Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники

УТВЕРЖДАЮ
Директор института
информационных технологий и
автоматизированных систем
_____ А.В. Зимин
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электропривод

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(направленность (профиль): «Электроэнергетика и электротехника»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная форма

Срок обучения: 4 года 6 месяцев

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: daba56d7b892efca3bf5c04ed0251c98b19b099c
Владелец: Директор ИИТиАС Зимин Алексей Валерьевич
Действителен: с 15 января 2025 г. по 10 апреля 2026 г.
Дата и время: 30-04-2025 09:56:51 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– изучение обучающимися основных принципов построения современного электропривода и основных типов применяемых в нем электрических двигателей.

Задачами учебной дисциплины являются:

– изучение общих принципов построения электропривода и его структуры;
– изучение основных характеристик и способов управления электрических двигателей;
– изучение статических и динамических процессов в системах электропривода.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Физика;
– Электротехнические материалы.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Основы мехатроники;
– Системы управления электроприводов;
– Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и комплексов;
– Микропроцессорные системы управления электроприводов;
– Управление техническими системами;
– Электрические и электронные аппараты;
– Моделирование электротехнических устройств и систем;
– Преддипломная практика;
– Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена;
– Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Общепрофессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемые результаты обучения
Фундаментальная подготовка	ОПК-3: Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.1 Понимает теоретические основы математических, естественных и общеинженерных наук	– знать: теоретические основы электропривода. – уметь: рассчитывать системы электропривода с различными типами электрических двигателей с учетом их особенностей.

– Универсальные компетенции

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК	Планируемые результаты обучения
Разработка и реализация проектов	УК-2: Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели, обеспечивающих ее достижение	– знать: правила формулировки совокупности взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели, обеспечивающих ее достижение. – уметь: формулировать совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели, обеспечивающих ее достижение.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том

числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Объем учебной дисциплины

Сессия / курс		***ИТОГО***	***1 сессия / 3 курс***	***2 сессия / 3 курс***
Форма промежуточной аттестации				*экзамен*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***216***	*36*	*180*
	зачетных единиц	***6***	*1*	*5*
Лекции, *академ. час.*		***6***	*4*	*2*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***6***	*0*	*6*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***195***	*32*	*163*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*
Контроль, *академ. час.*		***9***	*0*	*9*
в форме практической подготовки		***0***	*0*	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Электропривод как электромеханическая система (Структура электромеханической системы. Электромеханическое преобразование энергии. Механическая часть привода. Типовые статические нагрузки. Статическая устойчивость. Приведение сил, моментов инерции и поступательно-движущихся масс к одной скорости.);

Раздел 2 Электромеханические свойства электрических двигателей (Электромеханические свойства двигателей постоянного тока. Способы регулирования скорости, пуска и торможения. Электромеханические свойства двигателей переменного тока. Способы регулирования скорости, пуска и торможения.);

Раздел 3 Обобщенная электрическая машина (Метод обобщенной электрической машины. Изображающие векторы. Ортогональные системы координат ОЭМ. Координатные преобразования. Фазовые преобразования.);

Раздел 4 Энергетика электропривода (Баланс мощностей электродвигателя. Постоянные и переменные потери. Нагрев и охлаждение электродвигателей. Режимы работы двигателей в

соответствии с ГОСТ Р 52776-2007. Проверка двигателя по нагреву. Метод средних потерь. Метод эквивалентного тока. Метод эквивалентного момента (мощности).).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 2.	Конструкция и основные характеристики двигателей постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения	2	
Раздел 2.	Конструкция и основные характеристики асинхронных двигателей	2	
Раздел 2.	Конструкция и основные характеристики синхронных двигателей	2	
Итого:		**6**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
Раздел 1.	Расчетные схемы механической части электропривода и их упрощение	2	
Раздел 1.	Расчёт характеристик двигателей постоянного тока	2	
Раздел 2.	Расчёт характеристик двигателей переменного тока	2	
Итого:		**6**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической подготовки
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	Темы курсовых работ (проектов)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	1. Изучение теоретического материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	52	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Изучение теоретического материала; 3. Подготовка к практическому занятию; 4. Прохождение тестирования.	52	
Раздел 3.	1. Изучение теоретического материала; 2. Прохождение тестирования.	47	
Раздел 4.	1. Изучение теоретического материала; 2. Прохождение тестирования.	44	
Контроль	*Подготовка к экзамену*	9	
Итого:		**204**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ОПК-3; УК-2	1. Наблюдение за работой на практическом занятии; 2. Тестовые задания
Раздел 2.	ОПК-3; УК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса);

		2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Оценка участия в работе на лекционном занятии; 4. Тестовые задания
Раздел 3.	ОПК-3; УК-2	1. Тестовые задания
Раздел 4.	ОПК-3; УК-2	1. Тестовые задания
Экзамен.	ОПК-3; УК-2	1. Вопросы к экзамену; 2. Задачи к экзамену

11 Входной контроль

11.1 Цель входного контроля − определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – тестирование.

Длительность тестирования – 45 минут.

Тестирование проводится в течение первых двух недель изучения учебной дисциплины в СУО «Moodle».

Для проведения тестирования используются тестовые задания для входного контроля (для ответа на 1 вопрос, как правило, выделяется 4 минуты).

Шкала оценивания результатов тестирования

За каждый правильный ответ выставляется 1 балл. Оценка выставляется в зависимости от процента правильных ответов:

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Процент результативности (правильных ответов)	Оценка
50 до 100	«зачтено»
менее 50	«не зачтено»

Основываясь на результатах тестирования, формируется индивидуальная траектория обучающегося (группы обучающихся), исходя из следующих соображений:

– 86 – 100 % – обучающийся готов к изучению учебной дисциплины без дополнительного повторения изученного ранее материала;

– 50 – 67 % – обучающийся в целом готов к изучению учебной дисциплины, требуется повторение отдельных вопросов(тем) изученного

ранее материала, необходимого для успешного освоения учебной дисциплины;

– 49% и менее – обучающийся имеет слабую подготовку к изучению учебной дисциплины, необходимы корректирующие занятия и консультации.

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.

12 Текущий контроль

12.1 Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО «Moodle».

Формы проведения текущего контроля – вопросы для устного обсуждения (опроса); наблюдение за работой на практическом занятии; оценка участия в работе на лекционном занятии; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию устных ответов обучающихся

С целью контроля и подготовки обучающихся к изучению новой темы в начале занятия лекционного типа (лекции) педагогическим работником проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущего раздела (темы).

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается умение грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся:

– полно и аргументировано отвечает по содержанию задания;

– обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные;

– излагает материал последовательно и правильно.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1 – 2 ошибки, которые сам же исправляет.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но:

– излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

– не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

– излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.

12.2.2 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО «Moodle» в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно
9	–	неудовлетворительно

12.2.3 Рекомендации по оцениванию участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Формирование у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию проявляется в обязательном его присутствии на лекционном занятии.

На лекционных занятиях происходит формирование информационной компетентности обучающихся, в том числе способности фиксировать информацию с помощью конспектирования учебного материала. Преподаватель на лекционных занятиях акцентирует внимание обучающихся на том, как необходимо оформлять конспект лекций в тетради. По окончании лекционных занятий преподаватель осуществляет проверку тетрадей обучающихся и оценивает их.

Критерии оценки участия обучающихся в работе на лекционных занятиях

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов за одно лекционное занятие
Наличие у обучающихся добросовестного и ответственного отношения к собственному профессиональному образованию, выраженное в посещении лекций	0,5
Умение конспектировать учебный материал в тетради, в том числе: - материал изложен последовательно, четко и аккуратно - в конспекте имеются изученные темы,	0,5

основные термины, схемы	
Всего	1

Если по результатам оценки участия обучающийся в лекционных занятиях в среднем за семестр обучающийся набрал не менее 0,5 баллов, то ему выставляется оценка «зачтено», менее 0,5 баллов – «не зачтено».

12.2.4 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.

13 Промежуточная аттестация

13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к экзамену; задачи к экзамену.

13.2 Оценивание обучающегося на экзамене

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Бекишев, Р. Ф. Общий курс электропривода : учебное пособие / Р. Ф. Бекишев, Ю. Н. Дементьев. – 2-е изд. – Томск : ТПУ, 2014. – 302 с. – ISBN 978-5-4387-0393-8. – URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=62911 (дата обращения: 27.03.2025);

2 Чернышев, А. Ю. Электропривод переменного тока : учебное пособие для вузов / А. Ю. Чернышев, Ю. Н. Дементьев, И. А. Чернышев. – Москва : Юрайт, 2022. – 215 с. – ISBN 978-5-534-06846-7. – URL: https://urait.ru/bcode/492798 (дата обращения: 27.03.2025);

3 Дементьев, Ю. Н. Электрический привод : учебное пособие для вузов / Ю. Н. Дементьев, А. Ю. Чернышев, И. А. Чернышев. – 2-е изд. – Москва : Юрайт, 2022. – 223 с. – ISBN 978-5-534-01415-0. – URL: https://urait.ru/bcode/489996 (дата обращения: 27.03.2025);

4 Ключев, В. И. Теория электропривода : учебник для вузов / В. И.Ключев. – Москва : Энергоатомиздат, 1985.

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

8 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– ProjectLibre;
– Р7-Офис.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного ти-па, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивиду-альных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компь-ютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Составитель(и):

доцент Поползин Иван Юрьевич (кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники);

преподаватель Кучик Марина Михайловна (кафедра электротехники, электропривода и промышленной электроники).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:

Руководитель проектов
отдела по внедрению АСУ ТП
РИЦ АСУТП «Сибирь
ООО «ЕвразТехника»
должность, степень, звание
представителя работодателя



Д. Г. Чудинов
инициалы, фамилия

Приложение

Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся

Выберите один правильный ответ.

1. Как называется часть электрической машины, служащая для подведения (отведения) тока к коллектору?

а) статор;
б) щеточно-коллекторный узел;
в) сердечник;
г) ярмо.

2. Коллекторные пластины изготавливаются из:

а) стали;
б) меди;
в) графита;
г) цинка.

3. Из чего, как правило, изготавливается обмотка ротора асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором?

а) витков медного провода;
б) медных стержней;
в) витков алюминиевого провода;
г) алюминиевых стержней.

4. Что характеризует кривая намагничивания электрической машины?

а) зависимость суммарного магнитного потока от тока намагничивания;
б) зависимость тока якоря от тока намагничивания;
в) зависимость напряженности магнитного поля от тока намагничивания;
г) зависимость тока ротора от тока намагничивания.

5. Какую из составляющих магнитного потока электрической машины называют главным потоком?

а) поток в воздушном зазоре;
б) поток в ярме;
в) поток в стали статора;
г) поток в стали ротора.

6. В чем главное отличие явнополюсной синхронной машины от неявнополюсной?

а) неравномерное распределение поля;
б) большие значения тока намагничивания;

в) большие габариты;

г) неравномерное вращение ротора.

7. Как определяется потокосцепление обмоток электрической машины?

а) $\Psi = \Phi w$, где Ф – магнитный поток одного витка, w – количество витков обмотки;

б) $\Psi = \frac{\Phi}{w}$, где Ф – магнитный поток одного витка, w – количество витков обмотки;

в) $\Psi = Lw$, где L – индуктивность одного витка, w – количество витков обмотки;

г) $\Psi = \frac{L}{w}$, где L – индуктивность одного витка, w – количество витков обмотки.

8. Какая зона кривой намагничивания, как правило, выбирается в качестве рабочей для электрической машины?

а) линейная;

б) «колено»;

в) зона насыщения;

г) зона малых намагничивающих токов.

9. Какой параметр асинхронных двигателей, как правило, указывается в их буквенном обозначении?

а) высота оси вращения вала;

б) радиус ротора;

в) потребляемая мощность;

г) номинальная скорость.

10. Как определить скорость вращения ротора в рад/с ω, если известна скорость вращения в об/мин *n*?

а) $\omega = \frac{\pi n}{30}$;

б) $\omega = \frac{2\pi n}{30}$;

в) $\omega = \frac{n}{30}$;

г) $\omega = \frac{2n}{30}$.

11. Какая из перечисленных электрических машин на практике не является обратимой без специальных технических решений?

а) двигатель постоянного тока;

б) асинхронный двигатель;

в) синхронный генератор;
г) генератор постоянного тока.

12. Чем в конструктивном отношении отличаются асинхронный двигатель с короткозамкнутым (АДКЗ) и с фазным (АДФР) ротором?
а) АДФР имеет выводы обмотки ротора и контактные кольца;
б) АДФР имеет резисторы в цепи ротора;
в) ротор АДКЗ однофазный, а АДФР – трехфазный;
г) ротор АДФР однофазный, а АДКЗ – трехфазный.

13. Какую роль выполняет коллектор машины постоянного тока?
а) механический преобразователь постоянного тока в переменный (прерыватель);
б) механический выпрямитель напряжения;
в) механический сглаживающий фильтр;
г) механический ограничитель перенапряжений.

14. Чем не вызывается появление кругового огня на коллекторе?
а) коротким замыканием между пластинами;
б) неплотным контактом между коллектором и щетками;
в) «вытягиванием» дуги между пластинами;
г) единичной вспышкой между пластинами.

15. Какие из перечисленных причин могут вызывать ухудшение коммутации двигателя постоянного тока?
а) неплотный контакт в щеточно-коллекторном узле;
б) повышение напряжения на якоре;
в) вход машины в зону насыщения;
г) частые торможения на выбеге.

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

Раздел 1 Электропривод как электромеханическая система.

1 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. Из каких основных структурных частей состоит электропривод?

а) механическая часть, электрическая часть, двигатель, система управления.

б) статическая часть, динамическая часть;

в) система управления, управляемый объект;

г) механическая часть, двигатель, система управления.

2. Многодвигательный электропривод - это…

а) электропривод, который состоит из нескольких одиночных электроприводов, каждый из которых предназначен для приведения в действие отдельных элементов производственного агрегата;

б) электропривод, который с помощью одного электродвигателя приводит в движение отдельную машину;

в) электропривод, который состоит из нескольких одиночных двигателей, работающих на одну рабочую машину;

г) электропривод, содержащий основной (рабочий) и резервный двигатели.

3. Чем характеризуется экономичность регулируемого привода?

а) затратами на его сооружение и эксплуатацию;

б) затратами на его транспортировку;

в) затратами на дополнительные приборы;

г) затратами на его внедрение.

4. Какую роль выполняет в электроприводе электрически двигатель?

а) электромеханическое и механоэлектрическое преобразование энергии;

б) передача энергии к рабочей машине;

в) преобразование параметров электрической энергии;

г) преобразование параметров механической энергии.

5. Чем характеризуется плавность регулирования в электроприводе?

а) числом устойчивых скоростей

б) числом устойчивых моментов

в) числом устойчивых сил

г) устойчивостью по всем возможным характеристикам.

6. Чем характеризуется диапазон регулирования скоростей в электроприводе?

а) соотношением максимальной и минимальной достижимых скоростей;

б) соотношением номинальной и минимально устойчивой скоростей;

в) соотношением номинальной и минимальной рабочей скоростей;

г) соотношением максимально достижимой и номинальной скоростей.

7. Как связаны мощность электрического двигателя, его угловая скорость и развиваемый им момент?

а) $P = M\omega$;

б) $P = \frac{M}{\omega}$;

в) $M = P\omega$;

г) $M = \frac{\omega}{P}$.

8. Как записывается основное уравнение движения электропривода?

а) $M - M_C = J_\Sigma \frac{d\omega}{dt}$;

б) $M - M_C = \frac{1}{J_\Sigma}\int \omega(t)dt$;

в) $M - M_C = \frac{1}{J_\Sigma}\frac{d\omega}{dt}$;

г) $M - M_C = J_\Sigma \int \omega(t)dt$.

9. К какой точке обычно осуществляется приведение сил и моментов инерции при расчете электропривода?

а) геометрический центр вала двигателя;

б) средняя точка кинематической схемы;

в) центр масс рабочего органа;

г) центр масс механической передачи.

10. Каковы основные характеристики звеньев механической передачи электропривода?

а) передаточное число;

б) КПД;

в) коэффициент трения;

г) модуль упругости.

11. Какая модель механической части электропривода используется, если в системе присутствуют упругие связи значительной длины и/или массы?

а) одномассовая;

б) двухмассовая;

в) трехмассовая;

г) с распределенными параметрами.

12. Как направлены реактивные силы (моменты)?

а) противоположно направлению движения;
б) по направлению движения;
в) перпендикулярно направлению движения;
г) направление не зависит от направления движения и всегда постоянно.

13. Какая из сил, действующих в системе электропривода, относится к диссипативным?
а) сила трения;
б) сила тяжести;
в) сила упругости;
г) центростремительная сила.

14. Для каких технологических агрегатов характерна параболическая (квадратичная) нагрузка?
а) центробежные насосы и вентиляторы;
б) металлорежущие и деревообрабатывающие станки;
в) подъемные установки;
г) компрессоры.

15. Что характеризует жесткость механической характеристики?
а) изменение скорости двигателя при изменении нагрузки;
б) изменение скорости двигателя при изменении напряжения питания;
в) изменение скорости двигателя при изменении магнитного потока;
г) изменение скорости двигателя при изменении направления момента нагрузки.

16. Как называется зависимость скорости двигателя от тока рабочей цепи?
а) электромеханическая характеристика;
б) механическая характеристика;
в) моментная характеристика;
г) рабочая характеристика.

17. Какие потери в двигателе зависят от нагрузки?
а) постоянные;
б) переменные;
в) на вихревые токи;
г) на намагничивание.

18. Какой элемент механической части электропривода может быть использован для аккумулирования кинетической энергии?
а) маховик;

б) демпфер;
в) редуктор;
г) мультипликатор.

19. Через какие параметры механических элементов электропривода осуществляется перевод линейных скоростей и движущих усилий в угловые скорости и вращающие моменты?
а) радиусы вращения;
б) плечи усилий;
в) передаточные числа;
г) длины упругих связей.

20. Каким динамическим звеном моделируется механическая часть в двух- и трехмассовых системах электропривода?
а) инерционным;
б) колебательным;
в) интегрирующим;
г) задержки.

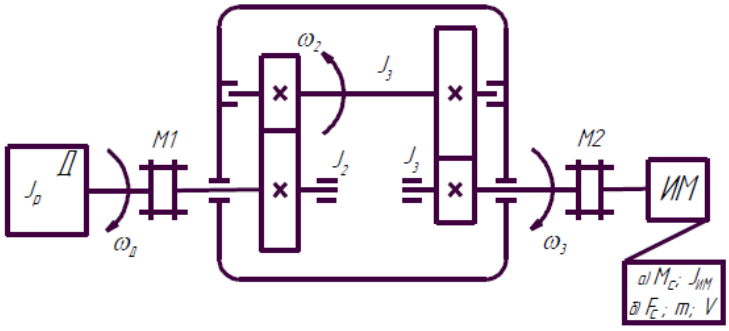
2 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Тема практической работы «Расчетные схемы механической части электропривода и их упрощение»

Задание 1.

Определить момент на валу двигателя и приведенный момент инерции механизма, изображенного на рисунке.

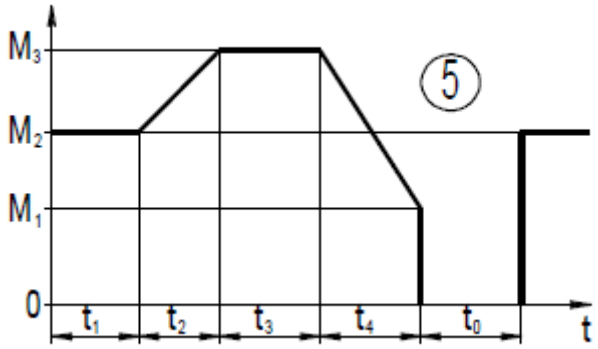


Исходные данные: ωд – 180 рад/с; Jр – 1,35 кг·м^2; J1 – 0,25 кг·м^2; ω_2 – 39 рад/с; J2 – 1,65 кг·м^2; ω_3 – 12 рад/с; J3 – 1,2 кг·м^2; Jим – 220 кг·м^2; Mc – 7000 Н·м; m – 2500 кг; Fc – 17 кН; v – 2 м/с.

Задание 2.

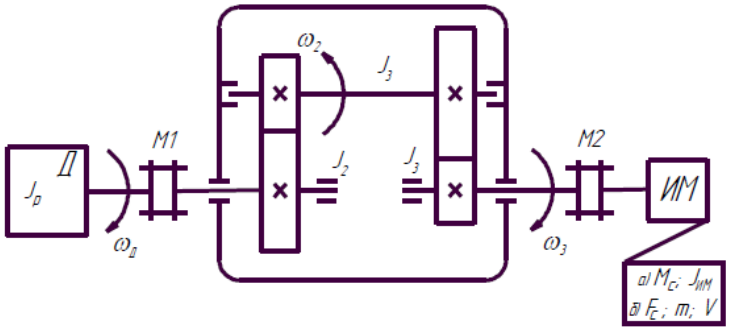
Выбрать мощность двигателя для механизма. Исходные данные: частота вращения вала двигателя n = 1450 об/мин; Т1 = 140 с; Т2 = 70 с; Т3 = 200 с; Т4 = 120 с; Т0 = 200 с; М1 = 2000 Н·м; М2 = 3000 Н·м; М3 = 5000 Н·м.

Нагрузочная диаграмма.



Задание 3.

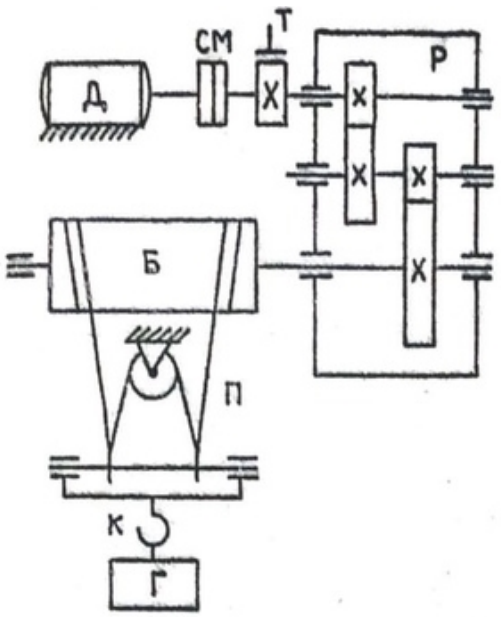
Электродвигатель (Д), через передаточный механизм (ПМ) приводит в движение исполнительный механизм (ИМ). Кинематическая схема привода изображена на рисунке.



Определить нагрузку на валу двигателя и момент инерции механической части привода для двух видов движения исполнительного механизма: а – вращательного, б – поступательного. Составить расчетную схему привода.

Задание 4.

Составить расчётную схему механической части ЭП механизма подъёма при нижнем положении груза и определить возможность её прощения, если жёсткость одного метра подъёмного каната $C_k = 2 \cdot 10^8$ Н. распределенную массу каната не учитывать.



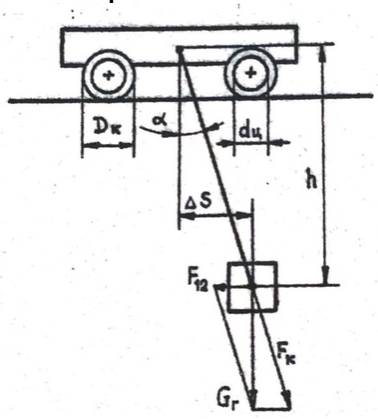
Д - двигатель;
Т - электромагнитный тормоз;
Р - редуктор;
Б - барабан;
П - полиспаст;
К - крюк;
СМ - соединительная муфта;
Г - груз

Исходные данные:

Момент инерции ротора двигателя	$J_д = 1{,}22$ кг · м^2;
Момент инерции муфты	$J_м = 0{,}761$ кг · м^2;
Момент инерции редуктора	$J_р = 0{,}072$ кг · м^2;
Момент инерции барабана	$J_б = 6{,}75$ кг · м^2;
Передаточное отношение редуктора	$i = 49{,}1$;
Диаметр барабана	$D_б = 0{,}33$ м;
Скорость двигателя при подъеме груза	$n_д = 710$ об/мин;
Масса груза и груз охватывающего устройство	$m_г = 500$ кг;
Общий коэффициент полезного действия механизма	$\eta = 0{,}79$;
Высота подъёма	$h = 10$ м;

Задание 5.

Определить значения допустимого для пуска ЭП механизма перемещения тележки мостового крана.



Данные для расчета:

Допустимое ускорение	$\alpha_{\text{доп}} = 0{,}3$ м/с^2;
Масса тележки с оборудованием	$m_{\text{т}} = 3000$ кг;
Масса груза и грузозахватывающего устройства	$m_{\text{л}} = 5000$ кг;
Суммарный момент инерции всех вращающихся частей электропривода, приведенных к валу двигателя	$J_1 = 7{,}8$ кг $\cdot$ м^2;
Передаточное число редуктора	$i = 9{,}2$;
КПД редуктора	$\eta = 0{,}95$;
Диаметр ходовых колес	$D_{\text{к}} = 0{,}4$ м;
Диаметр цапф подшипников скольжения колеса	$d_{\text{ц}} = 0{,}06$ м;
Коэффициент трения качения	$f = 10^{-3}$;
Коэффициент трения скольжения	$\mu = 0{,}02$;
Высота подъёма	$h = 10$ м.

Раздел 2 Электромеханические свойства электрических двигателей.

1 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. Для чего предназначена компенсационная обмотка ДПТ с параллельным возбуждением?

а) для увеличения пускового момента;
б) для компенсации поперечной составляющей реакции якоря;
в) для уменьшения пускового тока;
г) для компенсации продольной составляющей реакции якоря.

2. Для чего предназначена обмотка дополнительных полюсов?

а) увеличение пускового момента;
б) улучшение коммутации;
в) компенсации реакции якоря;
г) уменьшение пускового тока.

3. По какому выражению определяется скорость идеального холостого хода ДПТ независимого возбуждения?

а) $\omega_0 = \frac{U}{R_{\text{яц}}}$;

б) $\omega_0 = \frac{U}{\text{КФ}}$;

в) $\omega_0 = \frac{(\text{КФ})^2}{R_{\text{яц}}}$;

г) $\omega_0 = \text{КФ}\frac{U}{R_{\text{яц}}}$.

4. По какому выражению определяется синхронная скорость асинхронного двигателя?

а) $\omega_0 = \frac{2\pi f_1}{p}$;

б) $\omega_0 = \frac{P_{\text{н}}}{\omega_{\text{н}}}$;

в) $\omega_0 = \frac{60\text{р}}{U}$;

г) $\omega_0 = \frac{\pi n_{\text{н}}}{30}$.

5. Как соотносятся между собой синхронные скорости двухскоростного асинхронного двигателя ?

а) одна больше другой в два раза;

б) скорости одинаковы;

в) одна больше другой в четыре раза;

г) одна больше другой в $\sqrt{2}$ раз.

6. Какова связь между электромагнитным моментом асинхронного двигателя и питающим напряжением?

а) $\text{М} \sim \sqrt{U_{\text{ф}}}$;

б) $\text{М} \sim U_{\text{ф}}^2$;

в) $\text{М} \sim U_{\text{ф}}$;

г) $\text{М} \sim \sqrt{2} \cdot U_{\text{ф}}$.

7. Какая характеристика двигателя ДПТ НВ не изменяется при изменении напряжения на якоре?

а) пусковой ток;

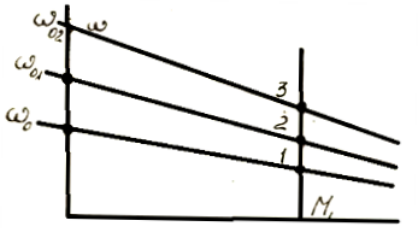
б) статическая просадка скорости;

в) скорость идеального холостого хода;

г) реакция якоря.

8. Работа двигателя возможна на любой из указанных характеристик в точках 1,2 или 3. Укажите при работе в какой точке

двигатель будет работать с наименьшим током, если точка 1 находится на естественной характеристике.



а) точка 1;
б) точка 2;
в) точка 3;
г) ток во всех точках одинаков

9. По какой причине не применяется регулирование скорости ДПТ вверх от основной увеличением напряжения на якоре?
а) ухудшение условий коммутации;
б) рост скорости ИХХ;
б) снижение перегрузочной способности;
в) снижение жесткости характеристик.

10. Как записывается уравнение электромеханической характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения?

а) $\omega = \frac{U_я}{k\Phi} - \frac{I_я R_я}{k\Phi}$;

б) $\omega = \frac{U_я}{k\Phi} - \frac{I_я R_я}{(k\Phi)^2}$

в) $\omega = \frac{U_я}{(k\Phi)^2} - \frac{I_я R_я}{(k\Phi)^2}$;

г) $\omega = \frac{U_я}{(k\Phi)^2} - \frac{I_я R_я}{k\Phi}$

11. Как записывается упрощенная формула Клосса?

а) $M = \frac{2M_{кр}}{\frac{s}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s}}$;

б) $M = \frac{M_{кр}}{\frac{s}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s}}$;

в) $M = \frac{2M_{кр}}{\frac{s}{s_{кр}} - \frac{s_{кр}}{s}}$;

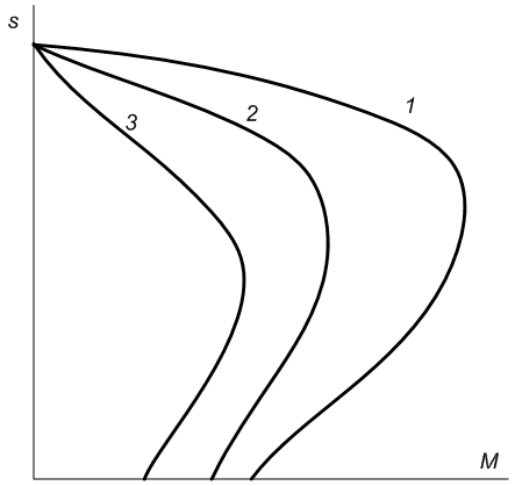
г) $M = \dfrac{M_{кр}}{\dfrac{s}{s_{кр}} - \dfrac{s_{кр}}{s}}$.

12. В каком случае можно пренебрегать уточняющим коэффициентом *а* в формуле Клосса?
а) $R_1 \approx 0$;
б) $R'_2 \approx 0$;
в) $X_к \approx 0$;
г) $X_1 \approx 0$.

13. Чем обусловлен «провал» в механической характеристике АД КЗ на участке пуска в области малых скоростей?
а) вытеснение тока в стержнях ротора;
б) насыщение магнитной системы;
в) рост ЭДС ротора;
г) неравномерность поля в воздушном зазоре.

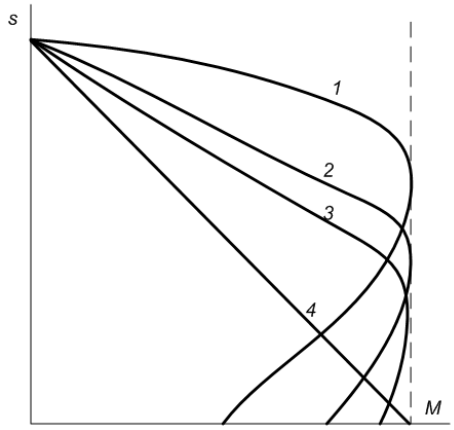
14. Что представляют собой универсальные характеристики двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением?
а) зависимость потока возбуждения и момента от тока якоря;
б) зависимость потока возбуждения и момента от напряжения на якоре;
в) зависимость индуктивности обмотки возбуждения от тока якоря;
г) зависимость индуктивности обмотки возбуждения от напряжения на якоре.

15. Изменению какого параметра соответствует приведенное на рисунке семейство механических характеристик АД?



а) уменьшению амплитуды напряжения на статоре;
б) увеличению сопротивления цепи ротора;
в) уменьшению частоты напряжения на статоре;
г) уменьшению частоты и амплитуды напряжения на статоре.

16. Изменению какого параметра соответствует приведенное на рисунке семейство механических характеристик АД?



а) уменьшению амплитуды напряжения на статоре;
б) увеличению сопротивления цепи ротора;
в) уменьшению частоты напряжения на статоре;
г) уменьшению частоты и амплитуды напряжения на статоре.

17. У какого из двигателей при прочих равных условиях выше перегрузочная способность?
а) независимого (параллельного) возбуждения;
б) последовательного возбуждения;
в) асинхронного;
г) синхронного.

18. Каково основное условие ввода двигателя в режим динамического торможения с самовозбуждением?
а) наличие остаточного магнитного потока достаточной величины;
б) превышение скоростью вращения двигателя скорости идеального холостого хода;
в) изменение направления тока в цепи питания двигателя на противоположное;
г) вход магнитной системы двигателя в режим насыщения.

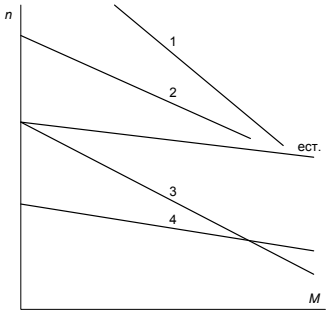
19. Какой способ динамического торможения АД чаще всего применяется на практике?
а) с самовозбуждением;
б) с независимым возбуждением постоянным током в цепи статора;
в) с независимым возбуждением постоянным током в цепи ротора;
г) с независимым возбуждением переменным током малой частоты.

20. Каково назначение тормозного сопротивления в режиме противовключения?

а) ограничение тока двигателя;
б) увеличение величины тормозного момента;
в) увеличение интенсивности торможения;
г) ограничение темпа торможения.

21. От какого параметра не зависит критическое скольжение АД?
а) активное сопротивление цепи ротора;
б) индуктивное сопротивление короткого замыкания;
в) частота напряжения на статоре;
г) амплитуда напряжения на статоре.

22. Какая характеристика ДПТ НВ соответствует изменению напряжения на якоре?



а) 1;
б) 2;
в) 3;
г) 4.

23. Как записывается уравнение угловой характеристики явнополюсного синхронного двигателя?

а) $M = \frac{3U_1 E}{\omega_0 x_{1d}} \sin\theta_{ЭЛ} + \frac{3U_1^{\,2}}{2\omega_0}\left(\frac{1}{x_{1q}} - \frac{1}{x_{1d}}\right)\sin 2\theta_{ЭЛ} = M' + M''$;

б) $M = \frac{3U_1 E}{\omega_0 x_{1d}} \sin\theta_{ЭЛ} - \frac{3U_1^{\,2}}{2\omega_0}\left(\frac{1}{x_{1q}} - \frac{1}{x_{1d}}\right)\sin 2\theta_{ЭЛ} = M' + M''$;

в) $M = \frac{P_2}{\omega_0} \approx 9{,}55\frac{P_2}{n_0} = \frac{28{,}6E_0 U \sin\theta}{n_0 X_{син}} = M_{\max}\sin\theta$;

г) $M = \frac{P_2}{\omega_0} \approx 9{,}55\frac{P_2}{n_0} = \frac{28{,}6E_0 U \cos\theta}{n_0 X_{син}} = M_{\max}\cos\theta$.

24. Как записывается уравнение динамической механической характеристики СД?

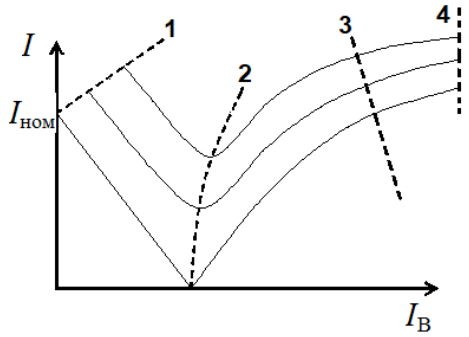
а) $M = \left(\frac{C_{эм}}{p} + \beta \right)(\omega_0 - \omega)$;

б) $M = \left(\frac{C_{эм}}{p} - \beta \right)(\omega_0 - \omega)$;

в) $M = \left(\frac{C_{эм}}{p} + \beta \right)(\omega_0 + \omega)$;

г) $M = \left(\frac{C_{эм}}{p} - \beta \right)(\omega_0 + \omega)$.

25. Какой линии соответствует режим работы СД с *cosφ=1*?



а) 1;
б) 2;
в) 3;
г) 4.

2 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Тема практической работы «Расчёт характеристик двигателей постоянного тока»

Задание1.

Используя номинальные и каталожные данные, определить конструктивный коэффициент *c=kФ*, скорость идеального холостого хода ω_0, ток короткого замыкания $I_{кз}$, момент короткого замыкания $M_{кз}$ и построить электромеханическую характеристику для двигателя типа Д21. Данные машины: $P_н$ = 4,5 кВт, $I_н$ = 26А, $n_н$ = 1030 об/мин, $R_я$ = 0,66 Ом, $R_{дп}$ = 0,28 Ом, $I_{вн}$ = 1,2А, $R_{ов}$ = 142 Ом, $U_н$ = 220В.

Задание 2.

Для двигателя Д21 определить угловую скорость в режиме рекуперативного торможения на естественной характеристике при $M_c=0,8M_н$ и бросок тока при мгновенном снижении напряжения, подводимого к якорю, до $0,6U_н$, если до этого двигатель работал в двигательном режиме на естественной характеристике с нагрузкой $M_c=0,8M_н$.

Задание 3.

Для двигателя Д21 определить требуемую величину дополнительного сопротивления $R_{доб}$ для режима динамического торможения при переходе с естественной характеристики, на которой двигатель работал с $I_с = 0,8I_н$ при условии, что начальное значение тормозного тока не должно превышать $2I_н$.

Задание 4.

Для двигателя постоянного тока Д21 с независимым возбуждением определить параметры схемы включения, если скорость идеального холостого хода на искусственной характеристике на 20% больше скорости ω0 на естественной характеристике.

Задание 5.

Двигатель Д21 переводится в режим противовключения. До перехода в тормозной режим двигатель работал на естественной характеристике при $M_c=M_н$. Начальные значения тормозного момента $M_т=2M_н$. Определить $R_{доб}$.

Задание 6.

Определить сопротивление для включения в цепь якоря двигателя Д21 при динамическом торможении. Торможение начинается при $M_c=M_н$ и $ω_c=ω_н$. Начальное значение тормозного момента $M_{нач}=1,5\ M_н$.

Задание 7.

Для двигателя Д21 рассчитать трёхступенчатый пусковой реостат. Режим пуска форсированный.

Задание 8.

Для привода подъёмного механизма использован двигатель постоянного тока параллельного возбуждения Д810, получающий питание от сети 220В. Разгон двигателя до естественной характеристики производится при $\Phi=\Phi_н$ с помощью трёхступенчатого реостата при $M_{max}=2M_н$. При спуске груза $M_c=0,8M_н$ в цепь якоря вводится сопротивление $R_{доб}=1,3R_{ном}$. Остановка двигателя производится в режиме динамического торможения от начальной скорости $\omega_{нач}$ на естественной характеристике при $M_c=0,5M_н$ и с начальным тормозным моментом $M_{нач}=2M_н$.

Определить:

– скорость опускания груза и режим работы при спуске груза;

– величину тормозного сопротивления в режиме динамического торможения;

– построить механические характеристики в рассматриваемых режимах.

Задание 9.

Для двигателя постоянного тока параллельного возбуждения Д32 определить сопротивление резистора, включение которого обеспечивает прохождение искусственной характеристики с координатами $\omega_и=0,6\omega_н$ при $M_c=0,4M_н$.

Задание 10.

Используя номинальные и каталожные данные ДПТ с параллельным возбуждением Д21 определить ток и момент короткого замыкания при ослаблении поля в 1,6 раза.

Задание 11.

Для двигателя постоянного тока параллельного возбуждения Д21, используя номинальные и паспортные данные, определить конструктивный коэффициент $k\Phi_н$, скорость идеального хода ω_0, ток и момент короткого замыкания, жёсткость механической характеристики.

Задание 12.

Выбрать двигатель и определить величины сопротивлений в цепи якоря для того, чтобы двигатель развивал номинальный момент, работая в режимах:

– рекуперативного торможения со скоростью 1200 об/мин;

– динамического торможения со скоростью -210 об/мин;

– торможения противовключением со скоростью -210 об/мин.

Задание 13.

Определить величину дополнительного сопротивления, которое необходимо включить в цепь якоря ДПТ с параллельным возбуждением, работающего в режиме динамического торможения, чтобы при номинальном моменте скорость составляла $\omega=-0,5\omega_н$.

Задание 14.

Для ДПТ с параллельным возбуждением МП-41 определить скорость вращения при $M_с=0,6M_н$ и дополнительном сопротивлении в цепи якоря $R_{доп}=3R_{вн}$.

Задание 15.

Для двигателя постоянного тока последовательного возбуждения Д31 построить естественную характеристику. Паспортные данные двигателя: $P_н=3,5кВт$, $I_н=20А$, $n_н=1330$ *об/мин*, $U_и$=220В, $R_я+R_{дп}=0,325+0,093$ *Ом*, $R_{ов}=0,111$ *Ом*.

Задание 16.

Для двигателя постоянного тока последовательного возбуждения Д31 определить сопротивление резистора $R_{доб}$, при включении которого в цепь якоря искусственная характеристика проходит через точку $M_с=M_н$ и $n_с=700$ *об/мин*.

Задание 17.

Для двигателя постоянного тока последовательного возбуждения Д31 определить сопротивление резистора $R_{доб}$ для ограничения тока до $2I_н$ при реверсировании двигателя из номинального режима.

Задание 18.

Для двигателя постоянного тока последовательного возбуждения Д31 определить величину тормозного сопротивления при торможении противовключением при условии, что начальное значение тормозного тока не должно превышать $I_{нач}=2I_н$. До перехода в тормозной режим двигатель работал на естественной характеристике с моментом $M_с=0,8M_н$.

Задание 19.

Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения Д31 работает с номинальной нагрузкой при пониженном напряжении

$U_и=0,7U_н$. Определить скорость при пониженном напряжении.

Задание 20.

Для двигателя постоянного тока последовательного возбуждения Д41 построить искусственные характеристики $\omega(I_я)$ и $\omega(M)$, если в цепь якоря введено добавочное сопротивление $R_{доб}=4R_{вн}$. $R_{вн}=R_я+R_{дп}+R_{ов}$.

Задание 21.

Определить скорость вращения ДПТ последовательного возбуждения Д41 при работе на искусственной характеристике с $R_{доб}=3R_{вн}=3(R_я+R_{дп}+R_{ов})$ и нагрузке $M_с=0,8M_н$.

Задание 22.

Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения Д41, работая на естественной характеристике с $M_с=0,8M_н$, переводится на спуск груза в режиме противовключения. Определить величину дополнительного сопротивления в цепи якоря, если скорость спуска груза $\omega_с=-0,1\omega_н$.

Задание 23.

Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения Д41 работает в режиме динамического торможения с номинальной нагрузкой. В цепь якоря введено дополнительное сопротивление $R_{доп}=1,2$ *Ом*. Определить скорость вращения.

Задание 24.

Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения Д41 работает при пониженном напряжении $U_и=0,6U_н$ с нагрузкой $M_с=0,6M_н$. Определить скорость вращения.

Задание 25.

Для двигателя постоянного тока последовательного возбуждения Д41 определить величину добавочного сопротивления для достижения скорости $\omega_и=0,4\omega_н$ при $M_с=0,8M_н$.

Тема практической работы «Расчёт характеристик двигателей переменного тока»

Задание 1.

Для асинхронного двигателя типа МТН-312-6 рассчитать и построить естественные электромеханическую и механическую характеристики.

Паспортные данные двигателя: $P_{\text{н}} = 17.5$ кВт; $n_{\text{н}} = 945$ об/мин; $\frac{M_{max}}{M_{\text{н}}} = 2{,}5$; $I_{1\text{н}} = 43\ A$; $R_1 = 0{,}337$ Ом; $x_1 = 0{,}431$ Ом; $R_2 = 0{,}125$ Ом; $x_2 = 0{,}254$ Ом; $K_e = 2{,}66$; $I_{2\text{н}} = 54\ A$; $p = 3$.

Задание 2.

Для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором типа 4А160S рассчитать естественную механическую характеристику в двигательном режиме.

Паспортные данные двигателя: $P_{\text{н}} = 15$ кВт; $n_{\text{н}} = 1465$ об/мин; $\frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{н}}} = 1{,}4$; $p = 2$; $\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{н}}} = 7$; $U_{1\text{н}} = 380$ В.

Задание 3.

Для асинхронного двигателя с фазным ротором типа МТН611-6 определить аналитическим методом значения сопротивлений ступеней пускового реостата при пуске в три ступени. Режим пуска нормальный, момент сопротивления при пуске принять равным номинальному моменту двигателя. Паспортные данные двигателя: $P_{\text{н}} = 75$ кВт; $n_{\text{н}} = 950$ об/мин; $E_{2\text{к}} = 270$ В $M_{max} = 2315$ Н · м; $I_{2\text{н}} = 180\ A$; $p = 3$.

Задание 4.

Для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором типа 4А180S4У3 определить номинальный ток статора, пусковой ток, пусковой момент, максимальный момент и критическую скорость вращения. Паспортные данные двигателя: $P_{\text{н}} = 22$ кВт; $n_{\text{н}} = 1440$ об/мин; $\frac{\text{М}_{\text{п}}}{\text{М}_{\text{н}}} = 2{,}3$; $\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{н}}} = 7{,}0$; $cos\varphi = 0{,}9$; $\eta_{\text{н}} = 0{,}9$.

.

Задание 5.

Для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором типа 4АА56А4У3 определить номинальные параметры и построить электромеханическую и механическую характеристики.

Задание 6.

Для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором типа АИР180М4 определить номинальные параметры, построить электромеханическую и механическую характеристики, определить параметры схемы замещения и их изменение при снижении частоты питающего напряжения на 20%.

Задание 7.

Определить номинальные параметры и построить естественную механическую характеристику двигателя типа АИР315М2. Построить искусственные механические характеристики для следующих случаев: уменьшение амплитуды питающего напряжения на 10% и 30%; снижение частоты питающего напряжения до 40 Гц и 25 Гц.

Задание 8.

Для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором типа 4АМ315S6 определить номинальный ток статора, пусковой ток, пусковой момент, максимальный момент и критическую скорость вращения. Построить естественную механическую и электромеханическую характеристики.

Задание 9.

Для асинхронного двигателя с фазным ротором типа MTF111-H6 определить аналитическим методом значения сопротивлений ступеней пускового реостата при пуске в три ступени. Режим пуска нормальный, момент сопротивления при пуске принять равным номинальному моменту двигателя.

Задание 10.

Для асинхронного двигателя с фазным ротором типа 4АНК315М4УЗ определить аналитическим методом значения сопротивлений ступеней пускового реостата при пуске в четыре ступени. Режим пуска форсированный, момент сопротивления при пуске принять равным $1,2M_н$.

Задание 11.

Крановый АД типа МТН-611-10 имеет следующие данные: $P_{ном}$= 45 кВт; $U_{1ном}$=380 В; $n_{ном}$=575 об/мин; f_1=50 Гц; $I_{1ном}$= 115 А; R_c= 0,087 Ом; x_1= 0,189 Ом; $R_р$=0,12 Ом; x_2=0,046 Ом; $I_{2ном}$= 155 А к=1,93; $\lambda=M_к/M_{ном}$=2,5. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику двигателя.

Задание 12.

Определить значения скорости холостого хода и напряжения на статоре АД при частоте 25 Гц и законе управления U_1/f^2=const, если двигатель имеет следующие параметры: Рном=1,4 кВт; $U_{1ном}$=380 В; $n_{ном}$= 870 об/мин; λ=2,8. Построить механические характеристики при разных частотах.

Задание 13.

5 Определить значения скорости холостого хода и напряжения на статоре АД при частоте 25 Гц и законе управления U_1/f=const, если

двигатель имеет следующие параметры: $P_{ном}$=1,4 кВт; $U_{1ном}$=380 В; $n_{ном}$=1440 об/мин; λ=2,5. Построить механические характеристики при разных частотах.

Задание 14.

Определить значения скорости холостого хода и напряжения на статоре АД при частоте 25 Гц и законе управления U^2_1/f=const, если двигатель имеет следующие параметры: Рном=1,4 кВт; $U_{1ном}$=380 В; $n_{ном}$= 870 об/мин; λ=2,8. Построить механические характеристики при разных частотах.

Задание 15.

АД типа МТКН-211-6 имеет следующие данные: $P_{ном}$=8,2 кВт; $U_{1ном}$=380 В; $n_{ном}$=875 об/мин; f_1=50 Гц; $I_{1ном}$=115 А; R_c=0,835 Ом; x_1=0,88 Ом; 2R=1,4 Ом; 2x=0,88; λ =2,5, $\eta_н$=0,715. $\cos\varphi_{ном}$=0,75. Построить его механические и электромеханические характеристики в двигательном режиме и в режиме торможения противовключением с дополнительным сопротивлением $2R_2$.

Задание 16.

Для двигателя типа АК4-450Y-4У3 рассчитать параметры Т- и Г-образной схем замещения, построить естественные механическую и электромеханическую характеристики, определить величину добавочного сопротивления в роторной цепи, при которой при номинальной нагрузке двигатель работает в режиме КЗ.

Задание 17.

Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими параметрами: *Рн=30 кВт*, *2p=6*, *sн=1,5%*, *R2=0,42 Ом*, *λ=2,8*, рассчитать пусковые сопротивления для четырехступенчатой роторной станции.

Задание 18.

Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими параметрами: *Рн=300 кВт*, *2p=4*, *sн=2,4%*, *R2=0,012 Ом*, *U1ф=6 кВ* , работающего с моментом нагрузки на валу М=0,75Мн, рассчитать сопротивление в обмотке ротора, при котором при указанной нагрузке скорость составит 0,8 номинальной.

Задание 19.

Асинхронный двигатель типа 4А180М2У3 включен в сеть с $U_л$=*380 В*. Обмотки статора соединены «треугольником». Определить, как изменятся пусковые токи, пусковой момент и перегрузочная способность двигателя при переключении обмоток на схему «звезда».

Задание 20.

Для синхронного двигателя типа СДН32-1600-20-6УХЛ4 определить: частоту вращения, номинальный и пусковой токи: цепи статора, номинальный, максимальный синхронный, пусковой моменты и асинхронный момент входа в синхронизм (при s=5 %). Напряжение питающей сети U_c=6 кВ при частоте 50 Гц, коэффициент мощности $cos\varphi_1$=0,8.

Раздел 3 Обобщенная электрическая машина

1 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. Условие инвариантности какой величины ставится при использовании метода обобщенной машины?

а) скорости;

б) момента;

в) токов обмоток;

г) мощности.

2. Что понимается под обобщенной электрической машиной?

а) идеализированный двухфазный электромеханический преобразователь;

б) идеализированный трехфазный электромеханический преобразователь;

в) идеализированная машина постоянного тока с моментом и скоростью, соответствующими реальному двигателю;

г) идеализированная синхронная машина с моментом и скоростью, соответствующими реальному двигателю.

3. Каково основное условие возможности приведения многофазных машин к обобщенной?

а) симметричность обмоток;

б) симметричность системы питающих напряжений;

в) симметричность системы токов;

г) симметричность системы потокосцеплений.

4. Какие уравнения являются основными для описания обобщенной машины?

а) уравнения электрического равновесия;

б) уравнения Кларка;

в) уравнения формирования магнитных потоков;

г) уравнения Парка-Горева.

5. Как при применении модели обобщенной машины учитывается явнополюсность реального двигателя?

а) разная индуктивность обмоток по осям координат;

б) разное активное сопротивление обмоток по осям координат;

в) разные токи обмоток по осям координат;

г) разные напряжения обмоток по осям координат.

6. Как обозначается система координат комплексной плоскости обобщенной машины, связанная с электрической осью статора?

а) (α; β);

б) (d; q);

в) (x; y);

г) (u; v).

7. Что понимается под обобщенным (изображающим) вектором?

а) представление величины в виде вектора на комплексной плоскости;

б) представление величины в виде суммы двух векторов по осям системы координат;

в) представление величины в виде системы из трех векторов;

г) представление величины в виде вектора в комплексном пространстве.

8. Какое условие должно соблюдаться при расчете скорости вращения систем координат и изображающих векторов относительно них?

а) условие сцепления полей;

б) условие неподвижности осей;

в) условие симметричности полей;

г) условие неподвижности векторов.

9. Как записываются уравнения обобщенной машины в системе координат, вращающейся с произвольной скоростью?

а) $\begin{cases} u_{1u} = i_{1u}R_1 + \dfrac{d\Psi_{1u}}{dt} - \omega_к \Psi_{1v}, \\ u_{1v} = i_{1v}R_1 + \dfrac{d\Psi_{1v}}{dt} + \omega_к \Psi_{1u}, \\ u_{2u} = i_{2u}R_2 + \dfrac{d\Psi_{2u}}{dt} - (\omega_к - \omega_{эл})\Psi_{2v}, \\ u_{2u} = i_{2v}R_2 + \dfrac{d\Psi_{2v}}{dt} - (\omega_к - \omega_{эл})\Psi_{2u}. \end{cases}$

б) $\begin{cases} u_{1u} = i_{1u}R_1 + \dfrac{d\Psi_{1u}}{dt} + \omega_к \Psi_{1v}, \\ u_{1v} = i_{1v}R_1 + \dfrac{d\Psi_{1v}}{dt} - \omega_к \Psi_{1u}, \\ u_{2u} = i_{2u}R_2 + \dfrac{d\Psi_{2u}}{dt} - (\omega_к - \omega_{эл})\Psi_{2v}, \\ u_{2u} = i_{2v}R_2 + \dfrac{d\Psi_{2v}}{dt} - (\omega_к - \omega_{эл})\Psi_{2u}. \end{cases}$

в) $\begin{cases} u_{1u} = i_{1u}R_1 + \dfrac{d\Psi_{1u}}{dt} - \omega_к \Psi_{1v}, \\ u_{1v} = i_{1v}R_1 + \dfrac{d\Psi_{1v}}{dt} + \omega_к \Psi_{1u}, \\ u_{2u} = i_{2u}R_2 + \dfrac{d\Psi_{2u}}{dt} - \omega_{эл} \Psi_{2v}, \\ u_{2u} = i_{2v}R_2 + \dfrac{d\Psi_{2v}}{dt} - \omega_{эл} \Psi_{2u}. \end{cases}$

г) $\begin{cases} u_{1u} = i_{1u}R_1 + \dfrac{d\Psi_{1u}}{dt} + \omega_к \Psi_{1v}, \\ u_{1v} = i_{1v}R_1 + \dfrac{d\Psi_{1v}}{dt} - \omega_к \Psi_{1u}, \\ u_{2u} = i_{2u}R_2 + \dfrac{d\Psi_{2u}}{dt} + \omega_{эл} \Psi_{2v}, \\ u_{2u} = i_{2v}R_2 + \dfrac{d\Psi_{2v}}{dt} + \omega_{эл} \Psi_{2u}. \end{cases}$.

10. Как определяется момент обобщенной электрической машины?

а) $M = z_П L_\mu (i_{1v} i_{2u} - i_{1u} i_{2v})$;

б) $M = z_П L_\mu (i_{1v} i_{2v} - i_{1u} i_{2u})$;

в) $M = z_П L_\mu (i_{1v} i_{2u} + i_{1u} i_{2v})$;

г) $M = z_П L_\mu (i_{1v} i_{2v} + i_{1u} i_{2u})$

11. В какой системе координат реальные переменные напряжения и токи машины заменяются эквивалентными постоянными?

а) (α; β);

б) (d; q);

в) (x; y);
г) (g; i).

12. Как определяются фазные преобразования обобщенной машины для реальной симметричной трехфазной машины?

а) $\begin{cases} x_{1\alpha} = \frac{3}{2} k_c x_{1a}, \\ x_{1\beta} = \frac{\sqrt{3}}{2} k_c (x_{1b} - x_{1c}). \end{cases}$

б) $\begin{cases} x_{1\alpha} = \frac{\sqrt{3}}{2} k_c x_{1a}, \\ x_{1\beta} = \frac{\sqrt{3}}{2} k_c (x_{1b} - x_{1c}). \end{cases}$

в) $\begin{cases} x_{1\alpha} = \frac{\sqrt{3}}{2} k_c x_{1a}, \\ x_{1\beta} = \frac{3}{2} k_c (x_{1b} - x_{1c}). \end{cases}$

г) $\begin{cases} x_{1\alpha} = \sqrt{\frac{3}{2}} k_c x_{1a}, \\ x_{1\beta} = \frac{3}{2} k_c (x_{1b} - x_{1c}). \end{cases}$.

13. Чему равен согласующий коэффициент обобщенной машины для реальной трехфазной машины?

а) $\frac{3}{2}$;

б) $\sqrt{\frac{3}{2}}$;

в) $\sqrt{\frac{2}{3}}$;

г) $\frac{2}{3}$.

14. Что нужно учитывать при переходе к эквивалентной обобщенной машине для описания несимметричных режимов реальной трехфазной машины?
а) составляющие прямой последовательности;
б) составляющие обратной последовательности;
в) составляющие нулевой последовательности;
г) составляющие комплексной последовательности.

15. С каким изображающим вектором будет связана действительная ось системы координат (α; β) для асинхронного двигателя?

а) напряжение на обмотке фазы А статора;
б) потокосцепление статора;
в) ток фазы А ротора;
г) потокосцепление ротора.

Раздел 4 Энергетика электропривода.

1 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. Чем ограничивается наибольшая допустимая температура нагрева двигателя?

а) температурой плавления обмоток;
б) термической стойкостью его изоляции;
в) механической стойкостью подшипников;
г) уставкой тепловой отсечки теплового реле.

2. Что не влияет на нагрев двигателя?

а) потери энергии в обмотках статора и ротора;
б) потери на гистерезис и вихревые токи;
в) потери электроэнергии в проводах питающей линии;
г) трение в подшипниках.

3. При каких условиях продолжается повышение температуры электродвигателя?

а) пока электродвигатель включен в сеть электропитания;
б) пока электродвигатель не достигнет скорости холостого хода;
в) пока количество теплоты, отдаваемое поверхностью электродвигателя, не станет равным количеству теплоты, выделяемому электродвигателем;
г) пока механическая мощность электродвигателя не станет равной электрической мощности, потребляемой из сети.

4. Какое значение стандартной температуры окружающей среды используется при тепловых расчетах двигателей?

а) 20 ^{o}C;
б) 24 ^{o}C;
в) 30 ^{o}C;
г) 40 ^{o}C.

5. На что делятся изоляционные материалы, применяемые в электрических машинах и аппаратах?

а) классы;

б) группы;

в) виды;

г) категории.

6. Чему равна предельно допустимая температура нагрева обмоток электродвигателя класса F?

а) 120 ^{o}C;

б) 130 ^{o}C;

в) 155 ^{o}C;

г) 180 ^{o}C.

7. При достижении какой температуры на практике нагрев электродвигателя считается законченным?

а) 0,85…0,87 установившегося значения температуры;

б) 0,87…0,92 установившегося значения температуры;

в) 0,92…0,95 установившегося значения температуры;

г) 0,95…0,98 установившегося значения температуры.

8. Зависимость нагрузки от какого параметра представляет собой нагрузочная диаграмма электропривода?

а) времени;

б) скорости;

в) момента двигателя;

г) напряжения.

9. Сколько номинальных режимов работы электродвигателей предусмотрено ГОСТ-Р-52776-2007?

а) 6;

б) 8;

в) 10;

г) 12.

10. Какой буквой обозначаются режимы работы электроприводов?

а) D;

б) G;

в) S;

г) W.

11. Какой из перечисленных номинальных режимов работы электропривода не является основным?

а) продолжительный

б) кратковременный
в) повторно-кратковременный
г) повторно-кратковременный с пусками

12. При соблюдении какого условия температуру электродвигателя считают установившейся?
а) если в течение часа работы двигателя она увеличивается не более чем на 1 ^{o}C;
б) если в течение часа работы двигателя она увеличивается не более чем на 10 ^{o}C;
в) если в течение часа работы двигателя она увеличивается не более чем на 5 ^{o}C;
г) если в течение часа работы двигателя она увеличивается не более чем на 20 ^{o}C.

13. Через какое время наступает установившееся значение температуры электродвигателя?
а) $T_{Н}$;
б) $4T_{Н}$;
в) $2T_{Н}$;
г) $10T_{Н}$.

14. Как называется режим работы электродвигателя при неизменной нагрузке, продолжающийся столько времени, что превышение температуры всех частей двигателя достигает установившихся значений?
а) кратковременный;
б) повторно-кратковременный;
в) продолжительный;
г) повторно-кратковременный с пусками.

15. Как называется режим работы электродвигателя, при котором рабочие периоды с неизменной номинальной нагрузкой чередуются с периодами отключения машины; при этом периоды нагрузки (рабочие периоды) недлительны и превышение температуры не достигает установившегося значения, а периоды паузы позволяют двигателю охладиться до температуры окружающей среды?
а) кратковременный;
б) повторно-кратковременный;
в) продолжительный;
г) повторно-кратковременный с пусками.

16. Каковы значения стандартной продолжительности рабочего периода?
а) 20, 40, 80 и 100 мин;

б) 15, 30, 60 и 90 мин;
в) 5, 15, 25 и 50 мин;
г) 1, 3, 5 и 9 мин.

17. Как называется режим работы электродвигателя, при котором периоды неизменной номинальной нагрузки (рабочие периоды) чередуются с периодами отключения машины (паузами), причем как рабочие периоды, так и паузы не настолько длительны, чтобы превышение температуры могло достигнуть установившихся значений как при нагреве, так и при охлаждении?
а) продолжительный;
б) кратковременный;
в) повторно-кратковременный;
г) повторно-кратковременный с пусками.

18. Какую величину не превышает продолжительность цикла для повторно-кратковременного режима работы электродвигателя?
а. 5 мин
б. 15 мин
в. 20 мин
г. 10 мин

19. Каковы стандартные значения относительной продолжительности включения (ПВ) для повторно-кратковременного режима?
а) 15, 25, 40 и 60%;
б) 10, 20, 50 и 90%;
в) 1, 2, 5 и 9%;
г) 25, 50, 75 и 100%.

20. Если при работе двигателя момент и мощность рабочей машины не изменяются, то двигатель выбирают с номинальной мощностью, равной мощности нагрузки рабочей машины, делённой на…
а) КПД электродвигателя;
б) КПД передачи;
в) КПД источника электрической энергии;
г) коэффициент активной мощности.

21. Какой из методов эквивалентных величин не относится к применяемым на практике методам проверки выбранного электродвигателя по нагреву?
а) метод эквивалентного напряжения;
б) метод эквивалентного тока;
в) метод эквивалентного момента;
г) метод эквивалентной мощности.

22. При проверке электродвигателя по нагреву с помощью метода эквивалентного тока необходимо что бы номинальный ток предварительно выбранного по каталогу электродвигателя был по отношению к эквивалентному току…

а) больше не менее чем в 2 раза;

б) больше или равен;

в) меньше или равен;

г) меньше.

23. При проверке электродвигателя по нагреву с помощью метода эквивалентного момента необходимо, чтобы номинальный момент предварительно выбранного по каталогу электродвигателя был по отношению к эквивалентному моменту…

а) больше не менее чем в 2 раза;

б) больше или равен;

в) меньше или равен;

г) меньше.

24. При проверке электродвигателя по нагреву с помощью метода эквивалентной мощности необходимо что бы номинальная мощность предварительно выбранного по каталогу электродвигателя был по отношению к эквивалентной мощности…

а) больше не менее чем в 2 раза;

б) больше или равна;

в) меньше или равна;

г) меньше.

25. Если для кратковременного режима выбрать электродвигатель, предназначенный для работы в продолжительном режиме, но с мощностью кратковременного режима работы, то…

а) электродвигатель будет недоиспользован по тепловому режиму;

б) электродвигатель быстро перегреется;

в) электродвигатель не сможет преодолеть момент сопротивления при пуске;

г) электродвигатель будет работать в режиме холостого хода.

5 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1. Структура электропривода как электромеханической системы.
2. Основное уравнение движения электропривода.
3. Приведение механических параметров электропривода к валу двигателя.

4. Упругие связи в электроприводе, их влияние на свойства системы.
5. Двухмассовая модель электропривода с упругими связями.
6. Трехмассовая модель электропривода с упругими связями.
7. Естественные характеристики двигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения.
8. Искусственные характеристики двигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения при изменении параметров.
9. Пуск двигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения.
10. Тормозные режимы двигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения.
11. Реверс двигателя постоянного тока независимого (параллельного) возбуждения.
12. Естественные характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.
13. Искусственные характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения при изменении параметров.
14. Пуск двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.
15. Тормозные режимы двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.
16. Естественные характеристики двигателя постоянного тока смешанного возбуждения.
17. Искусственные характеристики двигателя постоянного тока смешанного возбуждения при изменении параметров.
18. Пуск двигателя постоянного тока смешанного возбуждения.
19. Тормозные режимы двигателя постоянного тока смешанного возбуждения.
20. Естественные характеристики асинхронного двигателя.
21. Искусственные характеристики двигателя асинхронного двигателя при изменении параметров.
22. Пуск асинхронного двигателя.
23. Тормозные режимы асинхронного двигателя.
24. Динамическое торможение асинхронного двигателя.
25. Особенности асинхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором.

26. Характеристики синхронного двигателя. Статическая механическая. Угловая. U-образная.
27. Рабочие характеристики синхронного двигателя.
28. Пуск синхронного двигателя.
29. Управление скоростью синхронного двигателя.
30. Динамическая механическая характеристика синхронного двигателя.

6 Вопросы к зачету для промежуточной аттестации

1. Понятие об обобщенной электрической машине.
2. Основные допущения при применении метода обобщенной машины.
3. Системы координат обобщенной машины.
4. Уравнения обобщенной машины.
5. Линейные преобразования переменных при переходе к обобщенной машине.
6. Фазные преобразования переменных при переходе к обобщенной машине для симметричных режимов.
7. Фазные преобразования переменных при переходе к обобщенной машине для несимметричных режимов.
8. Модели двигателей постоянного тока как обобщенной машины.
9. Модели асинхронных двигателей как обобщенной машины.
10. Модели синхронных двигателей как обобщенной машины.
11. Основные законы нагрева и охлаждения электродвигателей.
12. Способы охлаждения электродвигателей.
13. Классы изоляции обмоток электродвигателей.
14. Понятие о предельной температуре и предельном перегреве двигателя.
15. Понятие о нагрузочной диаграмме, циклограмме и тахограмме. Продолжительность включения.
16. Режим работы S1. Особенности, выбор двигателя.
17. Режим работы S2. Особенности, выбор двигателя.
18. Режим работы S3. Особенности, выбор двигателя.
19. Режим работы S4. Особенности, выбор двигателя.
20. Режим работы S5. Особенности, выбор двигателя.
21. Режим работы S6. Особенности, выбор двигателя.
22. Режим работы S7. Особенности, выбор двигателя.
23. Режим работы S8. Особенности, выбор двигателя.

24. Режим работы S9. Особенности, выбор двигателя.
25. Режим работы S10. Особенности, выбор двигателя.
26. Предварительный выбор двигателя по мощности.
27. Проверка двигателя по нагреву по методу средних потерь.
28. Проверка двигателя по нагреву по методу эквивалентного тока.
29. Проверка двигателя по нагреву по методу эквивалентного момента.
30. Проверка двигателя по нагреву по методу эквивалентной мощности.
31. Постоянные потери в электродвигателе.
32. Переменные потери в электродвигателе.

7 Задачи к экзамену для промежуточной аттестации

Задача 1.

Рассчитайте и постройте механическую характеристику вентилятора M_c (ω) с учетом момента потерь в двигателе $_{\Delta}M_{дв}$ и механизме $_{\Delta}M_{мех}$.

Мощность двигателя $P_н$ = 10кВт; $\omega_н$ =105$с^{-1}$;

$_{\Delta}M_{дв}$ = 10Н·м; $_{\Delta}M_{мех}$ =30Н·м.

Задача 2.

Рассчитать и построить механическую характеристику тележки M_c (ω) с учетом момента потерь в двигателе $_{\Delta}M_{дв}$ и механизме $_{\Delta}M_{мех}$ на интервале частот - $\omega_н < \omega < \omega_н$.

Исходные данные: $\omega_н$ =105$с^{-1}$; $_{\Delta}M_{дв}$ = 0,5Н·м; $_{\Delta}M_{мех}$ = 2,5Н·м.

Задача 3.

Рассчитать и построить механическую характеристику подъемного устройства с учетом потерь в двигателе $_{\Delta}M_{дв}$ и механизме $_{\Delta}M_{мех}$ на интервале частот - $\omega_н < \omega < +\omega_н$.

Исходные данные: $_{\Delta}M_{дв}$ = 6 Н·м; $_{\Delta}M_{мех}$ = 5Н·м; $M_{ро}$=30Н·м; $\omega_н$ =105$с^{-1}$.

Задача 4.

Кинематическая схема электропривода содержит двигатель, одноступенчатый редуктор и механизм. Момент механизма $M_{мех}$ = 500 Н·м, момент инерции механизма $J_{мех}$ = 5 кг·$м^2$. Момент инерции двигателя и передачи $J_д$ = 0,2 кг·$м^2$. Передаточное число редуктора i = 5, КПД передачи η=0,9. Определить приведенный к валу двигателя момент $M_{с\,пр}$ и приведенный момент инерции $J_{пр}$.

Задача 5.

Для привода подъёмного механизма используется электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением, получающий питание от сети 220 В. Необходимые данные двигателей приведены в табл. 1.

Разгон двигателя до естественной характеристики производится при $Ф=Ф_{ном}$ с помощью трёхступенчатого пускового реостата при максимальном пусковом моменте $M_П = \frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$ (см. табл. 1).

При спуске груза $M_с=0.8\ M_{ном}$, в цепь якоря вводится сопротивление $R_{доб}=1.3\ R_{ном}$. Остановка двигателя производится в режиме динамического торможения по схеме с независимым возбуждением от начальной скорости $ω_{нач}$ на естественной характеристике при $M_с=0.5\ M_{ном}$ и с начальным тормозным моментом $M_{нач}=2\ M_н$.

Требуется:

1. Построить пусковую диаграмму при $Ф=Ф_{ном}$ с заданным числом ступеней пускового реостата. Определить сопротивление каждой секции и полное внешнее сопротивление в цепи якоря.
2. Определить скорость опускания груза и режим работы двигателя при спуске груза.
3. Построить механическую характеристику для случая динамического торможения и определить величину тормозного сопротивления.
4. Построить частотные характеристики динамической жёсткости естественной механической характеристики.
5. Определить погрешность, вносимую при использовании для расчёта динамики статической механической характеристики, если изменение скорости с частотой f=3 Гц по закону $ω=ω_{ном}(1+0{,}1\ \sin 18.9t)$.
6. Построить динамическую механическую характеристику и определить максимум переменной составляющей момента.

Таблица 1. - Технические данные двигателей.

Тип двигателя	$P_н$, кВт	$I_н$, А	$R_я$, Ом	$R_{доп}$, Ом	J, кг·м^2	$ω_н$, с$^{-1}$	$M_н$
Д12	1.1	6	1.13	0.5	0.052	139.2	2.0
Д21	1.6	9	0.66	0.28	0.125	122.38	2.5
Д22	2.0	12	0.37	0.196	0.15	127.6	2.2
Д31	3.0	17	0.325	0.093	0.3	98.32	2.0
Д32	4.0	22	0.2	0.08	0.425	85.25	2.0
Д41	5.5	30	0.11	0.051	0.8	77.92	2.4
Д806	6.5	35	0.0675	0.041	1.0	75.31	2.5
Д808	9.5	50	0.034	0.02	2.0	66.94	2.0
Д810	12.0	65	0.0234	0.0122	3.65	63.28	2.2
Д812	16.0	85	0.014	0.009	7.0	60.15	2.4

Задача 6

Для привода подъёмного механизма используется крановометаллургический двигатель с последовательным возбуждением серии Д 220 В, ПВ=40%. Необходимые данные приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Технические данные двигателей

Тип двигателя	$P_н$, кВт	$I_н$, А	$n_н$, об/мин	$R_я$, Ом	$R_{дп}$, Ом	$R_{ов}$, Ом	CID2, кг·м^2
Д12	2.4	15	1150	1.13	0.5	0.59	0.2
Д21	3.6	22	1040	0.66	0.28	0.28	0.5
Д22	4.8	28	970	0.37	0.196	0.26	0.6
Д31	6.8	39	900	0.325	0.093	0.111	1.2
Д32	9.5	53	760	0.2	0.08	0.0972	1.7
Д41	13.0	71	730	0.11	0.051	0.049	3.2
Д806	17.0	92	640	0.0675	0.041	0.052	4.0
Д808	24.0	125	615	0.034	0.02	0.031	8.0
Д810	35.0	182	610	0.0234	0.0122	0.016	14.6
Д812	47.0	242	560	0.014	0.009	0.0103	28.0

Пуск двигателя осуществляется с помощью трёхступенчатого пускового реостата; двигатель осуществляет спуск груза M_c=0.8 Мн со скоростью ω_c= - 0.5$\omega_н$. Остановка двигателя осуществляется в режиме динамического торможения при начальной скорости на естественной характеристике при M_c=0.8 Мн с начальным тормозным моментом $M_{нач}$=2.5.

Требуется:

1. Построить естественные электромеханическую и механическую характеристики двигателя.
2. Рассчитать и построить пусковую диаграмму двигателя. Определить значение секций пускового реостата.
3. Определить величину добавочного сопротивления для спуска груза в требуемом режиме.
4. Определить величину сопротивления динамического торможения и построить механическую характеристику.
5. Определить напряжение на якоре, при котором механическая характеристика при $R_{доб}$=0 проходит через точку ω=0.25$\omega_н$ при M=$M_н$.

Задача 7

Определить параметры Т-образной схемы замещения асинхронного двигателя серии А4 по каталожным данным. Технические каталожные данные двигателей приведены по табл.3.

Таблица 3 – Технические данные двигателей

Последняя цифра шифра	$P_н$, кВт	$U_{1н}$, В	n_0, об/мин	$s_н$, %	$\eta_н$, %	Cos $\phi_н$	K_I	$K_н$	λ	K_{min}
1	18.5	220	1000	2.5	87.0	0.86	6.0	1.2	2.0	1.0
2	22.0	220	1000	2.4	88.5	0.87	6.0	1.2	2.0	1.0
3	30.0	220	1000	2.3	90.0	0.88	6.0	1.3	2.1	1.0
4	37.0	220	1000	1.9	90.5	0.88	6.5	1.3	2.1	1.0
5	45.0	220	1000	2.0	91.0	0.87	6.5	1.2	2.0	1.0
6	55.0	220	750	1.3	92.5	0.87	6.5	1.2	1.9	1.0
7	15.0	220	750	2.6	86.0	0.80	5.5	1.2	1.9	1.0
8	18.5	220	750	2.7	87.5	0.80	5.5	1.2	2.0	1.0
9	22.0	220	750	2.6	89.0	0.84	5.5	1.3	2.0	1.0
0	30.0	220	750	2.3	89.5	0.82	5.5	1.3	1.9	1.0

Задача 8

Для привода механизма (M_c=0.8$M_н$) используется асинхронный двигатель с фазным ротором типа МТ. Паспортные данные двигателя приведены в табл. 4. Двигатель работает на реостатной характеристике $R_{2доб}$=1 Ом, затем переводится в режим торможения противовключением с начальным тормозным моментом $M_{нач\ m}$=2.3 $M_н$.

Требуется:

1. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику двигателя.

2. Определить скорость вращения при включении $R_{доб}$=1 Ом и построить искусственную механическую характеристику.

3. Рассчитать сопротивление, которое должно быть включено в режиме противовключения, для получения требуемого начального тормозного момента.

$P_н$, кВт	n_0, об/мин	$\lambda=M_{кр}/M_н$	статор			ротор			$E_{2к}$, В	K_E	J, кг·м^2	P	$M^*_{пуск}=M_{пуск}/M_н$
			$I_{1н}$, А	R_1, Ом	x_1, Ом	$I_{2н}$, А	R_2, Ом	x_2, Ом					
1.4	885	2.3	5.3	5.98	3.93	9.3	0.69	0.57	112	9.85	0.021	3	1.8
2.2	895	2.3	7.5	3.6	2.58	11	0.67	0.58	144	6.25	0.029	3	1.9
3.5	915	2.3	10.5	2.16	2.03	13.7	0.52	0.75	181	3.84	0.048	3	2.0
5.0	925	2.5	14.8	1.32	1.39	16.6	0.50	0.43	206	2.97	0.068	3	1.7
7.5	935	2.5	20.8	0.68	1.07	19.8	0.44	0.88	255	1.92	0.115	3	1.6
11	945	2.8	28.6	0.54	0.575	42.5	0.11	0.23	172	4.44	0.225	3	2.0
7.5	695	2.5	21.0	0.88	0.965	20.5	0.47	0.72	251	2.04	0.275	4	2.0
16	955	2.8	37.6	0.33	0.41	49.5	0.099	0.25	208	3.06	0.312	3	2.5
11	710	2.8	33.0	0.53	0.56	41.0	0.13	0.23	182	3.84	0.388	4	2.5
22	965	2.8	45.7	0.28	0.43	61.0	0.066	0.23	225	2.56	0.5	3	2.5

Задача 9

Определить постоянную времени нагрева аналитически (по трём и двум точкам) и графическим путём проведения касательной в тех точках. Определить установившуюся температуру двигателя. Часть кривой нагрева задана в таблице 5.

Табличное задание кривой нагрева

Время, мин	20	40	50	80	120	160	200
Перегрев	17	29,5	35	44	52	56	57,5

Задача 10

Двухскоростной асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, паспортные данные которого приведены в таблице 6, пускается вхолостую.

Требуется:

1. Рассчитать потери энергии при прямом и ступенчатом пуске на высшую скорость.

2. Рассчитать потери энергии при прямом и ступенчатом торможении с высшей скорости.

Задача 11

Для двигателя Д21 используя номинальные и паспортные данные определить конструктивный коэффициент КФ, скорость идеального холостого хода $\omega_с$, ток короткого замыкания $I_{кз}$ и момент короткого замыкания $M_{кз}$.

$P_н$=4,5кВт; $I_н$=26А; $n_н$=1030 об/мин; $R_я+R_{дп}$=0,66+0,28 Ом;
$I_{вн}$=1,2 А; $R_{ов}$=142 Ом; $U_н$=220 В.

Задача 12

Определить величину сопротивления в цепи якоря ДПТ с параллельным возбуждением. Для того чтобы двигатель развивал номинальный момент, работая в режимах:

а) рекуперативного торможения со скоростью n=1200 об/мин;

б) динамического торможения со скоростью n=210 об/мин;

в) торможения противовключением со скоростью n= –210 об/мин;

$P_н$=21 кВт; $U_н$=220 В; $I_{ян}$=113А; $n_н$=980 об/мин;
$R_я+R_{дп}$=0,155 Ом;

Задача 13

Определить величину дополнительного сопротивления, которое необходимо включить в цепь якоря ДПТ с параллельным возбуждением, работающего в режиме динамического торможения, чтобы при номинальном моменте скорость составляла $n=0,5n_н$

$P_н$=1,6 кВт; $U_н$=110 В; $I_{ян}$=19,7А; $n_н$=970 об/мин;
$R_я+R_{дп}$=0,6 Ом.

8 Задачи к зачету для промежуточной аттестации

Задача 1

Для ДПТ МП– 41 определить дополнительное сопротивление в цепи возбуждения, если скорость идеального холостого хода на искусственной характеристике $\omega_{он}=1,2\ \omega_{ос}$.

$P_н$=12 кВт; $I_{ян}$=64А; $n_н$=685 об/мин; $R_я+R_{дп}$=0,243 Ом; $U_н$=220 В;

Задача 2

Определить во сколько раз следует уменьшить магнитный поток ДПТ, чтобы при $M_с$= 0,6 $M_н$ получить скорость вращения $n_к=1,4n_н$.

$P_н$=14 кВт; $U_н$=220 В; $n_н$=1500 об/мин; $I_н$=73,5А; $R_я+R_{дп}$=0,14 Ом;

Задача 3

Для ДПТ с параллельным возбуждением аналитически определить сопротивления ступеней пускового реостата. Пуск производится в 2 ступени, режим пуска нормальный.

$P_н$=25 кВт; $U_н$=220 В; $n_н$=420 об/мин; $I_{ян}$=120А; $M_с$= 0,85 $M_н$

Задача 4

Для двигателя МП– 51 с последовательным возбуждением построить естественную механическую характеристику и искусственную механическую характеристику, если дополнительное сопротивление в цепи якоря $R_{я\ доп}$=0,5Ом.

$P_н$=25 кВт; $n_н$=585 об/мин; $I_н$=134А; $R_{ов}$=0,032Ом;
$R_я+R_{дп}$=0,0845Ом; $U_н$=220 В.

Задача 5

Для двигателя МП– 22 с последовательным возбуждением определить дополнительное сопротивление при торможении противовключением при условии, что начальное значение тормозного тока не должно превышать $2I_н$. До перехода в тормозной режим двигатель работал на естественной характеристике при $M_с$= 0,85 $M_н$.

$P_н$=4,5 кВт; $n_н$=880 об/мин; $I_н$=28А; $R_{ов}$=0,26Ом;
$R_я+R_{дп}$=0,87Ом; $U_н$=220 В.

Задача 6

Используя каталожные данные АД с ФР типа МТ012– 6 построить электромеханическую характеристику для двигательного режима, режима рекуперации и противовключения.

$P_н$=2,2 кВт; $n_н$=895 об/мин; $M_{max}/M_н$=2,3;
$I_{1н}$=1,75А;
R_1=3,6 Ом; X_1=2,58 Ом; R_2=0,67 Ом;
X_2=0,585 Ом;
$E_{2к}$=144 В; $U_н$=380 В; $K_R=K_C^2$=2,5; $I_{2н}$=11А;

Задача 7

Для двигателя МТ012–6, определить аналитически сопротивления ступеней пускового реостата при пуске в три ступени. Пуск форсированный.

Задача 8

Кинематическая схема электропривода содержит двигатель, одноступенчатый редуктор и механизм. $M_с$=500Н·м; $J_{мех}$=5кг·м; $J_д$=0,2кг·м; передаточное число редуктора i=4; КПД передачи η=0,8. Определить время пуска до скорости $\omega=120_с^{-1}$ при постоянном моменте двигателя $M_д$=200Н·м.

Задача 9

Определить ускорение ξ и время разгона $t_п$ привода до скорости $\omega=105_с^{-1}$ при постоянном электромагнитном моменте двигателя $M_д$=1,4Н·м и моменте сопротивления $M_с$=0,8Н·м. Момент инерции, приведенный к валу двигателя $J_{пр}$=0,01кг·м^2.

Задача 10

АД МТКВ 312– 8 пускается в холостую. Определить время пуска.

$P_н$=11 кВт; $n_н$=690 об/мин; $M_{кр}/M_н$=3,3; $M_п/M_н$=3,1; J=0,375кг·м^2

Задача 11

ДПТ с параллельным возбуждением приводит в движение подъемную лебедку. Определить момент и ток якоря при спуске груза, если двигатель работает в режиме рекуперативного торможения со скоростью 800 об/мин.

$P_н$=13 кВт; $U_н$=110 В; $n_н$=680 об/мин; $R_я+R_{дп}$=0,08 Ом;

Задача 12

Определить скорость вращения двигателя МП– 41 при статическом моменте $M_с$= 0,6 $M_н$ и дополнительном сопротивлении в цепи якоря 0,5 Ом.

$P_н$=12 кВт; $I_{ян}$=64А; $n_н$=685 об/мин; $R_я+R_{дп}$=0,243 Ом; $U_н$=220 В;

Задача 13

Определить момент на валу двигателя и приведенным момент инерции механизма. Исходные данные: $\omega_д$ – 180 рад/с; $J_р$ – 1,35 кг·м^2 ; J_1 – 0,25 кг·м^2 ; ω_2 – 39 рад/с; J_2 – 1,65 кг·м^2 ; ω_3 – 12 рад/с; J_3 – 1,2 кг·м^2 ; $J_{им}$ – 220 кг·м^2 ; $M_с$ – 7000 Н·м; m – 2500 кг; $F_с$ – 17 кН; v – 2 м/с.