МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель направления

доц., к.т.н., доц.
(должность, уч. степень, звание)

С.В. Солёный
(инициалы, фамилия)

(подпись)
«22» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование электроприводов»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки	15.03.06
Наименование направления подготовки	Мехатроника и робототехника
Наименование направленности	Робототехника
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург – 2022

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н., доц.		А.А. Мартынов
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«24» апреля 2023 г, протокол № 6

Заведующий кафедрой № 32

доц., к.т.н., доц.		С.В. Солёный
(уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 15.03.06(01)

доц., к.т.н., доц.		О.Я. Солёная
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

старший преподаватель		Н.В. Решетникова
(должность, уч. степень, звание)	(подпись, дата)	(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Проектирование электроприводов» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» направленности «Робототехника». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-2 «Способен проводить расчетные и конструкторские работы по проектированию и созданию робототехнических систем и комплексов»

ПК-4 «Способен эксплуатировать робототехнические системы и комплексы»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с - изучением и освоением методик расчета и проектирования основных типов электрических приводов – электрических приводов постоянного и переменного тока;

- изучением и анализом научно- технической информации отечественного и зарубежного опыта по разработке и проектированию электрических приводов;
- приобретением навыков расчета и проектирования электрических приводов;
- развитием и закреплением навыков к самоорганизации и саморазвитию.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации,

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов необходимых знаний и умений по современным методикам расчета и проектирования электрических приводов, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности. Обучающиеся должны освоить дисциплину на уровне, позволяющем им ориентироваться в схемных решениях, математических моделях, свойствах и характеристиках замкнутых и разомкнутых систем электроприводов постоянного и переменного тока. Уровень освоения дисциплины должен позволять студентам проводить обоснованный выбор структурной схемы проектируемого электропривода, выполнять типовые расчеты основных параметров и характеристик электрических приводов, выполнять синтез систем электроприводов, используя современные методики расчета и проектирования электроприводов.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен проводить расчетные и конструкторские работы по проектированию и созданию робототехнических систем и комплексов	ПК-2.З.1 знать методики расчета и проектирования основных характеристик робототехнических систем и комплексов ПК-2.У.2 уметь производить расчет параметров и выбор элементов робототехнических систем и комплексов ПК-2.В.1 владеть навыками определения технических характеристик элементов, входящих в состав робототехнических систем и комплексов
Профессиональные компетенции	ПК-4 Способен эксплуатировать робототехнические системы и комплексы	ПК-4.З.1 знать принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности робототехнических систем и комплексов

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

– Электрические машины;
– Теория автоматического регулирования;
– Электроприводы аэрокосмических робототехнических систем;
– Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических систем.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

– Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем;

– Проектирование роботов и робототехнических систем.

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	17	17
Аудиторные занятия, всего час.	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	38	38
***Вид промежуточной аттестации*:** зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: **кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Введение Общие вопросы проектирования ЭП	2	2			2
Тема 1.1. Содержание технического задания на проектирование ЭП. Основные этапы проектирования ЭП	1				
Тема 1.2 Методика выбора электродвигателей для ЭП.	1				
Раздел 2. Проектирование ЭП постоянного тока.	5	4			18
Тема 2.1 Статический расчет замкнутых систем ЭП постоянного тока	3				

Тема 2.2 Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования	2				
Раздел 3. Проектирование ЭП на основе вентильного двигателя.	3	3			6
Тема 3.1 Математическая модель вентильного двигателя. Передаточная функция и структурная схема вентильного двигателя.	1				
Тема 3.2 Методика выбора двигателя и полупроводникового коммутатора.	2				
Раздел 4. Проектирование асинхронного ЭП.	3	4			8
Тема 4.1. Расчет параметров асинхронного ЭП при регулировании напряжения, подаваемого на обмотку статора.	1				
Тема 4.2Математическая модель АД при частотном управлении (ЧУ).	1				
Тема 4.3 Структурные схемы асинхронного АП	1				
Раздел 5. Проектирование ЭП с шаговым двигателем.	2	2			4
Тема 5.1. Методика выбора двигателя и полупроводникового коммутатора.	2				
Раздел 6. Выбор датчиков сигналов обратной связи	2	2			
Тема 6.1. Выбор датчиков тока, напряжения	1				
Тема 6.2. Выбор датчиков скорости, положения	1				
Выполнение курсового проекта					0
Итого в семестре:	17	17			38
Итого:	17	17	0	0	38

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1	Введение. Общие вопросы проектирования ЭП
Тема 1.1	Содержание технического задания на проектирование ЭП.

	Основные этапы проектирования ЭП
Тема 1.2	Методика выбора электродвигателей для ЭП
Раздел 2.	Проектирование ЭП постоянного тока.
Тема 2.1	Статический расчет замкнутых систем ЭП постоянного тока
Тема 2.2	Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования
Раздел 3.	Проектирование ЭП на основе вентильного двигателя.
Тема 3.1	Математическая модель вентильного двигателя. Передаточная функция и структурная схема вентильного двигателя
Тема 3.2	Методика выбора двигателя и полупроводникового коммутатора
Раздел 4.	Проектирование асинхронного ЭП.
Тема 4.1.	Расчет параметров асинхронного ЭП при регулировании напряжения, подаваемого на обмотку статора.
Тема 4.2	Математическая модель АД при частотном управлении (ЧУ).
Тема 4.3	Структурные схемы асинхронного АП
Раздел 5.	Проектирование ЭП с шаговым двигателем. Методика выбора двигателя и полупроводникового коммутатора
Раздел 6.	Выбор датчиков сигналов обратной связи. Выбор датчиков тока, напряжения. Выбор датчиков скорости, положения

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисципл-ины
Семестр 7					
1	Основные этапы проектирования: выбор электродвигателя, полупроводникового преобразователя, датчиков обратных связей, синтез замкнутой системы, оценка динамических показателей системы	Решение задач	2	2	Тема 1.1.
2	Методика выбора двигателя для	Решение	4	4	Тема

	электроприводов вентиляторов, насосов, грузоподъемных механизмов, манипуляторов роботов	задач			1.2.
3	Статический расчет замкнутых систем ЭП постоянного тока с: -отрицательной обратной связью по напряжению якоря (ООСН); - отрицательной обратной связью по скорости (ООСС); - положительной обратной связью по току якоря, (ПОСТ). Расчет параметров систем с токоограничением.	Решение задач	6	6	Тема 2.1
4	Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования: -контура тока; - контура скорости; - контура положения.	Решение задач	3	3	Тема 2.2
5	Математическая модель вентильного двигателя. Передаточная функция и структурная схема вентильного двигателя	Решение задач	2	2	Тема 3.1
	Итого в семестре		17	17	

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
	Всего			

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	20	20
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	8	8

Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	10	10
Всего:	38	38

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
62-83 М29	1.Мартынов А.А. Электрический привод: учеб. пособие. – СПб.: ГУАП, 2015. – 524 с.	80
621.313 М29	2.Мартынов А.А. Основы проектирования электрических приводов.: Учеб. пособие/. СПб.: СПбГУАП, 2013. 141с.: ил.	45
621.313 М29	3. Мартынов А.А., Чернышева О.Б. Проектирования асинхронных электроприводов.: Учеб. пособие/. СПб.: СПбГУАП, 2023. 75с.: ил.	15
621.313 М29	4. Мартынов А.А. Основы электрического привода. Учеб. – методическое пособие/. СПб.: ГУАП, 2017. 134 с.	10

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
URL:http://194.226.30/32/book.htm	Библиотека Администрации Президента РФ [Электронный ресурс]
URL: http://imin.urc.ac.ru	Виртуальные библиотеки [Электронный ресурс].
URL: http://www.rsl.ru	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс].
URL: http://web.ido.ru	Электронная библиотека [Электронный ресурс].
URL: http://gpntb.ru	Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Электронный ресурс].
http://window.edu.ru/	Информационный портал «Единое окно доступа к

	образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	21-21
2	Специализированная лаборатория «Электрический привод»	31-01

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Примерный перечень вопросов для тестов.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и, по существу, излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу, излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
1	Классификация систем автоматизированного электропривода	ПК-2.З.1
2	Содержание технического задания на проектирование ЭП. Основные этапы проектирования ЭП. Выбор электродвигателя и передаточного отношения редуктора при циклическом характере нагрузки.	ПК-2.У.2
4	Выбор электродвигателя для ЭП вентилятора и насоса.	ПК-2.В.1
5	Выбор электродвигателя для ЭП тележки мостового крана	ПК-4.З.1
6	Методика расчета управляемого выпрямителя для ЭП постоянного тока.	ПК-2.З.1
7	Методика расчета транзисторного реверсивного широтно-импульсного преобразователя для ЭП постоянного тока.	ПК-2.У.2
8	Методика выбора датчиков тока и напряжения для замкнутых	ПК-2.В.1

	систем ЭП.	
9	Методика выбора датчиков скорости и положения для замкнутых систем ЭП.	ПК-4.З.1
10	Методика расчета регулятора тока в замкнутой системе подчиненного регулирования.	ПК-2.З.1
11	Методика расчета регулятора скорости в замкнутой системе подчиненного регулирования.	ПК-2.У.2
12	Методика расчета параметров корректирующего звена ЭП при частотном методе синтеза замкнутой системы ЭП.	ПК-2.В.1
13	Методика статического расчета замкнутой системы ЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению якоря (ООСН),	ПК-4.З.1
14	Методика статического расчета замкнутой системы ЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости (ООСС),	ПК-2.З.1
15	Методика статического расчета замкнутой системы ЭП постоянного тока с положительной обратной связью по току якоря, (ПОСТ).	ПК-2.З.1
16	Системы с токоограничением. Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования.	ПК-2.У.2
17	Структурная схема асинхронного ЭП при регулировании скорости вращения посредством регулирования величины напряжения, подаваемого на обмотку статора АД. Передаточная функция АД при регулировании скорости вращения посредством регулирования величины напряжения, подаваемого на обмотку статора АД.	ПК-2.В.1
18	Структурная схема АД при частотном управлении (ЧУ). Передаточная функция АД при ЧУ.	ПК-4.З.1
19	Методика расчета требуемого коэффициента усиления замкнутой по положению системы ЭП	ПК-2.З.1
20	Математическая модель вентильного двигателя. Передаточная функция и структурная схема вентильного двигателя	ПК-2.У.2
21	Методика выбора двигателя и полупроводникового коммутатора для вентильного двигателя.	ПК-2.В.1
22	Методика выбора двигателя и полупроводникового коммутатора шагового двигателя.	ПК-4.З.1
23	Расчет динамических показателей шагового ЭП.	ПК-2.З.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	Вопросы тестового контроля ТК-1	
1.	Приведите структурную схему разомкнутого электропривода постоянного тока.	ПК-2.У.2
2.	Приведите структурную схему разомкнутого асинхронного электропривода.	ПК-2.В.1
3.	Приведите структурную схему замкнутого по скорости электропривода постоянного тока	ПК-4.З.1
4.	Приведите структурную схему замкнутого по скорости асинхронного электропривода	ПК-2.З.1
5.	Приведите структурную схему замкнутого по положению электропривода постоянного тока.	ПК-2.У.2
6.	Укажите основные этапы методики выбора электродвигателя и передаточного отношения редуктора при циклическом характере изменения нагрузки.	ПК-2.В.1
7.	Поясните, каким образом следует проверить выбранный двигатель на нагрев.	ПК-4.З.1
8.	Укажите основные этапы методики расчета управляемого выпрямителя	ПК-2.З.1
9.	Укажите основные этапы методики расчета широтно – импульсного реверсивного преобразователя.	ПК-2.З.1
10.	Укажите, по каким параметрам следует выбирать тиристоры, диоды, транзисторы.	ПК-2.У.2
11.	Напишите передаточные функции двигателя постоянного тока, вентильного преобразователя, датчика скорости, датчика положения	ПК-2.В.1
12.	Составьте передаточную функцию разомкнутой системы электропривода.	ПК-4.З.1
13.	Напишите передаточную функцию регулятора.	ПК-2.З.1
14.	Составьте модель электропривода для исследования динамических свойств замкнутой системы.	ПК-2.У.2
	Вопросы тестового контроля ТК-2	
1.	Нарисуйте функциональные схемы электропривода - с отрицательной обратной связью по напряжению обмотки якоря; - с отрицательной обратной связью по скорости вращения; - с положительной обратной связью по току обмотки якоря; - с отрицательной обратной связью по скорости вращения и с положительной обратной связью по току обмотки якоря.	ПК-4.З.1
2.	Нарисуйте основные схемы, реализующие «отсечки» сигналов.	ПК-2.З.1
3.	Нарисуйте функциональные схемы электропривода - с отрицательной обратной связью обратной связью по скорости и с отрицательной обратной связью по току обмотки якоря с «отсечкой».	ПК-2.З.1
4.	Нарисуйте функциональную схему электропривода с упреждающим токоограничением.	ПК-2.У.2

5.	Объясните устройство, принцип работы асинхронного электродвигателя. Приведите основные расчетные соотношения АД.	ПК-2.В.1
6.	Приведите формулу для расчета скорости вращения АД и дайте пояснения каждому из способов регулирования скорости вращения АД.	ПК-4.З.1
7.	Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.	ПК-2.З.1
8.	Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения АД по каналу частоты.	ПК-2.У.2
9.	Составьте структурную схему замкнутой по скорости асинхронного электропривода при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.	ПК-2.В.1
10.	Нарисуйте структурные схемы асинхронного ЭП, реализующие: - «номинальный» закон ЧУ; - постоянство полного потока; - постоянство рабочего потока; - частотно-токовое управление; - постоянство абсолютного скольжения; - векторное управление. Дайте качественную сравнительную оценку каждому из вышеперечисленных частных законов частотного управления АД.	ПК-4.З.1
11.	Объясните устройство, принцип работы асинхронного электродвигателя. Приведите основные расчетные соотношения АД.	ПК-2.З.1
12.	Приведите формулу для расчета скорости вращения АД и дайте пояснения каждому из способов регулирования скорости вращения АД.	ПК-2.З.1
13.	Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.	ПК-2.У.2
14.	Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения АД по каналу частоты.	ПК-2.В.1
15.	Составьте структурную схему замкнутой по скорости асинхронного электропривода при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.	ПК-4.З.1
16.	Нарисуйте структурные схемы асинхронного ЭП, реализующие: - «номинальный» закон ЧУ; - постоянство рабочего потока; - частотно-токовое управление; Дайте качественную сравнительную оценку каждому из вышеперечисленных частных законов частотного управления АД.	ПК-2.З.1

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является – получение студентами необходимых знаний, умений и навыков в области проектирования электрического привода, а именно:

- развитие умения сбора и анализа данных для расчета,
- проведение обоснования проектных расчетов;
- развитие умения применять стандартные пакеты прикладных программ для математического моделирования процессов ЭП;
- развитие умения проводить контроль соответствия разрабатываемых проектов требованиям нормативной документации.

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала приведены в Методических указаниях по изучению курса «Проектирование электроприводов» и в учебных пособиях [1], [2], [3], [4].

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

– получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
– получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
– развитие профессионально–деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
– появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
– получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
– научится методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
– получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

Целью дисциплины является – получение студентами необходимых знаний, умений и навыков по современному электрическому приводу, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности. Обучающиеся должны освоить дисциплину на уровне, позволяющем им ориентироваться в схемных решениях, математических моделях, свойствах и характеристиках электроприводов постоянного и переменного тока.

Введение

Цель и задачи курса. Классификация систем автоматизированного электропривода. [1],

Методические указания.

При изучении этого раздела необходимо разобраться с классификацией современных электроприводов и их структурными схемами.

Автоматизированные электроприводы подразделяются:

-в зависимости от типа электрической машины - на электрические приводы постоянного тока и электрические приводы переменного тока;

-в зависимости от наличия или отсутствия обратных связей - на разомкнутые и замкнутые;

-в зависимости от назначения – регулируемые по скорости или регулируемые по положению исполнительного органа рабочего механизма электропривода.

Вопросы для самоконтроля:

1. Приведите структурную схему разомкнутого электропривода постоянного тока.
2. Приведите структурную схему разомкнутого асинхронного электропривода.
3. Приведите структурную схему замкнутого по скорости электропривода постоянного тока.
4. Приведите структурную схему замкнутого по скорости асинхронного электропривода.
5. Приведите структурную схему замкнутого по положению электропривода постоянного тока.

Раздел 1.

Общие вопросы проектирования ЭП. Содержание технического задания на проектирование ЭП. Основные этапы проектирования ЭП. Выбор элементов неизменяемой части ЭП. [2], [3].

Методические указания.

При изучении этого раздела необходимо выяснить состав содержания технического задания (ТЗ) на проектирование электропривода – тип электропривода, тип электрической машины, наличие или отсутствие обратных связей, требуемая точность поддержания выходных параметров электропривода, параметры сети, питающей электропривод и их отклонения, условия работы привода и т.п.

Важно установить основные этапы проектирования и последовательность их выполнения. Как правило, расчет электропривода следует начинать с выбора электродвигателя и расчета передаточного отношения редуктора (если он применен в электроприводе). Методика выбора электродвигателя и передаточного отношения редуктора при циклическом характере изменения нагрузки приведена в [3]. Там же приведена методика проверки двигателя на нагрев.

Далее следует рассчитать усилитель мощности, от которого должен быть запитан выбранный электродвигатель. В качестве исходных данных для расчета усилителя мощности следует принять паспортные данные выбранного двигателя – номинальное напряжения и номинальный ток. Для двигателя постоянного тока в качестве усилителя мощности применяют управляемые тиристорные выпрямители или транзисторные широтно- импульсные преобразователи.

Методика расчета тиристорного управляемого выпрямителя приведена в [2], разделы 1 и 2, а также в [3], раздел 3. Методика расчета транзисторного широтно-импульсного преобразователя приведены в [4], раздел 1.

Проектируемая система электропривода является замкнутой по скорости и положению системой. Выбор датчиков скорости и положения следует провести по методике, приведенной в [4], раздел 2.

Для выбора электродвигателя, датчиков скорости, датчиков положения, полупроводниковых элементов, трансформаторов, дросселей и конденсаторов можно воспользоваться «Справочными данными по элементной базе для курсовых проектов по

дисциплинам «Проектирование электроприводов», «Проектирование вторичных источников питания», издание кафедры №32.

Расчет следящей системы следует провести по методике, приведенной в [4], раздел 3.

Далее необходимо составить уравнения и передаточные функции электропривода и по методике, приведенной в [4], раздел 3. Выбор параметров регулятора положения можно провести, воспользовавшись методикой синтеза систем подчиненного регулирования, изложенной в [2], раздел 5.

Динамические свойства проектируемого электропривода можно оценить, воспользовавшись программой «Simulink».

Вопросы для самоконтроля:

1. Укажите основные этапы методики выбора электродвигателя и передаточного отношения редуктора при циклическом характере изменения нагрузки.

2. Поясните, каким образом следует проверить выбранный двигатель на нагрев.

3. Укажите основные этапы методики расчета управляемого выпрямителя.

4. Укажите основные этапы методики расчета широтно – импульсного реверсивного преобразователя.

5. Укажите, по каким параметрам следует выбирать тиристоры, диоды, транзисторы.

6. Напишите передаточные функции двигателя постоянного тока, вентильного преобразователя, датчика скорости, датчика положения.

7. Составьте передаточную функцию разомкнутой системы электропривода.

8. Напишите передаточную функцию регулятора.

9. Составьте модель электропривода для исследования динамических свойств замкнутой системы.

Раздел 2.

Проектирование ЭП постоянного тока.

Статический расчет замкнутых систем ЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению якоря (ООСН), скорости (ООСС), с положительной обратной связью по току якоря, (ПОСТ). Системы с токоограничением. Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования.

Методические указания

Вопросы проектирования электроприводов, стабилизированных по скорости и с ограничением тока и ускорения рассмотрены в [1], раздел 3. При изучении этого раздела следует обратить внимание на функциональные схемы рассматриваемых систем электроприводов и на методику расчета требуемого коэффициента усиления регулятора. Введение так называемых отсечек тока, потребляемого двигателем, является необходимым условием обеспечения надежности электропривода и повышения ресурса работы его. Необходимо изучить схемы, реализующие этот режим работы электропривода и скоростные характеристики таких электроприводов.

Вопросы для самоконтроля:

1.Нарисуйте функциональные схемы электропривода

- с отрицательной обратной связью по напряжению обмотки якоря;
- с отрицательной обратной связью по скорости вращения;
- с положительной обратной связью по току обмотки якоря;
- с отрицательной обратной связью по скорости вращения и с положительной обратной связью по току обмотки якоря;

2. Нарисуйте основные схемы, реализующие «отсечки» сигналов.

3. Нарисуйте функциональные схемы электропривода

- с отрицательной обратной связью обратной связью по скорости и с отрицательной обратной связью по току обмотки якоря с «отсечкой».

4. Нарисуйте функциональную схему электропривода с упреждающим токоограничением.

Раздел 4.

Проектирование асинхронного ЭП [3]

Структурная схема асинхронного ЭП при регулировании скорости вращения посредством регулирования величины напряжения, подаваемого на обмотку статора АД. Передаточная функция АД при регулировании скорости вращения посредством регулирования величины напряжения, подаваемого на обмотку статора АД.

Структурная схема АД при частотном управлении (ЧУ). Передаточная функция АД при ЧУ.

Структурные схемы асинхронного ЭП, реализующие:

- «номинальный» закон ЧУ;
- постоянство полного потока;
- постоянство рабочего потока;
- частотно-токовое управление;
- постоянство абсолютного скольжения;
- векторное управление.

Методические указания

В этом разделе необходимо рассмотреть характеристики замкнутых по скорости систем асинхронного электропривода при двух способах регулирования скорости вращения:

-изменением напряжения, подаваемого на обмотку статора при постоянной частоте этого напряжения;

-изменением частоты напряжения переменного тока, подаваемого на обмотку статора асинхронного двигателя (частотное управление).

Необходимо составить структурные схемы и передаточные функции асинхронного электропривода для каждого из способов регулирования скорости вращения. Необходимо также обратить внимание на методики расчета параметров передаточных функций асинхронного электропривода для каждого из способов регулирования скорости вращения.

Исследование динамических свойств асинхронного электропривода можно проводить, воспользовавшись программой «Simulink».

Вопросы для самоконтроля:

1.Объясните устройство, принцип работы асинхронного электродвигателя. Приведите основные расчетные соотношения АД.

2.Приведите формулу для расчета скорости вращения АД и дайте пояснения каждому из способов регулирования скорости вращения АД.

3.Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.

4. Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения АД по каналу частоты.

5. Составьте структурную схему замкнутой по скорости асинхронного электропривода при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.

6.Нарисуйте структурные схемы асинхронного ЭП, реализующие:

- «номинальный» закон ЧУ;
- постоянство полного потока;
- постоянство рабочего потока;
- частотно-токовое управление;
- постоянство абсолютного скольжения;
- векторное управление.

Дайте качественную сравнительную оценку каждому из вышеперечисленных частных законов частотного управления АД.

Примечание:

Студентам заочной формы обучения читаются установочные лекции.

Полное изучение дисциплины осуществляется ими самостоятельно.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

приведены в Методических указаниях по изучению курса «Проектирование электроприводов» и в учебных пособиях [1], [2], [3], [4].

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающейся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающемся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающемся практических занятий:

– закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;

– развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;

– овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;

– выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;

– обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Функции практических занятий:

– познавательная;

– развивающая;

– воспитательная.

По характеру выполняемых обучающимся заданий по практическим занятиям подразделяются на:

– ознакомительные, проводимые с целью закрепления и конкретизации изученного теоретического материала;

– аналитические, ставящие своей целью получение новой информации на основе формализованных методов;

– творческие, связанные с получением новой информации путем самостоятельно выбранных подходов к решению задач.

Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Они могут проводиться:

– в интерактивной форме (решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), деловая учебная игра, ролевая игра, психологический тренинг, кейс, мозговой штурм, групповые дискуссии);

– в не интерактивной форме (выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач и другое).

Методика проведения практического занятия может быть различной, при этом важно достижение общей цели дисциплины.

Требования к проведению практических занятий:

1. Все студенты должны быть ознакомлены с темами практических занятий, приведенными в таблице 4.

2. Практические занятия целесообразно проводить по темам, предварительно изученными студентами на лекциях или самостоятельно.

3. В начале каждого практического занятия необходимо провести тестовый контроль подготовки студентов к этому занятию, воспользовавшись вопросами тестового контроля, приведенными в таблице 19.

4. С целью повышения эффективности практических занятий необходимо изучение каждой темы сопровождать решением задач. Темы практических занятий и номера заданий приведены в таблице 20.

5. При проведении практических занятий необходимо обращать внимание студентов на методики расчета электрических приводов, а при решении студентами практических задач необходимо акцентировать внимание на ошибки, допускаемые студентами, предлагать им найти более оптимальный путь решения задачи и т.п.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются:

– учебно-методический материал по дисциплине.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости проводится в течение семестра с использованием тестовых вопросов (табл.18) и оценки решения задач в рамках Практических занятий. И выполнения КР. В конце семестра по результатам текущего контроля выставляется оценка, которая учитывается при оценки в рамках промежуточной аттестации.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять

их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»;

К промежуточной аттестации студент допускается только после выполнения и защиты КР.

Промежуточная аттестация проводится по вопросам, приведенным в таблице 15.

При оценке окончательных результатов обучения по дисциплине учитывается оценка по текущему контролю, а также отсутствие или наличие задолженности по практическим занятиям. При наличии задолженностей по практическим занятиям итоговая оценка снижается на 0,5 балла за каждую не выполненную и не защищенную практическую работу.

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой