

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»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	13.03.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности	Электромеханика
Форма обучения	очно-заочная

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 № 9

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 образовательную программу высшего образования по направлению подготовки/ специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности «Электромеханика». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-2 «Способен разрабатывать системы технической диагностики электрооборудования»

ПК-3 «Способен оценивать техническое состояние, поддержание и восстановление работоспособности электроэнергетического и электромеханического оборудования»

ПК-4 «Способен планировать работы по эксплуатации электроэнергетического и электромеханического оборудования»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с

- изучением и освоением методик расчета и проектирования основных типов электрических приводов – электрических приводов постоянного и переменного тока;
- изучением и анализом научно- технической информации отечественного и зарубежного опыта по разработке и проектированию электрических приводов;
- приобретением навыков расчета и проектирования электрических приводов;
- развитием и закреплением навыков к самоорганизации и саморазвитию.

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

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

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. 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 разрабатывать системы технической диагностики электрооборудования	ПК-2.Д.1 имеет знания по разработке технической документации
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способен оценивать техническое состояние, поддержание и восстановление работоспособности электроэнергетического и электромеханического оборудования	ПК-3.Д.2 оценивает техническое состояние электротехнического оборудования
Профессиональные компетенции	ПК-4 Способен планировать работы по эксплуатации электроэнергетического и электромеханического оборудования	ПК-4.Д.2 определяет состав и последовательность необходимых действий при выполнении работ

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Теоретические основы электротехники»,

- «Электрические машины»,
- «Электромеханические и полупроводниковые преобразователи электрической энергии»,
- «Электрический привод».

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

- «Электромехатроника»,
- «Нетрадиционная электромеханика»,
- «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	
		№8	№9
1	2	3	4
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	4/ 144	2/ 72	2/ 72
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	36	20	16
в том числе:			
лекции (Л), (час)	8	8	
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	20	12	8
лабораторные работы (ЛР), (час)	8		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
экзамен, (час)	9	9	
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	99	43	56
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> дифф. зачет, экзамен	Экз., Дифф. Зач.	Экз.	Дифф. Зач.

### 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)
<b>Семестр 8</b>					
Раздел 1. Введение Общие вопросы проектирования ЭП	2	3			20
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.	6	9			23
Тема 2.1 Статический расчет замкнутых систем ЭП постоянного тока					
Тема 2.2 Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования					
Итого в семестре:	8	12			43
<b>Семестр 9</b>					
Раздел 3. Проектирование асинхронного ЭП.		8	8		40
Тема 3.1. Расчет параметров асинхронного ЭП при регулировании напряжения, подаваемого на обмотку статора.					
Тема 3.2. Математическая модель АД при частотном управлении (ЧУ).					
Тема 3.3 Структурные схемы асинхронного АП					
Выполнение курсового проекта				0	16
Итого в семестре:		8	8	0	56
Итого:	8	20	8	0	99

#### 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
	8 семестр
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 двигателя для электроприводов вентиляторов, насосов, грузоподъемных механизмов, манипуляторов роботов
Раздел 2.	Проектирование ЭП постоянного тока.
Тема 2.1	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.
Тема 2.2	Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования: - контура тока; - контура скорости; - контура положения.

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
<b>Семестр 8</b>				
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	4	Тема 2.1
4	Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования: - контура тока; - контура скорости; - контура положения.	Решение задач	2	Тема 2.2
	Итого в семестре		12	

Семестр 9				
5	Расчет параметров асинхронного ЭП при регулировании напряжения, подаваемого на обмотку статора.	Решение задач	2	Тема 3.1
6	Математическая модель АД при частотном управлении (ЧУ).	Решение задач	3	Тема 3.2
7	Структурные схемы асинхронного АП	Решение задач	3	Тема 3.3
	Итого в семестре		8	
Всего:			20	

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 9			
1	Замкнутая по скорости система ЭП постоянного тока	4 часа	
2	Замкнутая по току система ЭП постоянного тока	4 часа	
Всего:		8	

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

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 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, час	Семестр 9, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	50	40	10
Курсовое проектирование (КП, КР)	25		25
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)			
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	10		10
Домашнее задание (ДЗ)			
Контрольные работы заочников (КРЗ)			
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	14	3	11
Всего:	99	43	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	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
62-83 М29	1.Мартынов А.А.. Электрический привод: учеб. пособие.–СПб.: ГУАП, 2015. – 524 с.	70
621.313 М29	2.Мартынов А.А. Основы проектирования электрических приводов.: Учеб. пособие/. СПб.: СПбГУАП, 2013. 141с.: ил.	70
621.865.8 М29	3.Мартынов А.А. Вентильный ЭП роботов. Расчет и проектирование систем тиристорного ЭП. Учебное пособие./ ЛИАП. Л. 1991г.-92с.	30



## **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
<a href="http://194.226.30/32/book.htm">URL:http://194.226.30/32/book.htm</a>	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].
<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>	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 таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	21-18
2	Специализированная лаборатория «ВЛ-32»	21-23

## 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; Задачи; Тесты.
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты; Задачи.
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 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> </ul>

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	– не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – 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 статического расчета замкнутой системы ЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению якоря (ООСН),
13	Методика статического расчета замкнутой системы ЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости (ООСС),
14	Методика статического расчета замкнутой системы ЭП постоянного тока с положительной обратной связью по току якоря, (ПОСТ).
15	Системы с токоограничением. Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования.

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

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

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета
1	Основной закон частотного управления асинхронного двигателя. Схема замещения АД при частотном управлении.
2	Закон частотного управления $U_1/f_1 = \text{const}$ : механические характеристики, диапазон регулирования скорости вращения.
3	Частотный закон управления АД с постоянством полного потока: структурная схема, достоинства, недостатки.
4	Частотный закон управления АД с постоянством рабочего потока: структурная схема, достоинства, недостатки.
5	Частотное управление АД с постоянством абсолютного скольжения: структурная схема, достоинства, недостатки.
6	Частотно-токовое управление АД: структурная схема, достоинства, недостатки..
7	Векторное управление АД: векторная диаграмма, основные расчетные соотношения.
9	Передаточная функция АД при управлении по каналу частоты.
10	Асинхронный электропривод при регулировании скорости вращения путем изменения напряжения обмотки статора: схема, характеристики.
11	Передаточная функция АД при управлении по каналу напряжения.

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 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

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
	<b>Вопросы тестового контроля ТК-1</b>
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.
	<b>Вопросы тестового контроля ТК-2</b>
1.	Нарисуйте функциональные схемы электропривода <ul style="list-style-type: none"> <li>- с отрицательной обратной связью по напряжению обмотки якоря;</li> <li>- с отрицательной обратной связью по скорости вращения;</li> <li>- с положительной обратной связью по току обмотки якоря;</li> <li>- с отрицательной обратной связью по скорости вращения и с положительной обратной связью по току обмотки якоря.</li> </ul>
2.	Нарисуйте основные схемы, реализующие «отсечки» сигналов.
3.	Нарисуйте функциональные схемы электропривода <ul style="list-style-type: none"> <li>- с отрицательной обратной связью по скорости и с отрицательной обратной связью по току обмотки якоря с «отсечкой».</li> </ul>
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.	<p>Нарисуйте структурные схемы асинхронного ЭП, реализующие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- «номинальный» закон ЧУ;</li> <li>- постоянство полного потока;</li> <li>- постоянство рабочего потока;</li> <li>- частотно-токовое управление;</li> <li>- постоянство абсолютного скольжения;</li> <li>- векторное управление.</li> </ul> <p>Дайте качественную сравнительную оценку каждому из вышеперечисленных частных законов частотного управления АД.</p>
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.	<p>Нарисуйте структурные схемы асинхронного ЭП, реализующие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- «номинальный» закон ЧУ;</li> <li>- постоянство рабочего потока;</li> <li>- частотно-токовое управление;</li> </ul> <p>Дайте качественную сравнительную оценку каждому из вышеперечисленных частных законов частотного управления АД.</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:

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.

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 100 бальной шкале рейтинга;
- 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 выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

#### Задание и требования к проведению лабораторных работ



Студенты разбиваются на подгруппы, по 3-4 человека. Перед проведением лабораторной работы обучающемуся следует внимательно ознакомиться с методическими указаниями по ее выполнению. В соответствии с заданием обучающиеся должны подготовить необходимые данные, получить от преподавателя допуск к выполнению лабораторной работы, выполнить указанную последовательность действий, получить требуемые результаты, оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

### **Структура и форма отчета о лабораторной работе**

Отчет о лабораторной работе должен включать в себя: титульный лист, формулировку задания, теоретические положения, используемые при выполнении лабораторной работы, описание процесса выполнения лабораторной работы, полученные результаты и выводы.

### **Требования к оформлению отчета о лабораторной работе**

По каждой лабораторной работе выполняется отдельный отчет. Титульный лист оформляется в соответствии с шаблоном (образцом) приведенным на сайте ГУАП ([www.guap.ru](http://www.guap.ru)) в разделе «Сектор нормативной документации». Текстовые и графические материалы оформляются в соответствии с действующими ГОСТами и требованиями, приведенными на сайте ГУАП ([www.guap.ru](http://www.guap.ru)) в разделе «Сектор нормативной документации».

Отчеты следует оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017 и ГОСТ 2.105-2019:

- ГОСТ 7.32-2017 – СИБИБД. 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.

Ссылка на правила оформления курсового проекта размещена на сайте ГУАП.  
URL: <https://guap.ru/standart/doc>.

#### 11.4. 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.

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 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.

#### Требования к оформлению пояснительной записки курсового проекта/ работы

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.

Пояснительную записку к курсовому проекту следует оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017 и ГОСТ 2.105-2019:

- ГОСТ 7.32-2017 – СИБИБД. 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.

Ссылка на правила оформления курсового проекта размещена на сайте ГУАП.  
URL: <https://guap.ru/standart/doc>.

Примерный перечень тем на курсовое проектирование:

#### **Исходные данные для курсового проекта «Проектирование ЭП манипулятора»**

Вар. №	G, Н	L <sub>з</sub> , м	m <sub>з</sub> , кг	φ <sub>рп</sub> , рад	$\dot{\varphi}_{рп}$ , рад/с	$\ddot{\varphi}_{рп}$ , рад/с <sup>2</sup>	δ <sub>отн</sub> , 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

Принятые 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 м<sup>2</sup>;
- $\rho$  – расстояние от центра массы звена до оси вращения звена (или радиус инерции), м;
- $\varphi_{pm}$  – максимальный угол поворота звена, рад;
- $\dot{\varphi}_{pm}$  - максимальная угловая скорость поворота звена, рад/с;
- $\ddot{\varphi}_{pm}$  - максимальная угловая скорость поворота звена, рад/с<sup>2</sup>;
- $\delta_{отн}$  - максимально допустимая ошибка позиционирования, о.е.

### Исходные данные для курсовой работы «Проектирование ЭП лебедки»

Вар.№	$m_{гр}$ , кг	$v_{и.о}$ , м/с	$\Delta v_{и.о} / v_{и.о}$
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

Принятые обозначения:

- $m_{\text{гр}}$ , – масса поднимаемого груза, кг;
- $v_{\text{н.о}}$  – скорость подъема, м/с;
- $\Delta v_{\text{н.о}} / v_{\text{н.о}}$  – 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  $I_{\text{я.п}}=0,1I_{\text{я.н}}$ .

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

#### 11.5. 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).

#### 11.6. 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.

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».

#### 11.7. 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. 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