1

Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Московской области
«Университет «Дубна»
(государственный университет «Дубна»)

Филиал «Протвино»
Кафедра «Автоматизация технологических процессов и производств»

УТВЕРЖДАЮ
Директор
Филиал «Протвино» _____/Евсиков А.А./
подпись *Фамилия И.О.*
«30» 06 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Автоматизированный электропривод
наименование дисциплины (модуля)

Направление подготовки (специальность)
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
код и наименование направления подготовки (специальности)

Уровень высшего образования
бакалавриат
бакалавриат, магистратура, специалитет

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

Форма обучения
очная
очная, очно-заочная, заочная

Протвино, 2021

1

2

Преподаватель (преподаватели):
Леонов А.П., доцент, к.т.н., с.н.с., кафедра автоматизации технологических процессов и производств
Фамилия И.О., должность, ученая степень, ученое звание, кафедра; подпись

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

Программа рассмотрена на заседании кафедры автоматизации технологических процессов и производств
Протокол заседания № 5 от «29» июня 2021 г.

Заведующий кафедрой _____ Маков П.В.
(Фамилия И.О., подпись)

Оглавление

1 Цели и задачи освоения дисциплины 4
2 Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины 4
3 Место дисциплины в структуре ОПОП....4
4 Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)....5
5 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся 5
6 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий 6
7 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....8
8 Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения 9
9 Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине 9
10 Ресурсное обеспечение 17
11 Язык преподавания....19

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Автоматизированный электропривод» является подготовка будущего бакалавра к участию во всех фазах исследования, проектирования, разработки, изготовления и эксплуатации автоматизированного электропривода (АЭП) как средства автоматизации технологических процессов и производств.

Задачи изучения дисциплины охватывают теоретические и практические компоненты деятельности подготавливаемого бакалавра. 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.

2 Объекты профессиональной деятельности при изучении дисциплины

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программы бакалавриата, 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 автоматизации, управления, контроля, диагностирования, испытаний основного и вспомогательного производств, их математическое, программное, информационное и техническое обеспечение, а также методы, способы и средства их проектирования, изготовления, отладки, производственных испытаний, эксплуатации и научного исследования в различных отраслях национального хозяйства.

3 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ОД.17 «Автоматизированный электропривод» входит в состав обязательных дисциплин вариативной части блока дисциплин учебного плана. Изучается в VII семестре IV курса.

Приступая к изучению дисциплины, студенты должны иметь твердые знания по дисциплинам: «Физика», «Электротехника и электроника», «Цифровая электроника», «Теоретическая механика», «Технические измерения и приборы», «Технические средства автоматизации», «Теория автоматического управления». Входящие компетенции, сфор-

мированные в результате изучения вышеперечисленных дисциплин: ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-7, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ПК-18, ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22.

После освоения дисциплины «Автоматизированный электропривод» студент будет подготовлен к изучению дисциплин «Средства автоматизации и управления», «Диагностика и надежность автоматизированных систем», «Проектирование автоматизированных систем», «Управление в автоматизированном производстве», к выполнению выпускной квалификационной работы и последующей деятельности на предприятиях по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств».

4 Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

.Формируемые компетенции ***(код компетенции, уровень (этап) освоения)*** *(последний – при наличии в карте компетенции)*	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций**
ПК-20 – способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций. I уровень (пороговый)	*Знать)* *З2*)* конструктивные особенности и назначение АЭП, используемых в системах автоматизации технологических процессов и производств, правила их эксплуатации. *Уметь)* *У1)* разрабатывать методики выполнения измерений, испытаний и контроля в системах автоматизации технологических процессов и производств, выполненных с использованием АЭП. *У2*)* составлять обзоры, собирать отзывы, оформлять отчеты и необходимые материалы для заключения договоров со специализированными организациями. *Владеть* *В1)* навыками настройки, регулировки, обслуживания технических средств и систем управления. *В2*)* навыками сбора и анализа исходных данных для проектирования технических средств систем механизации и автоматизации производств; разработкой инструкций по эксплуатации и ремонту оборудования, безопасному ведению работ при обслуживании средств автоматизации и механизации под руководством специалиста высшего квалификационного уровня.

*) результат обучения сформулирован на основании требований профессионального стандарта «Специалист по автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства» № 550 (приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 8 сентября 2015 г. № 606н)

5 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых:

68 час составляет контактная работа обучающегося с преподавателем:

34 часа – лекционные занятия;

17 часов – практические занятия;

17 часов – лабораторные работы.

27 часов – мероприятия промежуточной аттестации (экзамен).

49 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

6 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля) **Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**	**Всего (часы)**	В том числе:											
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них[1]									**Самостоятельная работа обучающегося, часы,** из них		
		Лекционные занятия	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	…	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.)*	**Всего**	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	**Всего**
VII семестр													
Введение в автоматизированный электропривод (АЭП).	**4**	2		2						4			
АЭП на базе электрических машин постоянного тока.	**39**	8		4	9					21	18		18
АЭП на базе электрических машин переменного тока.	**59**	16		8	4					28	31		31
Принципы построения и настройки современных АЭП.	**15**	8		3	4					15			
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u> *(указывается форма проведения)***	**27**[2]	X									X		
Итого	**144**	34		17	17					**68**	49		**49**

**Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.*

*** Промежуточная аттестация может проходить как в традиционных форма (зачет, экзамен), так и в иных формах: балльно-рейтинговая система, защита портфолио, комплексный экзамен, включающий выполнение практических заданий (возможно наряду с традиционными ответами на вопросы по программе дисциплины (модуля)).*

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

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

7 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Тематика практических занятий

1. Механика электропривода. Формулы приведения. Уравнения движения АЭП. Механические характеристики двигателя и нагрузки.
2. Схемы включения и характеристики управляемых выпрямителей в системе «тиристорный преобразователь – двигатель» (ТП – Д).
3. Техническая реализация преобразователя частоты (ПЧ). ПЧ со звеном постоянного тока. Виды управляемых инверторов.
4. Исходные данные и последовательность выбора исполнительных двигателей АЭП.
5. Проверка двигателя по нагреву. Выбор типа двигателя при продолжительном номинальном режиме работы S1 с постоянной и переменной нагрузками.
6. Выбор типа двигателя для повторно-кратковременного номинального режима работы *S5* с частыми пусками и электрическим торможением.
7. Выбор ПЧ по электрической совместимости с двигателем. Замечания по выбору и эксплуатации ПЧ.
8. Настройка цифровых АЭП, используемых в машиностроении.

Методическое обеспечение практических занятий по АЭП

1. Конспект лекций по дисциплине «Автоматизированный электропривод».
2. Евсиков А. А. Коковин В.А. Леонов А.П. Автоматизированный электропривод с частотным управлением: учебное пособие. — Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2020. — 121 (1) с.
3. Леонов А.П. Выбор исполнительных двигателей для электрических приводов производственных механизмов: учебное пособие. – М.: Прометей, 2013. – 139 (1) с.: ил

Материалы размещены на сервере филиала и доступны по сети по адресу: atlas/material/кафедра АТПиП/.

Тематика лабораторных работ

1. Сравнение механических характеристик ДПТНВ в разомкнутом и замкнутом АЭП при управлении скоростью перемещения объекта.
2. Изучение конструкции промышленных интегрированных сервоприводов СПС25 и СПШ20, структуры управления мехатронными модулями.
3. Настройка цифрового ПИД-регулятора контура скорости промышленного сервопривода СПС25. Определение численных значений показателей качества управления.
4. Методика настройки внешнего контура позиционирования промышленного сервопривода с починенным управлением.

Методическое обеспечение лабораторных работ по АЭП

1. Леонов А.П. Лабораторные работы по дисциплине «Автоматизированный электропривод»: методическое пособие/Электронная информационно – образовательная среда. – www.uni-protvino.ru/umm-enter.html
2. Евсиков А. А. Коковин В.А. Леонов А.П. Автоматизированный электропривод с частотным управлением: учебное пособие. — Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2020. — 121 (1) с.

Тематика самостоятельных работ

1. Контрольная работа (ПР-2.1) «Выбор исполнительного двигателя для привода главного движения токарного станка с ЧПУ, работающего в режиме *S1* с переменной нагрузкой» *(индивидуальное задание для каждого студента)*.

Трудоемкость – 18 часов. Раздел дисциплины – «АЭП на базе электрических машин постоянного тока» или «АЭП на базе электрических машин переменного тока».

2. Контрольная работа (ПР-2.2) «Выбор типа двигателя и преобразователя частоты для повторно-кратковременного номинального режима работы *S5* с частыми пусками и электрическим торможением» *(индивидуальное задание для каждого студента)*.

Трудоемкость – 31 час. Раздел дисциплины – «АЭП на базе электрических машин переменного тока».

Методическое обеспечение самостоятельных работ по АЭП – А.П. Леонов. Выбор исполнительных двигателей для электрических приводов производственных механизмов: учебное пособие. – М.: Прометей, 2013. – 139 (1) с.: ил

8 Применяемые образовательные технологии для различных видов учебных занятий и для контроля освоения обучающимися запланированных результатов обучения

Перечень обязательных видов учебной работы студента:

- *посещение лекционных занятий;*
- *ответы на теоретические вопросы на практических занятиях;*
- *решение практических задач и заданий на практических занятиях;*
- *допуск к лабораторным работам;*
- *выполнение лабораторных работ;*
- *защита лабораторных работ;*
- *выполнение контрольных работ;*
- *подготовка к экзамену;*
- *сдача экзамена;*
- *участие в студенческой научно-практической конференции.*

Инновационные формы проведения учебных занятий

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Автоматизированный электропривод» предусмотрены 11 часов инновационных форм проведения аудиторных занятий (таблица 1)

Таблица 1

Семестр	Вид занятия	Используемые образовательные технологии	Количество часов
7	Лекции	Разбор конкретных ситуаций, возникающих при промышленном использовании АЭП.	3
7	Лабораторные работы	Практические тренинги: «Построение механических характеристик АЭП и расчет их жесткости», «Реализация подчиненного управления в АЭП», «Настройка контуров регулирования при подчиненном управлении»	8

9 Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой оценки.

В 7 семестре (**сдача экзамена**) максимальное количество баллов, которые студент может набрать – 100, в том числе:

1) **В течение семестра студент может набрать не более 70 баллов:**

— 26 баллов за посещение занятий, по 1 баллу за посещение лекции или практического занятия (Лекции — 17, ПЗ — 9);
— 30 баллов за защиту 4 лабораторных работ (по 7 баллов за защиту каждой из ЛР1, ЛР3, ЛР4, 9 баллов за защиту ЛР2) в соответствии с графиком, приведенным в таблице 2;
— 6 баллов за выполнение ПР-2.1 в соответствии с графиком, приведенным в таблице 2;
— 8 баллов за выполнение ПР-2.2 в соответствии с графиком, приведенным в таблице 2;

2) 30 баллов студент может набрать на экзамене.

Таблица 2

График выполнения и защит лабораторных и самостоятельных работ студентами в 7 семестре

Виды работ	Недели учебного процесса																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ЛР1-ЛР5					ВЛР1		ЗЛР1 ВЛР2		ЗЛР2 ВЛР3		ЗЛР3 ВЛР4		ЗЛР4				
ПР-2.1									В ПР-2.1		З ПР-2.1						
ПР-2.2											В ПР-2.2					З ПР-2.2	

(указываются: ВЛР на недели выполнения ЛР, ЗЛР на недели защиты ЛР, В ПР-2 на неделю выдачи задания на контрольную работу, З ПР-2 на неделю защиты контрольной работы)

По результатам работы в семестре (Таблица 3) студент может получить автоматическую оценку «удовлетворительно» и может экзамен не сдавать. При желании повысить свою оценку, студент имеет право отказаться от автоматической оценки и сдать экзамен.

Если студент не набрал минимального числа баллов (51 балл) в течение семестра, то он не допускается к экзамену.

Студент по результатам работы в семестре «зарабатывает» часть оценки, которую может повысить на экзамене.

Таблица 3

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)

*Чтобы получить допуск к экзамену, необходимо сдать контрольные работы и по усмотрению преподавателя выполнить часть заданий, которые рассматривались на пропущенных студентом занятиях.

Перечень компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины «Автоматизированный электропривод»

(Полная карта компетенций приведена в документе «Матрица формирования компетенций» по направлению бакалавриата 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств»)

ПК-20 – способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций.

Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) *)	**Уровень освоения компетенции****)	**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) ШКАЛА оценивания** *(критерии берутся из соответствующих карт компетенций, шкала оценивания (4 или более шагов) устанавливается в зависимости от того, какая система оценивания (традиционная или балльно-рейтинговая) применяется)*					**ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ**
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	
(ПК-20) ***32* Знать:*** конструктивные особенности и назначение АЭП, используемых в системах автоматизации технологических процессов и производств (АТПиП), правила их эксплуатации.	I - пороговый	Отсутствие знаний	Не знает конструктивные особенности и назначение АЭП, используемых в системах АТПиП, правила их эксплуатации.	Удовлетворительно знает конструктивные особенности и назначение АЭП, используемых в системах АТПиП, правила их эксплуатации	Хорошо знает конструктивные особенности и назначение АЭП, используемых в системах АТПиП, правила их эксплуатации. Допускает отдельные негрубые ошибки	Хорошо знает конструктивные особенности и назначение АЭП, используемых в системах АТПиП, правила их эксплуатации. Не допускает ошибок	*Экзамен, защита лабораторных работ, выполнение ПР-2.1 и ПР-2.2, устное собеседование на практических занятиях*
(ПК-20) ***У1 Уметь:*** разрабатывать методики выполнения измерений, испытаний и контроля в системах автоматизации технологических процессов и производств (АТПиП), выполненных с использованием АЭП	I - пороговый	Отсутствие умений	Демонстрирует частичное умение разрабатывать методики выполнения измерений, испытаний и контроля в системах АТПиП, выполненных с использованием АЭП. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует удовлетворительное умение разрабатывать методики выполнения измерений, испытаний и контроля в системах АТПиП, выполненных с использованием АЭП, но допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение разрабатывать методики выполнения измерений, испытаний и контроля в системах АТПиП, выполненных с использованием АЭП, но допускает отдельные негрубые ошибки	Демонстрирует устойчивое умение разрабатывать методики выполнения измерений, испытаний и контроля в системах АТПиП, выполненных с использованием АЭП, не допускает ошибок.	*Экзамен, защита лабораторных работ, выполнение ПР-2.1 и ПР-2.2, устное собеседование на практических занятиях,*

(ПК-20) ***У2* Уметь:*** составлять обзоры, собирать отзывы, оформлять отчеты и необходимые материалы для заключения договоров со специализированными организациями	I - пороговый	Отсутствие умений	Демонстрирует частичное умение составлять обзоры, собирать отзывы, оформлять отчеты и необходимые материалы для заключения договоров со специализированными организациями. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует частичное умение составлять обзоры, собирать отзывы, оформлять отчеты и необходимые материалы для заключения договоров со специализированными организациями. Допускает грубые ошибки.	Демонстрирует достаточно устойчивое умение составлять обзоры, собирать отзывы, оформлять отчеты и необходимые материалы для заключения договоров со специализированными организациями. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует устойчивое умение составлять обзоры, собирать отзывы, оформлять отчеты и необходимые материалы для заключения договоров со специализированными организациями. Не допускает ошибок.	*Защита лабораторных работ, выполнение ПР-2.1 и ПР-2.2*
(ПК-20) ***В1 Владеть:*** навыками наладки, настройки, регулировки, обслуживания технических средств и систем управления.	I - пороговый	Отсутствие владения	Демонстрирует низкий уровень владения навыками наладки, настройки, регулировки, обслуживания технических средств и систем управления. Допускает множественные грубые ошибки.	Демонстрирует удовлетворительный уровень владения навыками наладки, настройки, регулировки, обслуживания технических средств и систем управления. Допускает достаточно серьезные ошибки.	Демонстрирует хороший уровень владения навыками наладки, настройки, регулировки, обслуживания технических средств и систем управления. Допускает отдельные негрубые ошибки.	Демонстрирует высокий уровень владения навыками наладки, настройки, регулировки, обслуживания технических средств и систем управления. Не допускает ошибок.	*Экзамен, защита лабораторных работ, собеседование на практических занятиях,*
(ПК-20) ***В2* Владеть:*** навыками сбора и анализа исходных данных для проектирования АЭП систем механизации и автоматизации производств, навыками разработки инструкций по эксплуатации под руководством специалиста высшего	I - пороговый	Отсутствие владения	Демонстрирует низкий уровень владения сбор и анализ исходных данных для проектирования технических средств систем механизации и автоматизации производств; разработка инструкций по эксплуа-	Демонстрирует удовлетворительный уровень владения сбор и анализ исходных данных для проектирования технических средств систем механизации и автоматизации произ-	Демонстрирует хороший уровень владения сбор и анализ исходных данных для проектирования технических средств систем механизации и автоматизации производств; разработка инструкций по эксплуа-	Демонстрирует высокий уровень владения сбором и анализом исходных данных для проектирования технических средств систем механизации и автоматизации производств; разработкой инструкций	*Экзамен, защита лабораторных работ, выполнение ПР-2.1 и ПР-2.2, собеседование на практических занятиях,*

квалификационного уровня.			тации и ремонту оборудования, безопасному ведению работ при обслуживании средств автоматизации и механизации под руководством специалиста высшего квалификационного уровня. Допускает множественные грубые ошибки.	водств; разработка инструкций по эксплуатации и ремонту оборудования, безопасному ведению работ при обслуживании средств автоматизации и механизации под руководством специалиста высшего квалификационного уровня. Допускает достаточно серьезные ошибки.	тации и ремонту оборудования, безопасному ведению работ при обслуживании средств автоматизации и механизации под руководством специалиста высшего квалификационного уровня. Допускает отдельные негрубые ошибки.	по эксплуатации и ремонту оборудования, безопасному ведению работ при обслуживании средств автоматизации и механизации под руководством специалиста высшего квалификационного уровня. Не допускает ошибок.	

Задания на контрольные работы ПР-2.1 и ПР-2, вопросы к экзамену, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции

Задание на контрольную работу ПР-2.1

«Выбор исполнительного двигателя для привода главного движения токарного станка с ЧПУ»

Выбрать электрический двигатель серий 5А, АИР, 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.

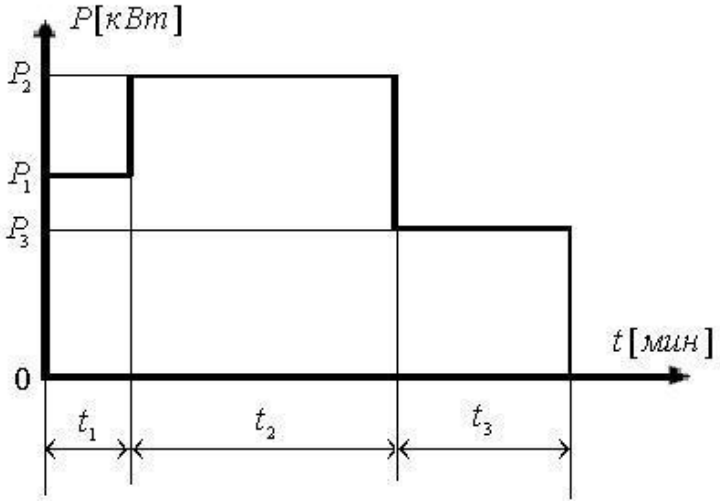

Рис. 1.1 Нагрузочная диаграмма двигателя

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

Задание на контрольную работу ПР-2.2
«Выбор типа двигателя для повторно-кратковременного номинального режима работы с частыми пусками и электрическим торможением S5»

Выбрать электрический двигатель для повторно-кратковременного режима работы серии МТКН, работающий в режиме S5 с постоянной нагрузкой, и преобразователь частоты ПЧ модели ES024-04. Нагрузочная диаграмма двигателя приведена на рис. 1. Численные значения параметров заданы в таблице 1, где номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале группы.

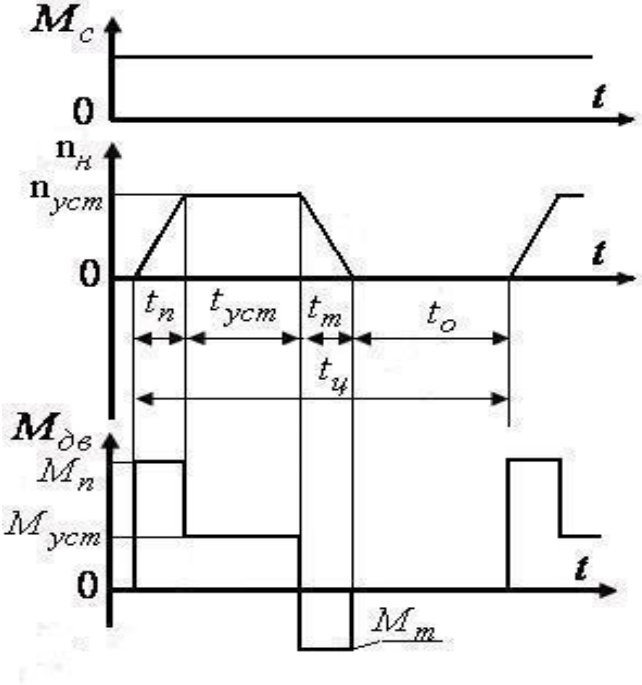

Рис. 1 Нагрузочная диаграмма двигателя

(M_c - приведенный момент сопротивления, $n_н$ - приведенная частота вращения нагрузки, $n_{уст}$ - частота вращения в установившемся режиме, $t_п$ - время пуска, $t_{уст}$ - время установившегося движения, $t_т$ - время электрического торможении, t_0 - время паузы, $t_ц$ - время цикла, $M_п$ - пусковой момент двигателя, $M_{уст}$ - момент двигателя в установившемся режиме, $M_т$ - момент двигателя при торможении)

Таблица 1

№ варианта	M_C Нм	$n_{уст}$ об/мин	$t_п$ с	$t_{уст}$ с	$t_т$ с	t_0 с	Момент инерции нагрузки $J_н$, кг*м^2	$h_{доп}$ при $F \le 5$ *
1	14	900 ± 30	0.5	6.5	0.7	17.3	0.06	240
2	110	900 ± 20	1.8	15	1.5	35.7	1.1	180
3	220	930 ± 30	2.4	18	2.2	46	2.0	180
4	50	900 ± 20	0.7	10	0.7	23.6	0.2	240
5	370	700 ± 20	2.7	14.7	2.6	30	5.0	120
6	35	850 ± 20	0.8	8	0.7	15.5	0.14	180
7	550	930 ± 30	3.8	17.6	3.6	49	4.0	120
8	75	900 ± 30	1.2	14	1.4	30.4	0.3	180
9	300	950 ± 30	2.8	18.5	2.7	54	2.5	120
10	150	900 ± 30	2.2	15	1.8	37	1.45	180
11	22	900 ± 20	0.7	7.7	0.6	17	0.08	240
12	15	900 ± 30	0.5	6.8	0.6	16.8	0.05	240
13	120	900 ± 20	1.9	14	1.7	36	1.0	180
14	210	930 ± 30	2.3	19	2.3	45	2.1	180
15	48	900 ± 20	0.6	11	0.8	24	0.19	240
16	360	700 ± 20	2.8	15	2.5	32	4.8	120
17	36	850 ± 20	0.9	7.8	0.7	15.8	0.15	180
18	540	930 ± 30	3.9	17.5	3.5	50	4.2	120
19	80	900 ± 30	1.3	15	1.5	31	0.28	180
20	290	950 ± 30	2.7	18.7	2.7	55	2.4	120

$$* F = \frac{J_н + J_{дв}}{J_{дв}}$$

Список вопросов к экзамену

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. Статические 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. Определение допустимой частоты включений двигателей в режимах S4 и S5.
37. Выбор преобразователя частоты по электрической совместимости с двигателем.

38. Выбор способа регулирования скорости двигателя в зависимости от типа нагрузки.
39. Электропривод (ЭП) с общим суммирующим усилителем. Замкнутая схема ЭП с двигателем постоянного тока и обратными связями по току и скорости.
40. 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.
41. Настройка контура в системе подчиненного регулирования на технический оптимум. Оптимальные соотношения коэффициентов в характеристическом уравнении.
42. Настройка внутреннего контура регулирования тока якоря двигателя постоянного тока с независимым возбуждением в системе «Тиристорный преобразователь – двигатель».
43. Настройка внешнего контура системы подчиненного регулирования – регулятора скорости. Технические особенности реализации приводов с подчиненным регулированием. Механические характеристики электропривода с ПИ – регулятором скорости.
44. Аналоговые электроприводы с подчиненным регулированием, применяемые в станкостроении.
45. Цифровые электроприводы с подчиненным регулированием, применяемые в станкостроении.
46. Настройка цифровых приводов. Оптимизация переходных процессов. Устранение резонансных точек, настройка добротности приводов.

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

10 Ресурсное обеспечение

Перечень основной и дополнительной учебной 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.
2. Дементьев, Ю. Н. Электрический привод: учебное пособие для вузов / Ю. Н. Дементьев, А. Ю. Чернышев, И. А. Чернышев. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 223 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01415-0. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: http://biblio-online.ru/bcode/451078 (дата обращения: 16.04.2021). - Режим доступа: ограниченный по логину и паролю.
3. 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.
4. Москаленко, В. В. Электрический привод : учебник / В. В. Москаленко. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 364 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-009474-8. - Текст: электронный. // ЭБС "Znanium.com". - URL: https://znanium.com/catalog/product/1044427 (дата обращения: 16.04.2021). – Режим доступа: ограниченный по логину и паролю.
5. Онищенко, Г. Б. Теория электропривода: учебник / Г. Б. Онищенко. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 294 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-009674-2. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1044495 (дата обращения: 21.05.2021). – Режим доступа: ограниченный по логину и паролю.

Дополнительная учебная литература

1. Леонов А.П. Выбор исполнительных двигателей для электрических приводов производственных механизмов: электронное учебное пособие / А.П. Леонов; Рец. Е.А.Устинов. - Протвино: Филиал "Протвино" государственного университета "Дубна", 2015. - 139с.: ил. - Текст: электронный. // Веб-сайт филиала «Протвино» государственного университета «Дубна». – URL: http://uni-protvino.ru/enter_ump.html. Режим доступа ограниченный, по логину и паролю.
2. Леонов, А.П. Выбор исполнительных двигателей для электрических приводов производственных механизмов: учебное пособие / А. П. Леонов. - Москва: Прометей, 2013. - 139с.: ил.
3. 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.
4. 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 - Текст: электронный // Веб-сайт филиала «Протвино» государственного университета «Дубна». – URL: http://uni-protvino.ru/enter_ump.html. Режим доступа ограниченный, по логину и паролю.
5. 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.
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. – Текст: электронный // Веб-сайт филиала «Протвино» государственного университета «Дубна». – URL: http://uni-protvino.ru/enter_ump.html. Режим доступа ограниченный, по логину и паролю.
7. Поляков, А. Е. Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами: учеб. пособие / А. Е. Поляков, А. В. Чесноков, Е. М. Филимонова. — Москва: ФОРУМ, ИНФРА-М, 2019. — 224 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - 978-5-00091-707-7. - ISBN 978-5-00091-707-7. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1026781 (дата обращения: 29.04.2021). - Режим доступа: ограниченный по логину и паролю.
8. 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. Приборы и техника эксперимента: журнал РАН / Учредитель: Российская академия наук, Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН; гл. ред. В.С. Эдельман. – М.: Издательство «Наука». – Журнал основан в августе 1956 года. – Содержание выпусков на сайте журнала: http://www.maik.ru/cgi-bin/list.pl?page=pribory/; полная электронная версия статей журнала представлена на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU»: http://www.elibrary.ru
2. СТА: Современные технологии автоматизации: производственно-практический журнал / Учредитель: ООО «СТА-пресс»; гл. ред. С. Сорокин. – М.: Издательство «СТА-пресс». – Журнал издается с 1996 года. – Полные тексты статей на сайте журнала: http://www.cta.ru/

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронно-библиотечные системы и базы данных

1. ЭБС «Znanium.com»: http://znanium.com/

2. ЭБС «Лань»: https://e.lanbook.com/
3. ЭБС «Юрайт»: https://biblio-online.ru/
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: http://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. 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/
2. SciGuide - навигатор по зарубежным научным электронным ресурсам открытого доступа. http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0601.ssi
3. WorldWideScience.org - глобальная научная поисковая система, которая осуществляет поиск информации по национальным и международным научным базам данных и порталам. http://worldwidescience.org/

Профессиональные ресурсы сети «Интернет»

Федеральная информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам»: http://window.edu.ru/

Описание материально-технической базы

Лабораторные работы по дисциплине «Автоматизированный электропривод» выполняются в лаборатории автоматизации технологических процессов (г. Протвино, Северный пр., д. 9, ауд. 310). При этом используется следующее оборудование:**:** стенд на базе преобразователя БОТ и двигателя СЛ 621; осциллограф С1-79; адаптер USB-6008; программное обеспечение «LabVIEW 7.0» (студенческая версия, лицензия № M62X97164).

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 выполнения заданий самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются литературой, 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.

11 Язык преподавания

Русский