

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)

«30» августа 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование электроприводов»

(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки	13.03.02
Наименование направления подготовки	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности	Электромеханика
Форма обучения	заочная

Санкт-Петербург – 2022

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

старший преподаватель
(должность, уч. степень, звание)


(подпись, дата)

О.Б. Чернышева
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«30» августа 2022 г, протокол № 1

Заведующий кафедрой № 32

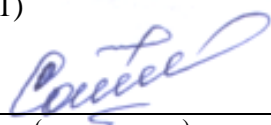
доц., к.т.н., доц.
(уч. степень, звание)


(подпись, дата)

С.В. Солёный
(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 13.03.02(01)

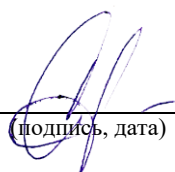
доц., к.т.н., доц.
(должность, уч. степень, звание)


(подпись, дата)

О.Я. Солёная
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

старший преподаватель
(должность, уч. степень, звание)


(подпись, дата)

Н.В. Решетникова
(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Проектирование электроприводов» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности «Электромеханика». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-2 «Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с:

- изучением и освоением методик расчета и проектирования основных типов 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, курсовое проектирование.

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания 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 принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией	ПК-2.Д.1 выполняет сбор и анализ данных для проектирования объектов профессиональной деятельности ПК-2.Д.2 разрабатывает эскизные и рабочие чертежи графической части рабочей и проектной документации ПК-2.Д.3 использует средства автоматизированного проектирования для оформления рабочей документации объектов профессиональной деятельности ПК-2.Д.4 осуществляет контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам ПК-2.Д.5 применяет методы расчета и выбора параметров основных элементов объектов профессиональной деятельности

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Теоретические основы электротехники»,
- «Электрические машины и аппараты»,
- «Промышленная электроника»,
- «Электрический привод»

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

- «Системы и методы искусственного интеллекта в электромеханике»

- Дипломное проектирование.

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	
		№9	№10
1	2	3	4
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	5/ 180	3/ 108	2/ 72
Из них часов практической подготовки	16	8	8
Аудиторные занятия, всего час.	32	16	16
в том числе:			
лекции (Л), (час)	16	8	8
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	16	8	8
лабораторные работы (ЛР), (час)			
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)	*		*
экзамен, (час)	9	9	
Самостоятельная работа, всего (час)	139	83	56
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз., Дифф. Зач.	Экз.	Дифф. Зач.

* - часы , не входящие в аудиторную нагрузку

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 9					
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	2	8			30
Раздел 2. Замкнутые системы ЭП Тема 2.1 Понятие замкнутой системы. Виды замкнутых систем ЭП Тема 2.2 Синтез системы подчиненного регулирования. Тема 2.3 Расчет параметров регулятора замкнутого токового контура Тема 2.4 Расчет параметров регулятора замкнутого скоростного контура Тема 2.5 Расчет параметров регулятора замкнутого контура по положению	4				33

Раздел 3. Проектирование ЭП на основе вентильного двигателя. Тема 3.1 Математическая модель вентильного двигателя. Передаточная функция и структурная схема вентильного двигателя.	2				20
Итого в семестре:	8	8			83
Семестр 10					
Раздел 4. Проектирование асинхронного ЭП Тема 4.1 Расчет мощности и выбор ЭД для ЭП грузоподъемного механизма Тема 4.2 Расчет мощности и выбор ЭД для ЭП тележки мостового крана Тема 4.3 Асинхронный электропривод с параметрическим (фазовым) управлением	6	8			36
Тема 5 Проектирование ЭП шагового двигателя Тема 5.1 Основные этапы проектирования ЭП с шаговым двигателем	2				20
Выполнение курсового проекта				0	
Итого в семестре:	8	8			56
Итого	16	16	0	0	139

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. Определение исходных данных для расчета. Выбор основных элементов проектируемой системы. Построение структурной схемы и определение динамических характеристик выбранных элементов неизменяемой части ЭП Тема 1.2 Методика выбора электродвигателей для ЭП. Методики определения моментов сопротивления, создаваемых на валу двигателя, при работе ИОРМ различных машин и механизмов
Раздел 2. Замкнутые системы ЭП	Тема 2.1 Понятие замкнутой системы. Виды замкнутых систем ЭП. Положительные и отрицательные обратные связи. Принципы построения замкнутых систем. Тема 2.2 Синтез системы подчиненного регулирования. Методика синтеза СПР Тема 2.3 Расчет параметров регулятора замкнутого токового контура. Передаточная функция замкнутого токового контура. Тема 2.4 Расчет параметров регулятора замкнутого скоростного контура. Передаточная функция замкнутого скоростного контура. Тема 2.5 Расчет параметров регулятора замкнутого контура по положению. Передаточная функция замкнутого контура по положению.
Раздел 3. Проектирование ЭП на основе вентильного двигателя.	Тема 3.1 Математическая модель вентильного двигателя. Передаточная функция и структурная схема вентильного двигателя.

Раздел 4. Проектирование асинхронного ЭП	Тема 4.1 Расчет мощности и выбор ЭД для ЭП грузоподъемного механизма. Методика расчета мощности и выбора двигателя. Тема 4.2 Расчет мощности и выбор ЭД для ЭП тележки мостового крана. Методика расчета мощности и выбора двигателя. Тема 4.3 Асинхронный электропривод с параметрическим (фазовым) управлением. Методика расчета мощности и выбора двигателя.
Тема 5 Проектирование ЭП шагового двигателя	Тема 5.1 Основные этапы проектирования ЭП с шаговым двигателем. Основные сведения о ШД, принцип работы. Основные характеристики ШД. Методика проектирования ЭП с ШД.

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 дисциплины
Семестр 9					
1	Методика выбора двигателя для электроприводов вентиляторов, насосов, грузоподъемных механизмов, манипуляторов роботов	Решение типовых задач	4	4	Тема 1.2
2	Методика расчета усилителя мощности с неуправляемым выпрямителем и реверсивным транзисторным ШИП	Решение типовых задач	4	4	Тема 1.2
Семестр 10					
3	Расчет мощности и выбор ЭД для ЭП грузоподъемного механизма	Решение типовых задач	4	4	Тема 4.1
4	Расчет мощности и выбор ЭД для ЭП тележки мостового крана	Решение типовых задач	4	4	Тема 4.2
Всего			16	16	

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость,	Из них	№
---	---------------------------------	---------------	--------	---

п/п		(час)	практической подготовки, (час)	раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Цель курсового проекта:

- закрепление знаний по курсам «Проектирование электрических приводов» и «Электрический привод»;
- приобретение навыков проектирования, расчёта и анализа систем электрических приводов.

В соответствии с заданием на курсовую работу студентам предлагается спроектировать замкнутую систему ЭП, регулируемого по скорости (скоростной ЭП) или регулируемого по положению (следящий ЭП).

Часов практической подготовки: 10.

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

Обязательно указать темы на курсовой проект и выделить для него время в СРС

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 9, час	Семестр 10, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	89	63	26
Курсовое проектирование (КП, КР)	10		10
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)			
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	20	10	10
Домашнее задание (ДЗ)			
Контрольные работы заочников (КРЗ)			
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	20	10	10
Всего:	139	83	56

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/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
62-83	Мартынов А.А.. Электрический привод:	20

M29	учеб. пособие.– СПб.: ГУАП, 2015. – 524 с.	
621.313 M29	Мартынов А.А. Основы проектирования электрических приводов.: Учеб. пособие/. СПб.: СПбГУАП, 2013. 141с.: ил. 30	20
	Мартынов А.А. Проектирование электроприводов: Учебн. пособие/ СПбГУАП. СПб., 2004. 97 с.	20
621.313.333	Мартынов А.А. Проектирование асинхронных электроприводов.: / А.А. Мартынов, О.Б. Чернышева. – СПб.: ГУАП, 2023	10
	Проектирование и эксплуатация полупроводниковых преобразователей для электромехатронных систем	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.urfu.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	21-18

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; Тесты.
Дифференцированный зачёт	Список вопросов к дифф.зачёту; Тесты.
Выполнение курсового проекта	Экспертная оценка на основе требований к содержанию курсового проекта.

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	
«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.

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – 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»	<ul style="list-style-type: none"> – 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.Д.1
2	Содержание технического задания на проектирование ЭП. Основные этапы проектирования ЭП.	
3	Выбор электродвигателя и передаточного отношения редуктора при циклическом характере нагрузки.	
4	Анализ данных, необходимых для проектирования ЭП.	
5	Выбор электродвигателя для ЭП вентилятора и насоса.	ПК-2.Д.2
6	Выбор электродвигателя для ЭП тележки мостового крана	
7	Методика расчета управляемого выпрямителя для ЭП постоянного тока.	
8	Методика расчета транзисторного реверсивного широтно-импульсного преобразователя для ЭП постоянного тока.	ПК-2.Д.3
9	Методика расчета усилителя мощности, выполненного по схеме с реверсивного тиристорного преобразователя	
10	Методика выбора датчиков тока и напряжения для замкнутых систем ЭП.	
11	Методика выбора датчиков скорости и положения для замкнутых систем ЭП.	ПК-2.Д.4 ПК-2.Д.5
12	Методика расчета регулятора тока в замкнутой системе подчиненного регулирования.	
13	Методика расчета регулятора скорости в замкнутой системе подчиненного регулирования.	
14	Методика расчета регулятора положения в замкнутой системе подчиненного регулирования.	
15	Методика расчета параметров корректирующего звена ЭП при частотном методе синтеза замкнутой системы ЭП.	
16	Методика расчета потерь мощности и КПД ЭП с ШИП	
17	Математическая модель вентильного двигателя. Передаточная	
18	функция и структурная схема вентильного двигателя	

19	Методика выбора двигателя и полупроводникового коммутатора для вентильного двигателя.	
----	---	--

Вопросы для дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы для дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов для дифф. зачета	Код индикатора
1	Структурная схема асинхронного ЭП при регулировании скорости вращения посредством регулирования величины напряжения, подаваемого на обмотку статора АД.	ПК-2.Д.1
2	Передаточная функция АД при регулировании скорости вращения посредством регулирования величины напряжения, подаваемого на обмотку статора АД.	ПК-2.Д.2
3	Методика расчета мощности и выбора ЭД для ЭП грузоподъемного механизма	ПК-2.Д.3
4	Методика расчета мощности и выбора ЭД для ЭП тележки мостового крана	ПК-2.Д.4
5	Методика расчета мощности и выбора ЭД для ЭП вентилятора	ПК-2.Д.5
6	Расчет характеристик асинхронного ЭП при фазовом способе управления	ПК-2.Д.1
7	Расчет естественной и искусственной механических характеристик разомкнутого электропривода	ПК-2.Д.2
8	Структурная схема системы управления асинхронного электропривода с фазовым управлением	ПК-2.Д.3
9	Основные характеристики ЭП на базе шагового двигателя.	ПК-2.Д.4
10	Методика выбора двигателя и полупроводникового коммутатора шагового двигателя.	ПК-2.Д.5
11	Методика расчета параметров ЭП ПТ с ООС по напряжению обмотки якоря.	ПК-2.Д.1
12	Методика расчета параметров ЭП ПТ с ООС по скорости.	ПК-2.Д.2
13	Методика расчета параметров ЭП ПТ с ООС по скорости и ПОС по току якоря.	ПК-2.Д.3
14	Методика расчета параметров ЭП ПТ с ООС по напряжению обмотки якоря и ПОС по току якоря.	ПК-2.Д.4

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
1	Электрический привод манипулятора
2	Электропривод грузоподъемного механизма
3	Электропривод тележки мостового крана
4	Электропривод лебедки на базе ДПТ

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
1	<p>Укажите по какой формуле (1), (2), (3) или (4) следует определять скорость вращения двигателя постоянного тока Ω:</p> $\Omega = \frac{2\pi f}{p_{\text{п}}} (1 - s); \quad (1)$ $\Omega = \frac{U_{\text{я}} - I_{\text{я}} R_{\text{яц}}}{C_{\text{е}} \Phi} \quad (2)$ $\Omega = \frac{2\pi f}{p_{\text{п}}}; \quad (3)$ $\Omega = \frac{U_{\text{я}}}{C_{\text{е}} \Phi}. \quad (4)$ <p>где $U_{\text{я}}$ –напряжение якоря; $I_{\text{я}}$ –ток якоря; $R_{\text{я}}$ – сопротивление обмотки якоря; f– частота питающей сети; s- скольжение.</p>	ПК-2.Д.1 ПК-2.Д.2 ПК-2.Д.3 ПК-2.Д.4 ПК-2.Д.5
2	<p>Укажите по какой формуле (1), (2), (3) или (4) следует определять скорость вращения асинхронного двигателя Ω:</p> $\Omega = \frac{2\pi f}{p_{\text{п}}} (1 - s); \quad (1)$ $\Omega = \frac{U_{\text{я}} - I_{\text{я}} R_{\text{яц}}}{C_{\text{е}} \Phi} \quad (2)$ $\Omega = \frac{2\pi f}{p_{\text{п}}}; \quad (3)$ $\Omega = \frac{U_{\text{я}}}{C_{\text{е}} \Phi}. \quad (4)$ <p>где $U_{\text{я}}$ –напряжение якоря; $I_{\text{я}}$ –ток якоря; $R_{\text{я}}$ – сопротивление обмотки якоря; f– частота питающей сети; s- скольжение.</p>	
3	<p>Укажите номер формулы регулировочной характеристики ЭП постоянного тока с управляемым выпрямителем в цепи обмотки якоря.</p> $U_{\text{я}} = k_{\text{сх}} U_{2\text{ф}} \cos \alpha; \quad (1)$ $U_{\text{я}} = U_{\text{д}} D; \quad (2)$ $U_{\text{я}} = U_{\text{д}} (1 - 2D); \quad (3)$ $U_{\text{я}} = U_{\text{д}} - I_{\text{я}} (R_{\text{я}} + R_{\text{я.р}}), \quad (4)$	
4	<p>Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции скоростного ЭП постоянного тока по управляющему воздействию с учетом электромагнитных переходных процессов при условии, что выходной координатой является угловая скорость вращения двигателя.</p>	

	$W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{U_{я}(p)} = \frac{k_U}{T_M T_{\Delta} p^2 + T_M p + 1}. \quad (1)$ $W_{\Omega}^B(p) = \frac{\Omega(p)}{M_{нг}(p)} = \frac{K_M (T_{\Delta} p + 1)}{T_M T_{\Delta} p^2 + T_M p + 1}, \quad (2)$ $W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{U_{я}(p)} = \frac{k_U}{T_M p + 1}. \quad (3)$ $W_{\Omega}^B(p) = \frac{\Omega(p)}{M_{нг}(p)} = \frac{K_M}{T_M p + 1}. \quad (4)$ <p>где: $K_M = R_{я} / (C_e \Phi)^2$ - коэффициент передачи двигателя по возмущению; $k_U = 1/k_e = 1/(C_e \Phi)$ - коэффициент передачи двигателя по управляющему воздействию; $T_M = J_{я} R_{я} / (C_e \Phi)^2$ - электромеханическая постоянная времени ЭП; $T_{\Delta} = L_{я} / R_{я}$ - электромагнитная постоянная времени ЭП.</p>	
5	<p>Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции ЭП постоянного тока по возмущению (по моменту двигателя) без учета электромагнитных переходных процессов при условии, что выходной координатой является угловая скорость вращения двигателя.</p> $W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{U_{я}(p)} = \frac{k_U}{T_M T_{\Delta} p^2 + T_M p + 1}. \quad (1)$ $W_{\Omega}^B(p) = \frac{\Omega(p)}{M_{нг}(p)} = \frac{K_M (T_{\Delta} p + 1)}{T_M T_{\Delta} p^2 + T_M p + 1}, \quad (2)$ $W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{U_{я}(p)} = \frac{k_U}{T_M p + 1}. \quad (3)$ $W_{\Omega}^B(p) = \frac{\Omega(p)}{M_{нг}(p)} = \frac{K_M}{T_M p + 1}. \quad (4)$ <p>где: $K_M = R_{я} / (C_e \Phi)^2$ - коэффициент передачи двигателя по возмущению; $k_U = 1/k_e = 1/(C_e \Phi)$ - коэффициент передачи двигателя по управляющему воздействию; $T_M = J_{я} R_{я} / (C_e \Phi)^2$ - электромеханическая постоянная времени ЭП; $T_{\Delta} = L_{я} / R_{я}$ - электромагнитная постоянная времени ЭП.</p>	
6	<p>Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции асинхронного ЭП при управлении по каналу напряжения без учета электромагнитных переходных процессов.</p> $W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Delta \Omega(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{k_u}{T_M p + 1}, \quad (1)$ $W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{f(p)} = \frac{k_f}{T_M p + 1}. \quad (2)$ $W_{\beta}^y(p) = \frac{\beta(p)}{\alpha(p)} = \frac{T_M p}{T_M p + 1}. \quad (3)$	

	$W_{\beta}^y(p) = \frac{\beta(p)}{\gamma(p)} = \frac{T_M p}{T_M p + 1}. \quad (4)$	
7	<p>Укажите номер формулы (1, 2, 3 или 4), передаточной функции асинхронного ЭП при управлении по каналу частоты без учета электромагнитных переходных процессов.</p> $W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Delta\Omega(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{k_u}{T_M p + 1}, \quad (1)$ $W_{\Omega}^y(p) = \frac{\Omega(p)}{f(p)} = \frac{k_f}{T_M p + 1}. \quad (2)$ $W_{\beta}^y(p) = \frac{\beta(p)}{\alpha(p)} = \frac{T_M p}{T_M p + 1}. \quad (3)$ $W_{\beta}^y(p) = \frac{\beta(p)}{\gamma(p)} = \frac{T_M p}{T_M p + 1}. \quad (4)$	
8	<p>Укажите какая из приведенных ниже характеристик (рис.1, 2, 3 или 4) представляет электромеханическую характеристику ЭП постоянного тока с широтно-импульсным преобразователем в цепи обмотки якоря с несимметричным способом управления.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Рис.1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Рис.2</p> </div> </div>	
9	<p>Замкнутые системы ЭП бывают:</p> <ul style="list-style-type: none"> - с отрицательной обратной связью; - с положительной обратной связью; - с единичной обратной связью; - с нулевой обратной связью. <p>Выберите все правильные ответы.</p>	
10	<p>П-регулятор обеспечивает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - большую динамическую ошибку; - большую статическую ошибку; - небольшую динамическую ошибку; - небольшую статическую ошибку. <p>Выберите все правильные ответы.</p>	

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

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

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 обучающимися 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:

Лекционный материал в полном объеме излагается в лекционной аудитории согласно расписанию. Для более полного и глубокого ознакомления студентов с материалами лекции, ее электронная версия размещается в Личном кабинете в разделе «Материалы».

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся 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 обучающимся 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.

Требования к проведению практических занятий

При проведении практических занятий преподаватель должен придерживаться следующего плана:

- изложить суть практического занятия и методику его выполнения;
- выдать индивидуальное задание каждому студенту группы;
- контролировать активность студентов в процессе выполнения задания;
- проверить результат выполнения задания и оценить полноту и качество выполнения по модульно-рейтинговой шкале;
- отметить в журнале посещения персональное присутствие студентов;
- провести консультации по пропущенным темам практических занятий;
- проверить результаты самостоятельного освоения материала по пропущенным темам.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

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.

Структура пояснительной записки курсового проекта/ работы

Содержание пояснительной записки курсового проекта (разделы пояснительной записки):

- Исходные данные на проектирование.
- 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.

Требования к оформлению пояснительной записки курсового проекта/ работы

Пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями стандартов ГУАП к оформлению пояснительных записок курсовых работ.

Текст записки должен быть напечатан на листах формата А4 и сброшюрован.

- ГОСТ 7.32-2017 – СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
- ГОСТ 2.105-2019 – ЕСКД. Общие требования к текстовым документам

Список использованных источников необходимо оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.100-2018:

- ГОСТ 7.0.100-2018 – Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

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).

11.5. 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.

Контроль качества знаний проводится в форме индивидуального собеседования по материалу отдельных разделов дисциплины, а также проверки отчётов о выполнении практических заданий.

Система оценок при проведении текущего контроля успеваемости 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».

Результаты текущего контроля могут учитываться при проведении промежуточной аттестации.

11.6. 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».

- 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».

Промежуточная аттестация оценивается по результатам текущего контроля успеваемости. Список вопросов (таблица 15, таблица 16) к промежуточной аттестации утверждается кафедрой и выдается студентам для ознакомления. В случае, если студент по уважительной причине не выполнил требования текущего контроля, ему предоставляется возможность сдать задолженности по пропущенным темам. Форма проведения промежуточной аттестации – письменная.

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