

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

проф., д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

А.Л. Ронжин

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«22» июня 2020 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование электроприводов»

(Название дисциплины)

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

Санкт-Петербург 2020 г.

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

Ст. преподаватель

должность, уч. степень, звание



подпись, дата

О.Б. Чернышева

инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«21» мая 2020 г, протокол № 32

Заведующий кафедрой № 32

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)



«21» мая 2020 г

(подпись, дата)

А.Л. Ронжин

(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 13.03.02(01)

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Заместитель Директора института №3 по методической работе

доц., к.э.н

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

Г.С. Армашова-Тельник

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Проектирование электроприводов» входит в вариативную часть образовательной программы подготовки обучающихся по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» направленность «Робототехника». Дисциплина реализуется кафедрой №32.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника

общекультурных компетенций:

ОК-7 «способность к самоорганизации и самообразованию»;

профессиональных компетенций:

ПК-1 «способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычисл»,

ПК-2 «способность разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования»,

ПК-14 «способность планировать проведение испытаний отдельных модулей и подсистем мехатронных и робототехнических систем, участвовать в работах по организации и проведению экспериментов на действующих объектах и экспериментальных макетах, а также в обработке рез».

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 закреплении навыков к самоорганизации и саморазвитию.

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

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

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

В результате освоения дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями:

ОК-7 «способность к самоорганизации и самообразованию»:

знать – основы предметной области – теории и практики проектирования электрических приводов;

уметь – самостоятельно производить поиск и анализ новой информации по методикам проектирования электрических приводов;

владеть навыками поиска необходимой информации, используя современные информационные технологии;

иметь опыт деятельности с компьютерными системами поиска информации.

ПК-1 «способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники»:

знать - __физические основы работы электрических приводов;

уметь – составлять математические модели электрических приводов;

владеть навыками - _работы с прикладными программами для исследования характеристик установившегося и переходных режимов работы электрических приводов;

иметь опыт деятельности – по расчеты и проектированию электрических приводов.

ПК-2 «способность разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования»:

знать – основные прикладные программы, используемые для исследования динамических характеристик ЭП;

уметь – использовать прикладные программы для исследования динамических характеристик ЭП;

владеть навыками – работы с прикладными программами для расчета динамических показателей ЭП;

иметь опыт деятельности – по применению прикладных программ для проектирования ЭП.

ПК-14 «способность планировать проведение испытаний отдельных модулей и подсистем мехатронных и робототехнических систем, участвовать в работах по организации и

проведению экспериментов на действующих объектах и экспериментальных макетах, а также в обработке результатов экспериментальных исследований»:

знать - методики выполнения испытаний электрических приводов;

уметь - проводить испытания электрических приводов;

владеть навыками - обработки испытаний;

иметь опыт деятельности - в выполнении испытаний электрических приводов.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных студентами 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 дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	4/ 144	4/ 144
<i>Аудиторные занятия</i> , всего час., <i>В том числе</i>	51	51
лекции (Л), (час)	17	17
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)	17	17
Экзамен, (час)	36	36
<i>Самостоятельная работа</i> , всего	57	57
Вид промежуточного контроля: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет,	Экз.	Экз.

Дифф. зач, Экз.)		
------------------	--	--

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и 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			10
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 4.2 Математическая 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				17	27
Итого в семестре:	17	17		17	57
Итого:	17	17	0	17	57

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

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 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7				
1	Основные этапы проектирования: выбор электродвигателя, полупроводникового преобразователя, датчиков обратных связей, синтез замкнутой системы, оценка динамических показателей системы	Решение задач	2	Тема 1.1.
2	Методика выбора двигателя для электроприводов вентиляторов, насосов, грузоподъемных механизмов, манипуляторов роботов	Решение задач	4	Тема 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	Тема 2.1
4	Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования:-контура тока; - контура скорости; -контура положения.	Решение задач	3	Тема 2.2
5	Математическая модель вентильного двигателя. Передаточная функция и структурная схема вентильного двигателя	Решение задач	2	Тема 3.1
	Итого в семестре		17	

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
-------	---------------------------------	---------------------	----------------------

Учебным планом не предусмотрено		
Всего:		

4.5. Курсовое проектирование (работа)

Цель курсового проекта:

- 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.

Примерные темы заданий на курсовой проект приведены в разделе 10 РПД.

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Самостоятельная работа, всего	57	57
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	20	20
курсовое проектирование (КП, КР)	27	27
расчетно-графические задания (РГЗ)		
выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю (ТК)	10	10
домашнее задание (ДЗ)		
контрольные работы заочников (КРЗ)		

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 8-10.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
62-83 M29	1.Мартынов А.А.. Электрический привод: учеб. пособие.– СПб.: ГУАП, 2015. – 524 с.	80
621.313 M29	2.МартыновА.А. Основы проектирования электрических приводов.: Учеб. пособие/. СПб.:СПбГУАП, 2013. 141с.: ил.	45

6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	3.Мартынов А.А. Проектирование электроприводов: Учебн. пособие/ СПбГУАП. СПб., 2004. 97 с.	50
621.865.8 K72	4.Косулин В.Д., Мартынов А.А. Вентильный электропривод для роботов. Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 1991. –152с.	60
621.865.8 M29	5. Мартынов А.А. Вентильный ЭП роботов. Расчет и проектирование систем тиристорного ЭП. Учебное пособие./ ЛИАП. Л. 1991г.-92с.	30

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

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, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Состав материально-технической базы 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	21-28
2	Компьютерный класс	21-23

10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Задачи; Тесты.
Выполнение курсового проекта	Экспертная оценка на основе требований к содержанию курсового проекта.

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ОК-7 «способность к самоорганизации и самообразованию»	
1	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности
1	Физическая культура
1	Иностранный язык
2	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
2	История
2	Безопасность жизнедеятельности
2	Иностранный язык
3	Культурология
3	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
3	Иностранный язык
3	Философия
3	Правоведение
3	Электротехника
4	Иностранный язык
4	Электроника
4	Электротехника
4	Социология
4	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (технологическая)
4	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
5	Силовая электроника
5	Электрические машины
5	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
5	Электроника
5	Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств
5	Защита интеллектуальной собственности
5	Экология
6	Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике
6	Управление роботами и робототехническими системами
6	Математические методы исследования в электромеханике
6	Электроприводы аэрокосмических робототехнических систем
6	Прикладная физическая культура (элективный модуль)

6	Производственная практика научно-исследовательская работа
6	Контроль качества технологических операций
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Силовая электроника
7	Оптимальные системы
7	Моделирование в электромеханике
7	Информационные технологии и системы в электромеханике и электроэнергетике
7	Менеджмент в мехатронике и робототехнике
7	Проектирование электроприводов
7	Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике
7	Управление роботами и робототехническими системами
7	Методы нечеткого управления в робототехнических системах и комплексах
7	Автоматизация расчета и проектирования технических систем
7	Исполнительные устройства робототехнических систем
7	Идентификация и диагностика систем
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
8	Теория подобия и моделирования
8	Управление роботами и робототехническими системами
8	Проблемы разработки и внедрения современных робототехнических систем
8	Экспериментальные методы исследования
8	Системы с искусственным интеллектом
8	Контроль и диагностика робототехнических систем и комплексов
8	Проектирование роботов и робототехнических систем
8	Конструирование, расчет и проектирование электромеханических и электроэнергетических устройств
8	Надежность робототехнических систем
8	Производственная преддипломная практика
ПК-1 «способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники»	
1	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности
2	Компьютерная графика в профессиональной сфере
3	Электротехника
4	Электротехника

4	Электроника
4	Метрология
5	Силовая электроника
5	Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств
5	Электрические машины
5	Теория автоматического управления
5	Электроника
5	Программное обеспечение мехатронных и робототехнических систем
6	Управление роботами и робототехническими системами
6	Силовая электроника
6	Теория автоматического управления
6	Математические методы исследования в электромеханике
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Проектирование вторичных источников питания
6	Электромеханические и полупроводниковые преобразователи электрической энергии
6	Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике
6	Электроприводы аэрокосмических робототехнических систем
6	Контроль качества технологических операций
7	Моделирование в электромеханике
7	Информационные технологии и системы в электромеханике и электроэнергетике
7	Оптимальные системы
7	Методы нечеткого управления в робототехнических системах и комплексах
7	Проектирование электроприводов
7	Исполнительные устройства робототехнических систем
7	Теория автоматического управления
7	Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике
7	Управление роботами и робототехническими системами
8	Конструирование, расчет и проектирование электромеханических и электроэнергетических устройств
8	Проблемы разработки и внедрения современных робототехнических систем
8	Проектирование роботов и робототехнических систем
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
8	Системы с искусственным интеллектом
8	Контроль и диагностика робототехнических систем и комплексов
8	Теория подобия и моделирования
8	Надежность робототехнических систем

8	Управление роботами и робототехническими системами
ПК-2 «способность разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования»	
3	Электротехника
4	Электротехника
5	Теория автоматического управления
5	Программное обеспечение мехатронных и робототехнических систем
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Управление роботами и робототехническими системами
6	Теория автоматического управления
6	Производственная практика научно-исследовательская работа
7	Исполнительные устройства робототехнических систем
7	Теория автоматического управления
7	Методы нечеткого управления в робототехнических системах и комплексах
7	Управление роботами и робототехническими системами
7	Оптимальные системы
7	Проектирование электроприводов
7	Моделирование в электромеханике
7	Информационные технологии и системы в электромеханике и электроэнергетике
8	Управление роботами и робототехническими системами
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
ПК-14 «способность планировать проведение испытаний отдельных модулей и подсистем мехатронных и робототехнических систем, участвовать в работах по организации и проведению экспериментов на действующих объектах и экспериментальных макетах, а также в обработке результатов экспериментальных исследований»	
1	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности
2	Информационные технологии
5	Силовая электроника
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Силовая электроника
7	Особенности программирования в ROS
7	Проектирование электроприводов

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно–рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4–балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	
$85 \leq K \leq 100$	«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.
$70 \leq K \leq 84$	«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.
$55 \leq K \leq 69$	«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.
$K \leq 54$	«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.

10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета
1	Классификация систем автоматизированного электропривода
2	Содержание технического задания на проектирование ЭП. Основные этапы проектирования ЭП. Выбор электродвигателя и передаточного отношения редуктора при циклическом характере нагрузки.

4	Выбор электродвигателя для ЭП вентилятора и насоса.
5	Выбор электродвигателя для ЭП тележки мостового крана
6	Методика расчета управляемого выпрямителя для ЭП постоянного тока.
7	Методика расчета транзисторного реверсивного широтно-импульсного преобразователя для ЭП постоянного тока.
8	Методика выбора датчиков тока и напряжения для замкнутых систем ЭП.
9	Методика выбора датчиков скорости и положения для замкнутых систем ЭП.
10	Методика расчета регулятора тока в замкнутой системе подчиненного регулирования.
11	Методика расчета регулятора скорости в замкнутой системе подчиненного регулирования.
12	Методика расчета параметров корректирующего звена ЭП при частотном методе синтеза замкнутой системы ЭП.
13	Методика статического расчета замкнутой системы ЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению якоря (ООСН),
14	Методика статического расчета замкнутой системы ЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости (ООСС),
15	Методика статического расчета замкнутой системы ЭП постоянного тока с положительной обратной связью по току якоря, (ПОСТ).
16	Системы с токоограничением. Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования.
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.
18	Структурная схема АД при частотном управлении (ЧУ). Передаточная функция АД при ЧУ.
19	Методика расчета требуемого коэффициента усиления замкнутой по положению системы ЭП
20	Математическая модель вентильного двигателя. Передаточная функция и структурная схема вентильного двигателя
21	Методика выбора двигателя и полупроводникового коммутатора для вентильного двигателя.
22	Методика выбора двигателя и полупроводникового коммутатора шагового двигателя.

23	Расчет динамических показателей шагового ЭП.
----	--

2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета

3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта
1	Электрический привод манипулятора
2	Электрический привод грузоподъемного механизма
3	Электрический привод тележки мостового крана
4	Электрический привод вентилятора
5	Электрический привод насоса
6	Электрический привод компрессора

4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
	Вопросы тестового контроля ТК-1
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.

6.	Укажите основные этапы методики выбора электродвигателя и передаточного отношения редуктора при циклическом характере изменения нагрузки.
7.	Поясните, каким образом следует проверить выбранный двигатель на нагрев.
8.	Укажите основные этапы методики расчета управляемого выпрямителя
9.	Укажите основные этапы методики расчета широтно – импульсного реверсивного преобразователя.
10.	Укажите, по каким параметрам следует выбирать тиристоры, диоды, транзисторы.
11.	Напишите передаточные функции двигателя постоянного тока, вентильного преобразователя, датчика скорости, датчика положения
12.	Составьте передаточную функцию разомкнутой системы электропривода.
13.	Напишите передаточную функцию регулятора.
14.	Составьте модель электропривода для исследования динамических свойств замкнутой системы.
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.
2.	Нарисуйте основные схемы, реализующие «отсечки» сигналов.
3.	Нарисуйте функциональные схемы электропривода - с отрицательной обратной связью по скорости и с отрицательной обратной связью по току обмотки якоря с «отсечкой».
4.	Нарисуйте функциональную схему электропривода с упреждающим токоограничением.
5.	Объясните устройство, принцип работы асинхронного электродвигателя. Приведите основные расчетные соотношения АД.
6.	Приведите формулу для расчета скорости вращения АД и дайте пояснения каждому из способов регулирования скорости вращения АД.
7.	Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.
8.	Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения

	АД по каналу частоты.
9.	Составьте структурную схему замкнутой по скорости асинхронного электропривода при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.
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.
11.	Объясните устройство, принцип работы асинхронного электродвигателя. Приведите основные расчетные соотношения АД.
12.	Приведите формулу для расчета скорости вращения АД и дайте пояснения каждому из способов регулирования скорости вращения АД.
13.	Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.
14.	Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения АД по каналу частоты.
15.	Составьте структурную схему замкнутой по скорости асинхронного электропривода при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.
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.

5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/ п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
--------------	---

1	Задача 1. Определить мощность приводного электродвигателя поршневого насоса, который подает воду на высоту $H=20$ м с расходом $Q=0,03\text{ м}^3/\text{с}$. Горизонтальная длина магистрали $l=800$ м при диаметре труб $d=150$ мм, магистраль содержит две заслонки, два вентиля и четыре колена в 90° с радиусом закругления $R=500$ мм, КПД насоса $\eta_n=81\%$, КПД механической передачи от двигателя к насосу $\eta_{м.п}=95\%$, Режим насоса продолжительный.
2	Задача 2. АД краново – металлургической серии типа МТКВ 511–8 имеет номинальные мощность $P_{ном} = 28$ кВт при $PВ_{нор} = 25\%$ и скорость $n_{ном} = 700$ об/мин. Оценить нагрев двигателя, если он будет периодически включаться на 3 мин и преодолевать при этом момент нагрузки $M_c=350$ Нм, после чего будет отключаться на 5 мин. Данный цикл работы относится к повторно- кратковременному режиму.
3	Задача 3. Для кинематической схемы механической части ЭП тележки мостового крана, приведенной на рис. 1, необходимо определить J и M_c при следующих исходных данных: – скорость перемещения тележки $v_{но} = 0,8$ м/с; – диаметр ходовых колес ХК $d_{х.к} = 0,6$ м; – общая масса тележки с грузом $m_T = 8\,500$ кг, сила сопротивления движению тележки $F_{и.о} = 120\,000$ Н; – $J_{дв} = 0,1$ кг•м²; $J_1 = 0,15$ кг•м²; $J_2 = 0,01$ кг•м²; $J_3 = 0,05$ кг•м²; $Z_1 = 20$; $Z_2 = 79$; $Z_3 = 16$; $Z_4 = 83$; – КПД одной шестеренчатой пары $\eta_n=0,97$. Рис. 1. Кинематическая схема электропривода тележки мостового крана: 1 – ходовые колеса; 2 – тормоз; 3 – двигатель; 4 – муфта; 5 – рельс

10.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «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».

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], [5] .

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;
- научиться 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. [6], раздел 1,2.

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. [3], разделы 1,2,3; [6], разделы 3,4.

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 так же 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 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.

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.

Раздел 5. Шаговый ЭП.

Тема 5.1. Методика выбора двигателя и полупроводникового коммутатора. Расчет динамических показателей ЭП.

Литература [3],

Методические указания.

Необходимо освоить методику расчета шагового ЭП, определить перечень параметров, необходимых для расчета шагового ЭП.

Вопросы для самоконтроля:

1 Приведите расчетные соотношения необходимые для проектирования шагового ЭП

Раздел 6. Информационный канал замкнутых систем ЭП.

Датчик тока, скорости, положения. Схемы включения датчиков положения.

Литература [3],

Методические указания.

Замкнутые системы ЭП должны иметь датчики электрических и механических параметров ЭП. К таким датчикам относятся:

- датчики тока;
- датчики напряжения;
- датчики угла поворота вала двигателя;
- датчики скорости;
- датчики ускорения.

Необходимо изучить устройство, принцип работы и характеристики каждого из вышеперечисленных датчиков, обратив особое внимание на формулы для определения коэффициента передачи, на точностные характеристики и значения погрешностей при передаче информации.

Вопросы для самоконтроля:

1 Перечислите типы датчиков тока. Сравните их по точностным показателям.

2 Перечислите типы датчиков напряжения. Сравните их по точностным показателям.

3 Перечислите типы датчиков угла. Сравните их по точностным показателям.

4 Перечислите типы датчиков скорости. Сравните их по точностным показателям.

5 Перечислите типы датчиков ускорения. Сравните их по точностным показателям.

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], [5].

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 обучающемуся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся 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 курсового проектирования/ работы

Цель выполнения курсового проекта: развить и закрепить навыки студентов по расчету и проектированию электрических приводов. Проектирование электрического привода выполняется в соответствии с техническим заданием.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

- систематизировать и закрепить полученные теоретические знания и практические умения по профессиональным учебным дисциплинам и модулям в соответствии с требованиями к уровню подготовки, установленными программой учебной дисциплины, программой подготовки специалиста соответствующего уровня, квалификации;
- применить полученные знания, умения и практический опыт при решении комплексных задач, в соответствии с основными видами профессиональной деятельности по направлению/ специальности/ программе;
- углубить теоретические знания в соответствии с заданной темой;
- сформировать умения применять теоретические знания при решении нестандартных задач;
- приобрести опыт аналитической, расчётной, конструкторской работы и сформировать соответствующие умения;
- сформировать умения работы со специальной литературой, справочной, нормативной и правовой документацией и иными информационными источниками;
- сформировать умения формулировать логически обоснованные выводы, предложения и рекомендации по результатам выполнения работы;
- развить профессиональную письменную и устную речь обучающегося;
- развить системное мышление, творческую инициативу, самостоятельность, организованность и ответственность за принимаемые решения;
- сформировать навыки планомерной регулярной работы над решением поставленных задач.

Задания на курсовые работы

Задание на курсовую работу «Проектирование ЭП манипулятора»

Содержание пояснительной записки курсового проекта (разделы пояснительной записки):

– Исходные данные на проект.

- Выбор исполнительного двигателя и передаточного отношения редуктора.
- Проверка двигателя на нагрев.
- Расчет силовой схемы усилителя мощности и выбор его элементов.
- Выбор чувствительных элементов (датчиков тока, скорости, положения).
- Разработка структурной схемы проектируемого электропривода.
- Расчет параметров регуляторов.
- Оценка динамических свойств проектируемого электропривода.

В пояснительной записке должны быть приведены необходимые для решения поставленной задачи рисунки, диаграммы, принципиальная электрическая схема преобразователя, структурная схема системы электропривода, схема модели привода и график переходного процесса отработки единичного управляющего воздействия.

В состав механической части привода входят электрический двигатель, редуктор и металлический рычаг. Вал двигателя соединен с входным валом редуктора. Выходной вал редуктора жестко соединен с металлическим рычагом. На втором конце рычага закреплен груз с заданной массой m . Груз следует переместить в вертикальной плоскости на заданный угол перемещения (φ_{pm}), с заданной скоростью ($\dot{\varphi}_{pm}$) и заданным ускорением ($\ddot{\varphi}_{pm}$). Режим работы привода циклический. Временная диаграмма цикла приведена на рис.4 [3].

При выполнении курсового проекта студенты ориентируются на привод с коллекторным электродвигателем постоянного тока. В качестве усилителя мощности выбирается или управляемый выпрямитель (см. [3], рис.6-10), или широтно-импульсный преобразователь (см. [4], рис.1 и рис.5).

Исходные данные для курсового проекта «Проектирование ЭП манипулятора»

Вар. №	G, Н	L _з , м	m _з , кг	φ_{pm} , рад	$\dot{\varphi}_{pm}$, рад/с	$\ddot{\varphi}_{pm}$, рад/с ²	$\delta_{отп}$, о.е.
1	1,0	1,4	2,0	6,28	2,0	10	0,08
2	2,0	1,4	2,0	6,0	2,5	25	0,09
3	3,0	1,2	1,9	5,5	3,0	30	0,10
4	4,0	1,2	1,9	5,0	3,5	35	0,11
5	5,0	1,1	1,8	4,5	4,0	40	0,12
6	6,0	1,1	1,8	4,0	4,5	45	0,13
7	7,0	1,0	1,6	3,5	5,0	50	0,14
8	8,0	1,0	1,6	3,0	5,5	10	0,15
9	9,0	0,9	1,4	3,5	6,0	25	0,08
10	10,0	0,9	1,4	4,0	2,0	30	0,09

11	11,0	0,8	1,3	4,5	2,5	35	0,10
12	12,0	0,8	1,3	5,0	3,0	40	0,11
13	13,0	0,7	1,4	5,5	3,5	45	0,12
14	14,0	0,7	1,4	6,0	4,0	50	0,13
15	15,0	0,6	1,5	5,5	4,5	10	0,14
16	16,0	0,6	1,5	5,0	5,0	25	0,15
17	17,0	0,5	1,6	4,5	5,5	30	0,08
18	18,0	0,5	1,6	4,0	6,0	35	0,09
19	19,0	0,4	1,7	3,5	5,5	40	0,10
20	20,0	0,4	1,7	3,0	5,0	45	0,11
21	18,0	0,3	1,6	3,5	4,5	50	0,12
22	16,0	0,4	1,5	4,0	5,0	45	0,13
23	14,0	0,6	1,4	4,5	5,5	40	0,14
24	12,0	0,8	1,4	5,0	6,0	35	0,15

Принятые в таблице обозначения:

- G - грузоподъемность манипулятора, Н;
- L_3 - длина звена исполнительного механизма, м;
- m_3 - масса звена, кг;
- J_3 - момент инерции звена относительно поперечной оси, проходящей через центр массы звена, кг м²;
- ρ – расстояние от центра массы звена до оси вращения звена (или радиус инерции), м;
- φ_{pm} – максимальный угол поворота звена, рад;
- $\dot{\varphi}_{pm}$ - максимальная угловая скорость поворота звена, рад/с;
- $\ddot{\varphi}_{pm}$ - максимальная угловая скорость поворота звена, рад/с²;
- $\delta_{отн}$ - максимально допустимая ошибка позиционирования, о.е.

Содержание пояснительной записки курсового проекта (разделы пояснительной записки) :

-Исходные данные на проект.

-Выбор исполнительного двигателя и передаточного отношения редуктора.

-Проверка двигателя на нагрев.

-Расчет силовой схемы усилителя мощности и выбор его элементов.

-Выбор чувствительных элементов (датчиков тока, скорости, положения).

- Разработка структурной схемы проектируемого электропривода.
- Статический расчет системы.
- Расчет параметров регуляторов.
- Оценка динамических свойств проектируемого электропривода.

В пояснительной записки должны быть приведены необходимые для решения поставленной задачи рисунки, диаграммы, принципиальная электрическая схема преобразователя, структурная схема системы электропривода, схема модели привода и график переходного процесса отработки единичного управляющего воздействия.

Задание на курсовую работу «Проектирование ЭП лебедки»

Исходные данные для курсовой работы «Проектирование ЭП лебедки»

Вар.№	$m_{гр}$, кг	$v_{н.о}$, м/с	$\Delta v_{н.о}/ v_{н.о}$
1	400	0,05	0,005
2	500	0,06	0,006
3	600	0,07	0,007
4	700	0,08	0,008
5	800	0,09	0,009
6	900	0,10	0,010
7	1000	0,11	0,011
8	1100	0,12	0,012
9	1200	0,13	0,013
10	1300	0,14	0,014
11	1400	0,15	0,015
12	1500	0,16	0,016
13	1600	0,17	0,017
14	1700	0,18	0,016
15	1800	0,19	0,015
16	1900	0,20	0,014
17	2000	0,19	0,013
18	2100	0,18	0,012
19	2200	0,17	0,011

20	2300	0,16	0.010
21	2400	0,15	0,009
22	2500	0,14	0,008
23	2600	0,13	0,007
24	2700	0,12	0,006

Принятые в таблице обозначения:

- $m_{гр}$, – масса поднимаемого груза, кг;
- $v_{и.о}$ – скорость подъема, м/с;
- $\Delta v_{и.о}/v_{и.о}$ – точность поддержания скорости.

Параметры питающей сети переменного тока:

- напряжение $U_c=220/380$ В;
- допустимое отклонение напряжения $\pm 10\%$;
- частота питающей сети $f_c=50$ Гц.

Допустимая величина пульсации тока обмотки якоря $I_{я.п}=0,1I_{я N}$.

Допустимый коэффициент перегрузки двигателя по моменту, $k_{пер}=1,5$.

11.4. 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.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

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;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

Перечень тем самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения:

- Выбор исполнительного двигателя. [3], раздел 1.

- Расчет тиристорного преобразователя для электропривода постоянного тока, [2], раздел 1.
- Расчет транзисторного широтно-импульсного преобразователя для электропривода постоянного тока, [4], раздел 1.
- Выбор датчиков скорости и положения, [4], раздел 2.
- Расчет следящей системы [4], раздел 3.
- 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. [1], раздел 3. Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования. [2], разделы 5.5, 5.6, 5.7.
- Энергетические характеристики электропривода, [2], раздел 3.
- Статические характеристики вентильного электропривода. [2], раздел 4.
- Уравнения и передаточные функции систем вентильного электропривода, [2], разделы 5.1, 5.2, 5.3.
- Проектирование асинхронного ЭП.
- Структурная схема АД при частотном управлении (ЧУ). Передаточная функция АД при ЧУ. [9], разделы 5.1.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

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».
- зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».
- дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

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