МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Филиал «Протвино»
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Университет «Дубна»
(филиал «Протвино» государственного университета «Дубна»)

Кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств»

УТВЕРЖДАЮ
Директор

Филиал «Протвино» государственного университета «Дубна»
Евсиков Александр Александрович
я подтверждаю этот документ своей удостоверяющей подписью
2026-06-05 13:56:37

_____ /Евсиков А.А./
подпись *Фамилия И.О.*
« 08 » мая 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

Автоматизированный электропривод
наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
код, наименование

Уровень высшего образования
бакалавриат
бакалавриат, магистратура, специалитет

Направленность (профиль) образовательной программы
«Автоматизация технологических процессов и производств»

Форма обучения
заочная
очная, очно-заочная, заочная

Протвино, 2026 г.

Автор(ы) программы:

Леонов А.П., доцент, к.т.н., доцент
кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств» _____
Фамилия И.О., должность, ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), кафедра; *подпись*

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки высшего образования
15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
(код и наименование направления подготовки (специальности))

Программа рассмотрена на заседании кафедры
«Автоматизация технологических процессов и производств»
(название кафедры)

Протокол заседания № 6 от «06» мая 2026 г.

Заведующий кафедрой Евсиков А.А.
(Фамилия И.О., подпись)

Эксперт (рецензент):

_____

(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, место работы, должность; если текст рецензии не прикладывается – подпись эксперта (рецензента), заверенная по месту работы)

Оглавление

1 Цели и задачи освоения дисциплины 4
2 Место дисциплины в структуре ОПОП 4
3 Планируемые результаты обучения по дисциплине 5
4 Объем дисциплины 5
5. Содержание дисциплины 6
6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине 9
7 Фонды оценочных средств по дисциплине 10
8 Ресурсное обеспечение 11
Приложение к рабочей программе дисциплины «Фонды оценочных средств» 15

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины «Автоматизированный электропривод» (АЭП):

– формирование у обучающихся профессиональной ПК-3 компетенции в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавров 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» с учетом направленности бакалаврской программы – «Автоматизация технологических процессов и производств»;

– подготовка будущего бакалавра к участию во всех фазах исследования, проектирования и эксплуатации АЭП как средства автоматизации технологических процессов и производств.

Задачи освоения дисциплины «Автоматизированный электропривод»:

Изучить:

- принципы построения и характеристики современных АЭП;
- конструкцию и характеристики электрических машин как исполнительных органов АЭП;
- способы регулирования координат АЭП при пуске, реверсе, торможении и в установившемся режиме;
- типы силовых полупроводниковых преобразователей и их характеристики;
- правила выбора исполнительных двигателей и силовых преобразователей регулируемых АЭП в зависимости от типа нагрузки;
- способы настройки и правила введения АЭП в эксплуатацию.

Овладеть:

- навыками определения оптимальных способов регулирования координат АЭП при пуске, реверсе, торможении и в установившемся режиме;
- методикой энергетического расчета АЭП, выбора типов исполнительных двигателей и силовых полупроводниковых преобразователей;
- навыками построения типовых схем АЭП и систем управления ими;
- навыками настройки и введения АЭП в эксплуатацию.

Специфика курса учитывает особенности информационных технологий для студентов с ограниченными возможностями здоровья. Преподавание данного курса происходит с использованием адаптированной компьютерной техники.

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу дисциплины «Автоматизированный электропривод», являются:

- системы автоматизации производственных и технологических процессов изготовления продукции различного служебного назначения, управления ее жизненным циклом и качеством, контроля, диагностики и испытаний;
- нормативная документация;
- средства технологического оснащения систем автоматизации, управления, контроля, диагностирования, испытаний в основном и вспомогательном производствах, а также методы и средства их исследования, проектирования, изготовления, отладки, производственных испытаний в различных отраслях национального хозяйства.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Автоматизированный электропривод» Б1.В.14 относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной дисциплиной.

Дисциплина преподается в VIII семестре IV курса.

Приступая к изучению дисциплины «Автоматизированный электропривод», студент имеет знания и навыки по дисциплинам: «Физика», «Теоретическая механика», «Электро-

техника и электроника», «Технические средства автоматизации», «Теория автоматического управления».

3 Планируемые результаты обучения по дисциплине

Формируемые компетенции *(код и наименование)*	**Индикаторы достижения компетенций** *(код и формулировка)*	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**
ПК-3. Способность разрабатывать рабочий проект гибких производственных систем в машиностроении и осуществлять выбор программного обеспечения для системы управления гибкими производственными системами	ПК-3.1. Выполняет разработку сборочных чертежей рабочего проекта гибких производственных систем	Знать принцип работы, технические характеристики модулей гибких производственных систем
		Уметь оформлять пояснительную записку рабочего проекта гибких производственных систем
		Владеть способностью разработки технических проектов с использованием средств автоматизации проектирования

Результат обучения сформулирован с учетом следующего профессионального стандарта:

— Профессиональный стандарт 40.152 «Специалист по проектированию гибких производственных систем в машиностроении», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 01 февраля 2017 г. № 117н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 22 февраля 2017 г., регистрационный № 45783).

4 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, **всего 108 академических часов.**

10 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

6 часов – лекционные занятия;

4 часа – лабораторные работы.

89 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

9 часов – мероприятия промежуточной аттестации (экзамен).

5. Содержание дисциплины

заочная **форма обучения**

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (академ. часы)	в том числе:						
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)[1]						Самостоятельная работа обучающегося
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	КРП*	...	Всего	
VII семестр								
Раздел 1. Введение в автоматизированный электропривод (АЭП) Тема 1.1. Определение, структура и классификация АЭП. Тема 1.2. Одномассовая расчётная модель АЭП.	4	–	–	–			0	4
Раздел 2. АЭП на базе электрических машин (ЭМ) постоянного тока Тема 2.1. Конструкция и принцип действия ЭМ постоянного тока. Тема 2.2. Статические характеристики двигателей постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ), их энергетические режимы работы. Тема 2.3. Способы регулирование скорости ДПТНВ. Схемы включения и характеристики управляемых выпрямителей в системе «тиристорный преобразователь – двигатель» (ТП – Д). Тема 2.4. Двигатели постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТПВ).	16	2	–	–	–		2	14
Раздел 3. АЭП на базе электрических машин переменного тока Тема 3.1. Асинхронные двигатели (АД) как исполнительные устройства АЭП переменного тока. Тема 3.2. Синхронные двигатели (СД). Тема 3.3. Линейные двигатели переменного тока.	32	2	–	2			4	28
Раздел 4. Выбор исполнительных двигателей АЭП.	24	1	–	–			1	23

[1] Перечень видов учебных занятий уточняется в соответствии с учебным планом.

Тема 4.1. Исходные данные и последовательность выбора исполнительных двигателей электроприводов. Тема 4.2. Выбор исполнительных двигателей и частотных преобразователей для типовых режимов работы в АЭП								
Раздел 5. Принципы построения и настройки современных АЭП Тема 5.1. Принципы построения АЭП. Тема 5.2. Методика настройки цифровых ПИД – регуляторов отечественных промышленных сервоприводов. Тема 5.3. Аналоговые и цифровые электроприводы в станкостроении.	23	1	–	2			3	20
Промежуточная аттестация: - экзамен	9[2]	X						
Итого по дисциплине	108	6	0	4			10	89

*****_КРП - часы контактной работы на курсовую работу (проект) по дисциплине. Часы относятся к внеаудиторной контактной работе, выполняются вне расписания учебных занятий по дисциплине. Указываются, если предусмотрены учебным планом._

[2] Часы на промежуточную аттестацию (зачет, дифференцированный зачет, экзамен и др.) указываются в случае выделения их в учебном плане.

Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение в автоматизированный электропривод (АЭП)

Тема 1.1. Определение, структура и классификация АЭП

Определения электрического привода и АЭП. Анализ функциональной схемы АЭП и её составных частей. Классификация АЭП по степени управляемости, по роду тока, по способам распределения механической энергии.

Тема 1.2. Одномассовая расчетная модель АЭП

Формулы приведения параметров механической части привода к валу двигателя. Уравнения движения АЭП. Механические характеристики двигателя и нагрузки, их жёсткость. Определение параметров установившегося движения по механическим характеристикам.

Раздел 2. АЭП на базе электрических машин (ЭМ) постоянного тока

Тема 2.1. Конструкция и принцип действия ЭМ постоянного тока

Устройство ЭМ постоянного тока. Принцип действия генератора и двигателя постоянного тока, обратимость ЭМ. Коммутация в ЭМ постоянного тока, способы их возбуждения.

Тема 2.2. Статические характеристики двигателей постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ), их энергетические режимы работы

Схема включения ДПТНВ. Определение электромеханических и механических характеристик двигателя, построение их графиков. Анализ энергетических режимов ДПТНВ (двигательный и генераторный, включающий торможение противовключением, рекуперативное, динамическое).

Тема 2.3. Способы регулирование скорости ДПТНВ. Схемы включения и характеристики управляемых выпрямителей в системе «тиристорный преобразователь – двигатель» (ТП – Д).

Анализ работы ДПТНВ в переходных режимах, регулирование величины тока в якоре с помощью резисторов при пуске, торможении, реверсе.

Регулирование скорости ДПТНВ изменением напряжения на обмотке якоря, электромеханические и механические характеристики. Трехфазный реверсивный управляемый выпрямитель с нулевым выводом. Мостовая схема трехфазного реверсивного управляемого выпрямителя.

Регулирование скорости ДПТНВ изменением магнитного потока, электромеханические и механические характеристики.

Импульсное регулирование скорости ЭП с ДПТНВ, режим прерывистых токов.

Тема 2.4. Двигатели постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТПВ).

Схема включения ДПТПВ, его особенности, область применения. Способы регулирования скорости, статические характеристики. Способы торможения.

Раздел 3. АЭП на базе электрических машин переменного тока

Тема 3.1. Асинхронные двигатели (АД) как исполнительные устройства АЭП переменного тока.

Конструкция и принцип действия трёхфазного АД с короткозамкнутым (кз) и фазным ротором. Электромеханические и механические характеристики трёхфазного АД с короткозамкнутым (кз) ротором, его энергетические режимы работы, способы регулирования скорости, способы торможения. Техническая реализация преобразователей частоты (ПЧ) в АЭП переменного тока.

Однофазные АД, схемы включения, механические характеристики.

Тема 3.2. Синхронные двигатели (СД).

Принцип действия и конструкция трехфазного СД, его механическая характеристика. СД как компенсатор реактивной мощности. Управление синхронным двигателем (способы пуска, частотное регулирование скорости, динамическое торможение СД, особенности переходных процессов электроприводов с СД.

Шаговый двигатель (ШД), принцип работы и схемы коммутации обмоток. Конструкция ШД и точность позиционирования. Основные характеристики ШД и последовательность его выбора. Схемы управления приводами с ШД.

Конструкция и принцип работы вентильных электродвигателей, их характеристики.

Тема 3.3. Линейные двигатели переменного тока.

Конструкция линейных двигателей переменного тока.

Примеры линейных асинхронных и синхронных двигателей в совокупности с производственными механизмами.

Раздел 4. Выбор исполнительных двигателей АЭП.

Тема 4.1. Исходные данные и последовательность выбора исполнительных двигателей электроприводов.

Режимы работы двигателей в электроприводах. Исходные данные и порядок выбора серийных двигателей постоянного и переменного тока. Методы проверки электродвигателей по нагреву. Проверка на перегрузочную способность и достаточность пускового момента.

Тема 4.2. Выбор исполнительных двигателей и частотных преобразователей для типовых режимов работы в АЭП.

Выбор электродвигателей для режимов работы *S1-S3, S5.* Выбор серийного преобразователя частоты по электрической совместимости с двигателем для режима *S5.*

Раздел 5. Принципы построения и настройки современных АЭП.

Тема 5.1. Принципы построения АЭП.

АЭП как часть технологического процесса. АЭП с общим суммирующим усилителем. АЭП с подчиненным управлением, настройка контуров на технический оптимум.

Тема 5.2. Методика настройки цифровых ПИД – регуляторов отечественных промышленных сервоприводов.

Определение сервопривода и особенности его конструкции. Алгоритм настройки параметров цифрового ПИД – регулятора в тестовом режиме.

Тема 5.3. Аналоговые и цифровые электроприводы в станкостроении.

Структура аналоговых и цифровых электроприводов в станкостроении. Цифровые интерфейсы.

Настройка электроприводов основных движений при векторном управлении. Оптимизация параметров контуров момента, скорости и положения. Тесты для устранения резонансных точек каждого привода. Настройка и проверка добротности приводов.

Требования к электроприводам главного движения и подач.

При реализации дисциплины (модуля) «Автоматизированный электропривод» организуется практическая подготовка путем выполнения лабораторных работ, выполнения контрольной (самостоятельной) работы по индивидуальным заданиям, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Для контроля усвояемости дисциплины разработаны тесты (25 вопросов) и вопросы для диагностической работы (25 вопросов), представленные в разделе «Фонд оценочных средств».

Практическая подготовка при изучении дисциплины реализуется непосредственно в филиале.

6 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

Для обеспечения реализации программы дисциплины «Автоматизированный электропривод» разработаны:

– учебное пособие по автоматизированным электроприводам с частотным управлением;
– учебное пособие по выбору исполнительных двигателей производственных механизмов;
– методические указания к лабораторным работам;

– индивидуальные задания к контрольной работе (индивидуальные задания);
– тесты;
– вопросы для диагностической работы.

Методические материалы по дисциплине «Автоматизированный электропривод».

7 Фонды оценочных средств по дисциплине

Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям образовательной программы по дисциплине разработаны фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения (знания, умения, навыки) и сформированные (формируемые) компетенции.

Эти фонды включают теоретические вопросы, выполнение лабораторных работ, выполнение контрольной работы, подготовку к экзамену и сдачу экзамена, критерии оценивания (тесты, вопросы для диагностической работы), используемые при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении к рабочей программе.

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются оценочными материалами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:
- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:
- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

8 Ресурсное обеспечение

Перечень литературы

Основная учебная литература

1. Дементьев, Ю.В. Электрический привод: учебное пособие для академического бакалавриата / Ю.Н. Дементьев, А.Ю. Чернышев, И.А. Чернышев. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 223. – Серия: Университеты России. – ISBN 978-5-9916-6279-6.
   Дементьев, Ю. Н. Электрический привод : учебное пособие для вузов / Ю. Н. Дементьев, А. Ю. Чернышев, И. А. Чернышев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 223 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01415-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/489996 (дата обращения: 04.05.2023). – Режим доступа: по подписке.
2. Белов М.П. и др. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов/ М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – М.: "Академия", 2004. - 576 с.: ил.
3. Москаленко В.В. Электрический привод: Учеб. пособие. - М.: ВШ., 2000. - 368 с. (4 экз.) + 2 - е изд. стереотипное. – 2001 г. (13 экз.); + то же 2004г. (17 экз.)
   Москаленко, В. В. Электрический привод : учебник / В.В. Москаленко. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 364 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/4557. - ISBN 978-5-16-009474-8. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1851452 (дата обращения: 26.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная учебная литература

4. Леонов, А.П. Выбор исполнительных двигателей для электрических приводов производственных механизмов: учебное пособие / А. П. Леонов. - Москва: Прометей, 2013. - 139с.: ил.
5. Евсиков А.А. Автоматизированный электропривод с частотным управлением : Учебное пособие / А.А. Евсиков, В.А. Коковин, А.П. Леонов; Рец. В.В. Селезнев. - Дубна : Государственный университет "Дубна", 2020. - 121с. : ил. - ISBN 978-5-89847-592-5
   Евсиков А.А. Автоматизированный электропривод с частотным управлением : Учебное пособие / А.А. Евсиков, В.А. Коковин, А.П. Леонов; Рец. В.В. Селезнев. - Дубна : Государственный университет "Дубна", 2020. – 121 с. : ил. - ISBN 978-5-89847-592-5 - Текст : электронный. // Веб-сайт филиала «Протвино» государственного университета «Дубна». – URL: http://www.uni-protvino.ru/images/publications/ump_atp/atp_em_14.pdf. (дата обращения: 29.04.2023). – Режим доступа ограниченный, по логину и паролю.
6. Евсиков А.А. Системы управления оборудованием в автоматизированном производстве: Учебное пособие / А.А. Евсиков, В.А. Коковин, А.П. Леонов. – Дубна: Государственный университет "Дубна", 2018. – 139 с.: ил. - ISBN 978-5-89847-538-3.
   Евсиков А.А. Системы управления оборудованием в автоматизированном производстве: Учебное пособие / А.А. Евсиков, В.А. Коковин, А.П. Леонов. – Дубна: Государственный университет "Дубна", 2018. – 139 с.: ил. - ISBN 978-5-89847-538-3.– Текст: электронный // Веб-сайт филиала «Протвино» государственного университета «Дубна». – URL: http://www.uni-protvino.ru/images/publications/ump_atp/atp_em_29.pdf. (дата обращения: 29.04.2023). – Режим доступа ограниченный, по логину и паролю.
7. Системы автоматизированного управления электроприводами: Учебное пособие / Г.И. Гульков, Ю.Н. Петренко, Е.П. Раткевич, О.Л. Симоненко; Под общ. ред. Ю.Н. Петренко – 2-е изд., испр. и доп. – Минск: Новое знание, 2007. – 394 с.: ил.

Периодические издания

1. Силовая электроника / Учредитель: ООО «Медиа КиТ». – Санкт-Петербург. – Журнал выходит 6 раз в год. – Основан в 2004 году. – ISSN 2079-9322 . – Текст : электронный. Полные электронные версии статей журнала доступны по подписке на сайте «East View»: https://dlib.eastview.com/browse/publication/87269/udb/12.

2. Современные технологии автоматизации: профессиональный научно-технический журнал. / Учредитель: ООО «СТА-ПРЕСС»; гл. ред. Сорокин С.А. - М.: Издательство «СТА-ПРЕСС», - Журнал выходит 2 раза в полуг. - Основан в 1996 г. - ISSN 0206-975X. – Текст : непосредственный (подписка на печатное издание).

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронно-библиотечные системы и базы данных

1. ЭБС «Znanium.com»: https://znanium.com/
2. ЭБС «Лань»: https://e.lanbook.com/
3. ЭБС «Юрайт»: https://urait.ru//
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: https://biblioclub.ru/
5. Научная электронная библиотека (РУНЭБ) «eLIBRARY.RU»: http://elibrary.ru
6. Национальная электронная библиотека (НЭБ): http://нэб.рф/
7. Базы данных российских журналов компании «East View»: https://dlib.eastview.com/

Научные поисковые системы

1. ArXiv.org - научно-поисковая система, специализируется в областях: компьютерных наук, астрофизики, физики, математики, квантовой биологии. http://arxiv.org/
2. Google Scholar - поисковая система по научной литературе. Включает статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций. https://scholar.google.ru/
3. SciGuide - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

1. Открытое образование https://openedu.ru/

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы

Проведение лекционных занятий предполагает использование комплектов слайдов и программных презентаций по рассматриваемым темам.

Проведение лабораторных работ осуществляется в лаборатории автоматизации технологических процессов и производств с использованием специализированных стендов с доступом в локальную сеть филиала (образовательную среду), а также в определенном порядке с доступом к информационным ресурсам Интернета.

Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, а также в определённом порядке доступом к информационным ресурсам Интернета.

Дисциплина обеспечена необходимым программным обеспечением: «LabVIEW 7.0» (студенческая версия, лицензия № M62X97164); программы Open office, свободная лицензия, код доступа не требуется.

В филиале «Протвино» государственного университета «Дубна» созданы условия для обучения людей с ограниченными возможностями: использование специальных образовательных программ и методов обучения, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающим обучающимся необходимую техническую помощь, обеспечение доступа в здания организации.

Имеется универсальное средство для подъема и перемещения инвалидных колясок – пандус-платформа складной.

Компьютерные классы оборудованы столами для инвалидов с ДЦП, также здесь оборудованы рабочие места для лиц с ОВЗ: установлены специальный программно-технологический комплекс позволяющий работать на них студентам с нарушением опорно-двигательного аппарата, слабовидящим и слабослышащим. Имеются гарнитуры компактные, беспроводная клавиатура с большими кнопками, беспроводной компьютерный джойстик с

двумя выносными кнопками, беспроводной ресивер, беспроводная выносная большая кнопка, портативное устройство для чтения печатных материалов.

Специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, в том числе в формате печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы) имеются в ЭБС, на которые подписан филиал.

Наличие на сайте справочной информации о расписании учебных занятий в адаптированной форме доступной для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья, являющихся слепыми или слабовидящими.

Описание материально-технической базы

Проведение лабораторных работ осуществляется в лаборатории автоматизации технологических процессов и производств на следующих специализированных стендах:

- асинхронный электропривод, включающий электромашинный агрегат и моноблок системы управления;
- стенды для исследования двигателей и АЭП на базе модулей и систем завода мехатронных изделий (модулей линейных перемещений, интегрированных сервоприводов СПШ и комплектных сервоприводов СПС):

  – стенд на базе модуля линейного перемещения СТМ-2/1110/100000, серводвигателя СПС-80.007.033-ВО-ABZ-2048, сервоусилителя СПС25-12А-Е1, блока питания для сервопривода БП10-34.

  – стенд на базе модуля линейного перемещения МР-110/2000/000000, интегрированного сервопривода СПШ 20-34100/2000-Z. Стенд на базе модуля линейного перемещения АР-1/2000/010000., серводвигателя СПС-80.016.075-ВО-ABZ-2048, сервоусилителя СПС25-12А-Е1, редуктора червячного NMRV040|i=10; осциллографа ADS-2111MV; адаптер USB-6008.

Для проведения лекционных занятий используется аудитория с проектором и экраном.

Для выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются индивидуальными заданиями, по сети имеют доступ к электронным пособиям по адресу: atlas/material/кафедра АТПиП/, к «Электронной образовательной среде», а также в определённом порядке получают доступ к информационным ресурсам Интернета.

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья могут использовать специализированное программное и материально-техническое обеспечение:

- обучающиеся с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости могут использовать адаптивные технические средства: специально оборудованные джойстики, увеличенные выносные кнопки, клавиатуры с большими клавишами.
- обучающиеся с ограничениями по зрению могут прослушать доступный аудиоматериал или прочитать тексты, увеличив шрифт на экране монитора компьютера. Рекомендуется использовать экранную лупу и другие визуальные вспомогательные средства, чтобы изменить шрифт текста, межстрочный интервал, синхронизацию с речью и т.д., программы экранного доступа (скринридеры для прочтения текстовой информации через синтезированную речь) и/или включить функцию «экранного диктора» на персональном компьютере с операционной системой Windows 7, 8, 10.
- обучающиеся с ограничениями по слуху могут воспользоваться компьютерной аудиогарнитурой при прослушивании необходимой информации и портативной индукционной системой серии «ИСТОК».

При необходимости обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами (образовательная программа, учебные пособия и др.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,
– в форме электронного документа,
– в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,
– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,
– в форме электронного документа,
– в форме аудиофайла.

Приложение к рабочей программе дисциплины

Фонды оценочных средств

В результате освоения дисциплины «Автоматизированный электропривод» программы бакалавров по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» с учетом направленности бакалаврской программы – «Автоматизация технологических процессов и производств» выпускник должен обладать следующими компетенциями:

Компетенция **ПК-3** - Способен разрабатывать рабочий проект гибких производственных систем в машиностроении и осуществлять выбор программного обеспечения для системы управления гибкими производственными системами

код и формулировка компетенции

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, а также шкал оценивания

Компетенция ПК-3 - Способен разрабатывать рабочий проект гибких производственных систем в машиностроении и осуществлять выбор программного обеспечения для системы управления гибкими производственными системами

ИНДИКАТОР ДОСТИЖЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (код и наименование)	**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по практике ШКАЛА оценивания**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
ПК-3.1. Выполняет разработку сборочных чертежей рабочего проекта гибких производственных систем	Отсутствие знания	Демонстрирует частичное знание принципов работы, технических характеристик модулей гибких производственных систем. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое знание принципов работы, технических характеристик модулей гибких производственных систем. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует устойчивое знание принципов работы, технических характеристик модулей гибких производственных систем. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное знание принципов работы, технических характеристик модулей гибких производственных систем. Не допускает ошибок.
	Отсутствие умения	Демонстрирует частичное умение оформлять пояснительную записку рабочего проекта гибких производственных систем. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение оформлять пояснительную записку рабочего проекта гибких производственных систем. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует устойчивое умение оформлять пояснительную записку рабочего проекта гибких производственных систем. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное умение оформлять пояснительную записку рабочего проекта гибких производственных систем. Не допускает ошибок.

	Отсутствие владения	Демонстрирует частичное владение разработкой технических проектов с использованием средств автоматизации проектирования. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое владение разработкой технических проектов с использованием средств автоматизации проектирования. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует устойчивое владение разработкой технических проектов с использованием средств автоматизации проектирования. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует свободное и уверенное владение разработкой технических проектов с использованием средств автоматизации проектирования. Не допускает ошибок.

При балльно-рейтинговой системе все знания, умения и навыки, приобретаемые студентами в результате изучения дисциплины, оцениваются в баллах.

Оценка качества работы в рейтинговой системе является накопительной и используется для оценивания системной работы студентов в течение всего периода обучения.

По итогам работы в семестре студент может получить максимально **70** баллов. Итоговой формой контроля в VII семестре является экзамен. На экзамене студент может набрать максимально **30** баллов.

В течение VII семестра студент может заработать баллы за следующие виды работ:

№	Вид работы	Сумма баллов
1	Посещение лекций	18
2	Выполнение лабораторных работ	32
3	Выполнение контрольной работы	20
	Итого:	70

Если к моменту окончания семестра студент набирает от **51** до **70** баллов, то он получает допуск к экзамену.

Если студент к моменту окончания семестра набирает от **61** до **70** баллов, то он может получить автоматическую оценку «удовлетворительно». При желании повысить свою оценку, студент имеет право отказаться от автоматической оценки и сдать экзамен.

Если студент не набрал минимального числа баллов (**51** балл), то он не получает допуск к экзамену.

Соответствие рейтинговых баллов и академических оценок экзамена

Общая сумма баллов за семестр	Итоговая оценка
86-100	Отлично
71-85	Хорошо
51-70	Допуск к экзамену
в том числе: 61-70	Возможность получения автоматической оценки «удовлетворительно»
51-60	Только допуск к экзамену
0-50	Неудовлетворительно (студент не допущен к экзамену)

Текущий контроль успеваемости осуществляется в процессе проведения лекций, выполнения практических, лабораторных и самостоятельных работ в соответствии с приведенным ниже графиком.

График выполнения и защит лабораторных и контрольной работы студентами в VII семестре

Виды работ	Недели учебного процесса																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ЛР1-ЛР2									ВЛР1		ВЛР2						
ПР-2										В ПР-2							

(указываются: ВЛР на недели выполнения ЛР, В ПР-2 на неделю выдачи задания на контрольную работу)

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

– в печатной форме,
– в печатной форме увеличенным шрифтом,
– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

При необходимости обучающемуся инвалиду и лицу с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене. У обучающегося инвалида и лица с ОВЗ имеется возможность выбора формы контроля на практических занятиях, зачетах, экзаменах, подходящая конкретно для него.

Фонды оценочных средств для дисциплины «Автоматизированный электропривод»

Формируемые компетенции *(код и наименование)*	**Индикаторы достижения компетенций** *(код и формулировка)*	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**	**Наименование оценочного материала**
ПК-3. Способность разрабатывать рабочий проект гибких производственных систем в машиностроении и осуществлять выбор программного обеспечения для системы управления гибкими производственными системами	ПК-3.1. Выполняет разработку сборочных чертежей рабочего проекта гибких производственных систем.	Знать принцип работы, технические характеристики модулей гибких производственных систем	Вопросы к экзамену № 1-44. Лабораторные работы №1, 2. Контрольная работа ПР-2. Тест, вопросы 1 – 25. Вопросы 1-25 для диагностической работы.
		Уметь оформлять пояснительную записку рабочего проекта гибких производственных систем	
		Владеть способностью разработки технических проектов с использованием средств автоматизации проектирования	

НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Вопросы к экзамену по дисциплине «Автоматизированный электропривод»

1. Определение автоматизированного электропривода. Блок – схема и типы электроприводов.
2. Механика движения электропривода (ЭП). Уравнения движения ЭП. Определение приведенных к валу двигателя моментов инерции и сопротивления, скорости и ускорения.
3. Механические характеристики двигателя и механические характеристики исполнительного органа. Жесткость механических характеристик. Определение параметров установившегося движения.
4. Принцип действия генератора постоянного тока и двигателя постоянного тока. Устройство электрической машины постоянного тока.
5. Способы возбуждения электрических машин постоянного тока. ЭДС вращения обмотки якоря. Основные уравнения двигателя постоянного тока.
6. Схема включения и статические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ). Способы регулирования скорости ДПТНВ.
7. Энергетические режимы работы двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ).
8. Регулирование тока и момента двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ) при пуске, торможении и реверсе. Расчет величин добавочных резисторов.
9. Регулирование скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ) изменением напряжения якоря. Система «Тиристорный преобразователь – двигатель» с однофазным двухполупериодным нереверсивным тиристорным выпрямителем, собранным по нулевой схеме. Принцип работы выпрямителя. Механические характеристики системы.
10. Система «Тиристорный преобразователь – двигатель» с трехфазным тиристорным преобразователем с нулевым выводом. Принцип работы. Механические характеристики электропривода с двигателем постоянного тока с независимым возбуждением.
11. Регулирование скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ) изменением магнитного потока.
12. Двигатели постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТПВ). Схема включения, статические характеристики и режимы работы. Торможение ДПТПВ.
13. Устройство трехфазного асинхронного двигателя. Принцип действия.
14. П-образная схема замещения трехфазного асинхронного двигателя. Электромеханическая и механическая характеристики трехфазного асинхронного двигателя. Способы регулирования скорости.
15. Регулирование скорости электропривода изменением напряжения на статоре трехфазного асинхронного двигателя в системе «Тиристорный преобразователь – двигатель».
16. Регулирование скорости электропривода с трехфазным асинхронным двигателем изменением частоты питающего напряжения. Механические характеристики.
17. Схема статического преобразователи частоты (ПЧ) со звеном постоянного тока для регулирования скорости электропривода с трехфазным асинхронным двигателем.
18. Регулирование скорости электропривода с трехфазным асинхронным двигателем изменением числа пар полюсов. Схема переключения статорной обмотки «Треугольник – двойная звезда».
19. Регулирование скорости электропривода с трехфазным асинхронным двигателем изменением числа пар полюсов. Схема переключения статорной обмотки «Звезда – двойная звезда».
20. Торможение асинхронного двигателя противовключением, рекуперативное и динамическое торможение.
21. Электропривод с однофазным асинхронным двигателем (АД). Включение 3-х фазного АД в однофазную сеть.
22. Принцип действия трехфазных синхронных двигателей. Механические характеристики. Способы пуска синхронного двигателя (без подробного рассмотрения).

23. Регулирование скорости и торможение синхронного двигателя.
24. Принцип действия шагового двигателя. Симметричная и несимметричная коммутация. Частота приемистости. Дробление шага.
25. Основные характеристики и порядок выбора ШД.
26. Виды управляемых инверторов. Выводы о достоинствах частотного управления.
27. Исходные параметры для выбора двигателя электропривода.
28. Последовательность выбора двигателя электропривода.
29. Проверка предварительно выбранного ДПТ НВ на перегрузочную способность.
30. Проверка предварительно выбранных 3-х фазных АД с кз ротором и СД на перегрузочную способность и достаточность пускового момента.
31. Проверка двигателя по нагреву методом средних потерь и методом эквивалентных величин.
32. Выбор двигателя электропривода для режима S1 при постоянном моменте сопротивления и постоянной установившейся скорости.
33. Порядок выбора двигателя для режима S2: а) двигателя, предназначенного для продолжительного режима работы; б) двигателя, предназначенного для режима S2.
34. Порядок выбора двигателя для режима S3.
35. Порядок выбора двигателя для режима S5.
36. Выбор преобразователя частоты по электрической совместимости с двигателем.
37. Выбор способа регулирования скорости двигателя в зависимости от типа нагрузки.
38. Электропривод (ЭП) с общим суммирующим усилителем. Замкнутая схема ЭП с двигателем постоянного тока и обратными связями по току и скорости.
39. Блок-схема электропривода с подчиненным регулированием. П и ПИ – регуляторы, их передаточные функции, выражения для расчета коэффициентов усиления и постоянных времени. Достоинства систем подчиненного регулирования.
40. Настройка контура в системе подчиненного регулирования на технический оптимум. Оптимальные соотношения коэффициентов в характеристическом уравнении.
41. Последовательность настройки цифрового ПИД-регулятора промышленного сервопривода.
42. Аналоговые электроприводы с подчиненным регулированием, применяемые в станкостроении.
43. Цифровые электроприводы с подчиненным регулированием, применяемые в станкостроении.
44. Настройка цифровых приводов. Оптимизация переходных процессов. Устранение резонансных точек, настройка добротности приводов.

Тематика лабораторных работ:

1. Лабораторная работа №1 «Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором» (2 часа).
2. Лабораторная работа №2 Изучение конструкции промышленных интегрированных сервоприводов СПС25 и СПШ20 и структуры управления ими (2 часа).

Методическое обеспечение лабораторных работ по дисциплине «Автоматизированный электропривод»

1. Евсиков А.А. Автоматизированный электропривод с частотным управлением : Учебное пособие / А.А. Евсиков, В.А. Коковин, А.П. Леонов; Рец. В.В. Селезнев. - Дубна : Государственный университет "Дубна", 2020. - 121с. : ил. - ISBN 978-5-89847-592-5

   Евсиков А.А. Автоматизированный электропривод с частотным управлением : Учебное пособие / А.А. Евсиков, В.А. Коковин, А.П. Леонов; Рец. В.В. Селезнев. - Дубна : Государственный университет "Дубна", 2020. – 121 с. : ил. - ISBN 978-5-89847-592-5 - Текст : электронный. // Веб-сайт филиала «Протвино» государственного университета «Дубна». – URL: http://www.uni-protvino.ru/images/publications/ump_atp/atp_em_14.pdf. (дата обращения: 29.04.2023). – Режим доступа ограниченный, по логину и паролю.

Тематика контрольных работ

1. Контрольная работа ПР-2 «Выбор исполнительного двигателя для привода главного движения токарного станка с ЧПУ» (индивидуальные задания) – 5 часов.

Задание на контрольную работу ПР-2
«Выбор исполнительного двигателя для привода главного движения токарного станка с ЧПУ»

Выбрать электрический асинхронный двигатель (АД) серии АИР или двигатель постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ) серии МИ для привода главного движения токарного станка с ЧПУ, работающего в режиме S1 с переменной нагрузкой. Пуск двигателя выполняется без нагрузки. Нагрузочная диаграмма двигателя для режима резания приведена на рис. 1. Численные значения параметров заданы в таблице 1, где номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале группы**.**

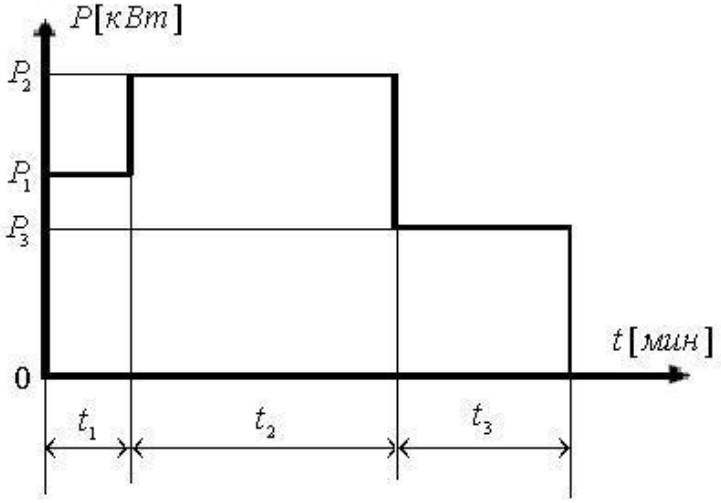


Рис. 1 Нагрузочная диаграмма двигателя

Таблица 1

№ варианта	P_1 *кВт*	P_2 *кВт*	P_3 *кВт*	t_1 *мин*	t_2 *мин*	t_3 *мин*	*n об/мин*	*Тип двигателя*
1	*6.0*	*12*	*6.7*	*9*	*3*	*7*	2900 ± 50	*АД*
2	*1.1*	*2.0*	*0.8*	*11*	*5*	*15*	2500 ± 50	*ДПТНВ*
3	*3.3*	*6.0*	*4.8*	*7*	*2.5*	*7*	950 ± 50	*АД*
4	*15.1*	*23.0*	*16.4*	*10*	*5*	*5*	1460 ± 20	*АД*
5	*2.2*	*3.1*	*1.8*	*10*	*8*	*16*	2500 ± 50	*ДПТНВ*
6	*7.5*	*12.0*	*8.4*	*12*	*4*	*7*	2900 ± 50	*АД*
7	*3.5*	*12.0*	*5.0*	*7*	*2.5*	*7*	950 ± 30	*АД*
8	*18.8*	*32.0*	*21.8*	*7*	*3*	*4*	1450 ± 50	*АД*
9	*13.4*	*19.0*	*13.8*	*14*	*6*	*13*	950 ± 50	*АД*
10	*7.0*	*14*	*5.8*	*11*	*7*	*15*	1450 ± 30	*АД*
11	*17.2*	*24.0*	*16.0*	*9*	*3*	*11*	2900 ± 50	*АД*
12	*4.2*	*7.1*	*5.2*	*6*	*2*	*7*	1460 ± 20	*АД*
13	*2.1*	*3.2*	*1.7*	*9*	*9*	*17*	2500 ± 50	*ДПТНВ*
14	*11.3*	*17.5*	*12.4*	*11*	*4.5*	*6*	1450 ± 30	*АД*
15	*16*	*25*	*17.8*	*10.5*	*5*	*8.5*	1460 ± 20	*АД*

ТЕСТЫ

Вопрос 1. Какое соотношение между приведенным к валу двигателя моментом сопротивления M_C и вращающим моментом двигателя $M_{ДВ}$ в установившемся режиме работы электропривода?

Варианты ответов:
1) $M_C < M_{ДВ}$;
2) $M_C = M_{ДВ}$;
3) $M_C > M_{ДВ}$.
Ответ: 2).

Вопрос 2. Двигатели постоянного тока (ДПТ) с каким возбуждением наиболее широко используются в промышленных электроприводах?

Варианты ответов:
1) ДПТ с независимым возбуждением, ДПТ со смешанным возбуждением;
2) ДПТ с последовательным возбуждением, ДПТ с параллельным возбуждением;
3) ДПТ с независимым возбуждением, ДПТ с последовательным возбуждением;
4) ДПТ с независимым возбуждением, ДПТ с магнитоэлектрическим возбуждением.
Ответ: 3).

Вопрос 3. В каком режиме ток в якоре двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ) имеет наибольшую величину?

Варианты ответов:
1) при холостом ходе*;*
2) при пуске;
3) при номинальном моменте сопротивления;
Ответ: 2).

Вопрос 4. Как величина допустимого тока $I_{ЯДОП}$ в якоре ДПТНВ зависит от времени $t_{ПП}$ переходного процесса в электроприводе?

Варианты ответов:
1) при $t_{ПП} < 10$ *с.* $I_{ЯДОП} = 2I_{ЯНОМ}$, где $I_{ЯНОМ}$ – номинальное значение тока в якоре двигателя;
   при $t_{ПП} > 10$ *с.* $I_{ЯДОП} = I_{ЯНОМ}$;
2) при $t_{ПП} < 10$ *с.* $I_{ЯДОП} = (3 \div 4)\, I_{ЯНОМ}$:
   при $t_{ПП} > 10$ *с.* $I_{ЯДОП} = I_{ЯНОМ}$;
3) при $t_{ПП} < 10$ *с.* $I_{ЯДОП} = (3 \div 4)\, I_{ЯНОМ}$:
   при 10 *с.* $< t_{ПП} < 60$ *с.* $I_{ЯДОП} = (2 \div 2.5)\, I_{ЯНОМ}$;
   при $t_{ПП} \geq 60$ *с.* $I_{ЯДОП} = I_{ЯНОМ}$:
4) при $t_{ПП} < 10$ *с.* $I_{ЯДОП} = (5 \div 6)\, I_{ЯНОМ}$:
   при 10 *с.* $< t_{ПП} < 60$ *с.* $I_{ЯДОП} = (3 \div 4)\, I_{ЯНОМ}$;
   при $t_{ПП} \geq 60$ *с.* $I_{ЯДОП} = I_{ЯНОМ}$:
Ответ: 3).

Вопрос 5. Каким образом ограничивается ток в якоре ДПТНВ при пуске и торможении?

Варианты ответов:
1) включением резистора параллельно обмотке якоря на время переходного процесса;
2) включением резистора последовательно с обмоткой якоря постоянно;
3) включением конденсатора параллельно обмотке якоря;
4) включением резистора последовательно с обмоткой якоря на время переходного процесса.
Ответ: 4).

Вопрос 6. Каковы значения напряжений на обмотке возбуждения $U_{ОВ}$ и обмотке якоря $U_{ОЯ}$ при регулировании скорости механизма от 0 до номинальной?

Варианты ответов:
1) $U_{ОЯ} = U_{ОЯНОМ}$ (номинальное значение $U_{ОЯ}$); $0 < U_{ОВ} < U_{ОВНОМ}$ (номинальное значение $U_{ОВ}$);

2) $0<U_{ОЯ}<U_{ОЯНОМ}$; $0<U_{ОВ}<U_{ОВНОМ}$;
3) $0<U_{ОЯ}<U_{ОЯНОМ}$; $U_{ОВ}=U_{ОВНОМ}$;
4) $0<U_{ОЯ}<U_{ОЯНОМ}$; $U_{ОВ}=0.5U_{ОВНОМ}$.
Ответ: 3).

Вопрос 7. Каковы значения напряжений на обмотке возбуждения $U_{ОВ}$ и обмотке якоря $U_{ОЯ}$ при регулировании скорости механизма большей номинальной?

Варианты ответов:
1) $U_{ОЯ}=U_{ОЯНОМ}$ (номинальное значение $U_{ОЯ}$); $0<U_{ОВ}<U_{ОВНОМ}$ (номинальное значение $U_{ОВ}$);
2) $0<U_{ОЯ}<U_{ОЯНОМ}$; $0<U_{ОВ}<U_{ОВНОМ}$;
3) $0<U_{ОЯ}<U_{ОЯНОМ}$; $U_{ОВ}=U_{ОВНОМ}$;
4) $U_{ОЯ}=U_{ОЯНОМ}$; $U_{ОВДОП}\leq U_{ОВ}\leq U_{ОВНОМ}$, где $U_{ОВДОП}$ – минимальное допустимое значение $U_{ОВ}$.
Ответ: 4).

Вопрос 8. Механические характеристики ДПТНВ располагаются в 4-х квадрантах (рис. 1). Выберите правильные ответы, характеризующие работу двигателя.

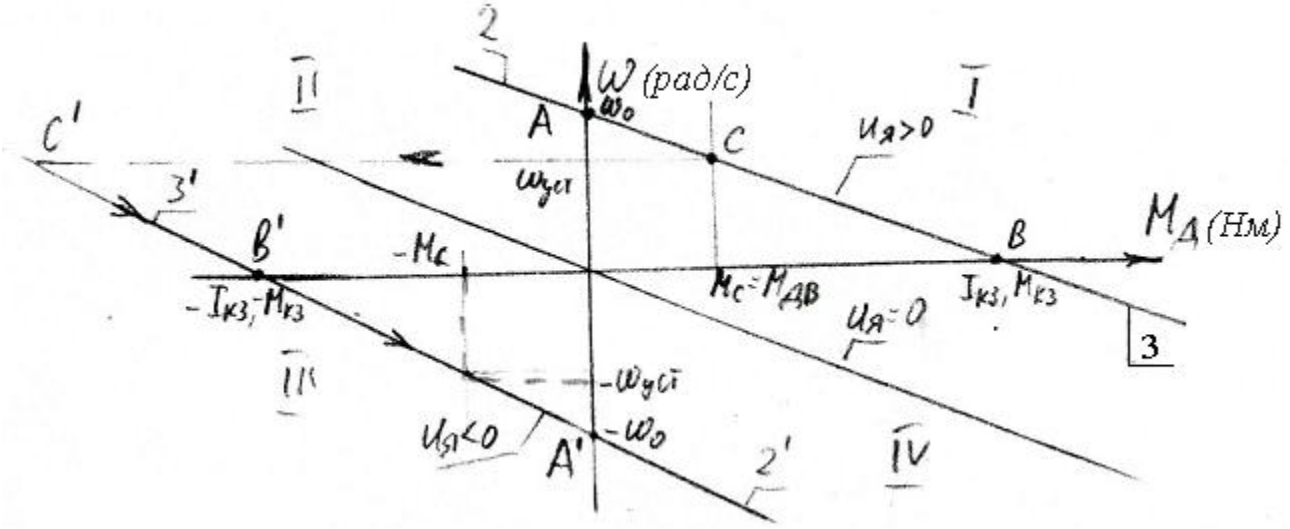


Рис. 1

Варианты ответов:
1) в I и III квадрантах ДПТНВ работает в двигательном режиме, во II и IV в генераторном;
2) участки 2 и 2' соответствуют режиму торможения противовключением, а 3 и 3' режиму рекуперативного торможения;
3) точки А и А' соответствуют режиму пуска, а точки В и В' режиму холостого хода;
4) участки 2 и 2' соответствуют режиму рекуперативного торможения, 3 и 3' режиму торможения противовключением;
5) точки А и А' соответствуют режиму холостого хода, а точки В и В' режиму пуска.
Правильные ответы: 1), 4). 5).

Вопрос 9. Из какого металла изготавливают сердечники статора и ротора (якоря) электрических машин постоянного и переменного тока?

Варианты ответов:
1) из алюминия;
2) из цельного куска стали;
3) из меди;
4) из тонколистовой технической стали.
Ответ: 4).

Вопрос 10. Назовите способ регулирования скорости вращения ротора трехфазного асинхронного двигателя (АД) с короткозамкнутым (кз) ротором, обеспечивающий его широчайшее применение в современных АЭП.

Варианты ответов:
1) изменением величины напряжения на обмотке статора;
2) изменением частоты напряжения на обмотке статора;
3) изменением частоты и амплитуды напряжения на обмотке статора;
4) изменением числа пар полюсов.
Ответ: 3).

Вопрос 11. Преобразователи частоты (ПЧ) с какими автономными инверторами позволяют создавать быстродействующие реверсивные АЭП с частыми переходными процессами?

Варианты ответов:
1) с автономными инверторами со ступенчатой формой напряжения на фазах статора;
2) с автономными инверторами с широтно-импульсной модуляцией напряжения на фазах статора;
3) с автономными инверторами тока (АИТ);
4) с автономными инверторами напряжения (АИН);
Ответ: 3).

Вопрос 12. Для каких типов электрических двигателей представлены механические характеристики на рис. 2?

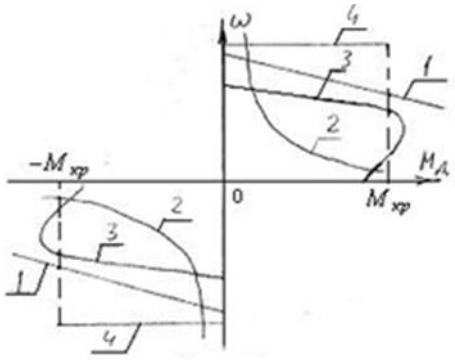


Рис. 2 Механические характеристики различных типов двигателей

Варианты ответов:
1) 1 – двигатель постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТПВ),
   2 – двигатель постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ),
   3 – трехфазный асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым (кз) ротором,
   4 – трехфазный синхронный двигатель (СД);
2) 1 – двигатель постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ),
   2 – двигатель постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТПВ),
   3 – трехфазный асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым (кз) ротором,
   4 – трехфазный синхронный двигатель (СД);
3) 1 – двигатель постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ),
   2 – двигатель постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТПВ),
   3 – трехфазный синхронный двигатель (СД),
   4 – трехфазный асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым (кз) ротором;
4) 1 – двигатель постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ),
   2 – трехфазный асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым (кз) ротором,
   3 – трехфазный синхронный двигатель (СД),
   4 – двигатель постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТПВ).
Ответ: 2).

Вопрос 13. На рис.3 представлены естественные механические характеристики трехфазного АД с кз ротором. Выберите ответ, соответствующий правильно выбранному двигателю.

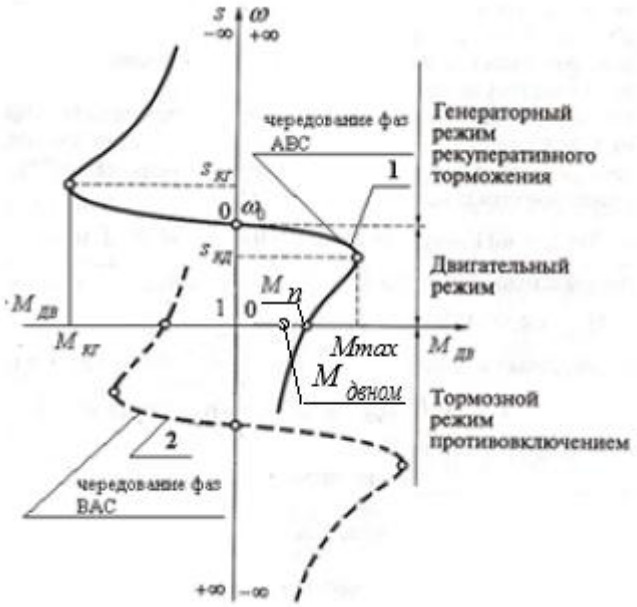


Рис. 3 Естественные механические характеристики трехфазного АД с кз ротором

Варианты ответов:

1) $\omega_{НМАХ} < \omega_0$; $\omega_{НМАХ}$ – наибольшая, приведенная к валу двигателя скорость нагрузки;
2) $\omega_{НМАХ} \leq \omega_{НОМ}$; $\omega_{НОМ}$ – номинальная угловая скорость вращения вала двигателя;
3) $M_п < M_с < M_{max}$; $M_с$ – приведенный к валу двигателя момент сопротивления;
4) $M_{двном} < M_с < M_п$.

Ответ: 2).

Вопрос 14. Из предложенного ниже списка выберите технико-экономический показатель не соответствующий показателям СД.

Варианты ответов:

1) высокий КПД, составляющий 96-98%;
2) возможность улучшать режим работы и экономичность сети предприятия;
3) абсолютно жесткая механическая характеристика;
4) невозможность изготовления СД на очень большие мощности, до нескольких десятков мегаватт и более.

Ответ: 4).

Вопрос 15. Какое торможение СД наиболее часто используется в АЭП?

Варианты ответов:

1) противовключением;
2) динамическое;
3) рекуперативное;
4) динамическое и рекуперативное.

Ответ: 2).

Вопрос 16. Назовите тип шагового двигателя, обеспечивающего меньшую величину шага, больший момент и большую скорость и получившего особенно широкое применение.

Варианты ответов:

1) с малоинерционным ротором;
2) с катящимся ротором;
3) с активным ротором;
4) гибридные.

Ответ: 4).

Вопрос 17. Из предложенных вариантов выберите выражение для проверки трехфазного асинхронного двигателя АД с кз ротором на *перегрузочную способность*.

Варианты ответов:

1) $M_{ДВТР} \le \lambda_M \cdot M_{НОМ}$, где $M_{ДВТР}$ – требуемый (расчетный) момент двигателя; $M_{НОМ}$ – номинальный вращающий момент двигателя (из каталога); $\lambda_M = M_{МАХ}/M_{НОМ}$ – кратность наибольшего $M_{МАХ}$ момента двигателя (из каталога);
2) $M_{ДВТР} \le 0.9 \cdot \lambda_M \cdot M_{НОМ}$;
3) $M_{ДВТР} \le 0.8 \cdot \lambda_M \cdot M_{НОМ}$;
4) $0.8 \cdot \lambda_M \cdot M_{НОМ} \le M_{ДВТР} \le 0.9 \cdot \lambda_M \cdot M_{НОМ}$.

Ответ: 3).

Вопрос 18. Из предложенных вариантов выберите выражение для проверки выбранного трехфазного синхронного двигателя СД на *перегрузочную способность*.

Варианты ответов:

1) $M_{ДВТР} \le \lambda_M \cdot M_{НОМ}$, где $M_{ДВТР}$ – требуемый (расчетный) момент двигателя; $M_{НОМ}$ – номинальный вращающий момент двигателя (из каталога); $\lambda_M = M_{МАХ}/M_{НОМ}$ – кратность наибольшего $M_{МАХ}$ момента двигателя (из каталога);
2) $M_{ДВТР} \le 0.9 \cdot \lambda_M \cdot M_{НОМ}$;
3) $M_{ДВТР} \le 0.8 \cdot \lambda_M \cdot M_{НОМ}$;
4) $0.8 \cdot \lambda_M \cdot M_{НОМ} \le M_{ДВТР} \le 0.9 \cdot \lambda_M \cdot M_{НОМ}$.

Ответ: 1).

Вопрос 19. Каким образом обеспечивается *микрошаговый* режим работы шагового двигателя ШД?

Варианты ответов:

1) использованием схемы симметричной коммутации;
2) использованием схемы несимметричной коммутации;
3) включением униполярных обмоток;
4) использованием схемы несимметричной коммутации с неравномерным распределением токов обмоток.

Ответ: 4).

Вопрос 20. В функции чего преобразователь частоты (ПЧ) управляет *вентильным* электродвигателем ВД?

Варианты ответов:

1) в зависимости от величины приведенного к валу двигателя момента сопротивления M_C;
2) в зависимости от скорости перемещения нагрузки;
3) в зависимости от положения ротора;
4) в зависимости от скорости перемещения нагрузки и величины M_C.

Ответ: 3).

Вопрос 21. На рис. 4 представлена классическая блок-схема АЭП с подчиненным регулированием и числом контуров, равным 3. Выберите названия контуров, начиная с внутреннего и заканчивая внешним. U_1, U_2, U_3 – задающие напряжения для контуров 1, 2, 3 соответственно. $Р_1$, $Р_2$, $Р_3$ – регуляторы для контуров 1, 2, 3 соответственно. $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$ – датчики обратной связи для контуров 1, 2, 3 соответственно.

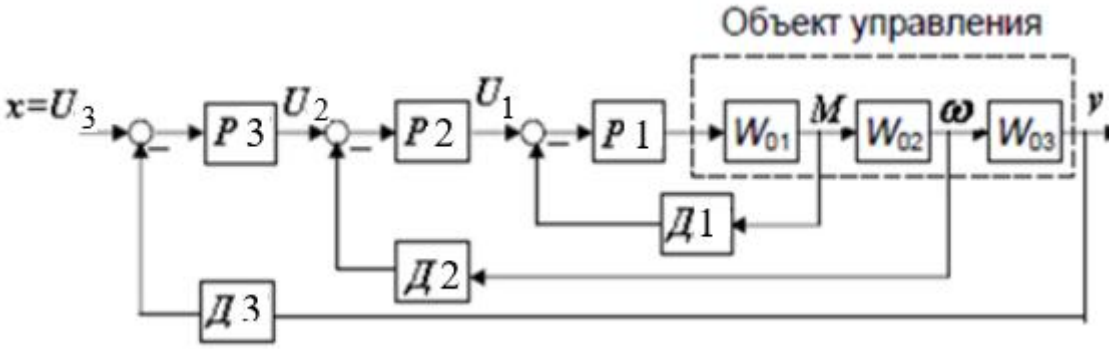


Рис. 4 Структура АЭП с подчиненной системой управления

Варианты ответов:
1) контур 1 – контур скорости, контур 2 – контур момента, контур 3 – контур положения;
2) контур 1 – контур момента, контур 2 – контур скорости, контур 3 – контур положения;
3) контур 1 – контур положения, контур 2 – контур скорости, контур 3 – контур момента;
4) контур 1 – контур скорости, контур 2 – контур положения, контур 3 – контур момента.

Ответ: 2).

Вопрос 22. Приведите порядок настройки параметров ПИД-регулятора контура скорости промышленного сервопривода СПС25 (контур 2 на рис. 4). Обозначение параметров настройки: K_P, $K_И$, $K_Д$ – коэффициенты пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих соответственно; $f_{ДИСК}$ – частота дискретизации.

Варианты ответов:
1) $K_P \rightarrow K_И \rightarrow K_Д \rightarrow f_{ДИСК}$;
2) $f_{ДИСК} \rightarrow K_P \rightarrow K_И \rightarrow K_Д$;
3) $f_{ДИСК} \rightarrow K_P \rightarrow K_Д \rightarrow K_И$;
4) $K_P \rightarrow K_Д \rightarrow K_И \rightarrow f_{ДИСК}$.

Ответ: 3).

Вопрос 23. Дайте определение *технически оптимального* переходного процесса, на который настраиваются ПИД-регуляторы контуров системы подчиненного управления

Варианты ответов:
1) технически оптимальным считается такой переходный процесс, при котором интервал времени изменения регулируемой величины от 0 до установившегося значения был бы минимально возможным при перерегулировании σ не превышающем 20%;
2) технически оптимальным считается такой переходный процесс, при котором интервал времени изменения регулируемой величины от 0 до установившегося значения был бы минимально возможным при перерегулировании σ не превышающем 4-10%;
3) технически оптимальным считается такой переходный процесс, при котором время $t_{ПП}$ переходного процесса было бы минимально возможным при перерегулировании σ не превышающем 20%;
4) технически оптимальным считается такой переходный процесс, при котором время $t_{ПП}$ переходного процесса было бы минимально возможным при перерегулировании σ не превышающем 4-10%

Ответ: 2).

Вопрос 24. Выберите характеристику, которая *не соответствует* определению цифрового электропривода в станкостроении.

Варианты ответов;
1) все используемые сигналы представлены в цифровом виде;
2) кроме общего контроллера в УЧПУ, привод по каждой оси имеет свой микроконтроллер;

3) микроконтроллер привода осуществляет не только управление моментом двигателя и его скоростью, но и конечный контроль положения объекта управления с короткими циклами времени;
4) связь между УЧПУ и системами управления приводами осуществляется по проводам через электрический кабель.

Ответ: 4).

Вопрос 25. Какова полоса пропускания современных цифровых электроприводов в станкостроении?

Варианты ответов:
1) до 25-30 Гц;
2) до 100 Гц;
3) до 500 Гц;
4) до 1000 Гц.

Ответ: 4).

ВОПРОСЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Вопрос 1. Дайте определение *автоматизированного электропривода* (АЭП) (рис. 1).

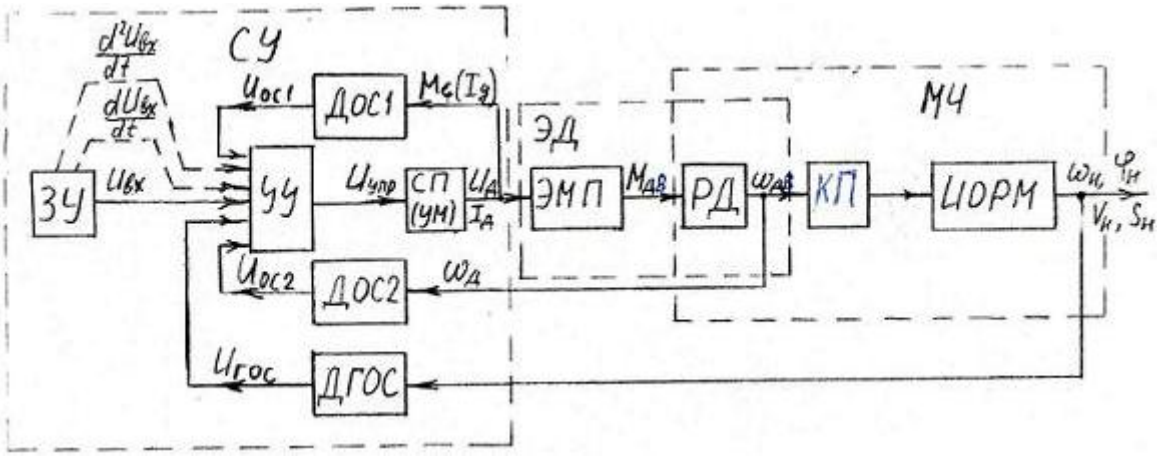


Рис. 1 Функциональная схема автоматизированного электропривода (АЭП)

Ответ: автоматизированным электроприводом (АЭП) называется электромеханическая система, состоящая из исполнительных органов рабочей машины (ИОРМ), передаточного (КП), электродвигательного (ЭД), преобразовательного (ЭМП) и управляющего (СУ) устройств, предназначенных для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и такого управления этим движением, при котором достигается наибольшая производительность при заданной точности.

Вопрос 2. Какие машины называются электрическими?

Ответ: электрическими называются машины, в которых преобразование энергии из механической в электрическую и наоборот из электрической в механическую, происходит в результате явления электромагнитной индукции.

Вопрос 3. В чем заключается *обратимость* электрической машины (ЭМ)?

Ответ: ЭМ может работать и как генератор, т.е. преобразователь механической энергии в электрическую, и как двигатель, т.е. преобразователь электрической энергии в механическую.

Вопрос 4. Дайте определение механической характеристики электрического двигателя вращательного движения.

Ответ: механической характеристикой двигателя вращательного движения называется зависимость угловой скорости его вала $\omega_{ДВ}$ (рад/с) или частоты вращения $n_{ДВ}$ (об/мин) от развиваемого двигателем вращающего момента $M_{ДВ}$, т.е. $\omega_{ДВ} = f(M_{ДВ})$ или $n_{ДВ} = f(M_{ДВ})$.

Вопрос 5. Дайте определение механической характеристики производственного (исполнительного) механизма.

Ответ: механической характеристикой производственного механизма называется зависимость между *приведенными к валу двигателя* угловой скорости механизма ω_H (рад/с) и моментом сопротивления M_C, т.е. $\omega_H = f(M_C)$.

Вопрос 6. Назовите на какие две категории разделяются моменты сопротивления?

Ответ: реактивные и активные (потенциальные).

Вопрос 7. Дайте определение *жесткости* β механической характеристики АЭП.

Ответ: жесткостью β механической характеристики АЭП называется отношение ***изменения*** приведенного к валу двигателя момента сопротивления ΔM_C к ***изменению*** угловой скорости двигателя $\Delta\omega_{ДВ}$, вызванному изменением момента сопротивления, т.е. $\beta = \Delta M_C/\Delta\omega_{ДВ}$.

Вопрос 8. Приведите формулу для определения вращающего момента $M_{дв}$ двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТНВ) и формулу для определения конструктивной постоянной c_M.

Ответ: $M_{ДВ}=c_M \cdot I_Я$, где $I_я$ – значение тока в якоре двигателя, А; c_M – конструктивная постоянная двигателя, Нм/А;
$c_м=M_{двном} / I_{яном}$, где $M_{двном}$ и $I_{яном}$ номинальные значения момента двигателя и тока в якоре соответственно.

Вопрос 9. Какие 2 способа регулирования скорости используются на практике в АЭП с ДПТНВ?

Ответ: на практике используются 2 способа: изменением напряжения на обмотке якоря при постоянном номинальном напряжении на обмотке возбуждения; изменением напряжения на обмотке возбуждения при постоянном номинальном напряжении на обмотке якоря.

Вопрос 10. Какие способы торможения ДПТНВ используются в АЭП?
Ответ: рекуперативное торможение, торможение противовключением, динамическое торможение.

Вопрос 11. В каких отраслях народного хозяйства находят применение ДПТ с последовательным возбуждением и почему?

Ответ: на транспорте и в электроприводах грузоподъемных механизмов, благодаря большому значению пускового момента при сравнительно малом токе в якоре двигателя.

Вопрос 12. При какой нагрузке на валу работа ДПТ последовательного возбуждения недопустима?

Ответ: в режиме холостого хода и при нагрузке менее 25% от номинального момента двигателя.

Вопрос 13. Какова конструкция короткозамкнутой (кз) обмотки ротора трехфазного АД?

Ответ: кз обмотка ротора имеет вид «беличьей клетки», стержни которой расположены в пазах сердечника ротора и замкнуты между собой кольцами, расположенными на торцах ротора.

Вопрос 14. Чему равна синхронная скорость n_1 вращающегося магнитного поля трехфазного АД с кз ротором?

Ответ: $n_1=60f_1/p$, где f_1 – частота в сети, питающей обмотку статора; p – число пар полюсов.

Вопрос 15. Чему равно и в каких пределах изменяется скольжение *s* трехфазного АД с кз ротором?

Ответ: $s=(n_1-n_2)/n_1$, где n_1 – частота вращения магнитного поля в двигателе, n_2 – реальная частота вращения ротора АД.
В процессе работы АЭП скольжение изменяется от 1 при пуске ($n_2=0$) до 0 на холостом ходу ($n_2=n_1$), т.е. $0 \le s \le 1$.

Вопрос 16. Что нужно сделать для изменения направления вращения вала трехфазного АД с кз ротором?

Ответ: изменить порядок чередования любых двух фаз обмотки статора; например, при чередовании фаз *ABC* ротор вращался по часовой стрелке, тогда при чередовании фаз *BAC* ротор будет вращаться против часовой стрелки.

Вопрос 17. Преобразователи какого типа получили наибольшее применение в АЭП с трехфазными АД с кз ротором для получения широкого диапазона регулирования скорости вращения ротора?

Ответ: двухзвенные преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока и автономным инвертором.

Вопрос 18. Дайте определение *скалярного управления* электродвигателе переменного тока.

Ответ: скалярное управление – метод управления электродвигателем переменного тока, который заключается в поддержании постоянным отношения напряжение/частота (В/Гц) во всем рабочем диапазоне скоростей; при этом контролируются только частота и амплитуда питающего обмотку статора напряжения.

Вопрос 19. Дайте определение *векторного управления»*?

Ответ: векторное управление – метод управления электродвигателем переменного тока, обеспечивающим не только *скалярное управление*, но и управление углом (фазой) пространственного вектора магнитного потока двигателя.

Вопрос 20. Какой двигатель называется *синхронным* (СД)?

Ответ: синхронный двигатель (СД) – электрическая машина, угловая скорость вращения ротора которой ω_P равна угловой скорости вращения магнитного поля $\omega_0=2\pi f_1/p$, где f_1 – частота питающей сети, p – число пар полюсов.

Вопрос 21. Какое свойство СД используется при создании синхронных компенсаторов (СК) для сетей с большой индуктивной нагрузкой?

Ответ: синхронный компенсатор СК представляет собой перевозбужденный СД, работающие без нагрузки на валу (на холостом ходу). При токах возбуждения I_B больших некоторой величины I_{B1} ток в обмотке СД имеет емкостной характер и опережает по фазе напряжение сети, что уменьшает общий сдвиг по фазе в сети с большой индуктивной нагрузкой и повышает $\cos\varphi$.

Вопрос 22. Назовите используемые в современной практике способы пуска синхронного двигателя СД.

Ответ: асинхронный пуск и частотный пуск.

Вопрос 23. Какой электрический двигатель называется *шаговым?*

Ответ: шаговый двигатель (ШД) – это бесколлекторный синхронный двигатель, ротор которого совершает дискретные перемещения (шаги) определенной величины с фиксацией положения ротора в конце каждого шага.

Вопрос 24. Какая частота называется *частотой приемистости* шагового двигателя?

Ответ: максимальная частота управляющих импульсов, при которой возможен пуск ШД из неподвижного состояния без выпадания из синхронизма (пропуска шагов), называется *частотой приемистости* $f_{КПР}$.

Вопрос 25. Дайте определение аналогового привода в станкостроении по Евростандарту.

Ответ: аналоговым называется привод, у которого между устройством управления и регулируемым приводом установлен цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), преобразующий входной цифровой код от устройства ЧПУ в аналоговое выходное напряжение от -10 В до +10 В.

Перечень обязательных видов учебной работы студента:

- *посещение лекционных занятий;*
- *выполнение контрольной работы;*
- *выполнение лабораторных работ;*
- *подготовка к сдаче экзамена;*
- *сдача экзамена.*

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с «Положением балльно-рейтинговой системе оценки и текущем контроле успеваемости студентов», а также «Положением о промежуточной аттестации» университета «Дубна».

Адаптированная рабочая программа учебной дисциплины (модуля) разработана в отношении разнонозологической учебной группы обучающихся, имеющих документально подтвержденные нарушения слуха, зрения, опорно-двигательного аппарата, соматические заболевания и поддающиеся коррекции нервно-психические нарушения или сочетанные нарушения.

Содержание экзаменационного билета

1 вопрос – теоретический вопрос (знать + уметь + владеть)

2 вопрос – практический вопрос (знать + уметь + владеть)

Примеры экзаменационных билетов

Билет №1.

1. П-образная схема замещения трехфазного асинхронного двигателя. Электромеханическая и механическая характеристики трехфазного асинхронного двигателя. Способы регулирования скорости.
2. Порядок выбора двигателя для режима S5.

Билет №2.

1. Настройка контура в системе подчиненного регулирования на технический оптимум. Оптимальные соотношения коэффициентов в характеристическом уравнении.
2. Схема статического преобразователи частоты (ПЧ) со звеном постоянного тока для регулирования скорости электропривода с трехфазным асинхронным двигателем.