

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

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

\_\_\_\_\_  
ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.

(должность, уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_  
О.Я. Солёная

(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_  
  
(подпись)

«27» июня 2024 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование электроприводов»  
(Наименование дисциплины)

|                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| Код направления подготовки          | 13.03.02                           |
| Наименование направления подготовки | Электроэнергетика и электротехника |
| Наименование направленности         | Цифровая энергетика                |
| Форма обучения                      | очно-заочная                       |
| Год приема                          | 2024                               |

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составила

|  |  |  |
|--|--|--|
| <u>ст. преподаватель</u><br>(должность, уч. степень, звание) | <br>(подпись, дата) | <u>О.Б. Чернышева</u><br>(инициалы, фамилия) |
|--|--|--|

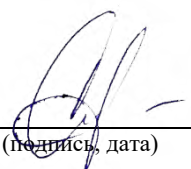
Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«26» июня 2024 г, протокол № 10

Заведующий кафедрой № 32

|  |   |  |
|--|---|--|
| <u>к.т.н., доц.</u><br>(уч. степень, звание) | <br>(подпись, дата) | <u>С.В. Солёный</u><br>(инициалы, фамилия) |
|--|---|--|

Заместитель директора института №3 по методической работе

|  |   |  |
|--|---|--|
| <u>ст. преподаватель</u><br>(должность, уч. степень, звание) | <br>(подпись, дата) | <u>Н.В. Решетникова</u><br>(инициалы, фамилия) |
|--|---|--|

## Аннотация

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

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-3 «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 – 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 дифференцированного зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский».

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью 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, оценивать техническое состояние, поддержание и восстановление работоспособности электроэнергетического и электромеханического оборудования.

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-3 Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией | ПК-3.Д.2 разрабатывает эскизные и рабочие чертежи графической части рабочей и проектной документации |

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Теоретические основы электротехники»,
- «Электрические машины»,
- «Электрические и электронные аппараты»,
- «Теория автоматического управления»,
- «Электрический привод»

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

- «Энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии»,

- «Энергосбережение и энергоэффективность»
- 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                        |
| 1  | 2          | 3                         |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>  | 2/ 72      | 2/ 72                     |
| <b>Из них часов практической подготовки</b>      | 34         | 34                        |
| <b>Аудиторные занятия, всего час.</b>            | 68         | 68                        |
| в том числе:                                     |            |                           |
| лекции (Л), (час)                                | 34         | 34                        |
| практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)     | 34         | 34                        |
| лабораторные работы (ЛР), (час)                  |            |                           |
| курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)         |            |                           |
| экзамен, (час)                                   |            |                           |
| <b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>       | 4          | 4                         |
| <b>Вид промежуточной аттестации: дифф. зачет</b> | Дифф. Зач. | 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) | ЛР (час) | КП (час) | СРС (час) |
|---|--------------|---------|----------|----------|-----------|
| <b>Семестр 9</b>  |              |         |          |          |           |
| Раздел 1. Введение Общие вопросы проектирования ЭП  | <b>4</b>     |         |          |          |           |
| Тема 1.1. Содержание технического задания на проектирование ЭП. Основные этапы проектирования ЭП                      | 1            |         |          |          |           |
| Тема 1.2 Методика выбора электродвигателей для ЭП.  | 1            | 4       |          |          |           |
| Тема 1.3. Методы проверки двигателей на нагрев  | 2            |         |          |          |           |
| Раздел 2. Проектирование ЭП постоянного тока.   | <b>14</b>    |         |          |          | 1         |
| Тема 2.1 Статический расчет замкнутых систем ЭП постоянного тока  | 6            | 8       |          |          |           |
| Тема 2.2. Усилители мощности для ЭП постоянного тока. Усилитель мощности с реверсивным с ШИП. Способы управления ШИП. | 2            | 4       |          |          |           |

|   |           |    |   |   |   |
|---|-----------|----|---|---|---|
| Тема 2.3. Усилители мощности для ЭП постоянного тока. Усилители мощности на базе управляемых выпрямителей. Способы управления реверсивными ЭП УВ. | 2         |    |   |   |   |
| Тема 2.4 Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования  | 4         |    |   |   |   |
| Раздел 3. Проектирование асинхронного ЭП.   | <b>10</b> |    |   |   | 1 |
| Тема 3.1. Расчет мощности и выбор двигателей при различных характерах нагрузки  | 2         | 8  |   |   |   |
| Тема 3.2. Асинхронный электропривод с фазовым управлением   | 4         |    |   |   |   |
| Тема 3.3. Асинхронный электропривод с частотным управлением   | 4         | 4  |   |   |   |
| Раздел 4. Проектирование ЭП с шаговым двигателем.   | <b>6</b>  |    |   |   | 2 |
| Тема 4.1. Методика выбора шагового двигателя и полупроводникового коммутатора.  | 6         | 6  |   |   |   |
|   | 34        | 34 |   |   | 4 |
| Итого   | 34        | 34 | 0 | 0 | 4 |

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

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

| Номер раздела | Название и содержание разделов и тем лекционных занятий  |
|---------------|--|
| Раздел 1.     | Введение. Общие вопросы проектирования ЭП  |
| Тема 1.1.     | Содержание технического задания на проектирование ЭП. Основные этапы проектирования ЭП   |
| Тема 1.2      | Методика выбора двигателя для электроприводов вентиляторов, насосов, грузоподъемных механизмов, манипуляторов роботов  |
| Тема 1.3      | Методы проверки двигателей на нагрев. Прямой и косвенный методы. Особенности проверки двигателей по нагреву косвенными методами при различных режимах их работы.   |
| Раздел 2.     | Проектирование ЭП постоянного тока.  |
| Тема 2.1      | Статический расчет замкнутых систем ЭП ПТ с:<br>- отрицательной обратной связью по напряжению якоря (ООСН);<br>- отрицательной обратной связью по скорости (ООСС);<br>- с положительной обратной связью по току якоря (ПОСТ). Расчет параметров систем с токоограничением. |
| Тема 2.2      | Усилители мощности для ЭП постоянного тока. Усилитель мощности с реверсивным с ШИП. Способы управления ШИП: симметричный, несимметричный и комбинированный способы управления. Потери  |

|           |  |
|-----------|--|
|           | мощности и КПД ЭП с ШИП.   |
| Тема 2.3  | Усилители мощности для ЭП постоянного тока. Усилители мощности на базе управляемых выпрямителей. Совместный и раздельный способы управления реверсивными ЭП с УВ.  |
| Тема 2.4  | Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования:<br>- контура тока;<br>- контура скорости;<br>- контура положения.   |
| Раздел 3. | Проектирование асинхронного ЭП.  |
| Тема 3.1  | Расчет мощности и выбор двигателей при различных характерах нагрузки. Расчет мощности и выбор электродвигателя для ЭП грузоподъемного механизма, тележки мостового крана.                                  |
| Тема 3.2  | Асинхронный электропривод с фазовым управлением. Расчет характеристик асинхронного электропривода при фазовом способе управления. Естественные и искусственные характеристики разомкнутого электропривода. |
| Тема 3.3  | Асинхронный электропривод с частотным управлением. Методика расчета инвертора напряжения. Расчет потерь мощности в транзисторах и диодах инвертора. Расчет площади радиатора.                              |
| Раздел 4  | Проектирование ЭП с шаговым двигателем   |
| Тема 4.1. | Методика выбора двигателя и полупроводникового коммутатора. Расчет динамических показателей ЭП.  |

#### 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 электропривода манипулятора роботов | Решение типовых задач      | 4                   | 4                                     | Тема 1.2             |
| 2         | Расчет усилителя мощности ЭП ПТ с реверсивным транзисторным ШИП   | Решение типовых задач      | 4                   | 4                                     | Тема 2.2             |
| 3         | Расчет замкнутого ЭП ПТ с   | Решение типовых задач      | 4                   | 4                                     | Тема 2.1             |

|       |  |                       |    |    |          |
|-------|--|-----------------------|----|----|----------|
|       | отрицательной обратной связью по напряжению (ООСН)                         |                       |    |    |          |
| 4     | Расчет замкнутого ЭП ПТ с отрицательной обратной связью по скорости (ООСС) | Решение типовых задач | 4  | 4  | Тема 2.1 |
| 5     | Расчет мощности и выбор электродвигателя для ЭП грузоподъемного механизма  | Решение типовых задач | 4  | 4  | Тема 3.1 |
| 6     | Расчет мощности и выбор электродвигателя для ЭП тележки мостового крана    | Решение типовых задач | 4  | 4  | Тема 3.1 |
| 7     | Расчет системы частотного управления асинхронного электропривода           | Решение типовых задач | 4  | 4  | Тема 3.3 |
| 8     | Расчет шагового ЭП   | Решение типовых задач | 4  | 4  | Тема 4.1 |
| 9     | Заключительное занятие   |                       | 2  | 2  |          |
| Всего |  |                       | 34 | 34 |          |

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

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

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

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.



Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

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

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<br>М29     | Мартынов А.А.. Электрический привод: учеб. пособие.– СПб.: ГУАП, 2015. – 524 с.  | 10  |
| 621.313<br>М29   | Мартынов А.А. Основы проектирования электрических приводов.: Учеб. пособие/. СПб.:СПбГУАП, 2013. 141с.: ил.                          | 10  |
|                  | Мартынов А.А. Проектирование асинхронных электроприводов: учеб. пособие / А.А. Мартынов, О.Б. Чернышева. – СПб.: ГУАП, 2023. – 84 с. |   |
|                  | Мартынов А.А. Проектирование электроприводов: учебн. пособие/ СПбГУАП. СПб., 2004. 97 с.   | 10  |
|                  | Косулин В.Д., Мартынов А.А. Вентильный электропривод для роботов. Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 1991. –152с.                    | 10  |
| 621.865.8<br>М29 | Мартынов А.А. Вентильный ЭП роботов. Расчет и проектирование систем тиристорного ЭП. Учебное пособие./ ЛИАП. Л. 1991г.-92с.          | 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  |
|---|---|
| <a href="http://194.226.30/32/book.htm">URL:http://194.226.30/32/book.htm</a> | Библиотека Администрации Президента РФ [Электронный ресурс]                                 |
| <a href="http://imin.urfu.ac.ru">URL:http://imin.urfu.ac.ru</a>               | Виртуальные библиотеки [Электронный ресурс].  |
| <a href="http://www.rsl.ru">URL:http://www.rsl.ru</a>                         | Российская национальная библиотека [Электронный ресурс].                                    |
| <a href="http://web.ido.ru">URL:http://web.ido.ru</a>                         | Электронная библиотека [Электронный ресурс].  |
| <a href="http://gpntb.ru">URL:http://gpntb.ru</a>                             | 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 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                               |
| 2     | Специализированная лаборатория                            | 31-04                               |

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            |
|------------------------------|---------------------------------------|
| Дифференцированный зачёт     | Список вопросов;<br>Тесты;<br>Задачи. |

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<br>5-балльная шкала | Характеристика сформированных компетенций   |
|--|---|
| «отлично»<br>«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»<br>«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»<br>«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»<br>«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> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>   |

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 экзамена | Код индикатора |
|-------|--|----------------|
|       | Учебным планом не предусмотрено        |                |

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

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для дифф. зачета

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для дифф. зачета  | Код индикатора |
|-------|---|----------------|
| 1     | Классификация систем автоматизированного электропривода   | ПК-3.Д.2       |
| 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.   |                |
| 6     | Проверка двигателей на нагрев прямым методом.   |                |
| 7     | Проверка двигателей на нагрев косвенными методами.  |                |
| 8     | Особенности проверки двигателей на нагрев косвенными методами при различных режимах их работы.                                  |                |
| 9     | Методика расчета усилителя мощности, выполненного по схеме реверсивного тиристорного преобразователя                            |                |
| 10    | Методика расчета транзисторного реверсивного широтно-импульсного преобразователя для ЭП постоянного тока.                       |                |
| 11    | Методика выбора датчиков тока и напряжения для замкнутых систем ЭП.   |                |
| 12    | Методика выбора датчиков скорости и положения для замкнутых систем ЭП.  |                |
| 13    | Методика расчета регулятора тока в замкнутой системе подчиненного регулирования.  |                |
| 14    | Методика расчета регулятора скорости в замкнутой системе подчиненного регулирования.  |                |
| 15    | Методика статического расчета замкнутой системы ЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению якоря (ООСН). |                |
| 16    | Методика статического расчета замкнутой системы ЭП постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости (ООСС).         |                |
| 17    | Методика статического расчета замкнутой системы ЭП постоянного тока с положительной обратной связью по току якоря (ПОСТ).       |                |
| 18    | Системы с токоограничением. Расчет параметров регуляторов в системах подчиненного регулирования.                                |                |
| 19    | Методика расчета мощности и выбор двигателя для электропривода грузоподъемного механизма  |                |
| 20    | Методика расчета мощности и выбор двигателя для электропривода тележки мостового крана  |                |
| 21    | Методика расчета мощности и выбор двигателя для электропривода вентилятора  |                |

|    |  |  |
|----|--|--|
| 22 | Расчет характеристик асинхронного ЭП при фазовом способе управления                        |  |
| 23 | Расчет естественной и искусственной механических характеристик разомкнутого электропривода |  |
| 24 | Структурная схема системы управления асинхронного ЭП с фазовым управлением.                |  |
| 25 | Расчет инвертора напряжения.   |  |
| 26 | Расчет потерь мощности в транзисторах и диодах инвертора. Расчет площади радиатора.        |  |
| 27 | Методика выбора конденсатора звена постоянного тока.                                       |  |
| 28 | Методика выбора двигателя и полупроводникового коммутатора шагового двигателя.             |  |
| 29 | Расчет динамических показателей шагового ЭП.   |  |
| 30 | Факторы, приводящие к отказу ТС.   |  |

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

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

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

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

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

| № п/п | Примерный перечень вопросов для тестов  | Код индикатора |
|-------|---|----------------|
| 1     | <p>Электродвигатель в ЭП предназначен для:</p> <p>Выберите правильный ответ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. преобразования механической энергии в электрическую</li> <li>b. изменения параметров электрической энергии</li> <li>c. преобразования электрической энергии в механическую</li> <li>d. повышения коэффициента мощности линий электропередачи</li> </ul>  | ПК-3.Д.2       |
| 2     | <p>Для выбора рационального электропривода необходимо знать:</p> <p>Выберите правильный ответ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. механическую характеристику рабочей машины</li> <li>b. механическую характеристику электродвигателя</li> <li>c. механическую характеристику рабочей машины и электродвигателя</li> <li>d. нагрузочную характеристику рабочей машины</li> </ul>   |                |
| 3     | <p>Величина определяемая, как отношение разности моментов, развиваемых электродвигателем, к соответствующей разности угловых скоростей называется....</p> <p>Выберите правильный ответ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. твёрдость механической характеристики</li> <li>b. прочность механической характеристики</li> <li>c. мягкость механической характеристики</li> <li>d. жёсткость механической характеристики</li> </ul> |                |
| 4     | <p>Укажите способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока:</p>  |                |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   | <p>Выберите все правильные ответы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. изменение числа пар полюсов</li> <li>b. изменение величины питающего напряжения</li> <li>c. изменение величины скольжения</li> <li>d. изменение величины магнитного поля</li> <li>e. введение добавочных сопротивлений</li> <li>f. изменение частоты питающего напряжения</li> </ul>  |  |
| 5 | <p>Укажите способы регулирования скорости вращения асинхронного двигателя:</p> <p>Выберите все правильные ответы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. изменение числа пар полюсов</li> <li>b. изменение величины питающего напряжения</li> <li>c. изменение величины скольжения</li> <li>d. изменение величины магнитного поля</li> <li>e. введение добавочных сопротивлений</li> <li>f. изменение частоты питающего напряжения</li> </ul>   |  |
| 6 | <p>На рисунке приведены механические характеристики исполнительных механизмов. Соотнесите характеристику с соответствующим номером:</p> <p>The graph shows torque <math>M</math> on the vertical axis and angular speed <math>\Omega</math> on the horizontal axis. There are four curves labeled 1, 2, 3, and 4. Curve 1 is a horizontal dashed line starting at <math>M_0</math> on the y-axis. Curve 2 is a horizontal solid line at <math>M_N</math>. Curve 3 is a straight solid line starting at <math>M_0</math> and increasing. Curve 4 is a solid curve starting at <math>M_0</math> and increasing more steeply.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. характеристика типа «постоянства мощности»</li> <li>b. характеристика типа «вентиляторная нагрузка»</li> <li>c. характеристика типа «вязкое трение»</li> <li>d. характеристика типа «сухое трение»:</li> </ul> <p>Выпадающий список: 1, 2, 3, 4</p> |  |
| 7 | <p>Укажите соответствие между формулой передаточной функции и соответствующим регулятором:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. <math>W_{\text{рег}}(p) = k_p</math>.</li> <li>b. <math>W_{\text{рег}}(p) = \frac{1}{T_0 p}</math>,</li> <li>c. <math>W_{\text{рег}}(p) = k \frac{1 + T_0 p}{T_0 p} = \frac{1 + T_0 p}{T_{01} p} = k_p + \frac{1}{T_{01} p}</math>,</li> <li>d. <math>W_{\text{рег}}(p) = \frac{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}{T_0 p}</math>,</li> </ul> <p>Выпадающий список:<br/> 1 интегральный<br/> 2 пропорциональный<br/> 3 пропорционально-интегрально-дифференциальный</p>   |  |

|    |   |  |
|----|---|--|
|    | 4 пропорционально-интегральный  |  |
| 8  | Какой тип регулятора необходимо применить для уменьшения постоянной времени объекта регулирования, передаточная функция которого имеет вид: $W_{o.p}(p)=1/Tp$ ,   |  |
| 9  | Какой тип регулятора необходимо применить для уменьшения постоянной времени объекта регулирования, передаточная функция которого имеет вид: $W_{o.p}(p)=1/[1+Tp)(1+T_{\mu}p)]$ , где $T_{\mu}$ – некомпенсируемая постоянная времени объекта регулирования.   |  |
| 10 | Если момент электродвигателя больше момента сопротивления рабочей машины, то имеет место:<br>Выберите правильный ответ.<br>а. замедление электропривода<br>б. ускорение электропривода<br>с. работа в установившемся режиме<br>д. реверсирование электропривода   |  |
| 11 | Скольжение асинхронного двигателя – это:<br>а. амплитуда колебания электродвигателя при неполной загрузке лап статора<br>б. мера того, насколько ротор опережает в своем вращении магнитное поле статора<br>с. контактное сопротивление, образующееся при скольжении щёток по контактными кольцам<br>д. мера того, насколько ротор отстает в своем вращении от вращения магнитного поля статора |  |
| 12 | Искусственные механические характеристики асинхронных двигателей не получают с помощью:<br>Выберите правильный ответ.<br>а. изменения напряжения питающей сети<br>б. изменения частоты тока питающей сети<br>с. изменения момента сопротивления<br>д. введения добавочных сопротивлений   |  |
| 13 | Добавочные сопротивления вводят в цепь статора:<br>Выберите правильный ответ.<br>а. только для уменьшения пусковых значений тока<br>б. для уменьшения пусковых значений тока и момента<br>с. только для уменьшения пускового момента<br>д. только для увеличения пускового момента  |  |
| 14 | При включении добавочного сопротивления в цепь ротора асинхронного двигателя остаётся неизменным:<br>Выберите правильный ответ.<br>а. критический момент<br>б. пусковой момент<br>с. критическое скольжение<br>д. номинальный момент  |  |
| 12 | Коэффициентом механической перегрузки $r_m$ называется:<br>Выберите правильный ответ.<br>а. отношение мощности нагрузки двигателя в кратковременном режиме работы $P_k$ , к номинальной мощности $P_{ном}$ в продолжительном режиме;<br>б. отношение номинальной мощности $P_{ном}$ в продолжительном режиме к мощности нагрузки двигателя в кратковременном режиме работы $P_k$ ;              |  |

|    |   |  |
|----|---|--|
|    | <p>с. отношение мощности нагрузки двигателя в повторно-кратковременном режиме работы <math>P_k</math>, к номинальной мощности <math>P_{ном}</math> в продолжительном режиме;</p> <p>д. отношение номинальной мощности <math>P_{ном}</math> в продолжительном режиме к мощности нагрузки двигателя в повторно-кратковременном режиме работы <math>P_k</math>.</p>  |  |
| 13 | <p>Укажите формулу, по которой можно рассчитать величину эквивалентной индуктивности обмотки якоря при симметричном управлении при коэффициенте скважности <math>\gamma=0,5</math>:<br/>Выберите правильный ответ.</p> <p>1 <math>L_3 = \frac{0,5U_{п.}}{2I_{я.п}f_p}</math>.</p> <p>2 <math>L_3 = \frac{0,25U_{п.}}{I_{я.п}f_p}</math>.</p> <p>3 <math>L_3 = \frac{0,125U_{п.}}{I_{я.п}f_p}</math>.</p> <p>4 <math>L_3 = \frac{0,125U_{п.}}{I_{я.п}f_p}</math>.</p>  |  |
| 14 | <p>Укажите формулу, по которой можно рассчитать мощность исполнительного двигателя ЭП манипулятора:<br/>Выберите правильный ответ.</p> <p>1 <math>P_{дм} = \frac{J_{нм} \ddot{\phi}_{рм} + M_{нм}}{\eta} \ddot{\phi}_{рм}</math>;</p> <p>2 <math>P_{дм} = \frac{J_{нм} \ddot{\phi}_{рм} + 2M_{нм}}{\eta} \ddot{\phi}_{рм}</math>.</p> <p>3 <math>P_{дм} = \frac{2J_{нм} \ddot{\phi}_{рм} + M_{нм}}{\eta} \dot{\phi}_{рм}</math>.</p> <p>4 <math>P_{дм} = \frac{2J_{нм} \dot{\phi}_{рм} + M_{нм}}{\eta} \dot{\phi}_{рм}</math>.</p>  |  |
| 15 | <p>Коэффициентом термической перегрузки <math>p_T</math> называется:</p> <p>а. отношение потерь мощности при продолжительном режиме <math>\Delta P_{п}</math> к номинальным потерям мощности <math>\Delta P_{ном}</math>;</p> <p>б. отношение потерь мощности при кратковременном режиме <math>\Delta P_k</math> к номинальным потерям мощности <math>\Delta P_{ном}</math>;</p> <p>с. отношение потерь мощности при повторно-кратковременном режиме <math>\Delta P_{пк}</math> к номинальным потерям мощности <math>\Delta P_{ном}</math>;</p> <p>д. отношение потерь мощности при кратковременном режиме <math>\Delta P_k</math> к потерям мощности в продолжительном режиме <math>\Delta P_{п}</math>.</p> |  |
| 16 | <p>Для расчета мощности двигателя и его последующего выбора, необходимо знать:<br/>Выберите все правильные ответы.</p> <p>а. нагрузочную диаграмму исполнительного органа рабочей машины;</p>   |  |



|    |   |  |
|----|---|--|
|    | <p>b. диаграмму скорости исполнительного органа рабочей машины;</p> <p>c. Диаграмму динамического момента исполнительного органа рабочей машины;</p> <p>d. Все ответы правильные.</p>   |  |
| 17 | <p>Определите время переходного процесса, за которое скорость ЭП изменится от <math>\Omega_{нач}=50</math> рад/с до <math>\Omega_{кон} = 100</math> рад/с при следующих исходных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- момент, развиваемый электродвигателем <math>M=150</math> Нм;</li> <li>- момент сопротивления нагрузки <math>M_c=100</math> Нм;</li> <li>- динамический момент ЭП <math>J=2</math> кг*м<sup>2</sup>.</li> </ul> <p>В качестве ответа введите целое число.</p>  |  |
| 18 | <p>Промышленность выпускает электродвигатели со стандартной продолжительностью рабочего периода:</p> <p>Выберите правильный ответ.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 20, 40, 70 и 100 мин</li> <li>b. 10, 30, 60 и 90 мин</li> <li>c. 5, 15, 25 и 50 мин</li> <li>d. 1, 3, 5 и 9 мин</li> </ul>   |  |
| 19 | <p>Определите величину критического скольжения асинхронного двигателя, если кратность критического скольжения равна 2,2, а номинальная частота вращения величина – 1470 об/мин.</p> <p>Ответ дать с точностью до двух знаков.</p>   |  |
| 20 | <p>Соотнесите замкнутый контур системы подчиненного регулирования с временем переходного процесса при настройке системы на технический оптимум. <math>T_1</math> – некомпенсируемая постоянная времени.</p> <p>Контур:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. замкнутый токовый контур</li> <li>b. замкнутый контур по положению</li> <li>c. замкнутый скоростной контур</li> </ul> <p>Варианты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. <math>14,4T_1</math></li> <li>2. <math>4,7T_1</math></li> <li>3. <math>7,6T_1</math></li> </ul> |  |
| 21 | <p>Перечислите способы управления реверсивных тиристорных преобразователей электропривода постоянного тока.</p>   |  |
| 22 | <p>Укажите, что является основным преимуществом преобразователя частоты с активным выпрямителем и инвертором напряжения в системе асинхронного электропривода.</p>  |  |

Критерии оценивания результатов тестирования:

1. Для заданий закрытого типа на установление соответствия:
  - полное соответствие с правильными ответами - 1 балл;
  - неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.
2. Для заданий комбинированного типа с выбором одного верного ответа из предложенных:
  - полное совпадение с верным ответом - 1 балл;
  - неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.
3. Для заданий комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных:
  - полное совпадение с верным ответом - 1 балл;

- неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.
- 4. Для заданий открытого типа с развернутым ответом:
  - ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте - 3 балла;
  - допущена одна ошибка, неточность или ответ правильный, но не полный - 1 балл;
  - допущено более 1 ошибки, дан неправильный ответ или ответ отсутствует – 0 баллов.

- 5. Для заданий закрытого типа на установление последовательности:
  - полное совпадение с верным ответом - 1 балл;
  - неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

Студенту предлагается ответить на 10 вопросов, отсортированных случайным образом с ограничением по времени. Студент получает зачет, если количество правильных ответов не менее 8.

Результаты тестирования учитываются при проведении промежуточной аттестации.

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 обучающимися 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

Все студенты должны быть ознакомлены с темами практических занятий, приведенными в таблице 5.

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 18.

4. С целью повышения эффективности практических занятий необходимо изучение каждой темы сопровождать решением задач. Темы практических занятий приведены в таблице 5.

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

### 11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

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

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

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;

### 11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

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

Проведение текущего контроля успеваемости осуществляется с помощью тестов, приведенных в таблице 18. Оценивание текущего контроля успеваемости оценивается по системе зачет/ не зачет. Положительный результат текущего контроля успеваемости дает студенту дополнительный балл при проведении промежуточной аттестации.

### 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:

- 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 соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам 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.<br>Подпись внесшего изменения | Содержание изменений и дополнений | Дата и № протокола заседания кафедры | Подпись зав. кафедрой |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |