловой скорости вращения якоря ω

3) от тока возбуждения I_{ϕ} .

8. При выборе оборудования электропривода мощность преобразователя должна быть...

1) равной мощности электродвигателя

2) большей мощности чем выбранный электродвигатель.

3) меньшей мощности чем выбранный электродвигатель

9. Причиной возникновения динамического момента в системе привода является:

1) малая угловая скорость вращения якоря (ротора) двигателя;

2) равенство моментов двигателя M и сопротивления M_c ;

3) большая угловая скорость вращения якоря (ротора) двигателя;

4) неравенство моментов двигателя M и сопротивления M_c .

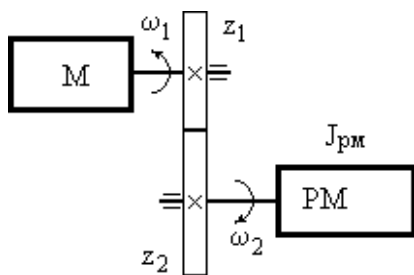
10. Какое из следующих определений синхронного компенсатора является верным?

а) синхронный двигатель, работающий в режиме холостого хода без нагрузки на валу.

б) асинхронный двигатель, работающий в режиме холостого хода без нагрузки на валу;

в) набор батарей статических конденсаторов с элементами системы управления.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач



1. Параметры кинематической схемы механической части электропривода $z_1 = 10$, $z_2 = 20$, $J_{PM} = 20 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Необходимо определить момент инерции механизма рабочей машины, приведенный к валу электродвигателя.

Решение задачи: для рассматриваемой кинематической схемы i -м элементом является вал рабочей машины, вращающийся со скоростью $\omega_{PM} = \omega_2$. Соответственно:

$$i_{1i} = \frac{\omega_1}{\omega_i} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{20}{10} = 2; \quad J_{пр i} = \frac{J_i}{i_{1i}^2} = \frac{20}{2^2} = 5$$

кг·м².

Ответ: 5 кг·м².

2. Как изменится пусковой момент двигателя при понижении напряжения в сети на 20%?

Решение задачи: Учитывая, что момент двигателя прямо пропорционален квадрату подведенного напряжения, пусковой момент будет равен:

$$M_{п} = M_{п} \left(\frac{U_{п}}{U_{н}} \right)^2 = M_{п} (0,8)^2 = 0,64 M_{п}, \text{ где } M_{п} - \text{пусковой момент при } U_{н}.$$

3. Жесткость вала $C_i = 100000 \text{ Нм}$, передаточное число редуктора $i = 40$. Определить приведенную к валу двигателя жесткость C_i .

Решение задачи:

$$C_{пр i} = \frac{C_i}{(i_{1i})^2} = \frac{100000}{40^2} = 62,5 \text{ Нм}.$$

Ответ: 62,5 Нм.

4. Жесткость каната $C_j = 16000 \text{ Нм}$, радиус приведения $\rho_{1j} = 0,01 \text{ м}$. Определить значение жесткости, приведенное к валу двигателя.

Решение задачи:

$$C_{пр 1j} = C_j \cdot \rho_{1j}^2 = 16000 \cdot 0,01^2 = 1,6 \text{ Нм}$$

Ответ: 1,6 Нм.

5. Асинхронный двигатель ($P_n = 5,5 \text{ кВт}$; $\omega_0 = 1500 \text{ об/мин}$) имеет кратковременные перегрузки, равные 1,7 Нм. Опрокинется ли двигатель при понижении напряжения в сети на 20%, если $m_k = 2,2$?

Решение задачи: Для того, чтобы двигатель не “опрокинулся” должно выполняться условие: $(0,8)^2 m_k \geq 1,7$.

$$2,2 \cdot 0,64 = 1,4. \quad 1,4 < 1,7, \text{ следовательно двигатель “опрокинется”}.$$

6. Исследуемый механизм состоит из двигателя, редуктора с передаточным числом $i = 10$ и барабана, поднимающего или опускающего груз. Общий КПД механизма $\eta = 0.5$, момент исполнительного органа $M_{\text{ио}} = 1000$ Нм. Необходимо определить статический момент M_c при подъеме и при спуске груза, приведенный к валу электродвигателя.

Решение задачи: при подъеме груза имеет место прямое направление потока энергии, поэтому расчетная формула

$$M_{c\text{под}} = \frac{M_{\text{ио}}}{i_p \cdot \eta} = \frac{1000}{10 \cdot 0.5} = 200 \text{ Нм}.$$

При спуске груза (тормозной спуск) наблюдается обратное направление энергии и расчетная формула имеет вид

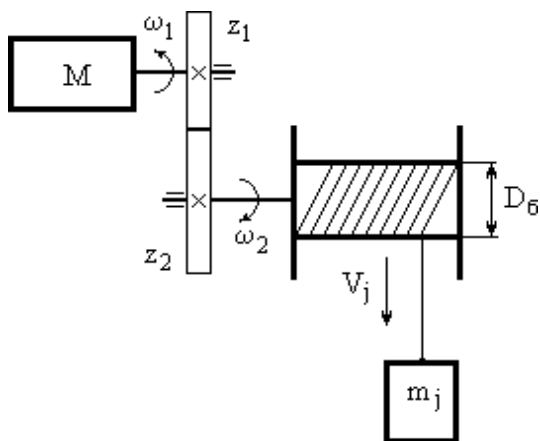
$$M_{c\text{сп}} = \frac{M_{\text{ио}} \cdot \eta}{i_p} = \frac{1000 \cdot 0.5}{10} = 50 \text{ Нм}.$$

Ответ: $M_{c\text{под}} = 200 \text{ Нм}; M_{c\text{сп}} = 50 \text{ Нм}.$

7. При диагностике электродвигателя были измерены сопротивления фазных обмоток постоянному току. В результате измерения были получены следующие значения $R_A = 20$ Ом; $R_B = 19,8$ Ом; $R_C = 19,9$ Ом. Паспортное значение сопротивления фазной обмотки постоянному току равно 20 Ом. Сделать вывод о состоянии фазных обмоток электрических машин.

Решение задачи: Измеренные значения сопротивлений обмоток различных фаз не должны отличаться более чем на 0,02 Ом. Определим изменения измеренные значений относительно паспортного значения сопротивления обмотки.

Фаза А - $\Delta R_A = 0$ Ом; фаза В - $\Delta R_B = 0,2$ Ом; фаза С - $\Delta R_C = 0,1$ Ом. Это недопустимо, значит в фазах В и С могут быть короткозамкнутые витки или сечение провода этих фазных обмоток отличается от расчетного.



8. Кинематическая схема механизма подъема груза показана на рисунке. Параметры – $z_1 = 10$; $z_2 = 20$; $R_b = 0.3$ м. Определить угловую скорость вращения барабана и скорость движения груза, если известно, что электродвигатель вращается со скоростью $n_1 = 500$ об/мин.

Решение задачи: прежде всего переведем значение скорости ЭД из об/мин в систему СИ:

$$\omega_1 = n_1 \cdot \frac{2\pi}{60} = n_1 \cdot 0.105 = 52.5 \text{ с}^{-1}.$$

Передаточное число $i_{1б}$ равно ;

$$i_{1б} = \frac{\omega_1}{\omega_b} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{20}{10} = 2;$$

Линейная скорость груза $V_j = R_b \cdot \omega_b$. Радиус приве-

дения $\rho_{1б} = \frac{V_j}{\omega_1} = \frac{R_b \cdot \omega_b}{\omega_1} = \frac{R_b}{i_{1б}} = \frac{0.3}{2} = 0.15 \text{ м}.$

Следовательно, угловая скорость вращения барабана $\omega_b = \omega_1 \cdot i_{1б} = 52.5 \cdot 2 = 105 \text{ с}^{-1}$; а

линейная скорость движения груза $V_{гр} = \omega_b \cdot R_b = 105 \cdot 0.3 = 31.5 \text{ м/с}$; или $V_{гр} = \omega_1 \cdot \rho_{1б} \cdot i_{1б}^2 = 52.5 \cdot 0.15 \cdot 2^2 = 31.5 \text{ м/с}.$

Ответ: $\omega_b = 105 \text{ с}^{-1}; V_{гр} = 31.5 \text{ м/с}.$

9. Кинематика механизма аналогична предыдущей схеме. Момент на валу барабана $M_i = 1000$ Нм, передаточное число редуктора $i_p = 40$. Определить приведенный к валу двигателя момент M_i .

Решение задачи:

$$M_{пр\,i} = \frac{M_i}{i_{ii}} = \frac{1000}{40} = 25 \text{ Нм.}$$

Ответ: 25 Нм.

10. Определить установившееся превышение температуры электродвигателя, работающего в номинальном режиме. Мощность электродвигателя - 1,1 кВт, номинальный КПД=0,89, теплоотдача 1,5 Вт/°C.

Решение задачи: Превышение температуры электродвигателя: $\tau = Q/A$, °C, где Q – количество теплоты, выделяемое в двигателе в единицу времени, Дж/сек; A - теплоотдача, Дж/сек·°C.

Мощность, затрачиваемая на потери, выделяющиеся в виде тепла:

$$Q = 1100 \cdot (1 - 0,89) = 121 \text{ Вт} = 121 \text{ Дж/сек.}$$

$$\text{Превышение температуры: } \tau = \frac{Q}{A} = 80,6 \text{ }^\circ\text{C.}$$

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач вопросы для экзамена

Экзаменационный билет № 1

1. Роль электропривода в народном хозяйстве.
2. Искусственные механические характеристики асинхронного двигателя при изменении напряжения, частоты и сопротивления роторной и статорной цепей.

Экзаменационный билет № 2

1. Виды электроприводов: групповой, индивидуальный, взаимосвязанный, многодвигательный, электрический вал.
2. Механические характеристики асинхронного двигателя в тормозных режимах. Направление потоков энергии.

Экзаменационный билет № 3

1. Приведение упругих и неупругих элементов кинематики в расчетной схеме электропривода.
2. Электромеханическое преобразование энергии в синхронном двигателе. Угловая и механическая характеристики двигателя. Пуск синхронного двигателя. Техничко-экономические преимущества применения синхронных двигателей с регулируемым возбуждением.

Экзаменационный билет № 4

1. Основное уравнение движения электропривода. Режимы работы. Нагрузочная диаграмма и тахограмма.
2. Функциональная схема электропривода. Определение и назначение элементов функциональной схемы.

Экзаменационный билет № 5

1. Энергетика электропривода в двигательном режиме и режимах торможения.
2. Виды статических моментов. Классификация рабочих механизмов по характеру статического момента. Активные и реактивные моменты и силы.

Экзаменационный билет № 6

1. Механическая часть электропривода. Понятие о кинематической схеме и ее элементах.
2. Статические электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Жесткость механической характеристики и зависимость ее от параметров электрической цепи двигателя.

Экзаменационный билет № 7

1. Кинематическая и расчетная схемы электропривода. Приведение моментов и усилий к валу двигателя. Понятие о прямом и обратном направлениях потока энергии в электроприводе.
2. Электромеханическое преобразование энергии в двигателе постоянного тока независимого возбуждения. Электромеханические и механические характеристики в режимах торможения.

Экзаменационный билет № 8

1. Переход от кинематической к расчетной схеме в электроприводе. Приведение моментов инерции и масс, упругих деформаций и жесткостей к валу двигателя.
2. Искусственные электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения при изменении напряжения, магнитного потока, сопротивления цепи якоря.

Экзаменационный билет № 9

1. Электромеханическое преобразование энергии в асинхронном двигателе. Уравнение электромагнитного момента. Схемы замещения асинхронного двигателя. Электромеханические характеристики двигателя.
2. Составление расчетных схем механической части электропривода. Параллельные и разветвленные расчетные схемы механической части электропривода.

Экзаменационный билет № 10

1. Тепловая модель электродвигателя. Нагрузочные диаграммы и тахограммы исполнительных органов рабочих машин. Расчет мощности, выбор двигателей.
2. Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока смешанного возбуждения в двигательном и тормозных режимах работы.

Экзаменационный билет № 11

1. Установившийся и переходный режимы работы электропривода. Двигательный и тормозной режимы работы электродвигателя. Определение и энергетика.
2. Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Универсальные рабочие характеристики. Режимы торможения двигателя.

Экзаменационный билет № 12

1. Режимы работы электродвигателей.
2. Краткая историческая справка о развитии электропривода переменного

тока. Работы отечественных ученых.

Экзаменационный билет № 13

1. Синхронная машина переменного тока. Принцип работы и характеристики.
2. Краткая историческая справка о развитии электропривода постоянного тока. Работы отечественных ученых.

Экзаменационный билет № 14

1. Асинхронная электрическая машина с фазным ротором. Конструктивные особенности, построение искусственных механических и электромеханических характеристик.
2. Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения в двигательном и тормозных режимах работы.

Экзаменационный билет № 15

1. Механическая характеристика асинхронного двигателя и определение ее основных точек.
2. Электромеханическое преобразование энергии в двигателе постоянного тока последовательного возбуждения. Искусственные электромеханические и механические характеристики двигателя при изменении напряжения и сопротивления цепи якоря.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается в 7 баллов, задача оценивается в 6 баллов (3 балла за верное решение и 3 балла за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение, основные термины и определения; механика электропривода	ОПК-2, ПК-1, ПК- 2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту....
2	Механические и электромеханические характеристики двигателей постоянного тока; механические и электромеханические характеристики двигателей переменного тока	ОПК-2, ПК-1, ПК- 2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту....

3	Расчет мощности электропривода	ОПК-2, ПК-1, ПК- 2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту....
4	Электрическая часть силового канала электропривода Информационный канал системы управления электроприводом.	ОПК-2, ПК-1, ПК- 2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1 Ключев, В.И. Теория электропривода : Учеб. пособие. - М. : Энергоатомиздат, 1985. - 560 с. : ил. - 14.00.

2 Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: курсовое проектирование: учеб. пособие / В.Н. Крысанов [и др.]. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 99 с.

3 Электропривод и электрооборудование: электронное учебное пособие. Электронно-библиотечная система «Лань» [Электронный ресурс] Из-во Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. 2016. 209 с.

4 Бекишев Р.Ф. Общий курс электропривода [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бекишев Р.Ф., Дементьев Ю.Н.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 302 с.—

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34688.html>.— ЭБС «IPRbooks»

5 Емельянов А.П. Электропривод машин и оборудования [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Емельянов А.П., Вершинин В.И., Козярук А.Е.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2017.— 300 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78137.html>.— ЭБС «IPRbooks»

6 Методические указания по выполнению лабораторных работ №1-3 по дисциплине «Электропривод в современных технологиях», Романов А.В. ГОУВПО ВГТУ, 2015, 41 с.

7 Муконин, А.К. Электрический привод : Учеб. пособие. Ч.1. - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2011. - 134 с. - 109-47; 250 экз.

8 Крысанов, В.Н. Основы проектирования электрических приводов : Учеб. пособие. - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2014. - 135 с. - 204-63; 250 экз.

9 Дмитриев, О.А. Основы электропривода : Учеб. пособие. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2009. - 241 с. - 81-00.

10 Крысанов, В.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов [Электронный ресурс]: Лабораторный практикум: Учеб. пособие. - Электрон. текстовые дан. (2 383 Кбайт). - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - 30-00.

11 Романов, А.В. Инженерные методы расчета автоматизированного электропривода на основе информационных технологий : учеб. пособие. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2007. - 108 с. - 37-00.

12 Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу /Фролов Ю.М., Шелякин В. П. – Издательство "Лань", ISBN 978-5-8114-1141-2, 2012.- 368 с –ЭБС Лань.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

8.2.1 Программное обеспечение

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic
- Компас-График LT;
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader
- SMath Studio;
- Internet explorer.

8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>

8.2.3 Информационные справочные системы

- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>

8.2.4 Современные профессиональные базы данных

- Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru>
- Единая система конструкторской документации. URL: https://standartgost.ru/0/2871-edinaya_sistema_konstruktorskoy_dokumentatsii
- Федеральный институт промышленной собственности. Информационно-поисковая система. URL: www1.fips.ru
- Национальная электронная библиотека. URL: elibrary.ru
- Electrical 4U. Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник». Адрес ресурса: <https://www.electrical4u.com/>
- All about circuits. Одно из самых крупных онлайн-сообществ в области электротехники. На сайте размещены статьи, форум, учебные материалы (учебные пособия, видеолекции, разработки, вебинары) и другая информация. Адрес ресурса: <https://www.allaboutcircuits.com>
- Netelectro. Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>
- Marketelectro. Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг. Адрес ресурса: <https://marketelectro.ru/>
- Чертежи.ru Адрес ресурса: <https://chertezhi.ru/>
- Библиотека Адрес ресурса: WWER <http://lib.wwer.ru/>
- Каталог электротехнического оборудования. URL: <https://electro.mashinform.ru;>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

- 1. Специализированная лекционная аудитория**, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
- 2. Учебные лаборатории:** «Электропривода».
- 3. Дисплейный класс**, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО

ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Электрический привод» .

Основой изучения дисциплины «Электрический привод» являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков получения расчетных схем электропривода, расчета и построения механических и электромеханических характеристик, выбор мощности двигателя. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Основой изучения дисциплины «Электрический привод» являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной

	литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	30.08.2018	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
3	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	